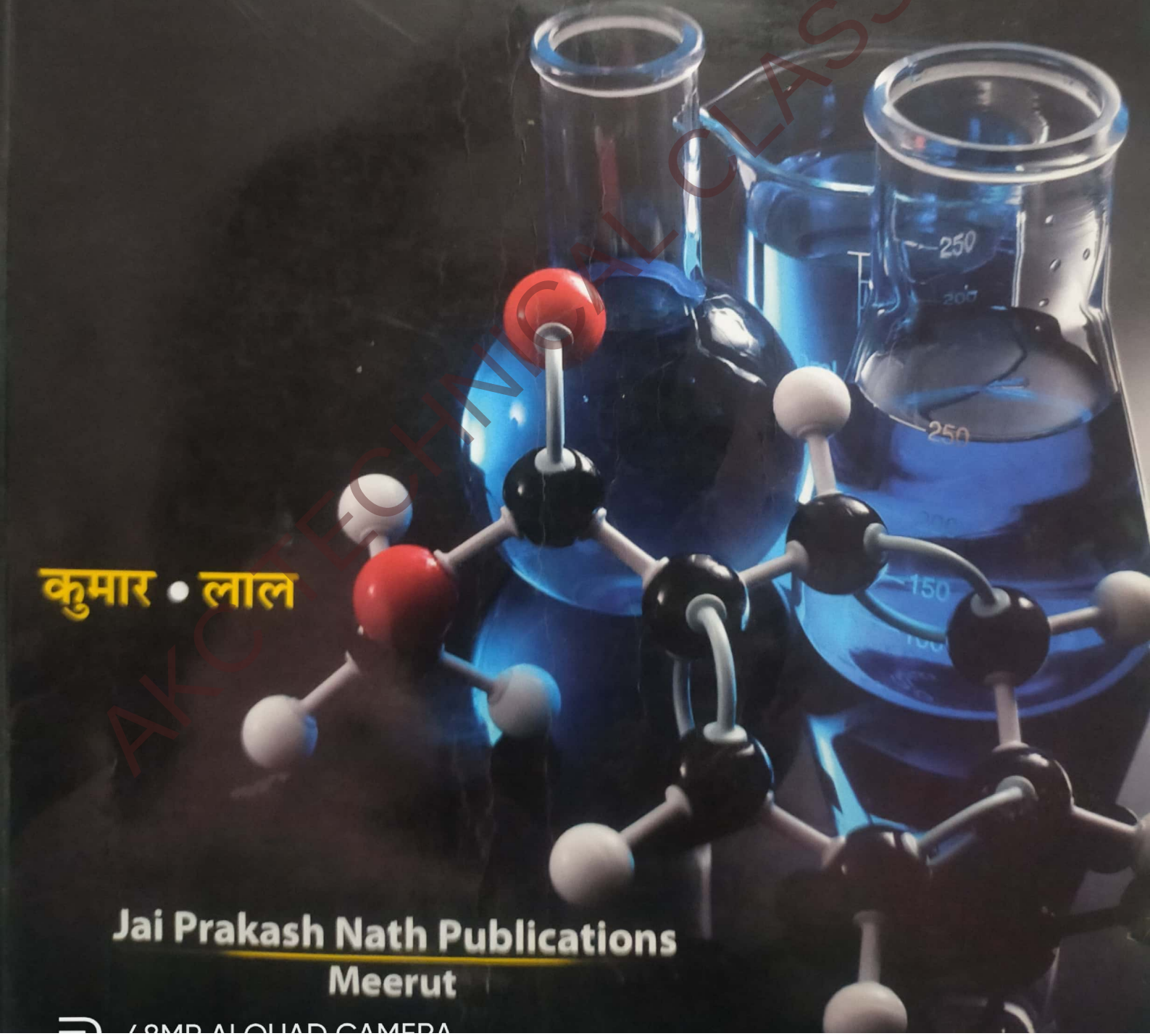
सार्थक

प्राविधिक शिक्षा परिषद् उ० प्र० द्वारा
2018–19 से स्वीकृत संशोधित पाठ्यक्रमानुसार

# अनुप्रयुक्त रसायन

## Applied Chemistry



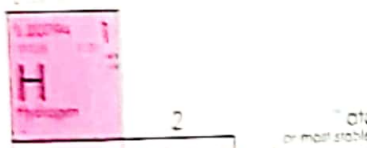
कुमार • लाल

Jai Prakash Nath Publications
Meerut

AKG TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

# The Periodic Table of the Elements

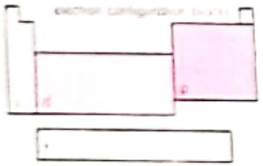



- alkali metals
- alkaline metals
- other metals
- transition metals
- lanthanoids
- actinoids
- metalloids
- nonmetals
- halogens
- noble gases
- unknown elements

☢ radioactive elements have masses in parenthesis

| 1 | 2 | | | | | | | | | | | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| H | | | | | | | | | | | | | | | | | He |
| Li | Be | | | | | | | | | | | B | C | N | O | F | Ne |
| Na | Mg | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | Al | Si | P | S | Cl | Ar |
| K | Ca | Sc | Ti | V | Cr | Mn | Fe | Co | Ni | Cu | Zn | Ga | Ge | As | Se | Br | Kr |
| Rb | Sr | Y | Zr | Nb | Mo | Tc | Ru | Rh | Pd | Ag | Cd | In | Sn | Sb | Te | I | Xe |
| Cs | Ba | Lu | Hf | Ta | W | Re | Os | Ir | Pt | Au | Hg | Tl | Pb | Bi | Po | At | Rn |
| Fr | Ra | Lr | Rf | Db | Sg | Bh | Hs | Mt | Ds | Rg | Cn | Uut | Fl | Uup | Lv | Uus | Uuo |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| La | Ce | Pr | Nd | Pm | Sm | Eu | Gd | Tb | Dy | Ho | Er | Tm | Yb | Lu |
| Ac | Th | Pa | U | Np | Pu | Am | Cm | Bk | Cf | Es | Fm | Md | No | Lr |



notes:

- all of the elements ... have no official name designated by the IUPAC
- symbols ... are also used
- all elements are shaded to show an oxidation state of zero

SAMPLE
NOT FOR DISTRIBUTION

Scanned with CamScanner

सार्थक

प्राविधिक शिक्षा परिषद् उत्तर प्रदेश द्वारा (2015) के
स्वीकृत नवीनतम् पाठ्यक्रमानुसार

# अनुप्रयुक्त रसायन
# (APPLIED CHEMISTRY)

[ प्रथम सेमेस्टर/प्रथम वर्ष के समस्त इन्जीनियरिंग डिप्लोमा विद्यार्थियों के लिए ]


**डॉ० अनिल कुमार**
एम०एस-सी०, बी०एड०, पी-एच०डी०
विभागाध्यक्ष (रसायन विभाग)
एन०ए०एस० आई० कॉलिज
मेरठ

**रोशन लाल**
एम०एस-सी०, सी०एस०आई०आर० नेट (रसायन),
बी०एड०. यू०जी०सी० नेट (शिक्षा शास्त्र) डी०ई०एम०
असिस्टेंट प्रोफेसर (रसायन विज्ञान)
शहीद मंगल पाण्डे राजकीय महिला स्नातकोत्तर महाविद्यालय
मेरठ


परामर्शदाता


**डॉ० ए० बी० सिंह**
व्याख्याता (रसायन विभाग)
महाराणा प्रताप पॉलीटेक्निक,
गोरखपुर

**डॉ० निधि शर्मा**
एम०एस०सी०, पी-एच०डी०
व्याख्याता (रसायन विभाग)
डी०एन० पॉलीटेक्निक, मेरठ

**आर० एस० पासवान**
व्याख्याता (रसायन विभाग)
टाउन पॉलीटेक्निक, बलिया

**प्रतिमा यादव**
व्याख्याता (रसायन विभाग)
राजकीय पॉलीटेक्निक, फैजाबाद


AKC TECHNICAL CLASSES


प्रकाशक :

**जय प्रकाश नाथ पब्लिकेशन्स**

गाँधी आश्रम चौराहा
नौचन्दी रोड, मेरठ-250 002 (उ०प्र०)


Scanned with CamScanner

# SYLLABUS

## APPLIED CHEMISTRY

[Common to All Engineering Courses]

### Rationale

The use of various chemicals and chemical products in diverse technical and engineering fields have repeatedly proved the importance of Applied Chemistry, which enhances its role to a new peak. On the other hand, ever increasing use of such materials will compel enginners, technocrats to acquire essential applied chemistry knowledge in order to select engineering materials, which not only suit them but also provide more environmental compatibility. This situation demands principles of Applied Chemistry in diploma-engineering courses. Principles of Applied Chemistry will enable budding engineers and technocrats to develop scientific temper and appreciate physical, chemical and engineering properties of materials. Hence the subject of Applied Chemistry.

### Detailed Contents

**1. Atomic Structure, Periodic Table and Chemical Bonding** **(14 Periods)**

Fundamental particles, mass and charges of electrons, protons and neutrons with names of scientists who discovered these fundamental particles, Bohr's model of atom and success and limitations of atomic theory (qualitative treatment only), Atomic number, atomic mass number, isotopes and isobars, Definitions of orbit and orbitals, shapes of *s* and *p* orbitals only, quantum numbers and their significance, Aufbau's principle. Pauli's exclusion principle and Hund's rule, electronic configuration of elements with atomic number (Z) = 30 only. (Electronic configurations of elements with atomic number greater than 30 are excluded). Modern period law and period table, groups and periods, classifiaction of elements into *s, p, d* and *f* blocks (periodicity in properties-excluded), Chemical bonding and cause of bonding and types such as ionic bond in NaCl sigma ($\sigma$) and pi ($\pi$) covalent bonds in $H_2$, HCl, $Cl_2$, elememtary idea of hybridization in $BeCl_2$, $BF_3$, $CH_4$, $NH_3$ and $H_2O$ VSPER, Molecular orbital theory, States of Matter : Solid, Liquid and Gas, Metallic bonding-explanation with the help of electron gas (sea) model.

**2. Fuels and Lubricants** **(18 Periods)**

Definition of fuel, classification of fuels, characteristics of a good fuel, relative merits of gaseous, liquid and solid fuels, **Calorific value**—higher calorific value, lower calorific value, determination of calorific value of solid or liquid fuel using

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

Bomb calorimeter and numerical examples, **Coal**-types of coal and proximate analysis of coal, **Fuel rating**–Octane number and Cetane number, fuel-structural influence on Octane and Cetane number, **Gaseous fuel**–chemical composition, calorific value and applications of natural gas (CNG), LPG, producer gas, water gas and biogas, Elementary idea on–hydrogen as future fuels, nuclear fuels, **Lubricants :** Definition and properties, mechanism, industrial application and its function in bearings, Synthetic lubricants and cutting fluids.

**3. Water** **(14 Periods)**

Demonstration of water resources on Earth using pie chart, Classification of water—soft water and hard water, action of soap on hard water, types of hardness, causes of hardness, units of hardness—mg per litre ($mg\ L^{-1}$) and part per million (ppm) and simple numerical, pH and buffer solutions and their applications, Disadvantages caused by the use of hard water in domestic and boiler feed water. Primming and foaming and caustic embrittlement in boilers, Removal of hardness—Permutit process and Ion-exchange process, Physico-Chemical methods for Water Quality Testing : (a) Determination of pH using pH meter, total dissolved solids (TDS), (b) Testing and Estimation of alkalinity, indicating their types and application, total hardness by EDTA method and O' Hener's Method. (Chemical reaction of EDTA method are excluded), (c) Understanding of Indian Water Quality Standards as per WHO, Natural water sterilization by chlorine and UV radiation and reverse osmosis, Municipality waste water treatment, Definition of B.O.D. and C.O.D.

**4. Electrochemistry** **(4 Periods)**

Redox Reaction, Electrode Potential, Nernst equation, Electrochemical cell (Galvanic and Electrolytes); Nernst equation.

**5. Corrosion and its Control** **(10 Periods)**

Definition of corrosion and factors affecting corrosion rate, **Theories of** : (a) Dry (chemical) corrosion-Pilling Bedworth rule, (b) Wet corrosion in acidic atmosphere by hydrogen evolution mechanism, Definition of passivivity and galvanic series, **Corrosion control :** (a) Metal coating–Cathodic protection, Cementation on Base Metal Steel–Application of Metal Zn (Sheradizing), Cr (Chromozing) and Al (Calorizing), Sacrificial protection and impressed current voltage, (b) Inorganic coatings–Anodizing and phosphating, (c) Organic coatings–use of paints, varnishes and enamels, (d) Internal corrosion preventive measures–alloying (with reference to passivating, neutralizing and inhibition) and heat treatment (quenching, annealing).

**6. Organic Compounds, Polymers and Plastics** **(10 Periods**

Classification of organic compounds and IUPAC Nomenclature, Definition of polymer, monomer and degree of polymerization, Brief introduction to addition

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

and condensation polymers with suitable examples (PE, PS, PVC, Teflon, Nylon-66 and Bakelite), Definition of plastics, thermo plastics and thermo setting plastics with suitable examples, distinctions between thermo and thermo setting plastics, Applications of polymers in industry and daily life.

## LIST OF PRACTICALS

1. Estimation of total hardness of water using standard EDTA solution.
2. Estimation of total alkalinity of given water sample by titrating it against standard sulfuric acid solution.
3. Proximate analysis of solid fuel.
4. Estimation of temporary hardness of water sample by O' Henier's Method.
5. Determination of flash and fire point of given lubricating oil using Abel's flash point apparatus.

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

# विषय-सूची


| क्र० सं० | अध्याय | पृष्ठ सं० |
|---|---|---|
| 1. | परमाणु संरचना, आवर्त सारणी तथा रासायनिक आबंधन (Atomic Structure, Periodic Table and Chemical Bonding) | 1-71 |
| 2. | ईंधन एवं स्नेहक (Fuels and Lubricants) | 72-108 |
| 3. | जल उपचार (Water Treatment) | 109-168 |
| 4. | वैद्युत रसायन (Electro Chemistry) | 168-185 |
| 5. | संक्षारण और उसका नियंत्रण (Corrosion and its Control) | 186-210 |
| 6. | कार्बनिक यौगिक, बहुलक एवं प्लास्टिक (Organic Compounds, Polymers and Plastics) | 211-258 |


**List of Practicals :**


- प्रयोगात्मक भाग (Practical Section) 259-302
- मौखिक प्रश्नोत्तर (Viva-Voce) 303-306
- परिशिष्ट—1-2 307-310
- प्रश्न-पत्र 311-316


AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

अध्याय

1

# परमाणु संरचना, आवर्त सारणी तथा रासायनिक आबंधन

## (Atomic Structure, Periodic Table and Chemical Bonding)

**पाठ्यक्रम (Syllabus) :** Fundamental particles, mass and charges of electrons, protons and neutrons with names of scientists who discovered these fundamental particles, Bohr's model of atom and successes and limitations of atomic theory (qualitative treatment only), Atomic number, atomic mass number, isotopes and isobars, Definitions of orbit and orbitals, shapes of *s* and *p* orbitals only, quantum numbers and their significance, Aufbau's principle. Pauli's exclusion principle and Hund's rule, electronic configuration of elements with atomic number (Z) = 30 only. (Electronic configurations of elements with atomic number greater than 30 are excluded). Modern period law and period table, groups and periods, classifiaction of elements into *s, p, d* and *f* blocks (periodicity in properties-excluded), Chemical bonding and cause of bonding and types such as ionic bond in NaCl sigma (σ) and pi (π) covalent bonds in $H_2$, HCl, $Cl_2$, elememtary idea of hybridization in $BeCl_2$, $BF_3$, $CH_4$, $NH_3$ and $H_2O$, VSPER, Molecular orbital theory, States of Matter : Solid, Liquid and Gas, Metallic bonding-explanation with the help of electron gas (sea) model.

### 1.1. परमाणु (Atom)

द्रव्य का वह सूक्ष्मतम कण जो रासायनिक अभिक्रियाओं में बिना विभाजित हुए भाग लेता है, परमाणु कहलाता है।

(The smallest particle which takes part in chemical reactions without any decomposition is called atom.)

**परमाणु की मूल संकल्पना** (Basic Concept of Atom)—19वीं शताब्दी के अन्तिम दशक में वैज्ञानिक जॉन डाल्टन ने सन् 1808 में एक सिद्धान्त प्रस्तुत किया था जिसे डाल्टन का परमाणुवाद कहते हैं। इस सिद्धान्त के अनुसार किसी तत्व के सभी परमाणु भार व आकार में समान होते हैं तथा परमाणु अविभाज्य होता है।

20वीं शताब्दी के शुरू में जे०जे० टॉमसन, रदरफोर्ड, मैडम क्यूरी तथा चैडविक आदि वैज्ञानिकों ने अपने प्रयोगों के आधार पर सिद्ध किया कि परमाणु विभाज्य है तथा सूक्ष्म कणों से मिलकर बना है। परमाणु में स्थायी कण इलेक्ट्रॉन, प्रोटॉन व न्यूट्रॉन होते हैं जिन्हें मूल कण कहते हैं तथा शेष अस्थायी कण पॉजिट्रॉन, न्यूट्रिनो, एन्टीन्यूट्रिनो और मेसॉन होते हैं।

**मूल कण** (Fundamental Particles)—आधुनिक प्रयोगों के आधार पर सिद्ध हो चुका है कि परमाणु स्वयं विभिन्न प्रकार के अति सूक्ष्म कणों से बना हुआ है जो मूल कण (Fundamental particles) या परमाण्विक कण (subatomic particles) कहलाते हैं। मूल कणों में कुछ स्थायी और शेष अस्थायी कण हैं। इलेक्ट्रॉन, प्रोटॉन और न्यूट्रॉन परमाणु संरचना के प्रमुख मूल कण हैं।

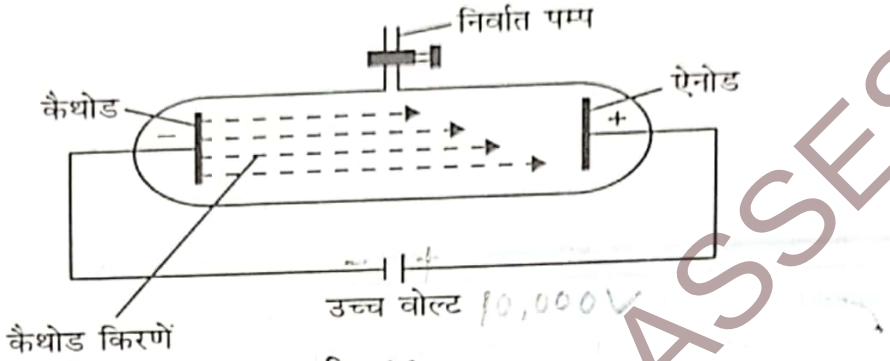
| मूल कण | प्रतीक | आवेश | द्रव्यमान ( किलोग्राम ) | द्रव्यमान (amu) | खोजकर्ता |
|---|---|---|---|---|---|
| इलेक्ट्रॉन | $e, {}^{0}_{-1}e, e^-$ | यूनिट ऋणावेश (− 1) | $9.10939\times 10^{-31}$ kg | 0.0005486 | जे० जे० टॉमसन (1897) |
| प्रोटॉन | $p, {}^{1}_{1}p$ | यूनिट धनावेश (+ 1) | $1.67262\times 10^{-27}$ kg | 1.007276 | ई० रदरफोर्ड (1919) |
| न्यूट्रॉन | $n, {}^{1}_{0}n$ | उदासीन (0) | $1.67493\times 10^{-27}$ kg | 1.008665 | जे० चैडविक (1932) |

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

## 1.1.1. कैथोड किरणें तथा इलेक्ट्रॉन की खोज (Cathode Rays and Discovery of Electron)

सन् 1859 में जूलियस प्लकर ने ज्ञात किया कि किसी गैस में बहुत कम दाब (0.001 मिमी Hg) पर विद्युत विसर्जन करने पर विसर्जन नली में ऋण इलेक्ट्रोड (कैथोड) से एक अदृश्य किरण-पुँज निकलता है जो धन इलेक्ट्रोड (ऐनोड) की ओर चलता है और कैथोड के सामने वाली काँच की नली की दीवार पर हरे रंग की प्रतिदीप्ति उत्पन्न करता है। कैथोड से निकली ये अदृश्य किरणें कैथोड किरणें कहलाती हैं।




चित्र 1.1

**कैथोड किरणों के गुण** (Properties of Cathode Rays)—विलियम क्रुक्स (1879), हिटॉर्फ (1889), मिलिकन (1896), जे० जे० टॉमसन (1897) और कई अन्य वैज्ञानिकों ने कैथोड किरणों के गुणों का अध्ययन किया और निम्नलिखित निष्कर्ष दिये—

(1) कैथोड किरणों के मार्ग में कोई धातु रख देने पर उस धातु की छाया कैथोड के सामने नली की दीवार पर पड़ती है। इससे सिद्ध होता है कि कैथोड किरणें एक सीधी रेखा में चलती हैं।

(2) कैथोड किरणों के मार्ग में हल्की पहियेदार वस्तु रखने पर वह घूमने लगती है। इससे सिद्ध होता है कि ये किरणें सूक्ष्म कणों से मिलकर बनी हैं।

(3) विद्युत क्षेत्र से गुजारने पर ये किरणें धन प्लेट की ओर मुड़ जाती हैं। इससे सिद्ध होता है ये किरणें ऋण आवेशित कणों से मिलकर बनी हैं।

(4) कैथोड किरणें विद्युत विसर्जन नलिका की दीवार पर हरे रंग की प्रतिदीप्ति उत्पन्न करती हैं।

(5) कैथोड किरणें धातु की पतली पन्नी को भेद सकती हैं।

(6) कैथोड किरणें गैसों को आयनित कर देती हैं।

(7) कैथोड किरणें फोटोग्राफिक प्लेट को काला कर देती हैं।

(8) कैथोड किरणें उच्च गलनांक की धातु पर गिरने पर X-किरणें उत्पन्न करती हैं।

**इलेक्ट्रॉन की खोज (Discovery of Electron)—**

सन् 1897 में जे० जे० टॉमसन ने कैथोड किरणों का अध्ययन करके इलेक्ट्रॉन की खोज की और इलेक्ट्रॉन के आवेश तथा द्रव्यमान का अनुपात $e/m$ निर्धारित किया।

**इलेक्ट्रॉन की विशेषताएँ (Characteristics of Electron)—**

(1) इलेक्ट्रॉन परमाणु का ऋण आवेशित मौलिक कण है। इस पर इकाई ऋण आवेश होता है जिसका मान $-1.6 \times 10^{-19}$ कूलॉम होता है।

(2) इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान हाइड्रोजन परमाणु के द्रव्यमान का लगभग $\frac{1}{1837}$वाँ भाग होता है जिसका मान $9.1 \times 10^{-28}$ ग्राम होता है।

AKC TECHNICAL CLASSES

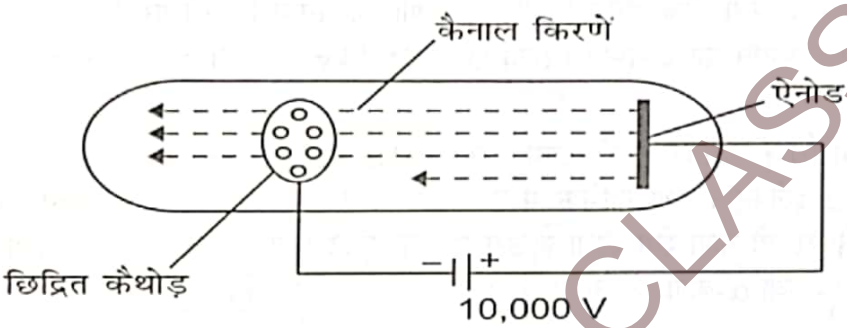
Scanned with CamScanner

(3) इलेक्ट्रॉन की त्रिज्या $2.8 \times 10^{-18}$ सेमी होती है।

(4) एक मोल इलेक्ट्रॉनों पर आवेश की मात्रा एक फैराडे (96500 कूलॉम) होती है।

## 1.1.2. कैनाल किरणें अथवा धन किरणें तथा प्रोटॉन की खोज (Canal Rays or Positive Rays and Discovery of Proton)

सन् 1886 में वैज्ञानिक गोल्डस्टीन ने ज्ञात किया कि जब छिद्रित कैथोड लगी हुई विसर्जन नली में अल्प दाब तथा उच्च विभवान्तर पर गैसों में विद्युत विसर्जन किया जाता है, तो ऐनोड से निकलकर किरणें कैथोड के छिद्रों से होती हुई कैथोड के पीछे हरे रंग की प्रतिदीप्ति उत्पन्न करती हैं क्योंकि ये किरणें कैथोड के छिद्रों से निकलती हैं इसलिये गोल्डस्टीन ने इन किरणों को कैनाल किरणें तथा ऐनोड से उत्पन्न होने के कारण टॉमसन ने इन्हें धन किरणें कहा।




चित्र 1.2

**कैनाल किरणों के गुण** (Properties of Canal Rays)—डब्लू० वाइन (1897) तथा जे० जे० टॉमसन (1897) ने इन किरणों का अध्ययन करके निम्नलिखित निष्कर्ष दिये—

(1) कैनाल किरणों के मार्ग में कोई धातु रख देने पर उस धातु की छाया सामने वाली दीवार पर पड़ती है। इससे सिद्ध होता है कि कैनाल किरणें एक सीधी रेखा में चलती हैं।

(2) कैनाल किरणों के मार्ग में हल्की पहियेदार वस्तु रखने पर वह घूमने लगती है। इससे सिद्ध होता है कि ये किरणें सूक्ष्म कणों से मिलकर बनी हैं।

(3) ये किरणें वैद्युत क्षेत्र से गुजारने पर ऋण प्लेट की ओर मुड़ जाती हैं इससे सिद्ध होता है कि ये किरणें धन आवेशित कणों से मिलकर बनी हैं।

(4) ये किरणें फोटोग्राफिक प्लेट को प्रभावित करती हैं।

(5) इनकी बेधन क्षमता कैथोड किरणों की तुलना में कम होती है।

(6) ये किरणें प्रतिदीप्ति और स्फुरदीप्ति उत्पन्न करती हैं।

(7) ये किरणें गैसों को आयनित कर देती हैं।

**प्रोटॉन की खोज** (Discovery of Proton)—सन् 1919 में वैज्ञानिक अर्नेस्ट रदरफोर्ड ने इन किरणों का अध्ययन करके प्रोटॉन की खोज की तथा नाइट्रोजन तत्त्व पर $\alpha$-कणों को प्रवाहित करके प्रोटॉन प्राप्त किया।

$$_7N^{14} + {}_2He^4 \rightarrow {}_8O^{17} + {}_1H^1 \text{ (प्रोटॉन)}$$

**प्रोटॉन की विशेषताएँ (Characteristics of Proton)—**

(1) प्रोटॉन परमाणु का धन आवेशित मौलिक कण है। इस पर इकाई धन आवेश होता है जिसका मान $+1.6 \times 10^{-19}$ कूलॉम होता है।

(2) प्रोटॉन का द्रव्यमान हाइड्रोजन परमाणु के द्रव्यमान के लगभग बराबर होता है जिसका मान $1.6726 \times 10^{-24}$ ग्राम होता है।

(3) प्रोटॉन की त्रिज्या लगभग $10^{-13}$ सेमी होती है।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

## 1.1.3. न्यूट्रॉन की खोज (Discovery of Neutron)

बेरीलियम तत्त्व पर ऐल्फा कणों की बमबारी करने पर एक प्रकार की बेधी (penetrating) किरणें निकलती हैं। वैज्ञानिक जे० चैडविक (1932) ने इन किरणों की प्रकृति का अध्ययन किया और यह निष्कर्ष निकाला कि ये किरणें अतिसूक्ष्म विद्युत उदासीन कणों से मिलकर बनी हैं जिनका द्रव्यमान 1.0086 amu होता है जो कि हाइड्रोजन परमाणु (H) के द्रव्यमान के लगभग बराबर हैं। इन कणों को न्यूट्रॉन कहते हैं। न्यूट्रॉन का प्रतीक ${}_0n^1$ है।

बेरीलियम तत्त्व से न्यूट्रॉन की उत्पत्ति को निम्नलिखित नाभिकीय समीकरण द्वारा प्रदर्शित किया जाता है—

$$ {}^{9}_{4}\text{Be} + {}^{4}_{2}\text{He} \longrightarrow {}^{12}_{6}\text{C} + {}^{1}_{0}n $$

न्यूट्रॉन

लीथियम, बोरॉन इत्यादि अन्य हल्के तत्त्वों पर ऐल्फा-कणों की बमबारी करने पर न्यूट्रॉन उत्पन्न होते हैं। न्यूट्रॉन एक विद्युत उदासीन कण है तथा न्यूट्रॉन का द्रव्यमान $1.67493 \times 10^{-24}$ kg होता है।

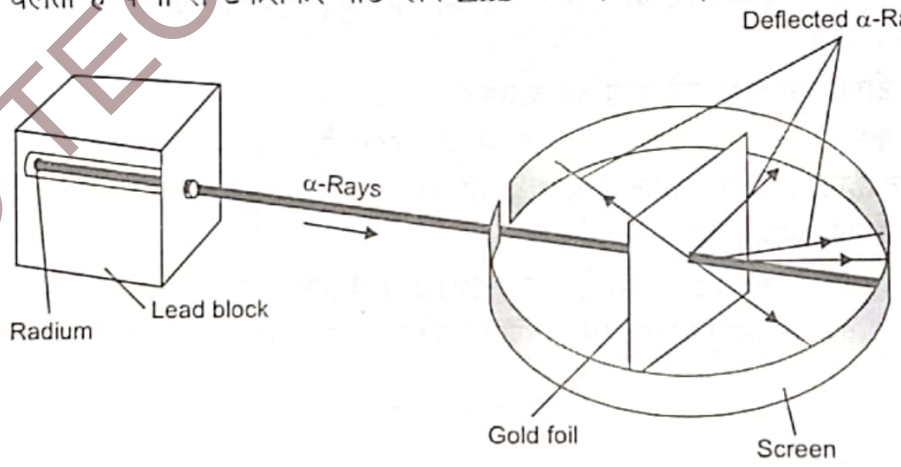
**नोट—ऐल्फा कण** ($\alpha$-particle) : हीलियम परमाणु (He-Atom) का परमाणु क्रमांक 2 होता है। हीलियम परमाणु में 2 इलेक्ट्रॉन तथा नाभिक में 2 प्रोटॉन व 2 न्यूटॉन होते हैं। हीलियम परमाणु से 2 इलेक्ट्रॉन निकल जाने पर जो कण शेष रहता है उस पर दो यूनिट धनावेश रहता है। इस कण को हीलियम परमाणु का नाभिक अथवा $\alpha$-कण कहते हैं। $\alpha$-कण धनावेशित होता है।

$$ \text{He} \longrightarrow \overset{++}{\text{He}} + 2\bar{e} $$

हीलियम परमाणु — $\alpha$-कण — इलेक्ट्रॉन

## 1.1.4. परमाणु नाभिक की खोज (Discovery of Nucleus)

वैज्ञानिक अर्नेस्ट रदरफोर्ड (1911) और उनके शिष्य गीगर (Geiger) एवं मार्सडेन (Marsden) ने परमाणु में उपस्थित दो मूल कणों की स्थिति ज्ञात करने के लिए $\alpha$-कण प्रकीर्णन प्रयोग किया उसने स्वर्ण धातु की एक पतली पन्नी (0.0004 cm मोटी) लेकर रेडियम से प्राप्त ऐल्फा-किरण पुंज की स्वर्ण धातु की पतली पन्नी पर बौछार की। $\alpha$-किरण पुंज जो कि सीधी रेखा में चलता है पन्नी से टकराकर पीछे लगे ZnS के पर्दे पर कई स्थानों पर चमक उत्पन्न करता है।




चित्र 1.3

स्वर्ण पन्नी द्वारा ऐल्फा कणों का प्रकीर्णन या बिखराव हो जाने के कारण ही ZnS के प्रतिदीप्तिशील पर्दे पर कई स्थानों पर चमक उत्पन्न होती है। वैज्ञानिकों द्वारा उत्पन्न चमक का अध्ययन किया गया तथा निम्न निष्कर्ष निकाले—

(1) अधिकांश $\alpha$-कण धातु की पतली पन्नी को पार करके अपने मार्ग से सीधे निकल जाते हैं। इससे पता चलता है कि परमाणु का अधिकांश भाग खोखला है।

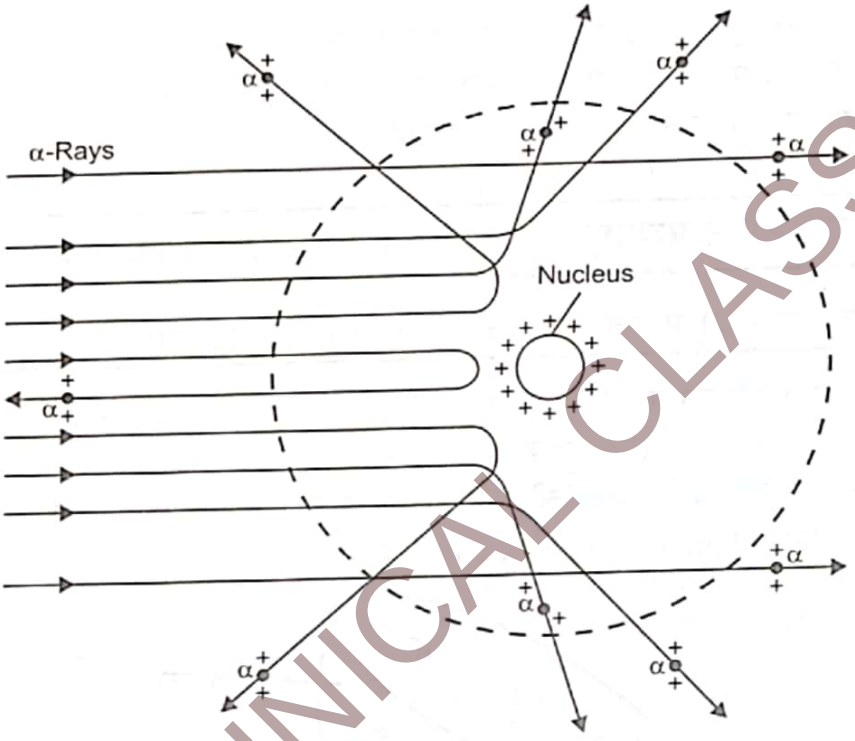
AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

(2) कुछ α-कण अपने मूल पथ से थोड़ा विक्षेपित हो जाते हैं। इससे पता चलता है कि परमाणु के केन्द्र में धनावेशित भाग है जिसे नाभिक कहते हैं।

(3) बहुत कम α-कण अपने मार्ग पर वापस लौटे, इससे पता चलता है कि परमाणु के बीच में उपस्थित धनावेशित भाग बहुत सघन व दृढ़ है।

α-कणों के प्रकीर्णन के प्रयोग से यह निष्कर्ष निकाला गया कि परमाणु का कुल धन आवेश और लगभग समस्त द्रव्यमान परमाणु के केन्द्र में एक अतिसूक्ष्म स्थान में स्थित है। परमाणु के केन्द्र में स्थित वह धनावेशित अतिसूक्ष्म स्थान जिसमें परमाणु का लगभग समस्त द्रव्यमान केन्द्रित रहता है **"नाभिक" (Nucleus)** कहलाता है।




चित्र 1.4

**रदरफोर्ड ने α-कणों के प्रकीर्णन के प्रयोग के आधार पर यह निष्कर्ष निकाला कि परमाणु के दो भाग होते हैं–**

(a) धनावेशित नाभिक तथा (b) नाभिक के बाहर का विशाल क्षेत्र जिसमें इलेक्ट्रॉन रहते हैं। परमाणु नाभिक की त्रिज्या $10^{-13}$ से $10^{-12}$ सेमी होती है, जबकि परमाणु की त्रिज्या लगभग $10^{-8}$ सेमी होती है। परमाणु की तुलना में उसका नाभिक बहुत सघन (dense) और कठोर (rigid) होता है। परमाणु के नाभिक में प्रोटॉन तथा न्यूटॉन रहते हैं, जबकि नाभिक के बाहर स्थित विशाल क्षेत्र में इलेक्ट्रॉन नाभिक के चारों ओर स्थित विभिन्न कक्षाओं में गतिशील रहते हैं।

**परमाणु नाभिक का संगठन** (Composition of Atomic Nucleus)—परमाणु के नाभिक में प्रोटॉन तथा न्यूट्रॉन उपस्थित रहते हैं। नाभिक का धनावेश प्रोटॉनों के कारण होता है, जबकि नाभिक का द्रव्यमान प्रोटॉनों तथा न्यूट्रॉनों के कुल द्रव्यमान के योग के बराबर होता है। प्रोटॉनों और न्यूट्रॉनों को सामूहिक रूप से न्यूक्लिऑन (Nucleons) कहा जाता है, क्योंकि ये कण न्यूक्लियस के घटक (component) हैं। परमाणु में इलेक्ट्रॉनों की संख्या प्रोटॉनों की संख्या के बराबर होती है इसीलिए परमाणु विद्युत उदासीन होते हैं।

## प्रारम्भिक परमाणु मॉडल (Earlier Atomic Models)

### 1.2.1. डाल्टन का परमाणु सिद्धान्त (Dalton's Atomic Theory)

रासायनिक संयोग के नियमों के आधार पर वैज्ञानिक डाल्टन ने 1803 में अपना परमाणु सिद्धान्त प्रतिपादित किया इसके अनुसार—

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

1. परमाणु अविनाशी है अर्थात परमाणु को न तो उत्पन्न किया जा सकता है और न ही नष्ट किया जा सकता है।
2. सभी पदार्थ परमाणुओं से मिलकर बने हैं।
3. परमाणु अविभाज्य है तथा रासायनिक अभिक्रिया में भाग ले सकता है।
4. किसी पदार्थ के सभी परमाणु आकार तथा गुणों से समान होते हैं।
5. किसी भी यौगिक में परमाणु सरल गुणित अनुपात में होते है।

**डाल्टन के परमाणु मॉडल के दोष (Drawbacks of Dalton's Atomic Model)**

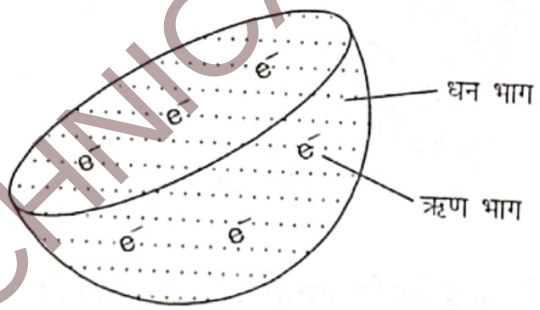
यह नियम निम्नलिखित की व्याख्या करने में असफल रहा—

1. विभिन्न तत्त्वों के परमाणुओं का परस्पर संयोग करना।
2. समान तत्त्वों के परमाणुओं का द्रव्यमान अलग-अलग होना।
3. भिन्न-भिन्न तत्त्वों के परमाणुओं का भार भिन्न-भिन्न होना।
4. तत्त्वों में परमाणु परस्पर किन बलों द्वारा जुड़े होते हैं।
5. परमाणुओं का स्वतन्त्र अवस्था में नहीं रहना।

## प्रारम्भिक परमाणु मॉडल (Classical Atomic Model)

### 1.2.2. थॉमसन का परमाणु मॉडल (Thomson's Atomic Model)

सन् 1904 में जे० जे० थॉमसन ने अपने परमाणु मॉडल में बताया कि परमाणु अति सूक्ष्म गोलाकार विद्युत उदासीन कण है जिसमें धन तथा ऋण आवेशित कण होते हैं, परमाणु में धन आवेशित भाग तरबूज के लाल भाग की तरह होता है और ऋण आवेशित इलेक्ट्रॉन तरबूज के बीजों की तरह उस लाल भाग में धँसे रहते हैं। इसलिये इस मॉडल को तरबूज मॉडल या प्लम पुडिंग मॉडल (Plum pudding model) भी कहते हैं।




चित्र 1.5

**थॉमसन के परमाणु मॉडल के दोष (Drawbacks of Thomson Atomic Model)—**

(1) थॉमसन का परमाणु मॉडल हाइड्रोजन स्पैक्ट्रम की व्याख्या करने में असफल रहा।

(2) यह मॉडल रदरफोर्ड के $\alpha$-कण प्रकीर्णन प्रयोग के निष्कर्षों की व्याख्या करने में भी असफल रहा।

### 1.2.3. रदरफोर्ड का परमाणु मॉडल (Rutherford's Atomic Model)

सन् 1911 में अर्नेस्ट रदरफोर्ड ने $\alpha$-कण प्रकीर्णन प्रयोग के आधार पर परमाणु मॉडल प्रस्तुत किया। इसके अनुसार—

(1) परमाणु गोलाकार, सूक्ष्म तथा विद्युत उदासीन होता है।

(2) परमाणु दो भागों से मिलकर बनता है—

(a) परमाणु नाभिक जिसमें समस्त धनावेश होता है।

(b) नाभिक के बाहर का विशाल क्षेत्र जिसमें इलेक्ट्रॉन होते हैं।

(3) परमाणु में इलेक्ट्रॉन नाभिक के चारों ओर वृत्ताकार पथों में तेजी से विभिन्न कक्षाओं में घूमते रहते हैं।

AKC TECHNICAL CLASSES

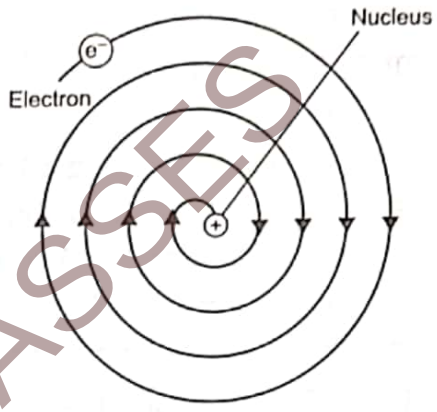
Scanned with CamScanner

(4) परमाणु में इलेक्ट्रॉनों की संख्या परमाणु नाभिक पर स्थित धनावेश के यूनिटों की संख्या के बराबर होती है। इस कारण परमाणु विद्युत उदासीन होता है।

(5) धनावेशित नाभिक, ऋणावेशित इलेक्ट्रॉनों पर आकर्षण बल आरोपित करता है, परन्तु इलेक्ट्रॉन नाभिक में नहीं गिरते हैं, क्योंकि इलेक्ट्रॉनों के परिक्रमण से उत्पन्न अपकेन्द्र बल नाभिक के आकर्षण बल को सन्तुलित कर देता है।

## रदरफोर्ड के परमाणु मॉडल के दोष (Drawbacks of Rutherford Atomic Model)

(1) क्लार्क मैक्सवेल के विद्युतगतिकी (electrodynamics) सिद्धान्त के अनुसार जब कोई आवेशित कण निरन्तर गतिमान अवस्था में रहता है तो ऊर्जा का उत्सर्जन करता है जिसके कारण उस कण की ऊर्जा लगातार कम होती जाती है। इस सिद्धान्त के आधार पर यह निष्कर्ष निकाला जा सकता है कि नाभिक की परिक्रमा करता हुआ इलेक्ट्रॉन निरन्तर ऊर्जा का उत्सर्जन करेगा जिससे उसकी ऊर्जा कम होती रहेगी जिसके फलस्वरूप इलेक्ट्रॉन की कक्षा की त्रिज्या लगातार कम होती जायेगी (चित्र 1.6) और अन्त में इलेक्ट्रॉन नाभिक में गिरकर अपना अस्तित्व खो देगा जिसका अर्थ परमाणु का विनाश होगा। परन्तु हम जानते हैं कि परमाणु का विनाश नहीं हो सकता यह एक स्थायी निकाय है। अत: रदरफोर्ड का परमाणु मॉडल, परमाणु निकाय (System) के स्थायित्व (Stability) की व्याख्या करने में असफल रहा।



चित्र 1.6

(2) यदि नाभिक के चक्कर लगाता हुआ कोई इलेक्ट्रॉन लगातार ऊर्जा का उत्सर्जन करता है तो परमाणु का स्पेक्ट्रम (Spectrum) सतत् (Continuous) होना चाहिये अर्थात् परमाणु के स्पेक्ट्रम में निश्चित आवृत्ति (Frequency) रेखाएँ नहीं होनी चाहिए। परन्तु वास्तव में परमाणु का स्पेक्ट्रम सतत नहीं होता है। उसके स्पेक्ट्रम में निश्चित आवृत्ति की कई रेखाएँ होती हैं। अत: रदरफोर्ड का मॉडल परमाणुओं के रैखिक स्पैक्ट्रम (line spectrum) की व्याख्या करने में असफल रहा।

(3) यह मॉडल परमाणुओं की इलेक्ट्रॉनिक संरचना (उनकी कक्षाओं, वेग, ऊर्जा) की व्याख्या करने में भी असफल रहा।

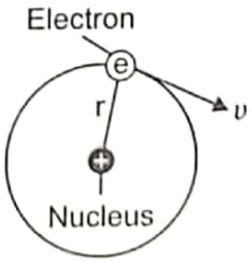
## 1.2.4. बोर का परमाणु मॉडल (Bohr's Atomic Model)

रदरफोर्ड के परमाणु मॉडल के दोषों को भौतिक विज्ञानी नील्स बोर (Niels Bohr, 1913) ने प्लांक के क्वाण्टम सिद्धान्त की सहायता से दूर किया और परमाणु संरचना के सम्बन्ध में निम्नलिखित अभिकल्पनाएँ (Assumptions) प्रस्तुत कीं—

(1) परमाणु में इलेक्ट्रॉन नाभिक के चारों ओर उपस्थित निश्चित त्रिज्या वाली वृत्ताकार कक्षाओं (Circular orbits) में घूमते रहते हैं।

(2) परमाणु नाभिक के चारों ओर अनेक वृत्ताकार कक्षाएँ सम्भव हैं, किन्तु इलेक्ट्रॉन इन सभी सम्भव कक्षाओं में नहीं घूमते। इलेक्ट्रॉन केवल निश्चित कक्षाओं में बिना ऊर्जा का उत्सर्जन अथवा अवशोषण किए घूमते हैं।

(3) परमाणु में इलेक्ट्रॉन केवल उन्हीं कक्षाओं में घूमते हैं जिनमें उनका **कोणीय संवेग** (Angular momentum) $\frac{h}{2\pi}$ का **पूर्ण गुणित** (Integral multiple) होता है। ऐसी कक्षाएँ निश्चित होती हैं। इन निश्चित कक्षाओं को **स्थायी कक्षाएँ** (Stationary orbits) कहते हैं। स्थायी कक्षाओं में इलेक्ट्रॉन की ऊर्जा स्थिर रहती है।



चित्र 1.7

यदि $m$ द्रव्यमान का इलेक्ट्रॉन, $r$ त्रिज्या की कक्षा में, $v$ वेग से घूम रहा है तो इलेक्ट्रॉन का कोणीय संवेग $mvr$ होगा तथा बोर के इस अभिग्रहीत के अनुसार,

$$mvr = n\frac{h}{2\pi}$$

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

जहाँ $h$ प्लांक नियतांक है ($h = 6.6260 \times 10^{-34}$ J s) और $n$ एक पूर्ण संख्या है जिसे **मुख्य क्वाण्टम संख्या** (Principal quantum number) कहते हैं।

$n = 1, 2, 3, 4, \ldots\ldots$

$n$ को स्थायी कक्षाओं की क्रम संख्या भी कहते हैं।

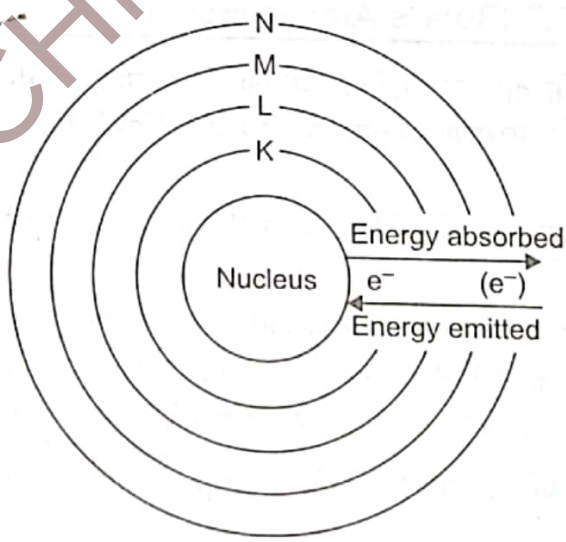
परमाणु में इलेक्ट्रॉन की ऊर्जा ($E$) मुख्यत: नाभिक और इलेक्ट्रॉन के बीच की दूरी पर निर्भर करती है नाभिक के निकटतम स्थायी कक्षा ($n = 1$) की ऊर्जा न्यूनतम होती है और जैसे-जैसे कक्षा की दूरी नाभिक से बढ़ती जाती है उसकी ऊर्जा भी बढ़ती जाती है। विभिन्न स्थायी कक्षाओं को क्रमश: $1, 2, 3, \ldots\ldots n$, आदि या K, L, M, N, ..... आदि अक्षरों द्वारा प्रदर्शित करते हैं।

(4) सामान्यत: इलेक्ट्रॉन निम्नतम ऊर्जा की कक्षाओं में रहते हैं। परमाणु की निम्नतम ऊर्जा अवस्था को आद्य अवस्था (Ground state) कहते हैं। बाहरी स्रोत से ऊर्जा देने पर इलेक्ट्रॉन उत्तेजित अवस्था में आ जाते हैं और अधिक ऊर्जा की कक्षाओं में चले जाते हैं। परमाणु की इस अवस्था को उत्तेजित अवस्था (Excited state) कहते हैं। बाहर से बहुत अधिक ऊर्जा देने पर इलेक्ट्रॉन परमाणु कक्षाओं को छोड़कर निकाय से बाहर निकल जाते हैं।

(5) इलेक्ट्रॉन स्थायी कक्षाओं में बिना ऊर्जा का उत्सर्जन किए घूमते हैं। ऊर्जा एक विकिरण के रूप में तभी अवशोषित (Absorb) या उत्सर्जित (Emit) होती है जबकि इलेक्ट्रॉन एक स्थायी कक्षा (ऊर्जा-स्तर) से दूसरी स्थायी कक्षा (ऊर्जा-स्तर) में जाता है। यदि कोई इलेक्ट्रॉन $E_1$ ऊर्जा-स्तर से $E_2$ ऊर्जा-स्तर में या इसके विपरीत जाता है तो $E_2 - E_1 = \Delta E$ ऊर्जा एक विकिरण के रूप में परमाणु द्वारा अवशोषित या उत्सर्जित होती है। इस विकिरण की आवृत्ति $\nu$ की गणना प्लांक समीकरण द्वारा की जा सकती है—

$$\nu = \frac{E_2 - E_1}{h} \text{ प्रति सेकण्ड} \qquad h = \text{प्लांक स्थिरांक}$$

जब परमाणु द्वारा $\Delta E$ ऊर्जा अवशोषित होती है तो इलेक्ट्रॉन एक न्यून ऊर्जा ($E_1$) के स्तर से एक उच्च ऊर्जा ($E_2$) के स्तर में जाता है (चित्र 1.8)। इसके विपरीत जब इलेक्ट्रॉन एक उच्च ऊर्जा ($E_2$) के स्तर से एक न्यून ऊर्जा ($E_1$) के स्तर में जाता है तो $\Delta E$ ऊर्जा एक विकिरण के रूप में परमाणु द्वारा उत्सर्जित होती है। **इन परिवर्तनों के फलस्वरूप परमाणु के अवशोषण और उत्सर्जन स्पेक्ट्रम में निश्चित आवृत्ति की रेखाएँ उत्पन्न होती हैं।**




चित्र 1.8

## बोर के परमाणु मॉडल के दोष (Drawbacks of Bohr's Atomic Model)

1. बोर का परमाणु मॉडल केवल उन्हीं परमाणु या आयनों की व्याख्या करता है जिनमें एक इलक्ट्रॉन होता हैं; जैसे $He^+$, $Li^{2+}$ और $Be^{3+}$ आदि के स्पेक्ट्रम की उत्पत्ति व उसकी व्याख्या की जा सकी, परन्तु बहु-इलेक्ट्रॉन परमाणुओं व आयनों के स्पेक्ट्रम की व्याख्या करने में बोर का सिद्धान्त असफल रहा।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

2. उच्च विभेदन क्षमता (Resolving power) के स्पेक्ट्रोस्कोप द्वारा जाँच करने पर ज्ञात हुआ कि हाइड्रोजन के प्रकाशीय स्पेक्ट्रम मे जो एकल रेखा (Single line) प्रकट होती हैं वे वास्तव में सूक्ष्म (fine) रेखाओं के समूहों से बनी हुई है। बोर का सिद्धान्त स्पेक्ट्रम रेखाओं की सूक्ष्म संरचना (Fine structure) की व्याख्या करने में असफल रहा।

3. प्रयोगो द्वारा यह ज्ञात हुआ कि जिस वस्तु से विकिरण का उत्सर्जन हो रहा है उसे चुम्बकीय क्षेत्र (Magnetic field) में रख देने पर उसकी स्पेक्ट्रम रेखाएँ विभक्त (Split) हो जाती हैं। इस प्रकार हुए स्पेक्ट्रम रेखाओं के विघटन (Splitting) को जीमान-प्रभाव (Zeeman effect) कहते हैं। बोर के सिद्धान्त द्वारा जीमान-प्रभाव की व्याख्या नहीं की जा सकती है।

4. इस मॉडल द्वारा किसी अणु में आबन्ध के निर्माण को नहीं समझाया जा सका।

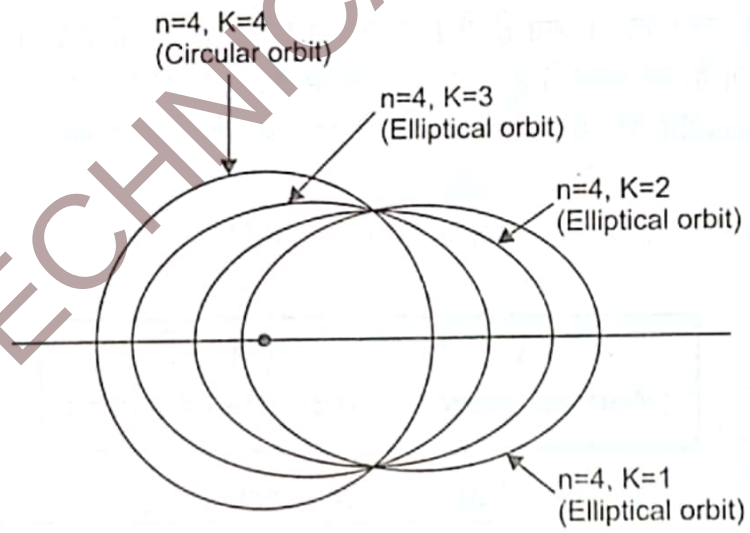
5. इलेक्ट्रॉन में छोटे कणों के साथ-साथ तरंग गुण भी पाया जाता है। इसकी व्याख्या यह मॉडल नहीं करता।

## 1.2.5. सोमरफील्ड का परमाणु मॉडल (Sommerfield's Atomic Model)

सोमरफील्ड (1919) ने बोर के परमाणु मॉडल का एक संशोधित एवं विस्तृत रूप प्रस्तुत किया इसके अनुसार—

(i) हाइड्रोजन परमाणु के स्पेक्ट्रम की रेखाओं की सूक्ष्म संरचना (Fine structure) की व्याख्या करते हुए बताया कि यह जरूरी नहीं है कि एक ही कक्षा के सभी इलेक्ट्रॉनों की ऊर्जाएँ भी एकसमान हों, एक ही कक्षा के कुछ इलेक्ट्रॉनों की ऊर्जा अन्य इलेक्ट्रॉनों से भिन्न हो सकती हैं।

(ii) सोमरफील्ड ने मुख्य ऊर्जा स्तरों को उप-ऊर्जा स्तरों (Sub-energy levels) में विभाजित किया तथा बताया इलेक्टॉन की कक्षाएँ वृत्तीय और दीर्घवृत्ताकार दोनों होती हैं। यह आवश्यक नहीं है कि एक ही कक्षा के सभी इलेक्ट्रॉन वृत्तीय कक्षा में घूमते हों, बल्कि उनमें से कुछ इलेक्ट्रॉन दीर्घवृत्ताकार (Elliptical) पथों पर भी घूम सकते हैं। परमाणु का नाभिक दीर्घवृत्ताकार कक्षाओं के दो फोकसों (Foci) में से किसी एक फोकस (Focus) पर होता है।




चित्र 1.9

**वृत्ताकार कक्षा में घूम रहे इलेक्ट्रॉन के कोणीय संवेग का मान $\frac{nh}{2\pi}$ होता है जहाँ $n$ एक पूर्ण संख्या है।** $n$ इलेक्ट्रॉन का मुख्य ऊर्जा स्तर अथवा इलेक्ट्रॉन की कक्षा की संख्या है। दीर्घवृत्ताकार कक्षा में घूम रहे इलेक्ट्रॉन का कोणीय संवेग $\frac{Kh}{2\pi}$ होता है, जहाँ $K$ एक पूर्ण संख्या है। $K$ का मान $1, 2, 3, 4, \cdots\cdots$ आदि हो सकता है। $K$ का मान इलेक्ट्रॉन के उपऊर्जा स्तर को प्रदर्शित करता है।

$K$ का मान $n$ के मान पर निर्भर करता है। $n$ के किसी मान के लिए $K$ के $n$ मान होते हैं। $K$ के ये मान $1, 2, 3, \cdots\cdots n$ हैं। यदि $n = 1$, तो $K = 1$, यदि $n = 2$ तो $K = 1, 2$; यदि $n = 3$ तो $K = 1, 2, 3$; यदि $n = 4$ तो

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

$K = 1, 2, 3, 4$ आदि। जब $K$ व $n$ का मान बराबर हो तो इलेक्ट्रॉन की कक्षा वृत्ताकार होगी अर्थात् दीर्घ अक्ष की लम्बाई लघु अक्ष की लम्बाई के बराबर होगी।

$$\frac{n}{K} = \frac{\text{दीर्घ अक्ष की लम्बाई}}{\text{लघु अक्ष की लम्बाई}}$$

**सोमरफील्ड परमाणु मॉडल के दोष (Drawbacks of Sommerfield Atomic Model)**

(1) सोमरफील्ड का परमाणु मॉडल हाइड्रोजन परमाणु के उत्सर्जन स्पेक्ट्रम (Emission spectrum) से प्राप्त रेखाओं की सूक्ष्म संरचना (Fine spectrum) की सफलतापूर्वक व्याख्या करता है परन्तु यह मॉडल बोर के परमाणु मॉडल की तरह एक से अधिक इलेक्ट्रॉन वाले परमाणुओं अथवा आयनों के उत्सर्जन स्पेक्ट्रम की व्याख्या तथा जीमान प्रभाव (Zeeman Effect) की व्याख्या कर पाने में असफल रहा।

(2) इस परमाणु मॉडल में इलेक्ट्रॉनों को कणों के रूप में माना गया है तथा उनका संवेग तथा स्थान पूर्णतया निर्धारित है। इलेक्ट्रॉन की द्वैती प्रकृति (Dual nature of electrons) की खोज तथा हाइजेनबर्ग के अनिश्चितता सिद्धान्त के बाद यह स्पष्ट हो जाता है कि सोमरफील्ड का परमाणु मॉडल दोषपूर्ण है।

## 1.2.6. इलेक्ट्रॉनिक विन्यास का बोर-बरी का नियम (Bohr-Burry Rule for Electronic Configuration)

सन् 1921 में बोर-बरी ने तत्त्वों के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास के लिए निम्न नियम प्रस्तुत किए—

(1) किसी कोश में इलेक्ट्रॉनों की अधिकतम संख्या $2n^2$ होती है, जहाँ $n$ कोश की मुख्य क्वाण्टम संख्या है।

(2) बाह्य कोश में इलेक्ट्रॉनों की अधिकतम संख्या 8 हो सकती है तथा उससे पिछले कोश में इलेक्ट्रॉनों की अधिकतम संख्या 18 हो सकती है।

(3) जब K कोश में 2 इलेक्ट्रॉन हो जाते हैं तो L कोश का भरना आरम्भ होता है, L कोश में 8 इलेक्ट्रॉन होने पर, M कोश का भरना आरम्भ होता है, M कोश में 8 इलेक्ट्रॉन होने पर नए कोश N में इलेक्ट्रॉनों का भरना शुरू हो जाता है।

(4) बाह्य कोश में 2 इलेक्ट्रॉनों से अधिक इलेक्ट्रॉन तभी हो सकते हैं, जबकि उससे पिछला कोश पूरा भर चुका होता है।

(5) बाह्य कोश से पिछले कोश में 8 इलेक्ट्रॉन से अधिक इलेक्ट्रॉन तभी हो सकते हैं जबकि उससे पिछला कोश पूरा भर चुका होता है।

# परमाणु संरचना का आधुनिक विचार (Modern View of Structure of Atom)

## 1.2.7. पदार्थ की द्वैती प्रकृति (Dual Nature of Matter)

प्रकाश की प्रकृति की व्याख्या करने के लिए विभिन्न वैज्ञानिकों के द्वारा विभिन्न सिद्धान्त प्रतिपादित किये गये। इन सिद्धान्तों के आधार पर, **सन् 1905 में** ज्ञात हुआ कि प्रकाश की प्रकृति द्वैती होती है अर्थात् यह तरंग तथा कण दोनों की भाँति व्यवहार करता है।

★ प्लैंक (Planck) के अनुसार प्रकाश, ऊर्जा पैकेटों के रूप में उत्सर्जित होता है। ऊर्जा के इन पैकेटों को फोटॉन (Photon) अथवा क्वांटा (Quanta) कहा जाता है।

एक फोटॉन की ऊर्जा $E$ को निम्न समीकरण द्वारा व्यक्त किया जा सकता है—

$$E = h\nu$$

जहाँ $\nu$ = आवृत्ति (Frequency), $h$ = प्लांक नियतांक ($6.626 \times 10^{-34}$ J × second)

★ आइन्स्टीन ने सिद्ध किया कि द्रव्यमान को अग्र समीकरण के अनुसार ऊर्जा में परिवर्तित किया जा सकता है—

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

$$E = mc^2$$

$m$ = द्रव्यमान, $c$ = प्रकाश का वेग।

★ फ्रेंच वैज्ञानिक लुई डी-ब्रॉग्ली (Louis de Broglie) ने 1924 में बताया कि प्रकाश की भाँति पदार्थ की प्रकृति भी द्वैती होती है। ब्रॉग्ली के अनुसार सभी अतिसूक्ष्म (Microscopic) तथा स्थूल (Macroscopic) कण एक तरंग (Wave) तथा कण (Particle) दोनों की भाँति व्यवहार करते हैं। पदार्थ की द्वैती प्रकृति की विवेचना करने के लिए उन्होंने एक समीकरण की व्युत्पत्ति की जिसे डी-ब्रॉग्ली समीकरण (de Broglie Equation) कहा जाता है।

**डी-ब्रॉग्ली समीकरण (de Broglie Equation)**—डी ब्रॉग्ली समीकरण की व्युत्पत्ति निम्न प्रकार से की जा सकती है—

प्लैंक के अनुसार, यदि किसी फोटॉन की आवृत्ति (Frequency) $\nu$ हो तब उसकी ऊर्जा $E$ उसकी आवृत्ति $\nu$ के समानुपाती होती है।

$$E \propto \nu$$

$$E = h\nu \quad \ldots(i)$$

आइन्स्टीन के अनुसार द्रव्यमान $m$ को ऊर्जा में निम्न समीकरण के अनुसार परिवर्तित किया जा सकता है—

$$E = mc^2 \quad \text{(जहाँ } m \text{ द्रव्यमान है।)} \quad \ldots(ii)$$

समीकरण (i) व (ii) से

$$h\nu = mc^2$$

$$h.\frac{c}{\lambda} = mc^2 \qquad [\because \quad c = \nu\lambda]$$

$$h.\frac{1}{\lambda} = mc$$

$$\boxed{\lambda = \frac{h}{mc}} \quad \ldots(1.1)$$

उपर्युक्त समीकरण को फोटॉन के लिए प्राप्त किया गया था। डी-ब्रॉग्ली ने इस समीकरण को सभी प्रकार के पदार्थ कणों पर लागू किया तथा बताया कि यदि किसी पदार्थ कण का द्रव्यमान (Mass) $m$ तथा वेग (Velocity) $v$ है तो उस कण के लिए समीकरण (1.1) को निम्न प्रकार लिखा जा सकता है—

$$\boxed{\lambda = \frac{h}{mv}} \quad \ldots(1.2)$$

समीकरण (1.2) को **डी-ब्रॉग्ली समीकरण** कहा जाता है। द्रव्यमान तथा वेग के गुणनफल ($mv$) को पदार्थ का संवेग (Momentum) ($P$) कहा जाता है।

$$mv = P$$

अत:

$$\boxed{\lambda = \frac{h}{P}} \quad \ldots(1.3)$$

समीकरण (1.3) भी डी-ब्रॉग्ली समीकरण का एक विशिष्ट रूप है।

## 1.2.8. हाइजेनबर्ग का अनिश्चितता का सिद्धान्त (Heisenberg's Uncertainty Principle)

जर्मन वैज्ञानिक वर्नर हाइजेनबर्ग ने सन् 1927 में द्रव्य तथा विकिरण की दैती प्रकृति को ध्यान में रखते हुए सूक्ष्म कणों की स्थिति तथा संवेग के सम्बन्ध में एक नियम प्रतिपादित किया जिसे हाइजेनबर्ग का अनिश्चितता का सिद्धान्त कहते

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

हैं। इस सिद्धान्त के अनुसार, **"किसी गतिमान अति सूक्ष्म कण की स्थिति (Position) और वेग (Velocity) दोनों का एक साथ यथार्थ (Exact) निर्धारण असम्भव है।"**

(*"The simultaneous exact determination of both the velocity and position of a small particle in motion is impossible."*)

अनिश्चितता सिद्धान्त को गणितीय रूप में (Mathematically) निम्न समीकरण द्वारा व्यक्त करते हैं—

$$(\Delta P)(\Delta X) \geq \frac{h}{4\pi}$$

इस समीकरण के अनुसार, किसी गतिशील अति सूक्ष्म कण के संवेग की अनिश्चितता ($\Delta P$) और स्थिति की अनिश्चितता ($\Delta X$) का गुणनफल या तो $h/4\pi$ के बराबर या उससे अधिक होता है, जहाँ $h$ प्लांक नियतांक है।

यह अनिश्चितता प्रायोगिक त्रुटियों के कारण नहीं होती अपितु स्थिति और संवेग दोनों को एक साथ ज्ञात करने में अन्तर्निहित (Inherent) अनिर्धार्यता (Indeterminancy) के कारण होती है।

इलेक्ट्रॉन की तरंग प्रकृति में यह अन्तर्निहित (Inherent) है कि उसकी ऊर्जा (energy) और स्थिति (position) एक साथ निर्धारित नहीं की जा सकती है।

अनिश्चितता सिद्धान्त से यह स्पष्ट है कि यदि इलेक्ट्रॉन कण की स्थिति बिल्कुल ठीक-ठीक निर्धारित की जाती है तो उसके वेग में अनिश्चितता होगी और यदि इलेक्ट्रॉन तरंग का वेग बिल्कुल ठीक-ठीक निर्धारित किया जाता है तो उसकी स्थिति में अनिश्चितता होगी।

**Note : नील्स बोर** के परमाणु मॉडल में इलेक्ट्रॉन (कण) की स्थिति और संवेग दोनों को बिल्कुल ठीक-ठीक निर्धारित किया गया है, जबकि अनिश्चितता सिद्धान्त के अनुसार यह सम्भव नहीं है। इससे यह अर्थ निकलता है कि इलेक्ट्रॉन का पथ यथार्थ नहीं है यह केवल प्रायिक प्रवृत्ति का होता है। अतः हाइजेनबर्ग का सिद्धान्त बोर की अभिकल्पनाओं का विरोध करता है। **आधुनिक परमाणु मॉडल इलेक्ट्रॉन की तरंग प्रकृति पर आधारित है।**

# आंकिक प्रश्न

**उदाहरण 1. एक इलेक्ट्रॉन की स्थिति में 0.01 nm अनिश्चितता थी। उसके वेग में अनिश्चितता की गणना कीजिए।**

**(इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान, $m = 9.10 \times 10^{-31}$ kg और प्लांक नियतांक, $h = 6.63 \times 10^{-34}$ J s)**

**हल**–हाइजेनबर्ग के अनिश्चितता सिद्धान्त के अनुसार,

$$(\Delta P).(\Delta X) = \frac{h}{4\pi}$$

$$\Delta P = m.\Delta v$$

$$(m.\Delta v)(\Delta X) = \frac{h}{4\pi}$$

इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान, $m = 9.10 \times 10^{-31}$ kg

प्लांक नियतांक, $h = 6.63 \times 10^{-34}$ J s

स्थिति में अनिश्चितता, $\Delta X = 0.01 \text{ nm} = 1.0 \times 10^{-11}$ m

अतः वेग में अनिश्चितता, $\Delta v = \dfrac{6.63 \times 10^{-34}}{4 \times \frac{22}{7} \times 9.10 \times 10^{-31} \times 10^{-11}} = 5.8 \times 10^{6} \text{ m s}^{-1}$

**उदाहरण 2. 1 मिग्रा द्रव्यमान वाली उस वस्तु की तरंग लम्बाई की गणना कीजिये जो 10 मीटर/सेकण्ड की गति से घूम रही है। ($h = 6.6724 \times 10^{-34}$ जूल सेकण्ड)**

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

**हल–** $m = 1$ मिग्रा $= 10^{-6}$ किग्रा

$h = 6.6724 \times 10^{-34}$ जूल–सेकण्ड

$v = 10$ मीटर/सेकण्ड

$\therefore$ डी-ब्रोगली समीकरण से, $\lambda = \dfrac{h}{mv}$

$$\lambda = \frac{6.6724 \times 10^{-34}}{10^{-6} \times 10}$$

$$= 6.6724 \times 10^{-29} \text{ मीटर}$$

**उदाहरण 3. एक वस्तु 100 मीटर/सेकण्ड के वेग से घूम रही है। इसकी डी-ब्रोगली की तरंग लम्बाई $5 \times 10^{-10}$ मीटर है। वस्तु का द्रव्यमान ज्ञात कीजिये।**

**हल–** $$\lambda = \frac{h}{mv}$$

$$5 \times 10^{-10} = \frac{6.6724 \times 10^{-34}}{m \times 100}$$

$\therefore$ $$m = \frac{6.6724 \times 10^{-34}}{100 \times 5 \times 10^{-10}}$$

$$= 1.335 \times 10^{-26} \text{ किग्रा}$$

**उदाहरण 4. यदि किसी कण की डी-ब्रोगली तरंगदैर्ध्य $10^{-10}$ मीटर है, तो कण का संवेग ज्ञात कीजिये। ( $h = 6.6724 \times 10^{-34}$ जूल-सेकण्ड )**

**हल–** $\lambda = 10^{-10}$ मीटर

$h = 6.6724 \times 10^{-34}$ जूल–सेकण्ड

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

$\therefore$ $$p = \frac{h}{\lambda}$$

$$p = \frac{6.6724 \times 10^{-34}}{10^{-10}}$$

$$p = 6.6724 \times 10^{-24} \text{ किग्रा–मीटर सेकण्ड}^{-1}$$

**उदाहरण 5. $1.66 \times 10^{-27}$ किग्रा द्रव्यमान $5.01 \times 10^{27}$ जूल गतिज ऊर्जा वाले गतिशील प्रोटॉन से सम्बन्धित दी-ब्रोगली की तरंगदैर्ध्य की गणना कीजिये।**

**हल–** गतिज ऊर्जा $E = \dfrac{1}{2} mv^2$

$\Rightarrow$ $5.01 \times 10^{-27}$ जूल $= \dfrac{1}{2} \times 1.66 \times 10^{-27} \times v^2$

$\Rightarrow$ $$v^2 = \frac{5.01 \times 10^{-27} \times 2}{1.66 \times 10^{-27}} = 6.024$$

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

$$v = 2.454 \text{ मीटर/सेकण्ड}$$

डी-ब्रोगली समीकरण के अनुसार, $\lambda = \frac{h}{mv}$

$$= \frac{6.6724 \times 10^{-34}}{1.66 \times 10^{-27} \times 2.454}$$

$$= 16.265 \times 10^{-3} \text{ मीटर}$$

**उदाहरण 6. एक इलेक्ट्रॉन के वेग की अनिश्चितता ज्ञात कीजिये, यदि उसकी स्थिति की अनिश्चितता $10^{-10}$ मीटर है ( $h = 6.6724 \times 10^{-34}$ किग्रा मीटर$^2$ सेकण्ड$^{-1}$ तथा $m = 9.1 \times 10^{-31}$ किग्रा )**

**हल–**हाइजेनबर्ग के अनिश्चितता सिद्धान्त के आधार पर,

$$\Delta x \times \Delta v \times m = \frac{h}{4\pi}$$

$$\Rightarrow \quad \Delta v = \frac{h}{4\pi \times \Delta x \times m}$$

$$= \frac{6.6724 \times 10^{-34}}{4 \times 3.14 \times 5 \times 10^{-5} \times 9.1 \times 10^{-31}}$$

$$= 5.837 \times 10^{5} \text{ मीटर/सेकण्ड}$$

**उदाहरण 7. एक इलेक्ट्रॉन के वेग की अनिश्चितता ज्ञात कीजिये, यदि उसकी वेग की अनिश्चितता $m = 5.0 \times 10^{-5}$ मीटर/से० है। ( $h = 6.6724 \times 10^{-34}$ जूल-सेकण्ड तथा $m = 9.1 \times 10^{-31}$ किग्रा )**

**हल–**हाइजेनबर्ग की अनिश्चितता के आधार पर,

$$\Delta x \times \Delta v \times m = \frac{h}{4\pi}$$

$$\Rightarrow \quad \Delta v = \frac{h}{4\pi \times \Delta x \times m}$$

$$= \frac{6.6724 \times 10^{-34}}{4 \times 3.14 \times 5 \times 10^{-5} \times 9.1 \times 10^{-31}}$$

$$= 5.837 \times 10^{5} \text{ मीटर/सेकण्ड}$$

$$= 1.16756 \times 10^{-10} \text{ मीटर}$$

**उदाहरण 8. $11 \times 10^4$ volt विभवान्तर द्वारा त्वरित एक इलेक्ट्रॉन की डी-ब्रॉग्ली तरंगदैर्घ्य का परिकलन कीजिए।**

**$h = 6.625 \times 10^{-34}$, $e = 1.602 \times 10^{-19}$ कूलॉम**

**$m_e = 9.11 \times 10^{-31}$ kg** *(U.P. 2007)*

**हल–**इलेक्ट्रॉन का आवेश $(e) = 1.6 \times 10^{-19}$ C

इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान $(m_e) = 9.11 \times 10^{-31}$ kg

$h = 6.6724 \times 10^{-34}$ J s

माना, इलेक्ट्रॉन का वेग $= v$

इलेक्ट्रॉन की ऊर्जा $(E) = eV = 1.6 \times 10^{-19} \times 1 \times 10^{4}$

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

$$= 1.6 \times 10^{-15} \text{ जूल}$$

$\because$ $$E = \frac{1}{2} mv^2$$

$\therefore$ $$E = \frac{1}{2} mv^2 = eV = 1.6 \times 10^{-15}$$

$\Rightarrow$ $$v^2 = \frac{2 \times 1.6 \times 10^{-15}}{9.11 \times 10^{-31}}$$

$$v^2 = 0.351 \times 10^{16}$$

$$v^2 = 35.1 \times 10^{14}$$

$\therefore$ $$v = 5.92 \times 10^7 \text{ m/s}$$

डी-ब्रॉग्ली के समीकरण के अनुसार,

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{6.625 \times 10^{-34}}{9.11 \times 10^{-31} \times 5.92 \times 10^7}$$

$$\lambda = 0.1228 \times 10^{-10} \text{ m/sec}$$

$$\lambda = 0.1228 \text{ Å}$$

## 1.3.1. परमाणु क्रमांक (Atomic Number)

किसी परमाणु में नाभिक पर उपस्थित समस्त धनावेश को उस तत्त्व का परमाणु क्रमांक ($Z$) कहते हैं। नाभिक पर उपस्थित धनावेश उसमें उपस्थित प्रोटॉनों की संख्या पर निर्भर करता है अत:

**"किसी तत्त्व के परमाणु नाभिक में उपस्थित प्रोटॉनों की संख्या को उस तत्त्व का परमाणु क्रमांक (Atomic Number) कहते हैं। इसे $Z$ से निरूपित करते हैं।"**

एक ही तत्त्व के परमाणुओं के परमाणु क्रमांक समान तथा भिन्न-भिन्न तत्त्वों के परमाणुओं के परमाणु क्रमांक भिन्न-भिन्न होते हैं।

**उदाहरण (Example) :** हाइड्रोजन का परमाणु क्रमांक 1 होने का अर्थ है कि हाइड्रोजन परमाणु के नाभिक में 1 प्रोटॉन है। इसी प्रकार कार्बन व सोडियम के परमाणु क्रमांक क्रमश: 6 व 11 हैं। इसका अर्थ यह है कि कार्बन (C) व सोडियम (Na) के परमाणु नाभिक में प्रोटॉनों की संख्या क्रमश: 6 व 11 हैं।

## 1.3.2. द्रव्यमान संख्या (Mass Number)

**किसी परमाणु के नाभिक में उपस्थित समस्त प्रोटॉनों व न्यूट्रॉनों अर्थात् न्यूक्लिऑनों की संख्याओं का योग उस परमाणु की द्रव्यमान संख्या (A) कहलाती है।**

परमाणु की द्रव्यमान संख्या = नाभिक में उपस्थित सभी प्रोटॉनों की संख्या + नाभिक में उपस्थित सभी न्यूट्रॉनों की संख्या

$$A = p + n$$

या $$A = Z + n$$

जहाँ

$A$ = द्रव्यमान संख्या

$p$ = प्रोटॉनों की संख्या

$n$ = न्यूट्रॉनों की संख्या

$Z$ = परमाणु क्रमांक

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

## द्रव्यमान संख्या तथा परमाणुभार में सम्बन्ध

## (Relation between Mass Number and Atomic Weight)

किसी परमाणु की द्रव्यमान संख्या उस परमाणु के नाभिक में उपस्थित कुल प्रोटॉनों तथा न्यूट्रॉनों की संख्या का योग होती है, जबकि परमाणु भार किसी परमाणु में उपस्थित समस्त कणों इलेक्ट्रॉन, प्रोटॉन तथा न्यूट्रॉन की संख्याओं का योग होता है। क्योंकि इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान नगण्य होता है, अत: द्रव्यमान संख्या, परमाणु भार के लगभग बराबर होती है।

### 1.3.3. समस्थानिक (Isotopes)

सन् 1913 में फ्रेडरिक सोडी ने रेडियोएक्टिव तत्त्वों से समस्थानिकों की खोज की तथा समस्थानिकों को निम्न प्रकार से परिभाषित किया "किसी एक ही तत्त्व के वे परमाणु जिनके परमाणु क्रमांक समान तथा द्रव्यमान संख्याएँ भिन्न होती हैं समस्थानिक कहलाते हैं।"

**उदाहरण (Example) :** (i) हाइड्रोजन के तीन समस्थानिक होते हैं—

$_1H^1$ — प्रोटियम

$_1H^2$ — ड्यूटीरियम

$_1H^3$ — ट्राइटियम

(ii) क्लोरीन के दो समस्थानिक होते हैं—

$_{17}Cl^{35}$ और $_{17}Cl^{37}$

**समस्थानिकों की विशेषताएँ (Characteristics of Isotopes)—**

1. समस्थानिको में प्रोट्रॉनों की संख्या समान परन्तु न्यूट्रॉनों की संख्या भिन्न होती है।
2. इनके भौतिक गुण जैसे क्वथनांक, गलनांक, घनत्व आदि भिन्न होते हैं, क्योंकि ये गुण द्रव्यमान संख्या पर निर्भर करते हैं।
3. इनके रासायनिक गुण समान होते हैं, क्योंकि समस्थानिकों में इलेक्ट्रानों तथा प्रोट्रॉनों की संख्या समान होती है।
4. किसी तत्त्व के सभी समस्थानिकों को आवर्त सारणी में एक ही स्थान दिया गया है।

**समस्थानिकों के उपयोग (Uses of Isotopes)—**

1. समस्थानिकों का उपयोग कृषि, जीवविज्ञान, भूगर्भ विज्ञान, स्थास्थ्य विज्ञान, रसायन विज्ञान, भौतिक विज्ञान आदि के क्षेत्रों में किया जाता है।
2. चिकित्सा के क्षेत्र में प्रयुक्त विभिन्न तकनीकों में समस्थानिकी का प्रयोग किया जाता है।

**जैसे**—(i) कोबाल्ट-60 का प्रयोग कैंसर के उपचार में रेडियोथेरेपी (Radiotherapy) में किया जाता है।

(ii) आयोडीन-131 का प्रयोग घेंघा रोग के उपचार में किया जाता है।

3. समस्थानिकों से उत्पन्न गामा विकिरण का उपयोग बोतल बन्द खाद्य पदार्थों के detection में किया जाता है।
4. कार्बन-14 का प्रयोग विभिन्न कार्बनिक मूल की पुरातत्त्व वस्तुओं की आयु ज्ञात करने में किया जाता है।
5. यूरेनियम-238 तथा थोरियम-232 का उपयोग पुरानी चट्टानों तथा पहाड़ों की आयु ज्ञात करने में किया जाता है।

### 1.3.4. समभारिक (Isobars)

भिन्न-भिन्न तत्त्वों के ऐसे परमाणु जिनके परमाणु क्रमांक भिन्न परन्तु द्रव्यमान संख्याएँ समान होती हैं, समभारिक कहलाते हैं।

**उदाहरण (Example)—**

(i) $_{18}Ar^{40}$ तथा $_{20}Ca^{40}$

(ii) $_6C^{14}$ तथा $_7N^{14}$

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

**समभारिकों की विशेषताएँ (Characteristics of Isobars)—**

1. समभारिको में प्रोट्रॉनो तथा न्यूट्रॉनों की संख्याएँ सदैव भिन्न-भिन्न होती हैं।
2. समभारिक तत्त्वो की द्रव्यमान संख्याएँ समान होने के कारण इनके भौतिक गुण भी समान होते हैं।
3. समभारिक तत्त्वों के परमाणु क्रमांक भिन्न होने के कारण इनके रासायनिक गुण भी भिन्न-भिन्न होते हैं।
4. आवर्त सारणी मे समभारिक तत्त्वो को अलग-अलग स्थान दिया गया है।

**समभारिकों के उपयोग (Uses of Isobars)—**

रसायन विज्ञान में समभारिको का कोई विशेष महत्व नहीं है।

# आंकिक प्रश्न

**उदाहरण 1. किसी परमाणु के नाभिक में 12 न्यूट्रॉन और 11 प्रोटॉन हैं। उसकी द्रव्यमान संख्या क्या होगी और उसकी कक्षाओं में कुल कितने इलेक्ट्रॉन होंगे?**

हल– न्यूट्रॉनों की संख्या = 12

प्रोटॉनों की संख्या = 11

परमाणु की द्रव्यमान संख्या = नाभिक में प्रोटॉनों की संख्या + नाभिक में न्यूट्रॉनों की संख्या

= 11 + 12 = 23

परमाणु में कुल इलेक्ट्रॉनों की संख्या = प्रोटॉनों की संख्या

= 11

**उदाहरण 2. एक तत्त्व का परमाणु क्रमांक 30 है और उसकी द्रव्यमान संख्या 66 है। इसके परमाणु में कितने प्रोटॉन तथा न्यूट्रॉन होंगे?**

हल– परमाणु क्रमांक = 30

द्रव्यमान संख्या = 66

प्रोटॉनों की संख्या = परमाणु क्रमांक

= 30

परमाणु की द्रव्यमान संख्या = प्रोटॉनों की संख्या + न्यूट्रॉनों की संख्या

न्यूट्रॉनों की संख्या = द्रव्यमान संख्या – प्रोटॉनों की संख्या

= 66 – 30 = 36

**उदाहरण 3. एक अधातु के ऋणायन $X^{3-}$ में 10 इलेक्ट्रॉन हैं। यदि इसके नाभिक में 8 न्यूट्रॉन हैं, तो अधातु $X$ की द्रव्यमान संख्या ज्ञात कीजिए।**

हल–अधातु के ऋणायन $X^{3-}$ में इलेक्ट्रॉनों की संख्या = 10

अधातु $X$ में इलेक्ट्रॉनों की संख्या = 10 – 3 = 7

न्यूट्रॉनो की संख्या = 8

अधातु की द्रव्यमान संख्या = प्रोट्रॉनों की संख्या + न्यूट्रॉनों की संख्या

= 7 + 8 = 15

**उदाहरण 4. एक परमाणु का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^5$ है। यदि इस परमाणु का परमाणु भार 80 हो तो परमाणु नाभिक में कितने न्यूट्रॉन उपस्थित हैं?**

हल–परमाणु में इलेक्ट्रॉनों की कुल संख्या = 2 + 2 + 6 + 2 + 6 + 10 + 2 + 5 = 35

परमाणु में इलेक्ट्रॉनों और प्रोटॉनों की संख्या बराबर होती है।

अत: परमाणु में प्रोटॉनों की कुल संख्या = 35

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

परमाणु का परमाणु भार = नाभिक में प्रोटॉनों की संख्या + नाभिक में न्यूट्रॉनों की संख्या

परमाणु भार = 80, प्रोटॉनों की संख्या = 35

अत: नाभिक में न्यूट्रॉनों की संख्या = 80 – 35 = 45

**उदाहरण 5. एक परमाणु का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$ है। इस परमाणु का परमाणु क्रमांक ज्ञात कीजिए। यदि इस परमाणु का परमाणु भार 40 हो तो परमाणु नाभिक में न्यूट्रॉनों की संख्या ज्ञात कीजिए।**

हल–परमाणु में इलेक्ट्रॉनों की कुल संख्या = 2 + 2 + 6 + 2 + 6 + 2 = 20

परमाणु का परमाणु क्रमांक = नाभिक में प्रोट्रॉनों की संख्या = परमाणु में इलेक्ट्रॉनों की संख्या

अत: परमाणु क्रमांक = 20

परमाणु का परमाणु भार = नाभिक में प्रोटॉनों की संख्या = परमाणु में इलेक्ट्रॉनों की संख्या

परमाणु भार = 40 और प्रोटॉनों की संख्या = 20

अत: नाभिक में न्यूट्रॉनों की संख्या = 40 – 20 = 20

**उदाहरण 6. समान परमाणु भार के दो तत्त्वों A और B के परमाणु क्रमांक 19 और 20 हैं। यदि तत्त्व A के नाभिक में 21 न्यूट्रॉन हैं तो तत्त्व B के नाभिक में न्यूट्रॉनों की संख्या क्या होगी?**

हल–तत्त्व A का परमाणु भार = A के नाभिक में प्रोटॉनों की संख्या + A के नाभिक में न्यूट्रॉनों की संख्या

तत्त्व A का परमाणु भार = 19 + 21 = 40

A और B के परमाणु भार बराबर हैं, अत: B का परमाणु भार भी 40 होगा।

तत्त्व B का परमाणु भार = B के नाभिक में प्रोटॉनों की संख्या + B के नाभिक में न्यूट्रॉनों की संख्या

B का परमाणु भार = 40 और B के नाभिक में प्रोटॉन = 20

अत: B के नाभिक में न्यूट्रॉनों की संख्या = 40 – 20 = 20

**उदाहरण 7. समान परमाणु क्रमांक के दो परमाणुओं A और B की द्रव्यमान संख्याएँ क्रमश: 35 और 37 हैं। यदि A के नाभिक में न्यूट्रॉनों की संख्या 18 हो तो B के नाभिक में न्यूट्रॉनों की संख्या ज्ञात कीजिए।**

हल–परमाणु A की द्रव्यमान संख्या = A के नाभिक में प्रोटॉनों की संख्या + A के नाभिक में न्यूट्रॉनों की संख्या

परमाणु A की द्रव्यमान संख्या = 35 और A के नाभिक में न्यूट्रॉनों की संख्या = 18

परमाणु A की द्रव्यमान संख्या = A के नाभिक में प्रोटॉनों की संख्या + 18

A के नाभिक में प्रोटॉनों की संख्या = 35 – 18 = 17

A के नाभिक में प्रोटॉनों की संख्या = A का परमाणु क्रमांक = 17

अत: B का परमाणु क्रमांक = A का परमाणु क्रमांक = 17

परमाणु B की द्रव्यमान संख्या = 37, B के नाभिक में प्रोटॉनों की संख्या = 17

परमाणु B के नाभिक में न्यूट्रॉनों की संख्या = 37 – 17 = 20

## 1.4.1. कक्ष (Orbit)

किसी परमाणु में कक्ष एक निश्चित गोलीय पथ है जिसमें इलेक्ट्रॉन गति करते हैं तथा किसी कक्ष में इलेक्ट्रॉनों की अधिकतम संख्या $2n^2$ के अनुसार होती है जहाँ $n \rightarrow$ किसी कक्ष की संख्या होती है। बोर का हाइड्रोजन परमाणु मॉडल कक्ष की अवधारणा पर ही आधारित है।

## 1.4.2. परमाणु कक्षक (Atomic Orbital)

इलेक्ट्रॉन की तरंग प्रकृति तथा हाइजेनबर्ग के अनिश्चितता सिद्धान्त के अनुसार, परमाणु में नाभिक के चारों ओर स्पष्ट वृत्ताकार कक्षाएँ नहीं हैं। नाभिक के चारों ओर विभिन्न आकार, आकृति (और दिशा विन्यास) का त्रिविम (Three dimensional) क्षेत्र है जहाँ इलेक्ट्रॉन के पाए जाने की सम्भावना अधिकतम होती है।

**"नाभिक के चारों ओर स्थित वह त्रिविम (Three dimensional) क्षेत्र जिसमें इलेक्ट्रॉन के पाए जाने की सम्भावना सबसे अधिक होती है, कक्षक कहलाता है।"**

(Orbital is a three dimensional space around the nucleus in which the probability of finding the electron is maximum.)

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

## 1.4.3. कक्षकों की आकृति (Shapes of Orbitals)

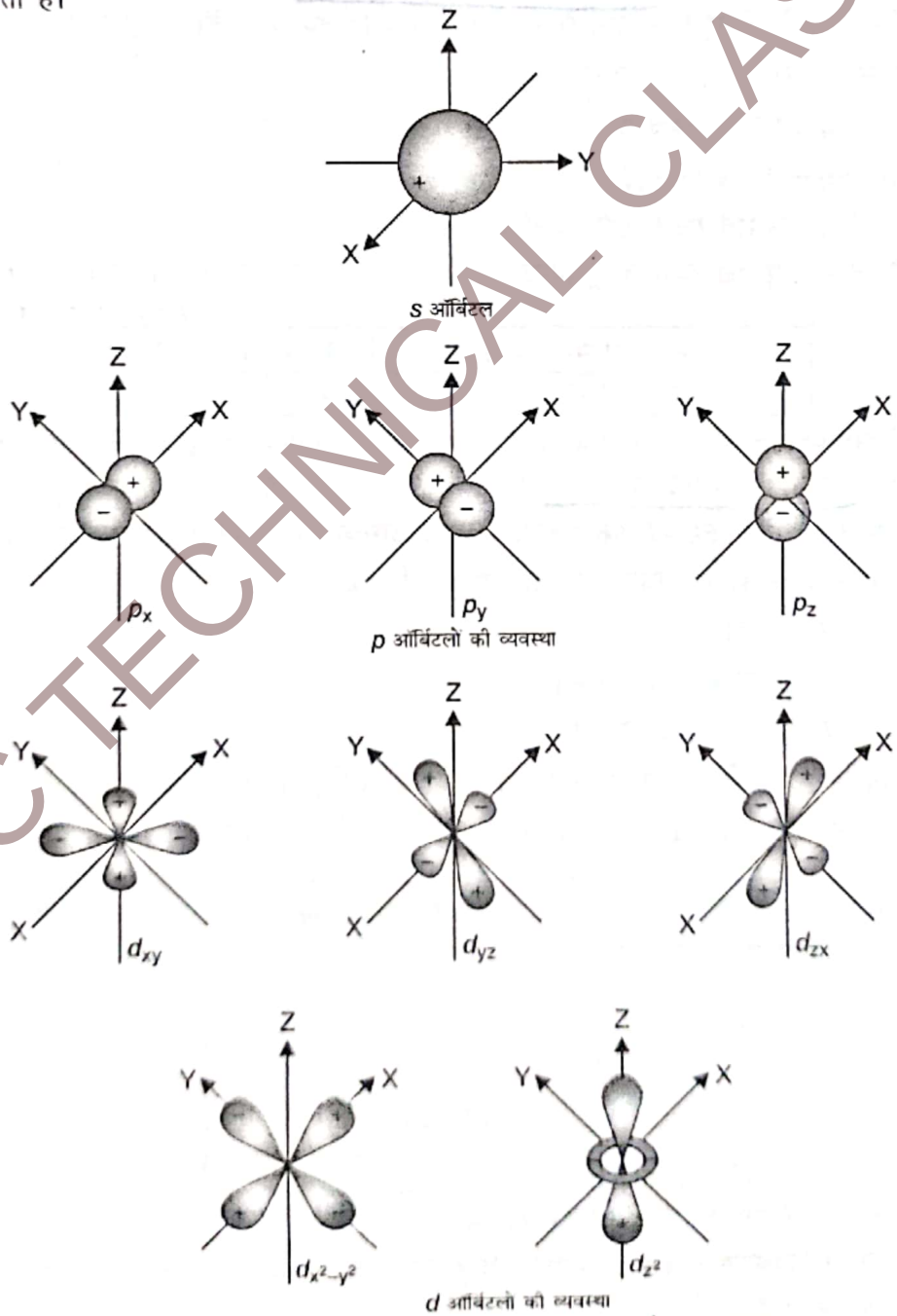
कक्षक चार प्रकार के होते हैं—

**(i) *s*-कक्षक (*s*-orbital)**—एक *s*-उपकोश में केवल एक *s*-कक्षक होता है तथा इसमें अधिकतम दो इलेक्ट्रॉन हो सकते हैं। *s*-कक्षक की आकृति गोलाकार (Spherical) होती है।

**(ii) *p*-कक्षक (*p*-orbital)**—एक *p*-उपकोश तीन *p*-कक्षकों $p_x$, $p_y$, $p_z$ से मिलकर बना होता है तथा इसमें अधिकतम छः इलेक्ट्रॉन हो सकते हैं। *p*-कक्षक की आकृति डम-बेल (dumb bell) के आकार की होता है।

**(iii) *d*-कक्षक (*d*-orbital)**—एक *d*-उपकोश पाँच *d*-कक्षकों $d_{xy}$, $d_{yz}$, $d_{z^2}$, $d_{x^2-y^2}$, $d_{xz}$ से मिलकर बना होता है तथा इसमें अधिकतम दस इलेक्ट्रॉन हो सकते हैं। *d*-कक्षक की आकृति डबल डम-बेल (double dumb-bell) के आकार की होती है।

**(iv) *f*-कक्षक (*f*-orbital)**—एक *f*-उपकोश सात *f*-कक्षकों $f_x(x^2-y^2)$, $f_y(x^2-y^2)$, $f_z(x^2-y^2)$, $f_{xyz}$, $f_{z^3}$, $f_{yz^2}$, $f_{xz^2}$ से मिलकर बना होता है तथा इसमें अधिकतम चौदह इलेक्ट्रॉन हो सकते हैं। *f*-कक्षक की आकृति जटिल (Complicated) होती है।




**चित्र 1.10—*s*, *p* और *d* ऑर्बिटलों की आकृति और व्यवस्था।**

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

## 1.4.4. क्वाण्टम संख्याएँ (Quantum Numbers)

श्रोडिंजर तरंग समीकरण को हल करने पर तीन संख्याएँ प्राप्त होती हैं, जोकि किसी परमाणु में उपस्थिति विभिन्न कक्षकों की आकृति, आकार, ऊर्जा तथा विन्यास को प्रदर्शित करती हैं इन संख्याओं को क्वाण्टम संख्याएँ कहते हैं। अर्थात् वे संख्याएँ जिनके द्वारा परमाणु में इलेक्ट्रॉनों की ऊर्जा, अभिविन्यास, स्थिति व चक्रण का वर्णन किया जाता है क्वाण्टम संख्याएँ कहलाती हैं। क्वाण्टम संख्याएँ निम्न चार प्रकार की होती हैं—

**1. मुख्य क्वाण्टम संख्या** (Principal Quantum Number)—इस क्वाण्टम संख्या को ($n$) से प्रदर्शित करते हैं। इसेकी सहायता से किसी इलेक्ट्रॉन की कक्षा (Shell) जिसमें वह स्थित है तथा उसकी ऊर्जा का पता चलता है। $n$ का मान शून्य के अतिरिक्त कोई भी पूर्ण संख्या हो सकती है।

$n$ के सम्भावित मान $n = 1, 2, 3, 4, \ldots\ldots\ldots\ldots$

**2. दिगंशी क्वाण्टम संख्या** (Azimuthal Quantum Number)—दिगंशी क्वाण्टम संख्या को ($l$) से प्रदर्शित किया जाता है। इसके द्वारा किसी इलेक्ट्रॉन के उप-ऊर्जास्तर (Subshell) का पता चलता है। $l$ के मान मुख्य क्वाण्टम संख्या $n$ पर निर्भर करते हैं। किसी $n$ के लिए $l$ के मान 0 से लेकर $(n-1)$ तक होते हैं।

$l$ के सम्भावित मान, $l = 0$ से $(n-1)$ तक

$n = 1$ तब $l = 0$

$n = 2$ तब $l = 0, 1$

$n = 3$ तब $l = 0, 1, 2$

$n = 4$ तब $l = 0, 1, 2, 3$

| दिगंशी क्वाण्टम संख्या ($l$) | 0 | 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|---|---|
| उपकोश (Subshell) | $s$ | $p$ | $d$ | $f$ |

**3. चुम्बकीय क्वाण्टम संख्या** (Magnetic Quantum Number)—चुम्बकीय क्वाण्टम संख्या ($m$) उप ऊर्जा-स्तरों (उपकोशों) के कक्षकों को प्रदर्शित करती है। $m$ के मान दिगंशी क्वाण्टम संख्या $l$ के मान पर निर्भर करते हैं। किसी $l$ के लिए $m$ के मान $+l$ से लेकर $-l$ तक (शून्य सहित) अथवा $-l$ से $+l$ तक (शून्य सहित) होते हैं।

$m$ के सम्भावित मान, $m = +l$ से लेकर $-l$ तक (शून्य सहित)

यदि $l = 0$, तो $m = 0$

$l = 1$, तो $m = +1, 0, -1$

$l = 2$, तो $m = +2, +1, 0, -1, -2$

किसी $l$ के लिए $m$ के मानों की कुल संख्या $(2l+1)$ होती है अर्थात् किसी उप ऊर्जा-स्तर (उपकोश) में कक्षकों की कुल संख्या $(2l+1)$ होती है। (जहाँ $l$ उप ऊर्जा-स्तर (उपकोश) की दिगंशी क्वाण्टम संख्या है।)

| उप ऊर्जा-स्तर (उपकोश) ($l$) | क्वाण्टम संख्या ($m$) | ऑर्बिटलों की कुल संख्या $(2l+1)$ |
|---|---|---|
| $s$ 0 | 0 | 1 |
| $p$ 1 | $+1, 0, -1$ | 3 |
| $d$ 2 | $+2, +1, 0, -1, -2$ | 5 |
| $f$ 3 | $+3, +2, +1, 0, -1, -2, -3$ | 7 |

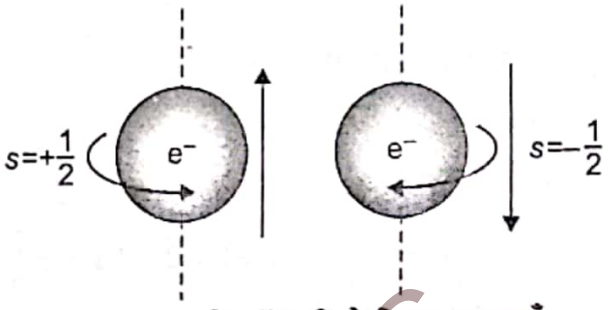
एक कक्षक में विपरीत स्पिन के 2 इलेक्ट्रॉन रह सकते हैं, अतः यह स्पष्ट है कि $s$ उपकोश में 2 इलेक्ट्रॉन, $p$-उपकोश में 6 इलेक्ट्रॉन, $d$-उपकोश में 10 इलेक्ट्रॉन और $f$-उपकोश में 14 इलेक्ट्रॉन रह सकते हैं। किसी $n$ के लिए $m$ के मानों की कुल संख्या $n^2$ होती है अर्थात् किसी मुख्य ऊर्जा-स्तर $n$ में कक्षकों की कुल संख्या $n^2$ के बराबर होती है।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

$m$ का मान आकाश (Space) में कक्षकों के अभिविन्यास (Orientation) को निर्धारित करता है।

**4. चक्रण क्वाण्टम संख्या** (Spin Quantum Number)— स्पिन क्वाण्टम संख्या ($s$), इलेक्ट्रॉन की दो स्पिन अवस्थाओं (spin states) को निरूपित करती हैं। इलेक्ट्रॉन के स्पिन (चक्रण) की दिशा दक्षिणावर्त (clockwise) या वामावर्त (anticlockwise) हो सकती है। इलेक्ट्रॉन की दो स्पिन अवस्थाएँ इलेक्ट्रॉन के वामावर्त (↓ अवस्था) या दक्षिणावर्त स्पिन (↑ अवस्था) के रूप में प्रदर्शित की जा सकती हैं। किसी $m$ के लिए $s$ के केवल दो मान $+\frac{1}{2}$ और $-\frac{1}{2}$ हो सकते हैं। $s=+\frac{1}{2},\uparrow$ (spin up) इलेक्ट्रॉन को और $s=-\frac{1}{2},\downarrow$ (spin down) इलेक्ट्रॉन (चित्र 1.10) को प्रदर्शित करता है। किसी इलेक्ट्रॉन की स्पिन क्वाण्टम संख्या $s$ का मान $+\frac{1}{2}$ या $-\frac{1}{2}$ हो सकता है।




चित्र 1.11–इलेक्ट्रॉन की दो स्पिन अवस्थाएँ $s=+\frac{1}{2}(\uparrow)$ और $s=-\frac{1}{2}(\downarrow)$

**क्वाण्टम संख्याओं का महत्व (Significance of Quantum Numbers)**

1. क्वाण्टम संख्याओं के द्वारा किसी परमाणु का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास ज्ञात किया जा सकता है।
2. क्वाण्टम संख्याओं की सहायता से किसी परमाणु में इलेक्ट्रॉन की सम्भावित स्थिति ज्ञात की जा सकती है।
3. क्वाण्टम संख्याएँ किसी परमाणु में इलेक्ट्रॉन के कोश, उपकोश, कक्षक तथा चक्रण की दिशा की जानकारी देती हैं।

# आंकिक प्रश्न

**उदाहरण 1. यदि सम्पूर्ण चुम्बकीय क्वाण्टम संख्याओं का योग 7 हो, तो दिगंशी क्वाण्टम संख्या का मान ज्ञात कीजिए।**

हल–चुम्बकीय क्वाण्टम संख्या के कुल मान $= 2l+1$

$$7 = 2l+1$$
$$2l = 7-1$$
$$2l = 6$$
$$\therefore \quad l = \frac{6}{2} = 3$$

**उदाहरण 2. मुख्य क्वाण्टम संख्या $n=3$ के लिए दिगंशी संख्या, चुम्बकीय क्वाण्टम संख्या तथा स्पिन क्वाण्टम संख्याओं के मान ज्ञात कीजिये।**

हल–मुख्य क्वाण्टम संख्या, $n=3$

दिगंशी क्वाण्टम संख्या, $l=0$ से $(n-1)$ तक

$= 0, 1, 2$

चुम्बकीय क्वाण्टम संख्या $= -l$ से $+l$ तक (शून्य सहित)

यदि $l=0$ तो $m=0$

$l=1$ तो $m=-1, 0, +1$

$l=2$ तो $m=-2, -1, 0, +1, +2$

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

चक्रण क्वाण्टम संख्या $s$ प्रत्येक $m$ के लिए $+\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}$ होंगे।

यदि $m = 0$, तो $s = \pm\frac{1}{2}$

$m = -1, 0, +1$, तो $s = \pm\frac{1}{2}, \pm\frac{1}{2}, \pm\frac{1}{2}$

$m = -2, -1, 0, +1, +2$, तो $s = \pm\frac{1}{2}, \pm\frac{1}{2}, \pm\frac{1}{2}, \pm\frac{1}{2}, \pm\frac{1}{2}$

**उदाहरण 3. दिगंशी क्वाण्टम संख्या 2 के लिए चुम्बकीय क्वाण्टम संख्याओं के मान लिखिये।**

हल– दिगंशी क्वाण्टम संख्या, $l = 2$

चुम्बकीय क्वाण्टम संख्या $= -l$ से $+l$ तक (शून्य सहित)

$= -2, -1, 0, +1, +2$

**उदाहरण 4. किसी तत्त्व का परमाणु क्रमांक 10 है। इसके अन्तिम इलेक्ट्रॉन की चारों क्वाण्टम संख्याएँ लिखिये।**

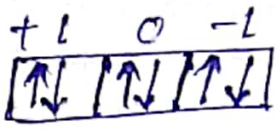
हल– परमाणु क्रमांक $10 = 1s^2 2s^2 2p^6$

$n = 2$

$l = 1$

$m = +1$

$s = -\frac{1}{2}$




**उदाहरण 5. दिगंशी क्वाण्टम संख्या का मान 4 हो, तब चुम्बकीय क्वाण्टम संख्याओं के मानों की संख्या क्या होगी?**

हल– दिगंशी क्वाण्टम संख्या, $l = 4$

चुम्बकीय क्वाण्टम संख्या, $m = (2l + 1)$

$= 2 \times 4 + 1$

$= 8 + 1$

$= 9$

**उदाहरण 6. $n = 2$ कोश (L कोश ) में इलेक्ट्रॉनों की कुल संख्या व प्रत्येक इलेक्ट्रॉन के लिए चारों क्वाण्टम संख्याओं के मान ज्ञात कीजिए।**

हल—$n = 2$ कोश में कुल 8 इलेक्ट्रॉन रह सकते हैं। 2 इलेक्ट्रॉन $2s$-उपकोश ($2s$ ऑर्बिटल) में और 6 इलेक्ट्रॉन $2p$ उपकोश ($2p$ ऑर्बिटल) में रहेंगे।

**$2s$ उपकोश के,**

प्रथम इलेक्ट्रॉन के लिए, $n = 2$, $l = 0$, $m = 0$, $s = +\frac{1}{2}$

द्वितीय इलेक्ट्रॉन के लिए, $n = 2$, $l = 0$, $m = 0$, $s = -\frac{1}{2}$

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

$2p$ उपकोश के,

प्रथम इलेक्ट्रॉन के लिए, $n=2,\quad l=1,\quad m=+1,\quad s=+\frac{1}{2}$

द्वितीय इलेक्ट्रॉन के लिए, $n=2,\quad l=1,\quad m=0,\quad s=+\frac{1}{2}$

तृतीय इलेक्ट्रॉन के लिए, $n=2,\quad l=1,\quad m=-1,\quad s=+\frac{1}{2}$

चतुर्थ इलेक्ट्रॉन के लिए, $n=2,\quad l=1,\quad m=+1,\quad s=-\frac{1}{2}$

पंचम इलेक्ट्रॉन के लिए, $n=2,\quad l=1,\quad m=0,\quad s=-\frac{1}{2}$

षष्ठम इलेक्ट्रॉन के लिए, $n=2,\quad l=1,\quad m=-1,\quad s=-\frac{1}{2}$

**उदाहरण 7. $3d^1$ इलेक्ट्रॉन के लिए चारों क्वाण्टम संख्याओं के नाम लिखिए।**

**हल–** $n=3 \qquad l=2$

$m=+2 \qquad s=+\frac{1}{2}$

| | +2 | +1 | 0 | −1 | −2 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $m=$ | ↑ | | | | | ($3d$ उपकोश) |

**उदाहरण 8. $3p^6$ में तीसरे इलेक्ट्रॉन के लिए चारों क्वाण्टम संख्याओं के मान लिखिए।**

**हल–** $n=3 \qquad l=1$

| | +1 | 0 | −1 | |
|---|---|---|---|---|
| $m=$ | ↑ | ↑ | ↑ | ($3p$ उपकोश) |

$m=+1 \qquad s=+\frac{1}{2}$

**उदाहरण 9. $3d^7$ में अन्तिम इलेक्ट्रॉन के लिए $n, l, m$ तथा $s$ के मान लिखिए।**

**हल–** $n=3 \qquad l=2$

| | +2 | +1 | 0 | −1 | −2 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $m=$ | ↑↓ | ↑↓ | ↑ | ↑ | ↑ | ($3d$ उपकोश) |

$m=+1$

$s=-\frac{1}{2}$

**उदाहरण 10. $4f^{12}$ के अन्तिम इलेक्ट्रॉन की चारों क्वाण्टम संख्याओं के मान लिखिए।**

**हल–** $n=4 \qquad l=3$

| | +3 | +2 | +1 | 0 | −1 | −2 | −3 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $m=$ | ↑↓ | ↑↓ | ↑↓ | ↑↓ | ↑↓ | ↑ | ↑ | ($3f$ उपकोश) |

$m=-1$

$s=-\frac{1}{2}$

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

## 1.4.5. $(n + l)$ नियम

वैज्ञानिक क्लेचकोवस्की ने परमाणु कक्षकों में इलेक्ट्रॉनों के भरने के क्रम के लिए यह नियम दिया इसके अनुसार—

(i) इलेक्ट्रॉन पहले उस उपकोश में प्रवेश पाता है जिसके लिए $(n + l)$ का मान कम होता है। **जैसे**—$4s$-उपकोश के लिए $(n + l)$ का मान $4 + 0 = 4$ तथा $3d$-उपकोश के लिए $n + l$ का $3 + 2 = 5$ होता है अत: इलेक्ट्रॉन पहले $4s$-उपकोश में प्रवेश करेगा।

(ii) यदि दो उपकोशों के लिए $(n + l)$ का मान समान है तो इलेक्ट्रॉन पहले उस उपकोश में प्रवेश करेगा जिसमें $n$ का मान कम होगा। **जैसे**—$4d$-उपकोश के लिए $(n + l)$ का मान $4 + 2 = 6$ तथा $5p$-उपकोश के लिए $(n + l)$ का मान $5 + 1 = 6$ होता है, क्योंकि $4d$ के लिए $n$ का मान कम है अत: इलेक्ट्रॉन पहले $3d$-उपकोश में प्रवेश करेगा।

| उपकोश | $1s$ | $2s$ | $2p$ | $3d$ | $4f$ |
|---|---|---|---|---|---|
| $n$ | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 |
| $l$ | 0 | 0 | 1 | 2 | 3 |

## 1.5.1. पाउली का अपवर्जन नियम (Pauli's Exclusion Principle)

पाउली के अपवर्जन नियम के अनुसार—**"किसी परमाणु में किन्हीं भी दो इलेक्ट्रॉनों के लिए चारों क्वाण्टम संख्याओं के मान समान नहीं हो सकते।"**

(No two electrons within the same atom can have the same values for all the four quantum numbers.)

द्वितीय कथन के अनुसार—**"परमाणु के किसी भी ऑर्बिटल में अधिकतम दो इलेक्ट्रॉन हो सकते हैं।**

यदि किन्हीं दो इलेक्ट्रॉनों के लिए $n, l$ तथा $m$ के मान एकसमान हैं तो निश्चित ही उनके $s$ के मान भिन्न होंगे। यदि एक इलेक्ट्रॉन के लिए $s = +\frac{1}{2}$ है तो दूसरे इलेक्ट्रॉन के लिए $s = -\frac{1}{2}$ होगा।

क्योंकि यह नियम किसी ऑर्बिटल में 2 से अधिक इलेक्ट्रॉनों के प्रवेश को अपवर्जित (exclude) करता है अत: इसे अपवर्जन नियम कहते हैं।

## 1.5.2. ऑफबाऊ सिद्धान्त (Aufbau Principle)

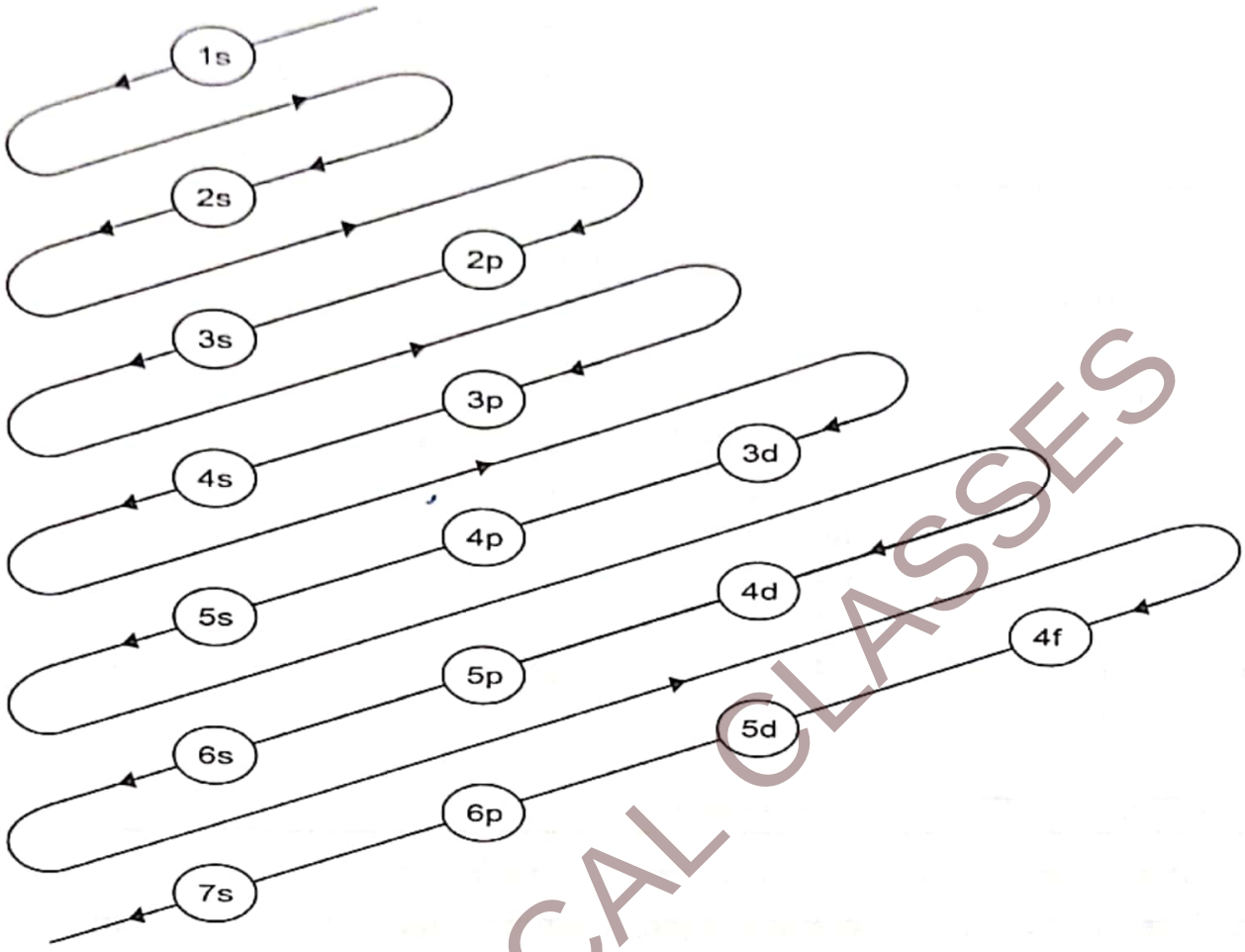
ऑफबाऊ जर्मन भाषा का शब्द है जिसका अर्थ है निर्माण करना। इस सिद्धान्त के अनुसार—

**"किसी परमाणु में इलेक्ट्रॉन विभिन्न उपकोशों में उनकी ऊर्जाओं के बढ़ते हुए क्रम में प्रवेश पाते हैं अर्थात् कम ऊर्जा का उपकोश इलेक्ट्रॉनों से पहले भरा जाता है। उसके पश्चात् इलेक्ट्रॉन क्रमशः अधिक ऊर्जा वाले उपकोशों में भरते जाते हैं।"**

(The vacant sub-shell having lowest energy is filled first. When this sub-shell is filled completely then the filling of next sub-shell with higher energy starts.)

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner




चित्र 1.12

ऊर्जा स्तर आरेख के अनुसार, विभिन्न परमाणु कक्षकों की ऊर्जा का बढ़ता क्रम निम्न है—

$$1s < 2s < 2p < 3s < 3p < 4s < 3d < 4p < 5s < 4d < 5p < 6s < 4f < 5d < 6p < 7s < \ldots\ldots$$

## 1.5.3. ऑफबाऊ सिद्धान्त के अनुसार कुछ तत्त्वों के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| H | (1) | : | $1s^1$ | | | | |
| He | (2) | : | $1s^2$ | | | | |
| Li | (3) | : | $1s^2$ | $2s^1$ | | | |
| Be | (4) | : | $1s^2$ | $2s^2$ | | | |
| B | (5) | : | $1s^2$ | $2s^2$ | $2p^1$ | | |
| C | (6) | : | $1s^2$ | $2s^2$ | $2p^2$ | | |
| N | (7) | : | $1s^2$ | $2s^2$ | $2p^3$ | | |
| O | (8) | : | $1s^2$ | $2s^2$ | $2p^4$ | | |
| F | (9) | : | $1s^2$ | $2s^2$ | $2p^5$ | | |
| Ne | (10) | : | $1s^2$ | $2s^2$ | $2p^6$ | | |
| Na | (11) | : | $1s^2$ | $2s^2$ | $2p^6$ | $3s^1$ | |
| Mg | (12) | : | $1s^2$ | $2s^2$ | $2p^6$ | $3s^2$ | |
| Al | (13) | : | $1s^2$ | $2s^2$ | $2p^6$ | $3s^2$ | $3p^1$ |
| Si | (14) | : | $1s^2$ | $2s^2$ | $2p^6$ | $3s^2$ | $3p^2$ |

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| P | (15) | : | $1s^2$ | $2s^2$ | $2p^6$ | $3s^2$ | $3p^3$ | | |
| S | (16) | : | $1s^2$ | $2s^2$ | $2p^6$ | $3s^2$ | $3p^4$ | | |
| Cl | (17) | : | $1s^2$ | $2s^2$ | $2p^6$ | $3s^2$ | $3p^5$ | | |
| Ar | (18) | : | $1s^2$ | $2s^2$ | $2p^6$ | $3s^2$ | $3p^6$ | | |
| K | (19) | : | $1s^2$ | $2s^2$ | $2p^6$ | $3s^2$ | $3p^6$ | $4s^1$ | |
| Ca | (20) | : | $1s^2$ | $2s^2$ | $2p^6$ | $3s^2$ | $3p^6$ | $4s^2$ | |
| Sc | (21) | : | $1s^2$ | $2s^2$ | $2p^6$ | $3s^2$ | $3p^6$ | $3d^1$ | $4s^2$ |
| Ti | (22) | : | $1s^2$ | $2s^2$ | $2p^6$ | $3s^2$ | $3p^6$ | $3d^2$ | $4s^2$ |
| V | (23) | : | $1s^2$ | $2s^2$ | $2p^6$ | $3s^2$ | $3p^6$ | $3d^3$ | $4s^2$ |
| **Cr** | **(24)** | : | $\mathbf{1s^2}$ | $\mathbf{2s^2}$ | $\mathbf{2p^6}$ | $\mathbf{3s^2}$ | $\mathbf{3p^6}$ | $\mathbf{3d^5}$ | $\mathbf{4s^1}$ |
| Mn | (25) | : | $1s^2$ | $2s^2$ | $2p^6$ | $3s^2$ | $3p^6$ | $3d^5$ | $4s^2$ |
| Fe | (26) | : | $1s^2$ | $2s^2$ | $2p^6$ | $3s^2$ | $3p^6$ | $3d^6$ | $4s^2$ |
| Co | (27) | : | $1s^2$ | $2s^2$ | $2p^6$ | $3s^2$ | $3p^6$ | $3d^7$ | $4s^2$ |
| Ni | (28) | : | $1s^2$ | $2s^2$ | $2p^6$ | $3s^2$ | $3p^6$ | $3d^8$ | $4s^2$ |
| **Cu** | **(29)** | : | $\mathbf{1s^2}$ | $\mathbf{2s^2}$ | $\mathbf{2p^6}$ | $\mathbf{3s^2}$ | $\mathbf{3p^6}$ | $\mathbf{3d^{10}}$ | $\mathbf{4s^1}$ |
| Zn | (30) | : | $1s^2$ | $2s^2$ | $2p^6$ | $3s^2$ | $3p^6$ | $3d^{10}$ | $4s^2$ |

## 1.5.4. हुण्ड का नियम (Hund's Principle)

किसी उपकोश के कक्षकों में इलेक्ट्रॉनों का वितरण हुण्ड नियम के अनुसार होता है। हुण्ड के नियमानुसार,

**जहाँ तक सम्भव होता है किसी उपकोश के कक्षकों में अयुग्मित (Unpaired) इलेक्ट्रॉनों की संख्या अधिकतम (Maximum) होती है तथा अयुग्मित इलेक्ट्रॉनों के स्पिन समदिश (Parallel) होते हैं।**

(As far as possible the number of unpaired electrons in the orbitals of a given sub-shell is maximum and that the unpaired electrons have parallel spin.)

**या**

किसी उपकोश में इलेक्ट्रॉन तब तक युग्मित नहीं होते हैं, जब तक कि उसके प्रत्येक कक्षक में एक-एक इलेक्ट्रॉन नहीं भर जाता।

**उदाहरणार्थ,** $p$-उपकोश के तीन $p$-कक्षकों में इलेक्ट्रॉनों का वितरण निम्न प्रकार से होता है—

| $p$-उपकोश में इलेक्ट्रॉनों की संख्या | $p$-उपकोश के तीन $p$-ऑर्बिटलों ($p_x, p_y, p_z$) में इलेक्ट्रॉनों का वितरण |
|---|---|
| 1 | ↑ \| \| |
| 2 | ↑ ↑ \| |
| 3 | ↑ ↑ ↑ |
| 4 | ↑↓ ↑ ↑ |
| 5 | ↑↓ ↑↓ ↑ |
| 6 | ↑↓ ↑↓ ↑↓ |

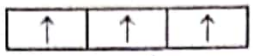
AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

यहाँ आयत (rectangles) कक्षकों को और तीर के चिन्ह इलेक्ट्रॉनों को प्रदर्शित करते हैं तथा तीर की दिशा इलेक्ट्रॉनों के स्पिन की दिशा को बताती है।

**उदाहरण 1. यदि किसी *p*-उपकोश में 3 इलेक्ट्रॉन हैं तो उनका विवरण बताइए।**

**हल**–*p*-उपकोश के तीन कक्षकों में इलेक्ट्रॉनों का वितरण इस प्रकार होगा—

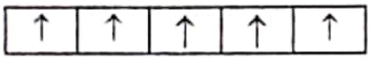


*p*-उपकोश

*p*-उपकोश के प्रत्येक कक्षक में 1 इलेक्ट्रॉन रहेगा तथा तीनों अयुग्मित इलेक्ट्रॉनों के स्पिन समदिश होंगे।

**उदाहरण 2. यदि किसी *d*-उपकोश में 5 इलेक्ट्रॉन हैं तो उनका वितरण बताइए।**

**हल**–*d*-उपकोश के पाँच कक्षकों में इलेक्ट्रॉनों का वितरण इस प्रकार होगा—



*d*-उपकोश

*d*-उपकोश के प्रत्येक कक्षक में 1 इलेक्ट्रॉन रहेगा तथा पाँचों अयुग्मित इलेक्ट्रॉनों के स्पिन समदिश होंगे।

**उदाहरण 3. नाइट्रोजन तत्त्व में *p*-उपकोश में इलेक्ट्रॉनों का वितरण बताइए।**

**हल**–नाइट्रोजन तत्त्व का आद्य अवस्था में इलेक्ट्रॉनिक विन्यास है—

$$N\ (7) : 1s^2 2s^2 2p^3$$

नाइट्रोजन के *p*-उपकोश में 3 इलेक्ट्रॉन हैं जिनका तीन *p*-कक्षकों में वितरण दो प्रकार से हो सकता है जैसा कि नीचे प्रदर्शित है।

## 1.5.5. धनायनों और ऋणायनों के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास (Electronic Configuration of Cations and Anions)

**(i) धनायनों के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास** (Electronic Configuration of Cations)—किसी तत्त्व M के धनायन $M^{+x}$ का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास तत्त्व के उदासीन परमाणु के आद्य अवस्था इलेक्ट्रॉनिक विन्यास से परमाणु के बाह्य कोश ($n$) से $x$ इलेक्ट्रॉन बाहर निकालकर बनाया जा सकता है। परमाणु के बाह्य कोश ($n$) में केवल $s$ इलेक्ट्रॉन होने पर बाह्य कोश से आवश्यकतानुसार $s$-इलेक्ट्रॉन बाहर निकालते हैं। बाह्य कोश में $s$ और $p$ दोनों प्रकार के इलेक्ट्रॉन होने पर आवश्यकतानुसार पहले $p$-इलेक्ट्रॉनों को फिर $s$-इलेक्ट्रॉनों को बाहर निकालते हैं। संक्रमण धातुओं के उदासीन परमाणुओं में से आवश्यकतानुसार पहले बाह्य कोश के $s$-इलेक्ट्रॉन फिर बाह्य कोश से पिछले कोश से $d$ इलेक्ट्रॉन बाहर निकालते हैं।

Ca (20) : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$

कैल्सियम परमाणु

$Ca^{2+}$ : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$

कैल्सियम आयन

Fe (26) : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6 4s^2$

आयरन परमाणु

$Fe^{2+}$ : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6$

फेरस आयन

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

$Fe^{3+}$ : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5$

फेरिक आयन

Cu (29) : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1$

कॉपर परमाणु

$Cu^+$ : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10}$

क्यूप्रस आयन

$Cu^{2+}$ : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^9$

क्यूप्रिक आयन

**(ii) ऋणायनों के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास** (Electronic Configurations of Anions)—किसी तत्त्व M के ऋणायन $M^{x-}$ का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास उस तत्त्व के परमाणु क्रमांक में $x$ इलेक्ट्रॉन जोड़कर फिर उसका इलेक्ट्रॉनिक विन्यास आफबाऊ नियम के अनुसार किया जा सकता है।

$$Cl^-(17+1e^-) = 18e^- = 1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^6$$
$$S^{2-}(16+2e^-) = 18e^- = 1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^6$$
$$F^-(9+1e^-) = 10e^- = 1s^2, 2s^2, 2p^6$$
$$O^{2-}(8+2e^-) = 10e^- = 1s^2, 2s^2, 2p^6$$

## 1.6.1. आधुनिक परमाणु मॉडल (Modern Atomic Model)

श्रोडिंजर ने सन् 1926 में इलेक्ट्रॉन की तरंग प्रकृति के आधार पर आधुनिक परमाणु मॉडल प्रस्तुत किया इस मॉडल के अनुसार—

(1) परमाणु के दो भाग होते हैं—

(a) घनावेशित नाभिक

(b) नाभिक के बाहर का त्रिविम क्षेत्र जिसमें इलेक्ट्रॉन व्यवस्थित होते हैं।

(2) परमाणु में इलेक्ट्रॉन नाभिक के बाहर विभिन्न आकार, आकृति और दिशा विन्यास (Orientations) के कक्षकों में व्यवस्थित रहते हैं। एक कक्षक में विपरीत स्पिन के अधिकतम दो इलेक्ट्रॉन होते हैं।

(3) परमाणु में नाभिक से दूरी के अनुसार कोशों (Shells) को क्रमश: K, L, M, N आदि अक्षरों द्वारा प्रदर्शित करते हैं।

प्रथम कोश K के लिए $n = 1$

द्वितीय कोश L के लिए $n = 2$

तृतीय कोश M के लिए $n = 3$

चतुर्थ कोश N के लिए $n = 4$

$n$ भी कोश की संख्या को प्रदर्शित करता है तथा यह पूर्णांक संख्या होती है।

(4) किसी कोश में उपकोशों को कुल संख्या उसकी मुख्य क्वाण्टम संख्या ($n$) के बराबर होती है तथा किसी कोश में कुल $n^2$ कक्षक होते हैं।

(5) उपकोशों को $s, p, d$ तथा $f$ आदि अक्षरों से प्रदर्शित करते हैं। इन अक्षरों को स्पेक्ट्रोस्कोपी पदों से लिया गया है। $s$ = sharp, $p$ = principle, $d$ = diffused, $f$ = fundamental आदि।

(6) एक $s$-उपकोश में एक $s$-कक्षक, एक $p$-उपकोश में तीन कक्षक ($p_x, p_y, p_z$) एक $d$-उपकोश में पाँच कक्षक ($d_{xy}, d_{yz}, d_{xz}, d_{x^2-y^2}\ d_{z^2}$) तथा एक $f$-उपकोश में सात कक्षक ($f_x(x^2-y^2), f_y(x^2-y^2), f_z(x^2-y^2), f_{xyz}, f_{z^3}, f_{yz^2}, f_{xz^2}$ होते हैं।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

## 1.6.2. तत्त्वों का वर्गीकरण (Classification of Elements)

**परिचय** (Introduction)—समय के साथ-साथ नये तत्त्वों की खोज होने के कारण तत्त्वों के सरल अध्ययन हेतु उन्हें क्रमबद्ध करने की आवश्यकता प्रतीत हुई। सर्वप्रथम तत्त्वों को केवल धातु एवं अधातु में वर्गीकृत किया गया जो पर्याप्त नहीं था। इसके बाद तत्त्वों को विभिन्न प्रकार से वर्गीकृत किया गया जिनमें से कुछ मुख्य निम्न हैं—

### प्राउट की परिकल्पना (Prout's Hypothesis)

सन् 1808 में जॉन डॉल्टन ने परमाणु सिद्धान्त प्रतिपादित किया तथा परमाणु भारों की एक सूची भी प्रकाशित की। इसके आधार पर प्राउट ने सन् 1815 में विचार रखा कि सभी तत्त्व हाइड्रोजन परमाणु से मिलकर बने हैं तथा उनके परमाणु द्रव्यमान हाइड्रोजन के परमाणु द्रव्यमान के सरल गुणक हैं। अत: वे परमाणु भार द्वारा एक-दूसरे से सम्बन्धित हैं। परन्तु यह पाया गया कि कुछ तत्त्वों के परमाणु द्रव्यमान पूर्णांक नहीं हैं। जिससे पता चलता है कि सभी तत्त्व हाइड्रोजन परमाणु से मिलकर नहीं बने हैं। अत: प्राउट की परिकल्पना विफल हो गयी।

### डोबेराइनर के त्रिक (Dobereiner's Triads)

सन् 1829 में डोबेराइनर ने तत्त्वों को वर्गीकृत किया। इसके अनुसार जब समान गुण वाले तीन तत्त्वों को परमाणु भार के बढ़ते हुए क्रम में रखा जाता है, तो बीच के तत्त्व का परमाणु भार पहले तथा तृतीय तत्त्व के परमाणु भार का समान्तर माध्य होता है। तीन समान गुणों वाले तत्त्वों के इन समूहों को त्रिक (Triads) कहा गया।

**उदाहरण 1.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| तत्त्व | : | Li | Na | K |
| परमाणु भार | : | 7 | 23 | 39 |

$$\frac{7+39}{2}=23$$

**उदाहरण 2.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| तत्त्व | : | Cl | Br | I |
| परमाणु भार | : | 35.5 | 80 | 127 |

$$\frac{35.5+127}{2}=81.25=80$$

डोबेराइनर केवल कुछ ही तत्वों के त्रिक (triads) बना पाया।

### न्यूलैण्ड का अष्टक नियम (Newland's Law of Octaves)

सन् 1864 में न्यूलैण्ड ने बताया कि यदि तत्त्वों को परमाणु भार के बढ़ते हुए क्रम में रखा जाए, तो प्रत्येक आठवाँ तत्त्व पहले तत्त्व के समान गुण प्रदर्शित करेगा। जिस प्रकार संगीत के आठवें स्वर की ध्वनि, प्रथम स्वर की ध्वनि के समान होती है।

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| सा | रे | गा | मा | पा | धा | नि |
| Li | Be | B | C | N | O | F |
| Na | Mg | Al | Si | S | P | Cl |
| K | Ca | | | | | |

यह नियम कैल्शियम (परमाणु भार 40) के बाद के तत्त्वों के लिए लागू नहीं होता है। अत: यह नियम विफल हो गया।

## 1.6.3. मेण्डेलीफ का आवर्त नियम (Mendeleef's Periodic Law)

सन् 1869 में मेण्डेलीफ ने तत्त्वों के भौतिक एवं रासायनिक गुणों का सम्बन्ध उनके परमाणु भारों से स्थापित करके अपना आवर्त नियम दिया, जिसे मेण्डलीफ का आवर्त नियम कहते हैं। इसके अनुसार, "तत्त्वों के भौतिक एवं रासायनिक गुण

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

उनके परमाणु भारों के आवर्ती फलन होते है।'' अर्थात् तत्त्वों को परमाणु भार के बढ़ते क्रम में रखने पर नियमित अन्तराल के बाद गुणो की पुनरावृत्ति होती है।

(The physical and chemical properties of the elements are periodic function of their atomic masses.)

