New Beginning

माध्यमिक शिक्षा परिषद्, उ०प्र०, के विद्यार्थियों के लिए शिक्षण-सत्र 2025-26 से लागू राष्ट्रीय शिक्षा परिषद् द्वारा अनुशंसित पाठ्य-सामग्री पर आधारित एक सरल एवं उपयोगी पाठ्यपुस्तक।

राष्ट्रीय शिक्षा नीति और राष्ट्रीय पाठ्यचर्या रूपरेखा पर आधारित
NEP and NCF COMPLIANT

NCERT BASED

# मास्टरमाइंड विज्ञान

कक्षा 9


लेखकगण :

राजेश जैन
एम० एस-सी० (रसायन विज्ञान)

विपिन पाठक
एम० एस-सी० (भौतिकी)

30+ Years of Educating Minds Distributing Success

**विशेष आकर्षण :**

- **NCERT** के सम्पूर्ण प्रश्नों का समावेश।
- परीक्षोपयोगी अन्य महत्त्वपूर्ण अभ्यास प्रश्न।
- शिक्षा-बोर्ड के दिशा-निर्देशों के अनुसार कूट-आधारित प्रश्नों को सम्मिलित किया गया है।
- **NCERT** पाठ्यपुस्तक की सम्पूर्ण पाठ्य-वस्तु की सरलतम रूप से प्रस्तुति।
- प्रोजेक्ट कार्य एवं **OMR** आन्सर-शीट सहित।
- स्वयं मूल्यांकन।

योग्यता आधारित प्रश्न सहित
Competency Based Education (CBE)

सहायक-पुस्तिका


*A New Beginning Programme for Students by* MASTERMIND

# 1 हमारे आस-पास के पदार्थ
## (Matter in Our Surroundings)

### विविध प्रश्नावली (Miscellaneous)

**बहुविकल्पीय प्रश्न (Objective Type Questions)**

**1.** (c) **2.** (d) **3.** (a) **4.** (a) **5.** (c) **6.** (d) **7.** (a) **8.** (a)
**9.** (a) **10.** (c) **11.** (c) **12.** (a) **13.** (b) **14.** (a) **15.** (d)

**अभिकथन-कारण प्रश्न (Assertion & Reason Type Questions)**

**1.** (a) **2.** (c)

**चित्र आधारित प्रश्न (Figure Based Questions)**

**1.** A = गलन, B = वाष्पीकरण, C = संघनन, D = जमना, हिमन, E = उर्ध्वपातन, F = निक्षेपण (संघनन)

**2.** सही विकल्प (d) है, जब बर्फ और पानी के मिश्रण को गर्म किया जाता है, तो तापमान पहले 0°C पर स्थिर रहता है जब तक की सारी बर्फ पिघल नहीं जाती, फिर तापमान बढ़ना शुरू हो जाता है।

**कूट आधारित प्रश्न (Coding Based Questions)**

**1.** (c) (ii) तथा (iii)

**रिक्त स्थानों की पूर्ति कीजिए? (Fill in the blanks)**

**1.** वायु का दाब जैसे-जैसे घटता है वैसे-वैसे द्रव का क्वथनांक **बढ़ता** हैं।
**2.** गैस का द्रव में परिवर्तन **संघनन** कहलाता है।
**3.** वह ताप जिस पर ठोस द्रव में परिवर्तित होता है, **द्रवणांक** कहलाता है।
**4.** पदार्थ की **तीन** अवस्थाएँ होती हैं।

**कौन-सा सही कथन नहीं है? (Which statement is not correct?)**

**1.** (d) तथा (d)

**सत्य या असत्य लिखिए? (Write true or false)**

**1.** सत्य **2.** सत्य **3.** असत्य **4.** सत्य **5.** सत्य **6.** सत्य

**उच्च स्तरीय विचारात्मक प्रश्न (HOTS Questions)**

**1.** गर्मियों के दिन में गिलास में पानी के साथ बर्फ डालकर थोड़ी देर रखे दे। आप देखेंगे कि इंगलाय की बाहरी सतह पर पानी की छोटी-छोटी बूंदे दिखाई देती हैं। ये बूँदें वायु में उपस्थित जलवाष्प से ही आती है न कि गिलास में रखे पानी से। इस प्रयोग से यह साबित होता है कि वायु में जलवाष्प उपस्थित है।

**2.** जब भाप जल में संघनित होती है तो $22.5 \times 10^5$ जूल प्रति किग्रा ऊष्मा निकलती है, जो वाष्पीकरण की गुप्त ऊष्मा के बराबर है। अत: 100°C पर भाप से उबलते जल की अपेक्षा ज्यादा उष्मा निकलती है। इसलिए भाप से ज्यादा जलन (दर्द) होती है।

3. प्रेशर कुकर में दाब अधिक होता है, जिसमें खाना जल्दी पक जाता है, क्योंकि नियमानुसार जैसे-जैसे दाब बढ़ता है पानी का क्वथनांक भी बढ़ जाता है, जिसमें प्रेशर कुकर में खाद्य पदार्थ जल्दी पक जाता है।

4. सर्दियों में पाइप इसलिए फट जाते हैं क्योंकि उनके अंदर बहता हुआ पानी ठंडा होकर जग जाता है, और पाइप जो लचीले या नर्म नहीं हेाते के इस फैलाव के साथ बदल सके या तो फट जाते हैं या जोड़ों से अलग हो जाते हैं।

5. एक वायुमण्डलीय दाब पर 1 किग्रा द्रव को उसके क्वथनांक पर वाष्प में बदलने के लिए जितनी ऊष्मीय ऊर्जा की आवश्यकता होती है उसे द्रव के वाष्पन की गुप्त उष्मा कहते हैं। तथा किसी द्रव का ताप बढ़ाने पर द्रव के कणों की गतिज ऊर्जा बढ़ने लगती है तथा अणुओं के मध्य अन्तराण्विक बल क्षीण होने लगता है। लगातार ताप बढ़ाते रहने पर एक निश्चित ताप पर द्रव उबलना प्रारम्भ कर देता है। द्रव के उबलने की यह क्रिया द्रव का क्वथन कहलाती है।

6. नहाने के बाद भीगे हुए शरीर से पानी का वाष्पीकरण होता ही है। इसके बाद जल शरीर पर हवा लगती है, तो वाष्पीकरण की प्रक्रिया तेज होने लगती है। इस क्रिया में शरीर के द्वारा अधिक अधिक ऊर्जा का उपयोग किया जाता है। इस स्थिति में शरीर का तापमान कम हो जाता है और ठंड महसूस होने लगती है।

7. बर्फ तैरती है, क्योंकि इसका घनत्व जल के घनत्व में 9% कम होता है, दूसरे शब्दों में बर्फ पानी से 9% अधिक जगह लेती है, इसलिए एक ली० बर्फ का वजन एक ली० पानी से कम होता है, पानी बर्फ से भारी होने के कारण उसे अवस्थित कर देता है जिसके कारण बर्फ पानी पर तैरने लगती है।

**अतिलघु उत्तरीय प्रश्न (Very Short Answer Type Questions)**

1. ऐसी सभी वस्तुएँ, जो स्थान घेरती हैं, अर्थात् स्थान जिनमें द्रव्यमान तथा आयतन होता है, द्रव्य/पदार्थ कहलाती हैं।
2. LPG के मध्य घटक प्रोपेन तथा ब्यूटेन है तथा इसमें बहुत कम मात्रा में ईथेन भी होती है।
3. ऐसे ठोस पदार्थ, जो गर्म करने पर बिना द्रव अवस्था में परिवर्तित हुए, सीधे ही वाष्प में परिवर्तित हो जाते हैं तथा ठण्डा करने पर पुन: ठोस अवस्था में परिवर्तित हो जाते हैं, उर्ध्वपातन कहलाते हैं तथा यह प्रक्रिया ऊर्ध्वपातन कहलाती है।
4. प्लाज्मा एवं बोस-आइंस्टाइन कण्डनसेट।
5. जल को धारा न कटने का कारण है कि कणों के बीच आकर्षण बल होता है जो कणों को एक साथ बाँधे रखता है। उँगली द्वारा इस आकर्षण बल को तोड़ना या काटना सम्भव नहीं हो पाता है।
6. LPG = Liquified Petroleum Gas (लिक्विफाइड पैट्रोलियम गैस)
   CNG = Compressed Natural Gas (कम्प्रैस्ड नेचुरल गैस)
7. ठोस, तरल और गैस।
8. जल
9. जल का क्वथनांक 373°K तथा हिमांक 273°K होता है।

**10.** नेफ्थलीन तथा कपूर

**11.** अणु एक दूसरे को अन्तरा-अणुक बल या संसजक बल द्वारा आकृर्षित करते हैं।

**12.** सामान्य वायु के घनत्व के एक लाख वें भाग जितने का घनत्व वाली गैस को बहुत ही कम तापमान पर ठण्डा करने से BEC तैयार होता है।

**13.** वायु, पृथ्वी, अग्नि, जल तथा आकाश पंच तत्व है।

**लघु उत्तरीय प्रश्न (Short Answer Type Questions)**

**1.** **उद्देश्य**—यह प्रदर्शित करना कि वायु में मिले हुए किसी पदार्थ के कण सदैव गतिशील अवस्था में रहते हैं।

**आवश्यक सामग्री** (Material Required)—अगरबत्ती, धूपबत्ती, स्टैण्ड, माचिस आदि।

**विधि** (Procedure)—

1. सबसे पहले बिना जली अगरबत्ती या धूपबत्ती को एक कमरे के किसी कोने में रखते हैं।
2. अब इसी कमरे के किसी दूसरे कोने में एक दूसरी अगरबत्ती या धूपबत्ती को जला कर स्टैण्ड पर रख देते हैं।

**प्रेक्षण** (Observation)—बिना जली अगरबत्ती या धूपबत्ती की सुगन्ध नहीं फैलती बल्कि उसके पास जाने पर सुगन्ध आती है जबकि जली हुई अगरबत्ती या धूपबत्ती की सुगन्ध पूरे कमरे में फैल जाती है।

**निष्कर्ष** (Result)—बिना जली अगरबत्ती की सुगन्ध अधिक दूर तक नहीं जाती जबकि उसे जलाने पर उसकी सुगन्ध पूरे कमरे में फैल जाती है। अत: इससे स्पष्ट होता है कि वायु में उपस्थित किसी पदार्थ के कण निरन्तर गतिशील अवस्था में होते हैं।

**2.** अन्तरा-अणुक बल (आकर्षण बल) के आधार पर ठोस, द्रव तथा गैस की व्याख्या निम्न प्रकार हैं—

ठोस के अणुओं के मध्य अन्तरा-अणुक बल सबसे अधिक होता है।

द्रव के अणुओं के मध्य अन्तरा-अणुक बल ठोस की अपेक्षा कम होता है।

गैस के अणुओं के मध्य अन्तरा-अणुक बल सबसे कम होता है।

**3.** **क्वथनांक**—किसी द्रव का वह निश्चित ताप जिस पर द्रव का वाष्पदाब वायुमण्डलीय दाब के समान हो जाए, द्रव का क्वथनांक कहलाता है, एवं इस ताप पर वाष्पन की क्रिया क्वथनांक कहलाती है।

**हिमांक**—जब किसी द्रव का ताप घटाया जाता है तो उसके कणों की गतिज ऊर्जा घटने लगती है तथा एक निश्चित ताप पर या उससे नीचे इन कणों के मध्य अन्तराण्विक आकर्षण बल प्रबल होने लगते हैं। अन्ततः द्रव, ठोस में परिवर्तित होने लगता है। द्रव के ठोस में परिवर्तित होने की प्रक्रिया को हिमीकरण कहते हैं तथा वह निश्चित ताप बिन्दु जिस पर यह क्रिया होती है, हिमांक कहलाता है।

**4.** ठोस पदार्थों के अणुओं के बीच अन्तराअणुक स्थान बहुत कम होता है, अत: उन्हें संपीडित नहीं किया जा सकता वे दृढ़ होते हैं तथा इनका आकार व आयतन निश्चित होता है।

5. बर्फ में जल के अणुओं की ऊर्जा कम होती है जबकि भाप में जल के अणुओं की ऊर्जा उच्च होती है। भाप में जल के अणुओं की उच्च ऊर्जा का ऊष्मा में रूपांतरण, जलन उत्पन्न करता है। वही दूसरी ओर बर्फ में जल के अणु शरीर से ऊर्जा लेते हैं परिणामत: शीतलन प्रभाव देते हैं।

6. विलायक का कम सान्द्रता के विलयन से अधिक सान्द्रता के विलयन की और अर्द्धपारम्य झिलली में से होकर स्वत: प्रवाह करते हैं, परासरण कहलाता है। वह क्रिया विधि जिसमें विलेय के अणु या कण विलयन में जाकर उसके सभी भागों की सान्द्रता को समान कर देते हैं, विसरण कहलाता है।

7. **वाष्पन की गुप्त ऊष्मा**—किसी पदार्थ के एक किलोग्राम को इसके क्वथनांक पर द्रव अवस्था से गैसीय अवस्था में बदलने के लिए आवश्यक ऊष्मा की मात्रा को ही वाष्पन की गुप्त ऊष्मा कहते हैं।

   **गलन की गुप्त ऊष्मा**—नियत ताप पर गैस के एकांक द्रव्यमान को द्रव में बदलने के लिए आवश्यक ऊष्मा की मात्रा को ठोस को गलन की गुप्त ऊष्मा कहते हैं। बर्फ के लिए गलन की गुप्त ऊष्मा का मान 80 कैलोरी प्रतिग्राम है।

8. ऐसे ठोस पदार्थ, जो गर्म करने का बिना द्रव अवस्था में परिवर्तित हुए सीधे ही वाष्प में परिवर्तित हो जाते हैं तथा ठण्डा करने पर पुन: ठोस अवस्था में परिवर्तित हो जाते हैं, ऊर्ध्वपातन कहलाते हैं तथा यह प्रक्रिया ऊर्ध्वपातन कहलाती है। उदाहरण—कपूर, अमोनियम क्लोराइड ($NH_4Cl$), ठोस आयोडीन ($I_2$) लेफ्थैलीन आदि। इस प्रकार प्रक्रम का उपयोग ऊर्ध्वपातनों की ऊर्ध्वपातित ने होने वाले पदार्थों से प्रथम करने हेतु किया जाता है।

9. पंखे की हवा से हमारे शरीर से पसीने का तेजी से वाष्पन होता है। वाष्पन के लिए गुप्त ऊष्मा हमारे शरीर से ली जाती है। परिणामत: हम ठंडक अनुभव करते हैं।

10. **संघनन**—जब वाष्पों (गैस) का ताप घटाया जाता है तथा दाब बढ़ाया जाता है तो उसके कणों की गतिज ऊर्जा घट जाती है तथा अन्तराणुक बलों की प्रबलता बढ़ जाती है। इससे गैस के कण पास-पास आ जाते हैं और एक-दूसरे को आकर्षित करते हैं। इस प्रकार गैसों के ठण्डा होने पर वह द्रव में परिवर्तित हो जाती है। गैसों (वाष्प) को ठण्डा करके द्रव में बदलने की यह प्रक्रिया द्रवण या संघनन (condensation) कहलाती है।

    **हिमिकरण**—जब कोई द्रव ठोस में परिवर्तित होता है तो इस क्रिया को द्रव का हिमन कहते हैं। द्रव का ताप कम करने पर उसके कणों की गतिज ऊर्जा तथा उसके कणों की चाल घटने लगती है। अत: किसी निश्चित तापमान या उससे नीचे के तापमान पर इन कणों के अन्तराण्विक बल अधिक प्रबल होने लगते हैं। वायुमण्डल दाब पर द्रव जमना प्रारम्भ करता है, उसे द्रव का हिमांक बिन्दु (freezing point) कहते हैं। अशुद्धि की उपस्थिति के कारण द्रव का हिमांक कम हो जाता है।

    **गलन**—ठोसों के अणुओं के मध्य अन्तराणुक स्थान अत्यन्त कम होता है तथा अन्तराणुक आकर्षक बल बहुत अधिक होता है। इस कारण अणु एक निश्चित त्रिविम जालक (crystal lattice) में बंधे होते हैं तथा अपनी स्थिति के इधर-उधर ही कम्पन्न

करते रहते हैं। ठोस पदार्थ को ऊष्मा देने पर इन अणुओं की गतिज ऊर्जा बढ़ जाती है। गतिज ऊर्जा बढ़ने के कारण कण अधिक तेजी से कम्पन करने लगते हैं तथा इनके बीच की दूरी बढ़ने लगती है जिससे यह जालक टूटने लगता है। ताप बढ़ाते रहने पर एक स्थिति ऐसी आती है कि अणु जालक तोड़कर स्वतंत्र हो जाते हैं और बहने लगते हैं अर्थात् ठोस द्रव में परिवर्तित हो जाता है। इस क्रिया को ठोस का गलन (Melting) कहते हैं। जिस ताप पर 1 वायुमण्डल दाब पर ठोस द्रव में परिवर्तित होता है उसे ठोस पदार्थ का गलनांक बिन्दु (melting point) कहते हैं।

**विस्तृत उत्तरीय प्रश्न (Long Answer Type Questions)**

**1. द्रव्य की भौतिक अवस्थायें** (Physical States of Matter)

द्रव्य तीन भौतिक अवस्थाओं में पाया जाता है—ठोस (solid), द्रव (liquid) व गैस (gas)।

**1. ठोस अवस्था** (Solid State)—द्रव्य की वह अवस्था जिसमें उसका आकार तथा आयतन निश्चित होते हैं, ठोस अवस्था कहलाती है। उदाहरणार्थ—लोहा, लकड़ी, पत्थर तथा बर्फ ठोस हैं।

**2. द्रव अवस्था** (Liquid State)—द्रव्य की वह अवस्था जिसमें उसका आयतन तो निश्चित होता है लेकिन आकार उस पात्र के आकार जैसा होता है जिसमें वह रखा जाता है, द्रव अवस्था कहलाती है। उदाहरणार्थ—जल, दूध, ग्लिसरीन, तेल तथा पारा द्रव हैं।

**3. गैस अवस्था** (Gaseous State)—द्रव्य की वह अवस्था जिसमें उसका आयतन तथा आकार निश्चित नहीं होते हैं लेकिन उस पात्र के आयतन जितने व आकार जैसे हो जाते हैं जिसमें उसे रखा जाता है, गैस अवस्था कहलाती है। उदाहरणार्थ—वायु, ऑक्सीजन, नाइट्रोजन, हाइड्रोजन तथा अमेनिया गैस हैं।

एक ही द्रव्य विभिन्न दशाओं में विभिन्न अवस्थाओं में रह सकता है। उदाहरणार्थ—कमरे के ताप पर जल, मुख्यत: द्रव अवस्था में होता है। कमरे के ताप पर जल, जल-वाष्प के रूप में गैस अवस्था में भी होता है। 0°C से कम ताप पर यह बर्फ के रूप में ठोस अवस्था में होता है। 100°C से अधिक ताप पर यह भाप (steam) के रूप में गैस अवस्था में होता है।

द्रव तथा गैस में बहने का गुण (property of flowing) होता है। अत: इन्हें तरल पदार्थ (fluids) कहते हैं। ठोस, द्रव तथा गैस के गुणों की तुलना सारणी 1 में की गई है।

**2. गतिज आणविक सिद्धान्त के आधार पर द्रव्य की ठोस अवस्था की व्याख्या**—द्रव्य की ठोस अवस्था में द्रव्य के अणु एक-दूसरे के बहुत निकट होते हैं अर्थात इनमें अन्तरा-अणुक स्थान कम होता है। अन्तरा-अणुक स्थान कम होने के कारण इनमें अन्तरा-अणुक आकर्षण बहुत अधिक होता है तथा इनके गति करने की स्वतन्त्रता बहुत कम रहती है। इस प्रकार इनकी स्थितिज ऊर्जा बहुत अधिक तथा गतिज ऊर्जा बहुत कम होती है तथा ये अपनी मध्यमान स्थिति के दोनों ओर सीमित स्थान में ही कम्पन करते रहते हैं। इस कारण ठोस का आकार तथा आयतन निश्चित रहते हैं।