**मेण्डेलीफ की आवर्त सारणी की विशेषताएँ** (Characteristics of Mendeleef's Periodic Table)—

1. मेण्डेलीफ की मूल आवर्त सारणी को 12 क्षैजित पंक्तियों में व्यवस्थित किया गया जिन्हें श्रेणियाँ कहते हैं।
2. श्रेणियों को सात क्षैतिज कॉलम में बाँटा गया जिन्हें आवर्त कहते हैं तथा आठ ऊर्ध्वाधर पंक्तियों में विभक्त किया गया जिन्हें समूह कहते हैं।
3. समान गुण वाले तत्त्वों के परमाणु भार लगभग समान होते हैं या उनमें एक स्थिर परिमाण का अन्तर होता है।
4. एक ही समूह में उपस्थित तत्त्वों की संयोजकता समान होती है।
5. आवर्ती वर्गीकरण में रिक्त स्थान अज्ञात तत्त्वों को प्रकट करते हैं।
4. कुछ तत्त्वों को उचित स्थान पर रखने के लिए परमाणु भार का संशोधन करना आवश्यक है।
5. तत्त्वों के लक्षण उनके परमाणु भार के परिमाण द्वारा प्रकट होते हैं।
6. सारणी में रिक्त स्थानों से नये तत्त्वों के गुणों की भविष्यवाणी की जा सकती है।

**मेण्डेलीफ की आवर्त सारणी के दोष** (Defects of Mandeleef's Periodic Table)—

1. आवर्त सारणी में हाइड्रोजन का स्थान निश्चित नहीं है।
2. आवर्त सारणी में कहीं-कहीं पर तत्त्वों के परमाणु भारों का क्रम सही नहीं है।
3. धातुओं व अधातुओं को अलग-अलग स्थान नहीं दिया गया है।
4. अनेक नये तत्त्वों के लिए उचित स्थान आवर्त सारणी में नहीं है।
5. समान तत्त्व भिन्न-भिन्न स्थानों पर तथा असमान तत्त्व एक ही स्थान पर रखे गये हैं।
6. आवर्त सारणी में समस्थानिकों को स्थान नहीं दिया गया।

**सारणी 1.1 : मेण्डेलीफ की मूल आवर्त सारणी (Mendeleef's Original Periodic Table)**

| समूह / श्रेणी | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | $H^1$ | — | — | — | — | — | — | — |
| 2. | $Li^7$ | $Be^{9.4}$ | $B^{11}$ | $C^{12}$ | $N^{14}$ | $O^{16}$ | $F^{19}$ | — |
| 3. | $Na^{23}$ | $Mg^{24}$ | $Al^{27.3}$ | $Si^{28}$ | $P^{31}$ | $S^{32}$ | $Cl^{35.5}$ | — |
| 4. | $K^{39}$ | $Ca^{40}$ | — | $Ti^{48}$ | $V^{51}$ | $Cr^{52}$ | $Mn^{55}$ | $Fe^{56}$, $Co^{59}$, $Ni^{59}$, $Cu^{63}$ |
| 5. | — | $Zn^{65}$ | — | — | $As^{75}$ | $Se^{78}$ | $Br^{80}$ | — |
| 6. | $Rb^{85}$ | $Sr^{87}$ | — | $Zr^{90}$ | $Nb^{94}$ | $Mo^{96}$ | — | $Ru^{104}$, $Rh^{104}$, $Pb^{106}$, $Ag^{108}$ |
| 7. | — | $Cd^{112}$ | $In^{113}$ | $Sn^{118}$ | $Sb^{122}$ | $Te^{125}$ | $I^{127}$ | — |

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8. | $Cs^{133}$ | $Ba^{137}$ | — | — | — | — | — | — |
| 9. | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 10. | — | — | — | — | $Ta^{182}$ | $W^{184}$ | — | $Os^{195}$ $Ir^{197}$ $Pt^{198}$ $Au^{199}$ |
| 11. | — | $Hg^{200}$ | $Ti^{204}$ | $Pb^{207}$ | $Bi^{208}$ | — | — | — |
| 12. | — | — | — | $Th^{231}$ | — | $U^{240}$ | — | — |

## 1.6.4. मेण्डेलीफ की आधुनिक या संशोधित आवर्त सारणी (Mendeleef's Modern or Modified Periodic Table)

### आधुनिक आवर्त नियम (Modern Periodic Law)

सन् 1913 में एच०जे० मोज्ले ने प्रयोगों द्वारा सिद्ध किया कि तत्त्वों का मौलिक गुण उसके परमाणु भार पर नहीं बल्कि परमाणु क्रमांक (Atomic number) पर निर्भर करता है। उसने तत्त्वों को उनके परमाणु क्रमांक के बढ़ते क्रम में व्यवस्थित करके आधुनिक आवर्त नियम दिया जिसके आधार पर नई आवर्त सारणी बनायी गयी, इस आवर्त सारणी को मेण्डेलीफ की आधुनिक या संशोधित आवर्त सारणी कहते हैं। इसके अनुसार—

**तत्त्वों के भौतिक तथा रासायनिक गुण उनके परमाणु क्रमांकों के आवर्ती फलन होते हैं।**

**(The physical and chemical properties of the elements are periodic function of their atomic numbers.)**

अर्थात् तत्त्वों को उनके परमाणु क्रमांक के बढ़ते क्रम में व्यवस्थित करने पर एक नियमित अन्तराल पर उनके गुणों की पुनरावृत्ति होती हैं।

### मेण्डेलीफ की आधुनिक आवर्त सारणी की विशेषताएँ (Characteristics of Mendeleef's Modern Periodic Table)

1. आधुनिक आवर्त सारणी को क्षैतिज पंक्तियों तथा ऊर्ध्वाधर स्तम्भों में विभाजित किया गया है।
2. क्षैतिज पंक्तियों को आवर्त (Period) कहते हैं तथा इनकी कुल संख्या 7 होती है।
3. ऊर्ध्वाधर स्तम्भों को वर्ग (Group) कहते हैं तथा इनकी कुल संख्या 9 होती है।

**वर्ग** (Groups)—

1. आवर्त सारणी में कुल 9 वर्ग हैं जो कि I से VIII तथा शून्य वर्ग में व्यवस्थित हैं।
2. शून्य वर्ग में निष्क्रिय गैसों को रखा गया है।
3. आठवें तथा शून्य वर्ग को छोड़कर शेष सभी वर्गों को A तथा B उपवर्गों में विभाजित किया गया है।
4. एक ही वर्ग में आने वाले तत्त्वों के गुणों में समानता होती है।
5. एक वर्ग के तत्त्वों के गुणों दूसरे वर्ग के तत्त्वों के गुणों से भिन्न होते हैं।

**आवर्त** (Periods)—

1. आवर्त सारणी में कुल सात आवर्त हैं जिनकी संख्या 1 से 7 तक होती है।
2. प्रथम आवर्त में दो तत्त्व होते हैं, इसे अति लघु आवर्त (Very Short Period) कहते हैं।
3. दूसरे तथा तीसरे आवर्त में आठ-आठ तत्त्व होते हैं, इन्हें लघु आवर्त (Short Period) कहते हैं।
4. चौथे तथा पाँचवें आवर्त में 18-18 तत्त्व होते हैं, इन्हें दीर्घ आवर्त (Long Period) कहते हैं।
5. छठे आवर्त में 32 तत्त्व होते हैं, इसे अति दीर्घ आवर्त (Very Long Period) कहते हैं।
6. सातवाँ आवर्त अपूर्ण है। इस आवर्त में अभी तक 28 तत्त्व हैं।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

# सारणी 3.2 : MENDELEEF'S MODERN PERIODIC TABLE OF ELEMENTS

| Periods | Series | GROUPS OF ELEMENTS | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | I A / I B | II A / II B | III A / III B | IV A / IV B | V A / V B | VI A / VI B | VII A / VII B | VIII | 0 |
| I | 1 | | | | | | | 1 H Hydrogen 1.008 | | 2 He Helium 4.003 |
| II | 2 | 3 Li Lithium 6.940 | 4 Be Beryllium 9.013 | 5 a Boron 10.82 | 6 C Carbon 12.011 | 7 N Nitrogen 14.008 | 8 O Oxygen 16 | 9 F Fluorine 19.00 | | 10 Ne Neon 20.183 |
| III | 3 | 11 Na Sodium (Natrium) 22.991 | 12 Mg Magnesium (Natrium) 24.32 | 13 Al Aluminium 26.98 | 14 Si Silicon 28.09 | 15 Pi Phosphorus 30.975 | 16 S Sulphur 32.006 | 16 S Chlorine 35.457 | | 18 Ar Argon 39.944 |
| IV | 4 | 19 K Potassium Kalium 39.100 / 29 Cu Copper 63.54 | 20 Ca Calcium 40.08 / 30 Zn Zinc 65.38 | 21 Sc Scandium 44.96 / 31 Ga Gallium 69.7 | 22 Ti Titanium 47.90 / 32 Ge Germanium 72.60 | 23 V Vanadium 50.95 / 33 As Arsenic 74.91 | 24 Cr Chromium 52.01 / 34 Se Selenium 78.96 | 25 Mn Manganes 54.94 / 35 Br Bromine 79.916 | 26 Fe 27 Co 28 Ni Iron (Ferrum) 55.85 / Cobalt 58.94 / Nickel 59.69 | 36 Kr Krypton 83.80 |
| V | 5 | 37 Rb Rubidium 85.46 / 47 Ag Silver (Argentum) 107.880 | 38 Sr Strontium 87.63 / 48 Cd Cadmium 112.41 | 39 Y Yttrium 88.92 / 49 In Indium 114.76 | 40 Zr Zirconium 91.22 / 50 Sn Tin (Stannum) 121.76 | 41 Nb Niobium 92.91 / 51 Sb Tellurium 127.61 | 42 Mo Molybdenum 95.95 / 52 Te Tellurium 127.61 | 43 Tc Technetium (99) / 53 I Iodine 126.91 | 44 Ru 45 Rh 46 Pd Ruthenium 101.1 / Rhodium 102.91 / Palladium 106.7 | 54 Xe Xenon 131.3 |
| VI | 6 | 55 Cs Caesium 132.91 / 79 Au Gold (Aurum) 200.61 | 56 Ba Barium 137.63 / 80 Hg Cadmium 112.41 | 57 La* Lanthanum 138.92 / 81 Ti Thallium 204.39 | 72 Hf Hafnium 178.6 / 82 Pb Lead (Plumbum) 207.21 | 73 Ta Tantalum 180.95 / 83 Bi Bismuth 209.00 | 74 W Tungsten (Wolfram 183.92) / 84 Po Polonium 210 | 75 Re Rhenium 186.32 / 85 At Astatine (210) | 78 Os 77 Ir 78 Pt Osimium 190.2 / Indium 192.2 / Platinum 195.23 | 86 Rn Radon 222 |
| VII | 7 | 88 Fr Francium 233 | 88 Ra Radium 226.05 | 89 Ac** Actinium 227 | 104 Rt Rutherfordium (261) | 105 Db Dubnium (282) | | | | |

*Lanthanide series

| 58 Ce Cerium 140.13 | 59 Pr Praseodymium 140.92 | 60 Nd Neodymium 144.27 | 61 Pm Promethium 145 | 62 Sm Samarium 150.43 | 63 Eu Europium 152.0 | 64 Gd Gadonium 156.9 | 65 Tb Terbium 155.9 | 66 Dy Dysprosium 162.48 | 67 Ho Holmium 164.94 | 68 Er Erbium 167.2 | 69 Tm Thulium 168.94 | 70 Yb Ytterbium 168.94 | 71 Lu Lutetium 174.99 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

** Actinide series

| 90 Th Thorium 232.05 | 91 Pa Protactinium 231 | 92 U Uranium 238.07 | 93 Np Neptunium (237) | 94 Pu Plutonium (242) | 95 Am Americium (243) | 96 Cm Curium (245) | 97 Bk Berkelium (245) | 98 Cf Califomium (248) | 99 Es Einsteinium (253) | 100 Fm Fermium (255) | 101 Md Mendelevium (258) | 102 No Nobelium (254) | 103 Lw Lawrencium (255) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

### मेण्डेलीफ की आधुनिक आवर्त सारणी द्वारा मेण्डेलीफ की मूल आवर्त सारणी के दोषों का निवारण (Removal of defects of Mendeleef's Original Periodic Table by Mendeleef's Modern Periodic Table)

मेण्डेलीफ की आधुनिक आवर्त सारणी में तत्त्वों को उनके परमाणु क्रमांकों के बढ़ते क्रम में रखा गया जिससे मूल आवर्त सारणी के बहुत सारे दोष स्वत: ही दूर हो गये जोकि निम्नलिखित हैं—

(i) आधुनिक आवर्त सारणी में अक्रिय गैसों को अलग वर्ग (शून्य-वर्ग) में रखा गया, जबकि मूल आवर्त सारणी में अक्रिय गैसों के लिये कोई उपयुक्त स्थान नहीं था।

(ii) आधुनिक आवर्त सारणी में तत्त्वों को उनके परमाणु क्रमांक के आधार पर रखा गया है। अत: समस्थानिकों को सारणी में स्थान देने की समस्या स्वत: ही समाप्त हो गयी।

(iii) आधुनिक आवर्त सारणी में तत्त्वों को परमाणु क्रमांक के आधार पर रखने से उन तत्वों का स्थान आवर्त सारणी में सही हो गया जिनका मूल आवर्त सारणी में स्थान गलत था। जैसे—$_{18}Ar$ का स्थान $_{19}K$ से पहले हो गया इसी प्रकार $_{27}Co$ का स्थान $_{28}Ni$ से पहले तथा $_{52}Te$ का स्थान $_{53}I$ से पहले हो गया जोकि उचित है।

### मेण्डेलीफ की आधुनिक आवर्त सारणी के दोष (Defects of Mendeleef's Periodic Table)

1. आधुनिक आवर्त सारणी में भी हाइड्रोजन का स्थान निश्चित नहीं है। इसे प्रथम वर्ग के क्षार धातुओं तथा सातवें वर्ग के हैलोजन तत्त्वों के साथ रखा गया है।

2. अधुनिक आवर्त सारणी में भी कई स्थानों पर धातु तथा अधातु तत्त्वों को एक साथ रखा गया है।

3. इस सारणी में असमान गुणों वाले तत्त्वों को एक ही वर्ग में स्थान दिया गया है।

जैसे—I-A वर्ग की क्षार धातुओं तथा II-A वर्ग की क्षारीय मृदा धातुओं को एक साथ रखा गया है।

4. इस सारणी में समान गुणों वाले तत्त्वों को अलग-अलग वर्ग में स्थान दिया गया है।

जैसे—Cu, Hg तथा Pt के गुणों के समानता होने पर भी उनको अलग-अलग वर्गों में रखा गया है।

5. आधुनिक आवर्त सारणी में आठवें वर्ग में तीन-तीन तत्त्वों को एक साथ रखना तर्क सगंत नहीं है।

6. आधुनिक आवर्त सारणी में लैन्थेनाइड्स और ऐक्टिनाइड्स तत्त्वों को मूल सारणी से बाहर नीचे अलग स्थान दिया गया है।

## 1.6.5. दीर्घाकार अथवा प्रवर्धित आवर्त सारणी (Long Form or Extended Form of Periodic Table)

तत्त्वों के परमाणु क्रमांक तथा इलेक्ट्रॉनों की संख्या समान होने के कारण ज्ञात हुआ है कि तत्त्वों के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास तथा उनके गुणों में घनिष्ठ सम्बन्ध होता है। जिन तत्त्वों के इलेक्ट्रॉनिक विन्यासों में समानता होती है उनके गुण भी समान होते हैं। यदि तत्त्वों को उनके परमाणु क्रमांकों के बढ़ते क्रम में रखा जाये तो तत्त्वों के एक नियमित अन्तर के बाद समान इलेक्ट्रॉनिक विन्यास वाले तत्त्वों की पुनरावृत्ति होती है। अर्थात् उनमें इलेक्ट्रॉनिक विन्यासी आवर्तिता पायी जाती है। **रांग** (Rang), **वर्नर** (Werner), **बरी** (Bury) और अन्य कई रसायनज्ञों ने इलेक्ट्रॉनिक विन्यास को तत्त्वों के वर्गीकरण का आधार मानकर एक आवर्त सारणी का निर्माण किया जिसे **दीर्घाकार** या **प्रवर्धित आवर्त सारणी** कहते हैं। इस सारणी को **बोर की आवर्त सारणी** भी कहते हैं।

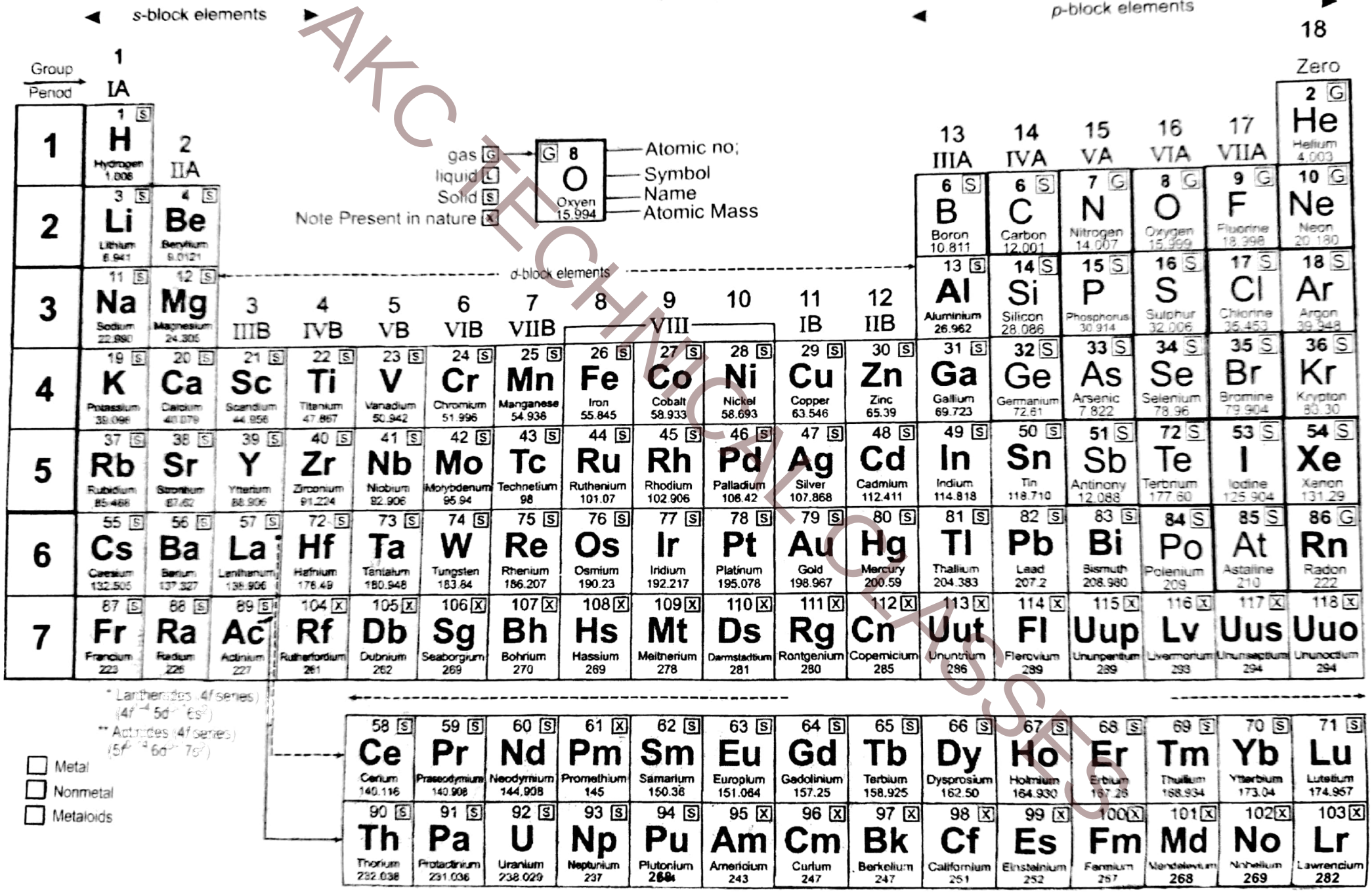
**दीर्घाकार आवर्त सारणी के मुख्य लक्षण** (Main Characteristics of Long Form of Periodic Table)— दीर्घाकार आवर्त सारणी में मेन्डेलीफ की आवर्त सारणी की भाँति ही क्षैतिज पंक्तियों की संख्या 7 है जिन्हें **आवर्त** कहते हैं, जबकि ऊर्ध्वाधर स्तम्भों की कुल संख्या 18 है जिन्हें **वर्ग** या **समूह** कहते हैं। इस आवर्त सारणी में बाईं ओर से दांई ओर चलने पर वर्गों को निम्नलिखित रूप में व्यवस्थित किया गया है—

(1) IUPAC पद्धति के अनुसार, ये वर्ग क्रमश: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 व 18 तक वर्गों के रूप में भी व्यक्त किए जाते हैं।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

# दीर्घाकार आवर्त सारणी (Long form Periodic Table)




AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

(2) इस सारणी के आवर्तों में पहले, दूसरे, तीसरे, चौथे, पाँचवें तथा छठे आवर्तों में क्रमश: तत्त्वों की संख्याएँ 2, 8, 8, 18, 18 तथा 32 हैं, इनको **मैजिक संख्याएँ** कहते हैं, जबकि सातवाँ आवर्त अपूर्ण है।

(3) इस सारणी में छठे आवर्त के 14 तत्त्वों, (परमाणु क्रमांक 58 से 71 तक के तत्त्वों) को लैन्थेनाइड और सातवें आवर्त के 14 तत्त्वों, (परमाणु क्रमांक 90 से 103 तक के तत्त्वों) को ऐक्टिनाइड श्रेणी के रूप में आवर्त सारणी में नीचे रखा गया है।

(4) प्रत्येक आवर्त का प्रथम तत्त्व क्षार धातु तथा अन्तिम तत्त्व अक्रिय गैस है; जैसे द्वितीय आवर्त का पहला तत्त्व Li तथा अन्तिम तत्त्व Ne (अक्रिय गैस) है।

(5) इस सारणी में तत्त्वों को परमाणु क्रमांक के बढ़ते क्रम में उस समय तक श्रेणीबद्ध किया गया है जब तक कि समान गुण वाला तत्त्व पुन: नहीं आ गया है।

(6) इस सारणी में शून्य वर्ग के तत्त्वों को अक्रिय गैस (Inert gas) कहते हैं।

(7) इस सारणी में I-A उपवर्ग (H को छोड़कर) के तत्त्वों को **क्षारीय धातु** तथा II-A उपवर्ग के तत्त्वों को **क्षारीय मृदा धातुएँ** कहते हैं।

(8) इस सारणी में III-A, IV-A, V-A, VI-A तथा VII-A उपवर्गों के तत्त्वों को **सामान्य तत्त्व** कहते हैं, जिनमें धातु, अधातु एवं उपधातु हैं।

(9) इस सारणी में III-B, IV-B, V-B, VI-B, VII-B, VIII, I-B, II-B उपवर्गों या वर्गों के तत्त्वों को **संक्रमण तत्त्व** कहते हैं।

(10) इस सारणी में उपस्थित किसी उपवर्ग या वर्ग के सभी तत्त्वों की बाह्यतम कक्ष में उपस्थित इलेक्ट्रॉनों की संख्याएँ समान होने के कारण उनका इलेक्ट्रॉनिक विन्यास एकसमान होता है जिसके कारण उन तत्त्वों के गुणों में भी क्रमिक परिवर्तन होता है।

(11) इस सारणी में तत्त्वों को उनके इलेक्ट्रॉनिक विन्यास के आधार पर चार ब्लॉकों में विभक्त किया गया है—

(a) *s*-ब्लॉक, (b) *p*-ब्लॉक, (c) *d*-ब्लॉक, (d) *f*-ब्लॉक

## दीर्घाकार या प्रवर्धित आवर्त सारणी के गुण
## (Properties of Long Form or Extended Form of Periodic Table)

इस आवर्त सारणी में मेन्डेलीफ की मूल आवर्त सारणी तथा आधुनिक आवर्त सारणी के दोषों को दूर किया गया है। इस सारणी के मुख्य गुण निम्नलिखित हैं—

(1) इस सारणी में तत्त्वों को उनके इलेक्ट्रॉनिक विन्यास के आधार पर रखा गया है जिसके कारण बांई ओर से दांई ओर चलने पर प्रत्येक आवर्त के तत्त्वों में क्रमश: एक-एक इलेक्ट्रॉन बढ़ता है।

(2) इस सारणी में इलेक्ट्रॉनिक विन्यास की सहायता से तत्त्वों की स्थिति (वर्ग एवं आवर्त) दोनों ज्ञात किये जा सकते हैं।

(3) इस सारणी में तत्त्वों को उनके गुणों की समानता के आधार पर प्रत्येक वर्ग के उपवर्ग A तथा B में अलग-अलग रखा गया है।

(4) इस सारणी में तत्त्वों के समस्थानिकों के स्थान की कोई समस्या नहीं है।

(5) इस सारणी में संक्रमण तत्त्वों (Transitional elements) को अन्य सामान्य तत्त्वों से, अलग एक साथ रखा गया है।

(6) इस सारणी में तत्त्वों को उनके परमाणु क्रमांक के आधार पर ठीक स्थान पर रखा गया है।

(7) इस सारणी में लैन्थेनाइड तथा ऐक्टिनाइड श्रेणियों को मूल सारणी से नीचे की ओर स्थान दिया गया है।

(8) इस सारणी में अधिक धात्विक (Metallic) तत्त्वों को बांई ओर तथा अधिक अधात्विक (Non-metallic) तत्त्वों को दांई ओर रखा गया है।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

**Note :** सन् 1984 में IUPAC की संस्तुति के अनुसार समूह IA, IB, IIA, IIB..... VIII तथा शून्य समूहों को 1, 2, 3, 4.....18 के द्वारा व्यक्त किया गया है।

## 1.6.6. इलेक्ट्रॉनिक विन्यास के आधार पर दीर्घाकार आवर्त सारणी का विभाजन (Division of Long Form of Periodic Table on the Basis of Electronic Configuration)

दीर्घाकार आवर्त सारणी में तत्त्वों को उनके इलेक्ट्रॉनिक विन्यासों के आधार पर **चार ब्लॉक** (Blocks) में विभाजित किया गया है। इनको क्रमश: *s*-, *p*-, *d*- तथा *f*-ब्लॉक के तत्त्व कहते हैं।

### [A] *s*-ब्लॉक के तत्त्व (*s*-Block Elements)

दीर्घाकार आवर्त सारणी में सबसे बायीं ओर दो ऊर्ध्वाधर कॉलमों में स्थित IA-उपवर्ग के तत्व हाइड्रोजन तथा क्षार धातुएँ तथा IIA-उपवर्ग के तत्व क्षारीय मृदा धातुएँ *s*-ब्लॉक के तत्त्व कहलाते हैं। इस ब्लॉक के तत्त्वों में अन्तिम इलेक्ट्रॉन *s*-सब-शैल में प्रवेश पाता है।

**s-ब्लॉक के तत्त्वों की सामान्य विशेषतायें** (General Characteristics of *s*-block Elements)—

(i) **इलेक्ट्रॉनिक विन्यास** (Electronic Configuration)—इस ब्लॉक के तत्त्वों में अन्तिम इलेक्ट्रॉन बाह्यतम कोश के *s*-उपकोश में प्रवेश पाता है। *s*-उपकोश में 1 या 2 इलेक्ट्रॉन होते हैं तथा इनका सामान्य इलेक्ट्रॉनिक विन्यास $ns^{1-2}$ होता हैं।

(ii) **संयोजकता** (Valency)—*s*-ब्लॉक के तत्त्वों के बाह्यतम कोश (Outermost Shell) में 1 या 2 इलेक्ट्रॉन होते हैं। अत: H, Li, Na, K, Rb, Cs तथा Fr तत्त्वों की संयोजकता 1 और Be, Mg, Ca, Sr, Ba तथा Ra तत्त्वों की संयोजकता 2 होती है।

(iii) इस ब्लॉक के तत्त्वों की परमाणु त्रिज्याएँ उसी आवर्त के अन्य तत्त्वों से अधिक होती हैं।

(iv) इन तत्त्वों के आयनन विभव, इलेक्ट्रॉन बन्धुताएँ व ऋण-विद्युताओं का मान कम होता है।

(v) ये प्रबल धन-विद्युतीय तत्त्व हैं तथा धनायन बनाने की प्रवृत्ति रखते हैं।

(vi) हाइड्रोजन को छोड़ कर इस ब्लॉक के अन्य सभी तत्त्व धातु हैं।

(vii) इन तत्त्वों के ऑक्साइड क्षारीय होते हैं। हाइड्रोजन का ऑक्साइड जल उदासीन होता है।

(viii) ये तत्त्व अत्यन्त क्रियाशील होते हैं तथा अधातुओं से क्रिया करके विद्युत संयोजक यौगिक बनाते हैं।

### [B] *p*-ब्लॉक के तत्त्व (*p*-Block Elements)

दीर्घाकार आवर्त सारणी में सबसे दाहिनी ओर छ: ऊर्ध्वाधर कॉलमों में स्थित IIIA, IVA, VA, VIA, VIIA उपवर्गों तथा शून्य समूह (समूह 13, 14, 15, 16, 17 तथा 18) के सभी तत्त्वों को *p*-ब्लॉक के तत्त्व कहते हैं। इन तत्त्वों की कुल संख्या 31 है। इस ब्लॉक के सभी तत्त्वों में (हीलियम को छोड़कर) अन्तिम इलेक्ट्रॉन *p*-उपकोश में प्रवेश पाता है।

***p*-ब्लॉक के तत्त्वों की सामान्य विशेषताएँ** (General Characteristics of *p*-Block Elements)—

(i) **इलेक्ट्रॉनिक विन्यास** (Electronic Configuration)—इस ब्लॉक के तत्त्वों में अन्तिम इलेक्ट्रॉन बाह्यतम कोश के *p*-उपकोश (Sub-shell) में प्रवेश करता है तथा इनका सामान्य इलेक्ट्रॉनिक विन्यास $ns^2, np^{1-6}$ होता है।

(ii) **संयोजकता (Valency)**—इस ब्लॉक के तत्त्वों की संयोजकताएँ 1 से 4 तक होती हैं।

(iii) इस ब्लॉक के तत्त्वों की परमाणु त्रिज्याएँ उसी आवर्त के अन्य तत्त्वों की तुलना में कम होती हैं।

(iv) इस ब्लॉक के तत्त्वों के आयनन विभव, इलेक्ट्रॉन बन्धुताएँ व ऋण विद्युताएँ अधिक होती हैं।

(v) इस ब्लॉक के अधिकांश तत्त्व ऋण-विद्युती होते हैं व ऋणायन बनाने की प्रवृत्ति रखते हैं।

(vi) इस ब्लॉक के तत्त्व Ga, In, Ti, Sn व Pb धातु, B, Al, Si, Ge, As, Sb, Te, Po तथा At उपधातु अन्य सभी तत्त्व अधातु हैं।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

(vii) इस ब्लॉक के फॉस्फोरस, ऑक्सीजन व हैलोजन तत्त्व अत्यन्त क्रियाशील तत्त्व हैं।

**[C] *d*-ब्लॉक के तत्त्व** (*d*-Block Elements)

दीर्घाकार आवर्त सारणी में *s*- तथा *p*-ब्लॉक के तत्त्वों के बीच वाले भाग में 10 ऊर्ध्वाधर कॉलमों में स्थित IIIB, IVB, VB, VIB, VIIB, VIII, IB तथा IIB (समूहों 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 तथा 12) वर्गों के सभी तत्त्वों को *d*-ब्लॉक के तत्त्व कहते हैं। इन तत्त्वों की संख्या 40 है। इन सभी तत्त्वों में अन्तिम इलेक्ट्रॉन *d*-सबशैल में प्रवेश करता है। ये सभी तत्त्व धातु हैं तथा इन्हें **संक्रमण तत्त्व** (Transition Elements) भी कहते हैं। क्योंकि इन तत्त्वों के *d*-उपकोश अपूर्ण होते हैं।

***d*-ब्लॉक के तत्त्वों की सामान्य विशेषताएँ** (General Characteristics of *d*-Block Elements)—

**(i) इलेक्ट्रॉनिक विन्यास** (Electronic Configuration)—इस ब्लॉक के तत्त्वों में अन्तिम इलेक्ट्रॉन अन्तिम से पहले वाले कोश (Penultimate Shell) के *d*-उपकोश में प्रवेश पाता है। इनका सामान्य इलेक्ट्रॉनिक विन्यास $(n-1)d^{1-10}$, $ns^{1-2}$ होता है।

**(ii)** ये सभी धातु तत्त्व हैं।

**(iii)** ये तत्त्व धन विद्युतीय हैं तथा धनायन बनाने की प्रवृत्ति रखते हैं।

**(iv)** *d*-ब्लॉक के तत्त्व परिवर्ती संयोजकता (Variable Valency) प्रदर्शित करते हैं।

**(v)** परिवर्ती संयोजकता प्रदर्शित करने के कारण ये उत्प्रेरण (Catalysis) का गुण रखते हैं।

**[D] *f*-ब्लॉक के तत्त्व** (*f*-Block Elements)

***f*-ब्लॉक के तत्त्वों की सामान्य विशेषताएँ** (General Characteristics of *f*-Block Elements)—

**(i) इलेक्ट्रॉनिक विन्यास** (Electronic Configuration)—*f*-ब्लॉक के तत्त्वों को दो श्रेणियों में बाँटा गया है। लैन्थेनाइड श्रेणी में इलेक्ट्रॉन 4*f*-उपकोश में तथा ऐक्टिनाइड श्रेणी में इलेक्ट्रॉन 5*f*-उपकोश में भरते हैं। इनका सामान्य इलेक्ट्रॉनिक विन्यास $(n-2)f^{1-14}$, $(n-1)d^{1-2}$, $ns^2$ होता है।

**(ii)** *d*-ब्लॉक के तत्त्वों की भाँति *f*-ब्लॉक के तत्त्व भी परिवर्ती संयोजकता प्रदर्शित करते हैं।

**(iii)** *d*-ब्लॉक के तत्त्वों की भाँति *f*-ब्लॉक के सभी तत्त्व धातुएँ ही हैं।

**(iv)** *d*-ब्लॉक के तत्त्वों की भाँति ये भी रंगीन आयन तथा रंगीन लवण बनाते हैं।

**(v)** *d*-ब्लॉक के तत्त्वों की भाँति इन तत्त्वों के जिन आयनों में अयुग्मित इलेक्ट्रॉन होते हैं, वे अनुचुम्बकीय होते हैं।

**(vi)** *d*-ब्लॉक के तत्त्वों की भाँति ये भी विद्युत-संयोजक यौगिक बनाते हैं।

**(vii)** *d*-ब्लॉक के तत्त्वों की भाँति से भी संकर आयन तथा संकर यौगिक बनाते हैं।

**(viii)** 4*f*-श्रेणी के तत्त्व प्रकृति में अत्यन्त कम मात्रा में पाये हैं। अत: इन्हें **दुर्लभ मृदा तत्त्व** (Rare Earth Elements) कहते हैं। 5*f* श्रेणी के तत्त्वों को **ट्रांस-यूरेनिक तत्त्व** (Transuranic Elements) कहते हैं। ये तत्त्व रेडियोएक्टिव होते हैं।

## 1.7.1. रासायनिक बन्ध (Chemical Bonds)

अक्रिय गैसों को छोड़कर अन्य तत्त्वों के परमाणु स्वतन्त्र अवस्था में नहीं रह सकते। ये परमाणु आपस में रासायनिक संयोग करके अधिक स्थायी अणु बनाते हैं अर्थात् किसी अणु में उपस्थित वे बल जो अवयवी परमाणुओं को एक-दूसरे से बाँधे रखते हैं, रासायनिक बन्ध कहलाते हैं।

(Chemical bond is the attractive force which holds together the atoms, ions in a molecule.)

### रासायनिक आबन्ध बनने के कारण (Causes of formation of Chemical Bond)

अक्रिय गैसों को छोड़कर प्रकृति में पाये जाने वाले अन्य सभी तत्त्व स्थायित्व प्राप्त करने हेतु अपने निकटतम तत्त्वों के परमाणुओं से साझेदारी करने का प्रयास करते हैं अर्थात् ये तत्त्व अपने बाह्यतम कोश में उपस्थित इलेक्ट्रॉनों को निकटतम

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

अक्रिय गैसों जैसा पूर्ण करने की कोशिश करते हैं। तत्त्वों के परमाणुओं की स्थायित्व प्राप्त करने की यह प्रवृत्ति रासायनिक आबन्ध बनने का कारण होती है।

## 1.7.2. संयोजकता (Valency)

संयोजकता (Valency) शब्द लैटिन भाषा के Valentina शब्द से लिया गया है जिसका अर्थ होता है क्षमता अर्थात् किसी तत्त्व की संयोजकता उसकी रासायनिक संयोग करने की क्षमता को प्रदर्शित करती है।

संयोजकता को एक पूर्ण संख्या से प्रदर्शित किया जाता है अर्थात् "किसी तत्त्व की संयोजकता हाइड्रोजन के परमाणुओं की वह संख्या है जो उस तत्त्व के एक परमाणु से संयोग करती है।"

(The valency of the element is the number of hydrogen atoms, which combine with one atom of that element.)

## 1.7.3. संयोजकता का इलेक्ट्रॉनिक सिद्धान्त (Electronic Theory of Valency)

सन् 1916 में कॉसल (Kossel) तथा लुईस (Lewis) ने रासायनिक बन्धों की प्रकृति की व्याख्या करने के लिए तत्त्वों के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास के आधार पर संयोजकता का एक सिद्धान्त प्रस्तुत किया जिसे संयोजकता का अष्टक नियम भी कहते हैं। इस सिद्धान्त के अनुसार—

(i) हीलियम को छोड़कर (हीलियम के कोश में दो इलेक्ट्रॉन होते हैं जो कि एक स्थायी विन्यास हैं) अन्य सभी अक्रिय गैसों के बाह्य कोश में 8 इलेक्ट्रॉन होते हैं जो कि स्थायी विन्यास हैं।

(ii) ऐसे तत्त्व जिनके बाह्य कोश में 8 इलेक्ट्रॉन नहीं होते वे अन्य तत्त्वों से संयोग करके स्थायी विन्यास प्राप्त करने का प्रयत्न करते हैं।

(iii) परमाणु अपने बाह्य कोश को पूर्ण करने के लिये किसी परमाणु को इलेक्ट्रॉन देकर अथवा किसी परमाणु से इलेक्ट्रॉन लेकर या दो परमाणुओं के मध्य इलेक्ट्रॉनों की परस्पर साझेदारी करके या दो परमाणुओं के मध्य दो इलेक्ट्रॉनों की ऐसी साझेदारी द्वारा जिसमें साझे के दोनों इलेक्ट्रॉन किसी एक परमाणु द्वारा दिये जायें स्थायी विन्यास प्राप्त करते हैं।

## 1.7.4. रासायनिक बन्ध के प्रकार (Types of Chemical Bonds)

अणुओं में परमाणुओं की संयोग करने की प्रकृति के आधार पर रासायनिक बन्ध निम्नलिखित प्रकार के होते हैं—

(i) विद्युत संयोजी या आयनिक बन्ध (Electrovalent or Ionic Bond)

(ii) सह-संयोजी बन्ध (Covalent Bond)

(iii) उप-सहसंयोजी बन्ध (Co-ordinate Bond)

(iv) हाइड्रोजन बन्ध (Hydrogen Bond)

## 1.7.5. विद्युत संयोजी या आयनिक बन्ध (Electrovalent or Ionic Bond)

दो परमाणुओं के मध्य इलेक्ट्रॉनों के स्थानान्तरण से जो बन्ध बनते हैं उन्हें विद्युत संयोजी या आयनिक बन्ध कहते हैं। (A bond formed by the transfer of electrons between two dissimilar atoms is called ionic or electrovalent bond.)

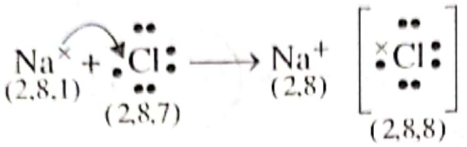
इसमें विद्युतधनी तत्त्व के परमाणु के बाह्य कोश से एक या अधिक इलेक्ट्रॉन निकलकर विद्युतऋणी तत्त्व के परमाणु के बाह्य कोश में चला जाता है जिससे विद्युतधनी परमाणु पर धन आवेश तथा विद्युतऋणी परमाणु पर ऋण आवेश उत्पन्न हो जाता है जिससे इन विपरीत आवेशित परमाणुओं के मध्य प्रबल स्थिर वैद्युत आकर्षण बल उत्पन्न हो जाता है, जिसे आयनिक बन्ध या ध्रुवीय बन्ध कहते हैं।

AKC TECHNICAL CLASSES

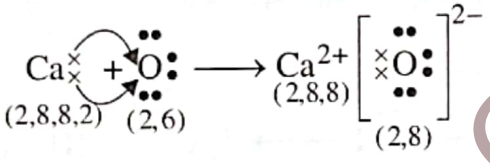
Scanned with CamScanner

उदाहरण—

**(i) सोडियम क्लोराइड का निर्माण** (Formation of Sodium Chloride)—सोडियम परमाणु अपने बाह्य कोश से एक इलेक्ट्रॉन त्याग करके सोडियम आयन ($Na^+$) में बदल जाता है, जबकि क्लोरीन परमाणु सोडियम परमाणु से एक इलेक्ट्रॉन ग्रहण करके क्लोरीन आयन ($Cl^-$) में बदल जाता है। इस प्रकार इलेक्ट्रॉन के स्थानान्तरण द्वारा सोडियम क्लोराइड का निर्माण होता है।




**(ii) कैल्शियम ऑक्साइड का निर्माण** (Formation of Calcium Oxide)—कैल्शियम परमाणु अपने बाह्य कोश के दो इलेक्ट्रॉन ऑक्सीजन परमाणु को देकर कैल्शियम आयन ($Ca^{2+}$) बनता है, जबकि ऑक्सीजन परमाणु दो इलेक्ट्रॉन ग्रहण करके ऑक्सीजन आयन ($O^{2-}$) में बदल जाता है। इस प्रकार इलेक्ट्रॉनों के स्थानान्तरण द्वारा कैल्शियम ऑक्साइड का निर्माण होता है।




## विद्युत संयोजी या आयनिक यौगिकों के लक्षण (Characteristics of Electrovalent or Ionic Compounds)

(i) आयनिक यौगिक विद्युत आवेशित परमाणुओं से बने होते हैं।

(ii) आयनिक यौगिक उच्च डाइइलेक्ट्रिक स्थिरांकों वाले विलायकों जैसे जल (डाईइलेक्ट्रिक स्थिरांक = 80) तथा अन्य ध्रुवीय विलायकों में विलेय तथा अध्रुवीय विलायकों में अविलेय होते हैं।

(iii) प्रबल वैद्युत आकर्षण बलों द्वारा बंधे रहने के कारण इनके आयनों को पृथक् करने के लिए अधिक ऊर्जा की आवश्यकता होती है। इसलिए इनके गलनांक तथा क्वथनांक ऊँचे होते हैं।

(iv) गलित अवस्था में ये विद्युत के सुचालक होते हैं, क्योंकि गलित अवस्था में इनके अवयवी आयन गतिशील होते हैं जिससे वे विद्युतवाहक का कार्य करते हैं।

(v) आयनिक यौगिक जलीय विलयन में आयन उत्पन्न करते हैं, जिस कारण ये यौगिक तीव्रगामी (Fast) आयनिक अभिक्रियाएँ देते हैं।

(vi) वैद्युत संयोजी बन्ध अदिशात्मक होते हैं, अर्थात् ये सभी दिशाओं में समान होते हैं, अत: वैद्युत संयोजक यौगिकों की कोई अणु संरचना नहीं होती है।

(vii) आयनिक ठोस भंगुर होते हैं, क्योंकि इनमें इलेक्ट्रॉन आयनों से मजबूती से बंधे होते हैं जिससे ये आयन अपनी स्थिति नहीं छोड़ते हैं।

## 1.7.6. सहसंयोजी बन्ध (Covalent Bond)

दो अधात्विक परमाणुओं के मध्य इलेक्ट्रॉनों की परस्पर साझेदारी (Mutual sharing) से जो बन्ध बनता है उसे सहसंयोजी बन्ध कहते हैं।

(The bond formed by the mutual sharing of electron pair between two atoms of non-metal is called covalent bond.)

सहसंयोजी बन्ध में प्रयुक्त साझे के इलेक्ट्रॉन युग्म पर दोनों परमाणुओं का समान अधिकार होता है।

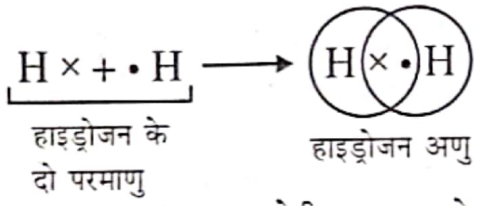
AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

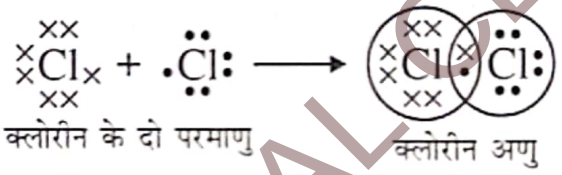
प्रत्येक परमाणु के द्वारा साझे के लिए दिये गये इलेक्ट्रॉनों की संख्या उसके स्थायित्व के लिए जरूरी इलेक्ट्रॉनों की संख्या पर निर्भर करती है।

**उदाहरण—**

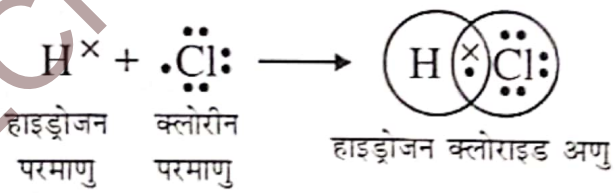
**(i) हाइड्रोजन अणु ($H_2$)** (Hydrogen Molecule)—हाइड्रोजन परमाणु के बाह्य कोश में एक इलेक्ट्रॉन होता है। इसे स्थायी विन्यास प्राप्त करने के लिए एक इलेक्ट्रॉन की आवश्यकता है। अत: दोनों हाइड्रोजन परमाणु एक-एक इलेक्ट्रॉन की परस्पर साझेदारी करके स्थायी विन्यास प्राप्त करते हैं।




**(ii) क्लोरीन अणु ($Cl_2$)** (Chlorine Molecule)—क्लोरीन परमाणु के बाह्य कोश में 7 इलेक्ट्रॉन होते हैं। क्लोरीन परमाणु को अक्रिय गैस की स्थायी संरचना प्राप्त करने के लिए एक इलेक्ट्रॉन की आवश्यकता होती है। जब दो क्लोरीन परमाणु परस्पर संयोग करते हैं तो क्लोरीन परमाणुओं के मध्य एक साझे का इलेक्ट्रॉन युग्म बन जाता है। साझे का इलेक्ट्रॉन युग्म एक साथ दोनों परमाणुओं के बाह्य कोश में रहता है तथा उसका साझा करके दोनों क्लोरीन परमाणु अपने बाह्य कोश में 8 इलेक्ट्रॉन पूरे कर लेते हैं।




**(iii) हाइड्रोजन क्लोराइड अणु (HCl)** (Hydrogen Chloride Molecule)—हाइड्रोजन परमाणु के बाह्य कोश में एक इलेक्ट्रॉन तथा क्लोरीन परमाणु के बाह्य कोश में 7 इलेक्ट्रॉन होते हैं। हाइड्रोजन परमाणु जब क्लोरीन परमाणु के साथ संयोग करता है तो उनके मध्य साझे का एक इलेक्ट्रॉन युग्म बन जाता है। साझे के इलेक्ट्रॉन युग्म में एक इलेक्ट्रॉन हाइड्रोजन परमाणु का और एक इलेक्ट्रॉन क्लोरीन परमाणु का होता है। साझे का इलेक्ट्रॉन युग्म एक साथ दोनों परमाणुओं के बाह्य कोश में रहता है तथा जिसका साझा करके दोनों परमाणु अक्रिय गैस की संरचना प्राप्त कर लेते हैं।




### सहसंयोजक यौगिकों के लक्षण (Characteristics of Covalent Compounds)

(i) ये यौगिक सामान्य ताप तथा दाब पर द्रव या गैस होते हैं परन्तु उच्च अणुभार वाले यौगिक ठोस होते हैं।

(ii) दुर्बल अन्तरआण्विक बलों के कारण सहसंयोजक यौगिकों के गलनांक तथा क्वथनांक निम्न होते हैं।

(iii) ये जल में अविलेय तथा अध्रुवीय विलायकों जैसे बेंजीन में विलेय होते हैं।

(iv) ये विद्युत के कुचालक होते हैं, क्योंकि इनमें विद्युत धारा के प्रवाह हेतु मुक्त इलेक्ट्रॉन या आयन नहीं होते हैं।

(v) सहसंयोजक बन्ध दृढ़ तथा दिशात्मक होते हैं, क्योंकि ये कक्षकों के अतिव्यापन द्वारा बनते हैं।

(vi) ये आण्विक अभिक्रियायें प्रदर्शित करते हैं जो धीमी तथा जटिल होती हैं।

(vii) सहसंयोजी यौगिक संरचनात्मक एवं त्रिविम समावयवता प्रदर्शित करते हैं।

## 1.7.7. सहसंयोजी बन्धों के प्रकार (Types of Covalent Bond)

ये दो प्रकार के होते हैं—

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

**(1) अध्रुवीय सहसंयोजी बन्ध** (Non-polar Covalent Bond)—दो समान ऋण-विद्युतता वाले परमाणुओं के मध्य बनने वाले सहसंयोजी बन्ध को अध्रुवीय सहसंयोजी बन्ध कहते हैं। इस बन्ध में साझे का इलेक्ट्रॉन युग्म दोनों परमाणुओं के ठीक बीच में होता है।

(The covalent bond formed between two similar electronegative atoms is called non-polar covalent bond.)

$$\overset{\circ}{H} + \overset{\circ}{H} \longrightarrow H:H \quad \text{या} \quad H—H$$

**उदाहरण**—$H_2$ अणु का बनना।

$N_2$, $Cl_2$, $O_2$, $CH_4$ इत्यादि अध्रुवीय सहसंयोजी बन्ध के उदाहरण हैं।

**(2) ध्रुवीय सहसंयोजी बन्ध** (Polar Covalent Bond)—दो असमान ऋण-विद्युत वाले परमाणुओं के मध्य बनने वाले सहसंयोजी बन्ध को ध्रुवीय सहसंयोजी बन्ध कहते हैं। इस बन्ध में साझे का इलेक्ट्रॉन युग्म अधिक ऋण-विद्युती परमाणु की ओर झुका रहता है जिससे एक परमाणु पर आंशिक धनावेश ($+\delta$) तथा दूसरे परमाणु पर आंशिक ऋणावेश ($-\delta$) उत्पन्न हो जाता है।

(The covalent bond formed between two dissimilar electronegative atoms is called polar covalent bond.)

**उदाहरण**—HCl अणु का बनना।

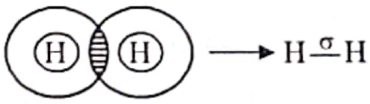
$$\overset{\circ}{H} + \overset{\times\times}{\underset{\times\times}{\times Cl \times}} \longrightarrow H:\overset{\times\times}{\underset{\times\times}{Cl}} \quad \text{या} \quad \overset{+\delta}{H}—\overset{-\delta}{Cl}$$

## 1.7.8. सिग्मा बन्ध (Sigma Bond ($\sigma$))

एक ही अक्ष पर दो कक्षकों के सिरों के अतिव्यापन से जो बन्ध बनता है उसे सिग्मा ($\sigma$) बन्ध कहते हैं। यह बन्ध प्रबल होता है, क्योंकि इसमें अतिव्यापन अधिक होता है।

यह बन्ध निम्न प्रकार के अतिव्यापन से बनता है—

**(1) *ss* अतिव्यापन द्वारा**—दो परमाणुओं के *s*-कक्षकों के अतिव्यापन से बने बन्ध को $\sigma$-बन्ध या *ss*-बन्ध कहते हैं।




**उदाहरण**—$H_2$ अणु में यह बन्ध बनता है।

**(2) *sp* अतिव्यापन द्वारा**—एक परमाणु के *s* तथा दूसरे परमाणु के *p*-कक्षक के अक्ष पर अतिव्यापन द्वारा जो बन्ध बनता है उसे $\sigma$-बन्ध या *sp*-बन्ध कहते हैं।

**उदाहरण**—HF अणु में *sp*-बन्ध होता है।

**(3) *pp* अतिव्यापन द्वारा**—दो परमाणुओं के *p*-कक्षकों के अक्षों पर अतिव्यापन द्वारा बने बन्ध को ही *pp*-बन्ध या $\sigma$-बन्ध कहते हैं।

चित्र 1.14

**उदाहरण**—$Cl_2$ अणु में *pp*-बन्ध होता है।

## 1.7.9. पाई ($\pi$) बन्ध (Pie Bond)

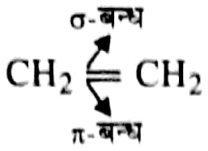
दो *p*-कक्षकों या *p* व *d*-कक्षकों या *d*-कक्षकों के पार्श्वीय अतिव्यापन से जो बन्ध बनता है उसे पाई ($\pi$) बन्ध कहते हैं।

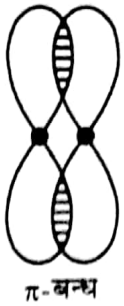
$\pi$-बन्ध हमेशा $\sigma$-बन्ध बनने के बाद ही बनता है। यह बन्ध क्षीण होता है, क्योंकि इसमें अतिव्यापन कम होता है।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

उदाहरण—

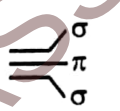



चित्र 1.15

**Note :** (i) एकल बन्ध (Single bond) में एक सिग्मा बन्ध होता है।

(ii) द्वि बन्ध (Double bond) में एक सिग्मा तथा एक पाई बन्ध होता है

(iii) त्रि बन्ध (Tirple bond) में एक सिग्मा तथा दो पाई बन्ध होते है। 

## 1.7.10. संकरण (Hybridization)

पॉलिंग तथा स्लेटर ने 1935 में सहसंयोजक यौगिकों की ज्यामितीय आकृति को समझाने के लिए परमाणुओं के कक्षकों के अतिव्यापन के लिये सिद्धान्त दिया, उनके अनुसार—

**लगभग समान ऊर्जा वाले परमाणवीय कक्षकों का मिलना तथा समान ऊर्जा वाले एक ही आकार के समान संख्या के नये कक्षक बनाना संकरण कहलाता है तथा बनने वाले नये कक्षक संकरित कक्षक कहलाते हैं।**

(Mixing of atomic orbitals of nearly equal energy and to form entirely new orbitals of equivalent energy is called hybridization.)

### संकरण के लक्षण (Characteristics of Hybridization)

(i) संकरण में परमाणु के केवल बाह्य कोश के कक्षक ही भाग लेते हैं।

(ii) संकरण में लगभग समान ऊर्जा के परमाणु कक्षक भाग लेते हैं।

(iii) संकरण में बनने वाले नये कक्षक ऊर्जा, आकार तथा संख्या में समान होते हैं।

(iv) संकरण में बनने वाले नये बन्ध सिग्मा होते हैं। इसमें पाई बन्ध नहीं बनते।

## 1.7.11. संकरण के प्रकार (Types of Hybridization)

**(i) *sp*-संकरण** (*sp*-Hybridization)—जब एक *s*- तथा एक *p*-कक्षक आपस मे संकरित होकर समान ऊर्जा के दो नये कक्षक बनाते हैं तो इस प्रकार के संकरण को *sp*-संकरण कहते हैं।

**उदाहरण**—$BeF_2, BeCl_2, CO_2, HgCl_2, C_2H_2$ आदि।

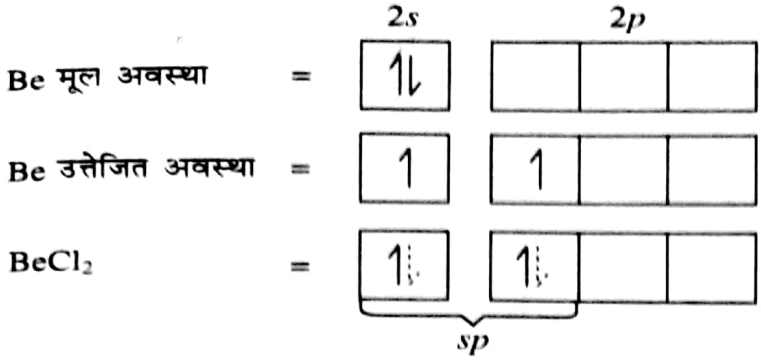
ऐसे अणु जिनमें *sp*-संकरण होता है। उनकी ज्यामिति रेखीय (linear) होती है तथा परमाणुओं के बीच बन्ध कोण $180^\circ$ होता है।

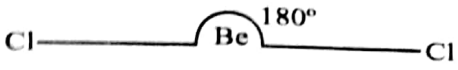
**उदाहरण**—$BeCl_2$ :

$$_4Be = 1s^2, 2s^2$$

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner




चित्र 1.16

**(ii) $sp^2$-संकरण**—जब एक *s*-तथा दो *p*-कक्षक आपस में संकरित होकर समान ऊर्जा के तीन नये कक्षक बनाते हैं तो इस प्रकार के संकरण को $sp^2$-संकरण कहते हैं।

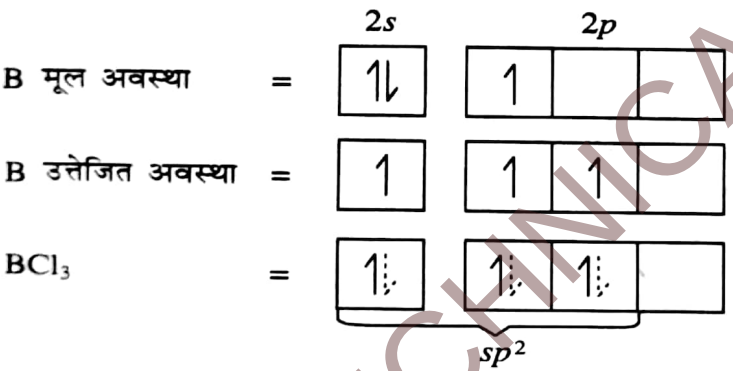
**उदाहरण**—$BF_3$, $BCl_3$, $SO_2$, $C_2H_4$, $CO_3^{--}$, $NO_3^-$ आदि।

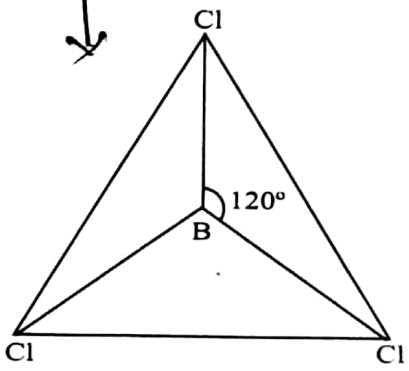
ऐसे अणु या यौगिक जिनमें $sp^2$-संकरण पाया जाता है उनकी ज्यामिति त्रिकोणीय समतलीय (Trigonal planar) होती है तथा उनके परमाणुओं के बीच में 120° बन्ध कोण होता है।

**उदाहरण**—$BCl_3$

$$_5B = 1s^2, 2s^2, 2p^1$$

**(iii) $sp^3$-संकरण** ($sp^3$-Hybridization)—एक *s* तथा तीन *p*–कक्षकों का आपस में मिलकर समान ऊर्जा के चार नये संकरित कक्षक बनाना $sp^3$–संकरण कहलाता है।



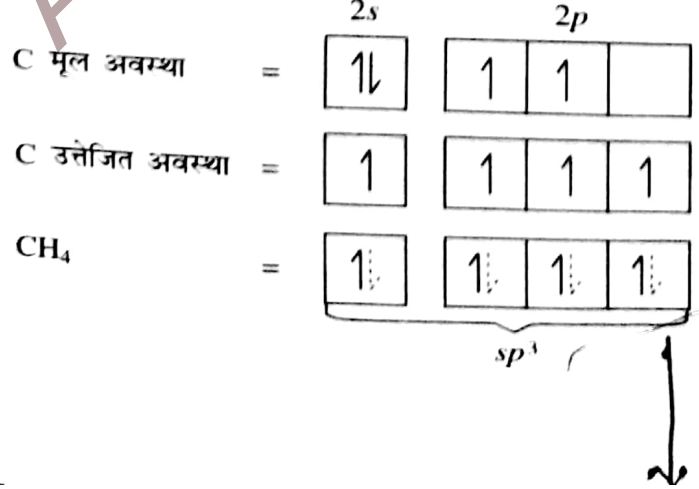

चित्र 1.17

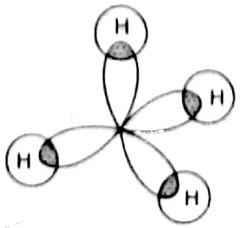
ऐसे अणु जिनमें इस प्रकार का संकरण पाया जाता है, उनकी ज्यामिति चतुष्फलकीय (Tetrahedral) व बन्ध कोण 109°28′ होता है। $sp^3$–संकरण के मुख्य उदाहरण $CH_4$, $CCl_4$, $SiH_4$, $SiF_4$, $NH_3$, $H_2O$ इत्यादि हैं।

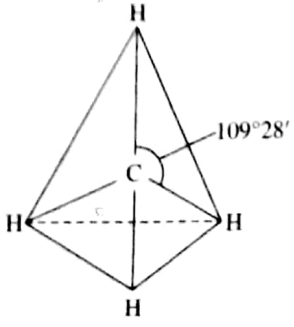
**उदाहरण**—$CH_4$

$$_6C = 1s^2, 2s^2, 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^0$$

**(iv) $sp^3d$–संकरण** ($sp^3d$–Hybridization)—एक *s*–, तीन *p*– तथा एक *d*–कक्षक का आपस में मिलकर समान ऊर्जा के पाँच नये संकरित कक्षक बनाना $sp^3d$–संकरण कहलाता है।



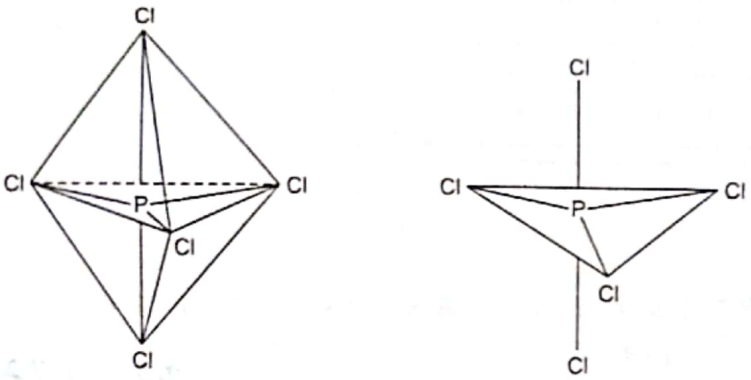

चित्र 1.18–$CH_4$ अणु की संरचना

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

ऐसे अणु जिनमें इस प्रकार का संकरण पाया जाता है, उनकी ज्यामिति त्रिकोणीय द्वि-पिरामिड (Trigonal bipyramidal) व बन्ध कोण 120° व 90° होते हैं। $sp^3d$-संकरण के मुख्य उदाहरण $PCl_5, PF_5$ आदि हैं।

**उदाहरण**—$PCl_5$

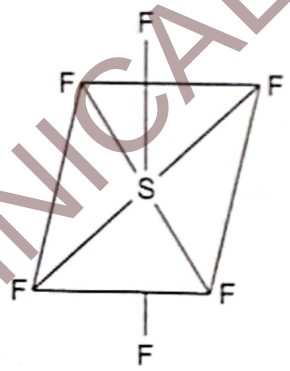



**चित्र 1.19–$PCl_5$ अणु की संरचना**

**(v) $sp^3d^2$–संकरण** ($sp^3d^2$–Hybridization)—एक $s$- तथा तीन $p$- तथा दो $d$–कक्षकों का आपस में मिलकर समान ऊर्जा के छः नये संकरित कक्षक बनाना $sp^3d^2$–संकरण कहलाता है।

ऐसे अणु जिनमें इस प्रकार का संकरण पाया जाता है, उनकी ज्यामिति अष्टफलकीय (Octahedral) व बन्ध कोण 90° होता है। $sp^3d^2$ –संकरण $SF_6, TeF_6$ आदि यौगिकों में पाया जाता है।

**उदाहरण**—$SF_6$




**चित्र 1.20–$SF_6$ अणु की संरचना**

## 1.7.12. किसी यौगिक में केन्द्रीय परमाणु का संकरण ज्ञात करने की विधि (Method to determine hybridisation of central atom in a compound)

**सूत्र**—

$$I = GA + \frac{1}{2}(VE - V - C)$$

**जहाँ**—$I$ = पूर्णांक संख्या तथा इसका मान 2, 3, 4, 5, .....

$GA$ = केन्द्रीय परमाणु से जुड़े परमाणुओं की संख्या

$VE$ = केन्द्रीय परमाणु के बाह्य कक्ष में उपस्थित संयोजी इलेक्ट्रॉनों की संख्या

$V$ = केन्द्रीय परमाणु की संयोजकता

$C$ = यौगिक पर उपस्थित आवेश

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

| $I$ का मान | केन्द्रीय परमाणु का संकरण |
|---|---|
| 2 | $sp$ |
| 3 | $sp^2$ |
| 4 | $sp^3$ |
| 5 | $sp^3d$ Or $dsp^3$ |
| 6 | $sp^3d^2$ Or $d^2sp^3$ |
| 7 | $sp^3d^3$ |

**प्रश्न**–निम्न यौगिकों में संकरण अवस्था ज्ञात करो।

(i) $BCl_3$ में B की

(ii) $SO_2$ में S की

(iii) $PCl_5$ में P की

(iv) $NH_4^+$ में N की

(v) $SO_4^{--}$ में S की

**उत्तर**–(i) $BCl_3$ में B का संकरण—

$_5B = 2,3$

$GA = 3 \qquad VE = 3$

$V = 3 \qquad C = 0$

$$I = GA + \frac{1}{2}(VE - V - C)$$

$$I = 3 + \frac{1}{2}(3 - 3 - 0)$$

$$I = 3 + 3 \times ½ - 3 \times ½$$

$$I = 3$$

अत: B का संकरण $sp^2$ होगा।

(ii) $SO_2$ में S का संकरण—

$_{16}S = 2,8,6$

$GA = 2 \qquad VE = 6$

$V = 4 \qquad C = 0$

$$I = GA + \frac{1}{2}(VE - V - C)$$

$$= 2 + \frac{1}{2}(6 - 4 - 0)$$

$$= 2 + \frac{1}{2} \times 6 - \frac{1}{2} \times 4$$

$$= 2 + 3 - 2$$

$$= 3$$

अत: $S$ का संकरण $sp^2$ होगा।

(iii) $PCl_5$ में $P$ का संकरण—

$_{15}P = 2,8,5$

$GA = 5 \qquad VE = 5$

$V = 5 \qquad C = 0$

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

$$I = GA + \frac{1}{2}(VE - V - C)$$

$$= 5 + \frac{1}{2}(5 - 5 - 0)$$

$$= 5$$

अत: $P$ का संकरण $sp^3d$ होगा।

(iv) $NH_4^+$ में N का संकरण—

$${}_7N = 2, 5$$

$GA = 4$ $\qquad$ $VE = 5$

$V = 4$ $\qquad$ $C = +1$

$$I = GA + \frac{1}{2}(VE - V - C)$$

$$= 4 + \frac{1}{2}[5 - 4 - (+1)]$$

$$= 4 + \frac{1}{2}[5 - 4 - 1]$$

$$= 4 + \frac{1}{2}[5 - 5]$$

$$= 4$$

अत: $N$ का संकरण $sp^3$ होगा।

(v) $SO_4^{--}$ में S का संकरण—

$${}_{16}S = 2, 8, 6$$

$GA = 4$ $\qquad$ $VE = 6$

$V = 8$ $\qquad$ $C = -2$

$$I = GA + \frac{1}{2}(VE - V - C)$$

$$= 4 + \frac{1}{2}[6 - 8 - (-2)]$$

$$= 4 + \frac{1}{2}[8 - 8]$$

$$= 4$$

अत: $S$ का संकरण $sp^3$ होगा।

## 1.7.13. संयोजकता कोश इलेक्ट्रॉन युग्म प्रतिकर्षण सिद्धान्त [Valence Shell Electron Pair Repulsion Theory (VSEPR Theory)]

नाइहोम तथा गिलेस्पी (Nyholm and Gillespie) ने सन् 1957 में सहसंयोजी अणुओं की ज्यामिति को समझाने के लिये यह सिद्धान्त प्रतिपादित किया। इसके अनुसार—

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

किसी अणु में केन्द्रीय परमाणु (Central atom) के चारों ओर बन्धों की दिशा उस परमाणु पर स्थित इलेक्ट्रॉन युग्मों की संख्या पर निर्भर करती है। बन्धी इलेक्ट्रॉन युग्म (Bond pairs) तथा एकाकी इलेक्ट्रॉन युग्म (Lone pairs) के मध्य प्रतिकर्षण के कारण अणु वह ज्यामितीय विन्यास प्राप्त करने का प्रयास करता है जिसमें इलेक्ट्रॉन युग्मों के बीच की दूरी अधिकतम हो जाये और अणु की ऊर्जा न्यूनतम हो जाये।

★ यदि केन्द्रीय परमाणु के चारों ओर केवल बन्धी इलेक्ट्रॉन युग्म (Bond pairs) उपस्थित हों तो अणु की ज्यामिति सममित (Symmetrical) होगी।

★ यदि केन्द्रीय परमाणु पर बन्धी एवं एकाकी (Lone pair) दोनों प्रकार के इलेक्ट्रॉन युग्म हों तो अणु की ज्यामिति विकृत (Distorted) हो जायेगी।

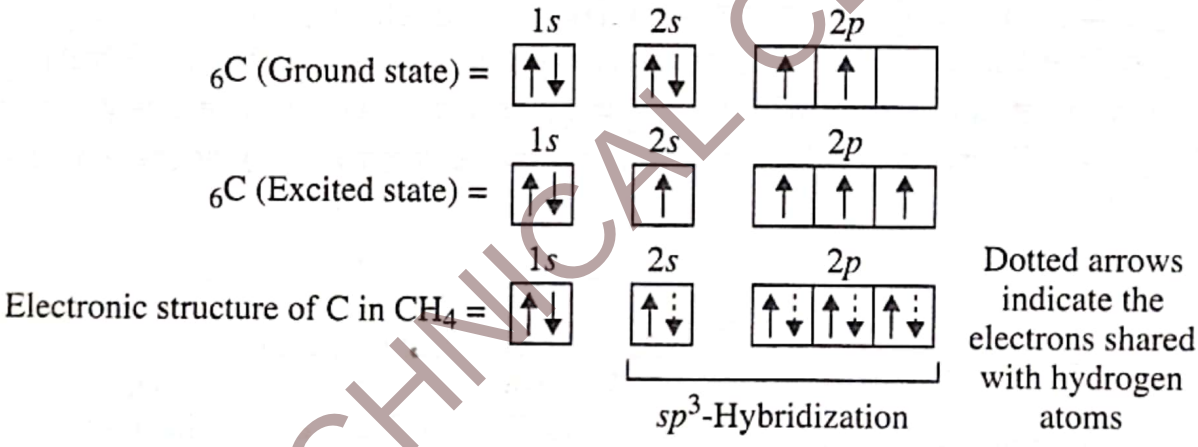
★ इलेक्ट्रॉन युग्मों में प्रतिकर्षण बल का घटता हुआ क्रम है—

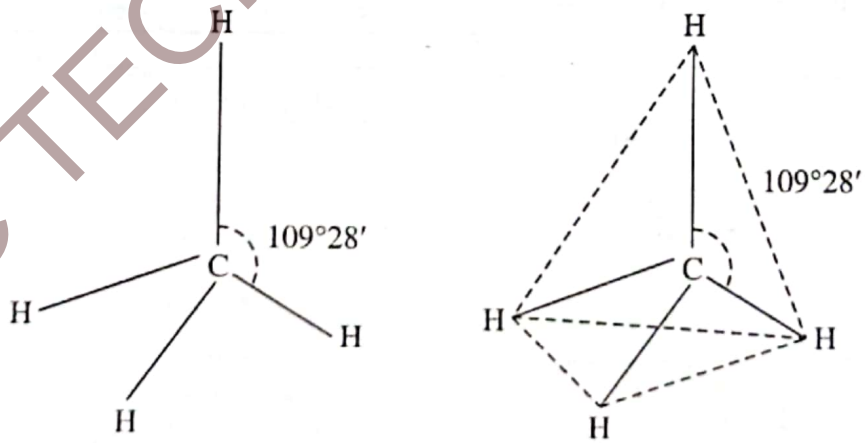
एकाकी युग्म-एकाकी युग्म प्रतिकर्षण > एकाकी युग्म-बन्धी युग्म प्रतिकर्षण > बन्धी युग्म-बन्धी युग्म प्रतिकर्षण

[$lp - lp$ repulsion > $lp - bp$ repulsion > $bp - bp$ repulsion]

## कुछ अणुओं की आकृति (Shapes of Some Molecules)

**(i) $CH_4$ :**—$CH_4$ के अणु में चारों संकरित कक्षक (Hybridized orbital) बन्ध बनाने में प्रयुक्त होते हैं। ऐसी स्थिति में चारों कक्षकों के बीच प्रतिकर्षण न्यूनतम होता है तथा बन्ध कोण 109°28′ होता है।



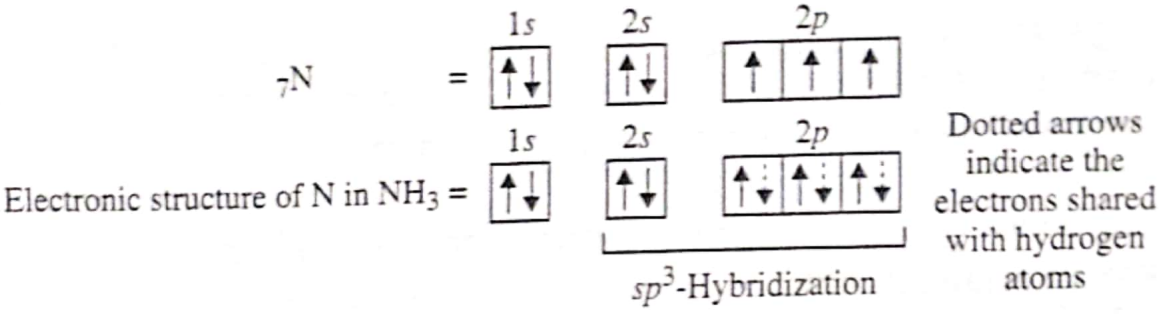



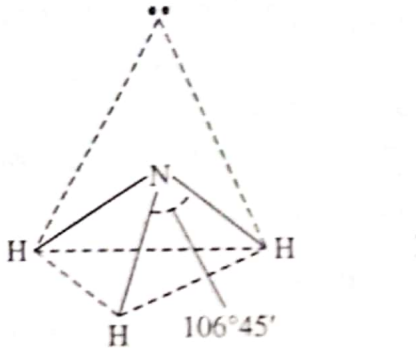

चित्र 1.21–$CH_4$ की संरचना

**(ii) $NH_3$ :**—$NH_3$ के अणु में तीन संकरित कक्षक (Hybridized orbital) बन्ध बनाने में प्रयुक्त होते हैं तथा इनमें साझे के इलेकट्रॉन युग्म होते हैं, जबकि चौथे संकरित कक्षक में एकाकी इलेक्ट्रॉन युग्म होता है। ऐसी स्थिति में बन्ध कोण 109°28′ से घटकर 106°45′ हो जाता है, क्योंकि एकाकी इलेक्ट्रॉन युग्म तथा बन्ध इलेक्ट्रॉन युग्म के बीच प्रतिकर्षण दो बन्ध इलेक्ट्रॉन युग्मों के बीच प्रतिकर्षण से अधिक होता है जिससे बन्ध कोण के घटने के कारण $NH_3$ का आकार पिरामिडीय (Pyramidal) हो जाता है।

AKC TECHNICAL CLASSES

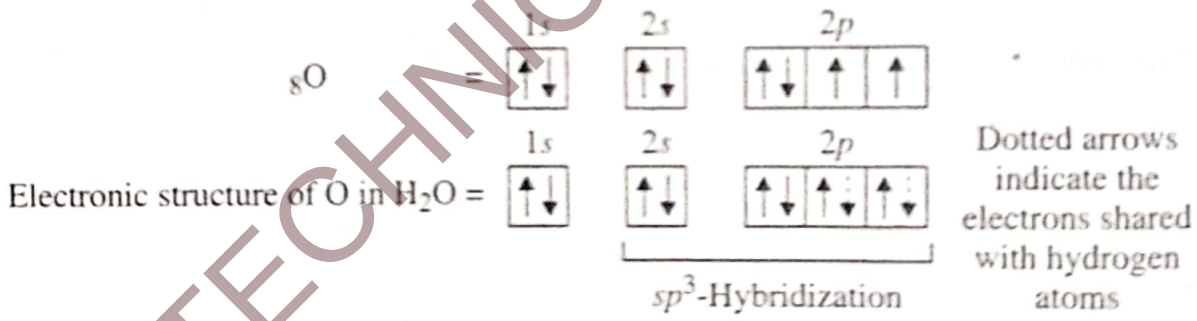
Scanned with CamScanner

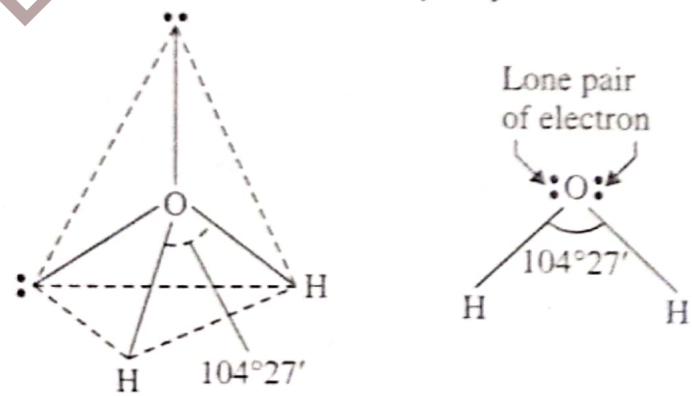



चित्र 1.22–$NH_3$ की आकृति

**(iii) $H_2O$ —** $H_2O$ के अणु में दो संकरित कक्षक (Hybridized orbitals) बन्ध बनाने में प्रयुक्त होते हैं तथा इनमें साझे के इलेक्ट्रॉन होते हैं, जबकि शेष दो संकरित कक्षकों में एकाकी इलेक्ट्रॉन युग्म होते हैं। ऐसी स्थिति में बन्ध कोण घटकर 104°27′ हो जाता है, क्योंकि दो एकाकी इलेक्ट्रॉन युग्म एक-दूसरे को अधिक प्रतिकर्षित करते हैं तथा दोनों O—H बन्ध इलेक्ट्रॉन युग्मों को और पास ले आते हैं। बन्ध कोण की इस कमी के कारण ही $H_2O$ का आकार V–आकार का हो जाता है।



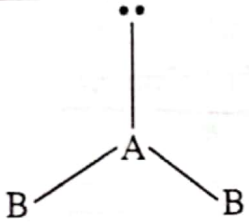
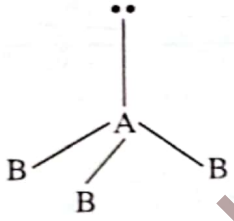
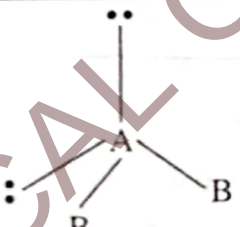
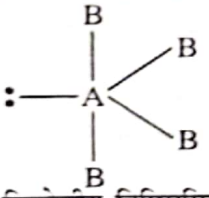
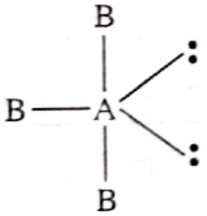
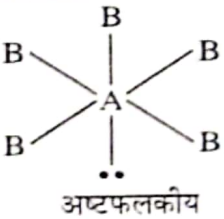
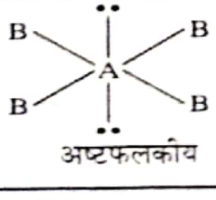

चित्र 1.23–$H_2O$ की आकृति

**Note :** $MgCl_2$ अणु रैखिक (linear) जबकि $SnCl_2$ अणु कोणीय (angular) होता है, क्योंकि $MgCl_2$ अणु में *sp*-संकरण होता है तथा इसमें 180° का कोण होता है, जबकि $SnCl_2$ अणु में $sp^2$–संकरण होता है तथा इसमें 120° का कोण होता है।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

## सारणी 1.2 : अणुओं की ज्यामितीय आकृतियाँ

| अणु के प्रकार | आबन्धी युग्मों की संख्या | एकाकी युग्मों की संख्या | इलेक्ट्रॉन युग्मों की व्यवस्था | आकृति | उदाहरण |
|---|---|---|---|---|---|
| $AB_2E$ | 2 | 1 |  त्रिकोणीय | मुड़ी हुई | $SO_2, O_3$ |
| $AB_3E$ | 3 | 1 |  चतुष्फलकीय | त्रिकोणीय पिरामिडीय | $NH_3$ |
| $AB_2E_2$ | 2 | 2 |  चतुष्फलकीय | मुड़ी हुई | $H_2O$ |
| $AB_4E$ | 4 | 1 |  त्रिकोणीय द्विपिरामिडी | ढेंकुली अथवा वलित (Folded) वर्ग | $SF_4$ |
| $AB_3E_2$ | 3 | 2 |  त्रिकोणीय द्विपिरामिडी | T-आकृति | $ClF_3$ |
| $AB_5E$ | 5 | 1 |  अष्टफलकीय | वर्ग-पिरामिडीय | $BrF_5$ |
| $AB_4E_2$ | 4 | 2 |  अष्टफलकीय | वर्ग समतली | $XeF_4$ |

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

## 1.7.14. आण्विक आर्बिटल सिद्धान्त (Molecular Orbital Theory) MOT

संयोजी बन्ध सिद्धान्त (Valence Bond Theory) की कमियों को दूर करने के लिये सन् 1932 में एफ० हुण्ड तथा आर० एस० मुलिकन (F. Hund and R.S. Mulliken) ने आणविक कक्षक सिद्धान्त प्रस्तुत किया। इस सिद्धान्त के मुख्य बिन्दु निम्नलिखित हैं—

(i) जिस प्रकार परमाणु में इलेक्ट्रॉन विभिन्न परमाणु कक्षकों में उपस्थित रहते हैं, उसी प्रकार अणु में इलेक्ट्रॉन विभिन्न आण्विक कक्षकों में उपस्थित रहते हैं।

(ii) आण्विक कक्षक तुल्य ऊर्जाओं एवं उपयुक्त सममिति परमाणु कक्षकों के संयोग से बनते हैं।

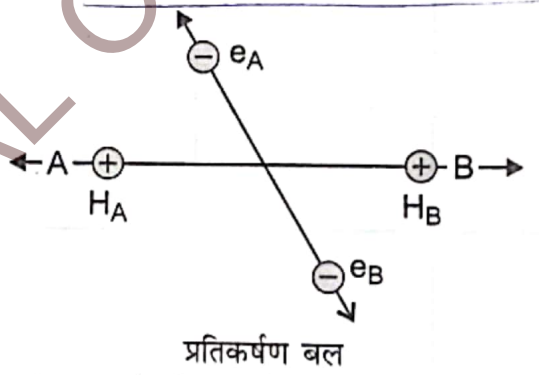
(iii) परमाणु कक्षक में कोई इलेक्ट्रॉन केवल एक ही नाभिक के प्रभाव में रहता है, जबकि आण्विक कक्षक में उपस्थित इलेक्ट्रॉन दो या दो से अधिक नाभिकों द्वारा प्रभावित होता है। यह संख्या अणु में परमाणुओं की संख्या पर निर्भर करती है। इस प्रकार परमाणु कक्षक एकलकेन्द्रीय होता है, जबकि आण्विक कक्षक बहुकेन्द्रीय होता है।

(iv) बने हुए आण्विक कक्षकों की संख्या संयोग करने वाले परमाणु कक्षकों की संख्या के बराबर होती है। जब दो परमाणु कक्षकों (Atomic orbitals) को मिलाया जाता है, तो दो आणविक कक्षक (Molecular orbitals) प्राप्त होते हैं। इनमें से एक **'आबन्धन आण्विक कक्षक'** (Bonding molecular orbital) और दूसरा **प्रतिआबन्धन आण्विक कक्षक** (Antibonding molecular orbital) कहलाता है।

(v) आबन्धन आणविक कक्षक की ऊर्जा कम होती है। अत: उसका स्थायित्व संगत प्रतिआबन्धन आणविक कक्षक से अधिक होता है।

(vi) जिस प्रकार किसी परमाणु के नाभिक के चारों ओर इलेक्ट्रॉन प्रायिकता (Electron probability) वितरण परमाणु कक्षक द्वारा दिया जाता है, उसी प्रकार किसी अणु में नाभिकों के समूह के चारों ओर इलेक्ट्रॉन प्रायिकता वितरण आण्विक कक्षक द्वारा दिया जाता है।

(vii) परमाणु कक्षकों की भाँति आण्विक कक्षक भी पाउली सिद्धान्त तथा हुण्ड के नियम का पालन करते हुए ऑफबाऊ नियम के अनुसार भरे जाते हैं।




चित्र 1.24–$H_2$ अणु के विरचन में आकर्षण तथा प्रतिकर्षण बल

## 1.7.15. परमाणु कक्षकों की रेखीय संयोजन विधि (Linear Combination of Atomic Orbitals, LCAO Method)

LCAO विधि के अनुसार अणु कक्षकों का निर्माण निम्न समीकरण द्वारा व्यक्त किया जाता है—

$$\psi_{MO} = \psi_A + \psi_B$$

जहाँ $\psi_A$ व $\psi_B$ क्रमश: परमाणुओं A व B के परमाणु कक्षकों के तरंग फलन हैं।

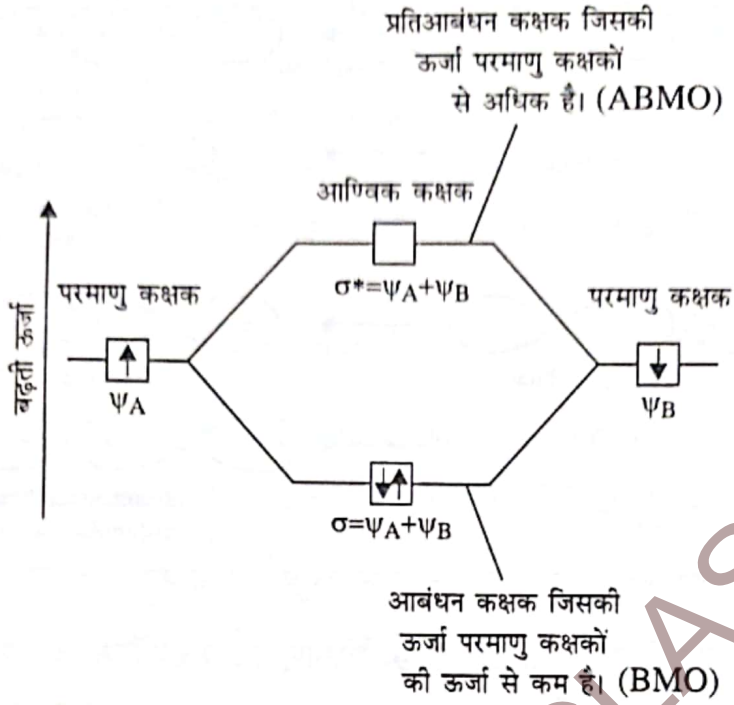
एक अणुकक्षक (Molecular orbital, MO) का निर्माण परमाणु कक्षकों के तरंग फलनों के योग द्वारा एवं दूसरे MO का निर्माण परमाणु कक्षकों के तरंग फलनों के व्यवकलन द्वारा होता है।

★ योग में अन्तर नाभिकीय अक्ष पर इलेक्ट्रॉन घनत्व पाये जाने की प्रायिकता में वृद्धि पायी जाती है, क्योंकि यह परिस्थिति बन्ध निर्माण के पक्ष में होती है। परिणामी अणुकक्षक को बन्धी अणु कक्षक (BMO, bonding molecular orbital) कहते हैं एवं $\sigma$, $\pi$ आदि से व्यक्त करते हैं।

★ व्यवकलन में अन्तर नाभिकीय कक्ष पर इलेक्ट्रॉन घनत्व पाये जाने की प्रायिकता में कमी पायी जाती है जो बन्ध निर्माण के पक्ष में नहीं है। अत: परिणामी अणुकक्षक को प्रतिबन्धी या विपरीत बन्धी अणु कक्षक (ABMO, anti-bonding molecular orbital) कहते हैं एवं $\sigma^*$, $\pi^*$ आदि से व्यक्त करते हैं।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner




**चित्र 1.25–दो परमाणु क्रमशः A तथा B पर केंद्रित परमाणु कक्षकों $\psi_A$ तथा $\psi_B$ के रैखिक संयोग से आबंधन ($\sigma$) तथा प्रतिआबंधन ($\sigma^*$) आण्विक कक्षकों का निर्माण**

## परमाणवीय कक्षकों के संयोग करने की दशायें
## (Conditions for the Combination of Atomic Orbitals)

(i) संयोग करने वाले परमाणवीय कक्षकों की ऊर्जाओं में अधिक अन्तर नहीं होना चाहिये।

(ii) संयोग करने वाले परमाणवीय कक्षकों का अतिव्यापन पर्याप्त होना चाहिये।

(iii) परमाणवीय कक्षकों की सममिति (Symmetry) आण्विक अक्ष के सापेक्ष एक जैसी रहनी चाहिये। $s$- व $p$–परमाणवीय कक्षकों के संयोग से निम्न प्रकार के आण्विक कक्षक बनते हैं—

| प्रथम परमाणवीय कक्षक | द्वितीय परमाणवीय कक्षक | आण्विक कक्षक का प्रकार |
|---|---|---|
| $s$ | $s$ या $p_x$ | $\sigma$ |
| $p_x$ | $s$ या $p_x$ | $\sigma$ |
| $p_y$ | $p_y$ | $\pi$ |
| $p_z$ | $p_z$ | $\pi$ |

## परमाणवीय कक्षकों का संयोग (Combination of Atomic Orbitals)

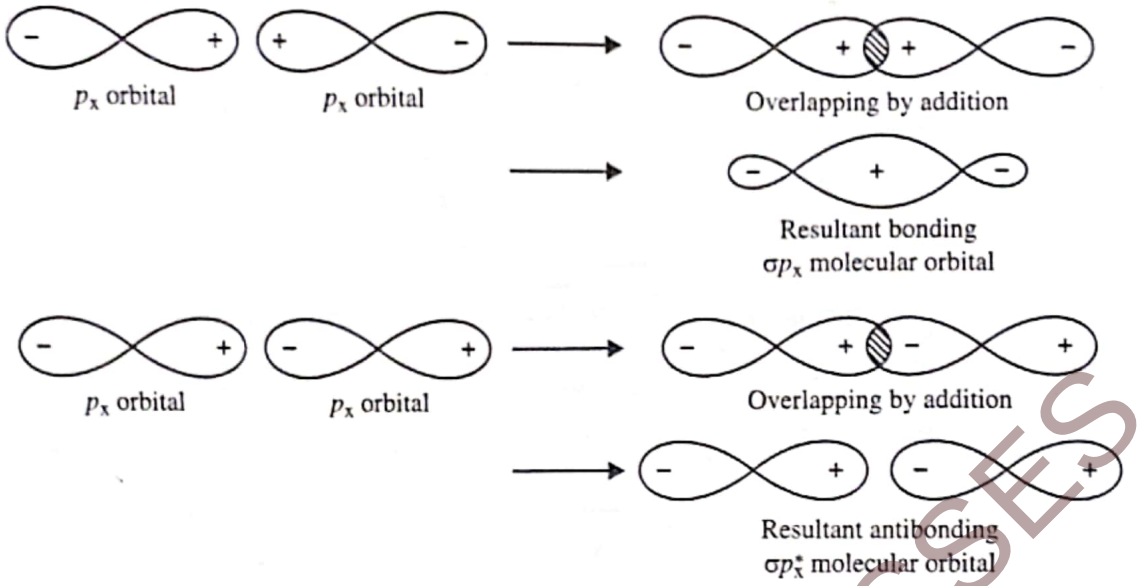
(i) **$s$–कक्षकों का संयोग** (Combination of $s$–orbitals)—दो $1s$–कक्षकों के संयोग से दो आण्विक कक्षक $\sigma_{1s}$ व $\sigma^*_{1s}$ बनते हैं। $\sigma_{1s}$ बन्धक आण्विक कक्षक हैं, जबकि $\sigma^*_{1s}$ विपरीत बन्धक आण्विक कक्षक हैं। इसी प्रकार, $2s$ परमाणवीय कक्षकों के संयोग से $\sigma_{2s}$ व $\sigma^*_{2s}$ आण्विक कक्षक बनते हैं। इन आण्विक कक्षकों की ऊर्जा $\sigma_{1s}$ व $\sigma^*_{1s}$ आण्विक कक्षकों से अधिक होगी, क्योंकि ये अधिक ऊर्जा वाले परमाणवीय कक्षकों के संयोग से बनते हैं।

(ii) **$p$–कक्षकों का संयोग** (Combination of $p$-orbitals)—$p$-कक्षक एक ही अक्ष पर संयोग करके $\sigma$-आण्विक कक्षक व अक्ष के लम्बवत् संयोग करके $\pi$–आण्विक कक्षक बनाते हैं।

(a) **$p_x$-कक्षकों का संयोग**—$p_x$-कक्षकों के एक ही अक्ष पर संयोग से एक बन्धक आण्विक कक्षक $\sigma_{px}$ व एक विपरीत बन्धक आण्विक कक्षक $\sigma^*_{px}$ बनते हैं। एक जैसे सममिति चिह्नों (Symmetry symbols) के परमाणवीय कक्षक बन्धक आण्विक कक्षक तथा विपरीत सममिति चिह्नों के परमाणवीय कक्षक विपरीत बन्धक आण्विक कक्षक बनाते हैं।

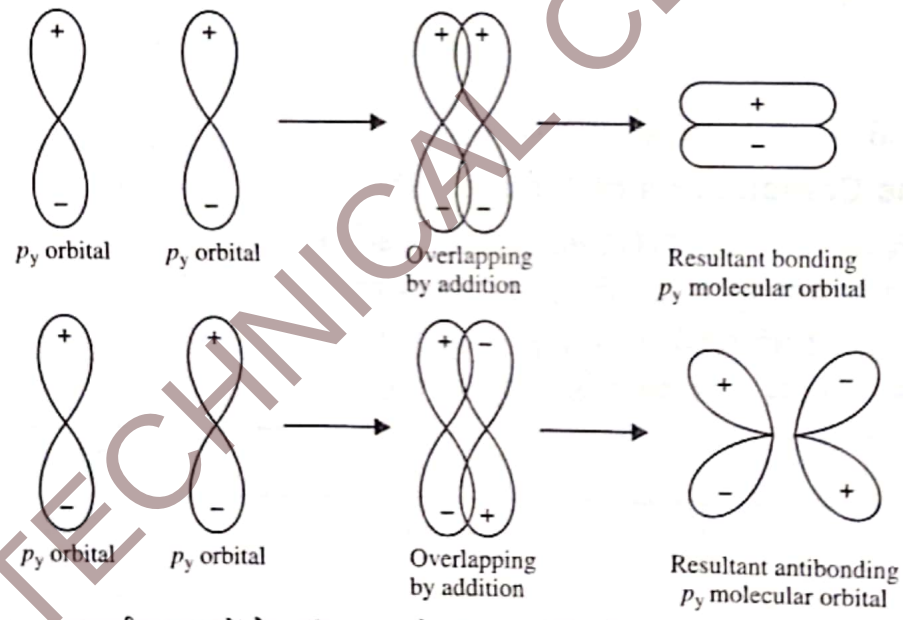
AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner




चित्र 1.26–$p_x$-परमाणवीय कक्षकों के अतिव्यापन से बन्धक व विपरीत बन्धक σ-आण्विक कक्षक का बनना।

**(b) $p_y$ या $p_z$-कक्षकों का संयोग**—दो $p_y$ या $p_z$ परमाणवीय कक्षकों का अतिव्यापन अक्ष के लम्बवत् दिशा में होता है जिसके फलस्वरूप बन्धक व विपरीत बन्धक π–आण्विक कक्षक बनते हैं।




चित्र 1.27–$p_y$-परमाणवीय कक्षकों के अतिव्यापन से बन्धक व विपरीत बन्धक π-आण्विक कक्षक का बनना।

## 1.7.16. आण्विक कक्षकों के ऊर्जा स्तर (Energy Levels of Molecular Orbitals)

सरल यौगिकों के बनने में प्रयुक्त आणविक कक्षक निम्न हैं—

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| बन्धक आण्विक कक्षक (BMO) | $\sigma 1s$ | $\sigma 2s$ | $\sigma 2p_z$ | $\pi 2p_x$ | = | $\pi 2p_y$ |
| विपरीत बन्धक आण्विक कक्षक (ABMO) | $\sigma^* 1s$ | $\sigma^* 2s$ | $\sigma^* 2p_z$ | $\pi^* 2p_x$ | = | $\pi^* 2p_y$ |

**$Li_2, Be_2, B_2, C_2, N_2$ अणुओं के लिये आण्विक कक्षकों की ऊर्जा निम्न क्रम में है–**

$$\sigma 1s < \sigma^* 1s < \sigma 2s < \sigma^* 2s < \pi 2p_x = \pi 2p_y < \sigma 2p_z < \pi^* 2p_x = \pi^* 2p_y < \sigma^* 2p_z$$

$$KK[\sigma 2s < \sigma^* 2s < \pi 2p_x = \pi 2p_y < \sigma 2p_z < \pi^* 2p_x = \pi^* 2p_y < \sigma^* 2p_z]$$

**$O_2, F_2, Ne_2$ अणुओं के लिए आण्विक कक्षकों की ऊर्जा निम्न क्रम में है–**

$$\sigma 1s < \sigma^* 1s < \sigma 2s < \sigma^* 2s < \sigma 2p_z < \pi 2p_x = \pi 2p_y < \pi^* 2p_x = \pi^* 2p_y < \sigma^* 2p_z$$

$$KK[\sigma 2s < \sigma^* 2s < \sigma 2p_z < \pi 2p_x = \pi 2p_y < \pi^* 2p_x = \pi^* 2p_y < \sigma^* 2p_z$$

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

## आण्विक कक्षकों में इलेक्ट्रॉनों को भरने के नियम (Rules for Filling Electrons in the Molecular Orbitals)

(i) आण्विक कक्षक बढ़ती हुई ऊर्जा के क्रम में भरे जाते हैं।

(ii) किसी आण्विक कक्षक में इलेक्ट्रॉनों की अधिकतम संख्या 2 होती है।

(iii) यदि समान ऊर्जा के दो आण्विक कक्षक हैं तो पहले उनमें एक-एक इलेक्ट्रॉन भरता है तथा अधिक इलेक्ट्रॉन होने पर युग्मन प्रारम्भ होता है।

बन्ध क्रम (Bond order) $= \frac{1}{2}$ [बन्धक इलेक्ट्रॉनों (BMO) की संख्या – विपरीत बन्धक इलेक्ट्रॉनों (ABMO) की संख्या]

## कुछ अणुओं के आण्विक ऑर्बिटल विन्यास (Molecular Orbital Configurations of Some Molecules)

(i) **हाइड्रोजन अणु** (Hydrogen Molecule)—हाइड्रोजन का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास $1s^1$ है। जब दो हाइड्रोजन परमाणुओं के $1s$ परमाणवीय कक्षक संयोग करते हैं तो $\sigma_{1s}$ व $\sigma^*_{1s}$ आण्विक कक्षक बनते हैं। प्रत्येक हाइड्रोजन परमाणु में क्योंकि केवल एक इलेक्ट्रॉन है, अत: दोनों इलेक्ट्रॉन बन्धक आण्विक कक्षक में रहेंगे, विपरीत बन्धक आण्विक कक्षक $\sigma^*_{1s}$ खाली रहेगा। अत: हाइड्रोजन अणु का आण्विक कक्षक विन्यास $\sigma_{1s^2}$ है।

$H_2$ अणु में सह-संयोजक बन्धों की संख्या

$$= \frac{1}{2} \text{[बन्धक इलेक्ट्रॉन (BMO) – विपरीत बन्धक इलेक्ट्रॉन (ABMO)]}$$

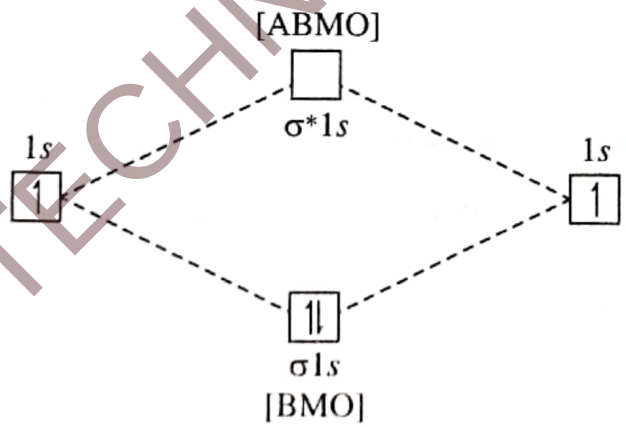
$$= \frac{1}{2}[2-0] = 1$$

अत: $H_2$ अणु के दो हाइड्रोजन परमाणुओं के बीच एकल सह-संयोजक बन्ध है।

अत: $H_2$ अणु के लिये—

$_1H = 1s^1$

$\sigma 1s^2$




चित्र 1.28

$$\text{Bond order} = \frac{1}{2}[\text{BMO} - \text{ABMO}]$$

$$= \frac{1}{2}[2-0]$$

$$= 1$$

**चुम्बकीय प्रकृति :** प्रति चुम्बकीय

इसकी प्रकार $H_2^+, H_2^-, He_2, He_2^+, Li_2, Be_2$ के अणुओं का आणविक ऑर्बिटल विन्यास होगा—

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

(ii) $H_2^+$ :

$H_2^+$ का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास $= \sigma 1s^1$

Bond order $= \frac{1}{2}$ [BMO – ABMO]

$= \frac{1}{2}[1-0]$

$= \frac{1}{2}$

**चुम्बकीय प्रकृति :** अनुचुम्बकीय

(iii) $H_2^-$ :

$H_2^-$ का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास $= \sigma 1s^2, \sigma^* 1s^1$

Bond order $= \frac{1}{2}$ [BMO – ABMO]

$= \frac{1}{2}[2-1]$

$= \frac{1}{2}$

**चुम्बकीय प्रकृति :** अनुचुम्बकीय

(iv) $He_2$ :

$He_2$ का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास $= \sigma 1s^2, \sigma^* 2s^2$

Bond order $= \frac{1}{2}$ [BMO – ABMO]

$= \frac{1}{2}[2-2]$

$= 0$

$He_2$ अणु सभंव नहीं हैं।

(v) $He_2^+$ :

$He_2^+$ का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास $= \sigma 1s^2, \sigma^* 2s^1$

Bond order $= \frac{1}{2}$ [BMO – ABMO]

$= \frac{1}{2}[2-1]$

$= \frac{1}{2}$

**चुम्बकीय प्रकृति :** अनुचुम्बकीय

(vi) $Li_2$ :

$Li_2$ का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास $= \sigma 1s^2, \sigma^* 1s^2, \sigma 2s^2$

Bond order $= \frac{1}{2}$ [BMO – ABMO]

$= \frac{1}{2}[4-2]$

$= \frac{2}{2}$

$= 1$

**चुम्बकीय प्रकृति :** अनुचुम्बकीय

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

**(vii) $Be_2$ :**

$Be_2$ का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास $= \sigma 1s^2, \sigma^* 1s^2, \sigma 2s^2, \sigma^* 2s^2$

$$\text{Bond order} = \frac{1}{2}[\text{BMO} - \text{ABMO}]$$

$$= \frac{1}{2}[4 - 4]$$

$$= 0$$

$Be_2$ अणु सभंव नहीं हैं।

**चुम्बकीय प्रकृति :** अनुचुम्बकीय

**(viii) $B_2$ :**

$B_2$ का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास $= \sigma 1s^2, \sigma^* 1s^2, \sigma 2s^2, \sigma^* 2\sigma^2, \pi 2p_x^1 = \pi 2p_y^1$

$$\text{Bond order} = \frac{1}{2}[\text{BMO} - \text{ABMO}]$$

$$= \frac{1}{2}[6 - 4]$$

$$= \frac{2}{2}$$

$$= 1$$

**चुम्बकीय प्रकृति :** प्रति चुम्बकीय

**(ix) $C_2$ :**

$C_2$ का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास $= \sigma 1s^2, \sigma^* 1s^2, \sigma 2s^2, \sigma^* 2s^2, \pi 2p_x^2 = \pi 2p_y^2$

$$\text{Bond order} = \frac{1}{2}[\text{BMO} - \text{ABMO}]$$

$$= \frac{1}{2}[8 - 4]$$

$$= \frac{4}{2}$$

$$= 2$$

**चुम्बकीय प्रकृति :** प्रति चुम्बकीय

(x) **नाइट्रोजन अणु** (Nitrogen Molecule)—नाइट्रोजन का परमाणु क्रमांक 7 तथा इसका इलेक्ट्रॉनिक विन्यास $1s^2\ 2s^2\ 2p_x^1\ 2p_y^1\ 2p_z^1$ है। जब दो नाइट्रोजन परमाणवीय कक्षक आपस में संयोग करते हैं तो $N_2$ अणु के आणविक कक्षकों में 14 इलेक्ट्रॉन निम्न प्रकार से भरे जायेंगे—

$$[\sigma 1s^2, \sigma^* 1s^2][\sigma 2s^2, \sigma^* 2s^2, \pi 2p_x^2 = \pi 2p_y^2, \sigma 2p_z^2]$$

या

$$KK[\sigma 2s^2, \sigma^* 2s^2, \pi 2p_x^2 = \pi 2p_y^2, \sigma 2p_z^2]$$

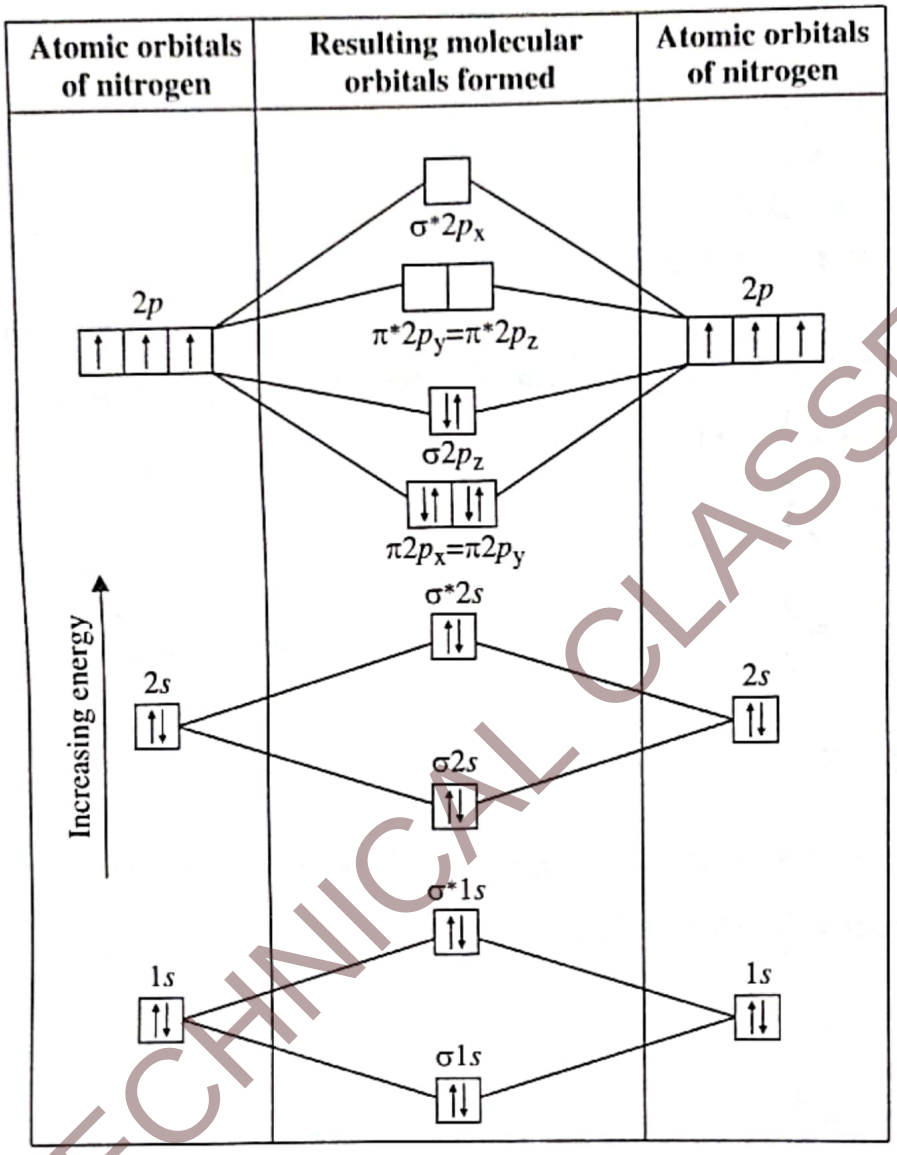
जहाँ KK बन्ध K-कक्षा संरचना (Closed K-shell structure) है। बन्ध कक्षा के इलेक्ट्रॉन बन्ध बनाने में प्रयुक्त नहीं होते, अत: बन्धहीन कहलाते हैं। इस प्रकार अब 8 बन्धक इलेक्ट्रॉन तथा 2 विपरीत **बन्धक** इलेक्ट्रॉन हैं। अत: $N_2$ अणु में सह-संयोजक बन्धों की संख्या

$= \frac{1}{2}[8 - 2] = 3$, अर्थात् नाइट्रोजन के अणु में दो नाइट्रोजन परमाणुओं के बीच त्रि-सह-संयोजक बन्ध है। $N_2$ अणु प्रतिचुम्बकीय (Paramagnetic) होता है।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

## $N_2$ अणु की आण्विक कक्षक ऊर्जा संरचना
## (Molecular Orbital Energy Level Diagram of $N_2$ Molecule)




चित्र 1.29

**(xi) ऑक्सीजन अणु** (Oxygen Molecule)—ऑक्सीजन का परमाणु क्रमांक 8 तथा इसका इलेक्ट्रॉनिक विन्यास $1s^2\ 2s^2\ 2p_x^2\ 2p_y^1\ 2p_z^1$ है। जब दो ऑक्सीजन परमाणुओं के परमाणवीय कक्षक आपस में संयोग करते हैं तो $O_2$ अणु के आण्विक कक्षक में 16 इलेक्ट्रॉन निम्न प्रकार से भरे जायेंगे—

$$[\sigma 1s^2, \sigma^* 1s^2][\sigma 2s^2, \sigma^* 2s^2, \sigma 2p_z^2, \pi 2p_x^2 = \pi 2p_y^2, \pi^* 2px_x^1 = \pi^* 2p_y^1]$$

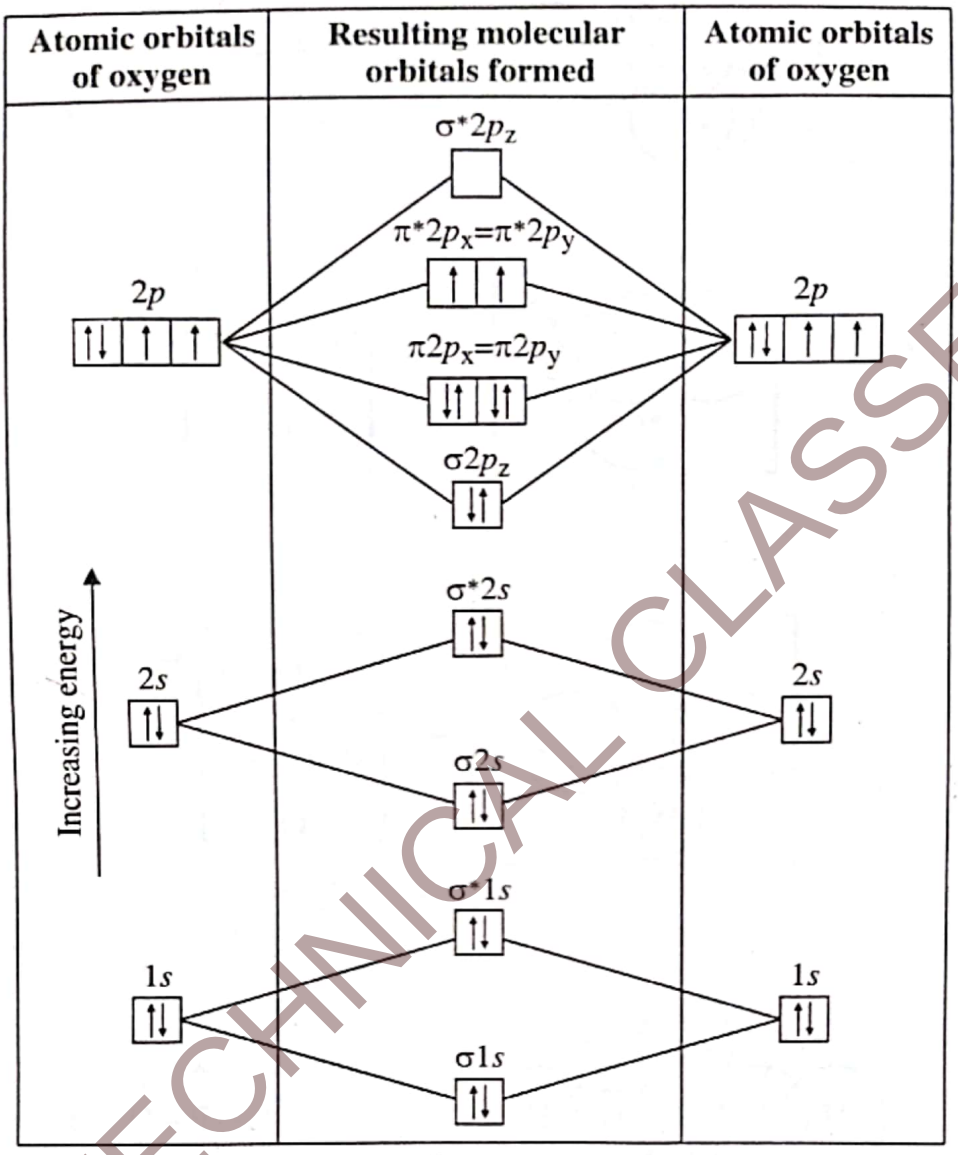
या
$$KK\ [\sigma 2s^2, \sigma^* 2s^2, \sigma 2p_z^2, \pi 2p_x^2 = \pi 2p_y^2, \pi^* 2p_x^1 = \pi^* 2p_y^1]$$

इस प्रकार ऑक्सीजन के आण्विक कक्षक विन्यास में 8 बन्धक इलेक्ट्रॉन तथा 4 विपरीत बन्धक इलेक्ट्रॉन हैं। अतः $O_2$ अणु में सह-संयोजक बन्धों की संख्या $= \frac{1}{2}[8-4] = 2$ अर्थात् ऑक्सीजन के अणु में दो ऑक्सीजन परमाणुओं के बीच द्वि-सहसंयोजक बन्ध है। ऑक्सीजन के आण्विक कक्षक विन्यास से इसकी अनुचुम्बकीय (Paramagnetic) प्रकृति भी प्रदर्शित होती है, क्योंकि विपरीत बन्धक $\pi$–आण्विक कक्षकों में दो अयुग्मित इलेक्ट्रॉन हैं।

AKG TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

**$O_2$ अणु की आणविक कक्षक ऊर्जा संरचना**
**(Molecular Orbital Energy Level Diagram of $O_2$ Molecule)**

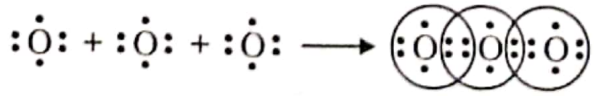



चित्र 1.30

## 1.7.17. उपसहसंयोजक बन्ध (Co-ordinate Bond)

सिडविक तथा लौरी के अनुसार जब दो परमाणुओं के मध्य इलेक्ट्रानों की साझेदारी द्वारा एक विशेष प्रकार का बन्ध बनता है जिसमें साझे के दोनों इलेक्ट्रॉन उनमें से किसी एक परमाणु द्वारा दिये जाते हैं। उसे उपसहसंयोजी बन्ध कहते हैं। जो परमाणु इलेक्ट्रॉन युग्म देता है उसे दाता (Donor) तथा जो परमाणु इलेक्ट्रॉन युग्म ग्रहण करता है उसे ग्राही (Acceptor) कहते हैं। इस बन्ध को एक तीर (→) द्वारा व्यक्त करते हैं। इस तीर की नोंक ग्राही की ओर होती है।

**उदाहरण**—$O_3$ का बनना।

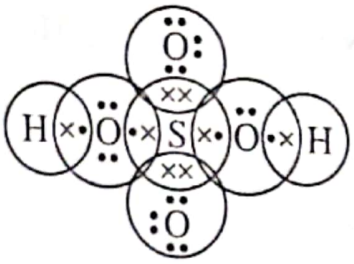



**अन्य उदाहरण**—(i) $HNO_3$

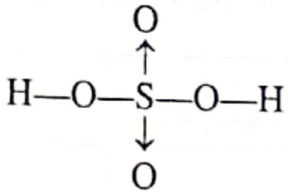
AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

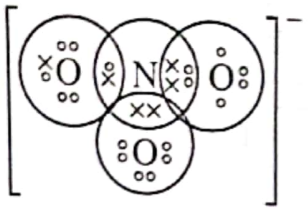
(ii) $H_2SO_4$



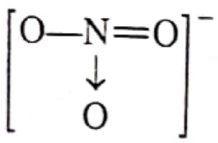
या



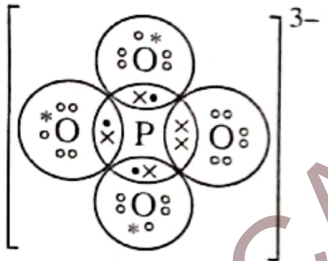
(iii) $NO_3^-$



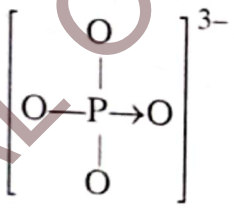
या



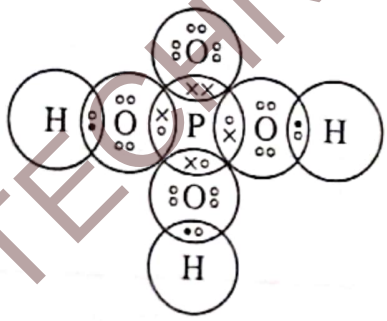
(iv) $PO_4^{3-}$



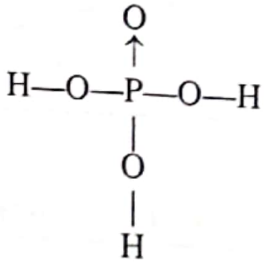
या



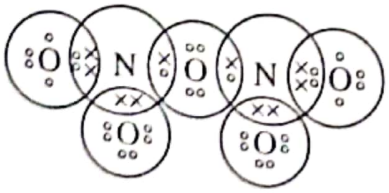
(v) $H_3PO_4$



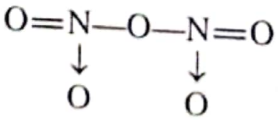
या



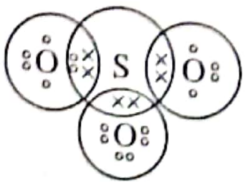
(vi) $N_2O_5$



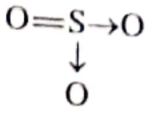
या



(vii) $SO_3$



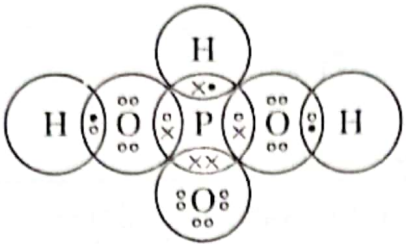
या



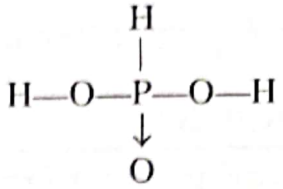
AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

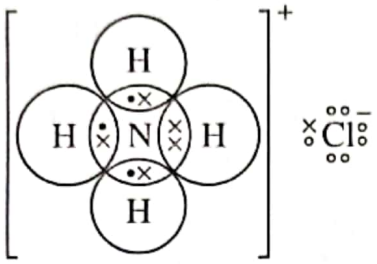
(viii) $H_3PO_3$



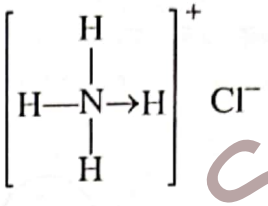

या



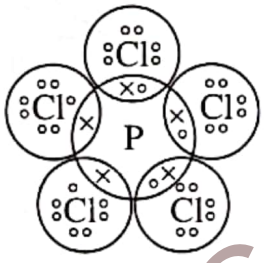

(ix) $NH_4Cl$




या

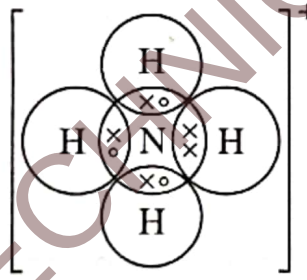



(x) $PCl_5$

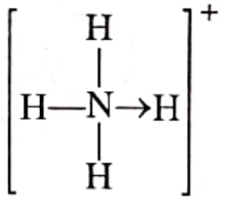



या

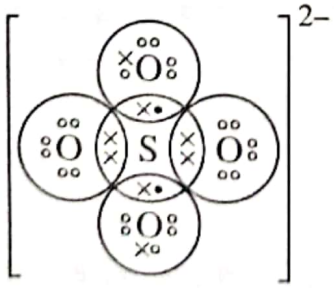
(xi) $NH_4^+$



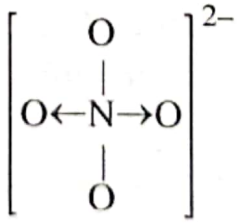

या




(xii) $SO_4^{2-}$




या




**उपसहसंयोजक यौगिकों के लक्षण** (Characteristics of Co-ordinate Compounds)

(i) उपसहसंयोजी यौगिक अध्रुवी विलायकों में विलेय तथा ध्रुवीय विलायको में अविलेय होते हैं।

(ii) इनके क्वथनांक तथा गलनांक सामान्यत: सहसंयोजक यौगिकों से अधिक, जबकि विद्युत संयोजी यौगिकों से कम होते हैं।

(iii) सहसंयोजक यौगिकों की तरह उप-संहसयोजक यौगिकों के बन्ध की प्रकृति भी दिशात्मक होती है। अत: ये यौगिक भी समावयवता प्रदर्शित करते हैं।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

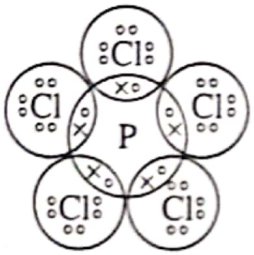
(iv) ये यौगिक विद्युत के कुचालक या बहुत कम चालक होते हैं, क्योंकि गलित अवस्था में भी इनमे आयन बहुत कम होते हैं।

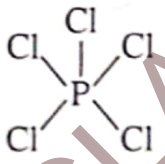
(v) इन यौगिकों के वैद्युत द्विध्रुव स्थिरांक बहुत ऊँचे होते हैं।

## 1.7.18. अष्टक नियम के अपवाद (Exceptions of Octet Rule)

**(i) अधिकतम सहसंयोजकता का नियम** (Maximum Covalency Rule)—सहसंयोजक बन्ध के बनाने में संयोग करने वाले परमाणु इलेक्ट्रॉनों का साझा करके अपनी बाह्यतम कक्षा में 8 इलेक्ट्रॉन पूर्ण करके अक्रिय गैस का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास प्राप्त करते हैं परन्तु कुछ यौगिकों में इस अष्टक नियम (Octet Rule) का उल्लंघन भी पाया जाता है। **जैसे-**$PCl_5$ में पाँच सह-संयोजक बन्ध बनने के कारण फॉस्फोरस परमाणु की बाह्यतम कक्षा में 10 इलेक्ट्रॉन, $SF_6$ में छः सह-संयोजक बन्ध बनने के कारण सल्फर परमाणु की बाह्यतम कक्षा में 12 इलेक्ट्रॉन होते हैं।

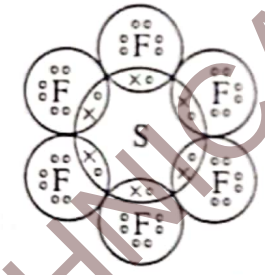
$PCl_5$—




$PCl_5$ की इलेक्ट्रॉनिक संरचना

$SF_6$—



$SF_6$ की इलेक्ट्रॉनिक संरचना

**सिडविक ने सन् 1938 में अधिकतम सह-संयोजकता नियम के आधार पर स्पष्ट किया कि** "किसी परमाणु की बाह्यतम कक्षा में स्थायित्व के लिये 8 इलेक्ट्रॉनों का होना आवश्यक नहीं है अपितु परमाणु कक्षा में 8 से अधिक इलेक्ट्रॉन भी हो सकते हैं तथा इस प्रकार किसी परमाणु की सह-संयोजकता चार से अधिक हो सकती है। किसी तत्त्व की अधिकतम सह-संयोजकता उस तत्त्व की आवर्त-सारणी में स्थिति पर निर्भर करती है। अधिकतम सह-संयोजकता का मान हाइड्रोजन के लिये दो, द्वितीय आवर्त के तत्त्वों के लिये चार, तीसरे व चौथे आवर्त के तत्त्वों के लिये छः तथा शेष आवर्त के तत्त्वों के लिये आठ होता है।"

$PCl_5$ व $SF_6$ में P व S दोनों तीसरे आवर्त के तत्त्व हैं। अधिकतम सह-संयोजकता नियम के आधार पर इन दोनों तत्त्वों की अधिकतम सह-संयोजकता छः हो सकती है। अतः $PCl_5$ व $SF_6$ की उपर्युक्त संरचना सही है।

**(ii) एकल इलेक्ट्रॉन बन्ध** (Singlet Electron Bond)—सुग्डेन के अनुसार किसी भी परमाणु के बाह्य कोश में 8 इलेक्ट्रॉन से अधिक नहीं हो सकते। $PCl_5$, $SF_6$ इत्यादि यौगिकों की संरचना को समझाने के लिये सुग्डेन (Sudgen) ने सुझाव दिया कि ऐसे यौगिकों में भी एक इलेक्ट्रॉन के साझे से परमाणु की अष्टक बनी रहती है। रासायनिक संयोग का यह तरीका जहाँ दो परमाणुओं के बीच केवल एक इलेक्ट्रॉन का साझा होता है, एक इलेक्ट्रॉन बन्ध (Single Electron Bond) या अर्द्ध बन्ध (Half Bond) कहलाता है।

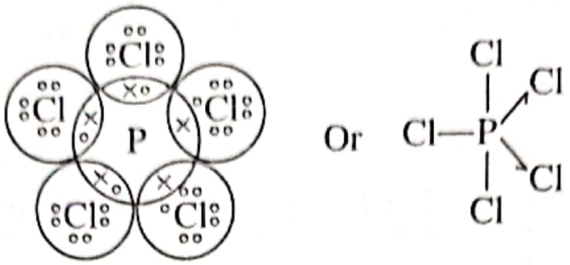
यह एक विशेष प्रकार का उप सह-संयोजक बन्ध है जिसे आधे तीर (—) के द्वारा दाता से ग्राही परमाणु की ओर प्रदर्शित किया जाता है।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

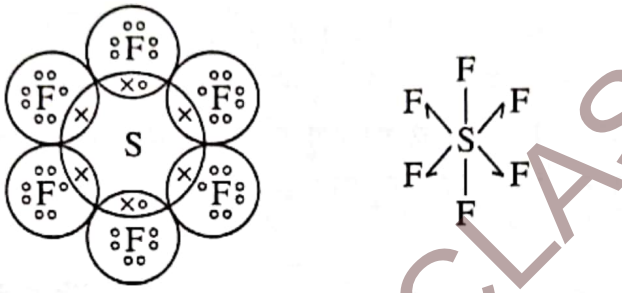
**उदाहरण :** $PCl_5$ व $SF_6$ की संरचनायें

$PCl_5$—




$PCl_5$ की इलेक्ट्रॉनिक संरचना

$SF_6$—




$SF_6$ की इलेक्ट्रॉनिक संरचना

## 1.7.19. हाइड्रोजन बन्ध (Hydrogen Bond)

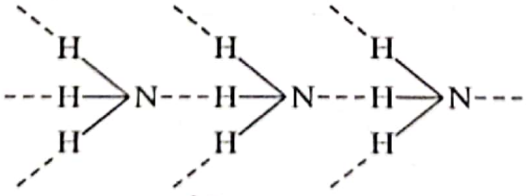
जब हाइड्रोजन परमाणु किसी प्रबल ऋण-विद्युती परमाणु से जुड़ा होता है तो वह किसी अन्य ऋण-विद्युती परमाणु स एक अतिरिक्त बन्ध बना लेता है। हाइड्रोजन द्वारा निर्मित यह अतिरिक्त बन्ध ही हाइड्रोजन बन्ध कहलाता है। इसे कटी लाइन से प्रदर्शित करते हैं। अत: वह बन्ध जो हाइड्रोजन परमाणु तथा अन्य किसी ऋणविद्युती तत्त्व के परमाणुओं के मध्य बनता है। हाइड्रोजन बन्ध कहलाता है।

**उदाहरण**—HF

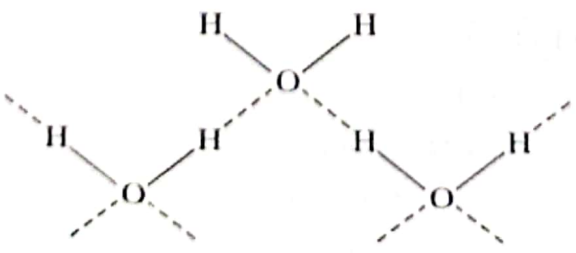
------H—F------H—F------H—F------

**हाइड्रोजन बन्ध के प्रकार** (Types of Hydrogen Bond)—हाइड्रोजन बन्ध दो प्रकार के होते हैं—

(i) **अन्तराअणुक हाइड्रोजन बन्ध** (Intermolecular Hydrogen Bond)—किसी पदार्थ के दो या अधिक अणुओं के बीच बनने वाला बन्ध अन्तराअणुक हाइड्रोजन बन्ध कहलाता है। जैसे—




अमोनिया ($NH_3$)

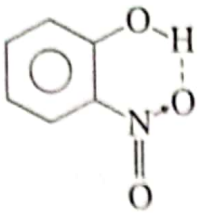



जल ($H_2O$)

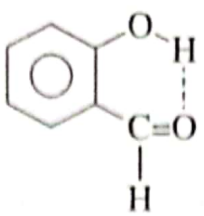
(ii) **अन्तर-अणुक हाइड्रोजन बन्ध** (Intra Molecular Hydrogen Bond)—किसी एक अणु के भीतर बनने वाले हाइड्रोजन बन्ध को अन्तर-अणुक हाइड्रोजन बन्ध कहते हैं। जैसे—

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner



*o*-Nitrophenol



*o*-Hydroxybenzaldehyde

## 1.7.20. संयोजकता का आबन्ध सिद्धान्त (Valence Bond Theory)

सहसंयोजी यौगिकों के परमाणुओं के मध्य लगने वाले बलों की प्रकृति को समझाने के लिए सन् 1927 में हिटलर तथा लंदन (W. Heitler and F. London) ने संयोजकता का आबन्ध सिद्धान्त प्रस्तुत किया। इस सिद्धान्त के अनुसार—

(i) दो संयोजी परमाणुओं के मध्य सहसंयोजी बन्ध उनके संयोजी कोश के आधे-भरे (Half-filled) परमाणु कक्षकों का अतिव्यापन होने पर विपरीत स्पिन के इलेक्ट्रॉनों के युग्मित हो जाने के फलस्वरूप बनते हैं।

(ii) सहसंयोजी बन्ध के बनने में केवल वे परमाणु कक्षक भाग लेते हैं जिनमें केवल एक-एक इलेक्ट्रॉन उपस्थित होता है। यदि किसी परमाणु में एक से अधिक अयुग्मित इलेक्ट्रॉन युक्त कक्षक होते हैं तो उनसे बहु-बन्ध (Multiple bond) बनते हैं।

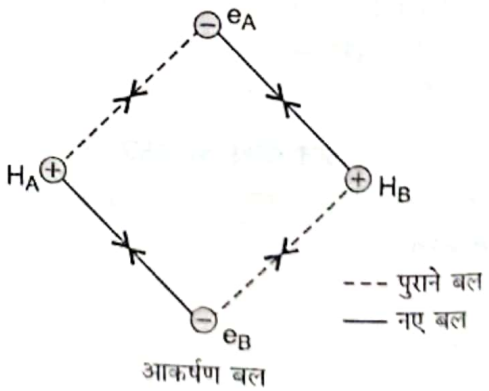
(iii) दो संयोजी परमाणुओं के आधे-भरे परमाणु कक्षकों का अतिव्यापन होने पर विपरीत स्पिन के इलेक्ट्रॉन युग्मित हो जाते हैं और इलेक्ट्रॉन युग्म संयोजी परमाणुओं के नाभिकों के मध्य बन्ध बना देते हैं।

(iv) सहसंयोजी आबन्ध बनाने वाले इलेक्ट्रॉनों का चक्रण (Spin) विपरीत दिशा में होता है।

(v) सहसंयोजी बन्ध की शक्ति कक्षकों के अतिव्यापन पर निर्भर करती है।

### संयोजकता के आबन्ध सिद्धान्त के आधार पर हाइड्रोजन अणु का बनना
### (Formation of hydrogen molecule on the basis of valence bond theory)

माना हाइड्रोजन के दो परमाणु A व B, जिनके नाभिक क्रमशः $N_A$ व $N_B$ हैं तथा उनमें उपस्थित इलेक्ट्रॉनों को $e_A$ और $e_B$ द्वारा दर्शाया गया है, एक-दूसरे की ओर बढ़ते हैं। जब ये दो परमाणु एक-दूसरे से अत्यधिक दूरी पर होते हैं, तब उनके बीच कोई अन्योन्य क्रिया नहीं होती। ज्यों-ज्यों दोनों परमाणु एक-दूसरे के पास आते जाते हैं, त्यों-त्यों उनके बीच आकर्षण तथा प्रतिकर्षण बल उत्पन्न होते जाते हैं।




चित्र 1.31

**आकर्षण बल निम्न में उत्पन्न होते हैं—**

(i) एक परमाणु के नाभिक तथा उसके इलेक्ट्रॉनों के बीच $N_A - e_A$, $N_B - e_B$

(ii) एक परमाणु के नाभिक तथा दूसरे परमाणु के इलेक्ट्रॉनों के बीच $N_A - e_B$, $N_B - e_A$

**प्रतिकर्षण बल निम्न में उत्पन्न होते हैं—**

(i) दो परमाणुओं के इलेक्ट्रॉनों के बीच $e_A - e_B$ तथा

(ii) दो परमाणुओं के नाभिकों के बीच $N_A - N_B$

आकर्षण बल दोनों परमाणुओं को एक-दूसरे के पास जबकि प्रतिकर्षण बल उन्हें दूर करने का प्रयास करते हैं। नए आकर्षण बलों का मान नए प्रतिकर्षण बलों के मान से अधिक होता है जिससे दोनों परमाणु एक-दूसरे के करीब आते हैं तथा उनकी स्थितिज ऊर्जा कम हो जाती है। अंततः ऐसी स्थिति आती है कि नेट आकर्षण बल, प्रतिकर्षण बल के बराबर हो जाता है और निकाय की ऊर्जा न्यून स्तर पर पहुँच जाती है। इस अवस्था में हाइड्रोजन के परमाणु 'आबन्धित' कहलाते हैं और एक स्थायी अणु बनाते हैं।

AKG TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

चूँकि हाइड्रोजन के दो परमाणुओं के बीच आबन्ध बनने पर ऊर्जा मुक्त होती है। इसलिए हाइड्रोजन अणु दो पृथक् परमाणुओं की अपेक्षा अधिक स्थायी होता है। इस प्रकार मुक्त ऊर्जा **'आबन्ध एंथैल्पी'** (Bond Enthalpy) कहलाती है।

**संयोजकता के आबन्ध सिद्धान्त की सीमायें (Limitations of Valence Bond Theory)—**

(i) यह सिद्धान्त सहसंयोजक बन्ध की दिशात्मक प्रकृति के बारे में कुछ नहीं समझाता।

(ii) यह सिद्धान्त सहसंयोजी यौगिकों की अनुनाद संरचना तथा संकरण को भी स्पष्ट नहीं करता।

(iii) उपसहसंयोजी बन्ध के बनने में साझे का इलेक्ट्रॉन युग्म केवल एक परमाणु पर जाने को नहीं समझाता।

(iv) यह सिद्धान्त सहसंयोजी यौगिकों में उपस्थिति आयनिक लक्षणों के बारे में नहीं बताता।

## 1.8.1. द्रव्य (Matter)

वह पदार्थ जो स्थान घेरता है, जिसमें द्रव्यमान होता है तथा जिसका अनुभव हम अपनी ज्ञानेन्द्रियों द्वारा कर सकते है, द्रव्य कहलाता हैं।

**उदाहरण (Example)**—लोहा, सोना, जल, वायु, कुर्सी, मेज आदि।

**द्रव्य की अवस्थाएँ (States of Matter)**—प्रकृति के आधार पर द्रव्य की तीन मुख्य अवस्थाएँ ठोस (Solid), द्रव (Liquid) तथा गैस (Gas) होती हैं, परन्तु अब द्रव्य की दो अन्य अवस्थाएँ प्लाजमा (Plasma) तथा बोस-आंइस्टीन कन्डनसेट (Base-Einstein Condensates) BEC की खोज भी हो चुकी है।

## 1.8.2. ठोस अवस्था (Solid State)

द्रव्य की वह अवस्था जिसमें अवयवी परमाणु, अणु अथवा आयन नियमित स्थिति में होते है जिससे द्रव्य का आकार व आयतन निश्चित होता है। ठोस अवस्था कहलाती है।

**उदारहरण (Example)**—धातुएँ, लकड़ी, यूरिया, काँच आदि।

**ठोसों का अणु गतिज सिद्धान्त (Kinetic Molecular Theory of Solids)**

1. ठोस के अणुओं के बीच अन्तराणुक स्थान बहुत कम या नगण्य होता है।
2. ठोस में अणुओं के मध्य प्रबल आकर्षण बल होता है जिस कारण इनके अणु स्वतन्त्र रूप से गति नहीं कर सकते।
3. ठोसों में इनके कणों के मध्य सुव्यवस्थित क्रिस्टल जालक होता है जिससे इनके अवयवी कण दृढता से बंधे रहते हैं।
4. ठोस के कणों के मध्य प्रबल बंध होने के कारण ये कठोर होते हैं।
5. ठोसो का उच्च घनत्व होता है।
6. ठोसों को आसानी से दबाया नहीं जा सकता है।

**ठोसों के प्रकार** (Types of Solids)—ठोस दो प्रकार के होते हैं—

**1. क्रिस्टलीय ठोस** (Crystalline Solid)—वे ठोस जिनमें उनके अवयवी कण नियमित क्रम में व्यवस्थित रहते हैं, क्रिस्टलीय ठोस कहलाते हैं।

★ इन ठोसों का निश्चित गलनांक होता है।

★ इनका एक निश्चित ज्यामितीय आकार होता है तथा ये चाकू द्वारा काटे जाने पर स्वच्छ विदलन (Regular cut) देते हैं।

★ इनके भौतिक गुण; जैसे—अपवर्तनांक, प्रकाश का वेग, विद्युत चालकता आदि क्रिस्टल की दिशा के अनुसार बदलते हैं।

**उदाहरण :** NaCl, गन्धक, यूरिया, शर्करा, कॉपर, सिल्वर, आयरन आदि।

**2. अक्रिस्टलीय ठोस** (Amorphous Solid)—वे ठोस जिनमें उनके अवयवी कण नियमित क्रम में व्यवस्थित नहीं रहते हैं, अक्रिस्टलीय ठोस कहलाते हैं।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

★ इन ठोसों का निश्चित गलनांक नहीं होता है।

★ इन ठोसों का निश्चित ज्यामितीय आकार नहीं होता है तथा इनको काटने पर स्वच्छ विदलन (Regular cut) प्राप्त नहीं होता है।

★ इनके भौतिक गुण सभी दिशाओं में समान होते हैं।

**उदाहरण :** काँच, रबड़, प्लास्टिक आदि।

## ठोसों का वर्गीकरण (Classification of Solids)

ठोसों में उपस्थित अवयवी कणों के मध्य बलों के आधार पर ठोसों को निम्न चार भागों में वर्गीकृत किया गया है—

**1. आयनिक ठोस** (Ionic Solids)—ये ठोस विद्युत आवेशित परमाणुओं से मिलकर बने होते हैं। इन ठोसों में मुख्य बन्धन बल विपरीत आवेशित आयनों के मध्य प्रबल स्थिर वैद्युत आकर्षण बल होता है।

**उदाहरण :** NaCl, ZnO, ZnS आदि।

**आयनिक ठोसों के मुख्य लक्षण** (Main Features of Ionic Solids)—

(i) ये कठोर तथा भंगुर होते हैं।

(ii) इनके गलनांक व क्वथनांक ऊँचे होते हैं।

(iii) इनकी वाष्पन ऊष्मा बहुत अधिक होती है।

(iv) कम जालक ऊर्जा (Lattice energy) वाले आयनिक ठोस जल में विलेय होते हैं।

(v) ये ऊष्मा तथा विद्युत के चालक होते हैं।

**2. सहसंयोजी ठोस** (Covalent Solids)—इन ठोसों में जालक बिन्दुओं पर एक या अधिक प्रकार के परमाणु होते हैं जो एक-दूसरे से सहसंयोजी बन्ध द्वारा जुड़े रहते हैं।

**उदाहरण :** हीरा, ग्रेफाइट, सिलिका आदि।

**Note :** ग्रेफाइट विद्युत का सुचालक होता है क्योंकि ग्रेफाइट में विद्युत संचालन के लिये मुक्त इलेक्ट्रॉन उपस्थित होते हैं।

**सहसंयोजी ठोसों के मुख्य लक्षण** (Main Features of Covalent Solids)—

(i) ग्रेफाइट को छोड़कर सभी सहसंयोजी ठोस कठोर होते हैं।

(ii) इनके गलनांक व क्वथनांक ऊँचे होते हैं।

(iii) ग्रेफाइट को छोड़कर ये सभी विद्युत के कुचालक होते हैं।

(iv) ये अध्रुवीय विलायकों (Non-polar solvent) में विलेय होते हैं।

(v) इनके गलन की गुप्त ऊष्मा अधिक होती है।

**3. धात्विक ठोस** (Metallic Solids)—इन ठोसों में जालक बिन्दुओं पर धातु आयन (Kernels) उपस्थित होते हैं। ये धातु आयन इलेक्ट्रॉनों के उभयनिष्ठ समुद्र में डूबे रहते हैं। इन ठोसों में धातु आयनों तथा इलेक्ट्रॉन समुद्र के इलेक्ट्रॉनों के मध्य आकर्षण बल कार्य करता है। ये विद्युत के सुचालक (Conductor) होते हैं।

**उदाहरण :** सोना, चाँदी, कॉपर, लोहा आदि।

**4. आण्विक ठोस** (Molecular Solids)—इन ठोसों में परमाणुओं के बीच निश्चित आकर्षण बल नहीं होता। ये परमाणु या अणु दुर्बल वान्डर वाल्स आकर्षण बल के द्वारा एक-दूसरे से जुड़े रहते हैं। इसी कारण इन ठोसों के गलनांक बहुत नीचे होते हैं तथा सामान्यत: ये विद्युत के कुचालक होते हैं।

**उदाहरण :** नेफ्थेलीन, आयोडीन, बर्फ आदि।

## 1.8.3. द्रव अवस्था (Liquid State)

द्रव्य की वह अवस्था जिसमें, परमाणु, अणु अथवा आयन नियमित स्थिति में नहीं होते जिससे पदार्थ का आयतन तो निश्चित होता है, परन्तु आकार निश्चित नहीं होता, द्रव अवस्था कहलाती है।

**उदाहरण**—जल, दूध, तेल, ऐल्कोहॉल, शहद आदि।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

**द्रव का अणु गतिज सिद्धान्त (Kinetic Molecular Theory of Liquid)**

1. द्रव में उपस्थित परमाणु, अणु या आयनों के मध्य अन्तराणुक स्थान ठोसों की अपेक्षा अधिक होता है।
2. द्रव में उपस्थित अणुओं के मध्य आकर्षण बल ठोसों की अपेक्षा कम होता है जिस कारण द्रव अवस्था में पदार्थ का आकार निश्चित नहीं होता है।
3. द्रव अवस्था में कण नियमित गति करते रहते हैं जिससे ये उसी पात्र का आकार ग्रहण कर लेते हैं जिसमें इनको रखा जाता है।
4. द्रवों में कणों के मध्य आकर्षण बल कमजोर होने के कारण इनमें तरलता का गुण पाया जाता है।
5. ठोसों की अपेक्षा इनका घनत्व कम होता है।
6. द्रव को आसानी से दबाया जा सकता है।
7. द्रवों में विसरण की दर अधिक होती है।

## 1.8.4. गैसीय अवस्था (Gaseous State)

द्रव्य की वह अवस्था जिसमें पदार्थ का आयतन व आकार दोनों ही अनिश्चित होते हैं, गैसीय अवस्था कहलाती है।

**उदाहरण**—नाइट्रोजन, ऑक्सीजन, वायु आदि।

**गैस का अणु गतिज सिद्धान्त (Kinetic Molecular Theory of Gases)**

1. गैसीय अवस्था में परमाणुओं या अणुओं के मध्य सबसे अधिक अन्तराणुक स्थान होता है।
2. गैसीय अणुओं के मध्य बहुत ही कम आकर्षण बल होता है जिस कारण इनका आयतन तथा आकार दोनों अनिश्चित होते हैं।
3. गैसीय अवस्था में कणों के मध्य बहुत क्षीण आकर्षण बल होने के कारण ये कण अनियमित रूप से गति करते रहते हैं।
4. गैस के कणों की अनियमित गति होने के कारण, गैस जिस पात्र में गैस भरी होती है उनकी दीवारों पर दाब उत्पन्न करती हैं।
5. गैसों को सबसे अधिक दबाया जा सकता है।
6. स्थिर ताप पर किसी गैस में भिन्न-भिन्न अणुओं की चाल और गतिज ऊर्जा भिन्न-भिन्न होती है।

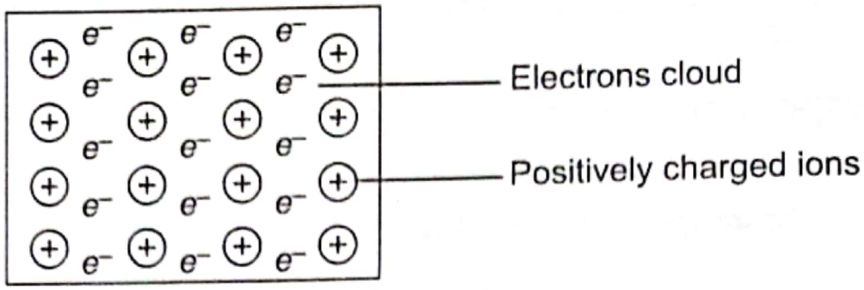
**धात्विक बन्ध (Metallic Bonding)**—गतिशील इलेक्ट्रॉनों तथा धनावेशित धातुओं के मध्य उपस्थित वह आकर्षण बल जिसके द्वारा धात्विक परामाणु परस्पर जुड़े रहते हैं, धात्विक बन्ध कहलाता है। धात्विक बन्ध भी रासायनिक बन्ध का ही एक प्रकार है। (Metallic bonding is a type of chemical bonding that arises from the electrostatic attractive force between conduction electrons and positively charged metal ions.)

## 1.8.5. धात्विक बन्धों का इलेक्ट्रॉन समुद्र सिद्धान्त (Electron Sea Theory of Metallic Bond)

इस सिद्धान्त के अनुसार धातुओं के परमाणु के $s-$ तथा $p-$कक्षकों से उत्सर्जित संयोजक इलेक्ट्रॉन (Valence electrons) कोर (Kernel) की व्यवस्था में रहते हैं। इन उत्सर्जित इलेक्ट्रॉनों को 'इलेक्ट्रॉन गैस' भी कहते हैं। इलेक्ट्रॉनों के उत्सर्जन से बने ये धनावेशित आयन आपस में मिलकर क्रिस्टल जालक (Crystal lattice) का निर्माण करते हैं। धनावेशित आयनों की कोर के बीच गतिशील इलेक्ट्रॉनों (Mobile electrons) की उपस्थिति के कारण इनके बीच में जो आकर्षण बल लगता है उसे धात्विक बन्ध कहते हैं।

AYC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner




चित्र 1.34

## धात्विक बन्ध की विशेषताएँ (Characteristics of Metallic Bond)

1. इलेक्ट्रॉन समुद्र सिद्धान्त के द्वारा धातुओं के विभिन्न भौतिक गुणों को समझाया जा सकता है।
2. धातुओं में इलेक्ट्रॉन मुक्त अवस्था में रहते हैं अत: धातुएँ विद्युत की सुचालक होती हैं।
3. धातुओं में उपस्थित मुक्त इलेक्ट्रॉनों के कारण प्रकाश को परावर्तित करने का गुण होता है।
4. धातुओं में मुक्त इलेक्ट्रॉन होने के कारण धनायन एक दूसरे के ऊपर आसानी से फिसलते रहते हैं जिससे धातुओं को पीटकर शीट बनायी जा सकती है।

# प्रश्नावली

### ☞ *बहुविकल्पीय प्रश्न*

**1.** इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान होता है—
(a) $9.1\times10^{-31}$ gm
(b) $9.1\times10^{-36}$ gm
(c) $9.1\times10^{-28}$ gm
(d) $9.1\times10^{-27}$ gm

**2.** दिगंशी क्वाण्टम संख्या $l=2$ के लिए चुम्बकीय क्वाण्टम संख्या $m$ के कुल मान होंगे—
(a) 1
(b) 3
(c) 4
(d) 5

**3.** सबसे कम ऊर्जा वाला उपकोश है—
(a) $3d$
(b) $4s$
(c) $4p$
(d) $5s$

**4.** कार्बन परमाणु में अयुग्मित इलेक्ट्रॉनों की संख्या है—
(a) 1
(b) 4
(c) 3
(d) 2

**5.** $p$-ब्लॉक का तत्त्व है—
(a) Na
(b) Ca
(c) Cu
(d) Sn

**6.** $s$-कक्षक का आकार है—
(a) पिरामिडीय
(b) गोलीय
(c) चतुष्फलकीय
(d) डम्बैल आकार

**7.** $NH_2$ तथा $BF_3$ के संयोग से जो अणु बनता है, उसमें होता है—
(a) आयनिक बन्ध
(b) सहसंयोजक बन्ध
(c) उपसहसंयोजक बन्ध
(d) हाइड्रोजन बन्ध

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

8. $NH_3$ में बन्ध कोण है—
(a) लगभग 105° (b) लगभग 107°
(c) लगभग 109.28° (d) लगभग 120°

**[Ans. 1. (a) 2. (d) 3. (b) 4. (d) 5. (d) 6. (b) 7. (b) 8. (b) ]**

☞ *सही अथवा गलत कथन सम्बन्धी प्रश्न*

**नोट–निम्न प्रश्नों में सही व गलत बताइये। एक अथवा दो वाक्यों में अपना तर्क भी दीजिए।**

1. कैथोड किरणें धनावेशित कणों से मिलकर बनी हैं।
**उत्तर**—गलत। कैथौड किरणें ऋणावेशित कणों से बनी होती हैं।

2. प्रोट्रॉन पर धन आवेश होता है।
**उत्तर**—सही। प्रोट्रॉन पर $+1.6\times10^{-19}$ कूलॉम धन आवेश होता है।

3. क्लोरीन का परमाणु क्रमांक 17 होता है।
**उत्तर**—सही। क्लोरीन परमाणु में 17 प्रोटॉन होते हैं।

4. इलेक्ट्रॉन का द्वैत स्वभाव होता है।
**उत्तर**—सही। इलेक्ट्रॉन कण तथा तरंग दोनों की तरह व्यवहार करता है।

5. पाउली के अनुसार किसी परमाणु में उपस्थित दो इलेक्ट्रॉनों के लिये चारों क्वांटम संख्याओं के मान समान नहीं होते।
**उत्तर**—सही। इस नियम के अनुसार किसी परमाणु में दो इलेक्ट्रॉनों के लिये चारों क्वांटम के मान समान नहीं हो सकते हैं।

6. निम्नलिखित क्वाण्टम संख्या समूह द्वारा निरूपित ऑर्बिटलों की ऊर्जा समान होती है— ***(U.P. 2012)***
(i) $n=3, l=2, m=+2$ (ii) $n=3, l=2, m=-2$
**उत्तर**—सत्य। दोनों ऑर्बिटल क्रमश: $3d_{xy}$ तथा $3d_{xz}$ हैं, क्योंकि सभी पाँच अपभ्रंश $d$–ऑर्बिटल (degenerate orbital) की ऊर्जा समान होती है अत: इनकी ऊर्जाएँ भी समान हैं।

7. परमाणु क्रमांक 24 वाले परमाणु में उसकी निम्नतम ऊर्जा अवस्था में $d$–इलेक्ट्रॉनों की संख्या 5 होती है।
***(U.P. 2011)***
**उत्तर**—सही। क्योंकि अर्द्ध-पूर्ण एवं पूर्ण भरे हुए ऑर्बिटल अधिक स्थायी होते हैं। अत: $4s$ ऑर्बिटल से एक इलेक्ट्रॉन $3d$–ऑर्बिटल में चला जाता है।

$$(Z=24)=1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^6, 4s^1, 3d^5$$

8. श्रोडिंजर तरंग समीकरण में तरंग फलन $\psi$ परमाणु में विभिन्न स्थानों पर इलेक्ट्रॉन के पाए जाने की प्रायिकता बतलाता है। ***(U.P. 2008)***
**उत्तर**—सही। तरंग फलन $\psi$ परमाणु में विभिन्न स्थानों पर इलेक्ट्रॉनों के पाए जाने की प्रायिकता बतलाता है।

9. परमाणु में इलेक्ट्रॉन की तरंगदैर्घ्य $10^{-10}$ m की कोटि की होती है।
**उत्तर**—सत्य।

10. किसी परमाणु में इलेक्ट्रॉन की ऊर्जा उसकी क्वाण्टम संख्या $n$ बता देने से लगभग पूर्णत: परिभाषित हो जाती है।
***(U.P. 2005)***
**उत्तर**—सही। मुख्य क्वाण्टम संख्या $n$ का ज्ञान हो जाने पर इलेक्ट्रॉन के ऊर्जा स्तर का ज्ञान हो जाता है। ऊर्जा स्तर का ज्ञान होने से उसकी ऊर्जा का पता चल जाता है।

11. किसी परमाणु में जब इलेक्ट्रॉन दो ऊर्जा स्तरों के बीच स्थानान्तरित होता है तो उत्सर्जित ऊर्जा का तरंगदैर्घ्य उतना ही लम्बा होगा जितना दोनों ऊर्जा स्तरों में ऊर्जा का अन्तर होगा। ***(U.P. 2005)***
**उत्तर**—गलत। ऊर्जा व तरंगदैर्घ्य एक दूसरे के व्युत्क्रमानुपाती होती हैं। अत: ऊर्जा का अन्तर अधिक होने पर तरंगदैर्घ्य कम होगा।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

**12.** विद्युत संयोजी यौगिक जल में घुलनशील होते हैं।

**उत्तर**—सही। ये यौगिक जल में आयनित हो जाते हैं।

**13.** मीथेन अणु का आकृति समचतुष्फलीय होती है।

**उत्तर**—सही। मीथेन अणु की आकृति समचतुष्फलीय होती है तथा इसके चारों संयोजकताओं के बीच में 109°28′ का कोण होता है।

**14.** सिग्मा बन्ध, पाई बन्ध से अधिक मजबूत होता है।

**उत्तर**—सही। सिग्मा बन्ध $s-s$-कक्षकों के अतिव्यापन से बनता है जबकि पाई बन्ध $p$ - $p$-कक्षकों के पार्श्वीय अतिव्यापन से बनते हैं।

**15.** वैद्युत संयोजी यौगिकों के गलनांक उच्च होते हैं।

**उत्तर**—सही। इन यौगिकों के अणुओं के बीच मजबूत बन्ध होते हैं।

**16.** हाइड्रोजन क्लोराइड एक ध्रुवीय यौगिक है।

**उत्तर**—सही। हाइड्रोजन क्लोराइड में क्लोरीन की विद्युत-ऋणात्मकता हाइड्रोजन से अधिक होती है जिससे हाइड्रोजन पर धन आवेश तथा क्लोरीन पर ऋणावेश उत्पन्न होता है।

**17.** किसी $\sigma_p$ अणुवीय कक्षक की ऊर्जा तत्सम्बन्धी $\pi_p$ अणुवीय कक्षक से सदैव कम होती है। ***(U.P. 2012)***

**उत्तर**—सत्य। $\sigma_p$ परमाणवीय कक्षकों के रेखीय संयोग से बनते हैं। इनमें नाभिकों के मध्य इलेक्ट्रॉन घनत्व अधिक होता है। अत: इनकी ऊर्जा कम होती है, जबकि $\pi_p$ रेखीय वियोजन से बनते हैं। बन्धित परमाणुओं के नाभिकों के मध्य इलेक्ट्रॉन घनत्व कम होने के कारण इनकी ऊर्जा अधिक होती है। $\sigma_p$ अक्षों द्वारा तथा $\pi_p$ पार्श्व अतिव्यापन से बनते हैं।

**18.** किसी द्विपरमाणुक अणु में आबन्धन ऊर्जा (Bond energy) सदैव बढ़ती है, जब उसमें से एक इलेक्ट्रॉन निकल जाता है। ***(U.P. 2012)***

**उत्तर**—सत्य। द्विपरमाणवीय अणु से एक इलेक्ट्रॉन निकालने के पश्चात् बन्ध कोटि बढ़ जाती है तथा बन्ध लम्बाई घट जाती है। प्रतिबन्धित इलेक्ट्रॉन के बीच प्रतिकर्षण घटने के कारण आबन्धन ऊर्जा का मान बढ़ जाता है।

**19.** सिग्मा ($\sigma$) बन्ध पाई ($\pi$) बन्ध से अधिक प्रबल होता है। ***(U.P. 2011)***

**उत्तर**—सही। $\pi$-बन्ध $p$-कक्षकों के पार्श्वीय अतिव्यापन से बनते हैं।

## ☞ *लघु उत्तरीय तथा विस्तृत उत्तरीय प्रश्न*

**1.** किसी तत्त्व का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास $1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2$ है। इसे आवर्त सारणी के किस वर्ग तथा किस आवर्त में स्थान दिया जायेगा?

**2.** आवर्त सारणी में किन आवर्तों के तत्त्व प्रारूपी हैं? उनके नाम लिखिए।

**3.** $s$-ब्लॉक तत्त्वों तथा $p$-ब्लॉक तत्त्वों से क्या अभिप्राय है? प्रत्येक का एक उदाहरण दीजिए।

**4.** दीर्घ रूप आवर्त सारणी की मुख्य चार विशेषताओं का उल्लेख कीजिए।

**5.** आधुनिक आवर्त नियम क्या है? यह मेण्डेलीफ के आवर्त नियम से किस प्रकार भिन्न है? उदाहरण द्वारा स्पष्ट कीजिए।

**6.** इलेक्ट्रॉनिक विन्यास के आधार पर समझाइये कि $d$-ब्लॉक के तत्त्वों को संक्रमण तत्त्व क्यों कहते हैं? इन तत्त्वों के प्रमुख लक्षण क्या हैं?

**7.** $d$-ब्लॉक तत्त्व क्या है? विवेचना कीजिए कि $d$-ब्लॉक के तत्त्व चर संयोजकता (Variable valency) तथा रंग प्रकृति क्यों प्रदर्शित करते हैं।

**8.** $d$-ब्लॉक तत्वों के बारे में आप क्या जानते हैं? निम्नलिखित में से कौन समान गुण रखते हैं? ***(U.P. 2015)*** ***(U.P. 2016)***

(i) $1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^1$ (ii) $1s^2, 2s^2$

(iii) $1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^6, 3d^4, 4s^2$ (iv) $1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^2$

AK TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

9. Cl आयन का आकार Cl परमाणु से ..... (छोटा / बड़ा) ..... होता है। *(1st Semester 2016)*
10. $s$ तथा $p$-ब्लॉक तत्त्व क्या होते हैं? प्रत्येक का एक उदाहरण दीजिये। *(Dec. 2017)*
11. लैन्थेनाइड संकुचन क्या है? लैन्थेनाइड संकुचन का क्या निष्कर्ष है। *(2018)*
12. पाउली के अपवर्जन नियम के अनुसार उपकोश में इलेक्ट्रॉनों की अधिकतम संख्या की गणना कीजिए।
13. $3p^6$ विन्यास में चौथे इलेक्ट्रॉन की चारों क्वाण्टम संख्याओं के मान लिखिए।
14. क्लोरीन का परमाणु क्रमांक 17 है। इसके उच्चतम ऊर्जा स्तर वाले इलेक्ट्रॉन के लिए सभी चारों क्वाण्टम संख्याओं के मान लिखिए।
15. किसी अधातु के ऋणायन $X^-$ में 18 इलेक्ट्रॉन हैं। अधातु की द्रव्यमान संख्या 35 है। धातु के नाभिक में न्यूट्रॉनों की संख्या ज्ञात कीजिए।
16. समन्यूट्रॉनिक परमाणुओं $X$ और $Y$ के परमाणु क्रमांक क्रमश: 17 और 20 हैं। यदि $Y$ की द्रव्यमान संख्या 40 हो, तो $X$ की द्रव्यमान संख्या ज्ञात कीजिए।
17. हाइजेनबर्ग का अनिश्चितता का सिद्धान्त लिखिए।
18. ऑफबाऊ नियम को समझाइये।
19. परमाणु के कक्षकों में इलेक्ट्रॉन भरने के क्रम को चित्र बनाकर बताइये।
20. बोहर का परमाणु मॉडल समझाइये।
21. रदरफोर्ड के नाभिकीय सिद्धान्त का वर्णन कीजिए तथा इसकी सीमायें लिखिए।
22. बोहर के परमाणु मॉडल की कमियों का उल्लेख कीजिए।
23. सोमरफील्ड के परमाणु मॉडल की व्याख्या कीजिए।
24. डी-ब्रोगली की संकल्पना का उल्लेख कीजिए।
25. इलेक्ट्रॉन के द्वैत स्वभाव की व्याख्या कीजिए।
26. कक्षक की परिभाषा दीजिए। $s, p$ तथा $d$-कक्षकों की आकृतियाँ खींचिए। कक्ष तथा कक्षक में अन्तर स्पष्ट कीजिए।
27. हाइजेनबर्ग के अनिश्चितता नियम का कथन एवं व्याख्या कीजिए। इस नियम के आधार पर दर्शाइए कि इलेक्ट्रॉन परमाणु के नाभिक में नहीं रह सकता। *(U.P. 2012)*
नाभिक की त्रिज्या $=10^{-14}$ , $h=6.6\times10^{-34}$ joule-second और इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान $=9.1\times10^{-31}$ kg
28. क्वाण्टम संख्याएँ क्या होती हैं? निम्नलिखित इलेक्ट्रॉनों की अनुमन्य क्वाण्टम संख्याएँ सूचीबद्ध कीजिए—
(i) $2p$ (ii) $4d$ (iii) $5f$ *(U.P. 2010)*
29. हाइजेनबर्ग के अनिश्चितता सिद्धान्त का कथन एवं व्याख्या कीजिए। परमाणुओं के अन्दर इलेक्ट्रॉनों और बोर की कक्षाओं में हमारी अवधारणा को यह सिद्धान्त कैसे बदलता है? *(U.P. 2009)*
30. लुई डी-ब्रॉग्ली सिद्धान्त का कथन लिखिए। इसकी परिसीमाएँ बताइए। $11\times10^4$ वोल्ट विभवान्तर द्वारा त्वरित एक इलेक्ट्रॉन की डी-ब्रॉग्ली तरंगदैर्घ्य का परिकलन कीजिए। $h=6.625\times10^{-34}$ Js, $e=1.6\times10^{-19}$ कूलॉम, $m_e=9.11\times10^{-31}$ kg. *(U.P. 2007)*
31. डी-ब्रॉग्ली सिद्धान्त क्या है? परमाणु की रचना समझने में यह कैसे सहायक है? *(U.P. 2004, 06)*
32. किसी तत्त्व का परमाणु क्रमांक 17 है। इस तत्त्व का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास $s, p, d, f$ उपकोशों के रूप में लिखिए।
33. पाउली के अपवर्जन सिद्धान्त का उल्लेख कीजिए।
34. हुण्ड का नियम लिखिए।
35. कैनाल किरणें किसे कहते हैं? इनके किन्हीं दो गुणों को बताइये।
36. समान परमाणु भार के दो तत्त्व X तथा Y के परमाणु क्रमांक क्रमश: 18 व 19 हैं। यदि X तत्त्व के नाभिक में 22 न्यूट्रॉन हैं तो तत्त्व Y के न्यूट्रॉनों की संख्या क्या होगी?
37. दिगंशी क्वाण्टम संख्या $l=3$ के लिए चुम्बकीय क्वाण्टम संख्या $m$ के मान बताइये।
38. किसी तत्त्व का परमाणु क्रमांक 11 है। इसके अन्तिम इलेक्ट्रॉन की चारों क्वाण्टम संख्यायें लिखिए।

AKG TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

**39.** परमाणु के $s, p, d, f$ उपकोशों के प्रत्येक उपकोश में इलेक्ट्रॉनों की अधिकतम संख्या क्या होगी?

**40.** द्विगंशी क्वाण्टम संख्या से आप क्या समझते हैं? यदि द्विगंशी क्वाण्टम संख्या 3 हो, तो चुम्बकीय क्वाण्टम संख्या के मान लिखिए।

**41.** क्वाण्टम संख्या को परिभाषित कीजिए। $3d^4$ द्वारा निरूपित सभी इलेक्ट्रॉनों की क्वाण्टम संख्याएँ बताइये। *(U.P. 2015)*

**42.** क्वाण्टम संख्या की व्याख्या कीजिए। $3p$-कक्षक के इलेक्ट्रॉन के लिए उपयुक्त $L$ तथा $M$ का मान लिखिए। *(U.P. 2016)*

**43.** क्या हाइड्रोजन परमाणु के अन्दर इलेक्ट्रॉन की स्थिति निश्चित होती है? बताइये। *(1st Semester 2016)*

**44.** एक तत्त्व का परमाणु क्रमांक 24 है। इसके परमाणु के K, L, M तथा N कोश में कितने इलेक्ट्रॉन हैं? *(1st Semester 2016)*

**45.** क्वान्टम संख्या को आधार मान कर इलेक्ट्रॉनों की अधिकतम संख्या परमाणु के तृतीय कक्षा में निर्धारित कीजिये। *(Dec. 2017)*

**46.** $(n + l)$ नियम क्या है। *(2018)*

**47.** संयोजकता के इलेक्ट्रॉनिक सिद्धान्त के आधार पर संयोजी बन्ध को उदाहरण सहित समझाइये।

**48.** वैद्युत संयोजी तथा सह-संयोजी यौगिकों के गुणों की तुलना कीजिये।

**49.** उप सह-संयोजी बन्ध तथा सह-संयोजी बन्ध में क्या अन्तर है? उदाहरण देकर समझाइये।

**50.** पाई बन्ध क्या है? सह-संयोजी बन्धों की कक्षक अतिव्यापन अवधारणा को $\pi$-बन्ध का उदाहरण देते हुए समझाइये।

**51.** हाइड्रोजन बन्ध को उदाहरण देकर समझाइये। सामान्य ताप पर $H_2O$ एक द्रव तथा $H_2S$ एक गैस है। क्यों?

**52.** ध्रुवीय सह-संयोजी बन्ध तथा अध्रुवीय सह-संयोजी बन्ध के अन्तर को उदाहरण द्वारा स्पष्ट कीजिये।

**53.** संकरण क्या है? यह कितने प्रकार के होते हैं? किसी एक प्रकार के संकरण को उदाहरण देते हुए समझाइये।

**54.** अयनिक यौगिकों व सहसंयोजी यौगिकों में किसके गलनांक व क्वथनांक ऊँचे होते हैं और क्यों?

**55.** बंधी आण्विक कक्षक (BMO) तथा विपरीत बंधी आण्विक कक्षक (ABMO) से आप क्या समझते हैं? $N_2$ तथा $O_2$ अणुओं का बनना समझाइये।

**56.** वैद्युत संयोजी यौगिकों का आयनन शीघ्र क्यों होता है? समझाइये।

**57.** वैद्युत संयोजी यौगिकों के क्वथनांक तथा गलनांक सह-संयोजी यौगिकों से अधिक क्यों होते हैं?

**58.** वैद्युत संयोजी यौगिक विद्युत के सुचालक होते हैं जबकि सहसंयोजी यौगिक विद्युत के कुचालक होते हैं। उदाहरण देकर समझाइये।

**59.** HCl एक सह-संयोजी यौगिक है, परन्तु इसका आयनन फिर भी क्यों होता है?

**60.** निम्नलिखित की इलेक्ट्रॉनिक संरचना दीजिये, इनमें किस-किस प्रकार के बन्ध पाये जाते हैं?

(i) $H_2SO_4$ (ii) $HNO_3$ (iii) $CO_3^{--}$ (iv) $SO_4^{--}$ (v) $NH_4^+$ (v) $NH_4Cl$

**61.** हीलियम, आर्गन तथा नियॉन गैस रासायनिक रूप से निष्क्रिय होती हैं। कारण सहित समझाइये।

**62.** कार्बन सह-संयोजी यौगिक बनाता है, जबकि सोडियम वैद्युत संयोजी। कारण सहित स्पष्ट कीजिये।

**63.** $BF_3$ में कक्षकों के संकरण तथा बन्धों की प्रकृति को स्पष्ट कीजिये।

**64.** अष्टक नियम क्या है ? ऐसे दो यौगिकों की इलेक्ट्रॉनिक संरचनाएँ लिखिये जो अष्टक नियम के अपवाद हैं।

**65.** कारण सहित समझाइये—

(i) कमरे के ताप पर $H_2S$ गैस, जबकि $H_2O$ द्रव है।

(ii) जल का घनत्व बर्फ से अधिक होता है।

(iii) ठोस सोडियम क्लोराइड विद्युत का अचालक होता है।

(iv) HF का क्वथनांक HCl के क्वथनांक से ऊँचा होता है।

**66.** ऑक्सीजन अणु अनुचुम्बकीयता प्रदर्शित करता है। स्पष्ट कीजिये।

**67.** VSEPR सिद्धान्त के आधार $NH_3$ की आकृति को समझाइये।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

**68.** VSEPR सिद्धान्त क्या है? इसके अनुप्रयोग की व्याख्या एक ऐसे यौगिक के उदाहरण से कीजिये जिसका केन्द्रीय परमाणु $sp^3$ संकरित अवस्था में है। *(U.P. 2011)*

**69.** $BF_3$ तथा $NF_3$ की आण्विक ज्यामिति समझाइये। *(U.P. 2010)*

**70.** VSEPR सिद्धान्त की व्याख्या कीजिये। $SO_3^{2-}$ आयन के केन्द्रस्थ परमाणु का संकरण एवं आयन की आण्विक ज्यामिति बताइये। *(U.P. 2007)*

**71.** सह-संयोजक आबन्धन के आण्विक कक्षक सिद्धान्त की संक्षेप में विवेचना कीजिये। यह संयोजकता बन्धन सिद्धान्त से किस प्रकार श्रेष्ठ है? एक उदाहरण द्वारा स्पष्ट कीजिये। *(U.P. 2009)*

**72.** VSEPR सिद्धान्त के अनुसार अमोनिया व जल के अणुओं की संरचना बताइये। *(U.P. 2013)*

**73.** $N_2$ का आण्विक कक्षक विन्यास प्रदर्शित कीजिये। इसका आबन्ध कोटि (Bond order) व चुम्बकीय व्यवहार बताइये। *(U.P. 2013)*

**74.** संयोजकता कोश इलेक्ट्रॉन युग्म विकर्षण सिद्धान्त (VSEPR theory) का कथन लिखिये और इसकी सहायता से $H_2S$ और $H_2O$ अणुओं के संरचनात्मक अन्तर को समझाइये। *(U.P. 2014)*

**75.** आण्विक कक्षक सिद्धान्त (MOT) क्या हैं? समझाइये कि $O_2^+$ की वियोजन ऊर्जा $O_2^-$ से ज्यादा क्यों होती है? *(U.P. 2015)*

**76.** (i) समझाइये कि $H_2O$ का बन्ध कोण $NH_3$ के बन्ध कोण से कम क्यों होता है?
(ii) एसीटिलीन में कौन-सा संकरण पाया जाता है? समझाइये। *(U.P. 2015)*

**77.** $sp^2$ संकरण में अणु की आकृति तथा बन्ध कोण बताइये। *(1st Semester 2016)*

**78.** अमोनियम क्लोराइड में किस प्रकार के बन्ध है? बिन्दु संरचना भी बनाइये। *(1st Semester 2016)*

**79.** HF का क्वथनांक HCl से उच्च होता है। कारण सहित स्पष्ट कीजिये। *(1st Semester 2016)*

**80.** $NH_3$ अणु की आकृति तथा बन्ध कोण बताइये। *(1st Semester 2016)*

**81.** बन्धन ऊर्जा की परिभाषा दीजिये। इसका श्रोत क्या है? *(Dec. 2017)*

**82.** किसमें ध्रुवीय तथा अध्रुवीय दोनों बन्धन हैं? *(Dec. 2017)*

(a) $NH_4Cl$ (b) HCN (c) $H_2O_2$ (d) $CH_4$

**83.** निम्न में किसमें सबसे कम विद्युत ऋणात्मकता होगी? *(Dec. 2017)*

(a) Al (b) P (c) S (d) Si

**84.** $MgCl_2$ अणु रैखिक, जबकि $SnCl_2$ अणु कोणीय होता है, क्यों? *(Dec. 2017)*

**85.** सल्फर डाईऑक्साइड का संकरण है। *(2018)*

(a) $sp$ (b) $sp^2$ (c) $sp^3$ (d) $dsp^2$

**86.** $s, p, d, f$ उपकोशों में अधिकतम इलेक्ट्रॉनों की संख्या क्या होगी निर्धारित कीजिये? *(2018)*

**87.** आणविक कक्षक चित्र उपयोग करते हुये कक्षक में इलेक्ट्रॉन प्रवेश व्यवस्था द्वारा निम्न आणविक प्रकार को उनके स्थायित्व को बढ़ते हुये क्रम में दीजिये। *(2018)*

(a) $H_2$ (b) $H_2^-$ (c) $H_2^+$

**88.** आयनिक ठोस उच्च भगुँर (Brittle) क्यों होते हैं? *(2018)*

**89.** $sp^3d$ संकरण का आकार, बन्ध कोण उदाहरण सहित दीजिये। *(2018)*

❑

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

अध्याय

# 2

# ईंधन एवं स्नेहक
## (Fuels and Lubricants)

**पाठ्यक्रम (Syllabus) :** Definition of fuel, classification of fuels, characteristics of good fuel, relative merits of gaseous, liquid and solid fuels, Calorific value—higher calorific value, lower calorific value, determination of calorific value of solid or liquid fuel using Bomb calorimeter and numerical examples, Coal-types of coal and proximate analysis of coal, Fuel rating–Octane number and Cetane number, fuel-structural influence on Octane and Cetane number, Gaseous fuel–chemical composition, calorific value and applications of natural gas (CNG), LPG, producer gas, water gas and biogas, Elementary ideal on–hydrogen as future fuels, nuclear fuels, Lubricants : Definition and properties, mechanism, industrial application and its function in bearings, Synthetic lubricants and cutting fluids.

## 2.1. ईंधन (Fuels)

आदि मानव द्वारा पत्थरों को आपस में रगड़कर अग्नि का आविष्कार किया गया। अग्नि के आविष्कार के पश्चात् ईंधन की उपयोगिता में वृद्धि हुई। प्राचीन काल से ही मानव ईंधन का उपयोग करता आ रहा है। आज ईंधन मानवीय सभ्यता के विकास की रीढ़ बन चुका है। किसी भी देश की अर्थव्यवस्था में ईंधन का महत्त्वपूर्ण योगदान है। भारत एक विकासशील देश है जिसमें अनेक उद्योग तेजी से विकसित हो रहे हैं। मल्टीनेशनल कम्पनियों की निगाह भारत पर टिकी हुई है। तेजी से बढ़ रहे इन उद्योगों के लिए ऊष्मा, प्रकाश, विद्युत तथा आण्विक ऊर्जा आवश्यक होती हैं जो कि कुछ पदार्थों के जलाने पर प्राप्त की जा सकती है। **जो पदार्थ जलाने पर ऊष्मा व ऊर्जा उत्पन्न करते हैं ईंधन कहलाते हैं।** ईंधन को निम्न प्रकार परिभाषित किया जा सकता है—

**वे पदार्थ (Substance) जो वायु ( या ऑक्सीजन ) की उपस्थिति में जलाने पर ऊष्मा ( या ऊर्जा ) व प्रकाश उत्पन्न करते हैं, ईंधन कहलाते हैं।**

Substance which produce heat (energy) and light on burning in presence of air (or oxygen) are called as fuels.

$$\underset{\text{Fuel}}{\text{ईंधन}} + O_2 \xrightarrow{\text{दहन}} \underset{\text{Product}}{\text{उत्पाद}} + \underset{\text{Heat (energy)}}{\text{ऊष्मा ( ऊर्जा )}} + \underset{\text{Light}}{\text{प्रकाश}}$$

### 2.1.1. ईंधन का वर्गीकरण (Classification of Fuels)

ईंधन को उसकी भौतिक अवस्था (Physical State) के आधार पर निम्न तीन भागों में बाँटा जा सकता है—

(1) ठोस ईंधन (Solid Fuels)

(2) द्रव ईंधन (Liquid Fuels)

(3) गैसीय ईंधन (Gaseous Fuels)

**(1) ठोस ईंधन** (Solid Fuels)—वे ईंधन जो ठोस अवस्था में होते हैं, उन्हें ठोस ईंधन कहते हैं। इन्हें दो वर्गों में वर्गीकृत किया जा सकता है—

**(a) प्राकृतिक ठोस ईंधन** (Natural Solid Fuels)—वे ईंधन जो प्रकृति प्रदत्त हैं प्राकृतिक ठोस ईंधन कहलाते हैं जैसे-लकड़ी, कोयला, यूरेनियम आदि।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

**(b) कृत्रिम ठोस ईंधन** (Artificial or Synthesized Solid Fuels)—वे ईंधन जो मानव द्वारा निर्मित किये जाते हैं कृत्रि॰ ठोस ईंधन कहलाते हैं; जैसे लकड़ी का कोयला, चारकोल, कोक इत्यादि।

**(2) द्रव ईंधन** (Liquid Fuels)—ऐसे ईंधन जो द्रव अवस्था (Liquid State) में पाये जाते हैं, द्रव ईंधन कहलाते हैं इन्हें दो भागों म वर्गीकृत किया जा सकता है—

(a) प्राकृतिक द्रव ईंधन (Natural Liquid Fuels); जैसे-पैट्रोलियम।

(b) कृत्रिम द्रव ईंधन (Artificial Liquid Fuels); जैसे-पैट्रोल, डीजल, केरोसीन, एल्कोहल आदि।

**(3) गैसीय ईंधन** (Gaseous Fuels)—वे ईंधन जो गैसीय अवस्था (Gaseous State) में पाये जाते हैं, गैसीय ईंधन कहलाते हैं। इन्हें भी दो वर्गों में वर्गीकृत किया गया है—

(a) प्राकृतिक गैसीय ईंधन (Natural Gaseous Fuels); जैसे-प्राकृतिक गैस, मार्श गैस आदि।

(b) कृत्रिम गैसीय ईंधन (Artificial Gaseous Fuels); जैसे-L.P.G., प्रोड्यूसर गैस, वाटर गैस, कोल गैस आदि।

## 2.1.2. आदर्श ईंधन की विशेषताएँ (Characteristics of an Ideal Fuel)

(1) यह आसानी से उपलब्ध होना चाहिए।

(2) यह सस्ता होना चाहिए।

(3) इसका भण्डारण (Storage) तथा एक स्थान से दूसरे स्थान पर स्थानान्तरण (Transfer) सुविधाजनक होना चाहिए।

(4) इसका ऊष्मीय मान (Calorific Value) उच्च होना चाहिए।

(5) ईंधन के दहन (Combustion) के पश्चात् इसमें अवशेष; जैसे-राख (Ash), धुआँ (Smoke) एवं हानिकारक गैसें (Harmful gases) कम से कम मात्रा में उत्सर्जित होनी चाहिएँ।

(6) इसका दहन सुगमतापूर्वक (Easily) होना चाहिए।

(7) इसका ज्वलन ताप (Ignition Temperature) कम होना चाहिए ताकि यह जल्दी जलना शुरू हो जाये।

(8) इसका दहन नियन्त्रण में होना चाहिए।

(9) अच्छे ईंधन से पर्यावरण प्रदूषण (Environmental Pollution) नहीं होना चाहिए।

(10) स्वास्थ्य के लिये हानिकारक नहीं होना चाहिए।

## 2.1.3. ठोस, द्रव तथा गैसीय ईंधनों के तुलनात्मक गुण (Relative Merits of Solid, Liquid and Gaseous Fuels)

| क्र॰ सं॰ | गुण (Property) | ठोस ईंधन (Solid fuels) | द्रव ईंधन (Liquid fuels) | गैसीय ईंधन (Gaseous fuels) |
|---|---|---|---|---|
| 1. | भंडारण (Storage) | आसान है। | भंडारण बड़े-बड़े टैंकों में तथा अधिक सावधानी जरूरी। | अत्यधिक सावाधानी जरूरी, लीक प्रूफ टैंकों या सिलेंडरों में रखे जाते हैं। |
| 2. | स्थानान्तरण (Transportation) | सुविधाजनक है। | टैंकरों तथा पाइप लाइन द्वारा सम्भव है। | पाइप लाइन द्वारा तथा लीक प्रूफ सिलेंडरों द्वारा। |
| 3. | मूल्य (Cost) | सस्ते है। | महँगे | अधिक महँगे |
| 4. | उपलब्धता (Availability) | आसानी से उपलब्ध हैं। | पेट्रोल पम्पों तथा विशेष केन्द्रों पर सीमित रूप से उपलब्ध हैं। | सरकार द्वारा निर्धारित विशेष ऐजेन्सियों पर अत्यन्त सीमित रूप से उपलब्ध है। |
| 5. | ऊष्मीय मान (Calorific value) | कम | अधिक | बहुत अधिक |
| 6. | दहन (Combustion) | धीरे होता है तथा नियन्त्रण में कठिनाई। | तीव्रता के साथ तथा उपकरणों द्वारा नियन्त्रण सम्भव। | अत्यधिक तीव्र तथा उपकरणों द्वारा आसानी से नियन्त्रण सम्भव। |

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 7. | ज्वलन ताप (Ignition temperature) | अधिक | अधिक | कम |
| 8. | विस्फोट होने की सम्भावना (Possibility of Explosion) | कम | अधिक | सर्वाधिक |
| 9. | अवशेष (Residue) | राख व धुआं उत्पन्न होता है। | केवल धुआँ उत्पन्न होता है। | धुआँ व राख उत्पन्न नहीं होती है। |
| 10. | उदाहरण (Examples) | लकड़ी, कोयला, चारकोल आदि। | पेट्रोल, डीजल, केरोसीन आदि। | L.P.G., C.N.G., बायो गैस, आदि। |

## 2.1.4. ईंधन का संगठन (Composition of Fuels)

ईंधन में ताप उत्पन्न करने वाले मुख्य तत्त्व कार्बन व हाइड्रोजन होते हैं। किसी ईंधन का कैलोरी मान इन दोनो तत्त्वों पर निर्भर करता है। कुछ मुख्य ईंधनों का संगठन निम्न है—

**(1) लकड़ी** (Wood)—प्राचीन काल से ही लकड़ी ईंधन का मुख्य स्रोत रही है। ग्रामीण क्षेत्रों में ईंधन के रूप में इसका भरपूर उपयोग किया जाता है। सूखी लकड़ी का प्रतिशत औसत संगठन निम्न प्रकार है—

कार्बन (C) = 15%, हाइड्रोजन (H) = 6%, ऑक्सीजन (O) = 43%, राख (Ash) = 0.5% से 1.5% तक, नमी 15 से 50% तक। लकड़ी का ऊष्मीय मान 4000 से 5000 किलोकैलोरी प्रति किलोग्राम होता है।

**(2) कोयला** (Coal)—कोयला पृथ्वी के अन्दर प्रचुर मात्रा में पाया जाता है, परन्तु अब इसका स्रोत धीरे-धीरे समाप्त होता जा रहा है। यह एक महत्त्वपूर्ण प्राकृतिक ठोस ईंधन है। कोयले में मुख्य रूप से C, H, N तथा O के यौगिक पाये जाते हैं। कोयला निम्न चार प्रकार का होता है—

**(a) पीट** (Peat)—C = 40 से 55%, H = 6%, O = 30 से 35%, N = 1% तथा राख = 3 से 4% तक।

**(b) लिग्नाइट** (Lignite)—C = 50 से 60%, O = 12 से 20%, H = 5%, S = 0.7%, N = 1% तथा राख = 8% से 10% तक।

**(c) बिटुमेन** (Bitumen)—C = 60 से 80%, H = 5.5%, O = 5%, N = 1%, S = 1% तथा राख = 2.5%।

**(d) एन्थ्रेसाइट** (Anthracite)—C = 80 से 95%, H = 3.5%, N = 1%, O = 2%, S = 1% तथा राख=2.5%।

एन्थ्रेसाइट कोयले को सर्वोत्तम कोयला माना गया है। इसका ऊष्मीय मान सबसे अधिक है। यह अत्यधिक कठोर, भंगुर तथा काले रंग का होता है। इसका उपयोग बॉयलरो और धातुकर्म (Metallurgy) में किया जाता है।

**(3) लकड़ी का कोयला** (Wood Charcoal)—लकड़ी का भंजक आसवन (Destructive distillation) करके लकड़ी का कोयला प्राप्त किया जा सकता है। इस क्रिया में लकड़ी को वायु की सीमित मात्रा में लगभग 325 से 350°C ताप तक एक बन्द बर्तन या कमरे में गर्म किया जाता है जिससे इसमें से नमी, वाष्पशील पदार्थ दूर हो जाते हैं। इसका औसत संगठन निम्न प्रकार है—

C = 90%, H = 2%, O = 3%, N = 1%, S = 0.5% तथा राख = 3.5%

लकड़ी के कोयले का ऊष्मीय मान 7000 किलोकैलोरी प्रति किलोग्राम होता है।

**(4) कोक** (Coke)—कोयले का उच्च ताप (लगभग 1100°C) पर भंजक आसवन (Destructive Distillation) करने पर कोक प्राप्त होता है। कोक में कार्बन की प्रतिशत मात्रा 90% से अधिक होती है। इसका ऊष्मीय मान 7000 से 8000 किलोकैलोरी प्रति किलोग्राम होता है।

## 2.2. ईंधन के सामान्य गुण (General Properties of a Fuel)

**(1) ज्वलन ताप** (Ignition Temperature)—वह न्यूनतम ताप (Temperature) जिस पर ईंधन को जलाने पर वह जलना प्रारम्भ कर देता है, उस ईंधन का ज्वलन ताप कहलाता है। जिस ईंधन का ज्वलन ताप कम होता है वह एक अच्छा ईंधन माना जाता है।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

**(2) प्रज्वलन ताप या फ्लैश अंक** (Flash Point)—वह न्यूनतम ताप जिस पर कोई द्रव ईंधन अधिक वाष्प देता हो तथा ज्वाला के समीप लाए जाने पर वह वाष्प क्षणिक प्रज्वलित हो जाती है, प्रज्वलन ताप कहलाता है। प्रज्वलन ताप का मान ज्वलन ताप से सदैव कम होता है। सामान्य रूप से प्रयुक्त किये जाने वाले ईंधनों का फ्लैश अंक 60°C से अधिक होना चाहिए।

## 2.2.0. ईंधन का ऊष्मीय मान या कैलोरी मान (Calorific Value of a Fuel)

एक ग्राम ईंधन के पूर्ण दहन से जितनी ऊष्मा (ऊर्जा) उत्सर्जित होती है, उसे उस ईंधन का कैलोरी मान या ऊष्मीय मान कहते हैं।

ठोस तथा द्रव ईंधनों का कैलोरी मान कैलोरी प्रति ग्राम तथा गैसीय ईंधनों का कैलोरी मान किलोकैलोरी प्रति घन मीटर में व्यक्त किया जाता है। ईंधन के उष्मीय मान या कैलोरी मान को निम्न दो प्रकार से परिभाषित किया जाता है—

### 2.2.1. उच्च उष्मीय मान (Higher Calorific Value, H.C.V.)

जब किसी ईंधन की इकाई मात्रा को वायु या ऑक्सीजन में पूर्णत: दहन किया जाता है और उत्पादों को कमरे के ताप तक ठण्डा होने दिया जाता है। इस दौरान उत्सर्जित कुल उष्मा को उस ईंधन का उच्च उष्मीय मान कहते हैं। इसे कुल उष्मीय मान (Gross Calorific Value, G.C.V.)भी कहते हैं। उच्च उष्मीय मान में भाप की गुप्त उष्मा (Latent heat) भी सम्मिलित होती है।

"It is the total amount of heat liberated when a unit quantity of fuel is completely burnt in oxygen or air and the products of combustion are cooled down to the room temperature." Here latent heat is included.

### 2.2.2. निम्न उष्मीय मान (Lower Calorific Value, L.C.V.)

जब किसी ईंधन की इकाई मात्रा को वायु या ऑक्सीजन में पूर्णत: दहन किया जाता है, तथा उत्पादों को निष्कासित होने दिया जाता है। इस दौरान जो उष्मा उत्सर्जित होती है उसे उस ईंधन का निम्न उष्मीय मान कहते हैं। इसे नेट उष्मीय मान (Net Calorific Value, N.C.V.) भी कहते हैं। निम्न उष्मीय मान में भाप की गुप्त उष्मा (Latent heat) सम्मिलित नहीं होती है।

निम्न उष्मीय मान (L.C.V.) = उच्च उष्मीय मान (H.C.V.) – भाप की गुप्त उष्मा

"It is the net heat produced when a unit quantity of fuel is completely burnt in air or oxygen and the products of combustion are allowed to escape".

$$L.C.V. = H.C.V. - \text{Latent heat of water vapour}$$

$$L.C.V. = H.C.V. - 0.09 \times (H\%) \times 587 \text{ Cal/gm}$$

Theoretical Calculation of Calorific Values (Dulong's Formula).

$$H.C.V. = \frac{1}{100}\left[8080 \times C + 34500\left(H - \frac{O}{8}\right) + 22400 \times S\right] \text{Kcal/Kg or Cal/gm}$$

Here C, H, O and S are Percentage of Carbon, Hydrogen, Oxygen and Sulphur respectively.

**उदाहरण–किसी ईंधन के उच्च व निम्न उष्मीय मान की गणना निम्न आँकड़ों के आधार पर कीजिये—**

**C = 82%, H = 8%, O = 5%, S = 2.5%, $N_2$ = 1.4% and राख (ash) = 2.1%**

**हल–**

$$H.C.V. = \frac{1}{100}\left[8080 \times 82 + 34500\left(8 - \frac{5}{8}\right) + 22400 \times 2.5\right]$$

$$= \frac{1}{100}\left[662560 + 254437.5 + 56000\right]$$

$$= \frac{1}{100}\left[972997.5\right]$$

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

$$H.C.V. = 9729.975 \text{ K Cal / kg or Cal/gm}$$

$$L.C.V. = H.C.V. - 0.09 \times H\% \times 587$$

$$= 9729.975 - 0.09 \times 8 \times 587$$

$$= 9729.975 - 422.64$$

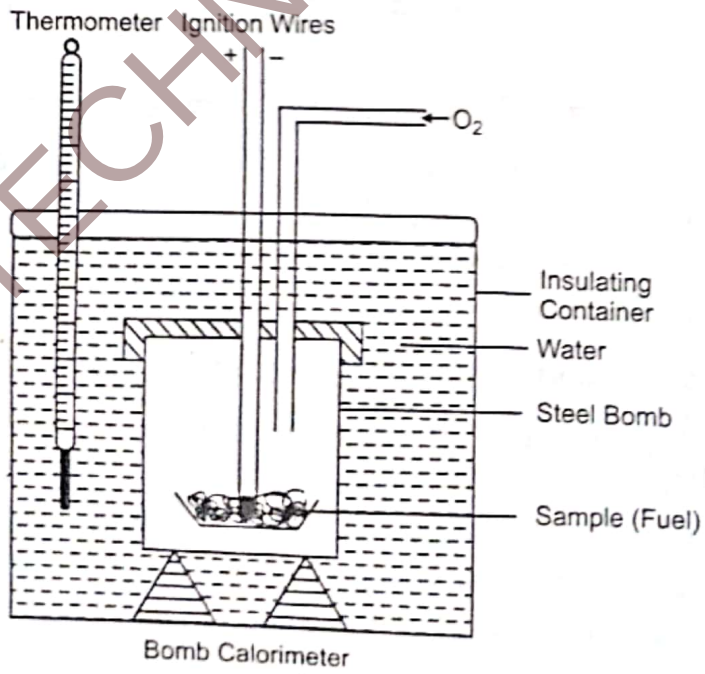
$$L.C.V. = 9307.335 \text{ Cal/gm}$$

## 2.2.3. बॉम्ब कैलोरीमीटर द्वारा ईंधन के ऊष्मीय मान की गणना करना (Determination of Calorific Value of a Fuel by Bomb Calorimeter)

ठोस ईंधनों; जैसे कोयला तथा द्रव ईंधनों; जैसे कैरोसीन का ऊष्मीय मान या कैलोरी मान बॉम्ब कैलोरीमीटर द्वारा ज्ञात किया जाता है।

यह स्टील का बना हुआ एक पात्र होता है जिसे **बॉम्ब** (Bomb) कहते हैं। इसकी दीवारों की भीतरी सतह पर प्लेटीनम की परत चढ़ी रहती है जो इसकी दीवारों का संक्षारण (Corrosion) से बचाव करती है। इसमें 25 वायुमण्डलीय दाब पर ऑक्सीजन गैस भरी जाती है। जिस ईंधन का कैलोरी मान ज्ञात करना होता है उसकी ज्ञात मात्रा प्लेटीनम की प्याली में लेते हैं। इस बॉम्ब को जल से भरे कैलोरीमीटर में रखते हैं। कैलोरीमीटर में एक विलोडक (Stirrer) तथा तापमापी (Thermometer) लगा होता है। समस्त उपकरण को ऊष्मारोधी (Heat Resistant) करने हेतु इसे जल से भरे हुए एक जैकेट में रखते हैं। ईंधन का दहन विद्युत आर्क (Electric Arc) द्वारा किया जाता है।

**कार्य विधि**—जिस ईंधन का ऊष्मीय या कैलोरी मान (Calorific Value) ज्ञात करना होता है उसकी कुछ मात्रा तौलकर प्लेटीनम की प्याली में रख लेते हैं। बॉम्ब में 25 वायुमण्डलीय दाब पर ऑक्सीजन गैस भरते हैं। कैलोरीमीटर में जो कि ताँबे का बना हुआ होता है, जल की ज्ञात मात्रा भर लेते हैं। थर्मामीटर की सहायता से जल का तापमान ज्ञात कर लेते हैं। अब विद्युत आर्क (चिंगारी) द्वारा ईंधन का दहन (Combustion) करते हैं। जल को विलोडक की सहायता से हिलाते रहते हैं ताकि जल में ऊष्मा का समान वितरण होता रहे। ईंधन के दहन के फलस्वरूप जितनी ऊष्मा उत्सर्जित होती है, वह जल तथा कैलोरीमीटर द्वारा अवशोषित कर ली जाती है। दहन के पश्चात् जल का तापमान पुनः नोट कर लेते हैं।




चित्र 2.1

**अवलोकन** (Observation)—

लिए गये ईंधन का भार = $w$ ग्राम

कैलोरीमीटर में जल का भार = $W$ ग्राम

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

कैलोरीमीटर का जल तुल्यांक $= m$ ग्राम

जल का प्रारम्भिक तापमान $= t_1°C$

दहन के पश्चात् जल का तापमान $= t_2°C$

जल के तापमान में वृद्धि $= (t_2 - t_1)°C$

**गणना** (Calculations)—

यदि ईंधन (1 ग्राम) का कैलोरीमान $Q$ कैलोरी है, तब

ईंधन के पूर्ण दहन के कारण उत्पन्न ऊष्मा $= Q \times w$ कैलोरी

जल तथा कैलोरीमीटर द्वारा अवशोषित ऊष्मा $= (m + W)(t_2 - t_1)$ कैलोरी

$\because$ उत्पन्न ऊष्मा = अवशोषित ऊष्मा

$$Q \times w = (m + W)(t_2 - t_1)$$

$$Q = \frac{(m + W)(t_2 - t_1)}{w} \text{ कैलोरी प्रति ग्राम}$$

**उदाहरण 1. बम कैलोरीमीटर द्वारा एक प्रयोग में 2 ग्राम कोयले के एक नमूने से निम्नलिखित आँकड़े प्राप्त हुए– जल का भार = 1.2 kg, कैलोरीमीटर का जल तुल्यांक = 0.2 kg, तापक्रम में वृद्धि (तापान्तर) = 10.6°C कोयले का ऊष्मीय मान ज्ञात करो।**

हल— कोयले का भार $(w) = 2$ gram

जल का भार $(W) = 1.2 \text{ kg} = 1.2 \times 1000 = 1200$ gram

कैलोरीमीटर का जल तुल्यांक, $(m) = 0.2 \text{ kg} = 0.2 \times 1000 = 200$ gram

जल के तापक्रम में वृद्धि $(t_2 - t_1) = 10.6°C$

माना कि कोयले का ऊष्मीय मान $Q$ कैलोरी प्रति ग्राम है।

उत्पन्न ऊर्जा $= Q \times w = Q \times 2$ कैलोरी

जल तथा कैलोरीमापक द्वारा अवशोषित ऊर्जा $= (m + w)(t_2 - t_1)$

$= (200 + 1200) \times 10.6$ कैलोरी

अब: $\because$ उत्पन्न ऊष्मा = अवशोषित ऊर्जा

$$2Q = (200 + 1200) \times 10.6$$

$$Q = \frac{1400 \times 10.6}{2} = 7420 \text{ कैलोरी प्रति ग्राम}$$

अतः कोयले का ऊष्मीय मान $= 7420$ कैलोरी/ग्राम (उत्तर)

**उदाहरण 2. जब 0.35 ग्राम ईंधन को ऑक्सीजन में जलाया जाता है तो कैलोरीमीटर के जल के ताप में 2.35°C की वृद्धि होती है। जल का द्रव्यमान 130 ग्राम है। यदि जल तुल्यांक 1240 ग्राम हो तो ईंधन के ऊष्मीय मान की गणना करो।**

हल—यदि ईंधन का ऊष्मीय मान $Q$ cal/g हो, तो

0.35 ग्राम ईंधन जलने पर उत्पन्न होने वाली ऊष्मा $= 0.35 \times Q$ कैलोरी

जल तथा कैलोरीमीटर द्वारा अवशोषित ऊष्मा $= (m + W)(t_2 - t_1)$

$= (130 + 1240) \times 2.35$ कैलोरी

$\because$ उत्पन्न ऊष्मा = अवशोषित ऊष्मा

$\therefore$ $$0.35Q = (130 + 1240) \times 2.35$$

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

$$Q = \frac{1370 \times 2.35}{0.35} = 9198.5 \text{ कैलोरी/ग्राम}$$

∴ ईंधन का ऊष्मीय मान = 9198.5 cal/g (उत्तर)

**उदाहरण 3. एक ईंधन के पूर्ण दहन करने पर निम्न आँकड़े प्राप्त हुए—**

**(i) लिये गये ईंधन का भार = 4.08 g** **(ii) जल के ताप में वृद्धि = 15.44°C**

**(iii) जल एवं कैलोरीमीटर का भार = 5486 ग्राम** **(iv) केवल कैलोरीमीटर का भार = 2220 ग्राम**

**(v) कैलोरीमीटर का जल तुल्यांक = 216 ग्राम**

**ईंधन का ऊष्मीय मान ज्ञात करो।**

हल— जल का लिया गया भार = जल एवं कैलोरीमीटर का भार – कैलोरीमीटर का भार

$$= 5486 - 2220 = 3266 \text{ gram}$$

ईंधन का भार $(w) = 4.08$ g

कैलोरीमीटर का जल तुल्यांक, $W = 216$ gram

यदि ईंधन का ऊष्मीय मान $Q$ हो, तो

4.08 gram ईंधन के जलने पर उत्सर्जित ऊष्मा $= 4.8 \times Q$

जल एवं कैलोरीमीटर द्वारा अवशोषित ऊष्मा $= (W + m) \times$ तापमान में वृद्धि

$$= (3266 + 216) \times 15.44$$

∵ उत्सर्जित ऊष्मा = अवशोषित ऊष्मा

$$4.08 \times Q = (3266 + 216) \times 15.44$$

$$Q = \frac{3482 \times 15.44}{4.08} \text{ कैलोरी/ग्राम}$$

अत: ईंधन का ऊष्मीय मान = 13176.98 कैलोरी/ग्राम

= 13.177 किलो कैलोरी/ग्राम (उत्तर)

## 2.3. कोयला (Coal)

कोयला एक ठोस कार्बनिक पदार्थ होता है। इसे मुख्यतया ईंधन के रूप में प्रयुक्त किया जाता है। कोयले में मुख्यत: कार्बन के साथ-साथ हाइड्रोजन, सल्फर, ऑक्सीजन व नाइट्रोजन तत्त्व होते हैं। यह ऊर्जा का एक महत्वपूर्ण स्रोत है। कुल प्रयुक्त ऊर्जा का लगभग 35% से 40% भाग कोयले से प्राप्त किया जाता है। लगभग तीन सौ मिलियन वर्ष पहले पृथ्वी पर निचले प्रदेशों में जहाँ वर्षा समुचित मात्रा में होती थी। ऐसे प्रदेशों में घने वनों का निर्माण हुआ। किन्त बाढ़ व प्रलय जैसी प्राकृतिक आपदाओं के कारण ये घने वन मिट्टी में नीचे दब गये तथा इस प्रक्रिया के दोहराव से वनों के ऊपर मिट्टी की पर्त मोटी होती गई। अधिक नीचे दब जाने के कारण उच्च दाब व उच्च ताप उत्पन्न होता गया। यही मृत वनस्पति, उच्च दाब व उच्च ताप से कोयले में परिवर्तित हो गई। **मृत वनस्पति के धीरे-धीरे कोयले में परिवर्तित होने की प्रक्रिया को कार्बनीकरण (Carbonisation) कहते हैं।** क्योंकि कोयला मृत वनस्पति के अवशेषों से बना है अत: इसे **जीवाश्म ईंधन (Fossil fuel)** भी कहते हैं। इसे **काला सोना (Black Gold)** भी कहा जाता है।

### 2.3.1. कोयले के प्रकार (Types of Coal)

कोयला मुख्यतया चार प्रकार का होता है—

**(1) पीट** (Peat)—यह कोयला हल्के भूरे रंग का होता है। इसमें कार्बन की मात्रा 40 से 50% से कम ही पायी जाती है। इसमें वाष्पशील पदार्थ (Volatile matter) अत्यधिक मात्रा में पाया जाता है। इसमें नमी भी अधिक होती है। यह लकड़ी

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

की तरह जलता है। इसके जलने पर कम उष्मा उत्पन्न होती है जबकि राख (Ash) व धुँआं (Smoke) अधिक मात्रा में उत्पन्न होता है।

**(2) लिग्नाइट** (Lignite)—यह गहरे भूरे (Dark brown) रंग का होता है। यह निम्न स्तर का कोयला है। इसमें कार्बन की मात्रा 50 से 60% तक होती है। इसमें नमी (Moisture) 35% से अधिक होती है। यह स्वत: प्रज्वलित हो जाता है जिसके कारण खानों (Mines) में दुर्घटना तक हो जाती है।

**(3) बिटुमिनस** (Bituminous)—यह सर्वाधिक उपलब्ध कोयला है तथा प्रचुर मात्रा में पाया जाता हैं। इसमें 60 से 80% तक कार्बन होता है। इसमें नमी व अन्य वाष्पशील पदार्थ (Volatile matter) 15 से 40% तक होता है। यह भारी, ठोस तथा काले रंग का होता है। इसमें कार्बन की मात्रा अधिक होने के कारण इसका कैलोरीमान उच्च होता है। इसका उपयोग कोक व ईंधन गैस बनाने में होता है।

**(4) एन्थ्रेसाइट** (Anthracite)—यह कोयला सर्वोत्तम प्रकृति का होता है। इसमें 80 – 95% तक कार्बन होता है। इसमें बहुत कम मात्रा में वाष्पशील पदार्थ होता है तथा इसमें नमी का अनुपात भी कम होता है। यह धीरे-धीरे जलता है किन्तु देर तक जलता है और अधिक उष्मा उत्पन्न करता है। यह भारत में केवल जम्मू एवं कश्मीर में पाया जाता है तथा बहुत कम मात्रा में पाया जाता है।

### 2.3.2. कोयले का विश्लेषण (Proximate Analysis of Coal)

अनुमानित विश्लेषण में हम प्रमुख रूप से नमी की मात्रा, वाष्पशील पदार्थ, राख एवं कार्बन की मात्रा का अध्ययन करते हैं। कोयले का विश्लेषण करने के लिये T.G.A. (Thermo Gravimetric Analysis) का प्रयोग करते हैं। कोयले के जिस नमूने का विश्लेषण करना होता है उसे एक संवेदनशील वैश्लेषिक पैन पर रखते हैं फिर उसे गर्म करते हैं। उसके द्रव्यमान (Mass) में हुए परिवर्तन को नोट कर लेते हैं। उपकरण के अन्दर नाइट्रोजन गैस भरी रहती है। एकल TGA प्रयोग में पहले 200° C ताप पर रखते हैं तथा पुन: ताप को बढ़ाकर 900° C कर देते हैं। इस प्रयोग में पहले 200° C पर नाइट्रोजन गैस प्रवाहित करते हैं तथा फिर 900° C पर कुछ देर तक नाइट्रोजन गैस और फिर ऑक्सीजन गैस प्रवाहित करते हैं।

**कोयले का अनुमानित विश्लेषण**
**(Proximate Analysis of Coal)**

| Coal Sample | Moisture | Ash Content | Volatile Content | Fixed Carbon |
|---|---|---|---|---|
| Lignite | 38.4% | 5.9% | 27.1% | 28.6% |
| Bituminous | 2.7% | 12.1% | 32.0% | 53.2% |
| Anthracite | 2.1% | 10.6% | 5.7% | 81.6% |

**Proximate Analysis of Coal**

## 2.4. द्रव ईंधन (Liquid Fuels)

द्रव ईंधन का प्राकृतिक स्रोत पेट्रोलियम है। पेट्रोलियम गहरे पीले, भूरे या हरे रंग का गाढ़ा, तेल जैसा चिकना एवं जल से हल्का द्रव है जो भूमि के नीचे अप्रवेश्य चट्टानों (Impervious Rocks) में बन्द पाया जाता है। चट्टानों में पाये जाने के कारण ही इसका नाम **पेट्रोलियम** (Latin ; Petra = rock, oleum = oil) रखा गया। इसे **कच्चा तेल** (Crude Oil) या **खनिज तेल** (Mineral Oil) भी कहा जाता है। आज से करोड़ों वर्ष पहले पृथ्वी के नीचे दबे हुए सूक्ष्म समुद्री जीव-जन्तुओं तथा वनस्पतियों द्वारा वायु की अनुपस्थिति में उच्च ताप व दाब के कारण जीवाणुओं द्वारा अपघटित होने से पेट्रोलियम का निर्माण हुआ है।

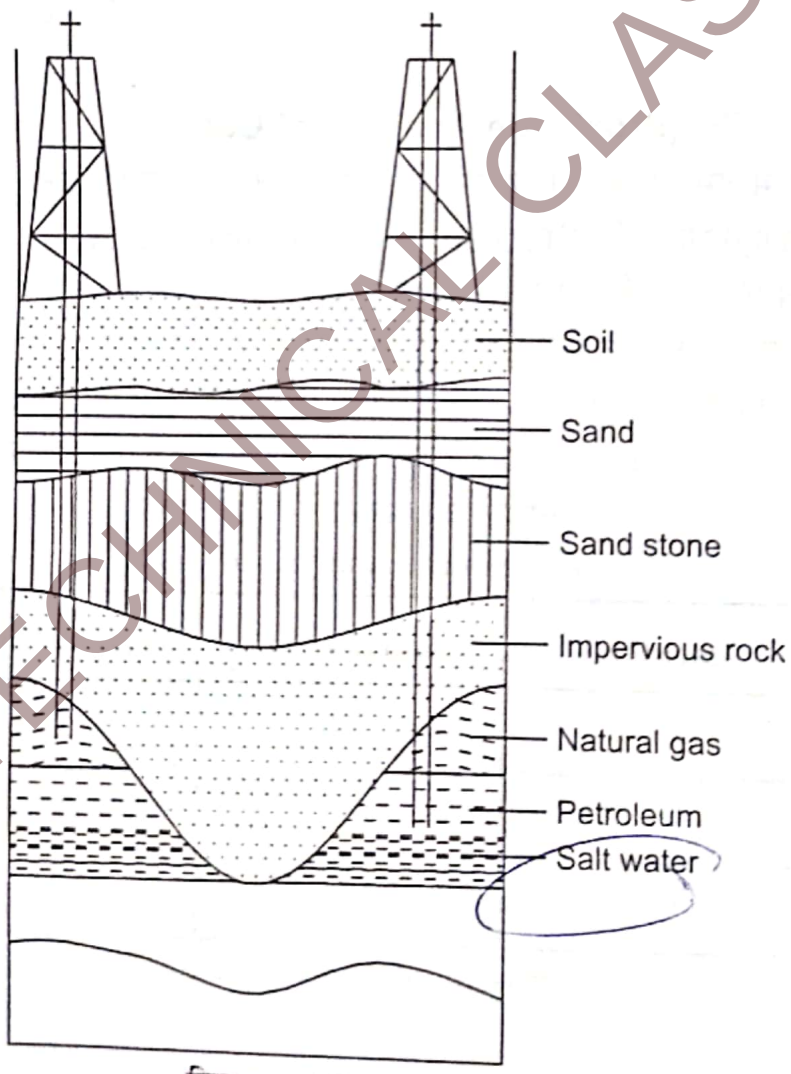
AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

## 2.4.1. पैट्रोलियम का शोधन (Refining of Petroleum)

पैट्रोलियम पृथ्वी के अन्दर प्राय: नमक के सान्द्र विलयन के ऊपर रहता है। इसके ऊपर वाष्पशील हाइड्रोकार्बनों का वायुमण्डल होता है जिसे प्राकृतिक गैस (Natural Gas) कहते हैं। पैट्रोलियम का शोधन प्रभाजी आसवन (Fractional Distillation) द्वारा किया जाता है।

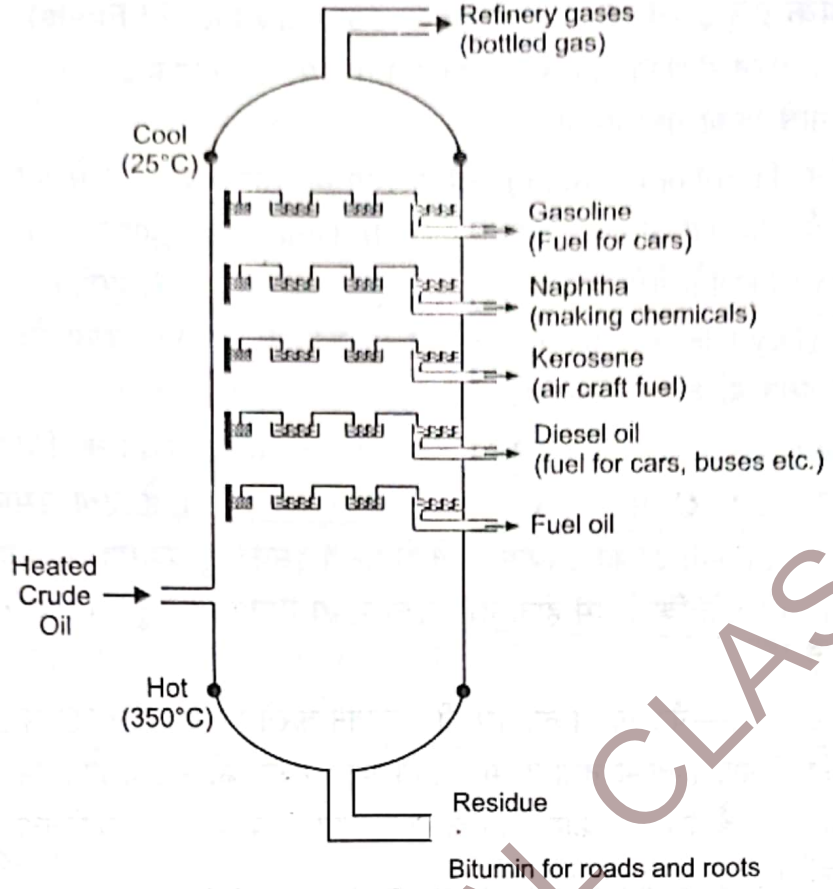
पैट्रोलियम के घटकों (Components) को प्रभाजी आसवन द्वारा भिन्न-भिन्न क्वथन रेन्जों (Boiling Ranges) के उपयोगी प्रभाजों (Fractions) में पृथक् करना उसका **शोधन** (Refining) कहलाता है। पैट्रोलियम का प्रभाजी आसवन एक लगभग 30 मीटर ऊँचे खड़े स्तम्भ (Column) में किया जाता है। इसमें पैट्रोलियम को 400°C ताप पर गर्म किया जाता है। जिस प्रभाज का क्वथनांक (Boiling point) कम होता है वह कॉलम के सबसे ऊपरी भाग में द्रवित (Condense) होता है। अधिक क्वथनांक वाले प्रभाज (Fractions) क्रमश: नीचे की ओर द्रवित होते जाते हैं। जो गैसें द्रवित नहीं होतीं वे सबसे ऊपरी भाग से बाहर निकल जाती हैं। कॉलम में अधिक क्वथनांक वाला प्रभाज कोलतार बचा रहता है, जिसे पिच कहते हैं। पैट्रोलियम के प्रभाजी आसवन करने पर प्राप्त हुए विभिन्न क्वथन रेन्जों के मुख्य प्रभाज और उनके संगठन व उपयोग सारणी में नीचे दिये गए हैं।




चित्र 2.2–Mining of Petroleum

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner




चित्र 2.3–पेट्रोलियम का शोधन (Refining of Petroleum)

## सारणी : पैट्रोलियम के प्रभावी आसवन द्वारा प्राप्त मुख्य प्रभाज

| क्र० सं० | प्रभाज (Fraction) | क्वथन रेन्ज, °C (Boiling Range) | संघटन (Composition) | उपयोग (Uses) |
|---|---|---|---|---|
| 1. | गैसीय हाइड्रोकार्बन (Natural gas) | 20° से नीचे | $C_1$—$C_4$ | गैसीय ईंधन, पैट्रोरसायन, लैम्पब्लैक, हाइड्रोजन (आदि)। |
| 2. | पैट्रोलियम ईथर | 20°—60° | $C_5$—$C_6$ | विलायक। |
| 3. | बेन्जीन (Benzene) | 70°—90° | $C_6$—$C_7$ | कपड़ों की ड्राई क्लीनिंग। |
| 4. | लिग्रीइन | 80°—120° | $C_6$—$C_8$ | विलायक। |
| 5. | गैसोलीन (पैट्रोल) | 70°—200° | $C_6$—$C_{11}$ | मोटर का ईंधन। |
| 6. | कैरोसीन (Kerosene) | 200°—300° | $C_{12}$—$C_{16}$ | प्रदीपक, स्टोव का ईंधन, जेट ईंधन, तेल गैस का निर्माण। |
| 7. | गैस ऑयल या डीजल | 300° से ऊपर | $C_{13}$—$C_{18}$ | डीजल इंजन का ईंधन, फर्नेस का ईंधन, भंजन। |
| 8. | स्नेहक तेल (Lubricant) | अवाष्पशील द्रव | $C_{16}$—$C_{20}$ | यंत्रों को चिकनाई देने में, औषधि निर्माण। |
| 9. | पैट्रोलियम जैली, वैसलीन, ग्रीज | अवाष्पशील द्रव | $C_{18}$—$C_{22}$ | |
| 10. | पैराफिन मोम (Paraffin Wax) | अवाष्पशील ठोस | $C_{20}$—$C_{30}$ | मोमबत्ती, मोम लगा कागज |
| 11. | अवशेष : ऐस्फाल्टिक बिटुमेन (Asphaltic Bitumen) | अवाष्पशील ठोस | $C_{30}$—$C_{40}$ जटिल हाइड्रोकार्बन मिश्रण | कार्बन इलेक्ट्रोड, ईंधन, छत और सड़क निर्माण में प्रयुक्त एस्फाल्ट तार, पैट्रोलियम कोक। |

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

## 2.4.2. कृत्रिम या द्वितीयक द्रव ईंधन (Artificial or Secondary Liquid Fuels)

पैट्रोलियम के प्रभाजी आसवन से प्राप्त होने वाले ईंधनों को कृत्रिम या द्वितीयक ईंधन कहा जा सकता है। कुछ प्रमुख कृत्रिम द्रव ईंधनों का वर्णन नीचे किया गया है—

**1. पैट्रोल या गैसोलीन** (Petrol or Gasoline)—पैट्रोलियम के प्रभाजी आसवन से यह 70°C से 200°C ताप के मध्य प्राप्त होने वाला प्रभाज है। यह एक अत्यधिक ज्वलनशील (Inflammable), वाष्पशील (Volatile) तथा रंगहीन द्रव है। इसका कैलोरी मान 11250 किलोकैलोरी प्रति किलोग्राम होता है। इसका प्रमुख उपयोग अन्तर्दहन इन्जनों में होता है। इसका उपयोग शुष्क, धुलाई (Dry Cleaning) तथा विलायक के रूप में भी किया जाता है। इसका उपयोग मोटरकारों, मशीनों तथा हवाई जहाजों में ईंधन के रूप में किया जाता है।

**2. मिट्टी का तेल** (Kerosene Oil)—कैरोसीन (मिट्टी का तेल) हाइड्रोकार्बन का मिश्रण होता है। पैट्रोलियम का प्रभाजी आसवन करने पर यह 200°C से 300°C ताप के मध्य प्राप्त होता है तथा इसमें तारकोल तथा असंतृप्त हाइड्रोकार्बनों की अशुद्धियाँ होती हैं। अत: इसका उपयोग करने से पहले इसका शुद्धिकरण आवश्यक होता है। इसका कैलोरी मान लगभग 10,000 किलोकैलोरी प्रति किलोग्राम होता है। इसका मुख्य उपयोग घरेलू ईंधन के रूप में तथा तेल गैस बनाने व जेट इंजनों में किया जाता है।

**3. डीजल तेल** (Diesel Oil)—पैट्रोलियम का प्रभाजी आसवन करने पर यह 250°C से 330°C ताप के मध्य प्राप्त होता है। यह हाइड्रोकार्बनों का मिश्रण होता है तथा इसमें कार्बन परमाणुओं की संख्या $C_{16}$ से $C_{18}$ तक होती है। इसका क्वथनांक अपेक्षाकृत अधिक होता है जिसके कारण इसका वाष्पीकरण व प्रज्वलन कठिनता के साथ होता है। इसका कैलोरीमान 10800 किलोकैलोरी प्रति किलोग्राम होता है।

## 2.4.3. बेन्जोल (Benzol)

बेन्जोल एक पैट्रोलियम रहित ईंधन है। यह ऐरोमैटिक हाइड्रोकार्बनों का मिश्रण है। यह आसवन में 70°C से 150°C के मध्य प्राप्त होता है। इसका प्रतिशत संगठन निम्न है—बेन्जीन = 70%, टालुईन = 18%, जाइलीन = 6% तथा शेष अन्य हाइड्रोकार्बन होते हैं। इसका कैलोरी मान 10,200 किलोकैलोरी प्रति किलोग्राम होता है। इसकी ऑक्टेन संख्या 87-90 तक होती है। अत: यह अन्तर्दहन इंजनों के लिए एक अच्छा ईंधन है। इसका हिमांक (Freezing Point) कम होता है अत: इसका उपयोग ठण्डी जलवायु में नहीं किया जा सकता है। इसका उपयोग गैसोलीन के साथ मिलाकर किया जा सकता है।

## 2.4.4. पॉवर एल्कोहल (Power Alcohol)

एथिल एल्कोहल, बेन्जीन तथा पैट्रोल के मिश्रण को पॉवर एल्कोहल कहते हैं। इसका उपयोग अन्तर्दहन इंजनों में ईंधन के रूप में किया जाता है। पॉवर एल्कोहल में 80 प्रतिशत एथिल एल्कोहल तथा 20 प्रतिशत पैट्रोल व बेन्जीन मिश्रित होते है।

**पॉवर एल्कोहल का उपयोग—**

(i) पॉवर एल्कोहल की ऑक्टेन संख्या 90 होती है। अत: इसकी अपस्फोटनरोधी क्षमता बहुत अच्छी होती है।
(ii) पॉवर एल्कोहल से इंजन को स्टार्ट करने में कोई कठिनाई नहीं होती है।
(iii) एल्कोहल ईंधन में उपस्थित अशुद्धियों को अवशोषित कर लेता है।

## 2.4.5. एथिल एल्कोहल का औद्योगिक निर्माण (Commercial Preparation of Ethyl Alcohol)

गन्ने के रस के सान्द्रण से प्राप्त शीरे (Molasses) से एथिल एल्कोहल का निर्माण किण्वन विधि (Fermentation Process) द्वारा किया जाता है। शीरे में पानी मिलाकर इसे 10 प्रतिशत तक तनु (Dilute) कर लेते है। इसमें अमोनियम सल्फेट $[(NH_4)_2SO_4]$ मिलाते हैं तथा कुछ मात्रा में $H_2SO_4$ मिला देते हैं जिससे इसका pH मान बढ़कर 5 हो जाता है। इसमें यीस्ट मिलाकर लगभग 30°C ताप पर इसका किण्वन किया जाता है जिसमें लगभग 36 से 38 घण्टे का समय लगता है। यह अग्र अभिक्रियानुसार बनता है—

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

$$\underset{\text{सुक्रोज}}{C_{11}H_{22}O_{11}} + H_2O \longrightarrow \underset{\text{ग्लूकोज}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{फ्रक्टोज}}{C_6H_{12}O_6}$$

$$\underset{\text{ग्लूकोज या फ्रक्टोज}}{C_6H_{12}O_6} \xrightarrow{\text{जाइमेज}} \underset{\text{एथिल एल्कोहल}}{2C_2H_5OH} + 2CO_2 \uparrow$$

## 2.4.6. ईंधन की गुणवत्ता (Fuel Rating)

कोई ईंधन कितना अच्छा है इसके लिये एक मानक तैयार किया गया है जिसे ऑक्टेन संख्या या ऑक्टेन रेटिंग भी कह सकते हैं। कोई ईंधन एक अन्तर्दहन इन्जन को बिना नुकसान पहुँचाये अपना कार्य सुचारू रूप से करे इसके लिये किसी भी ईंधन की गुणवत्ता की परख होना जरूरी है। ईंधन की परख के लिये निम्न जानकारी का होना आवश्यक है। आगे हम आपको अपस्फोटन (Knocking), ऑक्टेन संख्या (Octane number), सीटेन संख्या (Cetane number) की जानकारी प्रस्तुत कर रहे हैं—

**अपस्फोटन** (Knocking)—गैसोलीन (पैट्रोल) अन्तर्दहन इंजनों में ईंधन के रूप में प्रयुक्त किया जाता है। इन इन्जनों में गैसोलीन की वाष्प और वायु का मिश्रण पहले पिस्टन द्वारा एक सिलिण्डर में संपीडित (Compressed) किया जाता है और फिर स्फुलिंग (Spark) प्रवाहित करके उसे प्रज्वलित किया जाता है। स्फुलिंग प्रवाहित करने पर एक अच्छा ईंधन उचित समय पर प्रज्वलित होता है तथा ईंधन समान रूप से जलता रहता है। अन्तर्दहन इंजन की दक्षता (Efficiency) संपीडन अनुपात (Compression Ratio) के साथ बढ़ती है, परन्तु संपीडन अनुपात एक सीमा से अधिक होने पर ईंधन एक समान गति से नहीं जलता तथा ईंधन का अन्तिम भाग प्रबल विस्फोट के साथ समय से पूर्व प्रज्वलित हो जाता है और एक धात्विक ध्वनि (Metallic Sound) उत्पन्न होती है। इसे ही अपस्फोटन कहते हैं। अपस्फोटन होने से ऊर्जा की हानि होती है तथा इंजन को भी नुकसान पहुँचता है।

**"ईंधन के अनियमित दहन से धात्विक ध्वनि का उत्पन्न होना अपस्फोटन कहलाता है।"**

"The metallic sound produced due to irregular burning of the fuel is termed as knocking."

**ऑक्टेन संख्या** (Octane Number)—पेट्रोल (गैसोलीन) की गुणवत्ता (Quality) का पता लगाने के लिये ऑक्टेन संख्या का प्रयोग किया जाता है। दरअसल अपस्फोटन (Knocking) ईंधन की प्रकृति पर निर्भर करता है। सीधी शृंखला वाले हाइड्रोकार्बन (Straight Chain Hydrocarbon) की अपस्फोटन दर शाखित शृंखला वाले हाइड्रोकार्बनों (Branched Chain Hydrocarbons) से अधिक होती है। पेट्रोल (गैसोलीन) वास्तव में नार्मल हेप्टेन तथा आइसो ऑक्टेन का मिश्रण होता है। आइसो ऑक्टेन का रासायनिक नाम 2, 2, 4-ट्राईमिथाइल पेन्टेन है। आइसो ऑक्टेन की ऑक्टेन संख्या को 100 माना गया है, जबकि *n*-हेप्टेन की ऑक्टेन संख्या शून्य होती है। यदि किसी पैट्रोल में आइसो ऑक्टेन (2, 2, 4-ट्राइमेथिल पेन्टेन) 80% है, जबकि *n*-हेप्टेन 20% है। अत: इस ईंधन की ऑक्टेन संख्या 80 होगी।

अत: ऑक्टेन संख्या की परिभाषा निम्न प्रकार दी जा सकती है—

**"किसी ईंधन की ऑक्टेन संख्या *n*-हेप्टेन और आइसो ऑक्टेन के उस मिश्रण में आइसो ऑक्टेन की प्रतिशतता है जिसका अपस्फोटक गुण ईंधन के नमूने के अपस्फोटक गुण से मिलता है।"**

**उदाहरण**–किसी ईंधन (गैसोलीन) के नमूने (Sample) की ऑक्टेन संख्या 85 होने का तात्पर्य यह है कि ईंधन का अपस्फोटक गुण उस मिश्रण के अपस्फोटक गुण से मिलता है जिसमें 85 प्रतिशत आइसो ऑक्टेन और 15 प्रतिशत *n*-हेप्टेन है।

**अपस्फोटनरोधी कारक (Antinocking Agent)–गैसोलीन ( पैट्रोल ) में कुछ ऐसे पदार्थ मिला दिये जाते हैं जो ईंधन के अपस्फोटन को कम कर देते हैं। जो पदार्थ अपस्फोटन को कम कर देते हैं उन्हें अपस्फोटनरोधी यौगिक कहते हैं। टेट्रा एथिल लैड, $(C_2H_5)_4Pb$ एक अपस्फोटनरोधी यौगिक है।** एक लीटर पैट्रोल में 0.15 से 0.5 मिली टेट्राएथिल लैड मिलाया जाता है। इसके साथ कुछ मात्रा में एथिलीन डाई-ब्रोमाइड ($C_2H_4Br_2$) भी मिलाया जाता है ताकि ईंधन के दहन से निकला लैड ऑक्साइड इंजन में इकट्ठा होने के बजाय एथिलीन डाई-ब्रोमाइड से क्रिया करके लैड ब्रोमाइड ($PbBr_2$) के रूप में अन्य गैसों के साथ बाहर निकल जाये। टेट्रा एथिल लैड (TEL) मिलाने पर ईंधन की ऑक्टेन संख्या में

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

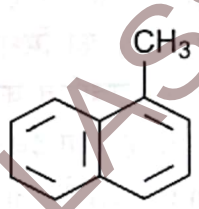
2 से 3 अंक की वृद्धि हो जाती है। टेट्रा-एथिल लैड के अतिरिक्त एनिलीन ($C_2H_5NH_2$), एथिल एल्कोहल ($C_2H_5OH$), टालूईन ($C_6H_5CH_3$) तथा बैन्जीन ($C_6H_6$) भी अपस्फोटनरोधी यौगिक के रूप में प्रयुक्त किये जाते हैं।

टेट्रा-एथिल लैड को पैट्रोल में मिलाने पर इसके दहन से वातावरण में लैड ऑक्साइड उत्सर्जित होता है जो कि वातावरण को प्रदूषित करता है। आजकल बाजार में लैड रहित पैट्रोल उपलब्ध है।

### 2.4.7. सीटेन संख्या (Cetane Number)

डीजल के ज्वलन गुण को प्रदर्शित करने के लिए सीटेन संख्या का प्रयोग किया जाता है। डीजल इंजन में ईंधन का भंजन तुरन्त नहीं होता। ईंधन के ज्वलन तथा दहन प्रारम्भ होने के मध्य लगने वाले समय को **ज्वलन विलम्ब** (Ignition Delay) कहते हैं। अच्छे डीजल ईंधन का ज्वलन विलम्ब कम से कम होना चाहिए।

सीटेन (नॉर्मल-हेक्सा डेकेन, $C_{16}H_{34}$) एक संतृप्त हाइड्रोकार्बन है। यह शीघ्र ही प्रज्वलित हो जाता है। इसकी सीटेन संख्या को 100 माना गया है। $\alpha$-मेथिल नैफ्थेलीन का ज्वलन विलम्ब सबसे अधिक होता है। अतः इसकी सीटेन संख्या को शून्य माना गया है।




$CH_3—(CH_2)_{14}—CH_3$

| $n$-हैक्साडेकेन (सीटेन) | $\alpha$-मेथिल नैफ्थेलीन |
|---|---|
| सीटेन संख्या = 100 | सीटेन संख्या = 0 |

अतः सीटेन संख्या को निम्न प्रकार परिभाषित किया गया है—

**"किसी ईंधन की सीटेन संख्या सीटेन तथा $\alpha$-मेथिल नैफ्थेलीन मिश्रण में सीटेन का वह प्रतिशत आयतन है जिसका ज्वलन विलम्ब समान परिस्थितियों में दिये गये डीजल ईंधन के ज्वलन विलम्ब के समान होता है।"**

**उदाहरण** के लिए—यदि किसी डीजल ईंधन की सीटेन संख्या 85 है तो इसका तात्पर्य है कि डीजल का ज्वलन विलम्ब 85% सीटेन तथा 15% $\alpha$-मेथिल नैफ्थेलीन के मिश्रण के समान है।

## 2.5. गैसीय ईंधन (Gaseous Fuel)

ऐसे ईंधन जो गैसीय अवस्था में होते हैं, गैसीय ईंधन कहलाते हैं; जैसे—कोल गैस, तेल गैस, वाटर गैस, प्रोड्यूसर गैस, बायो गैस, L.P.G., C.N.G. इत्यादि।

**गैसीय ईंधनों के प्रयोग के लाभ (Advantages of Gaseous Fuel)—**

(i) इनका कैलोरी मान अधिक होता है।
(ii) इनके प्रयोग से धुआँ या राख जैसे अवशिष्ट पदार्थ नहीं निकलते हैं।
(iii) इनका संग्रहण (Storage) व स्थानान्तरण (Transfer) सुविधाजनक होता है।
(iv) ये पर्यावरण को कम नुकसान पहुँचाते हैं।
(v) इनसे कम समय में अधिक ताप उत्पन्न किया जा सकता है।
(vi) इनके प्रयोग से ऊष्मा व्यर्थ नहीं होती है।
(vii) इनका प्रयोग अन्तर्दहन इंजनों में किया जा सकता है।
(viii) इनका दहन आसानी से हो जाता है तथा नियन्त्रण में रहता है।

**गैसीय ईंधनों के प्रयोग से हानियाँ (Disadvantages of Gaseous Fuel)—**

(i) इनके संग्रहण में महँगे टैंकों की आवश्यकता होती है।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

(ii) ये बाजार में आसानी से उपलब्ध नहीं होते हैं।

(iii) ये बहुत महँगे होते हैं।

(iv) इनके प्रयोग में भीषण दुर्घटना की आशंका बनी रहती है।

(v) इनके प्रयोग में अत्यधिक सावधानी बरतनी होती है।

## 2.5.1. प्राकृतिक गैस (Natural Gas)

प्राकृतिक गैस एक प्रमुख जीवाश्म (Fossil fuel) ईंधन है। यह आसानी से जलने लगता है तथा अत्यधिक उष्मा उत्पन्न करता है। प्राकृतिक गैसों के संघटकों में मुख्य रूप से मेथेन ($CH_4$) होती है तथा थोड़ी मात्रा में ऐथेन ($C_2H_6$) एवं प्रोपेन ($C_3H_8$) भी होती है। वास्तव में प्राकृतिक गैस में 95% मेथेन ($CH_4$) होती है। प्राकृतिक गैस चट्टानों के नीचे पैट्रोलियम के ऊपर स्थित होती है। प्राकृतिक गैस का निर्माण पृथ्वी की सतह के नीचे जल के अन्दर अवायुजीवी बैक्टीरिया (Anaerobic bacteria) द्वारा वनस्पतियों के ऑक्सीजन के अभाव में अपघटन से होता है।

**प्राकृतिक गैस के उपयोग (Uses of Natural Gas)—**

1. प्राकृतिक गैस का उपयोग घरेलू व व्यवसायिक गतिविधियों में ईंधन के रूप में किया जाता है।

2. प्राकृतिक गैस का उपयोग ताप शक्ति संयन्त्रों (Thermal Power Plants) में विद्युत ऊर्जा के उत्पादन में ईंधन की तरह किया जाता है।

3. संपीडित प्राकृतिक गैस (Compressed Natural Gas, C.N.G.) का उपयोग आजकल वाहनों में ईंधन के रूप में किया जाता है।

### संपीडित प्राकृतिक गैस (Compressed Natural Gas) (C.N.G.)

यह गैस तेल के कुँओं में पैट्रोलियम के साथ पाई जाती है। यह कोयले की खानों में भी पाई जाती है। सी०एन०जी० को **मार्श गैस** भी कहते हैं। गैस में मेथेन $CH_4 = 95\%$, ऐथेन $C_2H_6 = 4\%$ तथा अन्य हाइड्रोकार्बन अल्प मात्रा में होते हैं। इसका ऊष्मीय मान लगभग 50 kJ/g होता है। यह गैस तीव्र नीली लौ के साथ जलती है। यह उच्च दाब पर द्रवित करके सिलेण्डरों में भर ली जाती है। इसे संप्रक्त प्राकृतिक गैस भी कहा जाता है।

**उपयोग**—सी०एन०जी० का उपयोग भी मुख्यत: घरेलू ईंधन व मोटर ईंधन के रूप में प्रयोग किया जाता है।

## 2.5.2. पैट्रोलियम गैस (Petroleum Gas)

पैट्रोलियम गैस का मुख्य संघटक ब्यूटेन है तथा इसमें थोड़ी मात्रा में ऐथेन व प्रोपेन गैस भी होती हैं। अत: हम कह सकते हैं कि पैट्रोलियम गैस तीन गैसों ब्यूटेन, प्रोपेन व ऐथेन का मिश्रण है। तीनों गैसें आसानी से ज्वलनशील हैं तथा जलने पर उष्मा उत्पन्न करती हैं। पैट्रोलियम के प्रभाजी आसवन (Fractional Distillation) से पैट्रोलियम गैस प्राप्त होती है। इसे पैट्रोल के भंजन (Cracking) से भी प्राप्त किया जा सकता है। ब्यूटेन, प्रोपेन व ऐथेन सामान्य दाब (Atmospheric Pressure) पर गैसीय अवस्था में रहती है किन्तु इन्हें दाब लगाकर द्रवित (Liquified) किया जा सकता है। जब पैट्रोलियम गैस को दाब लगाकर द्रवित कर लिया जाता है तब इसे द्रवित पैट्रोलियम गैस (Liquified Petroleum Gas) L.P.G. कहते हैं।

### द्रवित पैट्रोलियम गैस (Liquified Petroleum Gas) (L.P.G.)

एल०पी०जी० सामान्यतया अधिक वाष्पशील (Volatile) संतृप्त तथा असंतृप्त हाइड्रोकार्बनों का सामान्य ताप व दाब पर गैसीय मिश्रण है जो कि उच्च दाब पर द्रव अवस्था में रहता है। इसमें मुख्यत: $n$-ब्यूटेन = 27%, आइसो ब्यूटेन = 43%, प्रोपेन = 2.5%, ब्यूटीन 25% तथा प्रोपीन 2.5% होते हैं। इसमें सर्वाधिक मात्रा आइसोब्यूटेन की होती है।

इसका कैलोरी मान 50 KJ / g होता है।

इसे दाब लगाकर द्रवित किया जा सकता है। दाब हटाने पर यह पुन: गैसीय अवस्था में आ जाती है। यह इण्डेन, भारत, इन्दु गैस आदि व्यापारिक नामों के अन्तर्गत सिलिण्डरों में उपलब्ध होती है। यह गैस अत्यन्त ज्वलनशील होती है अत:

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

लीक होने की स्थिति में दुर्घटना का खतरा बना रहता है, क्योंकि यह गंधहीन होती है अत: इसके लीकेज का पता लगाने के लिये इसमें **एथिल मर्केप्टन ($C_2H_5SH$)** पदार्थ मिला दिया जाता है।

**उपयोग** (Uses)—इसका उपयोग घरेलू ईंधन के रूप में मुख्य रूप से किया जाता है। यह मोटर ईंधन के रूप में भी प्रयोग की जा रही है।

**एल०पी०जी० के लाभ (Advantages of L.P.G.)—**

1. एल०पी०जी० का कैलोरीमान (Calorific value) उच्च होता है, इसलिये यह एक अच्छा ईंधन है। इसका कैलोरीमान 50 KJ / g होता है अर्थात् एक ग्राम LPG के जलाने से 50 किलो जूल उष्मा उत्पन्न होती है।
2. L.P.G. बिना धुँआं उत्पन्न किये जलती है अत: यह पर्यावरण व मानव स्वास्थ्य दोनों के लिये लाभकारी है।
3. L.P.G. जलने पर कोई जहरीली गैस उत्पन्न नहीं होती।
4. L.P.G. एक साफ-सुथरा घरेलू ईंधन है।
5. इसका प्रयोग व भण्डारण (Storage) दोनों ही आसान है।

**L. P. G. के खतरे (Dangers of L.P.G.)**—इसमें कोई शक नहीं कि L.P.G. एक बहुत ही अच्छा घरेलू ईंधन है लेकिन इसके खतरे भी हैं। L.P.G. एक अत्यन्त ज्वलनशील (Highly inflammable) गैस है। गैस स्टोव, रबर पाइप, रेगुलेटर या फिर गैस सिलेन्डर से L.P.G. का रिसाव (Leakage) किचन में भयानक आग दुर्घटना या विस्फोट कर सकता है। गैस रिसाव होने पर माचिस की तीली या लाइट पंखे का स्विच ऑन करने पर उत्पन्न चिंगारी से भी L.P.G. आग पकड़ लेती है और भयानक दुर्घटना को जन्म दे सकती है। गैस लीक होने की स्थिति में कुछ जरूरी सावधानियाँ बरतने पर दुर्घटना से बचा जा सकता है।

**L. P. G. के प्रयोग में सावधानियाँ (Precautions for Using L. P. G.)—**

1. किचन में माचिस जलाने से पहले आश्वस्त हो जायें कि गैस का लीकेज तो नहीं है।
2. गैस सिलेंडर के पास लालटेन, कैरोसीन स्टोव या विद्युत हीटर का प्रयोग नहीं करना चाहिए।
3. यदि गैस सिलेंडर लीक है तो उसका प्रयोग नहीं करना चाहिए तथा तुरन्त गैस ऐजेंसी को सूचित करके उसे बदल लेना चाहिए।
4. रबर पाइप उत्तम क्वालिटी की होनी चाहिए तथा उसे समय-समय पर चैक करते रहना चाहिए।
5. गैस सिलेंडर को सावधानीपूर्वक उतारना-चढ़ाना चाहिए ताकि वह किसी भी तरह क्षतिग्रस्त न हो जाये।
6. पहले रेगुलेटर को ऑन करना चाहिए उसके पश्चात् गैस स्टोव को जलाना चाहिए।
7. पहले गैस सिलेंडर के रेगुलेटर को बन्द करना चाहिए उसके पश्चात् गैस स्टोव को बन्द करना चाहिए।
8. जब गैस का प्रयोग नहीं हो रहा हो तब रेगुलेटर से गैस को बन्द कर देना चाहिए।

## 2.5.3. प्रोड्यूसर गैस (Producer Gas)

प्रोड्यूसर गैस मुख्य रूप से कार्बन मोनो-ऑक्साइड (CO) तथा नाइट्रोजन ($N_2$) का मिश्रण होती है। प्रोड्यूसर गैस का औसत संगठन निम्न प्रकार है—

$$CO = 34.7\%,\ N_2 = 65.3\%,\ CH_4 \text{ तथा } CO_2 = 2.5 \text{ से } 5\%$$

**निर्माण विधि** (Procedure)—प्रोड्यूसर गैस बनाने का संयन्त्र लोहे की चादरों की बनी एक भट्टी होती है। इसमें अन्दर की तरफ अग्निसह ईंटों का अस्तर लगा होता है। भट्टी के बीच में हॉपर की सहायता से कोक डालते हैं। कोक का ताप लगभग 1100°C रखते हैं। कोक पर नीचे से गर्म वायु प्रवाहित करने पर भट्टी के ऊपरी भाग से प्रोड्यूसर गैस निकलती है।

**रासायनिक अभिक्रियाएँ (Chemical Reactions)—**

$$C + O_2 \rightarrow CO_2 \ ; \ \Delta H = -94.3 \text{ किलोकैलोरी}$$

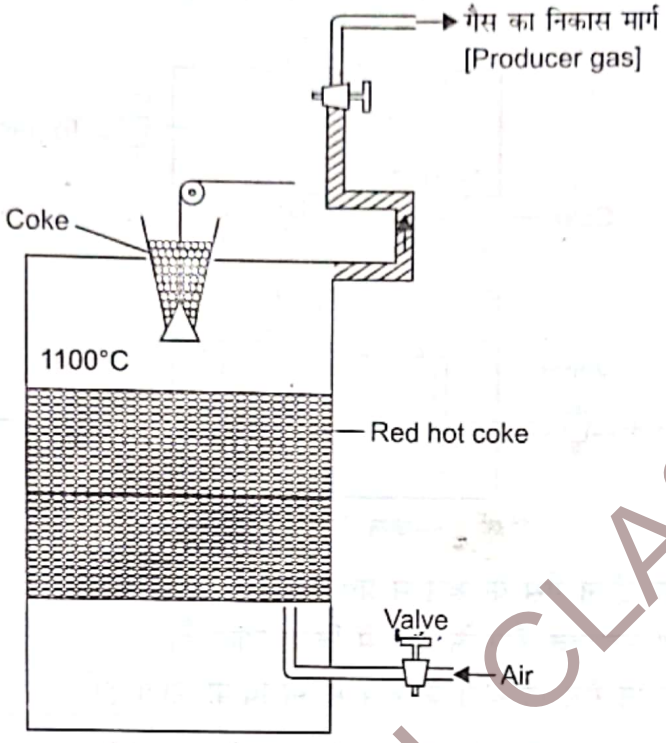
$$CO_2 + C \rightarrow 2CO \ ; \ \Delta H = +42.3 \text{ किलोकैलोरी}$$

$$2C + O_2 \rightarrow 2CO \ ; \ \Delta H = -52.0 \text{ किलोकैलोरी}$$

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

**गुण** (Properties) : यह एक विषैली तथा जल में अविलेय गैस है। प्रोड्यूसर गैस का कैलोरी मान अन्य गैसीय ईंधनों की तुलना में सबसे कम है।




**चित्र 2.4–प्रोडयूसर गैस बनाने की विधि**

**उपयोग** (Uses)—(i) यह धातुकर्म (Metallurgy) प्रक्रमों में अपचायक (Reducing agent) के रूप में प्रयोग की जाती है।

(ii) यह स्टील तथा काँच के निर्माण में प्रयुक्त सीमेन्स-मार्टिन खुली भट्टी (Open Hearth Furnace) में प्रयुक्त की जाती है।

## 2.5.4. भाप अंगार गैस या जल गैस (Water Gas)

जल गैस मुख्य रूप से कार्बन मोनो-ऑक्साइड तथा हाइड्रोजन का मिश्रण होती है। वाटर गैस का औसत संगठन निम्न प्रकार है—

$$CO = 41\%,\ H_2 = 51\%,\ N_2 = 4\%,\ CO_2 = 4\%$$

वाटर गैस का कैलोरी मान 2800 किलोकैलोरी प्रति घन मीटर होता है।

**निर्माण विधि** (Procedure)—वाटर गैस रक्त तप्त कोक पर भाप प्रवाहित करके बनाई जाती है। इसे बनाने का उपकरण चित्र में दर्शाया गया है। इस संयन्त्र में लोहे की चादर की बनी एक भट्टी होती है जिनके अन्दर की तरफ अग्निसह ईंटों का अस्तर लगा होता है। भट्टी के बीच में हॉपर की सहायता से कोक डालते हैं।

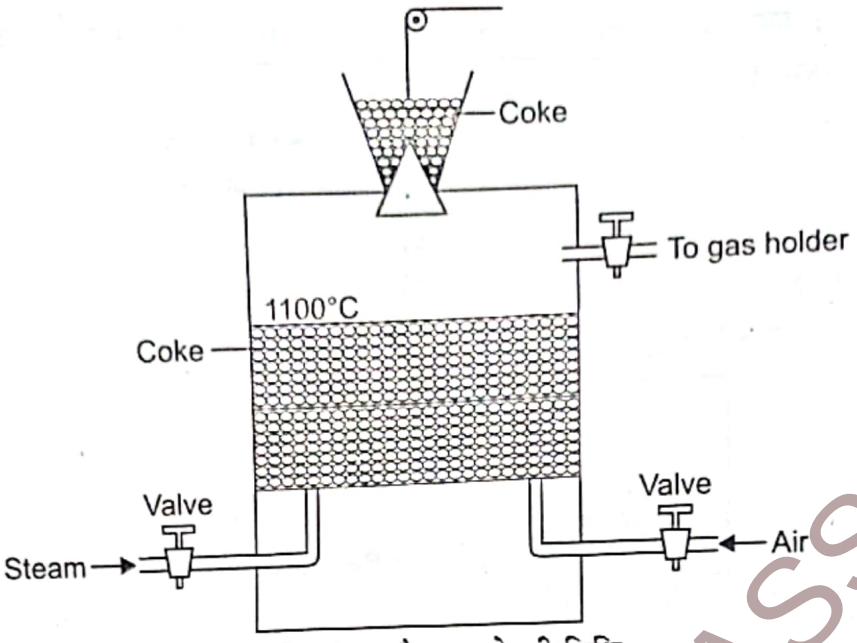
$$C + O_2 \xrightarrow{\text{वाष्प}} \underbrace{CO + H_2}; \qquad \Delta H = 29000 \text{ कैलोरी}$$

वाटर गैस बनाने की क्रिया ऊष्माशोषी (Endothermic) होती है, इसलिए कोक धीरे-धीरे ठण्डा होने लगता है। अत: कुछ समय तक भाप प्रवाहित करना बन्द कर देते हैं और वायु प्रवाहित करते हैं। चूँकि इस क्रिया में ऊष्मा उत्पन्न होती है अत: कोक पुन: गर्म रहता है। इस प्रकार कोक का ताप 1100°C रखने के लिए बारी-बारी से भाप तथा वायु प्रवाहित करते रहते हैं। इसे **नीली गैस** भी कहते हैं।

**गुण** (Properties)—यह गन्धहीन, विषैली गैस है। इसमें तीव्र गन्ध वाले पदार्थ मिला दिये जाते हैं जिससे वाटर गैस के लीक होने का शीघ्र पता चल जाता है।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner




चित्र 2.5–जल गैस बनाने की विधि

**उपयोग** (Uses)—(i) यह ईंधन गैस के रूप में प्रयोग की जाती है।

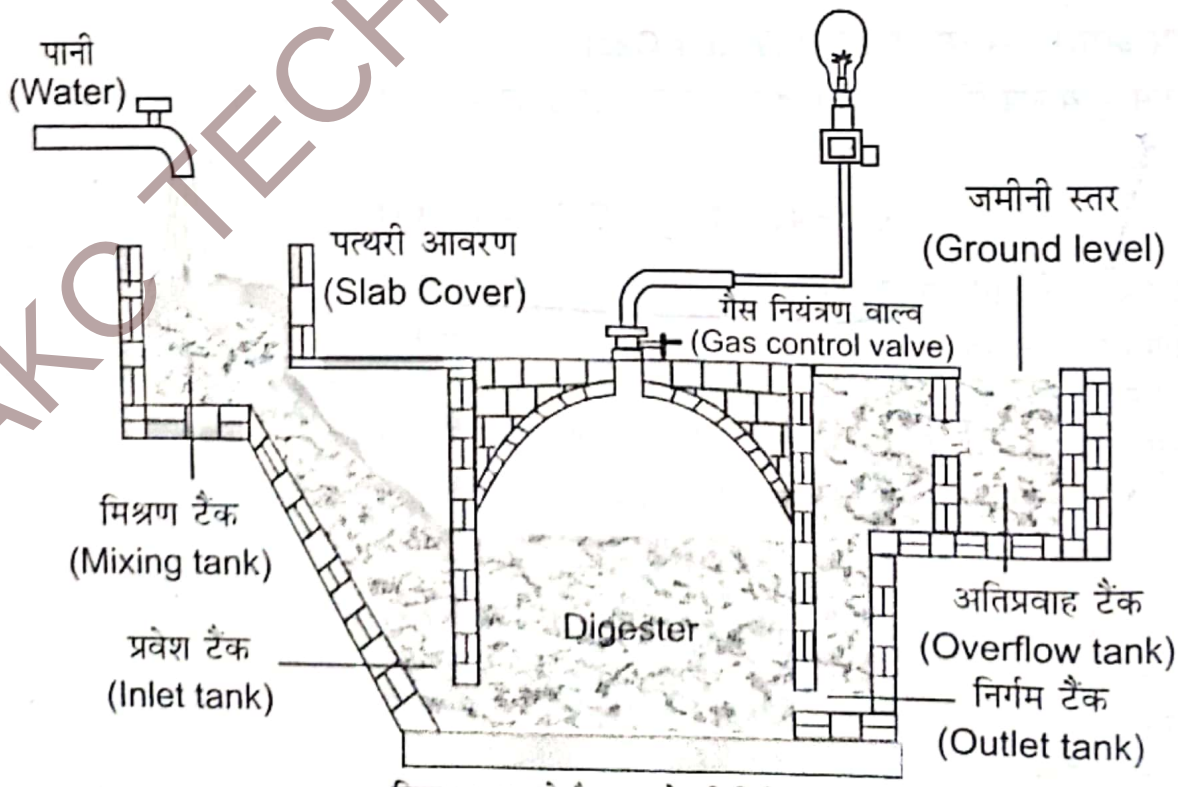
(ii) इसका उपयोग प्रकाश उत्पादक गैस के रूप में किया जाता है।

(iii) इसका उपयोग हाइड्रोजन गैस के स्रोत के रूप में भी किया जाता है।

## 2.5.6. बायो गैस (Bio Gas)

कार्बनिक पदार्थों का वायु की अनुपस्थिति में अवायुजीवी जीवाणुओं (Anaerobic Bacteria) द्वारा अपघटन होने पर उत्पन्न गैस को बायो गैस कहते हैं। यह गैस मुख्यत: गोबर से बनायी जाती है इसलिये इसे **गोबर गैस** भी कहते हैं। बायो गैस का औसत संगठन निम्न प्रकार है—

मेथेन = 50–60%, $CO_2$ = 30–40%, $H_2$ = 5–10%, $N_2$ = 2–6%, $H_2S$ = 0.8%




चित्र 2.6–बायो गैस बनाने की विधि

AKG TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

**निर्माण विधि** (Procedure)—बायो गैस के निर्माण का संयन्त्र ऊपर चित्र में प्रदर्शित किया गया है। इसके निर्माण हेतु गोबर तथा पानी की समान मात्रा का मिश्रण गोबर गैस संयन्त्र में ऊपर तक भर दिया जाता है। गोबर का वायु की अनुपस्थिति में किण्वन होने में 50 से 60 दिन का समय लगता है। किण्वन हेतु तापमान 30–35°C उपयुक्त रहता है। बनने वाली बायो गैस संयन्त्र में ऊपर की तरफ एकत्रित हो जाती है। यह गैस गोबर पर दाब डालती है और गोबर को निकास द्वार से बाहर निकलने को बाध्य करती है। निकला हुए गोबर खेतों में खाद के रूप में प्रयुक्त होता है। इस गैस को पाइपों के द्वारा गैस स्टोव तक ले जाते हैं।

**उपयोग** (Uses)—बायोगैस के मुख्य उपयोग निम्न हैं—

(i) खाना बनाने में।

(ii) गाँवों में प्रकाश उत्पन्न करने में।

(iii) इन्जनों को चलाने में ईंधन के रूप में।

**बायो गैस का आदर्श ईंधन के रूप में लाभ (Advantages of Bio Gas as an Ideal Fuel)—**

(1) इसके उत्पादन में कम खर्च आता है।

(2) इसके जलाने पर धुआँ नहीं निकलता है।

(3) इसका कैलोरी मान अधिक होता है।

(4) इसे संग्रहण करने की कोई समस्या नहीं है।

(5) इसमें विषैली कार्बन मोनो-ऑक्साइड गैस नहीं होती है।

(6) यह गैसीय ईंधनों में सबसे सस्ती होती है।

## 2.5.7. प्रज्वलन या स्फुरांक बिन्दु (Flash Point)

किसी द्रव ईंधन का स्फुरांक बिन्दु वह न्यूनतम ताप होता है जिसके नीचे ईंधन की वाष्प और वायु का मिश्रण ज्वलनशील नहीं होता है। हमारे देश में स्फुरांक बिन्दु 43°C है। फ्लैश प्वाइंट के ज्ञान से आग से होने वाली दुर्घटनाओं में कमी लायी जा सकती है। घरेलू कार्यों के लिए उपयोग में लाये जाने वाले द्रव ईंधनों का फ्लेश प्वाइंट उच्च होना चाहिए। पैट्रोल का फ्लैश प्वाइंट कम होता है जिसके कारण इससे दुर्घटनाओं की सम्भावना अधिक होती है।

## 2.5.8. भंजन (Cracking)

उच्च अणुभार वाले हाइड्रोकार्बनों को उच्च ताप (500-600°C) पर गर्म करने पर यह निम्न अणुभार वाले हाइड्रोकार्बनों में अपघटित हो जाते हैं। इस प्रक्रिया को भंजन कहते हैं।

**उदाहरण** के लिए—*n*-डेकेन को 600°C ताप पर गर्म करने से कुछ सम्भावित उत्पाद निम्न हो सकते हैं—

$$\underset{\substack{n\text{-डेकेन}\\(C_{10}H_{22})}}{CH_3—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_3} \xrightarrow{600°C} \begin{cases} CH_4 + CH_2=CH—CH_2—C_6H_{13} \\ \text{(मेथेन)} \qquad \text{(1-नोनीन)} \\ C_2H_6 + CH_2=CH—C_6H_{13} \\ \text{(एथेन)} \qquad \text{(1-ऑक्टीन)} \\ CH_2=CH_2 + CH_3—CH_2—C_6H_{13} \\ \text{(एथिलीन)} \qquad \text{(}n\text{-ऑक्टेन)} \end{cases}$$

भंजन को ताप अपघटन (Pyrolysis) भी कहते हैं। भंजन दो प्रकार का होता है—

(i) **तापीय भंजन** (Thermal Cracking)—जब उच्च ताप व उच्च दाब पर उत्प्रेरक की अनुपस्थिति में भंजन कराया जाता है तो इसे तापीय भंजन कहते हैं।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

उदाहरण—

$$C_{15}H_{32} \xrightarrow{\Delta} C_6H_{14} + C_5H_{12} + C_3H_6 + C$$

n-पेन्टाडेकेन n-हेक्सेन n-पेन्टेन प्रोपीन कार्बन

(ii) **उत्प्रेरकीय भंजन** (Catalytic Cracking)—जब भंजन उत्प्रेरक की उपस्थिति में कराया जाता है तो इसे उत्प्रेरकीय (उत्प्रेरण) भंजन कहते हैं। उत्प्रेरक की उपस्थिति में भंजन कम ताप और कम दाब पर कराया जा सकता है।

## 2.5.9. संश्लेषित पैट्रोल या गैसोलीन (Synthesized Petrol or Gasoline)

द्वितीय विश्व युद्ध के कारण विश्व में पैट्रोल का अभाव होने लगा था। इस अभाव की पूर्ति करने के लिए जर्मन वैज्ञानिकों ने कोयले से पैट्रोल बनाने की विधियाँ प्रस्तुत कीं जो कि निम्न हैं—

(i) **बर्जीयस प्रक्रम** (Bergius Process)—बर्जीयस द्वारा प्रस्तुत की गई इस विधि में कोयले का हाइड्रोजनीकरण, उत्प्रेरक की उपस्थिति तथा उच्च दाब पर किया जाता है। इस विधि में आयरन ऑक्साइड उत्प्रेरक की उपस्थिति में 475°C ताप और 200 वायुमण्डलीय दाब पर कोयले का हाइड्रोजनीकरण किया जाता है जिससे हाइड्रोकार्बनों का द्रव मिश्रण प्राप्त होता है। इसका शोधन पैट्रोलियम की तरह प्रभाजी आसवन विधि द्वारा किया जाता है।

$$\text{Coal} + H_2 \xrightarrow[\substack{475°C \\ 200\ atm}]{Fe_2O_3} \text{हाइड्रोकार्बनों का द्रव मिश्रण}$$

(ii) **फिशर-ट्रॉप्श या सिन्थाइन प्रक्रम** (Fischer-Tropsch or Synthine Process)—फिशर और ट्रॉप्श द्वारा प्रस्तुत विधि में गैसोलीन का संश्लेषण उत्प्रेरक की उपस्थिति और उच्च ताप पर सिन्थेसिस गैस से किया जाता है। इस विधि में सिन्थेसिस गैस (कार्बन मोनो-ऑक्साइड और हाइड्रोजन का मिश्रण) 200-300°C ताप और 1-10 वायुमण्डलीय दाब पर कोबाल्ट उत्प्रेरक ($Co + ThO_2 + MgO + Kieselguhr$) पर प्रवाहित करते हैं जिससे हाइड्रोकार्बनों का द्रव मिश्रण और जल बनाते हैं।

$$x\,CO + yH_2 \xrightarrow[\substack{200\text{-}300°C \\ 1\text{-}10\ atm}]{} \text{हाइड्रोकार्बनों का द्रव मिश्रण} + \text{जल}$$

## 2.6. हाइड्रोजन भविष्य के ईंधन के रूप में (Hydrogen as a Future Fuel)

हाल के वर्षों में हाइड्रोजन को ईंधन के विकल्प के रूप में प्रयोग किया जाने लगा है। भविष्य में इसके प्रयोग हेतु अनुसंधान जारी हैं। यदि हम हाइड्रोजन को ईंधन के रूप में प्रयोग करने की सुविधाजनक तकनीक हासिल करने में कामयाब हो जाते हैं तो यह एक क्रान्ति की शुरूआत होगी। इसके प्रयोग से विदेशी देशों पर डीजल-पैट्रोल की निर्भरता में कमी आयेगी और साथ ही ग्रीन हाउस गैसों के उत्सर्जन में भी कमी आयेगी। हम कह सकते हैं कि हाइड्रोजन का प्रयोग सस्ता व सुलभ तो रहेगा ही पर्यावरण के लिये भी उपयोगी सबित होगा। हाइड्रोजन पृथ्वी की भूपर्पटी (Earth crust) में प्रचुर मात्रा में पाया जाने वाला तत्त्व है। प्राकृतिक हाइड्रोजन सदैव अन्य तत्त्वों के साथ संयुक्त रहती है; जैसे जल, कोयला, पैट्रोलियम इत्यादि। यह एक हल्का तत्त्व है तथा यह सामान्य ताप व दाब पर गैस के रूप में पाया जाता है।

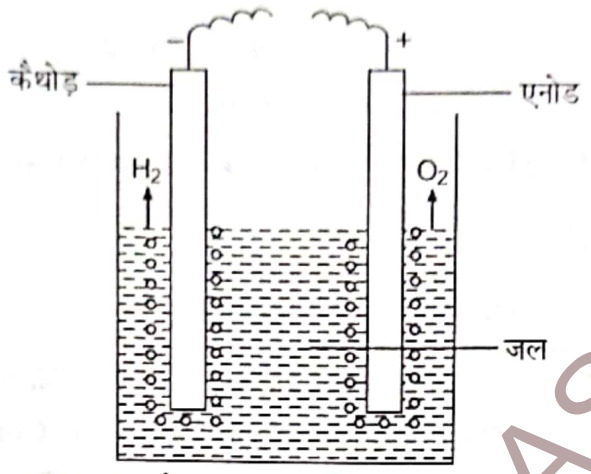
हाइड्रोजन को ऊर्जा का द्वितीयक स्रोत माना जाता है। इसे भविष्य का ईंधन कहकर पुकारा जा रहा है, क्योंकि यह अधिक मात्रा में मौजूद है, न्यूनतम प्रदूषण उत्सर्जित करता है, इसका प्रयोग यातायात के लिये, गर्म करने के लिये तथा ऊर्जा उत्पन्न करने के लिये किया जा सकता है। हाइड्रोजन को पाइपलाइन के द्वारा दूर प्रदेशों तक आसानी से तथा कम खर्च में स्थानान्तरित किया जा सकता है।

**हाइड्रोजन का उत्पादन** (Production of Hydrogen)—क्योंकि हाइड्रोजन पृथ्वी पर हाइड्रोजन गैस के रूप में नहीं पायी जाती है तथा इसे अन्य यौगिकों से पृथक् किया जाता है।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

हाइड्रोजन का उत्पादन करने के लिये वैद्युत अपघटन (Electrolysis) का प्रयोग किया जाता है। वैद्युत अपघटन की प्रक्रिया में जल में विद्युत प्रवाहित की जाती है। इस विधि में प्लेटिनम धातु के दो इलेक्ट्रोडों की सहायता से जल में विद्युत प्रवाहित की जाती है। कैथोड़ पर हाइड्रोजन गैस व एनोड पर ऑक्सीजन गैस उत्पन्न होती है। वैद्युत अपघटन की क्रिया को निम्न चित्र में प्रदर्शित किया गया है।



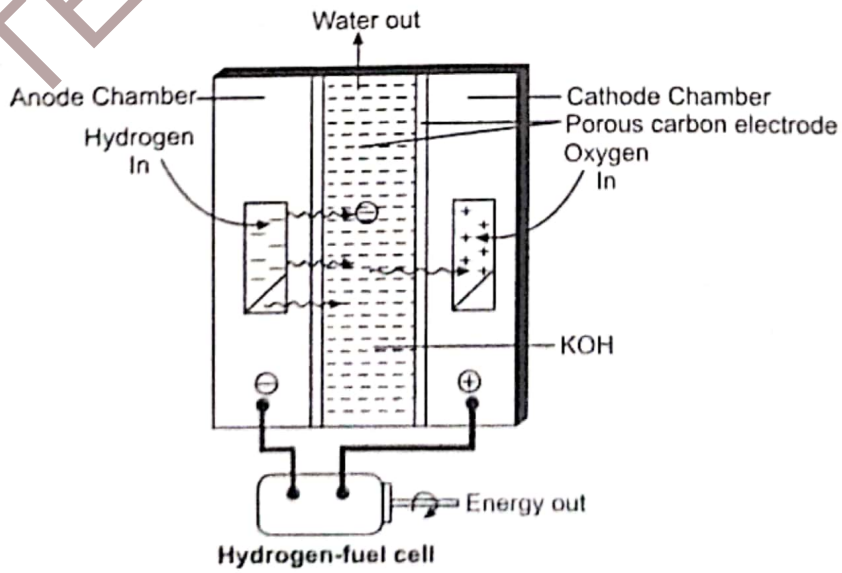

चित्र 2.7–जल का वैद्युत अपघटन (Electrolysis of Water)

हाइड्रोजन के उत्पादन में सबसे बड़ी कठिनाई यह है कि जल के वैद्युत अपघटन से इसका उत्पादन अत्यधिक खर्चीला है।

**हाइड्रोजन के प्रयोग** (Uses of Hydrogen)—वर्तमान में संयुक्त राज्य अमेरिका (USA) की अन्तरिक्ष एजेंसी NASA अपने अन्तरिक्ष कार्यक्रमों में हाइड्रोजन का प्रयोग ईंधन के रूप में कर रहा है। द्रवित हाइड्रोजन का प्रयोग स्पेश शटल व रॉकेट में ईंधन के रूप में हो रहा है। जबकि हाइड्रोजन ईंधन सैल का प्रयोग शटल की अन्य इलेक्ट्रॉनिक प्रणालियों को ऊर्जा उपलब्ध कराता है।

### 2.6.1. हाइड्रोजन ईंधन-सैल (Hydrogen Fuel Cell)

यह एक पर्यावरण हितैषी (Environment Friendly) सैल है। इस सैल में प्रमुख रूप से हाइड्रोजन गैस ($H_2$) व ऑक्सीजन गैस ($O_2$) का प्रयोग किया जाता है। $H_2$ गैस ईंधन के रूप में तथा $O_2$ ऑक्सीकारक के रूप में प्रयुक्त होती है। हाइड्रोजन सैल का आरेख नीचे प्रदर्शित है।




चित्र 2.8

इस सैल में दो सरन्ध्र, कार्बन इलेक्ट्रोड (Porous Carbon Electrode) सैल को तीन कक्षों में विभाजित करते हैं। कार्बन इलेक्ट्रोड्रों में प्लेटिनम या पैलेडियम उत्प्रेरक भर दिया जाता है। मध्य के कक्ष में पोटेशियम हाइड्रॉक्साइड (KOH)

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

का लगभग 200° C ताप और 20 – 40 वायुमण्डलीय दाब पर सान्द्र जलीय विलयन (विद्युत अपघट्य) भरा रहता है। एनोड कक्ष से हाइड्रोजन गैस और कैथोड़ कक्ष से होकर ऑक्सीजन गैस प्रवाहित की जाती है। जहाँ एनोड पर हाइड्रोजन का ऑक्सीकरण (Oxidation) तथा कैथोड़ पर ऑक्सीजन का अपचयन (Reduction) होता है। इस पूरी अभिक्रिया में $H_2$ व $O_2$ के संयोग से $H_2O$ का निर्माण होता है।

ऐनोड पर, $$2H_2 \longrightarrow 4H^+ + 4e^-$$

$$4H^+ + 4OH^- \rightleftharpoons 4H_2O$$

$$2H_2(g) + 4OH^-(aq) \longrightarrow 4H_2O(l) + 4e^-$$

कैथोड पर, $$O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^- \longrightarrow 4OH^-(aq)$$

---

कुल अभिक्रिया, $$2H_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2H_2O(l)$$

---

इस सैल का उपयोग अपोलो और जैमिनी अन्तरिक्ष प्रक्षेपण में विद्युत ऊर्जा प्रदान करने के लिये किया गया था। इसमें प्रमुख बात ये थी कि सैल से प्राप्त जल वाष्प (Water vapour) को संघनित (Condense) करके प्राप्त जल को अन्तरिक्ष यात्रियों के पीने के लिये उपयोग किया गया था। क्योंकि इस सैल का निर्माण **बेकन (Becon)** ने किया इसलिए इसे **बेकन सैल (Becon Cell)** भी कहते हैं।

इस सेल में, KOH / NaOH के स्थान पर फॉफोरिक अम्ल का प्रयोग भी विद्युत-अपघट्य के रूप में किया जा सकता है। इस स्थिति में तापमान को लगभग 200° C रखा जाता है जिस पर विद्युत-अपघट्य बहुलकीकृत होकर पॉलीफॉस्फोरिक अम्ल देता है, जो माध्यम की आयनिक चालकता को अत्यधिक बढ़ा देता है। इस प्रक्रम में प्रयुक्त उत्प्रेरक Pd — Co — Cr मिश्रधातु का बना होता है।

**ईंधन सेलों के लाभ (Advantages of Fuel Cells)—**

ईंधन सेल, सामान्य सेलों की अपेक्षा निम्न कारणों से अधिक महत्त्वपूर्ण होते हैं,

(i) ये सेल प्रदूषण मुक्त होते हैं तथा भविष्य में इनके महत्त्व को देखते हुए अनेक प्रकार के ईंधन सेलों को निर्मित करके इनका परीक्षण किया जा रहा है।

(ii) गैसों की लगातार आपूर्ति के कारण, ईंधन सेल कभी मृत नहीं होते हैं तथा लगातार प्रयोग में लाये जा सकते है।

(iii) ये सामान्यतया 70 – 140° C पर कार्य करते हैं।

(iv) इनकी क्षमता अन्य ऊर्जा संयन्त्रों की अपेक्षा अधिक (= 70%) होती है।

(v) ये प्रदूषण मुक्त होते हैं।

ईंधन सेल की ऊष्मागतिकीय क्षमता की गणना निम्न सूत्र की सहायता से की जा सकती है।

सैद्धान्तिक ऊष्मागतिकीय क्षमता $(\eta) = \dfrac{\Delta G}{\Delta H} = -\dfrac{nEF}{\Delta H}$

**ईंधन सेलों की सीमाएँ (Limitations of Fuel Cells)—**

यद्यपि ईंधन सेल अत्यधिक महत्त्वपूर्ण होते हैं, परन्तु इनकी कुछ सीमाएँ भी हैं, जो निम्न प्रकार हैं

(i) विद्युत-अपघट्यों के प्रयोग के कारण इनमें जंग (Rust) लग जाता है।

(ii) गैसीय ईंधन द्रव विद्युत-अपघटय तथा ठोस उत्प्रेरक के मध्य सम्पर्क बनाना कठिन होता है।

(iii) प्रयुक्त उत्प्रेरक अत्यधिक महँगा होता है।

(iv) निम्न ताप तथा उच्च दाब पर गैसीय ईंधनों का रखरखाव अत्यधिक कठिन कार्य है।

## 2.6.2. नाभिकीय ईंधन (Nuclear Fuels)

नाभिकीय ईंधन वह ईंधन होता है जिसका प्रयोग नाभिकीय ऊर्जा संयन्त्रों (Nuclear Power Plants) में ईंधन के रूप में किया जाता है। नाभिकीय ईंधन इन संयन्त्रों में नाभिकीय विखण्डन (Nuclear Fission) की अभिक्रिया के द्वारा विखण्डित

AKC TECHNICAL CLASSES

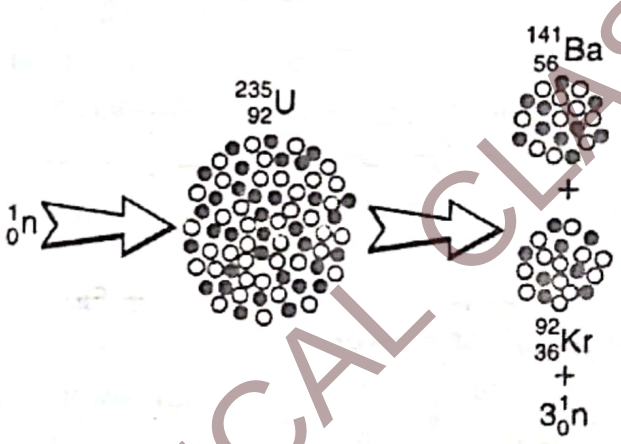
Scanned with CamScanner

होते हैं तथा इस किया में अत्यधिक उष्मा उत्सर्जित होती है जिसका प्रयोग टरबाइनों द्वारा विद्युत के उत्पादन में किया जाता है। यूरेनियम-235 (U-235) एवं प्लूटोनियम-239 (Pt-239) नाभिकीय ईंधन के रूप में प्रयुक्त किये जाते हैं।

## नाभिकीय विखण्डन
## (Nuclear Fission)

मध्यम द्रव्यमान के नाभिकों की तुलना में भारी नाभिक (जैसे यूरेनियम-235) कम स्थायी होते हैं तथा पर्याप्त ऊर्जा मिलने पर मध्यम द्रव्यमान के दो खण्डों में विभक्त हो सकते हैं।

सन् 1939 में जर्मन वैज्ञानिक ओटो हॉन (Otto Hann) और एफ० स्ट्रॉसमैन (F. Strassman) ने ज्ञात किया कि जब यूरेनियम-235 पर मन्द गति (Slow) के न्यूट्रॉनों की बौछार की जाती है तो यूरेनियम-235 का भारी नाभिक मध्यम द्रव्यमान के दो नाभिकों में विभक्त (Split) हो जाता है और इसके साथ बहुत अधिक ऊर्जा उत्सर्जित होती है। इस नाभिकीय अभिक्रिया को **नाभिकीय विखण्डन** कहते हैं, तथा नाभिकीय विखण्डन में मुक्त ऊर्जा को **नाभिकीय ऊर्जा** (Nuclear energy) कहते हैं।




**चित्र 2.9–यूरेनियम-235 का नाभिकीय विखण्डन**

फर्मी के अनुसार यूरेनियम-235 का नाभिकीय विखण्डन मुख्यत: निम्नलिखित समीकरण के अनुसार होता है।

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \longrightarrow ^{141}_{56}Ba + ^{92}_{36}Kr + 3^{1}_{0}n + \text{ऊर्जा } (= 200\,MeV)$$

यूरेनियम-235 का नाभिकीय विखण्डन एक शृंखला अभिक्रिया (Chain reaction) है, जिसे आरम्भ करने के लिए न्यूट्रॉनों से प्रक्षेपण (Bombardment बौछार) करना आवश्यक है। यूरेनियम-235 पर जब मन्द गति के न्यूट्रॉनों की बौछार होती है तो U-235 का परमाणु एक न्यूट्रॉन को अवशोषित (Absorb) कर लेता है, जिससे U-236 बन जाता है। U-236 का नाभिक अत्यधिक अस्थायी होने के कारण तुरन्त दो खण्डों में विभक्त हो जाता है और न्यूट्रॉन तथा बहुत अधिक उर्जा मुक्त होती है (चित्र 2.10)। क्रिया में निर्मुक्त न्यूट्रॉनों में से तीन न्यूट्रॉन दूसरे तीन U-235 परमाणुओं का विखण्डन करते हैं, जिससे पहले से अधिक ऊर्जा और 9 न्यूट्रॉन मुक्त होते हैं। ये 9 न्यूट्रॉन दूसरे 9 U-235 परमाणुओं का विखण्डन करते हैं, जिससे और अधिक ऊर्जा एवं 27 न्यूट्रॉन मुक्त होते हैं। इस प्रकार क्रिया अपने-आप आगे बढ़ती रहती है अर्थात् क्रिया स्वपोषी (Self-sustaining) एवं स्वप्रजननी (Self-multiplying) हो जाती है। प्रथम विखण्डन क्रिया प्रारम्भ होने के पश्चात् बाहर से न्यूट्रॉनों की बौछार करना आवश्यक नहीं है, क्योंकि क्रिया में निकले न्यूट्रॉन विखण्डन क्रिया को अपने आप आगे बढ़ाते रहते हैं। इस प्रकार की क्रिया का **शृंखला अभिक्रिया** (Chain reaction) कहते हैं।

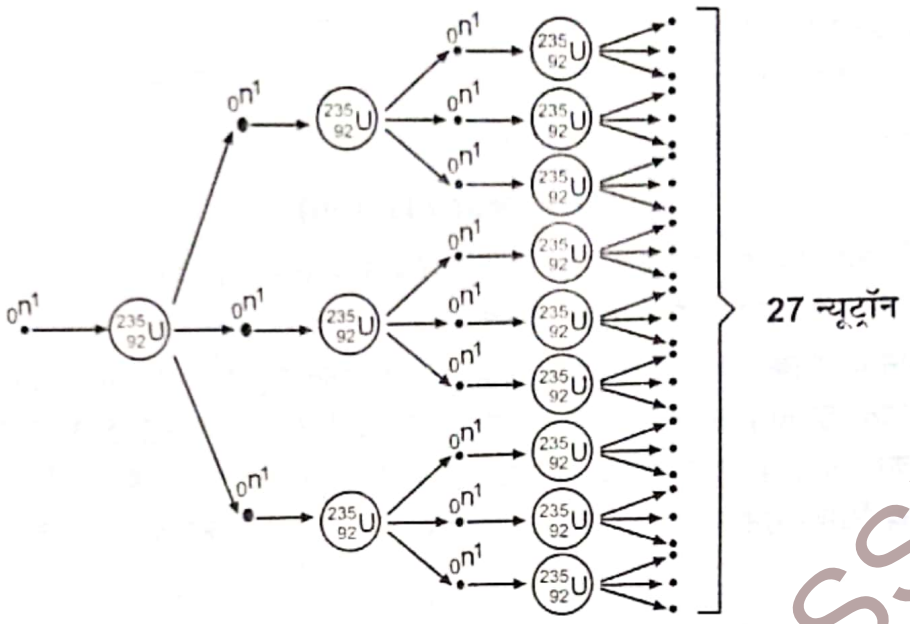
परमाणु बम नाभिकीय विखण्डन क्रिया पर आधारित है। यह बम सर्वप्रथम सन् 1945 में बनाया गया था। परमाणु बम में विस्फोट अनियन्त्रित विखण्डन क्रिया के कारण होता है। परमाणु बम का विस्फोट अत्यधिक विध्वंसक होता है।

नाभिकीय विखण्डन की शृंखला प्रक्रिया दो प्रकार की होती है—

(1) **अनियन्त्रित शृंखला प्रक्रिया** (Uncontrolled Chain Reaction)—नाभिकीय विखण्डन क्रिया पर जब किसी प्रकार का नियन्त्रण नहीं होता है तो नाभिकीय विखण्डन क्रिया की दर बहुत तीव्र होती है, जिस कारण कुछ ही क्षणों में प्रचण्ड विस्फोट हो जाता है। परमाणु बम में अनियन्त्रित विखण्डन क्रिया होती है।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner



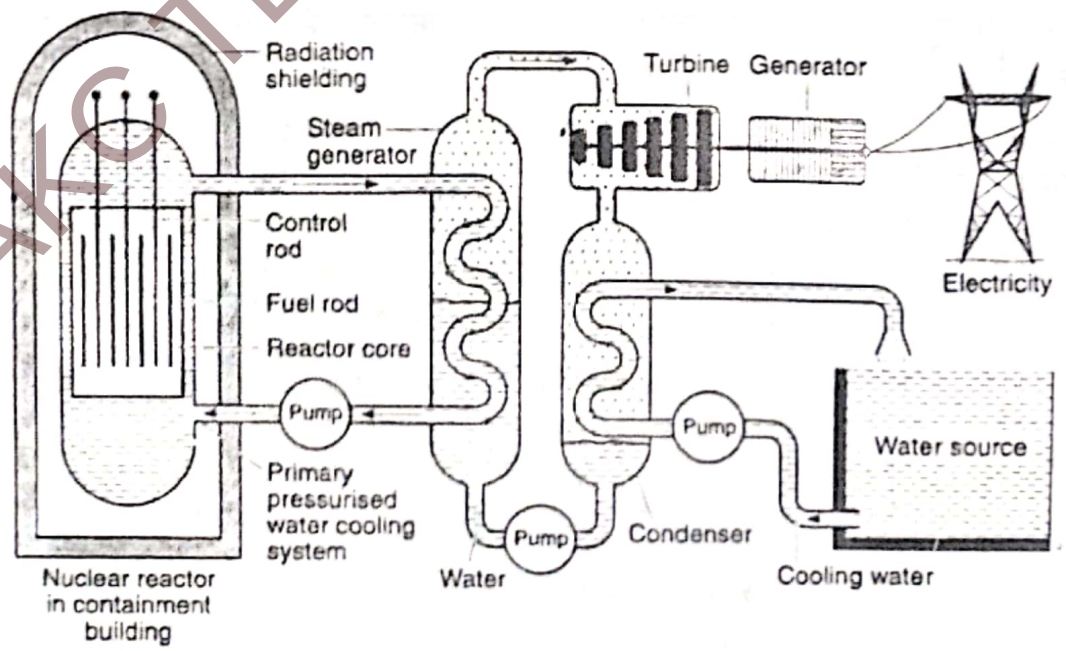

चित्र 2.10–शृंखला अभिक्रिया (Chain Reaction)

**(2) नियन्त्रित शृंखला प्रक्रिया** (Controlled Chan Reaction)—कृत्रिम उपायों द्वारा विखण्डन क्रिया की दर को नियन्त्रण में रखना सम्भव है। नियन्त्रित विखण्डन क्रिया मन्द गति से होती है और इस कारण क्रिया में उत्पन्न नाभिकीय ऊर्जा का उपयोग शान्तिमय कार्यों के लिए हो सकता है। नाभिकीय रिऐक्टर (Nuclear reactor) अर्थात् परमाणु भट्टी में नाभिकीय क्रियाएँ नियन्त्रित परिस्थितियों में करायी जाती हैं।

## 2.6.3. नाभिकीय शक्ति संयन्त्र (Nuclear Power Plant)

नाभिकीय शक्ति संयन्त्र साधारण ऊष्मीय शक्ति संयन्त्र (Thermal power plant) से मिलता-जुलता होता है, परन्तु ऊष्मीय शक्ति संयन्त्र में जल को गर्म करने के लिए ऊष्मा कोयला, तेल या गैस (फॉसिल ईंधन) जलाकर प्राप्त की जाती है, जबकि नाभिकीय शक्ति संयन्त्र में, नाभिकीय रिऐक्टर में नाभिकीय ईंधन जैसे यूरेनियम-235 के नाभिकीय विखण्डन से निर्मुक्त ऊर्जा द्वारा जल गर्म किया जाता है।

चित्र 2.11 में प्रदर्शित नाभिकीय शक्ति संयन्त्र में, यूरेनियम-235 ईंधन का और जल ($H_2O$), न्यूट्रॉन मन्दक और शीतलक दोनों का कार्य करता है। कैडमियम की छड़ें न्यूट्रॉन-अवशोषक (Neutron-absorber) अर्थात् विखण्डन दर-नियन्त्रक का कार्य करती हैं।




चित्र 2.11–नाभिकीय शक्ति संयन्त्र (Nuclear Power Reactor)

AKG TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

नाभिकीय शक्ति संयन्त्र (चित्र 2.11) में एक-दूसरे से जुड़े दो खण्ड होते हैं—

(1) नाभिकीय रिऐक्टर और

(2) अनाभिकीय (Non-nuclear) खण्ड, जिसमें भाप जनित्र, शीतलक, टरबाइन (Turbine) और वैद्युत जनित्र (Electrical generator) होते हैं।

नाभिकीय रिऐक्टर शक्ति संयन्त्र का मुख्य भाग होता है जिसमें यूरेनियम-235 का नियन्त्रित विखण्डन कराया जाता है। रिऐक्टर लगभग 400 टन का 44 फीट ऊँचा अभिक्रिया पात्र होता है तो 8 इंच मोटे कार्बन स्टील का बना होता है। इसके चारों ओर स्टील प्रबलित कंक्रीट की गुम्बद जैसी आकृति का भवन बना होता है जिसकी भीतरी दीवारें लगभग 4.5 फीट मोटी होती हैं। यह भवन रिऐक्टर के रक्षा गृह (विकिरण शील्डिंग) का कार्य करता है।

रिऐक्टर का मुख्य भाग उसका **रिऐक्टर क्रोड** (Reactor core) होता है जिसमें ईंधन की छड़ें (Fuel rods) और नियन्त्रण छड़ें (Control rods) होती हैं।

ये छड़ें जल (प्राथमिक शीतलक) में डूबी रहती हैं। जल न्यूट्रॉन-मन्दक और प्राथमिक शीतलक (coolant) दोनों का कार्य करता है। प्राथमिक शीतलक नाभिकीय विखण्डन अभिक्रिया द्वारा जनित ऊष्मा को अवशोषित करता है। रिऐक्टर में जल सामान्य वायुमण्डलीय दाब से लगभग 150 गुना अधिक दाब पर होता है, अत: जल तेज गर्म होता है परन्तु उबलता नहीं है। तेज गर्म जल, अभिक्रिया पात्र से, एक बन्द लूप द्वारा भाप जनित्र (Steam generator) में घूमता हुआ (Circulate) पुन: अभिक्रिया पात्र में आ जाता है। यह बन्द लूप रिऐक्टर को शक्ति संयन्त्र के अनाभिकीय खण्ड से जोड़ता है। तेज गर्म प्राथमिक शीतलक से ऊष्मा भाप जनित्र में उपस्थित जल (गौण शीतलक) में स्थानान्तरित होती है जिससे जल भाप (Steam) में परिवर्तित हो जाता है। गर्म दाबित (Pressurised) भाप की ऊर्जा टरबाइन के घूमते हुए फलकों (Blades) और टरबाइन से जुड़े हुए वैद्युत जनित्र (Electrical generator) में स्थानान्तरित हो जाती है। जलवाष्प द्रवणित्र (Condenser) में ठण्डी होकर द्रवित हो जाती है और द्रवित जल पुन: भाप जनित्र में चला जाता है।

## आंकिक प्रश्न

**उदाहरण 1. निम्न आँकड़ों से एक दिये गये ईंधन का ऊष्मीय मान ज्ञात करो—3.0 ग्राम ईंधन को ऑक्सीजन की अधिकता में पूर्ण दहन करने पर कैलोरीमीटर के जल के ताप में 15°C से 20.86°C तक की वृद्धि हुई। जल सहित कैलोरीमीटर का भार 2760 ग्राम है तथा केवल कैलोरीमीटर का भार 1115 ग्राम है। गणना करने पर कैलोरीमीटर का जल तुल्यांक 108 पाया गया।**

हल— ∵ ईंधन का भार $(w) = 3.0$ ग्राम

∴ लिये गये जल का भार $(W) = 2750 - 1115 = 1635$ ग्राम

कैलोरीमीटर का जल तुल्यांक $(m) = 108$ ग्राम

ऊष्मा अवशोषण के लिये जल का प्रभावित भार $= (m + W)$

$= (108 + 1635) = 1743$ ग्राम

∵ जल के ताप में वृद्धि $(t_2 - t_1) = (20.86 - 15) = 5.86°\,C$

माना ईंधन का ऊष्मीय मान '$Q$' कैलोरी/ग्राम है, तो ईंधन द्वारा दी गई ऊष्मा $= Q \times 3.0$ ग्राम

तथा जल व कैलोरीमीटर द्वारा अवशोषित ऊष्मा की मात्रा

$= 1743 \times 5.86$ कैलोरी

दी गई ऊष्मा = ली गई ऊष्मा (अवशोषित ऊष्मा)

$$Q \times 3.0 = (m + W) \times (t_2 - t_1)$$

$$Q \times 3.0 = 1743 \times 5.86$$

$$Q = \frac{1743 \times 5.86}{3.0}$$

$= 3404.66$ कैलोरी/ग्राम

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

उदाहरण 2. जब 0.84 ग्राम ईंधन के नमूने का $O_2$ की अधिकता में दहन किया जाता है तो जल के तापमान में वृद्धि 2.50°C की होती है। यदि जल का द्रव्यमान 1060 ग्राम तथा कैलोरीमीटर का जल-तुल्यांक 135 ग्राम है तो ईंधन का ऊष्मीय मान ज्ञात कीजिये।

हल— $\because \quad Q \times w = (m + W)(T_2 - T_1)$

$$\text{ऊष्मीय मान } (Q) = \frac{(m + W)(T_2 - T_1)}{w}$$

$$w = 0.84 \text{ g}, m = 135 \text{ g}, W = 1060 \text{ g}$$

$$T_2 - T_1 = 2.50^\circ\text{C}$$

$$Q = \frac{(135 + 1060)(2.50)}{0.84}$$

$$= 3556.55 \text{ कैलोरी/ग्राम}$$ (उत्तर)

उदाहरण 3. जब 0.35 ग्राम ईंधन को वायु की अधिकता में दहन कराया जाता है तो कैलोरीमीटर में लिये गये जल के ताप में वृद्धि 2.35°C है, यदि जल का द्रव्यमान 1240 ग्राम है। यदि जल तुल्यांक 130 ग्राम है तो उच्च ऊष्मीय मान की गणना कीजिये।

हल—प्रश्नानुसार,

$$W = 1240 \text{ ग्राम}, \quad m = 130 \text{ ग्राम}$$

$$T_2 - T_1 = 2.35^\circ \text{ and } w = 0.35 \text{ g}$$

$$\text{उच्च ऊष्मीय मान} = \frac{(m + W)(t_2 - t_1)}{w}$$

$$= \frac{(130 + 1240)(2.35)}{0.35}$$

$$= 3443.3 \text{ कैलोरी/ग्राम}$$ (उत्तर)

उदाहरण 4. 0.72 ग्राम ईंधन को एक बन्द कैलोरीमीटर में जलाया गया जिससे जल का तापमान 27.3°C से 2.1°C तक बढ़ता है। ईंधन में 80% कार्बन है। यदि जल का द्रव्यमान 250 ग्राम तथा इसका जल तुल्यांक 150 ग्राम है तो उच्च ऊष्मीय मान बताइये।

हल—

$$w = 0.72 \text{ g}, \quad W = 250 \text{ g}, \quad m = 150 \text{ g}$$

$$t_1 = 27.3^\circ\text{C}, \quad t_2 = 2.1^\circ\text{C}$$

$$\text{उच्च ऊष्मीय मान (H.C.V.)} = L = \frac{(m + W)(t_2 - t_1)}{w} \text{ kcal/g}$$

$$= \frac{(250 + 150) \times (2.1 - 27.3)}{0.72}$$

$$= 1,000 \text{ kcal/kg}$$ (उत्तर)

उदाहरण 5. निम्नलिखित को परिभाषित कीजिए–

(i) रासायनिक ईंधन

(ii) ईंधन का उच्च (Gross) और निम्न (Net) कैलोरी मान।

एक बम कैलोरीमीटर में 8.3 g ठोस ईंधन जलाया जाता है। 3.5 kg जल का ताप 26.5°C से बढ़कर 20.0°C हो

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

**जाता है। कैलोरीमीटर का जल-तुल्यांक तथा भाप (Steam) की गुप्त ऊष्मा (Latent heat) क्रमश: 385.0 g तथा 587.0 cal/g है। ईंधन में 0.7% हाइड्रोजन है। ईंधन का समग्र (Gross) एवं नेट (Net) कैलोरीमान परिकलित कीजिए।**

**उत्तर–रासायनिक ईंधन** (Chemical Fuels)—सामान्यत: ईंधन जैसे जीवाश्म ईंधन (पैट्रोलियम, कोयला, लकड़ी, L.P.G.) तथा बायोगैस आदि रासायनिक ईंधन कहलाते हैं। रासायनिक ईंधन वे ईंधन हैं जिनमें जलने पर रासायनिक अभिक्रियाओं के फलस्वरूप ऊष्मा उत्पन्न होती है।

**ईंधन का उच्च ऊष्मीय मान**—किसी ईंधन के 1 g के पूर्णतया दहन होने में जितनी ऊर्जा या ऊष्मा प्राप्त होती है, उसे ईंधन का उच्च ऊष्मीय मान कहते हैं।

$$\text{उच्च ऊष्मीय मान (H.C.V.)} = \frac{(m+W)(t_2-t_1)}{w} \text{ कैलोरी/ग्राम}$$

उच्च ऊष्मीय मान ईंधन की परिकलित मात्रा होता है। [Theoretical]

**निम्न ऊष्मीय मान**—ईंधन के जलाने पर उसका कुछ भाग $H_2O_{(g)}$ बनाने में व्यर्थ चला जाता है।

अत: किसी ईंधन के 1 g के पूर्णतया दहन में ऊष्मा की कैलोरी में जितनी मात्रा वास्तव में प्राप्त होती है, उसे ईंधन का निम्न ऊष्मीय मान कहते हैं।

यह ईंधन की प्रेक्षित ऊष्मीय मान होता है। [Experimentally]

निम्न ऊष्मीय मान = (उच्च उष्मीय मान $- 0.09\ H \times 587$) kcal/kg

ईंधन का भार $w = 8.3$ g

जल का भार $W = 3.5$ kg $= 3500$ g

कैलोरीमीटर का जल तुल्यांक $m = 385$ g

जल का प्रारम्भिक ताप $t_1 = 26.5°\ C$

जल का अन्तिम ताप $t_2 = 29.0°\ C$

H की प्रतिशत मात्रा $(H) = 0.7$

भाप की गुप्त ऊष्मा $= 587$ cal/g

अत: ईंधन का उच्च ऊष्मीय मान $Q = \dfrac{(m+W)(t_2-t_1)}{w}$

$$= \frac{(385+3500)(29-26.5)}{8.3}$$

$$= \frac{3885 \times 2.5}{8.3}$$

$$= 1170.18$$ उत्तर

निम्न ऊष्मीय मान $= Q - 0.09H \times 587$

$= 1170.18 - 0.09 \times 0.7 \times 587$

$= 1170.18 - 36.981$

$= 1133.19$ cal/g उत्तर

## 2.7. स्नेहक (Lubricants)

ऐसे पदार्थ जो दो ठोस सतहों, जो कि आपस में विपरीत दिशा में घूम रही होती हैं के बीच उत्पन्न होने वाले घर्षण (Friction) को कम करते हैं, उन पदार्थों को स्नेहक कहते हैं अर्थात् "ऐसे पदार्थ जो मशीन में दो विपरीत दिशाओं मे गति करने वाली धातुओं की सतहों के मध्य पर्त का कार्य करके उत्पन्न घर्षण प्रतिरोध को कम करते हैं, स्नेहक कहलाते है।"

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

(A substance which is capable of reducing the friction between two surfaces which are sliding over each other is called lubricant.)