**3. पदार्थ की तीन अवस्थाओं**—ठोस, द्रव तथा गैस की प्रकृति में विभिन्नता निम्न प्रकार हैं—

| गुण | ठोस | द्रव | गैस |
|---|---|---|---|
| **आकार** | ठोसो का आकार निश्चित होता है। | द्रव का आकार अनिश्चित होता है। | गैस का आकार अनिश्चित होता है। |
| **आयतन** | ठोस का आयतन निश्चित होता है। | द्रव का आयतन निश्चित होता है। | गैस का आयतन अनिश्चित होता है। |
| **तरलता** | ठोस बहते नही है। | द्रव ऊपर से नीचे की ओर बहता है। | गैस प्रत्येक दिशा में बहती है। |
| **अन्तरा-अणुक स्थान** | ठोस के अणुओं के मध्य अन्तरा- अणुक स्थान बहुत कम होता है। | द्रव के अणुओं के मध्य अन्तरा-अणुक स्थान ठोस की अपेक्षा अधिक होता है। | गैस के अणुओं के मध्य अन्तरा-अणुक स्थान सबसे अधिक होता है। |
| **अन्तरा-अणुक बल ( आकर्षण बल )** | ठोस के अणुओं के मध्य अन्तरा- अणुक बल सबसे अधिक होता है। | द्रव के अणुओं के मध्य अन्तरा-अणुक बल ठोस की अपेक्षा कम होता है। | गैस के अणुओं के मध्य अन्तरा-अणुक बल सबसे कम होता है। |
| **संपीड्यता** | ठोस की संपीड्यता नगण्य होती है। | द्रव की संपीड्यता ठोस से अधिक होती है। | गैस की संपीड्यता सबसे अधिक होती है। |
| **गतिज ऊर्जा** | ठोस के कणों की गतिज ऊर्जा सबसे कम होती है। | द्रव के अणुओं (कणों) की गतिज ऊर्जा, ठोस के कणों की अपेक्षा अधिक होती है। | गैस के कणों की गतिज ऊर्जा सबसे अधिक होती है। |
| **क्वथनांक व गलनांक** | ठोस का गलनांक निश्चित होता है। | द्रव का क्वथनांक निश्चित होता है। | गैस का क्रान्तिक ताप सदैव निश्चित होता है। |

**4.** द्रव व गैसीय पदार्थों के कणों के बीच काफी रिक्त स्थान होता है, जिसमें हवा भरी होती है, जिससे वे दबाए जा सकते हैं, इसी गुण को संपीड्यता कहते हैं। संपीड्यता सबसे सबसे अधिक गैसों में पाई जाती है, क्योंकि गैसों के अणुओं के बीच अंतराअणुक स्थान सबसे अधिक हेाता है।

संपीड्यता के उपयोग निम्नलिखित हैं—

(i) द्रवीकृत पैट्रोलियम गैस (LPG को सिलेण्डरों में भरा जाता है ताकि ईंधन के रूप में प्रयुक्त की जा सके।)

(ii) अस्पतालों में रोगियों को दी जाने वाली ऑक्सीजन गैस सिलेण्डरों में सम्पीड़ित की जाती है।

(iii) प्राकृतिक गैस (CNG) को वाहकों में प्रयोग इसी गुण के आधार पर किया जाता है।

5. **गलनांक :** ठोस का तापमान बढ़ाने पर उसमें उपस्थित कणों की गतिज ऊर्जा बढ़ जाती है। गतिज ऊर्जा में वृद्धि होने के कारण कण अधिक तेजी से कम्पन करने लगते हैं। ऊष्मा के द्वारा प्रदत्त की गई ऊर्जा कणों के बीच के आकर्षण बल को पार कर लेती है। अत: कण अपने नियत स्थान को छोड़कर अधिक स्वतन्त्र होकर गति करने लगते हैं। अन्तत: एक ऐसी अवस्था आती है, जब ठोस पिघलकर द्रव में परिवर्तित हो जाता है। इसी अवस्था को गलनांक कहते हैं।

   **क्वथनांक :** वायुमण्डलीय दाब पर 1 किग्रा ठोस को उसके गलनांक पर द्रव में बदलने के लिए जितनी ऊष्मीय ऊर्जा की आवश्यकता होती है, उसे संगलन की प्रसुप्त ऊष्मा कहते हैं, या $0^\circ$ C (273 K) पर जल के कणों की ऊर्जा उसी तापमान पर बर्फ के कणों की ऊर्जा से अधिक होती है।

   जैसे ही हम जल में ऊष्मीय ऊर्जा देते हैं, तो कण अधिक तेजी से गति करने लगते हैं। एक निश्चित तापमान पर पहुँचकर कण इतनी ऊर्जा ले लेते हैं। कि वे परस्पर आकर्षण बल को तोड़कर स्वतन्त्र हो जाते हैं। इस तापमान पर द्रव गैस में बदलने लगता है। अत: **वह तापमान जिस पर द्रव उबलने लगता है, इसका क्वथनांक (Boiling point) कहलाता है।**

   किसी पदार्थ के गलनांक एवं क्वथनांक पर ताप स्थिर इसलिए रहता है, क्योंकि इसके बाद पदार्थ को दी गयी ऊष्मा उसके ताप को बढ़ाकर उसकी अवस्था परिवर्तन में उपयोग होती है। अत: गलनांक व क्वथनांक के बाद ताप नहीं बढ़ता है।

6. क्वथनांक से कम तापमान पर बिना ऊष्मा दिए (गर्म किए) द्रव वाष्प में परिवर्तित हो जाता है, यह जल का वाष्पीकरण कहलाता है।

   जल को खुला छोड़ देने पर यह धीरे-धीरे वाष्प में परिवर्तित हो जाता है, इसी कारण गीले कपड़े सूख जाते हैं।

   इसका कारण है कि पदार्थ के कण हमेशा गतिशील होते हैं व कभी रुकते नहीं। एक निश्चित तापमान पर गैस, द्रव या ठोस के कणों मे विभिन्न मात्रा में गतिज ऊर्जा होती है। द्रवों में सतह पर स्थित कणों के कुछ अंशों में इतनी गतिज ऊर्जा होती है कि वे दूसरे कणों के आकर्षण बल से मुक्त हो कर वायुमण्डल में मिल जाते हैं।

## वाष्पीकरण को प्रभावित करने वाले कारक (Factors Affecting Evaporation)

वाष्पीकरण को प्रभावित करने वाले कारक निम्न हैं—

**(i) सतह का क्षेत्रफल** (Area of Surface)—द्रव की सतह का क्षेत्रफल बढ़ने पर वाष्पीकरण की दर बढ़ती है जैसे परखनली की तुलना में चाइनाडिश का क्षेत्रफल अधिक है। अत: चाइना डिश से वाष्पीकरण अधिक होगा। यही कारण है कि कपड़ों को जल्दी सुखाने के लिए उन्हें फैलाया जाता है।

**(ii) तापमान** (Temperature)—द्रव का ताप बढ़ने पर वाष्पीकरण बढ़ता है क्योंकि कणों की गतिज ऊर्जा अधिक हो जाती है जिससे वे शीघ्र वाष्पीकृत हो जाते हैं। कमरे का ताप बढ़ने पर चाइना डिश तथा परखनली दोनों से जल का वाष्पीकरण अधिक होगा।

**(iii) वायु की गति** (Speed of Air)—वायु की गति अधिक होने पर वाष्पीकरण की दर भी अधिक हो जाती है क्योंकि वायु की गति अधिक होने पर जलवाष्प की मात्रा घट जाती है। परखनली व चाइना डिश दोनों को खिड़की के पास या पंखे के नीचे रखने पर वाष्पीकरण अधिक होगा। यही करण है कि तेज हवा में कपड़े शीघ्र सूख जाते हैं।

**(iv) वायु की आर्द्रता** (Humidity of Air)—वायु में उपस्थित जलवाष्प की मात्रा को आर्द्रता (humidity) कहते हैं। यदि वायु की आर्द्रता कम होती है तो वाष्पीकरण अधिक होता है क्योंकि यदि वायु में जलवाष्प की मात्रा कम होगी तो वाष्पीकरण अधिक होगा। नमी बढ़ने पर चीनी मिट्टी की प्याली तथा परखनली दोनों में वाष्पीकरण कम होगा। यही कारण है कि बारिश के दिनों में गीले कपड़े देर से सूखते हैं।

**7. (a) हिमांक**—जब किसी द्रव का ताप घटाया जाता है तो उसके कणों की गतिज ऊर्जा घटने लगती है तथा एक निश्चित ताप पर या उससे नीचे इन कणों के मध्य अन्तराण्विक आकर्षण बल प्रबल होने लगते हैं। अन्तत: द्रव, ठोस में परिवर्तित होने लगता है। द्रव के ठोस में परिवर्तित होने की प्रक्रिया को हिमीकरण कहते हैं तथा वह निश्चित ताप बिन्दु जिस पर यह क्रिया होती है, हिमांक कहलाता है।

**(b) क्वथनांक**—किसी द्रव का वह निश्चित ताप जिस पर द्रव का वाष्पदाब वायुमण्डलीय दाब के समान हो जाए, द्रव का क्वथनांक कहलाता है, एवं इस ताप पर वाष्पन की क्रिया क्वथनांक कहलाती है।

**(c) उर्ध्वपातन**—ऐसे ठोस पदार्थ, जो गर्म करने पर बिना द्रव अवस्था में परिवर्तित हुए, सीधे ही वाष्प में परिवर्तित हो जाते हैं तथा ठण्डा करने पर पुन: ठोस अवस्था में परिवर्तित हो जाते हैं, उर्ध्वपातन कहलाते हैं तथा यह प्रक्रिया ऊर्ध्वपातन कहलाती है।

**(d) गुप्त ऊष्मा**—किसी पदार्थ की गुप्त ऊष्मा, ऊष्मा की वह मात्रा है जो उसके इकाई मात्रा द्वारा अवस्था परिवर्तन के समय अवशोषित की जाती है या मुक्त की जाती है। इसके अलावा पदार्थ जब अपनी कला बदलते हैं तब भी गुप्त ऊष्मा के बराबर ऊष्मा का आदान/प्रदान करता पड़ता है।

**(e) तरलता**—द्रवों में जो बहने का गुण होता है, उसे तरलता कहते हैं।

**8. द्रव** (Liquid)—द्रव में ठोस की अपेक्षा अन्तराणुक अवकाश अधिक होता है जिससे इनके अणुओं में ठोस की अपेक्षा आकर्षण बल कम होता है। फलत: इनके अणुओं की गति ठोस के अणुओं की गति की अपेक्षा अधिक होती है और ये द्रव की सीमाओं की भीतर एक स्थान से दूसरे स्थान तक भी गति कर सकते हैं। अत: द्रव में तरलता का गुण होता है और इनकी कोई निश्चित आकृति नहीं होती। इस कारण द्रव जिस पात्र में रखा जाता है उसी पात्र की आकृति ग्रहण कर लेता है। अणुओं की अनियमित गति द्रव की सीमा के भीतर ही रहती है जैसे ही कोई अणु द्रव की ऊपरी सतह पर पहुँचता है द्रव के भीतर के अणु उसे आकर्षित कर लेते हैं और अणु द्रव की ऊपरी सतह से बाहर नहीं जा पाते। अत: द्रवों का आयतन निश्चित होता है।

चित्र- द्रव्य की द्रव अवस्था

दाब के प्रभाव से ये ठोसों की अपेक्षा अधिक दबते हैं और ताप बढ़ने पर ठोसों की अपेक्षा अधिक फैलते हैं।

## मूल्य आधारित प्रश्न (Value Based Questions)

**1.** जब ठोस पर बल लगाया जाता है, तो यह विकृत हो सकता है, लेकिन बल हटाने पर यह अपने मूल आकार में वापस आ जाता है। यदि बल बहुत अधिक हो जाता है, तो ठोस टूट सकता है, लेकिन उसका आकार नहीं बदलता है।

2. पदार्थ के सबसे छोटे कण का नाम परमाणु है।
3. आधुनिक वैज्ञानिक पदार्थों को उसकी भौतिक अवस्था (ठोस, द्रव, गैस) और रासायनिक संरचना (तत्व, यौगिक, मिश्रण) के आधार पर वर्गीकृत करते हैं।
4. दो विभिन्न पदार्थों के कणों का स्वत: मिलना विसरण कहलाता है।
5. विसरण की दर ताप क्रम के बढ़ने पर बढ़ती है।
6. ठोसों के अणुओं के मध्य अन्तराणुक स्थान अत्यंत कम होता है तथा अन्तराणुक आकर्षक बल बहुत अधिक होता है। इस कारण अणु एक निश्चित त्रिविम जालक में बंधे होते हैं तथा अपनी स्थिति के इधर-उधर ही कंपन्न करते रहते हैं। ठोस पदार्थ को उष्मा देने पर इन अणुओं की गति ऊर्जा बढ़ जाती है। गतिज ऊर्जा बढ़ने के कारण कण अधिक तेजी से कम्पन करने लगते हैं तथा इनके बीच की दूरी बढने लगती है जिससे यह जालक टूटने लगता है। ताप बढ़ाते रहने पर एक स्थिति ऐसी आती है कि अणु जालक तोड़कर स्वतंत्र हो जाते हैं और बहने लगते हैं अर्थात् ठोस द्रव में परिवर्तित हो जाता है।

**केस स्टडी प्रश्न (Case Study Questions)**

**1.** (a) बर्फ **2.** (c) इसका आयतन निश्चित है परन्तु आकार निश्चित नहीं है।

●●

# क्या हमारे आस-पास के पदार्थ शुद्ध है?
## (Is Matter Around Us Pure?)

### विविध प्रश्नावली (Miscellaneous)

**बहुविकल्पीय प्रश्न (Objective Type Questions)**

**1.** (d) **2.** (d) **3.** (a) **4.** (c) **5.** (b) **6.** (a) **7.** (c) **8.** (d)
**9.** (c) **10.** (c) **11.** (b) **12.** (c) **13.** (d) **14.** (c) **15.** (c) **16.** (b)
**17.** (a) **18.** (d)

**अभिकथन-कारण प्रश्न (Assertion & Reason Type Questions)**

**1.** (a) **2.** (c)

**चित्र आधारित प्रश्न (Figure Based Questions)**

**1.**

| तत्व | यौगिक |
|---|---|
| Cu | $H_2O$ |
| $O_2$ | रेत |
| Zn | $CaCO_3$ |
| $F_2$ | NaCl (aq) |
| हीरा | लकड़ी |
| Hg | |

### कूट आधारित प्रश्न (Coding Based Questions)

**1.** (b) **2.** (c)

### रिक्त स्थानों की पूर्ति कीजिए? (Fill in the blanks)

**1.** नमक का जलीय विलयन **समांगी मिश्रण** है।

**2.** कमरे के ताप पर द्रव धातु **पारा** है।

**3.** दो या अधिक पदार्थों का संयागी मिश्रण **विलयन** कहलाता है।

**4.** निलम्बन के कण **भारण विधि द्वारा** दूर किए जाते हैं।

### सुमेलन आधारित प्रश्न (Matching Based Questions)

(a) → (iii) (b) → (ii) (c) → (vi) (d) → (viii) (e) → (vi)

(f) → (i) (g) → (v) (h) → (vii) (i) → (iv)

### कौन-सा सही कथन नहीं है? (Which statement is not correct?)

**1.** (c) कार्बन डाइऑक्साइड

**2.** (c) गंधक

### सत्य या असत्य लिखिए? (Write true or false)

1. असत्य 2. सत्य 3. सत्य 4. असत्य

### उच्च स्तरीय विचारात्मक प्रश्न (HOTS Questions)

**1.** जलीय कॉपर सल्फेट में $[Cu(H_2O)_4]^{2+}$ आयन पाया जाता है जो नीले रंग का होता है तथा यहाँ $Cu^{+2}$ आयन मुक्त होता है, जबकि निर्जल कॉपर सल्फेट में $Cu^{2+}$ आयन मुक्त नहीं होता है, इस कारण यह सफेद रंग का होता है।

**2.** जब सूर्य से आने वाला प्रकाश पृथ्वी के वातावरण में प्रवेश करता है तो वातावरण के कणों से टकराकर इधर-उधर बिखर जाता है लेकिन वातावरण के कण श्वेत प्रकाश के नीले रंग को परावर्तित कर देते हैं। प्रकाश के रंगों में से नीले रंग में फैलने की क्षमता अधिक होती है।

**3.** ब्राउनी गति विलम्बन में इसलिए नहीं पायी जाती है क्योंकि इसमें विलेय के कणों का आकार $10^{-7}$ cm या इससे अधिक होता है। तथा इसको स्थिर रखने पर भारी होने के कारण विलेय के कण प्रथम हो जाते हैं, जिस वजह से इसमें ब्राउनी गति नहीं पाई जाती है।

**4.** जल के अणु प्रबल हाइड्रोजन बन्ध के कारण ही परस्पर संगुणित अवस्था में रहते हैं, इसलिए जल का क्वथनांक उच्च होता है।

### अतिलघु उत्तरीय प्रश्न (Very Short Answer Type Questions)

**1.** कोलॉइड एक विशेष प्रकार का विलयन होता है जिसमें विलेय के कणों का आकार सामान्य विलयन के कणों से बड़ा तथा निलंबन के कणों से छोटा होता है, अत:, इसे कोलॉइड या कोलॉइडी विलयन कहते हैं।

2. वे पदार्थ, ''जो दो या दो से अधिक तत्वों के परमाणुओं के निश्चित अनुपात में रासायनिक संयोग से बनते हैं यौगिक कहलाते हैं।''

वे अशुद्ध द्रव्य, जो दो या दो से अधिक भिन्न प्रकार के द्रव्यों को किसी भी अनुपात में मिला देने पर बनते हैं तथा जिनके अवयवों को साधारण भौतिक विधियों द्वारा पृथक् किया जा सकता है, वे मिश्रण कहलाते हैं।

3. आकाश का नीला रंग टिण्डल प्रभाव के कारण दिखाई देता है।
4. रासायनिक
5. रासायनिक
6. मिश्रण

## लघु उत्तरीय प्रश्न (Short Answer Type Questions)

1. किसी पदार्थ की शुद्धता की जाँच उसके गलनांक (Melting Point) तथा क्वथनांक (Boiling Point) से की जाती है। शुद्ध पदार्थ के गलनांक तथा क्वथनांक के मान निश्चित होते हैं।

2. **समांगी मिश्रण**—वह मिश्रण जिसके प्रत्येक भाग का संघटन तथा गुणधर्म समान हो, समागी मिश्रण कहलाता है इसके विभिन्न अवयवों की सीमाओं को पृथक रूप से नहीं देखा जा सकता है।

   **उदाहरण**—नमक या चीनी तथा जल का मिश्रण एक समांगी मिश्रण है।

   **विषमांगी मिश्रण**—वह मिश्रण जिसका प्रत्येक भाग एकसमान नहीं होता विषमांगी मिश्रण कहलाता है। इसकी संरचना एकसमान नहीं होती। इसके विभिन्न अवयवों के बीच पृथक्करण सीमा स्पष्ट दिखाई नहीं देती।

   **उदाहरण**—जल की चॉक या रेत का निलम्बन एक विषमांभी मिश्रणी है।

3. किसी संतृप्त विलयन में एक निश्चित तापमान पर विलेय पदार्थ की उपस्थित मात्रा को उसकी घुलनशीलता कहते हैं।

4. **स्कन्दन**—कोलॉइडी विलयनों में कोलॉइडी कण प्रायः धन या ऋण-आवेश युक्त होते हैं। अतः कोलॉइडी विलयन में किसी वैद्युत-अपघट्य की अल्प मात्रा मिलाने पर वैद्युत-अपघट्य के आयनों द्वारा कोलॉइडी विलयन के कणों का आवेश उदासीन हो जाता है जिससे वे एक-दूसरे से मिलकर बड़े कण बनाते हैं तथा अवक्षेपित हो जाते हैं। कोलॉइडी विलयन में से कोलॉइडी कणों के अवक्षेपण की क्रिया को स्कन्दन या ऊर्णन कहते हैं।

   **उदाहरणार्थ**—रुधिर एक ऋणात्मक कोलॉइडी विलयन है। शरीर में किसी स्थान पर चोट लग जाने पर जब खून बहने लगता है, तो उस स्थान पर फेरिक क्लोराइड या फिटकरी लगाने से खून का बहना रोका जा सकता है।

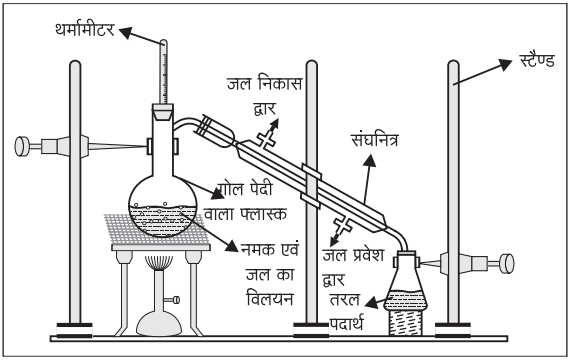
5. **डेल्टा का निर्माण**—उन स्थानों पर जहाँ नदियाँ समुद्र में जाकर मिलती हैं मिट्टी की त्रिभुजाकार भूमि का निर्माण हो जाता है जिसे डेल्टा कहते हैं। नदियों में मिट्टी व रेत के कण कोलॉइडी कणों के रूप में विद्यमान होते हैं। समुद्र के जल में नमक तथा अन्य विद्युत-अपघट्य घुले रहते हैं। उन स्थानों पर जहाँ नदियाँ समुद्र से मिलती हैं, नदियों में उपस्थित मिट्टी व रेत के कण समुद्र में उपस्थित विद्युत-अपघट्यों के द्वारा स्कन्दित हो जाते हैं तथा अवक्षेप के रूप में प्राप्त हो जाते हैं। इस प्रकार नदियों व समुद्रों के मिलने के स्थानों पर डैल्टाओं का निर्माण हो जाता है।