## 2.7.1. स्नेहक की विशेषताएँ (Characteristics of Lubricants)

एक अच्छे स्नेहक में निम्नलिखित विशेषताएँ होनी चाहिएँ—

1. स्नेहक की श्यानता (Viscosity) मशीन के अनुरूप होनी चाहिये; जैसे हल्की तथा तेज गति से चलने वाली मशीनों के लिये कम श्यानता वाला स्नेहक, जबकि भारी तथा धीरे चलने वाली मशीनों के लिये अधिक श्यानता वाला स्नेहक प्रयोग करना चाहिये।
2. अधिक दाब पर काम करने वाली मशीनों के लिये प्रयुक्त स्नेहक में स्निग्धता (Oiliness) का गुण होना चाहिये।
3. स्नेहक की श्यानता पर तापक्रम का अधिक प्रभाव नहीं पड़ना चाहिये।
4. कम वाष्पशीलता वाले स्नेहकों का प्रयोग करना चाहिये।
5. अच्छे स्नेहकों की ऑक्सीकरण होने की दर कम होनी चाहिये।
6. स्नेहक विघटित होकर कम कार्बन उत्पन्न करने वाला होना चाहिये।
7. स्नेहकों का प्रज्जवलन ताप (Flash point) अधिक होना चाहिये।
8. स्नेहक की पायस (Emulsion) बनाने की क्षमता कम होनी चाहिये।

**Note :** तेल के पानी के सम्पर्क में आने पर ऐसे पदार्थ बनते हैं जो तेल के स्नेहक गुण को कम कर देते हैं। इस घटना को **पायसीकरण** (Emulsification) कहते हैं।

**9. उदासीनीकरण संख्या (Neutralization number)**—किसी स्नेहक की उदासीनीकरण संख्या पोटैशियम हाइड्रॉक्साइड (KOH) कीं मिलीग्राम में वह संख्या है जो एक ग्राम स्नेहक में उपस्थित अम्ल को उदासीन करने के लिए जरूरी होती है।

**Note :** अच्छे स्नेहक की उदासीनीकरण संख्या कम होती है।

## 2.7.2. स्नेहक के कार्य (Functions of Lubricants)

1. रगड़ने वाली धातु सतहों के मध्य पर्त के रूप में रहकर उनके सीधे सम्पर्क को रोकते हैं।
2. सतहों के मध्य उत्पन्न घर्षण प्रतिरोध को कम करते हैं।
3. मशीनों की दक्षता को बढ़ाते हैं।
4. मशीन द्वारा कम ऊर्जा खर्च करने की क्षमता को बढ़ाते हैं।
5. मशीन द्वारा उत्पन्न ध्वनि को कम करते हैं।
6. मशीनों की आयु को बढ़ाते हैं।

## 2.7.3. स्नेहक की आवश्यकता (Necessity of Lubricants)

मशीनों में स्नेहक की आवश्यकता निम्नलिखित कारणों से होती है—

1. मशीनों की दक्षता बढ़ाने में।
2. ऊर्जा की खपत कम करने के लिये।
3. ध्वनि कम करने में।
4. कम्पन तथा झटके कम करने में।
5. मशीनों की उम्र बढ़ाने में।
6. घर्षण प्रतिरोध कम करने में।

## 2.7.4. स्नेहक की क्रियाविधि (Mechanism of Lubrication)

स्नेहकों का मुख्य कार्य मशीनों के गतिशील भागों के बीच उत्पन्न होने वाले घर्षण प्रतिरोध को कम करना होता है।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

मशीनों में प्रयुक्त होने वाले विभिन्न प्रकार के स्नेहकों की स्नेहक प्रक्रिया की क्रियाविधि मुख्य रूप से निम्न तीन प्रकार की होती है—

**1. मोटी पर्त या तरल पर्त स्नेहक** (Thick Film or Fluid Film Lubrication)—इस प्रकार के स्नेहक को मशीनों की गतिशील सतहों के बीच खाली स्थान में भर देते हैं जिससे एक मोटी पर्त बन जाती है। यह पर्त गतिशील सतहों को सम्पर्क में आने से रोकती है जिससे धातुओं की सतह के घिसने की दर काफी कम हो जाती है। इस क्रियाविधि में स्नेहकों की श्यानता कम होनी चाहिये। इस प्रेकार का स्नेहक सिलाई मशीन, घड़ियों, बन्दूकों आदि में प्रयोग किया जाता है।

**2. पतली पर्त या सीमा स्नेहक** (Thin Film or Boundary Lubrication)—इस प्रकार के स्नेहक का प्रयोग ऐसी मशीनों में किया जाता है जिनके गतिशील भागों में मोटी पर्त वाले स्नेहक का विद्यमान रहना सम्भव नहीं होता। ये मशीनें धीरे चलती हैं तथा स्नेहक की श्यानता भी काफी कम होती है। इस प्रकार के स्नेहक में जन्तु या वनस्पति तेल होते हैं तथा इनमें थोड़ी मात्रा में ग्रेफाइट या मोलिब्डेनम सल्फाइड भी मिला होता है।

**3. उच्च दाब स्नेहक** (Extreme Pressure Lubrication)—उच्च दाब पर मशीनों में धातुओं की सतहों के मध्य अधिक सम्पर्क होने से अधिक घर्षण उत्पन्न होता है जिससे अधिक ऊष्मा उत्पन्न होती है। इसके कारण मशीन के कलपुर्जे खराब होने लगते हैं। इस स्थिति में उच्च दाब स्नेहक का प्रयोग किया जाता है। इस प्रकार के स्नेहक में पॉली एथिलीन, पॉली प्रोपिलीन, गन्धक, लैड क्लोराइड आदि पदार्थ होते हैं जो कि उच्चदाब पर भी अच्छे स्नेहक का कार्य करते हैं।

## 2.7.5. स्नेहकों का वर्गीकरण (Classification of Lubricants)

स्नेहकों को उनकी भौतिक अवस्था तथा प्रकृति के आधार पर निम्न भागों में बाँटा गया है—

**1. ठोस स्नेहक** (Solid Lubricants)—इन स्नेहकों का प्रयोग ऐसी मशीनों में किया जाता है जहाँ पर उच्च ताप तथा उच्च दाब उत्पन्न होता है। ये स्नेहक मुख्यत: न्यूक्लियर पावर संयन्त्रों, पनडुब्बियों, वायुयानों आदि में प्रयुक्त किये जाते हैं। प्रमुख ठोस स्नेहक निम्न हैं—

**(a) ग्रेफाइट** (Graphite)—ग्रेफाइट कार्बन का अपररूप होता है। यह अत्यधिक उपयोग में आने वाला ठोस स्नेहक है, क्योंकि यह बहुत मुलायम तथा अज्वलनशील ठोस होता है। इसका उपयोग छिद्र करने वाली मशीनों में किया जाता है।

**(b) मोलिब्डेनम सल्फाइड** (Molybdenum Sulphide)—यह उच्च ताप पर भी धातु की सतहों से चिपका रहता है। अत: इसका उपयोग उच्च ताप तथा दाब पर कार्य करने वाली मशीनों में स्नेहक के रूप में किया जाता है।

**(c) टैल्क या सोपस्टोन** (Talc or Soapstone)—यह उच्च ताप पर कार्य करने वाली मशीनों में प्रयुक्त होता है, क्योंकि यह उच्च ताप पर भी धातु की सतहों से चिपका रहता है।

**2. अर्द्ध-ठोस स्नेहक** (Semi-solid Lubricants)—ऐसे स्नेहक जो ठोस तथा द्रव स्नेहकों के मध्य स्थिति में होते हैं, अर्द्ध-ठोस स्नेहक कहलाते हैं। अर्द्ध-ठोस स्नेहक के रूप में ग्रीस, वैसलीन आदि का प्रयोग किया जाता है। ग्रीस स्नेहक मशीनों को बेयरिंग, एक्सेल आदि में प्रयुक्त होते हैं। ग्रीस खनिज तेलों तथा वसीय अम्लों के साबुनीकरण से बनाये जाते हैं। ग्रीस का घर्षण प्रतिरोध तेलों से अधिक होता है, इसलिये इनका उपयोग अधिक दाब, ताप तथा मन्द गति से चलने वाली मशीनों में किया जाता है।

**3. द्रव स्नेहक** (Liquid Lubricants)—मशीनों में द्रव स्नेहकों का प्रयोग सबसे अधिक किया जाता है। विभिन्न प्रकार के द्रव स्नेहक निम्नलिखित हैं—

**(a) वनस्पति स्नेहक तेल** (Vegetable Lubricants Oils)—इस प्रकार के स्नेहक का प्रयोग ऐसे स्थानों पर किया जाता है जहाँ पर घर्षण कम होता है। इन तेलों में स्निग्धता (Oiliness) अधिक तथा श्यानता कम होती है; जैसे—अरण्डी का तेल, पाम ऑयल, ओलिव ऑयल आदि।

**(b) जन्तु स्नेहक तेल** (Animal Lubricating Oils)—ये स्नेहक जन्तुओं की चर्बी के आसवन तथा संपीडन द्वारा प्राप्त किये जाते हैं। इन तेलों में स्निग्धता (Oiliness) अधिक होती है, जिस कारण ये धातु सतहों पर चिपके रहते हैं। इनका उपयोग हल्की मशीनों के बियरिंग में किया जाता है।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

(c) **खनिज स्नेहक तेल** (Mineral Lubricating Oils)—कच्चे पेट्रोलियम पदार्थों के प्रभाजी आसवन से खनिज स्नेहक तेल प्राप्त होते हैं। इनमें उपस्थित अवांछित अशुद्धियों को सल्फ्यूरिक अम्ल द्वारा पृथक् करके इसमें अन्य तेल मिलाकर इसका उपयोग स्नेहक के रूप में करते हैं।

(d) **मिश्रित तेल** (Blended Oils)—खनिज तेलों में वनस्पति या जन्तु तेलों को उचित अनुपात में मिलाने पर मिश्रित स्नेहक तेल प्राप्त होता है। जैसे—पेट्रोलियम तेलों में नारियल का तेल मिलाने पर स्निग्धता (Oiliness) के गुणों में वृद्धि हो जाती है जिससे इनका उपयोग विभिन्न मशीनों में किया जाता है।

**4. संश्लेषित स्नेहक** (Synthetic Lubricants)—ऐसे स्नेहक जो विभिन्न कार्बनिक तथा अकार्बनिक यौगिकों की रासायनिक क्रियाओं द्वारा बनाये जाते हैं, संश्लेषित स्नेहक कहलाते हैं। जहाँ पर पैट्रोलियम युक्त स्नेहक कार्य नहीं करते वहाँ पर संश्लेषित स्नेहक का प्रयोग किया जाता है। ये मुख्यत: सिलिकॉन्स तथा पोली एल्काइलिन ग्लाइकोल होते हैं। इनका मुख्य गुण यह है कि ताप परिवर्तन पर भी इनकी श्यानता में विशेष अन्तर नहीं आता। इनका प्रयोग परमाणु संयन्त्रों, रॉकेट, पनडुब्बियों आदि में स्नेहक के रूप में किया जाता है।

**5. कर्तन तेल** (Cutting Oils)—तेज धार वाले औजारों के लगातार प्रयोग से तापक्रम बढ़ने के कारण इनकी धार नष्ट होने लगती है। इनकी धार को बनाये रखने के लिये कर्तन द्रवों का प्रयोग किया जाता है, क्योंकि ये द्रव, ताप का शोषण कर लेते हैं। ताप शोषण के लिये जल एक उत्तम द्रव है, परन्तु इसकी स्नेहक क्षमता काफी कम होती है। अत: जल में साबुन या अन्य क्षारीय यौगिक मिलाकर इसका उपयोग स्नेहक के रूप में किया जाता है।

## 2.7.6. स्नेहकों का शुद्धिकरण (Purification of Lubricants)

पेट्रोलियम पदार्थों से प्राप्त स्नेहकों में मोम तथा एस्फाल्ट आदि पदार्थ होते हैं जो कि कम ताप पर जमकर स्नेहकों की क्षमता को कम कर देते हैं। अत: इनको दूर करना आवश्यक होता है। इसके लिये निम्न प्रक्रियाओं का उपयोग किया जाता है—

**1. स्नेहक तेलों का विमोमन** (Dewaxing of Lubricating Oils)—मोमयुक्त तेलों को उचित विलायक; जैसे डाइक्लोरोएथिलीन में मिलाकर गर्म करते हैं। फिर उसे इतने ताप तक ठण्डा करते हैं कि मोम अवक्षेपित हो जाये, इस प्रक्रिया को स्नेहक तेलों का विमोमन कहते हैं।

**2. स्नेहक तेलों का अम्लीय शोधन** (Acidic Refining of Lubricating Oils)—मोम को पृथक् करने के पश्चात् विमोनित स्नेहक तेल में क्षारीय अशुद्धियाँ रह जाती हैं जिन्हें पृथक् करने के लिये तेल में सान्द्र $H_2SO_4$ मिलाते हैं, जिससे अशुद्धियाँ स्लैग (Slag) के रूप में परिवर्तित हो जाती हैं। इन्हें छानकर अलग कर देते हैं। अन्त में तेल को फुलर मिट्टी द्वारा छानकर अलग कर लेते हैं।

**3. स्नेहक तेलों का विलायक शोधन** (Solvent Refining of Lubricant Oils)—इस विधि में तेल को ऐसे विलायक में घोलते हैं जिसमें तेल की अपेक्षा अशुद्धियाँ अधिक घुलनशील होती हैं जिनको छानकर दूर कर देते हैं। ऐसे विलायक द्रव $SO_2$, फीनॉल, नाइट्रोबेन्जीन आदि होते हैं।

## 2.7.7. स्नेहकों के गुणधर्म (Properties of Lubricants)

**1. श्यानता** (Viscosity)—यह स्नेहकों का प्रमुख गुण है। स्नेहकों का वह गुण जो विभिन्न परतों के बीच आपेक्षिक गति का विरोध करता है, श्यानता कहलाता है। गाढ़े द्रवों की श्यानता अधिक, जबकि तरल द्रवों की श्यानता कम होती है।

**श्यानता सूचकांक** (Viscosity Index)—किसी स्नेहक तेल के श्यानता में तापक्रम बदलने से आये परिवर्तन की दर को श्यानता सूचकांक द्वारा मापा जाता है। श्यानता की इकाई poise होती है।

**2. स्निग्धता** (Oiliness)—अधिक ताप तथा दाब पर भी मशीन के कल-पुर्जों से स्नेहक के चिपके रहने की क्षमता को स्निग्धता कहते हैं। कम श्यानता वाले द्रव की स्निग्धता अधिक होती है। जिस स्नेहक की स्निग्धता अधिक होती है वह उतना ही अच्छा स्नेहक होता है।

**3. वाष्पशीलता** (Volatility)—ऐसे स्नेहक जिनमें वाष्पशीलता का गुण कम होता है, वे अच्छे स्नेहक होते हैं

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

क्योंकि मशीनों में कार्य करते समय अधिक ताप उत्पन्न हो जाता है जिससे स्नेहक का वाष्पन होने लगता है और मशीनों के पुर्जे खराब होने लगते हैं। अत: अच्छे स्नेहक में वाष्पशीलता का गुण कम होना चाहिये।

**4. प्रज्वलन ताप** (Flash Point)—वह तापक्रम जिस पर कोई स्नेहक वाष्प में परिवर्तित होने लगता है, प्रज्वलन ताप कहलाता है जिनका प्रज्वलन ताप अधिक होता है वे अच्छे स्नेहक होते हैं।

**5. ऑक्सीकरण** (Oxidation)—मशीनों में स्नेहक जब हवा या ऑक्सीजन के सम्पर्क में आते हैं, तो उनका ऑक्सीकरण होने लगता है। जैसे-जैसे मशीन का तापक्रम बढ़ता है, ऑक्सीकरण की क्रिया बढ़ने लगती है। अत: इसे रोकने के लिये स्नेहक में ऑक्सीकरण प्रतिरोधी पदार्थ मिला देना चाहिये।

**6. अम्लीयता** (Acidity)—मशीनों में प्रयुक्त होने वाले स्नेहक ऑक्सीकृत होकर अम्ल बनाते हैं जो मशीनों के पुर्जों को खराब करने लगता है। अत: ऐसे स्नेहक का प्रयोग करना चाहिये जिनमें अम्लीयता का गुण न हो।

**7. पायसीकरण** (Emulsification)—मशीनों में उपस्थित तेल पानी के साथ मिलकर इमल्शन (Emulsion) बनाते हैं जो वातावरण में उपस्थित धूल, मिट्टी आदि के कण अवशोषित कर लेता है, जिसके परिणामस्वरूप स्नेहक तेल का स्नेहक गुण समाप्त होने लगता है। अत: स्नेहक जल के साथ मिलकर पायस नहीं बनाने वाला होना चाहिये।

## 2.7.8. स्नेहकों के औद्योगिक अनुप्रयोग (Industrial Application of Lubricants)

औद्योगिक क्षेत्र में स्नेहकों का निम्न उपयोग होता है—

1. ये मशीनों में घर्षण प्रतिरोध को कम करते हैं।
2. ये धातु सतहों को घिसने से बचाते हैं।
3. ये मशीन के कल-पुर्जों की उम्र बढ़ाते हैं।
4. ये ऊर्जा की खपत कम करते हैं।
5. मशीन के शोर को कम करते हैं।
6. मशीन में कम्पन तथा झटकों को कम करते हैं।
7. मशीनों में लीकेज को रोकते हैं।
8. मोलिब्डेनम सल्फाइड का उपयोग उच्च ताप व दाब वाली मशीनों में स्नेहक के रूप में किया जाता है।
9. कप ग्रीस का उपयोग गनों में किया जाता है।
10. सिलिकन्स तेलों का उपयोग भारी मशीनों में किया जाता है।

## 2.7.9. बियरिंग में स्नेहक के कार्य (Functions of Lubricants in Bearings)

मशीनों के बियरिंग लगातार चलते रहने के कारण अधिक गर्म होकर खराब हो सकते हैं। अत: इनमें थोड़े-थोड़े समय के बाद स्नेहक लगाते रहना चाहिये। बियरिंग में स्नेहक का मुख्य कार्य निम्न होता है—

1. बियरिंग में स्नेहक दोनों धातु सतहों के तल पर चिपका रहता है जिससे उनमें घर्षण कम होता है।
2. घर्षण में कमी के कारण ऊष्मा कम उत्पन्न होती है जिससे धातु की सतह कम घिसती है।
3. स्नेहक के प्रयोग से बियरिंग द्वारा झटकों का अवशोषण सुचारु रूप से होता है।
4. स्नेहक से बियरिंग की दक्षता बढ़ जाती है, जिससे मशीन की उम्र भी बढ़ती है।

## 2.7.10. स्नेहकों में योगज यौगिकों का महत्त्व (Importance of Additives in Lubricants)

स्नेहकों की दक्षता बढ़ाने के लिये उनमें विशेष प्रकार के पदार्थ मिलाये जाते हैं, जिन्हें योगज यौगिक कहते हैं। कुछ मुख्य यौगज निम्न हैं—

**1. ऑक्सीकरणरोधी एवं डिटर्जेन्ट्स का उपयोग** (Use of Antioxidants and Detergents)—स्नेहकों में ऑक्सीकरणरोधी पदार्थ मिला देने पर इनकी ऑक्सीकृत होने की दर रुक जाती है। कुछ मुख्य ऑक्सीकरणरोधी पदार्थ ऐरोमैटिक एमीन, फिनोलिक यौगिक आदि होते हैं। डिटर्जेन्ट्स का प्रयोग करने से भी ऑक्सीकरण की दर कम हो जाती है।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

**2. फेनन प्रतिरोधी योगज यौगिकों का उपयोग** (Use of Anti-frothing Additives)—तेज गति से चलने वाली मशीनों में प्रयुक्त स्नेहकों में झाग बनने लगता है जिसको रोकने के लिये स्नेहक में सिलिकोन्स की उचित मात्रा मिला दी जाती है।

**3. संक्षारण प्रतिरोध योगज यौगिकों के उपयोग** (Use of Corrosion Resistant Additives)—स्नेहकों के ऑक्सीकरण के फलस्वरूप अम्लीय पदार्थों का निर्माण होता है जिसके कारण मशीनों के बॉल-बेयरिंग धीरे-धीरे खराब होने लगते हैं। इन अम्लीय पदार्थों के कारण होने वाले मशीनों के पुर्जों के संक्षारण को रोकने के लिये इनमें कुछ कार्बनिक यौगिक, एमीन तथा उनके लवणों का प्रयोग किया जाता है।

### 2.7.11. पोर बिन्दु (Pour Point)

वह ताप क्रम जिस पर स्नेहक की तरलता (Fluidity) लगभग समाप्त हो जाती है, पोर बिन्दु कहलाता है। अच्छे स्नेहक का पोर बिन्दु अधिक होता है।

### 2.7.12. मेघ बिन्दु (Cloud Point)

वह ताप क्रम जिस पर स्नेहक तेल बादल की तरह धुंधला दिखायी देता है, मेघ बिन्दु कहलाता है। अच्छे स्नेहक का मेघ बिन्दु अधिक होता है।

### 2.7.13. अग्नि बिन्दु (Fire Point)

वह ताप क्रम जिस पर स्नेहक वाष्प में बदलकर जलने लगता है, अग्नि बिन्दु कहलाता है। अच्छे स्नेहक का अग्नि बिन्दु अधिक होता है। यह अधिक ताप पर काम करने वाली मशीनों के लिए महत्वपूर्ण होता है।

### 2.7.14. बहाव बिन्दु (Flow Point)

वह ताप क्रम जिस पर स्नेहक के बहने का गुण समाप्त हो जाता है, बहाव बिन्दु कहलाता है। अच्छे स्नेहक का बहाव बिन्दु कम होता है। यह कम ताप पर काम करने वाली मशीनों के लिए महत्वपूर्ण होता है।

### 2.7.15. साबुनीकरण मान (Saponification Value)

साबुनीकरण मान पोटैशियम हाइड्रॉक्साइड के मिलीग्राम की वह संख्या होती है जो एक ग्राम स्नेहक तेल के साबुनीकरण के लिए आवश्यक होती है। साबुनीकरण मान द्वारा तेल की प्रकृति ज्ञात की जाती है।

## 2.8. संश्लेषित स्नेहक एवं कर्तन द्रव (Synthetic Lubricants and cutting Fluids)

### 2.8.1. संश्लेषित स्नेहक (Synthetic Lubricants)

ऐसे स्नेहक जिनका निर्माण कृत्रिम विधियों द्वारा किया जाता हैं। संश्लेषित स्नेहक कहलाते हैं। पेट्रोलियम उत्पादों में बदलाव लाकर इनको संश्लेषित करके संश्लेषित स्नेहकों का निर्माण किया जाता है।

संश्लेषित स्नेहक दो प्रकार के होते हैं—

**1. पूर्ण संश्लेषित स्नेहक** (Fully Synthetic Lubricants)—इस प्रकार के स्नेहकों में कृत्रिम कार्बनिक उत्पादन 50% से भी अधिक मिले हुए होते हैं।

**2. अर्द्ध संश्लेषित स्नेहक** (Semi Synthetic Lubricants)—इस प्रकार के स्नेहकों में कृत्रिम कार्बनिक उत्पादों की मात्रा 25% से अधिक किन्तु 50% से कम होती है। इनमें 70% खनिज आधारित तेल तथा 30% संश्लेषित तेल होता है।

**संश्लेषित स्नेहकों की सूची (List of Synthetic Lubricants)—**

1. एल्किलित ऐरोमेटिक यौगिक (Alkylated Aromatic Compounds)
2. ओलीफिन पॉलीमर (Olyfin Polymer)

AYC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

3. द्विभास्मिक एसिड एस्टर (Dibasic Acid Esters)
4. पॉली ग्लाइकॉल (Poly Glycol)
5. सिलिकॉन्स (Silicons)

**संश्लेषित स्नेहकों के लाभ** (Advantage of Synthetic Lubricants)—

1. इनका विस्कॉसिता इन्डेक्स (Viscosity Index) उच्च होता है।
2. इनका वाष्पीकरण (Evaporation)कम होता है।
3. ये लम्बे समय तक कार्य करते रहते हैं।
4. ये ईंधन की गुणवत्ता में वृद्धि कर देते हैं।
5. ये सर्दियों के मौसम में कम ताप पर भी अच्छी तरह कार्य करते हैं।
6. ये इन्जन की दक्षता बढ़ा देते हैं।
7. इन्जन को नुकसान से बचाते हैं।

## 2.8.2. कर्तन द्रव (Cutting Fluids)

**कर्तन द्रव** (Cutting Fluids)—कर्तन द्रव शीतलक व स्नेहक की एक किस्म है जिन्हें विशेष रूप से मशीनों के लिये डिजाइन किया जाता है। कर्तन द्रव कई प्रकार के होते हैं जिनके अन्तर्गत ऑयल, ऑयल इन वाटर इमल्सन, पेस्ट, जैल, एयरोसॉल सम्मिलित है। इनका निर्माण पैट्रोलियम उत्पाद, जानवरों की वसा (Animal Fat) वानस्पतिक तेल, एवं वायु द्वारा किया जाता है। कर्तन द्रव (Cutting Fluids) चार प्रकार के होते हैं।

**1. सुव्यवस्थित तेल** (Straight Oils)—ये अपायसीकृत (Non emulsified) एवं ध्रुवीय स्नेहकों, जैसे वानस्पतिक तेल, वसा एवं फास्फोरस युक्त होते हैं। इनमें सल्फर, क्लोरीन, तथा फास्फोरस का प्रयोग उच्च दाब को सहन करने के लिये मिलाये जा सकते हैं।

**2. संश्लेषित कर्तन द्रव** (Synthetic Cutting fluids)—इस प्रकार कर्तन द्रवों का निर्माण क्षारीय कार्बनिक एवं अकार्बनिक यौगिकों से किया जाता है। इसमें संक्षारण को रोकने के लिये भी अन्य यौगिक मिला दिये जाते हैं। ये तनु (Dilute) होने पर भी अच्छी तरह से कार्य कर सकते हैं। संश्लेषित कर्तन द्रव सर्वाधिक उपयुक्त शीतलक (Coolant) की तरह व्यवहार करते हैं।

**3. विलेयशील तेल** (Soluble Oils)—ये जल में मिलाने पर पायस (Emulsion) का निर्माण कर लेते हैं। सान्द्र अवस्था में इनमें खनिज तेल मिलाने पर ये स्थायी पायस (Emulsion) बना लेते हैं। ये उत्तम प्रकार के तथा उच्च ताप को सहन करने वाले स्नेहक होते हैं।

**4. अर्द्ध-संश्लेषित द्रव** (Semi-Synthetic Fluids)—ये एक विशेष प्रकार के कर्तन द्रव हैं जो कि विलेय शील तेल (Soluble Oil) एवं संश्लेषित द्रव (Synthetic fluid) के संयोग से बनाते हैं। इनकी ताप को सहने की क्षमता एवं कीमत इन्हें विशेष प्रकार का कर्तन द्रव (Cutting Fluids) बनाते हैं।

**कर्तन द्रवों के लाभ (Benefits fo Cutting Fluids)—**

1. कर्तन द्रव (Cutting Fluids) किसी मशीन के उपकरणों को अधिक समय तक कार्यशील बनाये रखते हैं।
2. ये किसी मशीन के आन्तरिक कलपुर्जों पर कम बल का अनुभव कराते हैं।
3. यन्त्रों व कलपुर्जों की सतह को चिकना व चमकदार बनाये रखते हैं।
4. इनसे मशीनों के आन्तरिक कलपुर्जों (Tools) का संक्षारण नहीं होता है।

**कर्तन द्रवों के गुण (Properties of Cutting Fluids)—**

1. इनमें एक अच्छी स्नेहकीय गुण (Lubricating Property) होनी चाहिए जिससे घर्षण बल (Friction Force) को कम किया जा सके।
2. ये अविषैले (Non toxic) होने चाहिए।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

3. ये रासायनिक रूप से निष्क्रिय (Chemically inactive) होने चाहिए।
4. ये आसानी से ज्वलनशील (Flammable) नहीं होने चाहिये।
5. इनमें अच्छी उष्मा चालकता (Heat Conductivity) होनी चाहिए।
6. ये प्रयोग व भंडारण के दौरान स्थायी होने चाहिये।

# प्रश्नावली

## ☞ बहुविकल्पीय प्रश्न

**1.** सर्वाधिक उपयुक्त ईंधन है—
(a) लकड़ी (b) कोयला
(c) कोक (d) एल.पी.जी.

**2.** एल.पी.जी. के लीकेज का पता लगाने के लिये उसमें मिलाया जाता है—
(a) ब्यूटेन (b) एथिल मर्केप्टन
(c) मेथेन (d) हाइड्रोजन सल्फाइड

**3.** निम्न में अपस्फोटन रोधी यौगिक हैं—
(a) लैड (b) टेट्रा एथिल लैड
(c) एथिल ब्रोमाइड (d) ऑक्टेन

**4.** प्रोड्यूसर गैस हैं—
(a) $CO + H_2$ (b) $CO + N_2$
(c) $CH_4 + CO_2$ (d) $CH_4 + N_2$

**5.** तेल गैस का निर्माण किया जाता है—
(a) पेट्रोल से (b) तेल से
(c) केरोसीन के भंजक आसवन से (d) सरसों के तेल से

**उत्तर—1. (d) 2. (b) 3. (b) 4. (b) 5. (c)**

## ☞ सही अथवा गलत कथन सम्बन्धी प्रश्न

**नोट–बताइये कि निम्नलिखित कथन सही हैं अथवा गलत। एक अथवा दो वाक्यों में अपने उत्तर का तर्क दीजिए।**

**1.** ग्रेफाइट का प्रयोग स्नेहक के रूप में होता है।

**उत्तर**—सही। ग्रेफाइट बहुत मुलायम होता है।

**2.** सिलिकन्स तेलों का उपयोग भारी मशीनों में किया जाता है।

**उत्तर**—सही। जहाँ पर ताप 600°F से अधिक होता है वहाँ पर इन तेलों का प्रयोग किया जाता है।

**3.** NaOH का प्रयोग साबुनीकरण के लिए होता है।

**उत्तर**—गलत। NaOH का प्रयोग साबुनीकरण मान ज्ञात करने के लिए किया जाता है।

**4.** मोलिब्डेनम सल्फाइड एक स्नेहक है।

**उत्तर**—सही। यह एक ठोस स्नेहक होता है।

**5.** ग्रीस एक अच्छा स्नेहक होता है।

**उत्तर**—सही। यह मशीनों में पुर्जों की सतह पर अधिक समय तक चिपका रहता है।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

6. स्नेहक का प्रयोग मुख्य रूप से, रगड़ खाती हुई धातुई सतहों के संक्षारण को रोकने के लिए किया जाता है। *(U.P. 2011)*

**उत्तर**—सही। रगड़ खाती धातु की सतहों के बीच स्नेहक पर्त का कार्य करता है।

7. निम्न ऊष्मीय मान वाला ईंधन उत्तम ईंधन है।

**उत्तर**—गलत। निम्न ऊष्मीय मान वाला ईंधन उत्तम ईंधन नहीं होता।

8. एक अच्छे ईंधन का स्फुरांक निम्न होना चाहिये।

**उत्तर**—गलत। यदि ईंधन का स्फुरांक कम होगा तो उसके जलते ही उसकी वाष्प भी जलना प्रारम्भ कर देगी।

9. कोक, कोयले का ही एक प्रकार है।

**उत्तर**—सही। कोक, कोयले के भंजक आसवन से प्राप्त होता है। इसमें उपस्थित अशुद्धियाँ गैस रूप में निकल जाती हैं।

10. पैट्रोल, पैट्रोलियम का सह-उत्पाद है।

**उत्तर**—सही। पैट्रोल, पैट्रोलियम का सह-उत्पाद है।

11. पैट्रोलियम ईंधन के रूप में प्रयुक्त होता है।

**उत्तर**—गलत, पैट्रोलियम प्राय: ईंधन के रूप में प्रयोग नहीं होता।

12. पेट्रोल की ऑक्टेन संख्या पेट्रोल में आइसो ऑक्टेन का प्रतिशत होती है। *(U.P. 2006)*

**उत्तर**—सही। यदि 100 ml पेट्रोल में 80 ml आइसो ऑक्टेन है तब इसकी ऑक्टेन संख्या 80 होगी।

13. कैरोसिन तेल का ऊष्मीय मान डीजल तेल से अधिक होता है।

**उत्तर**—सही।

14. पैट्रोलियम एक कच्चा तेल है।

**उत्तर**—सही। पैट्रोलियम एक तेलीय गाढ़ा द्रव है जो पृथ्वी या समुद्र की गहराई से कुएँ खोदकर प्राप्त होता है।

15. पैट्रोल में आइसो ऑक्टेन की प्रतिशत मात्रा ऑक्टेन संख्या कहलाती है।

**उत्तर**—सही। पैट्रोल में आइसो आक्टेन की प्रतिशत मात्रा आक्टेन से प्राप्त होती है।

16. भंजक आसवन द्वारा तेल गैस प्राप्त होती है।

**उत्तर**—गलत। तेल गैस भंजन क्रिया द्वारा प्राप्त होती है।

17. कोयला कोक से उत्तम ईंधन है।

**उत्तर**—गलत। कोक, कोयले से अधिक उत्तम ईंधन है, क्योंकि इसमें अशुद्धियाँ कम होती हैं।

18. बायो गैस गोबर के जैव अपघटन से प्राप्त होती है।

**उत्तर**—सही। बायो गैस गोबर के जैविक अपघटन से प्राप्त होती है।

19. बायोगैस केवल गाँवों में प्रयोग की जाती है।

**उत्तर**—गलत। बायो गैस का प्रयोग गाँवों व शहरों दोनों में प्रयोग होता है।

20. बायोगैस प्रदूषण रहित ईंधन है।

**उत्तर**—सही।

21. प्रोड्यूसर उपकरण में भंजन क्रिया होती है।

**उत्तर**—गलत। प्रोड्यूसर उपकरण में भंजन क्रिया नहीं होती।

22. सीटेन संख्या पैट्रोल के जलने में विलम्ब से ज्ञात की जाती है।

**उत्तर**—गलत। सीटेन संख्या डीजल के जलने में विलम्ब से ज्ञात की जाती है।

### ☞ *लघु उत्तरीय प्रश्न*

1. आदर्श ईंधन क्या होता है?

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

2. उच्च एवं निम्न ऊष्मीय मानों में विभेद कीजिये।
3. आक्टेन संख्या व सीटेन संख्या की व्याख्या कीजिये।
4. अपस्फोटनरोधी यौगिक क्या होते हैं?
5. विभिन्न भंजन क्रियाओं की व्याख्या कीजिये।
6. अपस्फोटन एवं अपस्फोटरोधी कारक पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिए। (U.P. 2009)
7. ऑक्टेन संख्या एवं सीटेन संख्या पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिए। (U.P. 2008)
8. भंजन क्या है? मूलभूत भंजन अभिक्रियाएँ लिखिए। (U.P. 2006)
9. ईंधन के कैलोरी मान पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिए। (U.P. 2003)
10. ईंधनों के निम्न व उच्च कैलोरी मान पर टिप्पणी लिखिए। (U.P. 2014)
11. तेल गैस का प्रतिशत संघटन लिखिये। (U.P. 2018)

## ☞ *विस्तृत उत्तरीय प्रश्न*

1. स्नेहक क्या होते हैं? स्नेहक के कार्य लिखिये।
2. स्नेहक की आवश्यकता को समझाइये। अच्छे स्नेहक की विशेषताएँ लिखिये।
3. स्नेहक की क्रियाविधि को समझाइये।
4. स्नेहकों का वर्गीकरण कीजिये।
5. स्नेहकों के गुणधर्म को समझाइये।
6. स्नेहकों में योगज (Additives) यौगिकों का महत्व समझाइये।
7. ग्रीस क्या होती है? यह किस प्रकार निर्मित होती है? किन परिस्थितियों में ग्रीस का उपयोग स्नेहक के रूप में करते हैं?
8. बियरिंग में स्नेहकों की भूमिका की व्याख्या कीजिये।
9. अच्छे स्नेहक के क्या लक्षण होते हैं?
10. ठोस स्नेहक पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिये।
11. स्नेहकों की आवश्यकता पर टिप्पणी लिखिये।
12. स्नेहकों के औद्योगिक अनुप्रयोग दीजिये।
13. निम्न पर टिप्पणी लिखिये—
    (a) फ्लैश पॉइंट (Flash Point),
    (b) श्यानता सूचकांक (Viscosity Index)।
14. स्नेहकों का विमोमन (Dewaxing) तथा विलायक शोधन की विधि के बारे में लिखिये।
15. तरल स्नेहकों के उपयोग उदाहरण सहित समझाइये।
16. संश्लेषित स्नेहकों का महत्व समझाइये।
17. स्नेहकों में योज्य यौगिकों (Additive Compounds) का क्या महत्व होता है? उदाहरण सहित समझाइये। (U.P. 2007)
18. स्नेहकों के कार्य एवं वर्गीकरण की विवेचना कीजिए। (U.P. 2008)
19. स्नेहक को परिभाषित कीजिए। इसके क्या कार्य हैं? उपयुक्त उदाहरणों के साथ स्नेहकों के वर्गीकरण की विवेचना कीजिए। (U.P. 2011)
20. क्लाउड प्वांइट (Cloud Point) को परिभाषित कीजिए और इसका महत्व बताइये। (U.P. 2012)
21. 'स्नेहक' को परिभाषित कीजिये। अच्छे स्नेहक की विशिष्टताएँ बताइये। स्नेहकों में योज्यों (Additives) का क्या महत्त्व है? (U.P. 2013)
22. स्नेहक क्या है? इसके आवश्यक गुण बताइये। (U.P. 2014)
23. ग्रीस स्नेहक के रूप में नहीं प्रयोग की जाती है। (U.P. 2016)
(Dec. 2017)

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

(a) रेल अक्षीय कक्ष
(b) गियरो में
(c) उत्तम प्रकार के यन्त्रों में
(d) बियरिंग जो उच्च ताप पर कार्य करती है।

**उत्तर**—(c) उत्तम प्रकार के यन्त्रों में।

24. स्नेहक की मुख्य विशेषताओं की व्याख्या कीजिये। कार्य की अवस्था में कौन-सा स्नेहक उपयोग करोगे। स्नेहक तेल, ग्रीस तथा ठोस स्नेहक। *(Dec. 2017)*
25. स्नेहक क्या होते हैं। इनका वर्गीकरण कीजिये। महत्वपूर्ण गुणों की व्याख्या कीजिये। *(2018)*
26. ईंधनों के गुणों की व्याख्या कीजिये।
27. पैट्रोलियम के शोधन की व्याख्या कीजिये।
28. पैट्रोलियम पदार्थों के शुद्धीकरण की क्या आवश्यकता है? शोधन की विभिन्न विधियाँ लिखिये।
29. कोक की निर्माण विधि की व्याख्या कीजिये।
30. प्रोड्यूसर गैस को निर्माण के तुरन्त बाद ही क्यों प्रयोग कर लेना चाहिये?
31. कोल गैस के शुद्धीकरण की विधि की व्याख्या कीजिये।
32. बायो गैस क्या होती है? बायो गैस संयन्त्र से इनके निर्माण की विधि की व्याख्या कीजिये।
33. संश्लेषित पैट्रोल क्या होता है? इसके निर्माण की विधियाँ लिखिये।
34. निम्न पर टिप्पणी लिखिये—
(अ) ज्वलन ताप, (ब) स्फुरांक,
(स) अपस्फोटन व अपस्फोटनरोधी पदार्थ, (द) जल गैस, (ई) ईंधन का ऊष्मीय मान।
35. निम्नलिखित को परिभाषित कीजिए— *(U.P. 2012)*
(i) रासायनिक ईंधन।
(ii) ईंधन का उच्च (Gross) और निम्न (Net) कैलोरी मान 1 एक बम कैलोरीमीटर में 8.3 ग्राम ठोस ईंधन जलाया जाता है। कैलोरीमीटर का जल तुल्यांक तथा भाप की गुप्त उष्मा (Latent heat) क्रमशः 385.0 g तथा 587.0 cal/g है। ईंधन में 0.7% हाइड्रोजन है। ईंधन का समय (Gross) एवं नेट (Net) कैलोरीमान परिकलित कीजिए।
36. निम्नलिखित पदों को परिभाषित कीजिए और केवल प्रश्न (iii) के प्रकार एवं लाभों की संक्षिप्त विवेचना कीजिए।
(i) ईंधन का कैलोरीमान (Calorific value of a fuel)
(ii) अपस्फोटन और अपस्फोटरोधी कारक (Knocking and Anti-knocking agents)
(iii) भंजन (Cracking) *(U.P. 2011)*
37. अपस्फोटरोधी कारक (Anti-knocking agent) क्या होते हैं? एक उदाहरण द्वारा उनकी क्रियाविधि लिखिए। *(U.P. 2007)*
38. जैसे ही प्रोड्यूसर गैस तैयार की जाती है उसे उसी समय प्रयोग में लाना क्यों आवश्यक है? *(U.P. 2003)*
39. फ्लैश प्वाइंट व क्लाउड प्वाइंट (Cloud point) को परिभाषित कीजिए और इनका महत्व समझाइये। *(U.P. 2013)*
40. ऑक्टेन संख्या व सीटेन संख्या किसे कहते हैं? *n*-हैप्टेन, *n*-हैक्साडेकेन, *n*-ऑक्टेन व आइसो ऑक्टेन में से अधिकतम ऑक्टेन संख्या व अधिकतम सीटेन संख्या कितनी है? *(U.P. 2013)*
41. अपस्फोटन (Knocking) और अपस्फोटनरोधी एजेन्ट (Antiknocking agents) पर व्याख्यात्मक टिप्पणी लिखिये। *(U.P. 2014)*
42. वायोगैस की उत्पादन विधि का वर्णन कीजिए। इसके गुण तथा दोष बताइये। *(U.P. 2015)*
43. कोल गैस क्या है? इसे बनाने की विधि दीजिए। *(U.P. 2016)*
44. पेट्रोल की गुणवत्ता को किसके द्वारा व्यक्त करते है? व्याख्या कीजिये। *(1st Semester 2016)*
45. बम कैलोरीमीटर से ठोस एवम् द्रव ईंधनों का ऊष्मीयमान ज्ञात करने की विधि का वर्णन कीजिये।

*(1st Semester 2016)*

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

**46.** अशुद्ध पेट्रोलियम का शोधन किस प्रकार करते है? प्राप्त होने वाले ईंधनों के नाम तथा उपयोग बताइये।

*(1st Semester 2016)*

**47.** कोल गैस का संघटन लिखिये। इसके बनाने की विधि एवं प्राप्त होने वाले प्रमुख उत्पादों की उपयोगिता लिखिये।

*(U.P. 2017)*

☞ ***संख्यात्मक प्रश्न***

**1.** जब 35 ग्राम ईंधन का वायु की अधिकता में कैलोरीमापी में दहन किया जाता है तो जल का ताप 2.35°C बढ़ता है। जल का ऊष्मीय मान ज्ञात कीजिये यदि जल का भार 1240 ग्राम तथा जल तुल्यांक 130 है।

**उत्तर**—(3443.3) कैलोरी/ग्राम।

**2.** एक कोयले के नमूने का प्रतिशत संगठन निम्न है—

$C = 90.00$, $H_2 = 3.5$, $O = 3.00$, $N = 1.00$, $S = 1.00$, $Ash = 1.5$

1 किलोग्राम कोयले को पूर्ण दहन के लिये आवश्यक ऑक्सीजन व वायु के आयतन की गणना 27°C ताप व 1 वायुमण्डलीय दाब पर कीजिये।

**उत्तर**—$O_2 = 2020$ लीटर, वायु = 9619 लीटर।

**3.** कोयले के विश्लेषण में निम्न आँकड़े प्राप्त हुए हैं—

$C = 85.8\%$, $H = 12.5\%$ $S = 1.5\%$, तथा $O_2 = 0.2\%$

1 किग्रा ईंधन के दहन के लिये कितनी वायु की मात्रा की आवश्यकता होगी ?

**उत्तर**—वायु = 14.33 किलोग्राम।

**4.** निम्न आँकड़ों से ईंधन का कुल ऊष्मीय मान ज्ञात करो—

$C = 80\%$, $H = 7\%$, $O = 3\%$, $S = 3.5\%$ $H = 2.1\%$ व राख = 4.4%

उत्तर—कुल ऊष्मीय मान = 88.28 किलोकैलोरी/किग्रा०

❑

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

अध्याय

# 3

# जल उपचार
# (Water Treatment)

**पाठ्यक्रम (Syllabus) :** Demonstration of water resources on Earth using pie chart, Classification of water—soft water and hard water, action of soap on hard water, types of hardness, causes of hardness, units of hardness—mg per litre (mg $L^{-1}$) and part per million (ppm) and simple numerical, pH and buffer solutions and their applications, Disadvantages caused by the use of hard water in domestic and boiler feed water. Primming and foaming and caustic embrittlement in boilers, Removal of hardness—Permutit process and Ion-exchange process, Physico-Chemical methods for Water Quality Testing : (a) Determination of pH using pH meter, total dissolved solids (TDS), (b) Testing and Estimation of alkalinity, indicating their types and application, total hardness by EDTA method and O' Hener's Method. (Chemical reaction of EDTA method are excluded), (c) Understanding of Indian Water Quality Standards as per WHO, Natural water sterilization by chlorine and UV radiation and reverse osmosis, Municipality waste water treatment, Definition of B.O.D. and C.O.D.

जल पृथ्वी पर सर्वाधिक मात्रा में पाया जाने वाला पदार्थ है। जल के विषय में मनुष्य को बहुत पहले से जानकारी है। वैज्ञानिकों के अनुसार जीवन की उत्पत्ति भी जल से ही हुई है। यह मनुष्य तथा अन्य जीव-जन्तुओं व पेड़-पौधों के लिये अति आवश्यक पदार्थ है। इसके बिना जीवन की कल्पना भी नहीं की जा सकती है।

अट्ठारहवीं शताब्दी तक जल को तत्त्व ही माना जाता रहा, परन्तु सन् 1781 में **हैनरी कैवेंडिश** नामक वैज्ञानिक ने प्रयोगों के आधार पर सिद्ध करके बताया कि जल वास्तव में तत्त्व नहीं बल्कि यौगिक है तथा हाइड्रोजन व ऑक्सीजन से मिलकर बना है। पृथ्वी का लगभग तीन-चौथाई भाग जल से घिरा हुआ है। पेड़-पौधों में 75% तक पानी होता है, जबकि मनुष्य के शरीर का दो-तिहाई भाग जल से बना है।

## 3.1. जल के स्रोत (Sources of Water)

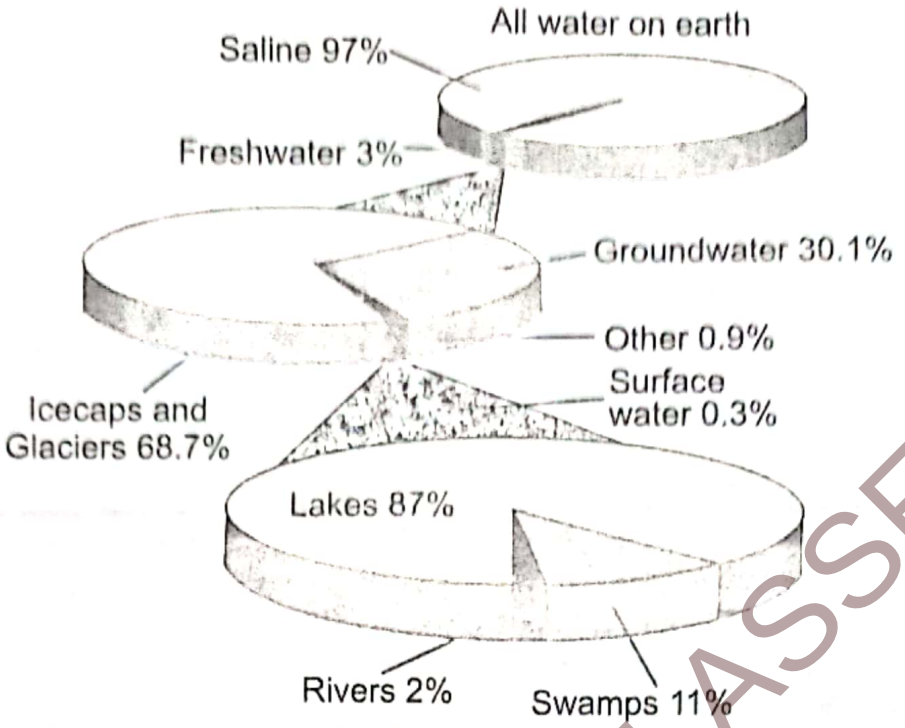
प्रकृति में जल विभिन्न रूपों में उपलब्ध है। जल के मुख्य प्राकृतिक स्रोत निम्न हैं—

**1. वर्षा का जल** (Rain Water)—पृथ्वी पर उपस्थित नदियों, समुद्र, तालाब, झील, पोखर आदि का जल सूर्य की गर्मी से वाष्पित (Evaporate) होकर बादलों का निर्माण करता है। ये बादल एकाएक ठण्डे होकर वर्षा के रूप में बरसने लगते हैं। वर्षा के जल को प्राकृतिक स्रोतों में सबसे शुद्ध जल माना गया है, किन्तु पृथ्वी तक आते-आते उसमें धूल, $CO_2$, $SO_2$, $HNO_3$, कार्बन पाउडर आदि घुल जाते हैं तथा यह जल अशुद्ध हो जाता है और पीने के लायक नहीं रहता है।

**2. झरनों एवं कुँओं का जल** (Stream and Well Water)—वर्षा का जल जमीन व पहाड़ों पर इकट्ठा हो जाता है तथा किसी चट्टान की दरार से जब यह ऊपर से नीचे गिरता है, तो इसे झरना कहते हैं। झरने के जल में प्राय: नमक, चूना, खनिज पदार्थ घुले रहते हैं। झरने के जल में गन्धक मिला होता है जो त्वचा रोगों में फायदा करता है। इसी प्रकार पृथ्वी की सतह से नीचे भी जल एकत्र रहता है। इसे कुँआ खोदकर निकाला जाता है। कुँओं का जल स्वच्छ तथा शुद्ध होता है तथा इसमें हानिकारक अशुद्धियाँ कम मात्रा में घुली होती हैं।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner




**चित्र 3.1—पृथ्वी पर जल के स्रोत (Resources of Water on Earth)**

**3. समुद्र का जल** (Sea Water)—पृथ्वी पर सर्वाधिक जल समुद्री जल है। यह सबसे अधिक अशुद्ध होता है। यह जल का सबसे प्रमुख स्रोत है। इसमें नदियों द्वारा बहाकर लाया गया तथा वर्षा का जल एकत्रित होता रहता है। नदियों द्वारा अपने साथ बहाकर लाई गई अशुद्धियों के कारण समुद्र के जल में मुख्य रूप से पोटैशियम, मैग्नीशियम, कैल्शियम, सोडियम आदि के क्लोराइड, सल्फेट, कार्बोनेट, बाइकार्बोनेट, आयोडाइड के रूप में घुले रहते हैं। समुद्र के जल से ही खाने वाला नमक (NaCl) प्राप्त किया जाता है।

**4. नदियों का जल** (River Water)—नदियों का जल वास्तव में वर्षा का वह जल है जो पृथ्वी द्वारा अवशोषित नहीं किया जाता है। नदियों के जल में वर्षा के जल के साथ पर्वतों पर जमी बर्फ का पिघला जल भी मिला रहता है। नदियों का जल जब पृथ्वी पर बहता है तो उसमें नालों द्वारा बहाकर लाई गयी फैक्ट्रियों व शहर की गन्दगी भी मिश्रित हो जाती है जिसके कारण उसमें अनेक कार्बनिक, अकार्बनिक पदार्थ भी घुल जाते हैं और वह पीने लायक नहीं रह जाता।

## प्राकृतिक जल के उपयोग (Uses of Natural Water)

**1. सिंचाई करने में** (In Watering)—प्राकृतिक जल का उपयोग बहुत अधिक मात्रा में फसलों की सिंचाई करने में किया जाता है। सिंचाई करने में नदियों, नहरों, बम्बों, ट्यूबवैल व कुओं का प्रयोग किया जाता है। वर्षा का जल भी कृषि के लिये अत्यधिक उपयोगी होता है।

**2. घरेलू कार्यों में** (For Domestic Purpose)—जल का उपयोग घरेलू कार्यों; जैसे—कपड़े धोने, नहाने, खाना बनाने, सफाई करने तथा पीने में किया जाता है।

**3. औद्योगिक कार्यों में** (In Industries)—जल का उपयोग अनेक औद्योगिक कार्यों में किया जाता है। कागज, चीनी, शीतल पेय, चमड़ा, रंगाई, छपाई, स्याही आदि बनाने में जल का प्रयोग किया जाता है।

**4. विद्युत उत्पादन में** (In Production of Electricity)—नदियों के जल को बाँध बनाकर रोक लिया जाता है। फिर इस बाँध के पानी को ऊँचाई से नीचे की ओर गिराया जाता है जिससे विद्युत का उत्पादन किया जाता है।

**5. प्रशीतक के रूप में** (As a Coolant)—जल का उपयोग अनेक यन्त्रों को ठण्डा रखने में भी किया जाता है; जैसे—गाड़ी के रेडियेटर को ठण्डा करने में, कोल्डस्टोर में अमोनिया को ठण्डा करने में, परमाणु संयन्त्र में भी इसका उपयोग किया जाता है।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

## 3.2. जल का वर्गीकरण (Classification of Water)

प्राकृतिक जल को निम्न दो वर्गों में वर्गीकृत किया जा सकता है—

(i) **मृदु जल** (Soft Water)—वह जल जो साबुन के साथ शीघ्रता से व अधिक झाग बनाता है, मृदु जल कहलाता है। यह जल पीने योग्य तथा कपड़ों की धुलाई के लिये उपयुक्त माना गया है।

(ii) **कठोर जल** (Hard Water)—वह जल जो साबुन के साथ बहुत कम और देर से झाग बनाता है, कठोर जल कहलाता है। कठोर जल से कपड़े धोने में अत्यधिक साबुन खर्च होता है। जल में साबुन मिलाने पर देर से तथा कम झाग बनाने के गुण को जल की कठोरता कहते हैं। जल की कठोरता उसमें घुले हुए कैल्शियम तथा मैग्नीशियम के बाइकार्बोनेट, क्लोराइड तथा सल्फेट के कारण होती है।

### 3.2.1. कठोर जल की साबुन से क्रिया (Action of Soap on Hard Water)

साबुन उच्च श्रृंखला के वसा अम्लों (Long Chain fatty acids) के सोडियम व पोटेशियम लवण होते हैं। साबुन जल में कपड़ों पर लगी गन्दगी को हटाकर उन्हें साफ करता है। साबुन मृदु-जल (Soft water) में अधिक झाग उत्पन्न करते हैं। मृदु जल में प्रयोग करने पर साबुन कम खर्च होता है जबकि कठोर जल का प्रयोग करने पर अधिक साबुन खर्च होता है। हम जानते हैं कि उच्च अणुभार वाले मोनो कार्बोक्सिलिक अम्लों के सोडियम तथा पोटेशियम लवण साबुन कहलाते हैं। ये तेलों और वसाओं के तनु NaOH या तनु KOH द्वारा जल अपघटन से प्राप्त होते हैं।

$$\begin{array}{l} CH_2OCOC_{17}H_{35} \\ | \\ CHOCOC_{17}H_{35} \\ | \\ CH_2OCOC_{17}H_{35} \\ \text{स्टियरिन (वसा)} \end{array} + 3NaOH \longrightarrow \begin{array}{l} CH_2OH \\ | \\ CHOH \\ | \\ CH_2OH \\ \text{ग्लिसरॉल} \end{array} + 3C_{17}H_3COONa \underset{\text{(साबुन)}}{\text{सोडियम स्टियरेट}}$$

कठोर जल में कैल्शियम तथा मैग्नीशियम के क्लोराइड, सल्फेट व बाइकार्बोनेट घुले हुए रहते हैं। साबुन का प्रयोग जब कठोर जल में किया जाता है तो उसमें घुले हुए कैल्शियम व मैग्नीशियम के लवण साबुन से क्रिया कर लेते हैं तथा साबुन कम झाग बनाता है और अधिक मात्रा में खर्च होता है। जब साबुन को भारी जल में मिलाया जाता है तो निम्न रासायनिक अभिक्रियाएँ होती हैं।

$$\underset{\text{साबुन}}{2C_{17}H_{35}COONa} + \underset{\substack{\text{कैल्शियम सल्फेट} \\ \text{(भारी जल मे उपस्थित)}}}{CaSO_4} \longrightarrow \underset{\text{कैल्शियम स्टियरेट}}{(C_{17}H_{35}COO)_2Ca} + \underset{\text{सोडियम सल्फेट}}{Na_2SO_4}$$

$$\underset{\text{साबुन}}{2C_{17}H_{35}COONa} + \underset{\substack{\text{कैल्शियम सल्फेट} \\ \text{(भारी जल मे उपस्थित)}}}{MgSO_4} \longrightarrow \underset{\text{मैग्नीशियम स्टियरेट}}{(C_{17}H_{35}COO)_2Mg} + \underset{\text{सोडियम सल्फेट}}{Na_2SO_4}$$

इस प्रकार साबुन कठोर जल में उपस्थित मैग्नीशियम व कैल्शियम लवणों से क्रिया कर लेते हैं और गन्दगी की सफाई ठीक से नहीं कर पाते।

### 3.2.2. कठोरता के प्रकार (Types of Hardness)

(i) **अस्थायी कठोरता** (Temporary Hardness)—जल में कैल्शियम तथा मैग्नीशियम के बाइकार्बोनेट घुले होने के कारण होने वाली कठोरता को अस्थायी कठोरता कहते हैं। जल की अस्थायी कठोरता को उबालकर दूर किया जा सकता है।

(ii) **स्थायी कठोरता** (Permanent Hardness)—जल में कैल्शियम तथा मैग्नीशियम के सल्फेट तथा क्लोराइड घुले होने के कारण होने वाली कठोरता को स्थायी कठोरता कहते हैं। स्थायी कठोरता को उबालकर दूर नहीं किया जा सकता।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

### 3.2.3. कठोरता का कारण (Cause of Hardness)

जल की कठोरता का कारण उसमें घुले हुए कैल्शियम व मैग्निशयम के बाइकार्बोनेट, सल्फेट व क्लोराइड हैं। इन लवणों की वजह से जल कठोर जल कहलाता है। दूसरे शब्दों में कठोर जल में निम्न लवण घुले हुए रहते हैं।

(i) कैल्शियम सल्फेट — ($CaSO_4$)

(ii) कैल्शियम क्लोराइड — ($CaCl_2$)

(iii) कैल्शियम बाइकार्बोनेट — ($Ca(HCO_3)_2$)

(iv) मैग्निशियम सल्फेट — ($MgSO_4$)

(v) मैग्निशियम क्लोराइड — ($MgCl_2$)

(vi) मैग्नीशियम बाइकार्बोनेट — $Mg(HCO_3)_2$

### 3.2.4. जल की कठोरता के मापन की इकाइयाँ (Units of Measurement of Hardness of Water)

जल की कठोरता के मापन की इकाइयाँ निम्न प्रकार की हैं—

(i) **PPM (Parts Per Million)**—कठोरता उत्पन्न करने वाले पदार्थों के भार भाग की कैल्शियम कार्बोनेट के रूप में वह संख्या जो प्रति दस लाख (एक मिलियन) भाग में उपस्थित होती है, जल की ppm में कठोरता कहलाती है।

**उदाहरण**—यदि किसी जल के नमूने के 10 लाख भाग में 136 भाग $CaSO_4$ घुला हो तो उसकी ppm में कठोरता 100 होगी, क्योंकि $CaSO_4$ के 136 भाग $CaCO_4$ के 100 भाग के समतुल्य होते हैं।

(ii) **मिलीग्राम प्रति लीटर**—कठोर जल के 1 लीटर में कैल्शियम कार्बोनेट या उसके समतुल्य पदार्थ की मिलीग्राम में संख्या को मिलिग्राम प्रति लीटर में कठोरता कहते हैं।

**उदाहरण**—यदि किसी कठोर जल के एक लीटर आयतन में 10 mg $CaCO_3$ के समतुल्य कैल्शियम या मैग्नीशियम के लवण घुले हों तो इसकी कठोरता 10 मिलिग्राम प्रति लीटर होगी।

(iii) **क्लार्क डिग्री** (Clark's Degree)—एक गैलन (10 पौंड) या 70,000 भाग कठोर जल में कैल्शियम कार्बोनेट या इसके समतुल्य पदार्थ के भागों की संख्या को क्लार्क डिग्री में कठोरता कहते हैं।

**उदाहरण**—कठोर जल के 70,000 भाग में कैल्शियम या मैग्नीशियम लवणों की मात्रा यदि 20 भाग $CaCO_3$ के समतुल्य हो तो इसकी कठोरता 10° क्लार्क होगी।

(iv) **डिग्री फ्रेन्च** (Degree French, °Fr)—एक लाख ($10^5$) भाग कठोर जल में कैल्शियम कार्बोनेट या उसके समतुल्य पदार्थ का जो भाग होता है, वह जल की डिग्री फ्रेन्च में कठोरता होती है।

**उदाहरण**—यदि कठोर जल के एक लाख भाग में Ca व Mg लवणों की मात्रा 10 भाग $CaCO_3$ के समतुल्य हो तो जल की कठोरता 10° फ्रेन्च होगी।

## कठोरता की इकाइयों से सम्बन्धित प्रश्न

**उदाहरण 1. एक कठोर जल के नमूने में 1.11 मिग्रा० प्रति लीटर $CaCl_2$ उपस्थित है। इसकी कठोरता पी०पी०एम० में ज्ञात करो।**

हल—

$$CaCl_2 \equiv CaCO_3$$

$$40 + 2 \times 35.5 \qquad 40 + 12 + 3 \times 16$$

$$= 111 \qquad = 100$$

$\because$ 1 लीटर (1000 g) कठोर जल में 111 ग्राम $CaCl_2$ के समतुल्य $CaCO_3$ = 100 ग्राम

$\therefore$ $10^3$ ग्राम कठोर जल में 1.11 ग्राम $CaCl_2$ समतुल्य $CaCO_3 = \dfrac{100 \times 1.11}{111}$ ग्राम

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

$\therefore$ $10^6$ ग्राम कठोर जल में 1.11 ग्राम $CaCO_3$ के समतुल्य $CaCO_3 = \dfrac{100 \times 1.11 \times 10^6}{111 \times 10^3}$ ग्राम

$= 10^3 = 1000$ ग्राम

अत: जल की कठोरता = **1000 पी० पी० एम०** उत्तर

**उदाहरण 2. जल के एक नमूने में 204 मिलीग्राम $CaSO_4$ प्रति लीटर है। इसकी $CaCO_3$ के समतुल्य कठोरता ज्ञात कीजिये।**

हल—

$$CaSO_4 \equiv CaCO_3$$

$$40 + 32 + 4 \times 16 = 40 + 12 + 3 \times 16$$

$= 136$ प्रति ग्राम मोल $= 100$ ग्राम प्रति मोल

$\because$ 136 मिलीग्राम $CaSO_4$ प्रति लीटर $= 100$ मिलीग्राम $CaCO_3$ प्रति लीटर

$\therefore$ 204 मिली ग्राम $CaSO_4$ प्रति लीटर $= \dfrac{100 \text{ मिलीग्राम / ली० } CaCO_3 \times 204}{136}$

$= 150$ मिलीग्राम/लीटर $CaCO_3$ के समतुल्य

अत: जल के नमूने की कठोरता = **150 mg/L** या **ppm** उत्तर

**उदाहरण 3. 100 मिली० जल के नमूने की कठोरता 25.0 मिली० 0.04 N—$MgSO_4$ के तुल्य है। उसकी कठोरता पी० पी० एम० में कितनी है?**

हल— $MgSO_4$ का तुल्यांकी भार $= \dfrac{\text{अणुभार}}{\text{धातु की संयोजकता}}$

$$= \frac{24 + 32 + 4 \times 16}{2} = \frac{120}{2} = 60$$

नॉर्मल विलयन की परिभाषानुसार,

$\because$ 1000 मिली० N—विलयन में $MgSO_4 = 60$ ग्राम

$\therefore$ 25 मिली० 0.04 N—विलयन में $MgSO_4 = \dfrac{60 \times 25 \times 0.04}{1000}$ ग्राम

$= 0.06$ ग्राम

$\because$ 100 मिली० कठोर जल में $MgSO_4 = 0.06$ ग्राम

$\therefore$ 10,00,000 मिली० जल में $MgSO_4 = \dfrac{0.06 \times 10,00,000}{100} = 600$ ग्राम

अब $\because$ 120 ग्राम $MgSO_4 = 100$ ग्राम $CaCO_3$

$\therefore$ 600 ग्राम $MgSO_4 = \dfrac{100 \times 600}{120} = 500$ ग्राम

अत: जल की कठोरता $= 500$ ग्राम

$= 500$ पी०पी०एम० उत्तर

**उदाहरण 4. कठोर जल के एक नमूने के दस लाख भाग में निम्नलिखित लवण पाये गये–**

**$Ca(HCO_3)_2 = 16.2$ ग्राम, $Mg(HCO_3)_2 = 29.2$ ग्राम, $CaSO_4 = 27.2$ ग्राम**

**जल की कठोरता की गणना पी० पी० एम०, डिग्री फ्रेन्च तथा डिग्री क्लार्क में करो।**

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

हल—घुलित लवणों का $CaCO_3$ के समतुल्य भार ज्ञात करना

| लवण | घुलित मात्रा | अणुभार | $CaCO_3$ के समतुल्य = 100 |
|---|---|---|---|
| $Ca(HCO_3)_2$ | 16.2 | 162 | $\frac{100 \times 16.2}{162} = 10$ |
| $Mg(HCO_3)_2$ | 29.2 | 146 | $\frac{100 \times 29.2}{146} = 20$ |
| $CaSO_4$ | 27.2 | 136 | $\frac{100 \times 27.2}{136} = 20$ |

जल की कठोरता उत्पन्न करने वाले लवणों का $CaCO_3$ के समतुल्य कुल भार

$= 10 + 20 + 20 = 50$ ग्राम

**(i) जल की कठोरता पी०पी०एम० में—**

जल के प्रति दस लाख भाग में $CaCO_3 = 50$ भाग

∴ अत: जल की कठोरता = **50 पी०पी०एम० (ppm)**

**(ii) जल की कठोरता डिग्री फ्रेन्च में—**

∵ 1 पी०पी०एम० $= 0.1°$ फ्रेन्च

∴ 50 पी०पी०एम० $= 50 \times 0.1° = \mathbf{5°}$ फ्रेन्च

**(iii) जल की कठोरता डिग्री क्लार्क में—**

∵ 1 पी०पी०एम० $= 0.07°$ clark

∴ 50 पी०पी०एम० $= 50 \times 0.07° = \mathbf{3.5°}$ **clark** उत्तर

**उदाहरण 5. 100 मिली० कठोर जल के एक नमूने में उदासीनीकरण हेतु 0.12 N–HCl के 12 मिली० प्रयुक्त हैं, जबकि मेथिल ओरेन्ज सूचक प्रयोग में लाया जाता है। इसमें किस प्रकार की कठोरता है?**

हल—मेथिल ओरेन्ज सूचक स्थायी कठोरता का मान नहीं देता है। अत: कठोरता का प्रकार अस्थायी है।

अब ∵ 100 मिली० कठोर जल ≡ 12 मिली० 0.12 N – HCl

$= 12 \times 0.12$ ml 1N – HCl ($N_1V_1 = N_2V_2$)

$= 1.44$ ml 1N – $CaCO_3$ समतुल्य

$= 1.44 \times 10^{-3}$ L $\times$ 50 g $CaCO_3$ eq $L^{-1}$

$= 0.072$ g $CaCO_3$ eq या 72 mg $CaCO_3$ eq

∴ 1000 मिली० या 1 लीटर जल $= \frac{72 \text{ mg } CaCO_3 \times 1000 \text{ mL}}{100 \text{ mL}}$

$= 720$ mg $CaCO_3$ eq

अत: जल की अस्थायी कठोरता = **720 पी०पी०एम०** उत्तर

**उदाहरण 6. एक अनुमापन में 100 मिली० कठोर जल को उदासीन करने के लिये N/50–HCl के 5.0 मिली० लगे। जल की अस्थायी कठोरता पी०पी०एम० में ज्ञात कीजिये।**

हल— कठोर जल ≡ HCl

नॉर्मलता समीकरण : $N_1V_1 = N_2V_2$

$$N_1 \times 100 = \frac{N}{50} \times 5$$

$$\therefore \quad N_{\text{कठोर जल}} = \frac{N \times 5}{50 \times 100} = \frac{5N}{50 \times 100}$$

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

$CaCO_3$ के समतुल्य कठोरता = नॉर्मलता × तुलयांक भार

$$= \frac{5}{50 \times 100} \times 50 \text{ ग्राम प्रति लीटर } (CaCO_3 \text{ का तुल्यांक भार} = 50)$$

$$= \frac{5}{100} = \frac{1}{20} \text{ ग्राम प्रति लीटर}$$

अब ∵ 1000 मिली० (1L) में $CaCO_3 = \frac{1}{20}$ ग्राम

∴ 10,00,000 मिली० में $CaCO_3 = \frac{1}{20} \times \frac{10,00,000}{1000} = 50$ ग्राम

∴ जल की अस्थायी कठोरता = **50 पी०पी०एम०** उत्तर

**उदाहरण 7. कठोर जल के एक नमूने के 100 मिली० में N/50–$Na_2CO_3$ के 100 मिली० मिलाये गये। मिश्रण को उबालकर छान लिया। निस्यन्द को उदासीन करने के लिये N/50–HCl के 80 मिली० प्रयुक्त हुए। जल की स्थायी कठोरता पी०पी०एम० में निकालो।**

हल—N/50 – $Na_2CO_3$ का कुल आयतन = 100 मिली०

निस्यन्द के लिये प्रयुक्त HCl = 80 मिली० N/50 $Na_2CO_3$ विलयन

= 80 मिली० N/50 $Na_2CO_3$ विलयन

अत: स्थायी कठोरता दूर करने के पश्चात् शेष $Na_2CO_3$ = 80 मिली० N/50 $Na_2CO_3$

स्थायी कठोरता के लिये प्रयुक्त $Na_2CO_3$ = 100 – 80 = 20 मिली० N/50 $Na_2CO_3$

**(i) 20 मिली० N/50 $Na_2CO_3$ के समतुल्य $CaCO_3$ का भार ज्ञात करना—**

1000 मिली० N–$Na_2CO_3$ ≡ 1000 मिली० N–$CaCO_3$

= 50 ग्राम $CaCO_3$ (∵ $CaCO_3$ का तुल्यांकी भार = 50)

∵ 1 मिली० N/50–$Na_2CO_3$ = $\frac{50}{1000 \times 50}$ ग्राम $CaCO_3$

∴ 20 मिली० N/50–$Na_2CO_3$ = $\frac{50 \times 20}{1000 \times 50} = \frac{1}{50}$ ग्राम $CaCO_3$

**(ii) स्थायी कठोरता ज्ञात करना—**

∵ 100 मिली० स्थायी कठोर जल = $\frac{1}{50}$ ग्राम $CaCO_3$

10,00,000 मिली० स्थायी कठोर जल = $\frac{10,00,000}{50 \times 100} = 200$ ग्राम

अत: जल की स्थायी कठोरता = **200 पी०पी०एम०** उत्तर

### 3.2.5. pH मान (pH Value)

**किसी विलयन में उपस्थित हाइड्रोजन आयनों की सान्द्रता का ऋणात्मक लघुगुणक उसका pH मान कहलाता है।**

"The negative logarithm of hydrogen ion concentration present in solution is called its pH value."

$$\mathbf{p^H = - \log [H^+]}$$

**अथवा (OR)**

**किसी विलयन में उपस्थित हाइड्रोनियम ($H_3O^+$) आयनों की सान्द्रता का ऋणात्मक लघुगुणक उसका pH मान कहलाता है।**

"The negative logarithm of hydronium ion ($H_3O^+$) concentration present in solution is called its pH value."

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

$$\mathbf{p^H = -\log [H_3O^+]}$$

जिस प्रकार $H^+$ सान्द्रता को $p^H$ में व्यक्त करते हैं, उसी प्रकार $OH^-$ सान्द्रता को $p^{OH}$ में व्यक्त करते हैं।

$$p^{OH} = -\log [OH^-]$$

**$p^H$ व $p^{OH}$ में सम्बन्ध** (Relation between $p^H$ and $p^{OH}$)—25°C ताप पर किसी विलयन के लिए

$$[H^+][OH^-] = K_w = [1 \times 10^{-14}]$$

$K_w$ = जल का आयनिक गुणनफल $= 1 \times 10^{-14}$ दोनों ओर का ऋणात्मक log लेने पर

$$-\log [H^+] - \log [OH^-] = -\log K_w = -\log 10^{-14}$$

$$\boxed{\mathbf{p^H + p^{OH} = pK_w = 14}}$$

यदि **$p^H = 7$, विलयन उदासीन होगा,**

**$p^H > 7$, विलयन क्षारीय होगा,**

**$p^H < 7$, विलयन अम्लीय होगा।**

**उदाहरण** (Example). निम्नलिखित की pH ज्ञात कीजिए—

(i) $\frac{M}{100}$ HCl (ii) $\frac{M}{100}$ $H_2SO_4$

(iii) 0.001 M NaOH

**हल—(i) $\frac{M}{100}$ HCl—**

$$HCl \longrightarrow H^+ + Cl^-$$

$$[H^+] = [HCl] = \frac{1}{100} = 0.01 = 10^{-2}\ M$$

$$[H^+] = 10^{-2}\ M$$

$$p^H = -\log [H^+]$$

$$= -\log 10^{-2}$$

$$= -(-2) \log 10$$

$$= 2 \log 10$$

$\therefore$ $p^H = 2$ $[\because \log\ 10 = 1]$ उत्तर

**(ii) $\frac{M}{100}$ $H_2SO_4$—**

$$H_2SO_4 \longrightarrow 2H^+ + SO_4^{2-}$$

$$10^{-2}\ M \qquad 2 \times 10^{-2}\ M \quad 10^{-2}\ M$$

$$[H^+] = 2 \times 10^{-2}\ M$$

$$p^H = -\log (2 \times 10^{-2})$$

$$= -\log 2 + 2 \log 10$$

$$= -0.3010 + 2 \qquad [\because \log\ 10 = 1]$$

$\therefore$ $p^H = 1.6990$ उत्तर

A.K.C TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

(iii) 0.001 M NaOH—

$$NaOH \longrightarrow Na^+ + OH^-$$

$$[OH^-] = [NaOH] = .001\,M = 10^{-3}\,M$$

$$p^{OH} = -\log [OH^-]$$

$$p^{OH} = -\log 10^{-3}$$

$$p^{OH} = 3 \log 10$$

$$= 3 \times 1$$

$$\boxed{p^{OH} = 3}$$

$$p^H + p^{OH} = 14$$

$$p^H = 14 - p^{OH}$$

$$= 14 - 3$$

$$\therefore \quad \boxed{p^H = 11}$$

उत्तर

### 3.2.6. बफर विलयन (Buffer Solutions) या उभय प्रतिरोधी विलयन

**"वे विलयन जिनमें किसी प्रबल अम्ल या प्रबल क्षार की थोड़ी सी मात्रा मिलाने पर उनके pH मान में कोई परिवर्तन नहीं होता या बहुत कम परिवर्तन होता है, बफर विलयन कहलाते हैं। बफर विलयन में थोड़ी मात्रा में अम्ल या क्षार मिलाने पर उसके pH मान में परिवर्तन के विरोध करने की क्रिया बफर क्रिया कहलाती है"**

"A solution which can resist the change in pH value on addition of small amount of acid or base is called as Buffer solution. The ability of buffer solution to resist the change in pH value on addition of acid or base is called buffer action."

**बफर विलयन के गुण** (Properties of Buffer Solutions)—

(i) बफर विलयन की अम्लता या क्षारकता आरक्षित (Reserved) रहती है।

(ii) बफर विलयन अपने pH मान में परिवर्तन का विरोध करते हैं।

(iii) प्रबल अम्ल या प्रबल क्षार की अल्प मात्रा मिलाने पर बफर विलयन के pH मान में नगण्य परिवर्तन होता है।

(iv) विलयन को तनु करने पर विलयन के pH मान में कोई परिवर्तन नहीं होता है।

**बफर विलयन के प्रकार** (Types of Buffer Solutions)—बफर विलयन दो प्रकार के होते हैं—

**(1) अम्लीय बफर** (Acidic Buffer)—दुर्बल अम्ल तथा इस अम्ल के किसी प्रबल क्षार के साथ बने लवण के मिश्रण को अम्लीय बफर कहते हैं; जैसे—

(i) $CH_3COOH + CH_3COONa$,

(ii) $HCN + KCN$

**(2) क्षारीय बफर** (Basic Buffer)—दुर्बल क्षार व इस क्षार के किसी प्रबल अम्ल के साथ बने लवण के मिश्रण को क्षारीय बफर कहते हैं; जैसे—

(i) $NH_4OH + NH_4Cl$,

(ii) $NH_4OH + NH_4NO_3$

**बफर विलयन की क्रिया का स्पष्टीकरण** (Explanation of Buffer Action)—

**(1) अम्लीय बफर** (Acidic Buffer)—माना $CH_3COOH + CH_3COONa$ एक अम्लीय बफर है। $CH_3COOH$ सम आयन प्रभाव के कारण आंशिक रूप से तथा $CH_3COONa$ पूर्णरूप से निम्न प्रकार आयनित होते है—

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+ \quad \text{(अल्प आयनित)}$$

$$CH_3COONa \longrightarrow CH_3COO^- + Na^+ \quad \text{(पूर्णत: आयनित)}$$

सम आयन के प्रभाव के कारण $CH_3COOH$ का आयनन बहुत कम होता है, क्योंकि $CH_3COOH$ एक दुर्बल अम्ल है। I Condition

इस बफर विलयन में प्रबल अम्ल (जैसे—HCl, $H_2SO_4$ आदि) अल्प मात्रा में मिलाने पर, प्रबल अम्ल से प्राप्त $H^+$ आयन $CH_3COO^-$ के साथ संयोग करके $CH_3COOH$ बना लेते हैं जो कि अल्प वियोजित हैं तथा सम आयन प्रभाव के कारण इसका वियोजन और भी कम हो जाता है जिस कारण प्रबल अम्ल की अल्प मात्रा मिलाने पर बफर विलयन की pH अपरिवर्तित रहती है।

$$HCl \longrightarrow H^+ + Cl^- \quad \text{(पूर्णत: आयनित)}$$

II Condition $\quad CH_3COO^- + H^+ \rightleftharpoons CH_3COOH \quad \text{(अल्प आयनित)}$

इस प्रकार अम्लीय बफर में प्रबल क्षार की अल्प मात्रा मिलाने पर, प्रबल क्षार से प्राप्त $OH^-$ आयन, ऐसीटिक अम्ल से प्राप्त $H^+$ आयन से संयोग करके $H_2O$ बना लेते हैं जिसके कारण अम्लीय बफर में प्रबल क्षार की अल्प मात्रा मिलाने पर उसकी pH अपरिवर्तित रहती है।

$$NaOH \longrightarrow Na^+ + OH^-$$

$$H^+ + OH^- \rightleftharpoons H_2O$$

**नोट**—इस प्रकार हम देखते हैं कि अम्लीय बफर विलयन में अल्प मात्रा में प्रबल अम्ल अथवा प्रबल क्षार मिलाने से उत्पन्न $H^+$ आयन अथवा $OH^-$ आयन स्वत: ही क्रिया करके अल्प वियोजित $CH_3COOH$ या $H_2O$ बना लेते हैं जिसके कारण विलयन में $H^+$ आयनों की सान्द्रता में न तो वृद्धि होती है और ना ही कमी आती है। स्पष्ट है कि विलयन में $H^+$ आयनों की सान्द्रता अप्रभावित रहती है जिसके कारण उसका pH मान भी अप्रभावित रहता है।

**(2) क्षारीय बफर** (Basic Buffer)—माना $NH_4OH$ तथा $NH_4Cl$ का मिश्रण एक बफर विलयन है। $NH_4OH$ सम आयन प्रभाव के कारण आंशिक रूप से तथा $NH_4Cl$ प्रबल लवण होने के कारण पूर्ण रूप से निम्न प्रकार आयनित होते हैं।

$$NH_4OH \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^- \quad \text{(अल्प आयनित)}$$

$$NH_4Cl \longrightarrow NH_4^+ + Cl^- \quad \text{(पूर्णत: आयनित)}$$

क्षारीय बफर विलयन में प्रबल अम्ल (HCl) की अल्प मात्रा मिलाने पर यह $H^+$ व $Cl^-$ आयनों में पूर्णरूप से आयनित हो जाता है। HCl के आयनन से प्राप्त $H^+$ आयन $NH_4OH$ से प्राप्त $OH^-$ आयनों के साथ संयोग करके जल ($H_2O$) बना लेते हैं जिसके कारण क्षारीय बफर विलयन में प्रबल अम्ल की अल्प मात्रा मिलाने पर इसकी pH अपरिवर्तित रहती है।

$$HCl \longrightarrow H^+ + Cl^- \quad \text{(पूर्णत: आयनित)}$$

$$H^+ + OH^- \rightleftharpoons H_2O \quad \text{(अल्प आयनित)}$$

इसी प्रकार क्षारीय बफर विलयन में प्रबल क्षार (NaOH) की अल्प मात्रा मिलाने पर NaOH, $Na^+$, तथा $OH^-$ आयनों में पूर्ण रूप से आयनित हो जाता है। NaOH से प्राप्त $OH^-$ आयन $NH_4Cl$ से प्राप्त $NH_4^+$ आयनों के साथ संयोग करके $NH_4OH$ आयन बना लेते हैं। $NH_4OH$ एक दुर्बल क्षार है व सम आयन प्रभाव के कारण इसका वियोजन और भी कम हो जाता है जिसके कारण क्षारीय बफर में प्रबल क्षार की अल्प मात्रा मिलाने पर इसकी pH अपरिवर्तित रहती है।

$$NaOH \longrightarrow Na^+ + OH^- \quad \text{(पूर्णत: आयनित)}$$

$$NH_4^+ + OH^- \rightleftharpoons NH_4OH \quad \text{(अल्प आयनित)}$$

**नोट**—अम्लीय बफर की तरह ही क्षारीय बफर विलयनों में भी कोई अम्ल या क्षार मिलाने पर उससे उत्पन्न $H^+$ या $OH^-$ आयन विलयन में पहले से मौजूद $OH^-$ या $NH_4^+$ जैसे आयनों से क्रिया करके अल्प वियोजित $H_2O$ अथवा

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

$NH_4OH$ बना लेते हैं जिससे विलयन में $H^+$ आयनों की सान्द्रता अप्रभावित रहती है और इस प्रकार विलयन का pH मान भी परिवर्तित नहीं होता है।

# आंकिक प्रश्न

**उदाहरण 1. 3.0 pH मान वाले $H_2SO_4$ विलयन की $H^+$ आयन सान्द्रण ज्ञात कीजिये।**

हल— $H_2SO_4$ विलयन का pH मान = 3.0

$$pH = -\log [H^+]$$
$$3.0 = -\log [H^+]$$
$$\log [H^+] = -3.0$$
$$= \bar{3}.000$$
$$[H^+] = \text{Antilog } \bar{3}.000$$
$$= 0.001 \text{ ग्राम-आयन/लीटर}$$

अत: उपरोक्त विलयन का हाइड्रोजन आयन सान्द्रण 0.001 ग्राम-तुल्यांक प्रति लीटर है। **उत्तर**

**उदाहरण 2. यदि किसी विलयन का pH मान 5.8 है तो उस विलयन की $H^+$ आयन सान्द्रता ज्ञात कीजिये।**

हल— विलयन का pH मान = 5.8

$$pH = -\log [H^+]$$

या $$5.8 = -\log [H^+]$$

या $$\log [H^+] = -5.8$$
$$= \bar{6}.2000$$

या $$[H^+] = \text{Antilog } \bar{6}.2000$$
$$= 1.585 \times 10^{-6} \text{ ग्राम-आयन/लीटर}$$ **उत्तर**

**उदाहरण 3. एक विलयन में हाइड्रोजन आयन सान्द्रण 0.0000001 ग्राम-तुल्यांक प्रति लीटर है। विलयन का pH मान ज्ञात कीजिये।**

हल—अम्ल की शक्ति (सान्द्रता) को नार्मलता के रूप में निम्न प्रकार प्रकट कर सकते हैं—

अर्थात् 0.0000001 ग्राम-तुल्यांक प्रति लीटर

$$= 1 \times 10^7 \text{ ग्राम तुल्यांक प्रति लीटर}$$

अत: $$[H^+] = 1 \times 10^7$$

या $$[pH] = -\log [1 \times 10^7]$$
$$= -(-7) \log 10 \quad [\because \log 10 = 1]$$
$$= 7$$ **उत्तर**

**उदाहरण 4. निम्न का pH मान ज्ञात कीजिये–**

**(i) 0.001 N-HCl विलयन में,**

**(ii) $\frac{N}{50}$ $H_2SO_4$ विलयन।**

हल—(i) 0.001 N-HCl विलयन में—

$$pH = -\log [H^+]$$
$$= -\log [1 \times 10^{-3}]$$

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

$$= -(-3.0)\log 10 \qquad [\because \log 10 = 1]$$

$$= 3$$

अत: उपरोक्त विलयन का pH मान = 3 उत्तर

(ii) $\frac{N}{50}$ $H_2SO_4$ के विलयन में—

$$[H^+] = \frac{1}{50} = 0.02$$

$$= \frac{2}{100} = 2 \times 10^{-2} \text{ ग्राम-आयन/लीटर}$$

$$pH = -\log [H^+]$$

$$= -\log [2 \times 10^{-2}]$$

$$= -[\log 2 + \log 10 - 2]$$

$$= -[0.3010 + (-2)]$$

$$= -[-1.6990] = +1.699$$ उत्तर

**उदाहरण 5. किसी कॉस्टिक सोडा विलयन का pH मान 9 है। सम्पूर्ण आयनीकरण मानकर हाइड्रोक्सिल आयन की मात्रा प्रति लीटर में ज्ञात कीजिये।**

हल—∵ कॉस्टिक सोडा विलयन का हाइड्रोजन आयन सान्द्रण

$$[H^+] = 10^{-pH}$$

या $$[H^+] = 10^{-9}$$

∴ $$[H^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$$

या $$[10^{-9}][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$$

या $$[OH^-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-9}}$$

$$= 1 \times 10^{-5} \text{ ग्राम-आयन/लीटर}$$ उत्तर

**उदाहरण 6. (i) $10^{-8}$ मोलर जलीय HCl के विलयन का pH मान ज्ञात कीजिये।**

**या (ii) $10^{-8}$ N-HCl विलयन का pH मान ज्ञात कीजिये।**

हल—इस विलयन में जल की उपस्थिति के कारण $H^+$ आयन सान्द्रता ($10^{-7}$M) को नगण्य नहीं किया जा सकता है क्योंकि HCl विलयन की सान्द्रता $10^{-3}$M है जो कि $10^{-7}$ से कम है।

अत: $[H^+]$ = जल से प्राप्त $[H^+] + 10^{-8}$ M.HCl से प्राप्त $[H^+]$

$$= 1 \times 10^{-7} + 10^{-8} \text{ ग्राम-आयन/लीटर}$$

$$= 10^{-8}[1 \times 10^{1} + 1]$$

$$= 10^{-8}[10 + 1]$$

$$= 11 \times 10^{-8}$$

∴ $$pH = -\log [H^+]$$

$$= -\log [11 \times 10^{-8}]$$

$$= -[\log 11 - 8 \log 10]$$

या $$pH = -\log 11 + 8$$

AKG TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

$$= -1.0414 + 8$$

$$= 6.9586$$

अत: $10^{-8}$ NHCl या $10^{-8}$ MHCl विलयन का pH मान = 6.9586 उत्तर

**उदाहरण 7. $\frac{N}{500}$ HCl विलयन का pH मान ज्ञात कीजिये।**

हल—

$$pH = -\log [H^+]$$

$$= -\log \left[\frac{1}{500}\right]$$

$$= -\log [2 \times 10^{-3}]$$

$$= -[\log 2 - 3] \qquad [\because \log 10 = 1]$$

$$= -\log 2 + 3$$

$$= 3 - 0.30103 \qquad [\because \log 2 = 0.30103]$$

$$= +2.69697$$

अत: $\frac{N}{500}$ HCl विलयन का pH मान = 2.69697 उत्तर

**उदाहरण 8. यदि NaOH के घोल की हाइड्रोक्सिल आयन सान्द्रता $1 \times 10^{-4}$ ग्राम-आयन प्रति लीटर है तो उसकी pH क्या होगी?**

हल—NaOH के घोल की हाइड्रोक्सिल आयन सान्द्रता $= 1 \times 10^{-4}$ ग्राम-आयन/लीटर

$\because$ $$[H^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$$

या $$[H^+][1 \times 10^{-14}] = 1 \times 10^{-14}$$

या $$[H^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-4}} = 1 \times 10^{-10} \text{ ग्राम-आयन/लीटर}$$

$\because$ $$pH = -\log [H^+]$$

$$= -\log [1 \times 10^{-10}]$$ उत्तर

**उदाहरण 9. 0.1 N सान्द्रता वाले 10 ml NaOH को 100 ml HCl से उदासीन करते हैं तो HCl की सान्द्रता तथा pH क्या होगी?**

हल—HCl की नार्मलता ज्ञात करना—

$$HCl \longrightarrow NaOH$$

$$N_1V_1 = N_2V_2$$

$$N_1 \times 100 = 0.1 \times 10$$

$\therefore$ $$N_{HCl} = \frac{0.1 \times 10}{100} = 0.01N \text{ HCl}$$

HCl की सान्द्रता = HCl की नार्मलता × तुल्यांकी भार

$$= 0.01 \times 36.5 = 0.365 \text{ ग्राम/लीटर}$$

अब $[H^+] = [HCl] = 0.01 = 10^{-2}$ ग्राम-आयन/लीटर

$$pH = -\log 10^{-2} = +2 \log 10 = +2 \qquad [\because \log 10 = 1]$$

अत: **HCl की pH = + 2** उत्तर

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

**उदाहरण 10. पूर्ण आयनन मानते हुए N/1000 सल्फ्यूरिक अम्ल विलयन के pH की गणना कीजिये।**

हल—N/1000 सल्फ्यूरिक अम्ल पूर्णतया आयनीकृत है—

$$H_2SO_4 \longrightarrow 2H^+ + SO_4$$

अत: $[H^+] = [H_2SO_4] = 1/1000 = 10^{-3}$ ग्राम-आयन/लीटर

तथा $pH = -\log [H^+] = -\log 10^{-3}$

$= +3 \log 10 = 3$ $[\because \log 10 = 1]$

$\therefore$ **pH = 3** उत्तर

**उदाहरण 11. 0.01 N–HCl (0.365 gm. HCl/litre) की pH ज्ञात करो।**

हल— $[H^+] = [HCl] = 0.01 = 10^{-2}$ ग्राम-आयन/प्रति लीटर

$pH = -\log [H^+] = -\log 10^{-2} = -(-2 \log 10) = 2$ $[\because \log 10 = 1]$

**उदाहरण 12. एक घोल की $H^+$ सान्द्रता 0.005 ग्राम आयन प्रति लीटर है। इसका pH मान निकालो।**

हल— $pH = -\log [H^+] = -\log [0.005]$

$= -[\bar{3}.6990] = +3 - 0.6990 = \mathbf{2.3010}$ उत्तर

**उदाहरण 13. यह मानते हुये कि घोल पूर्णतया आयनीकृत है, N/1000 कॉस्टिक सोडा (NaOH) घोल की pH ज्ञात करो।**

हल—N/1000 NaOH पूर्णतया आयनीकृत है—

$$NaOH \rightleftharpoons Na^+ + OH^-$$

इसमें $[OH^-] = [NaOH] = 1/1000 = 10^{-3}$ ग्राम-आयन/प्रति लीटर

तथा $[H^+][OH^-] = K_w = 1 \times 10^{-14}$

$\therefore$ $[H^+] = \dfrac{1\times10^{-14}}{[OH^-]} = \dfrac{1\times10^{-14}}{10^{-3}}$

$= 10^{-11}$ ग्राम-आयन/प्रति लीटर

$pH = -\log [H^+] = -\log [10^{-11}]$

$= -(-11 \log 10) = +11 \times 1 = \mathbf{11}$ उत्तर

**उदाहरण 14. किसी तापक्रम पर $K_w$ का मान $9.55 \times 10^{-14}$ है। पानी की pH ज्ञात करो।**

हल—हम जानते हैं कि—

$K_w = [H^+][OH^-]$

$K_w = [H^+][H^+] = [H^+]^2$ $\because$ पानी में $[H^+] = [OH^-]$

$\therefore$ $[H^+] = \sqrt{K_w} = \sqrt{9.55\times 10^{-14}}$

$= [9.55\times 10^{-14}]^{1/2}$

अत: $pH = -\log [H^+]$

$= -\log [9.55\times 10^{-14}]^{1/2}$

$= -\dfrac{1}{2}[\log 9.55 + \log 10^{-14}]$

$= -\dfrac{1}{2}[\log 9.55 + 14 \log 10] = -\dfrac{1}{2}[0.9800 - 14 \times 1]$

$= +\dfrac{13.020}{2} = \mathbf{6.51}$ उत्तर

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

**उदाहरण 15. 90% आयनन मानते हुए N/100 $H_2SO_4$ के pH की गणना कीजिये।**

हल—यदि $H_2SO_4$ पूर्णतया आयनीकृत हो तो—

$$[H^+] = [H_2SO_4] = 1/100 = 1/10^2 = 10^{-2} \text{ ग्राम-आयन/लीटर}$$

यहाँ $H_2SO_4$ का आयनन 90% है।

अत: $$[H^+] = \frac{90}{100} \times 10^{-2} = \frac{9}{10^1} \times 10^{-2} = 9 \times 10^{-3}$$

$\therefore$ $$pH = -\log [H^+] = -\log [9 \times 10^{-3}]$$

$$= -[\log 9 - 3\log 10]$$

$$= -[0.0542 - 3 \times 1] \qquad [\because \log 10 = 1]$$

$$= -(-2.0458) = \mathbf{2.0458}$$ उत्तर

**उदाहरण 16. पूर्ण आयनन मानते हुए उस घोल की pH निकालो जो 20 मिली० N/100 HCl को तनु करके 400 मिली० बनाया गया है।**

हल—(i) तनु घोल की नॉर्मलता ज्ञात करना—

तनु घोल ≡ मूल घोल

$$N_1V_1 = N_2V_2$$

$$N \times 400 = 1/100 \times 20$$

$\therefore$ $$N_1 = \frac{1 \times 20}{100 \times 400} = \frac{1}{2000}$$

(ii) तनु घोल की pH ज्ञात करना—

$$[H^+] = [HCl] = \frac{1}{2000} \text{ ग्राम आयन प्रति लीटर}$$

$\therefore$ $$pH = -\log [H^+] = -\log 1/2000$$

$$= -[\log 1 - \log 2000]$$

$$= -[0 - 3.3010] = \mathbf{3.3010}$$ उत्तर

**उदाहरण 17. ( क ) 0.1 M-NaOH विलयन का pH मान ज्ञात करो, जबकि इसे पूरी तरह से आयनिक मान लिया जाये।**

**( ख ) 0.01 M-HCl का pH मान ज्ञात करो, जबकि इसे पूर्ण रूप से आयनित मान लिया जाये।**

**( ग ) एक विलयन में हाइड्रोजन आयनों का सान्द्रण $1 \times 10^{-10}$ ग्राम-आयन प्रति लीटर है। विलयन के pH मान की गणना करो। बताइये विलयन क्षारीय है या अम्लीय है।**

हल—(क) $$0.1 \text{ M NaOH} = \frac{N}{10} \text{ NaOH}$$

अत: विलयन में, $$[OH^-] = 1 \times 10^{-1} \text{ ग्राम-आयन/लीटर}$$

$$[H^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$$

या $$[H^+][1 \times 10^{-1}] = 1 \times 10^{-14}$$

या $$[H^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-1}}$$

$$= 1 \times 10^{-13} \text{ ग्राम-आयन/लीटर}$$

$$pH = -\log [H^+]$$

$$= -\log [1 \times 10^{-13}]$$

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

अत: $pH = 13$ [$\because \log 10 = 1$]

अत: NaOH विलयन का pH मान = 13 उत्तर

(ख) $\because$ 0.01 M-HCl = 0.1 N-HCl

अत: विलयन में $[H^+] = 1 \times 10^{-2}$ ग्राम-आयन/लीटर

$\therefore$ $pH = -\log [H^+]$

$= -\log [1 \times 10^{-2}]$

$= -2 \log 10$

$= 2$ [$\because \log 10 = 1$]

अत: 0.01 M-HCl विलयन का pH मान = 2 उत्तर

(ग) विलयन में $[H^+] = 10^{-10}$ ग्राम-आयन/लीटर

$\therefore$ $pH = -\log [H^+]$

$= -\log [1 \times 10^{-10}]$

$= -(-10 \log 10)$

$= 10$ [$\because \log 10 = 1$]

अत: विलयन क्षारीय (Basic) प्रकृति का होगा। उत्तर

**उदाहरण 18. 0.0001 M एसीटिक एसिड यदि पूरी तरह से आयनित हो तो उसके pH की गणना कीजिये।**

**हल**—0.0001 M एसीटिक एसिड = 0.0001 N एसीटिक एसिड

अत: एसीटिक एसिड विलयन का $[H^+] = 1 \times 10^{-4}$ ग्राम-आयन/लीटर

$pH = -\log [H^+]$

$= -\log [1 \times 10^{-4}]$

$= -[-4 \log 10]$

$= 4$ [$\because \log 10 = 1$]

अत: एसीटिक एसिड विलयन का pH मान = 4 उत्तर

**उदाहरण 19. 0.0001 M $H_2SO_4$ विलयन का pH मान ज्ञात कीजिये।**

**हल**—चूँकि $H_2SO_4$ एक प्रबल अम्ल (Strong Acid) है तथा इसका पूर्ण आयनन (Ionisation) हो जाता है तथा इसके एक अणु से $2H^+$ आयन प्राप्त होते हैं।

अत: 0.0001 M-$H_2SO_4$ = $1 \times 10^{-4}$ M-$H_2SO_4$ = $2 \times 10^{-4}$ N-$H_2SO_4$

अत: $[H^+] = 2 \times 10^{-4}$ ग्राम-आयन/लीटर

$\therefore$ $pH = -\log [H^+]$

$= -\log [2 \times 10^{-4}]$

$= -[\log 2 - 4 \log 10]$

$= -[\log 2 - 4]$ [$\because \log 10 = 1$]

$= -\log 2 + 4$

$= 4 - 0.3010$

$= \mathbf{3.699}$ उत्तर

**उदाहरण 20. $1 \times 10^{-8}$ M-NaOH विलयन का pH मान ज्ञात कीजिये।**

**हल**— NaOH से प्राप्त $[OH^-] = 1 \times 10^{-8}$ ग्राम-आयन/लीटर

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

NaOH की उपस्थिति में $H_2O$ के आयनन से प्राप्त $[OH^-] = 1 \times 10^{-7}$ ग्राम-आयन/लीटर

$$\therefore \quad [OH^-] = 1 \times 10^{-8} + 1 \times 10^{-7}$$

या $$[OH^-] = 1 \times 10^{-7}[10^{-1} + 1]$$

$$= 10^{-7} \times 1.1$$

$$\because \quad [H^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$$

या $$[H^+] \times 1.1 \times 10^{-7} = 1 \times 10^{-14}$$

$$\therefore \quad [H^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-7}}$$

$$= 0.9090 \times 10^{-7} \text{ ग्राम-आयन/लीटर}$$

$$\therefore \quad pH = -\log [H^+]$$

$$= -[\log (10^{-7} \times 0.9090)]$$

$$= 7 \log 10 - \log 0.9090 \qquad [\because \log 10 = 1]$$

$$= 7.0414$$

अत: $10^{-8}$ M-NaOH विलयन का pH = **7.0414** उत्तर

**उदाहरण 21. $10^{-2}$ M HCl का एक लीटर $10^{-3}$ M HCl के दो लीटर के साथ मिलाया गया। परिणामी विलयन के pH का परिकलन कीजिए।**

***(U.P. 2012)***

**हल**—1 lit $10^{-2}$ M HCl = $10^{-2}$ N HCl 1 lit = $10 \times 10^{-3}$ N HCl का 1 lit

2 lit $10^{-3}$ M HCl = 2 lit $10^{-3}$ N HCl

दोनों विलयन मिलाने पर

$$V = V_1 + V_2 = 1 + 2 = 3 \text{ lit}$$

अत: $N_1V_1 + N_2V_2 = NV$ से

$$1 \times 10 \times 10^{-3} + 2 \times 10^{-3} = N \times 3$$

$$12 \times 10^{-3} = N \times 3$$

$$\Rightarrow \quad N = 4 \times 10^{-3} \text{ N}$$

पुन: 1 lit $4 \times 10^{-3}$ N HCl = $4 \times 10^{-3}$ M HCl

अत: $$HCl \longrightarrow H^+ + Cl^-$$

$$4 \times 10^{-3} = 4 \times 10^{-3}$$

$$[H^+] = 4 \times 10^{-3}$$

$$\therefore \quad pH = -\log [4 \times 10^{-3}]$$

$$= -\log 4 + 3 \log 10$$

$$= -0.6020 + 3$$

$$pH = 2.398$$

उत्तर

## 3.3. कठोर जल के दुष्प्रभाव (Harmfull Effect of Hard Water)

### 3.3.1. कठोर जल के प्रयोग के कारण हानियाँ (Disadvantages Causes by the use Hard Water)

कठोर जल से होने वाली हानियों को निम्न दो भागों में विभाजित किया जा सकता है—

**(1) घरेलू कार्यों में होने वाली हानियाँ (Disadvantages in Domestic Works)**—घरेलू कार्यों में कठोर जल से होने वाली हानियाँ निम्नलिखित हैं—

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

(i) **कठोर जल पीने से हानियाँ**—कठोर जल पीने से सामान्यत: हानि नहीं होती है, किन्तु जल में आयरन तथा कैल्शियम लवणों की मात्रा अधिक होने पर उसका स्वाद बदल जाता है तथा यह रक्त व हड्डियों को भी नुकसान पहुँचाता है।

(ii) **कठोर जल से स्नान करने से हानियाँ**—कठोर जल से स्नान करने पर साबुन अधिक खर्च करने पर भी शरीर की सफाई ठीक से नही हो पाती है तथा अधिक मात्रा में जल का भी प्रयोग होता है।

(iii) **कपड़े धोने में कठोर जल से हानियाँ**—कठोर जल से कपड़े धोने पर झाग अधिक न बनने के कारण कपड़ों की सफाई ठीक से नहीं हो पाती है, क्योंकि बहुत सारा साबुन जल में उपस्थित कठोरता से क्रिया कर लेता है जिसके कारण अधिक साबुन खर्च करना पड़ता है।

2. **औद्योगिक क्षेत्र में कठोर जल से होने वाली हानियाँ (Disadvantages of Hard Water in Industries)**—

(i) **कागज उद्योग में**—कागज बनाने में कच्चे पदार्थ में जल मिलाकर लुग्दी बनायी जाती है। इस कार्य में यदि भारी जल का प्रयोग किया जाये तो उसमें कैल्शियम व मैग्नीशियम के क्लोराइड व सल्फेट तैयार होने वाले कागज में धब्बे उत्पन्न करेंगे तथा कागज की सतह अधिक चिकनी हो जायेगी जिस पर लिखने पर स्याही फैल जायेगी।

(ii) **कपड़ा उद्योग में**—कपड़ा उद्योग में सूत को साफ करने के लिये साबुन का प्रयोग किया जाता है। भारी जल का प्रयोग होने की स्थिति में अधिक साबुन का प्रयोग होता है जिससे अनावश्यक खर्च बढ़ता है।

(iii) **धुलाई एवं रंगाई में**—भारी जल का प्रयोग कपड़ों की धुलाई करने में साबुन की अधिक मात्रा का प्रयोग होता है तथा रंगाई में भारी जल का प्रयोग करने पर उसमें उपस्थित कैल्शियम व मैग्नीशियम के क्लोराइड व सल्फेट अवांछित अवक्षेप बना लेते हैं जिनसे अनावश्यक रंग उत्पन्न हो जाते हैं।

(iv) **बेकरी उद्योग में**—बेकरी उद्योग में ब्रैड या डबल रोटी या पाव बनाने में प्रयुक्त कच्चे पदार्थ में यीस्ट मिलाकर किण्वन (Fermentation) कराया जाता है। किण्वन के कारण ब्रैड या डबल रोटी फूलकर मुलायम हो जाती है। यदि इसमें भारी जल का प्रयोग किया जाता है तो भारी जल में उपस्थित सल्फेट व क्लोराइड लवण यीस्ट की वृद्धि को रोक देते हैं या कम कर देते हैं जिसके कारण अच्छा ब्रैड या पाव तैयार नहीं हो पाता है।

(v) **फोटोग्राफी में**—फोटोग्राफी में फोटोग्राफिक फिल्म की सफाई में भारी जल का प्रयोग करने पर फोटोग्राफ अवांछित अवक्षेप बनने के कारण अच्छा नहीं बन पाता है।

(vi) **शक्कर उद्योग में**—चीनी (शक्कर) बनाने में यदि भारी जल का प्रयोग किया जाता है तो भारी जल में उपस्थित आयरन, कैल्शियम, मैग्नीशियम के लवण चीनी बनाने की प्रक्रिया में बाधा उत्पन्न करते हैं तथा चीनी के क्रिस्टल, गन्दे व भुरभुरे बनते हैं जो स्वच्छ भी नहीं होते तथा जिन्हें अधिक समय तक संग्रह करने पर उनका विघटन होने लगता है।

(vii) **औषधि उद्योग में**—औषधि उद्योग में दवाइयों के सीरप बनाने में यदि भारी जल का प्रयोग किया जाता है तो भारी जल में उपस्थित लवण दवाओं से रासायनिक क्रिया करके हानिकारक पदार्थ बना लेते हैं या फिर दवा की गुणवत्ता को प्रभावित करते हैं।

3. **बॉयलरों में कठोर जल से हानियाँ (Disadvantages of Hard Water in Boilers)**—अनेक उद्योगों में भाप उत्पन्न करने में बॉयलरों का प्रयोग किया जाता है। भाप उत्पन्न करने में भारी जल का प्रयोग हानिकारक होता है। इससे भाप बनने में समय अधिक लगता है तथा बॉयलर की सतह पर अवक्षेप जमा होने के कारण उसकी गुणवत्ता प्रभावित होती है।

कठोर जल में उपस्थित लवण; जैसे—$MgCl_2$, $CaCl_2$, $AlCl_3$, $MgSO_4$ तथा $CaSO_4$ आदि के घुले होने के कारण ये लवण उच्च ताप व दाब की स्थिति में जल अपघटित होकर अम्ल उत्पन्न करते हैं जो बॉयलर की धातु से क्रिया करके उसका संक्षारण (Corrosion) करते हैं।

$$MgCl_2 + H_2O \longrightarrow Mg(OH)Cl + HCl$$

$$Fe + 2HCl \longrightarrow FeCl_2 + H_2$$

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

### 3.3.2. फेनन तथा अपक्रामण (Foaming and Priming)

बॉयलर में कठोर जल का प्रयोग करने से फेनन और अपक्रामण की समस्याएँ भी उत्पन्न हो जाती हैं।

**(1) फेनन** (Foaming)—कठोर जल में यदि कार्बनिक यौगिक; जैसे—वसा अम्ल, उच्च एल्कोहॉल आदि उपस्थित हैं तो बॉयलर में जब कठोर जल को तेजी से उबालते हैं तो पानी में झाग या फेन (Foam or Froth) बनने लगते हैं। इस प्रकार बॉयलर में झाग बनने की प्रक्रिया को फेनन कहा जाता है।

**(2) अपक्रामण** (Priming)—बॉयलर में जब कठोर जल को गर्म करते हैं तो यह अचानक तेजी से उबलने लगता है तथा इसमें उफान आ जाता है जिसके कारण भाप के साथ-साथ जल भी चला जाता है; इस क्रिया को अपक्रामण कहते हैं। बॉयलर में अपक्रामण के कारण निम्न हैं—

(i) बॉयलर के जल में उपस्थित कार्बनिक पदार्थों, वसा अम्ल, क्षारों, तेलीय पदार्थों के कारण जल की सतह पर झाग बनने लगते हैं।

(ii) भाप यदि तेजी से बनने लगती है तो भी अपक्रामण होने लगता है।

(iii) बॉयलर में जल-स्तर अधिक होने पर भी अपक्रामण होने लगता है।

**अपक्रामण व फेनन से होने वाली हानियाँ (Disadvantages of Foaming and Priming)–**

(i) अपक्रामण व फेनन से बॉयलर में जल के स्तर का ठीक-ठीक पता नहीं लग पाता।

(ii) गीली भाप के बनने से भाप टरबाइन में वाष्प दाब (Vapour pressure) वांछित स्तर तक बनाये रखना मुश्किल हो जाता है।

(iii) गीली भाप की जल बूँदों के साथ कठोर जल में घुले हुए लवण एवं स्लज (Sludge) कम या अधिक मात्रा में टरबाइन के सुपर हीटर के अन्दर प्रवेश कर जाते हैं जिससे भाप के बहाव में अवरोध उत्पन्न हो जाता है। इसके कारण भाप इंजन की कार्य प्रणाली एवं कार्यक्षमता में अनियमितता तथा दुर्बलता उत्पन्न हो जाती है।

### 3.3.3. शल्क एवं अवपंक (Scales and Sludges)

बॉयलरों का प्रयोग भाप उत्पन्न करने में किया जाता है। अनेक रासायनिक उद्योग; जैसे—चमड़ा, चीनी, कागज, शीतल पेय आदि में भाप उत्पन्न करने के लिये बॉयलरों का प्रयोग किया जाता है। ये बॉयलर सामान्यत: लोहे के बने होते हैं तथा बड़े आकार के होते हैं। इन बॉयलरों में पानी भरकर उसे उबाला जाता है जिससे भाप तैयार होती है। यदि बॉयलर में कठोर जल का प्रयोग किया जाता है तो बॉयलर की भीतरी सतह पर चारों ओर पपड़ी बनने लगती है। यह दो प्रकार की होती है—

(i) **अवपंक** (Sludge)—बॉयलर की भीतरी सतह पर मुलायम व न चिपकने वाली पपड़ी बनती है उसे अवपंक कहते हैं।

(ii) **शल्क** (Scale)—बॉयलर की भीतरी सतह पर चिपचिपी तथा कठोर पपड़ी बनती है, उसे शल्क कहते हैं।

सामान्य रूप से अवपंक धीरे-धीरे शल्क में परिवर्तित होता रहता है। शल्क व अवपंक की मोटाई, चौड़ाई कठोर जल के उबलने के समय पर निर्भर करती है। यह पाया गया है कि $CaCO_3$, $CaSO_4$, $Ca(OH)_2$, $CaSiO_3$, $MgSiO_3$ आदि यौगिकों के द्वारा बनने वाली पपड़ी शल्क के रूप में होती है, जबकि $MgCO_3$, $Na_2CO_3$, $ZnCO_3$, $Mg(OH)_2$ आदि से बनने वाली पपड़ी अवपंक के रूप में होती है।

बॉयलर में पानी लगातार उबलता रहता है जिससे उसके अन्दर पानी का ताप व सान्द्रता बढ़ जाती है जिससे उसमें निलम्बित (Suspended) कोलॉयडी अशुद्धियाँ तथा Fe, Ca, Al, Mg आदि के लवण अवक्षेपित हो जाते हैं। जल में उपस्थित $Mg^{+2}$, $Fe^{+2}$, $Ca^{+2}$ के आयन $SO_4^{2-}$ तथा $CO_3^{2-}$ आयनों के साथ संयुक्त होकर निम्न समीकरण के अनुसार शल्क या अवपंक में परिवर्तित हो जाते हैं—

$$Ca^{2+} + CO_3^{2-} \longrightarrow CaCO_3$$

$$Ca^{2+} + SO_4^{2-} \longrightarrow CaSO_4$$

$$Mg^{2+} + H_2O \longrightarrow MgO + 2H$$

$$Ca^{2+} + 2HCO_3^- \longrightarrow CaCO_3 + H_2O + CO_2$$

$$2Fe^{2+} + 3H_2O \longrightarrow Fe_2O_3 + 6H$$

AKG TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

जब कठोर जल में सिलिका ($SiO_2$) की अशुद्धि अधिकता में होती है तो बनने वाली पपड़ी अधिक कठोर तथा हानिकारक होती है।

**शल्क या अवपंक बनने के कारण (Causes of Sludge or Scale Formation)—**

(i) **कठोर जल में उपस्थित लवणों की विलेयता का कम होना** (Less Solubility of Salts in Hard Water)—यदि कठोर जल में $CaSO_4$ जैसे अविलेय लवण उपस्थित हैं तो ताप बढ़ने के साथ-साथ इनकी विलेयता और कम होती जाती है जिससे ये बॉयलर की भीतरी सतह पर पपड़ी के रूप में अवपंक या शल्क का रूप धारण कर लेते हैं।

(ii) **विलेयशील लवणों के विघटन से** (By Decomposition of Soluble Salts)—कठोर जल में कैल्शियम तथा मैग्नीशियम के बाइकार्बोनेट [$Ca(HCO_3)_2$ तथा $Mg(HCO_3)_2$)] उपस्थित होते हैं। ये दोनों ही अस्थायी कठोरता उत्पन्न करते हैं। जब बॉयलर में ताप बढ़ाया जाता है तो ये विलेयशील लवण विघटित होकर अविलेय $CaCO_3$ तथा $MgCO_3$ लवण बनाते हैं। ये लवण बॉयलर की अन्दर की सतह पर अवपंक या शल्क का निर्माण करते हैं।

$$Mg(HCO_3)_2 \longrightarrow \underset{\text{(अवक्षेप)}}{MgCO_3\downarrow} + H_2O + CO_2\uparrow$$

$$Ca(HCO_3)_2 \longrightarrow \underset{\text{(अवक्षेप)}}{CaCO_3\downarrow} + H_2O + CO_2\uparrow$$

(iii) **बॉयलर के जल में लवणों की सान्द्रता बढ़ने से** (By Higher Concentration of Salts in Boiler's Water)—कठोर जल को बॉयलर में भरकर जब उबाला जाता है तो जल भाप के रूप में निकलता रहता है तथा जल में लवणों की सान्द्रता लगातार बढ़ती जाती है। धीरे-धीरे ये लवण बॉयलर की सतह पर अवपंक या शल्क में परिवर्तित होते रहते हैं।

**अवपंक या शल्क से होने वाली हानियाँ** (Disadvantages of Sludges or Scales)—बॉयलरों की भीतरी सतह पर बनने वाले अवपंक या शल्क ताप के कुचालक होते हैं। क्योंकि शल्क अधिक कठोर होते हैं अत: ये अवपंक की तुलना में ऊष्मा के अधिक कुचालक होते हैं। इनके बनने के कारण निम्न प्रकार की हानियाँ उत्पन्न हो जाती हैं—

(i) **ईंधन या ऊष्मा का अपव्यय** (Wastage of Heat or Fuel)—बॉयलर की भीतरी सतह पर बनने वाली पपड़ी ऊष्मा की कुचालक (Non-conductor) होती है। अत: बॉयलर से निकलने वाली भाप (Steam) का प्रवाह लगातार बनाये रखने के लिये अधिक ऊष्मा की आवश्यकता होती है जिसमें अधिक ईंधन प्रयुक्त होता है। बॉयलर की सतह पर पपड़ी की मोटाई जितनी अधिक होगी, ईंधन का अपव्यय भी उतना ही अधिक होता है।

(ii) **बॉयलर का क्षतिग्रस्त होना** (Damage of Boiler)—बॉयलर में पपड़ी बनने के कारण बॉयलर को अधिक ऊष्मा देनी पड़ती है जिसके कारण बॉयलर अधिक गर्म हो जाता है जिससे निम्न हानियाँ हो सकती हैं—

(a) अधिक गर्म करने से आयरन (Fe) रक्त तप्त (Red hot) हो जाता है जिससे यह वायुमण्डलीय ऑक्सीजन से क्रिया करके फैरस ऑक्साइड बनाती है।

$$2Fe + 3O_2 \longrightarrow Fe_2O_3$$

(b) रक्त तप्त आयरन (Red hot Fe) जल वाष्प से क्रिया करके फैरिक ऑक्साइड बनाता है।

$$2Fe + 4H_2O \longrightarrow Fe_3O_4 + 4H_2$$

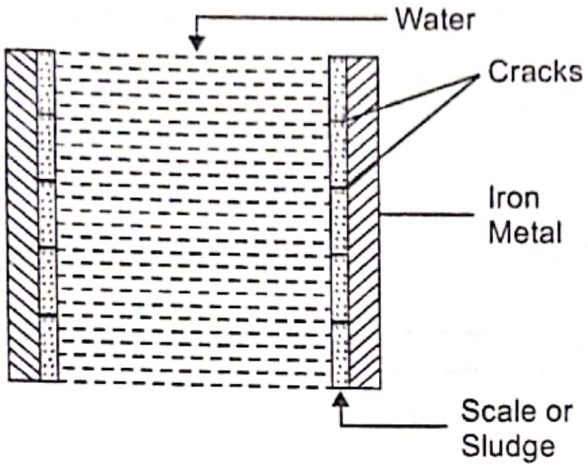
(c) जल का वाष्प दाब अत्यधिक बढ़ जाता है जिससे बॉयलर की अन्दर की सतह पर दबाव बढ़ जाता है इससे रिवेट्स तथा जोड़ आदि के खुलने का खतरा बना रहता है।

(iii) **बॉयलर का विस्फोट होना** (Explosion of Boiler)—बॉयलर के अन्दर पपड़ी बनने से बॉयलर को अतितप्त (Red hot) करना पड़ता है जिससे बॉयलर की धातु की सतह फैलने लगती है, क्योंकि पपड़ी और धातु के प्रसार गुणांक (Coefficient of expansion) भिन्न-भिन्न होते है जिससे पपड़ी में छोटे-छोटे टुकड़े

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

पड़ जाती हैं। जब जल रक्त तप्त धातु के सम्पर्क में आता है तब भाप और अधिक बनने लगती है जिससे बॉयलर पर अत्यधिक दबाव पड़ने से उसके फटने का खतरा बना रहता है। बॉयलर के फटने से आस-पास कार्य कर रहे व्यक्तियों की जान का खतरा बना रहता है।




चित्र 3.2

**शल्क व अवपंक को दूर करने व रोकने के उपाय** (Removal and Prevention of Scale and Sludge)—बॉयलर में कठोर जल के कारण बनने वाली शल्क व अवपंक को दूर करने के लिये निम्नलिखित उपाय किये जाने चाहिएँ—

(i) **मृदु जल का उपयोग** (Use of Soft Water)—बॉयलर में मृदु जल का प्रयोग करने से शल्क व अवपंक से बचा जा सकता है। यदि कठोर जल है तो पहले उसकी कठोरता को दूर करना चाहिये, फिर उसे बॉयलर में प्रयोग करना चाहिये। बॉयलर में भरा जाने वाला जल जितना अधिक मृदु होगा, पपड़ी बनने की समस्या उतनी ही कम होगी।

(ii) **यान्त्रिक विधियों से शल्क व अवपंक को दूर करना** (Removal of Scale and Sludge by Mechanical Methods)—एक लकड़ी या लोहे का डण्डा लेकर उसमें 10% HCl के विलयन में भीगा हुआ कपड़ा लपेटकर, उससे बॉयलर के अन्दर की सतह को खुरचने से शल्क व अवपंक की पपड़ी को हटाया जा सकता है।

$$CaCO_3 + 2HCl \longrightarrow CaCl_2 + H_2O + CO_2 \uparrow$$

$$MgCO_3 + 2HCl \longrightarrow MgCl_2 + H_2O + CO_2 \uparrow$$

इस विधि से पपड़ी को दूर किया जा सकता है।

(iii) **रासायनिक विधियों द्वारा** (By Chemical Methods)—कठोर जल के कारण बॉयलर की भीतरी सतह पर $CaSO_4$ लवण चिपककर शल्क व अवपंक बना लेता है। $CaSO_4$ लवण को दूर करने के लिये $Na_3PO_4$ या $Na_2HPO_4$ आदि लवण प्रयोग किये जाते हैं। ये लवण $CaSO_4$ से क्रिया करके कैल्शियम फॉस्फेट [$Ca_3(PO_4)_2$] बनाते हैं जो अपेक्षाकृत कम घुलनशील होने के कारण आसानी से दूर किया जा सकता है। इसमें निम्न रासायनिक अभिक्रिया होती है—

$$3CaSO_4 + 2Na_3PO_4 \longrightarrow Ca_3(PO_4)_2 + 3Na_2SO_4$$

फॉस्फेट लवण से इस प्रकार पपड़ी को दूर करने की क्रिया को **फॉस्फेट कंडीशनिंग** (Phosphate Conditioning) कहते हैं।

### 3.3.4. बॉयलर धातु पर कॉस्टिक प्रभाव (Caustic Embrittlement)

बॉयलर में प्रयुक्त किया जाने वाला जल यदि कठोर है तो उसे बॉयलर में डालने से पहले मृदु करना आवश्यक होता है। कठोर जल की कठोरता दूर करने के लिये **सोडा लाइम विधि** का प्रयोग करते हैं। सोडालाइम विधि में यदि सोडियम कार्बोनेट अधिकता में मिला दिया जाता है, वह जल को क्षारीय बना देता है। बॉयलर में शेष बचा हुआ सोडियम कार्बोनेट

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

($Na_2CO_3$) जल से क्रिया करके कॉस्टिक सोडा (NaOH) बनाता है। कॉस्टिक सोडा बॉयलर के विभिन्न भागों को क्षतिग्रस्त कर देता है जिसके कारण बॉयलर के अन्दर की सतह खुरदुरी हो जाती है तथा उसमें दरारें भी उत्पन्न हो जाती हैं जिसके कारण बॉयलर के क्षतिग्रस्त होने का खतरा लगातार बना रहता है। अत: बॉयलर में जल भरने से पहले उसे उदासीन कर लेना चाहिये तथा उसमें क्षारीय लवणों की मात्रा भी कम से कम घुली होनी चाहिये।

**कॉस्टिक प्रभाव को दूर करने के उपाय (Prevention of Caustic Embrittlement)–**

(i) बॉयलर में भरे जाने वाले जल में $Na_3PO_4$ का प्रयोग किया जाना चाहिये।

(ii) बॉयलर के जल में टैनिन या लिगनिन मिला देना चाहिये।

(iii) बॉयलर के जल में $Na_2SO_4$ मिलाकर भी इससे बचा जा सकता है।

## 3.4 जल की कठोरता का निवारण (Removal of Hardness of Water)

जल में पाई जाने वाली कठोरता दो प्रकार की होती है—

(i) अस्थायी कठोरता (Temporary Hardness),

(ii) स्थाई कठोरता (Permanent Hardness)।

दोनों प्रकार की कठोरता को निम्न प्रकार से दूर किया जा सकता है—

**(1) जल की अस्थायी कठोरता को दूर करना** (Removal of Temporary Hardness of Water)—जल की अस्थायी कठोरता को दूर करने के लिये निम्न विधियों का प्रयोग करते हैं—

(i) **उबालकर** (By Boiling)—जल की अस्थायी कठोरता का कारण उसमें घुले हुए कैल्शियम बाइकार्बोनेट व मैग्नीशियम बाइकार्बोनेट होते हैं। बाइकार्बोनेट्स की कठोरता को उबालकर दूर किया जा सकता है। कठोर जल को जब उबाला जाता है तो उसमें उपस्थित मैग्नीशियम बाइकार्बोनेट $[Mg(HCO_3)_2]$ व कैल्शियम बाइकार्बोनेट $[Ca(HCO_3)_2]$ अपघटित हो जाते हैं तथा क्रमश: अविलेय कैल्शियम कार्बोनेट $CaCO_3$ तथा मैग्नीशियम कार्बोनेट $MgCO_3$ बनाते हैं, जिन्हें छानकर अलग कर लिया जाता है—

$$Ca(HCO_3)_2 \xrightarrow{\Delta} \underset{\text{अवक्षेप}}{CaCO_3\downarrow} + H_2O + CO_2\uparrow$$

$$Mg(HCO_3)_2 \xrightarrow{\Delta} MgCO_3\downarrow + H_2O + CO_2\uparrow$$

(ii) **क्लार्क विधि** (Clark's Method)—इस विधि में जल की कठोरता के अनुसार उसमें चूने के पानी $Ca(OH)_2$ की परिकलित मात्रा (Calculated amount) मिलाते हैं जिससे कैल्शियम व मैग्नीशियम के बाइकार्बोनेट क्रमश: $CaCO_3$ व $MgCO_3$ के रूप में अवक्षेपित हो जाते हैं, इन्हें छानकर अलग कर लिया जाता है।

$$Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 \longrightarrow 2CaCO_3\downarrow + 2H_2O$$

$$Mg(HCO_3)_2 + \underset{\text{चूने का पानी}}{Ca(OH)_2} \longrightarrow MgCO_3\downarrow + CaCO_3 + 2H_2O$$

**जल की स्थायी कठोरता को दूर करना** (Removal of Permanent Hardness of Water)—जल की स्थायी कठोरता का कारण उसमें उपस्थित कैल्शियम व मैग्नीशियम के क्लोराइड व सल्फेट लवण होते हैं। जल की स्थायी कठोरता को दूर करने के लिये निम्न विधियाँ प्रयोग में लायी जाती है—

(i) **धावन सोडा विधि** (Washing Soda Method)—इस विधि में कठोर जल में धावन सोडा ($Na_2CO_3$) मिलाकर गर्म करते हैं। ऐसा करने से मैग्नीशियम व कैल्शियम के क्लोराइड व सल्फेट क्रमश: मैग्नीशियम कार्बोनेट व कैल्शियम कार्बोनेट के रूप में अवक्षेपित हो जाते है, जिन्हे छानकर अलग कर लिया जाता है।

$$MgCl_2 + Na_2CO_3 \longrightarrow MgCO_3\downarrow + 2NaCl$$

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

$$MgSO_4 + Na_2CO_3 \longrightarrow MgCO_3 \downarrow + Na_2SO_4$$
$$CaCl_2 + Na_2CO_3 \longrightarrow CaCO_3 \downarrow + 2NaCl$$
$$CaSO_4 + Na_2CO_3 \longrightarrow CaCO_3 \downarrow + Na_2SO_4$$

(ii) **परम्यूटिट या जियोलाइट विधि** (Permutit or Zeolite Method)—सोडियम ऐल्यूमिनियम सिलिकेट का व्यापारिक नाम सोडियम जियोलाइट या सोडियम परम्यूटिट है। इसका सामान्य सूत्र $Na_2Al_2Si_2O_8.xH_2O$ है। इसे $Na_2Z$ या $Na_2P$ से भी प्रदर्शित किया जाता है। यहाँ पर P या Z अक्षर $Al_2Si_2O_8.xH_2O$ के लिये प्रयुक्त किया जाता है। सोडियम जियोलाइट बनाने के लिये सोडियम कार्बोनेट, एल्यूमिना ($Al_2O_3$) तथा सिलिका ($SiO_2$) को एक साथ मिश्रित करके पिघलाकर तैयार किया जाता है।

सोडियम परम्यूटिट में एक विशेष गुण पाया जाता है कि जब मैग्नीशियम या कैल्शियम के सल्फेट या क्लोराइड इसके सम्पर्क में आते हैं तो मैग्नीशियम व कैल्शियम आयन सोडियम का स्थान ले लेते हैं तथा मैग्नीशियम या कैल्शियम परम्यूटिट बनाते हैं। इस प्रकार कठोर जल में $Mg^{2+}$ व $Ca^{2+}$ आयन दूर हो जाते हैं तथा जल मृदु हो जाता है।

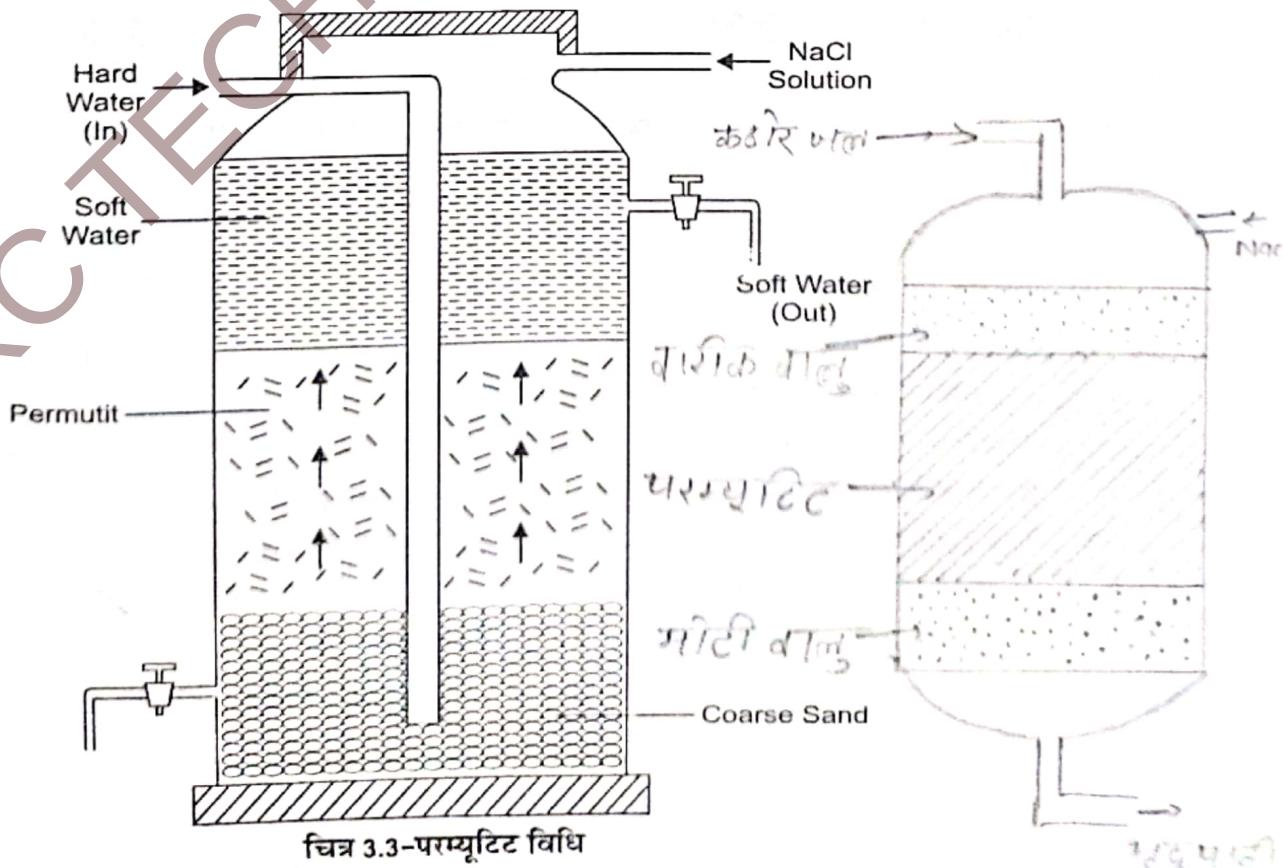
सोडियम जियोलाइट को एक आयताकार स्टील के बर्तन में रखते हैं। इस बर्तन में बजरी, मोटी बालू, बारीक बालू तथा सोडियम जियोलाइट की परतें लगी रहती हैं। कठोर जल इन सभी पर्तों से गुजरने के बाद मृदु (Soft) हो जाता है।

बर्तन में होने वाली रासायनिक अभिक्रियाएँ निम्न प्रकार हैं—

$$Na_2Al_2Si_2O_8 + CaCl_2 \longrightarrow CaAl_2Si_2O_8 + 2NaCl$$
(सोडियम जियोलाइट) (कैल्शियम जियोलाइट)

$$Na_2Z + MgCl_2 \longrightarrow MgZ + 2NaCl \qquad [Z = Al_2Si_2O_8]$$
$$Na_2Z + CaSO_4 \longrightarrow CaZ + Na_2SO_4$$
$$Na_2Z + MgSO_4 \longrightarrow MgZ + Na_2SO_4$$

इस प्रयोग में कठोर जल को मृदु बनाने की क्रिया में लगभग 12 घण्टे में सम्पूर्ण सोडियम जियोलाइट, कैल्शियम तथा मैग्नीशियम जियोलाइट में परिवर्तित हो जाता है जिसके कारण इसकी क्षमता कम होती जाती है। इसे पुन: प्राप्त करने के लिये




चित्र 3.3-परम्यूटिट विधि

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

इसमें 5-10% ब्राइन विलयन (NaCl) प्रवाहित किया जाता है जिसके कारण जियोलाइट पुन: कार्य करने के लिये उपयुक्त हो जाता है। इसमें निम्न अभिक्रियाएँ होती हैं—

$$CaAl_2Si_2O_8 + 2NaCl \longrightarrow Na_2Al_2Si_2O_8 + CaCl_2$$

$$MgAl_2Si_2O_8 + 2NaCl \longrightarrow Na_2Al_2Si_2O_8 + MgCl_2$$

**परम्यूटिट या जियोलाइट विधि के लाभ** (Advantages of Permutit or Zeolite Method)—

(i) यह विधि कम खर्चीली है।

(ii) इस विधि द्वारा कम समय में जल की कठोरता को दूर किया जा सकता है।

(iii) इस विधि में प्रयुक्त संयन्त्र कम जगह घेरता है।

(iv) इस विधि से स्थायी तथा अस्थायी दोनों प्रकार की कठोरता को दूर किया जा सकता है।

(v) इस विधि से सोडियम परम्यूटिट को पुन: प्रयुक्त किया जा सकता है।

(vi) इस विधि से लगभग शून्य कठोरता कोटि का मृदु जल बनाया जा सकता है।

(vii) यह विधि सबसे सरल विधि है तथा इससे लगातार मृदु जल प्राप्त किया जा सकता है।

**3. कैलगन विधि** (Calgon Process)—कैलगन एक रासायनिक पदार्थ है जिसका रासायनिक नाम सोडियम हेक्सामेटा फॉस्फेट $Na_2[Na_4(PO_3)_6]$ है। कैलगन कठोर जल में उपस्थित कैल्शियम व मैग्नीशियम के लवणों के साथ क्रिया करके विलेयशील संकर लवण (Soluble Complex Salt) बनाता है। इसमें होने वाली रासायनिक अभिक्रियाएँ निम्न प्रकार हैं—

$$Na_2[Na_4(PO_3)_6] + 2CaCl_2 \longrightarrow Na_2[Ca_2(PO_3)_6] + 4NaCl$$

$$Na_2[Na_4(PO_3)_6] + 2MgSO_4 \longrightarrow Na_2[Mg_2(PO_3)_6] + 2Na_2SO_4$$

$$Na_2[Na_4(PO_3)_6] + 2MgCl_2 \longrightarrow Na_2[Mg_2(PO_3)_6] + 4NaCl$$

$$Na_2[Na_4(PO_3)_6] + 2CaSO_4 \longrightarrow Na_2[Ca_2(PO_3)_6] + 2Na_2SO_4$$

**4. आयन-विनिमय रेजिन विधि** (Ion Exchange Resin Method)—इस विधि में जटिल कार्बनिक यौगिकों का प्रयोग किया जाता है, जिन्हें रेजिन कहते हैं। यह जल की कठोरता को दूर करने की अत्याधुनिक विधि है। इसका प्रयोग बॉयलरों में कठोर जल की कठोरता को दूर करने में किया जाता है। इस विधि में प्रयुक्त रेजिनों को दो भागों में वर्गीकृत किया गया है—

(i) धनायन विनिमय रेजिन (Cation Exchange Resin),

(ii) ऋणायन विनिमय रेजिन (Anion Exchange Resin)।

(i) **धनायन विनिमय रेजिन** (Cation Exchange Resin)—इन रेजिनों का उपयोग कठोर जल में उपस्थित धनायनों को दूर करने में किया जाता हैं। ये रेजिन सधूम सल्फ्यूरिक अम्ल (Fuming $H_2SO_4$) तथा जटिल कार्बनिक यौगिक की क्रिया द्वारा बनाये जाते हैं। इस प्रकार बने रेजिनों में सल्फोनिक समूह ($-SO_3H$) या कार्बोक्सिलिक समूह ($-COOH$) उपस्थित रहता है। धनायन विनिमय रेजिन में लम्बी शृंखला हाइड्रोकार्बन के साथ ($-SO_3H$) या ($-COOH$) समूह जुड़ा होता है। इन रेजिनों के अम्लीय समूह के $H^+$ आयन कठोर जल के धनायनों का विनिमय (Exchange) कर सकते हैं, इसलिये इन्हें धनायन विनिमय रेजिन कहते हैं। इन्हें $H^+$—Resin से प्रदर्शित किया जाता है। यह निम्न प्रकार क्रिया करता है—

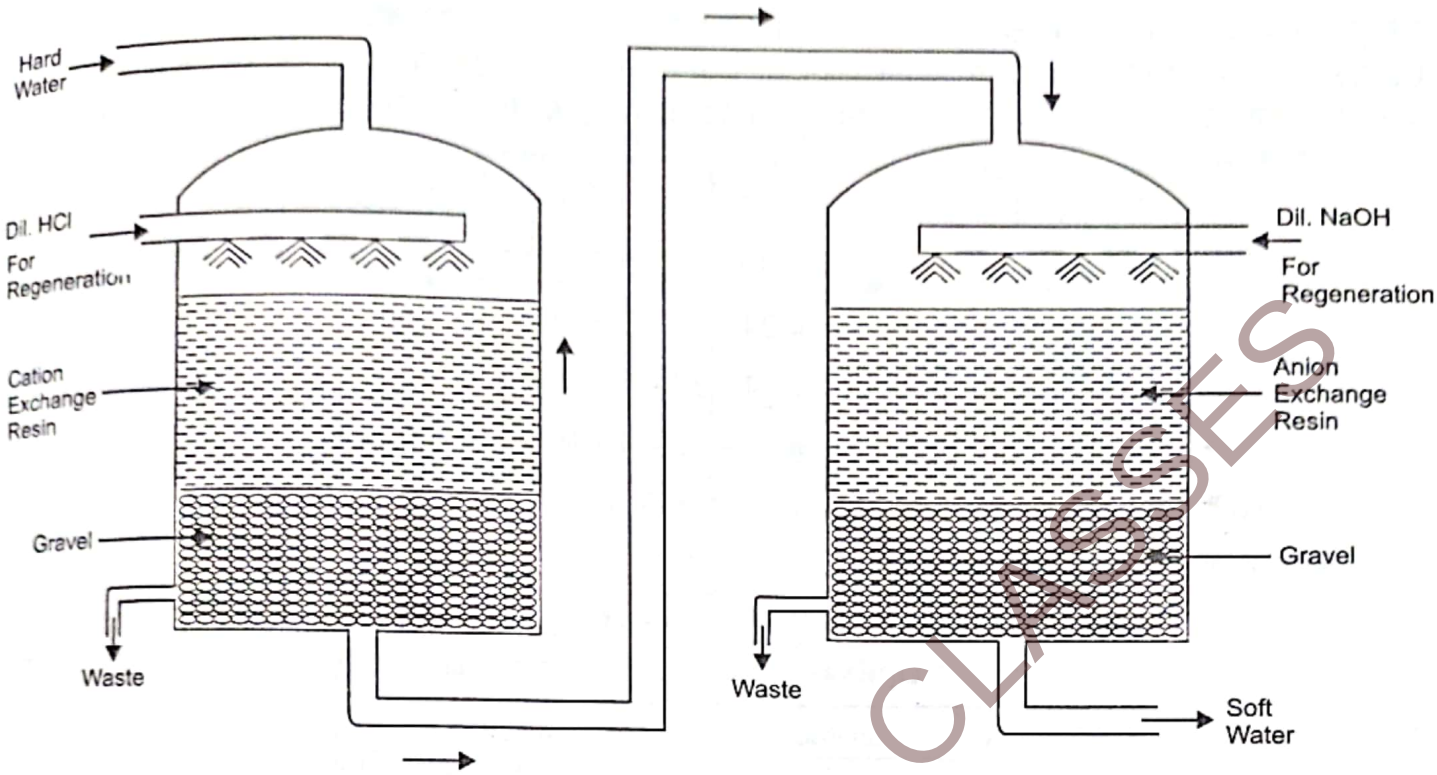
$$Ca^{2+} + 2H^+—Resin \longrightarrow Ca(Resin)_2 + 2H^+$$

$$Mg^{2+} + 2H^+—Resin \longrightarrow Mg(Resin)_2 + 2H^+$$

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

इस प्रकार पहले टैंक से बाहर आने वाले जल में $H^+$ आयनों की अधिकता रहती है।




**चित्र 3.4–Removal of Hardness by the Organic Ion Exchangers**

(ii) **ऋणायन विनिमय रेजिन** (Anion Exchange Resin)—उपर्युक्त चित्र के अनुसार पहले टैंक से कठोर जल से धनायनों को अलग कर दिया जाता है। इसके पश्चात् प्राप्त जल को दूसरे टैंक से गुजारते हैं जिसमें कठोर जल के ऋणायनों को दूर किया जाता है। ऋणायनों को दूर करने के लिये ऋणायन विनिमय रेजिनों का प्रयोग किया जाता है। ये रेजिन कठोर जल में उपस्थित $Cl^-$ व $SO_4^{2-}$ आयनों को रेजिन में स्थित $OH^-$ आयनों द्वारा विनिमय (Exchange) कर दिया जाता है। बाजार में रेजिन एनेक्स, डी-एसीडाइट के नाम से उपलब्ध होते हैं। इन्हें $\overline{HO}$—Resin से प्रदर्शित किया जा सकता है। ये रेजिन निम्न अभिक्रिया के अनुसार ऋणायनों को जल से अलग करते हैं—

$$Cl^- + HO^-\text{—Resin} \longrightarrow Cl^-\text{—Resin} + OH^-$$

$$SO_4^{2-} + 2HO^-\text{—Resin} \longrightarrow SO_4^{2-}\text{—(Resin)}_2 + 2OH^-$$

Anion (Anion exchanger)
in water

इस प्रकार प्रथम टैंक से प्राप्त जल में $H^+$ आयनों की अधिकता रहती है तथा दूसरे टैंक में $OH^-$ आयनों की। ये दोनों आपस में अभिक्रिया करके $H_2O$ (जल) बना लेते हैं। इस प्रकार कठोर जल से धनायन व ऋणायन दोनों को दूर कर लिया जाता है। प्राप्त जल को **खनिज लवण-रहित जल** (Mineral free water) कहते हैं जो कि मृदु जल होता है।

जल की कठोरता को दूर करने के कारण रेजिन की क्षमता समाप्त हो जाती है। अतः इसकी क्षमता को पुनः प्राप्त करने के लिये पहले टैंक में सान्द्र HCl या सान्द्र $H_2SO_4$ प्रवाहित किया जाता है।

$$Ca(Resin)_2 + 2HCl \longrightarrow 2H^+\text{—Resin} + CaCl_2$$

इसी प्रकार दूसरे टैंक में सान्द्र NaOH विलयन प्रवाहित करते हैं जो कि निम्न प्रकार क्रिया करता है—

$$Cl^-\text{—Resin} + NaOH \longrightarrow HO^-\text{—Resin} + NaCl$$

$$SO_4^{2-}\text{—(Resin)}_2 + 2NaOH \longrightarrow 2(HO^-\text{—Resin}) + Na_2SO_4$$

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

### 3.4.1. जल का कठोरता क्रमांक (Degree of Hardness of Water)

जल की कठोरता को कठोरता क्रमांक में मापा जाता है। जल के कठोरता क्रमांक को कैल्शियम कार्बोनेट के समतुल्यांक (Equivalent) के रूप में व्यक्त किया जाता है। अत: कठोर जल का कठोरता क्रमांक जल में उपस्थित $CaCO_3$ या इसके समतुल्य कठोरता उत्पन्न करने वाले अन्य पदार्थों की मात्रा के द्वारा निर्धारित किया जाता है। जल में कठोरता उत्पन्न करने वाले लवणों को कैल्शियम कार्बोनेट के समतुल्य परिवर्तित करने के लिये निम्न सम्बन्ध का प्रयोग किया जाता है—

$CaCO_3$ का अणुभार $= 40 + 12 + 3 \times 16 = 100$

$CaCl_2$ का अणुभार $= 40 + 2 \times 35.5 = 111$

$MgCl_2$ का अणुभार $= 24 + 2 \times 35.5 = 95$

$MgSO_4$ का अणुभार $= 24 + 32 + 4 \times 16 = 120$

$CaSO_4$ का अणुभार $= 40 + 32 + 4 \times 16 = 136$

अत: 100 भाग $CaCO_3 \equiv 111$ भाग $CaCl_2 \equiv 95$ भाग $MgCl_2 \equiv 120$ भाग $MgSO_4 \equiv 136$ भाग $CaSO_4$ कठोरता क्रमांक के आधार पर जल को निम्न श्रेणियों में श्रेणीबद्ध किया गया है—

**Table : Water Hardness as expressed by the amount of $CaCO_3$ equivalent in one litre of water.**

| Hardness | mg/L of $CaCO_3$ |
|---|---|
| अत्यधिक कठोर | 300 से अधिक |
| कठोर | 201–300 |
| मध्यम कठोर | 151–200 |
| कम कठोर | 101–150 |
| मध्यम मृदु | 51–100 |
| मृदु | 5–50 |

## 3.5. जल की गुणवत्ता परीक्षण की भौतिक-रासायनिक विधियाँ (Physico-Chemical methods for Water Quality Testing)

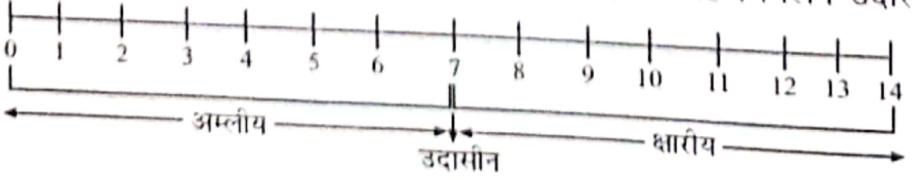
### 3.5.1 pH मान (pH value)

किसी विलयन में उपस्थित हाइड्रोजन आयनों की सान्द्रता से pH मान की गणना की जा सकती है। pH मान एक मानक है जिससे किसी वियलन की अम्लता (Acidity) या क्षारकता (Basicity) का निर्धारण किया जा सकता है। pH को निम्न प्रकार परिभाषित कर सकते हैं—

**"हाइड्रोजन आयनों का ऋणात्मक लघुगुणक (Negative Logarithm) उस विलयन का pH मान कहलाता है।"**

$$pH = -\log[H^+]$$

pH मान 1 से लेकर 14 तक हो सकता है। यदि pH मान 1 से लेकर 7 के बीच है तो वह वियलन अम्लीय होगा यदि pH मान 7 से 14 के मध्य है तो वियलन क्षारीय होगा। यदि pH मान 7 है तो वह वियलन उदासीन होगा।