6. **आसवन**—किसी द्रव को गर्म करके वाष्प में बदलना और फिर इस वाष्प को ठण्डा करके द्रव में बदलना आवन कहलाता है। अत: आवन में वाष्पन तथा द्रवण दोनों प्रकार को क्रियाएँ होती हैं। जब हम वाष्पीकरण करते हैं तो अवाष्पशील ठोस तो प्राप्त हो जाता है, परन्तु विलायक (जल आदि) वायमण्डल में चला जाता है और प्राप्त नहीं होता। लेकिन आसवन में विलेय तथा विलायक दोनों प्राप्त होते हैं। अत: आसवन प्रक्रम को निम्न प्रकाद प्रदर्शित करते हैं।

$$\text{द्रव} \underset{\text{ठण्डा}}{\overset{\text{गर्म}}{\rightleftharpoons}} \text{वाष्प (या गैस)}$$

वाष्प को ठण्डा करके संघनित (condense) करने पर जो द्रव प्राप्त होता है उसे आसुत (distillate) कहते हैं।

**नमक के विलयन का पृथक्करण**—नमक (ठोस) तथा जल (द्रव) के विषमांगी मिश्रण को आसवन प्रक्रम द्वारा पृथक करते हैं।




**चित्र–साधारण आसवन की विधि**

नमक तथा जल के विलयन को आसवन फ्लास्क (गोल पेंदी के फ्लास्क) में लेते हैं। गर्म करने पर जल वाष्प (भाप) में बदलने लगता है। ये वाष्प संघनित्र (condenser) में पहुँचकर ठण्डी होने लगती है और जल (द्रव) में परिवर्तित हो जाती है। यह जल अलग रखे पात्र में एकत्र होता रहता है, जिसे आसुत जल कहते हैं। चूँकि नमक अवाष्पशील होता है, अत: आसवन फ्लास्क में नमक शेष बचता है। आसवन फ्लास्क में कुछ टुकड़े चीनी मिट्टी (porcelain) के डाल देते हैं, जिससे कि विलयन उछलता नहीं है और एक समान उबलता रहे। साधारण नल या टंकी का जल कभी भी शुद्ध नहीं होता है। नल के जल को आसवन द्वारा शुद्ध या आसुत बनाया जाता है। बहुत से तटवर्ती क्षेत्रों में पीने का जल नहीं होता है तो वहाँ पर आसवन विधि द्वारा शुद्ध पीने का जल तैयार किया जाता है।

## विस्तृत उत्तरीय प्रश्न (Long Answer Type Questions)

1. माना सोडियम सल्फेट की आवश्यक मात्रा $= xg$

विलयन की मात्रा $= (100 + x)g$

अब $xg$ सोडियम सल्फेट चाहिए $= (x + 100)g$ विलयन के लिए

प्रश्नानुसार— $$20\% = \frac{x}{(x+100)} \times 100$$

$$20x + 2000 = 100x$$
$$80x = 2000$$
$$x = \frac{2000}{80}$$
$$x = 25g$$

अत: $25g$ सोडियम सल्फेट की आवश्यक मात्रा है।

**2. आसवन** (Distillation)—यदि मिश्रण में द्रव घुलनशील है, जो विघटित हुए बिना उबलते हैं तथा जिनके घटकों के क्वथनांकों के मध्य अंतराल होता है, उन्हें आसवन द्वारा पृथक् किया जा सकता है। आसवन में द्रव में एवं वाष्प को पुन: संघनन द्वारा द्रव में रूपांतरण किया जाता है। आसवन का प्रयोग केवल उन द्रवों के लिए किया जाता है, जिनके क्वथ्नांकों में 25K से अधिक का अंतर होता है।

**प्रभाजी आसवन** (Fractional Distillation)—दो या दो से अधिक घुलनशील द्रवों, जिनके क्वथनांक का अंतर 25K से कम होता है, के मिश्रण को पृथक् करने के लिए प्रभाजी आवसन विधि का प्रयोग किया जाता है।

**उदाहरण**—वायु से विभिन्न गैसों का पृथक्करण तथा पेट्रोलियम उत्पादों से उनके विभिन्न घटकों का पृथक्करण आदि।

इसका उपकरण साधारण आसवन विधि के समान ही होता है। केवल आसवन फ्लास्क और संघनक के बीच एक प्रभाजी स्तंभ का प्रयोग किया जाता है।

**3. भौतिक गुण** (Physical Properties)—भौतिक गुण वह गुण होते हैं जिनका हम अवलोकन एवं वर्णन कर सकते हैं; जैसे कि रंग, कठोरता, दृढ़ता, बहाव, घनत्व, द्रवणांक तथा क्वथनांक इत्यादि।

अवस्थाओं का अंत: परिवर्तन पदार्थों के संघटन में बिना परिवर्तन किए होते हैं और उनकी रासायनिक प्रकृति में भी कोई परिवर्तन नहीं होता है। अत: यह भौतिक परिवर्तन होता है।

**उदाहरण के लिए**—पानी, बर्फ व वाष्प अलग-अलग दिखते हैं, साथ ही यह भिन्न-भिन्न भौतिक गुण भी दर्शाते हैं, लेकिन ये रासायनिक रूप से समान होते हैं।

**रासायनिक परिवर्तन** (Chemical Changes)—पदार्थ के रासायनिक गुणधर्मों में परिवर्तन होना तथा एक नए पदार्थ का बनना पदार्थ में रासायनिक परिवर्तन के कारण होता है।

**उदाहरण के लिए—**

(i) जल तथा खाना पकाने वाले तेल दोनों द्रव हैं, लेकिन इनके रासायनिक गुणधर्म भिन्न हैं। इनकी गंध और ज्वलनशीलता में अंतर है।

(ii) तेल हवा में जलता है, जबकि जल आग को बुझाता है। तेल का यह रासायनिक गुण इसे जल से अलग करता है। जलना एक रासायनिक परिवर्तन है। इस प्रक्रिया में एक पदार्थ दूसरे से क्रिया करके अपने रासायनिक संघटन में परिवर्तन करता है।

(iii) मोमबत्ती के जलने की प्रक्रिया एक ऐसी प्रक्रिया है जिसमें भौतिक एवं रासायनिक दोनों परिवर्तन होते हैं।

**4. भौतिक तथा रासायनिक परिवर्तन** (Physical and Chemical Changes)

कुछ परिवर्तनों में कोई नया पदार्थ नहीं बनता बल्कि पदार्थ की केवल भौतिक अवस्था परिवर्तित होती है। परन्तु कुछ परिवर्तनों में नया पदार्थ बनता है। अत: नया पदार्थ बनता है या नहीं, इसके आधार पर परिवर्तन को दो वर्गों में बाँटा जा सकता है।

(1) भौतिक परिवर्तन (2) रासायनिक परिवर्तन

**(1) भौतिक परिवर्तन** (Physical Changes)—जिस परिवर्तन से कोई नया पदार्थ नहीं बनता है, उसे भौतिक परिवर्तन कहते हैं। इस परिवर्तन में पदार्थ के घटक तथा रासायनिक प्रकृति नहीं बदलती है। इसमें पदार्थ की केवल भौतिक अवस्था बदलती है। अत: यह अस्थायी परिवर्तन है और इन्हें भौतिक प्रक्रमों द्वारा मूल अवस्था में बदला जा सकता है।

**उदाहरणार्थ—**

(i) जब बर्फ को गर्म करते हैं तो यह पिघलकर जल बन जाता है। इसको और गर्म करने पर यह भाप में परिवर्तित हो जाता है। बर्फ, जल तथा भाप रासायनिक रूप से समान है तथा इनका आण्विक सूत्र ($H_2O$) भी समान है। ये केवल अपने भौतिक गुणों में भिन्न है। अत: बर्फ का पिघलना तथा जल का बर्फ बना केवल भौतिक परिवर्तन है। अत: भाप का संघनित होकर जल बनना तथा जल का भाप बनना भौतिक परिवर्तन है।

(ii) जब हम बल्ब का स्विच खोलते हैं वह चमकने लगता है और जब स्विच बंद करते हैं तो चमकना बन्द कर देता है। इस प्रक्रम में कोई नया पदार्थ नहीं बनता इसलिये यह भौतिक परिवर्तन है।

(iii) जब हम जल में चीनी को घोलते हैं तो चीनी का विलयन बनता है। यह विलयन चीनी तथा जल दोनों के गुणों को दर्शाता है। यदि यह विलयन वाष्पीकृत हो जाता है तो हमें चीनी के क्रिस्टल फिर प्राप्त हो जाते हैं अत: यह भौतिक परिवर्तन है। इसी प्रकार भौतिक परिवर्तन अन्य उदाहरण जैसे—काँच का टूटना, मोम का पिघलना, रबड़ का खींचना, कपड़े को फाड़ना, पँखे का घूमना, सल्फर तथा लोहे की छीलन का मिश्रण, गेहूँ तथा चावल का मिश्रण, मक्खन का एक बर्तन में पिघलना, पेड़ों को काटना, फलों से सलाद बनाना, बादलों का बनना, चॉक का टूटना, कागज का फटना आदि।

**(2) रासायनिक परिवर्तन** (Chemcial Changes)—जिस परिवर्तन से कोई नया पदार्थ बनता है, उसे रासायनिक परिवर्तन कहते हैं। रासायनिक परिवर्तन में पदार्थ नये पदार्थ में परिवर्तित हो जाता है तथा वापस अपनी मूल अवस्था में नहीं आता है। अत: यह एक स्थायी परिवर्तन है।

**उदाहरणार्थ**—मैग्नीशियम तार का जलना, लकड़ी तथा कागज का जलना, लोहे को जंग लगना, मोमबत्ती का जलना, फल का पकना, दूध से दही का बनना, खाना पकाना, L.P.G, C.N.G, पेट्रोल आदि का जलना, हाइड्रोजन तथा ऑक्सीजन के संयोग से जल का बनना, भोजन का पाचन, पौधों में वृद्धि आदि। जब मैग्नीशियम तार को वायु में गर्म करते हैं तो सफेद चूर्ण (मैग्नीशियम ऑक्साइड) के रूप में नया पदार्थ बनता है। अत: यह रासायनिक परिवर्तन है। इसी प्रकार लकड़ी, मोमबत्ती, कोयले, कागज, L.P.G., C.N.G. पेट्रोल आदि जलकर $CO_2$ बनाते है।

**सारणी : भौतिक तथा रासायनिक परिवर्तन में अन्तर**

| भौतिक परिवर्तन | | रासायनिक परिवर्तन | |
|---|---|---|---|
| (1) | यह अस्थायी परिवर्तन होता है। | (1) | यह स्थायी परिवर्तन होता है। |
| (2) | इनमें केवल भौतिक अवस्था, रंग, घनत्व आदि गुणों में अन्तर होता है। नया पदार्थ नहीं बनता। | (2) | इनमें नये पदार्थ बनते हैं। |
| (3) | मूल पदार्थ की प्राप्ति सरलता से हो जाती है। | (3) | मूल पदार्थ की प्राप्ति नहीं होती। |
| (4) | रासायनिक गुणों में परिवर्तन नहीं होता है। | (4) | रासायनिक गुणों में परिवर्तन होता है। |
| (5) | पदार्थों के संघटन में परिवर्तन नहीं होता है। | (5) | पदार्थों के संघटन में परिवर्तन होता है। |
| (6) | उदाहरण—बर्फ पिघलना, जल में नमक का घुलना आदि। | (6) | उदाहरण—जंग लगना, कागज का जलना आदि। |

**मूल्य आधारित प्रश्न (Value Based Questions)**

**1.** कार्बन डाइआक्साइड गैस विलेय और जल विलायक है।

**2.** तत्व पदार्थ का वह मूल रूप है जिसे रासायनिक अभिक्रिया द्वारा छोटे पदार्थों के टुकड़ों में नहीं बाँटा जा सकता है।

**3.** विलयन के कण व्यास में 1 nm ($10^{-9}$ m) से भी छोटे होते हैं।

**4.** विलयन का वह घटक जिसमें अन्य अवयव घुले हो, उसे विलायक कहते हैं।

**5.** विलयन दो या दो से अधिक पदार्थों का समांगी मिश्रण विलयन कहलाता है।

**केस स्टडी प्रश्न (Case Study Questions)**

**1.** (d) वाष्पीकरण से　　**2.** (c) क्रोमैटोयाफी

●●

# 3 परमाणु व अणु (Atoms and Molecules)

## विविध प्रश्नावली (Miscellaneous)

**बहुविकल्पीय प्रश्न (Objective Type Questions)**

**1.** (b) **2.** (b) **3.** (c) **4.** (d) **5.** (c) **6.** (d) **7.** (a) **8.** (b)
**9.** (d) **10.** (a) **11.** (c) **12.** (b) **13.** (b) **14.** (c)

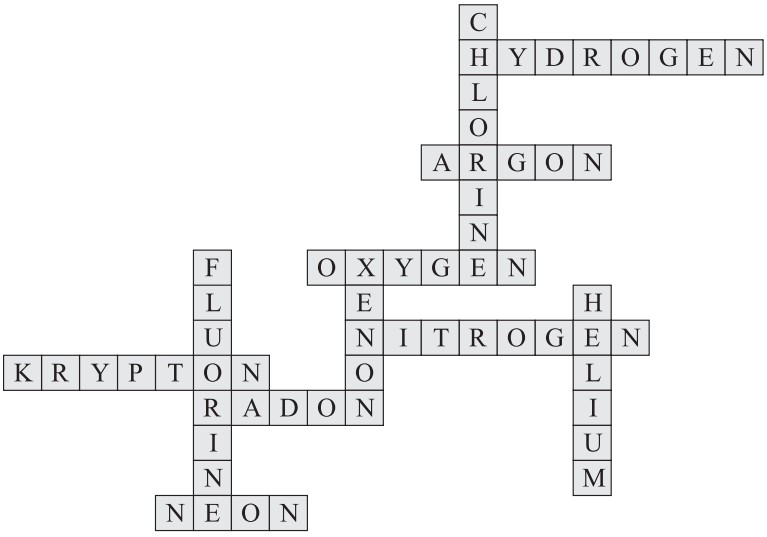
**अभिकथन-कारण प्रश्न (Assertion & Reason Type Questions)**

**1.** (a) **2.** (d) **3.** (a)

## चित्र आधारित प्रश्न (Figure Based Questions)

**1.** तीन सोडियम आयनों को एक फॉस्फेट आयन पर लगाइए।
अत:, सोडियम फॉस्फेट का सूत्र $Na_3PO_4$ होगा।

**2.** (a)




6 अक्रिय गैस

(b) अक्रिया गैसों की कुल संख्या 6 तथा उनके नाम इस प्रकार हैं—
1. आर्गन (Ar) 2. जेनॉन (Xe) 3. हीलियम (He) 4. क्रिप्टन (Kr) 5. रेडॉन (Rn) तथा 6. नियॉन (Ne)

## कूट आधारित प्रश्न (Coding Based Questions)

**1.** (d) **2.** (d)

## रिक्त स्थानों की पूर्ति कीजिए? (Fill in the blanks)

**1.** आवेशित कणों को **आयन** कहते हैं।
**2.** ऋण आवेशित कणों को **ऋणायन** कहते हैं।
**3.** धन आवेशित कणों को **धनायन** कहते हैं।
**4.** परमाणुओं के समूह, जिनमें नेट आवेश विद्यमान हो, उन्हें **बहुपरमाणुक आयन** कहते हैं।

## सुमेलन आधारित प्रश्न (Matching Based Questions)

| | यौगिक | रासायनिक नाम | साधारण नाम |
|---|---|---|---|
| 1. | NaOH | सोडियम हाइड्रॉक्साइड | कास्टिक सोडा |
| 2. | $Na_2SO_4.10\ H_2O$ | सोडियम सल्फेट (हाइड्रेटिड) | ग्लॉबर लवण |
| 3. | $CaOCl_2$ [CaCOCl] Cl | कैल्शियम आक्सीक्लोरो क्लोराइड | ब्लीचिंग पाउडर |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 4. | $NH_4Cl$ | अमोनियम क्लोराइड | नौसादर |
| 5. | $CuSO_4.5\ H_2O$ | कॉपर सल्फेट (हाइड्रोटिड) | नीला थोथा |
| 6. | $K_2SO_4.Al_2(SO_4)_3.$ $24\ H_2O$ | पौटेशियम ऐलुमिनियम सल्फेट | फिटकरी |
| 7. | $CaCO_3$ | कैल्सियम कार्बोनेट | चूने का पत्थर (संगमरमर) |

**कौन-सा सही कथन नहीं है? (Which statement is not correct?)**

**1.** (c) परमाणु सदैव उदासीन प्रकृति के होते हैं।

**सत्य या असत्य लिखिए? (Write true or false)**

**1.** सत्य **2.** सत्य **3.** असत्य **4.** असत्य **5.** सत्य

**उच्च स्तरीय विचारात्मक प्रश्न (HOTS Questions)**

**1.** आसुत जल एक यौगिक है क्योंकि आसुत जल में केवल ($H_2O$) हाइड्रोजन व ऑक्सीजन ही होते हैं। जबकि टेप-कटर में $H_2$ व ऑक्सीजन के साथ-साथ अमोनिया, जैसे (Dust Particles), salts या अन्य अशुद्धियाँ पाई जाती है इसलिए यह मिश्रण कहलाता है न कि यौगिक।

**2.** हाइड्रोजन परमाणु में कोई न्यूट्रॉन नहीं होता है।

**3.** समस्त अक्रिय गैसें रंगहीन, गंधहीन तथा स्वादहीन होती है। स्थिर दाब और स्थिर आयतन पर प्रत्येक गैस की विशिष्ट ऊष्माओं का अनुपात 1.67 को बराबर होता है, जिससे पता चलता है कि यह सब एक परमाणुक गैसें हैं। अक्रिय गैसों का विन्यास $ns^2np^6$ होता है जिसमें इनका अष्टक पूर्ण होता है और इनका स्थायी विन्यास होता है। इसलिए वे अपने स्थायित्व के लिए अपने आप से क्रिया नहीं करती है। यही कारण है कि ये एक परमाण्विक होती है।

**4.** आयन, परमाणु में अधिक स्थायी इसलिए होता है क्योंकि जब कोई परमाणु इलेक्ट्रॉन ग्रहण करके या त्याग करके अपनी बाह्य कला को पूर्ण करके अक्रिय गैस की अवस्था प्राप्त कर लेता है तब वह आयन बन जाता है, इसे आप निम्न उदाहरण से समझें।

Sodium (Na) = 2, 8, 1

सोडियम 1 इलेक्ट्रॉन त्याग कर $Na^+$ (Sodium iron) बन जाता है तब $Na^+ = 2, 8$

यह अक्रिय गैस की अवस्था को प्राप्त कर लेता है तथा सोडियम परमाणु में अधिक स्थायी हो जाता है।

**अतिलघु उत्तरीय प्रश्न (Very Short Answer Type Questions)**

**1.** आयन

**2.** परमाणुओं के समूह जिन पर नेट आवेश विद्यमान हो उन्हें परमाणुक आयन कहते हैं।

**3.** $CaCO_3$

**4.** कैल्शियम आक्साइड में कैल्शियम और आक्सीजन का द्रव्यमान अनुपात 5 : 2 है।

**5.** 3 : 4

6. Na : Cl = 23 : 35.5
7. ऋणायन $Cl^-$ (क्लोराइड आयन), धनायन $Na^+$ (सोडियम आयन)।
8. जे०जे० बर्जीलयस
9. सभी पदार्थ परमाणुओं से बने होते हैं, जो स्वयं प्रोटॉन, न्यूट्रॉन और इलेक्ट्रॉन से बने होते हैं, और एक तत्व के परमाणु समान होते हैं जबकि विभिन्न तत्वों के परमाणु भिन्न होते हैं।
10.

| | यौगिक | द्रव्यमान अनुपात |
|---|---|---|
| (a) | $NH_3$ | 14 : 3 |
| (b) | CO | 3 : 4 |
| (c) | $PCl_5$ | 31.0 : 177.5 |
| (d) | $AlF_3$ | 9 : 19 |
| (e) | MgS | 24.3 : 32.1 |

## लघु उत्तरीय प्रश्न (Short Answer Type Questions)

1. इस नियम के अनुसार "किसी रासायनिक यौगिक में अवयवी तत्वों के भारों का सदैव एक निश्चित अनुपात रहता है। उदाहरण के लिए $H_2O$ में H और O के द्रव्यमानों का अनुपात सदैव 1 : 8 ही रहेगा, चाहे पानी को किसी भी स्रोत से लिया गया हो।
2. किसी रासायनिक अभिक्रिया में द्रव्यमान न तो बनाया जा सकता है और न ही नष्ट किया जा सकता है। अन्य शब्दों में, किसी भी रासायनिक अभिक्रिया में अभिकारकों और उत्पादों के द्रव्यमानों का योग सदैव बराबर रहता है। यह द्रव्यमान संरक्षण का नियम कहलाता है।
3. (a) सोडियम नाइट्रेट — $NaNO_3$
   (b) अमोनियम (II) सल्फेट — $(NH_4)_2SO_4$
   (c) कॉपर (II) ब्रोमाइड — $CuBr_2$
   (d) मैग्नीशियम (II) एसीटेट — $Mg(C_2H_3O_2)_2$ or $Mg(CH_3COO)_2.4H_2O$
4. (a) $CO_3^{2-}$

   $CO_3^{2-}$ में कार्बन के 1 तथा ऑक्सीजन के 3 अर्थात् $(1+3)=4$ परमाणु है।

   (b) $PO_4^{3-}$

   $PO_4^{3-}$ में फॉस्फोरस का 1 तथा ऑक्सीजन के 4 परमाणु अर्थात् $(1+4)=5$ परमाणु है।

   (c) $P_2O_5$

   $P_2O_5$ में फॉस्फोरस 2 तथा ऑक्सीजन के 5 परमाणु अर्थात् $(1+5)=6$ परमाणु है।

   (d) CO

   CO में कार्बन का 1 तथा ऑक्सीजन का 1 अर्थात् $(1+1)=2$ परमाणु है।

**5. आधुनिक परमाणु सिद्धान्त** (Modern Atomic Theory)—19वीं शताब्दी के अन्त तथा 20वीं शताबदी के प्रारम्भ तक अनेकों वैज्ञानिकों जैसे—जे०जे० थॉमसन, रदरफोर्ड, विलियम क्रुक्स नील्स बोर, जेम्स चैडविक आदि ने अपनी खोजों द्वारा डाल्टन के परमाणु सिद्धान्त में अनेक संशोधन किए, जिससे परमाणु सिद्धान्त का आधुनिक स्वरूप निम्नवत् है—

(i) इस सिद्धान्त के अनुसार परमाणु विभाज्य है तथा यह तीन मूल कणों इलेक्ट्रॉन, प्रोटॉन तथा न्यूट्रॉन से मिलकर कर बना है।

(ii) इस सिद्धान्त के अनुसार एक तत्व के सभी परमाणुओं का द्रव्यमान समान नहीं होता है, परन्तु उनके परमाणु क्रमांक समान होते हैं। अत: ऐसे तत्व जिनके परमाणु क्रमांक समान, परन्तु परमाणु द्रव्यमान भिन्न-भिन्न होते हैं, समस्थानिक कहलाते हैं। उदाहरण—हाइड्रोजन के तीन समस्थानिक होते हैं जिनके परमाणु द्रव्यमान 1, 2, 3 तथा परमाणु क्रमांक 1 होता है।

(iii) इस सिद्धान्त के अनुसार विभिन्न तत्वों के परमाणुओं के परमाणु द्रव्यमान समान हो सकते हैं, परन्तु उनके परमाणु क्रमांक भिन्न-भिन्न होते हैं तथा ऐसे परमाणु एक दूसरे के समभारी (isobars) कहलाते हैं।
उदाहरण—$Ar_{18}^{40}, K_{19}^{40}, Ca_{20}^{40}$

(iv) परमाणु पदार्थ का अतिसूक्ष्म कण है जो स्वतन्त्र अवस्था में नहीं रह सकता।

(v) परमाणु परस्पर रासायनिक संयोग करके अणु (molecule) बनाते हैं।

(vi) इस सिद्धान्त के अनुसार, रासायनिक अभिक्रियाओं में परमाणु भाग लेते हैं अणु नहीं।

(vii) परमाणु को न तो उत्पन्न किया जा सकता और न ही नष्ट किया जा सकता है, बल्कि नाभिकीय विखण्डन (nuclear fision) द्वारा एक तत्व के परमाणु को दूसरे तत्व के परमाणु में परिवर्तित किया जा सकता है।

(viii) इस सिद्धान्त के अनुसार किसी भी तत्व का मूल लक्षण उसका परमाणु क्रमांक होता है न कि परमाणु द्रव्यमान।

**6.** (a) अमोनिया = $NH_3$
N का द्रव्यमान = $14 \times 1 = 140$
H का द्रव्यमान = $3 \times 1 = 30$
अत: N : H = 14 : 3

(b) कार्बन मोनोक्साइड = CO
C का द्रव्यमान = 120
O का द्रव्यमान = 160
अत: C : O = 12 : 16 = 3 : 4

(c) हाइड्रोजन क्लोराइड = HCl
H का द्रव्यमान = 14
Cl का द्रव्यमान = 35.54
अत: H : Cl = 1 : 35.5 or 2 : 71

(d) ऐलुमिनियम फ्लुओराइड = $AlF_3$
Al का द्रव्यमान = 27
F का द्रव्यमान = $3 \times 19 = 574$
अत: Al : F = 27 : 57 = 9 : 19

(e) मैग्नीशियम सल्फाइड = MgS
Mg का द्रव्यमान = 244
S का द्रव्यमान = 324
अत: Mg : S = 24 : 37 = 3 : 4

**7.** तत्वों के परमाणुओं के परस्पर संयोजन करने की क्षमता को संयोजकता कहा जाता है। किसी भी परमाणु की बाह्यतम कक्षा में पाए जाने वाली इलैक्ट्रॉनों की संख्या ही संयोजकता कहलाती है।

| उदाहरण– कार्बन तत्व | डाइऑक्साइड द्रव्यमान का अनुपात | का अणुसूत्र : तत्व का परमाणु द्रव्यमान ($u$) | द्रव्यमान अनुपात / परमाणु द्रव्यमान | सरलतम् अनुपात |
|---|---|---|---|---|
| C | 3 | 12 | $\frac{3}{12}=\frac{1}{4}$ | $\frac{1}{4}\times 4=1$ |
| O | 8 | 16 | $\frac{8}{16}=\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{2}\times 4=2$ |

अत: कार्बन डाइऑक्साइड का आणिवक सूत्र $CO_2$ है।

**8.** कैल्शियम कार्बोनेट ($CaCO_3$) का अणु भार

Ca = 40, C = 12, O = 16

$= CaCO_3$

$40\times 1+12\times 1+16\times 3$

$39+35.5+48$

$= 122.5$ U

## विस्तृत उत्तरीय प्रश्न (Long Answer Type Questions)

**1. स्थिर या निश्चित अनुपात का नियम** (Law of Constant or Definite Proportion)—इस नियम का प्रतिवर्तन वैज्ञानिक जे० एल० प्राउस्ट (J.L. Proust) ने सन् 1799 में किया। इस नियमानुसार,

"प्रत्येक रासायनिक यौगिक में चाहे वह किसी भी विधि से बनाया या प्राप्त किया गया हो, तत्वों के द्रव्यमान एक निश्चित अनुपात में संयुक्त होते हैं" अर्थात् एक यौगिक में निश्चित प्रकार के तत्व एक निश्चित अनुपात में संयुक्त होते हैं। उदाहरणार्थ—जल ($H_2O$) हाइड्रोजन और ऑक्सीजन से बना यौगिक है। जल में हाइड्रोजन तथा ऑक्सीजन के द्रव्यमानों का अनुपात सदैव 1 : 8 होता है, चाहे जल नदी, कुआँ, समुद्र, वर्षा आदि से प्राप्त किया गया हो।

यदि 9 ग्राम (1 ग्राम + 8 ग्राम) जल का अपघटन करे तो हमेशा 1 ग्राम हाइड्रोजन तथा 8 ग्राम ऑक्सीजन ही प्राप्त होती है। इसके विपरीत 1 ग्राम हाइड्रोजन तथा 8 ग्राम ऑक्सीजन मिलकर 9 ग्राम जल बनाते हैं।

इसी प्रकार अमोनिया ($NH_3$) में नाइट्रोजन तथा हाइड्रोजन के द्रव्यमानों का अनुपात सदैव 14 : 3 होता है, चाहे अमोनिया किसी भी स्रोत या विधि से ली गयी हो। यदि 17 ग्राम अमोनिया का अपघटन करे तो हमेशा 14 ग्राम नाइट्रोजन तथा 3 ग्राम हाइड्रोजन प्राप्त होगी। इसके विपरीत, 14 ग्राम नाइट्रोजन तथा 3 ग्राम हाइड्रोजन क्रिया करके 17 ग्राम अमोनिया बनायेंगे।

इसी प्रकार कार्बन डाइऑक्साइड ($CO_2$), कार्बन तथा ऑक्सीजन से बना यौगिक है। इसमें हमेशा कार्बन तथा ऑक्सीजन के द्रव्यमानों का अनुपात 12.32 या 3 : 8 ही होगा, चाहे $CO_2$ को किसी भी विधि या स्रोत से लिया गया हो अत: 11 ग्राम $CO_2$ के विघटन से 3 ग्राम कार्बन तथा 8 ग्राम ऑक्सीजन उत्पन्न होगी। इसके विपरीत, 3 ग्राम कार्बन तथा 8 ग्राम ऑक्सीजन क्रिया करके 11 ग्राम $CO_2$ बनायेंगे।

**विशेष**—स्थिर अनुपात का नियम केवल शुद्ध (pure) यौगिकों पर लागू होता है। यदि थोड़ी भी अशुद्धि होगी तो यह नियम लागू नहीं होगा।

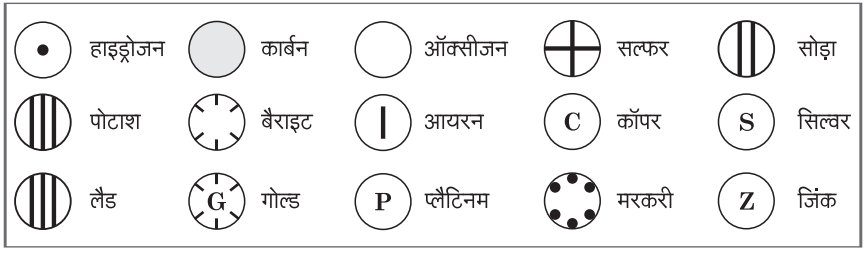
2. अब तक 118 तत्व ज्ञात हो चुके हैं, परन्तु इन सभी ज्ञात तत्वों के नामांकन का कोई निश्चित एवं सर्वमान्य आधार नहीं है। किसी तत्व का नाम उसके किसी विशेष गुण के कारण, किसी का नाम उसके आविष्कारक के कारण, किसी का नाम उसकी उत्पत्ति के कारण तो किसी का नाम उसकी पौराणिक कथाओं के कारण रखा गया है। जैसे **हीलियम** का नाम **सूर्य** (Helious) में पाए जाने के कारण रखा गया, **क्लोरीन** का नाम उसके **हरे रंग की वाष्प** के कारण रखा गया, **बेरीलियम** का नाम **बेराइल** (Beryl) खनिज से प्राप्त होने के कारण तो **टेंटेलम** (Tantalum) नाम यूनान के पुराण **टेंटेलस** (Tantalus) के कारण रख गया। इस प्रकार के अनेकों उदाहरण और भी हैं। लम्बे एवं बड़े नाम होने के कारण इन तत्वों के नाम लिखने एवं प्रयोग करने में बहुत अधिक कठिनाई होती थी। इसलिए प्राचीन काल से ही वैज्ञानिकों ने तत्वों को संक्षेप में लिखने का प्रयास किया। तत्वों के इस संक्षिप्त नाम को ही **प्रतीक** (Symbol) कहा गया।

   अत: किसी तत्व का संक्षिप्त एवं विशेष चिह्न जो उस तत्व के एक परमाणु को प्रकट करता है, प्रतीक (संकेत) (Symbol) कहलाता है।

   सबसे पहले **15वीं शताब्दी** में यूनानी वैज्ञानिकों ने विभिन्न तत्वों के लिए विभिन्न संकेत (प्रतीक) बनाए। जिनमें तत्वों का देवी-देवताओं, ग्रह-नक्षत्र के रहस्यमय चिह्नों द्वारा प्रकट किया गया। जैसे—सोने को सूर्य से, चाँदी को चन्द्रमा से, ताँबे को शुक्र से, सीसे को शनि से तथा लोहे को मंगल आदि से प्रदर्शित किया गया। यह प्रणाली ग्रीक की प्रतीक प्रणाली कहलाती थी।

| **प्रतीक** | ☼ | ♀ | ♃ | ▽ | ☾ | ● | ▽ | 🜍 | ☿ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **पदार्थ** | सोना | ताँबा | टिन | जल | चाँदी | लोहा | मृदा | गंधक | पारा |

   सन् 1808 में डाल्टन ने तत्वों के संकेतों (प्रतीकों) को प्रकट करने के लिए छोटे-2 विभिन्न प्रकार के वृत्तों का उपयोग किया, परन्तु इनको लिखने में भी कठिनाई होती थी। इसलिए इस विधि को भी अमान्य कर दिया गया।






   सन् 1816 में स्वीडन के प्रसिद्ध रसायनज्ञ जे०जे० बर्जीलियस ने प्रतीकों को प्रकट करने की एक नई प्रणाली निकाली जो अत्यन्त सरलता के कारण आज तक प्रचलित है। इस प्रणाली के अनुसार,

(a) किसी तत्व को प्रकट करने के लिए उसके अंग्रेजी नाम का पहला अक्षर प्रयोग में लाया जाता है। जैसे—हाइड्रोजन (Hydrogen) को H से, ऑक्सीजन (Oxygen) को O से, फॉस्फोरस (Phosphorus) को P से और सल्फर (Sulphur) को S से प्रदर्शित किया जाता है।

(b) यदि कई तत्वों के अंग्रेजी नाम एक ही शब्द से आरम्भ होते हैं तो उसके प्रतीक दो अक्षरों को मिलाकर बनाए जाते हैं जिसमें तत्व के नाम के प्रथम दो अक्षर अथवा प्रथम अक्षर के साथ कोई दूसरा विशेष अक्षर व जो उच्चारण में स्पष्ट सुनाई देता है, मिलाया जाता है। इसमें प्रथम अक्षर बड़ा (capital) लिखते हैं तथा दूसरा छोटा। उदाहरण के लिए ब्रोमीन (Bromine) को Br से, बिस्मथ (Bismuth) को Bi से, बेरियम (Barium) को Ba से तथा कैल्सियम (Calcium) को Ca से, क्लोरीन (Chlorine) को Cl से और कैडमियम (Cadmium) को Cd से प्रदर्शित करते हैं।

**प्रतीक ( संकेत ) का महत्त्व** (Importance of Symbol)—किसी तत्व के प्रतीक से हमें निम्नलिखित तथ्यों का ज्ञान होता है—

(i) प्रतीक से उस तत्व के एक परमाणु का ज्ञान प्राप्त होता है। जैसे—C कार्बन के एक परमाणु को प्रकट करता है।

(ii) प्रतीक से उस तत्व के परमाणु भार के बराबर तत्व के द्रव्यमान का ज्ञान प्राप्त होता है।

(iii) यदि ग्राम द्रव्यमान की इकाई है तो तत्व का संकेत उस तत्व के 1 ग्राम परमाणु को प्रकट करता है।

(iv) तत्व के एक ग्राम परमाणु भार होने पर किसी तत्व का प्रतीक उस तत्व के $6.022 \times 10^{23}$ परमाणुओं को प्रदर्शित करता है। (यहाँ संख्या $6.022 \times 10^{23}$ आवोगाद्रों संख्या, ($N_A$) को प्रदर्शित करती है।)

**3.** (a) $CaCO_3$

Ca = 40, C = 124, O = 16 u

अत: Ca का द्रव्यमान = 40

C का द्रव्यमान = 12

O का द्रव्यमान = $16 \times 3 = 48$

अत: Ca : C : O = 40 : 12 : 48

10 : 3 : 12

(b) $MgCl_2$

Mg = 244 Cl = 35.5 u

अत: Mg का द्रव्यमान = 24

Cl का द्रव्यमान = $35.5 \times 2 = 71$

अत: Mg : Cl = 24 : 71

(c) $H_2SO_4$

H = 14, S = 324, O = 164

अत: H का द्रव्यमान = $2 \times 1 = 2$

S का द्रव्यमान = 32

O का द्रव्यमान = $16 \times 4 = 64$

अत: H : S : O = 2 : 32 : 64

1 : 16 : 32

(d) $C_2H_5OH$

C = 120, H = 1 u, O = 16

अत: C का द्रव्यमान = $12 \times 2 = 24$

H का द्रव्यमान = $5 \times 1 + 1 = 5 + 1 = 6$

O का द्रव्यमान = 16

अत: C : H : O = 24 : 6 : 16

12 : 3 : 8

(e) $NH_3$

N = 144, H = 14

अत: N का द्रव्यमान = 14

H का द्रव्यमान = $1 \times 3 = 3$

अत: N : H = 14 : 3

(f) $Ca(OH)_2$

Ca = 40u, C = 16u, O = 14

अत: Ca का द्रव्यमान = 40

O का द्रव्यमान = $16 \times 2 = 38$

H का द्रव्यमान = $1 \times 2 = 2$

अत: Ca : H : O = 40 : 2 : 32

20 : 1 : 16

**4. द्रव्यमान संरक्षण का नियम** (Law of Conservation of Mass)—किसी रासायनिक अभिक्रिया में द्रव्यमान न तो बनाया जा सकता है और न ही नष्ट किया जा सकता है। अन्य शब्दों में किसी भी रासायनिक अभिक्रिया में अभिकारकों और उत्पादों के द्रव्यमानों का योग सदैव बराबर रहता है। यह द्रव्यमान संरक्षण का नियम कहलाता है—

जैसे— A + B $\longrightarrow$ C + D

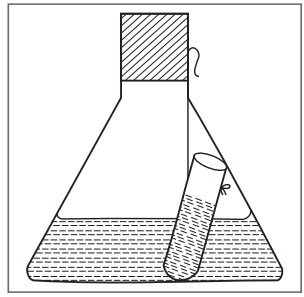
अभिकारकों का द्रव्यमान — उत्पादों का द्रव्यमान

**उद्देश्य** (Aim)—द्रव्यमान संरक्षण के नियम का सत्यापन करना (दर्शाना कि रासायनिक अभिक्रिया में द्रव्यमान अपरिवर्तित रहता है)।

**कार्यविधि** (Procedure)

1. निम्न X एवं Y रसायनों का एक युगल लीजिए।

| | X | Y |
|---|---|---|
| (i) | कॉपर सल्फेट | सोडियम कार्बोनेट |
| | 1.25g | 1.435g |
| (ii) | बेरियम क्लोराइड | सोडियम सल्फेट |
| (iii) | लेड नाइट्रेट | सोडियम क्लोराइड |
| | 2.07g | 1.17g |



**चित्र–*Y* के विलयन युक्त शंक्वाकार फ्लास्क में डूबी हुई विलयन युक्त छोटी परखनली।**

2. X एवं Y युगलों की सूची में से किसी एक युगल के रसायनों के अलग-अलग विलयन 10mL जल में तैयार कीजिए।
3. उपरोक्त तैयार युगल विलयनों में से Y के विलयन को एक शंक्वाकार फ्लास्क में लीजिए एवं X के विलयन को एक छोटी परखनली में लीजिए।
4. छोटी परखनली को विलय युक्त फ्लास्क में इस प्रकार लटकाइए, ताकि दोनों विलयन परस्कर मिश्रित न हों। तत्पश्चात् फ्लास्क के मुख पर एक कॉर्क चित्र की भाँति लगाइए।
5. अंर्तवस्तुयुक्त फ्लास्क को सावधानीपूर्वक तौल लीजिए।
6. अब इस फ्लास्क को झुकाकर इस प्रकार घुमाएँ जिससे *X* ($BaCl_2$) एवं *Y* ($Na_2SO_4$) के विलयन परस्पर मिश्रित हो जाएँ।
7. अब इस फ्लास्क को पुन: तौल लीजिए।

**प्रेक्षण** (Observation)—जब बेरियम क्लोराइड ($BaCl_2$) का विलयन $Na_2SO_4$ के विलयन से मिलता है तो अभिक्रिया होती है जिसके फलस्वरूप $BaSO_4$ का सफेद अवक्षेप एवं NaCl बनता है।