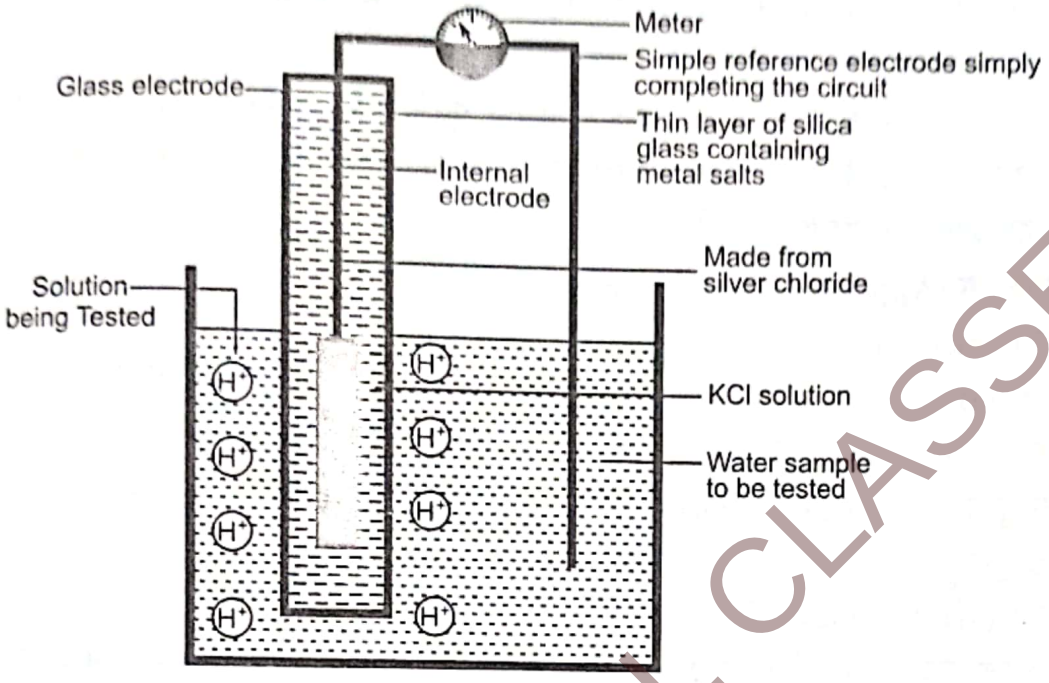



**pH मीटर**—किसी विलयन का pH मान ज्ञात करने के लिये pH मीटर का प्रयोग किया जाता है। pH मीटर में दो इलेक्ट्रोड होते हैं। इनमें से एक इलेक्ट्रोड विशेष प्रकार का बना होता है। यह ग्लास इलेक्ट्रोड होता है इसमें सिल्वर का एक

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

तार होता है। यह ग्लास इलेक्ट्रोड के अन्दर विलयन में डूबा रहता है। ग्लास इलेक्ट्रोड के अन्दर एक पतला बल्ब होता है जो कि एक विशेष धातु लवण (जैसे सोडियम या कैल्शियम) से बना होता है। इस विशेष बल्ब के अन्दर पोटेशियम क्लोराइड का वियलन भरा होता है जिसमें सिल्वर का तार डूबा रहता है। दूसरा इलेक्ट्रोड को मानक इलेक्ट्रोड कहते हैं। इसमें एक तार जोकि पोटेशियम क्लोराइड के विलयन में डूबा होता है।




चित्र 3.5–pH Meter

**कार्यविधि** (Working Method)—ग्लास इलेक्ट्रोड के अन्दर KCl का विलयन भरा रहता है जिसका pH मान 7 होता है तथा यह उदासीन होता है अत: इसमें कुछ $H^+$ भी होते हैं। माना जिस विलयन का pH ज्ञात करना है वह अधिक अम्लीय है। अत: इसमें $H^+$ की संख्या अधिक होगी। अब दोनों विलयनों के pH मान का अन्तर ज्ञात करके नमूने का pH ज्ञात कर सकते हैं।

जब हम दोनों इलेक्ट्रोड़ों को जल के नमूने में डुबोते हैं तो जल के नमूनें में से कुछ $H^+$ आयन ग्लास इलेक्ट्रोड की तरफ गति करते हैं तथा कुछ धात्विक आयनों को हटाते हैं, जबकि कुछ धात्विक आयन ग्लास इलेक्ट्रोड से जल की तरफ गति करते हैं। इन आयनों की इस प्रक्रिया को आयनिक अदला-बदली (Ion exchange) कहते हैं। इस प्रकार दोनों विलयनों (ग्लास इलेक्ट्रोड के अन्दर व बाहर) की अम्लीयता में विभिन्नता होती है जिससे इलेक्ट्रोड विभव उत्पन्न होता है। जिसका मापन उपकरण में लगे मीटर की सहायता से कर लेते हैं। इस प्रकार विलयन (जल) का pH मान ज्ञात कर सकते हैं।

### 3.5.2. टी०डी०एस (Total Dissolved Solids)

जल में अनेक ठोस पदार्थ; जैसे खनिज (Minerals), लवण (Salts), धातु, धनायन (Cation), ऋणायन (Anion) घुले रहते हैं। जल में इनकी सान्द्रता को TDS कहते हैं। आजकल TDS का प्रचलन बहुत अधिक है। सामान्य जनमानस में उत्सुकता रहती है कि आखिर TDS होता क्या है। पीने के पानी का TDS कितना होना चाहिए कितने TDS का पानी पीने योग्य है चालाक, धन के लालची व्यापारी TDS की आड़ में भोली भाली जनता को मूर्ख बनाकर अपनी जेबें भर रहे हैं। TDS वास्तव में जल में घुले हुए ठोस पदार्थों (Solids) की मिलीग्राम प्रति लीटर में सान्द्रता है। ये ठोस पदार्थ हमारे शरीर के लिये लाभकारी हैं। यदि इनकी कमी शरीर में हो जाती है तो शरीर को नुकसान पहुँचता हैं। नीचे तालिका में पीने योग्य पानी का TDS दिया गया है।

| Level of TDS (miligram per litre) | Rating |
|---|---|
| 75-300 | Excellent |
| 300-600 | Good |
| 600-900 | Fair |
| 900-1200 | Poor |

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

ऊपर तालिका से स्पष्ट है कि वह जल जिसका TDS 75 से 300 के बीच है वह सर्वाधिक उपयुक्त माना गया है। वह जल जिसका TDS मान 50 से कम हो उसका लम्बी अवधि तक सेवन शरीर के लिये नुकसानदायक हो सकता है।

### 3.5.2. टी.डी.एस. का निर्धारण (Determination of TDS)

किसी भी जल के नमूने (Sample of Water) का TDS निम्न प्रकार से ज्ञात किया जा सकता है।

**उद्देश्य** (Object)—जल के किसी नमूने का TDS ज्ञात करना।

**सिद्धान्त** (Principle)—जल के नमूने की ज्ञात मात्रा को कुसीबिल (Crucible) में लेकर उसे 103–105° C या 179–181° C तक ओवन (Oven) में गर्म करते हैं। इससे शुद्ध जल वाष्पित (Evaporate) हो जाता है तथा उसमें उपस्थित ठोस पदार्थों का द्रव्यमान ज्ञात कर लिया जाता है।

**आवश्यक उपकरण (Apparatus Required)—**

(i) क्रुसीबिल (Crucible)
(ii) ओवन (Oven)
(iii) डेसीकेटर (Dessicator)
(iv) वैश्लेषिक तुला (Analytical Balance)
(v) टंग्स (Tongs)
(vi) वाश बोतल (Wash bottle)

**नमूना एकत्र करना एवं उसका संरक्षण** (Sampling of Water and Preservation)—जल के नमूने को एकत्र करने के लिये प्रयोग किये जाने वाला पात्र काँच का बना होना चाहिए तथा साफ-सुथरा और शुष्क होना चाहिए। नमूने का संरक्षण भी एक समस्या है, क्योंकि नमूने को एकत्र करने के बाद उसमें जैविक सक्रियता (Biological Activity) प्रारम्भ हो जाती है। नमूने में कुछ समय बाद परिवर्तन सम्भव है जिसके कारण ठोसों की मात्रा भी परिवर्तित हो सकती है। अत: इस प्रकार के परिवर्तनों को निष्क्रिय या कम करने के लिये जल के नमूने को 4° C पर संरक्षित करके रखते हैं।

**कार्य विधि** (Procedure)—(i) TDS ज्ञात करने के लिये सबसे पहले एक पोर्सलीन डिश (Crucible) को धोकर उसे ओवन में एक घंटे तक 105°C ताप पर रखकर शुष्क कर लेते हैं।

(ii) पोर्सलीन डिश को डेसिकेटर में रखकर उसे ठण्डा कर लेते हैं तथा उसका भार (Weight) ज्ञात कर लेते हैं। माना उसका भार $W_1$ है।

(iii) पिपेट की सहायता से जल के नमूने में से 50 ml जल लेकर उसे पोर्सलीन डिश में भर लेते हैं।

(iv) ओवन को ऑन कर देते हैं तथा उसका तापमान 105°C पर निश्चित कर देते हैं। जब ओवन का ताप 105°C पर पहुँच जाता है तो जल से भरी पोर्सलीन डिश को ओवन में शुष्क होने के लिये एक से दो घंटे तक के लिये रख देते हैं। जब पोर्सलीन डिश पूरी तरह शुष्क हो जाये तब उसे बाहर निकालकर सीधे डेसीकेटर में ठण्डा होने के लिये रख देते हैं।

(v) ठण्डा होने पर उसका तुला की सहायता से भार (Weight) ज्ञात कर लेते हैं। माना यह भार $W_2$ है।

**गणना** (Calculations)—

पोर्सलीन डिश (क्रुसीबिल) का भार $(W_1) = \ldots\ldots g$

ठोस अवक्षेप + पोर्सलीन डिश (क्रुसीबिल) का भार $(W_2) = \ldots g$

अवक्षेप (Residue) का भार $(W) = (W_2 - W_1)\, g$

ठोस अवक्षेप (Residue) का भार $(W) = W \times 1000$ mg

लिये गये जल के नमूने का आयतन $(V) = 50$ ml

50 ml जल के नमूने में उपस्थित ठोस (Solid) की मात्रा $= W \times 1000$ mg

1 ml जल के नमूने के उपस्थित ठोस (Solid) की मात्रा $= \dfrac{W \times 1000}{50}$ mg

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

1000 ml (1 litre) जल के नमूने में उपस्थित ठोस की मात्रा $= \frac{W \times 1000 \times 1000}{50}$ mg

अत: जल के नमूने का TDS $= \frac{W \times 1000 \times 1000}{50}$ mg /litre

**उदाहरण (Example)—**

क्रुसीबिल का भार (Weight) $W_1 = 36.4324$

(क्रुसीबिल + ठोस) का भार $W_2 = 36.4740$

ठोस का भार $W = W_2 - W_1$

$= 36.4740 - 36.4324$

$= 0.0416\,g$

$= 0.0416 \times 1000 = 41.6$ mg

जल के नमूने का आयतन $= 50$ ml

∵ 50 ml जल के नमूने में उपस्थित ठोस (Solid) की मात्रा $= 41.6$ mg

∴ 1 ml जल के नमूने में उपस्थित ठोस (Solid) की मात्रा $= \frac{41.6}{50}$ mg

∴1000 ml (1 litre) जल के नमूने में उपस्थित ठोस (Solid) की मात्रा $= \frac{41.6 \times 1000}{50}$ mg

$= 832$ mg

अत: लिये गये जल के नमूने का **TDS = 832 mg /litre.**

### 3.5.3. क्षारीयता का परीक्षण एवं निर्धारण (Testing and Estimation of Alkalinity)

**क्षारीयता** (Alkalinity)—हम जानते हैं कि जल में अनेक लवण, क्षार व अम्ल घुले होते हैं जिनके कारण जल अम्लीय या फिर क्षारीय हो सकता है। जल की क्षारीयता मुख्य रूप से कार्बोनेट, बाइकार्बोनेट तथा हॉइड्रोक्साइडों के कारण होती है। इसके अतिरिक्त बोरेट, फॉस्फेट व सिलिकेट की उपस्थिति भी जल को क्षारीय बना सकती है। जल की क्षारीयता मुख्य रूप से उसमें उपस्थित बाइकार्बोनेट के कारण होती है, क्योंकि वायुमण्डल में उपस्थित $CO_2$ आसानी से बाइकार्बोनेट बना लेती है।

$$CO_2 + H_2O + CaCO_3 \longrightarrow Ca(HCO_3)_2$$

जल की क्षारीयता का पता उसका pH मान ज्ञात करके आसानी से लगाया जा सकता है। यदि जल का pH मान 7.0 से अधिक है तो वह क्षारीय प्रकृति का होगा। जल की क्षारीयता अधिक होने पर उसका स्वाद कड़वा (Bitter) होने लगता है। जल की क्षारीयता का पता उसकी किसी अम्ल को उदासीन करने की क्षमता से लगा सकते हैं। जल जब लाइम स्टोन ($CaCO_3$) व $CO_2$ के सम्पर्क में आता है तो उपरोक्त अभिक्रिया के अनुसार आसानी से कैल्शियम बाइकार्बोनेट बना लेता है जिसके कारण जल कठोर व क्षारीय हो जाता है। जल की क्षारीयता का निर्धारण निम्न प्रयोग द्वारा समझाया गया है।

**उद्देश्य** (Object)—दिये गये जल के नमूने की क्षारीयता (Alkalinity) का निर्धारण (Estimation) करना।

**आवश्यक उपकरण व रसायन (Apparatus and Chemical Required)—**

(1) ब्यूरेट (Burette)
(2) पिपेट (Pipette)
(3) बीकर (Beakers)
(4) मापक क्लास्क (Measuring Cylinder)
(5) वाश बोतल (Wash Bottle)
(6) कॉनिकल फ्लास्क (Conical Flask)
(7) मानक फ्लास्क (Standard Flask)

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

(8) मानक सल्फ्यूरिक एसिड विलयन (Standard Sulphuric acid)

(9) सोडियम कार्बोनेट (Sodium Carbonate)

(10) फिनॉल्फ्थेलीन (Phenolphthalein)

(11) ब्रोमोक्रिसॉल ग्रीन (Bromocresol Green)

(12) मेथिल रेड (Methyl Red)

## आवश्यक अभिकर्मक बनाना (Preparation of Reagents)

**सल्फ्यूरिक अम्ल (Sulphuric acid) 0.02 N**—एक 1000 ml आयतन वाले फ्लास्क में 500 ml आसुत जल (Distilled water) लेकर उसमें 20 ml सान्द्र सल्फ्यूरिक अम्ल (1 N) धीरे-धीरे फ्लास्क के किनारों से सावधानीपूर्वक मिलाते हैं। इसमें और अधिक मात्रा में आसुत जल मिलाकर इसका आयतन 1000 ml कर लेते हैं।

**फिनॉल्फ्थेलीन सूचक (Phenolphthalein Indicator)**—1 ग्राम फिनॉल्फ्थेलीन को 100 ml 95% एथिल एल्कोहॉल या 100 ml आसुत जल में घोल लेते हैं।

**मिश्रित सूचक (Mixed Indicator)**—100 mg ब्रोमोक्रिसॉल हरा (Bromocresol Green) तथा 20 mg मेथिल रेड (Methyl Red) को 95% एथिल एल्कोहल विलयन के 100 ml में घोल लेते हैं।

**जल के नमूने का परीक्षण** (Testing of Water Sample)—जल के नमूने (Sample) के 100 ml को 250 ml के कॉनिकल फ्लास्क में भर लेते हैं। कॉनिकल फ्लास्क में फिनॉल्फ्थेलीन सूचक की कुछ बूँद मिलाते हैं। यदि नमूने का रंग गुलाबी हो जाता है तो इसका अर्थ है कि यह क्षारीय प्रकृति का है तब इसका अनुमापन करते हैं। ब्यूरेट में 0.02 N $H_2SO_4$ विलयन भर लेते हैं तथा इसे 0.0 रीडिंग पर ले आते हैं। कॉनिकल फ्लास्क में ब्यूरेट से बूँद-बूँद करके $H_2SO_4$ तब तक मिलाते हैं जब तक कि इसका गुलाबी रंग उड़ नहीं जाता है। जैसे ही विलयन रंगहीन हो जाता है ब्यूरेट की रीडिंग नोट कर लेते हैं। प्रयोग किये गये $H_2SO_4$ का आयतन $V_1 = 0.5$ ml है। इसकी सहायता से फिनॉल्फ्थेलीन क्षारीयता ज्ञात कर लेते हैं। इस रंगहीन विलयन में मिश्रित सूचक (Mixed Indicator) की कुछ बूँदे मिलाकर देते हैं। विलयन का रंग नीला (Blue) हो जाता है। अनुमापन (Titration) को पुन: जारी रखते हैं तथा पुन: ब्यूरेट से 0.02 N $H_2SO_4$ को बूँद-बूँद करके कॉनिकल फ्लास्क में तब तक मिलाते हैं जब तक कि इसका रंग लाल न हो जाये। प्रयोग किये गये $H_2SO_4$ कर आयतन ($V_2 = 8.3$) ज्ञात लेते हैं जिसकी सहायता से कुल क्षारीयता ज्ञात कर सकते हैं।

## सारणी एवं गणना (Table and Calculations)

| क्र०सं० (S. No.) | जल के नमूने का आयतन (Volume of Water Sample) (ml) | ब्यूरेट का पाठ्यांक (Burette Reading) | | 0.02 N सल्फ्यूरिक अम्ल का आयतन ($V_2$) ml |
|---|---|---|---|---|
| | | प्रारम्भिक (Initial) | अन्तिम (Final) | |
| 1. | 100 | 00 | 0.6 | 0.6 |
| 2. | 100 | 00 | 0.5 | 0.5 |
| 3. | 100 | 00 | 0.5 | 0.5 = $V_1$ |

$$\text{फिनॉल्फ्थेलीन क्षारीयता} = \frac{H_2SO_4 \text{ का आयतन } (V_1) \times \text{नॉर्मलता} \times 50 \times 1000}{\text{जल के नमूने का आयतन}}$$

$$= \frac{0.5 \times 0.02 \times 50 \times 1000}{100}$$

$$= 5 \text{ mg / } l$$

फिनॉल्फ्थेलीन क्षारीयता (Phenolphthalein Alkalinity) = 5 mg / *l*

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

**कुल क्षारीयता (Total Alkalinity)**

| क्र०सं० (S. No.) | जल के नमूने का आयतन (Volume of Water Sample) (ml) | ब्यूरेट का पाठ्यांक (Burette Reading) | | 0.02 N सल्फ्यूरिक अम्ल का आयतन ($V_2$) ml |
|---|---|---|---|---|
| | | प्रारम्भिक (Initial) | अन्तिम (Final) | |
| 1. | 100 | 00 | 8.4 | 8.4 |
| 2. | 100 | 00 | 8.3 | 8.3 |
| 3. | 100 | 00 | 8.3 | 8.3 |

**कुल क्षारीयता (Total Alkalinity)**

$$= \frac{H_2SO_4 \text{ का आयतन } (V_2) \times \text{नॉर्मलता} \times 50 \times 1000}{\text{जल के नमूने का आयतन}}$$

$$= \frac{8.3 \times 0.02 \times 50 \times 1000}{100}$$

$$= 83 \text{ mg} / l$$

कुल क्षारीयता (Total Alkalinity) $= 83 \text{ mg} / l$

**निष्कर्ष** (Extract)—उपरोक्त प्रयोग की सहायता से हम जल की क्षारीयता ज्ञात कर सकते हैं। मानक के अनुसार अच्छे जल की क्षारीयता 200 mg / $l$ से अधिक नहीं होनी चाहिये। पीने योग्य जल की कुल क्षारकता 20 – 80 mg /$l$ के प्रसार (Range) में होनी चाहिए।

### 3.5.4. अम्ल-क्षार सूचक (Acid-Base Indicators)

वे पदार्थ जो अम्ल-क्षार अनुमापन (Acid-Base Titration) में अभिक्रिया का अन्त बिन्दु (End Point) ज्ञात करने में प्रयुक्त किये जाते हैं, अम्ल-क्षार सूचक कहलाते हैं। अम्ल-क्षार सूचकों का रंग अम्लीय तथा क्षारीय माध्यमों में भिन्न-भिन्न होता है। अम्ल-क्षार सूचकों को **हाइड्रोजन आयन सूचक** या pH **सूचक** भी कहते हैं।

**उदाहरण—फिनोलफ्थैलीन** अम्लीय माध्यम में रंगहीन तथा क्षारीय माध्यम में गुलाबी रंग उत्पन्न करता है।

सूचक मुख्य रूप से कार्बनिक यौगिक होते हैं, परन्तु किसी अनुमापन (Titration) में अकार्बनिक यौगिकों का प्रयोग भी सूचक के रूप में किया जा सकता है। सूचक का चुनाव अनुमापन की प्रकृति पर निर्भर करता है। किसी भी अनुमापन में सूचक की सूक्ष्म मात्रा ही प्रयोग की जाती है।

**सूचकों के प्रकार** (Types of Indicators)—सूचक मुख्य रूप से तीन प्रकार के होते हैं—

(1) बाह्य सूचक (External Indicators),

(2) आन्तरिक सूचक (Internal Indicators),

(3) स्वयं सूचक (Self Indicators)।

(1) **बाह्य सूचक** (External Indicators)—इन सूचकों का प्रयोग बाहर रखकर किया जाता है। अनुमापन करते समय इन सूचकों की एक या दो बूँद को बाहर किसी टाइल या वाचग्लास पर रख लेते हैं। अनुमापन के दौरान मिश्रण द्रव को किसी काँच की छड़ से सूचक के साथ मिलाकर रंग परिवर्तन का अध्ययन करते हैं। इन सूचकों से अनुमापन में शुद्ध परिणाम प्राप्त नहीं होते हैं; **जैसे**—पोटैशियम डाइक्रोमेट ($K_2Cr_2O_7$) और फेरस सल्फेट ($FeSO_4.7H_2O$) के अनुमापन में पोटैशियम **फैरीसायनाइड** $K_3[Fe(CN)_6]$ का बाह्य सूचक के रूप में प्रयोग किया जाता है।

(2) **आन्तरिक सूचक** (Internal Indicators)—इन सूचकों का प्रयोग अनुमापन के दौरान कोनिकल फ्लास्क में

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

भरे हुए विलयन में मिलाकर करते हैं। इनके प्रयोग से शुद्ध परिणाम प्राप्त होते हैं; **जैसे**—$AgNO_3$ व NaCl के अनुमापन में पोटैशियम क्रोमेट ($K_2CrO_4$) सूचक का प्रयोग किया जाता है।

**(3) स्वयं सूचक** (Self Indicators)—अनुमापन में प्रयुक्त किये जाने वाले दोनों विलयनों में से ही जब कोई एक विलयन सूचक का कार्य करने लगे तो इसे स्वयं सूचक कहते हैं; जैसे—पोटैशियम परमैंग्नेट ($KMnO_4$) और फेरस अमोनियम सल्फेट ($FeSO_4.(NH_4)_2SO_4.6H_2O$) के अनुमापन में पोटैशियम परमैंगनेट ($KMnO_4$) स्वयं सूचक की भाँति कार्य करता है।

**सूचक का pH परिसर या रंग परिवर्तन अन्तराल** (pH Range or Colour Change Interval of Indicator)—किसी अम्ल-क्षार सूचक का रंग परिवर्तन एक निश्चित pH पर न होकर एक pH परिसर में होता है। इसे सूचक का pH परिसर या रंग परिवर्तन अन्तराल कहते हैं। प्रत्येक सूचक का pH परिसर भिन्न-भिन्न होता है।

**उदाहरण**—मेथिल ओरेन्ज का pH परिसर 3.1 से 4.4 है अर्थात मेथिल ओरेन्ज के लाल रंग का पीले रंग में परिवर्तन $p^H$ मान 3.1 से 4.4 के परिसर में होता है। मेथिल ओरेन्ज का रंग $p^H$ मान 3.1 से कम पर शुद्ध लाल तथा $p^H$ मान 4.4 से अधिक पर शुद्ध पीला होता है। $p^H$ मान 3.1 तथा $p^H$ मान 4.4 के बीच इस सूचक का रंग लाल व पीले रंग का मिश्रण होता है।

इसी प्रकार फिनोल्फ्थैलीन सूचक का pH परिसर 8.3 से 10 होता है अर्थात फिनोल्फ्थैलीन सूचक का रंगहीन से गुलाबी रंग में परिवर्तन $p^H$ मान 8.3 से $p^H$ मान 10 के परिसर में होता है। इसका अर्थ यह है कि यह सूचक $p^H$ मान 8.3 से कम पर रंगहीन तथा $p^H$ मान 10 से अधिक पर गुलाबी रंग का होता है।

कुछ सूचकों की pH रेन्ज नीचे सारणी में दी गयी है—

| सूचक | pH रेन्ज | सूचक का अम्लीय माध्यम में रंग | सूचक का क्षारीय माध्यम में रंग |
|---|---|---|---|
| मेथिल ओरेन्ज | 3.1 – 4.4 | लाल | पीला |
| मेथिल रेड | 4.2 – 6.3 | लाल | पीला |
| लिटमस | 5.0 – 8.0 | लाल | नीला |
| फिनोल रेड | 8.8 – 8.4 | पीला | लाल |
| फिनोल्फ्थैलीन | 8.3 – 10.0 | रंगहीन | गुलाबी |
| *p*-नाइट्रोफिनोल | 5.0 – 7.0 | रंगहीन | पीला |
| ट्राइनाइट्रो बेन्जीन | 12.0 – 14.0 | रंगहीन | भूरा |

## अम्ल-क्षार सूचकों के सिद्धान्त (Theories of Acid-Base Indicators)

अम्ल-क्षार सूचकों के रंग परिवर्तन की व्याख्या करने के लिये दो सिद्धान्त प्रस्तुत किये गये हैं—

(1) ऑस्टवाल्ड का सिद्धान्त, (2) क्विनोनॉयड सिद्धान्त।

**(1) ऑस्टवाल्ड का सिद्धान्त** (Ostwald Theory)—इस सिद्धान्त के अनुसार अम्ल-क्षार सूचक दुर्बल कार्बनिक अम्ल (Weak organic acid) या दुर्बल कार्बनिक क्षार (Weak organic base) होते हैं। इसलिये अम्ल-क्षार सूचकों के अणुओं तथा इनके आयनों के मध्य साम्यावस्था रहती है तथा इनकी वियोजन की मात्रा विलयन के pH मान पर निर्भर करती है। इन सूचकों के अवियोजित अणुओं तथा आयनों का रंग भिन्न-भिन्न होता है; जैसे फिनॉल्फ्थलीन अवियोजित अवस्था में रंगहीन तथा आयनिक अवस्था में गुलाबी होता है। इसी प्रकार मेथिल ओरेन्ज का अवियोजित अवस्था में रंग पीला तथा आयनिक अवस्था में लाल होता है।

(i) फिनॉल्फ्थलीन एक दुर्बल अम्ल है। इसके अवियोजित अणु तथा आयनों में निम्नलिखित साम्य स्थापित होता है—

$$HPh \overset{K_{(ind.)}}{\rightleftharpoons} H^+ + Ph^-$$

फिनोफ्थैलीन (रंगहीन) — फिनोल्फ्थैलीन आयन (गुलाबी)

AKG TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

द्रव्य अनुपाती क्रिया के नियम से

$$K_{(\text{ind.})} = \frac{[H^+]\ [Ph^-]}{[HPh]}$$

या $$[H^+] = \frac{K_{(\text{ind.})}\ [HPh]}{[Ph^-]} \quad \ldots(1)$$

$K_{(\text{ind.})}$ = सूचक का साम्य स्थिरांक है जिसे **सूचक स्थिरांक** कहते हैं।

समीकरण (1) से स्पष्ट है कि विलयन में $H^+$ आयनों की सान्द्रता बढ़ने पर रंगहीन फिनोल्फ्थैलीन अणुओं की संख्या बढ़ती है तथा गुलाबी रंग के फिनोल्फ्थैलीन आयनों ($Ph^-$) की सान्द्रता घटती है क्योंकि $H^+$ आयन तथा $Ph^-$ आयन एक दूसरे के व्युत्क्रमानुपाती हैं।

यदि फिनोल्फ्थैलीन को किसी अम्लीय विलयन में डालते हैं तो अम्ल से उत्पन्न $H^+$ आयन व पहले से मौजूद $H^+$ आयन सम होने से सम आयन प्रभाव के कारण फिनोल्फ्थैलीन का वियोजन कम हो जाता है और गुलाबी रंग के $Ph^-$ आयनों की सान्द्रता कम हो जाती है जिससे फिनोफ्थैलीन अम्लीय माध्यम में रंगहीन दिखाई पड़ता है।

यदि फिनोल्फ्थैलीन को किसी क्षारीय विलयन में डालते हैं तब HPh से प्राप्त $H^+$ आयन क्षार से प्राप्त $OH^-$ आयनों से संयोग करके $H_2O$ बनाते हैं जिससे विलयन में $H^+$ आयनों की सान्द्रता घट जाती है तथा HPh की वियोजन की मात्रा बढ़ती है ($K_{\text{ind.}}$ को नियत रखने के लिये)। इस प्रकार विलयन में गुलाबी रंग के $Ph^-$ आयनों की सान्द्रता बढ़ जाती है तथा विलयन का रंग लाल (गुलाबी) हो जाता है।

(ii) मेथिल ओरेन्ज एक दुर्बल कार्बनिक क्षार है। इसके अवियोजित अणु तथा आयनों के बीच निम्नलिखित साम्य स्थापित होता है—

$$\underset{\text{मेथिल ओरेंज (पीला रंग)}}{MeOH} \overset{K_{(\text{ind.})}}{\rightleftharpoons} \underset{\text{मेथिल ओरेंज आयन (लाल रंग)}}{Me^+} + OH^-$$

द्रव्य अनुपाती क्रिया के नियम से

$$K_{(\text{ind.})} = \frac{[Me^+]\ [OH^-]}{[MeOH]}$$

$$[OH^-] = \frac{K_{(\text{ind.})}\ [MeOH]}{[Me^+]} \quad \ldots(i)$$

$K_{(\text{ind.})}$ मेथिल ओरेन्ज का साम्य स्थिरांक है।

समीकरण (i) से स्पष्ट है कि विलयन में $OH^-$ आयनों की सान्द्रता बढ़ने पर पीले रंग के MeOH अणुओं की सान्द्रता बढ़ती है तथा लाल रंग के $Me^+$ आयनों की सान्द्रता घटती है।

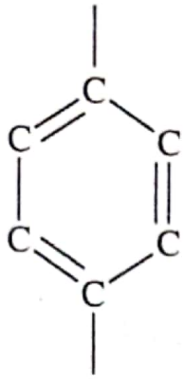
यदि मेथिल औरेन्ज को किसी अम्लीय विलयन में डालते हैं तब सूचक से प्राप्त $OH^-$ आयन अम्ल के $H^+$ आयनों से संयोग करके $H_2O$ बना लेते हैं जिससे विलयन में $OH^-$ आयनों की सान्द्रता कम हो जाती है। $K_{(\text{ind.})}$ का मान स्थिर रखने के लिए MeOH के वियोजन की मात्रा बढ़ जाती है। इस प्रकार विलयन में $Me^+$ आयनों की सान्द्रता बढ़ती है व विलयन का रंग लाल हो जाता है।

**(2) क्विनोनॉयड सिद्धान्त** (Quinonoid Theory)—इस सिद्धान्त के अनुसार **अम्ल-क्षार सूचक** अम्लीय तथा क्षारीय माध्यमों में दो चलावयवी रूपों में रहते हैं—

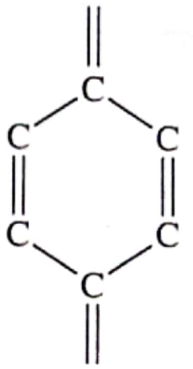
(a) बेन्जीनॉयड रूप, (b) क्विनोनॉयड रूप।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner



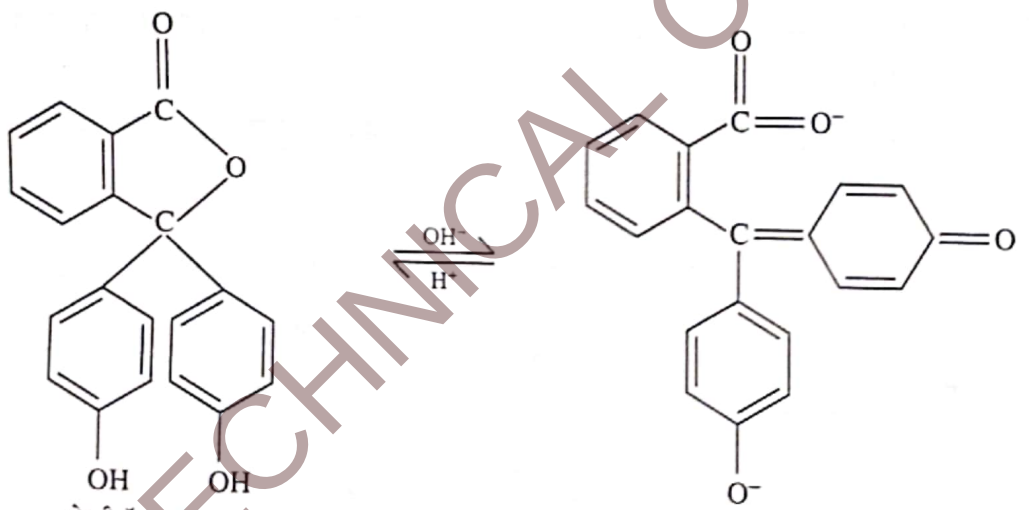
बेन्जीनॉयड रूप
(हल्का रंग)



क्विनोनॉयड रूप
(गहरा रंग)

अम्ल-क्षार सूचकों के इन दोनों रूपों के भिन्न-भिन्न रंग होते हैं। विलयन की pH बदलने पर एक चलावयवी दूसरे चलावयवी में परिवर्तित हो जाता है। बेन्जीनॉयड संरचना का रंग हल्का (Light) तथा क्विनोनॉयड संरचना का रंग गहरा (Dark) होता है।

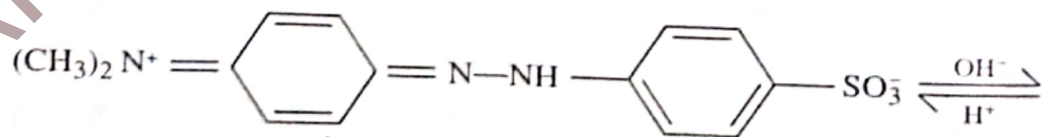
**उदाहरण–(a) फिनोल्फ्थैलीन**—अम्लीय माध्यम में फिनोल्फ्थैलीन बेन्जीनॉयड रूप में रहता है तथा क्षारीय माध्यम में क्विनोनॉयड रूप में रहता है जिसके कारण अम्लीय माध्यम में फिनोल्फ्थैलीन रंगहीन तथा क्षारीय माध्यम में इसका रंग गुलाबी होता है।



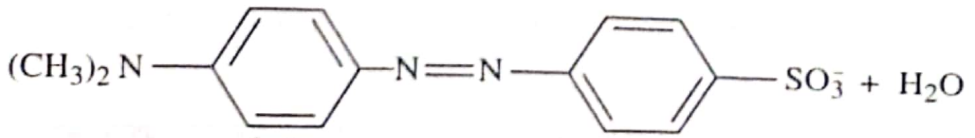
बेन्जीनॉयड रूप
(रंगहीन)
(अम्लीय माध्यम)

क्विनोनॉयड रूप
(गुलाबी रंग)
(क्षारीय माध्यम)

**(b) मेथिल ओरेन्ज**—मेथिल ओरेन्ज अम्लीय माध्यम में क्विनोनॉयड रूप में तथा क्षारीय माध्यम में बेन्जीनॉयड रूप में रहता है जिसके कारण मेथिल ओरेन्ज का रंग अम्लीय माध्यम में लाल तथा क्षारीय माध्यम में पीला होता है।



क्विनोनॉयड रूप (लाल रंग), अम्लीय माध्यम



बेन्जीनॉयड रूप (पीला रंग), क्षारीय माध्यम

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

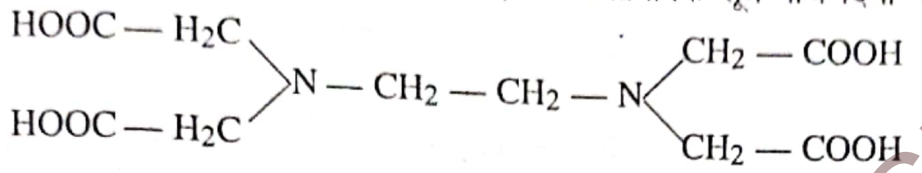
## 3.5.5. जल की कठोरता का निर्धारण (Determination of Hardness of Water)

जल की कठोरता के निर्धारण की मुख्य विधियाँ निम्नलिखित हैं—

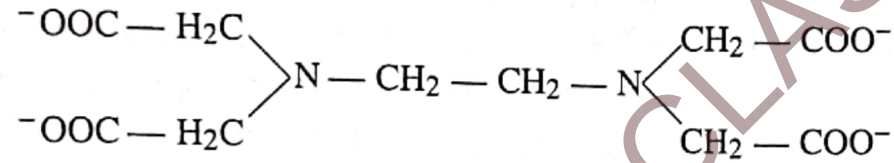
(1) ई०डी०टी०ए० (EDTA) विधि,

(2) ओ' हेनर (O' Henner) विधि।

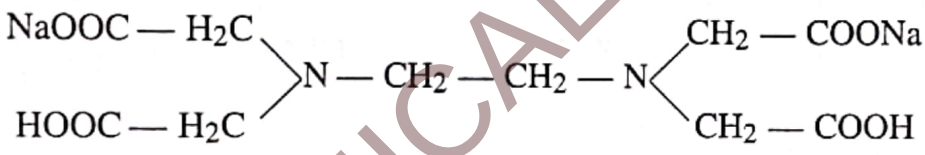
**(1) ई०डी०टी०ए० विधि** (EDTA Method)—ई०डी०टी०ए० का पूरा नाम एथिलीन डाईऐमीन टेट्रा-एसिटिक अम्ल (Ethylene Diammine Tetra Acetic Acid) है तथा इसका रासायनिक सूत्र नीचे दिया गया है—



EDTA सोडियम लवण के रूप में निम्नलिखित ऋणायन बनाता है जो कैल्शियम तथा मैग्नीशियम आयनों के साथ जटिल आयन बनाता है।



EDTA डाइसोडियम लवण के रूप में प्रयोग किया जाता है जिसका सूत्र निम्न है—



उपर्युक्त सूत्र से स्पष्ट है कि EDTA एक द्विभास्मिक सोडियम लवण है तथा इसमें इसका

$$\text{मोलर विलयन} = 2 \times \text{नॉर्मल विलयन}$$

इसकी विशेषता यह है कि यह $NH_4Cl$ तथा $NH_4OH$ बफर विलयन की उपस्थिति में लगभग 10 pH पर Ca तथा Mg दोनों लवणों के साथ क्रिया करता है। एरियोक्रोम ब्लैक-टी (Eriochrome Black-T) इसमें सूचक का कार्य करता है तथा अन्त बिन्दु (End Point) पर लाल रंग नीले रंग में परिवर्तित हो जाता है।

रासायनिक समीकरण—

$$M^{2+} + EBT \xrightarrow{10\ pH} \underset{\text{लाला रंग (Complex)}}{[M - EBT]}$$

$$\underset{\text{लाल रंग}}{[M - EBT]} + EDTA \xrightarrow{\text{अनुमापन}} [M - EDTA] + \underset{\text{नीला रंग}}{EBT}$$

$$(M^{2+} = Ca^{2+} \text{ या } Mg^{2+})$$

जब समस्त $Ca^{2+}$ तथा $Mg^{2+}$ आयन [M-EBT] जटिल (Complex) बना लेते हैं तो अन्तिम बिन्दु पर EDTA की एक बूँद EBT (Eriochrome Black-T) सूचक मुक्त करती है जिसके कारण लाल रंग नीले रंग में परिवर्तित हो जाता है।

ई०डी०टी०ए० विधि द्वारा जल की कठोरता ज्ञात करने के लिये प्रयुक्त विभिन्न पद निम्न प्रकार हैं—

**(i) मानक कठोर जल बनाना** (Preparation of Standard Hard Water)—1 ग्राम शुद्ध व शुष्क $CaCO_3$ को तनु HCl की न्यूनतम मात्रा में घोल लेते हैं। इसे जल ऊष्मक (Water bath) पर शुष्क हो जाने तक वाष्पीकृत करते हैं। बचे हुए अवशेष में आसवित जल (Distilled water) मिलाकर जल का आयतन 1 लीटर कर लेते हैं।

∵ 1000 मिली० जल में $CaCO_3$ की मात्रा = 1 ग्राम

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

$\therefore$ 1 मिली० जल में $CaCO_3$ की मात्रा $= \frac{1}{1000} = 0.001$ ग्राम

**(ii) EDTA विलयन बनाना** (Preparation of EDTA Solution)—4 ग्राम शुद्ध EDTA को आसुत जल (Distilled Water) में घोलकर विलयन का आयतन 1 लीटर बना लेते हैं।

**(iii) बफर विलयन बनाना** (Preparation of Buffer Solution)—67.5 ग्राम $NH_4Cl$ को 570 मिली सान्द्र $NH_4OH$ में घोलकर आसुत जल मिलाकर विलयन का आयतन 1 लीटर बना लेते हैं। इसके अतिरिक्त NaOH विलयन भी बनाते हैं।

**(iv) सूचक बनाना** (Preparation of Indicator)—0.5 ग्राम एरियोक्रोम ब्लैक-टी (EBT) को 100 मिलीलीटर एल्कोहॉल में घोलते हैं। इसके अतिरिक्त, म्यूरेक्साइड विलयन भी बनाते हैं।

**(v) EDTA विलयन का मानकीकरण** (Standardization of EDTA Solution)—ब्यूरेट को ठीक से धोकर इसमें EDTA विलयन भरते हैं। एक कोनिकल फ्लॉस्क में पिपेट द्वारा 50 मिली० मानक कठोर जल लेते हैं। इसमें 10 -15 मिली० बफर विलयन तथा 4-5 बूँद EBT सूचक डालते हैं। इसका EDTA विलयन के साथ अनुमापन (Titration) कर लाल से नीले रंग में परिवर्तन नोट करते हैं। मान लेते हैं कि EDTA विलयन का प्रयुक्त आयतन $V_1$ मिली० है।

**(vi) कैल्शियम तथा मैग्नीशियम लवणों के कारण जल की सम्पूर्ण कठोरता का आकलन** (Determination of Total Hardness Due to Calcium and Magnesium Salts)—पिपेट की सहायता से 50 ml दिये गये कठोर जल के नमूने को कोनिकल फ्लास्क में ले लेते हैं और इसमें 5 ml $NH_4Cl$ तथा $NH_4OH$ का बफर विलयन मिलाते हैं। अब इसमें 4-5 बूँदें EBT सूचक भी मिलाते हैं जिससे विलयन का रंग लाल रंग के समान हो जाता है। अब ब्यूरेट से कोनिकल फ्लास्क में EDTA विलयन मिलाते हैं। इस दौरान कोनिकल फ्लास्क को धीरे-धीरे हिलाते रहते हैं। अन्तिम बिन्दु पर विलयन नीला हो जाता है। EDTA विलयन का प्रयुक्त आयतन नोट कर लेते हैं। मान लिया इस अनुमापन में EDTA विलयन के $V_2$ मिली० प्रयुक्त होते हैं।

**गणना** (Calculation)—

**(i)** EDTA विलयन का मानकीकरण (1 ml EDTA के समतुल्य $CaCO_3$ ज्ञात करना)—

50 ml मानक कठोर जल $\equiv V_1$ ml EDTA

$\because$ 1 ml मानक कठोर जल में $CaCO_3 = 0.001$ ग्राम

$\therefore$ 50 ml मानक कठोर जल में $CaCO_3 = 0.001 \times 0.5 = 0.05$ g

अत: $V_1$ ml EDTA विलयन $\equiv$ 50 ml मानक कठोर जल $\equiv 0.05$ g $CaCO_3$

$V_1$ ml EDTA विलयन $= 0.05$ g $CaCO_3$

1 ml EDTA विलयन $= \frac{0.05}{V_1}$ g $CaCO_3$

**(ii) कैल्शियम तथा मैग्नीशियम लवणों के कारण जल की समस्त कठोरता ज्ञात करना—**

$\because$ 50 ml कठोर जल $\equiv V_2$ ml EDTA विलयन

तथा 1 ml EDTA $= \frac{0.05}{V_1}$ g $CaCO_3$

$\therefore$ $V_2$ ml EDTA विलयन $= \frac{0.05}{V_1} \times V_2$ gm $CaCO_3$

$\therefore$ 50 ml कठोर जल के नमूने में $CaCO_3 = \frac{0.05}{V_1} \times V_2$ g $CaCO_3$

$\therefore$ 10,00,000 (10 लाख) ml कठोर जल नमूने में $CaCO_3 = \frac{0.05 \times V_2 \times 10,00,000}{V_1 \times 50}$ g $CaCO_3$

$= \frac{1000\, V_2}{V_1}$ g

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

अत: जल में समस्त (Ca + Mg) कठोरता $= \frac{1000\,V_2}{V_1}$ ppm

या $= \frac{100\,V_2}{V_1}$ डिग्री फ्रेन्च

या $= \frac{70 \times V_2}{V_1}$ डिग्री क्लार्क

**केवल Ca-लवणों के कारण कठोरता का आकलन**—पिपेट की सहायता से कठोर जल के नमूने के 50 ml कोनिकल फ्लास्क में लेते हैं और इसमें 5 ml NaOH विलयन मिलाकर 4-5 बूँदें म्यूरेक्साइड सूचक की मिलाते हैं। विलयन का रंग गुलाबी हो जाता है। अब इसका अनुमापन ब्यूरेट से EDTA विलयन मिलाकर करते हैं। अन्तिम बिन्दु पर विलयन का रंग बैंगनी हो जाता है। माना कि अन्त बिन्दु पर EDTA विलयन के $V_3$ मिली० प्रयुक्त होते हैं।

**गणना** (Calculation)—

$\because$ 50 ml कठोर जल $\equiv V_3$ ml EDTA विलयन

$\therefore$ 1 ml EDTA विलयन $= \frac{0.05}{V_1}$ g $CaCO_3$

$\therefore$ $V_3$ ml EDTA विलयन $= \frac{0.05}{V_1} \times V_3$ g $CaCO_3$

$\therefore$ 50 ml कठोर जल में $CaCO_3 = \frac{0.05 \times V_3}{V_1}$ g $CaCO_3$

$\therefore$ 10,00,000 ml (1 मिलियन ) कठोर जल में $CaCO_3 = \frac{0.05 \times V_3 \times 10{,}00{,}000}{V_1 \times 50}$ g $CaCO_3$

$= \frac{1000\,V_3}{V_1}$ g $CaCO_3$

अत: कठोर जल में Ca लवणों के कारण कठोरता $= \frac{1000\,V_3}{V_1}$ ppm

या $= \frac{100\,V_3}{V_1}$ फ्रेन्च

या $= \frac{70 \times V_3}{V_1}$ क्लार्क

**केवल Mg लवणों के कारण कठोरता ज्ञात करना।**

Ca तथा Mg लवणों के कारण कठोरता = समस्त कठोरता

$\therefore$ Mg लवणों के कारण कठोरता = समस्त कठोरता – Ca लवणों के कारण कठोरता

$$= \frac{1000\,V_2}{V_1} - \frac{1000\,V_3}{V_1}$$

$$= 1000\left(\frac{V_2}{V_1} - \frac{V_3}{V_1}\right)$$

$$= \frac{1000\ (V_2 - V_3)}{V_1} \text{ ppm}$$

या $\frac{100\ (V_2 - V_3)}{V_1}$ फ्रेन्च

या $\frac{70\ (V_2 - V_3)}{V_1}$ क्लार्क

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

**EDTA विधि के लाभ** (Advantages of EDTA Method)—

(i) यह सबसे अच्छी तथा आधुनिक विधि है।

(ii) यह विधि सुविधाजनक है।

(iii) इस विधि से शुद्ध परिणाम मिलते हैं।

(iv) इस विधि में अधिक समय नहीं लगता है।

**2. ओ' हेनर विधि** (O'Henner Method)—इस विधि की सहायता से जल की स्थायी तथा अस्थायी कठोरता का निर्धारण अलग-अलग कर सकते हैं तथा इन्हें जोड़कर जल की कुल कठोरता ज्ञात कर लेते हैं।

**(क) जल की अस्थायी कठोरता का निर्धारण**—जल की अस्थायी कठोरता उसमें घुले हुए कैल्शियम तथा मैग्नीशियम के बाइकार्बोनेट ($Ca(HCO_3)_2$ तथा $Mg(HCO_3)_2$) के कारण होती है।

इस कठोरता का निर्धारण HCl तथा $H_2SO_4$ निम्न प्रकार रासायनिक अभिक्रिया करते हैं—

$$Ca(HCO_3)_2 + 2HCl \longrightarrow CaCl_2 + 2H_2O + 2CO_2$$

$$Ca(HCO_3)_2 + H_2SO_4 \longrightarrow CaSO_4 + 2H_2O + 2CO_2$$

$$Mg(HCO_3)_2 + 2HCl \longrightarrow MgCl_2 + 2H_2O + 2CO_2$$

$$Mg(HCO_3)_2 + H_2SO_4 \longrightarrow MgSO_4 + 2H_2O + 2CO_2$$

**विधि** (Procedure)—ब्यूरेट को पहले पानी से तथा फिर HCl से धो लेते हैं। अब इसमें $\frac{N}{50}$ HCl विलयन भरते हैं। कठोर जल के नमूने के 100 ml को पिपेट की सहायता से कोनिकल फ्लॉस्क में भर लेते हैं। इसमें 3-4 बूँद मेथिल ओरेन्ज सूचक की मिलाते हैं जिससे इसका रंग पीला हो जाता है। अब ब्यूरेट से धीरे-धीरे बूँद-बूँद करके $\frac{N}{50}$ HCl विलयन कोनिकल फ्लॉस्क में मिलाते हैं। अन्त बिन्दु पर कोनिकल फ्लास्क में पीला रंग नारंगी रंग में परिवर्तित हो जाता है। प्रयुक्त हुए $\frac{N}{50}$ HCl विलयन का आयतन ज्ञात कर लेते हैं।

**गणना** (Calculation)—

$\because$ 100 ml कठोर जल $\equiv V$ ml $\frac{N}{50}$ HCl

**(i) $V$ ml $\frac{N}{50}$ HCl के तुल्य $CaCO_3$ का भार ज्ञात करना—**

$\because$ 1000 ml NHCl $\equiv$ 1000 ml $NCaCO_3$

$= 50$ g $CaCO_3$ [$\because$ $CaCO_3$ का तुल्यांकी भार $= 50$]

$\therefore$ 1 ml $\frac{N}{50}$ HCl $= \frac{50}{1000 \times 50}$ g $CaCO_3$

$\therefore$ $V$ ml $\frac{N}{50}$ HCl $= \frac{50 \times V}{1000 \times 50}$ g $CaCO_3$

$= 0.001 \times V$ g $CaCO_3$

**(ii) जल की अस्थाई कठोरता ज्ञात करना—**

$\because$ 100 ml जल के नमूने के तुल्य $CaCO_3$ का भार $= 0.001\,V$ g

$\therefore$ 10,00,000 ml जल के नमूने के तुल्य $CaCO_3$ का भार $= \frac{0.001 \times V \times 10,00,000}{100}$ g

$= 10 \times V$ g

अतः जल की अस्थायी कठोरता $= 10 \times V$ ppm

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

**(ख) जल की स्थायी कठोरता का निर्धारण** (Determination of Permanant Hardness of Water)—जल की स्थायी कठोरता का कारण उसमें घुले हुए कैल्शियम तथा मैग्नीशियम के सल्फेट तथा क्लोराइड लवण होते हैं। जब कठोर जल में सोडियम कार्बोनेट विलयन मिलाया जाता है तो कैल्शियम कार्बोनेट व मैग्नीशियम कार्बोनेट के लवण निम्न रासायनिक अभिक्रियाओं के अनुसार अवक्षेपित हो जाते हैं—

$$CaCl_2 + Na_2CO_3 \longrightarrow CaCO_3 \downarrow + 2NaCl$$

$$CaSO_4 + Na_2CO_3 \longrightarrow CaCO_3 \downarrow + Na_2SO_4$$

$$MgCl_2 + Na_2CO_3 \longrightarrow MgCO_3 \downarrow + 2NaCl$$

$$MgSO_4 + Na_2CO_3 \longrightarrow MgCO_3 \downarrow + Na_2SO_4$$

शेष बचे $Na_2CO_3$ को $\frac{N}{50}$ HCl विलयन के साथ अनुमापन करके ज्ञात कर लेते हैं। इस प्रकार प्रयुक्त $Na_2CO_3$ द्वारा जल की स्थायी कठोरता ज्ञात कर लेते हैं।

**विधि** (Procedure)—एक बीकर में 200 मिली० कठोर जल लेकर इसे लगभग 20 मिनट तक उबालते हैं जिससे इसकी अस्थायी कठोरता दूर हो जाती है। इसे छानकर स्थायी कठोरता वाला जल प्राप्त हो जाता है। इस जल के 100 ml को एक कोनिकल फ्लॉस्क में भर लेते हैं। इसमें $\frac{N}{50}$ $Na_2CO_3$ विलयन का ज्ञात आयतन ($V_1$) आधिक्य में मिलाते हैं। इस विलयन को अवक्षेप सहित जल ऊष्मक पर शुष्क होने तक गर्म करते हैं। अवशेष को उबले हुए आसुत जल (Distilled water) से धोकर छानते हैं। छानने के बाद निस्यन्द (Filtrate) को अलग एकत्रित कर लेते हैं। इस निस्यन्द में NaCl, $Na_2SO_4$ तथा अप्रयुक्त $Na_2CO_3$ होते हैं। अवक्षेप में Ca तथा Mg के कार्बोनेट होते हैं जिन्हें छानकर पृथक् कर लेते हैं।

निस्यन्द को ठण्डा करके $\frac{N}{50}$ HCl विलयन से मेथिल ओरेन्ज सूचक की सहायता से अनुमापन करते हैं। अन्त बिन्दु पर विलयन का पीला रंग नारंगी रंग में परिवर्तित हो जाता है। माना कि अनुमापन में $\frac{N}{50}$ HCl के $V_2$ मिली प्रयुक्त होते हैं। इससे गणना करके जल की स्थायी कठोरता ज्ञात कर लेते हैं।

**गणना** (Calculation)—

$$V_2 \text{ ml } \frac{N}{50} \text{ HCl} \equiv V_1 \text{ ml } \frac{N}{50} Na_2CO_3 \text{ विलयन}$$

स्थायी कठोरता वाले जल का प्रयोग में लाया गया आयतन = 100 ml

$\frac{N}{50}$ $Na_2CO_3$ का प्रयोग में लाया गया आयतन = $V_1$ ml

$\frac{N}{50}$ $Na_2CO_3$ का कठोरता को अवक्षेपित करने में प्रयुक्त आयतन = $V_1 - V_2$

**(i) $(V_1 - V_2)$ ml $\frac{N}{50}$ $Na_2CO_3$ के तुल्य $CaCO_3$ का भार ज्ञात करना—**

$$1000 \text{ ml N} Na_2CO_3 = 1000 \text{ ml N } CaCO_3$$
$$= 50 \text{ g } CaCO_3$$

$$\therefore \quad 1 \text{ ml } \frac{N}{50} Na_2CO_3 = \frac{50}{1000 \times 50} \text{ g } CaCO_3$$

$$\therefore \quad (V_1 - V_2) \text{ ml } \frac{N}{50} Na_2CO_3 = \frac{50 \times (V_1 - V_2)}{1000 \times 50} \text{ g } CaCO_3$$

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

$$= \frac{(V_1 - V_2)}{1000} \text{ g } CaCO_3$$

**(ii) स्थायी कठोरता ज्ञात करना—**

$\because$ 100 ml स्थायी कठोर जल $= \frac{(V_1 - V_2)}{1000}$ g $CaCO_3$

$\therefore$ 1 ml स्थायी कठोर जल $= \frac{(V_1 - V_2)}{1000 \times 100}$ g $CaCO_3$

10,00,000 ml (1 मिलियन) स्थायी कठोर जल $= \frac{(V_1 - V_2) \times 10,00,000}{1000 \times 100}$ g $CaCO_3$

$= 10 \times (V_1 - V_2)$ g $CaCO_3$

जल की स्थायी कठोरता $= 10 \times (V_1 - V_2)$ ppm

## 3.5.6. विश्व स्वास्थ्य संगठन द्वारा भारत के लिये निर्धारित जल के मानक (Indian Water Quality Standards as per W.H.O.)

विश्व स्वास्थ्य संगठन (World Health Organisation, W.H.O.) द्वारा पीने योग्य जल के मानक निर्धारित किये गये हैं। पानी की उपलब्धता व माँग तथा भौगोलिक परिस्थितियों के आधार पर अलग-अलग देशों के जल के मानकों में विभिन्नता पायी जाती है। हमारे देश के लिये पीने योग्य जल के मानक निम्न सारणी में प्रदर्शित किये गये हैं।

**Indian Standard Specifications for Drinking Water IS : 10500**

| S. No. | Parameter | Requirement desirable Limit | Remarks |
|---|---|---|---|
| 1. | Colour | 5 | May be extended up to 50 if toxic substances are suspected |
| 2. | Turbidity | 10 | May be relaxed up to 25 in the absence of alternate |
| 3. | pH | 6.5 to 8.5 | May be relaxed up to 9.2 in the absence |
| 4. | Total Hardness | 300 | May be extended up to 500 |
| 5. | Calcium as Ca | 75 | May be extended up to 200 |
| 6. | Magnesium as Mg | 30 | May be extended up to 100 |
| 7. | Copper as Cu | 0.05 | May be extended up to 1.5 |
| 8. | Iron | 0.3 | May be extended up to 1 |
| 9. | Manganese | 0.1 | May be extended up to 0.5 |
| 10. | Chlorides | 250 | May be extended up to 1000 |
| 11. | Sulphates | 150 | May be extended up to 400 |
| 12. | Nitrates | 45 | No relaxation |
| 13. | Fluoride | 0.6 to 1.2 | If the limit is below 0.6 water should be rejected, Max. Limit is extended to 1.5 |
| 14. | Phenols | 0.001 | May be relaxed up to 0.002 |
| 15. | Mercury | 0.001 | No relaxation |

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

| | | | |
|---|---|---|---|
| 16. | Cadmium | 0.01 | No relaxation |
| 17. | Selenium | 0.01 | No relaxation |
| 18. | Arscnie | 0.05 | No relaxation |
| 19. | Cyanide | 0.05 | No relaxation |
| 20. | Lead | 0.1 | No relaxation |
| 21. | Zine | 5.0 | May be extended up to 10.0 |
| 22. | Anionic detergents (MBAS) | 0.2 | May be relaxed up to 1 |
| 23. | Chromium as $Cr^{90}$ | 0.05 | No relaxation |
| 24. | Poly nuclear aromatic Hydrocarbons | – | – |
| 25. | Mineral Oil | 0.01 | May be relaxed up to 0.03 |
| 26. | Residual free Chiorine | 0.2 | Applicable only when water is chlorinated |
| 27. | Pesticides | Absent | – |
| 28. | Radio active | – | – |

**Indian Standard Drinking Water Standard IS 10500**

## 3.6. जल का जीवाणुनाशन (Sterilization of Water)

शुद्ध तथा जीवाणुरहित जल जीवन के लिये अत्यावश्यक है। अत: जल को शुद्ध करने तथा उसे जीवाणु रहित करने के लिये निम्न विधियाँ प्रयोग में लायी जाती हैं—

**3.6.1. क्लोरेमिन विधि द्वारा** (By Chloramin Process)—क्लोरीन व अमोनिया को 2 : 1 (आयतन के अनुसार) अनुपात में मिलाने पर क्लोरेमिन ($ClNH_2$) प्राप्त होता है।

$$Cl_2 + NH_3 \longrightarrow \underset{\text{क्लोरेमिन}}{ClNH_2} + HCl$$

क्लोरेमिन एक अच्छा जीवाणुनाशक होता है। यह जल में मिलाने पर शीघ्रता से अपघटित होकर $NH_4OH$ तथा HOCl बनाता है। यह जल में अधिक समय तक प्रभावी रहता है।

$$ClNH_2 + 2H_2O \longrightarrow NH_4OH + HOCl$$

HOCl बनने के कारण क्लोरेमिन एक अच्छा जीवाणुनाशक है। मुक्त क्लोरीन की तुलना में जल को क्लोरेमिन से जीवाणुनाशन करना एक धीमी प्रक्रिया है। जल तथा क्लोरेमिन एक-दूसरे के साथ कम से कम दो घण्टे तक रहने चाहिएँ। यह जल में अच्छा स्वाद पैदा करता है तथा अधिकता में मिला होने पर भी यह जल में दुर्गन्ध पैदा नहीं करता है।

मुक्त क्लोरीन की तरह क्लोरेमिन भी पोटैशियम आयोडाइड (KI) के साथ क्रिया करके $I_2$ मुक्त करता है।

$$ClNH_2 + 2KI + H_2SO_4 \longrightarrow NH_4Cl + I_2 + K_2SO_4$$

**3.6.2. ओजोन के द्वारा** (By Using Ozone)—ओजोन ($O_3$) भी एक अच्छा जीवाणुनाशक है। ओजोन नीले रंग की होती है। इसका क्वथनांक 111°C तथा गलनांक 250°C होता है। यह ओजोनाइजर उपकरण में ठण्डी तथा शुष्क ऑक्सीजन लेकर उसमें शान्त विद्युत विसर्ग (Silent electric discharge) उत्पन्न कर बनायी जाती है।

$$3O_2 \xrightarrow[\text{discharge}]{\text{Silent electric}} 2O_3$$

$O_3$ की जीवाणु रक्षक प्रकृति उसके उच्च ऑक्सीकरण विभव (High oxidation potential) पर निर्भर करती है

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

जिसके कारण यह जीवाणुओं की कोशिका झिल्ली (Cell membrane) तक पहुँच जाती है अर्थात् ओजोन जीवाणुओं के अन्दर घुसकर उनको नष्ट करती है।

ओजोन बहुत अस्थायी होती है तथा टूटकर नवजात ऑक्सीजन देती है।

$$O_3 \longrightarrow O_2 + O$$

नवजात ऑक्सीजन

नवजात ऑक्सीजन प्रबल ऑक्सीकारक होती है अत: यह जीवाणुओं को नष्ट करती है तथा पानी में उपस्थित कार्बनिक पदार्थों को ऑक्सीकृत करती है।

ओजोन के द्वारा जीवाणुनाशन करने के लिये जल को एक टैंक में रखते हैं। टैंक में ओजोन गैस प्रवाहित करते हैं। टैंक के ऊपरी भाग से जीवाणु रहित जल प्राप्त होता रहता है। जल व ओजोन का सम्पर्क समय 10-15 मिनट तथा ओजोन की सान्द्रता 2-3 ppm तक होती है।

**ओजोनीकरण के लाभ** (Advantages of Ozonisation)—

(i) ओजोनीकरण में जल का रंग व गंध आदि दूर हो जाते हैं तथा कोई अवशेष भी नहीं बचता है।

(ii) यह जल को रासायनिक रूप से प्रदूषित नहीं करती है।

(iii) जल में $O_3$ की अधिकता भी कोई नुकसान नहीं पहुँचाती है।

(iv) इसको अधिक मात्रा में प्रयोग करने से भी कोई हानि नहीं होती, क्योंकि यह अस्थायी होती है तथा अपघटित होकर ऑक्सीजन देती है।

**ओजोनीकरण से हानियाँ** (Disadvantages of Ozonisation)—

(i) यह एक संक्षारक पदार्थ है अत: इससे स्टील, आयरन, कॉपर आदि को संक्षारित कर देती है।

(ii) ओजोन का निर्माण एक कठिन प्रक्रिया है अत: इसका बड़े स्तर पर प्रयोग नहीं किया जा सकता है।

(iii) ओजोन का निर्माण काफी महँगा होता है। अत: नगरपालिका के स्तर पर जल का रोगाणुनाशन काफी महँगा होता है।

**3.6.3. क्लोरीनीकरण द्वारा** (By Chlorination)—जब क्लोरीन गैस या क्लोरीन का सान्द्र विलयन जल के साथ क्रिया करता है तो HCl तथा हाइपोक्लोरस अम्ल (HOCl) प्राप्त होता है।

$$Cl_2 + H_2O \longrightarrow HOCl + HCl$$

HOCl एक जीवाणुनाशक पदार्थ है तथा यह जीवाणुओं से क्रिया करके उन्हें नष्ट कर देता है।

**क्रिया विधि** (Mechanism)—क्लोरीन की जीवाणुनाशन प्रक्रिया नवजात ऑक्सीजन बनने के कारण होती है। यह नवजात ऑक्सीजन हानिकारक जीवाणुओं का ऑक्सीकरण कर देती है।

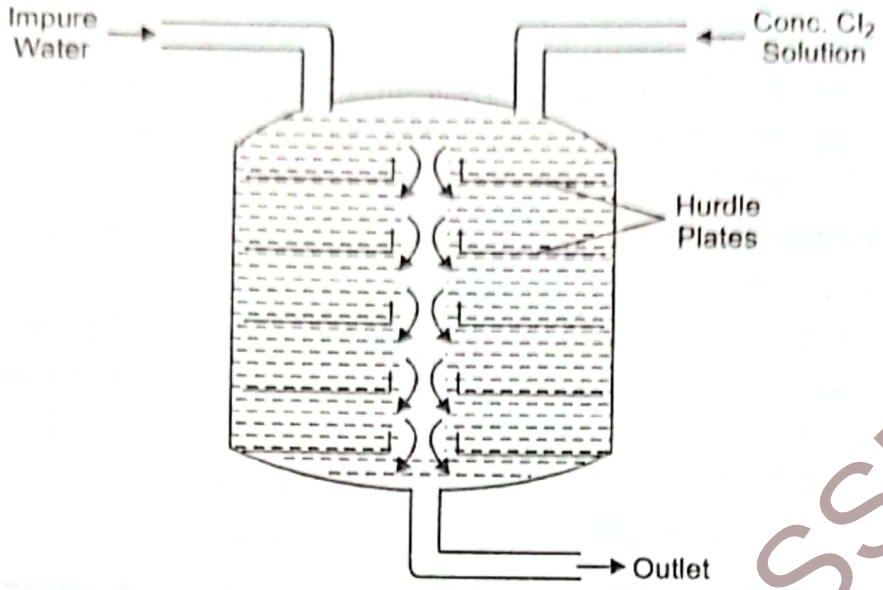
**ग्लीन व स्टम्फ** (Gleen and Stumf) ने अपने प्रयोगों के आधार पर ज्ञात किया कि बैक्टीरिया तथा सूक्ष्म जीवाणु, जीवाणुओं की कोशिकाओं (Cells) में HOCl तथा एन्जाइम की रासायनिक अभिक्रिया के फलस्वरूप नष्ट नहीं होते हैं। चूँकि एन्जाइम सूक्ष्म जीवाणुओं की मेटाबोलिक प्रक्रिया के लिये आवश्यक होते हैं अत: जीवाणु एन्जाइम की अक्रियाशीलता के कारण नष्ट हो जाते हैं। जल में यदि द्रव क्लोरीन (Liquid chlorine) मिलाया जाता है तो वह अधिक प्रभावी होता है। क्लोरीन विश्वभर में जीवाणुनाशक के रूप में प्रयोग किया जाता है। इसके लिये प्रयुक्त होने वाले उपकरण को **क्लोरीनेटर** (Chlorinator) कहते हैं। यह एक ऊँचा टावर होता है जिसमें अनेक अवरोधक प्लेटें होती हैं। इसके ऊपर से जल तथा सान्द्र क्लोरीन का विलयन प्रवाहित किया जाता है। टावर में प्रवाहित होने पर ये आपस में अच्छी तरह से मिश्रित हो जाते हैं। टावर के नीचे से जल प्राप्त कर लिया जाता है।

**क्लोरीन के प्रभाव को प्रभावित करने वाले कारक** (Factors Affecting Efficiency of Chlorine)—क्लोरीन के प्रभाव को कम करने या नष्ट करने वाले कारक निम्नलिखित हैं—

**(i) सम्पर्क समय** (Time of Contact)—क्लोरीन प्रारम्भ में तो जीवाणुओं को नष्ट करने में अधिक सक्रिय रहता है, किन्तु समय बढ़ने के साथ-साथ उसकी सक्रियता भी कम होती जाती है।

AKS TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner




चित्र 3.6–क्लोरीनीकरण

(ii) **जल का तापमान** (Temperature of Water)—ताप बढ़ने पर क्लोरीन के द्वारा सूक्ष्म जीवाणुओं के नष्ट होने की दर भी बढ़ती जाती है अत: कम ताप पर यह कम क्रियाशील होती है।

(iii) **जल का pH मान** (pH Value of Water)—जल में क्लोरीन द्वारा जीवाणुओं को नष्ट करने के लिये जल का उपयुक्त pH मान 5-6.5 के मध्य होता है। इससे अधिक pH पर या कम pH पर यह अधिक प्रभावी नहीं रहती है।

**क्लोरीन की उपयोगिताएँ** (Advantages of Chlorine)—

(i) यह अधिक प्रभावी तथा कम खर्चीली होती है।

(ii) इसको संग्रहित (Store) करने के लिये अधिक स्थान की जरूरत नहीं होती है।

(iii) यह लम्बे समय तक खराब नहीं होती है।

(iv) यह लगभग सामान्य तापमान पर प्रयुक्त की जा सकती है।

(v) यह जल में कोई हानिकारक अशुद्धि नहीं छोड़ती है।

(vi) यह एक आदर्श जीवाणुनाशक पदार्थ है।

**क्लोरीन की हानियाँ** (Disadvantages of Chlorine)—

(i) यदि भूलवश जल में क्लोरीन की अधिक मात्रा मिला दी जाती है तो यह जल में अरुचिकर गन्ध व स्वाद उत्पन्न कर देती है।

(ii) इसकी अधिकता म्यूकस झिल्ली को प्रभावित कर सकती है।

(iii) जल में मुक्त क्लोरीन की मात्रा 0.1–0.2 ppm से अधिक नहीं होनी चाहिये।

(iv) यह 6.5 pH मान से ऊपर अधिक प्रभावी नहीं रहती है।

**3.6.4. पराबैंगनी विकिरण द्वारा** (By Ultraviolet Radiation)—अल्ट्रावायलेट किरणें वे प्रकाश किरणें हैं जिन्हें हम आँखों से नहीं देख पाते। ये विद्युत चुम्बकीय तरंगों में $X$-किरणों व दृश्य प्रकाश (Visible light) के मध्य स्थित होती हैं। सूर्य के प्रकाश में यह समुचित मात्रा में होती है किन्तु इनका अधिकांश हिस्सा ओजोन किरणों द्वारा अवशोषित कर लिया जाता है। अल्ट्रावायलेट किरणों की खास बात ये है कि इसका 200–300 नैनोमीटर तरंग दैर्ध्य होने के कारण ये सूक्ष्म जीवों; जैसे बैक्टीरिया, प्रोटोजोआ और वायरस को निष्क्रिय करने की क्षमता रखती है। अत: UV किरणें पर्यावरण हितैषी (Environment Friendly), रसायन-मुक्त (Chemical free) तथा अत्यधिक प्रभावी है। इनके द्वारा आसानी से जल में उपस्थित सूक्ष्म जीवों को नष्ट करके उसे पीने योग्य बनाया जाता है।

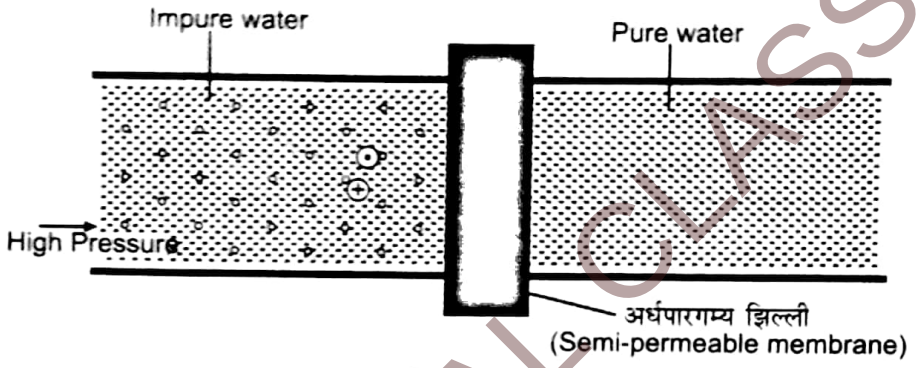
जब जल में उपस्थित सूक्ष्म जीव UV किरणों के सम्पर्क में आते हैं तो वे निष्क्रिय हो जाते हैं जिसके कारण उनकी वृद्धि रुक जाती है तथा उनके द्वारा उत्पन्न होने वाले इन्फैक्शन रुक जाते हैं। UV किरणों की सहायता से दूषित जल के पीने

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

से होने वाली अनेक बीमारियों; जैसे, कॉलरा, पोलियो, टॉयफायड, हैपेटाइटिस तथा अन्य बैक्टीरिया, वायरस व पैरासाइट जनित अनेक रोगों से बचा जा सकता है। UV किरणों का अवशोषण इन सूक्ष्म जीवों (micro organisms) के DNA व RNA के द्वारा कर लिया जाता है जहाँ पर DNA व RNA में नये प्रकार के बन्ध बनने प्रारम्भ हो जाते हैं। DNA व RNA की संरचना मे परमाणुओं के मध्य द्विबन्ध (Double bond) बनने लगते हैं जिसके कारण इनकी संख्या में वृद्धि होना रुक जाता है और ये निष्प्रभावी हो जाते हैं।

**3.6.5. विपरीत परासरण द्वारा** (By Reverse Osmosis)—परासरण की क्रिया में एक अर्धपारगम्य झिल्ली (Semi-permeable membrane) होती है, जिसके द्वारा जल मे उपस्थित अशुद्धियों; जैसे ठोस कण, बैक्टीरिया, लवण व अन्य कार्बनिक पदार्थों को अलग कर दिया जाता है। अर्धपारगम्य झिल्ली के अन्दर छोटे-छोटे छिद्र होते हैं जिनसे केवल जल ($H_2O$) के कण ही आर पार जा सकते हैं। अन्य प्रकार की कोई भी अशुद्धि इस झिल्ली से पार नहीं हो सकती। यदि हम दाब लगाकर अशुद्ध जल को इस झिल्ली से पार कराएँ तो हमें शुद्ध जल की प्राप्ति होती है। दाब द्वारा अशुद्ध जल को अर्धपारगम्य झिल्ली से छानना विपरीत परासरण (Reverse Osmosis) कहलाता है।




चित्र 3.7

विपरीत परासरण (Reverse Osmosis) एक प्रभावशाली तकनीक है जिसके द्वारा जल को शुद्ध किया जा सकता है। आजकल बाजार में अनेक प्रकार RO वाटर फिल्टर मौजूद हैं जिनमें इस युक्ति का प्रयोग होता है। RO के जल का प्रयोग करते समय इस बात का ध्यान रखना चाहिये कि उसका TDS, 75 से कम किसी भी कीमत पर नहीं होना चाहिये। TDS का मान 75 से कम होने की दशा में जल में घुले हुए खनिज हमारे शरीर को नहीं मिल पाते जिससे धीरे-धीरे शरीर का मेटाबोलिज्म परिवर्तित होने लगता है जिसका दुष्प्रभाव हमारे शरीर पर पड़ता रहता है। यदि पीने योग्य जल में TDS की मात्रा 75 – 200 के बीच रहती है तो यह शरीर के लिये लाभकारी होता है।

## 3.7. नगरपालिका अपशिष्ट जल एवं उपचार (Municipality Waste Water and Treatment)

शहरों में पानी की व्यवस्था नदियों या नहरों के पानी से की जाती है। क्योंकि नदियों व नहरों के पानी में हानिकारक अशुद्धियाँ मिली रहती हैं, अत: इस पानी को शहर के उपयोग हेतु सप्लाई करने से पहले इसका शोधन किया जाना आवश्यक होता है। इस जल का शोधन निम्न प्रकार किया जाता है—

(1) जल में निलम्बित अशुद्धियों का शोधन।

(2) जल को जीवाणुओं से मुक्त करना।

**(1) जल में निलम्बित अशुद्धियों का शोधन** (Purification of Suspended Impurities in Water)—

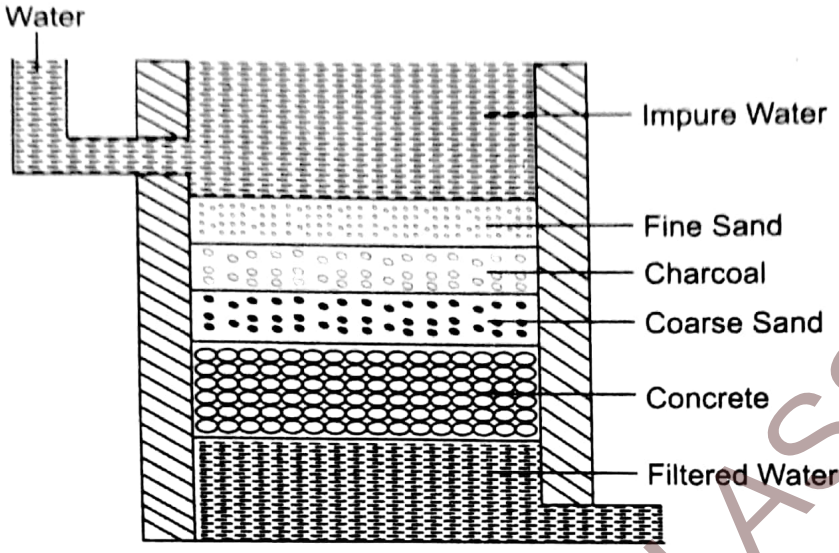
**(i) अवसादन** (Sedimentation)—जल में मिट्टी, बालू आदि के कण निलम्बित रहते है। इन्हें दूर करने के लिये जल को तालाब या किसी बड़े टैंक में बिना हिलाये 2-6 घण्टे तक रख दिया जाता है। ऐसा करने से निलम्बित अशुद्धियाँ नीचे बैठ जाती हैं। ऊपर के निथरे हुए पानी को पम्प की सहायता से दूसरे टैंकों में ले जाते हैं।

**(ii) स्कन्दन** (Coagulation)—अवसादन की क्रिया मे निलम्बन कण दूर हो जाते है, परन्तु इस जल में अशुद्धियों के कुछ कण कोलॉयडी अवस्था मे रहते हैं तथा जल के साथ कोलॉयडी विलयन बनाये रहते हैं तथा अवसादन की क्रिया मे

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

नीचे नहीं बैठते हैं। इन्हें स्कन्दित (Coagulated) करने के लिये पोटाश फिटकरी ($K_2SO_4.Al_2(SO_4)_3.24H_2O$), सोडियम एलुमिनेट $NaAlO_2$ या फेरस सल्फेट ($FeSO_4.7H_2O$) को जल में मिलाया जाता है। स्कन्दन की क्रिया में लगभग 2-3 घण्टे का समय लगता है।




चित्र 3.8–Filtration Tank

(iii) **छानना** (Filtration)—उपर्युक्त प्रक्रियाओं से प्राप्त जल को छाना जाता है। ऐसा करने के लिये इस जल को बड़े-बड़े आयताकार टैंकों में प्रवाहित किया जाता है। इन टैंकों में कंकड़, बजरी, रेत, बारीक रेत तथा चारकोल भरा रहता है। इन परतों से गुजरने के बाद जल शुद्ध हो जाता है।

**2. जल को जीवाणुओं से मुक्त करना** (Disinfection of Water)—जल को जीवाणुओं से मुक्त करने के लिये निम्नलिखित विधियों का प्रयोग किया जाता है—

(i) **उबालकर** (By Boiling)—यदि जल को 15-20 मिनट तक उबाल लिया जाये तो उसके जीवाणु नष्ट हो जाते हैं। इसका प्रयोग घरों में तो किया जा सकता है, किन्तु बड़े पैमाने पर इसका प्रयोग सम्भव नहीं हो पाता है।

(ii) **क्लोरीनीकरण** (Chlorination)—जल को जीवाणुओं से मुक्त करने के लिये उसमें द्रव क्लोरीन मिला दी जाती है। एक मिलियन (10 लाख) लीटर जल में 700 ml द्रव क्लोरीन मिलाई जाती है। क्लोरीन एक वाष्पशील पदार्थ है अत: कुछ समय पश्चात् अवशेष क्लोरीन स्वयं उत्सर्जित हो जाती है। इसलिये क्लोरीन को पानी में अधिक समय तक बनाये रखने के लिये उसमें पहले से ही अमोनिया की कुछ मात्रा मिला दी जाती है। क्लोरीन के स्थान पर ब्लीचिंग पाउडर ($CaOCl_2$) का भी प्रयोग किया जा सकता है जो कि एक सस्ती विधि है।

(iii) **ओजोनीकरण** (Ozonisation)—यह एक महँगी विधि है। इसका उपयोग बड़े पैमाने पर किया जा सकता है। जल में ओजोन गैस ($O_3$) प्रवाहित करने पर जल को जीवाणुओं से थोड़े से समय में मुक्त किया जा सकता है।

(iv) **पराबैंगनी किरणों द्वारा** (By Ultraviolet Rays)—**मरकरी वाष्प लैम्पों से प्राप्त** अल्ट्रावायलेट किरणों द्वारा भी जल को जीवाणुओं से मुक्त किया जाता है।

(v) **पोटेशियम परमैंगनेट द्वारा** (By $KMnO_4$)—पोटेशियम परमैंगनेट के प्रयोग से जल में घुली हुई कार्बनिक पदार्थों को ऑक्सीकृत किया जा सकता है। अत: कुओं आदि में $KMnO_4$ का प्रयोग किया जाता है।

**3. औद्योगिक अवशिष्ट पदार्थ तथा वाहित मल** (Industrial Waste and Sewage)—विभिन्न औद्योगिक इकाइयों में अनेक अनुपयोगी पदार्थ सह-उत्पाद के रूप में उत्सर्जित होते हैं। इन्हें जल में विसर्जित कर दिया जाता है। उद्योगों से जल के साथ निकलने वाले व्यर्थ पदार्थों को औद्योगिक अवशिष्ट तथा वाहित मल कहते हैं। इन पदार्थों की उत्पत्ति उद्योग की प्रकृति पर निर्भर करती है। इन पदार्थों में अनेक विषैले पदार्थ, विस्फोटक व रासायनिक पदार्थ होते हैं।

(i) **अकार्बनिक प्रक्रम अवशिष्ट** (Inorganic Wastes)—रासायनिक पदार्थ बनाने के उद्योगों, धातुकर्म के उद्योगों तथा विद्युत लेपन (Electroplating) उद्योगों से अकार्बनिक अवशिष्ट उत्पन्न होते हैं। ये स्वयं कोई जैविक समस्या उत्पन्न नहीं करते, किन्तु इनकी उपस्थिति में अन्य कार्बनिक पदार्थों को मुक्त करने में समस्या आती है। जैसे—कार्बनिक अम्लों के

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

साथ सल्फेट की सान्द्रता अधिक होने पर सल्फेट अपचायक जीवाणु उत्तेजित हो जाते हैं जिससे $H_2S$ की समस्या बन जाती है।

(ii) कार्बनिक प्रकृति अवशिष्ट (Organic Wastes)—कागज, कपड़ा, खाद्य संसाधन, दूध, मद्य, रेजक, इत्यादि आदि से सम्बन्धित उद्योगों से उत्पन्न अवशिष्ट जल में कार्बनिक अवशिष्ट पदार्थ होते हैं। इन्हें दूर करना प्रदूषण की एक प्रमुख समस्या बनी हुई है।

(iii) पारा (Mercury)—यह कोयले के दहन, अयस्कों के प्रगलन, पेपर तथा पेन्ट उद्योगों से निकलने वाले अवशिष्ट पदार्थों से पाया जाता है। जल में यह $(CH_3)_2Hg$ में परिवर्तित होकर खाद्य शृंखला में प्रवेश कर जाता है। इससे जल में रहने वाली मछलियाँ मरने लगती हैं।

(iv) सीसा (Lead)—सीसा विशेष रूप से बैटरी, पेन्ट, रसायन तथा पैस्टीसाइड्स उद्योगों से व ऑटोमोबाइल के प्रयोग से निकलता है। इससे एनीमिया, सिरदर्द तथा मांसपेशियाँ कमजोर हो जाती हैं।

### 3.7.1. घुलित ऑक्सीजन (Dissolved Oxygen)

प्राकृतिक व अवशिष्ट (Waste) जल में घुलित ऑक्सीजन का स्तर उसमें उपस्थित जीवों की भौतिक, रासायनिक व जैविक अभिक्रियाओं पर निर्भर करता है। घुलित ऑक्सीजन का विश्लेषण जल व अवशिष्ट जल के प्रदूषण को नियन्त्रित करने के लिये अति महत्वपूर्ण है। एक अच्छे जल में घुलित ऑक्सीजन की मात्रा 4–6 mg /litre होनी चाहिये जो कि जलीय जीवन के लिये आवश्यक है। यदि घुलित ऑक्सीजन का मान इस मान से कम रहता है तब जल प्रदूषित माना जाता है।

### 3.7.2. जैविक ऑक्सीजन माँग (Biochemical Oxygen Demand, BOD)

जल में खनिज (Minerals) (जैसे नाइट्रेट एवं फास्फेट) की अधिकता जल प्रदूषण का कारण बनती है। घरेलू अवशिष्ट, फर्टिलाइजर्स, पैकिंग प्लांट, जानवरों के भोजन आदि के द्वारा उत्सर्जित जल में नाइट्रेट एवं फास्फेट खनिज उत्पन्न होते हैं। नाइट्रेट व फास्फेट लवण जल में उपस्थित जीवों के भोजन का कार्य करते हैं, जिसके कारण जल में सूक्ष्म जीवों (Micro organisms) एवं जलीय पौधों की बहुत अधिक मात्रा में वृद्धि होने लगती है। नाइट्रेट, अमोनिया, फास्फेट, नाइट्रोजन आदि से जल में शैवाल (Algae) की वृद्धि होने लगती है जिससे जल में ऑक्सीजन की आमद (Supply) प्रभावित होने लगती है। अधिक मात्रा में सूक्ष्म जीव एवं जलीय पौधे होने से घुलित ऑक्सीजन की मात्रा में कमी होने लगती है और जल प्रदूषित होने लगता है।

जल में उपस्थित सूक्ष्म जीव जल में घुली हुई ऑक्सीजन का प्रयोग करके जल के कार्बनिक पदार्थों को खनिज पदार्थों में ऑक्सीकृत कर देते हैं जिससे जल प्रदूषण में कमी आती है। **अतः एक लीटर जल के नमूने में उपस्थित कार्बनिक पदार्थों का सूक्ष्म जीवों द्वारा 20°C पर पाँच दिन में पूर्ण ऑक्सीकरण करने के लिये ऑक्सीजन की जितनी मात्रा की आवश्यकता होती है, उसे जैविक ऑक्सीजन माँग (BOD) कहते हैं।** जैविक रासायनिक माँग को Biological Oxygen Demand भी कहते हैं।

BOD को मिलीग्राम प्रति लीटर या p.p.m. में व्यक्त करते हैं। पीने योग्य शुद्ध जल में **BOD** का मान **0.75 से 1.5** मिलीग्राम प्रति लीटर होनी चाहिये।

जैविक ऑक्सीजन माँग (BOD) जल प्रदूषण का पता लगाने में उपयोगी होती है। **उदाहरण** के लिये, यदि किसी प्रदूषित जल का BOD का मान 50 मिलिग्राम प्रति लीटर है, इसका अर्थ यह हुआ कि उस जल के एक लीटर में उपस्थित कार्बनिक पदार्थों के पूर्ण ऑक्सीकरण हेतु 50 मिलीग्राम ऑक्सीजन की आवश्यकता होती है।

### 3.7.3. रासायनिक ऑक्सीजन माँग [Chemical Oxygen Demand (COD)]

**ऑक्सीजन की वह मात्रा जो जल में उपस्थित सभी कार्बनिक तथा अकार्बनिक पदार्थों के पूर्ण ऑक्सीकरण के लिये आवश्यक होती है, रासायनिक ऑक्सीजन माँग (COD) कहलाती है।**

जल के नमूने में COD का मान ज्ञात करने के लिये $KMnO_4$, $K_2Cr_2O_7$ आदि के द्वारा ऑक्सीकरण कराया जाता है जिसमें कार्बन $CO_2$ में, सल्फर $SO_2$ में, फॉस्फोरस $P_2O_5$ में तथा हाइड्रोजन $H_2O$ में ऑक्सीकृत हो जाता है।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

$K_2Cr_2O_7$ की ज्ञात मात्रा को जल के नमूने की ज्ञात मात्रा में मिलाया जाता है। प्राप्त मिश्रण में सान्द्र $H_2SO_4$ मिलाकर गर्म करते हैं। गर्म विलयन को ठण्डा करके वियलन शेष बचे डाइक्रोमेट ($Cr_2O_7^{2-}$) की मात्रा ज्ञात करने के लिये उसका अनुमापन मानक फैरस अमोनियम सल्फेट के साथ कराया जाता है। इस अनुमापन (Titration) में फैरोइन (Ferroin) को सूचक के रूप मे प्रयुक्त करते है।

रासायनिक ऑक्सीजन मांग (COD) एवं जैविक ऑक्सीजन मांग (BOD) में रासायनिक ऑक्सीजन मांग (COD) अधिक वैज्ञानिक एवं उपयोगी है।

नोट—किसी भी जल के नमूने में COD का मान हमेशा BOD के मान से अधिक होता है।

## आंकिक प्रश्न (Numerical Problems)

### जल की कठोरता के आकलन पर आधारित आंकिक उदाहरण

**उदाहरण 1. निम्न आँकड़ों की सहायता से कठोर जल के एक नमूने की अस्थायी एवं स्थायी कठोरता की गणना कीजिये—**

**(a) 50 c.c. आसुत जल के लिये 15 c.c. साबुन विलयन की आवश्यकता होती है।**
**(b) 50 c.c. प्रामाणिक कठोर जल के लिये 21.5 c.c. साबुन विलयन की आवश्यकता होती है।**
**(c) 50 c.c. अज्ञात कठोर जल के लिये 15.5 c.c. साबुन विलयन की आवश्यकता पड़ती है।**
**(d) 50 c.c. उबाले गये एवं छाने गये अज्ञात कठोर के लिये 11.5 c.c. साबुन विलयन की आवश्यकता होती है।**
**[दिया है : 1 c.c. Standard hard water = 1 mg $CaCO_3$]**

**हल**—∵ 1000 c.c. प्रामाणिक कठोर जल में $CaCO_3$ की मात्रा = 1 g

∴ 1 c.c. प्रामाणिक कठोर जल में $CaCO_3$ की मात्रा = 0.001 g

अत: 50 c.c. प्रामाणिक कठोर जल में $CaCO_3$ की मात्रा = $0.001 \times 50$

$= 0.05$ g $CaCO_3$

अब आसुत जल (Distilled water) के 50 c.c. के साथ स्थायी झाग उत्पन्न करने के लिये आवश्यक साबुन विलयन का आयतन = 21.5 c.c.

∵ प्रामाणिक कठोर जल के 50 c.c. में उपस्थित कठोरता के तुल्य (Equivalent) साबुन का विलयन (Soap solution) आयतन

$= 21.5 - 1.5 = 20.00$ c.c.

∵ 20.00 c.c. साबुन विलयन = 0.05 g $CaCO_3$

तथा 1 c.c. साबुन विलयन $= \frac{0.05}{20}$ g $CaCO_3$

जल के नमूने के 50 c.c. की सम्पूर्ण कठोरता (Total hardness) के तुल्य साबुन विलयन का आयतन

$= (11.5 - 1.5) = 10.0$ c.c.

**पूर्ण कठोरता की गणना** (Calculation of Total Hardness)—

∵ 1 c.c. साबुन विलयन $= \frac{0.05}{20}$ g $CaCO_3$

∴ 14 c.c. साबुन विलयन $= \frac{0.05 \times 14}{20}$ g $CaCO_3$

अर्थात् 50 c.c. कठोर जल की सम्पूर्ण कठोरता $= \frac{0.05 \times 14}{20}$ g $CaCO_3$

∴ $1 \times 10^6$ कठोर जल की सम्पूर्ण कठोरता $= \frac{0.05 \times 10 \times 1 \times 10^6}{20 \times 50} = 700$ p.p.m.

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

**स्थायी कठोरता की गणना** (Calculation of Permanent Hardness)—

$$= \frac{0.05 \times 10 \times 1 \times 10^6}{20 \times 50} = 500 \text{ p.p.m.}$$

अस्थायी कठोरता की गणना = कुल कठोरता – स्थायी कठोरता

$$= 700 - 500 = \mathbf{200 \text{ p.p.m.}}$$

उत्तर

**उदाहरण 2. 25 c.c. कठोर जल के नमूने को सोडियम हाइड्रॉक्साइड (NaOH) तथा म्यूरेक्साइड (Murexide) सूचक की उपस्थिति में $Ca^{++}$ आयन (Ions) का आंकलन (Estimation) करने के लिये 0.35 c.c. E.D.T.A. विलयन की आवश्यकता होती है, परन्तु $NH_4Cl$ तथा $NH_4OH$ बफर विलयन प्रयुक्त करने पर इरियोक्रोम ब्लैक-टी सूचक की उपस्थिति में 25 c.c. कठोर जल के साथ 0.75 c.c. E.D.T.A. विलयन काम में आता है। पानी की कठोरता की गणना $Ca^{++}$ तथा $Mg^{++}$ आयनों के कारण अलग-अलग p.p.m. में कीजिये।**

**[1 c.c. E.D.T.A. विलयन ≡ 0.002004 g $CaCO_3$]**

**हल—(i) $Ca^{++}$ आयनों के कारण कठोरता :**

∵ 1 c.c. E.D.T.A. solution ≡ 0.002004 g $CaCO_3$

∴ 0.35 c.c. E.D.T.A. solution ≡ $0.002004 \times 0.35$ g $CaCO_3$

∴ 25 c.c. पानी की कठोरता ≡ $0.002004 \times 0.35$ g

∴ $1 \times 10^6$ c.c. पानी की कठोरता $\equiv \frac{0.002004 \times 0.35 \times 1 \times 10^6}{25}$

$\equiv \frac{140.28}{5} = 28.056$ p.p.m.

(यह कठोरता केवल $Ca^{++}$ के आयनों के कारण है)

**(ii) $Ca^{++}$ तथा $Mg^{++}$ आयनों के कारण कुल कठोरता :**

∵ 0.75 c.c. E.D.T.A. विलयन ≡ $0.002004 \times 0.75$ g $CaCO_3$

अर्थात् 25 c.c. कठोर जल ≡ $0.002004 \times 0.75$ g $CaCO_3$

∴ $1 \times 10^6$ c.c. कठोर जल $\equiv \frac{0.002004 \times 0.75 \times 1 \times 10^6}{25}$

≡ 60.12 p.p.m.

अत: $Mg^{++}$ आयनों के कारण कठोरता = 60.12 – 28.056

≡ 42.065 p.p.m.

उत्तर

**उदाहरण 3. 500 c.c. कठोर जल का विश्लेषण किया गया। जल में 2N-$Na_2CO_3$ के 53 c.c. मिलाये गये। जल उबालकर उसका आयतन आधा कर लिया गया। जल को छानकर निस्यन्द का आयतन 50 c.c. बना लिया गया। इस निस्यन्द के 50 c.c. को मिथाइल ओरेन्ज (Methyl Orange) की उपस्थिति में पूर्णतया उदासीन करने के लिये $\frac{N}{10}$ HCl 35 c.c. की आवश्यकता हुई। कठोर जल की कठोरता p.p.m. में ज्ञात कीजिये।**

हल—विश्लेषण के लिये गया जल = 500 c.c.

∵ मिलाया गया $Na_2CO_3$ का आयतन = 53 c.c. 2 N $Na_2CO_3$

= 106 c.c. 2 N $Na_2CO_3$

अत: $Na_2CO_3$ का वह आयतन जो अभिक्रिया में प्रयुक्त नहीं हुआ, उसकी गणना निम्न प्रकार करते हैं—

∵ निस्यन्द का पूर्ण आयतन = 500 c.c.

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

$$\therefore \quad 500 \text{ c.c. निस्यन्द} \equiv 35 \text{ c.c.} \frac{N}{10} HCl$$

$$\equiv 35 \text{ c.c. N } HCl$$

$$\equiv 35 \text{ c.c. N } Na_2CO_3$$

अर्थात् 500 c.c. निस्यन्द में अप्रयुक्त $Na_2CO_3$ के 35 c.c. हैं।

∴ प्रयुक्त N $Na_2CO_3$ का आयतन = 106 – 35 = 71 c.c.

∴ जल के 500 C.C. ≡ 71 c.c. N $Na_2CO_3$

≡ 71 c.c. N $Na_2CO_3$

∴ जल के 1000 C.C. ≡ 71 × 2 c.c. N $Na_2CO_3$

∴ $10^6$ जल ≡ 71 × 2 × 1000 c.c. N - $Na_2CO_3$

≡ 71 × 2 × 50 g $CaCO_3$ [∵ 1000 c.c. N $Na_2CO_3$ ≡ 50 g $CaCO_3$]

**= 14200 p.p.m.** उत्तर

**उदाहरण 4. निम्न आँकड़ों की सहायता से जल की कुल कठोरता, कैल्शियम के कारण कठोरता तथा मैग्नीशियम के कारण कठोरता की गणना $CaCO_3$ के रूप में p.p.m. में कीजिये—**

**(i) E.D.T.A. विलयन के 36.5 c.c. $CaCl_2$ विलयन के 25 c.c. की आवश्यकता पड़ती है, जबकि $CaCl_2$ विलयन के 500 c.c., 0.75 ग्राम $CaCO_3$ के समतुल्य है।**

**(ii) कठोर जल के नमूने के 25 c.c. के लिये E.D.T.A. विलयन के 25 c.c. की आवश्यकता पड़ती है, जबकि जल में सोडियम हाइड्रॉक्साइड (NaOH) विलयन तथा म्यूरेक्साइड (Murexide) सूचक डाल दिये जाते हैं।**

**(iii) कठोर पानी के 25 c.c. के लिये E.D.T.A. विलयन के 50 c.c. की आवश्यकता होती है, जबकि उसमें बफर विलयन तथा सूचकांक Eriochrome Black-T पहले से डाल दिये जाते हैं।**

हल—(a) 500 c.c. $CaCl_2$ विलयन = 0.75 g $CaCO_3$

$$\therefore \quad 1.0 \text{ c.c. } CaCl_2 \text{ विलयन} = \frac{0.75}{500} \text{ g } CaCO_3$$

$$\therefore \quad 25 \text{ c.c. } CaCl_2 \text{ विलयन} = \frac{0.75 \times 25}{500} \text{ g } CaCO_3$$

$$\because \quad 36.5 \text{ c.c. E.D.T.A. विलयन} = \frac{0.75 \times 25}{500 \times 36.5}$$

**= 0.0010273 g $CaCO_3$** उत्तर

(b) कठोर जल के नमूने में कैल्शियम (Ca) के कारण कठोरता—

∵ 1.0 c.c. E.D.T.A. विलयन ≡ 0.0010273 g. $CaCO_3$

∴ 2.5 c.c. E.D.T.A. विलयन ≡ 0.0010273 × 2.5 g. $CaCO_3$

≡ 0.00256825 g. $CaCO_3$

∵ 25 c.c. कठोर जल के नमूने में $CaCO_3$ की मात्रा

≡ 0.00256825 g. $CaCO_3$

$$\therefore \quad 1 \times 10^6 \text{ c.c.} \equiv \frac{0.00256825 \times 1 \times 10^6}{25} \equiv 102.73 \text{ g}$$

अत: कैल्शियम के कारण कठोरता = **102.73 p.p.m.** उत्तर

(c) कैल्शियम (Ca) व मैग्नीशियम (Mg) के कारण कठोरता—

∵ 1.0 c.c. E.D.T.A. विलयन ≡ 0.0010273 g. $CaCO_3$

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

$\therefore$ 5.0 c.c. E.D.T.A. विलयन $\equiv 0.0010273 \times 5.0$

$\equiv 0.0051365$ g. $CaCO_3$

$\because$ 25 c.c. कठोर जल के नमूने में $CaCO_3$ की मात्रा

$\equiv 0.0051365$ g. $CaCO_3$

$\therefore$ $1 \times 10^6$ c.c. कठोर जल के नमूने में $\equiv \dfrac{0.0051365 \times 10^6}{25} \equiv 205.46$ ppm

अत: जल के नमूने की Ca व Mg के कारण कठोरता = **205.46 ppm**

(d) केवल (Mg) के कारण कठोरता = $205.46 - 10.273$ ppm

= **102.73 ppm** उत्तर

**उदाहरण 5. कठोर जल के उस नमूने की अस्थायी कठोरता p.p.m. में ज्ञात कीजिये जिसके 100 c.c., 25.1 c.c. $\dfrac{N}{50}$ $H_2SO_4$ विलयन से पूर्ण रूप से उदासीनीकृत होते हैं। इस प्रयोग में मिथाइल ओरेन्ज आन्तरिक सूचक का कार्य करता है।**

हल—1000 c.c. N $H_2SO_4 \equiv$ 1000 c.c. N $CaCO_3$

या 1000 c.c. $\dfrac{N}{50}$ $H_2SO_4 \equiv$ 1000 c.c. $\dfrac{N}{50}$ $CaCO_3$

$\equiv 1$ g $CaCO_3$

[$\because$ $CaCO_3$ का तुल्यांकी भार = 50]

अत: 1 c.c. $\dfrac{N}{50}$ $H_2SO_4 \equiv 25 \times 0.001$ g. $CaCO_3$

प्रश्न के अनुसार, 100 c.c. कठोर जल के नमूने (Sample) में उपस्थित

$CaCO_3$ की मात्रा $\equiv 25.1 \times 0.001$ g. $CaCO_3$

$\therefore$ $1 \times 10^6$ c.c. कठोर जल के नमूने में उपस्थित $CaCO_3$ की मात्रा

$= \dfrac{25.1 \times 0.001 \times 1 \times 10^6}{100} \equiv 251$ g

अत: **दिये गये जल के नमूने की स्थायी कठोरता = 251 p.p.m.** उत्तर

**उदाहरण 6. एक अनुमापन (Titration) में 50 ml कठोर जल को पूर्ण उदासीन करने के लिये $\dfrac{N}{50}$ HCl के 2.5 ml जल की अस्थायी कठोरता की गणना p.p.m. में कीजिये।**

हल—माना कठोर जल के नमूने की नार्मलता (Normality) $N_1$ है।

तब,

$$\underset{\text{(जल)}}{N_1V_1} = \underset{\text{(HCl)}}{N_2V_2}$$

$$N_1 \times 50 = \frac{1}{25} \times 2.5$$

या $$N_1 = \frac{2.5}{50 \times 2.5} = \frac{0.1}{50} = 2 \times 10^{-3}$$

ग्राम/लीटर, **सान्द्रता = तुल्यांकी भार × नार्मलता**

($CaCO_3$ के रूप में) $= 50 \times 2 \times 10^{-3}$ g/litre

[$CaCO_3$ का तुल्यांकी भार = 50]

अत: कठोर जल के 1000 ml में घुले हुए $CaCO_3$ की मात्रा $= 50 \times 2 \times 10^{-3}$ g

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

$\therefore 10^6$ ml कठोर जल में घुले हुए $CaCO_3$ की मात्रा $= \dfrac{50 \times 2 \times 10^{-3} \times 10^{-6}}{1000}$ **= 1000 p. p. m.** उत्तर

**उदाहरण 7. एक कठोर जल के नमूने के 50 ml को पूर्ण उदासीन करने के लिये $\frac{N}{50}$ HCl के 35 ml लगे। जल लगने की अस्थायी कठोरता की गणना $CaCO_3$ के रूप में p.p.m. में कीजिये।**

हल—माना जल की नार्मलता $N_1$ है।

तब, $N_1V_1 = N_2V_2$

(जल) (HCl)

$$N_1 \times 50 = \frac{1}{30} \times 35$$

या $$N_1 = \frac{35}{50 \times 10} = 0.07N$$

सान्द्रता ($CaCO_3$ के रूप में) ग्राम/लीटर = **तुल्यांकी भार × नार्मलता**

$= 50 \times 0.07$ g/litre

$\because$ 1000 ml कठोर जल में $CaCO_3$ की मात्रा $= 50 \times 0.07$g

$\therefore$ $10^6$ ml कठोर जल में घुले हुए $CaCO_3$ की मात्रा $= \dfrac{50 \times 0.07 \times 10^6}{1000}$ **= 3500 p. p. m.** उत्तर

**उदाहरण 8. ज्ञात कीजिये कि 154° क्लार्क की कठोरता कितने डिग्री फ्रेंच तथा कितने पी०पी०एम० के बराबर होगी?**

हल— $\because$ 7° Clark = 10° French

$\therefore$ $154°\text{ Clark} = \frac{10}{7} \times 154 = 220°\text{ French}$

इसी प्रकार— $\because$ 7° Clark = 100 p.p.m.

$\therefore$ $154°\text{ Clark} = \frac{100}{7} \times 154 = 2200$ p. p. m.

अत: 154° Clark = 220° French = **2200 p. p. m.** उत्तर

**उदाहरण 9. एक कठोर जल के नमूने के दस लाख भाग में निम्नलिखित लवण पाये गये—**

**$Ca(HCO_3)_2$ = 16.2 g**

**$Mg(HCO_3)_2$ = 29.2 g**

**$CaSO_4$ = 27.2 g**

**जल की कठोरता की गणना p.p.m. डिग्री फ्रेन्च तथा डिग्री क्लार्क में कीजिये।**

हल—कठोर जल के नमूने में घुले हुये लवणों के भार $CaCO_3$ के समतुल्य (Equivalent) करने के लिये निम्न गणना करते हैं—

| Salt Formula | Dissolved Amount (g) | Molecular Weight | Equivalent to $CaCO_3$ |
|---|---|---|---|
| $Ca(HCO_3)_2$ | 16.2 | 162 | $\frac{16.2}{162} \times 100 = 10$ |
| $Mg(HCO_3)_2$ | 29.2 | 146 | $\frac{29.2}{146} \times 100 = 20$ |
| $CaSO_4$ | 27.2 | 136 | $\frac{27.2}{136} \times 100 = 20$ |

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

अत: जल की कठोरता उत्पन्न करने वाले लवणों का $CaCO_3$ के समतुल्य कुल भार $= 10 + 20 + 20 = 50$ ग्राम

(i) अत: जल की कुल कठोरता $CaCO_3$ के रूप में 50 ग्राम प्रति दस लाख अथवा 50 p.p.m. होगी।

(ii) $\because$ 1 p.p.m. $= 0.1°$ फ्रेन्च

$\therefore$ 50 p.p.m. $= 50 \times 0.1 = 5.0°$ French

इस प्रकार, **जल की कठोरता डिग्री फ्रेंच में $= 5.0°$ French** उत्तर

(iii) $\because$ 1 p.p.m. $= 0.07°$ क्लार्क

$\therefore$ 50 p.p.m. $= 0.07 \times 50 = 3.50°$ Clark

इस प्रकार, **जल की कठोरता डिग्री फ्रेंच में $= 3.50°$ Clark** उत्तर

**उदाहरण 10. एक कठोर जल के नमूने के दस लाख भाग में निम्नलिखित लवण पाये गये–**

**$CaSO_4 = 10$ gram, $MgCl_2 = 6.5$ gram**

**जल की कठोरता पी०पी०एम० (p.p.m.) में ज्ञात कीजिये।**

**हल**—सबसे पहले $CaSO_4$ तथा $MgSO_4$ की दी गयी मात्राओं को $CaCO_3$ की समतुल्य (Equivalent) मात्रा में परिवर्तित कर लेते हैं—

$CaSO_4$ का ग्राम अणुभार (Gram Molecular Weight)

$$= 40 + 32 + 64$$

$$= 136$$

इसी प्रकार, $MgCl_2$ का ग्राम अणुभार (Gram Molecular Weight)

$$= 24 + 355 \times 2$$

$$= 24 + 71$$

$$= 95$$

अब $CaCO_3$ के समतुल्य मात्रा की गणना निम्न प्रकार करते हैं—

10 g $CaSO_4$ की $CaCO_3$ के समतुल्य मात्रा

$$= \frac{\text{लवण की घुली हुई मात्रा}}{\text{लवण का अणुभार}} \times 100$$

$$= \frac{10}{136} \times 100 = 7.35 \text{ g. } CaCO_3$$

तथा 6.5 g $MgCl_2$ की $CaCO_3$ के समतुल्य मात्रा

$$= \frac{6.5}{95} \times 100 = 6.84 \text{ g } CaCO_3$$

अत: दस लाख भाग कठोर जल में उपस्थित कुछ लवणों के समतुल्य $CaCO_3$ की मात्रा

$$= 7.35 + 6.84$$

$$= 14.19 \text{ g}$$

$$= \mathbf{14.19 \text{ p.p.m.}}$$ उत्तर

**उदाहरण 11. यदि एक लीटर कठोर जल के नमूने में 1.2 ग्राम मैग्नीशियम सल्फेट ($MgSO_4$) घुला है तो जल की कठोरता p.p.m. में ज्ञात कीजिये।**

**हल**—$MgSO_4$ का ग्राम अणुभार (Gram Molecular Weight)

$$= 24 + 32 + 64 = 120 \text{ g.}$$

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

$MgSO_4$ की $CaCO_3$ के समतुल्य मात्रा $= \frac{MgSO_4 \text{ की घुली हुई मात्रा}}{MgSO_4 \text{ का अणुभार}} \times 100$

$$= \frac{1.2 \times 10}{120} \text{ g} = 1.0 \text{ g}$$

∵ 1,000 मिली० जल में घुला है $= 1.0$ g. $MgSO_4$

∴ 10,00,000 मिली०जल में घुला है $= \frac{1.0 \times 10,00,000}{1000}$

$$= \mathbf{1000 \text{ p.p.m.}}$$ **उत्तर**

**उदाहरण 12. यदि कठोर जल के दिये गये नमूने के एक लीटर में 3.65 ग्राम $Mg(HCO_3)_2$ तथा 0.68 ग्राम $CaSO_4$ घुले हों तो जल की कठोरता (Hardness) की गणना p.p.m., डिग्री क्लार्क तथा डिग्री फ्रेंच में कीजिये।**

हल—$Mg(HCO_3)_2$ का अणुभार $= 24 + (61)2$

$$= 24 + 122 = 146$$

इसी प्रकार, $CaSO_4$ का अणुभार $= 40 + 32 + 64 = 136$

∵ 3.65 g $Mg(HCO_3)_2$ की $CaCO_3$ के समतुल्य मात्रा

$$= \frac{3.65 \times 100}{146} = 2.5 \text{ g } CaCO_3$$

∵ 0.68 g $CaSO_4$ की $CaCO_3$ के समतुल्य मात्रा

$$= \frac{0.68 \times 100}{136} = 0.5 \text{ g } CaCO_3$$

अत: घुले हुये लवणों की मात्रा $= 2.5 + 0.5 = 3.0$ g

∵ 1,000 मिली० कठोर जल में घुले हुए लवणों की मात्रा $= 3.0$ g

∴ $10^6$ मिली० कठोर जल में घुले हुए लवणों की मात्रा $= \frac{3.0 \times 10^6}{1000}$

∵ 1 p.p.m. $= 0.1°$ French

∴ 3000 p.p.m. $= 0.1 \times 3000$

$$= \mathbf{300° \text{ French}}$$ **उत्तर**

ठीक इसी प्रकार—

∵ 1 p.p.m. $= 0.07°$ Clark

∴ 3000 p.p.m. $= 0.07 \times 3000$

$$= \mathbf{210° \text{ Clark}}$$ **उत्तर**

**उदाहरण 13. एक कठोर जल के नमूने में कैल्शियम बाइकार्बोनेट $[Ca(HCO_3)_2]$ उपस्थित है तो इसके 500 लीटर को मृदु (Soft) बनाने में कैल्शियम हाइड्रॉक्साइड $[Ca(OH)_2]$ के 20 ग्राम की आवश्यकता पड़ती है। कठोर जल के प्रति लीटर में कितना बाइकार्बोनेट उपस्थित है?**

हल—जब कठोर जल की कठोरता को दूर करने के लिये $Ca(OH)_2$ का उपयोग करते हैं तो निम्न रासायनिक अभिक्रिया होती है—

$$\underset{[40 + (1 + 12 + 48)\,2]}{\underset{162}{Ca(HCO_3)_2}} + \underset{[40 + (17)\,2]}{\underset{74}{Ca(OH)_2}} \longrightarrow 2CaCO_3 + 2H_2O$$

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

उपरोक्त अभिक्रिया के अनुसार,

∵ 74 g $Ca(OH)_2$ की आवश्यकता होती है = 162 g $Ca(HCO_3)_2$ को मृदु बनाने के लिये

∴ 1 g $Ca(OH)_2$ की आवश्यकता होती है $= \frac{162}{74}$ g $Ca(HCO_3)_2$ को मृदु बनाने के लिये

∴ 20 g $Ca(OH)_2$ की आवश्यकता होती है $= \frac{162 \times 20}{74}$ g $Ca(HCO_3)_2$ को मृदु बनाने के लिये

$= 43.8$ g $Ca(HCO_3)_2$ को मृदु बनाने के लिये

∵ 500 लीटर कठोर जल में $Ca(HCO_3)_2$ की मात्रा $= 43.8$ g

∴ 1 लीटर कठोर जल में $Ca(HCO_3)_2$ की मात्रा $= \frac{43.8 \times 1}{500}$ g.

**= 0.0876 g/litre** उत्तर

**उदाहरण 14. 1000 लीटर कठोर जल जिसमें कैल्शियम बाइ कार्बोनेट [$Ca(HCO_3)_2$] उपस्थित था, को मृदु करने के लिये 40 ग्राम कैल्शियम हाइड्रॉक्साइड [$Ca(OH)_2$] की आवश्यकता पड़ती है। कठोर जल के नमूने में [$Ca(HCO_3)_2$] की प्रति लीटर मात्रा ज्ञात कीजिये।**

हल—जब कठोर जल की अस्थायी कठोरता दूर करने के लिये $Ca(OH)_2$ का उपयोग किया जाता है तो निम्न रासायनिक अभिक्रिया होती है—

$$Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 \longrightarrow 2CaCO_3 + 2H_2O$$

$[40 + (1 + 12 + 48)\ 2]$ $[40 + (17)\ 2]$

162 74

उपरोक्त अभिक्रिया के अनुसार,

∵ 74 g $Ca(OH)_2$ की आवश्यकता होती है = 162 g $Ca(HCO_3)_2$ को मृदु बनाने के लिये

∴ 1 g $Ca(OH)_2$ की आवश्यकता होती है $= \frac{162}{74}$ g $Ca(HCO_3)_2$ के लिये

∴ 40 g $Ca(OH)_2$ की आवश्यकता होती है $= \frac{162 \times 1 \times 40}{74}$

$= 87.6$ gm $Ca(HCO_3)_2$ के लिये

∵ 1000 लीटर कठोर जल में $Ca(HCO_3)_2$ की मात्रा $= 87.6$ g

∴ 1 लीटर कठोर जल में $Ca(HCO_3)_2$ की मात्रा $= \frac{87.6 \times 1}{1000}$

**= 0.0876 g/litre** उत्तर

**उदाहरण 15. एक कठोर जल के नमूने के एक लीटर भाग में निम्नलिखित लवण पाये गये—**

**$[Ca(HCO_3)_2] = 0.81$ g**

**$MgSO_4 = 0.12$ g**

**$CaCl_2 = 1.11$ g**

**जल की कठोरता क्लार्क डिग्री, फेंच तथा p.p.m. में ज्ञात कीजिये।**

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

हल—$Ca(HCO_3)_2$ की $CaCO_3$ के समतुल्य मात्रा $= \frac{Ca(HCO_3)_2 \text{ की घुली हुई मात्रा}}{Ca(HCO_3)_2 \text{ का अणुभार}} \times 100$

$$= \frac{0.81 \times 100}{162} = \frac{81}{162} = 0.5 \text{ g } CaCO_3$$

$MgSO_4$ की $CaCO_3$ के समतुल्य मात्रा $= \frac{0.12 \times 100}{120} = \frac{12}{120} = 0.1 \text{ g } CaCO_3$

$CaCl_2$ की $CaCO_3$ के समतुल्य मात्रा $= \frac{1.11 \times 100}{111} = \frac{111}{111} = 1.0 \text{ g } CaCO_3$

कठोर जल के नमूने में घुले हुए लवणों की कुल मात्रा

$$= 0.5 + 0.1 + 1.0 = 1.6 \text{ g } CaCO_3$$

∵ 1000 मिली लीटर कठोर जल में घुलित पदार्थों की मात्रा $= 1.6 \text{ g } CaCO_3$

∴ 10,00,000 मिली लीटर जल में घुलित पदार्थों की मात्रा $= \frac{1.6 \times 10,00,000}{1000}$

**= 1600 p.p.m.** उत्तर

# प्रश्नावली

## ☞ *बहुविकल्पीय प्रश्न*

1. सर्वाधिक शुद्ध जल है—
   (a) समुद्र का जल (b) वर्षा का जल ✓
   (c) कुँए का जल (d) नदी का जल
2. जल का प्रमुख स्त्रोत है—
   (a) नदी (b) झरने
   (c) समुद्र ✓ (d) कुँए
3. जल की अस्थायी कठोरता को दूर किया जा सकता है—
   (a) छानकर (b) उबालकर ✓
   (c) भंडारण करके (d) इनमें से कोई नहीं
4. पीने के पानी को शुद्ध करने के लिये उसमें मिलाते हैं—
   (a) NaOH (b) नींबू
   (c) क्लोरीन ✓ (d) चीनी
5. कठोर जल से स्नान करने पर—
   (a) जल की अधिक मात्रा खर्च हो जाती है ✓ (b) शरीर की त्वचा को नुकसान होता है
   (c) कम साबुन का प्रयोग होता है (d) शरीर कठोर हो जाता है।
6. जब $KMnO_4$ विलयन का अनुमापन $Fe^{2+}$ आयनयुक्त जलीय विलयन से किया जाता है तो सूचक प्रयोग करते हैं— *(U.P. 2017)*
   (a) फिनोक्थेलीन ✓ (b) मिथाइल ओरेंज
   (c) मिथाइल रेड (d) स्वयं सूचक

**उत्तर—1. (d) 2. (c) 3. (b) 4. (c) 5. (a) 6. (a)**

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

☞ *सही अथवा गलत कथन सम्बन्धी प्रश्न*

**बताइये कि निम्न कथन सही हैं अथवा गलत। एक अथवा दो वाक्यों में अपने उत्तर का तर्क भी दीजिये।**

**1.** जल का अणुभार 18 होता है।
**उत्तर**—सही। जल का अणुसूत्र $H_2O$ होता है। अतः इसका अणुभार $2 \times 1 + 16 = 18$ होता है।

**2.** कठोर जल बॉयलर के लिये हानिकारक होता है।
**उत्तर**—सही। कठोर जल में उपस्थित लवण बॉयलर को नुकसान पहुँचाते हैं।

**3.** जल की स्थायी कठोरता कैल्शियम व मैग्नीशियम के बाइकार्बोनेटों के कारण होती है।
**उत्तर**—गलत। जल की स्थायी कठोरता कैल्शियम व मैग्नीशियम के सल्फेटों व क्लोराइडों के कारण होती है।

**4.** जल की अस्थाई कठोरता को केवल उबालकर दूर किया जा सकता है।
**उत्तर**—सही। उबालने से उसमें उपस्थित बाइकार्बोनेट अपघटित हो जाते हैं।

**5.** कठोर जल साबुन के साथ जल्दी से व अधिक झाग देता है।
**उत्तर**—गलत। कठोर जल साबुन के साथ आसानी से झाग नहीं देता है।

**6.** जियोलाइट सोडियम व ऐल्यूमिनेट के सिलिकेट हैं।
**उत्तर**—सही। जियोलाइट सोडियम ऐल्यूमिनियम सिलिकेट होता है।

**7.** वर्षा का जल सबसे शुद्ध होता है।
**उत्तर**—सही। वर्षा जल, जल का शुद्धतम रूप है।

**8.** अपक्रामण व फेनन कठोर जल के कारण होता है।
**उत्तर**—सही। दोनों क्रियाएँ कठोर जल के कारण बॉयलर में उत्पन्न होती हैं।

**9.** ओजोन का प्रयोग जल के रोगाणुनाशन में किया जाता है।
**उत्तर**—सही। ओजोन प्रवाहित करने से जल के रोगाणु बहुत जल्दी नष्ट हो जाते हैं।

**10.** ओ' हेनर विधि में मिथाइल ओरेन्ज सूचक का प्रयोग किया जाता है।
**उत्तर**—सही। ओ' हेनर विधि में मिथाइल ओरेन्ज सूचक का प्रयोग किया जाता है।

**11.** ई०डी०टी०ए० कठोर जल के साथ क्रिया करके नीला रंग उत्पन्न करता है।
**उत्तर**—सही। कठोर जल में उपस्थित $Ca^{2+}$ व $Mg^{2+}$ आयन EDTA से क्रिया करके नीला रंग उत्पन्न करते हैं।

**12.** जियोलाइट विधि का प्रयोग केवल अस्थायी कठोरता दूर करने में किया जाता है।
**उत्तर**—गलत। इस विधि से जल की स्थायी व अस्थायी दोनों प्रकार की कठोरता दूर की जा सकती है।

**13.** जल की कठोरता केवल पी०पी०एम० के द्वारा व्यक्त की जा सकती है।
**उत्तर**—गलत। जल की कठोरता पी०पी०एम० के अतिरिक्त डिग्री क्लार्क व डिग्री फ्रेन्च में भी व्यक्त की जा सकती है।

**14.** जल की कठोरता $CaCO_3$ के रूप में व्यक्त की जाती है।
**उत्तर**—सही। जल की कठोरता को $CaCO_3$ के रूप में व्यक्त किया जाता है।

**15.** शल्क व अवपंक कठोर जल के कारण बनते हैं।
**उत्तर**—सही। कठोर जल के कारण बॉयलर की भीतरी सतह पर पपड़ी बनने लगती है।

**16.** अपक्रामण व फेनन बॉयलर जल में समस्याएँ उत्पन्न करते हैं।
**उत्तर**—सही। अपक्रामण व फेनन के कारण बॉयलर जल में अनेक कठिनाइयाँ उत्पन्न करते हैं।

**17.** उच्च BOD का अर्थ है कि सप्लाई किये गये जल में जैविक व्यर्थ अशुद्धियाँ हैं।
**उत्तर**—सही। जल में उपस्थित विभिन्न जैविक अशुद्धियों के कारण BOD उच्च हो जाती है।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

18. बायलरों (Boilers) में उपयोग के लिए जियोलाइट युक्त मृदुकृत जल की अपेक्षा विखनिजीकृत (Demineralized) जल बेहतर होता है। *(U.P. 2012)*
**उत्तर**—सत्य। जियोलाइट मृदुकृत जल को बॉयलरों में उबालने पर उसमें $CO_2$ गैस उत्पन्न होती है जो अम्लीय प्रकृति की होने के कारण बॉयलरो की धातु की सतह को संक्षारित करती है।

19. उच्च BOD सुझाता है कि जलापूर्ति जैविक अपशिष्ट द्वारा संदूषित है।
**उत्तर**—गलत।

20. बॉयलर भरण जल (Boiler Feed Water) में $CO_2$ की उपस्थिति का कोई महत्व नहीं है। *(U.P. 2011)*
**उत्तर**—गलत। बॉयलर भरण जल में $CO_2$ गैस होने के कारण यह जल से क्रिया करके कार्बोनिक अम्ल का निर्माण करती है।

$$CO_2 + H_2O \longrightarrow \underset{\text{(कार्बोनिक अम्ल)}}{H_2CO_3}$$

कार्बोनिक अम्ल बनने के कारण माध्यम अम्लीय हो जाता है जिससे बॉयलर धातु की सतह धीरे-धीरे संक्षारित होने लगती है।

21. जल न तो अम्ल है न ही क्षार, बल्कि यह उदासीन होता है।
**उत्तर**—सही। जल का pH मान 7 होता है। अत: यह उदासीन होता है।

22. $CH_3COOH + CH_3COONa$ एक अम्लीय बफर विलयन है।
**उत्तर**—सही। यह एक अम्लीय बफर विलयन का उदाहरण है।

23. किसी विलयन का pH मान $H^+$ आयनों की सान्द्रता पर निर्भर करता है।
**उत्तर**—सही। $pH = -\log [H^+]$ से स्पष्ट है कि pH मान $H^+$ आयनों की सान्द्रता पर निर्भर करता है।

24. जिस विलयन में pH का मान 7 होता है, वह उदासीन होता है।
**उत्तर**—सही। $pH = 7$ वाला विलयन उदासीन होता है।

25. प्रतिरोधक विलयन की क्रियाविधि सम-आयन का उदाहरण है।
**उत्तर**—सही। सम आयन प्रभाव के कारण ही प्रतिरोधक विलयनों की अम्लता व क्षारकता आरक्षित रहती है।

26. सूचक एक आयनिक पदार्थ है।
**उत्तर**—गलत। सूचक जटिल कार्बनिक यौगिक होते हैं। ऑस्टवाल्ड के आयनिक सिद्धान्त के अनुसार इन्हें आयनिक माना गया है।

27. सोडियम एसीटेट के जलीय विलयन का pH मान 7 से अधिक होता है।
**उत्तर**—सही। सोडियम एसीटेट के जल अपघटन के कारण सोडियम हाइड्रॉक्साइड व एसिटिक अम्ल बनता है। NaOH प्रबल क्षार है तथा $CH_3COOH$ दुर्बल अम्ल है।

28. बफर विलयनों की pH आरक्षित रहती है।
**उत्तर**—सही। बफर विलयनों में थोड़ी मात्रा में अम्ल या क्षार मिलाने पर उनका pH मान परिवर्तित नही होता है।

29. सूचक अभिक्रिया के पूरा होने की सूचना देता है।
**उत्तर**—सही। सूचक रंग बदलकर अभिक्रिया के पूरा होने की सूचना देता है।

## ☞ लघु उत्तरीय प्रश्न

1. पेय जल पर टिप्पणी लिखिये।
2. अपक्रामण तथा फेनन क्या है? इसको किस प्रकार रोका जा सकता है?
3. पानी की कठोरता दूर करने की सोडालाइम विधि पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिये।
4. जल की कठोरता का क्या अभिप्राय है? जल की कठोरता के प्रकार समझाइये।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

5. जीवाणुनाशन मे ओजोन के प्रयोग की व्याख्या कीजिये।
6. जैव ऑक्सीजन माँग (BOD) व रासायनिक ऑक्सीजन माँग (COD) की व्याख्या कीजिये।
7. जल मे गन्ध, रंग व स्वाद किन कारणों से उत्पन्न होता है?
8. घरेलू व औद्योगिक अपशिष्ट पदार्थों की व्याख्या कीजिये।
9. आयन विनिमय रेजिन विधि की व्याख्या कीजिये।
10. कठोर जल का मृदुकरण (Softening of Hard water) पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिए। (U.P. 2009)
11. COD तथा BOD को परिभाषित कर उनमें विभेद कीजिए। (U.P. 2016)
12. अपक्रामण एवम् फेनन पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिये।
13. E.D.T.A. का पूरा नाम एवम् रासायनिक सूत्र लिखिये। (1st Semester 2016)
14. जल एक अच्छा विलायक है। क्यों? (U.P. 2017)
15. सूचक क्या होते हैं? सूचकों के प्रकार लिखिये।
16. pH मान की व्याख्या कीजिये। इसका हाइड्रोजन आयन सान्द्रण से क्या सम्बन्ध है?
17. बफर विलयन और उनके उपयोग लिखिए। (U.P. 2011)

☞ *विस्तृत उत्तरीय प्रश्न*

1. कठोर जल के प्रयोग से क्या हानियाँ हैं? कठोरता का मापन कैसे होता है?
2. कठोर जल को मृदु करने की जियोलाइट विधि का वर्णन कीजिये। बॉयलर में स्केल कैसे बनती है?
3. नगरपालिका अपशिष्ट जल के उपचार की विवेचना कीजिये।
4. नगरपालिका अपशिष्ट जल व औद्योगिक अपशिष्ट जल के उपचार की विवेचना कीजिये।
5. वाष्प उत्पादन हेतु बॉयलर में कठोर जल का उपयोग क्यों हानिकारक है? कारण सहित समझाइये।
6. जल की कठोरता को परिभाषित कीजिये और इसके निर्धारिण की EDTA विधि समझाइये।
8. जल की कठोरता के आकलन की ओ' हेनर विधि का वर्णन कीजिये।
9. (अ) जल को मृदु करने की परम्यूटिट विधि का वर्णन कीजिये।
   (ब) फेनन एवं अपक्रामण में अन्तर स्पष्ट कीजिये।
10. निम्नलिखित पर टिप्पणी लिखिये—
   (अ) कठोरता क्रमांक,
   (ब) जल का क्लोरीनीकरण,
   (स) परम्यूटिट प्रक्रम।
   (द) जल का ओजोनीकरण।
11. बॉयलर धातु पर कॉस्टिक प्रभाव की व्याख्या कीजिये। इसे रोकने के उपाय बताइये।
12. बॉयलर में पपड़ी जमने की व्याख्या कीजिये तथा उससे होने वाली समस्याओं की व्याख्या कीजिये।
13. भरण जल में मौजूद अशुद्धियों के कारण बॉयलर (Boilers) में होने वाली क्षतियों (Damages) की विवेचना कीजिए। इन अशुद्धियों को दूर करने की विधि को रूपरेखा दीजिए। (U.P. 2012)
14. जल की कठोरता क्या है? कठोरता की इकाइयाँ बताइये तथा विभिन्न उद्योगों में कठोर जल से हानियों की विवेचना कीजिये। (U.P. 2011)
15. जल की कठोरता से आपका क्या अभिप्राय है? 100 ml जल के नमूने की कठोरता 25.0 ml 0.04 N $MgSO_4$ के तुल्य है। इसकी कठोरता PPM में कितनी है? (U.P. 2010)

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

16. जल की कठोरता को परिभाषित कीजिए और उसके निर्धारण की विधि समझाइये।
17. घरेलू जल का विसंक्रमण (Disinfection) क्यों आवश्यक है? कोई दो विधियों को बताइये। *(U.P. 2008)*
18. यूरिया (*aq*) की $O_2(g)$ से अभिक्रिया निम्न क्रमानुसार होगी— *(U.P. 2008)*

$$2CO(NH)_2(aq) + 3O_2(g) \longrightarrow 2N_2(g) + 2CO_2(g) + 4H_2O$$

किसी जलापूर्ति में $10^4$ लीटर जल मे 1 kg यूरिया पाया जाता है। जल का B.O.D. कितना होगा? *(U.P. 2007)*

19. (i) नगर पालिका अपशिष्ट जल तथा (ii) औद्योगिक अवशिष्ट जल के उपचार की विवेचना कीजिए और (i) BOD तथा (ii) COD को परिभाषित कीजिए। *(U.P. 2006)*
20. 'उद्योगो मे कठोर जल से हानियाँ' विषय पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिए। *(U.P. 2005)*
21. जल की कठोरता का वर्णन कीजिए। इसके चार मात्रकों व विभिन्न प्रकारों को बताइये। प्रत्येक प्रकार की कठोरता के लिए कौन-से लवण जिम्मेदार हैं? कठोरता को $CaCO_3$ तुल्यांक के रूप में क्यों प्रदर्शित किया जाता है? क्या होता है जब कठोर जल को गर्म किया जाता है?
22. जल की कठोरता से आप क्या समझते हैं? यह जल को बॉयलर-उपयोग हेतु कैसे अनुपयुक्त कर देती है? *(U.P. 2013)*
23. जल के एक नमूने में $40.5\ mg/L\ Ca(HCO_3)_2$, $46.5\ mg/L\ Mg(HCO_3)_2$, $27.6\ mg/L\ MgSO_4$, $32.1\ mg/L\ CaSO_4$ और $22.45\ mg/L\ CaCl_2$ पाया जाता है। इस जल की कुल कठोरता का परिकलन कीजिये। *(U.P. 2014)*

(At. wt. Ca = 40, Mg = 24, Cl = 35.5, C = 12, S = 32, O = 16, H = 1) *(U.P. 2014)*

24. निम्न संगठन वाले 20,000 लीटर जल के मृदुकरण हेतु लाइम की मात्रा की गणना कीजिए :

$Ca(HCO_3)_2 = 40.5$ ppm, $Mg(HCO_3)_2 = 36.5$ ppm

$CaSO_4 = 34.0$ ppm, $MgSO_4 = 20$ ppm. *(U.P. 2016)*

25. जल को रोगाणु रहित करने के लिये उपयोग में आने वाली विधियों का वर्णन कीजिये। *(1st Semester 2016)*
26. बॉयलरी पर पपड़ी कैसे बनती है? इससे क्या हानियाँ होती हैं? पपड़ी बनने को कैसे रोका जा सकता है? *(1st Semester 2016)*
27. बॉयलर में पपड़ी बनने का क्या कारण है? यह बॉयलर की कार्यप्रणाली को कैसे प्रभावित करती है? *(U.P. 2017)*
28. इलेक्ट्रोड विभव से आप क्या समझते हैं? इलेक्ट्रोड विभव के मापन की विधियाँ लिखिये।
29. सूचकों के निम्न सिद्धान्तों की व्याख्या कीजिये—
    (अ) ऑस्टवाल्ड का आयनीकरण सिद्धान्त,
    (ब) क्विनोनॉयड सिद्धान्त।
30. प्रतिरोधक विलयनों की व्याख्या कीजिये। प्रतिरोधक विलयनों की क्रियाविधि लिखिये।
31. प्रतिरोधक विलयनों का महत्त्व तथा उपयोग लिखिये।
32. $10^{-2}$ M HCl का एक लीटर $10^{-3}$ M HCl के दो लीटर के साथ मिलाया गया। परिणामी विलयन के pH का परिकलन कीजिए। *(U.P. 2012)*
33. दो विलयनों का pH 9.0 है—
    (i) बफर विलयन है।
    (ii) NaOH विलयन है।
    क्या होगा यदि इन दोनों विलयनों में कुछ बूँद तनु HCl की मिलाई जाती है?

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

**34.** अम्ल-क्षार सूचक क्या होते हैं? किन्हीं तीन सामान्य अम्ल-क्षार सूचकों के नाम लिखिये। किसी दिये गये अनुमापन (Titration) के लिये सूचक का चयन कैसे किया जाता है? ***(U.P. 2014)***

**35.** बफर विलयन क्या हैं? 25° C ताप पर उस विलयन का pH बताइये जिसमें 0.10 M सोडियम एसीटेट तथा 0.03 M एसीटिक अम्ल उपस्थित है। (25° C पर [ $K_a(CH_3COOH) = 1.75 \times 10^{-5}$ ) ***(U.P. 2015)***

**36.** एक बफर विलयन में 0.25 m $NH_4OH$ तथा 0.04 m $NH_4Cl$ उपस्थित हैं। इस विलयन का pH बताइये यदि $NH_4OH$ का $K_b = 1.8 \times 10^{-5}$ है। ***(U.P. 2016)***

**37.** हम विभिन्न प्रकार के भोज्य पदार्थ ग्रहण करते हैं। परन्तु फिर भी रक्त का पी०एच० मान स्थिर रहता है। क्यों? ***(1st Semester 2016)***

**Ans.**—विभिन्न प्रकार के भोज्य पदार्थ ग्रहण करने पर भी रक्त का पी०एच० मान स्थिर रहता है क्योंकि रक्त में अम्ल-क्षार बफर System मौजूद होता है जोकि रक्त के पी०एच० मान को बदलने नहीं देता है।

❑

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

अध्याय

4

# वैद्युत रसायन
# (Electro Chemistry)

**पाठ्यक्रम (Syllabus)** : Redox Reaction, Electrode Potential, Nernst equation, Electrochemical cell (Galvanic and Electrolytes); Nernst equation.

**विद्युत रसायन** (Electrochemistry)—रसायन विज्ञान की वह शाखा जिसके अन्तर्गत विद्युत एवं रासायनिक उर्जा में परस्पर रूपान्तरण का अध्ययन किया जाता है, विद्युत रसायन कहलाती है तथा ऐसे रासायनिक परिवर्तन जिनमें विद्युत धारा का प्रवाह सम्मिलित होता है, विद्युत रासायनिक परिवर्तन कहलाते हैं। सामान्य रूप से देखें तो विद्युत रासायनिक अभिक्रियाओं में ऑक्सीकरण (Oxidation) एवं अपचयन (Reduction) क्रियाएँ निहित होती हैं जो समय या स्थान में अलग होती हैं और किसी बाहरी परिपथ से जुड़ी होती हैं।

दैनिक जीवन में अनेक प्रक्रियाओं (Processes); जैसे लोहे में जंग लगना, कपड़ों के रंग का उड़ना, कोयला, कुकिंग गैस, लकड़ी के कोयले का दहन आदि सभी एक विशेष प्रकार की रासायनिक अभिक्रियाएँ हैं जिन्हें ऑक्सीकरण-अपचपन (Reduction-Oxidation) अभिक्रियाएँ या रेडॉक्स अभिक्रियाएँ कहते हैं।

## 4.1. रेडॉक्स अभिक्रियाएँ (Redox Reactions)

वे अभिक्रियाएँ जिनमें ऑक्सीकरण (Oxidation) व अपचयन (Reduction) की क्रियाएँ साथ-साथ होती हैं, रेडॉक्स (Redox) अभिक्रियाएँ कहलाती हैं। इन अभिक्रियाओं में एक पदार्थ का ऑक्सीकरण (Oxidation) तथा दूसरे का अपचयन (Reduction) होता है; जैसे—

$$2FeCl_3 + SnCl_2 \longrightarrow 2FeCl_2 + SnCl_4$$

उपरोक्त अभिक्रिया में $FeCl_3$ का $FeCl_2$ में अपचयन तथा $SnCl_2$ का $SnCl_4$ में ऑक्सीकरण हो रहा है।

**ऑक्सीकरण (Oxidation)–"किसी अणु, परमाणु अथवा आयन द्वारा इलेक्ट्रॉनों का त्याग करना ऑक्सीकरण कहलाता है।"; जैसे—**

"Removal of electrons by an atom, molecule or ion is called as oxidation."

$$Zn \longrightarrow Zn^{2+} + 2e^-$$

$$2Cl^- \longrightarrow Cl_2 + 2e$$

$$Fe^{2+} \longrightarrow Fe^{3+} + e$$

**अपचयन (Reduction)–"किसी अणु, परमाणु अथवा आयन द्वारा इलेक्ट्रॉनों को ग्रहण करना अपचयन कहलाता है"; जैसे—**

"Addition (Gaining) of electrons by an atom, molecule or ion is called as reduction."

$$Cu^{2+} + 2e \longrightarrow Cu$$

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

$$Cl_2 + 2e^- \longrightarrow 2Cl^-$$

$$S + 2e^- \longrightarrow S^{2-}$$

**ऑक्सीकारक (Oxidising Agent)–"रेडॉक्स अभिक्रिया में जिस पदार्थ का अपचयन होता है अथवा जो पदार्थ इलेक्ट्रॉन ग्रहण करता है, ऑक्सीकारक कहलाता है।"**

"The substance which is reduced or accept electrons in redox reaction is called as oxidising agent."

**अपचायक (Reducing Agent)—"रेडॉक्स अभिक्रिया में जिस पदार्थ का ऑक्सीकरण होता है अथवा जो पदार्थ इलेक्ट्रॉनों का त्याग करता है, अपचायक कहलाता है;"**

"The substance which is oxidised or release electrons in redox reaction is called as reducing agent."

$$\underset{\text{ऑक्सीकारक}}{2FeCl_3} + \underset{\text{अपचायक}}{SnCl_2} \longrightarrow 2FeCl_2 + SnCl_4$$

इस अभिक्रिया की आयनिक समीकरण लिखने पर

$$2Fe^{2+} + 6Cl^- + Sn^{2+} + 2Cl^- = 2Fe^{3+} + 4Cl^- + Sn^{4+} + 4Cl^-$$

दोनों पक्षों से $Cl^-$ को Cancel करने पर,

$$2Fe^{2+} + Sn^{2+} \longrightarrow 2Fe^{3+} + Sn^{4+}$$

इस अभिक्रिया में,

$$Sn^{2+} \longrightarrow Sn^{4+} + 2e^- \qquad \text{[ऑक्सीकरण]}$$

$$2Fe^{2+} + 2e^- \longrightarrow 2Fe^{3+} \qquad \text{[अपचयन]}$$

दोनों को जोड़ने पर,

$$Sn^{2+} + 2Fe^{2+} \longrightarrow 2Fe^{3+} + Sn^{4+} \qquad \text{(रेडॉक्स अभिक्रिया)}$$

**नोट**—रेडॉक्स शब्द दो शब्दों से मिलकर बना है (Red + Ox) जिनका अर्थ है Red = Reduction तथा Ox = Oxidation, अत: इन अभिक्रियाओं को **ऑक्सीकरण-अपचयन अभिक्रियाएँ** भी कहते हैं।

रेडॉक्स अभिक्रियाओं के कुछ उदाहरण निम्न हैं—

(i) $Zn_{(s)} + CuSO_{4(aq)} \longrightarrow Cu_{(s)} + ZnSO_{4(aq)}$

(ii) $Cu + 4HNO_3 \longrightarrow Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 + 2H_2O$

(iii) $2KI + Cl_2 \longrightarrow 2KCl + I_2$

## 4.2. इलेक्ट्रोड विभव (Electrode Potential)

जब किसी धातु की छड़ को उसके किसी लवण के जलीय विलयन में डुबोते हैं तो धातु की छड़ उस विलयन के सापेक्ष धनावेशित या ऋणावेशित हो जाती हैं जिसके कारण धातु की छड़ व विलयन के बीच विभवान्तर (Potential Difference) उत्पन्न हो जाता है। इस विभवान्तर को ही इलेक्ट्रोड विभव कहते हैं।

**उदाहरण** के लिये, जब जिंक की छड़ को जिंक सल्फेट ($ZnSO_4$) के विलयन में डुबाते हैं तो जिंक की छड़ से जिंक आयन ($Zn^{2+}$) विलयन में चले जाते हैं तथा इलेक्ट्रॉन Zn की छड़ के पास रह जाते हैं जिसके कारण जिंक की छड़ विलयन के सापेक्ष ऋणावेशित हो जाती है। इससे Zn की छड़ व विलयन के सापेक्ष विभवान्तर उत्पन्न हो जाता है। इस विभवान्तर को ही Zn धातु का इलेक्ट्रोड विभव कहते हैं। अत:

ARC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

**"जब किसी इलेक्ट्रोड ( धातु की छड़ ) को उसके ही लवण के इकाई सान्द्रता वाले विलयन में डुबाते हैं तो इलेक्ट्रोड द्वारा इलेक्ट्रॉनों को ग्रहण करने या त्यागने की प्रवृत्ति से उत्पन्न विभवान्तर (Potential Difference) को इलेक्ट्रोड विभव कहते हैं।"**

इलेक्ट्रोड विभव निम्न कारकों पर निर्भर करता है—

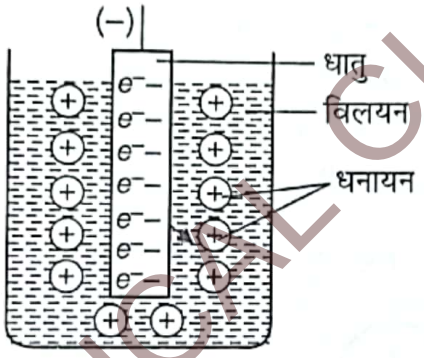
(i) विलयन की सान्द्रता
(ii) धातु की प्रकृति
(iii) विद्युत अपघट्य की प्रकृति
(iv) ताप तथा दाब की परिस्थिति

**इलेक्ट्रोड विभव उत्पन्न होने कारण** (Reasons for the Origin of Electrode Potential)—जब किसी धातु की छड़ या प्लेट को उसी धातु के लवण के जलीय विलयन में डुबोया जाता है तो इलेक्ट्रॉन त्यागने या ग्रहण करने के कारण धातु पर धनावेश या ऋणावेश उत्पन्न हो जाता है। नर्न्स्ट के अनुसार धातु पर आवेश उत्पन्न होने के निम्न दो कारण हैं—

(i) धातु की छड़ में उपस्थित परमाणु ($M$) अपना इलेक्ट्रॉन छड़ पर छोड़कर धनायन ($M^{n+}$) के रूप में विलयन में चले जाते हैं जिससे छड़ ऋणावेशित हो जाती है।

$$M \longrightarrow M^{n+} + ne^-$$

(धातु) (धनायन) इलेक्ट्रॉन

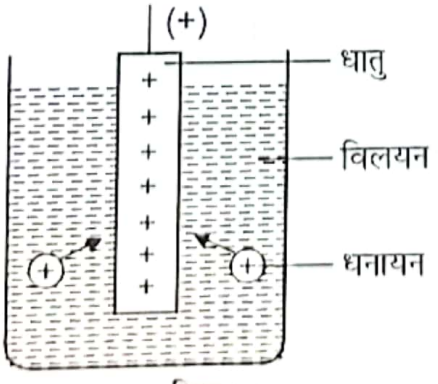



चित्र 4.1

(ii) इसके विपरीत विलयन में उपस्थित धनायन धातु की छड़ पर निक्षेपित (Deposit) हो जाते हैं। इस क्रिया में धनायन धातु की छड़ का इलेक्ट्रॉन ग्रहण करके अपना धनावेश धातु को दे देते हैं। इस प्रकार धातु धनावेशित हो जाती है।

$$M^{n+} + ne^- \longrightarrow M$$

(धातु आयन) (इलेक्ट्रॉन) (धातु)




चित्र 4.2

धातु को उसके लवण के जलीय विलयन में रखने पर ये दोनों परस्पर विरोधी क्रियाएँ पहले भिन्न-भिन्न वेग से होती हैं परन्तु कुछ समय पश्चात् उनमें साम्यावस्था स्थापित हो जाती है।

$$M \rightleftharpoons M^{n+} + ne^-$$

साम्यावस्था स्थापित हो जाने पर दोनों क्रियाएँ समान वेग से होने लगती हैं तथा धातु पर धन या ऋण आवेश आ जाता है; जो दोनों कारकों पर निर्भर करता है।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

**इलेक्ट्रोड विभव के प्रकार** (Types of Electrode Potential)—धातु इलेक्ट्रोड की इलेक्ट्रॉन ग्रहण करने या त्याग करने की प्रवृति के आधार पर इलेक्ट्रोड विभव दो प्रकार का होता है—

**(i) ऑक्सीकरण-विभव** (Oxidation Potential)—जब धातु इलेक्ट्रोड पर ऑक्सीकरण की क्रिया होती है तब धातु इलेक्ट्रोड विलयन के सापेक्ष ऋणावेशित हो जाता है। इस प्रकार उत्पन्न विभव को ऑक्सीकरण विभव कहते हैं।

$$M \longrightarrow M^{n+} + ne^-$$

किसी धातु का ऑक्सीकरण विभव जितना अधिक होगा, उसके ऑक्सीकृत होने की प्रवृत्ति भी उतनी ही अधिक होगी।

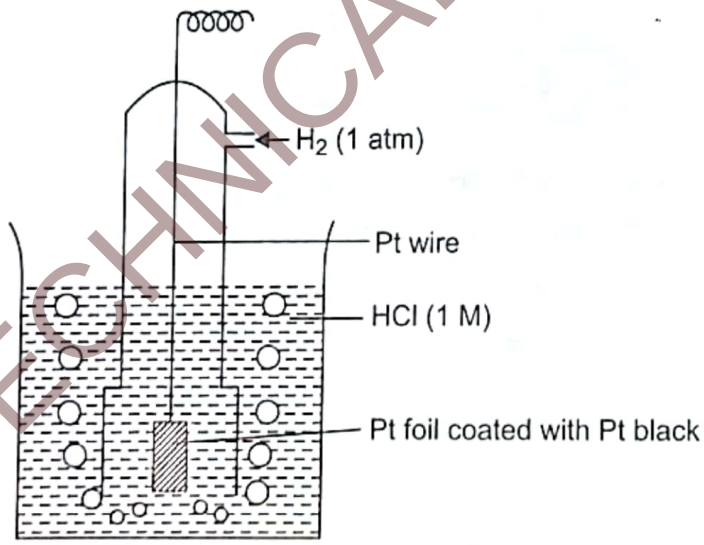
**(ii) अपचयन विभव** (Reduction Potential)—जब धातु इलेक्ट्रोड पर अपचयन की क्रिया होती है तब इलेक्ट्रोड वियलन के सापेक्ष धनावेशित हो जाता है। इस प्रकार उत्पन्न विभव को अपचयन विभव कहते हैं।

$$M^{n+} + ne^- \longrightarrow M$$

किसी धातु का अपचयन विभव जितना अधिक होगा उसकी अपचयित होने (इलेक्ट्रॉन ग्रहण करने) की प्रवृत्ति भी उतनी ही अधिक होगी।

## 4.3. मानक हाइड्रोजन इलेक्ट्रोड (Standard Hydrogen Electrode)

मानक हाइड्रोजन इलेक्ट्रोड में एक प्लेटिनम का तार होता है जिसके नीचे प्लेटिनम की एक पत्ती होती है, जिस पर प्लेटिनम ब्लैक की कोटिंग (Coating) की जाती है। यह प्लेटिनम का तार 1M HCl के विलयन में डूबा रहता है। विलयन में 1 वायुमण्डलीय दाब पर $H_2$ गैस प्रवाहित करते रहते हैं। सम्पूर्ण युक्ति का ताप 25°C पर रखते हैं। इन अवस्थाओं में मानक हाइड्रोजन इलेक्ट्रोड का विभव $\pm 0.00$ volt माना गया है तथा सभी इलेक्ट्रोडों का विभव इस इलेक्ट्रोड के सापेक्ष माना गया है।




चित्र 4.3–मानक हाइड्रोजन इलेक्ट्रोड

इस इलेक्ट्रोड पर होने वाली रासायनिक अभिक्रियाएँ निम्नलिखित हैं—

एनोड पर (ऑक्सीकरण) $H_2 \longrightarrow 2H^+ + 2e^-$; $E^\circ = 0.00$ volt

कैथोड पर (अपचयन) $2H^+ + 2e^- \longrightarrow H_2$; $E^\circ = 0.00$ volt

(HCl से)

## 4.4. नर्न्सर्ट समीकरण (Nernst Equation)

जब किसी धातु ($M$) को उसके किसी लवण के जलीय विलयन में डुबोया जाता है तब धातु ($M$) तथा उसके विलयन में उपस्थित आयन ($M^{n+}$) के बीच अपचयन की अभिक्रिया मानते हुए निम्न साम्यावस्था स्थापित रहती है—

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

$$M^{n+}_{(aq)} + ne^- \rightleftharpoons M_{(s)}$$

सेल के e.m.f. (Electromotive Force) के लिये प्रयुक्त नर्न्स्ट समीकरण के अनुसार, उपरोक्त इलेक्ट्रोड अभिक्रिया के लिये, इलेक्ट्रोड विभव $[E(M^{n+}|M)]$ निम्न प्रकार लिखा जा सकता है—

$$E_{(M^{n+}|M)} = E^{\circ}_{(M^{n+}|M)} - \frac{RT}{nF} \ln \frac{[M_{(s)}]}{[M^{n+}]}$$

जहाँ $E_{(M^{n+}|M)}$ = सेल का e.m.f.,

$E^{\circ}_{(M^{n+}|M)}$ = सेल का मानक इलेक्ट्रोड विभव,

$[M_{(s)}]$ = धातु $M$ की सान्द्रता,

$[M^{n+}] = M^{n+}$ आयनों की सान्द्रता।

क्योंकि धातु $M$ ठोस अवस्था में है अत: मानक अवस्था (Standard State) में इसकी सान्द्रता को इकाई माना जा सकता है। अत:

$$E_{(M^{n+}|M)} = E^{\circ}_{(M^{n+}|M)} - \frac{RT}{nF} \ln \frac{1}{[M^{n+}]} \qquad [\because \ [M_{(s)}] = 1]$$

$$E_{(M^{n+}|M)} = E^{\circ}_{(M^{n+}|M)} + \frac{RT}{nF} \ln [M^{n+}]$$

ln को log में परिवर्तित करने पर

$$E_{(M^{n+}|M)} = E^{\circ}_{(M^{n+}|M)} + \frac{2.303RT}{nF} \log [M^{n+}]$$

$\because$ $T = 25^{\circ}\text{C} = 298\ \text{K}$, $R = 8.314\ \text{J K}^{-1}\ \text{mol}^{-1}$

$n$ = इलेक्ट्रॉनों की संख्या, $F$ = फैराडे नियतांक = 96500 कूलॉम

अत:

$$E_{(M^{n+}|M)} = E^{\circ}_{(M^{n+}|M)} + \frac{2.303 \times 8.314 \times 298}{n \times 96500} \log [M^{n+}]$$

$$\boxed{E_{(M^{n+}|M)} = E^{\circ}_{(M^{n+}|M)} + \frac{0.059}{n} \log [M^{n+}]}$$

या

$$\boxed{E_{(M^{n+}|M)} = E^{\circ}_{(M^{n+}|M)} - \frac{0.059}{n} \log \frac{1}{[M^{n+}]}}$$

उपर्युक्त समीकरण ही **नर्न्स्ट समीकरण** है। यहाँ पर $n$ इलेक्ट्रॉन की वह संख्या है जो रेडॉक्स अभिक्रिया में भाग लेते हैं अथवा $n$ को धातु की संयोजकता भी मान सकते हैं।

**उदाहरण**—एक पूर्ण गैल्वैनिक सैल के लिये नर्न्सर्ट समीकरण निम्न प्रकार प्रदर्शित की जाती है।

$$\text{Zn}\,|\,\text{Zn}^{2+}(1\,\text{M})\,||\,\text{Cu}^{2+}(1\,\text{M})\,|\,\text{Cu}$$

उपर्युक्त सैल एक पूर्ण सैल है। इस सैल में दो अर्ध सैल हैं। एक **ऑक्सीकरण अर्ध सैल** जो कि एनोड है तथा दूसरा **अपचयन अर्ध सैल** जो कि कैथोड है। दोनों के लिये अलग-अलग नर्न्सर्ट समीकरण निम्न प्रकार हैं।

ऑक्सीकरण अर्ध सैल (एनोड)—

$$\text{Zn} \longrightarrow \text{Zn}^{2+} + 2e^-$$

या

$$E^{\circ}(\text{anode}) = E^{\circ}(\text{Zn}\,/\,\text{Zn}^{2+}) + \frac{0.059}{n} \log [\text{Zn}^{2+}]$$

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

$$E_{(anode)} = E_{(Zn^{2+}|Zn)} = E^{\circ}_{(Zn^{2+}|Zn)} - \frac{.059}{n} \log \frac{1}{[Zn^{2+}]} \quad ...(1)$$

अपचयन अर्ध सैल (कैथोड)—

$$Cu^{2+} + 2e \longrightarrow Cu$$

$$E^{\circ}_{(cathode)} = E^{\circ}_{(Cu^{2+}|Cu)} - \frac{0.059}{n} \log \frac{1}{[Cu^{2+}]} \quad ...(2)$$

$$E_{Cell} = E^{\circ}_{(cathode)} - E^{\circ}_{(anode)}$$

$$E_{Cell} = E^{\circ}_{(Cu^{2+}|Cu)} - E^{\circ}_{(Zn^{2+}|Zn)} - \frac{0.059}{n} \left( \log \frac{1}{[Cu^{2+}]} - \log \frac{1}{[Zn^{2+}]} \right)$$

$$E_{Cell} = E^{\circ}_{Cell} - \frac{0.059}{n} \log \frac{\frac{1}{[Cu^{2+}]}}{\frac{1}{[Zn^{2+}]}} \quad [\because E^{\circ}_{Cell} = [E^{\circ}_{(Cu^{2+}|Cu)} - E^{\circ}_{(Zn^{2+}|Zn)}]$$

$$\boxed{E_{Cell} = E^{\circ}_{Cell} - \frac{0.059}{n} \log \frac{[Zn^{2+}]}{[Cu^{2+}]}}$$

उपरोक्त सैल के लिये, $n = 2$

अत:

$$\boxed{E_{Cell} = E^{\circ}_{Cell} - \frac{0.059}{2} \log \frac{[Zn^{2+}]}{[Cu^{2+}]}}$$

## 4.5. विद्युत-रासायनिक सेल (Electro-chemical Cell)

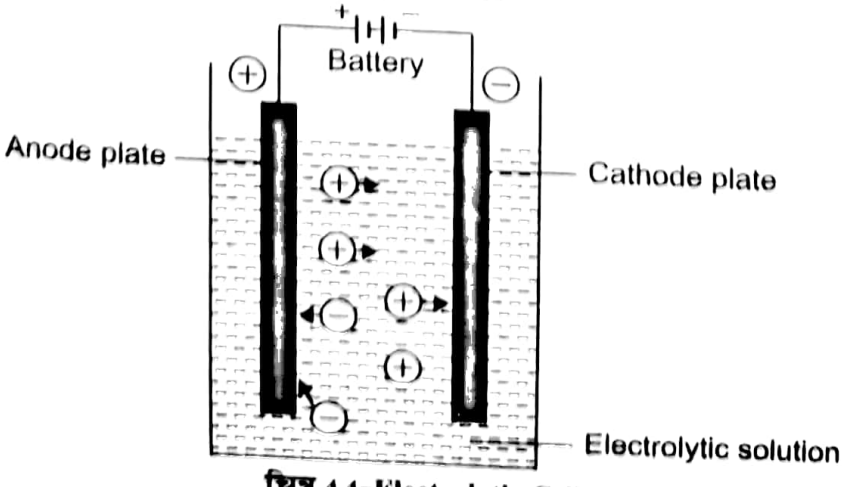
वह सेल जिसमें रासायनिक अभिक्रिया के कारण विद्युत उत्पन्न होती है अथवा विद्युत प्रवाहित करने पर रासायनिक परिवर्तन होता है, विद्युत-रासायनिक सैल कहलाता है।

**विद्युत-रासायनिक सेल के प्रकार** (Types of Electro-chemical Cell)—विद्युत-रासायनिक सैल मुख्य रूप से दो प्रकार के होते हैं—

(1) विद्युत अपघटनी सैल (Electrolytic Cell)

(2) गैल्वेनिक सैल (Galvanic Cell)।

**(1) विद्युत अपघटनी सैल** (Electrolytic Cell)—वह सैल जिसमें किसी बाहरी स्रोत से विद्युत ऊर्जा देने पर रासायनिक अभिक्रिया होती है, उसे विद्युत अपघटनी सैल कहते हैं।




चित्र 4.4-Electrolytic Cell

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

विद्युत अपघट्यों के विलयन का विद्युत अपघटन (Electrolysis) इसी प्रकार के सैल में कराया जाता है। इन विलयनों में विद्युत धारा प्रवाहित करने पर एनोड पर ऑक्सीकरण तथा कैथोड पर अपचयन की क्रिया होती है।

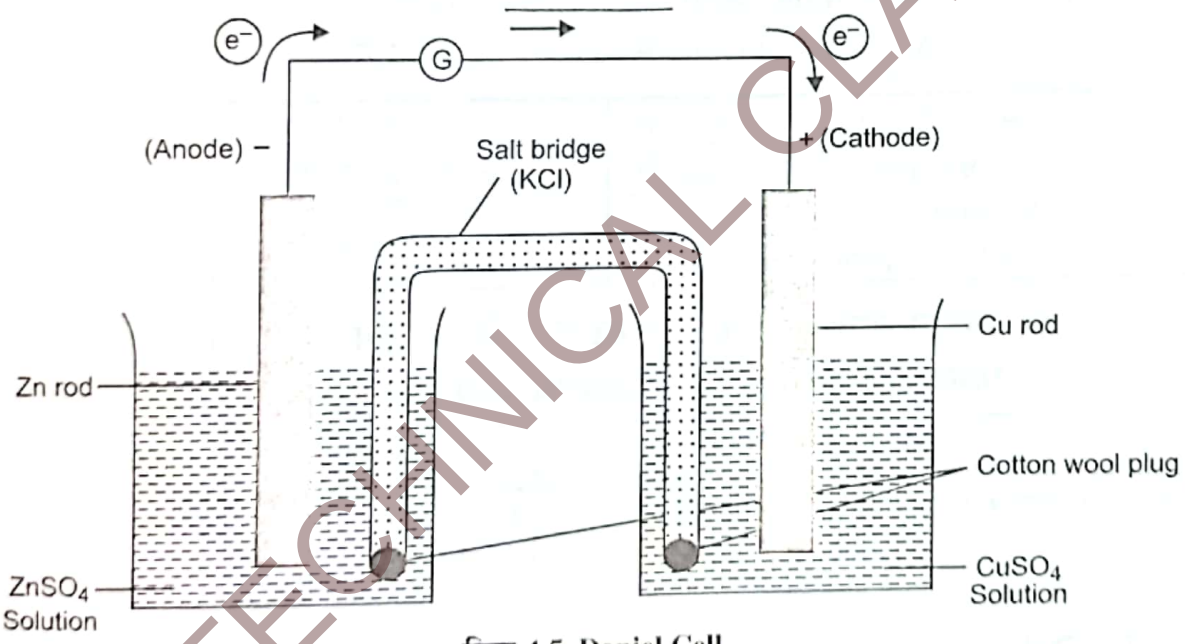
**उदाहरण**—जिंक क्लोराइड ($ZnCl_2$) के तनु विलयन में विद्युत धारा प्रवाहित करने पर $ZnCl_2$ का विद्युत अपघटन हो जाता है, जिसके फलस्वरूप $Zn^{2+}$ आयन कैथोड पर Zn में अपचयित हो जाते हैं तथा एनोड पर $Cl^-$ आयनों का $Cl_2$ में ऑक्सीकरण हो जाता है।

कैथोड पर, $Zn^{2+} + 2e^- \longrightarrow Zn$ (अपचयन)

एनोड पर, $2Cl^- \longrightarrow Cl_2 + 2e^-$ (ऑक्सीकरण)

इस सैल में एनोड बैटरी के धन ध्रुव से जुड़ा होने के कारण धनात्मक होता है तथा कैथोड बैटरी के ऋण ध्रुव से जुड़ा होने के कारण ऋणात्मक होता है।

(2) **गैल्वेनिक सैल** (Galvanic Cell)—गैल्वेनिक सेल को **वोल्टीय सैल** (Voltaic Cell) भी कहते हैं। सबसे पहले गैल्वेनिक सेल की खोज इटली के वैज्ञानिक **वोल्टा** (Volta) ने की थी। इसलिये इन्हें **वोल्टीय सैल** (Voltaic Cell) भी कहा जाता है। **गैल्वेनिक सैल** का मुख्य उदाहरण **डेनियल सैल** है जिसका वर्णन नीचे किया जा रहा है।




चित्र 4.5–Daniel Cell

इस सेल को बनाने के लिये दो बीकर लेते हैं। एक बीकर में Zn की छड़ को $ZnSO_4$ के विलयन में रखते हैं तथा दूसरे बीकर में Cu की छड़ को $CuSO_4$ के विलयन में रखते हैं। दोनों छड़ों को कॉपर की तारों से जोड़ देते हैं। दोनों बीकर अर्द्धसैल का कार्य करते हैं। चित्रानुसार दोनों छड़ों के मध्य गैल्वेनोमीटर लगा देते हैं। दोनों बीकरों में सैल परिपथ (Circuit) पूरा करने के लिये लवण सेतु (Salt Bridge) का प्रयोग किया जाता है। लवण सेतु काँच की एक U-आकार की नली होती है जिसमें KCl या $KNO_3$ आदि का अगार-अगार विलयन भरा होता है। नली के दोनों सिरों को रुई से बन्द कर दिया जाता है। लवण सेतु द्वारा दोनों अर्द्ध-सैलों को जोड़ने पर एक पूर्ण सैल बन जाता है। इस सैल का एक अर्द्ध-सैल ($Zn/ZnSO_4$) इलेक्ट्रोड तथा दूसरा अर्द्ध-सैल ($Cu/CuSO_4$) इलेक्ट्रोड है।

दोनों इलेक्ट्रोडों को कॉपर के तार द्वारा जोड़ने पर इलेक्ट्रॉनों का प्रवाह जिंक इलेक्ट्रोड से कॉपर इलेक्ट्रोड की ओर होने लगता है। एनोड पर Zn की छड़ से $Zn^{2+}$ आयन $ZnSO_4$ विलयन में चले जाते हैं तथा $e^-$ छड़ पर रह जाते हैं तथा कैथोड पर $CuSO_4$ के विलयन में उपस्थित $Cu^{2+}$ आयन, Zn की छड़ के इलेक्ट्रॉनों को आकर्षित करते हैं तथा उन्हें ग्रहण करके कॉपर परमाणु के रूप में कॉपर इलेक्ट्रोड पर जमा हो जाते हैं।

Zn इलेक्ट्रोड पर निम्न अभिक्रिया होती है—

$$Zn \longrightarrow Zn^{2+} + 2e^-$$ (ऑक्सीकरण)

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

Cu इलेक्ट्रोड पर निम्न अभिक्रिया होती है—

$$Cu^{2+} + 2e^- \longrightarrow Cu \qquad \text{(अपचयन)}$$

ऊपर लिखी हुई दोनों अभिक्रियाएँ **अर्द्ध सैल अभिक्रियाएँ** (Half Cell Reactions) कहलाती हैं। दोनों अभिक्रियाओं को जोड़ने पर पूर्ण अभिक्रिया प्राप्त होती है जिसे रेडॉक्स अभिक्रिया कहते हैं। निम्न प्रकार है—

$$Zn + Cu^{2+}_{(aq)} \longrightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + Cu$$

इस सैल को निम्न प्रकार प्रदर्शित किया जाता है—

$$Zn|ZnSO_{4(aq)}||CuSO_{4(aq)}|Cu$$

इस सैल में **एक खड़ी रेखा** दो प्रावस्थाओं **(Phases) ठोस व विलयन** की सीमा को तथा **दो खड़ी रेखा** से लवण सेतु (Salt Bridge) को व्यक्त करते हैं।

इस सैल में, क्योंकि एनोड पर ऑक्सीकरण की क्रिया से इलेक्ट्रॉन उत्पन्न होते हैं अतः एनोड पर ऋणावेश होता है तथा कैथोड पर अपचयन की क्रिया होने के कारण धनावेश होता है।

**नोट**—इस सैल में आवेश, ऑक्सीकरण, अपचयन, एनोड, कैथोड इत्यादि को याद करने के लिये निम्नलिखित युक्ति का प्रयोग किया जाता है जो कि Alphabetical Order में याद की जा सकती है।

| | |
|---|---|
| L = L.H.S. | R = R.H.S. |
| O = Oxidation | R = Reduction |
| A = Anode | C = Cathode |
| N = Negative Charge | P = Positive Charge |

## विद्युत अपघटनी सैल तथा गैल्वेनिक सैल में अन्तर
## (Difference between Electrolytic Cell and Daniel Cell)

| क्र० सं० | विद्युत अपघटनी सैल (Electrolytic Cell) | डेनियल सैल (Daniel Cell) |
|---|---|---|
| (1) | इस सैल में बाहर से विद्युत ऊर्जा देने पर रासायनिक अभिक्रिया होती है। | इस सैल में रासायनिक अभिक्रिया के फलस्वरूप विद्युत ऊर्जा उत्पन्न होती है। |
| (2) | इस सैल का एनोड धनात्मक होता है। | इस सैल का एनोड ऋणात्मक होता है। |
| (3) | इस सैल का कैथोड ऋणात्मक होता है। | इस सैल का कैथोड धनात्मक होता है। |
| (4) | इस सैल में विद्युत ऊर्जा बाहरी स्रोत से दी जाती है। | इसमें ऐसा नहीं होता है। |

## 4.6. मानक इलेक्ट्रोड विभव (Standard Electrode Potential)

किसी इलेक्ट्रोड विभव को उस समय मानक इलेक्ट्रोड विभव कहा जाता है, जबकि निम्न शर्तों का पूर्णरूपेण पालन हो—

(i) इलेक्ट्रोड निकाय का ताप 298K (25°C) होना चाहिए।

(ii) इलेक्ट्रोड निकाय में उपस्थित विलयन का सान्द्रण 1 मोल प्रति लीटर होना चाहिए।

(iii) यदि किसी गैस का प्रयोग किया गया हो तो उसका दाब 1 वायुमण्डल (1 Atm.) होना चाहिए।

मानक इलेक्ट्रोड विभव को $E^\circ$ से निरूपित किया जाता है। जब मानक अवस्थाओं (Standard States) में इलेक्ट्रोड पर ऑक्सीकरण के कारण विभव उत्पन्न होता है तो उसे मानक **ऑक्सीकरण विभव** (Standard Oxidation Potential) कहा जाता है तथा उसे $E^\circ_{ox}$ अथवा $E^\circ(M / M^{n+})$ से निरूपित किया जाता है। इसी प्रकार मानक अवस्थाओं में अपचयन के कारण विभव उत्पन्न होता है तो उसे **मानक अपचयन विभव** (Standard Reduction Potential) कहते हैं तथा इसे $E^\circ_{red}$ अथवा $E^\circ(M^{n+} / M)$ से निरूपित किया जाता है।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

एक इलेक्ट्रोड विशेष के लिये उपरोक्त दोनों प्रकार के विभवों के संख्यात्मक मान समान होते हैं, लेकिन उनके चिह्न विपरीत होते हैं तथा एक विभव को दूसरे में केवल चिह्न बदलकर परिवर्तित किया जा सकता है

$$E^{\circ}_{ox} = -E^{\circ}_{red}$$

जैसे Zn धातु का मानक ऑक्सीकरण विभव $E^{\circ}_{ox} = 0.76$ वोल्ट है तो इसे मानक अपचयन विभव में परिवर्तित किया जा सकता है। अत: Zn धातु का मानक अपचयन विभव $E^{\circ}_{red} = -0.76$ वोल्ट होगा।

**"किसी धातु की छड़ (Rod) को 25°C ताप पर उसके लवण के एक मोलर विलयन में डुबोने पर धातु व विलयन के बीच उत्पन्न होने वाला विभवान्तर (Potential Difference) ही मानक इलेक्ट्रोड विभव ($E^{\circ}$) कहलाता है।**

I.U.P.A.C. (International Union of Pure and Applied Chemistry) के अनुसार मानक इलेक्ट्रोड विभव का प्रयोग मानक अपचयन विभव के लिये ही किया जाना चाहिये। इसलिये मानक विभव या मानक इलेक्ट्रोड विभव का प्रयोग मानक अपचयन विभव को इंगित करने के लिये ही किया जाता है।

## 4.7. इलेक्ट्रोड विभव का मापन (Measurement of Electrode Potential)

जिस अर्द्ध-सैल का इलेक्ट्रोड विभव ज्ञात करना होता है उसे लवण सेतु (Salt Bridge) की सहायता से मानक हाइड्रोजन इलेक्ट्रोड से जोड़ देते हैं तथा विभवमापी (Potentiometer) की सहायता से इस सैल का विभव ज्ञात कर लेते हैं। मानक इलेक्ट्रोड विभव को $E^{\circ}$ से प्रदर्शित किया जाता है। किसी भी अर्द्ध-सैल का विभव ज्ञात करने के लिये निम्न सूत्र का प्रयोग किया जाता है—

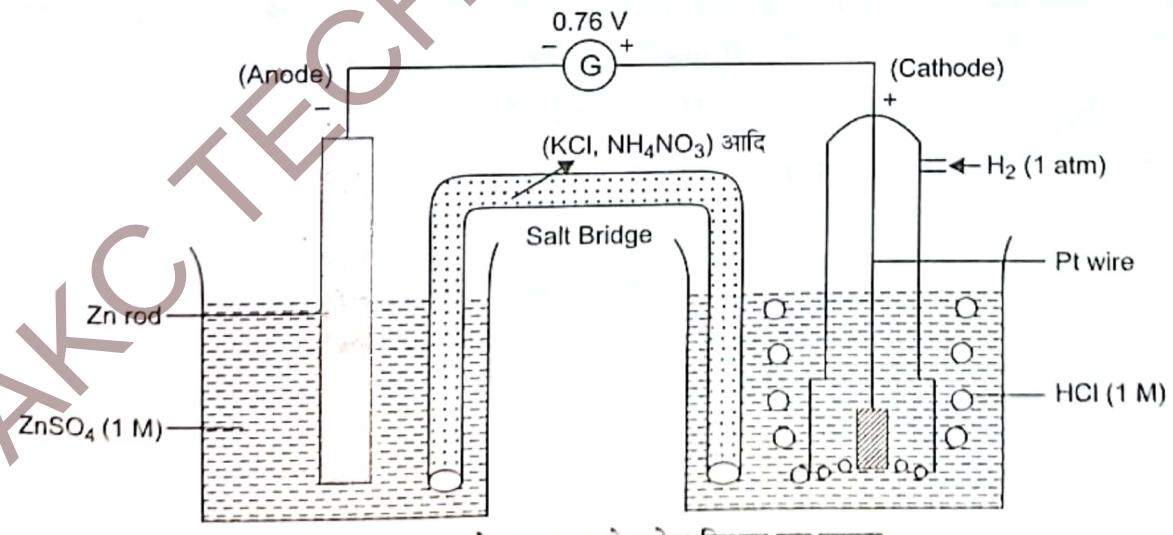
$$E^{\circ}_{Cell} = E^{\circ}_{Cathode} - E^{\circ}_{Anode}$$

या

$$E^{\circ}_{Cell} = E^{\circ}_{Right} - E^{\circ}_{Left}$$

उपरोक्त सूत्र में मानक हाइड्रोजन इलेक्ट्रोड का विभव शून्य मान लिया जाता है। उदाहरणार्थ—

(1) **जिंक का मानक इलेक्ट्रोड विभव** (Standard Electrode Potential of Zinc)—जिंक धातु का इलेक्ट्रोड बनाकर उसे मानक हाइड्रोजन इलेक्ट्रोड से चित्रानुसार जोड़ दिया जाता है।




**चित्र 4.6–Zn के मानक इलेक्ट्रोड विभव का मापन**

उपरोक्त सैल में जिंक इलेक्ट्रोड ऋणात्मक इलेक्ट्रोड है तथा मानक हाइड्रोजन इलेक्ट्रोड धनात्मक इलेक्ट्रोड है। किसी गैल्वेनिक सैल में ऋणात्मक इलेक्ट्रोड (एनोड) पर सदैव ऑक्सीकरण तथा धनात्मक इलेक्ट्रोड (कैथोड) पर सदैव अपचयन की क्रिया होती है। अत: उपरोक्त सैल में निम्नलिखित अभिक्रियाएँ होती हैं—

एनोड पर $Zn \longrightarrow Zn^{2+} + 2e^-$ (ऑक्सीकरण)

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

कैथोड पर $2H^+ + e^- \longrightarrow H_2$

$$E^\circ_{Cell} = E^\circ_{Cathode} - E^\circ_{Anode}$$

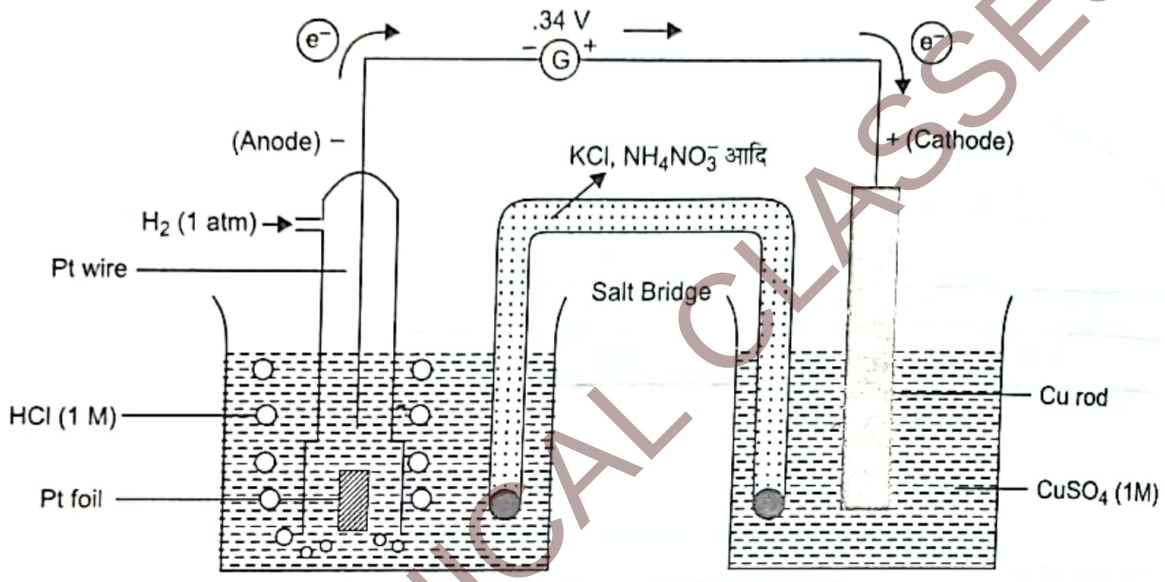
$$= E^\circ_{(H^+|H_2(g)Pt} - E^\circ_{(Zn^{2+}|Zn)}$$

$$0.76\ V = 0.0 - E^\circ_{Anode}$$

$$E^\circ_{(Zn^{2+}/Zn)} = -0.76\ V \qquad \left[\because E^\circ_{Anode} = E^\circ_{(Zn^{2+}/Zn)}\right]$$

अत: Zn का मानक इलेक्ट्रोड विभव = – 0.76 volt

**कॉपर का मानक इलेक्ट्रोड विभव**—मानक हाइड्रोजन इलेक्ट्रोड तथा कॉपर धातु के इलेक्ट्रोड को चित्र के अनुसार जोड़ने पर वोल्टमीटर में विभवान्तर 0.34 वोल्ट आता है।




चित्र 4.7–Cu के इलेक्ट्रोड विभव का मापन

उपरोक्त सैल में कॉपर इलेक्ट्रोड धनात्मक इलेक्ट्रोड तथा मानक हाइड्रोजन इलेक्ट्रोड ऋणात्मक इलेक्ट्रोड हैं। किसी गैल्वेनिक सैल में ऋणात्मक इलेक्ट्रोड (ऐनोड) पर सदैव ऑक्सीकरण तथा धनात्मक इलेक्ट्रोड (कैथोड) पर सदैव अपचयन की क्रिया होती है। अत: उपरोक्त सैल में निम्नलिखित क्रियाएँ होती हैं—

एनोड पर $H_2 \longrightarrow 2H^+ + 2e^-$ (ऑक्सीकरण)

कैथोड पर $Cu^{2+} + 2e^- \longrightarrow Cu$ (अपचयन)

सैल का मानक इलेक्ट्रोड निम्न प्रकार ज्ञात करते हैं—

$$E_{Cell} = E^\circ_{Cathode} - E^\circ_{Anode}$$

$$= E^\circ_{(Cu^{2+}|Cu)} - E^\circ_{(H^+|H_{2(g)}Pt)}$$

$$0.34\ volt = E^\circ_{(Cu^{2+}|Cu)} - 0.0$$

अत: $E^\circ_{(Cu^{2+}|Cu)} = +0.34$ volt

अत: कॉपर का मानक इलेक्ट्रोड विभव = + 0.34 volt

## 4.8. सैल का e.m.f. तथा मुक्त ऊर्जा परिवर्तन, $\Delta G^\circ$ (E.m.f. of Cell and Free Energy Change $\Delta G^\circ$)

किसी सैल द्वारा अपनी मानक अवस्था में किये जाने वाले अधिकतम विद्युत कार्य को निम्न प्रकार प्रदर्शित कर सकते हैं—

$$W_{max} = nFE^\circ$$

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

जहाँ $n$ = इलेक्ट्रॉनों की संख्या,

$F$ = फैराडे नियतांक = 96500 कूलॉम,

$E°$ = मानक इलेक्ट्रोड विभव।

ऊष्मागतिकी (Themodynamics) के अनुसार, जब कोई निकाय (System) अधिकतम कार्य करता है तो वह मुक्त ऊर्जा में कमी के समान होता है। यदि सेल की मुक्त ऊर्जा सेल की मानक अवस्था में हो, तो

$$W_{max} = -\Delta G°$$

ऋण चिह्न यह प्रदर्शित करता है कि सेल द्वारा कार्य किया जाता है

अत: $$\Delta G° = -nFE°$$

यदि परिकलन करने पर $\Delta G°$ का मान ऋणात्मक आता है तो अभिक्रिया स्वत: (Spontaneous) होती है, अन्यथा नहीं।

$$\Delta G^{\circ} = -nFE^{\circ}_{Cell}$$

$\because$ $$E^{\circ}_{Cell} = \frac{2.303RT}{nF} \log K_C$$

$\therefore$ $$\Delta G^{\circ} = -nF \times \frac{2.303RT}{nF} \log K_C$$

$$\Delta G^{\circ} = -2.303\, RT \log K_C$$

अत: $$\Delta G^{\circ} = -nFE^{\circ} = -2.303\, RT \log K_C$$

$K_C$ = साम्य स्थिरांक (Equilibrium Constant)

**उदाहरण**—निम्नांकित डेनियल सेल का e.m.f. परिकलित कीजिये।

$$Zn|Zn^{2+}(0.1\,M)||Cu^{2+}(0.1\,M)|Cu;\ 298\ K \text{ पर } E^{\circ}_{Cell} = 1.10\ V$$

हल— $$E_{Cell} = E^{\circ}_{Cell} - \frac{0.0591}{2} \log \frac{[Zn^{2+}]}{[Cu^{2+}]}$$

$$E_{Cell} = 1.10 - \frac{0.059}{2} \log \frac{0.1}{0.01}$$

$$= 1.10 - 0.0295 \log 10$$

$$= 1.10 - 0.0295 \times 1 = 1.10 - 0.0295$$

$$E_{Cell} = \mathbf{1.0705\ V}$$ उत्तर

## 4.9. विद्युत-रासायनिक श्रेणी (Electro-chemical Series)

"विभिन्न धातुओं को उनके मानक अपचयन विभवों के बढ़ते हुए क्रम में रखने पर जो श्रेणी प्राप्त होती है, उसे विद्युत-रासायनिक श्रेणी कहते हैं।" धातुओं की विद्युत रासायनिक श्रेणी की सारणी नीचे प्रदर्शित की गयी है–

| इलेक्ट्रोड अभिक्रिया (Electrode Reaction) | | | मानक इलेक्ट्रोड विभव (Standard Electrode Potential $E^{\circ}$ (Volt)) |
|---|---|---|---|
| ऑक्सीकारक (Oxidant) | | संगत अपचायक | |
| $Li + e^-$ | $\rightleftharpoons$ | Li | −3.04 |
| $K^+ + e^-$ | $\rightleftharpoons$ | K | −2.92 |
| $Ba^{2+} + 2e^-$ | $\rightleftharpoons$ | Ba | −2.90 |
| $Sr^{2+} + 2e^-$ | $\rightleftharpoons$ | Sr | −2.89 |
| $Ca^{2+} + 2e^-$ | $\rightleftharpoons$ | Ca | −2.87 |

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

| | | | |
|---|---|---|---|
| $Na^+ + e^-$ | $\rightleftharpoons$ | $Na$ | $-2.71$ |
| $Mg^{2+} + 2e^-$ | $\rightleftharpoons$ | $Mg$ | $-2.37$ |
| $Al^{3+} + 3e^-$ | $\rightleftharpoons$ | $Al$ | $-1.66$ |
| $Mn^{2+} + 2e^-$ | $\rightleftharpoons$ | $Mn$ | $-1.18$ |
| $Zn^{2+} + 2e^-$ | $\rightleftharpoons$ | $Zn$ | $-0.76$ |
| $Cr^{3+} + 3e^-$ | $\rightleftharpoons$ | $Cr$ | $-0.74$ |
| $Fe^{2+} + 2e^-$ | $\rightleftharpoons$ | $Fe$ | $-0.44$ |
| $Cd^{2+} + 2e^-$ | $\rightleftharpoons$ | $Cd$ | $-0.40$ |
| $Co^{2+} + 2e^-$ | $\rightleftharpoons$ | $Co$ | $-0.27$ |
| $Ni^{2+} + 2e^-$ | $\rightleftharpoons$ | $Ni$ | $-0.25$ |
| $Sn^{2+} + 2e^-$ | $\rightleftharpoons$ | $Sn$ | $-0.13$ |
| $Pb^{2+} + 2e^-$ | $\rightleftharpoons$ | $Pb$ | $-0.12$ |
| $2H^+ + 2e^-$ | $\rightleftharpoons$ | $H_2$ | $0.00$ |
| $Cu^{2+} + 2e^-$ | $\rightleftharpoons$ | $Cu$ | $+0.34$ |
| $Hg^{2+} + 2e^-$ | $\rightleftharpoons$ | $Hg$ | $+0.79$ |
| $Ag^+ + e^-$ | $\rightleftharpoons$ | $Ag$ | $+0.80$ |
| $Pt^{2+} + 2e^-$ | $\rightleftharpoons$ | $Pt$ | $+1.20$ |
| $Au^{2+} + 3e^-$ | $\rightleftharpoons$ | $Au$ | $+1.50$ |

विद्युत-रासायनिक श्रेणी (धातुओं के लिए)

## 4.10. विद्युत-रासायनिक श्रेणी के प्रमुख लक्षण (Main Characteristics of Electrochemical Series)

विद्युत-रासायनिक श्रेणी के कुछ प्रमुख लक्षण इस प्रकार हैं—

(i) इस श्रेणी में धातुओं को उनके मानक अपचयन विभव के बढ़ते क्रम में रखा गया है अत: इलेक्ट्रोड अभिक्रिया अपचयन में लिखी जाती है; जैसे—पोटेशियम का मानक अपचयन विभव – 2.92 वोल्ट है।

$$K^+ + e^- \rightarrow K; \qquad E^\circ = -2.92 \text{ वोल्ट}$$

(ii) किसी इलेक्ट्रोड के मानक अपचयन विभव का ऋण चिह्न यह व्यक्त करता है कि उस इलेक्ट्रोड को मानक हाइड्रोजन इलेक्ट्रोड के साथ जोड़ने पर बनने वाले गैल्वेनिक सैल में वह इलेक्ट्रोड ऋण ध्रुव (एनोड) का कार्य करेगा तथा हाइड्रोजन इलेक्ट्रोड धन ध्रुव (कैथोड) का कार्य करेगा।

(iii) श्रेणी में ऊपर से नीचे की ओर जाने पर इलेक्ट्रॉन को ग्रहण करने की प्रवृत्ति अर्थात् अपचयित होने की प्रवृत्ति में वृद्धि होती है।

(iv) श्रेणी में ऊपर से नीचे की ओर जाने पर इलेक्ट्रॉनों को त्यागने की प्रवृत्ति अर्थात् ऑक्सीकृत होने की प्रवृत्ति में कमी होती जाती है।

(v) श्रेणी में जिस धातु का मानक अपचयन विभव अधिक धनात्मक (या कम ऋणात्मक) होता है, उसका धनायन अधिक प्रबल ऑक्सीकारक होता है अर्थात् उसकी इलेक्ट्रॉन ग्रहण करने की क्षमता अपेक्षाकृत अधिक होती है

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

अत: श्रेणी मे ऊपर से नीचे धातु आयनों की ऑक्सीकारक क्षमता बढ़ती है; जैसे—$Cu^{2+}$ आयन, $Zn^{2+}$ आयन से प्रबल ऑक्सीकारक है।

(vi) श्रेणी में जिस धातु का मानक अपचयन विभव अधिक ऋणात्मक (या कम धनात्मक) होता है, वह अधिक प्रबल अपचायक होती है अर्थात् उसकी इलेक्ट्रॉन त्यागने की प्रवृत्ति अधिक होती है। अत: श्रेणी में ऊपर से नीचे की ओर जाने पर धातुओं की अपचायक क्षमता कम होती जाती है।

(vii) जिन धातुओ को हाइड्रोजन के नीचे रखा गया है, वे हाइड्रोजन से दुर्बल अपचायक हैं तथा उनके मानक अपचयन विभव धनात्मक होते हैं; जैसे Cu को H से नीचे रेखा गया है अत: Cu धातु हाइड्रोजन की अपेक्षा दुर्बल अपचायक है।

(viii) श्रेणी में H से ऊपर स्थित धातु हाइड्रोजन से अधिक प्रबल अपचायक होती है। इन धातुओं का मानक अपचयन विभव ऋणात्मक होता है।

## 4.11. विद्युत-रसायनिक श्रेणी के अनुप्रयोग (Applications of Electro-chemical Series)

**(1) धातुओं की क्रियाशीलता** (Activity of Metals)—किसी धातु की क्रियाशीलता उसके इलेक्ट्रॉन त्यागने की प्रवृत्ति अर्थात् धातु के ऑक्सीकृत होने की प्रवृत्ति पर निर्भर करती है। किसी धातु में ऑक्सीकृत होने की प्रवृत्ति जितनी अधिक होगी, उसकी क्रियाशीलता भी उतनी ही अधिक होगी। विद्युत-रासायनिक श्रेणी में ऊपर से नीचे की ओर जाने पर धातुओ के ऑक्सीकृत होने की प्रवृत्ति कम होती जाती है। अत: ऊपर से नीचे धातुओं की क्रियाशीलता भी कम होती जाती है; जैसे Zn धातु की क्रियाशीलता Ni धातु की क्रियाशीलता से अधिक है।

**(2) धातुओं की अपचायक क्षमता** (Reducing Capacity of Metals)—धातुओं की अपचायक क्षमता उनकी इलेक्ट्रॉन त्याग करने की प्रवृत्ति पर निर्भर करती है। जिस धातु की इलेक्ट्रॉन त्यागने की प्रवृत्ति अधिक होती है, वह अधिक प्रबल अपचायक होती है। प्रबल अपचायक धातु का अपचयन विभव अधिक ऋणात्मक होता है। श्रेणी में ऊपर से नीचे अपचयन विभव बढ़ता जाता हैं। अत: अपचायक क्षमता ऊपर से नीचे की ओर लगातार कम होती जाती है।

**उदाहरण–**

| तत्त्व | Na > Zn > Fe > $CO^{2+}$ |
|---|---|
| अपचायक क्षमता | –2.71 –0.76 –0.44 –0.27 |

**(3) हैलोजनों की ऑक्सीकरण क्षमता** (Oxidising Power of Halogens)—हैलोजनों की ऑक्सीकरण क्षमता उनकी इलेक्ट्रॉन ग्रहण करने की प्रवृत्ति पर निर्भर करती है। जिस हैलोजन की इलेक्ट्रॉन ग्रहण करने की प्रवृत्ति अधिक होती है, वह अधिक प्रबल ऑक्सीकारक होती है। जिस हैलोजन का मानक अपचयन विभव जितना अधिक धनात्मक होता है, उसके इलेक्ट्रॉन ग्रहण करने की क्षमता उतनी ही अधिक होती है। विद्युत-रासायनिक श्रेणी में ऊपर से नीचे की ओर जाने पर हैलोजनों की ऑक्सीकरण क्षमता बढ़ती जाती है। अधातुओं के लिये विद्युत-रासायनिक श्रेणी आगे दी जा रही है—

**विद्युत-रासायनिक श्रेणी ( अधातुओं के लिये )**

| इलेक्ट्रोड अभिक्रिया | | | मानक इलेक्ट्रोड विभव ($E^\circ$) वोल्ट में |
|---|---|---|---|
| ऑक्सीकारक | | अपचायक | |
| $I_2 + 2e^-$ | $\rightleftharpoons$ | $2I^-$ | + 0.54 |
| $Br_2 + 2e^-$ | $\rightleftharpoons$ | $2Br^-$ | + 1.06 |
| $Cl_2 + 2e^-$ | $\rightleftharpoons$ | $2Cl^-$ | + 1.36 |
| $F_2 + 2e^-$ | $\rightleftharpoons$ | $2F^-$ | + 2.87 |

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

**(4) धातुओं का धनविद्युती लक्षण** (Electropositive Character of Metals)—जिन धातुओं का मानक इलेक्ट्रोड विभव अधिक ऋणात्मक (कम धनात्मक) होता है, उनकी इलेक्ट्रॉन त्यागने की प्रवृत्ति प्रबल होती है अर्थात् वह अधिक धनविद्युती (Electropositive) होता है। विद्युत रासायनिक श्रेणी में धातुओं का धनविद्युती लक्षण ऊपर से नीचे की ओर घटता है। धनविद्युती लक्षण के आधार पर धातुओं को तीन वर्गों में बाँटा गया है—

(i) **प्रबल धन विद्युती धातुएँ** (Strong Electropositive Metals)—जिन धातुओं का मानक इलेक्ट्रोड विभव – 2.0 वोल्ट या इससे अधिक ऋणात्मक होता है, वे धातुएँ प्रबल धन विद्युती हैं। क्षार धातुओं तथा क्षारीय मृदा धातुओं के मानक इलेक्ट्रोड विभव – 2.0 वोल्ट से अधिक ऋणात्मक हैं अत: ये प्रबल धन विद्युती हैं।

(ii) **साधारण धनविद्युती धातुएँ** (Ordinary Electropositive Metals)—जिन धातुओं का स्थान विद्युत रासायनिक श्रेणी में Mg व H के मध्य है वे धातुएँ साधारण धन विद्युती धातुएँ हैं।

(iii) **दुर्बल धनविद्युती धातुएँ** (Weak Electropositive Metals)—जिन धातुओं का स्थान विद्युत-रासायनिक श्रेणी में H से नीचे है, वे दुर्बल धनविद्युती धातुएँ हैं। इनका मानक इलेक्ट्रोड विभव धनात्मक होता है।

**उदाहरण**—निम्न चार धातुओं *A*, *B*, *C* व *D* के मानक इलेक्ट्रोड विभव क्रमश: – 0.44, + 0.34, + 0.80 तथा – 2.92 वोल्ट हैं। इन धातुओं का धनविद्युती लक्षण का घटता हुआ क्रम निम्न है—

$$D > A > B > C$$

$$-2.92 > -0.44 > +0.34 > +0.80$$

**(5) विस्थापन अभिक्रियाएँ** (Displacement Reactions)—

(i) **धातुओं का विस्थापन** (Displacement of Metals)—जिस धातु का मानक इलेक्ट्रोड विभव अधिक ऋणात्मक (कम धनात्मक) होता है वह धातु अधिक क्रियाशील होती है तथा उसकी इलेक्ट्रॉन त्यागकर धनायन बनाने की प्रवृत्ति प्रबल होती है। अधिक क्रियाशील धातु कम क्रियाशील धातु को उसके लवण के जलीय विलयन में से विस्थापित कर देती है। अत: विद्युत-रासायनिक श्रेणी में जो धातु ऊपर होती है वह अपने से नीची वाली धातु को उसके लवण के जलीय विलयन में से विस्थापित कर देती है।

**उदाहरण**—जिंक (जस्ता) कॉपर सल्फेट के विलयन से कॉपर (ताँबा) को विस्थापित कर देता है, क्योंकि श्रेणी में जिंक (Zn) का स्थान कॉपर (Cu) के स्थान से ऊपर है। इस क्रिया में Zn का $Zn^{2+}$ आयनों में ऑक्सीकरण तथा $Cu^{2+}$ आयनों का Cu में अपचयन होता है।

$$Zn + CuSO_4 \rightarrow ZnSO_4 + Cu$$

(ii) **धातुओं द्वारा अम्लों से हाइड्रोजन का विस्थापन** (Removal of Hydrogen from Acids by Metals)—जो धातुएँ विद्युत-रासायनिक श्रेणी में हाइड्रोजन से ऊपर होती हैं, वे अम्लों के विलयन से हाइड्रोजन को विस्थापित कर देती हैं; क्योंकि हाइड्रोजन से ऊपर स्थित धातु हाइड्रोजन से अधिक क्रियाशील होती हैं। श्रेणी में हाइड्रोजन से नीचे स्थित धातु अम्लों से हाइड्रोजन विस्थापित नहीं कर पाती है।

$$Zn + H_2SO_4 \rightarrow ZnSO_4 + H_2$$

$$Mg + 2HCl \rightarrow MgCl_2 + H_2$$

$$Cu + H_2SO_4 \rightarrow \text{कोई अभिक्रिया नहीं}$$

$$Ag + H_2SO_4 \rightarrow \text{कोई अभिक्रिया नहीं}$$

(iii) **धातुओं द्वारा जल से हाइड्रोजन का विस्थापन** (Displacement of Hydrogen from Water by Metal)—विद्युत-रासायनिक श्रेणी में आयरन तथा आयरन से ऊपर की धातुएँ जल से हाइड्रोजन को विस्थापित कर देती हैं, क्योंकि इनका मानक इलेक्ट्रोड विभव – 0.41 से अधिक ऋणात्मक है तथा ये आयरन से ऊपर स्थित हैं। आयरन से नीचे की धातुएँ जल से हाइड्रोजन को विस्थापित नहीं करती हैं। Mg से ऊपर की धातुएँ साधारण ताप पर जल से हाइड्रोजन को विस्थापित करती हैं, जबकि Mg से Fe तक की धातुएँ गर्म जल या जल वाष्प से उच्च ताप पर हाइड्रोजन को विस्थापित करती हैं।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

$$2Na + 2H_2O \longrightarrow 2NaOH + H_2$$

$$2K + 2H_2O \longrightarrow 2KOH + H_2$$

$$Mg + 2H_2O \xrightarrow{\Delta} Mg(OH)_2 + H_2$$

$$Cu + H_2O \longrightarrow \text{कोई अभिक्रिया नहीं}$$

(iv) **अधातु द्वारा अधातु का विस्थापन** (Displacement of Non-metal by other Non-metal)—विद्युत-रासायनिक श्रेणी में नीचे वाली अधातु, अपने से ऊपर वाली अधातु को उसके लवण के विलयन से विस्थापित कर देती है, क्योंकि विद्युत-रासायनिक श्रेणी में नीचे वाली अधातु, अपने से ऊपर की अधातुओं से अधिक क्रियाशील होती है।

**उदाहरण**—KI के विलयन में $Cl_2$ गैस प्रवाहित करने पर KI विलयन का रंग बैंगनी हो जाता है, क्योंकि विद्युत-रासायनिक श्रेणी में क्लोरीन का स्थान आयोडीन से नीचे है व क्लोरीन आयोडीन से अधिक क्रियाशील है।

$$2KI + Cl_2 \longrightarrow 2KCl + \underset{\text{बैंगनी}}{I_2}$$

(v) **धातु ऑक्साइडों पर ताप का प्रभाव** (Effect of Temperature on Metal Oxides)—जो धातुएँ जितनी अधिक धनविद्युती होती हैं, उनके ऑक्साइड उतने अधिक स्थायी होते हैं तथा उनके ऑक्साइड गर्म करने पर अपघटित नहीं होते। जो धातुएँ कम धनविद्युती होती हैं, उनके ऑक्साइड भी कम स्थायी होते हैं व गर्म करने पर अपघटित हो जाते हैं।

Cu व इससे ऊपर की धातुओं के ऑक्साइड गर्म करने पर अपघटित नहीं होते, जबकि Cu से नीचे की धातुओं के ऑक्साइड गर्म करने पर अपघटित हो जाते हैं।

$$MgO + \text{heat} \longrightarrow \text{अपघटित नहीं}$$

$$Na_2O + \text{heat} \longrightarrow \text{अपघटित नहीं}$$

$$2HgO + \text{heat} \longrightarrow 2Hg + O_2$$

$$2Ag_2O + \text{heat} \longrightarrow 4Ag + O_2$$

(vi) **धातु ऑक्साइडों का हाइड्रोजन द्वारा अपचयन** (Reduction of Metal Oxides by Hydrogen)—आयरन या इससे नीचे की धातुओं के ऑक्साइड विद्युत-रासायनिक श्रेणी में (अर्थात् जो धातुएँ आयरन से कम क्रियाशील हैं, उनके ऑक्साइड) हाइड्रोजन द्वारा धातु में अपचयित हो जाते हैं।

**उदाहरण**—

$$NiO + H_2 \longrightarrow Ni + H_2O$$

$$CuO + H_2 \longrightarrow Cu + H_2O$$

$Fe_2O_3$ को $H_2$ की धारा में गर्म करने पर यह FeO में अपचयित हो जाता है। जबकि $Na_2O$, CaO, MgO की $H_2$ के साथ कोई अभिक्रिया नहीं होती।

$$Fe_2O_3 + H_2 \longrightarrow 2FeO + H_2O$$

$$Na_2O + H_2 \longrightarrow (\text{कोई अभिक्रिया नहीं})$$

$$CaO + H_2 \longrightarrow (\text{कोई अभिक्रिया नहीं})$$

$$MgO + H_2 \longrightarrow (\text{कोई अभिक्रिया नहीं})$$

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

(1) (a) एनोड अभिक्रिया, $Cd|\ CdCl_2.2\frac{1}{2}H_2O$

$$Cd + Cd^{+2}.\frac{1}{2} + 2e^-$$

(b) कैथोड अभिक्रिया— $AgCl|Ag$

$$Ag^+ + e^- \longrightarrow Ag$$

(2) सैल अभिक्रिया के लिये मुक्त ऊर्जा परिवर्तन सूत्र, $-\Delta G = nFE$

प्रश्नानुसार दिया है, $n = 2, F = 96500$ कूलॉम, $E = \text{E.M.F.} = 0.6753$ volt

तब सूत्र से, $-\Delta G = nFE$

या $\Delta G = (-)2 \times 96500 \times 0.6753$ जूल

$\Delta G = (-)130332.90$ जूल

सैल अभिक्रिया के लिये मुक्त ऊर्जा परिवर्तन $\Delta G =$ **130332.90 जूल** उत्तर

# प्रश्नावली

☞ ***बहुविकल्पीय प्रश्न–***

**1.** किसी भी इलेक्ट्रोड का इलेक्ट्रोड विभव निर्भर करता हैं।

(a) धातु की प्रकृति पर (b) विलयन के ताप पर

(c) विलयन की मोलरता पर (d) उपरोक्त सभी पर

**2.** विद्युत रासायनिक श्रेणी में Na, Cu, Al तथा Zn धातुओं के घटते हुए धनविद्युती लक्षण का क्रम है।

(a) Cu > Zn > Al > Na (b) Na > Al > Zn > Cu

(c) Al > Zn > Cu > Na (d) Na > Zn > Al > Cu

**3.** निम्न में कौन-सी धातु अम्ल के हाइड्रोजन विस्थापित करेगी?

(a) Zn (b) Cu

(c) Ag (d) Hg

**4.** निम्न में से किस धातु का ऑक्सीकरण आसानी से होगा?

(a) Cu (b) Ag

(c) Al (d) Pt

**उत्तर—1. (d) 2. (b) 3. (a) 4. (c)**

☞ ***सही या गलत कथन सम्बन्धी प्रश्न***

**बताइये कि निम्नलिखित कथन सही हैं अथवा गलत। एक अथवा दो वाक्यों में अपने तर्क दीजिये–**

**1.** डेनियल सेल में कैथोड पर ऋणावेश होता है।

**उत्तर**—गलत। डेनियल सेल में कैथोड पर धनावेश होता है।

**2.** विद्युत-रासायनिक सेल में रेडॉक्स अभिक्रिया होती है।

**उत्तर**—सही। विद्युत-रासायनिक सेल में ऑक्सीकरण व अपचयन (रेडॉक्स) दोनों अभिक्रियाएँ होती हैं।

**3.** मानक हाइड्रोजन इलेक्ट्रोड में Pt धातु का इलेक्ट्रोड प्रयोग करते हैं।

**उत्तर**—सही। Pt जैसी उच्च धातु सामान्य ताप पर न तो इलेक्ट्रॉन मुक्त करती है न ही ग्रहण।

**4.** विद्युत-रासायनिक श्रेणी में धातुओं को उनके बढ़ते अपचयन विभव के क्रम में रखा गया है ।

**उत्तर**—सही। श्रेणी में धातुओं का मानक अपचयन विभव ऊपर से नीचे बढ़ता जाता है।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

5. किसी सेल का विद्युत वाहक बल ऋणात्मक होता है।
**उत्तर**—गलत। सेल का विद्युत वाहक बल ऋणात्मक नहीं होता।

6. कॉपर सल्फेट का, जिंक से बने पात्र में भण्डारण नहीं किया जा सकता। ***(U.P. 2012)***
**उत्तर**—सत्य। विद्युत-रासायनिक श्रेणी में जिंक का स्थान कॉपर से ऊपर है तथा जिंक कॉपर से अधिक क्रियाशील है। अत: जिंक कॉपर सल्फेट विलयन से क्रिया कर कॉपर को विस्थापित कर देता है जिसके कारण जिंक के पात्र में छेद हो जाते हैं तथा विलयन बाहर निकल जाता है।

$$Zn + CuSO_4(aq) \longrightarrow ZnSO_4(aq) + Cu$$

## ☞ *लघु उत्तरीय प्रश्न*

1. ऑक्सीकरण-अपचयन अभिक्रियाओं की व्याख्या कीजिये।
2. मानक इलेक्ट्रोड विभव को उदाहरण सहित समझाइये।
3. धातुओं पर लेपन की किसी एक विधि का वर्णन कीजिये।

## ☞ *विस्तृत उत्तरीय प्रश्न*

1. विद्युत-रासायनिक श्रेणी के प्रमुख अनुप्रयोग लिखिये।
2. विद्युत वाहक बल (e.m.f.) तथा मुक्त ऊर्जा परिवर्तन ($\Delta G$) में सम्बन्ध स्थापित कीजिये।
3. क्या कारण है कि Mg व Zn अम्लों के विलयन से हाइड्रोजन विस्थापित करते हैं, जबकि कॉपर व सिल्वर धातुएँ हाइड्रोजन विस्थापित नहीं करतीं?
4. क्या कारण है कि ताँबा जिंक सल्फेट के विलयन से जिंक को विस्थापित नहीं करता, परन्तु सिल्वर लवण के विलयन से सिल्वर को विस्थापित कर देता है?
5. डेनियल सेल का नामांकित चित्र बनाइये तथा निम्न को दर्शाइये—
   (अ) एनोड तथा कैथोड की भाँति कार्य करने वाले इलेक्ट्रोड,
   (ब) इलेक्ट्रॉन तथा विद्युत धारा के प्रवाह की दिशा।
6. किसी गैल्वनी सैल के EMF और सैल अभिक्रिया के मुक्त ऊर्जा परिवर्तन ($\Delta G$) के बीच सम्बन्ध लिखिए। 25°C पर निम्न सैल का EMF 0.6753 वोल्ट है। ***(U.P. 2011)***

$$Cd|CdCl_2.2\tfrac{1}{2}H_2(\text{Stand. solution})||AgCl|Ag$$

   (i) एनोड तथा कैथोड अभिक्रिया लिखिए।
   (ii) सैल अभिक्रिया के मुक्त ऊर्जा परिवर्तन का परिकलन करो।
7. मानक इलेक्ट्रोड विभव क्या है? इसके लिए नर्स्ट (Nernst) समीकरण की व्युत्पत्ति कीजिए। ***(U.P. 2013)***
8. मानक इलेक्ट्रोड विभव क्या है? इलेक्ट्रोड विभव की गणना के लिये नर्न्सर्ट (Nernst) समीकरण दीजिये। ***(U.P. 2015)***
9. गैल्वेनिक सैल क्या है? एक उदाहरण देकर उसकी कार्य विधि की व्याख्या कीजिए। ***(U.P. 2016)***
10. एक व्यापारिक सेल का नाम दीजिये जिसे आवेशित किया जाता हो। ***(U.P. 2017)***
11. निम्न की व्याख्या कीजिए—
    (a) विद्युत रसायनिक सैल
    (b) वैद्युत रसायन
    (c) साल्ट ब्रिज
    (d) इलेक्ट्रॉड विभव
    (e) सैल का विद्युत वाहक बल।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

अध्याय

5

# संक्षारण और उसका नियंत्रण
## (Corrosion and its Control)

**पाठ्यक्रम (Syllabus) :** Definition of corrosion and factors affecting corrosion rate, Theories of : (a) Dry (chemical) corrosion-Pilling Bedworth rule, (b) Wet corrosion in acidic atmosphere by hydrogen evolution mechanism, Definition of passivivity and galvanic series, Corrosion control : (a) Metal coating–Cathodic protection, Cementation on Base Metal Steel–Application of Metal Zn (Sheradizing), Cr (Chromozing) and Al (Calorizing), Sacrificial protection and impressed current voltage, (b) Inorganic coatings–Anodizing and phosphating, (c) Organic coatings–use of paints, varnishes and enamels, (d) Internal corrosion preventive measures–alloying (with reference to passivating, neutralizing and inhibition) and heat treatment (quenching, annealing).

### 5.1.1. संक्षारण (Corrosion)

मानव सभ्यता के विकास में धातुओं का महत्वपूर्ण योगदान है। दैनिक जीवन में उपयोगी अनेक उपकरण धातुओं से बने होते हैं। आपने देखा होगा कि **जब धातुएँ वातावरण में उपस्थित धूल, नमी तथा अन्य गैसों के सम्पर्क में आती हैं तब इनकी सतह रासायनिक अभिक्रिया के फलस्वरूप खराब होने लगती है। धातुओं की सतह का इस प्रकार धीरे-धीरे नष्ट होना संक्षारण (Corrosion) कहलाता है।** संक्षारण की क्रिया में अवांछनीय यौगिक जैसे ऑक्साइड, हाइड्रॉक्साइड, कार्बोनेट, सल्फाइड आदि बनने लगते हैं और धातु का क्षरण (Deterioration) होने लगता है तथा धातु की चमक व सामर्थ्य भी कम होने लगती है। अत: धातुओं का वातावरण के प्रभाव से धीरे-धीरे क्षरण (Deterioration) होने की प्रवृत्ति (Tendency) को ही संक्षारण कहते हैं।

जब एक धातु को किसी विशिष्ट वातावरण में रखा जाता है तो वह उस वातावरण से क्रिया कर सकती है जिसके फलस्वरूप उसकी सतह कलुषित (Deteriorate) हो सकती है। इस घटना को संक्षारण (Corrosion) कहा जाता है। इस प्रकार अनेक धातुएँ अपनी विशिष्ट चमक खो देती हैं। कुछ धातुओं की शक्ति कम हो जाती है और वे दुर्बल तथा भंगुर (Weak and Brittle) हो जाती हैं। लोहे पर जंग लगना, चाँदी की चमक का कम होना, ताँबे या काँसे पर हरी पर्त का जमा होना, ऐल्यूमिनियम के तारों पर पर्त का बनना आदि संक्षारण के कुछ सामान्य उदाहरण हैं।

**"धातुओं का किसी निश्चित वातावरण; जैसे आर्द्रता, वायु आदि के सम्पर्क में आकर अवांछित यौगिकों जैसे ऑक्साइड हाइड्रॉक्साइड आदि के रूप में परिवर्तित होकर धीरे-धीरे सतह के कलुषित (Deteriorate) होने की प्रक्रिया धात्विक संक्षारण (Metallic corrosion) कहलाती है।"**

**"The process in which a metal gradually changes into undesirable compound (as oxides, hydroxide etc.) on exposure to atmospheric conditions like moisture, air etc. is called as corrosion." Corrosion is also known as weeping of metal.**

### 5.1.2. धात्विक संक्षारण के प्रकार (Types of Metallic Corrosion)

धातुओं का संक्षारण वातावरण पर निर्भर करता है। यह दो प्रकार का होता है—

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

(1) वायुमण्डलीय संक्षारण (Atmospheric Corrosion)
(2) निमज्जित संक्षारण (Immersed Corrosion)

**(1) वायुमण्डलीय संक्षारण** (Atmospheric Corrosion)—धातुओं की सतह वायुमण्डलीय गैसों; जैसे—ऑक्सीजन, सल्फर डाइऑक्साइड, हाइड्रोजन सल्फाइड, हैलोजन आदि के सम्पर्क में आकर रासायनिक अभिक्रिया करने लगती है। रासायनिक अभिक्रिया के फलस्वरूप धातु की सतह पर धात्विक ऑक्साइड, सल्फाइड, कार्बोनेट आदि यौगिक की पर्त बनने लगती है जिसके कारण धातु धीरे-धीरे नष्ट होने लगती है। इस प्रकार के संक्षारण को निम्न प्रकार प्रदर्शित कर सकते हैं—

$$M + O_2 \longrightarrow MO_2$$

जहाँ M = धातु, $O_2$ = ऑक्सीजन, $MO_2$ = धात्विक ऑक्साइड

**(2) निमज्जित संक्षारण** (Immersed Corrosion)—इस प्रकार के संक्षारण में धातु की सतह पर नम वायु, जल या किसी अन्य द्रव के सम्पर्क में आने के कारण एक विद्युत-रासायनिक सैल (Electrochemical cell) बन जाता है जिसके कारण विद्युत-रासायनिक अभिक्रिया होने लगती है और धातु संक्षारित होने लगती है। निमज्जित संक्षारण को वैद्युत-रासायनिक संक्षारण भी कहा जाता है। निमज्जित संक्षारण तीन प्रकार का होता है—

**(a) रासायनिक संक्षारण** (Chemical Corrosion)—इस प्रकार के संक्षारण में धातु तथा द्रव की रासायनिक अभिक्रिया होती है।

**(b) भूमिगत संक्षारण** (Underground Corrosion)—इस प्रकार का संक्षारण फैरस धातुओं तथा भूमिगत संरचनाओं में पाया जाता है।

**(c) जलगत संक्षारण** (Under Water Corrosion)—पानी के पाइपों, बॉयलरों का संक्षारण इसके अन्तर्गत आता है।

## 5.1.3. संक्षारण से हानियाँ (Disadvantages of Corrosion)

1. संक्षारण के कारण धातु की उपयोगिता प्रभावित होती है।
2. संक्षारण के कारण धातु की सतह की चमक खराब हो जाती है।
3. संक्षारण के कारण धातु खराब होने लगती है, जैसे लोहे पर जंग लगने के कारण लोहा खराब हो जाता है।
4. संक्षारण के कारण मशीनों में प्रयुक्त धातु अपने कार्यों के लिये उपयुक्त नहीं रहती है।
5. संक्षारण के कारण धातु का मूल्य कम हो जाता है।
6. संक्षारण के कारण उद्यमियों को आर्थिक हानि का सामना करना पड़ता है।
7. संक्षारण के कारण धातु के बर्तनों में रखी सामग्री के खराब होने का खतरा बना रहता है।
8. ठोस संक्षारक उत्पादों के द्वारा पाइपों का अवरुद्ध होना, जिसके वाल्व तथा पम्प यान्त्रिक रूप से नष्ट होते हैं।
9. बर्तनों तथा पाइपों में भरे द्रव संदूषित (Contaminated) हो जाते हैं।
10. संक्षारण से मशीनों की क्षमता कम हो जाती है, जिसके कारण उत्पादन दर कम हो जाती है।
11. संक्षारण के कारण वाहनों; जैसे हवाई जहाज तथा डैम और पुलों की संरचना के विफल होने से लोगों के जीवन की क्षति होती है।
12. मशीनों की उत्पादन कीमत अधिक होना और मशीनों के संक्षारण से घिसे कलपुर्जों को बदलने के कारण मशीनों की कीमत में वृद्धि हो जाती है।

## 5.1.4. संक्षारण को प्रभावित करने वाले कारक (Factors Affecting Corrosion)

**1. धातु की सक्रियता** (Activity of Metal)—जो धातु अधिक क्रियाशील (Active) होती है, उसका संक्षारण जल्दी होता है। कम क्रियाशील धातुओं; जैसे—Au, Pt तथा Ag आदि का संक्षारण कम होता है।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

**2. आर्द्रता** (Humidity)—यदि वायु में आर्द्रता अधिक है तो संक्षारण की दर भी अधिक होती है। यही कारण है कि वर्षा के दिनों में लोहे पर जंग तेजी से लगता है।

**3. विलयन का pH मान** (pH Value of Solution)—धातु जिस जल या विलयन के सम्पर्क में है यदि उसका pH मान 7 से कम है अर्थात् विलयन अम्लीय है तो धातु के संक्षारण का खतरा उदासीन या क्षारीय माध्यम से कहीं अधिक होता है।

**4. धातु की शुद्धता** (Purity of Metal)—यदि धातु में अशुद्धियाँ अधिक मात्रा में हैं तो धातु के संक्षारण का खतरा भी अधिक रहता है।

**5. ताप** (Temperature)—ताप अधिक होने पर संक्षारण की दर भी अधिक होती है।

**6. धातु की भौतिक अवस्था** (Physical State of Metal)—धातु (मिश्रधातु) के दानों (Grains) का आकार जितना छोटा होगा, उतनी ही विलेयता अधिक होने के कारण संक्षारण अधिक होगा।

**7. धातु की आकृति** (Shape of Metal)—ऐसी धातु जिनकी सतह टेढ़ी-मेढ़ी या खुरदरी होती है, उनका संक्षारण तेजी से होता है।

**8. प्रकाश की उपस्थिति** (Presence of Light)—धातु द्वारा ऊर्जा तथा पराबैंगनी विकिरण (Ultraviolet Radiation) के अवशोषण के कारण उसके संक्षारण की दर बढ़ जाती है।

**9. विद्युत अपघट्यों की उपस्थिति** (Presence of Electrolytes)—विद्युत अपघट्यों (Electrolytes) की उपस्थिति से संक्षारण की दर बढ़ जाती है। जैसे—लोहे का संक्षारण आसुत जल की अपेक्षा समुद्री जल में अधिक होता है।

**10. धातु में विकृति** (Strains in Metal)—यदि धातु की सतह में विकृति; जैसे—खरोंच, दरार या मुड़ी हुई है तो संक्षारण तेजी से होता है।

### 5.1.5. संक्षारण के सिद्धान्त (Theories of Corrosion)

संक्षारण के मुख्य सिद्धान्त निम्न हैं—

(1) अम्ल सिद्धान्त (Acid Theory),

(2) प्रत्यक्ष रासायनिक सिद्धान्त (Direct Chemical Theory),

(3) वैद्युत-रासायनिक सिद्धान्त (Electrochemical Theory)।

**(1) अम्ल सिद्धान्त** (Acid Theory)—इस सिद्धान्त के अनुसार, वायुमण्डल में स्थित $CO_2$ जल के सम्पर्क में आकर कार्बोनिक अम्ल बनाती है। यह अम्ल धातुओं के साथ क्रिया करके उनका संक्षारण कर देता है। लोहे पर जंग लगने की क्रिया को निम्न प्रकार समझा जा सकता है—

$$\underset{\text{(आर्द्रता)}}{H_2O} + \underset{\text{(वायुमण्डल में उपस्थित)}}{CO_2} \longrightarrow \underset{\text{कार्बोनिक अम्ल}}{H_2CO_3}$$

$$Fe + H_2CO_3 \longrightarrow FeCO_3 + H_2$$

$$2FeCO_3 + 5H_2O + 2O_2 \longrightarrow \underset{\text{फेरिक हाइड्रॉक्साइड (जंग)}}{2Fe(OH)_3} + 2H_2CO_3$$

इस सिद्धान्त को मान्यता नहीं दी गई, क्योंकि अम्लीय माध्यम के अलावा क्षारीय माध्यम में भी धातुओं का संक्षारण हो जाता है।

**(2) प्रत्यक्ष रासायनिक सिद्धान्त** (Direct Chemical Theory)—इस सिद्धान्त के अनुसार, वायुमण्डल में $O_2$, $CO_2$, $SO_2$, $H_2S$, जलवाष्प आदि गैसें विद्यमान हैं। ये गैसें धातु की सतह पर साधारण या उच्च ताप पर क्रिया कर लेती हैं तथा धातु का ऑक्सीकरण करके उस पर एक परत बना देती हैं। क्रियाशील धातुः जैसे—Li, Na, K, Ba, Ca आदि साधारण ताप पर क्रिया कर लेती हैं, जबकि उत्कृष्ट धातु; जैसे—Ag, Au तथा Pt को छोड़कर अन्य धातु उच्च ताप पर

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

ऑक्सीकृत हो जाती हैं। इस प्रकार के संक्षारण को **ऑक्सीकरण संक्षारण** (Oxidation Corrosion) भी कहते हैं। इसमें होने वाली अभिक्रियाओं को निम्न प्रकार प्रदर्शित किया जा सकता है—

$$2 \times (M(s) \longrightarrow M^{n+} + ne^-) \quad \text{(ऑक्सीकरण)}$$

$$n \times (O_2 + 2e^- \longrightarrow 2O^{2-}) \quad \text{(अपचयन)}$$

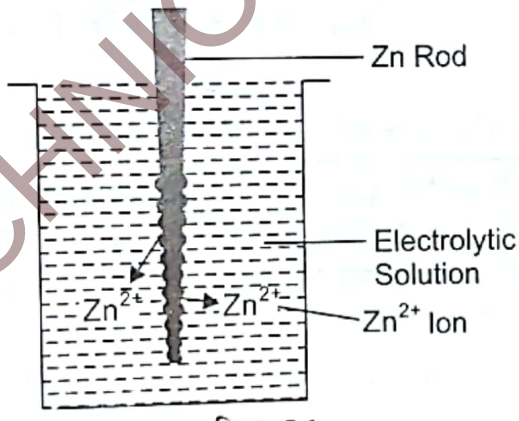
$$2M(s) + nO_2 \longrightarrow 2M^{n+} + 2nO^{2-}$$

**उदाहरण**—खुली वायु में वायुमण्डल में उपस्थित हाइड्रोजन सल्फाइड $H_2S$ गैस चाँदी के पात्रों से क्रिया करके उनकी सतह को काला कर देती है, क्योंकि चाँदी (Ag) और $H_2S$ की क्रिया से $Ag_2S$ बनता है जिसका रंग काला होता है।

**(3) वैद्युत-रासायनिक सिद्धान्त** (Electrochemical Theory)—नर्न्स्ट (Nernst) नामक वैज्ञानिक ने सन् 1889 में इस सिद्धान्त का प्रतिपादन किया। इस सिद्धान्त के अनुसार, धातु की सतह पर अनेक छोटे-छोटे वैद्युत-रासायनिक सैल बन जाते हैं तथा उनमें रेडॉक्स अभिक्रिया प्रारम्भ हो जाती है जिसके कारण धातु धीरे-धीरे घुलकर नष्ट होने लगती है तथा अन्य अवांछनीय पदार्थ बनने लगते हैं। इस क्रिया को ही **संक्षारण** कहते हैं।

विद्युत-रासायनिक सैल में ऑक्सीकरण तथा अपचयन दोनों अभिक्रियाएँ होती हैं। ऐनोड पर ऑक्सीकरण (Oxidation) तथा कैथोड पर अपचयन (Reduction) होता है। यदि धातु ऐनोड की तरह व्यवहार करने लगती है तो उसका ऑक्सीकरण होने लगता है और आयनों के रूप में विलयन में घुलने के कारण धातु का संक्षारण होने लगता है।

**उदाहरण**—Zn की छड़ को यदि ऐसे विद्युत अपघट्य के विलयन में डुबोया जाता है जिसमें इसका ऑक्सीकरण होता है तब Zn के ऑक्सीकरण से $Zn^{2+}$ आयन विलयन में चले जाते हैं तथा इलेक्ट्रॉन Zn की छड़ पर रह जाते हैं तथा Zn धातु तथा $Zn^{2+}$ आयनों व इलेक्ट्रॉन के मध्य एक साम्यावस्था स्थापित हो जाती है जो निम्न प्रकार प्रदर्शित की जा सकती है—




चित्र–5.1

$$\underset{\text{(जिंक परमाणु)}}{Zn} \rightleftharpoons \underset{\text{(जिंक आयन)}}{Zn^{2+}} + \underset{\text{(इलेक्ट्रॉन)}}{2e^-}$$

यदि इस साम्यावस्था में कोई अन्य पदार्थ इलेक्ट्रॉन को ग्रहण करने लगे अर्थात् कैथोड की तरह व्यवहार करने लगे तब $Zn^{2+}$ आयन विलयन में घुलते चले जायेंगे और धातु का संक्षारण होता चला जायेगा।

इस सिद्धान्त के अनुसार, जिस धातु का मानक इलेक्ट्रोड विभव (Standard Electrode Potential) जितना अधिक ऋणात्मक होगा, उसका संक्षारण (ऑक्सीकरण) भी अधिक होगा। जैसे यदि लोहे व कॉपर को मिलाकर मिश्रधातु बनायी जाये तो लोहे का मानक इलेक्ट्रोड विभव अधिक ऋणात्मक होने के कारण उसका संक्षारण पहले होगा।

## 5.1.6. संक्षारण के उदाहरण (Examples of Corrosion)

**उदाहरण 1. लोहे पर जंग का लगना** (Rusting of Iron)—जब लोहे के एक टुकड़े को नम वायु में खुला रखा जाता है तो उसकी सतह पर एक लाल-भूरे (Reddish Brown) रंग की परत जमा हो जाती है। इस परत को जंग तथा लोहे की सतह पर लाल-भूरे रंग की परत बनने की क्रिया को जंग लगना कहा जाता है।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

लोहे पर जंग लगना वास्तव में वायु, जल तथा $CO_2$ की लोहे से संयुक्त अभिक्रिया का परिणाम है। यदि वायु पूर्ण तरह शुष्क है या वायु मुक्त शुद्ध जल है तब लोहे पर जंग नहीं लगती है। जंग रासायनिक रूप से जलयोजित (Hydrated) फैरिक ऑक्साइड ($Fe_2O_3..xH_2O$) है। इसे निम्न समीकरण द्वारा व्यक्त किया जा सकता है—

$$4Fe_{(s)} + 3O_{2(g)} + 2xH_2O \longrightarrow 2Fe_2O_3..xH_2O$$

(आयरन धातु) (वायु में उपस्थित ऑक्सीजन) (वायु में उपस्थित जल) (जंग)

**एनोडिक क्षेत्र (Anodic area) में** ऑक्सीकरण की क्रिया निम्न प्रकार सम्पन्न होती है—

$$Fe_{(s)} \longrightarrow Fe^{2+} + 2e^-; \qquad E^\circ_{(Fe^{2+}/Fe)} = -0.44\ V$$

यहाँ मुक्त हुए इलेक्ट्रॉन धातु माध्यम में गति करके कैथोडिक क्षेत्र में पहुँच जाते हैं। कैथोडिक क्षेत्र में इलेक्ट्रॉन $H^+$ आयनों की उपस्थिति में ऑक्सीजन को अपचयित करते हैं। $H^+$ आयन जल परत में $CO_2$ व जल की क्रिया के फलस्वरूप बने $H_2CO_3$ से प्राप्त होते हैं।

**जल परत (Water film) में**

$$H_2O_{(l)} + CO_{2(g)} \longrightarrow H_2CO_{3(aq)}$$

$$H_2CO_3 \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + HCO^-_{3(aq)}$$

**कैथोडिक क्षेत्र (Cathodic area) में** निम्न क्रिया होती है—

$$O_{2(g)} + 4H^+_{(aq)} + 4e^- \longrightarrow 2H_2O_{(l)}; \qquad E^\circ = 1.23\ V$$

इस प्रकार लोहे की सतह पर एक लघु गैल्वेनिक सैल में सम्पन्न होने वाली रेडॉक्स अभिक्रिया निम्न है—

ऐनोड पर

$$[Fe_{(s)} \longrightarrow Fe^{2+}_{(aq)} + 2e^-] \times 2$$

कैथोड पर

$$O_{2(g)} + 4H^+_{(aq)} + 4e^- \longrightarrow 2H_2O_{(l)}$$

नैट अभिक्रिया

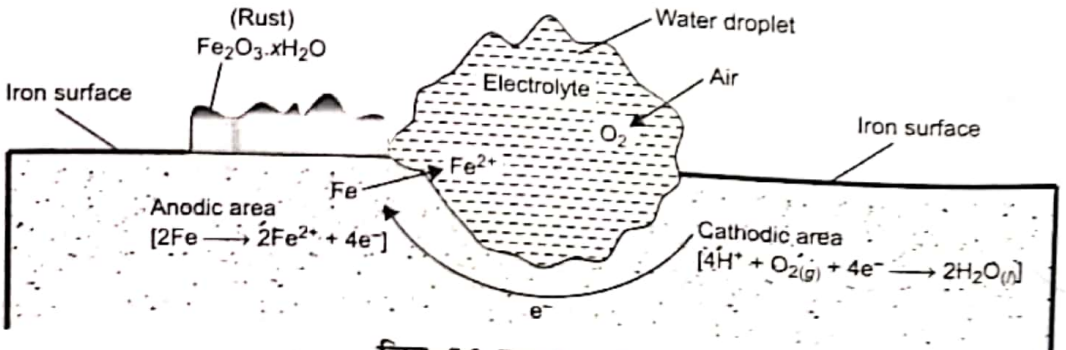
$$2Fe_{(s)} + O_{2(g)} + 4H^+_{(aq)} \longrightarrow 2Fe^{2+}_{(aq)} + 2H_2O_{(l)}; \qquad E^\circ_{Cell} = 1.67\ V$$

लघु गैल्वेनिक सैल में निर्मित $Fe^{2+}$ आयन वायुमण्डलीय ऑक्सीजन द्वारा $Fe^{3+}$ आयनों में ऑक्सीकृत हो जाते हैं तथा वायुमण्डलीय ऑक्सीकरण तथा नमी से संयोग कर जलयोजित आयरन (III) ऑक्साइड ($Fe_2O_3.xH_2O$) का निर्माण करते हैं जो लोहे की सतह पर जंग के रूप में जमा हो जाता है।

$$4Fe^{2+}_{(aq)} + O_{2(g)} + 4H_2O_{(l)} \longrightarrow 2Fe_2O_{3(s)} + 8H^+$$

$$Fe_2O_{3(s)} + xH_2O_{(l)} \longrightarrow Fe_2O_{3(s)}.xH_2O$$

जलयोजित आयरन (III) ऑक्साइड
(Hydrated Ferric Oxide)
(जंग)




**चित्र–5.2. Rusting of Iron**

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

**लोहे पर जंग लगने को प्रेरित करने वाले कारक—**

(i) वायु की उपस्थिति।

(ii) नमी की उपस्थिति।

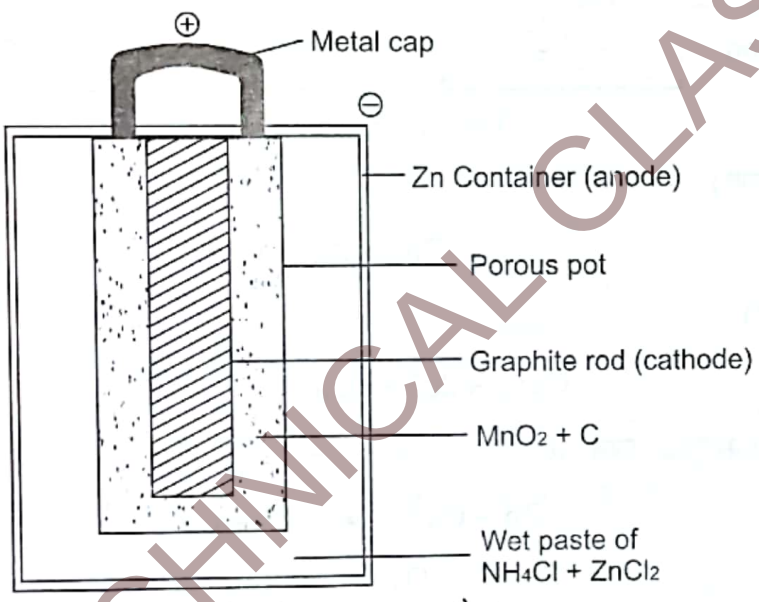
(iii) कार्बन डाईऑक्साइड की उपस्थिति।

(iv) जल में विद्युत अपघट्यों की उपस्थिति।

(v) लोहे में कम विद्युत धनात्मक धातुओं की अशुद्धि के रूप में उपस्थिति।

वैद्युत-रासायनिक सिद्धान्त के अनुसार लोहे की सतह के रासायनिक रूप से भिन्न भाग, घुलित ऑक्सीजन तथा कार्बन डाईऑक्साइड युक्त जल की उपस्थिति में लघु गैल्वेनिक सैलों (Small Galvanic Cells) की भाँति व्यवहार करते हैं। सतह का एक भाग एनोड की भाँति तथा दूसरा कोई अन्य भाग कैथोड की भाँति कार्य करने लगता है जिसके फलस्वरूप एनोड से कैथोड की ओर इलेक्ट्रॉनों का प्रवाह होने लगता है।

जंग लगने की प्रक्रिया को चित्र में दर्शाया गया है—




चित्र 5.3-शुष्क सैल

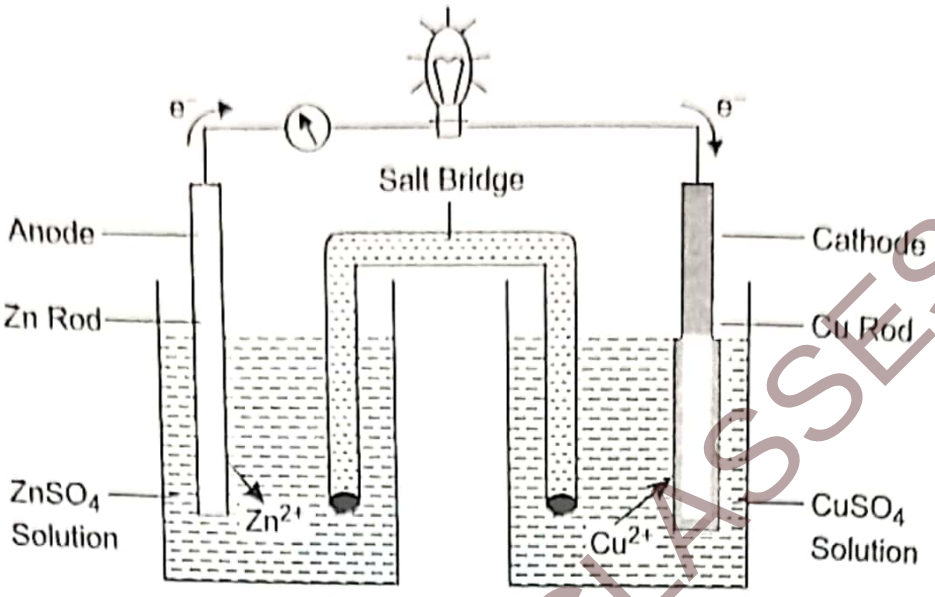
**उदाहरण 2. शुष्क सैल** (Dry Cell)—शुष्क सैल का उपयोग रेडियो, टार्च इत्यादि में किया जाता है। इसका बाहरी आवरण जिंक (Zn) धातु का बना होता है। Zn धातु एनोड का कार्य करती है। इसके मध्य में ग्रेफाइट की एक छड़ लगी होती है जो कि कैथोड का कार्य करती है। इस सैल में अमोनियम क्लोराइड ($NH_4Cl$) का विलयन भरा होता है जो कि विद्युत अपघट्य का कार्य करता है। जब सैल का प्रयोग करते हैं तो एनोड (Zn की छड़) से $Zn^{2+}$ आयन निकलकर ($NH_4Cl$) विलयन में घुल जाते हैं जिससे Zn धातु का संक्षारण होता है तथा उसमें छिद्र हो जाते हैं और सैल खराब हो जाता है।

**उदाहरण 3. गैल्वेनिक सैल** (Galvanic Cell)—गैल्वेनिक सैल में दो अलग-अलग पात्रों में ऑक्सीकरण तथा अपचयन की क्रिया कराई जाती है। दो भिन्न-भिन्न धातुओं की छड़ को उनके लवण के जलीय विलयन में डुबोते हैं तथा उन्हें तारों से जोड़ देते हैं। साल्ट ब्रिज की सहायता से परिपथ (Circuit) को पूरा किया जाता है। **उदाहरण** के लिये, Zn धातु की छड़ को $ZnSO_4$ के विलयन में डुबोते है तथा कॉपर की छड़ को $CuSO_4$ के विलयन में डुबोते हैं। दोनों को कॉपर के तार की सहायता से एक-दूसरे से जोड़ देते हैं। परिपथ को पूरा करने के लिये साल्ट ब्रिज का प्रयोग करते हैं। साल्ट ब्रिज एक U-आकार की काँच की नलिका होती है जिसमें $KNO_3$, $K_2SO_4$ या $NH_4NO_3$ का अगार-अगार विलयन भरा होता है। अभिक्रिया प्रारम्भ होने पर Zn की छड़ से $Zn^{2+}$ विलयन में चले जाते हैं अत: Zn-इलेक्ट्रोड पर ऑक्सीकरण की क्रिया होती है जो कि एनोड की तरह व्यवहार करती है। Cu-की छड़ कैथोड की तरह व्यवहार करती है तथा विलयन में

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

स्थित $Cu^{2+}$ आयन इलेक्ट्रॉन को ग्रहण करके Cu परमाणु बनाते हैं जो कि Cu की छड़ पर निक्षेपित (deposit) हो जाते है। अतः Zn की छड़ गलने लगती है तथा कॉपर की छड़ मोटी होने लगती है। सैल में अभिक्रियाएँ निम्न प्रकार होती है—




चित्र 5.4-Galvanic Cell

एनोड पर (ऑक्सीकरण)

$$Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^- \quad \ldots(1)$$

कैथोड पर (अपचयन)

$$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu \quad \ldots(2)$$

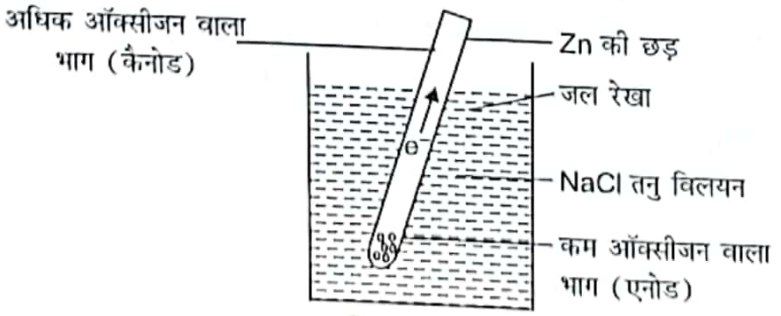
दोनों अभिक्रियाओं को संयुक्त करने पर

$$Zn + Cu^{2+} \rightarrow Zn^{2+} + Cu \quad \ldots(3)$$

$$Zn + CuSO_4 \rightarrow ZnSo_4 + Cu$$

**उदाहरण 4. सान्द्रण सैल संक्षारण** (Concentration Cell Corrosion)—जब कोई धातु ऐसे माध्यम के सम्पर्क में आती है जिसमें विलीन ऑक्सीजन की सान्द्रता असमान होती है तो सान्द्रण सैल उत्पन्न होता है। जिस स्थान पर ऑक्सीजन की सान्द्रता कम होती है वह स्थान ऐनोड की तरह व्यवहार करने लगता है तथा वह स्थान जहाँ ऑक्सीजन की सान्द्रता अधिक होती है, वह कैथोड बन जाता है। इलेक्ट्रॉनों का प्रवाह ऐनोड से कैथोड की तरफ होता है। द्रव माध्यम विद्युत अपघट्य का कार्य करता है।

**उदाहरण** के लिये, जब Zn की छड़ को NaCl के तनु विलयन में डुबाते हैं तो विलयन के अन्दर का भाग ऑक्सीजन की कमी के कारण ऐनोड बन जाता है, जबकि विलयन से बाहर का भाग ऑक्सीजन की अधिकता के कारण कैथोड बन जाता है। छड़ के दोनों भागों में विभवान्तर (Potential Difference) उत्पन्न होने के कारण विद्युत प्रवाहित होने लगती है।




चित्र 5.5

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

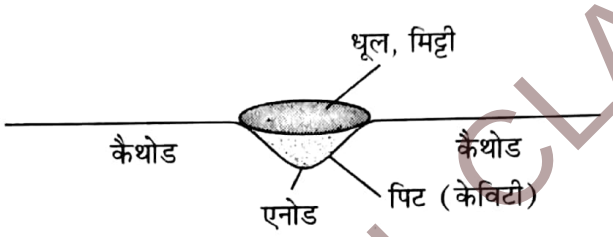
$$Zn \longrightarrow Zn^{2+} + 2e \quad \text{(ऑक्सीकरण)}$$

$$\frac{1}{2}O_2 + H_2O + 2e \longrightarrow 2OH \quad \text{(अपचयन)}$$

इलेक्ट्रॉन का ऐनोड से कैथोड की ओर प्रवाह तथा विलयन में आयनों के गतिमान होने से सर्किट पूरा हो जाता है। जल की बूँदों या लवण के विलयन के कारण आयरन धातु का संक्षारण इसी प्रकार होता है।

**उदाहरण 5. पिटिंग संक्षारण** (Pitting Corrosion)—जब धातु की सतह धूल, गन्दगी, जंग या अन्य पदार्थ से ढक जाती है तो ढके हुए भाग में ऑक्सीजन की सान्द्रता कम हो जाती है तथा यह भाग ऐनोड के रूप में कार्य करने लगता है। शेष सतह वायु के सम्पर्क में होती है तथा वहाँ ऑक्सीजन की अधिकता होती है। यह भाग कैथोड के रूप में कार्य करने लगता है। इस प्रकार सान्द्रण सैल का निर्माण हो जाता है तथा संक्षारण के कारण ढके हुए भाग में गड्ढा (केविटी) बन जाती है। इस प्रकार धातु के ढके हुए भाग पर संक्षारण के कारण पिट (केविटी) बनने के प्रक्रम को पिटिंग संक्षारण कहते हैं।

जैसे-जैसे पिट की गहराई बढ़ती जाती है ऑक्सीजन की बढ़ती कमी के कारण संक्षारण की दर भी तीव्र होती जाती है।




**चित्र 5.6-पिटिंग संक्षारण**

## 5.2.1. शुष्क ( रासायनिक ) संक्षारण (Dry (Chemical) Corrosion)

क्षार धातुएँ (Alkali Metals); जैसे—Li, Na, K, Rb आदि तथा क्षारीय मृदा धातुएँ (Alkaline Earth Metals); जैसे—Be, Mg, Ca आदि वायुमण्डल में स्थित ऑक्सीजन के सम्पर्क में आकर क्रिया कर लेती हैं जिसके फलस्वरूप उनकी सतह पर एक पतली पर्त जम जाती है। इस पर्त को ऑक्साइड पर्त कहते हैं। यह ऑक्साइड पर्त शुष्क या रासायनिक संक्षारण द्वारा बनती है।

वायुमण्डल में उपस्थित गैसें; जैसे–$O_2$, $H_2S$, $CO_2$, $SO_2$, $SO_3$, $H_2S$, $N_2$, $H_2$ आदि धातु से रासायनिक क्रिया करके धात्विक सल्फाइड, ऑक्साइड, कार्बोनेट, नाइट्राइड आदि बना देती हैं जो कि धातु की सतह पर एक पतली पर्त के रूप में जम जाती है। यह भी एक विशेष प्रकार का संक्षारण है जिसे शुष्क संक्षारण कहते हैं। यह निम्न तीन प्रकार का होता है—

**(i) ऑक्सीकरण संक्षारण** (Oxidation Corrosion)—यह संक्षारण नमी की अनुपस्थिति तथा अधिक ताप पर होता है। इसमें धातु का ऑक्सीकरण होता है। क्षार धातु तथा क्षारीय मृदा धातु अधिक क्रियाशील (Active) होने के कारण कम ताप पर भी ऑक्सीकृत हो जाती हैं, किन्तु अधिक ताप पर उत्कृष्ट धातुओं (Au, Ag, Pt) को छोड़कर सभी धातु ऑक्सीकृत हो जाती हैं।

यदि कोई M धातु है, तब

$$2M \longrightarrow 2M^{n+} + 2ne \quad \text{ऑक्सीकरण}$$

$$nO_2 + 2ne \longrightarrow 2nO^{2} \quad \text{अपचयन}$$

$$2M + nO_2 \longrightarrow 2M^{n+} + 2nO^{2}$$

जैसे—

$$2Mg \longrightarrow 2Mg^{2+} + 4e$$

$$O_2 + 4e \longrightarrow 2O^{2}$$

$$2Mg + O_2 \longrightarrow 2MgO$$

AKS TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

**(ii) अन्य गैसों द्वारा संक्षारण** (Corrosion by Other Gases)—वायुमण्डल में उपस्थित अन्य गैसें; जैसे—$CO_2$, $SO_2$, $H_2S$ तथा $Cl_2$ आदि गैसें भी शुष्क रूप से धातुओं का संक्षारण करती हैं तथा धातु की सतह पर एक पर्त बन जाती है। जैसे चाँदी (Ag) के आभूषण वायुमण्डल मे उपस्थित $H_2S$ से क्रिया करके $Ag_2S$ (काला रंग) बना लेते हैं जिसके कारण चाँदी के आभूषणों की ऊपरी सतह काली हो जाती है।

**(iii) द्रव धातु संक्षारण** (Liquid Metal Corrosion)—जब किसी धातु की सतह को उच्च ताप पर बह रहे द्रव के सम्पर्क में लाया जाता है तो यह द्रव धातु से रासायनिक क्रिया करके एक पर्त बना लेता है। नाभिकीय ऊर्जा संयन्त्रों में शीतलक (Coolant) द्वारा इस प्रकार का संक्षारण मुख्य है। इस संक्षारण में द्रव धातु ठोस धातु के अन्दर प्रवेश करके रासायनिक अभिक्रिया कर लेता है।

**ऑक्साइड पर्त के लक्षण** (Characteristics of Oxide Film)—

**(i) स्थायी** (Stable)—स्थायी पर्त धातु की सतह के साथ मजबूती से चिपकी रहती है। साथ ही दानेदार संरचना वाली व छिद्रविहीन होती है। यह पर्त धातु को संक्षारित होने से बचाती है। **उदाहरण** के लिये Al, Cu, Sn तथा Pb आदि धातुओं की सतह पर बनने वाली ऑक्साइड पर्त स्थायी, दृढ़ता से चिपकने वाली तथा छिद्रविहीन होती है।

**(ii) अस्थायी** (Unstable)—कुछ धातुओं; जैसे—चाँदी, सोना तथा प्लेटिनम की सतह पर बनने वाली पर्त अस्थायी होती हैं। यह स्वयं ही धातु तथा ऑक्सीजन में अपघटित हो जाती है। इसलिये Au, Pt तथा Ag का संक्षारण नहीं होता है।

$$\text{धातु ऑक्साइड} \rightleftharpoons \text{धातु} + \text{ऑक्सीजन}$$

**(iii) वाष्पशील** (Volatile)—कुछ धातुओं की सतह पर बनने वाली पर्त वाष्पशील प्रकृति (Volatile Nature) की होती है। यह पर्त बनते ही वाष्पशील हो जाती है जिसके कारण इसके नीचे की सतह तेजी से संक्षारित होती रहती है। **उदाहरण** के लिये, मॉलिब्डेनम ऑक्साइड ($MoO_3$) की पर्त वाष्पशील प्रकृति की होती है।

**(iv) छिद्रयुक्त** (Porous)—कुछ धातुओं की सतह पर बनने वाली पर्त छिद्रयुक्त हो सकती है। इन छिद्रों से होकर ऑक्सीजन धातु को तब तक संक्षारित करती रहती है जब तक सम्पूर्ण धातु ऑक्सीकृत होकर संक्षारित न हो जाये।

## 5.2.2. पिलिंग-बैडवर्थ नियम (Pilling-Bedworth Rule)

पिलिंग तथा बैडवर्थ ने 1923 में धातुओं के सक्षारण के सम्बन्ध में यह नियम दिया। इसके अनुसार—

"धातुओं के ऑक्साइडों का आयतन तथा धातुओं के आयतन कि विशिष्ट मात्रा का अनुपात जितना अधिक होगा, संक्षारण की दर उतनी ही कम होगी। अर्थात् धातुओं के आयतन की मात्रा धातुओं के आक्साइड की पर्त की मात्रा से जितनी अधिक होगी धातु उतनी ही नान पोरस (कम झुरझुरी) होगी जिससे रक्षक पर्त धातु से मजबूती से जुड़ी रहेगी तथा संक्षारण की दर उतनी ही कम होगी।"

(Greater is the specific volume ratio, lesser is the rate of corrosion. If the volume of the metal oxide layer is at least as great as the volume of metal from which it is formed is non-porous and becomes protective layer by tightly adhering to the base metal).

$$\text{विशिष्ट मात्रा अनुपात} = \frac{\text{धातु ऑक्साइड का आयतन}}{\text{धातु का आयतन}}$$

**उदारहण (Example)**—टंगस्टन (W), क्रोमियम (Cr) तथा निकिल (Ni) की विशिष्ट मात्रा का अनुपात क्रमशः 3.6, 2.0 तथा 1.6 है। अतः टगंस्टन के सक्षारण की दर सबसे कम होगी।

## 5.2.3. नम या विद्युत रासायनिक संक्षारण (Wet or Electrochemical Corrosion)

नम या विद्युत रासायनिक संक्षारण की क्रिया धातुओं में नमी के वातारण में होती है। यह धातुओं में शुष्क संक्षारण से ज्यादा पायी जाती है तथा यह क्रिया दो तरह से होती है—

(i) जब धातु विद्युत के चालक द्रवों (Conducting liquid) के सम्पर्क में आते हैं।

(ii) जब दो अलग-अलग धातुओं को आंशिक रूप से किसी विलयन में डुबोया जाता है।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

इस क्रिया को नर्न्स्ट नामक वैज्ञानिक ने सन् 1889 में समझाया। इसके अनुसार, नम वायु की उपस्थिति में धातु की सतह पर अनेक छोटे-छोटे वैद्युत-रासायनिक सैल बन जाते हैं तथा उनमें रेडॉक्स अभिक्रिया प्रारम्भ हो जाती है जिसके कारण धातु धीरे-धीरे घुलकर नष्ट होने लगती है तथा अन्य अवांछनीय पदार्थ बनने लगते हैं। इस क्रिया को ही संक्षारण कहते हैं।

## 5.2.4. अम्लीय वातावरण में हाइड्रोजन के उत्पादन द्वारा नम ( गीले ) संक्षारण की क्रियाविधि (Wet Corrosion in Acidic Atmosphere by Hydrogen Evolution Mechanism)

नम या विद्युत रासायनिक सक्षांरण की क्रिया में ऐनोडिक तथा कैथोडिक क्षेत्रों के बीच इलेक्ट्रॉनों का आदान-प्रदान होता है जिससे इस प्रक्रिया में प्रयुक्त अभिक्रिया विद्युत-रासायनिक सैल की तरह कार्य करती है। विद्युत-रासायनिक सैल में ऑक्सीकरण तथा अपचयन दोनों अभिक्रियाएँ होती हैं। ऐनोड पर ऑक्सीकरण (Oxidation) तथा कैथोड पर अपचयन (Reduction) होता है। यदि धातु ऐनोड की तरह व्यवहार करती है तो उसका ऑक्सीकरण होने लगता है और आयनों के रूप में वियलन में घुलने के कारण धातु का संक्षारण होने लगता है।

### हाइड्रोजन के उत्पादन की क्रियाविधि (Mechanism of Evolution of Hydrogen)

ऑक्सीजन की अनुपास्थिति में—

अम्लीय माध्यम में—

$$2H^+ + 2e^- \longrightarrow H_2 \text{ (अपचयन)}$$

क्षारीय या उदासीन माध्यम में—

$$2H_2O + 2e^- \longrightarrow \overline{OH} + H_2$$

उदाहरण के लिये आयरन धातु लेते हैं—

ऐनोड पर आयरन धातु इलेक्ट्रॉन को त्याग कर फैरस आयन में बदल जाती है।

$$Fe \longrightarrow Fe^{2+} + 2e^- \text{ (ऑक्सीकरण)}$$

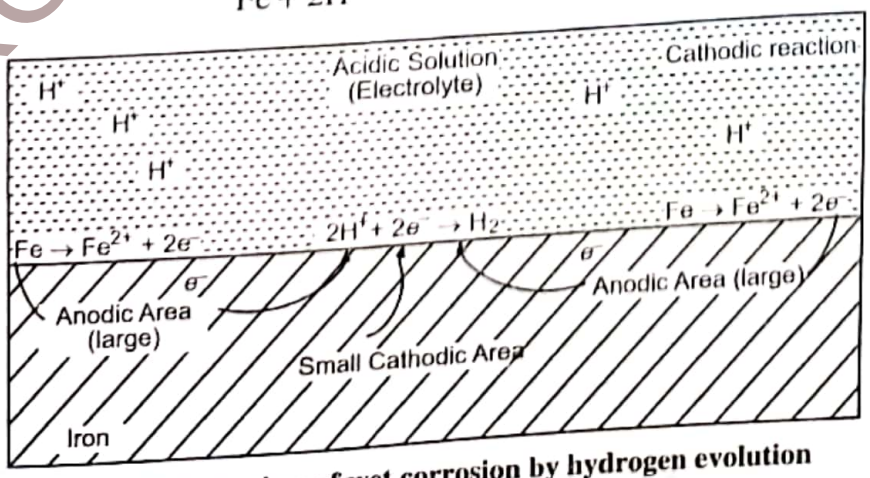
उपरोक्त प्रक्रिया में उत्पन्न इलेक्ट्रॉन धातु द्वारा ऐनोड से कैथोड की ओर चले जाते हैं जिससे हाइड्रोजन आयन ($H^+$), हाइड्रोजन गैस ($H_2$) के रूप में मुक्त हो जाते हैं।

$$2H^+ + 2e^- \longrightarrow H_2 \uparrow \text{ (अपचयन)}$$

विद्युत रासायनिक क्रिया में जो धातु हाइड्रोजन से उपर है वो सभी अम्लीय वियलन में घुलकर हाइड्रोजन गैस उत्पन्न करती है।

सम्पूर्ण अभिक्रिया—

$$Fe + 2H^+ \longrightarrow Fe^{2+} + H_2 \uparrow$$




**चित्र 5.7-Mechanism of wet corrosion by hydrogen evolution**

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

### 5.3.1. संक्षारण की निष्क्रियता (Passivity of Corrosion)—

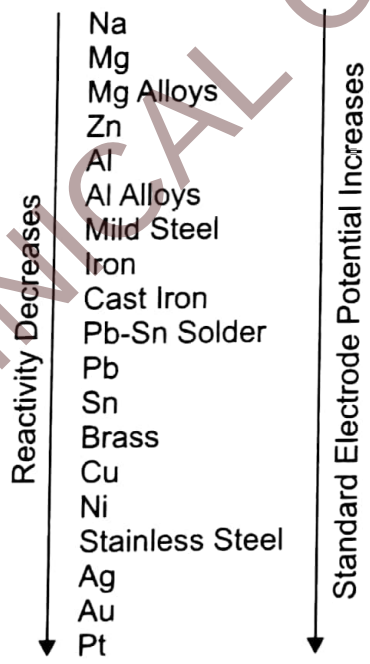
धातुओं का ऑक्सीकरण होने पर उनके ऊपर एक पतली पर्त जम जाती है जिससे धातुओं की विद्युत रासायनिक सक्रियता घट जाती है और धातुओं में संक्षारण की क्रिया में निष्क्रियता आ जाती है। इस प्रक्रिया में धातु की सतह जब ऐसे वातावरण में आती है जिससे उस पर एक ऑक्साइड की मजबूत पर्त बन जाये यह पर्त धातु तथा वातावरण के बीच एक बैरियर का काम करती है तथा लम्बे समय तक धातु के संक्षारण होने कि अभिक्रिया में कमी करती है। इस प्रक्रिया को धातु संक्षारण की निष्क्रियता कहते हैं।

गैल्वनीकरण धातु संक्षारण की निष्क्रियता बढ़ाने की बहुत उपयोगी विधि है। इसमें लोहे या स्टील धातु पर जिंक धातु की पतली पर्त जमा देते हैं। यह पर्त लम्बे समय तक धातुओं पर जमी रहती है तथा धातुओं के संक्षारण की दर में कमी करती है।

### 5.3.2. गैल्वेनिक श्रेणी (Galvanic Series)

**''धातुओं तथा मिश्रधातुओं (Alloys) को उनकी सक्रियता के घटते क्रम में अथवा मानक अपचयन विभव (Standard Electrode Potential) के बढ़ते क्रम में रखने पर जो श्रेणी प्राप्त होती है उसे गैल्वेनिक श्रेणी कहते हैं।''**

विद्युत-रासायनिक श्रेणी की भाँति गैल्वेनिक श्रेणी में ऊपर स्थित धातु या मिश्रधातु उससे नीचे स्थित धातु या मिश्र-धातु से अधिक क्रियाशील होती है तथा उसके मुकाबले अधिक तेजी से संक्षारित होने वाली होती है।




### 5.3.3. विद्युत-रासायनिक श्रेणी तथा गैल्वेनिक श्रेणी में अन्तर (Difference between Electro-chemical Series and Galvanic Series)

| क्र० सं० | विद्युत-रासायनिक श्रेणी | गैल्वेनिक श्रेणी |
|---|---|---|
| 1. | धातुओं को उनके मानक अपचयन विभव के बढ़ते क्रम में रखा गया है। | धातुओं और मिश्रधातुओं को उनकी संक्षारण प्रकृति के घटते क्रम में रखा गया है। |
| 2. | इसमें धातुओं तथा अधातुओं की अलग-अलग श्रेणियाँ हैं। | इसमें धातुओं तथा मिश्रधातुओं की एक ही श्रेणी है। |
| 3. | इसमें मिश्रधातुओं को कोई स्थान नहीं दिया गया है। | इसमें मिश्रधातुओं को धातुओं के साथ रखा गया है। |
| 4. | इसमें प्रत्येक धातु का एक निश्चित स्थान है। | इसमें धातु तथा उसकी मिश्रधातु का स्थान भिन्न-भिन्न है। |

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

## 5.4.1. संक्षारण से बचाव (Prevention of Corrosion)

संक्षारण के कारण धातुओं व मशीनों को काफी नुकसान होता है। संक्षारण के कारण मशीनरी के अनेक कलपुर्जे अनुपयोगी हो जाते हैं जिसके कारण भारी नुकसान का सामना करना पड़ता है। अत: धातुओं को संक्षारित होने से रोकना जरूरी है। अत: धातुओं को संक्षारण से बचने के लिये निम्न उपाय किये जा सकते हैं—

**(1) उपयुक्त डिजाइन द्वारा** (By Proper Designing)—यदि किसी धातु का डिजाइन सही न हो तो उसमें संक्षारण की सम्भावना अधिक रहती है। धातु का डिजाइन बनाते समय निम्न बातों का ध्यान रखना चाहिये—

(i) दो असमान धातुओं का सम्पर्क संक्षारण करने वाले विलयन की उपस्थिति में नहीं होना चाहिये।

(ii) दो असमान धातुओं को जोड़ने के लिये कीलों का प्रयोग नहीं करना चाहिये, बल्कि उनका वेल्डिंग किया जाना चाहिये।

(iii) ऐनोडीय धातु पर पेन्ट या लेपन (Coating) नहीं करना चाहिये।

(iv) डिजाइन में नोकदार कोने न हों जिससे उन पर ठोस पदार्थ न जमा हो सकें।

(v) जुड़ने वाले भागों में कोई छेद या दरार न होनी चाहिये।

(vi) जब धातुओं का सम्पर्क कराना हो तो दोनों धातु विद्युत-रासायनिक श्रेणी में परस्पर समीप होनी चाहिएँ।

**(2) शुद्ध धातु के प्रयोग द्वारा** (By Using Pure Metal)—किसी धातु में जितनी ज्यादा अशुद्धियाँ होंगी, उसका संक्षारण भी उतना अधिक होगा। अत: संक्षारण से बचने के लिये शुद्ध धातु का प्रयोग करना चाहिये।

**(3) मिश्रधातु के प्रयोग द्वारा** (By Using Alloy)—किसी धातु का प्रयोग उसका मिश्रधातु बनाकर किया जाना चाहिये। इसके द्वारा संक्षारण को कम किया जा सकता है। जैसे आयरन के लिये क्रोमियम सबसे उपयुक्त धातु है। अत: आयरन में 13 से 15% क्रोमियम मिलाकर मिश्रधातु बनाया जा सकता है जिसे **फैराइट स्टेनलैस स्टील** कहते हैं।

**(4) संदमक के प्रयोग द्वारा** (By Using Inhibitor)—निरोधक वे पदार्थ होते हैं जिन्हें यदि सूक्ष्म मात्रा में मिला दिया जाये तो वे धातु के चारों ओर अधिशोषित होकर एक सुरक्षात्मक पर्त बना लेते हैं जिससे संक्षारण को रोका जा सकता है। **उदाहरणार्थ,** संक्रमण तत्त्वों के फॉस्फेट तथा क्रोमेट आदि ऐनोडीय निरोधक का कार्य करते हैं।

**(5) उचित माध्यम के प्रयोग द्वारा** (By Using Proper Medium)—संक्षारण नमी या जल के सम्पर्क में अधिक तीव्र गति से होता है, क्योंकि नम वायु में ऑक्सीजन रहती है। अत: धातुओं को संक्षारण से बचाने के लिये नम वायु या जल में घुली हुई ऑक्सीजन को निकालने पर संक्षारण को रोका जा सकता है। इस उद्देश्य के लिये सोडियम सल्फाइट ($Na_2SO_3$) या हाइड्रेजीन ($NH_2 - NH_2$) का प्रयोग किया जाता है।

## 5.4.2. धातु लेपन (Metal Coating)

लेपन धातुओं को संक्षारण से बचाने की उत्तम विधि है। इसमें किसी धातु को संक्षारण से बचाव करने पर उसकी सतह पर किसी धातु का लेपन कर दिया जाता है। लेपन में प्रयोग की जाने वाली धातु यदि कम क्रियाशील है तो यह मुख्य धातु को नमी, जल तथा अन्य अशुद्धियों और गैसों के सम्पर्क में आने से रोकती है। यदि लेपन में प्रयोग की जाने वाली धातु अधिक क्रियाशील है तो संक्षारण होने पर पहले उसी धातु का संक्षारण होता है जो अधिक क्रियाशील होती है। अत: अधिक क्रियाशील धातु ऐनोड की भाँति व्यवहार करती है तथा मुख्य धातु को संक्षारित होने से बचाती है।

### धातु लेपन की विधियाँ (Methods of Metallic Coating)

**(1) गैल्वेनीकरण** (Galvanization)—इस विधि का प्रयोग मुख्यत: लोहे को जंग से बचाने के लिए किया जाता है, क्योंकि जिंक लोहे से अधिक क्रियाशील (अधिक विद्युत धनात्मक) है, अत: जिंक का उपयोग प्राय: लोहे की सतह को ढकने के लिए किया जाता है।

**"लोहे की सतह पर जिंक की एक पतली परत को चढ़ाने की प्रक्रिया को गैल्वेनीकरण (Galvanization) कहा जाता है।" गैल्वेनीकरण को निम्न दो प्रकार से सम्पन्न किया जाता है—**

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

**(i) लोहे को पिघले जिंक में डुबोकर** (By Dipping)—इस विधि में लोहे की चादरों को पिघले हुए जिंक में डुबोया जाता है और फिर उन्हें गर्म रोलरों के बीच से गुजारा जाता है, जिससे लोहे की चादर से चिपका हुआ अतिरिक्त जिंक सतह से अलग हो जाता है और चादरों की सतह पर एक पतली एकसमान जिंक की परत शेष रह जाती है।

**(ii) शेरार्डीकरण द्वारा** (By Sherardizing)—इस विधि में जिंक चूर्ण (Zinc dust) को उच्च ताप पर गर्म किया जाता है और इससे प्राप्त जिंक वाष्प को लोहे की चादरों पर संघनित (Condensed) होने दिया जाता है; जिससे लोहे की सतह पर जिंक की एक पतली एकसमान परत जमा हो जाती है।

लोहे की सतह पर जिंक की परत होने के कारण लोहे की सतह वायु तथा नमी के सम्पर्क में नहीं आने पाती है। जिंक की परत में खरोंच (Scratches) अथवा दरारें (Cracks) उत्पन्न होने पर भी लोहे पर जंग नहीं लगता है। इसका कारण यह है कि जिंक का मानक अपचयन विभव लोहे के मानक अपचयन विभव से कम होता है।

$$E^{\circ}_{(Zn^{2+}/Zn)} = -0.76\ V, \qquad E^{\circ}_{(Fe^{2+}/Fe)} = -0.44\ V$$

उपर्युक्त मानक अपचयन विभवों से स्पष्ट है कि लोहे की तुलना में जिंक में ऑक्सीकृत होने की प्रवृत्ति अधिक होती है। जिंक की परत में दरार पड़ने पर जिंक की परत एनोड की तरह तथा लोहे की परत कैथोड की तरह कार्य करने लगती है जिसके कारण जिंक की परत स्वयं पहले संक्षारित होकर लोहे की परत को संक्षारित होने से बचाती है।

**(2) धातु लेपन की टिनिंग विधि** (Tinning Method of Metallic Coating)—लोहे तथा स्टील की बनी हुई वस्तुओं पर टिन (Sn) धातु की पर्त चढ़ाने की प्रक्रिया को टिनिंग कहते हैं। इस विधि में जिस धातु पर टिन का लेपन करना होता है, उसे 5% तनु HCl या $H_2SO_4$ विलयन से अच्छी प्रकार धोकर साफ करके सुखा लेते हैं। इसके बाद धातु को पिघले हुए जिंक क्लोराइड ($ZnCl_2$) तथा अमोनियम क्लोराइड ($NH_4Cl$) से गुजारते हैं। अब धातु को पिघले हुए टिन के टैंक में ले जाते हैं। इसके बाद उसे पाम ऑयल (Palm Oil) में डुबाते हैं तथा बाहर निकाल लेते हैं। इस विधि का प्रयोग ताँबा, स्टील तथा पीतल आदि धातुओं पर टिन धातु की पर्त चढ़ाने में किया जाता है।

**(3) वैद्युत-लेपन विधि** (Electroplating Method)—धातुओं को संक्षारण से बचाने के लिये यह आधुनिक व सबसे उपयुक्त विधि है। इस विधि में जिस धातु की सतह पर लेपन (Coating) करना होता है, उसे कैथोड बनाते हैं तथा जिस धातु का लेपन करना होता है, उसे ऐनोड बनाते हैं। जिस धातु का लेपन करना होता है उसके किसी लवण का विलयन विद्युत अपघट्य पदार्थ के रूप में एक टैंक में भर लेते हैं। फिर इलेक्ट्रोडों के मध्य विद्युत प्रवाहित करने पर धातु की सतह पर धातु निक्षेपित (deposit) हो जाती है। जैसे लोहे पर आजकल निकिल-कोबाल्ट (Ni-Co) धातुओं के मिश्रण का लेपन किया जाता है। लोहा धातु पर क्रोमियम धातु का लेपन भी किया जा सकता है।

**(4) धातु फुहरन द्वारा** (By Metal Spraying)—इस विधि में लोहा धातु को रक्त तप्त (Red Hot) होने तक गर्म किया जाता है। इसके पश्चात् इसके ऊपर ऐल्यूमिनियम (Al) या जिंक (Zn) पाउडर का समान मात्रा में छिड़काव किया जाता है अथवा इन्हें द्रवित करके इनका स्प्रे किया जाता है। इस विधि का उपयोग अलमारियों, स्वचालित गाड़ियों के फ्रेम आदि पर धातु लेपन करने में किया जाता है।

## 5.4.3. कैथोडिक रक्षण या वैद्युत रक्षण (Cathodic Protection or Electrical Protection)

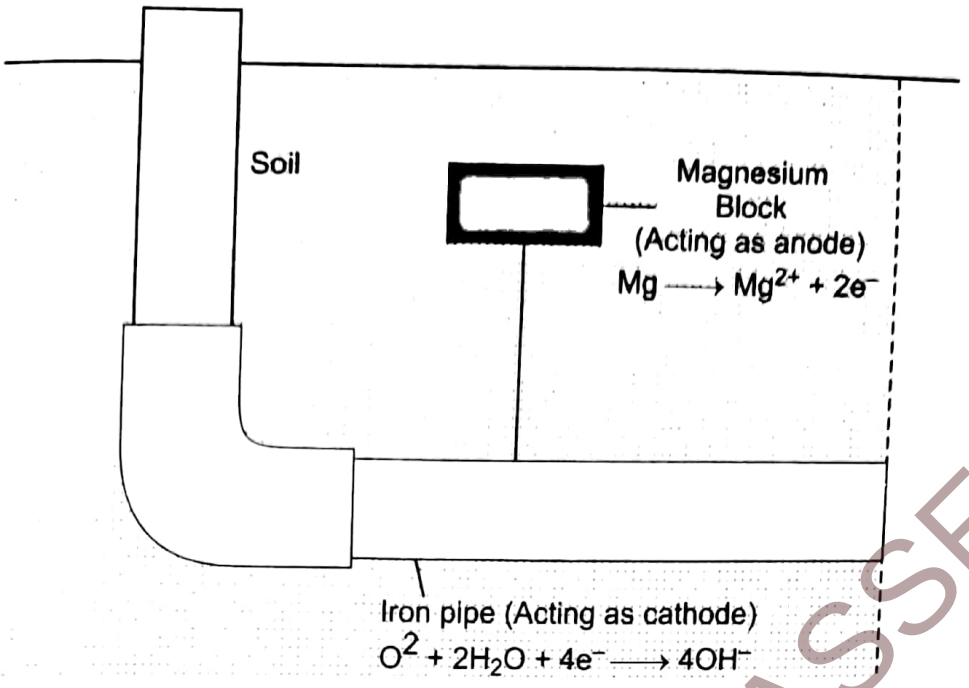
इस विधि का उपयोग धरातल के नीचे दबे पाइपों तथा टैंकों को संक्षारण से रोकने के लिए किया जाता है। इस विधि में जिस धातु को संक्षारण से रोकना होता है। उस धातु को एक अधिक सक्रिय (अधिक विद्युत ऋणात्मक) धातु से जोड़ा जाता है।

धरातल के नीचे स्थित जिस लोहे के पाइप या टैंक की जंग लगने से रक्षा करनी होती है उसके निकट एक अधिक सक्रिय धातु जैसे Mg या Zn की एक प्लेट या ब्लॉक (Block) को रखा जाता है और दोनों को चित्र में दर्शाये अनुसार एक तार से जोड़ दिया जाता है। चूँकि अधिक सक्रिय धातु में ऑक्सीकृत होने की प्रवृत्ति अधिक होती है। अतएव यह लोहे की तुलना में पहले ऑक्सीकृत होती रहती है। इस प्रकार अधिक सक्रिय धातु एनोड का कार्य करती है। उत्सर्जित इलेक्ट्रॉन कैथोड की तरह कार्य कर रहे लोहे के पाइप पर जाकर $O_2$ को $OH^-$ आयनों में अपचयित कर देते हैं।

$$O_2 + 2H_2O + 4e^- \longrightarrow 4OH^-$$

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner




**चित्र—5.8-जमीन के नीचे स्थित लोहे के पाइप का कैथोडिक रक्षण**

सक्रिय धातु के ऑक्सीकरण के कारण एनोड (Mg या Zn) धीरे-धीरे समाप्त होता रहता है। इस प्रकार लोहे का पाइप Mg की उपस्थिति के कारण जंग लगने से बचा रहता है। Mg समाप्त हो जाने पर नया Mg का ब्लॉक स्थापित कर दिया जाता है।

**(5) अकार्बनिक तथा कार्बनिक ( अधात्विक ) पदार्थों का लेपन** (Non-metallic Coating)—धातुओं के ऊपर पेन्ट, वार्निश, ऐनामिल, फॉस्फेट, सीमेन्ट लाइनिंग आदि का विलयन के रूप में लेपन (Coating) करने से इनका संक्षारण से बचाव किया जा सकता है।

## 5.4.4. रासायनिक तथा वैद्युत-रासायनिक ( इलेक्ट्रो-रासायनिक ) संक्षारण में विभेद (Difference between Chemical and Electro chemical Corrosions)

| क्र०सं० | रासायनिक संक्षारण (Chemical Corrosion) | वैद्युत-रासायनिक संक्षारण (Electro-chemical Corrosion) |
|---|---|---|
| 1. | यह संक्षारण शुष्क वातावरण में होता है। | यह गलित अवस्था या विद्युत अपघट्य के जलीय विलयन की उपस्थिति में होता है। |
| 2. | यह संक्षारण धातु की सतह तथा वायुमण्डलीय गैसों के मध्य रासायनिक अभिक्रिया का परिणाम है। | यह धातु की सतह पर छोटे-छोटे गैल्वेनिक सैल बन जाने के कारण होता है। |
| 3. | संक्षारण के कारण बने अवांछनीय पदार्थ संक्षारित स्थान पर ही एकत्र हो जाते हैं। | संक्षारण एनोड पर होता है तथा अवांछनीय पदार्थ एनोड तथा कैथोड कहीं पर भी एकत्र हो जाते हैं। |
| 4. | यह समांग (Homogeneous) तथा विषमांग (Heterogeneous) दोनों ही प्रकार की सतह पर होता है। | यह केवल विषमांग (Heterogeneous) सतह पर ही सम्भव हो पाता है। |
| 5. | **उदाहरण**—धातुओं की सतह पर ऑक्साइड पर्त का बनना। | **उदाहरण**—नमी की उपस्थिति में लोहे पर जंग लगना। |

## 5.4.5. सिमेन्टीकरण प्रक्रिया (Cementation Process)

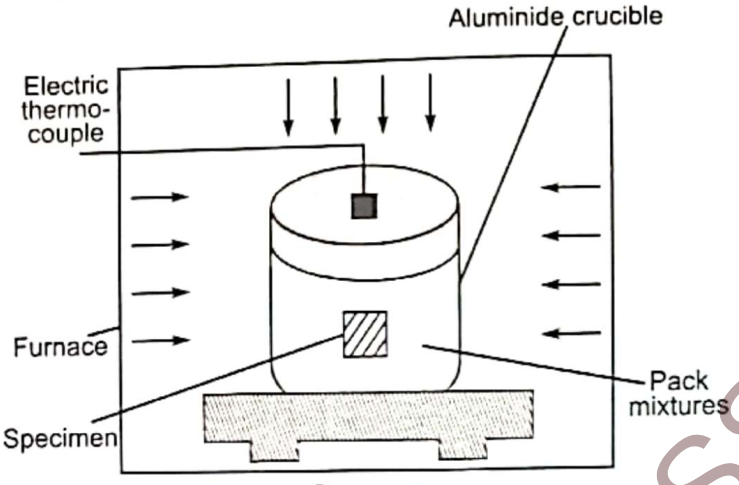
लोहे में कार्बन की कुछ मात्रा मिलाकर स्टील बनाने की इस अप्रचलित प्रौद्योगिकी को सिमेन्टीकरण प्रक्रिया (Cementation Process) कहते हैं।

इस प्रक्रिया में लोहे में कार्बन की अल्प मात्रा मिलायी जाती है। इसके लिये एक 14 फिट लम्बी, 4 फिट चौड़ी तथा 3 से 5 फिट गहरी भट्टी का प्रयोग करते हैं। इसमें लोहे की छड़ तथा चारकोल को मिलाकर एक के उपर एक पर्त के रूप में भट्टी के अन्दर रखते हैं तथा भट्टी को नीचे से गर्म करते हैं। लगभग 14 दिनों के बाद भट्टी में लोहे की रोड पर

AKG TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

लगभग 1% कार्बन की पर्त जम जाती है। इस प्रकार प्राप्त लोहे को फफोलेदार लोहा (Blister steel) कहते हैं जिसे दोबारा गर्म करके ठण्डा करने पर प्राप्त लोहे को Cast Steel कहते हैं।




चित्र–5.9

## 5.4.6. सिमेन्टीकरण प्रक्रिया के अनुप्रयोग (Applications of Cementation Process)

**(1) शेरार्डीकरण** (Sherardizing)—सन् 1900 में शेरार्ड काउपरकोल्स (Sherard Cowpercoles) ने जिंक चूर्ण के साथ सिमेनटेशन की विधि का सिद्धान्त दिया इसलिये इस विधि को शेरार्डीकरण विधि कहते हैं।

इस विधि में आधार धातु (लोहा) को जिंक चूर्ण के साथ 350 – 370° C ताप पर धातु के डब्बे में गर्म करते हैं। इस डब्बे (Drum) को अच्छी तरह बन्द करके स्थिर ताप पर दो से तीन घंटे तक घुमाते हैं जिससे जिंक चूर्ण फैल (Diffused) कर लोहे की सतह पर Fe – Zn मिश्रधातु (Alloy) का निर्माण करता है।

Fe – Zn मिश्रधातु की यह पर्त लोहे की सतह पर एक बहुत बारीक तथा चिकनी (Smooth) पर्त (Film) का निर्माण करती है तथा धातु को लम्बे समय तक संक्षारण से सुरक्षा प्रदान करती है। अत: इस विधि का प्रयोग नट-बोल्ट को वातावरणीय संक्षारण से बचाने में किया जाता है।

**(2) क्रोमीकरण** (Chromizing)—वह प्रक्रिया जिसमें 55% क्रोमियन चूर्ण तथा 45% एलुमिना का सिमेन्टेशन (Cementation) करते हैं, क्रोमीकरण कहलाता है।

इस प्रक्रिया में आधार धातु (लोहा) को, 55% क्रोमियम चूर्ण तथा 45% एलुमिना चूर्ण के साथ मिलाकर 1300 – 1400°C ताप पर एक बन्द डिब्बे में 3 से 4 घंटे तक गर्म करते हैं। इस विधि में एलुमिना चूर्ण को मिलाने का उद्देश्य क्रोमियम के कणों को एक दूसरे से चिपकने से रोकने के लिये किया जाता है जिससे लोहे की ऊपरी सतह पर क्रोमियम की एक पतली पर्त जम जाती है।

यह विधि लोहे की धातु का संक्षारण रोकने में बहुत प्रभावशाली होती है। इसका प्रयोग गैस टरबाईन के ब्लेड़ को वातावरणीय संक्षारण से बचाने में किया जाता है।

**(3) कैलोरीकरण** (Calorizing)—वह प्रक्रिया जिसमें एलुमिनियम तथा एलुमिना चूर्ण का सिमेन्टेशन (Cementation) होता है, कैलोरीकरण (Calorizing) कहलाती है।

इस प्रक्रिया में आधार धातु (लोहा) को ऐलुमिनियम तथा ऐलुमिना के मिश्रण के साथ एक डिब्बे (Drum) में बन्द करके 840 – 930°C ताप पर 4 से 6 घंटे तक गर्म करते हैं जिससे एलुमिनियम diffuse होकर लोहे की धातु के उपर एक पतली फिल्म बना लेता है।

इस विधि का उपयोग बहुत उच्च ताप पर काम करने वाली धातुओं को संक्षारण से बचाने में किया जाता है। कैलोरीकरण से प्राप्त धातुओं का उपयोग भट्टियाँ (Furnace) बनाने में किया जाता है।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

## 5.4.7. उत्सर्गी सरंक्षण (Sacrificial Protection)

जब विद्युत सक्रिय धातुओं को विद्युत रासायनिक विधि द्वारा कम सक्रिय धातुओं से जोड़ा जाता है जिससे विद्युत सक्रिय धातुओं के संक्षारण होने की दर में कमी आ जाती है, इस प्रक्रिया को उत्सर्गी सरंक्षण (Sacrificial Protection) कहते हैं।

इस प्रक्रिया में ऐसी कम सक्रिय धातुओं के इलेक्ट्रॉन, जोकि ऑक्सीकरण क्रिया में अपने इलेक्ट्रॉन खो देती है, अधिक सक्रिय धातुओं द्वारा दान किये गये इलेक्ट्रॉनों के द्वारा बदल जाते हैं जिससे संक्षारित की जाने वाली धातुएँ पुनः अपनी मूल अवस्था में आ जाती हैं जिससे संक्षारण से इनकी रक्षा हो जाती है।

इस विधि में अधिक सक्रिय धातु ऐनोड तथा स्टील धातु कैथोड का कार्य करती है, जिससे स्टील कैथोड संक्षारित नहीं होता है, जबकि ऐनोड संक्षारित होकर इच्छित (Desired) उत्सर्गी सरंक्षण प्रदान करता है। इस उत्सर्गी धातु को निश्चित समयान्तराल में बदलते रहते हैं अन्यथा रक्षित धातु का संक्षारण शुरू हो जाता है।

**उत्सर्गी संरक्षण के अनुप्रयोग** (Application of Sacrificial Protection)—उत्सर्गी सरंक्षण निम्नलिखित को संक्षारण से बचाता है—

1. जमीन के नीचे स्थित टैंक में
2. वाटर हीटर
3. पानी के टैंक में
4. पानी के जहाज के हल्स (Hulls) में
5. पाईप लाईन में

## 5.4.8. प्रभावी धारा वोल्टेज (Impressed Current Voltage)

ऐसी प्रणाली (System) जिसमें वैद्युत अपघट्य (Electrolyte) की प्रतिरोधक क्षमता बहुत अधिक होती है उसमें गैल्विनिक ऐनोड का प्रयोग करना आर्थिक रूप से नुकसानदायक होता है। ऐसी विधि में प्रभावी धारा कैथोडिक संरक्षण (Impressed Current Cathodic Protection) (ICCP) प्रणाली का प्रयोग किया जाता है। प्रभावी धारा वोल्टेज (Impressed Current Voltage) एक तरह का कैथोडिक संक्षारण होता है जो विद्युत रासायनिक प्रक्रिया का प्रयोग करके धातुओं को संक्षारण (Corrosion) से बचाता है। जब धातु की सतह चालक वैद्युत अपघट्य जैसे खारा पानी आदि के सम्पर्क में आती है तब यह कैथोड तथा ऐनोड के बीच स्थितिज ऊर्जा (Potential energy) को कम कर देता है जिससे ऐनोड का घुलना कम हो जाता है।

जब किसी खुले तंत्र में कैथोडिक क्षेत्र ऐनोडिक क्षेत्र की ओर आवेशित (Polarized) हो जाता है। उस स्थिति में प्रभावी धारा कैथोडिक संरक्षण (Impressed Current Cathodic Protection) (ICCP) उत्पन्न होता है।

प्रभावी धारा कैथोडिक संरक्षण निम्नलिखित संरचनाओं तथा धातुओं को संक्षारण से बचाता है—

- ★ ईंधन पाईप
- ★ स्टील
- ★ हल्स (Hulls)
- ★ टैंक
- ★ वाटर हीटर
- ★ तेल के टैंकर
- ★ पानी के जहाज

## 5.4.9. अकार्बनिक लेपन (Inorganic Coatings)

विभिन्न धातुओं के उपर अकार्बनिक पदार्थों के वियलन का लेपन करके भी धातुओं को सक्षांरण से बचाया जा सकता है। अकार्बनिक लेपन की प्रक्रिया विद्युत की उपस्थिति या अनुपस्थिति में रासायनिक क्रिया द्वारा होती है। इसमें धातु की उपरी

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

सतह पर धात्विक ऑक्साइड या अकार्बनिक यौगिक की पतली पर्त जम जाती है जोकि प्राकृतिक रूप से उत्पन्न ऑक्साइड से अधिक, धातुओं को संक्षारण से बचाती है।

**1. ऐनोडीकरण** (Anodizing)—विद्युत ऑक्सीकरण प्रक्रिया द्वारा धातुओं की उपरी सतह पर एक मोटी तथा मजबूत पर्त जमाने की क्रिया को ऐनोडीकरण कहते हैं। ऐनोडीकरण एक विद्युत रासायनिक प्रक्रिया है जिसमें एलुमिनियम ऐनोड की तरह कार्य करता है। जब इस प्रक्रिया में विद्युत धारा प्रवाहित की जाती है तो धातु की उतरी सतह पर एलुमिनियम ऑक्साइड की एक मजबूत पर्त जम जाती है। यह क्रिया साधारण लेपन से भिन्न होती है, क्योंकि इसमें उत्पन्न पर्त धातु की सतह का ही हिस्सा (Part) बन जाती है जोकि दूसरी ऑक्साइड पर्तों को धातु की सतह पर जमने नहीं देती, हालाँकि ऐनोडीकरण की क्रिया संक्षारण की दर में कमी करने की भरोसेमन्द विधि नहीं है। इस प्रक्रिया में धातुओं के संक्षारण की दर को कम करने के लिये धातु की सतह पर पेन्ट आदि करने की आवश्यकता होती है, जबकि धातु का ऐनोडीकरण होने पर उस धातु की सतह पर पेन्ट की पर्त बहुत मजबूती से जमी रहती है।

ऐनोडिक पर्त में क्रोमिक अम्ल, फॉस्फोरिक अम्ल तथा ऑक्जेलिक अम्ल आदि के विलयन का प्रयोग करते हैं।

**2. फॉस्फेटीकरण** (Phosphating)—धातुओं की उपरी सतह को संक्षारण से बचाने के लिये बहुत सारी लेपन विधियों का प्रयोग किया जाता है परन्तु जब ऑर्थोफॉस्फेट के विलयन में आयरन, जिंक तथा मैग्नीज आदि मिलाकर इस विलयन का प्रयोग ब्रुश या स्प्रे द्वारा धातु (Steel) की सतह पर करते हैं तो इस प्रक्रिया को फॉस्फोरीकरण कहते हैं।

उदाहरण के लिये ऑर्थोफॉस्फोरिक अम्ल ($H_3PO_4$) में डाइहाइड्रोजन जिंक फॉस्फेट $Zn(H_2PO_4)_2.2H_2O$ मिलाकर स्टील की सतह पर इस वियलन का स्प्रे करने पर स्टील की उपरी सतह पर एक मोटी, सरन्ध्र (Porous), फॉस्फेट के क्रिस्टल की पर्त जम जाती है जोकि स्टील की सतह के गुणों में वृद्धि कर देती है तथा उसके संक्षारण की दर को कम कर देती है। हालाँकि यह फॉस्फेट पर्त भी अकेले, धातु की सतह को संक्षारण से नहीं बचा सकती परन्तु यह फॉस्फेटिक पर्त धातु की सतह पर पेन्ट, तेल, मोम, ग्रीस आदि को लगाने के लिए बहुत अच्छी सतह प्रदान करती है जिससे स्टील के संक्षारण में बहुत कमी आ जाती है।

## 5.4.10. कार्बनिक लेपन (Organic Coatings)

कार्बनिक लेपन, बाधा लेपन (Barrier coating) की तरह होते हैं। ये पदार्थ तथा वातावरण के बीच बाधा का कार्य करके उनको संक्षारण से बचाते हैं। कार्बनिक लेपन बहुत मजबूत होता है। इसका प्रयोग वस्तुओं को सजाने में भी किया जाता हैं। कार्बनिक लेपन प्रारम्भिक रूप में रासायनिक रूप से अक्रिय वस्तुओं पर किया जाता है। कार्बनिक लेपन में प्रयुक्त सामग्री प्रारम्भिक रूप में सब्जियों, वनस्पतियों तथा जन्तुओं से प्राप्त पदार्थों से तैयार की जाती हैं जोकि वस्तुओं पर मजबूती से चिपक जाती हैं। इसका उपयोग वस्तुओं की सतह को चिकना करने तथा सजाने में भी किया जाता है।

यह ऑक्सीकरण तथा संक्षारण के बीच बाधा पर्त की भाँति व्यवहार करता है। प्रारम्भिक रूप में कार्बनिक लेपन उसकी रासायनिक सक्रियता तथा अछिद्रता (Impermeability) पर निर्भर करता है। विभिन्न प्रकार के कार्बनिक लेपन पदार्थों का प्रयोग किया जाता हैं। जो निम्नलिखित हैं—

### वार्निश (Varnishes)

रेजिन युक्त पदार्थों; जैसे—लाख, गोंद आदि को तारपीन के तेल या एल्कोहॉल में घोलने पर जो तरल पदार्थ प्राप्त होता है, उसे वार्निश कहते हैं। किसी सतह पर इसकी पतली पर्त चढ़ा देने पर वह सतह सुन्दर, चमकदार व कड़ी हो जाती है।

**वार्निश के मुख्य अवयव** (Main Ingradients of Varnish)—वार्निश के मुख्य अवयव निम्नलिखित हैं—

**(i) आधार** (Base)—यह वार्निश का मुख्य अवयव होता है। आधार के रूप में मुख्यत: लाख, गोंद आदि पदार्थों का प्रयोग किया जाता है।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

**(ii) वाहक** (Vehicle)—वाहक का कार्य वार्निश की जाने वाली सतहों पर आसानी से फैलना होता है। इसके लिये अलसी का तेल विशेष रूप से प्रयुक्त होता है।