$BaCl_2$ + $Na_2SO_4$ ⟶ $BaSO_4\downarrow$ + 2NaCl

बेरियम क्लोराइड — सोडियम सल्फेट — बेरियम सल्फेट — सोडियम क्लोराइड

अभिकारकों का द्रव्यमान = उत्पादों का द्रव्यमान

**प्रश्न 1.** क्या शंक्वाकार फ्लास्क में अभिक्रिया हुई?

**उत्तर–** हाँ

**प्रश्न 2.** फ्लास्क के मुख पर कॉर्क क्यों लगाते हैं?

**उत्तर–** ताकि वायु से कोई अन्य गैस आकार इस अभिक्रिया में संयोग न कर सके या अभिक्रिया के बाद बनी गैस फ्लास्क से बाहर न निकल जाए।

**निष्कर्ष** (Conclusion)

- फ्लास्क के द्रव्यमान में कोई परिवर्तन नहीं हुआ।
- यह द्रव्यमान संरक्षण के नियम को सिद्ध करता है।

द्रव्यमान संरक्षण नियमानुसार, ''किसी रासायनिक अभिक्रिया में द्रव्यमान का न तो सृजन किया जा सकता है, न ही विनाश''।

**5. (i) रासायनिक सूत्र**—किसी यौगिक के रासायनिक सूत्र उसके संघटन का प्रतीकात्मक निरूपण होता है।

किसी तत्व के परमाणु की संयोजकता को उसके हाथ अथवा भुजा के रूप में विचार किया जाता है।

मानव की दो भुजाएँ तथा ऑक्टोपस की आठ भुजाएँ होती हैं। ऑक्टोपस की एक भुजा मानव की केवल एक भुजा पकड़ सकती है। यदि एक ऑक्टोपस को कुछ मानवों को इस प्रकार से पकड़ना है कि उसकी आठ भुजाएँ मानवों की दोनों भुजाओं के साथ प्रयुक्त हो जाएँ तो आपके विचार में ऑक्टोपस कुल कितने मानवों को पकड़ सकता है? अब ऑक्टोपस को O तथा मानव को H से निरूपित कीजिए। क्या आप संयोजन के लिए सूत्र लिख सकते हैं? क्या आप $OH_4$ को सूत्र के रूप में प्राप्त करेंगे? पादांक 4 ऑक्टोपस द्वारा पकड़े गए मानवों की संख्या को प्रदर्शित करता है।

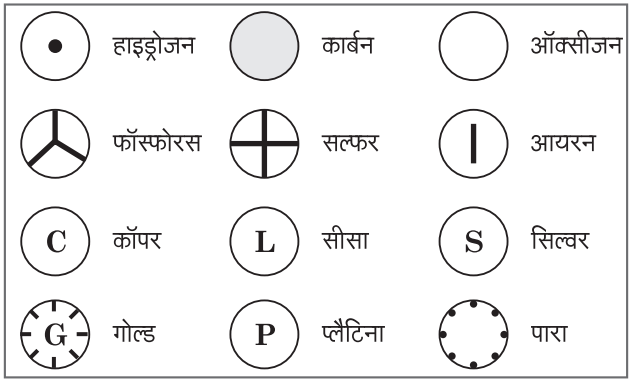
**रासायनिक सूत्र लिखने की विधि—**

1. सर्वप्रथम संघटक तत्वों के प्रतीक लिखकर उनकी संयोजकताएँ या आवेश लिखते हैं।
2. बहुपरमाणुक आयन की स्थिति में जब सूत्र में एक ही आयन के दो या दो से अधिक आयन होते हैं तो हम उनके लिए कोष्ठक उपयोग करते हैं। उदाहरण—$Ca(OH)_2$ न कि $CaOH_2$
3. संयोजकताओं/आवेशों को आड़ा-तिरछा करके हम सूत्र प्राप्त करते हैं।
4. आयनों के आवेशों को दर्शाया नहीं जाता है।

**(ii) प्रतीक**—डाल्टन ही वह प्रथम वैज्ञानिक थे जिन्होंने तत्वों के प्रतीकों का प्रयोग विशेष अर्थ में किया था। जब उन्होनें किसी तत्व के प्रतीक का प्रयोग किया, तो वह प्रतीक उस तत्व की एक निश्चित मात्रा की ओर इंगित करता था अर्थात् यह प्रतीक तत्व के एक परमाणु को प्रदर्शित करता था। बर्जिलियस ने तत्वों के ऐसे प्रतीकों का सुझाव दिया, जो उन तत्वों के नामों के एक या दो अक्षरों से प्रदर्शित होता था।

आजकल इसे इंटरनेशनल यूनियन ऑफ प्योर एंड एप्लाइड केमिस्ट्री (IUPAC) तत्वों के नामों को स्वीकृति देती है। अधिकतर तत्वों के प्रतीक उन तत्वों के अंग्रेजी नामों के एक या दो अक्षरों से ही बने होते हैं। किसी प्रतीक के पहले अक्षर को सदैव बड़े अक्षर (Capital letter) में तथा दूसरे अक्षर को छोटे अक्षर (Small letter) में लिखा जाता है।

**उदाहरणार्थ**—(i) हाइड्रोजन, H, (ii) ऐलुमिनियम, Al, (iii) कोबाल्ट, Co इत्यादि।




चित्र : डाल्टन द्वारा सुझाए गए कुछ तत्वों के प्रतीक

**सारणी 3.1 कुछ तत्वों के प्रतीक**

| तत्व | प्रतीक | तत्व | प्रतीक | तत्व | प्रतीक |
|---|---|---|---|---|---|
| ऐलुमिनियम | Al | कॉपर | Cu | नाइट्रोजन | N |
| आर्गन | Ar | फ्लुओरीन | F | ऑक्सीजन | O |
| बेरियम | Ba | स्वर्ण (गोल्ड) | Au | पौटैशियम | K |
| बोरॉन | B | हाइड्रोजन | H | सिलिकॉन | Si |
| ब्रोमीन | Br | आयोडीन | I | चाँदी (सिल्वर) | Ag |
| कैल्सियम | Ca | आयरन | Fe | सोडियम | Na |
| कार्बन | C | सीसा | Pb | सल्फर | S |
| क्लोरीन | Cl | मैग्नीशियम | Mg | यूरेनियम | U |
| कोबाल्ट | Co | नियॉन | Ne | जिंक | Zn |

अत: प्रत्येक तत्व का एक नाम तथा एक अद्वितीय रासायनिक प्रतीक होता है।

**(iii) आयन** (Ions)—धातु एवं अधातु युक्त यौगिक आवेशित कणों से बने होते हैं। इन आवेशित कणों को ही आयन कहते हैं। आयन आवेशित कण होते हैं तथा इन पर ऋण अथवा धन आवेश होता है। ऋण आवेशित कण को ऋणायन (anion) तथा धन आवेशित कण को धनायन (cation) कहते हैं। जैसे—NaCl में धनायन सोडियम आयन ($Na^+$) तथा ऋणायन ($Cl^-$) क्लोरीन आयन संघटक कण के रूप में उपस्थित होते हैं।

**बहुपरमाणुक आयन**—जिन परमाणुओं के समूह पर नेट आवेश विद्यमान होता है, बहुपरमाणुक आयन कहलाते हैं। आयन पर नेट आवेश विद्यमान होता है।

## मूल्य आधारित प्रश्न (Value Based Questions)

**1.** महर्षि कनाद

**2.** ओजोन ($O_3$) अणु में ऑक्सीजन के तीन परमाणु होते हैं। अत:, यह त्रिपरमाणुक अणु है।

**3.** एम०वी० लोमोनोसोव

**4.** जे०एल० प्राउस्ट

**5.** 1 मोल में परमाणुओं की संख्या = $6.022 \times 10^{23}$ परमाणु/मोल

**6.** किसी पदार्थ का 1 मोल उसकी वह मात्रा है, जिसमें $^{12}C$ समस्थानिक के 12 ग्राम में उपस्थित परमाणुओं के बराबर कण (परमाणु, अणु या आयन) होते हैं।

## केस स्टडी प्रश्न (Case Study Questions)

**1.** कैल्सियम क्लोराइड का सूत्र इकाई द्रव्यमान $CaCl_2$ है।

Ca परमाणु का द्रव्यमान = 40 u

2 Cl परमाणुओं का परमाणु द्रव्यमान = $2 \times 35.5 = 71$ u

∴ सूत्र इकाई द्रव्यमान = $40 + 71 = 111$ u

**2.** (i) जिंक ऑक्साइड का सूत्र इकाई द्रव्यमान ZnO है।

Zn परमाणु का परमाणु द्रव्यमान = 65 u

O परमाणु का परमाणु द्रव्यमान = 16 u

∴ ZnO का सूत्र इकाई द्रव्यमान = $(65 + 16)$ u = 81 u

(ii) सोडियम ऑक्साइड का सूत्र इकाई द्रव्यमान $Na_2O$ है।

2 Na परमाणुओं का परमाणु द्रव्यमान = $2 \times 23 = 46$ u

O परमाणु का परमाणु द्रव्यमान = 16 u

∴ $Na_2O$ का सूत्र इकाई द्रव्यमान = $(46 + 16)$ u = 62 u

(iii) पोटैशियम कार्बोनेट का सूत्र इकाई द्रव्यमान $K_2CO_3$ है।

2 K परमाणुओं का परमाणु द्रव्यमान = $2\ 5 \times 39 = 78$ u

एक C परमाणु का परमाणु द्रव्यमान = 12 u

30-परमाणुओं का परमाणु द्रव्यमान = $3 \times 16 = 48$ u

∴ $K_2CO_3$ का सूत्र इकाई द्रव्यमान = $78 + 12 + 48 = 138$ u

●●

# 4 परमाणु की संरचना (Structure of the Atom)

## विविध प्रश्नावली (Miscellaneous)

### बहुविकल्पीय प्रश्न (Objective Type Questions)

**1.** (d) **2.** (b) **3.** (d) **4.** (c) **5.** (c) **6.** (a) **7.** (c) **8.** (a)
**9.** (d) **10.** (c) **11.** (b) **12.** (d) **13.** (a) **14.** (a) **15.** (c) **16.** (c)

### अभिकथन-कारण प्रश्न (Assertion & Reason Type Questions)

**1.** (b) **2.** (a) **3.** (c)

### चित्र आधारित प्रश्न (Figure Based Questions)

1. (a) चित्र में ऐल्फा कण प्रकीर्णन के प्रयोग को दर्शाया गया है।
   (b) ऐल्फा कण प्रकीर्णन प्रयोग से तीन प्रेक्षण निम्न हैं।
      (i) अधिकांश ऐल्फा कण सोने की पन्नी से सीधे निकल गए।
      (ii) कुछ ऐल्फा कण मूल पथ से विभिन्न कोणों पर विक्षेपित हो गए।
      (iii) लगभग 20,000 कणों में से एक कण टकराकर अपने मार्ग में वापस लौट आया।
   (c) प्रेक्षण से प्राप्त निष्कर्ष निम्न हैं—
      (i) क्योंकि अधिकांश $\alpha$ कण बिना विचलित हुए सोने की पतली पन्नी से बाहर निकल जाते हैं। अत: परमाणु का अधिकांश भाग रिक्त होता है।
      (ii) उनमें से कुछ $\alpha$ कण सोने की पतली पन्नी से प्रतिकर्षित होकर वापस लौट आये जिससे सिद्ध होता है कि परमाणु के केन्द्र में धनावेशित व भारी कण उपस्थित है।
      (iii) बहुत थोड़े से कण अपने मार्ग से 90° के कोण से वापस लौट आते हैं जिससे यह सिद्ध होता है कि परमाणु का केन्द्र ठोस एवं धनावेशित होता है।
   (d) प्रयोग की मुख्य विशेषताएँ निम्न हैं—
      (i) परमाणु का केन्द्र धनावेशित होता है जिसे नाभिक कहा जाता है। एक परमाणु का लगभग संपूर्ण द्रव्यमान नाभिक में ही विद्यमान होता है।
      (ii) इलेक्ट्रॉन नाभिक के चारों ओर निश्चित कक्षाओं में परिक्रमा करते रहते हैं।
      (iii) नाभिक का आकार परमाणु के आकार की तुलना में बहुत कम होता है।
2. ∵ मैग्नीशियम ($Mg^{2+}$) का इलेक्ट्रॉनिक विन्याश 2, 8, 2 है तथा इसमें प्रोटॉनों और न्यूट्रॉनों की संख्या क्रमश: 12, 12 है।
   ∴ विकल्प (d) सही है।

### कूट आधारित प्रश्न (Coding Based Questions)

**1.** (a) **2.** (b)

**रिक्त स्थानों की पूर्ति कीजिए? (Fill in the blanks)**

1. एक परमाणु में उपस्थित **प्रोटॉन** की संख्या उसकी परमाणु संख्या को बताती है।
2. किसी परमाणु में प्रोटॉनों तथा न्यूट्रॉनों की संख्या का योग **परमाणु द्रव्यमान** कहलाता है।
3. परमाणु ${}_{n}X^{m}$ के समस्थानिक में न्यूट्रॉनों की संख्या **(m-n)** है।
4. एक तत्व का परमाणु भार 31 है। यदि इस तत्व में 16 न्यूट्रॉन हो तो इसका परमाणु क्रमांक **15** होगा।
5. निऑन और क्लोरीन के परमाणु क्रमांक क्रमश: 10 और 17 हैं। इनकी संयोजकताएँ क्रमश: **0** और **1** होगी।

**सुमेलन आधारित प्रश्न (Matching Based Questions)**

| | कॉलम 'A' | | कॉलम 'B' |
|---|---|---|---|
| (a) | अर्नेस्ट रदरफोर्ड | (iii) | नाभिक की अवधारणा |
| (b) | जे०जे० थॉमसन | (iv) | इलेक्ट्रॉन की खोज |
| (c) | डाल्टन | (i) | परमाणुओं की अविभाज्यता |
| (d) | नील्स बोर | (ii) | स्थायी कक्षक |
| (e) | जेम्स | (vi) | न्यूट्रॉन |
| (f) | ई० गोल्डस्टीन | (vii) | कैनाल किरणें |
| (g) | मोज्ले | (v) | परमाणु क्रमांक |

**कौन-सा सही कथन नहीं है? (Which statement is not correct?)**

**1.** (c) (ii) तथा (iv) दोनों **2.** (b) केवल (ii)

**सत्य या असत्य लिखिए? (Write true or false)**

**1.** सत्य **2.** असत्य **3.** असत्य **4.** सत्य **5.** सत्य

**उच्च स्तरीय विचारात्मक प्रश्न (HOTS Questions)**

1. न्यूट्रॉन की खोज में देरी इसलिए हुई क्यों एक तो न्यूट्रॉन की प्रोट्रॉनों की तरह परमाणु के नाभिक में होते हैं, यह इलेक्ट्रॉनों की तरह गतिमान भी वही है तथा सबसे अहम पर है कि यह उदासीन कण है। इस पर कोई धनावेश या ऋणावेश नहीं होता है। इसी कारण इसकी खोज में अधिक समय लगा।
2. विसर्जन नली में धन किरणों का स्रोत उसमें भरी गैस में उपस्थित $\alpha$-कण होते हैं।
3. किसी परमाणु को स्वतंत्र अवस्था में रहने के लिए उसके स्थान का महत्व होता है अगर परमाणु के आखरी कोण में आठ इलेक्ट्रॉन नहीं है तो वह परमाणु स्थाई नहीं रहेगा। अगर प्रमाणित समय रहेगा तो वह अभिक्रिया कर जाएगा क्योंकि सभी परमाणुओं के आखिरी कोश में आठ इलेक्ट्रॉन नहीं होते हैं जिसमें उसका अष्टक पूर्ण नहीं होता इसलिए परमाणु स्वतंत्र अवस्था में नहीं रह सकता बल्कि वह एक दूसरे के साथ मिलकर आण्विक अवस्था में रह सकता है।

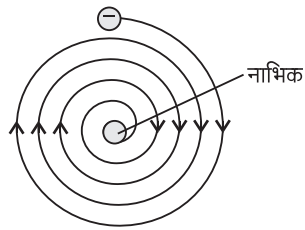
4. रदरफोर्ड के परमाणु मॉडल को सौरमंडल मॉडल भी कहते हैं क्योंकि इसकी रचना सूर्यमण्डल के समान होती है, जिसमें समस्त ग्रह सूर्य के चारों ओर चक्कर लगाते हैं।
5. आधुनिक आवर्त नियम के अनुसार तत्वों के भौतिक व रासायनिक गुणधर्म उनके परमाणु क्रमांकों के आवर्ती फलन होते हैं, न कि परमाणु भार के। हम जानते हैं कि किसी तत्व का परमाणु क्रमांक उस तत्व के नाभिकीय आवेश (प्रोटॉनों की संख्या) या उदासीन परमाणु में उपस्थित इलेक्ट्रॉनों की संख्या के बराबर होता है। इसके पश्चात् क्वांटम संख्याओं की सार्थकता और इलेक्ट्रॉनिक विकासों की आवर्तिता को समझना सरल हो जाता है। अत: किसी तत्व का मूल लक्षण परमाणु क्रमांक होता है।

## अति लघु उत्तरीय प्रश्न (Very Short Answer Type Questions)

1. इलेक्ट्रॉन के बारे में।
2. प्रोटियम, ड्यूटीरियम तथा ट्राइटियम
3. ${}^{16}_{8}X$ तथा ${}^{17}_{8}X$
4. प्रोटॉन = 13, इलेक्ट्रॉन = 10
5. धनावेश।
6. रदरफोर्ड
7. इलेक्ट्रॉनों की कक्षा में वितरण का सूत्र $2n^2$ होता है।

## लघु उत्तरीय प्रश्न (Short Answer Type Questions)

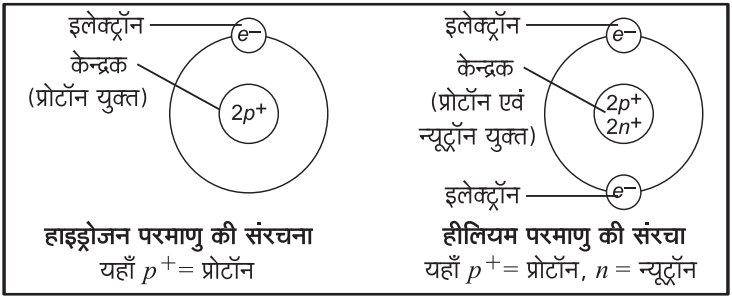
1. **रदरफोर्ड के परमाणु मॉडल** (Rutherford's Model of the Atom)—यह रदरफोर्ड के $\alpha$-कण प्रकीर्णन प्रयोग पर आधारित है। इसे नाभिकीय परमाणु मॉडल भी कहते हैं। इसे नाभिकीय मॉडल के अनुसार—



चित्र-इलेक्ट्रॉन का नाभिक में गिरना

   (i) परमाणु अतिसूक्ष्म, गोलाकार तथा विद्युत उदासीन होता है। परमाणु दो भागों (नाभिक तथा बाहरी भाग) से मिलकर बना है।
   (ii) नाभिक परमाणु के केन्द्र में स्थित धनावेशित भाग है। नाभिक में सारे प्रोटॉन तथा न्यूट्रॉन उपस्थित होते हैं। नाभिक में परमाणु का लगभग सारा द्रव्यमान तथा सारा धनावेश होता है।
   (iii) नाभिक के चारों ओर खाली भाग में ऋणावेशित इलेक्ट्रॉन होते हैं। इलेक्ट्रॉन, नाभिक के चारों ओर निश्चित वृत्ताकार कक्षाओं में तीव्र गति से चक्कर लगाते हैं। घूमते हुए इलेक्ट्रॉन के वृत्ताकार पथ को कक्षक (orbits) या कक्षा (shells) कहते हैं।
   (iv) धनावेशित नाभिक, इलेक्ट्रॉनों को अपनी ओर आकर्षित करता है। परन्तु नाभिक में नहीं गिरते हैं। इसका कारण है कि इलेक्ट्रॉन की गति के कारण उत्पन्न उपकेन्द्र बल (centrifugal force) नाभिक तथा इलेक्ट्रॉन के बीच आकर्षण बल को संतुलित कर देता है।

**हाइड्रोजन परमाणु की संरचना**—हाइड्रोजन परमाणु सबसे साधारण है, इसमें एक इलेक्ट्रॉन तथा एक प्रोटॉन होता है। हाइड्रोजन परमाणु में न्युट्रॉन नहीं होता है। प्रोटॉन ($p^+$) नाभिक में होता है। परमाणु के केन्द्र में नाभिक होता है तथा इलेक्ट्रॉन, नाभिक के चारों ओर वृत्ताकार कक्षा में गति करते हैं।




**हाइड्रोजन परमाणु की संरचना**
यहाँ $p^+$ = प्रोटॉन

**हीलियम परमाणु की संरचा**
यहाँ $p^+$ = प्रोटॉन, $n$ = न्यूट्रॉन

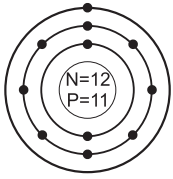
**हीलियम परमाणु की संरचना**—हीलियम परमाणु में 2 इलेक्ट्रॉन, 2 प्रोटॉन तथा 2 न्यूट्रॉन होते हैं। प्रोटॉन तथा न्यूट्रॉन नाभिक में होते हैं, जबकि 2 इलेक्ट्रॉन नाभिक के चारों ओर वृत्ताकार कक्षा में गति करते हैं।

**2.** समस्थानिकों तथा समभारी में अन्तर

| | **समस्थानिक** (Isotopes) | **समभारिक** (Isobars) |
|---|---|---|
| 1. | इनकी परमाणु संख्या समान परन्तु परमाणु द्रव्यमान भिन्न-भिन्न होता है। | इनका परमाणु द्रव्यमान (द्रव्यमान संख्या) समान, परन्तु परमाणु संख्या भिन्न होती है। |
| 2. | इनके रासायनिक गुण समान होते हैं। | इनके रासायनिक गुण समान नहीं होते। |
| 3. | इनका इलेक्ट्रॉनों विन्यास समान होता है। | इनका इलेक्ट्रॉनिक विन्यास समान नहीं होता। |
| 4. | आवर्त सारणी में एक ही स्थान होता है। | आवर्त सारणी में स्थान अलग-अलग होता है। |

**3.** $_{11}Na^{23}$

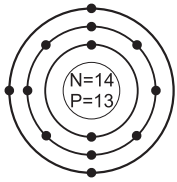
इलेक्ट्रोनों का विन्यास 2, 8, 1




Na

$_{13}Al^{27}$

इलेक्ट्रोनों का विन्यास 2, 8, 3



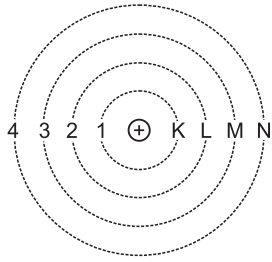

Al

**4.** रदरफोर्ड के मॉडल की कमियों को दूर करने के लिए नील्स बोहर ने परमाणु संरचना के बारे में एक मॉडल प्रस्तुत किया इस मॉडल के अनुसार,

(i) इलेक्ट्रॉन नाभिक के चारों ओर बन्द वृत्तीय कक्षाओं में (closed circular orbits) में चक्कर लगाते हैं। चक्करों के लिये आवश्यक अभिकेन्द्र बल का कार्य इलेक्ट्रॉन और नाभिक के बीच का स्थिर विद्युतीय आकर्षण करता है।

(ii) इलेक्ट्रॉन कुछ विशिष्ट कक्षाओं में ही नाभिक के चारों ओर परिक्रमा कर सकते हैं, इन कक्षाओं में परिक्रमा करते हुए वे ऊर्जा विकिरित नहीं करते। इन कक्षाओं को इलेक्ट्रॉन की स्थिर कक्षाएँ (stationary orbits) या ऊर्जा स्तर (energy levels) कहते हैं।

(iii) जब तक इलेक्ट्रॉन अपनी स्थिर कक्षा में परिक्रमा करते रहते हैं तब तक परमाणु द्वारा ऊर्जा विकिरित नहीं होती। एक निश्चित मात्रा में ऊर्जा विकरित कर या शोषित कर परिक्रमा करता हुआ इलेक्ट्रॉन अपनी कक्षा परिवर्तित कर सकता है। इस निश्चित मात्रा की ऊर्जा को क्वाण्टम (quantum) कहते हैं। इसका मान $hv$ होता है। यहाँ $h$ प्लांक स्थिरांक है तथा $v$ ऊर्जा की आवृत्ति है। यदि इलेक्ट्रॉन एक क्वाण्टम ऊर्जा विकिरित करता है तो वह एक उच्च ऊर्जा स्तर से दूसरे निम्न ऊर्जा स्तर की स्थिर कक्षा में कूदकर परिक्रमा करने लगता है और यदि इलेक्ट्रॉन एक क्वाण्टम ऊर्जा शोषित करता है तो वह एक निम्न ऊर्जा स्तर से दूसरे उच्च ऊर्जा स्तर की स्थिर कक्षा में कूदकर परिक्रमा करता है।



चित्र–ऊर्जा स्तर

**ऊर्जा स्तर** (Energy Level)—बोहर के परमाणु रचना के सिद्धान्त के अनुसार इलेक्ट्रॉन नाभिक के चारों ओर कुछ निश्चित कक्षाओं में ही घूम सकते हैं जिन्हें स्थिर कक्षा कहते हैं। इन कक्षाओं में त्रिज्या निश्चित होती है तथा इनमें घूमने वाले इलेक्ट्रॉनों की एक निश्चित ऊर्जा होती है। अत: इन कक्षाओं को ऊर्जा स्तर (energy levels) कहते हैं। नाभिक से प्रारम्भ करके इन कक्षाओं को 1, 2, 3, 4… आदि अंकों अथवा K, L, M, N आदि अक्षरों से प्रदर्शित करते हैं। 1, 2, 3, 4… आदि अंकों को मुख्य क्वाण्टम संख्या (principle quantum numbers) $n$ से निरूपित करते हैं। नाभिक के बाद की कक्षा के लिये मुख्य क्वाण्टम संख्या $n = 1$ होती है। इसे पहली कक्षा कहते हैं और पहले इलेक्ट्रॉन की ऊर्जा सबसे कम होती है। इन कक्षाओं को कोश या शैल (shell) भी कहते हैं। जैसे K कक्षा को K–कोश, L–कक्षा को L–कोश आदि कहते हैं।

**5.** परमाणु के नाभिक के चारों ओर अनेक वृत्तीय कक्षाएँ सम्भव है लेकिन इलेक्ट्रॉन इन सभी सम्भव कक्षाओं में नहीं घूमते हैं। इलेक्ट्रॉन केवल कुछ निश्चित कक्षाओं में निश्चित संख्याओं में घूमते हैं। इन निश्चित कक्षाओं को स्थायी अवथा स्थिर अथवा अनुमेयक कक्षाएँ कहते हैं।

**6. कैथोड किरणों के प्रमुख गुण—**

(i) कैथोड किरणें सीधी रेखाओं में चलती हैं।

(ii) यदि हम कैथोड किरणों के पय में एक पिन–व्हील (हल्का पहिया) रख दें तो कैथोड–पुंज पिन–व्हील को घुमा देती है।

(iii) कैथोड किरणें विद्युत और चुम्बकीय क्षेत्रों में विक्षेपित होती है।

(iv) कैथोड किरणें काँच की नली की दीवारों में प्रतिदीप्ति उत्पन्न करती हैं।

(v) कैथोड किरणें धातु की पतली पन्नी में तापदीप्ति उत्पन्न करती हैं॥

(vi) कैथोड किरणें गैसों को आयनित करती है और फोटोग्राफिक प्लेट को प्रभावित करती हैं।

(vii) कैथोड किरणें धातु की पतली पन्नी को बेधकर आर-पार निकल जाती है।

(viii) कैथोड किरणें $X$-किरणें उत्पन्न करती हैं।

**7.** इलेक्ट्रॉन, नाभिक के चारों ओर निश्चित ऊर्जा स्तर में घूमते रहते हैं। इन ऊर्जा स्तरों को कक्षक या कक्षा भी कहते हैं। इन कक्षक या कक्षाओं की संख्या 1, 2, 3, 4..... ;ा अक्षर K, L, M, N..... से प्रदर्शित करते हैं। K कक्षा की ऊर्जा न्यूनतम् होती है, क्योंकि यह नाभिक के सबसे अधिक पास होती है। L कक्षा में थोड़ी ऊर्जा अधिक होती, क्योंकि यह नाभिक से थोड़ी दूरी पर होती है। किसी तत्व के सबसे बाहरी कक्षा की ऊर्जा अधिकतम् होती हैं।

**8. इलेक्ट्रॉनों का वितरण**—परमाणु में इलेक्ट्रॉन नाभिक के चारों ओर विभिन्न कक्षाओं में घूमते रहते हैं। परमाणु में इलेक्ट्रॉनों की संख्या, प्रोट्रॉनों की संख्या के बराबर होती है। परमाणु की विभिन्न कक्षाओं (जिन्हें प्रथम कक्षा से क्रमश: K, L, M, N... से व्यक्त किया जाता है।) में इलेक्ट्रॉनों की व्यवस्था को उस तत्त्व का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास (Electronic Configuration) कहते हैं।

नील्स बोहर तथा बरी नामक वैज्ञानिक ने परमाणु की विभिन्न कक्षाओं में इलेक्ट्रॉनों का वितरण बताने के लिए कुछ नियम निर्धारित किये जिन्हें बोहर-बरी नियम (Bohr-Burry Scheme) कहते हैं। ये नियम निम्नलिखित हैं—

1. किसी कक्षा में इलेक्ट्रॉनों की अधिकतम संख्या $2n^2$ होती है, जहाँ $n$ कक्षा की संख्या है। ($n = 1, 2, 3, 4\ldots$)

   पहली कक्षा (K), $n = 1$ में इलेक्ट्रॉनों की अधिकतम संख्या $= 2n^2 = 2\times1^2 = 2$

   दूसरी कक्षा (K), $n = 2$ में इलेक्ट्रॉनों की अधिकतम संख्या $= 2n^2 = 2\times2^2 = 8$

   तीसरी कक्षा (K), $n = 3$ में इलेक्ट्रॉनों की अधिकतम संख्या $= 2n^2 = 2\times3^2 = 18$

   चौथी कक्षा (K), $n = 4$ में इलेक्ट्रॉनों की अधिकतम संख्या $= 2n^2 = 2\times4^2 = 32$

2. परमाणु की सबसे बाहरी कक्षा (Outermost obrit) में 8 से अधिक इलेक्ट्रॉन तथा इससे पहली वाली कक्षा (Penultimate orbit) में 18 से अधिक इलेक्ट्रॉन नहीं हो सकते।

3. यह आवश्यक नहीं है कि नियम (1) के अनुसार किसी कक्षा में इलेक्ट्रॉनों की संख्या पूर्ण होने पर ही उसके आगे वाली कक्षा में इलेक्ट्रॉन भरें, बल्कि जब बाह्यतम कक्षा में 8 इलेक्ट्रॉन हो जाते हैं तो नई कक्षा में इलेक्ट्रॉन भरने प्रारम्भ हो जाते हैं।

   **उदाहरणार्थ**—पोटैशियम का परमाणु क्रमांक 19 है, इसमें 19 इलेक्ट्रॉन होते हैं। इसका इलेक्ट्रॉनिक विन्यास 2, 8, 9 सम्भव नहीं है, क्योंकि इसमें नियम (2) का उल्लंघन हो रहा है। अत: सही विन्यास 2, 8, 8, 1 होगा। नियम 3 के अनुसार तीसरी कक्षा में 8 इलेक्ट्रॉन हो जाने पर (यद्यपि इसमें 18 इलेक्ट्रॉन आ सकते हैं) चौथी कक्षा खुल जाती है।

4. सबसे बाहरी कक्षा में 2 से अधिक और उससे पहली वाली कक्षा में 9 से अधिक इलेक्ट्रॉन तब तक नहीं हो सकते जब तक कि बाहर से तीसरी कक्षा में नियम (1) के अनुसार अधिकतम इलेक्ट्रॉन न हो जायें।

**विस्तृत उत्तरीय प्रश्न (Long Answer Type Questions)**

1. **परमाणुओं की कक्षाओं में इलेक्ट्रॉनों का वितरण : बोहर-बरी की योजना**—परमाणु में इलेक्ट्रॉन नाभिक के चारों ओर विभिन्न कक्षाओं में घूमते रहते हैं। परमाणु में इलेक्ट्रॉनों की संख्या, प्रोट्रॉनों की संख्या के बराबर होती है। परमाणु की विभिन्न कक्षाओं (जिन्हें प्रथम कक्षा से क्रमश: K, L, M, N... से व्यक्त किया जाता है।) में इलेक्ट्रॉनों की व्यवस्था को उस तत्त्व का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास (Electronic Configuration) कहते हैं। नील्स बोहर तथा बरी नामक वैज्ञानिक ने परमाणु की विभिन्न कक्षाओं में इलेक्ट्रॉनों का वितरण बताने के लिए कुछ नियम निर्धारित किये जिन्हें बोहर-बरी नियम (Bohr-Burry Scheme) कहते हैं। ये नियम निम्नलिखित हैं—

   1. किसी कक्षा में इलेक्ट्रॉनों की अधिकतम संख्या $2n^2$ होती है, जहाँ $n$ कक्षा की संख्या है। ($n = 1, 2, 3, 4...$)

      पहली कक्षा (K), $n = 1$ में इलेक्ट्रॉनों की अधिकतम संख्या $= 2n^2 = 2 \times 1^2 = 2$

      दूसरी कक्षा (L), $n = 2$ में इलेक्ट्रॉनों की अधिकतम संख्या $= 2n^2 = 2 \times 2^2 = 8$

      तीसरी कक्षा (M), $n = 3$ में इलेक्ट्रॉनों की अधिकतम संख्या $= 2n^2 = 2 \times 3^2 = 18$

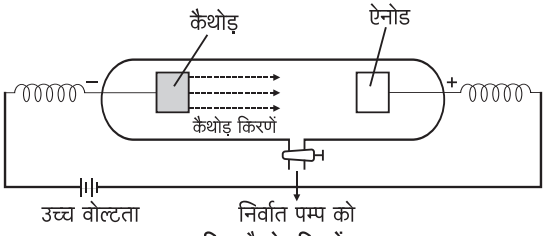
      चौथी कक्षा (N), $n = 4$ में इलेक्ट्रॉनों की अधिकतम संख्या $= 2n^2 = 2 \times 4^2 = 32$
   2. परमाणु की सबसे बाहरी कक्षा (Outermost obrit) में 8 से अधिक इलेक्ट्रॉन तथा इससे पहली वाली कक्षा (Penultimate orbit) में 18 से अधिक इलेक्ट्रॉन नहीं हो सकते।
   3. यह आवश्यक नहीं है कि नियम (1) के अनुसार किसी कक्षा में इलेक्ट्रॉनों की संख्या पूर्ण होने पर ही उसके आगे वाली कक्षा में इलेक्ट्रॉन भरें, बल्कि जब बाह्यतम कक्षा में 8 इलेक्ट्रॉन हो जाते हैं तो नई कक्षा में इलेक्ट्रॉन भरने प्रारम्भ हो जाते हैं।

      उदाहरणार्थ—पोटैशियम का परमाणु क्रमांक 19 है, इसमें 19 इलेक्ट्रॉन होते हैं। इसका इलेक्ट्रॉनिक विन्यास 2, 8, 9 सम्भव नहीं है, क्योंकि इसमें नियम (2) का उल्लंघन हो रहा है। अत: सही विन्यास 2, 8, 8, 1 होगा। नियम 3 के अनुसार तीसरी कक्षा में 8 इलेक्ट्रॉन हो जाने पर (यद्यपि इसमें 18 इलेक्ट्रॉन आ सकते हैं) चौथी कक्षा खुल जाती है।
   4. सबसे बाहरी कक्षा में 2 से अधिक और उससे पहली वाली कक्षा में 9 से अधिक इलेक्ट्रॉन तब तक नहीं हो सकते जब तक कि बाहर से तीसरी कक्षा में नियम (1) के अनुसार अधिकतम इलेक्ट्रॉन न हो जायें।

2. **इलेक्ट्रॉन की खोज** (Discovery of Electron)—सर जे०जे० टॉमसन ने सन् 1897 ई० में इलेक्ट्रॉन की खोज की।

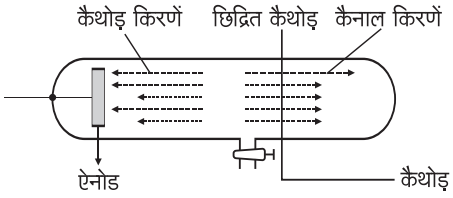
   सामान्य दाब पर गैसें प्राय: विद्युत कुचालक (non-conductor of electricity) होती है। गैस्लर (Geissler) तथा विलियम क्रूक्स (William Crookes) ने यह सिद्ध किया कि गैस का दाब काफी कम कर दिया जाये तो उनमें से विद्युत धारा प्रवाहित हो सकती है। जूलिअस प्लकर (1859) ने ज्ञात किया कि किसी गैस में बहुत कम दाब (0.001 मिमी Hg) व उच्च विभव पर विद्युत विसर्जन करने पर विसर्जन नली के कैथोड

(ऋण-इलेक्ट्रोड) से एक अदृश्य किरण-पुंज निकलती है जो कैथोड से ऐनोड (धन-इलेक्ट्रोड) की ओर चलती है और कैथोड के सामने वाली काँच की नली की दीवार में हरे रंग की प्रतिदीप्ति (fluorescence) उत्पन्न करती है। गोल्डस्टीन (Goldstein) ने कैथोड से निकली इन अदृश्य किरणों का नाम कैथोड किरणें (Cathode Rays) रखा।




**चित्र-कैथोड़ किरणें**

**प्रोटॉन की खोज** (Discovery of Proton)—परमाणु विद्युत उदासीन होते हैं, अत: यदि परमाणु में ऋण आवेश युक्त इलेक्ट्रॉन कण हैं, तो इनको उदासीन करने के लिए परमाणु में धन आवेशित कण भी अवश्य होने चाहिए। इस तथ्य के आधार पर गोल्डस्टीन (1886) ने ज्ञात किया कि जब छिद्रित (perforated) कैथोड लगी हुई विसर्जन नली में अल्प दाब पर गैसों में विद्युत विसर्जन कराया जाता है तो कैथोड के पीछे दीप्ति (glow) उत्पन्न होती है। उन्होंने प्रयोग द्वारा सिद्ध किया कि एक प्रकार की किरणें कैथोड के छिद्रों से निकलर कैथोड के पीछे के क्षेत्र में प्रविष्ट होती है और इस प्रकार कैथोड के पीछे दीप्ति उत्पन्न होती है। गोल्डस्टीन ने इन किरणों का नाम कैनाल किरणें रखा, क्योंकि ये किरणें कैथोड के छिद्रों (canals) में से निकलकर दूसरी ओर चली जाती हैं। वीन (W.Wein, 1897) ने प्रयोगों द्वारा सिद्ध किया कि कैनाल किरणें धनावेशित कणों से बनी होती हैं। अत: इन्हें "धन किरणें" (Positive rays) या ऐनोड किरणें भी कहते हैं।

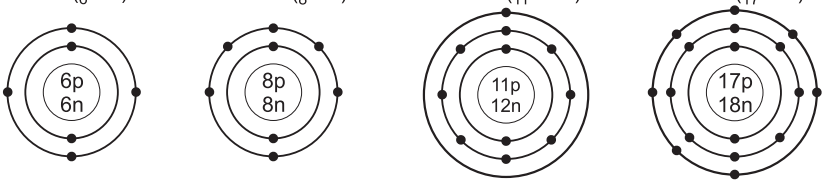



**चित्र-कैनाल किरणें**

**न्यूट्रॉन की खोज**—सर जेम्स चैडविक (Sir James Chadwick) ने बेरीलियम पर एल्फा कणों की वर्षा करके देखा कि उससे एक प्रकार के कण निकलते हैं। प्रयोगों द्वारा ज्ञात हुआ कि इन कणों पर कोई आवेश नहीं होता और इनका द्रव्यमान प्रोटॉन के द्रव्यमान के लगभग बराबर होता है। इन कणों को न्यूट्रॉन कहा गया। अनेक नाभिकीय अभिक्रियाओं के अध्ययन से अब यह ज्ञात हो चुका है कि तत्त्वों के परमाणुओं में न्यूट्रॉन उपस्थित होते हैं, अर्थात् न्यूट्रॉन भी इलेक्ट्रॉन तथा प्रोटॉन की भाँति पदार्थों का एक मूल कण होता है।

$$_4Be^6 + {}_2He^4 \longrightarrow {}_6C^{12} + {}_0n^1$$

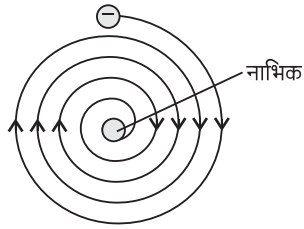
**3.** कार्बन ($_6C^{12}$) ऑक्सीजन ($_8C^{16}$) सोडियम ($_{11}Na^{23}$) क्लोरीन ($_{17}Cl^{35}$)




**4. रदरफोर्ड के परमाणु मॉडल** (Rutherford's Model of the Atom)—यह रदरफोर्ड के $\alpha$-कण प्रकीर्णन प्रयोग पर आधारित है। इसे नाभिकीय परमाणु मॉडल भी कहते हैं। इसे नाभिकीय मॉडल के अनुसार—