**(iii) विलायक** (Solvent)—इसका प्रयोग वार्निश को पतला करने में किया जाता है। विलायक के रूप में मुख्यत: तारपीन का तेल, मिट्टी का तेल, ईथाइल एल्कोहॉल, ऐसीटोन आदि का प्रयोग किया जाता है।

**(iv) शुष्कन** (Drier)—शोषक वार्निश की जाने वाली सतह को जल्दी सूखने में सहायता करता है। शोषक के रूप में मुख्यत: लिथार्ज, कोबाल्ट ऐसीटेट, लैड आदि के यौगिक प्रयोग किये जाते हैं।

**वार्निश के गुण** (Characteristics of Varnish)—अच्छे वार्निश के निम्नलिखित गुण होने चाहिएँ—

1. यह शीघ्र सूखने वाला होना चाहिये।
2. इसकी परत स्थायी व चमकदार होनी चाहिये।
3. इसकी परत के ऊपर वायुमण्डलीय परिस्थितियों का अधिक प्रभाव नहीं पड़ना चाहिये।
4. सूखने के उपरान्त सतह पर दरारें नहीं पड़नी चाहिएँ।
5. यह जलरोधी होना चाहिये।
6. यह विषरहित होनी चाहिये।

## वार्निश का निर्माण (Preparation of Varnish)

वार्निश के निर्माण के लिये आधार के रूप में प्रयुक्त होने वाले पदार्थों को पिघलाकर उसमें अलसी का गर्म तेल मिलाते हैं। मिश्रण को ठण्डा करके उसमें उचित विलायक मिलाते हैं और फिर शोषक की उचित मात्रा मिलाकर मिश्रण को छान लेते हैं। इस प्रकार छनित के रूप में वार्निश प्राप्त हो जाता है।

## वार्निश के प्रकार (Types of Varnish)

**1. स्प्रिट वार्निश** (Spirit Varnish)—लाख या अम्बर रेजिन को मिथाइलेटिड स्प्रिट में घोलकर स्प्रिट वार्निश बनाया जाता है। इसका उपयोग उच्च श्रेणी के फर्नीचर को सुन्दर तथा टिकाऊ बनाने में किया जाता है।

**2. तेल वार्निश** (Oil Varnish)—अम्बर रेजिन या कोपल को वाष्पशील विलायकों या अलसी के तेल में घोलने पर तेल वार्निश बनता है। इसका उपयोग बाहरी सतहों के लेपन में किया जाता है।

**3. जल वार्निश** (Water Varnish)—इसे बनाने के लिये लाख या शैलक में उचित मात्रा में बोरेक्स मिलाकर मिश्रण को गर्म पानी में घोलते हैं। इसका उपयोग आन्तरिक कार्यों के लिये किया जाता है।

**4. तारपीन वार्निश** (Turpentine Varnish)—इसे डैमर गोन्द या अन्य प्राकृतिक रेजिन को तारपीन के तेल में घोलकर बनाया जाता है। यह शीघ्रता से सूख जाता है।

**5. लैदर वार्निश** (Leather Varnish)—लाख को स्प्रिट में घोलकर मिश्रण में भूरा रंग मिलाने पर लैदर वार्निश प्राप्त होता है। इसका उपयोग चमड़े की सतह को चमकाने में किया जाता है।

**वार्निश करने पर उत्पन्न होने वाले दोष** (Defects Occurring in Varnishing)—

1. वायुमण्डल के प्रभाव के कारण वार्निश की सतह जगह-जगह से चटक जाती है।
2. वार्निश के पतला होने के कारण यह सतह को अच्छी तरह से कवर नहीं कर पाता।
3. वार्निश की गयी सतह को रगड़ने पर तेल की छोटी-छोटी बूँदें दिखाई देती हैं जिसे **वार्निश का पसीजना** कहते हैं।
4. वार्निश में शोषक की अधिक मात्रा होने पर वार्निश की गयी सतह जल्दी सूखने लगती है, जिस कारण सतह जगह-जगह पर चटक जाती है।

**वार्निश की विशेषताएँ तथा उपयोग**—वार्निश थर्मोसेटिंग रेजिन तथा तेल से मिलकर बनते हैं। ये पारदर्शी होते हैं तथा इनका प्रयोग अकेले ही किया जाता है। व्यवसायिक रूप से इनका मुख्य उपयोग मोटर वाहनों में किया जाता है परन्तु इनमें कुछ रंगीन यौगिक मिलाकर इनका प्रयोग वस्तुओं पर लेपन कार्य में भी किया जाता है। वार्निश बनाने में प्रयुक्त पदार्थों के आधार पर इनके गुण तथा विशेषताएँ निर्भर करती हैं। ये मुख्यत: पारदर्शी से गहरे सुनहरे रंग के होते हैं। जापान वार्निश में

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

कार्बन की मात्रा अधिक होने के कारण यह काले रंग का होता है। वार्निश बनाने में प्रयुक्त तेलो के उपर भी इनके गुण निर्भर करते है। एल्केल्साइड युक्त तेल से बनी वार्निश मजबूत, दृढ़, जल्दी सूखने वाली तथा लेपन की गई सतह पर अधिक समय तक चिपकी रहती है। मुख्यत: वार्निश का उपयोग बोतल के ढक्कन, भोजन में प्रयुक्त कन्टेनर तथा विभिन्न धातुओं को धातु संक्षारण से बचाने मे किया जाता है।

**2. इनेमल** (Enamels)—अन्तरंग (Intimate) फैलाव (Dispersion) वाले रंगीन वार्निश, इनेमल कहलाते हैं। ये कमरे के ताप पर ऑक्सीकरण क्रिया द्वारा जल्दी सूख जाते हैं। संघटन के आधार पर इनके गुण बदलते हैं। इनका किसी सतह पर लेपन करने पर ये उस सतह पर चमक उत्पन्न कर देते हैं। साधारणतया इनेमल का प्रयोग विभिन्न पदार्थों तथा धातुओ की सतह को वातावरण के प्रभाव से बचाने के लिये किया जाता है।

व्यवसायिक रूप से इनका प्रयोग घरों में काम आने वाली वस्तुओं; जैसे-वाशिंग मशीन, स्टोव, रेफ्रीजेरेटर, रसोई की केबिनेट आदि की उपरी सतह पर चमक उत्पन्न करने तथा उनको संक्षारण से बचाने में किया जाता है।

**3. रंग** (Paints)—सामान्यत: सभी कार्बनिक लेपन में प्रयुक्त पदार्थों को पेन्ट कहते हैं। किसी वर्णक के बारीक चूर्ण को किसी उपयुक्त तेल में मिलाकर जो मिश्रण प्राप्त होता है, उसे पेण्ट कहते हैं।

पेण्ट, गाढ़ा व चिकना द्रव होता है। इसका उपयोग धातुओं तथा लकड़ी के सामान पर लेपन करने तथा उन्हें चमकदार बनाने मे किया जाता है।

**पेण्ट के गुण** (Characteristics of Paint)—

1. पेण्ट पतला होना चाहिये।
2. पेण्ट अच्छा व सस्ता होना चाहिये।
3. शीघ्र सूखने वाला होना चाहिये।
4. सूखने के उपरान्त इसमें दरारे नहीं पड़नी चाहिये।
5. इसकी सतह को अधिक से अधिक ढकने की क्षमता होनी चाहिऐ।

**पेण्ट के मुख्य अवयव** (Main Ingredients of Paints)—पेन्ट के निर्माण में मुख्य रूप से निम्न अवयव प्रयुक्त होते हैं—

**1. आधार** (Base)—इसका मुख्य कार्य पेण्ट की जाने वाली सतह के गड्ढे भरना होता है। जिंक क्लोराइड, सफेदा आदि पदार्थ इस कार्य के लिये प्रयुक्त किये जाते हैं।

**2. वाहक** (Vehicle)—यह पेण्ट को तरलता प्रदान करता है। वाहक के रूप में मुख्यत: अलसी के तेल का प्रयोग किया जाता है।

**3. विलायक** (Solvent)—यह पेण्ट को पतला करने के काम आता है जिससे कम पेण्ट को अधिक सतह पर फैलाया जा सके। इस कार्य के लिये तारपीन का तेल, कैरोसीन तेल प्रयुक्त होते हैं।

**4. शोषक** (Drier)—ये पेण्ट की गयी सतह को शीघ्रता से सूखने में सहायता करते हैं। लिथार्ज, मैंगनीज ऑक्साइड आदि इस कार्य के लिये प्रयुक्त होते हैं।

**5. रंजक** (Colouring Pigments)—पेन्ट को इच्छित रंग देने के लिये इनका प्रयोग किया जाता है। कुछ रंग देने वाले मुख्य पदार्थ निम्न हैं—

(i) हरा रंग देने वाले पदार्थ—क्रोमियम ऑक्साइड ($Cr_2O_3$), एमराल्ड ग्रीन।
(ii) लाल रंग देने वाले पदार्थ—रेड लैड ($Pb_3O_4$), लिथार्ज (PbO)।
(iii) नीला रंग देने वाले पदार्थ—प्रशियन ब्ल्यू, कोबाल्ट ब्ल्यू।
(iv) पीला रंग देने वाले पदार्थ—लैड क्रोमेट ($PbCrO_4$) तथा लिथार्ज (PbO)।
(v) काला रंग देने वाले पदार्थ—लैम्प ब्लैक, कार्बन ब्लैक।

AKG TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

**पेण्ट के प्रकार** (Types of Paints)—पेण्टस् मुख्य रूप से निम्न प्रकार के होते हैं—

**1. तैयार पेण्ट** (Readymade Paints)—इस तरह के पेण्ट चूर्ण या गाढ़े द्रव के रूप में होते हैं। इनको प्रयोग करने से पहले इनमें तारपीन का तेल मिलाते हैं।

**2. इनेमल पेण्ट** (Enamel Paints)—इन पेण्ट का लेपन बाहरी सतहों पर किया जाता है। इस पेण्ट को बनाने के लिये वार्निश को सफेदा तथा जस्ता के साथ पीसकर बारीक चूर्ण बनाया जाता है।

**3. प्लास्टिक पेण्ट** (Plastic Paints)—इन पेण्ट से जिन सतहों पर लेपन किया जाता है, वे सुन्दर तथा चमकदार हो जाती हैं। इन सतहों पर लगे दाग-धब्बों को भी आसानी से धोया जा सकता है।

**4. डिस्टेम्पर** (Distemper)—इनको खड़िया तथा रंग के बारीक चूर्ण को जल के साथ मिलाकर तैयार किया जाता है। इनका प्रयोग अन्दर की सतहों के लेपन में किया जाता है।

**5. ऐल्यूमिनियम पेण्ट** (Aluminium Paints)—ऐल्यूमिनियम के चूर्ण को वार्निश के साथ मिलाकर यह पेण्ट तैयार किया जाता है। इसका प्रयोग पानी के जहाजों में पानी के अन्दर पेन्ट करने में किया जाता है।

**6. सीमेन्ट पेण्ट** (Cement Paints)—यह सफेद सीमेण्ट में कैल्शियम क्लोराइड तथा बुझा हुआ चूना मिलाकर तैयार किया जाता है। इस पेण्ट का लेपन सतह को मजबूती प्रदान करता है।

### पेण्ट करने में उत्पन्न होने वाले सामान्य दोष तथा उनका निराकरण (Defects Occurring in Painting and their Treatment)

1. ब्रुश से पेण्ट करने पर कभी-कभी सतहों पर ब्रुश के निशान दिखाई देते हैं। इनको दूर करने के लिये पेण्ट को तारपीन का तेल मिलाकर पतला कर लेना चाहिये।

2. पेण्ट करने वाली सतह के सूखने पर कभी-कभी पेण्ट किसी स्थान पर चटक जाता है। इसको दूर करने के लिये लेपन की क्रिया में इस बात का ध्यान रखना चाहिये कि पहले किया गया पेण्ट अच्छी तरह से सूख चुका हो।

3. पेण्ट की गयी सतह पर पपड़ी हटने लगती है, इसे **लिफ्टिंग** कहते हैं। इसको दूर करने के लिये पेण्ट की जाने वाली सतह का अच्छा तरह बेस तैयार कर लेना चाहिये।

4. कभी-कभी पेण्ट की गयी सतहों पर फफूँदी लग जाती है अत: पेण्ट का लेपन करते समय इसमें कीटाणुनाशक की कुछ बूँदें मिला देनी चाहिएँ।

**पेण्ट के उपयोग** (Uses of Paints)—

1. धातु से बनी वस्तुओं को जंग से बचाने के लिये।
2. लकड़ी से बने खिड़की, दरवाजों को नमी तथा धूप से बचाने के लिये।
3. वस्तुओं में चमक उत्पन्न करने के लिये।
4. वस्तुओं को मौसम के प्रभाव से बचाने के लिये।
5. लकड़ी से बनी वस्तुओं की उम्र बढ़ाने के लिये।

**Note :** पेण्ट धातुओं के उपर पतली पर्त के रूप में मजबूती से जम जाते हैं जिससे धातुओं की उपरी सतह सीधे वातावरण के सम्पर्क में नहीं आ पाती तथा पेण्ट की पर्त संक्षारण के लिये जिम्मेदार पदार्थों के लिये निष्क्रियता का कार्य करती है जिससे धातुओं का संक्षारण का कम हो जाता है।

## 5.4.11. आन्तरिक संक्षारण तथा बचाव के उपाय (Internal Corrosion and Preventive Measures)

**आन्तरिक संक्षारण** (Internal Corrosion)—आन्तरिक संक्षारण से अभिप्राय पाईपलाईन के अन्दर संक्षारण होने से है। इस प्रकार का संक्षारण पाईप के अन्दर मौजूद कार्बन-डाई-ऑक्साइड ($CO_2$), हाइड्रोजन सल्फाइड ($H_2S$), जल तथा अन्य प्रकार के कार्बनिक अम्लों से उत्पन्न होता है। ये यौगिक पाईप के अन्दर की सतह पर ऐनोडिक तथा कैथोडिक अभिक्रियाएँ करते हैं तथा इन क्रियाओं से जो उत्पाद बनता है वो पाईप के अन्दरर की सतह पर जम कर उस सतह का संक्षारण शुरू कर देता है।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

आन्तरिक संक्षारण की दर संक्षारित यौगिकों की सान्द्रता, तापमान गति तथा उनकी सतह की प्रकृति के उपर निर्भर करती है।

### आन्तरिक संक्षारण से बचाव के उपाय (Preventive Measures of Internal Corrosions)

आन्तरिक संक्षारण से बचाव के लिये पाईपों के अन्दर विपरीत संक्षारण लेपन (Anti-corrosion coating) करना चाहिये तथा उनकी निश्चित समयान्तराल पर देखभाल करते रहना चाहिये जिससे संक्षारण की क्रिया आरम्भ होने का जल्दी ही पता चल जाये तथा इस प्रकार के पाईप बनाने में मिश्र धातुओं का प्रयोग करना चाहिये। आन्तरिक संक्षारण से बचाव के निम्नलिखित उपाय हैं—

**(i) निष्क्रियता** (Passivating)—इस विधि द्वारा धातुओं को संक्षारण से बचाया जाता है। इसका मुख्य उद्देश्य धातुओ की क्षय होने की दर कम करना होता है। धातुओं की निष्क्रियता उसकी उपरी सतह को नुकसान पहुँचाने वाली रासायनिक क्रियाओं के प्रभाव को कम करती है। अत: अधिक सक्रिय धातुओं के उपर कम सक्रिय पदार्थों या धातुओं की पर्त जमा देते हैं। जब इस तरह की पर्त अपने आप प्रकृति द्वारा धातु की सतह पर बन जाती है तो उसे **स्वयं निष्क्रियता** कहते हैं। धातुओं की निष्क्रियता जितनी अधिक होती है उसके संक्षारण की दर उतनी ही कम होती है। धातुओं की निष्क्रियता बढ़ाने के लिये उसकी ऊपरी सतह पर ऑक्सीकारक यौगिकों की क्रिया द्वारा ऑक्साइड की पर्त जमा देते हैं।

एलुमिनियम धातु की निष्क्रियता बढ़ाने के लिये उसकी क्रिया नाइट्रिक अम्ल ($HNO_3$) से करा देते हैं।

**(ii) उदासीनीकरण** (Neutralizing)—उदासीनिकरण अभिक्रिया एक रासायनिक अभिक्रिया हैं जिसमें अम्ल तथा क्षार आपस में क्रिया करके तुरन्त ही उदासीन हो जाते हैं। इस अभिक्रिया में जल तथा लवण बनते हैं तथा यह एक ऊष्माक्षेपी अभिक्रिया होती है। उदासीनीकरण कि क्रिया संक्षारण की दर में कमी करती है।

**कैल्साइड** (Calcite) एक सामान्य उदासीनिक यौगिक है। यह सामान्य ताप पर पदार्थों की pH को सामान्य करके उनके संक्षारण होने की दर को कम कर देता है। विभिन्न प्रक्रियाओं में संक्षारण की दर को कम करने के लिए उचित उदासीनिक पदार्थों का प्रयोग किया जाता हैं। जैसे ऐमीन का प्रयोग शीतलक प्रणाली (Condensing Systems) की pH को सामान्य रखता है जिससे इस प्रक्रिया में उपयोग होने वाले पदार्थों का संक्षारण कम हो जाता है।

उदासीनीकरण पदार्थ पेट्रोलियम उद्योगों में प्रयुक्त होने वाली वस्तुओं की संक्षारण दर को कम कर देते हैं।

**(iii) निषेध** (Inhibition)—वे पदार्थ जो संक्षारण की दर को घटा देते हैं, अवरोधक या निषेध (inhibitor) कहलाते हैं। ये पदार्थ बहुत कम मात्रा में मिलाने पर ही धातु के संक्षारण की दर को कम कर देते हैं।

ये तीन प्रकार के होते हैं—

(a) एनोडिक निषेधक

(b) कैथोडिक निषेधक

(c) मिश्रित निषेधक

**निषेधक की क्रिया विधि (Mechanism of Inhibitors)**

★ निषेधक के अणु धातु की सतह पर रासायनिक अधिशोषण द्वारा अवशोषित एक पतली पर्त का निर्माण करते हैं।

★ ये धातु की सतह पर धातु ऑक्साइड की पर्त बना देते हैं जिससे धातु की निष्क्रियता बढ़ जाती है।

★ विद्युत रासार्यनिक विधि द्वारा निषेधक की क्षमता ज्ञात की जा सकती है।

## 5.4.12. उष्मीय उपचार (Heat Treatment)

इस्पात या स्टील के गुण उष्मा उपचार पर निर्भर करते हैं। कुछ उष्मा उपचार निम्नलिखित हैं—

**1. कठोरीकरण** (Quenching or Hardening)—रक्त तप्त धातु को ठण्डे पानी में डालकर तुरन्त ठण्डा करने की क्रिया को कठोरीकरण (Quenching) कहते हैं। इस प्रक्रिया से प्राप्त धातु कठोर व भंगुर होती है। कठोरीकरण एक यांत्रिक (Mechanical) प्रक्रिया है। इससे स्टील तथा अन्य मिश्र धातुओं की तन्यता (Strength), कठोरीकरण, आदि गुणों में बहुत अधिक वृद्धि होती है।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

कठोरीकरण प्रक्रिया में निम्नलिखित ठंडे पदार्थ प्रयुक्त होते हैं—

- ★ हवा, ऑर्गन, नाइट्रोजन गैस आदि
- ★ द्रवीय पॉलीमर
- ★ कार्बनिक तेल
- ★ जल

कठोरीकरण होने के बाद धातुओं में संक्षारण होने की दर में कमी आ जाती है, जिससे विभिन्न मशीनों में प्रयुक्त धातुओं की उम्र बढ़ जाती है और मशीनें लम्बे समय तक खराब नहीं होतीं। एकदम तेजी से रक्त-तप्त धातु को ठण्डा करने पर उसमें क्रिस्टल सरंचना नहीं बन पाती तथा इस स्थिति में धातु की अक्रिस्टलीय (Amorphous) संरचना बन जाती है।

**2. तापानुशीतन** (Annealing)—रक्त तप्त धातु को धीरे-धीरे ठण्डा करने की क्रिया को धातु का तापानुशीतन कहते हैं। इस प्रक्रिया से प्राप्त धातुओं का लचीलापन बढ़ जाता है और उनमें दरार पड़ने की क्रिया में कमी आ जाती है।

अर्द्धचालक (Semi-conductor) बनाने की प्रक्रिया में सिलिकन धातु का तापानुशीतन करने पर उसमें बाहर से मिलाये गये परमाणु; जैसे बोरॉन, फॉस्फोरस, ऑर्सेनिक विसरित होकर क्रिस्टल के जालक में स्थान प्राप्त कर लेते हैं, जिससे सिलिकॉन के गुणों में बहुत अधिक बदलाव आ जाता है और इस प्रकार प्राप्त सिलिकॉन से अर्द्धचालक बनाये जाते हैं। तापानुशीतन प्रक्रिया से प्राप्त धातुओ में संक्षारण की दर बहुत कम हो जाती है। ऐसी धातुओं का प्रयोग करने पर मशीनें लम्बे समय तक खराब नहीं होती हैं।

## 5.4.13. वर्णदूषण (Tarnishing)

वायुमण्डलीय गैसें उत्कृष्ट धातुओं (Au, Ag, Pt) को छोड़कर अन्य लगभग सभी धातुओं का संक्षारण कर देती हैं। संक्षारण के फलस्वरूप धातुओं की सतह पर घिसने (Abrasion), कटने (Erosion) एवं गड्ढे (Cavitation) बनने की प्रक्रियाएँ प्रारम्भ हो जाती हैं जिससे धातु की सतह का रूप मलिन तथा विनिष्ट (Disfigure) हो जाता है। इसे धातु की **वर्ण विकृति** या वर्णदूषण (Tarnishing) कहते हैं। **उदाहरण** के लिये, कॉपर तथा चाँदी का $SO_2$, $SO_3$ तथा $H_2S$ आदि गैसों के सम्पर्क में आने पर इनकी सतह पर धात्विक सल्फाइड की पर्त बन जाती है जिसके कारण इनकी चमक नष्ट हो जाती है। जैसे कॉपर की सतह पर वायुमण्डल में उपस्थित $CO_2$ युक्त नम हवा की अभिक्रिया के फलस्वरूप क्षारीय कॉपर कार्बोनेट $CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$ की हरे रंग की पर्त बन जाती है। प्रकाश की उपस्थिति तथा ताप (Temperature) में वृद्धि के साथ वर्णदूषण (Tarnishing) की दर भी बढ़ जाती है।

## 5.4.14. धूमिलन या फॉगिंग (Fogging)

आपेक्षिक आर्द्रता (Relative Humidity) एक विशेष क्रान्तिक मान (Critical Value) से अधिक होने की दशा में धातु की सतह पर एक क्रीम कलर की पर्त बन जाती है जिसे फॉगिंग कहते हैं। फॉगिंग $SO_2$ की उपस्थिति में होता है तथा इसके लिये $SO_2$ का $SO_3$ में ऑक्सीकरण उत्तरदायी होता है—

$$3SO_2 \longrightarrow 2SO_3 + S$$

$$SO_3 + H_2O \longrightarrow H_2SO_4$$

फॉगिंग आपेक्षिक आर्द्रता से नियन्त्रित होता है। आपेक्षिक आर्द्रता के क्रान्तिक मान से ऊपर होने पर कॉपर अप्रभावित रहता है, किन्तु निकिल (Ni) का फॉगिंग $SO_2$ द्वारा तीव्र गति से होता है, जबकि आपेक्षिक आर्द्रता क्रान्तिक मान से कम होने पर $H_2S$ के कारण कॉपर का फॉगिंग अधिक होती है, जबकि निकिल का कम होता है।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

# | प्रश्नावली |

## ☞ बहुविकल्पीय प्रश्न–

**1.** किसी भी इलेक्ट्रोड का इलेक्ट्रोड विभव निर्भर करता हैं—
(a) धातु की प्रकृति पर (b) विलयन के ताप पर
(c) विलयन की मोलरता पर (d) उपरोक्त सभी पर

**2.** विद्युत रासायनिक श्रेणी में Na, Cu, Al तथा Zn धातुओं के घटते हुए धन विद्युती लक्षण का क्रम है—
(a) Cu > Zn > Al > Na (b) Na > Al > Zn > Cu
(c) Al > Zn > Cu > Na (d) Na > Zn > Al > Cu

**3.** निम्न में कौन-सी धातु अम्ल के हाइड्रोजन विस्थापित करेगी—
(a) Zn (b) Cu (c) Ag (d) Hg

**4.** ताप बढ़ने पर संक्षारण की दर—
(a) बढ़ जाती है। (b) कम हो जाती है।
(c) पहले बढ़ती है फिर घटती है। (d) कोई प्रभाव नहीं पड़ता है।

**5.** निम्न में से किस धातु का ऑक्सीकरण आसानी से होगा—
(a) Cu (b) Ag (c) Al (d) Pt

**उत्तर—1. (d) 2. (b) 3. (a) 4. (a) 5. (c)**

## ☞ सही या गलत कथन सम्बन्धी प्रश्न

**बताइये कि निम्नलिखित कथन सही हैं अथवा गलत। एक अथवा दो वाक्यों में अपने तर्क दीजिये–**

**1.** संक्षारण सदैव ऐनोडीय क्षेत्रों में सम्पन्न होता है।
**उत्तर**—सही। ऑक्सीकरण की क्रिया ऐनोड पर सम्पन्न होती है जिसमें इलेक्ट्रॉनों का त्याग होता है।

**2.** हाइड्रोजन आयनों ($H^+$) की उपस्थिति में लोहे का संक्षारण मन्द गति से होता है।
**उत्तर**—गलत। $H^+$ आयनों की उपस्थिति में माध्यम अम्लीय होता है जिसका pH मान 7 से कम होता है। pH मान 7 से कम होने पर संक्षारण तेजी से होता है।

**3.** साधारण पानी की अपेक्षा नमकीन पानी में लोहे का संक्षारण अधिक होता है।
**उत्तर**—सही। NaCl की उपस्थिति से जल की चालकता अधिक हो जाने के कारण संक्षारण तेजी से होता है।

**4.** संक्षारण एक रासायनिक प्रक्रिया है।
**उत्तर**—सही। संक्षारण एक रासायनिक क्रिया है। इसमें धातुएँ वायु की ऑक्सीजन व अन्य गैसों से क्रिया कर धातु सतह पर एक पर्त बनाती है।

**5.** ऑक्सीजन के अतिरिक्त वायुमण्डलीय गैस भी संक्षारण के लिये जिम्मेदार है।
**उत्तर**—सही। वायु के अतिरिक्त अन्य गैसें; जैसे—$CO_2$, $Cl_2$, $SO_2$, $N_2$ व $H_2S$ गैसें संक्षारण के लिये जिम्मेदार हैं।

**6.** जंग लगना केवल लोहे की क्रिया है।
**उत्तर**—सही। ये धातु, वायु की ऑक्सीजन से क्रिया कर आयरन ऑक्साइड की एक पर्त बनाती है, इसे जंग कहते हैं। ये क्रिया केवल लोहे पर होती है।

**7.** शुद्ध धातु संक्षारित होती है।
**उत्तर**—गलत। शुद्ध धातुएँ संक्षारित नहीं होती; जैसे—स्वर्ण।

**8.** शेरारडीकरण क्रिया में जिंक धातु का ही प्रयोग संक्षारण से बचाव के लिये होता है।
**उत्तर**—सही। शेरारडीकरण क्रिया में जिंक का ही प्रयोग संक्षारण से बचाव के लिये किया जाता है।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

9. संक्षारण एक ऑक्सीकरण क्रिया है।
**उत्तर**—सही। संक्षारण एक ऑक्सीकरण क्रिया है। इसमें कोई धातु वायु की ऑक्सीजन द्वारा ऑक्सीकृत होती है।

10. मॉलिब्डिनम के ऊपर वाष्पशील ऑक्साइड परत बनती है।
**उत्तर**—सही। मॉलिब्डिनम धातु पर बनने वाली परत वाष्पशील प्रकृति की होती है।

11. स्वर्ण पर जंग नहीं लगता।
**उत्तर**—सही। स्वर्ण पर जंग नहीं लगता। जंग केवल लोहे पर लगता है।

12. वाहनों के पुर्जों पर स्प्रे पेन्टिंग की जाती है।
**उत्तर**—सही। वाहनों के पुर्जों पर स्प्रे पेन्टिंग कर संक्षारण से बचाव किया जाता है।

13. कम क्रियाशील धातु की परत संक्षारण को कम करती है।
**उत्तर**—सही। कम क्रियाशील धातु की पर्त संक्षारण को कम करती है।

14. ताप के बढ़ने से संक्षारण की क्रिया बढ़ती है।
**उत्तर**—सही। ताप बढ़ने से संक्षारण की क्रिया बढ़ती है।

15. अम्ल व क्षार संक्षारण उत्पन्न करते हैं।
**उत्तर**—सही। अम्ल व क्षार धातुओं से क्रिया कर संक्षारण उत्पन्न करते हैं।

16. तार की जाली, जोड़ों पर अधिक तेजी से संक्षारित होती है। ***(U.P. 2010)***
**उत्तर**—सही। क्योंकि खुरदरी सतह पर संक्षारण की दर अधिक होती है।

17. जब एनोडिक से कैथोडिक क्षेत्र का अनुपात कम होता है तो संक्षरण दर (Rate of corrosion) भी कम होती है। ***(U.P. 2009)***
**उत्तर**—सही। कैथोडिक क्षेत्र (Cathodic area) अधिक होने पर संक्षारण दर भी अधिक होती है।

18. $H^+$ आयनों की उपस्थिति में संक्षारण मंद होता है। ***(U.P. 2008)***
**उत्तर**—गलत। $H^+$ आयनों की उपस्थिति में माध्यम अम्लीय हो जाता है। अम्लीय माध्यम में संक्षारण तीव्र गति से होता है।

19. सोने (Au) का संक्षारण हो सकता है।
**उत्तर**—गलत। सोने का संक्षारण नहीं हो सकता क्योंकि यह एक अक्रियाशील धातु है।

20. जंग लगने से लोहे का वजन बढ़ जाता है।
**उत्तर**—सही। जंग लगने से लोहे का वजन बढ़ जाता है।

21. विद्युत-रासायनिक श्रेणी में धातुओं को उनके बढ़ते अपचयन विभव के क्रम में रखा गया है।
**उत्तर**—सही। श्रेणी में धातुओं का मानक अपचयन विभव ऊपर से नीचे बढ़ता जाता है।

### ☞ *लघु उत्तरीय प्रश्न*

1. संक्षारण को रोकने की विभिन्न विधियों का वर्णन कीजिये।
2. संक्षारण को प्रभावित करने वाले कारक लिखिये।
3. जंग (Rust) क्या है?
4. संक्षारण को प्रभावित करने वाले विभिन्न कारकों का वर्णन कीजिये।
5. धातुओं पर लेपन की किसी एक विधि का वर्णन कीजिये।
6. वर्णदूषण (Tarnishing) किसे कहते हैं?
7. फॉगिंग (Fogging) क्या है? ***(U.P. 2010)***
8. संक्षारण निरोधन (Prevention of corrosion) पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिए। ***(U.P. 2003)***
9. संक्षारण की गति को प्रभावित करने वाले कारकों का वर्णन कीजिये।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

10. संक्षारण के पिलिंग-बैडवर्थ नियम को समझाइये।
11. विद्युत रासायनिक संक्षारण को समझाइये।
12. संक्षारण की निष्क्रियता क्या होती है?
13. संक्षारण से बचाव को समझाइये।
14. कैथोडिक रक्षण क्या होता है?
15. लेपन क्या होता है? शेरार्डीकरण, क्रोमीकरण को समझाइये।
16. उत्सर्गी सरक्षण (Sacrificial Protection) को समझाइये।
17. कार्बनिक लेपन को समझाइये।
18. आन्तरिक संक्षारण क्या है? इससे बचाव के उपाय लिखिये।
19. उष्मा उपचार क्या होता है? कठोरीकरण, तापानुशीतन को समझाइये।
20. कार्बर्निक लेपन में प्रयुक्त पेण्ट, वार्निश तथा इनेमल को समझाइये।

## ☞ *विस्तृत उत्तरीय प्रश्न*

1. संक्षारण रोकना उद्योग में किस लिये बहुत महत्वपूर्ण है? संक्षारण रोकने की दो विधियों की संक्षिप्त विवेचना कीजिये।
2. जंग लगने की प्रक्रिया को समझाइये। इसकी रोकथाम के उपाय बताइये।
3. संक्षारण से आप क्या समझते हैं? संक्षारण के विद्युत-रासायनिक सिद्धान्त की व्याख्या कीजिये।
4. निम्नलिखित पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिये—
   (i) विद्युत-रासायनिक संक्षारण, (ii) संक्षारण निरोधन।
5. धात्विक संक्षारण किन परिस्थितियों में होता है ? धात्विक संक्षारण का वैद्युत-रासायनिक सिद्धान्त और इसके निरोध के कुछ उपाय लिखिये।
6. संक्षारण क्या है? इससे होने वाली हानियाँ लिखिये तथा इसके बचाव के उपाय लिखिये।
7. धातुई संक्षारण (Metallic corrosion) को परिभाषित कीजिए। संक्षारण नियन्त्रण की निम्नलिखित विधियों की व्याख्या कीजिए—
   (i) कैथोडीय सुरक्षा (Cathodic Protection) (ii) गैल्वेनीकरण (Galvanization) *(U.P. 2012)*
8. धात्विक संक्षारण के क्या कारण हैं? विभिन्न प्रकार के संक्षारण का विवरण दीजिये तथा संक्षारण की दर प्रभावित करने वाले कारक बताइये। *(U.P. 2011)*
9. धातुई संक्षारण के कारण एवं रोकथाम पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिए। *(U.P. 2009)*
10. उद्योग में संक्षारण को रोकना क्यों आवश्यक है? संक्षेप में, संक्षारण रोकने की दो विधियों का वर्णन कीजिए। *(U.P. 2008)*
11. धात्वीय संक्षारण को प्रभावित करने वाले कारक की विवेचना कीजिए। संक्षारणरोधी कुछ उपाय लिखिए। *(U.P. 2007)*
12. धात्विक संक्षारण किन परिस्थितियों में होता है? धात्विक संक्षारण का विद्युत-रासायनिक सिद्धान्त और उनके निरोध के कुछ उपाय लिखिए। *(U.P. 2004, 06)*
13. लोहे का संक्षारण या जंग लगना क्या है? वैद्युत-रासायनिक सिद्धान्त के आधार पर उसकी क्रियाविधि स्पष्ट कीजिए। *(U.P. 2013)*
14. धातुई संक्षारण (Metallic Corrosion) को परिभाषित कीजिए। उपयुक्त उदाहरणों सहित 'रासायनिक' और 'इलेक्ट्रोरासायनिक'(Electrochemical) संक्षारण में विभेद कीजिए। *(U.P. 2014)*

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

अध्याय

# 6

# कार्बनिक यौगिक, बहुलक एवं प्लास्टिक

## (Organic Compounds, Polymers and Plastics)

**पाठ्यक्रम (Syllabus)** : Classification of organic compounds and IUPAC Nomenclature, Definition of polymer, monomer and degree of polymerization, Brief introduction to addition and condensation polymers with suitable examples (PE, PS, PVC, Teflon, Nylon-66 and Bakelite), Definition of plastics, thermo plastics and thermo setting plastics with suitable examples, distinctions between thermo and thermo setting plastics, Applications of polymers in industry and daily life.

आज तक ज्ञात तत्त्वों में कार्बन सबसे अलग तत्त्व है तथा सभी जीवधारियों में इसके यौगिक विद्यमान हैं। इन यौगिकों की प्रकृति के आधार पर इनका अध्ययन रसायन विज्ञान की एक अलग शाखा में करते हैं जिसे कार्बनिक रसायन (Organic Chemistry) कहते है।

### 6.1.1. कार्बनिक यौगिकों का वर्गीकरण (Classification of Organic Compounds)

हाइड्रोकार्बन केवल कार्बन (C), तथा हाइड्रोजन (H) परमाणुओं से मिलकर बने होते हैं। अन्य कार्बनिक यौगिक हाइड्रोकार्बनों के व्युत्पन्न (Derivatives) माने जाते हैं। कार्बन परमाणु एक दूसरे से संयोजित होकर दो प्रकार की शृंखला (Chain) बना सकते हैं। इस प्रकार कार्बनिक यौगिक दो प्रकार के होते हैं—

(1) खुली शृंखला यौगिक (Open Chain Compounds)

(2) बन्द शृंखला यौगिक (Closed Chain Compounds)

**(1) खुली शृंखला यौगिक** (Open Chain Compounds)—कार्बनिक यौगिक जिनमें कार्बन परमाणुओं की खुली शृंखला (Open Chain) होती है उन्हें खुली शृंखला यौगिक या ऐलिफैटिक यौगिक (Aliphatic Compounds) कहते है। इन्हें अचक्रीय यौगिक (Acyclic Compounds) भी कहा जाता है। इन्हें दो भागों में बाँटा गया है।

**(i) सीधी शृंखला यौगिक** (Straight Chain Compounds)—

जैसे— $CH_4$, मेथेन (Methane) $CH_3-CH_3$, ऐथेन (Ethane) $CH_3-CH_2-CH_3$ प्रोपेन (Propane)

$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$, ब्यूटेन (Butane) $CH_2=CH-CH_2-CH_3$ ब्यूट-1-ईन (But-1-ene)

$CH_3-C\equiv CH$ प्रोप-1-आइन (Prop-1-yne) $CH_3-C\equiv C-CH_3$ ब्यूट-2-आइन (But-2-yne) आदि।

**(ii) शाखित शृंखला यौगिक** (Branched Chain Compounds)—

जैसे— $CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-CH_3$ 2-Methyl propane

$CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-CH_3$ 2,3,4, Trimethyl pentane

**2. बन्द शृंखला यौगिक** (Closed Chain Compounds)—जिन कार्बनिक यौगिकों में कार्बन परमाणु आपस में संयुक्त होकर बन्द शृंखला बनाते हैं उन्हें बन्द शृंखला यौगिक कहते है। इन्हें चक्रीय यौगिक (Cyclic compounds) भी कहा जाता है। चक्रीय यौगिकों को दो वर्गों में बाँटा गया है—

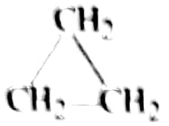
AKC TECHNICAL CLASSES

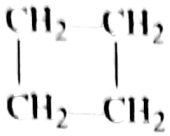
Scanned with CamScanner

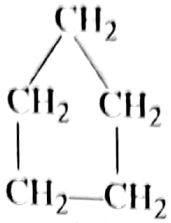
(a) समचक्रीय यौगिक (Homocyclic Compounds)

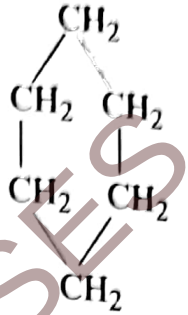
(b) विषमचक्रीय यौगिक (Heterocyclic Compounds)

**(a) समचक्रीय यौगिक** (Homocyclic Compounds)—ऐसे बन्द शृंखला यौगिक जिनका चक्र (Ring) केवल कार्बन परमाणुओं के संयोजन से बनता है समचक्रीय यौगिक कहलाते हैं। ये दो प्रकार के होते हैं—


साइक्लो प्रोपेन

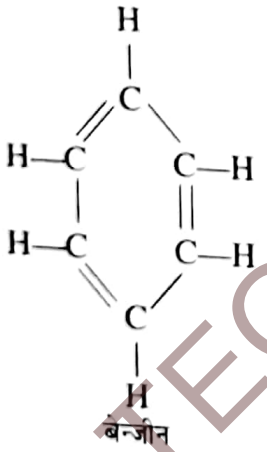

साइक्लो ब्यूटेन


साइक्लो पेन्टेन

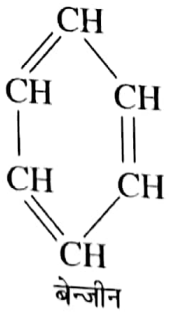

साइक्लो हेक्सेन

**(i) ऐलिसाइक्लिक यौगिक** (Alicyclic Compounds)—ऐसे समचक्रीय कार्बनिक यौगिक जिनके गुण एलिफैटिक यौगिकों से मिलते हैं ऐलिसाइक्लिक यौगिक कहलाते हैं। जैसे—

**(ii) एरोमैटिक यौगिक** (Aromatic Compounds)—ऐरोमैटिक यौगिकों (ग्रीक शब्द Aroma = सुगन्ध) में विशिष्ट गन्ध पायी जाती है। बेन्जीन और उसके व्युत्पन्न ऐरोमैटिक यौगिक कहलाते हैं। ऐरोमैटिक यौगिकों में 6 कार्बन परमाणुओं की रिंग होती है जिसमें क्रमशः एकल बन्ध (Single bond) तथा द्विबन्ध (Double bond) द्वारा कार्बन परमाणु जुड़े रहते हैं। बेन्जीन ($C_6H_6$) सरलतम ऐरोमैटिक यौगिक होता है। जैसे—


बेन्जीन

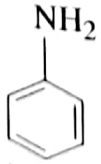
या

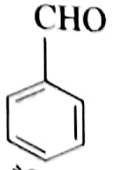

बेन्जीन

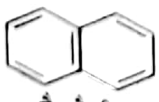
या

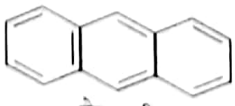
बेन्जीन

फिनोल


ऐनिलीन


बेन्जैल्डिहाइड

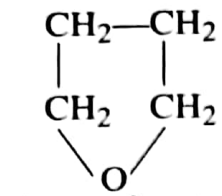

नैफ्थैलीन

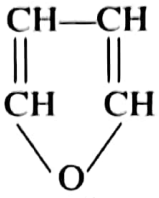

ऐन्थ्रासीन

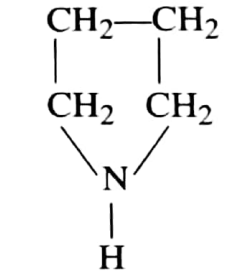
**(b) विषमचक्रीय यौगिक** (Heterocyclic Compounds)—विषमचक्रीय यौगिकों में चक्र में कार्बन परमाणुओं के अतिरिक्त अन्य परमाणु जैसे नाइट्रोजन (N), ऑक्सीजन (O), सल्फर (S) आदि परमाणु भी उपस्थित होते हैं; जैसे—

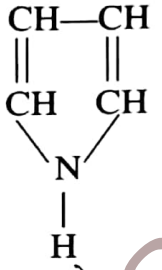
AKC TECHNICAL CLASSES

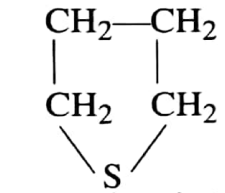
Scanned with CamScanner

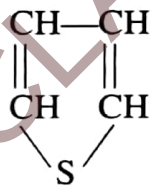

टेट्रा हाइड्रोफ्यूरॉन
(एलिफैटिक)


फ्यूरॉन
(ऐरोमैटिक)

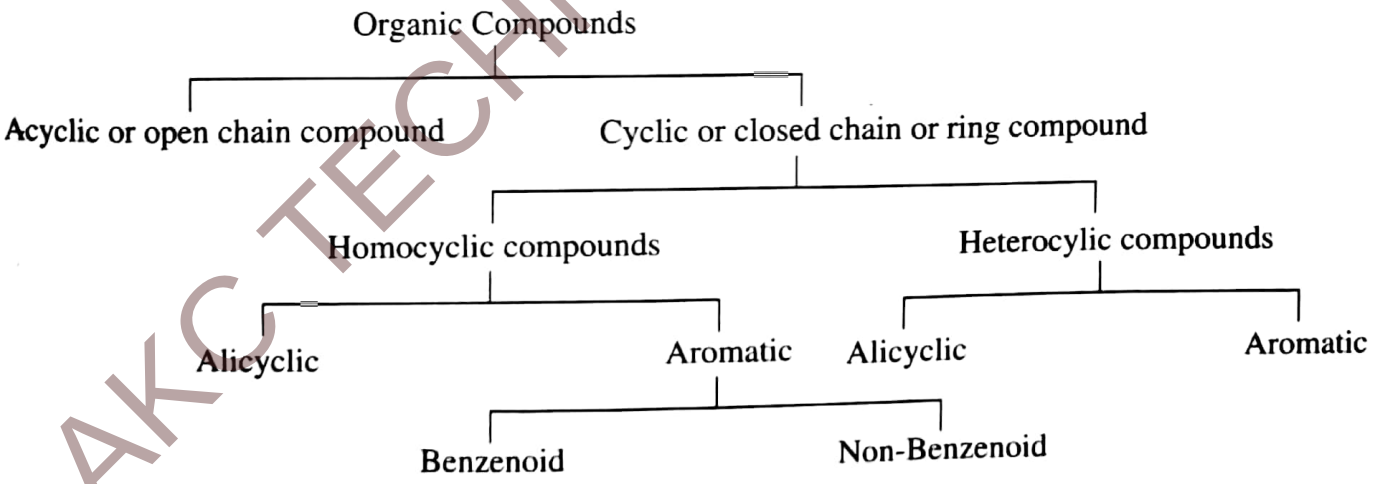

टेट्रा हाइड्रो पाइरोल
(एलिफैटिक)


पाइरोल
(ऐरोमैटिक)


टेट्रा हाइड्रो थायोफीन
(एलिफैटिक)


थायोफीन
(एरोमैटिक)

उपर्युक्त वर्गीकरण को निम्न आरेख द्वारा प्रदर्शित किया जा सकता है—




AKC TECHNICAL CLASSES

## 6.1.2. क्रियात्मक समूह (Functional Group)

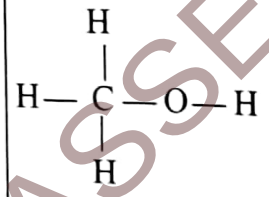
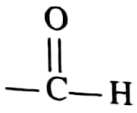
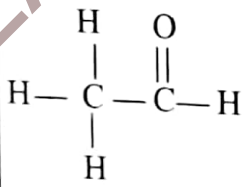
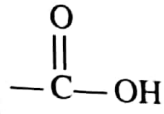
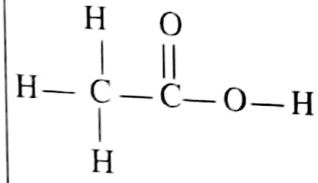
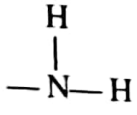
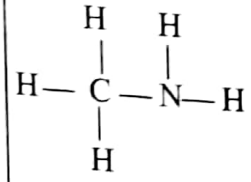
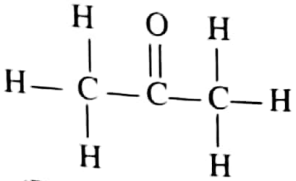
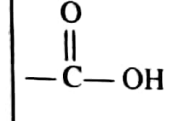
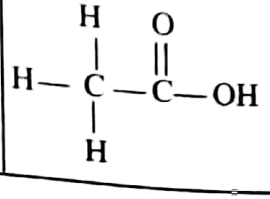
"परमाणु या परमाणुओं का वह समूह जो किसी कार्बनिक यौगिक के रासायनिक गुणों का निर्धारण करता है क्रियात्मक समूह कहलाता है।"

"A functional group is an atom or group of atoms which largely determine the chemical properties of the organic compounds."

**जैसे :** —OH, —COOH, —CHO, —$CONH_2$ आदि।

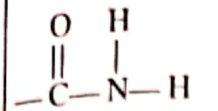
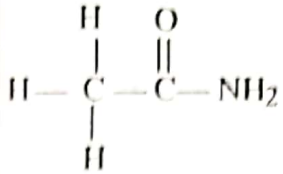
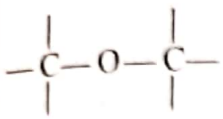
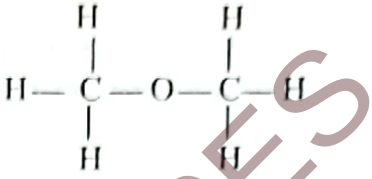
Scanned with CamScanner

## सारणी-6.1 ( क्रियात्मक समूह )

| क्रियात्मक समूह (Functional Group) | नाम (Name) | उदाहरण (Example) |
|---|---|---|
| $>C=C<$ | एल्कीन | $H_2C = CH_2$ (Ethene) |
| $-C \equiv C-$ | एल्काइन | $HC \equiv CH$ (Ethyne) |
| $-OH$ | एल्कोहल |  Methanol |
|  | एल्डिहाइड |  (Ethanal) |
|  | कार्बोक्सिलिक अम्ल |  (Ethanoic acid) |
|  | एमीन |  (Methanamine) |
| | कीटोन |  (Propan-1-one) |
|  | कार्बोक्सिलिक अम्ल |  |

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

| | | |
|---|---|---|
|  | एमाइड |  (Ethanamide) |
|  | ईथर |  (Methoxy Methane) |

## 6.1.3. सजातीय श्रेणी (Homologous Series)

**"कार्बनिक यौगिकों का वह समूह जिसमें सभी सदस्यों की संरचना तथा क्रियात्मक समूह समान होता है तथा दो निकटवर्ती सदस्यों के अणुसूत्रों में केवल $—CH_2$ का अन्तर होता है समजातीय या सजातीय श्रेणी (Homologous series) कहलाती है।"** "A homologous series may be defined as a group of organic compounds having similar structure, same functional group and any two successive members differ by a $—CH_2$ group."

**सजातीय श्रेणी के लक्षण** (Characteristics of a homologous series)—

1. प्रत्येक सजातीय श्रेणी एक समान्य अणुसूत्र द्वारा प्रदर्शित की जा सकती है।
2. सजातीय श्रेणी के प्रत्येक सदस्य का क्रियात्मक समूह समान होता है।
3. सजातीय श्रेणी के सदस्यों को किसी एक सामान्य विधि द्वारा बनाया जा सकता है।
4. सजातीय श्रेणी के सभी सदस्यों के रासायनिक गुण समान होते हैं।
5. सजातीय श्रेणी के सदस्यों का अणुभार बढ़ने पर उनके भौतिक गुणों; जैसे क्वथनांक, गलनांक, विलेयता आदि में क्रमशः परिवर्तन पाया जाता है।
6. सजातीय श्रेणी के दो निकटतम सदस्यों के अणुसूत्रों में $—CH_2$ का अन्तर पाया जाता है।

## 6.1.4. कार्बनिक यौगिकों का नामकरण (Nomenclature of Organic Compounds)

कार्बनिक यौगिकों का नामकरण निम्न दो प्रकार से किया गया है—

(I) निरर्थक या सामान्य प्रणाली (Trivial or Common System)

(II) आई०यू०पी०ए०सी० प्रणाली (I.U.P.A.C. System)

**(I) निरर्थक या सामान्य प्रणाली** (Trivial or Common System)—

1. HCOOH का नाम फार्मिक एसिड इसलिये रखा गया क्योंकि यह सर्वप्रथम एक लाल रंग की चीटी से प्राप्त किया गया तथा उस चींटी का लैटिन नाम फॉर्मिका चींटी था।
2. मेथेन ($CH_4$) को **'मार्श गैस'** नाम दिया गया क्योंकि यह दलदली स्थानों (Marshy areas) में पायी जाती है।
3. साइट्रस फल (Citrus fruit) से प्राप्त एसिड का नाम साइट्रिक एसिड (Citric acid) रखा गया।
4. सिरका (Vinegar) को लैटिन में एसिटम (Acetum) कहते हैं अतः इसका नाम एसिटिक एसिड (Acetic acid) रखा गया।
5. स्तनधारियों (Mammals) के मूत्र (Urine) में पाये जाने के कारण $NH_2CONH_2$ को यूरिया (Urea) नाम दिया गया।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

निरर्थक या सामान्य नाम से यौगिक की संरचना और संघटन के बारे में कुछ भी पता नहीं चलता है। कार्बनिक यौगिको की संख्या लाखो मे है सभी को सामान्य नाम देना कठिन है। एक ही यौगिक के कई नाम हो सकते हैं। अत: इस प्रणाली को नकार दिया गया।

**(II) आई०यू०पी०ए०सी० प्रणाली** (I.U.P.A.C. System)—कार्बनिक यौगिकों की बहुत अधिक संख्या होने के कारण इन्हें इनके सामान्य या निरर्थक नामों (Common or Trivial Name) से याद कर पाना एक कठिन कार्य है। इसीलिए International Union of Pure and Applied Chemistry द्वारा IUPAC प्रणाली को अपनाया गया। यह कार्बनिक यौगिकों के नामकरण की एक क्रमबद्ध प्रणाली है। इस अध्याय में कार्बनिक यौगिकों के नामकरण हेतु 1993 संस्करण का प्रयोग किया गया है। IUPAC प्रणाली की विशेषता यह है कि किसी भी IUPAC नाम के लिये केवल एक आण्विक संरचना है तथा किसी भी एक आण्विक संरचना के लिए केवल एक IUPAC नामकरण है। IUPAC नामकरण प्रणाली में किसी कार्बनिक यौगिक के नाम के तीन भाग होते हैं—(1) मूल शब्द (Word root), (2) अनुलग्नक (Suffix), (3) पूर्वलग्नक (Prefix)। विद्यार्थियों की सुलभता हेतु हम केवल अंग्रेजी शब्दों का प्रयोग करेंगे।

**(1) मूल शब्द** (Word Root)—किसी भी कार्बनिक यौगिक की मुख्य कार्बन शृंखला (Principal carbon chain) में उपस्थित कार्बन परमाणुओं की संख्या को Word root कहते हैं। मुख्य कार्बन शृंखला किसी भी कार्बनिक यौगिक में कार्बन परमाणुओं की सबसे लम्बी शृंखला होती हैं जिसमें क्रियात्मक समूह (Functional group) जुड़ा हो। कार्बन शृंखला में उपस्थित कुल कार्बन परमाणुओं की संख्या के आधार पर उसके लिये एक विशेष मूल शब्द (Word root) प्रयोग किया जाता है। इन्हें प्रदर्शित करने के लिये ग्रीक शब्दों का प्रयोग किया गया है। कार्बन परमाणुओं की संख्या के आधार पर इनके Word root निम्न सारणी में दिये जा रहे हैं—

| कार्बन शृंखला की लम्बाई (Chain length) | कार्बन शृंखला में कार्बन परमाणुओं की संख्या (No. of C atoms) | मूल शब्द (Word root) |
|---|---|---|
| $C_1$ | 1 | Meth- |
| $C_2$ | 2 | Eth- |
| $C_3$ | 3 | Prop- |
| $C_4$ | 4 | But- |
| $C_5$ | 5 | Pent- |
| $C_6$ | 6 | Hex- |
| $C_7$ | 7 | Hept- |
| $C_8$ | 8 | Oct- |
| $C_9$ | 9 | Non- |
| $C_{10}$ | 10 | Dec- |
| $C_{11}$ | 11 | Undec- |
| $C_{12}$ | 12 | Dodec- |
| $C_{13}$ | 13 | Tridec- |
| $C_{14}$ | 14 | Tetradec |
| $C_{15}$ | 15 | Pentadec- |
| $C_{16}$ | 16 | Hexadec- |
| $C_{17}$ | 17 | Heptadec- |

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

| | | |
|---|---|---|
| $C_{18}$ | 18 | Octadec- |
| $C_{19}$ | 19 | Nonadec- |
| $C_{20}$ | 20 | Icos- |
| $C_{21}$ | 21 | Henicos- |
| $C_{22}$ | 22 | Docos- |
| $C_{30}$ | 30 | Tricont- |
| $C_{40}$ | 40 | Tetracont- |

**(2) अनुलग्नक** (Suffix)—इसके दो प्रकार होते हैं—

**(i) प्राथमिक अनुलग्नक** (Primary Suffix)—इसके द्वारा संतृप्त (Saturated) या असंतृप्त (Unsaturated) मुख्य कार्बन शृंखला (Principal carbon chain) को निरूपित किया जाता है। यदि कार्बन शृंखला में सभी कार्बन परमाणुओं के बीच में एकल बन्ध (Single bond, C — C) हैं तब प्राथमिक अनुलग्नक ऐन (Ane) प्रयोग किया जाता है तथा यदि कार्बन शृंखला में द्विबन्ध (>C = C<) या त्रिबन्ध (— C ≡ C—) हैं तो उनके लिये प्राथमिक अनुलग्नक (Primary suffix) क्रमशः **ईन (ene)** एवं **आइन (yne)** का प्रयोग किया जाता है।

**उदाहरण के लिये—**

$CH_3 — CH_3$ — Ethane (2-कार्बन परमाणु)

$CH_3 — CH_2 — CH_3$ — Propane (3-कार्बन परमाणु)

$CH_3 — CH_2 — CH_2 — CH_3$ — Butane (4-कार्बन परमाणु)

$CH_3 — CH_2 — CH_2 — CH_2 — CH_3$ — Pentane (5-कार्बन परमाणु)

$CH_3 — CH = CH_2$ — Propene

$CH_3 — C \equiv CH$ — Propyne

$CH_3 — CH_2 — C \equiv CH$ — Butyne

**(ii) द्वितीय अनुलग्नक** (Secondary Suffix)—यह कार्बनिक यौगिक के क्रियात्मक समूह (Functional group) का निरूपण करता है। कुछ क्रियात्मक समूह व उनके लिये प्रयोग जाने वाला द्वितीयक अनुलग्नक (secondary suffix) सारणी में दिया जा रहा है—

| कार्बनिक यौगिक का वर्ग (Class of Organic Compound) | क्रियात्मक समूह (Functional Group) | द्वितीयक अनुलग्नक (Secondary Suffix) |
|---|---|---|
| Alcohols | — OH | — ol |
| Aldehydes | — CHO | — al |
| Ketones | >C = O | — one |
| Carboxylic acids | — COOH | — oic acid |
| Esters | — COOR | — alkyl ... oate |
| Acid chloride | — COCl | — oye chloride |
| Acid amide | — $CONH_2$ | — amide |
| Cyanides | — CN | — nitrile |
| Amines | — $NH_2$ | — amine |

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

उदाहरण के लिये,

| संरचना सूत्र | | IUPAC Name |
|---|---|---|
| $CH_3OH$ | | Methanol |
| $CH_3CH_2OH$ | | Ethanol |
| $HCHO$ | | Methanal |
| $CH_3CHO$ | | Ethanal |
| $CH_3COCH_3$ | | Propanone |
| $CH_3COOH$ | | Ethanoic acid |
| $CH_3CONH_2$ | | Ethanamide |
| $CH_3COOCH_3$ | | Methyl methanoate |
| $CH_3-CH_2-CN$ | | Propane nitrile |
| $CH_3-COCl$ | | Ethanoyl chloride |
| $CH_3-CH_2-NH_2$ | | Ethanamine |

**(3) पूर्वलग्नक** (Prefixes)—ये भी दो प्रकार के होते हैं—

**(i) प्राथमिक पूर्वलग्नक** (Primary Prefixes)—इसका प्रयोग चक्रीय यौगिक (Cyclic Compound) तथा अचक्रीय यौगिक (Acyclic Compound) के बीच अन्तर करने के लिये किया जाता है। चक्रीय यौगिक के लिये साइक्लो (Cyclo) अनुलग्नक (Prefix) का प्रयोग किया जाता है। जैसे—

**अचक्रीय यौगिक**

$CH_3-CH_2-CH_3$

Propane

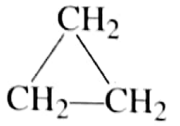
$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$

Butane

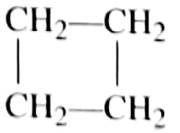
$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$

Hexane

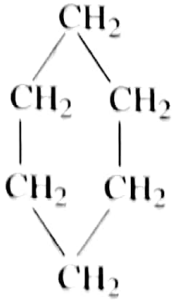
**चक्रीय यौगिक**



Cyclo propane



Cyclo butane



Cyclo hexane

**(ii) द्वितीयक पूर्वलग्नक** (Secondary Prefixes)—मुख्य कार्बन शृंखला (Principal carbon chain) से जुड़े ऐसे परमाणु या परमाणु समूह जो क्रियात्मक समूह (Functional group) से भिन्न हों द्वितीयक अनुलग्नक (Secondary prefixes) कहलाते हैं। ये Substituent Group की तरह प्रयुक्त किये जाते हैं। इनको निम्न सारणी में प्रदर्शित किया जा रहा है—

AKC TECHNICAL CLASSES

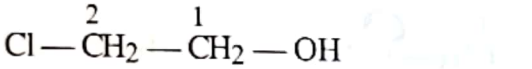
Scanned with CamScanner

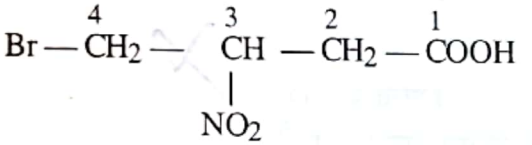
| Substituent Group | Secondary Prefix |
|---|---|
| — F | Fluoro |
| — Cl | Chloro |
| — Br | Bromo |
| — I | Iodo |
| — NO | Nitroso |
| — $NO_2$ | Nitro |
| — $CH_3$ | Methyl |
| — $C_2H_5$ | Ethyl |
| — $OCH_3$ | Methoxy |
| — $OC_2H_5$ | Ethoxy |

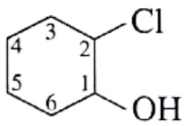
उपर्युक्त नियमों को सम्बद्ध करते हुए जब किसी कार्बनिक यौगिक का नामकरण किया जाता है तब उसके निम्न भाग होते हैं।

Secondary Prefix + Primary Prefix + Word Root + Primary Suffix + Secondary Suffix

**उदाहरण के लिये**


= 2-Chloro ethan-1-ol


= 4-Bromo-3-nitro-butan-1-oic acid


= 2-Chloro-cyclohexan-1-ol

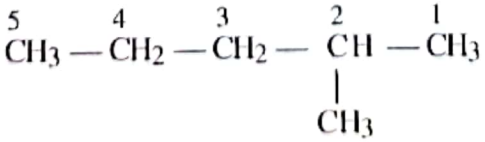
## 6.1.5. हाइड्रोकार्बनों का IUPAC नामकरण (IUPAC Nomenclature of Hydrocarbons)

एलिफैटिक हाइड्रोकार्बनों को निम्न तीन वर्गों में बाँटा जा सकता है—(A) एल्केन, (B) एल्कीन तथा (C) एल्काइन

**(A) एल्केनों का नामकरण** (IUPAC Nomenclature of Alkanes)—ऐसे हाइड्रोकार्बन जिसके समस्त कार्बन परमाणु एक-दूसरे से एकल बन्ध (Single bond) द्वारा जुड़े होते हैं, एल्केन कहलाते हैं। इनका अनुलग्नक (Suffix) ऐन (ane) होता है। IUPAC नामकरण करते समय निम्न नियमों का पालन करते हैं—

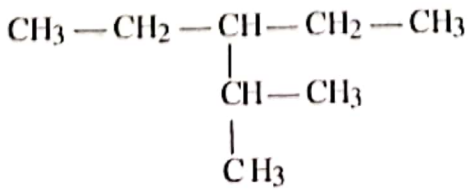
**(1) सर्वाधिक लम्बी कार्बन शृंखला** (Longest Carbon Chain)—सर्वप्रथम यौगिक में कार्बन परमाणुओं की सबसे लम्बी सतत् कार्बन शृंखला (Longest continuous carbon chain) का चुनाव करते हैं; जैसे—

**उदाहरण 1.**



इस कार्बनिक यौगिक में 5 कार्बन परमाणुओं की मुख्य शृंखला है।

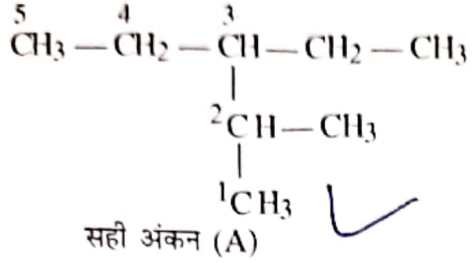
**उदाहरण 2.** यदि किसी यौगिक में समान लम्बाई की दो या अधिक कार्बन शृंखलायें उपस्थित हैं तो मुख्य शृंखला वह शृंखला मानी जाती है जिसमें शृंखलाओं (Side chains) की संख्या (अर्थात् शाखायें) सबसे अधिक हों।



AKC TECHNICAL CLASSES

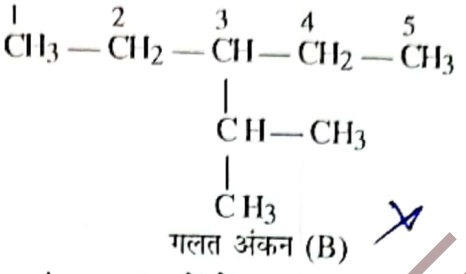
Scanned with CamScanner

इस यौगिक में 5 कार्बन परमाणु वाली दो कार्बन शृंखलायें सम्भव हैं जिनमें से एक शृंखला (A) में दो पार्श्व शृंखलायें ($C_2$ व $C_3$ पर) हैं, जबकि दूसरी शृंखला (B) में केवल एक पार्श्व शृंखला ($C_3$ पर) है। इसलिए शृंखला (A) इस यौगिक की मुख्य शृंखला होगी।



सही अंकन (A)

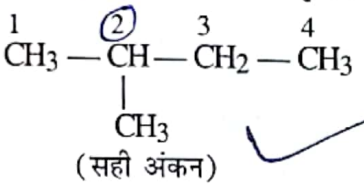
शृंखला (A) में $C_2$ व $C_3$ पर पार्श्व शृंखलायें हैं। यह यौगिक पेन्टेन का व्युत्पन्न माना जायेगा।



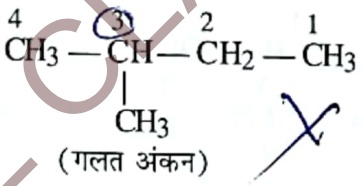
गलत अंकन (B)

शृंखला (B) में केवल $C_3$ पर पार्श्व शृंखला है।

**(2) मुख्य कार्बन शृखंला का अंकन और यौगिक का IUPAC नामकरण** (Numbering of Parent Carbon Chain and IUPAC Naming of Compound)—(i) पार्श्व शृंखलाओं का स्थान निर्धारित करने के लिए शृंखला का अंकन उस सिरे से प्रारम्भ करते हैं, जिधर से पार्श्व शृंखला पास पड़ती हो। जैसे—



(सही अंकन)

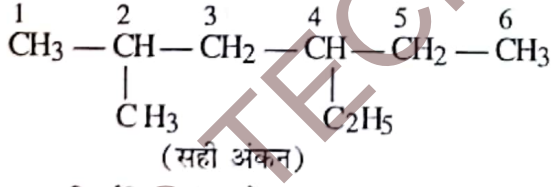


(गलत अंकन)

इस प्रकार यह ऐल्केन ब्यूटेन का व्युत्पन्न है। इसके $C_2$ पर एक मेथिल समूह लगा है। इसलिए यौगिक का नाम है :

**2-मेथिल ब्यूटेन** (2-Methyl butane)

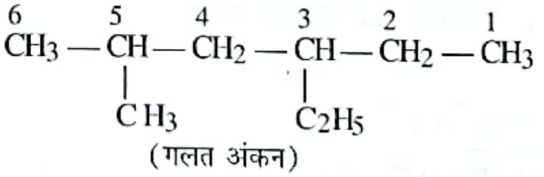
(ii) यदि मुख्य शृंखला में दो या अधिक पार्श्व शृंखलायें हैं तो शृंखला का अंकन उस सिरे से करते हैं जिधर से पहली पार्श्व शृंखला पास पड़ती हो। इस प्रकार पार्श्व शृंखलाओं के निर्धारित अंक सेटों का योग निम्नतम होता है। परन्तु यह आवश्यक नहीं है। नाम देते समय विभिन्न पार्श्व शृंखलाओं के नाम अंग्रेजी वर्णमाला के क्रम (Alphabetical order) में लिखते हैं।



(सही अंकन)

निर्धारित अंक सेट 2, 4

अंक सेट का योग 2 + 4 = 6



(गलत अंकन)

निर्धारित अंक सेट 3, 5

अंक सेट का योग 3 + 5 = 8

यह ऐल्केन हेक्सेन का व्युत्पन्न है। इसके $C_2$ पर एक मेथिल और $C_4$ पर एक एथिल समूह लगा है। पार्श्व शृंखलाओं को अंग्रेजी वर्णमाला के क्रम से लिखने पर यौगिक का नाम है—

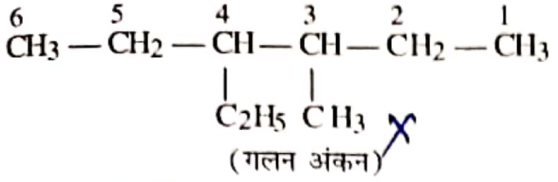
**4-एथिल-2-मेथिल हेक्सेन** (4-Ethyl-2-methyl hexane) (सही नाम)

**2-Methyl-4-ethyl hexane** (गलत नाम)

(iii) यदि मुख्य शृंखला में उपस्थित पार्श्व शृंखलायें दोनों सिरों से बराबर दूरी पर हैं और निर्धारित अंक सेटों का योग भी बराबर है तो शृंखला का अंकन उस सिरे की तरफ से करते हैं जिधर से पार्श्व शृंखला अंग्रेजी के वर्णमाला के क्रमानुसार पास पड़ती है। जैसे मेथिल और एथिल समूह दोनों सिरों से बराबर दूरी पर होने पर अंकन उस सिरे की तरफ से करेंगे जिधर से एथिल (ethyl, e अक्षर) पास पड़ता है।

AKC TECHNICAL CLASSES

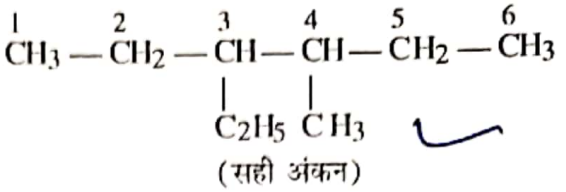
Scanned with CamScanner



(गलन अंकन)

निर्धारित अंक सेट 3, 4

($CH_3$ को कम अंक दिया है।)



(सही अंकन)

निर्धारित अंक सेट 3, 4

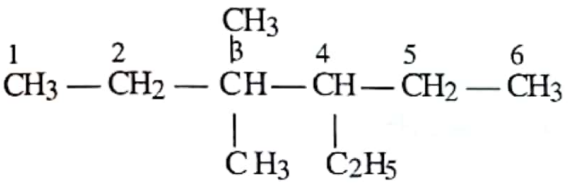
($C_2H_5$ को कम अंक देंगे।)

यह ऐल्केन हेक्सेन का व्युत्पन्न है। इसके $C_3$ पर एक एथिल और $C_4$ पर एक मेथिल समूह है। अत: यौगिक का नाम है।

**3-एथिल-4-मेथिल हेक्सेन** (3-Ethyl -4-methyl hexane)* (सही नाम)

**4-Methyl-3-ethyl hexane** (गलत नाम)

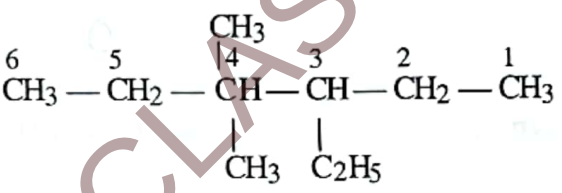
(iv) यदि समान प्रकार की दो या अधिक पार्श्व शृंखलायें उपस्थित हैं तो इसको डाइ, ट्राइ, टेट्रा आदि पूर्वलग्न जोड़कर प्रदर्शित करते हैं। प्रत्येक पार्श्व शृंखला का निर्धारण एक संख्या से करते हैं। जैसे—



(सही अंकन)

निर्धारित अंक सेट 3, 3, 4

अंक सेट का योग 3+3+4=10



(गलत अंकन)

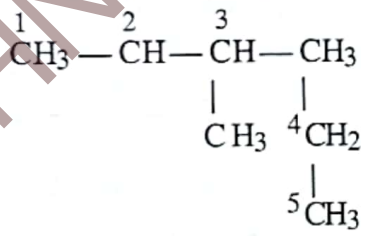
निर्धारित अंक सेट 3, 4, 4

अंक सेट का योग 3+4+4=11

यह यौगिक हेक्सेन का व्युत्पन्न है। इसके $C_3$ पर दो मेथिल समूह और $C_4$ पर एक एथिल समूह है। अत: यौगिक का नाम है—

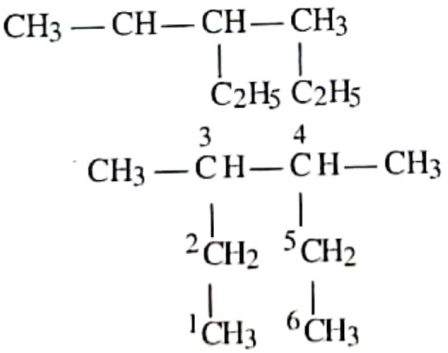
**4-एथिल-3, 3-डाइमेथिल हेक्सेन** (4-Ethyl-3, 3-dimethyl hexane)

**उदाहरण 1.**



2, 3-Dimethyl pentane

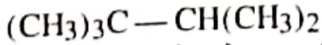
**उदाहरण 2.**



**हल—**

3, 4-Dimethyl hexane

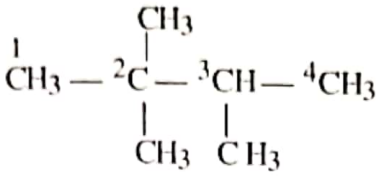
**उदाहरण 3.**



**हल—**कार्बन परमाणुओं पर लगे मेथिल समूहों को खोलकर लिख लेते हैं—

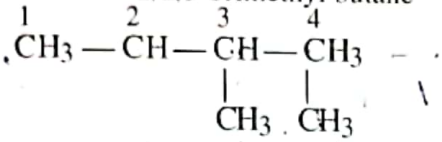
AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner



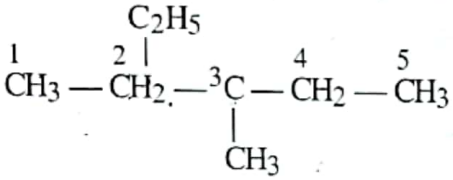
2, 2, 3-Trimethyl butane

**उदाहरण 4.**



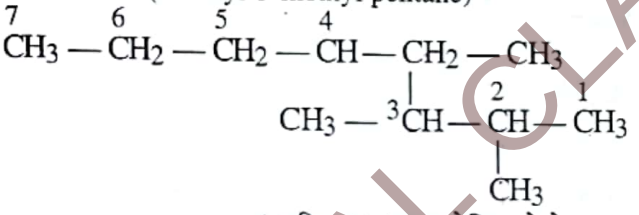
2, 3-डाइमेथिल ब्यूटेन
(2, 3-Dimethyl butane)

**उदाहरण 5.**



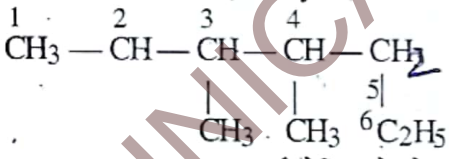
3-एथिल-3-मेथिल पेन्टेन
(3-Ethyl-3-methyl pentane)

**उदाहरण 6.**



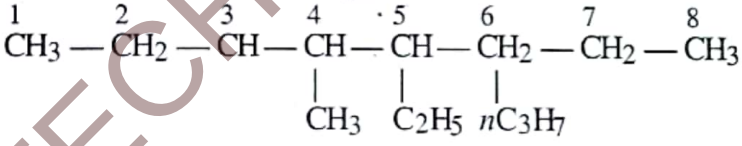
4-एथिल-2, 3-डाइमेथिल हेप्टेन
(4-Ethyl-2, 3-dimethyl heptane)

**उदाहरण 7.**



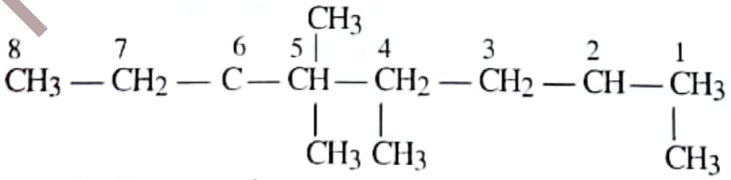
2, 3, 4-ट्राई मेथिल हेक्सेन

**उदाहरण 8.**

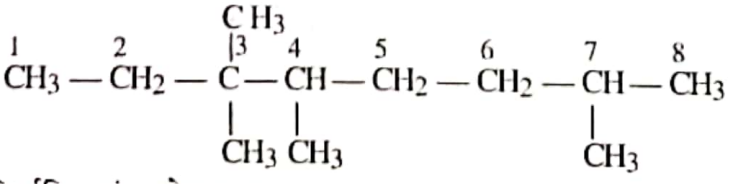


4-एथिल-3-मेथिल-5-प्रोपिल ऑक्टेन

**उदाहरण 9.**



निर्धारित अंक सेट 2, 5, 6, 6
अंक सेट का योग $= 2+5+6+6 = 19$
(सही अंकन)



निर्धारित अंक सेट 3, 3, 4, 7
अंक सेट का योग $3+3+4+7 = 17$
(गलत अंकन)

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

मुख्य कार्बन शृंखला का अंकन उस सिरे की तरफ से करते हैं जिधर से पहली पार्श्व शृंखला पास पड़ती है। पहले अंकन में $C_2$ पर पहला मेथिल समूह आता है, जबकि दूसरे अंकन में पहला मेथिल ग्रुप $C_3$ पर है। इसलिए पहला अंकन सही है, जबकि इसमें अंक सेट का योग अधिक है। अत: यौगिक का नाम है—

**2, 5, 6, 6-टेट्रामेथिल ऑक्टेन** (2, 5, 6, 6-Tetramethyl octane)

वास्तव में ऐल्केनों की शृंखला का अंकन इस प्रकार करते हैं कि पहला अंक छोटा होना चाहिए। यदि पहला अंक बराबर आता है तो दूसरा अंक छोटा होना चाहिए। जैसे—

(1) IUPAC नाम 2, 5, 5-ट्राइमेथिल हेप्टेन सही है, जबकि IUPAC नाम 3, 3, 6-ट्राइमेथिल हेप्टेन गलत है क्योंकि पहले नाम का पहला अंक 2 दूसरे नाम के पहले अंक 3 से छोटा है।

(2) IUPAC नाम 2, 3, 5, 7-टेट्रामेथिल ऑक्टेन सही है, जबकि 2, 4, 6, 7-टेट्रामेथिल ऑक्टेन नाम गलत है क्योंकि दोनों नामों में पहला अंक 2 तो समान है परन्तु दूसरा अंक 3 पहले नाम में कम है।

**(B) एल्कीनों का IUPAC नामकरण** (IUPAC Nomenclature of Alkenes)—यदि कार्बनिक यौगिक की मुख्य कार्बन शृंखला में द्विबन्ध (Double bond) है तो ऐसे हाइड्रोजन एल्कीन कहलाते हैं। ये असंतृप्त हाइड्रोकार्बन होते हैं। इन्हें ओलिफिन भी कहा जाता है। इस परिवार के प्रथम तीन सदस्य हैं—

$CH_2 = CH_2$ (Ethene)

$CH_3 - CH = CH_2$ (Propene)

$CH_3 - CH = CH - CH_2$ (But-2-ene)

या

$CH_3 - CH_2 - CH = CH_2$ (But-1-ene)

एल्कीनों का नामकरण निम्न प्रकार किया जाता है—

(1) सबसे पहले सबसे लम्बी मुख्य कार्बन शृंखला का चुनाव करते हैं जिसमें द्विबन्ध (Double bond) अवश्य शामिल होना चाहिये। द्विबन्ध को क्रियात्मक समूह भी माना जाता है।

(2) मुख्य कार्बन शृंखला में कार्बन परमाणुओं का अंकन (Numbering) उस सिरे से प्रारम्भ करते हैं जिधर से द्विबन्ध पास पड़ता है।

(3) इनके नामकरण में ऐल्केन का एन (ane) हटाकर ईन (ene) लगाना चाहिये। जिस कार्बन परमाणु से द्विबन्ध (Double bond) शुरू होता है उसका अंक ईन (ene) से ठीक पहले लिखना चाहिये।

**जैसे—**

$\overset{4}{CH_3}—\overset{3}{CH_2}—\overset{2}{CH}=\overset{1}{CH_2}$

But-1-ene

$\overset{4}{CH_3}—\overset{3}{CH}=\overset{2}{CH}=\overset{1}{CH_3}$

But-2-ene

(4) यदि दो या दो से अधिक द्विबन्ध उपस्थित हों तो सभी को मुख्य कार्बन शृंखला (Principal carbon chain) में शामिल करना चाहिये तथा उनका अंकन करके डाई, ट्राई इत्यादि शब्दों का प्रयोग करना चाहिये; जैसे—

$\overset{6}{CH_3}—\overset{5}{CH}=\overset{4}{CH}—\overset{3}{CH}—\overset{2}{CH}=\overset{1}{CH_2}$

Hex-1, 4-diene

$\overset{8}{CH_3}—\overset{7}{CH}=\overset{6}{CH}—\overset{5}{CH}=\overset{4}{CH}-\overset{3}{CH_2}-\overset{2}{CH}=\overset{1}{CH_2}$

Oct-1, 4, 6-triene

**उदाहरण 1.**

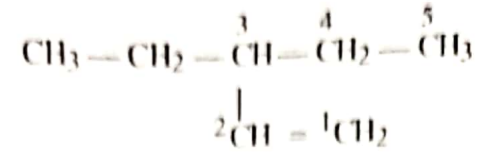
$$\overset{5}{CH_3}—\overset{4}{CH_2}—\overset{3}{CH_2}—\overset{2}{C}=\overset{1}{CH_2}$$
$$\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\quad |$$
$$\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad CH_2$$
$$\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\quad |$$
$$\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad CH_3$$

2-Ethyl, pent-1-ene

AVC TECHNICAL CLASSES

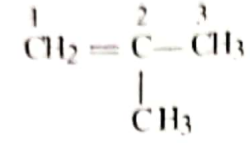
Scanned with CamScanner

उदाहरण 2.



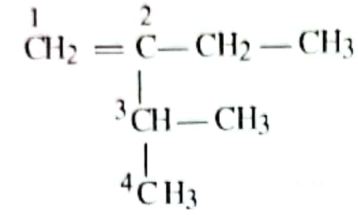
3-Ethyl pent-1-ene

उदाहरण 3.



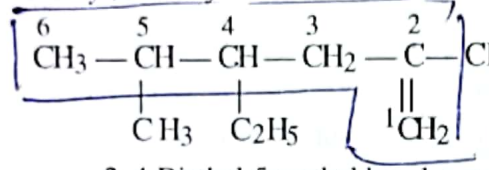
2-Methyl prop-1-ene

उदाहरण 4.



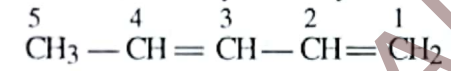
2-Ethyl, 3 methyl but -1-ene

उदाहरण 5.



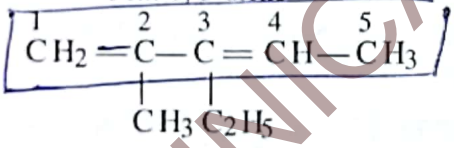
2, 4-Diethyl-5-methyl hex-1-ene

उदाहरण 6.



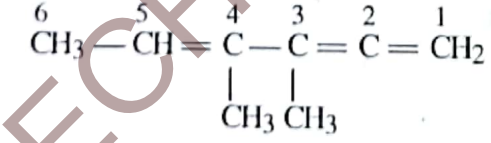
Pent-1, 3-diene

उदाहरण 7.



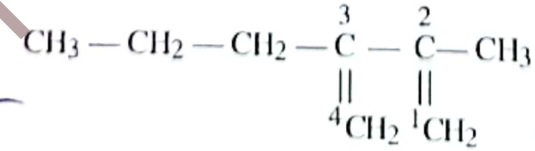
3-Ethyl, 2, methyl pent-1, 3-diene

उदाहरण 8.



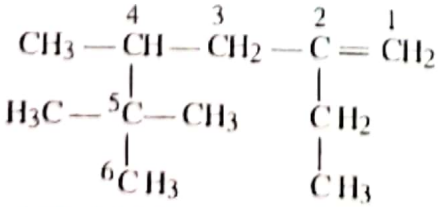
3, 4-Dimethyl hex-1, 2, 4-triene

उदाहरण 9.



2-Methyl, 3-propyl but-1, 3-diene

उदाहरण 10.



2 Ethyl-4,5,5-trimethyl-hex-1-ene

**(C) एल्काइनों का IUPAC नामकरण** (IUPAC Nomenclature of Alkynes)—वे हाइड्रोकार्बन जिनकी मुख्य कार्बन शृंखला में त्रिकबन्ध (Triple bond) होता है वे एल्काईन कहलाते हैं। ये भी असंतृप्त हाइड्रोकार्बन (Unsaturated hydrocarbon) होते हैं। इनका नामकरण करते समय ऐल्केन (Alkane) का ऐन (ane) हटाकर आईन (yne) लगा देते हैं। त्रिक बन्ध (Triple bond) को भी क्रियात्मक समूह माना गया है। इसका नामकरण एल्कीनों की तरह ही किया जाता है। कुछ एल्काइनों के नाम व सूत्र नीचे दिये गये हैं—

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

(i) $H-C\equiv C-H$ – Ethyne

(ii) $CH_3-C\equiv CH$ – Propyne

(iii) $\overset{1}{H}C\equiv \overset{2}{C}-\overset{3}{CH_2}-\overset{4}{CH_3}$ – But-1-yne

(iv) $\overset{1}{CH_3}-\overset{2}{C}\equiv\overset{3}{C}-\overset{4}{CH_3}$ – But-2-yne

(v) $\overset{5}{CH_3}-\overset{4}{CH}(\overset{|}{CH_3})-\overset{3}{C}\equiv\overset{2}{C}-\overset{1}{CH_3}$ 4-Methyl pent-2-yne

(vi) $\overset{5}{CH_3}-\overset{4}{CH}(\overset{|}{CH_3})-\overset{3}{CH}(\overset{|}{C_2H_5})-\overset{2}{C}\equiv\overset{1}{CH}$ 3-Ethyl-4-methyl-pent-1-yne

(vii) $\overset{1}{CH_3}-\overset{2}{CH}(\overset{|}{CH_3})-\overset{3}{C}\equiv\overset{4}{C}-\overset{5}{CH}(\overset{|}{C_2H_5})-\overset{6}{CH_2}-\overset{7}{CH_3}$ 5-Ethyl-2-methyl-hept-3-yne

(viii) $\overset{1}{H}C\equiv\overset{2}{C}-\overset{3}{C}\equiv\overset{4}{C}-\overset{5}{CH_3}$ But-1, 3-diyne

(ix) $\overset{1}{CH}\equiv\overset{2}{C}-\overset{3}{C}\equiv\overset{4}{C}-\overset{5}{CH_3}$ Pent-1, 3-diyne

(x) $\overset{7}{CH_3}-\overset{6}{CH}(\overset{|}{CH_3})-\overset{5}{C}\equiv\overset{4}{C}-\overset{3}{C}\equiv\overset{2}{C}-\overset{1}{CH_3}$ 6-Methyl-hept-2, 4-diyne

**नोट**—जब किसी कार्बनिक यौगिक में द्विबन्ध (C = C) तथा त्रिक बन्ध (C ≡ C) दोनों हों तो उसका IUPAC नामकरण निम्न प्रकार किया जाता है। इस तरह के असंतृप्त यौगिक (Unsaturated compound) एल्काइन के व्युत्पन्न (Derivatives of alkyne) माने जाते हैं तथा अनुलग्नक 'ईन' (Suffix 'ene') अनुलग्नक आईन (Suffix 'yne') से पहले आ जाता है। दूसरे शब्दों में ईन (ene) प्राथमिक अनुलग्नक (Primary suffix) तथा आइन (yne) द्वितीयक अनुलग्नक (Secondary suffix) की तरह प्रयुक्त होता है। कार्बन शृंखला का अंकन (Numbering) उस सिरे से करते हैं जिधर से C = C या C ≡ C कोई-सा भी समूह नजदीक पड़ता है। इस प्रकार के कुछ उदाहरण नीचे दिये जा रहे हैं—

(i) $\overset{1}{CH}\equiv\overset{2}{C}-\overset{3}{CH}=\overset{4}{CH}-\overset{5}{CH_3}$

Pent-3-en-1-yne

(ii) $\overset{5}{CH_3}-\overset{4}{C}\equiv\overset{3}{C}-\overset{2}{CH}=\overset{1}{CH_2}$

Pent-1-en-3-yne

(iii) $\overset{7}{CH_3}-\overset{6}{CH_2}-\overset{5}{C}\equiv\overset{4}{C}-\overset{3}{CH}(\overset{|}{CH_3})-\overset{2}{CH}=\overset{1}{CH_2}$

3-Methyl hept-1-en-4-yne

**नोट**—यदि किसी यौगिक में C = C तथा C ≡ C दोनों ही समान दूरी पर हों तो शृंखला का अंकन C = C की तरफ से करते हैं। जैसे—

(iv) $\overset{5}{CH}\equiv\overset{4}{C}-\overset{3}{CH_2}-\overset{2}{CH}=\overset{1}{CH_2}$

Pent-1-en-4-yne

(v) $\overset{1}{CH_2}=\overset{2}{CH}-\overset{3}{CH}(\overset{|}{CH_2-CH_3})-\overset{4}{CH_2}-\overset{5}{C}\equiv\overset{6}{CH}$

3-Ethyl hex-1-en-5-yne

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

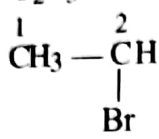
## 6.1.6. एल्किल हैलाइडों का IUPAC नामकरण (IUPAC Nomenclature of Alkyl Halides)

एल्किल हैलाइडों का सामान्य सूत्र RX होता है। (जब X = F, Cl, Br, I) जैसे $C_2H_5Br$, $CH_3Cl$, $CH_3CH_2CH_2I$ इत्यादि इनका IUPAC नामकरण करते समय पूर्वलग्नक के लिये फ्लोरो, क्लोरो, ब्रोमो, आयडो का प्रयोग करते हैं। मुख्य कार्बन शृंखला का अंकन (Numbering) उस सिरे से करते हैं जिधर से हैलोजन परमाणु निकट होता है। एक एल्किल समूह (R -जैसे—$CH_3$,—$C_2H_5$) आदि शृंखला में जुड़े होने पर हैलोजन परमाणु को ही अंकन में प्राथमिकता देते हैं।

**उदाहरण 1.** $CH_3 - Cl$ — क्लोरो मेथेन (Chloromethane)

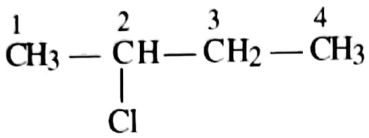
**उदाहरण 2.** $C_2H_5 - Br$ — ब्रोमो ऐथेन (Bromoethane)

**उदाहरण 3.**



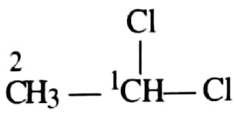
(2-Bromopropane)

**उदाहरण 4.**



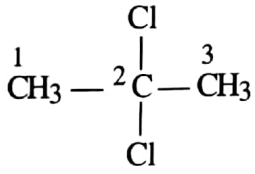
(2 Chlorobutane)

**उदाहरण 5.**



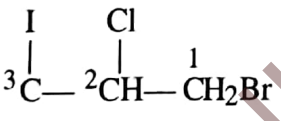
(1, 1-Dichloroethane)

**उदाहरण 6.**



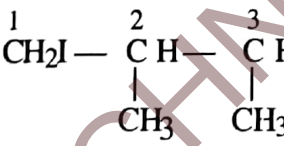
(2, 2-Dichloropropane)

**उदाहरण 7.**



(1-Bromo-2-chloro-3-Iodo propane)

**उदाहरण 8.**



(1, 4 Di-iodo-2, 3 dimethyl pentane)

यदि विभिन्न प्रकार के हैलोजन परमाणु समान दूरी पर हैं तो उस हैलोजन परमाणु को निम्नतम अंक देते हैं, जिसका क्रम अंग्रेजी वर्णमाला में पहले है अर्थात् अंक देने का क्रम Br, Cl, F व I होगा।

यौगिक का नाम लिखते समय हैलोजन परमाणुओं को अंग्रेजी वर्णमाला के क्रम (alphabetical order) में लिखते हैं।

**उदाहरण 1.** $\overset{3}{CH_2}I - \overset{2}{CHCl} - \overset{1}{CH_2}Br$

1-ब्रोमो-2-क्लोरो-3-आयोडो प्रोपेन

(1-Bromo-2-chloro-3-iodo propane)

**उदाहरण 2.** $\overset{3}{CH_2}I - \overset{2}{CHBr} - \overset{1}{CH_2}Cl$

2-ब्रोमो-1-क्लोरो-3-आयोडो प्रोपेन

(2-Bromo-1-chloro-3-iodo propane)

**उदाहरण 3.** $\overset{1}{CH_2}Br - \overset{2}{CHI} - \overset{3}{CH_2}Cl$

1-ब्रोमो-3-क्लोरो-2-आयोडो प्रोपेन

(1- Bromo-3-chloro-2-Iodo propane)

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

**उदाहरण 4.** C(F)(Cl)(Br)(I)

ब्रोमो क्लोरो फ्लुओरो आयोडो मेथेन

(Bromo chloro flouro iodomethane)

## 6.1.7. एल्कोहॉलों का IUPAC नामकरण (IUPAC Nomenclature of Alcohols)

ऐसे यौगिक जिनमें कार्बन परमाणु से हाइड्रॉक्सिल समूह (—OH) जुड़ा होता है एल्कोहॉल कहलाते हैं। इनका सामान्य सूत्र ROH होता है। इन यौगिकों के लिये अनुलग्नक (Suffix) ऑल (–ol) का प्रयोग किया जाता है। इनका सामान्य नाम एल्केनॉल होता है।

(1) सबसे लम्बी शृंखला का चयन करते समय सभी —OH समूह से जुड़े कार्बन परमाणुओं का शृंखला में चयन करते हैं।

(2) शृंखला का अंकन (Numbering) उस सिरे से करते हैं जिधर से —OH समूह पास होता है।

(3) OH समूह के कार्बन परमाणु को दिया गया नम्बर ऑल (ol) से पहले लिखते हैं।

(4) दो, तीन, चार या अधिक —OH समूह होने पर क्रमशः डाई, ट्राई, टेट्रा आदि शब्दों कर प्रयोग करते हैं।

(5) इनका सामान्य नाम एल्केनॉल होता है।

**उदाहरण 1.** $CH_3 — OH$

(Methanol)

**उदाहरण 2.** $CH_3 — CH_2 — OH$

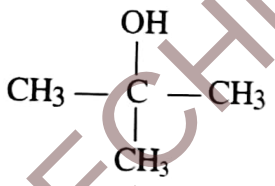
Ethanol

**उदाहरण 3.** $\overset{4}{CH_3} — \overset{3}{CH_2} — \overset{2}{CHOH} — \overset{1}{CH_3}$

ब्यूटेन–2 –ऑल

(Butan–2 –ol)

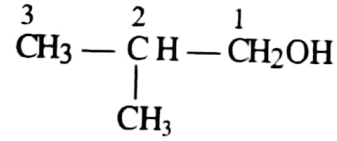
**उदाहरण 4.**



2 –मेथिल प्रोपेन–2 –ऑल

(2 –Methyl propan–2 –ol)

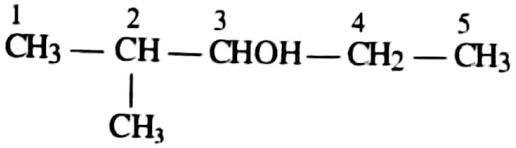
**उदाहरण 5.**



2 –मेथिल प्रोपेन–1 –ऑल

(2 –Methyl propan–1 –ol)

**उदाहरण 6.**



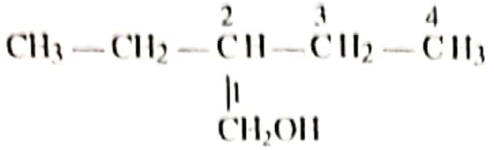
2 –मेथिल पेन्टेन–3 –ऑल

(2 –Methyl pentan–3 –ol)

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

**उदाहरण 7.**

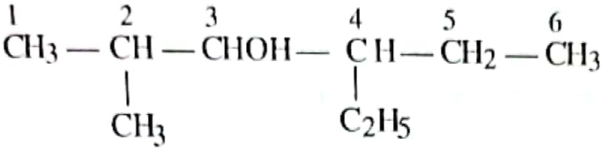


2 –एथिल ब्यूटेन–1 –ऑल

(2 –Ethyl butan–1 –ol)

इस यौगिक मे 5 कार्बन परमाणुओं वाली जनक शृंखला नहीं हो सकती क्योंकि उसमें —OH समूह उपस्थित नहीं होगा।

**उदाहरण 8.**

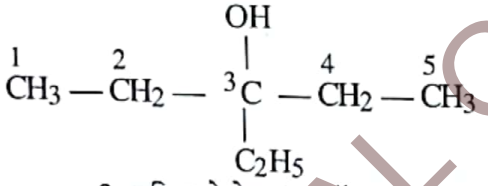


4 –एथिल–2 –मेथिल हेक्सेन–3 –ऑल

(4 –Ethyl–2 –methyl hexan–3 –ol)

**उदाहरण 9.** $(C_2H_5)_3C-OH$

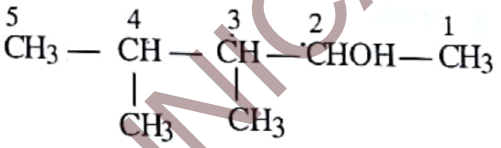
ऐल्किल समूहों को खोलकर लिखने पर,



3 –एथिल पेन्टेन–3 –ऑल

(3 –Ethyl pentan–3 –ol)

**उदाहरण 10.**



3, 4 –डाइमेथिल पेन्टेन–2 –ऑल

(3, 4 –Dimethyl pentan–2 –ol)

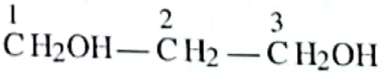
जब यौगिक में 2, 3 या 4 —OH समूह होते हैं तो उसको डाइ, ट्राइ या टेट्रा हाइड्रिक ऐल्कोहॉल कहते हैं। मुख्य शृंखला का चुनाव इस प्रकार करते हैं कि उसमें अधिकतम —OH समूह उपस्थित हों। इनके सामूहिक नाम ऐल्केन डाइऑल (alkane diol), ऐल्केन ट्राइऑल (alkane triol) आदि होते हैं। इनमें ऐल्केन का e नहीं हटाते हैं। प्रत्येक —OH समूह को निर्धारित संख्या द्वारा प्रदर्शित करते हैं।

**एथेन–1,2 –डाइऑल**

(Ethane–1, 2 –diol)

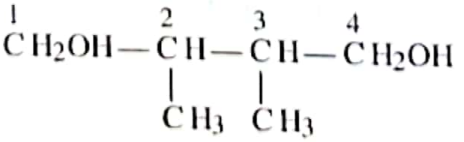
**प्रोपेन–1,2,3 –ट्राइऑल**

(Propane–1, 2, 3 –triol)



**प्रोपेन–1,3 –डाइऑल**

(Propane–1,3 –diol)



**2, 3 –डाइमेथिल ब्यूटेन–1, 4 –डाइऑल**

(2,3 –Dimethyl butane–1, 4 –diol)

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

$\overset{1}{C}H_3-\overset{2}{C}HOH-\overset{3}{C}HOH-\overset{4}{C}HOH-\overset{5}{C}H_3$

**पेन्टेन–2, 3, 4 –ट्राइऑल**

(Pentane–2, 3, 4 –triol)

$\overset{4}{C}H_2(OH)-\overset{3}{C}H_2-\overset{2}{C}H(CH_2OH)-\overset{1}{C}H_2OH$

**2 –( हाइड्रॉक्सीमेथिल ) ब्यूटेन–1, 4 –डाइऑल**

## 6.1.8. एल्डिहाइड, सायनाइड तथा कार्बोक्सिलिक अम्लों का IUPAC नामकरण (IUPAC Nomenclature of Aldehyde, Carboxylic Acid and Cyanides)

इन तीनों समूहों का IUPAC नामकरण एक ही टॉपिक में लेने का हमारा तात्पर्य सिर्फ इतना है कि तीनों नामकरण लगभग समान हैं। थोड़ा बहुत अन्तर है उसका वर्णन भी अलग से किया जा रहा है—

(1) तीनों के सामान्य IUPAC नाम निम्न हैं—

| | | |
|---|---|---|
| एल्डिहाइड $-CHO$ | — | ऐल्केनल |
| कार्बोक्सिलिक अम्ल $-COOH$ | — | ऐल्केनोइक अम्ल |
| सायनाइड $-CN$ | — | ऐल्केन नाइट्राइल |

(2) अनुलग्नक (Suffix) का निम्न प्रयोग किया जाता है—

| | | |
|---|---|---|
| एल्डिहाइड (–CHO) समूह | — | अल (al) |
| कार्बोक्सिलिक अम्ल (–COOH) समूह | — | ओइक एसिड (oic acid) |
| सायनाइड (–CN) समूह | — | नाइट्राइल (nitrile) |

(3) तीनों ही समूह शृंखला के एक कोने पर उपस्थित रहते हैं।

(4) तीनों का अंकन क्रियात्मक समूह (Functional group) में उपस्थित कार्बन परमाणु से किया जाता है।

(5) यदि मुख्य शृंखला में दो क्रियात्मक समूह हैं तो अंकन एक क्रियात्मक समूह से शुरू होकर दूसरे पर समाप्त हो जाता है।

(6) मुख्य कार्बन शृंखला में दो से अधिक क्रियात्मक समूह उपस्थित होने पर सभी समूहों को मुख्य कार्बन शृंखला से बाहर करके उसका अंकन करते हैं।

**उदाहरण** —(एल्डिहाइड)—

$HCHO$

**मेथेनल**

(Methanal)

$CH_3-CH_2-CH_2-CHO$

**ब्यूटेनल**

(Butanal)

$CH_3-CHO$

**एथेनल**

(Ethanal)

$\overset{4}{C}H_3-\overset{3}{C}H_2-\overset{2}{C}H(CH_3)-\overset{1}{C}HO$

**2 –मेथिल ब्यूटेनल**

(2 –Methyl butanal)

$CH_3-CH_2-CHO$

**प्रोपेनल**

(Propanal)

$\overset{5}{C}H_3-\overset{4}{C}H(CH_3)-\overset{3}{C}H(CH_3)-\overset{2}{C}H_2-\overset{1}{C}HO$

**3,4 –डाइमेथिल पेन्टेनल**

(3, 4 –Dimethyl pentanal)

$\overset{4}{C}H_3-\overset{3}{C}H_2-\overset{2}{C}H(\overset{1}{C}HO)-CH_2-CH_3$

**2 –एथिल ब्यूटेनल**

(2 –Ethyl butanal)

$CH_2-CH_2-\overset{2}{C}H(\overset{1}{C}H_3)-\overset{3}{C}H_2-\overset{4}{C}H_2-\overset{5}{C}H_3$

**2 –एथिल पेन्टेनल**

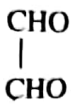
(2 –Ethyl pentanal)

इन यौगिकों में उस कार्बन शृंखला को मुख्य शृंखला चुना गया है, जिसमें —CHO समूह उपस्थित है, भले ही शृंखला में कार्बन परमाणुओं की संख्या कम हो जाये।

AKC TECHNICAL CLASSES

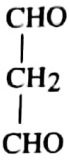
Scanned with CamScanner

यदि यौगिक में दो —CHO समूह उपस्थित हैं तो इस श्रेणी का सामूहिक नाम **ऐल्केन डाइअल** होता है। ऐल्केन के e को लगा रहने देते हैं।



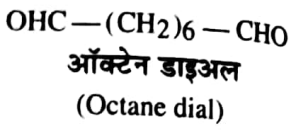
**एथेन डाइअल**

(Ethane dial)



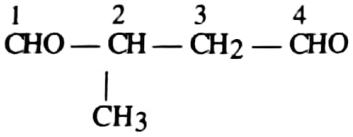
**प्रोपेन डाइअल**

(Propane dial)



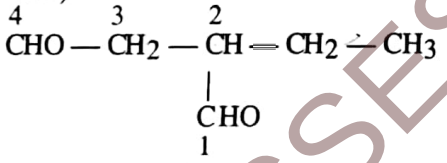
**ऑक्टेन डाइअल**

(Octane dial)



**2 –मेथिल ब्यूटेन–1,4 –डाइअल**

(2 –Methyl butane–1, 4 –dial)



**2 –एथिल ब्यूटेन–1,4 –डाइअल**

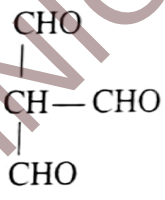
(2 –Ethyl butane–1, 4 –dial)

[ **नोट** : यदि — CHO समूह के स्थान को अंकों द्वारा प्रदर्शित न करें तो वह नाम भी ठीक होता है। जैसे 2 –मेथिल ब्यूटेन डाइअल। इस प्रकार —CHO समूह के स्थान को अंकों द्वारा प्रदर्शित कर भी सकते हैं और नहीं भी। दोनों प्रकार के प्रचलन हैं। ]

**जिनमें दो से अधिक – CHO समूह हैं**

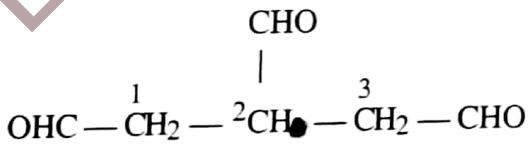
**नवीनतम IUPAC प्रणाली (1993) के अनुसार,**

यदि दो से अधिक —CHO समूह किसी सतत् कार्बन शृंखला से जुड़े हैं, तब यौगिक को सतत् कार्बन वाले हाइड्रोकार्बन का व्युत्पन्न माना जाता है। —CHO के कार्बन को मुख्य शृंखला में नहीं गिनते और अनुलग्न **कार्बऐल्डिहाइड** प्रयोग करते हैं। जैसे—



**मेथेन ट्राइकार्बऐल्डिहाइड**

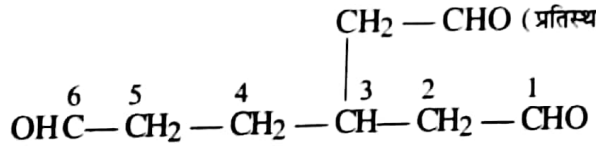
(Methane tricarbaldehyde)



**नया नाम : प्रोपेन–1, 2, 3 –ट्राइकार्बऐल्डिहाइड**

(Propane–1, 2, 3 –tricarbaldedyde)

यदि —CHO क्रियात्मक समूह किसी सतत कार्बन शृंखला में उपस्थित न होकर किसी पार्श्व शृंखला में उपस्थित हैं और —CHO के कार्बन परमाणु को सतत शृंखला में गिनना सम्भव नहीं है, तब यह प्रतिस्थापी माना जाता है, और शेष —CHO समूहों के कार्बन परमाणुओं को जनक शृंखला में गिनते हैं और डाइअल, ट्राइअल आदि अनुलग्नों का प्रयोग करते हैं। जैसे—



**नया नाम : 3 –( फॉर्मिल मेथिल ) हेक्सेन–1, 6 डाइअल**

3 –(Formyl methyl) hexane–1, 6 –dial

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

[**नोट :** यदि किसी यौगिक में —CHO समूह और वरीयता सारणी में इससे ऊपर उपस्थित कोई समूह है तब, (a) यदि —CHO समूह को मुख्य शृंखला में लेना सम्भव है तब इसके कार्बन को मुख्य शृंखला में गिनते हैं और पूर्वलग्न ऑक्सो प्रयोग करते हैं। (b) यदि —CHO के कार्बन को मुख्य शृंखला में लेना सम्भव नहीं है तब पूर्वलग्न **फॉर्मिल** प्रयोग करते हैं।]

**कार्बोक्सिलिक अम्ल—**

**उदाहरण 1.** $HCOOH$

**मेथेनोइक ऐसिड**

(Methanoic acid)

**उदाहरण 2.** $CH_3CH_2CH_2COOH$

**ब्यूटेनोइक ऐसिड**

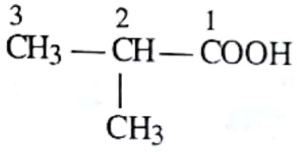
(Butanoic acid)

**उदाहरण 3.** $CH_3COOH$

**एथेनोइक ऐसिड**

(Ethanoic acid)

**उदाहरण 4.**



**2 –मेथिल प्रोपेनोइक ऐसिड**

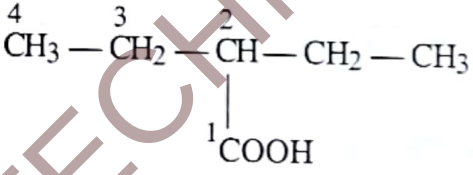
(2 –Methyl propanoic acid)

**उदाहरण 5.** $CH_3CH_2COOH$

**प्रोपेनोइक ऐसिड**

(Propanoic acid)

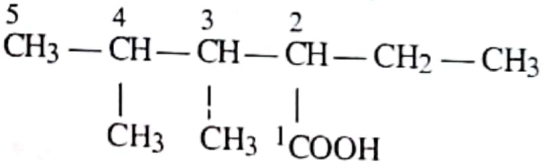
**उदाहरण 6.**



**2 –एथिल ब्यूटेनोइक ऐसिड**

(2 –Ethyl butanoic acid)

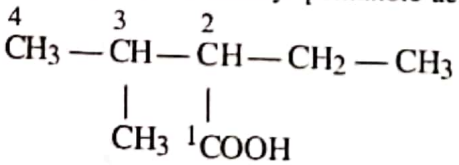
**उदाहरण 7.**



**2 –एथिल–3, 4 –डाइमेथिल पेन्टेनोइक ऐसिड**

(2 –Ethyl–3, 4 –dimethyl pentanoic acid)

**उदाहरण 8.**



**2 –एथिल–3 –मेथिल ब्यूटेनोइक ऐसिड**

(2 –Ethyl–3 –methyl butanoic acid)

AKC TECHNICAL CLASSES

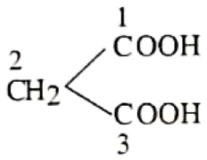
Scanned with CamScanner

## डाइकार्बोक्सिलिक अम्लों के IUPAC नाम

डाइकार्बोक्सिलिक ऐसिड का श्रेणी अनुलग्न डाइओइक ऐसिड (Dioic acid) और सामूहिक IUPAC नाम ऐल्केन डाइओइक ऐसिड होता है। इस विधि में मुख्य शृंखला में दोनों —COOH क्रियात्मक समूह उपस्थित होते हैं। मुख्य शृंखला का अंकन उस सिरे की तरफ से करते हैं जिधर —COOH समूह उपस्थित होता है। डाइकार्बोक्सिलिक ऐसिड का IUPAC नाम प्राप्त करने के लिए जनक ऐल्केन के नाम में डाइओइक ऐसिड जोड़ देते हैं।

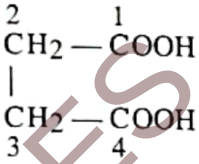
**एथेन डाइओइक ऐसिड**

(Ethane dioic acid)



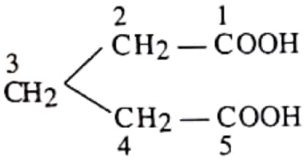
**प्रोपेन डाइओइक ऐसिड**

(Propane dioic acid)



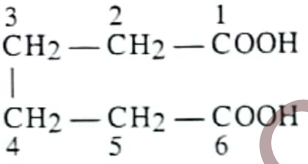
**ब्यूटेन डाइओइक ऐसिड**

(Butane dioic acid)



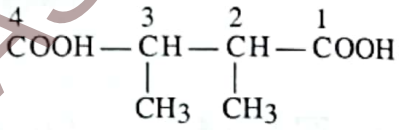
**पेन्टेन डाइओइक ऐसिड**

(Pentane dioic acid)



**हेक्सेन डाइओइक ऐसिड**

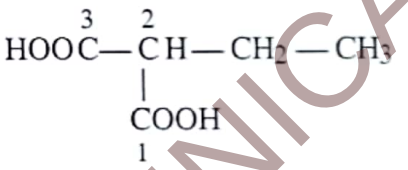
(Hexane dioic acid)



**2,3 –डाइमेथिल ब्यूटेन डाइओइक ऐसिड**

(2,3 –Dimethyl butane dioic acid)

**उदाहरण 1—**

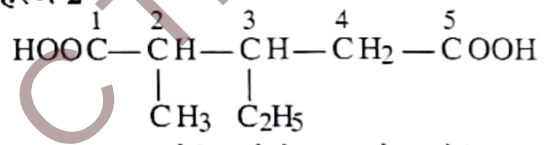


जनक शृंखला में दोनों –COOH समूह उपस्थित होने चाहिएँ, भले ही शृंखला में कम कार्बन परमाणु उपस्थित हों। इस प्रकार यौगिक का नाम होगा।

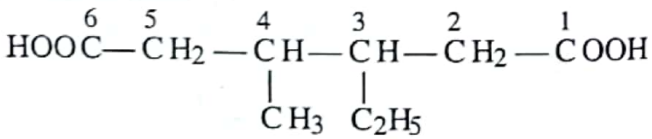
**2 –एथिल प्रोपेन डाइओइक ऐसिड**

(2 –Ethyl propane dioic acid)

**उदाहरण 2—**



**3 –एथिल–2 –मेथिल पेन्टेन डाइओइक ऐसिड**



**3 –एथिल–4 –मेथिल हेक्सेन डाइओइक ऐसिड**

जनक शृंखला का अंकन उस सिरे की तरफ से करते हैं, जिधर से पार्श्व शृंखला भी पास पड़ती हो। ऐल्किल समूहों को वर्णमाला के क्रम से लिखते हैं।

## कार्बनिक यौगिकों के IUPAC नाम जिनमें दो से अधिक —COOH समूह हैं

(1) कार्बोक्सिल समूह को प्रतिस्थापी (Substituent) मानते हैं।

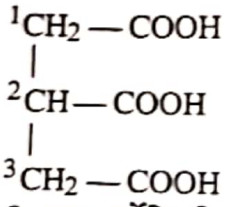
(2) जनक शृंखला में —COOH समूहों के कार्बन की गिनती नहीं करते हैं।

(3) अम्ल का नाम जनक हाइड्रोकार्बन के नाम में **कार्बोक्सिलिक ऐसिड** जोड़कर प्राप्त करते हैं।

(4) –COOH समूहों की स्थिति का निर्धारण अंकों द्वारा करते हैं। ये अंक जनक हाइड्रोकार्बन के नाम के बाद और कार्बोक्सिलिक ऐसिड अनुलग्न से पहले लगाते हैं। मुख्य शृंखला का अंकन उस कार्बन से करते हैं, जहाँ से —COOH समूह और पार्श्व शृंखला पास पड़ते हैं। —COOH समूह से अंकन प्रारम्भ नहीं करते हैं।

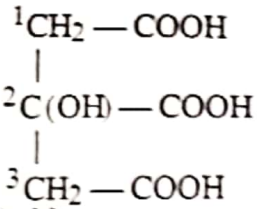
AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner



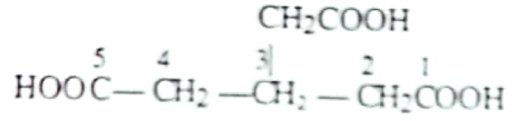
प्रोपेन–1, 2, 3 –ट्राइकार्बोक्सिलिक ऐसिड

Propane 1, 2, 3-tricarboxylic acid



2 –हाइड्रॉक्सी प्रोपेन–1,2,3 –ट्राइकार्बोक्सिलिक ऐसिड

यदि —COOH क्रियात्मक समूह किसी सतत कार्बन शृंखला में उपस्थित न होकर किसी पार्श्व शृंखला में उपस्थित है और —COOH के कार्बन परमाणु को सतत् शृंखला में गिनना सम्भव नहीं है, तब यह प्रतिस्थापी माना जाता है और शेष —COOH समूहों के कार्बन परमाणुओं को जनक शृंखला में गिनते हैं और डाइओइक, ट्राइओइक ऐसिड आदि अनुलग्नों का प्रयोग करते हैं।



3 –(Carboxymethyl) pentane–1, 5 –dioic acid

**उदाहरण—( सायनाइड )—**

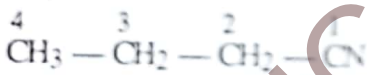
**उदाहरण 1.** $CH_3 — CN$

Ethane nitrile

**उदाहरण 2.** $CH_3CH_2CN$

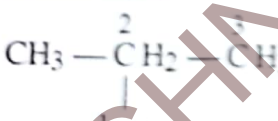
Propane nitrile

**उदाहरण 3.**



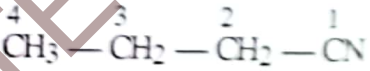
Butane nitrile

**उदाहरण 4.**



2–Methyl propane nitrile

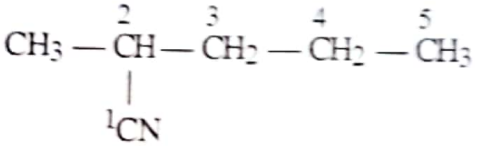
**उदाहरण 5.**



ब्यूटेन नाइट्राइल

(Butane nitrile)

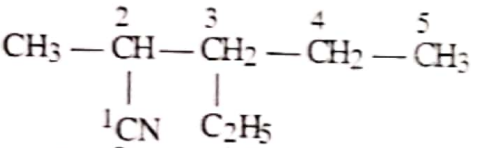
**उदाहरण 6.**



2 –मेथिल पेन्टेन नाइट्राइल

(2 –Methyl pentane nitrile)

**उदाहरण 7.**



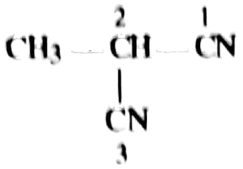
3 –एथिल–2 –मेथिल पेन्टेन नाइट्राइल

(3 –Ethyl–2 –methyl pentane nitrile)

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

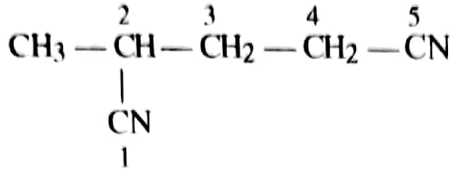
**उदाहरण 8.**



**2 –मेथिल प्रोपेन डाइनाइट्राइल**

(2 –Methyl propane dinitrile)

**उदाहरण 9.**

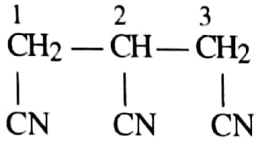


**2 –मेथिल पेन्टेन डाइनाइट्राइल**

(2 –Methyl pentane dinitrile)

यदि दो से अधिक —CN समूह किसी सतत् कार्बन श्रृंखला से सीधे जुड़े हैं, तब यौगिक सतत् कार्बन वाले हाइड्रोकार्बन का व्युत्पन्न माना जाता है, —CN के कार्बन को मुख्य श्रृंखला में नहीं गिनते और अनुलग्न (Suffix) **कार्बोनाइट्राइल** प्रयोग करते हैं। जैसे निम्नलिखित IUPAC नवीनतम नाम हैं—

**उदाहरण 10.**



**प्रोपेन–1, 2, 3 –ट्राइकार्बोनाइट्राइल**

(Propane–1, 2, 3 –tricarbonitrile)

## 6.1.9. कीटोनों का IUPAC नामकरण (IUPAC Nomenclature of Ketones)

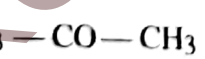
कीटोनों का सामान्य सूत्र R — CO — R′ होता है, जहाँ R व R′ एल्किल समूह हैं। इसे  का कीटो समूह (Keto group) कहते हैं। यह हमेशा दो एल्किल समूहों के बीच में रहता है। इनका नामकरण निम्न प्रकार किया जाता है।

(1) सबसे लम्बी मुख्य कार्बन श्रृंखला का चयन करते हैं जिसमें कीटो समूह सम्मिलित हो। यदि दो या अधिक कीटो का समूह उपस्थित है तो सभी को कार्बन श्रृंखला में सम्मिलित किया जाना चाहिए।

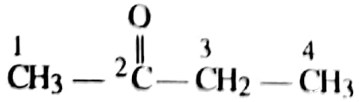
(2) मुख्य कार्बन श्रृंखला का अंकन उस सिरे से प्रारम्भ करना चाहिये जिधर से कीटो समूह पास हो।

(3) इसके लिये अनुलग्नक (Suffix) ओन (one) का प्रयोग किया जाता है।

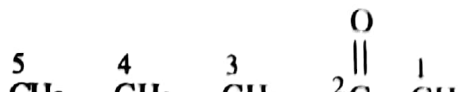
**उदाहरण—**

(1) 

Propanone

(2) 

Butan–2 –one

(3) 

Pentan–2 –one

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

(4) $\overset{1}{CH_3}-\overset{2}{\overset{\overset{O}{\|}}{C}}-\overset{3}{CH_2}-\overset{4}{CH_2}-\overset{5}{CH_2}-\overset{6}{CH_3}$

Hexan–2 –one

(5) $\overset{1}{CH_3}-\overset{2}{CH_2}-\overset{3}{\overset{\overset{O}{\|}}{C}}-\overset{4}{CH_2}-\overset{5}{CH_2}-\overset{6}{CH_3}$

Hexan–3 –one

(6) $\overset{1}{CH_3}-\overset{2}{\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}}-\overset{3}{CO}-\overset{4}{CH_2}-\overset{5}{CH_3}$

2 –Methyl pentan–3 –one

(7) $\overset{1}{CH_3}-\overset{2}{CO}-\underset{\underset{CH_3}{|}}{\overset{3}{CH}}-\underset{\underset{CH_3}{|}}{\overset{4}{CH}}-\overset{5}{CH_3}$

3, 4 –Dimethyl pentan–2 –one

यदि कार्बनिक यौगिकों में दो या अधिक कीटों समूह उपस्थित हों तो उसके लिये क्रमश: डाईओन, ट्राईओन, टेट्राओन आदि अनुलग्नकों का प्रयोग करते हैं।

(8) $\overset{1}{CH_3}-\overset{2}{CO}-\overset{3}{CO}-\overset{4}{CH_3}$

Butan–2,3 di-one

(9) $\overset{1}{CH_3}-\overset{2}{CO}-\overset{3}{CO}-\overset{4}{CH_2}-\overset{5}{CH_3}$

Pentan–2,3 –di–one

(10) $\overset{1}{CH_3}-\overset{2}{CO}-\overset{3}{CH_2}-\overset{4}{CO}-\overset{5}{CH_3}$

Pentan 2,4 –di-one

## 6.1.10. एस्टरों का IUPAC नामकरण (IUPAC Nomenclature of Esters)

कार्बोक्सिलिक अम्ल (RCOOH) में —COOH समूह के हाइड्रोजन परमाणु को एल्किल समूह से प्रतिस्थापित करने पर प्राप्त यौगिक RCOOR' एस्टर कहलाते हैं। वास्तव में ये यौगिक मोनोकार्बोक्सिलिक अम्लों के एस्टर हैं। इनका IUPAC नामकरण निम्न प्रकार करते हैं—

(1) सर्वप्रथम एल्किल समूह (R') का नाम लिखते हैं।

(2) इनके लिये अनुलग्नक के रूप में ओएट (Oate) शब्द का प्रयोग करते हैं।

(3) इनका सामान्य नाम 'एल्किल एल्केनोएट' होता है।

**उदाहरण—**

(1) $HCOOR$ — Methyl formate

(2) $CH_3CH_2COOCH_3$ — Methyl ethanoate

(3) $CH_3COOCH_3$ — Ethyl propanoate

(4) $CH_3COOC_2H_5$ — Ethyl ethanoate

(5) $CH_3CH_2COOC_2H_5$ — Ethyl propanoate

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

## 6.1.11. एसिड हैलाइडों का नामकरण (IUPAC Nomenclature of Acid Halides)

मोनोकार्बोक्सिलिक अम्लों R–COOH में उपस्थित —OH समूह को किसी हैलोजन परमाणु (X = F, Cl, Br, I) से प्रतिस्थापित करने पर प्राप्त यौगिक RCOX एसिड हैलाइड कहलाते हैं। इनका सामान्य नाम ऐल्केनोइल हैलाइड होता है। इनका नामकरण निम्न प्रकार करते हैं—

(1) R–COX में —COX को सम्मिलित करते हुए सबसे लम्बी मुख्य कार्बन शृंखला का चयन करते हैं।

(2) अंकन (Numbering) करते समय —COX समूह के कार्बन को प्रथम अंक देते हैं।

(3) ओइक एसिड के स्थान पर ओइल क्लोराइड का चयन करते हैं।

**उदाहरण—**

(1) $H-COCl$ — (Methanoyl Chloride)

(2) $\overset{2}{CH_3}\overset{1}{COCl}$ — Ethanoyl Chloride

(3) $\overset{3}{CH_3}\overset{2}{CH_2}\overset{1}{COCl}$ — Propanoyl Chloride

(4) $CH_3-\overset{2}{\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}}-\overset{1}{COCl}$ — 2–Methyl Propanoyl Chloride

(5) $CH_3-\overset{2}{\underset{\displaystyle {}^1COCl}{\underset{|}{CH}}}-\overset{3}{CH_2}-\overset{4}{CH_3}$ — 2–Methyl Butanoyl Chloride

(6) $CH_3-CH_2-\overset{2}{\underset{\displaystyle {}^1COCl}{\underset{|}{CH}}}-\overset{3}{CH_2}-\overset{4}{CH_2}-\overset{5}{CH_3}$ —2–Ethyl Pentanoyl Chloride

## 6.1.12. एसिड एमाइडों का IUPAC नामकरण (IUPAC Nomenclature of Acid Amides)

कार्बोक्सिलिक अम्लों R–COOH के —OH समूह को $-NH_2$ समूह द्वारा प्रतिस्थापित करने पर $R-CONH_2$ प्राप्त होता है। इसे एसिड एमाइड कहते हैं। इसका सामान्य IUPAC नाम एल्केनामाइड (Alkanamide) होता है। इनका नामकरण एसिड हैलाइडों (Acid halides) की तरह ही करते हैं तथा अनुलग्नक (Suffix) के रूप में एमाइड (Amide) शब्द का प्रयोग करते हैं।

**उदाहरण—**

(1) $H-CONH_2$ — Methanamide

(2) $\overset{2}{CH_3}-\overset{1}{CONH_2}$ — Ethanamide

(3) $\overset{3}{CH_3}-\overset{2}{CH_2}-\overset{1}{CONH_2}$ — Propanamide

(4) $\overset{4}{CH_3}-\overset{3}{\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}}-\overset{2}{CH_2}-\overset{1}{CONH_2}$ — 3–Methyl butanamide

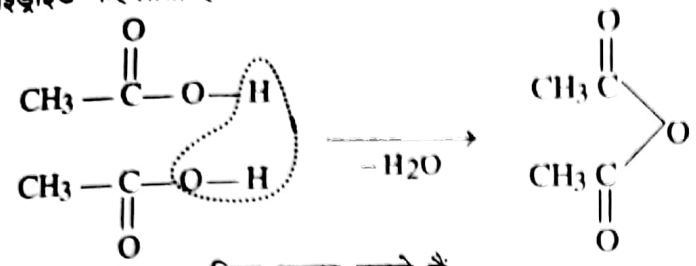
(5) $CH_3-CH_2-\overset{2}{\underset{\displaystyle {}^1CONH_2}{\underset{|}{CH}}}-\overset{3}{CH_2}-\overset{4}{CH_2}-\overset{5}{CH_3}$ — 2–EthylPentanamide

AKC TECHNICAL CLASSES

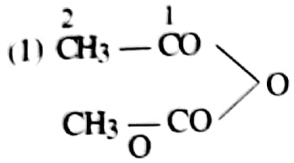
Scanned with CamScanner

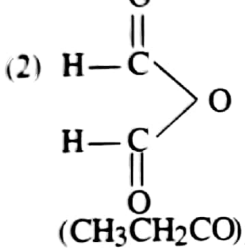
## 6.1.13. एसिड एनहाइड्राइडों का नामकरण (IUPAC Nomenclature of Acid Anhydrides)

जब मोनोकार्बोक्सिलिक अम्ल को दो अणुओं में से जल का एक अणु ($H_2O$) निकलने पर बना यौगिक एसिड एनहाइड्राइड कहलाता है।



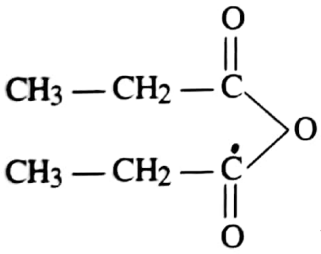
इनका नामकरण निम्न प्रकार करते हैं—

(1)  Ethanoic anhydride

(2)  Methanoic anhydride

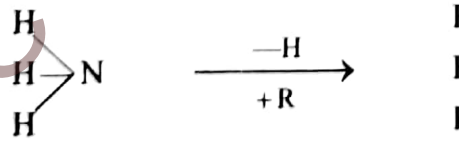
$(CH_3CH_2CO)_2O$

या

 Propanoic anhydride

## 6.1.14. एल्किल एमीन का नामकरण (IUPAC Nomenclature of Alkyl Amines)

अमोनिया अणु ($NH_3$) के H परमाणुओं को एल्किल समूह (—R) से प्रतिस्थापित करने पर $R—NH_2$, $R_2NH$ तथा $R_3N$ प्राप्त होते हैं। इन्हें एमीन कहते हैं। ये निम्न तीन प्रकार के होते हैं—

 या $R—NH_2$

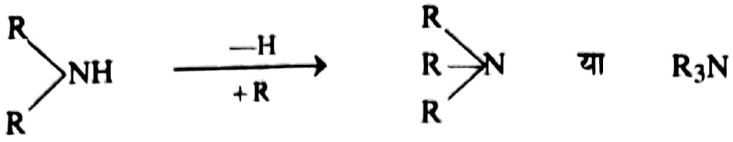
प्राथमिक एमीन या 1° एमीन
(Primary animes)

या $R_2NH$

द्वितीयक एमीन या 2° एमीन
(Secondary animes)

AKG TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner




तृतीयक एमीन या 2° एमीन
(Tertiary animes)

**इनका नामकरण निम्न प्रकार करते हैं—**

(1) $NH_2$ समूह से जुड़े कार्बन परमाणुओं को सम्मिलित करते हुए सबसे लम्बी मुख्य कार्बन श्रृंखला का चयन करते हैं।

(2) श्रृंखला का अंकन (Numbering) उस सिरे से करते हैं जिधर से $NH_2$ समूह पास में होता है।

(3) अनुलग्नक (Suffix) के रूप में एमीन (amine) शब्द का प्रयोग करते हैं।

**उदाहरण—**

(1) $CH_3 — NH_2$ — Methanamine

(2) $CH_3 — CH_2 — NH_2$ — Ethanamine

(3) $\overset{3}{C}H_3 — \overset{2}{C}H_2 — \overset{1}{C}H_2 — NH_2$ — Propan–1 –amine

(4) $\overset{1}{CH_3} — \overset{2}{CH}(NH_2) — \overset{3}{CH_3}$ — Propan–2 –amine

(5) $\overset{1}{CH_3} — \overset{2}{C}(CH_3)(NH_2) — \overset{3}{CH_3}$ — 2 –Methyl propan–2 –amine

(6) $\overset{4}{CH_3} — \overset{3}{CH_2} — \overset{2}{CH}(NH_2) — \overset{1}{CH_3}$ — Butan–2 –amine

(7) $\overset{6}{CH_3} — \overset{5}{C}(CH_3)(CH_3) — \overset{4}{CH_2} — \overset{3}{CH_2} — \overset{2}{CH}(NH_2) — \overset{1}{CH_3}$

5, 5 –Dimethyl petan–2 –amine

(8) $\overset{5}{CH_3} — \overset{4}{CH}(CH_3) — \overset{3}{CH}(CH_3) — \overset{2}{CH}(NH_2) — \overset{1}{CH_3}$

3, 4 –Dimethyl pentan–2 –amine

(9) $\overset{1}{CH_3} — \overset{2}{CH}(NH_2) — \overset{3}{CH} — \overset{4}{CH_2} — \overset{5}{CH_2} — \overset{6}{CH_3}$

Hexan–3 –amine

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

## 6.1.15. आइसोसायनाइड का नामकरण (IUPAC Nomenclature of Isocyanides)

जिन यौगिकों में R— ऐल्किल समूह —CN समूह के नाइट्रोजन परमाणु से जुड़ा होता है, उनको ऐल्किल आइसोसायनाइड (RNC) कहते हैं। इनका संरचना सूत्र है—

$$R-N \overset{\rightarrow}{=} C$$

नवीनतम IUPAC प्रणाली (1993) में इनके कोई IUPAC नाम नहीं दिये गये हैं। इनके केवल सामान्य नाम ही दिये गये हैं, जो इस प्रकार हैं—

$CH_3NC$
मेथिल आइसोसायनाइड
(Methyl isocyanide)

$C_2H_5NC$
एथिल आइसोसायनाइड
(Ethyl isocyanide)

$CH_3CH_2CH_2NC$
(Propyl isocyanide)

## 6.1.16. नाइट्रोएल्केन का नामकरण (IUPAC Nomenclature of Nitroalkanes)

जिन यौगिकों में R – ऐल्किल समूह —$NO_2$ समूह के नाइट्रोजन परमाणु से जुड़ा है, उनको नाइट्रोऐल्केन कहते हैं। IUPAC पद्धति में —$NO_2$ समूह क्रियात्मक समूह नहीं होता है। इसे प्रतिस्थापी (Substituent) मानते हैं। कार्बन शृंखला में —$NO_2$ समूह का स्थान अंकों द्वारा प्रदर्शित करते हैं। मुख्य शृंखला का अंकन उस सिरे की तरफ से करते हैं, जिधर से —$NO_2$ समूह पास पड़ता है। इस श्रेणी का सामूहिक IUPAC नाम **नाइट्रोऐल्केन** है।

$CH_3NO_2$
**नाइट्रोमेथेन**
(Nitromethane)

$C_2H_5NO_2$
**नाइट्रोएथेन**
(Nitroethane)

$\overset{3}{CH_3}-\overset{2}{CH_2}-\overset{1}{CH_2}NO_2$
**1 –नाइट्रोप्रोपेन**
(1-Nitropropane)

$\overset{3}{CH_3}-\overset{2}{\underset{|}{CH}}(NO_2)-\overset{1}{CH_3}$
**2 –नाइट्रोप्रोपेन**
(2 –Nitropropane)

$\overset{4}{CH_3}-\overset{3}{\underset{|}{CH}}(CH_3)-\overset{2}{\underset{|}{CH}}(NO_2)-\overset{1}{CH_3}$
**3 –मेथिल–2 –नाइट्रोब्यूटेन**
(3 –Methyl–2 –nitrobutane)

[**नोट** : R – समूह और —$NO_2$ समूह दूरी पर होने पर —$NO_2$ को निम्नतम अंक देते हैं।]

$\overset{4}{CH_3}-\overset{3}{CH_2}-\overset{2}{\underset{|}{CH}}(NO_2)-\overset{1}{CH_3}$
2 –Nitrobutane

## 6.1.17. ईथर का नामकरण (IUPAC Nomenclature of Ethers)

इनका सामान्य सूत्र R – O – R′ होता है। ऑक्सीजन से जुड़े दो ऐल्किल समूह समान या भिन्न प्रकार के हो सकते हैं। ऐल्कैटिक ऐल्कोहॉलों और ईथरों (Ethers) के सामान्य सूत्र $C_nH_{2n+2}O$ होते हैं। IUPAC पद्धति में ईथर प्रतिस्थापित (Substituted) ऐल्केन माने जाते हैं, जिनमें एक H–परमाणु किसी एल्कॉक्सी समूह (Alkoxy group, —OR) द्वारा विस्थापित होता है। इस प्रकार ईथर, ऐल्कॉक्सी ऐल्केन (Alkoxy alkane) कहलाते हैं।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

IUPAC पद्धति में इस श्रेणी का सामूहिक नाम **ऐल्कॉक्सी ऐल्केन** है और **बड़ा ऐल्किल समूह** हाइड्रोकार्बन के रूप में चुनते हैं।

$CH_3OCH_3$ — मेथॉक्सीमेथेन (Methoxymethane)

$CH_3OC_2H_5$ — बड़ा ऐल्किल समूह $-C_2H_5$ है, अतः इसका IUPAC नाम होगा, मेथॉक्सीएथेन (Methoxyethane)

$C_2H_5OC_2H_5$ — ऐथॉक्सीएथेन (Ethoxyethane)

$$\overset{1}{C}H_3-\overset{2}{C}H(OCH_3)-\overset{3}{C}H_3$$ — बड़े ऐल्किल समूह में 3 कार्बन परमाणु हैं और $C_2$ पर मेथॉक्सी समूह लगा है।

IUPAC नाम — 2-मेथॉक्सीप्रोपेन (2-Methoxypropane)

$$\overset{4}{C}H_3-\overset{3}{C}H_2-\overset{2}{C}H(OC_2H_5)-\overset{1}{C}H_3$$

**2-एथॉक्सी ब्यूटेन**

(2-Ethoxy butane)

$$CH_3-O-CH(CH_3)-CH_2-CH_3$$

**2-मेथॉक्सी ब्यूटेन**

**IUPAC नाम के उदाहरण—**

**उदाहरण 1. यौगिक (A) $ClCH_2-CH=CH_2$ और यौगिक (B) $HOCH_2-CH=CH_2$ का IUPAC नाम लिखो।**

यौगिक A में प्रमुख क्रियात्मक समूह C = C है। मुख्य श्रेणी का अंकन C = C की तरफ से करेंगे।

$$Cl\overset{3}{C}H_2-\overset{2}{C}H=\overset{1}{C}H_2$$

इस प्रकार यौगिक का IUPAC नाम होगा : **3-क्लोरो प्रोप-1-ईन** (3-Chloro prop-1-ene)

यौगिक B में -OH समूह क्रियात्मक समूह है। —OH ग्रुप को निम्नतम अंक देंगे।

$$HO-\overset{1}{C}H_2-\overset{2}{C}H=\overset{3}{C}H_2$$

इस प्रकार यौगिक B का IUPAC नाम होगा : **प्रोप-2-ईन-1-ऑल** (Prop-2-en-1-ol)

**उदाहरण 2. यौगिक (A) $CH_2=CH-CH_2COOH$ और यौगिक (B) $CH_2=CH-CH_2-CHO$ का IUPAC नाम लिखो।**

यौगिक A में —COOH प्रमुख क्रियात्मक समूह है। इसको निम्नतम अंक देंगे और इसका IUPAC नाम होगा—

$$\overset{4}{C}H_2=\overset{3}{C}H-\overset{2}{C}H_2-\overset{1}{C}OOH$$ ***(U.P. 2003)***

ब्यूट-3-ईन-ओइक ऐसिड

(But-3-en-oic acid)

यौगिक B में -CHO प्रमुख क्रियात्मक समूह है। इसको निम्नतम अंक देंगे और इसका IUPAC नाम होगा—

$$\overset{4}{C}H_2=\overset{3}{C}H-\overset{2}{C}H_2-\overset{1}{C}HO$$

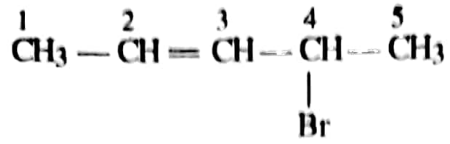
ब्यूट-3-ईन-1-अल

(But-3-en-1-al)

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

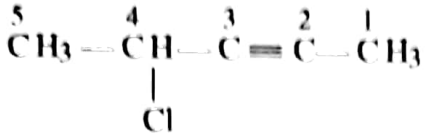
**उदाहरण 3.**



इसमें C = C प्रमुख क्रियात्मक समूह है। द्विक बन्ध को निम्नतम अंक देंगे। इस प्रकार यौगिक का IUPAC नाम होगा।

**4 –ब्रोमो पेन्ट–2 –ईन** (4 –Bromo pent–2 –ene)

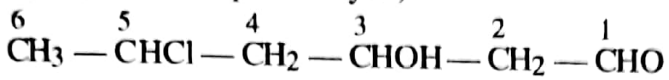
**उदाहरण 4.**



इसमें C ≡ C प्रमुख क्रियात्मक समूह है। इसको निम्नतम अंक देंगे। इसका IUPAC नाम होगा—

**4 –क्लोरो पेन्ट–2 –आइन** (4 –Chloro pent–2 –yne)

**उदाहरण 5.**

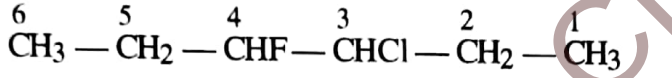


इसमें —CHO प्रमुख क्रियात्मक समूह है। इसको निम्नतम अंक देंगे और यौगिक का IUPAC नाम होगा—

**5 –क्लोरो–3 –हाइड्रॉक्सी हेक्सेनल**

(5 –Chloro–3 –hydroxy hexanal)

**उदाहरण 6.**

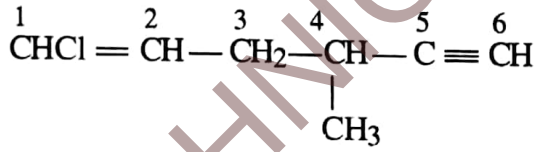


Cl और F परमाणु समान दूरी पर हैं। दोनों ही क्रियात्मक समूह नहीं हैं। वर्णमाला के क्रमानुसार Cl (chloro) को निम्नतम अंक देंगे और इसका IUPAC नाम होगा—

3 –क्लोरो–4 –फ्लुओरो हेक्सेन

(3 –Chloro–4 –fluoro hexane)

**उदाहरण 7.**

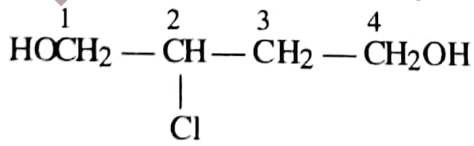


इसमें C = C और C ≡ C दोनों ही क्रियात्मक समूह हैं और दोनों समान दूरी पर हैं। ऐसे में C = C को निम्नतम अंक देते हैं। अत: यौगिक का IUPAC नाम होगा—

**1 –क्लोरो–4 –मेथिल हेक्स–1 –ईन–5 –आइन**

(1 –Chloro–4 –methyl hex–1 –en–5 –yne)

**उदाहरण 8.**

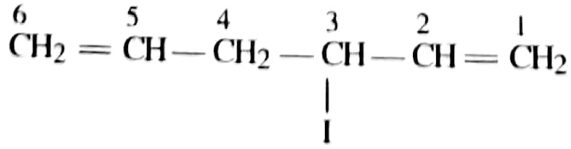


HO– प्रमुख क्रियात्मक समूह है। इसको सबसे कम अंक देंगे। दोनों —OH समूह समान दूरी पर हैं। बांयी ओर से अंकन करने पर Cl परमाणु भी पास पड़ जाता है।

**2 –क्लोरो–ब्यूटेन–1, 4 –डाइऑल**

(2 –Chloro-butane–1, 4 –diol)

**उदाहरण 9.**



**3 –आयडो हेक्सा–1, 5 –डाइ ईन**

(3 –Iodo hexa–1, 5 –diene)

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

**उदाहरण 10.** $\overset{7}{CH_2} = \overset{6}{CH} - \overset{5}{CH_2} - \overset{4}{C} \equiv \overset{3}{C} - \overset{2}{CH} = \overset{1}{CH_2}$

दाँयी ओर से अंकन करने पर त्रिक बन्ध भी पास पड़ जाता है।

**हैप्टा–1, 6 –डाइ ईन–3 –आइन** (Hepta–1, 6 –dien–3 –yne)

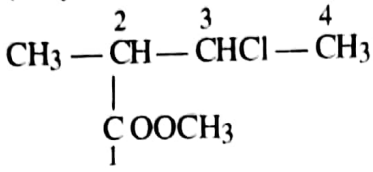
**उदाहरण 11.** $\overset{3}{CH_3} - \overset{2}{CHBr} - \overset{1}{COOC_2H_5}$

यह एस्टर है।

**एथिल–2 –ब्रोमो प्रोपेनोएट**

(Ethyl–2 –bromo propanoate)

**उदाहरण 12.**



**3 –क्लोरो–2 –मेथिल ब्यूटेनोएट**

(Methyl–3 –choloro–2 –methyl butanoate)

**उदाहरण 13.** $CH_3COCH_2COOH$

**3 –ऑक्सो ब्यूटेनोइक ऐसिड**

(3 –oxo butanoic acid)