(i) परमाणु अतिसूक्ष्म, गोलाकार तथा विद्युत उदासीन होता है। परमाणु दो भागों (नाभिक तथा बाहरी भाग) से मिलकर बना है।

(ii) नाभिक परमाणु के केन्द्र में स्थित धनावेशित भाग है। नाभिक में सारे प्रोटॉन तथा न्यूट्रॉन उपस्थित होते हैं। नाभिक में परमाणु का लगभग सारा द्रव्यमान तथा सारा धनावेश होता है।

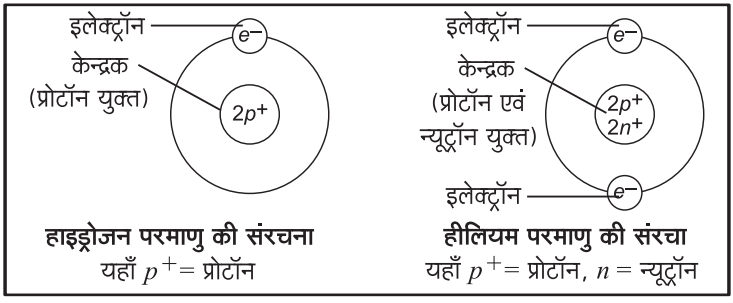


चित्र-इलेक्ट्रॉन का नाभिक में गिरना

(iii) नाभिक के चारों ओर खाली भाग में ऋणावेशित इलेक्ट्रॉन होते हैं। इलेक्ट्रॉन, नाभिक के चारों ओर निश्चित वृत्ताकार कक्षाओं में तीव्र गति से चक्कर लगाते हैं। घूमते हुए इलेक्ट्रॉन के वृत्ताकार पथ को कक्षक (orbits) या कक्षा (shells) कहते हैं।

(iv) धनावेशित नाभिक, इलेक्ट्रॉनों को अपनी ओर आकर्षित करता है। परन्तु नाभिक में नहीं गिरते हैं। इसका कारण है कि इलेक्ट्रॉन की गति के कारण उत्पन्न उपकेन्द्र बल (centrifugal force) नाभिक तथा इलेक्ट्रॉन के बीच आकर्षण बल को संतुलित कर देता है।

**हाइड्रोजन परमाणु की संरचना**—हाइड्रोजन परमाणु सबसे साधारण है, इसमें एक इलेक्ट्रॉन तथा एक प्रोटॉन होता है। हाइड्रोजन परमाणु में न्युट्रॉन नहीं होता है। प्रोटॉन ($p^+$) नाभिक में होता है। परमाणु के केन्द्र में नाभिक होता है तथा इलेक्ट्रॉन, नाभिक के चारों ओर वृत्ताकार कक्षा में गति करते हैं।

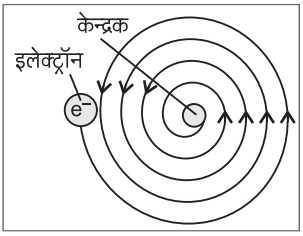


**हाइड्रोजन परमाणु की संरचना**
यहाँ $p^+$ = प्रोटॉन

**हीलियम परमाणु की संरचा**
यहाँ $p^+$ = प्रोटॉन, $n$ = न्यूट्रॉन

**हीलियम परमाणु की संरचना**—हीलियम परमाणु में 2 इलेक्ट्रॉन, 2 प्रोटॉन तथा 2 न्यूट्रॉन होते हैं। प्रोटॉन तथा न्यूट्रॉन नाभिक में होते हैं, जबकि 2 इलेक्ट्रॉन नाभिक के चारों ओर वृत्ताकार कक्षा में गति करते हैं।

**रदरफोर्ड के परमाणु मॉडल की कमियाँ**—रदरफोर्ड के परमाणु मॉडल की सबसे बड़ी कमी यह थी कि वह परमाणु के स्थायित्व (stability) की व्याख्या नही कर सका।




(1) रदरफोर्ड के परमाणु मॉडल, वैद्युत गतिकी (electrodynamics) के नियमों के विरूद्ध है। एक गतिमान आवेशित कण लगातार ऊर्जा का उत्सर्जन वैद्युत चुम्बकीय विकिरण के रूप में करता है। अत: इलेक्ट्रॉन की ऊर्जा लगातार घटती जाती है तथा उसका पथ लगातार छोटा होता जाता है। जिससे इलेक्ट्रॉन, नाभिक के पास आता जायेगा और अंतत: वह नाभिक में गिर जायेगा। जिससे परमाणु नष्ट हो जायेगा। परन्तु ऐसा नहीं होता है, क्योंकि परमाणु स्थायी होता है।

अत: रदरफोर्ड मांडल परमाणु के स्थायित्व की व्याख्या नहीं करता है।

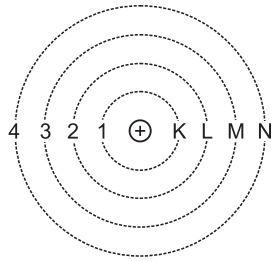
रदरफोर्ड के मॉडल की कमियों को दूर करने के लिए नील्स बोहर ने परमाणु संरचना के बारे में एक मॉडल प्रस्तुत किया इस मॉडल के अनुसार,

(i) इलेक्ट्रॉन नाभिक के चारों ओर बन्द वृत्तीय कक्षाओं में (closed circular orbits) में चक्कर लगाते हैं। चक्करों के लिये आवश्यक अभिकेन्द्र बल का कार्य इलेक्ट्रॉन और नाभिक के बीच का स्थिर विद्युतीय आकर्षण करता है।

(ii) इलेक्ट्रॉन कुछ विशिष्ट कक्षाओं में ही नाभिक के चारों ओर परिक्रमा कर सकते हैं, इन कक्षाओं में परिक्रमा करते हुए वे ऊर्जा विकिरित नहीं करते। इन कक्षाओं को इलेक्ट्रॉन की स्थिर कक्षाएँ (stationary orbits) या ऊर्जा स्तर (energy levels) कहते हैं।

(iii) जब तक इलेक्ट्रॉन अपनी स्थिर कक्षा में परिक्रमा करते रहते हैं तब तक परमाणु द्वारा ऊर्जा विकिरित नहीं होती। एक निश्चित मात्रा में ऊर्जा विकरित कर या शोषित कर परिक्रमा करता हुआ इलेक्ट्रॉन अपनी कक्षा परिवर्तित कर सकता है। इस निश्चित मात्रा की ऊर्जा को क्वाण्टम (quantum) कहते हैं। इसका मान $hv$ होता है। यहाँ $h$ प्लांक स्थिरांक है तथा $v$ ऊर्जा की आवृत्ति है। यदि इलेक्ट्रॉन एक क्वाण्टम ऊर्जा विकिरित करता है तो वह एक उच्च ऊर्जा स्तर से दूसरे निम्न ऊर्जा स्तर की स्थिर कक्षा में कूदकर परिक्रमा करने लगता है और यदि इलेक्ट्रॉन एक क्वाण्टम ऊर्जा शोषित करता है तो वह एक निम्न ऊर्जा स्तर से दूसरे उच्च ऊर्जा स्तर की स्थिर कक्षा में कूदकर परिक्रमा करता है।

**ऊर्जा स्तर** (Energy Level)—बोहर के परमाणु रचना के सिद्धान्त के अनुसार इलेक्ट्रॉन नाभिक के चारों ओर कुछ निश्चित कक्षाओं में ही घूम सकते हैं जिन्हें स्थिर कक्षा कहते हैं। इन कक्षाओं में त्रिज्या निश्चित होती है तथा इनमें घूमने वाले इलेक्ट्रॉनों की एक निश्चित ऊर्जा होती है। अत: इन कक्षाओं को ऊर्जा स्तर (energy levels) कहते हैं। नाभिक से प्रारम्भ करके इन कक्षाओं को 1, 2, 3, 4... आदि अंकों अथवा K, L, M, N आदि अक्षरों से प्रदर्शित करते हैं। 1, 2, 3, 4... आदि अंकों को मुख्य क्वाण्टम संख्या (principle quantum numbers) $n$ से निरूपित करते हैं। नाभिक के बाद की कक्षा के लिये मुख्य क्वाण्टम संख्या $n = 1$ होती है। इसे पहली कक्षा कहते हैं और पहले इलेक्ट्रॉन की ऊर्जा सबसे कम होती है। इन कक्षाओं को कोश या शैल (shell) भी कहते हैं। जैसे K कक्षा को K-कोश, L-कक्षा को L-कोश आदि कहते हैं।



चित्र-ऊर्जा स्तर

**5.**

| तत्व | परमाणु संख्या |
|---|---|
| लीथियम (Li) | 3 |
| बेरीलियम (Be) | 4 |
| कार्बन (C) | 6 |
| नाइट्रोजन (N) | 7 |
| ऑक्सीजन (O) | 8 |
| सोडियम (Na) | 11 |
| मैग्नीशियम (Mg) | 12 |
| एलुमिनियम (Al) | 13 |
| क्लोरीन (Cl) | 17 |
| आर्गन (Ar) | 18 |

**6. अणु और परमाणु** (Molecule and Atom)—सन् 1811 में इटली के वैज्ञानिक आवोगाद्रो ने यह बताया कि पदार्थों के सूक्ष्म कण दो प्रकार के होते हैं—

1. अणु (Molecule), 2. परमाणु (Atom)।

**1. अणु** (Molecule)—यह द्रव्य का वह सूक्ष्मतम कण है जो परमाणुओं से मिलकर बनता है, स्वतन्त्र अवस्था में यह सकता है तथा उसमें पदार्थों के सभी गुण विद्यमान रहते हैं।

रासायनिक क्रिया में अणु, परमाणुओं में विभाजित हो जाते हैं जो परस्पर संयोग करके उत्पाद के अणु बनाते हैं तत्वों के अणु एक ही प्रकार के परमाणुओं से मिलकर बनते हैं। ये एकपरमाणुक (mono-atomic), द्विपरमाणुक (di-atomic) या बहुपरमाणुक (poly-atomic) होते हैं। हीलियम (He), नियॉन (Ne) आदि अक्रिया गैसा (inert gases) के अणु एकपरमाणुक होते हैं। ऑक्सीजन ($O_2$), हाइड्रोजन ($H_2$), क्लोरीन ($Cl_2$) आदि

गैसों के अणु दो समान प्रकार के परमाणुओं से मिलकर बने होते हैं; अत: ये द्विपरमाणुक होते हैं। फॉस्फोरस के एक अणु ($P_4$) में चार परमाणु होते हैं, सल्फर के एक अणु ($S_8$) में आठ परमाणु होते हैं; अत: ये बहु परमाणुक होते हैं।

यौगिक का अणु भिन्न-भिन्न प्रकार के तत्त्वों के परमाणुओं के निश्चत अनुपात में संयोग करने से बनता है। कार्बन का एक परमाणु ऑक्सीजन (O) के दो परमाणुओं से मिलकर कार्बन डाइ-ऑक्साइड ($CO_2$) यौगिक का एक अणु बनाता है। हाइड्रोजन के दो परमाणु ऑक्सीजन के एक परमाणु से मिलकर जल ($H_2O$) यौगिक का एक अणु बनाते हैं। नाइट्रोजन का एक परमाणु हाइड्रोजन के तीन परमाणुओं से संयोग करके अयोनिया ($NH_3$) का एक अणु बनाता है। सल्फर का एक परमाणु ऑक्सीजन के दो परमाणु से संयोग करके सल्फर डाइऑक्साइड ($SO_2$) का एक अणु बनाता है।

इस प्रकार तत्त्वों के अणु सम-परमाणुक (homo-atomic) तथा यौगिकों के अणु विषम-परमाणुक होते हैं।

**अणु और परमाणु में अन्तर**

| क्र०सं० | अणु (Molecule) | परमाणु (Atom) |
|---|---|---|
| 1. | यह द्रव्य का सूक्ष्मतम् कण है जो स्वतन्त्र अवस्था में रह सकता है। | यह किसी तत्व का सूक्ष्मतम कण है। |
| 2. | यह रासायनिक अभिक्रिया में प्राय: भाग नहीं लेता। | जो स्वतन्त्र अवस्था में नहीं रह सकता है। |
| 3. | यह रासायनिक अभिक्रिया में प्राय: परमाणु में विभाजित हो जाता है। | यह रासायनिक अभिक्रिया में विभाजित नहीं होता है। |
| 4. | यह एक या एक से अधिक परमाणुओं से मिलकर बनता है। | यह रासायनिक अभिक्रिया में भाग लेने वाले तत्व का सूक्ष्मतम कण है। |

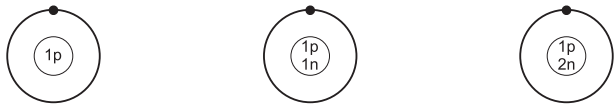
**7. समस्थानिक तथा समभारिक** (Isotopes and Isobars)

**समस्थानिक** (Isotopes)—डाल्टन का मत था कि एक तत्त्व के सभी परमाणु द्रव्यमान आदि की दृष्टि से समान होते हैं, परन्तु सर जे०जे० टॉमसन, विलियम ऑस्टन तथा फैड्रिक सौडी आदि वैज्ञानिक ने ज्ञात किया कि एक ही तत्त्व के परमाणु भिन्न-भिन्न द्रव्यमान वाले हो सकते हैं; इन्हें समस्थानिक (isotopes) कहते हैं। समस्थानिक परमाणुओं के नाभिक में प्रोटॉनों की संख्या समान होती है, परन्तु न्यूट्रॉनों की संख्या भिन्न-भिन्न होती है।

अत: किसी तत्त्व के वे परमाणु जिनकी परमाणु संख्या समान हो किन्तु परमाणु भार भिन्न-भिन्न हो समस्थानिक कहलाते हैं।)

परमाणु संख्या की समानता के कारण समस्थानिकों के रासायनिक गुण समान लेकिन भौतिक गुण भिन्न-भिन्न होते हैं।

**उदाहरणार्थ**—हाइड्रोजन के तीन समस्थानिक ज्ञात हैं। तीनों की परमाणु संख्या 1 है, परन्तु नाभिक में न्यूट्रॉनों की संख्या में विभिन्नता के कारण इनका परमाणु भार 1, 2, 3 होता है। इन्हें क्रमश: प्रोटियम (हाइड्रोजन $_1H^1$) ड्यूटीरियम ($_1H^2$) तथा ट्राइटियम ($_1H^3$) कहते हैं।




प्रोटियम ड्यूटीरियम ट्राइडियम

**चित्र–हाइड्रोजन के समस्थानिक**

अधिकांश तत्वों के परमाणु भार पूर्णांक में न होकर भिन्नात्मक होते हैं। इस तथ्य का स्पष्टीकरण समस्थानिकों की उपस्थिति से समझाया जाता है। किसी तत्व का परमाणु भार उनके समस्त समस्थानिकों के द्रव्यमानों का औसत होता है।

**उदाहरणार्थ**—क्लोरीन के दो समस्थानिक $_{17}Cl^{35}$ (परमाणु भार 35) तथा $_{17}Cl^{37}$ (परमाणु भार 37) होते हैं। साधारण क्लोरीन में ये 3 : 1 के अनुपात में उपस्थित रहते हैं।

$_{17}Cl^{35}$ $_{17}Cl^{37}$

परमाणु क्रमांक = 17 परमाणु क्रमांक = 17

द्रव्यमान संख्या = 35 द्रव्यमान संख्या = 37

**चित्र–क्लोरीन के समस्थानिक**

समस्थानिक $_{17}Cl^{35}$ के 3 परमाणुओं का द्रव्यमान $= 3 \times 35 = 105$

और समस्थानिक $_{17}Cl^{37}$ के 1 परमाणु का द्रव्यमान $= 1 \times 37 = 37$

अत: 4 परमाणुओं का कुल द्रव्यमान $= 105 + 37 = 142$

इसलिए क्लोरीन का औसत परमाणु द्रव्यमान $= \frac{142}{4} = 35.54$

इसका अर्थ यह नहीं है कि क्लोरीन के परमाणु द्रव्यमान एक भिन्नात्मक संख्या 35.54 है। इसका तात्पर्य है कि यदि आप क्लोरीन की कुछ मात्रा लेते हैं तो इसमें क्लोरीन के समस्थानिक होंगे जिनका औसत द्रव्यमान 35.54 होगा।

**रेडियोऐक्टिव समस्थानिकों के उपयोग** (Uses of Radioactive Isotopes)—रेडियो समस्थानिकों, मानव जीवन के कई क्षेत्रों में अत्यन्त उपयोगी हैं। इसके महत्त्वपूर्ण उपयोग निम्नलिखित हैं—

**(i) कोबाल्ट**—60 का उपयोग कैंसर के इलाज में किया जाता है।

**(ii) कार्बन**—12 का प्रयोग पुरानी वस्तुओं के आयु निर्धारण में किया जाता है।

**(iii) आयोडीन**—131 का प्रयोग थायराइड ग्रन्थि की क्रियाशीलता ज्ञात करने में होता है।

**(iv) ड्यूटीरियम**—($_1H^2$) का प्रयोग आणविक भट्टी और भारी जल (heavy water) के निर्माण में होता है।

**(v) यूरेनियम**—238 का उपयोग पृथ्वी की आयु ज्ञात करने में होता है।

समस्थानिक दो प्रकार के होते हैं, स्थायी और अस्थायी। अस्थायी समस्थानिकों के नाभिक अतिरिक्त न्यूट्रॉन के कारण अस्थायी होते हैं तथा अनेक प्रकार के विकिरण जैसे कि एल्फा किरणें, बीटा किरणें व गामा किरणें उत्सर्जित करते हैं। ये अस्थायी समस्थानिक रेडियोऐक्टिव समस्थानिक कहलाते हैं।

**समभारी** (Isobars)—कुछ तत्वों के परमाणुओं का परमाणु भार एक ही होता है, परन्तु इनकी परमाणु संख्या में भिन्नता होती है; ऐसे तत्व समभारी कहलाते हैं।

**उदाहरणार्थ**—कैल्सियम ${}_{20}Ca^{40}$ (परमाणु भार 40, परमाणु संख्या 20) तथा आर्गन ${}_{18}Ar^{40}$ (परमाणु भार 40, परमाणु संख्या 18) समभारी हैं। इनके रासायनिक गुण भिन्न होते हैं। इनके नाभिक का कुल द्रव्यमान समान होता है, परन्तु प्रोटॉन एवं न्यूट्रॉन की संख्या में अन्तर होता है। अत:

विभिन्न तत्त्वों के परमाणु जिनका परमाणु भार तो समान होता है परन्तु उनकी परमाणु संख्या में अन्तर होता है, समभारी कहलाते हैं।

**उदाहरणार्थ**— ${}_{28}Ni^{64}$ तथा ${}_{30}Zn^{64}$, ${}_{36}Kr^{36}$ तथा ${}_{38}Sr^{36}$, ${}_{24}Cr^{54}$ तथा ${}_{26}Fe^{54}$ समभारी हैं।

### समस्थानिक तथा समभारी में तुलना
### (Comparison between Isotopes and Isobars)

| क्र०सं० | समस्थानिक (Isotopes) | समभारी (Isobars) |
|---|---|---|
| 1. | परमाणु संख्या समान किन्तु भार भिन्न-भिन्न होता है। | परमाणु भार समान किन्तु संख्या भिन्न-भिन्न होती है। |
| 2. | नाभिक में प्रोटॉनों की संख्या समान किन्तु न्यूट्रॉनों की संख्या भिन्न होती है। | नाभिक में प्रोटॉनों और न्यूट्रॉनों दोनों की संख्या भिन्न-भिन्न होती है। |
| 3. | रासायनिक गुण-धर्म समान होती हैं। | रासायनिक गुण-धर्म असमान होते हैं। |
| 4. | नाभिक के बाहर इलेक्ट्रॉनों की संख्या समान होती है। | नाभिक के बाहर इलेक्ट्रॉनों की संख्या असमान होती है। |
| 5. | कुछ भौतिक गुण-धर्म भिन्न होते हैं। | केवल परमाणु भार समान होते हैं। |

**8.** तत्व का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास = 2, 8, 18, 1

$\therefore$ तत्व में इलेक्ट्रॉन की संख्या = 2 + 8 + 18 + 1 = 29

$\because$ परमाणु भार (द्रव्यमान) = 63

हम जानते हैं कि, प्रोट्रॉनों की संख्या = इलेक्ट्रॉनों की संख्या = परमाणु क्रमांक

अत: प्रोटॉनों की संख्या तथा इलेक्ट्रॉनों की संख्या = 29

$\therefore$ न्यूट्रॉनों की संख्या = परमाणु भार (द्रव्यमान) – परमाणु क्रमांक = 63 – 29 = 34