**उदाहरण 14.** $CH_2 = CH - CH_2 - CO - CH_3$

**पेन्ट–4 –ईन–2 –ओन**

(Pent–4 –en–2 –one)

**उदाहरण 15.** $HOOC - CHCl - C \equiv CH$

**2 –क्लोरो–ब्यूट–3 –आईन ओइक एसिड**

**(2 –Chloro-but–3 –yne-oic-acid)**

**उदाहरण 16.** $CH_3 - NH - CH_3$

यह सेकेण्डरी ऐमीन है। इनका सामूहिक IUPAC नाम N–ऐल्किल ऐल्केनामीन होता है। N–ऐल्किल में छोटा R– समूह लगाते हैं। अत: इसका IUPAC नाम होगा—

**N–मेथिल मेथेनामीन**

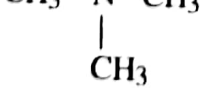
(N–Methyl methanamine)

**उदाहरण 17.** $CH_3 - NH - C_2H_5$

**N–मेथिल एथेनामीन**

(N–Methyl ethanamine)

**उदाहरण 18.**



यह टर्शियरी ऐमीन है। इनका सामूहिक IUPAC नाम N–ऐल्किल–N–ऐल्किल ऐल्केनामीन होता है। N–ऐल्किल के साथ छोटा R–समूह लगाते हैं। इसका IUPAC नाम है—

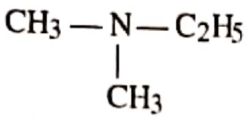
**N, N–डाइमेथिल मेथेनामीन**

(N, N–Dimethyl methamine)

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

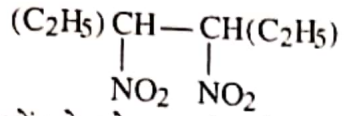
**उदाहरण 19.**



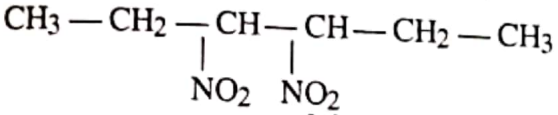
**N, N –डाइमेथिल एथेनामीन**

**(N,N –Dimethyl ethanamine)**

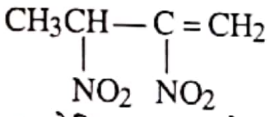
**उदाहरण 20.**



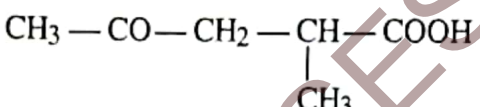
सभी कार्बन परमाणुओं को खोलकर लिखने पर,



**3, 4 –डाइनाइट्रो हेक्सेन**



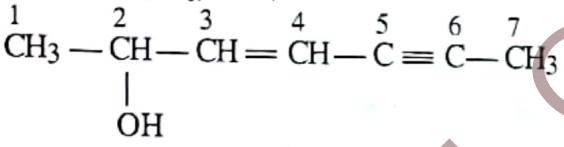
**2 –मेथिल–3 –नाइट्रो ब्यूट–1 –ईन**



**2 –मेथिल–4 –ऑक्सो पेन्टेनोइक ऐसिड**

**3 –हाइड्रॉक्सी ब्यूटेनल**

**उदाहरण 21.**



इस यौगिक में —OH प्रमुख क्रियात्मक समूह है। —OH ग्रुप को निम्नतम अंक देंगे और इसका IUPAC नाम होगा।

**हेप्ट–3 –ईन–5 –आइन–2 –ऑल**

(Hept–3 –en–5 –yne–2 –ol)

प्रमुख क्रियात्मक समूह का अनुलग्न सबसे बाद में लिखते हैं और शेष समूहों के नाम अंग्रेजी वर्णमाला के क्रम (Alphabetical order) में लिखते हैं।

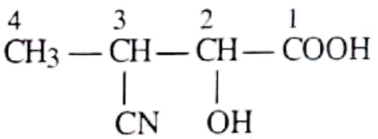
**उदाहरण 22.**

इस यौगिक में —COOH प्रमुख क्रियात्मक समूह है। इसको निम्नतम अंक देंगे। शेष समूहों के नाम Alphabetical order में लिखेंगे। > CO समूह को ऑक्सो (oxo) लिखते हैं क्योंकि इस यौगिक में यह प्रतिस्थापी है। अत: यौगिक का IUPAC नाम होगा।

**3 –ब्रोमो–4 –ऑक्सो–पेन्टेनोइक ऐसिड**

(3 –Bromo–4 –oxo-pentanoic acid)

**उदाहरण 23.**

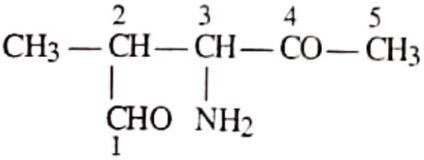


इसमें —COOH प्रमुख क्रियात्मक समूह है। इसको निम्नतम अंक देंगे। —CN व —OH को क्रमश: सायनो और हाइड्रॉक्सी लिखते हैं क्योंकि इस यौगिक में यह प्रतिस्थापी है। अत: यौगिक का IUPAC नाम होगा—

**3 –सायनो–2 –हाइड्रॉक्सी–ब्यूटेनोइक ऐसिड**

(3 –Cyano–2 –hydroxy-butanoic acid)

**उदाहरण 24.**



AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

इस यौगिक में —CHO प्रमुख क्रियात्मक समूह है। इसको निम्नतम अंक देंगे। इसका IUPAC नाम होगा—

**3 –ऐमीनो–2 –मेथिल–4 –ऑक्सो पेन्टेनल**

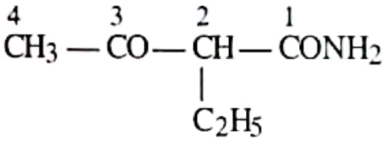
(3 –Amino–2 –methyl–4 –oxo–pentanal)

**उदाहरण 25.** $\overset{8}{CH} \equiv \overset{7}{C}(\overset{6-2}{CH_2})_5 - \overset{1}{COOH}$

**ऑक्ट–7 –आइन ओइक ऐसिड**

(Oct–7 –yne oic acid)

**उदाहरण 26.**



प्रमुख क्रियात्मक —$CONH_2$ है। इसको निम्नतम अंक देंगे।

**2 –एथिल–3 –ऑक्सो ब्यूटेनामाइड**

(2 –Ethyl–3 –oxo-butanamide)

**उदाहरण 27.** $\overset{1}{COCl} - \overset{2}{CH_2} - \overset{3}{CHBr} - \overset{4}{CHOH} - \overset{5}{CH_3}$

**3 –ब्रोमो–4 –हाइड्रॉक्सी पेन्टेनाइल क्लोराइड**

(3 –Bromo–4 –hydroxy pentanoyl chloride)

**उदाहरण 28.** $\overset{1}{CONH_2} - (\overset{2-5}{CH_2})_4 - \overset{6}{CO} - \overset{7}{CH_3}$

**6 –ऑक्सो-हेप्टेनाइमाइड**

(6 –Oxo-heptanamide)

**उदाहरण 29.** $\overset{1}{CHO} - \overset{2}{CH_2} - \overset{3}{CO} - (\overset{4-6}{CH_2})_3 - \overset{7}{CH} = \overset{8}{C}H_2$

**3 –ऑक्सो ऑक्ट–7 –ईन–1 –अल**

(3 –Oxo oct–7–en–1 –al)

**उदाहरण 30.** $\overset{1}{CH_3} - \overset{2}{CHOH} - \overset{3}{CO} - \overset{4}{CO} - \overset{5}{CH_2} - \overset{6}{CH_3}$

> CO मुख्य क्रियात्मक समूह है। ये दोनों ओर से समान दूरी पर हैं किन्तु बायीं ओर से अंकन करने पर —OH समूह भी पास पड़ जाता है।

**2 –हाइड्रॉक्सी–हेक्सेन–3,4 –डाइओन**

(2 –Hydroxy-hexane–3, 4 –dione)

**उदाहरण 31.** $\overset{4}{CHO} - \overset{3}{CH_2} - \overset{2}{CHOH} - \overset{1}{CHO}$

मुख्य क्रियात्मक समूह —CHO दोनों ओर से बराबर दूरी पर है किन्तु दायीं ओर से अंकन करने पर —OH समूह भी पास पड़ जाता है।

**2 –हाइड्रॉक्सी–ब्यूटेन–1,4 –डाइअल**

(2 –Hydroxy-butane–1, 4 –dial)

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

## 6.2.1. बहुलक (Polymers)

बहुलक उच्च अणुभार वाले वृहत् अणु (Macro molecules) होते हैं। ऐसे अणु प्रकृति में भी पाये जाते हैं तथा इन अणुओं को कृत्रिम विधियों द्वारा बनाया भी जाता है। प्रकृति में पाये जाने वाले मुख्य बहुलक प्रोटीन, सेल्युलोज, रबड़, स्टार्च आदि तथा मुख्य संश्लेषित बहुलक नायलॉन, टैरीलीन, फिनोल फॉर्मेल्डिहाइड आदि हैं। बहुलक (Polymers) शब्द का निर्माण ग्रीक शब्द 'Poly' means many (अनेक) तथा 'mers' means parts (भाग) से हुआ है।

"बहुलक उच्च अणुभार युक्त वृहत् अणु (Macromolecules) होते हैं जो एक या अधिक प्रकार के छोटे-छोटे अणुओं [एकलक (Monomer)] के अत्यधिक संख्या में पुनरावर्ति (Repetition) द्वारा बनते हैं।

**बहुलकीकरण** (Polymerisation)—वह प्रक्रिया जिसमें एकलक (Monomers) अणु आपस में संयोग करके बहुलक का निर्माण करते हैं, बहुलकीकरण कहलाती है।

**एकलक** (Monomer)—वह छोटी संरचनात्मक इकाई जिनकी पुनरावृत्ति से उच्च अणुभार वाले बहुलक का निर्माण होता है एकलक (Monomer) कहलाते हैं। जैसे—

$$n\,(\text{Monomer}) \xrightarrow{\text{Polymerisation}} (\text{Polymer})_n$$

$$\underset{\text{(Ethene)}}{n(CH_2=CH_2)} \xrightarrow{\text{Polymerisation}} \underset{\text{(Polyethene)}}{+CH_2-CH_2+_n}$$

**बहुलीकरण की मात्रा** (Degree of Polymerisation)—किसी बहुलक में उपस्थित एकलक (Monomer) इकाइयाँ जो बहुलक में बार-बार आती हैं तथा एक पूर्ण संख्या होती हैं बहुलीकरण की मात्रा या कोटि कहलाती है।

बहुलीकरण की मात्रा को निम्न प्रकार व्यक्त करते हैं—

माना $A$ एक एकलक (Monomer) है।

$$A + A \longrightarrow [A]_2 \quad \text{द्विलक (Dimer)}$$

$$A + A + A \longrightarrow [A]_3 \quad \text{त्रिलक (Trimer)}$$

$$nA \longrightarrow [A]_n \quad \text{बहुलक (Polymer)}$$

## 6.2.2. बहुलकों के प्रकार (Types of Polymers)

एकलक अणुओं की प्रकृति के आधार पर बहुलकों को दो भागों में बाँटा जा सकता है—

**(a) समांगी बहुलक** (Homo Polymers)—वे बहुलक जो एक ही प्रकार के एकल पदार्थ के अणुओं के संयोग से बनते हैं, समांगी बहुलक कहलाते हैं। उदाहरणार्थ—सेलुलोज, प्राकृतिक रबड़, PVC आदि।

**(b) सह-बहुलक** (Co-polymers)—वे बहुलक जो एक से अधिक प्रकार के एकल पदार्थ के अणुओं के संयोग से बनते हैं, सह-बहुलक कहलाते हैं। उदाहरणार्थ—नाइलॉन, पॉलीस्टर, ऐथिलीन-प्रोपिलीन, रबड़ आदि।

## 6.2.3. बहुलकों का वर्गीकरण (Classification of Polymers)

बहुलक निम्न प्रकार से वर्गीकृत किये जा सकते हैं—

(i) उत्पत्ति स्रोत के आधार पर वर्गीकरण,

(ii) संरचना के आधार पर वर्गीकरण,

(iii) पुनरावृर्ति संरचनात्मक इकाई की प्रकृति के आधार पर वर्गीकरण,

(iv) संश्लेषण के आधार पर वर्गीकरण,

(v) वृद्धि बहुलीकरण के आधार पर बहुलकों का वर्गीकरण,

(vi) आण्विक बलों के आधार पर वर्गीकरण।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

## 6.2.4. उत्पत्ति स्रोत के आधार पर वर्गीकरण (Classification Based on Origin)

उत्पत्ति स्रोत के आधार पर बहुलकों को मुख्यत: दो वर्गों में विभाजित किया जा सकता है—

**1. प्राकृतिक बहुलक** (Natural Polymers)—ऐसे बहुलक जो प्रकृति में पाये जाते हैं, प्राकृतिक बहुलक कहलाते हैं। ऐसे बहुलकों का उत्पत्ति स्रोत वनस्पति तथा जन्तु होते हैं। **उदाहरण**—सेल्यूलोज, प्रोटीन, न्यूक्लीक अम्ल, स्टार्च आदि।

$$n\underset{\text{Isoprene}}{CH_2=\overset{CH_3}{\overset{|}{C}}-CH=CH_2} \xrightarrow{\text{Polymerisation}} \underset{\substack{\text{Poly Isoprene}\\\text{(Natural Rubber)}}}{\left(-CH_2-\overset{CH_3}{\overset{|}{C}}=CH-CH_2-\right)_n}$$

**2. संश्लेषित बहुलक** (Synthetic Polymers)—ऐसे बहुलक जो मनुष्य द्वारा संश्लेषित किये जाते हैं, संश्लेषित बहुलक कहलाते हैं। **उदाहरण**—पॉली स्टॉयरीन, पॉलीविनाइल क्लोराइड (PVC), बैकेलाइट, टेफ्लान, संश्लेषित रबड़ आदि।

## 6.2.5. संरचना के आधार पर वर्गीकरण (Classification Based on Structure)

संरचना के आधार पर बहुलकों को निम्नलिखित तीन भागों में विभाजित किया जा सकता है—

(i) **रेखीय बहुलक** (Linear Polymers)—ऐसे बहुलक जिनमें घटक एकलक इकाइयाँ आपस में सीधी शृंखला में जुड़ी होती हैं, उन्हें रेखीय बहुलक कहते हैं।
**उदाहरण**—उच्च घनत्व वाली पॉलीथीन।

(ii) **शाखित शृंखला बहुलक** (Branched Chain Polymers)—ऐसे बहुलक जिनमें मुख्य शृंखला में पार्श्वीय शृंखला जुड़ी होती है, उन्हें शाखित शृंखला बहुलक कहते हैं।
**उदाहरण**—निम्न घनत्व वाली पॉलीथीन।

(iii) **क्रॉस-लिंक बहुलक** (Cross-linked Polymers)—ऐसे बहुलक जिनमें निकटतम बहुलक शृंखलाएँ आपस में पार्श्व शृंखला द्वारा जुड़ी होती हैं, उन्हें क्रॉस-लिंक बहुलक कहते हैं।
**उदाहरण**—बैकेलाइट, यूरिया-फॉर्मेल्डिहाइड रेजिन।

(a) (b) (c)

**(a) रेखीय बहुलक, (b) शाखित शृंखला बहुलक, (c) क्रॉस लिंक बहुलक।**

## 6.2.6. पुनरावृत्त संरचनात्मक इकाई की प्रकृति के आधार पर वर्गीकरण (Classification Based on the Basis of Nature of Repeating Structural Unit)

पुनरावृत्त इकाई की प्रकृति के आधार पर बहुलकों को दो भागों में विभाजित किया गया है—

**1. समबहुलक** (Homopolymers)—ऐसे बहुलक जिनमें पुनरावृत्त संरचनात्मक इकाई की उत्पत्ति केवल एक ही प्रकार की एकलक इकाइयों से होती है, समबहुलक कहलाते हैं।

**उदाहरण**—पॉलीथीन।

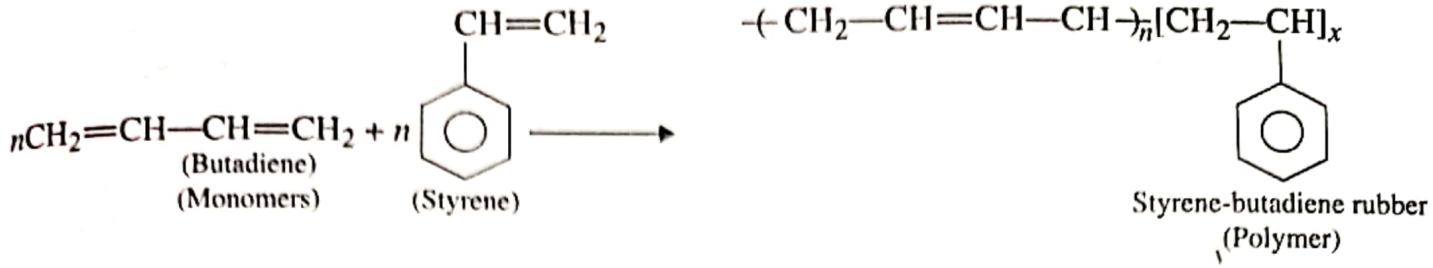
$$n\underset{\substack{\text{Ethylene}\\\text{(Monomer)}}}{CH_2=CH_2} \xrightarrow{\text{Polymerisation}} \underset{\substack{\text{Polyethylene}\\\text{(Polymer)}}}{\left(-CH_2-CH_2-\right)_n}$$

**2. सहबहुलक** (Co-polymers)—ऐसे बहुलक जिनमें पुनरावृत्त संरचनात्मक इकाई की उत्पत्ति दो या अधिक प्रकार की एकलक इकाइयों द्वारा होती है, सहबहुलक कहलाते हैं।

**उदाहरण**—स्टायरीन–ब्यूटाडाईन रबड़।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner




## 6.2.7. वृद्धि बहुलीकरण के आधार पर वर्गीकरण (Classification Based on Growth Polymerisation)

इस आधार पर बहुलकों को निम्नलिखित दो श्रेणियों में वर्गीकृत किया जा सकता है—

**1. शृंखला वृद्धि बहुलक** (Chain Growth Polymers)—इस प्रक्रिया में बहुलक एक ही प्रकार के एकलक या भिन्न एकलक के अणुओं के परस्पर योग से मिलकर बनते हैं।

**शृंखला अभिक्रिया क्रियाविधि** (Chain Reaction Mechanism)—इसमें निम्नलिखित पद हैं—

**प्रारम्भन** (Initiation)—

$$R—CO—O—O—OC—R \xrightarrow{\text{Heat}} 2R—CO—O^{\bullet} \longrightarrow 2R^{\bullet} + 2CO_2$$

$$R^{\bullet} + \underset{\text{Ethylene}}{H_2C=CH_2} \longrightarrow \underset{\substack{\text{Monomer with}\\ \text{(Active Centre Creative Intermediate)}}}{R—CH_2—CH_2^{\bullet}}, \quad [R \rightarrow C_6H_5—, CH_3—]$$

**शृंखला संचरण** (Propagation)—

$$R—CH_2—CH_2^{\bullet} \xrightarrow{CH_2=CH_2} R\text{-}(\text{-}CH_2—CH_2\text{-})_2\,CH_2—CH_2^{\bullet} \xrightarrow{CH_2=CH_2}$$

(Dimer with Active Centre)

$$R\text{-}(\text{-}CH_2—CH_2\text{-})_3—CH_2—CH_2^{\bullet}$$

(Trimer with Active Centre)

$$\longrightarrow R\text{-}(\text{-}CH_2—CH_2\text{-})_n—CH_2—CH_2^{\bullet}$$

Polymer with Active Centre

**शृंखला समापन** (Termination)—

$$\underset{\substack{\text{(Growing polymer chain}\\ \text{with active centre)}}}{R\text{-}(\text{-}CH_2—CH_2\text{-})_x—CH_2—CH_2^{\bullet}} + \underset{\substack{\text{(Another growing polymer}\\ \text{chain with active centre)}}}{CH_2^{\bullet}—CH_2—(\text{-}CH_2—CH_2\text{-})_y R} \longrightarrow$$

$$\underset{\substack{\text{Polymer without Active Centre}\\ \text{(Polyethylene)}}}{R\text{-}(\text{-}CH_2—CH_2\text{-})_n R}$$

**2. क्रमिक वृद्धि बहुलक** (Step Growth Polymers)—ऐसे बहुलक जिनका निर्माण अनेक क्रियात्मक समूह वाली इकाइयों के द्वारा होता है, क्रमिक वृद्धि बहुलक कहलाते हैं।

**उदाहरण**—नायलॉन-66 क्रमिक वृद्धि बहुलक का उदाहरण है।

$$\underset{\text{(Hexamethylene diamine)}}{H_2N—(CH_2)_6—NH} \boxed{H + HO} \underset{\text{(Adipic acid)}}{OC—(CH_2)_4—COOH} \xrightarrow[(-H_2O)]{}$$

$$\underset{\text{Dimer}}{H_2N(CH_2)_6—NH—OC—(CH_2)_4—COOH}$$

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

$$\xrightarrow[(-H_2O)]{H_2N(CH_2)_6-NH_2} H_2N(CH_2)_6-NH-OC-(CH_2)_4-CO-NH-(CH_2)_6-NH_2$$

$$\longrightarrow \left(\overset{H}{\overset{|}{N}}-(CH_2)_6-\overset{H}{\overset{|}{N}}-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-(CH_2)_4-\overset{O}{\overset{\|}{C}}\right)_n$$

(Nylon–66)

## संश्लेषण के आधार पर वर्गीकरण (Classification on the Basis of Mode of Synthesis)

संश्लेषण के आधार पर बहुलकों को दो भागों में बाँटा गया है—

### 6.3.1. योगात्मक बहुलीकरण (Addition Polymerisation)

जब एकलक अणु आपस में जुड़कर बहुलक शृंखला का निर्माण करते हैं तो इस घटना को योगात्मक बहुलीकरण कहते हैं और इस प्रक्रिया के फलस्वरूप बनने वाले बहुलक योगात्मक बहुलक कहलाते हैं। यह बहुलीकरण उन यौगिकों में पाया जाता है जिनमें double bond या triple bond उपस्थित होते हैं।

**उदाहरण**—पॉलिथीन (PE), पॉलिस्टाइरीन (PS), पॉलिविनाइल क्लोराइड (PVC), टेफ्लॉन आदि योगात्मक बहुलीकरण के उदाहरण हैं।

$$\underset{\text{(Ethene)}}{nCH_2=CH_2} \rightarrow \underset{\text{(Polythene)}}{\left(CH_2-CH_2\right)_n}$$

$$\underset{\text{(Proprene)}}{nCH_3-CH=CH_2} \rightarrow \underset{\text{(Polypropene)}}{\left(\overset{CH_3}{\overset{|}{C}}H-CH_2\right)_n}$$

**योगात्मक बहुलीकरण के उदाहरण (Examples of Addition Polymerisation)—**

**(1) पॉलिथीन** (Polythene)—एथिलीन के अणुओं का बहुलीकरण होने पर पॉलिएथिलीन प्राप्त होता है।

$$\underset{\text{(Ethylene)}}{nCH_2=CH_2} \xrightarrow{\text{Polymerisation}} \underset{\text{(Polythene)}}{\left(CH_2-CH_2\right)_n}$$

**गुण तथा उपयोग (Properties and Uses)**

पॉलिथीन दो प्रकार के होते हैं—

**(a) निम्न घनत्व पॉलिथीन** (Low Density Polythene (LDP))—यह ऑक्सीजन की उपस्थिति में उच्चताप (350–600 K) तथा 1500 से 2000 वायुमण्डल दाब पर एथिलीन के बहुलीकरण से प्राप्त होता है। इसका उपयोग खिलौने, पाईप आदि के बनाने में किया जाता है।

**(b) उच्च घनत्व पॉलिथीन** (High Density Polythene (HDP))—यह जिग्लर-नाटा उत्प्रेरक (Ziegler-Natta Catalyst) की उपस्थिति में उच्च ताप (330–340 K) तथा 5 से 7 वायुमण्डल दाब पर एथिलीन के बहुलीकरण से प्राप्त होता है। इसका उपयोग बाल्टी, पाईप, बोतल आदि के बनाने में किया जाता है।

**(2) पॉलीविनाइल क्लोराइड** (Polyvinyl Chloride) (PVC) OR **कोरोसील** (Koroseal)

इसका निर्माण विनाइल क्लोराइड को परॉक्साइड की उपस्थिति में अक्रिय विलायक में गर्म करके किया जाता है।

$$nCH_2=CHCl \xrightarrow[\text{Peroxide}]{\text{Pressure}} \left(CH_2-\underset{Cl}{\underset{|}{C}}H\right)_n$$

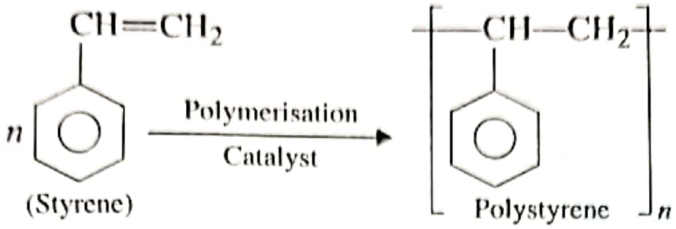
Polyvinyl Chloride (PVC)

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

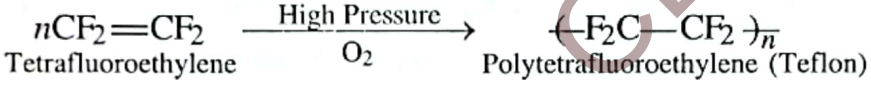
**गुण तथा उपयोग** (Properties and Uses)—इसका उपयोग हौज पाइप, बरसाती, हैण्ड बैग, प्लास्टिक के खिलौने, फोनोग्राफ रिकॉर्ड, जूते के सोल, विद्युत उपकरण आदि के बनाने में किया जाता है।

**(3) पॉलीस्टायरीन** (Polystyrene or Styron)—इसका निर्माण स्टाइरीन से बेन्जोइल परॉक्साइड की उपस्थिति में मुक्त मूलक बहुलीकरण द्वारा होता है।



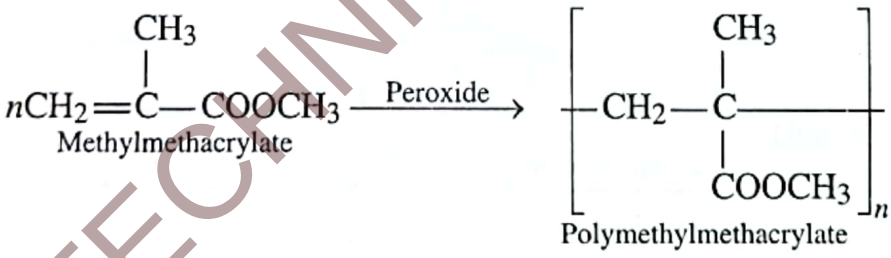

**गुण तथा उपयोग** (Properties and Uses)—यह पारदर्शी तथा सुदृढ प्लास्टिक है, पॉलीस्टायरीन का उपयोग गर्म पेय पदार्थों के लिये कप बनाने में, टी०वी० की बॉडी, बोतल के ढक्कन, फ्रिज, रेडियो, कंघे आदि के निर्माण में किया जाता है।

**(4) पॉलीटेट्राफ्लोराएथिलीन** (PTFE) **या टैफ्लॉन** (Polytetrafluoroethylene or Teflon)—इसकी एकलक इकाई टेट्राफ्लोरीएथिलीन होती है। इसका निर्माण टेट्राफ्लोरीएथिलीन को ऑक्सीजन की उपस्थिति में उच्च दाब पर गर्म करके किया जाता है।




**गुण तथा उपयोग** (Properties and Uses)—यह रासायनिक रूप से अक्रिय बहुलक है। इसका उपयोग पम्प पैकिंग, गैस्केटो, सील, वाल्व आदि के बनाने में किया जाता है।

**(5) पॉलीमिथाइल मैथएक्राइलेट** (Polymethyl Methacrylate (PMMA))—इसका निर्माण परऑक्साइड की उपस्थिति में मिथाइल मैथएक्राइलेट के योगात्मक बहुलीकरण द्वारा किया जाता है।



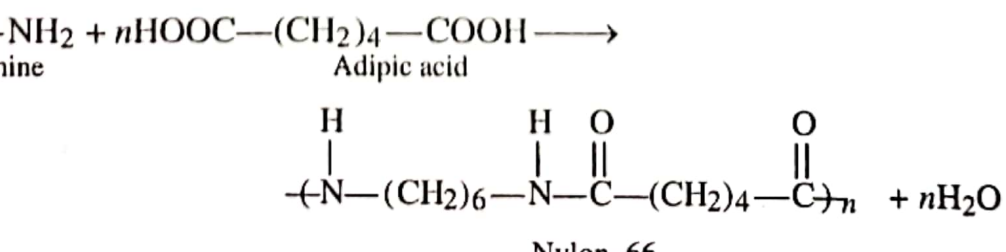

**गुण तथा उपयोग** (Properties and Uses)—यह कठोर, पारदर्शी तथा उष्मा के प्रभाव के प्रति प्रतिरोधी बहुलक है।

इसका उपयोग कृत्रिम दाँत, लैन्स, वायुयान की खिड़कियाँ, साइनबोर्ड आदि के बनाने में किया जाता है।

## 6.3.2. संघनन बहुलीकरण (Condensation Polymerisation)

ऐसे बहुलक जिनका निर्माण दो या दो से अधिक एकलकों के संघनन से होता है तथा इस प्रक्रिया में छोटे अणु; जैसे—$H_2O$, ROH, $NH_3$, $CO_2$ आदि भी बनते हैं संघनन बहुलीकरण कहलाते हैं। इस प्रक्रिया से प्राप्त बहुलक का अणुभार, प्रयुक्त एकलक के अणुभार का सरल गुणक नहीं होता है।

**उदाहरण**—नायलॉन–66, बैकेलाइट, पॉलीएस्टर आदि।



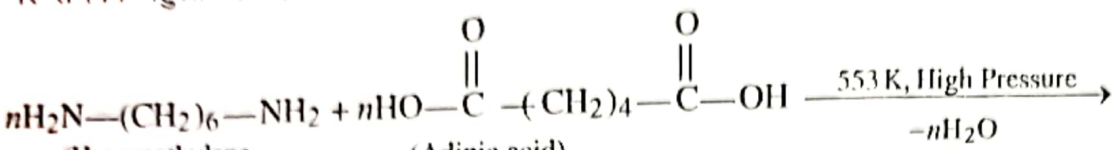

Nylon–66

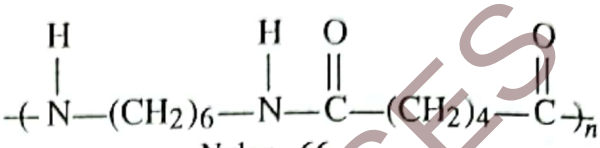
AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

## 6.3.3. संघनन बहुलक (Condensation Polymers)

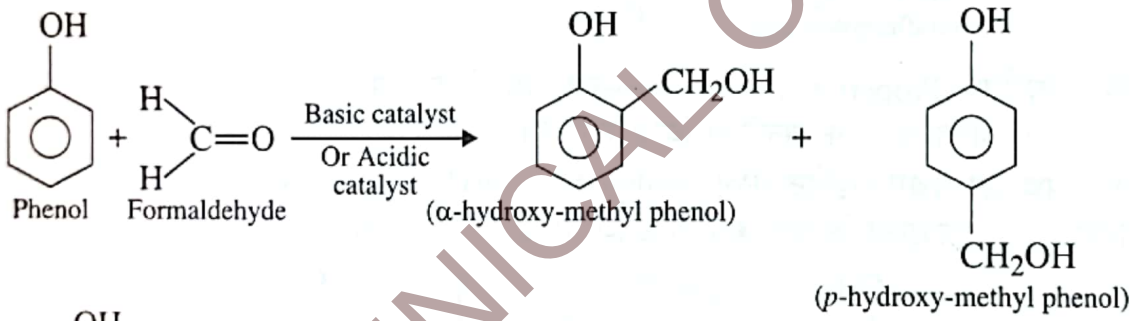
**(1) नायलॉन** (Nylon-66)—इसका निर्माण, एडिपिक अम्ल तथा हैक्सामिथइलीन डाइऐमीन के उच्च ताप तथा दाब पर संघनन बहुलीकरण द्वारा किया जाता है।

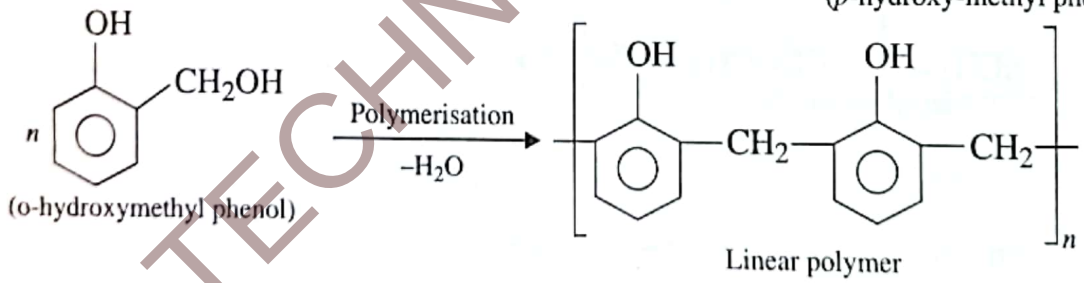


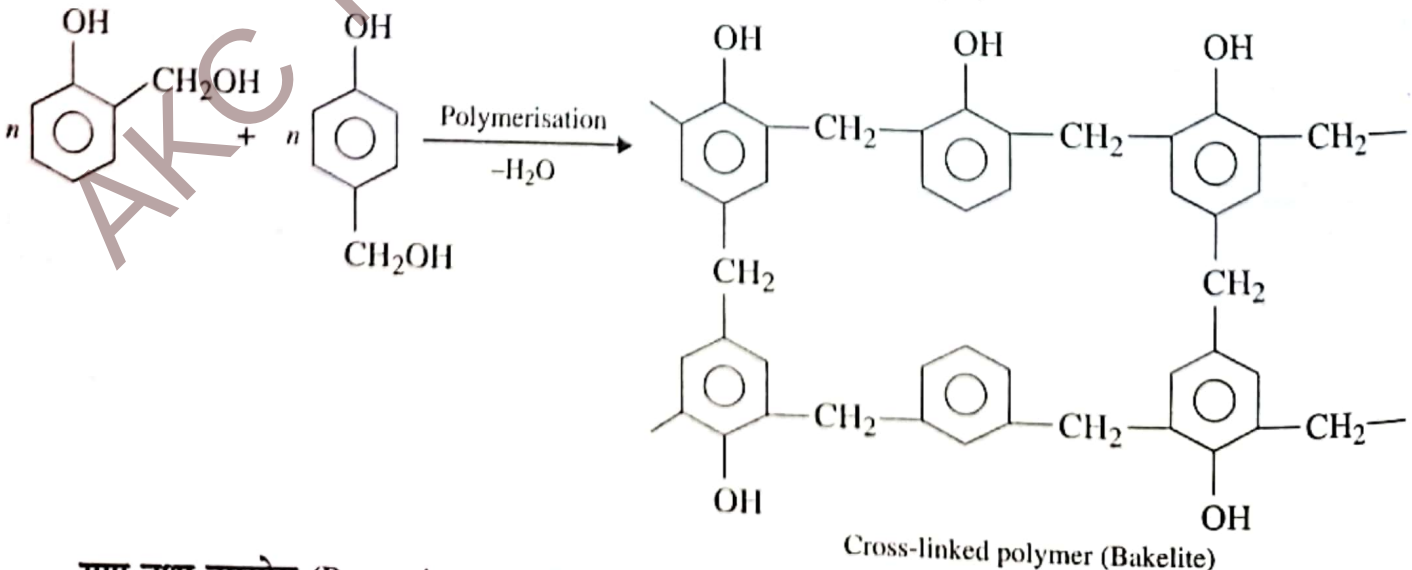




**गुण तथा उपयोग** (Properties and Uses)—यह एक थर्मोप्लॉस्टिक है तथा गलित अवस्था में फाइबर में ढाला जा सकता है। अत: इसका उपयोग ब्रुशो के शूक, शीशो, रस्सी तथा वस्त्र उद्योग में किया जाता है।

**(2) फीनॉल-फॉर्मेल्डिहाइड रेजिन (बैकेलाइट)** [Phenol Formaldehyde Resin (Bakelite)]—इसका निर्माण फीनॉल तथा फॉर्मेल्डिहाइड की क्रिया द्वारा अम्लीय या क्षारीय उत्प्रेरक की उपस्थिति में किया जाता है।



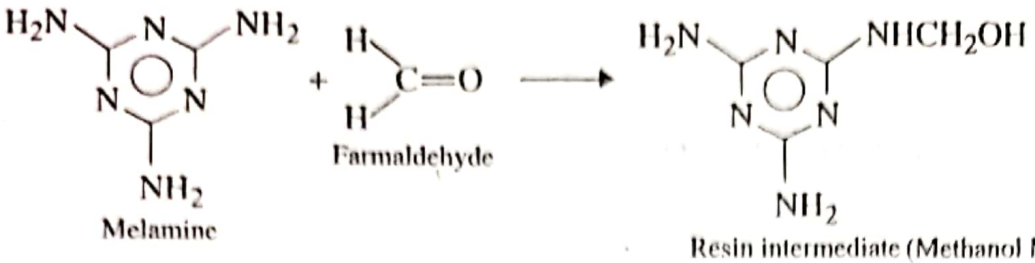



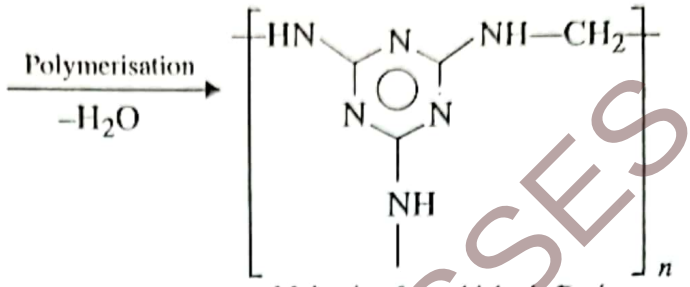




**गुण तथा उपयोग** (Properties and Uses)—यह एक थर्मोसैटिंग बहुलक है। इसका उपयोग विद्युत उपकरण, कम्प्यूटर डिस्क तथा फोनोग्राफ रिकॉर्ड आदि के निर्माण में किया जाता है।

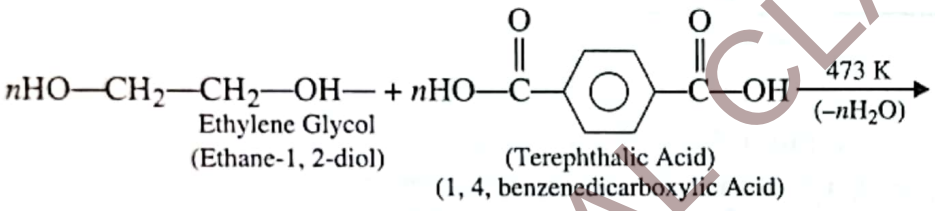
AKC TECHNICAL CLASSES

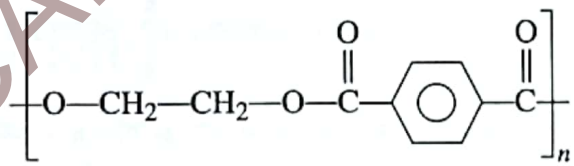
Scanned with CamScanner




**(3) टैरीलीन या डैक्रान** (Terylene or Dacron)—इसका निर्माण ऐथिलीन ग्लाइकॉल तथा टैरिथैलिक अम्ल के मिश्रण को 420 से 460 K ताप पर उत्प्रेरक की उपस्थिति में संघनन बहुलीकरण द्वारा किया जाता है।

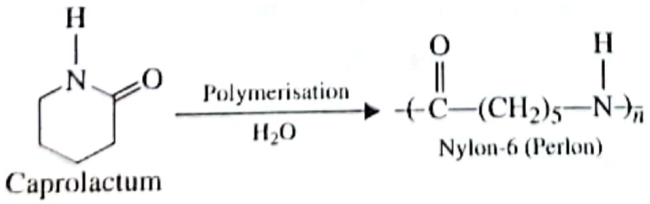



**गुण तथा उपयोग** (Properties and Uses)—इसका रेशा बहुत मजबूत होता है। अत: इसका उपयोग चुम्बकीय टेप, सीट बेल्ट, ऐप्रिन आदि के बनाने में भी किया जाता है।

**(4) नायलॉन-6** (Nylon-6) **या परलॉन** (Perlon)

**निर्माण** (Preparation)—इसका निर्माण कैपरोलैक्टम (Caprolactum) को जल के साथ उच्च दाब पर बहुलीकरण द्वारा किया जाता है।




**उपयोग** (Uses)—इसका उपयोग टायर कॉर्ड्स (Tyre cords), ऐस्बेस्टॉस शीट, सीमेन्ट, वस्त्रों तथा रस्सी के निर्माण में किया जाता है।

## 6.4.1 प्लास्टिक (Plastics)

संश्लेषित अथवा अर्धसंश्लेषित कार्बनिक ठोस पदार्थों के एक बड़े समूह का सामान्य नाम प्लास्टिक है। प्लास्टिक उच्च अणुभार वाले बहुलक होते हैं जिनमें कार्यक्षमता बढ़ाने के लिये कुछ अन्य पदार्थ मिश्रित किये जाते हैं। ये प्राय: लचीले होत हैं तथा इन्हें विभिन्न ठोस वस्तुओं में ढाला जा सकता है।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

## 6.4.2. आण्विक बलों के आधार पर प्लास्टिक का वर्गीकरण (Classification of Plastics on the Bases of Molecular Forces)

**(1) तापसुनम्य बहुलक** (Thermoplastic polymers)—वे बहुलक जो गर्म करने पर मुलायम हो जाते हैं, जिससे इन्हें किसी भी आकार में परिवर्तित किया जा सकता है तथा ठण्डा करने पर अपनी मूल अवस्था में आ जाते हैं, **ताप सुनम्य बहुलक** कहलाते हैं।

इनकी मुख्य विशेषताएँ निम्न प्रकार हैं—

(i) इन बहुलकों में अन्तरआण्विक बल प्रत्यास्थ व रेशेदार बहुलकों के मध्य होते हैं।

(ii) वे बहुलक लम्बी श्रृंखला युक्त रेखीय बहुलक होते हैं।

(iii) इन बहुलकों में श्रृंखलाओं के मध्य कोई त्रिविमीय तिर्यक आबन्ध नहीं होता है, अत: से दृढ़ नहीं होते हैं।

(iv) वे कार्बनिक पदार्थ जिनको प्लास्टिक में श्यानता एवं मृदुता आदि बढ़ाने के लिए मिलाते हैं, उन्हें प्लास्टिकर्मक (Plasticizer) कहते हैं जैसे *n*-ब्यूटिल थैलेट एक प्लास्टिकर्मक है।

**उदाहरण**—पॉलिथीन (PE), पॉलिप्रोपीन (PP), पॉलिवाइनिल क्लोराइड (PVC), पॉलिस्टायरीन, टेफ्लॉन।

**(2) तापदृढ़ बहुलक** (Thermosetting polymers)—वे बहुलक जो गर्म करने पर रासायनिक परिवर्तन द्वारा कठोर दृढ़ पदार्थों में बदल जाते हैं, **तापदृढ़ बहुलक** कहलाते हैं।

इनकी मुख्य विशेषताएँ निम्न प्रकार हैं—

(i) वे बहुलक, अर्द्ध-तरल (semi-fluid) पदार्थों से बनाए जाते हैं।

(ii) इन बहुलकों को गर्म करके पुन: अवस्था में परिवर्तित नहीं किया जा सकता।

(iii) गर्म करने पर, ये कठोर, अज्वलनशील, अगलनीय व अघुलशील पदार्थ में बदल जाते हैं, जिसे **तापदृढ़ बहुलक** कहते हैं।

(iv) इनमें यह परिवर्तन, गर्म करने पर अत्यधिक संख्या में तिर्यक आबन्ध बनने के कारण होता है।

**उदाहरण**—बैकेलाइट, यूरिया-फॉर्मेल्डिहाइड, मैलेमाइन आदि।

## 6.4.3. तापप्लास्टिक (थर्मोप्लास्टिक) व तापदृढ़ (थर्मोसेटिंग) बहुलकों में विभेद (Difference between Thermoplastic and Thermosetting Polymers)

| क्रम सं० | तापप्लास्टिक बहुलक | तापदृढ़ बहुलक |
|---|---|---|
| 1. | ये गर्म करने पर मुलायम हो जाते हैं एवं पिघल जाते हैं। | ये गर्म करने पर जलना प्रारम्भ कर देते हैं। |
| 2. | इन्हें गर्म करके किसी भी आकार में ढाला जा सकता है। | इन्हें पुन: किसी अन्य आकृति में नहीं ढाला जा सकता है। |
| 3. | ये कम भंगुर होते हैं। | ये अधिक भंगुर होते हैं। |
| 4. | ये कार्बनिक विलायकों में विलेय होते हैं। | ये अकार्बनिक विलायकों में विलेय होते हैं। |
| 5. | इनकी संरचना रेखीय होती है। | इनकी संरचना त्रिविमीय होती है। |
| 6. | इनका निर्माण योगात्मक बहुलकीकरण द्वारा होता है। | इनका निर्माण संघनन बहुलकीकरण द्वारा होता है। |

**(3) इलास्टोमर्स** (Elastomers)—ऐसे बहुलक जिनमें बहुलकीय श्रृंखलाएँ परस्पर दुर्बल अन्तराअणुक बलों द्वारा बँधी रहती हैं, इलास्टोमर्स कहलाते हैं।

**उदाहरण**—प्राकृतिक रबर, संश्लेषित पॉलीआइसोप्रीन।

**(4) फाइबर्स** (Fibres)—ऐसे बहुलक जिनमें श्रृंखलाओं के मध्य प्रबल अन्तराअणुक बल होता है, फाइबर कहलाते हैं।

**उदाहरण**—पॉलीविनाइल क्लोराइड, फीनॉल फार्मेल्डिहाइड।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

## 6.4.4. उद्योगों तथा दैनिक जीव में बहुलकों के अनुप्रयोग (Applications of Polymers in Industry and Daily Life)

बहुलक हमारे दैनिक जीवन तथा उद्योगों में अनेक प्रकार से उपयोगी हैं।

1. प्रकृति में पेड़-पौधों तथा जीवधारियों से प्राप्त बहुलक जैसे सेल्युलोज, स्टार्च, प्रोटीन, रेशम, रबर, रेजिन आदि का हमारे दैनिक जीवन में रोजाना प्रयोग होता है।

2. संश्लेषित बहुलक जिसका निर्माण कृत्रिम विधियों द्वारा किया जाता है। जैसे—नायलॉन, टैरीलीन, डारलॉन आदि का प्रयोग वस्त्र उद्योग, रस्सी बनाने वाले उद्योगों में किया जाता है।

3. संश्लेषित रेजिन जैसे पॉलिथीन, स्टायरीन, पॉलिविनाइल क्लोराइड आदि का प्रयोग पॉलीथीन, बोतल, फाइबर के उपकरण आदि के बनाने में किया जाता है।

4. प्लास्टिक का प्रयोग विभिन्न घरेलू उपकरण, खिलौने, फर्नीचर आदि के बनाने में किया जाता है।

5. प्राकृतिक रबर जोकि हीविया ब्राजीलीन्सिस (Hevea brasiliensis) वृक्ष से प्राप्त होती है का प्रयोग खिलौने, गद्दे, कुशन, रबर धागे, स्पंज आदि के बनाने में किया जाता है।

6. संश्लेषित रबर जोकि उद्योगों में उत्पादित की जाती है का उपयोग हमारे दैनिक जीवन के साथ-साथ अन्तरिक्ष कार्यों में प्रयोग किये जाने वाले उपकरण बनाने में भी किया जाता है। मोटर-गाड़ियों के टायर, जूतों के सोल, फर्श की टाइल्स, गाड़ियों के शीट कवर, मजबूत पाईप आदि के बनाने में प्रयुक्त होते हैं।

7. बहुलक हमारे जीवन के प्रत्येक क्षेत्र में प्रयुक्त होते हैं। आज वस्त्रों से लेकर बड़ी-बड़ी मशीनों का निर्माण भी बहुलकों द्वारा किया जा रहा है।

# | प्रश्नावली |

### ☞ *बहुविकल्पिय प्रश्न*

1. $CH_3-CH=CH-COOH$ का IUPAC नाम लिखिये—
   (a) Butanoic acid
   (b) Propene carboxylic acid
   (c) Prop-2-en-1-oic acid
   (d) 2-butanoic acid

2. $CH_2=CH-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}H-CH_3$ का IUPAC नाम लिखिये—
   (a) 1,1-dimethyl-2-Propene
   (b) 3, 3-dimethyl-1-Propene
   (c) 3-methyl but[illegible]
   (d) 1-Isopropyl ethelene

3. नायलॉन-66 है—
   (a) पॉलिएमाइड
   (b) पॉलिएस्टर
   (c) पॉलिस्टाइरीन
   (d) पालिवाइनिल

4. निम्न में से कौन-सा बहुलक संघनन बहुलीकरण द्वारा बनाया जाता है?
   (a) टेफ्लॉन
   (b) प्राकृतिक रबर
   (c) स्टाइरीन
   (d) नायलॉन-66

5. बैकेलाइट फीनॉल की निम्न में से किसी एक से अभिक्रिया कर बनाया जाता है—
   (a) HCHO
   (b) $(CH_2OH)_2$
   (c) $CH_3CHO$
   (d) $CH_3COCH_3$

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

6. थर्मोप्लास्टिक्स—
   (a) रैखिक बहुलक
   (b) गर्म करने पर पिघल जाते हैं
   (c) गलित अवस्था में वांछित आकार में ढाले जा सकते हैं।
   (d) उपरोक्त सभी

**उत्तर—1. (c), 2. (c), 3. (a), 4. (d), 5. (a), 6. (d)**

## ☞ लघु उत्तरीय प्रश्न

**1.** निम्न कार्बनिक यौगिकों के I.U.P.A.C. नाम लिखिए—

(i) $CH_3-\underset{\underset{C_2H_5}{|}}{CH}-\underset{\underset{C_2H_5}{|}}{CH}-CH_3$

(ii) $(CH_3)_3C-C_2H_5$

(iii) $CH_3-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-\overset{\overset{CH_3}{|}}{\underset{\underset{C_2H_5}{|}}{C}}-CH_3$

(iv) $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-CH_2-CH_3$

(v) $CH_3-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-\overset{\overset{CH_3}{|}}{\underset{\underset{CH_3}{|}}{C}}-CH_3$

**2.** निम्न कार्बनिक यौगिकों के I.U.P.A.C. नाम लिखिए—

(i) $CH_3-CH_2-\underset{\underset{CH_3-CH_2-CH-CH_2-CH_3}{|}}{CH}-CH_2-CH_3$

(ii) $CH_2=\underset{\underset{CH_3}{|}}{C}-CH_2-CH_3$

(iii) $CH_3-CH-CH=CH-CH=CH_2$

(iv) $CH_3-CH_2-CH_2-\underset{\underset{CH_2}{|}}{CH}-CH_3$

(v) $CH_3-C\equiv CH$

**3.** निम्न कार्बनिक यौगिकों के I.U.P.A.C. नाम लिखिए—

(i) $CH_3-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-C\equiv C-C\equiv C-CH_2-CH_3$

(ii) $CH_3-CH=CH-CH_2-CH_3$

(iii) $CH_3-CH=CH-CH=CH-CH_3$

(iv) $CH_3-CH_2\equiv C-CH-CH=CH_2$

(v) $CH\equiv C-CH=CH-CH_2-CH_3$

**4.** निम्न कार्बनिक यौगिकों के I.U.P.A.C. नाम लिखिए—

(i) $CH_3-CH_2-\underset{\underset{CH_2OH}{|}}{CH}-CH_2-CH_3$

(ii) $CH_2OH-CHOH-CH_2OH$

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

(iii) $CH_3-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-CHO$

(iv) $OHC-(CH_2)_6-CHO$

(v) $OHC-CH_2-\underset{\underset{CHO}{|}}{CH}-CH_2-CH_3$

**5.** निम्न कार्बनिक यौगिकों के I.U.P.A.C. नाम लिखिए—

(i) $CH_3-CH_2-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-CH_3$

(ii) $CH_3CH_2COCH_2CH_3$

(iii) $CH_3COCOCH_3$

(iv) $CH_3-CH_2-\underset{\underset{COOH}{|}}{CH}-CH_2-CH_2-CH_3$

(v) $CH_3-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-\underset{\underset{COOH}{|}}{CH}-CH_2-CH_3$

**6.** निम्न कार्बनिक यौगिकों के I.U.P.A.C. नाम लिखिए—

(i) $CH_3-CH_2-COOC_2H_5$

(ii) $CH_3-CH_2-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-CH_2-CONH_2$

(iii) $CH_3-CH_2-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-CH_2-COCl$

(iv)

(v) $CH_3-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-COCl$

(vi)

(vii) $CH_3-CH_2-NH-CH_2-CH_3$

(viii) $C_2H_5-\underset{\underset{CH_3}{|}}{N}-C_2H_5$

(ix) $CH_3-\underset{\underset{CN}{|}}{CH}-CH_3$

(x) $CH_3-\underset{\underset{NH_2}{|}}{CH}-\underset{\underset{NH_2}{|}}{CH}-CH_2-CH_3$

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

**7.** निम्न कार्बनिक यौगिकों के I.U.P.A.C. नाम लिखिए—

(i) $CH_3-\underset{\underset{CN}{|}}{CH}-\underset{\underset{CN}{|}}{CH}-CH_2-CH_3$

(ii) $CH_3-\underset{\underset{NO_2}{|}}{CH}-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-\underset{\underset{F}{|}}{CH}-CH_2-CH_3$

(iii) $CH_3-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-\underset{\underset{CN}{|}}{CH_2}-CH_2-CH_3$

(iv) $CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-CH_2-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-CH_2-CH_3$

(v) $CH_3-CH_2-CH_2-NC$

**8.** $CH_2\begin{cases}COOH\\COOH\end{cases}$ का I.U.P.A.C. नाम लिखिए। *(1st Semester 2016)*

**9.** निम्न के I.U.P.A.C. नाम लिखिए।

(अ) $\begin{matrix}OH & OH & OH & OH & OH & OH\\ | & | & | & | & | & |\\ CH_2-&CH-&CH-&CH-&CH-&CH_2\end{matrix}$

(ब) $CH_3-CH=\underset{\underset{CH_2-CH_3}{|}}{C}-CH_2OH$

(स) $CH_3-CH=CH-CH_2OH$

(द) $\begin{matrix}CH_2COOH\\ |\\ CHCOOH\\ |\\ CHCOOH\end{matrix}$

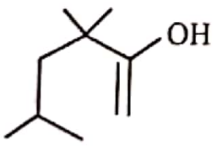
(इ) $CH_3-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-CH_2-CH_2-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-CH_2Cl$

**10.** हेक्साक्लोरो ईथेन ($C_2Cl_6$) का उपयोग ..... करते हैं। *(1st Semester 2016)* *(Dec. 2017)*

**Ans.** धुआँ उत्पन्न करने में तथा कीटाणुनाशक के रूप में।

**11.** किन्हीं दो भागों को हल कीजिये— *(Dec. 2017)*

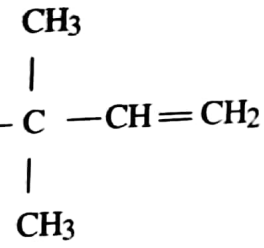
(i) निम्न के IUPAC नाम लिखिये—

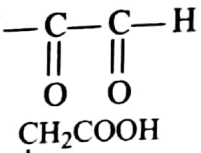
(a) 

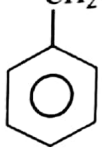

(b) $CH_2=CH-CH_2-OH$

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

(c) 

(d) 

(e) 

**12.** निम्न यौगिकों का संरचना सूत्र लिखिये— *(2018)*

(a) 1-Cyclopropyl-3-Methyl-1-Pentene

(b) 2-Ethyl-1-Cyclohexanol

(c) 5-Hepten-1,3-diyne

(d) 2-Carbamoyl Propanoic Acid

(e) 2,3-Dimethyl Cyclonexanone

☞ ***विस्तृत उत्तरीय प्रश्न (Long Answer Type Questions)***

**1.** बहुलक, बहुलीकरण तथा पुनरावर्तित इकाई की परिभाषा दीजिये। समबहुलक तथा सहबहुलक क्या हैं? उपयुक्त उदाहरण दीजिये।

**2.** उत्पत्ति के स्रोत के आधार पर बहुलकों को किस प्रकार वर्गीकृत किया गया है?

**3.** संश्लेषण के आधार पर बहुलकों का वर्गीकरण किस प्रकार किया गया है? प्रत्येक प्रकार के बहुलक के दो उदाहरण दीजिये।

**4.** श्रृंखला वृद्धि बहुलक तथा क्रमिक वृद्धि बहुलक से क्या समझते हो? इनके संश्लेषण में निहित सामान्य क्रियाविधि का वर्णन कीजिये। प्रत्येक के दो उदाहरण दीजिये ।

**5.** थर्मोसैटिंग बहुलक क्या हैं? ये किस प्रकार निर्मित किये जाते हैं? इनके प्रमुख लक्षणों तथा कुछ उदाहरणों का उल्लेख कीजिये।

**6.** निम्नलिखित के एकलक इकाइयों के नाम लिखिये—

(i) PTFE (ii) PCTFE (iii) PVC

**7.** विभिन्न प्रकार के योगात्मक बहुलीकरण की क्रियाविधि का वर्णन कीजिये।

**8.** संघनन बहुलीकरण की क्रियाविधि का वर्णन कीजिये।

**9.** उस इकाई का नाम लिखिये जो बारम्बार संयोग द्वारा बहुलक का निर्माण करती है।

**10.** बहुलक निर्माण के प्रति उत्तरदायी प्रक्रिया का नाम लिखिये।

**11.** स्टार्च की निर्माण इकाई क्या है?

**12.** प्राकृतिक रबर की एकलक इकाई का नाम लिखिये।

**13.** निम्नलिखित में से श्रृंखला वृद्धि तथा क्रम वृद्धि बहुलक छाँटिये—

पॉलीऐथिलीन, पॉली विनाइल क्लोराइड, नायॅलान-66, टेरीलीन।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

14. प्रत्येक वर्ग के उदाहरण देते हुये, बहुलकों का वृहद् वर्गीकरण कीजिये। उनके महत्वपूर्ण उपयोगों का उल्लेख कीजिये। *(U.P. 2008)*

15. टेफ्लॉन तथा बैकेलाइट पर टिप्पणी लिखिये। *(U.P. 2012)*

16. निम्नलिखित बहुलकों के बनाने की विधि लिखिये— *(U.P. 2013)*
PAN, ल्यूसाइट, डेक्रॉन, नायलॉन-6, ब्यूना-S

17. बहुलकों का वर्गीकरण लिखिये। निम्नलिखित के बनाने में प्रयुक्त मोनोमर (Monomers) लिखिये— *(U.P. 2014)*
(i) नायलॉन –66
(ii) ब्यूना–S
(iii) पॉलिथीन

18. योगात्मक (Addition) तथा संघनन (Condensation) बहुलकीकरण में सोदाहरण विभेद कीजिए। *(U.P. 2015)*

19. बेकेलाइट क्या है? इसके गुण तथा उपयोग लिखिये। *(1st Semester 2016)*

20. पॉलीमर क्या होते हैं? बहुलीकरण में उपयोग आने वाली विधियाँ लिखो। *(Dec. 2017)*

21. ताप सुनम्य बहुलक (Thermosetting Plastics) तथा ताप दृढ़ बहुलक (Thermoplastics) को उदाहरण देकर समझाइये। *(Dec. 2017)*

22. बहुलकों का रासायनिक प्रकृति तथा प्राप्ति के आधार पर वर्गीकरण कीजिये। *(2018)*

23. संघनन बहुलक तथा योगात्मक बहुलक के बीच अंतर कीजिये। *(2018)*

❑

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

# प्रयोगात्मक भाग
# (Practical Section)

**Syllabus :**

**List of Practicals**

1. Estimation of total hardness of water using standard EDTA solution.
2. Estimation of total alkalinity of given water sample by titrating it against standard sulfuric acid solution.
3. Proximate analysis of solid fuel.
4. Estimation of temporary hardness of water sample by O' Hener's Method.
5. Determination of flash and fire point of given lubricating oil using Abel's flash point apparatus.

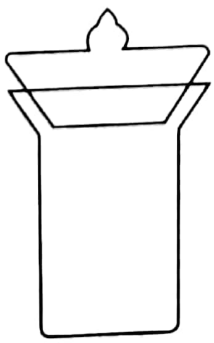
## आयतनी विश्लेषण में प्रयुक्त उपकरण एवं अनुमापन
## (Apparatus Used in Volumetric Analysis and Titration)

आयतनी विश्लेषण में प्रयोग होने वाले प्रमुख उपकरण निम्न हैं—

1. तोलन नली (Weighting tube)
2. रासायनिक तुला (Chemical balance)
3. बाँट पेटी (Weight box)
4. राइडर (Rider)
5. मापक फ्लास्क (Measuring flask)
6. कीप (Funnel)
7. धावन बोतल (Washing bottle)
8. कोनीकल फ्लास्क (Conical flask)
9. ब्यूरेट (Burette)
10. पीपेट (Pipette)
11. ब्यूरेट स्टैण्ड (Burette stand)

### 1. तोलन नली या तोलन बोतल
### (Weighing tube)

यह काँच या प्लास्टिक की बनी चपटे तल की छोटी नली होती है जो एक सिरे पर बन्द रहती है। जिससे मुँह पर काँच या प्लास्टिक का ढक्कन लगा रहता है। मानक विलयन बनाने के लिए पदार्थ को तोलने के लिए इसी नली का प्रयोग करते हैं।



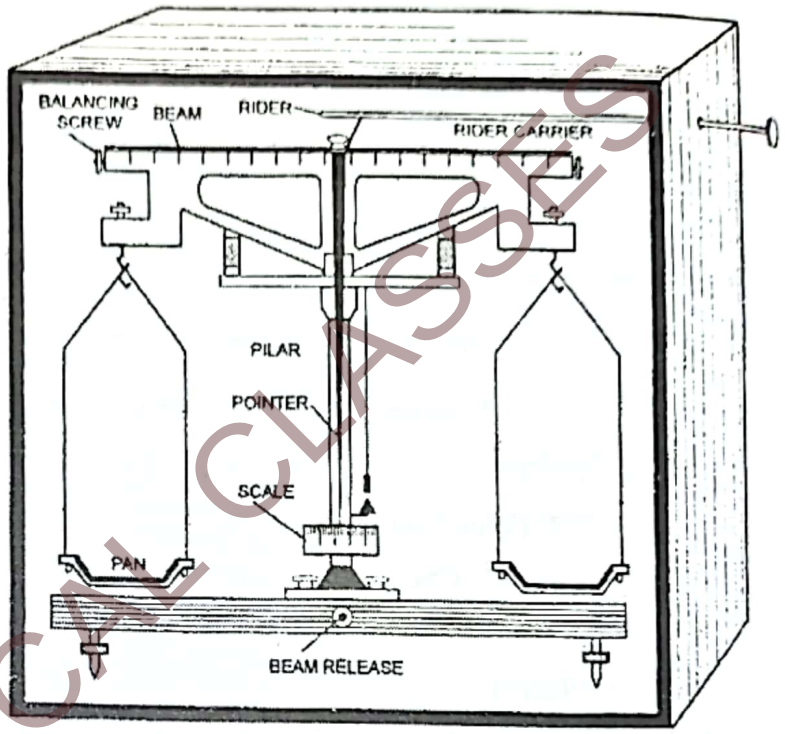
तोलन बोतल

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

## 2. रासायनिक तुला
## (Chemical Balance)

रासायनिक तुलना का आविष्कार फ्रेंच रसायन लेवोजियर ने किया था। पदार्थों का सही भार अर्थात् दशमलव के चौथे स्थान तक रासायनिक तुलना की सहायता से ज्ञात किया जाता है। इसके द्वारा किसी पदार्थ को 0.0002 ग्राम तक सही-सही तोला जा सकता है। रासायनिक तुलना द्वारा वस्तु का द्रव्यमान (Mass) ज्ञात किया जाता है न कि भार (Weight)। रासायनिक तुलना के प्रमुख भाग निम्न हैं—




**(a) तुला दण्ड** (Beam)—यह धातु की बनी हुई अंशाकित डण्डी होती है। तुला दण्ड के दोनों सिरों पर एक-एक पेंच लगे होते हैं। जिन्हें उतारा या चढ़ाया जा सकता है। इन पेंचों की सहायता से Beam को सन्तुलित किया जाता है। तुला दण्ड के मध्य भाग में शून्य का चिह्न बना होता है। शून्य के दोनों ओर समान दूरी पर दस-दस बराबर भाग बने होते हैं। प्रत्येक भाग 5 छोटे भागों में बँटा होता है।

**(b) पलड़े** (Pans)—रासायनिक तुलना में दो पलड़े (Pans) होते हैं जो ईयरिंग के हुकों द्वारा Beam के दोनों ओर एक-एक लटके होते हैं। पदार्थ को तोलने के लिए बायें पलड़ें में बाँट तथा दायें पलड़े पर तोलन नली रखते हैं।

**(c) संकेतक** (Pointer)—तुला दण्ड के मध्य भाग में एक संकेतक लगा होता है।

**(d) स्तम्भ** (Pilar)—यह धातु का बना खोखला स्तम्भ होता है जो लकड़ी के बॉक्स के मध्य भाग में स्थित होता है। स्तम्भ के एक ओर साहुल सूत्र (Plumb line) लगा रहता है। साहुल सूत्र तथा सूचक दोनों एक सीध में रहने चाहिएँ। यदि ये दोनों एक सीध में हैं तुला का सन्तुलन ठीक होता है अन्यथा नहीं।

**(e) राइडर वाहक** (Rider Carrier)—हुकदार छड़ के द्वारा राइडर को बीम में रखा जाता है यह हुकदार छड़ राइडर वाहक कहलाता है।

**(f) बॉक्स** (Box)—रासायनिक तुला को सुरक्षित रखने के लिए एक लकड़ी का बॉक्स होता है जिसमें बॉक्स के दोनों ओर एक-एक काँच की खिड़की लगी होती है, जिन्हें खोलकर बाँट तथा तोलन नली को पलड़ों पर रखा तथा निकाला जा सकता है। बॉक्स के आगे भी काँच की एक खिड़की लगी होती है। इसे भी उठाया जा सकता है।

**(g) समतल कारक पेंच** (Balancing Screws)—बॉक्स के नीचे सन्तुलन करने के लिए समायोजित पेंच लगे रहते हैं।

**(h) नॉब** (Knob)—बॉक्स के बाहर बीच में Knob लगा होता है। नॉब को थोड़ा घुमाने पर संकेतक पैमाने के शून्य के दोनों ओर गति करने लगता है।

## 3. बाँट पेटी
## (Weight Box)

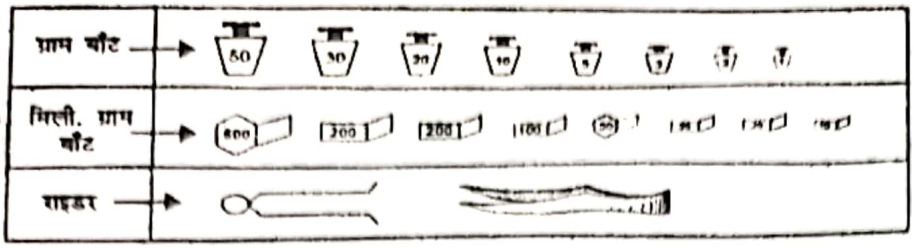
यह लकड़ी का बना बॉक्स होता है। इसमें बाँट रखे होते हैं। बाँटों को उठाने के लिए एक चिमटी (Forcap) होती है। ये बाँट पीतल के होते हैं। जिन पर क्रोमियम या निकिल की पॉलिश हुई है। बाँट पेटी में निम्न बाँट मिलाते हैं।

ग्राम बाँट—50 gm (एक), 20 ग्राम (दो), 10 ग्राम (एक), 5 ग्राम (एक), 2 ग्राम (दो), 1 ग्राम (एक)।

मिली० ग्राम बॉट—500 मिली० ग्राम (एक), 200 मिलीग्राम (दो), 100 मिलीग्राम (एक), 50 मिली० ग्राम (एक), 20 मिलीग्राम (दो), 10 मिलीग्राम (एक)।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner




### 4. राइडर

यह एल्यूमिनियम या पलेटीनम के तार का बना होता है। इसका भार 0.01 मिग्रा० होता है। राइडर को तुला दण्ड की दायीं ओर बने मुख्य भागों तथा उपभागां में रखते हैं। इस प्रकार राइडर की सहायता से दशमलव के तीसरे तथा चौथे अंक तक सही-सही तोला जा सकता है।

**राइडर का उपयोग**—जब 10 मिलीग्राम से कम भार ज्ञात करना हो तब राइडर का प्रयोग करते हैं। रासायनिक तुला में तुला दण्ड (Beam) के बीच शून्य अंकित रहता है। बीम के दोनों ओर 0 से 10 तक चिह्न अंकित होते हैं। इस प्रकार बीम का प्रत्येक सिरा 10 बड़े भागों में तथा प्रत्येक बड़ा भाग 5 छोटे भागों में विभाजित रहता है। राइडर को बीम के दायीं ओर रखते हैं।

राइडर के एक बड़े भाग का मान 0.001 मिग्रा० तथा एक छोटे भाग का मान 0.0002 मिग्रा० के बराबर होता है।

## तुला के प्रयोग में सावधानियाँ

1. पदार्थ को तोलन बोतल में तोलते हैं न कि पलड़े पर रखकर।
2. पदार्थ को तोलने से पहले पलड़ो को सूती कपड़े से साफ कर लेना चाहिए।
3. बाँटों को चिमटी से उठाना चाहिए।
4. कुंजी सदैव धीरे से घुमानी चाहिए।
5. तुला में बाँटों को दायीं ओर तथा पदार्थ को बायीं ओर रखना चाहिए।
6. बाँटो को पलड़ों के बीच में रखना चाहिए।
7. भार लेते समय बॉक्स की खिड़कियाँ बन्द कर देनी चाहिएँ।

### 5. मापक फ्लास्क
### (Measuring Flask)

यह लम्बी गर्दन तथा चपटी पेंदी वाला काँच का फ्लास्क है। इसके मुँह पर वायु अवरोधक डाट लगी रहती है। इसकी गर्दन पर मापक बना होता है जहाँ तक द्रव भर लेते हैं। ये मापक फ्लास्क विभिन्न धारिता जैसे 25 ml, 100 ml, 250 ml, 500 ml, 1000 ml होती हैं।

Note—इन फ्लास्कों में न तो कभी गर्म विलियन भरना चाहिए और न ही इन्हें गर्म करना चाहिए।

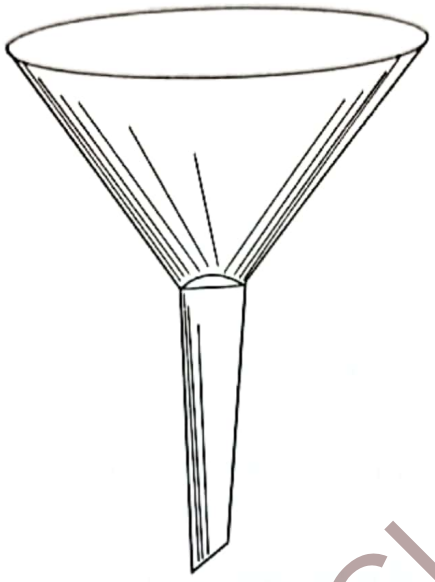
मापक फ्लास्क

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

### 6. कीप
### (Funnel)

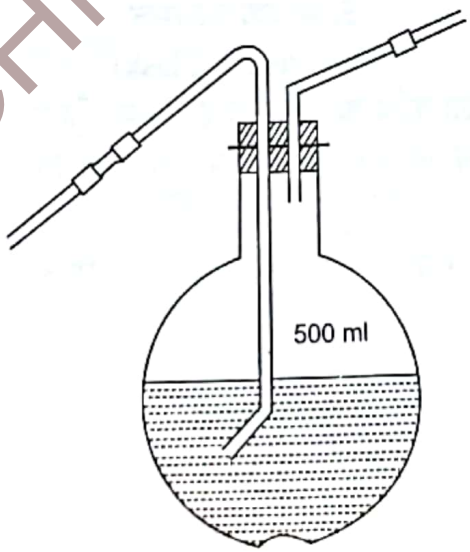
यह काँच का अथवा प्लास्टिक का बना शंक्वाकार बर्तन होता है। इसका ऊपरी भाग चौड़ा तथा निचला भाग पतली नली के रूप मं होता है। इसका प्रयोग द्रव को एक बर्तन से दूसरे बर्तन में डालने में किया जाता है।



कीप (Funnel)

### 7. धावन बोतल
### (Washing Bottle)

रासायनिक विश्लेषण में धावन बोतल का उपयोग आसुत जल रखने के लिए किया जाता है। आसुत जल से तोलन नली (बोतल), कीप (Funnel) अवक्षेप आदि को धोने के काम में लाया जाता है। आसुत जल का उपयोग मानक वियलन बनाने में भी होता है। जब गर्म करने की आवश्यकता पड़ती है तो धावन बोतल को जाली ऊष्मक पर रखकर गर्म कर सकते हैं।



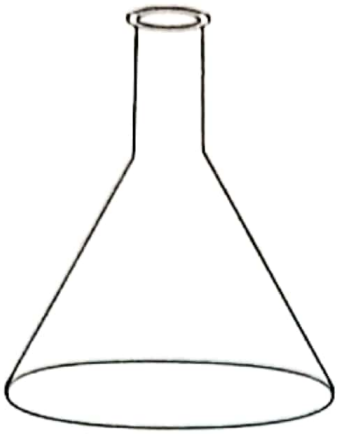

धावन बोतल

### 8. कोनिकल फ्लास्क
### (Conical Flask)

यह काँच का बना हुआ चपटी पेंदी का फ्लास्क होता है। कोनिकल फ्लास्क का उपयोग अनुमापन में होता है। उपयोग में लाने से पूर्व कोनिकल फ्लास्क को जल से अच्छी तरह धो लेना चाहिए। पिपेट द्वारा किसी पदार्थ के विलयन को इसमें डालकर इसके बाद इसमें ब्यूरेट द्वारा विलयन डालकर इसमें ही अनुमापन किया जाता है।

AKC TECHNICAL CLASSES

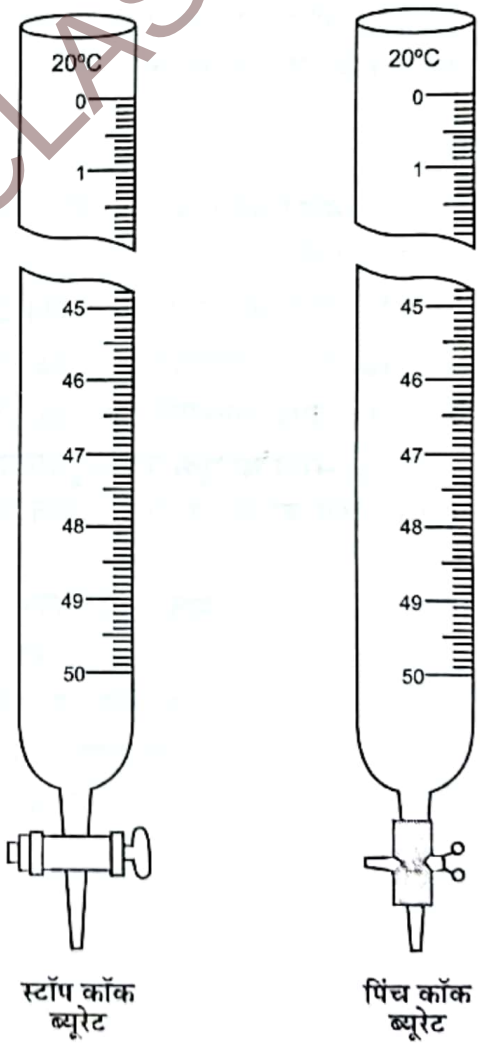
Scanned with CamScanner



कोनिकल फ्लास्क

## 9. ब्यूरेट
## (Burette)

यह एक लम्बी काँच की बनी समान व्यास की अंशाकित बेलनाकार नली होती है। इसके निचले भाग पर काँच की स्टॉप कॉक या पिंच कॉक (रबर की नली) लगी रहती है। नली पर शून्य से लेकर 50 मिली० तक से चिह्न बने होते है। प्रत्येक ml को पुन: 10 भागों में बाँटा गया है। अत: ब्यूरेट के द्वारा 0.1 ml तक पाठ्यांक ज्ञात कर सकते हैं। ब्यूरेट में निशान ऊपर से नीचे की ओर होते हैं। ब्यूरेट को उपयोग में लाने से पहले उसे जल से धो लेना चाहिए। ब्यूरेट में अभिकर्मक भरने से पहले नीचे स्टॉफ कॉक को कस देते हैं ताकि अभिकर्मक नीचे ना टपके ब्यूरेट का पाठ्यांक पढ़ते समय आँखे द्रव के मेनिस्कस की सीध में होनी चाहिएँ।




स्टॉप कॉक ब्यूरेट

पिंच कॉक ब्यूरेट

### ब्यूरेट के प्रयोग में सावधानियाँ–

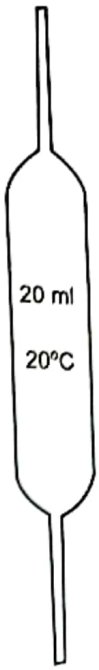
1. ब्यूरेट को जल से साफ करने के बाद उसमें पानी की बँदू नहीं रहनी चाहिए। यदि पानी की बूँदें रह जाती हैं तो पोटेशियम डाइक्रोमेट और सान्द्र सल्फ्यूरिक अम्ल के मिश्रण ($K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4$) से साफ करना चाहिए।
2. ब्यूरेट के जैट में या रबर की नली में वायु के बुलबुले नहीं रहने चाहिएँ।
3. ब्यूरेट में अभिकर्मक भरने के बाद ब्यूरेट से फनल को हटा देना चाहिए।
4. ब्यूरेट क्लेम्प में बिल्कुल सीधा लगा रहना चाहिए।
5. ब्यूरेट में कभी भी गर्म विलयन नहीं भरना चाहिए।
6. अनुमापन करते समय ब्यूरेट से अभिकर्मक बूँद-बूँद करके कोनिकल फ्लास्क में डालना चाहिए।
7. प्रयोग करने के बाद ब्यूरेट को आसुत जल से धो लेना चाहिए।

## 10. पिपेट
## (Pipette)

पिपेट काँच की एक नली होती है। जिसका बीच का भाग बल्ब के समान फूला हुआ होता है। नली का सबसे निचला भाग बहुत पतला होता है। जिसे टिप या जैट कहते हैं। बल्ब के ऊपरी सिरे से कुछ नीचे एक वृत्ताकार चिह्न बना होता है। इस चिह्न तक किसी द्रव को भरने से वह आयतन उतना ही होता है जितना कि इसके बल्ब पर लिखा होता है। प्रयोगशालाओं में सामान्य रूप से 20 या 25 ml आयतन के पिपेट ही प्रयोग में लाये जाते हैं। पिपेट के बल्ब पर ताप (°C)

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner




तथा उस ताप पर (°C) पर पिपेट की क्षमता ml में लिखी होती है। पिपेट को भरने के लिए पिपेट का निचला सिरा विलयन में डुबाकर दूसरे सिरे से द्रव को मुँह से ऊपर की ओर खीचते हैं। द्रव को पिपेट में बने वृत्ताकार चिह्न से थोड़ा ऊपर तक खींचकर दाहिने हाथ के अंगूठे से पास वाली अंगुली से बन्द करके पिपेट को बाहर निकाल लेते हैं।

अब धीरे-धीरे अंगुली का दाब कम करते हुए द्रव को चिन्ह तक ले जाते हैं। अब अंगुली से ऊपरी सिरे को पुन: कसकर बन्द कर देते हैं तथा अनुमापन फ्लास्क में (कोनिकल फ्लास्क) में पिपेट के जैट को ले जाकर सारा विलयन अंगुली हटाकर गिरा देते हैं।

## पिपेट के प्रयोग में सावधानियाँ

1. यदि पिपेट के जैट में कुछ विलयन शेष रह जाता है तो उसे फूँक कर या झटकर बाहर नहीं निकालना चाहिए ऐसी स्थिति में पिपेट की टिप को फ्लास्क की दीवार से दो चार बार स्पर्श करना ही पर्याप्त होता है।

2. पिपेट में गर्म द्रव कदापि नहीं भरना चाहिए अन्यथा पिपेट का आयतन बदल जाता है।

3. पिपेट द्वारा जहरीले अथवा जलन पैदा करने वाले पदार्थों जैसे (KCN, $H_2SO_4$ या $HNO_3$ का विलयन) को नहीं मापना चाहिए।

## अनुमापन
## (Titration)

अनुमापन वह प्रक्रिया है जिसमें वह अज्ञात सान्द्रता वाले विलयन की सान्द्रता ज्ञात सान्द्रता वाले विलयन की सहायता से निकालते हैं।

प्रायोगिक आधार पर अनुमापन 2 प्रकार का होता है—

(a) सरल अनुमापन (Simple Titration)

(b) द्विपद अनुमापन (Double Titration)

**(a) सरल या एक पद अनुमापन**—इस अनुमापन में एक मानक विलयन की सान्द्रता ज्ञात होती है। इस ज्ञात सान्द्रता वाले विलयन का अज्ञात सान्द्रता वाले विलयन के साथ अनुमापन करके अन्त बिन्दु पर प्रयुक्त आयतन ज्ञात कर लिया जाता है।

मान लिया मानक विलयन की नार्मलता $= N_1$

मानक विलयन का आयतन $= V_1$

अज्ञात सान्द्रता वाले विलयन की नार्मलता $= N_2$

अज्ञात सान्द्रता वाले विलयन का आयतन $= V_2$

नार्मलता समीकरण से

$$N_1V_1 = N_2V_2$$

$$N_1 = \frac{N_1 \times V_1}{V_2}$$

अब नर्मालता ($N_2$) की सहायता से इस विलयन की सान्द्रता (ग्राम/ली० में) ज्ञात कर लेते हैं

| सान्द्रता (ग्राम/ली०) $S = N_2 \times$ तुल्यांकी भार ($E$) |
|---|

**(b) द्विपद अनुमापन**—इस प्रकार के अनुमापन में माध्यमिक विलयन को ज्ञात तथा अज्ञात सान्द्रता वाले वियलन के साथ अनुमापित करना द्विपद अनुमापन कहलाता है। यह अनुमापन निम्न पदों में पूर्ण होता है—

(i) मानक विलयन बनाना।

(ii) बनाये गये मानक विलयन का माध्यमिक विलयन के साथ अनुमापन।

(iii) माध्यमिक विलयन का अज्ञात सान्द्रता के विलयन के साथ अनुमापन।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

**(i) मानक वियलन बनाना**—मानक वियलन बनाने के लिए किसी पदार्थ की आवश्यक मात्रा निम्न सूत्र से ज्ञात की जाती है—

$$W = \frac{N_K \times E \times V}{1000}$$

जहाँ $W$ = पदार्थ की ग्राम में मात्रा, $N_K$ = मानक विलयन की नार्मलता

$V$ = विलयन का आयतन मिली० में

$E$ = तुल्यांकी भार

या $$\boxed{N_K = \frac{W \times 1000}{E \times V}} \quad ...(1)$$

**(ii) मानक विलयन का माध्यमिक विलयन के साथ अनुमापन**—

मानक विलयन की नार्मलता $= N_K$

मानक विलयन का आयतन $= V_1$

माध्यमिक विलयन की नार्मलता $= N_1$

माध्यमिक विलयन का आयतन $= V_K$

$$N_K \times V_1 = N_1 \times V_K$$

$$\boxed{N' = \frac{N_K \times V_1}{V_K}} \quad ...(2)$$

**(iii) माध्यमिक विलयन का अज्ञात विलयन के साथ अनुमापन–**

माना अज्ञात विलयन की नार्मलता $= N_u$

अज्ञात विलयन का आयतन $= V_2$

माध्यमिक विलयन की नार्मलता $= N_2$

माध्यमिक विलयन का आयतन $= V_u$

$$N_u \times V_2 = N' \times V_u$$

$$\boxed{N_u = \frac{N' \times V_u}{V_2}} \quad ...(3)$$

समी० (2) से $N'$ का मान समी० (3) में रखने पर

$$\boxed{N_u = \frac{N_K \times V_1 \times V_u}{V_K \times V_2}}$$

यदि $V_1 = V_2$

अर्थात् मानक विलयन का आयतन = अज्ञत विलयन का आयतन

$$N_u = \frac{N_K \times V_u}{V_k} \quad ...(4)$$

समी० (1) से $N_K$ का मान समी० (4) में रखने पर

$$N_u = \frac{1000 \times W \times V_u}{E \times V \times V_K}$$

$N_u = \frac{1000 \times W \times V_u}{V \times V_K}$ चूँकि सान्द्रता (g / L) में $S = N \times$ तुल्यांकी भार

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

$$\text{सान्द्रता (ग्रा०/ली०) } S = \frac{1000 \times W \times V_u}{V \times V_K}$$

यदि अनुमापक फ्लास्क (Measuring flask) का आयतन ($V$) 250 ml प्रयुक्त किया जाए तब

$$S = \frac{1000 \times W \times V}{250 \times V_K}$$

$$S = \frac{4 \times W \times V_u}{V_K}$$

जहाँ $S$ = अज्ञात वियलन की सान्द्रता (g / L) में है।

$V_u$ = V unknown

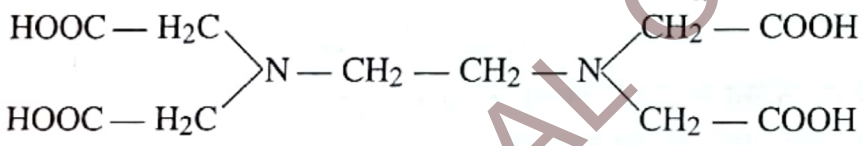
$V_K$ = $V$ known

## खण्ड-अ : जल की कुल कठोरता का आकलन

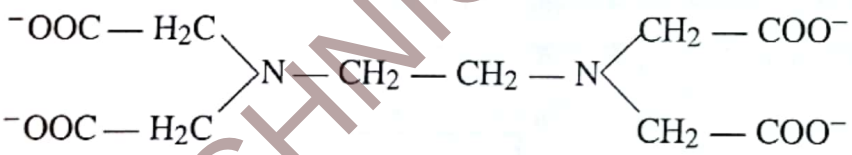
## (PART-A : Estimation of Total Hardness of Water)

जल की कठोरता ज्ञात करने की कई विधियाँ प्रचलित हैं। उनमें सबसे प्रमुख ई०डी०टी०ए० विधि (EDTA Method) ।। EDTA विधि द्वारा जल की कठोरता का आकलन निम्न प्रकार किया जा सकता है।

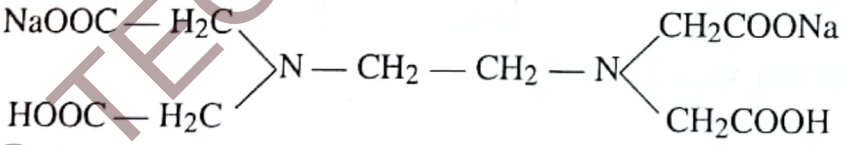
**(1) ई०डी०टी०ए० विधि** (EDTA Method)—ई०डी०टी०ए० का पूरा नाम एथिलीन डाईऐमीन टेट्रा-एसिटिक म्ल (Ethylene Diammine Tetra Acetic Acid) है तथा इसका रासायनिक सूत्र नीचे दिया गया है—



EDTA सोडियम लवण के रूप में निम्नलिखित ऋणायन बनाता है जो कैल्शियम तथा मैग्नीशियम आयनों के साथ टेल आयन बनाता है।



EDTA डाइसोडियम लवण के रूप में प्रयोग किया जाता है जिसका सूत्र निम्न है—



उपर्युक्त सूत्र से स्पष्ट है कि EDTA एक द्विभास्मिक सोडियम लवण है तथा इसमें इसका

मोलर विलयन = 2 × नॉर्मल विलयन

इसकी विशेषता यह है कि यह $NH_4Cl$ तथा $NH_4OH$ बफर विलयन की उपस्थिति में लगभग 10 pH पर Ca तथा दोनों लवणों के साथ क्रिया करता है। एरियोक्रोम ब्लैक-टी (Eriochrome Black-T) इसमें सूचक का कार्य करता है अन्त बिन्दु (End Point) पर लाल रंग, नीले रंग में परिवर्तित हो जाता है।

रासायनिक समीकरण—

$$M^{2+} + EBT \xrightarrow{10\ pH} [M - EBT]$$

लाला रंग (Complex)

$$[M - EBT] + EDTA \xrightarrow{\text{अनुमापन}} [M - EDTA] + EBT$$

लाल रंग — नीला रंग

$(M^{2+} = Ca^{2+}$ या $Mg^{2+})$

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

जब समस्त $Ca^{2+}$ तथा $Mg^{2+}$ आयन [M-EBT] जटिल (Complex) बना लेते हैं तो अन्तिम बिन्दु पर EDTA की एक बूँद EBT (Eriochrome Black-T) सूचक मुक्त करती है जिसके कारण लाल रंग, नीले रंग में परिवर्तित हो जाता है।

ई०डी०टी०ए० विधि द्वारा जल की कठोरता ज्ञात करने के लिये प्रयुक्त विभिन्न पद निम्न प्रकार हैं—

**(i) मानक कठोर जल बनाना** (Preparation of Standard Hard Water)—1 ग्राम शुद्ध व शुष्क $CaCO_3$ को तनु HCl की न्यूनतम मात्रा में घोल लेते हैं। इसे जल ऊष्मक (Water bath) पर शुष्क हो जाने तक वाष्पीकृत करते हैं। बचे हुए अवशेष में आसवित जल (Distilled water) मिलाकर जल का आयतन 1 लीटर कर लेते हैं।

$\because$ 1000 मिली० जल में $CaCO_3$ की मात्रा = 1 ग्राम

$\therefore$ 1 मिली० जल में $CaCO_3$ की मात्रा $= \frac{1}{1000} = 0.001$ ग्राम

**(ii) EDTA विलयन बनाना** (Preparation of EDTA Solution)—4 ग्राम शुद्ध EDTA को आसुत जल (Distilled Water) में घोलकर विलयन का आयतन 1 लीटर बना लेते हैं।

**(iii) बफर विलयन बनाना** (Preparation of Buffer Solution)—67.5 ग्राम $NH_4Cl$ को 570 मिली सान्द्र $NH_4OH$ में घोलकर आसुत जल मिलाकर विलयन का आयतन 1 लीटर बना लेते हैं। इसके अतिरिक्त NaOH विलयन भी बनाते हैं।

**(iv) सूचक बनाना** (Preparation of Indicator)—0.5 ग्राम एरियोक्रोम ब्लैक-टी (EBT) को 100 मिलीलीटर एल्कोहॉल में घोलते हैं। इसके अतिरिक्त, म्यूरेक्साइड विलयन भी बनाते हैं।

**(v) EDTA विलयन का मानकीकरण** (Standardization of EDTA Solution)—ब्यूरेट को ठीक से धोकर इसमें EDTA विलयन भरते हैं। एक कोनिकल फ्लॉस्क में पिपेट द्वारा 50 मिली० मानक कठोर जल लेते हैं। इसमें 10-15 मिली० बफर विलयन तथा 4-5 बूँद EBT सूचक डालते हैं। इसका EDTA विलयन के साथ अनुमापन (Titration) कर लाल से नीले रंग में परिवर्तन नोट करते हैं। मान लेते हैं कि EDTA विलयन का प्रयुक्त आयतन $V_1$ **मिली०** है।

**(vi) कैल्शियम तथा मैग्नीशियम लवणों के कारण जल की सम्पूर्ण कठोरता का आकलन** (Determination of Total Hardness Due to Calcium and Magnesium Salts)—पिपेट की सहायता से 50 ml दिये गये कठोर जल के नमूने को कोनिकल फ्लास्क में ले लेते हैं और इसमें 5 ml $NH_4Cl$ तथा $NH_4OH$ का बफर विलयन मिलाते हैं। अब इसमें 4-5 बूँदें EBT सूचक की मिलाते हैं जिससे विलयन का रंग लाल रंग के समान हो जाता है। अब ब्यूरेट से कोनिकल फ्लास्क में EDTA विलयन बूदँ-बूदँ करके मिलाते हैं। इस दौरान कोनिकल फ्लास्क को धीरे-धीरे हिलाते रहते हैं। अन्तिम बिन्दु पर विलयन नीला हो जाता है। EDTA विलयन का प्रयुक्त आयतन नोट कर लेते हैं। मान लिया इस अनुमापन में EDTA विलयन के $V_2$ **मिली०** प्रयुक्त होते हैं।

**गणना** (Calculation)—

**(i)** EDTA विलयन का मानकीकरण (1 ml EDTA के समतुल्य $CaCO_3$ ज्ञात करना)—

50 ml मानक कठोर जल $\equiv V_1$ ml EDTA

$\because$ 1000 ml मानक कठोर जल में $CaCO_3 = 1$ gm

$\because$ 1 ml मानक कठोर जल में $CaCO_3 = \frac{1}{1000}$ gm $= 0.001$ gm

$\therefore$ 50 ml मानक कठोर जल में $CaCO_3 = 0.001 \times 50 = 0.05$ g

अत: $V_1$ ml EDTA विलयन $\equiv$ 50 ml मानक कठोर जल $\equiv 0.05$ g $CaCO_3$

$V_1$ ml EDTA विलयन $= 0.05$ g $CaCO_3$

1 ml EDTA विलयन $= \frac{0.05}{V_1}$ g $CaCO_3$

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

**(ii) कैल्शियम तथा मैग्नीशियम लवणों के कारण जल की समस्त कठोरता ज्ञात करना—**

$\because$ 50 ml कठोर जल $\equiv V_2$ ml EDTA विलयन

तथा 1 ml EDTA $= \frac{0.05}{V_1}$ g $CaCO_3$

$\therefore$ $V_2$ ml EDTA विलयन $= \frac{0.05}{V_1} \times V_2$ gm $CaCO_3$

$\therefore$ 50 ml कठोर जल के नमूने में $CaCO_3 = \frac{0.05}{V_1} \times V_2$ g $CaCO_3$

$\therefore$ 10,00,000 (10 लाख ) ml (ppm) कठोर जल नमूने में $CaCO_3 = \frac{0.05 \times V_2 \times 10,00,000}{V_1 \times 50}$ g $CaCO_3$

$= \frac{1000\, V_2}{V_1}$ g

अत: जल में समस्त (Ca + Mg) कठोरता $= \frac{1000\, V_2}{V_1}$ ppm

**EDTA विधि के लाभ** (Advantages of EDTA Method)—

(i) यह सबसे अच्छी तथा आधुनिक विधि है।

(ii) यह विधि सुविधाजनक है।

(iii) इस विधि से शुद्ध परिणाम मिलते हैं।

(iv) इस विधि में अधिक समय नहीं लगता है।

## प्रयोगात्मक पुस्तिका में प्रयोग लिखने का तरीका

**उद्देश्य** (Object)—ई०डी०टी०ए० अनुमापन विधि द्वारा इरियोक्रोम ब्लैक-टी (EBT) सूचक का प्रयोग करते हुए जल के नमूने की समस्त कठोरता कैल्शियम कार्बोनेट ($CaCO_3$) के रूप में ज्ञात करना।

**आवश्यक उपकरण** (Apparatus Required)—मानक EDTA विलयन, इरियोक्रोम ब्लैक टी सूचक विलयन, ($NH_4OH + NH_4Cl$) बफर विलयन, आसुत जल, दिया गया जल का नमूना आदि।

**सिद्धान्त** (Theory)—EDTA का पूरा नाम इथाइलीन डाई एमीन टैट्रा एसिटिक एसिड है। यह सोडियम के साथ में लवण बना लेता है। EDTA के डाइसोडियम लवण का प्रयोग जल की कठोरता ज्ञात करने में किया जाता है। इसको निम्न सूत्र से प्रदर्शित किया जा सकता है। $Na_2(EDTA)$ जब $Na_2(EDTA)$ को जल में घोलते हैं तो ये निम्न आयनों में आयनित हो जाता है।

$$Na_2(EDTA) \longrightarrow 2\,Na^+ + EDTA^{2-}$$

जब EDTA को $NH_4Cl$ तथा $NH_4OH$ बफर विलयन की उपस्थिति में लगभग 10 pH पर जल में मिलाते हैं तो यह Ca तथा Mg लवणों के साथ क्रिया कर लेता है। एरियो क्रोम ब्लैक-टी (EBT) इस अनुमापन में सूचक (Indicator) का कार्य करता है। जब कैल्शियम व मैग्नीशियम लवण युक्त जल में सूचक (EBT) मिलाया जाता है। तो जटिल यौगिक (Complex) का निर्माण होता है जिसका रंग लाल होता है। EDTA मिलाने पर कैल्शियम व मैग्नीशियम आयन इससे क्रिया करते हैं तथा अभिक्रिया के अन्त में विलयन का रंग नीला हो जाता है जोकि अभिक्रिया का अन्त बिन्दू (End Point) है।

$$M^{2+} + EBT \xrightarrow{pH=10} [M-EBT]$$

लाल रंग (Red colour)

(Complex)

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

$$[M-EBT] \xrightarrow{\text{अनुमापन, pH=10}} \underset{\text{Complex}}{[M-EDTA]} + \underset{\text{नीला रंग (Blue Colour)}}{EBT}$$

(यहाँ $M^{2+} = Mg^{2+}$ या $Ca^{2+}$)

**विधि** (Procedure)

**(i) मानक कठोर जल बनाना** (Preparation of Standard Hard Water)—एक ग्राम शुद्ध तथा शुष्क $CaCO_3$ को तनु HCl की न्यूनतम मात्रा मे घोलते हैं। इसे जल ऊष्मक पर शुष्क होने तक वाष्पीकृत करते हैं। अवशेष को आसुत जल मे घोलकर 1 लीटर विलयन बना लेते है। इस विलयन की कठोरता 1 मिलीग्राम प्रति मिलीलीटर होती है।

**(ii) EDTA विलयन बनाना** (Preparation of EDTA Solution)—1 ग्राम शुद्ध EDTA को 250 मिली० मापक फ्लॉस्क मे आसुत जल की थोड़ी मात्रा के साथ घोल लेते है। फिर आसुत जल मिलाकर उसका आयतन 250 मिली० कर लेते है।

**(iii) सूचक बनाना** (Preparation of Indicator)—0.5 ग्राम इरियोक्रोम ब्लैक टी को 100 ml एल्कोहल में घोलकर सूचक विलयन तैयार कर लेते हैं।

**(iv) बफर विलयन बनाना** (Preparation of Buffer Solution)—67.5 ग्राम अमोनियम क्लोराइड को 570 मिली० सान्द्र अमोनिया विलयन में मिलाते हैं तथा विलयन का आयतन 1 लीटर कर लेते हैं।

**(v) EDTA विलयन का मानकीकरण करना** (Standardisation of EDTA Solution)—ब्यूरेट को पहले जल से धो लेते है तथा फिर EDTA विलयन से रिन्ज (Rinse) करते हैं तथा इसमें EDTA का विलयन भर लेते हैं। पिपेट की सहायता से अनुमापन फ्लॉस्क (कोनीकल फ्लॉस्क) में 50 मिली० मानक कठोर जल लेकर इसमें 10-15 मिली० बफर विलयन तथा 4-5 बूँद EBT सूचक को मिला लेते हैं। फिर ब्यूरेट से EDTA विलयन बूँद-बूँद करके अनुमापन फ्लॉस्क में मिलाते रहते हैं इस दौरान अनुमापन फ्लॉस्क को धीरे-धीरे हिलाते रहते हैं। अन्त बिन्दु पर विलयन का लाल रंग नीले रंग में परिवर्तित हो जाता है। ब्यूरेट का अन्तिम पाठयाँक नोट कर लेते हैं। माना कि ब्यूरेट में EDTA विलयन का प्रयुक्त आयतन $V_1$ मिली० है।

**(vi) कठोर जल के नमूने के साथ अनुमापन** (Titration with the Sample of Hard Water)—कठोर जल के नमूने के 50 मिली० जल का अनुमापन फ्लॉस्क में लेकर उसका पूर्व की भाँति अनुमापन कर लेते हैं। माना कि इस अनुमापन में EDTA विलयन का प्रयुक्त आयतन $V_2$ मिली० है।

**प्रेक्षण** (Observation)

**प्रेक्षण सारणी (Observation Table)**

(i) EDTA विलयन के मानकीकरण का अनुमापन (Standardization of EDTA Solution)

| क्रम संख्या (Sr. No.) | मानक कठोर जल मिली० में Standard Hard Water (ml) | ब्यूरेट का पाठयांक (Burette Reading) | | EDTA का प्रयुक्त आयतन मिली० में (Volume of Used) EDTA (ml) |
|---|---|---|---|---|
| | | प्रारम्भिक पाठयांक (Initial Reading) | अन्तिम पाठयांक (Final Reading) | |
| 1. | 50 | ..... | ..... | ..... |
| 2. | 50 | ..... | ..... | ..... |
| 3. | 50 | ..... | ..... | ..... ($V_1$ मिली०) |

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

(ii) EDTA विलयन का कठोर जल के नमूने के साथ अनुमापन (Titration of Water Sample with EDTA)

| क्रम संख्या (Sr. No.) | कठोर जल के नमूने का आयतन Volume of Sample of Hard Water (ml) | ब्यूरेट का पाठयांक (Burette Reading) | | EDTA का प्रयुक्त आयतन मिली० में Volume of Used EDTA (ml) |
|---|---|---|---|---|
| | | प्रारम्भिक पाठयांक (Initial Reading) | अन्तिम पाठयांक (Final Reading) | |
| 1. | 50 | ..... | ..... | ..... |
| 2. | 50 | ..... | ..... | ..... |
| 3. | 50 | ..... | ..... | ..... ($V_2$ मिली०) |

**गणना** (Calculation)

**(1) एक मिली० EDTA विलयन के समतुल्य $CaCO_3$ ज्ञात करना—**

50 मिली० मानक कठोर जल ≡ $V_1$ मिली० EDTA विलयन

∵ 1000 मिली० विलयन में $CaCO_3$ = 1 ग्राम

1 मिली विलयन में $CaCO_3 = \frac{1}{1000} = 0.001$ ग्राम

∴ 50 मिली० विलयन में $CaCO_3 = 50 \times .001 = 0.05$ ग्राम

$= 0.05 \times 1000$

= 50 मिलीग्राम

∵ $V_1$ मिली० EDTA विलयन ≡ 50 मिलीग्राम $CaCO_3$

∴ 1 मिली० EDTA विलयन = $\frac{50}{V_1}$ मिलीग्राम $CaCO_3$

**(ii) जल के नमूने में समस्त कठोरता ज्ञात करना—**

∵ 50 मिली० कठोर जल का नमूना ≡ $V_2$ मिली० EDTA विलयन

∵ 1 मिली० EDTA विलयन = $\frac{50}{V_1}$ मिलीग्राम $CaCO_3$

∵ $V_2$ मिली० EDTA विलयन = $\frac{50}{V_1} \times V_2$ मिलीग्राम $CaCO_3$

∴ 1000 मिली० (1 लीटर) कठोर जल का नमूना

$= \frac{50 \times V_2 \times 1000}{V_1 \times 50}$ मिलीग्राम $CaCO_3$

$= \frac{1000 \times V_2}{V_1}$ मिलीग्राम $CaCO_3$ के तुल्य

अतः जल के नमूने में कुल कठोरता = $\frac{1000 \times V_2}{V_1}$ मिलीग्राम $CaCO_3$ के तुल्य

$= \frac{1000 \times V_2}{V_1}$ मिलीग्राम $CaCO_3$ के तुल्य

**परिणाम** (Result)—जल के नमूने में समस्त कठोरता = $\frac{1000 \times V_2}{V_1}$ ppm

**सावधानियाँ** (Precautions)

(i) समस्त उपकरण पूर्णतः स्वच्छ होने चाहिएँ।

(ii) EDTA विलयन को बूँद-बूँद करके मिलाना चाहिए।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

(iii) अनुमापन करते समय अनुमापन फ्लास्क को धीरे-धीरे हिलाते रहना चाहिए।

(iv) अनुमापन की सभी रीडिंग की परिस्थितियाँ एक समान होनी चाहिएँ।

## उदाहरण (Example)-1

**उद्देश्य** (Object)—ई०डी०टी०ए० अनुमापन विधि द्वारा इरियोक्रोम ब्लैक-टी (EBT) सूचक का प्रयोग करते हुए जल के नमूने की समस्त कठोरता कैल्शियम कार्बोनेट ($CaCO_3$) के रूप में ज्ञात करना।

**उपकरण** (Apparatus)—मापक फ्लॉस्क (250 ml), कोनीकल फ्लॉस्क, ब्यूरेट, पिपेट, बीकर, कीप तथा ब्यूरेट स्टैण्ड आदि।

**अभिकर्मक** (Reagents)—मानक EDTA विलयन, इरियोक्रोम ब्लैक टी, सूचक विलयन, ($NH_4OH + NH_4Cl$) बफर विलयन, आसुत जल, दिया गया जल का नमूना आदि।

**सिद्धान्त** (Theory)—EDTA का पूरा नाम इथाइलीन डाई एमीन टैट्रा एसिटिक एसिड है। यह सोडियम के साथ में लवण बना लेता है। EDTA के डाइसोडियम लवण का प्रयोग जल की कठोरता ज्ञात करने में किया जाता है। इसको निम्न सूत्र से प्रदर्शित किया जा सकता है। $Na_2$ (EDTA) जब $Na_2$ (EDTA) को जल में घोलते हैं तो ये निम्न आयनों में आयनित हो जाता है।

$$Na_2(EDTA) \longrightarrow 2Na^+ + EDTA^{2-}$$

जब EDTA को $NH_4Cl$ तथा $NH_4OH$ बफर विलयन की उपस्थिति में लगभग 10 pH पर Ca तथा Mg लवणों के साथ क्रिया कर लेता है। एरियो क्रोम ब्लैक-टी (EBT) इस अनुमापन में सूचक (Indicator) का कार्य करता है। जब कैल्शियम व मैग्नीशियम लवण युक्त जल में सूचक (EBT) मिलाया जाता है। तो जटिल यौगिक (Complex) का निर्माण होता है जिसका रंग लाल होता है। EDTA मिलाने पर कैल्शियम व मैग्नीशियम आयन इससे क्रिया करते हैं तथा अभिक्रिया के अन्त में विलयन का रंग नीला हो जाता है जोकि अभिक्रिया का अन्त बिन्दू (End Point) है।

$$M^{2+} + EBT \xrightarrow{pH=10} \underset{\text{लाल रंग (Red colour)}}{\underset{\text{Complex}}{[M-EBT]}}$$

$$\underset{\text{Complex}}{[M-EBT]} \xrightarrow{\text{अनुमापन, pH=10}} \underset{\text{Complex}}{[M-EDTA]} + \underset{\text{नीला रंग (Blue Colour)}}{EBT}$$

(यहाँ $M^{2+} = Mg^{2+}$ या $Ca^{2+}$)

**विधि** (Procedure)

**(i) मानक कठोर जल बनाना** (Preparation of Standard Hard Water)—एक ग्राम शुद्ध तथा शुष्क $CaCO_3$ को तनु HCl की न्यूनतम मात्रा में घोलते हैं। इसे जल ऊष्मक पर शुष्क होने तक वाष्पीकृत करते हैं। अवशेष को आसुत जल में घोलकर 1 लीटर विलयन बना लेते हैं। इस विलयन की कठोरता 1 ग्राम प्रति लीटर होती है।

**(ii) EDTA विलयन बनाना** (Preparation of EDTA Solution)—1 ग्राम शुद्ध EDTA को 250 मिली० मापक फ्लॉस्क में आसुत जल की थोड़ी मात्रा के साथ घोल लेते हैं। फिर आसुत जल मिलाकर उसका आयतन 250 मिली० कर लेते हैं।

**(iii) सूचक बनाना** (Preparation of Indicator)—0.5 ग्राम इरियोक्रोम ब्लैक टी को 100 ml एल्कोहल में घोलकर सूचक विलयन तैयार कर लेते हैं।

**(iv) बफर विलयन बनाना** (Preparation of Buffer Solution)—67.5 ग्राम अमोनियम क्लोराइड को 570 मिली० सान्द्र अमोनिया विलयन में मिलाते हैं तथा विलयन का आयतन 1 लीटर कर लेते हैं।

**(v) EDTA विलयन का मानकीकरण करना** (Standardisation of EDTA Solution)—ब्यूरेट को पहले जल से धो लेते हैं तथा फिर EDTA विलयन से रिन्ज (Rinse) करते हैं तथा इसमें EDTA का विलयन भर लेते हैं। पिपेट की सहायता से अनुमापन फ्लॉस्क (कोनीकल फ्लॉस्क) में 50 मिली० मानक कठोर जल लेकर इसमें 10-15 मिली० बफर

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

विलयन तथा 4-5 बूँद EBT सूचक को मिला लेते हैं। फिर ब्यूरेट से EDTA विलयन बूँद-बूँद करके अनुमापन फ्लॉस्क में मिलाते रहते हैं इस दौरान अनुमापन फ्लॉस्क को धीरे-धीरे हिलाते रहते हैं। अन्त बिन्दु पर विलयन का लाल रंग नीले रंग में परिवर्तित हो जाता है। ब्यूरेट का अन्तिम पाठयाँक नोट कर लेते हैं। माना कि ब्यूरेट में EDTA विलयन का प्रयुक्त आयतन $V_1$ मिली० है।

**(vi) कठोर जल के नमूने के साथ अनुमापन** (Titration with the Sample of Hard Water)—कठोर जल के नमूने के 50 मिली० जल का अनुमापन फ्लॉस्क में लेकर उसका पूर्व की भाँति अनुमापन कर लेते हैं। माना कि इस अनुमापन में EDTA विलयन का प्रयुक्त आयतन $V_2$ मिली० है।

**प्रेक्षण** (Observation)

**प्रेक्षण सारणी**

(i) EDTA विलयन के मानकीकरण का अनुमापन (Titration for Standardization of EDTA Solution)

| क्रम संख्या (Sr. No.) | मानक कठोर जल मिली० में Standard Hard Water (ml) | ब्यूरेट का पाठयांक (Burette Reading) | | EDTA का प्रयुक्त आयतन मिली० में (Volume of Used) EDTA (ml) |
|---|---|---|---|---|
| | | प्रारम्भिक पाठयांक (Initial Reading) | अन्तिम पाठयांक (Final Reading) | |
| 1. | 50 | 0.0 | 47 | 47 |
| 2. | 50 | 0.0 | 46 | 46 |
| 3. | 50 | 0.0 | 46 | 46 ($V_1 = 46$ ml) |

(ii) EDTA विलयन का कठोर जल के नमूने के साथ अनुमापन (Titration of EDTA with water Sample)

| क्रम संख्या (Sr. No.) | कठोर जल के नमूने का आयतन मिली० में Volume of Sample of Hard Water (ml) | ब्यूरेट का पाठयांक (Reading) | | EDTA का प्रयुक्त आयतन मिली० में (Volume of Used) EDTA (ml) |
|---|---|---|---|---|
| | | प्रारम्भिक पाठयांक (Initial Reading) | अन्तिम पाठयांक (Final Reading) | |
| 1. | 50 | 0.0 | 31 | 31 |
| 2. | 50 | 0.0 | 30 | 30 |
| 3. | 50 | 0.0 | 30 | 30 ($V_2 = 30$ ml) |

**गणना** (Calculation)

(1) EDTA विलयन का मानकीकरण (1 ml EDTA के समतुल्य $CaCO_3$ ज्ञात करना)—

50 ml मानक कठोर जल = 46 ml EDTA

∵ 1000 ml मानक कठोर जल में $CaCO_3 = 1$ g

∴ 1 ml मानक कठोर जल में $CaCO_3 = \frac{1}{1000}\text{ g} = 0.001\text{ g}$

∴ 50 ml मानक कठोर जल में $CaCO_3 = 0.001 \times 50 = 0.05\text{ g } CaCO_3$

अत: 46 ml EDTA विलयन ≡ 50 ml मानक कठोर जल ≡ $0.05\text{g } CaCO_3$

46 ml EDTA विलयन = $0.05\text{ g } CaCO_3$

1 ml EDTA विलयन = $\frac{0.05}{46}\text{ g } CaCO_3$

(ii) कैलिशयम तथा मैग्नीशियम लवणों के कारण जल की समस्त कठोरता ज्ञात करना—

∵ 50 ml कठोर जल = 30 ml EDTA विलयन

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

$$\because \quad 1\,ml\ EDTA = \frac{0.05}{46}\,g\,CaCO_3$$

$$\therefore \quad 30\,ml\ EDTA\ \text{विलयन} = \frac{0.05\times 30}{46}\,g\,CaCO_3$$

$$\therefore \quad 50\,ml\ \text{कठोर जल के नमूने में}\ CaCO_3 = \frac{0.05\times 30}{46}\,g\,CaCO_3$$

$$= 0.032\,g\,CaCO_3$$

ppm में कठोरता

$$\because \quad 50\,ml\ \text{कठोर जल के नमूने में}\ CaCO_3 = 0.032\,g\,CaCO_3$$

$$\therefore \quad 1\,ml\ \text{कठोर जल के नमूने में}\ CaCO_3 = \frac{0.032}{50}\,g\,CaCO_3$$

$$\therefore \quad 10,00,000\,(\text{million})\ \text{कठोर जल के नमूने में}\ CaCO_3 = \frac{0.032\times 10,00,000}{50}\,g\,CaCO_3$$

अत: ppm में कठोरता = 640 ppm

**परिणाम** (Result)—दिये गये कठोर जल के नमूने की कुल कठोरता (Total Hardness) **640 ppm** है।

**सावधानियाँ** (Precautions)

(i) समस्त उपकरण पूर्णत: स्वच्छ होने चाहिएँ।

(ii) EDTA विलयन को बूँद-बूँद करके मिलाना चाहिए।

(iii) अनुमापन करते समय अनुमापन फ्लास्क को धीरे-धीरे हिलाते रहना चाहिए।

(iv) अनुमापन की सभी रीडिंग की परिस्थितियाँ एक समान होनी चाहिएँ।

(iv) अनुमापन की सभी रीडिंग की परिस्थितियाँ एक समान होनी चाहिएँ।

## उदाहरण (Example)-2

**उद्देश्य** (Object)—ई०डी०टी०ए० अनुमापन विधि द्वारा इरियोक्रोम ब्लैक-टी (EBT) सूचक का प्रयोग करते हुए जल के नमूने की समस्त कठोरता कैल्शियम कार्बोनेट ($CaCO_3$) के रूप में ज्ञात करना।

उपकरण (Apparatus)—मापक फ्लॉस्क (250 ml), कोनीकल फ्लॉस्क, ब्यूरेट, पिपेट, बीकर, कीप तथा ब्यूरेट स्टैण्ड आदि।

**अभिकर्मक** (Reagents)—मानक EDTA विलयन, इरियोक्रोम ब्लैक टी सूचक विलयन, ($NH_4OH + NH_4Cl$) बफर विलयन, आसुत जल, दिया गया जल का नमूना आदि।

**सिद्धान्त** (Theory)—EDTA का पूरा नाम इथाइलीन डाई एमीन टैट्रा एसिटिक एसिड है। यह सोडियम के साथ में लवण बना लेता है। EDTA के डाइसोडियम लवण का प्रयोग जल की कठोरता ज्ञात करने में किया जाता है। इसको निम्न सूत्र से प्रदर्शित किया जा सकता है। $Na_2(EDTA)$ जब $Na_2(EDTA)$ को जल में घोलते हैं तो ये निम्न आयनों में आयनित हो जाता है।

$$Na_2(EDTA) \longrightarrow 2\,Na^{+1} + EDTA^{2-}$$

जब EDTA को $NH_4Cl$ तथा $NH_4OH$ बफर विलयन की उपस्थिति में लगभग 10 pH पर Ca तथा Mg लवणों के साथ क्रिया कर लेता है। एरियो क्रोम ब्लैक-टी (EBT) इस अनुमापन में सूचक (Indicator) का कार्य करता है। जब कैल्शियम व मैग्नीशियम लवण युक्त जल में सूचक (EBT) मिलाया जाता है। तो जटिल यौगिक (Complex) का निर्माण होता है जिसका रंग लाल होता है। EDTA मिलाने पर कैल्शियम व मैग्नीशियम आयन इससे क्रिया करते हैं तथा अभिक्रिया के अन्त में विलयन का रंग नीला हो जाता है जोकि अभिक्रिया का अन्त बिन्दू (End Point) है।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

$$M^{2+} + EBT \xrightarrow{pH=10} \underset{\text{लाल रंग (Red colour)}}{[M-EBT]}$$
Complex

$$[M-EBT] \xrightarrow{\text{अनुमापन, pH=10}} \underset{\text{Complex}}{[M-EDTA]} + \underset{\text{नीला रंग (Blue Colour)}}{EBT}$$

(यहाँ $M^{2+} = Mg^{2+}$ या $Ca^{2+}$)

**विधि** (Procedure)

**(i) मानक कठोर जल बनाना** (Preparation of Standard Hard Water)—एक ग्राम शुद्ध तथा शुष्क $CaCO_3$ को तनु HCl की न्यूनतम मात्रा में घोलते हैं। इसे जल ऊष्मक पर शुष्क होने तक वाष्पीकृत करते हैं। अवशेष को आसुत जल में घोलकर 1 लीटर विलयन बना लेते हैं। इस विलयन की कठोरता 1 ग्राम प्रति लीटर होती है।

**(ii) EDTA विलयन बनाना** (Preparation of EDTA Solution)—1 ग्राम शुद्ध EDTA को 250 मिली० मापक फ्लॉस्क में आसुत जल की थोड़ी मात्रा के साथ घोल लेते हैं। फिर आसुत जल मिलाकर उसका आयतन 250 मिली० कर लेते हैं।

**(iii) सूचक बनाना** (Preparation of Indicator)—0.5 ग्राम इरियोक्रोम ब्लैक टी को 100 ml एल्कोहल में घोलकर सूचक विलयन तैयार कर लेते हैं।

**(iv) बफर विलयन बनाना** (Preparation of Buffer Solution)—67.5 ग्राम अमोनियम क्लोराइड को 570 मिली० सान्द्र अमोनिया विलयन में मिलाते हैं तथा विलयन का आयतन 1 लीटर कर लेते हैं।

**(v) EDTA विलयन का मानकीकरण करना** (Standardisation of EDTA Solution)—ब्यूरेट को पहले जल से धो लेते हैं तथा फिर EDTA विलयन से रिन्ज (Rinse) करते हैं तथा इसमें EDTA का विलयन भर लेते हैं। पिपेट की सहायता से अनुमापन फ्लॉस्क (कोनीकल फ्लॉस्क) में 50 मिली० मानक कठोर जल लेकर इसमें 10-15 मिली० बफर विलयन तथा 4-5 बूँद EBT सूचक को मिला लेते हैं। फिर ब्यूरेट से EDTA विलयन बूँद-बूँद करके अनुमापन फ्लॉस्क में मिलाते रहते हैं इस दौरान अनुमापन फ्लॉस्क को धीरे-धीरे हिलाते रहते हैं। अन्त बिन्दु पर विलयन का लाल रंग नीले रंग में परिवर्तित हो जाता है। ब्यूरेट का अन्तिम पाठ्यांक नोट कर लेते हैं। माना कि ब्यूरेट में EDTA विलयन का प्रयुक्त आयतन $V_1$ मिली० है।

**(vi) कठोर जल के नमूने के साथ अनुमापन** (Titration with the Sample of Hard Water)—कठोर जल के नमूने के 50 मिली० जल का अनुमापन फ्लॉस्क में लेकर उसका पूर्व की भाँति अनुमापन कर लेते हैं। माना कि इस अनुमापन में EDTA विलयन का प्रयुक्त आयतन $V_2$ मिली० है।

**प्रेक्षण** (Observation)

**प्रेक्षण सारणी**

(i) EDTA विलयन के मानकीकरण का अनुमापन (Titration for Standardization of EDTA Solution)

| क्रम संख्या (Sr. No.) | मानक कठोर जल मिली० में Standard Hard Water (ml) | ब्यूरेट का पाठ्यांक (Burette Reading) | | EDTA का प्रयुक्त आयतन मिली० में (Volume of Used) EDTA (ml) |
|---|---|---|---|---|
| | | प्रारम्भिक पाठ्यांक (Initial Reading) | अन्तिम पाठ्यांक (Final Reading) | |
| 1. | 50 | 0.0 | 48 | 47 |
| 2. | 50 | 0.0 | 47 | 47 |
| 3. | 50 | 0.0 | 47 | 47 ($V_1$ = 47 ml) |

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

(ii) EDTA विलयन का कठोर जल के नमूने के साथ अनुमापन (Titration of EDTA with water Sample)

| क्रम संख्या (Sr. No.) | कठोर जल के नमूने का आयतन मिली० में Volume of Sample of Hard Water (ml) | ब्यूरेट का पाठ्यांक (Burette Reading) | | EDTA का प्रयुक्त आयतन मिली० में (Volume of Used) EDTA (ml) |
|---|---|---|---|---|
| | | प्रारम्भिक पाठ्यांक (Initial Reading) | अन्तिम पाठ्यांक (Final Reading) | |
| 1. | 50 | 0.0 | 21 | 21 |
| 2. | 50 | 0.0 | 20 | 20 |
| 3. | 50 | 0.0 | 20 | 20 ($V_2 = 20$ ml) |

**गणना** (Calculation)

(i) EDTA विलयन का मानकीकरण (1 ml EDTA के समतुल्य $CaCO_3$ ज्ञात करना)—

50 ml मानक कठोर जल = 47 ml EDTA

∵ 1000 ml मानक कठोर जल में $CaCO_3 = 1$ g

∴ 1 ml मानक कठोर जल में $CaCO_3 = \frac{1}{1000}\text{ g} = 0.001\text{ g}$

∴ 50 ml मानक कठोर जल में $CaCO_3 = 0.001 \times 50 = 0.05\text{ g } CaCO_3$

अत: 47 ml EDTA विलयन ≡ 50 ml मानक कठोर जल ≡ 0.05 g $CaCO_3$

47 ml EDTA विलयन = 0.05 g $CaCO_3$

1 ml EDTA विलयन = $\frac{0.05}{47}\text{ g } CaCO_3$

(ii) कैलिशयम तथा मैग्नीशियम लवणों के कारण जल की समस्त कठोरता ज्ञात करना—

∵ 50 ml कठोर जल = 20 ml EDTA विलयन

∵ 1 ml EDTA = $\frac{0.05}{47}\text{ g } CaCO_3$

∴ 20 ml EDTA विलयन = $\frac{0.05 \times 20}{47}\text{ g } CaCO_3$

∴ 50 ml कठोर जल के नमूने में $CaCO_3 = \frac{0.05 \times 20}{47}\text{ g } CaCO_3$

$= 0.021\text{ g } CaCO_3$

ppm में कठोरता

∵ 50 ml कठोर जल के नमूने में $CaCO_3 = 0.021\text{ g } CaCO_3$

∴ 1 ml कठोर जल के नमूने में $CaCO_3 = \frac{0.021}{50}\text{ g } CaCO_3$

∴ 10,00,000 (million) कठोर जल के नमूने में $CaCO_3 = \frac{0.021 \times 10,00,000}{50}\text{ g } CaCO_3$

अत: ppm में कठोरता = 420 ppm

**परिणाम** (Result)—दिये गये कठोर जल के नमूने की कुल कठोरता (Total Hardness) **420 ppm** है।

**सावधानियाँ** (Precautions)

(i) समस्त उपकरण पूर्णत: स्वच्छ होने चाहिएँ।

(ii) EDTA विलयन को बूँद-बूँद करके मिलाना चाहिए।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

(iii) अनुमापन करते समय अनुमापन फ्लास्क को धीरे-धीरे हिलाते रहना चाहिए।

(iv) अनुमापन की सभी रीडिंग की परिस्थितियाँ एक समान होनी चाहिएँ।

(iv) अनुमापन की सभी रीडिंग की परिस्थितियाँ एक समान होनी चाहिएँ।

## उदाहरण (Example)-3

**उद्देश्य** (Object)—ई०डी०टी०ए० अनुमापन विधि द्वारा इरियोक्रोम ब्लैक-टी (EBT) सूचक का प्रयोग करते हुए जल के नमूने की समस्त कठोरता कैल्शियम कार्बोनेट ($CaCO_3$) के रूप में ज्ञात करना।

उपकरण (Apparatus)—मापक फ्लॉस्क (250 ml), कोनीकल फ्लॉस्क, ब्यूरेट, पिपेट, बीकर, कीप तथा ब्यूरेट स्टैण्ड आदि।

**अभिकर्मक** (Reagents)—मानक EDTA विलयन, इरियोक्रोम ब्लैक टी सूचक विलयन, ($NH_4OH + NH_4Cl$) बफर विलयन, आसुत जल, दिया गया जल का नमूना आदि।

**सिद्धान्त** (Theory)—EDTA का पूरा नाम इथाइलीन डाई एमीन टैट्रा एसिटिक एसिड है। यह सोडियम के साथ में लवण बना लेता है। EDTA के डाइसोडियम लवण का प्रयोग जल की कठोरता ज्ञात करने में किया जाता है। इसको निम्न सूत्र से प्रदर्शित किया जा सकता है। $Na_2(EDTA)$ जब $Na_2(EDTA)$ को जल में घोलते हैं तो ये निम्न आयनों में आयनित हो जाता है।

$$Na_2(EDTA) \longrightarrow 2Na^+ + EDTA^{2-}$$

जब EDTA को $NH_4Cl$ तथा $NH_4OH$ बफर विलयन की उपस्थिति में लगभग 10 pH पर Ca तथा Mg लवणों के साथ क्रिया कर लेता है। एरियो क्रोम ब्लैक-टी (EBT) इस अनुमापन में सूचक (Indicator) का कार्य करता है। जब कैल्शियम व मैग्नीशियम लवण युक्त जल में सूचक (EBT) मिलाया जाता है। तो जटिल यौगिक (Complex) का निर्माण होता है जिसका रंग लाल होता है। EDTA मिलाने पर कैल्शियम व मैग्नीशियम आयन इससे क्रिया करते हैं तथा अभिक्रिया के अन्त में विलयन का रंग नीला हो जाता है जोकि अभिक्रिया का अन्त बिन्दू (End Point) है।

$$M^{2+} + EBT \xrightarrow{pH=10} \underset{\text{लाल रंग (Red colour)}}{[M-EBT]}$$

$$\underset{\text{Complex}}{[M-EBT]} \xrightarrow{\text{अनुमापन, pH=10}} \underset{\text{Complex}}{[M-EDTA]} + \underset{\text{नीला रंग (Blue Colour)}}{EBT}$$

(यहाँ $M^{2+} = Mg^{2+}$ या $Ca^{2+}$)

**विधि** (Procedure)

**(i) मानक कठोर जल बनाना** (Preparation of Standard Hard Water)—एक ग्राम शुद्ध तथा शुष्क $CaCO_3$ को तनु HCl की न्यूनतम मात्रा में घोलते हैं। इसे जल ऊष्मक पर शुष्क होने तक वाष्पीकृत करते हैं। अवशेष को आसुत जल में घोलकर 1 लीटर विलयन बना लेते हैं। इस विलयन की कठोरता 1 ग्राम प्रति लीटर होती है।

**(ii) EDTA विलयन बनाना** (Preparation of EDTA Solution)—1 ग्राम शुद्ध EDTA को 250 मिली० मापक फ्लॉस्क में आसुत जल की थोड़ी मात्रा के साथ घोल लेते हैं। फिर आसुत जल मिलाकर उसका आयतन 250 मिली० कर लेते हैं।

**(iii) सूचक बनाना** (Preparation of Indicator)—0.5 ग्राम इरियोक्रोम ब्लैक टी को 100 ml एल्कोहल में घोलकर सूचक विलयन तैयार कर लेते हैं।

**(iv) बफर विलयन बनाना** (Preparation of Buffer Solution)—67.5 ग्राम अमोनियम क्लोराइड को 570 मिली० सान्द्र अमोनिया विलयन में मिलाते हैं तथा विलयन का आयतन 1 लीटर कर लेते हैं।

**(v) EDTA विलयन का मानकीकरण करना** (Standardisation of EDT

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

AKC TECHNICAL CLASSES

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

AKC TECHNICAL CLASSES

गुलाबी रंग गायब (Disappear) नहीं हो जाता है। प्रयोग किये गये 0.02 N $H_2SO_4$ का आयतन (V₂ ml) नोट कर लेते हैं।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

# मौखिक प्रश्नोत्तर
## (Viva-Voce)

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

**प्रश्न 11.** आयतनी विश्लेषण क्या है?

**उत्तर**—किसी मानक विलयन की [redacted] से अभिक्रिया द्वारा किसी अज्ञात सान्द्रता वाले [redacted]

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

**उत्तर**—एक लीटर विलयन में उपस्थित पदार्थ के ग्राम तुल्यांकों की संख्या नार्मलता कहलाती है।

नार्मलता (N) = $\frac{w}{}$

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

# ( यू०पी० ) सेमेस्टर परीक्षा प्रश्न-पत्र, 2016

## अनुप्रयुक्त रसायन (1st Semester)

Code No. 154 [redacted]

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

(ब) अशुद्ध पेट्रोलियम का [redacted]

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

(a) रेल अक्षीय कक्ष/Rail axile boxes

(b) गियरों में/Gears

(c) उत्तम प्रकार के [illegible]

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

(b) बायलर में पपड़ी बनने का क्या कारण है? यह बायलर की कार्य प्रणाली को कैसे प्रभावित करती है?
What are the causes for scale formation in Boilers ? How does it affect the functioning of Boilers.

(iii) (a) निम्न पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखो (Write short note on)—
(i) स्कन्दन/Coagulation
(ii) पेट्टीकरण/Peptization
(iii) वैद्युत अपोहन/Electrodialysis

(b) स्नेहक की मुख्य विशेषताओं की व्याख्या कीजिये। कार्य की अवस्था में कौन-सा स्नेहक उपयोग करोगे स्नेहक तेल, ग्रीस, तथा ठोस स्नेहक।
Explain the important characterstics of lubricants. Under what operation conditions would you use lubricating oil, Greeases and solid lubricants.

**4.** किन्हीं दो भागों के उत्तर दीजिए (Answer any two parts of the following)— [2 × 5 = 10]

(i) (a) पालीमर क्या होते हैं? बहुलीकरण में उपयोग आने वाली विधियाँ लिखो।
What are polymers ? Give various methods used in polymerization.

(b) ताप सुनम्य बहुलक तथा ताप दृढ़ बहुलक को उदाहरण देकर समझाइये।
Explain briefly theromosetting plastics and thermoplastics with suitable examples.

(ii) (a) पेण्ट क्या है? पेण्ट के मुख्य संघटक लिखिये। पेण्ट के विभिन्न प्रकार के पेण्ट की व्याख्या कीजिये।
What is paint ? Explain main constituents of paints. Discuss the different kinds of paints.

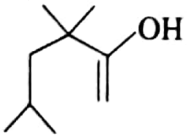
(b) साबुन क्या है? व्यापारिक स्तर पर साबुन बनाने की गर्म विधि का वर्णन कीजिये। यह विधि क्यों अच्छी है?
What is soap ? Describe manufacturing of soap by Hot process. Why it is useful ?

(iii) (a) निम्न पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखो (Write short note on)—
(i) तेल का कठोरीकरण (Hardening of Oil)
(ii) तेल तथा वसा (Oil and fats)

(b) निम्न पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखो (Write short notes on)—
(i) तेलों का हइड्रोजिनीकरण/Hydrogenation of oils
(ii) ट्राई नाइट्रो ग्लीशरीन/Tri Nitroglycerine

**5.** किन्हीं दो भागों को हल कीजिये (Answer any two parts of the following)— [2 × 5 = 10]

(i) निम्न के IUPAC नाम लिखिये (Write down IUPAC Name of the following)—

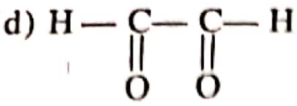
(a) 


(b) $CH_2 = CH - CH_2 - OH$

(c) $CH_3 - \underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}} - CH = CH_2$

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

(d) 

(e) $CH_2COOH$

(ii) क्या होता है जबकि (What happense when)—

(a) ब्रोमीन जल (i) $C_2H_4$ (ii) $C_2H_2$ के साथ अभिक्रिया करता है। इसकी क्या उपयोगिता है?
Bromine water is treated with (i) $C_2H_4$ (ii) $C_2H_2$. What is its utility?

(b) सोडियम एसीटेट सोडालाइम के साथ गर्म किया जाता है।
Sodium acetate is heated with soda lime.

(c) बेन्जीन मेथाइलक्लोराइड के साथ निर्जलीय $AlCl_3$ की उपस्थिति में गर्म किया जाता है।
Benzene is heated with methyl chloride in presence of anhydrous $AlCl_3$.

(d) टालुईन गर्म पोटेशियम पर मैग्नेट वियलन के साथ गर्म किया जाता है।
Toluene is treated with a hot solution of potassium permagnate.

(e) बेन्जीन का खुली हवा के साथ उत्प्रेरक की उपस्थिति में ऑक्सीकरण किया जाता है।
Benzene is oxidised with air in the presence of catalyst.

(iii) (a) निम्न अभिक्रियाओं की अभिक्रिया विधि प्रत्येक का एक उदाहरण देकर समझाइये।
Explain the reaction mechanism of the following reactions giving one example for each.

(i) विलोपन अभिक्रिया (Elimination reaction)

(ii) योगात्मक अभिक्रिया (Addition reaction)

(iii) अल्कोहल का निर्जलीकरण (Dehydration of Alcohol)

(b) निम्न पदों की व्याख्या कीजिये (Explain the term)—

(i) एसिटाइलेशन (Acetylation), तथा

(ii) अल्काइलेशन (Alkylation)।

AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

# SEMESTER EXAMINATION, (U.P.) 2018

## अनुप्रयुक्त रसायन-I

## (Applied Chemistry–I)

**Code : 2043(A)**

**1st Semester**

**Time : 2.30 Hours]** **[Maximum Marks : 50**

**Notes :**

(i) Attempt all questions.

(ii) Students are advised to specially check the Numerical Data of question paper in both versions. If there is any difference in Hindi translation of any question, the students should answer the question according to the English version.

(iii) Use of Pager and Mobile Phone by the students is not allowed.

**नोट**—सभी प्रश्नों के उत्तर दीजिए।

1. निम्न में से किन्हीं दस भागों के उत्तर दीजिए। **[10 × 1 = 10]**

Answer any ten parts of the following:

(i) हुण्ड के अधिकतम बहुलता के नियम को समझाइये।

Explain Hund's rule of maximum multiplicity.

(ii) स्पष्ट कीजिए कि क्यों $H_2O$ द्रव है, किन्तु $H_2S$ गैस है?

Explain, why $H_2O$ is liquid but $H_2S$ exists as a gas?

(iii) HCl एक सहसंयोजी यौगिक है, किन्तु यह विद्युत का सुचालक है, क्यों?

HC1 is a covalent compound but it conducts electricity, why?

(iv) निम्नलिखित में से किसका आकार सबसे बड़ा है?

(a) $N^{3-}$ (b) $O^{2-}$ (c) $C^{4-}$ (d) $F^-$

Which of the following has largest size?

(a) $N^{3-}$ (b) $O^{2-}$ (c) $C^{4-}$ (d) $F^-$

(v) एक धातु का नाम लिखिए जो वायु में संक्षारित नहीं होती है।

Name a metal that is not corroded in air.

(vi) किसी इलेक्ट्रोड के $E^{\circ}_{O.P.}$ और $E^{\circ}_{R.P.}$ में क्या संबंध है?

What is the relationship between $E^{\circ}_{O.P.}$ and $E^{\circ}_{R.P.}$?

(vii) ई.डी.टी.ए. का पूरा नाम व रासायनिक सूत्र लिखिए।

Write full name and chemical formula of EDTA.

(viii) जंग में लोहा उपस्थित होता है ..... के रूप में।

Iron is present in rust in the form of ..... .

(ix) 80% आइसोऑक्टेन तथा 20% *n*-हेप्टेन के मिश्रण वाले ईंधन की आक्टेन संख्या क्या है?

What is the Octane number of a fuel containing 80% iso-octane and 20% *n*-Heptane?

(x) ..... एक ठोस स्नेहक है?

..... is a solid lubricant.

AKC TECHNICAL CLASSES



Scanned with CamScanner

(xi) परम्यूटिट का रासायनिक सूत्र लिखिए।
Write the chemical formula for permutit.

(xii) ऑक्सीएसीटिलीन ज्वाला का उपयोग ..... में होता है।
Oxy-acetylene flame is used in ..... .

2. निम्न में से किन्हीं पाँच भागों के उत्तर दीजिए—
Answer any five parts of the following : **[5 × 2 = 10]**

(i) क्वाण्टम संख्या को परिभाषित कीजिए।
$_{28}Ni$ के $d$-उपकोश में उपस्थित अन्तिम इलेक्ट्रॉन की चारों क्वाण्टम संख्याओं के मान लिखिए।
Define quantum number. Write the values of four quantum numbers of the last electron present in d-orbital of $_{28}Ni$.

(ii) $\sigma$ तथा $\pi$ बन्धों में अन्तर बताइये।
Differentiate between $\sigma$ and $\pi$ bonds.

(iii) एक तत्त्व $A$ का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास $1s^2, 2s^2 2p^6, 3s^2 3p^6 3d^6, 4s^2$ है। तत्व के लिए निम्नलिखित का निर्धारण कीजिए—
(a) ब्लॉक (b) वर्ग संख्या
(c) आवर्त संख्या (d) कुल इलेक्ट्रॉनों की संख्या
Electronic configuration of an element $A$ is $1s^2, 2s^2 2p^6, 3s^2 3p^6 3d^6, 4s^2$. For this element A, determine following predicting their
(a) Block (b) Group number (c) Period and
(d) Total number of electrons

(iv) एक जल के नमूने में 11.1 ग्राम/लीटर $CaCl_2$ उपस्थित है। इसकी कठोरता की गणना पी.पी.एम. में कीजिए। ($CaCl_2$ का आणविक द्रव्यमान (ग्राम में) = 111 ग्राम)
A sample of water contains 11.1 gm/L $CaCl_2$. Calculate its hardness in ppm. (Gram molecular mass of $CaCl_2$ = 111 gm)

(v) एक परिवार 25 दिन में 50 किग्रा ईंधन की खपत करता है। परिवार द्वारा एक दिन में प्रयुक्त होने वाली औसत ऊर्जा की गणना कीजिए। (ईंधन का कैलोरीमान = 50 kJ/gm)
A family consumes 50 kg of a fuel in 25 days. Calculate the average energy consumed per day. (Calorific value of the fuel used = 50 kJ/gm)

(vi) बियरिंग में स्नेहकों के कार्य लिखिए।
Write the functions of lubricants in bearings.

(vii) निम्नलिखित यौगिकों के आई.यू.पी.ए.सी. का नाम लिखिए।
Write IUPAC name of the following compounds :

(a) $CH_3-\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}}-CH_2COOH$

(b) $Cl-CH_2-COOH$

3. निम्नलिखित में से किन्हीं दो भागों के उत्तर दीजिए।
Answer any two parts of the following : **[2 × 5 = 10]**

(i) संकरण क्या है? $sp^3$ संकरण को एक उदाहरण सहित समझाइये।
What is hybridization? Explain $sp^3$ hybridization with an example.



AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

(ii) 1 मिली $10^{-6}$ NHCl को 99 मिली जल में मिलाया गया है। प्राप्त विलयन के पी एच मान की गणना कीजिए। ($\log_{10}$ 11 = 1.0414)

1 ml $10^{-6}$ NHC1 is mixed with 99 ml of water. Calculate the pH value of the solution. ($\log_{10}$ 11 = 1.0414)

(iii) जल को मृदु बनाने की परम्यूटिट विधि का वर्णन कीजिए।

Describe the method of softening of water by permutit process.

4. निम्न में से किन्हीं दो भागों के उत्तर दीजिए।

Attempt any two parts of the following : **[2 × 5 = 10]**

(i) (a) निम्नलिखित अभिक्रियाओं में बहुलक (*B*) की पहचान कीजिए—

Identify the polymer (B) in the following reactions -

$$H-C\equiv C-H \xrightarrow[\text{(ii) HCl}]{\text{(i) } Cu_2Cl_2 + NH_4Cl} (A) \xrightarrow{\text{बहुलीकरण}} (B)$$

(b) थर्मोप्लास्टिक तथा थर्मोसेटिंग बहुलक क्या हैं? प्रत्येक का एक उदाहरण दीजिए।

What are thermoplastic and thermosetting polymers? Give one example of each.

(ii) (a) धात्विक संक्षारण के कारण व रोकथाम पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिए।

Write a short note on causes and prevention of metallic corrosion.

(b) वार्निश कितने प्रकार के होते हैं? एक अच्छे वार्निश की विशेषताएँ लिखिए।

How many types of Varnish are there? Write the characteristics of a good Varnish.

(iii) (a) पेण्ट के निर्माण में प्लास्टीसाइजर्स का उपयोग लिखिए एक अच्छे पेण्ट में कया विशेषताएँ होती हैं?

Write the use of plasticisers in the manufacture of paints. What are the characteristics of a good paint?

(b) प्रतिरोधक विलयनों के उपयोग लिखिए।

Write the applications of buffer solutions.

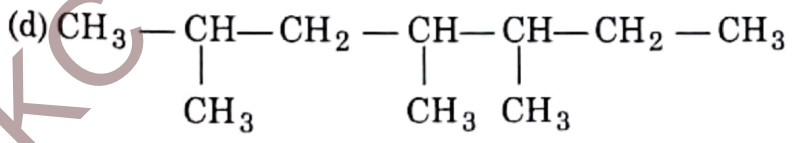
5. निम्न में से किन्हीं दो भागों के उत्तर दीजिए—

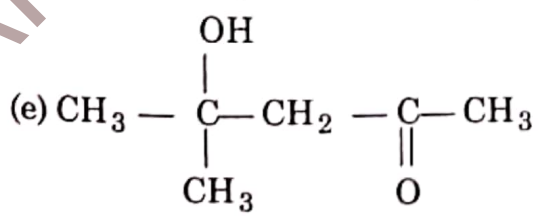
Answer any two parts of the following : **[2 × 5 = 10]**

(i) निम्न के आई.यू.पी.ए.सी. नाम लिखिए—

Write IUPAC name of the following :

(a) E (b) T (c) HCOOH

(d)


(e)


(ii) क्या होता है जब?

What happens when

(a) अमोनियामय $Cu_2Cl_2$ विलयन में एसीटिलीन प्रवाहित की जाती है।

Acetylene is passed into ammoniacal $Cu_2Cl_2$ solution.



AKC TECHNICAL CLASSES

Scanned with CamScanner

(b) लगभग 2000 वायुमण्डल दाब पर एथीन को 200° C तक गर्म करते हैं।
Ethene is heated to 200°C under pressure of about 2000 atm.

(c) एलुमीनियम कार्बाइड की जल के साथ क्रिया करायी जाती है।
Aluminium Carbide is treated with water.

(d) सोडियम टालुएट को सोडालाइम के साथ गर्म किया जाता है।
Sodium toluate is heated with soda lime.

(e) सूर्य के प्रकाश की अनुपस्थिति और लोहे की उपस्थिति में बेन्जीन क्लोरीन के साथ अभिक्रिया करती है।
Benzene reacts with Chlorine in the absence of sun light and in the presence of iron.

(iii) संक्षिप्त टिप्पणी लिखिए–
Write short notes on

(a) परॉक्साइड प्रभाव (Peroxide effect)

(b) बहुलीकरण (Polymerisation)

AKC TECHNICAL CLASSES



Scanned with CamScanner