अत:, उस तत्व के परमाणु के नाभिक में 34 न्यूट्रॉन उपस्थित होंगे।

### मूल्य आधारित प्रश्न (Value Based Questions)

**1.** परमाणु के नाभिक में प्रोटॉन तथा न्यूट्रॉन उपस्थित होते हैं। अत:, परमाणु के नाभिक में उपस्थित प्रोटॉन तथा न्यूट्रॉन के योग को न्यूक्लिऑन कहते हैं।

अर्थात् Nucleon (न्यूक्लिऑन) = प्रोटॉन (Proton) + न्यूट्रॉन (Neutron)

अत:, जिनमें न्यूक्लिऑन की संख्या समान होती है उन्हें समभारिक (isobars) कहते हैं।

**2.** कार्बन का परमाणु क्रमांक 6 होता है जिसका अर्थ है कि उसके नाभिक के चारों ओर 6 इलेक्ट्रॉन होते हैं। अत: कार्बन का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास $1s^2\ 2s^2\ 2p^2$ है। $2s$ और $2p$ कक्षा में कुल 4 इलेक्ट्रॉन होते हैं, जिनमें से दो $2p$ कक्षा में अयुग्मित अवस्था में होते हैं।

**3.** किसी कक्षक को निर्दिष्ट करने के लिए न्यूनतम तीन क्वांटम संख्याओं की आवश्यकता होती है; मुख्य क्वांटम संख्या (n), अजीमुथल क्वांटम संख्या (l) और चुम्बकीय क्वांटम संख्या (m)

**4.** चूँकि इस तत्व के M कोश में दो इलेक्ट्रॉन है तो इससे ज्ञात होता है कि इसकी पहली दो कक्षा K तथा L पूर्ण हैं। अब जैसा कि हम जानते हैं कि प्रथम कक्षा K में अधिकतम इलेक्ट्रॉन 2 तथा L में अधिकतम इलेक्ट्रॉन 8 रह सकते हैं। अत: इस तत्व का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास निम्नवत् होगा—

| K | L | M |
|---|---|---|
| 2 | 8 | 2 |

अत:, इस तत्व के परमाणु में,

इलेक्ट्रॉनों की संख्या = 2 + 8 + 2 = 12

∵ उदासीन परमाणु में,

परमाणु क्रमांक (Z) = इलेक्ट्रॉनों की संख्या = प्रोटॉनों की संख्या = 12

अत:, इस तत्व का नाम मैग्नीशियम (Mg) है।

**5.** बोर के परमाणु मॉउल के अनुसार इलेक्ट्रॉन नाभिक के चारों ओर निश्चित ऊर्जा स्तर के कक्षों (कोशों) में करते हैं। किसी तत्व के परमाणु में इलेक्ट्रॉनों के वितरण को ही इलेक्ट्रॉनिक विन्यास (electronic configuration) कहते हैं।

बोर तथा बरी नामक वैज्ञानिकों ने सन् 1921 में परमाणु की कक्षाओं में इलेक्ट्रॉनों के वितरण के लिए एक योजना प्रस्तुत की, जिसे बोर–बरी योजना (Bohr-Burry scheme) कहते हैं। वास्तव में यह योजना परमाणु में इलेक्ट्रॉनों की व्यवस्थित या वितरित करने की एक विधि है।

**बोर-बरी योजना के अनुसार—**

1. किसी कक्षा में इलेक्ट्रॉनों की अधिकतम संख्या $2n^2$ होती है, जहाँ $n$ = कक्षा की संख्या है।

   यदि $n = 1$ पहली कक्षा, $2 \times 1^2 = 2$ इलेक्ट्रॉन अधिकतम

   $n = 2$ दूसरी कक्षा, $2 \times 2^3 = 8$ इलेक्ट्रॉन अधिकतम

   $n = 3$ तीसरी कक्षा, $2 \times 3^2 = 18$ इलेक्ट्रॉन अधिकतम

   $n = 4$ चौथी कक्षा, $2 \times 4^2 = 32$ इलेक्ट्रॉन अधिकतम

2. बाह्यतम् कक्षा (outermost orbit, (OMS)) में इलेक्ट्रॉनों की संख्या 8 तक हो सकती है तथा इससे अन्दर वाली कक्षा $(n-1)$ (penultimate orbit) में 18 से अधिक इलेक्ट्रॉन नहीं रह सकते।

3. प्रथम कक्षा में अधिकतम इलेक्ट्रॉनों की संख्या 2 होती है तथा प्रथम कक्षा में 2 इलेक्ट्रॉन भरने के बाद ही दूसरी कक्षा में इलेक्ट्रॉन भरने प्रारंभ होते हैं। इसके बाद किसी भी कक्षा में 8 इलेक्ट्रॉन होने के बाद उससे अगली कक्षा में इलेक्ट्रॉन भरने प्रारंभ होते हैं। e.g. $K_{19} = 2)8)8)1$
4. बाह्यतम् कक्षा (OMS) में 2 से अधिक इलेक्ट्रॉन तभी हो सकते हैं जब OMS से अन्दर कक्षा $(n-1)$ (penultimate orbit) में इलेक्ट्रॉनों की संख्या $2n^2$ नियमानुसार अधिकतम हो जाती है। eg. $Ti_{22} = 2)8)10)2$
विभिन्न कक्षाओं में इलेक्ट्रॉन की व्यवस्था को इलेक्ट्रॉनिक विन्यास (electronic configuration) कहते हैं।

**केस स्टडी प्रश्न (Case Study Questions)**

**1.** (d) 32 **2.** (b) मैग्नीशियम
**3.** (d) 2, 8, 1

●●

# जीवन की मौलिक इकाई
## (The Fundamental Unit of Life)

### विविध प्रश्नावली (Miscellaneous)

**बहुविकल्पीय प्रश्न (Objective Type Questions)**

**1.** (a) **2.** (d) **3.** (d) **4.** (a) **5.** (a) **6.** (c) **7.** (b) **8.** (b)
**9.** (c) **10.** (b) **11.** (a) **12.** (b) **13.** (b) **14.** (c)

**अभिकथन-कारण प्रश्न (Assertion & Reason Type Questions)**

**1.** (a) **2.** (d) **3.** (a)

**चित्र आधारित प्रश्न (Figure Based Questions)**

**1.** केन्द्रक के मुख्य चार भाग होते हैं—
(i) केन्द्रक कला (ii) केन्द्रक द्रव्य (iii) केन्द्रिका तथा (iv) क्रोमैटिन तन्तु

**2. केन्द्रक द्रव्य** (Nucleoplasm or Nuclear sap)—केन्द्रक के तरल या मैट्रिक्स को केन्द्रक द्रव्य कहते हैं। यह पारदर्शी, कोलॉइडी तथा न्यूक्लियोप्रोटीन से बना अर्द्धतरल पदार्थ होता है और केन्द्रक कला से घिरा होता है। इसमें केन्द्रिका (Nucleolus) और क्रोमैटिन धागे के अतिरिक्त, एन्जाइम, खनिज लवण, आर०एन०ए०, राइबोसोम्स आदि पाए जाते हैं।

**3. क्रोमैटिन तन्तु** (Chromatin threads)—केन्द्रक-द्रव्य में सूक्ष्म क्रोमैटिन-तन्तु एक जाल के रूप में फैले होते हैं। ये तन्तु कोशिका विभाजन के समय अपेक्षाकृत मोटे और स्पष्ट दिखाई देने लगते हैं। इन तन्तुओं को ही गुणसूत्र अथवा क्रोमोसोम (Chromosome) कहते हैं। ये मुख्यत: डी-ऑक्सीराइबोस न्यूक्लिक अम्ल (DNA) से बने होते हैं।

1. केन्द्रक को कोशिका का कन्ट्रोल रूम कहा जाता है क्योंकि केन्द्रक की कोशिका के अन्दर होने वाली समस्त जैविक क्रियाओं का नियन्त्रण करता है।
2. केन्द्रक ही कोशिका विभाजन का नियन्त्रण करता है।
3. केन्द्रक में उपस्थित आनुवंशिक पदार्थ जीव के लक्षणों की वंशागति के लिए उत्तरदायी है।

### कूट आधारित प्रश्न (Coding Based Questions)

**1.** (c) (iv)-(i)-(iii)-(ii) **2.** (c) (iii) और (iv)

### रिक्त स्थानों की पूर्ति कीजिए? (Fill in the blanks)

**1.** कोशिकाओं की आकृति और आकार उनके विशिष्ट **कार्य** के अनुरूप होते हैं।
**2.** कोशिका के विशिष्ट घटकों को **कोशिकांग** कहते हैं।
**3.** **प्लाज्मा झिल्ली** लिपिड तथा प्रोटीन से बनी होती है।
**4.** पादप कोशिका भिति **सेल्यूलोज** से बनी होती है।
**5.** कोशिका की सबसे बाहरी झिल्ली **प्लाज्मा झिल्ली** कहलाती है।

### सुमेलन आधारित प्रश्न (Matching Based Questions)

| | सूची-A | | सूची-B |
|---|---|---|---|
| 1. | गुणसूत्र बने होते हैं | (d) | DNA तथा प्रोटीन से |
| 2. | हरा टमाटर लाल हो जाता है क्योंकि | (e) | हरित लवक क्रोमोप्लास्ट में बदल जाते हैं। |
| 3. | कोशिका का बिजली घर है | (f) | माइटोकाण्ड्रिया |
| 4. | चारों ओर एक झिल्ली का | (a) | रसधानी आवरण होता है। |
| 5. | प्लाज्मा झिल्ली | (g) | लचीली होती है। |
| 6. | ल्यूकोप्लास्ट का रंग | (b) | लाल होता है। |
| 7. | जीवन का भौतिक आधार | (c) | जीवद्रव्य होता है। |

### कौन-सा सही कथन नहीं है? (Which statement is not correct?)

**1.** (c) (iii) तथा (iv) दोनों **2.** (iii)

### सत्य या असत्य लिखिए? (Write true or false)

**1.** सत्य **2.** सत्य **3.** सत्य **4.** सत्य **5.** सत्य

### उच्च स्तरीय विचारात्मक प्रश्न (HOTS Questions)

**1. संयुक्त सूक्ष्मदर्शी (Light of Compound Microscope)**

**संरचना** (Structure)—संयुक्त सूक्ष्मदर्शी में तीन लेन्स-तन्त्र (Lens Systems) होते हैं जो वस्तु को अत्यधिक बड़ा करके दिखाते हैं। इसमें निम्नलिखित भाग होते हैं—

(i) सबसे नीचे की ओर एक आधारी भाग (Base or Foot) उपस्थित होता है जो सूक्ष्मदर्शी के सम्पूर्ण शेष भाग को साधने का कार्य करता है।

(ii) आधारी भाग की प्रत्येक भुजा से एक ठोस प्लेट ऊपर की ओर उठी रहती है तथा दोनों ठोस प्लेटों के मध्य एक धनुषाकार भुजा (Limb or Arm) ऊपर की ओर निकली होती है।

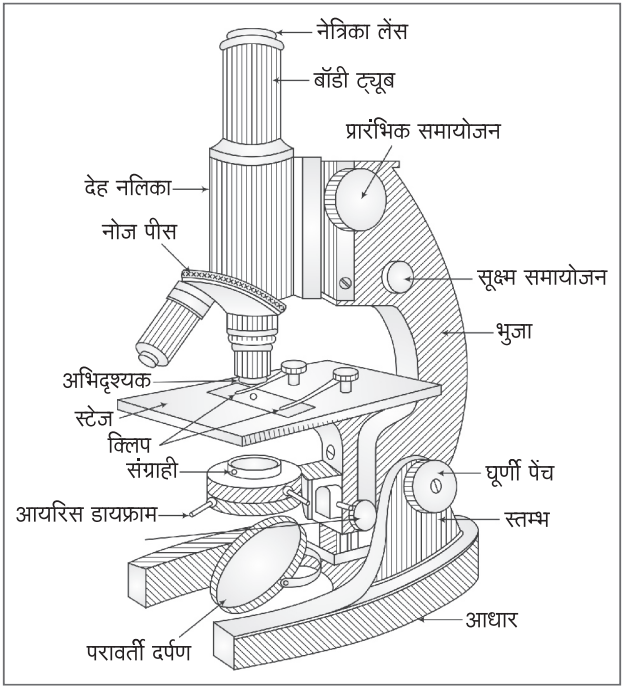
(iii) इस भुजा में आगे की ओर एक मोटी काय नाल (Body tube) जुड़ी रहती है। भुजा के ऊपरी भाग में दो समंजी पेंच (Adjustment screws) लगे होते हैं जो काय नाल को ऊपर तथा नीचे खिचकाने का कार्य करते हैं। ऊपर उपस्थित पेंच बड़ा होता है तथा स्थूल समंजी (Coarse adjustment) कहलाता है जबकि नीचे उपस्थित पेंच छोटा तथा सूक्ष्म संमजी (Find adjustment) होता है।

(iv) कायनाल के ऊपर एक छोटी विसर्पी नाल (Draw tube) जुड़ी होती है जिसके ऊपर नेत्रक (Eye piece) उपस्थित होता है। नेत्रक में दो उत्तल लेन्स लगे होते हैं।

(v) कायनाल के निचले सिरे पर एक वृत्ताकार नोज पीस (Noise piece) लगा होता है जिस पर तीन बड़े छिद्र पाए जाते हैं। प्रत्येक छिद्र पर एक लक्षक (Objective lens) फिट रहता है।

(vi) भुजा के निचले भाग पर एक लम्बी व सँकरी प्लेट उपस्थित होती है जिसे मंच (Stage) कहते हैं। इस मंच पर दो क्लिप (Clips) पायी जाती हैं जो स्लाइड को स्थिर करने का कार्य करती हैं।

(vii) मंच के नीचे एक वृत्ताकार समाहारी लेन्स (Condeser Lens) पाया जाता है।




**चित्र : संयुक्त सूक्ष्मदर्शी**

(viii) समाहारी लेन्स के नीचे एक परावर्ती दर्पण (Reflecting mirror) पाया जाता है जो प्रकाश किरणों को परावर्तित करके स्लाइड पर आरोपित वस्तु पर केन्द्रित करता है।

एक संयुक्त कोशिका को देखने में तो प्रयुक्त हो सकता है परन्तु कोशिकांगों (Cell organelles) को देखने तथा उनका विस्तृत अध्ययन करने हेतु हमें इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शी की आवश्यकता होती है।

2. कोशिका सभी जीवों की आधारभूत संरचनात्मक एवं कार्यात्मक इकाई है। इसका भाग बहुत बड़ा नहीं होता है। इनका आकार बहुत छोटा होता है, अत: हम इन्हें अपनी नग्न आँखों से नहीं देख सकते। इन्हें देखने के लिए सूक्ष्मदर्शी नामक उपकरण का प्रयोग किया जाता है।
3. बहुत गाढ़ा शरबत कमरे के ताप पर बिना स्खारण हुए रह सकता है जबकि पतला शर्बत कुछ समय बाद ही खराब हो जाता है, क्योंकि हम जानते हैं कि चीनी तथा नमक preservation का कार्य करते हैं। आपने सुना होगा कि आचार आदि को खराब होने से बचाने के लिए उसमें अधिक मात्रा में नमक मिला दिया जाता है जिसमें वह अधिक समय तक खराब न हो, इसी प्रकार गाढ़े शर्बत की सान्द्रता अधिक होने की वजह से उसमें हानिकारक बैक्टिरिया वहीं पनप पाएँगे तथा वह खराब नहीं होगा परन्तु पतले शर्बत में जल की अधिकता की वजह से वह कुछ समय खराब हो जाएगा।
4. टमाटर पर नमक डाल देने के कुछ देर में कोशिकाओं से जल निकलकर प्लेट में एकत्रित हो जाता है क्योंकि टमाटर की कोशिका की वर्णात्मक पाराम्य झिल्ली के द्वारा उच्च सान्द्रता से निम्न सान्द्रता की ओर परासरण के द्वारा टमाटर का पानी बाहर आएगा और प्लेट में एकत्रित हो जाएगा।

**अतिलघु उत्तरीय प्रश्न (Very Short Answer Type Questions)**

1. जब पादप कोशिका में परासरण से जल की हानि होती है तो कोशिका झिल्ली सहित आन्तरिक पदार्थ संकुचित हो जाते हैं जिसे जीवद्रव्यकुंचन कहते हैं।
2. प्लाज्मा झिल्ली के अन्दर कोशिकाद्रव्य एक तरल पदार्थ है जिसमें अनेक विशिष्ट कोशिका के घटक होते हैं। कोशिकाद्रव्य तथा केन्द्रक को मिलाकर जीवद्रव्य बनता है।
3. अतिरिक्त जल तथा कुछ अपशिष्ट पदार्थ।
4. कोशिकाभित्ति के कारण।
5. यह झिल्ली युक्त नलिकाओं का एक बहुत बडा तंत्र है। यह लम्बी नलिका या गोल या आयताकार थैलों की तरह दिखाई देती है। इसकी रचना प्लाज्मा झिल्ली जैसी होती है।
6. (i) खुरदरी अनतर्द्रव्यी जालिका (RER), (ii) चिकनी अन्तर्द्रव्यी जालिका (SER)।
7. इस पर राइबोसोम लगे होते हैं।
8. विष तथा दवा को निराविषीकरण करने में महत्त्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं।

**लघु उत्तरीय प्रश्न (Short Answer Type Questions)**

1. सन् 1665 में रॉबर्ट हुक ने स्वनिर्मित सूक्ष्मदर्शी द्वारा कार्क की पतली काट के अवलोकन पर पाया कि इनमें अनेक छोटे-छोटे प्रकोष्ठ हैं, जिसकी संरचना मधुमक्खी के छत्ते के समान प्रतीत होती है। कार्क एक पदार्थ है जो वृक्ष की छाल से प्राप्त होता है। रॉबर्ट ने इन प्रकोष्ठकों को कोशिका कहा। कोशिका लैटिन शब्द है जिसका अर्थ है छोटा कमरा।

कोशिका जीव की आधारभूत संरचनात्मक तथा कार्यात्मक इकाई है। यह जीव की संरचनात्मक इकाई है, क्योंकि किसी भी जीव के शरीर को बनाने में एक से लेकर असंख्या तक इसी प्रकार की संरचनाएँ भाग लेती हैं।

2. **कोशिका–**समस्त जीवधारियों का शरीर छोटी-छोटी कोशिकाओं से मिलकर बना है। कोशिका जीवन की आधारभूत संरचनात्मक तथा क्रियात्मक इकाई है। केन्द्रक की उपस्थिति के आधार पर कोशिकाएँ निम्न प्रकार की होती हैं—

(i) प्रोकैरियोटिक कोशिकाएँ; (ii) यूकैरियोटिक कोशिकाएँ।

3. **पौधों में रिक्तकाओं के कार्य–**

(i) यह जल, भोजन व उत्सर्जी पदार्थों का भण्डारण करती है।

(ii) इसमें उपस्थित द्रव्य कोशिका को स्फीति (trugidity) प्रदान करती है।

(iii) इसमें घुले रंगीन पदार्थ पुष्पों को आकर्षक रंग प्रदान करते हैं।

4. **DNA व RNA में अन्तर (Difference between DNA and RNAs)**

| | DNA | RNA |
|---|---|---|
| 1. | डी एन ए (DNA) का मतलब Deoxyibo Nucleic Acid होता है। | आर एन ए (RNA) का मतलब (Ribase Nucleic Acid) होता है। |
| 2. | DNA मुख्य केन्द्र में पाया जाता है। | RNA मुख्य केन्द्र तथा कोशिका द्रव्य में भी पाया जाता है। |
| 3. | यह न्यूक्लियोटाइड की एक लंबी श्रृंखला से मिलकर दो-फंसे हुए अणु है। जिससे मिलकर डी एन ए बनता है। | यह न्यूक्लियोटाइड की छोटी श्रृंखलाओं वाले एकल-भूग्रसत हेलिक्स है। जिससे मिलकर आर एन ए बनता है। |
| 4. | DNA स्वयं की प्रतिकृति है या स्वयं से बनता है। | RNA स्वयं से प्रतिकृति या स्वयं से नहीं बनता है। इसको आवश्यकता होने पर डी एन ए से संश्लेषित किया जाता है। |
| 5. | इसमें एडेनिन, ग्वानिन, साइटेसिन और थाइमिन नामक चार नाइट्रोजनी क्षार होते हैं। | RNA में थायमिन नामक क्षार नहीं होता है उसकी जगह पर यूरेसिल नामक क्षार होता है। |

5. **परासरण**—विसरण का एक ऐसा प्रकार जिसमें वरणात्मक पारगम्य झिल्ली के द्वारा जल का इसकी उच्च सान्द्रता से निम्न सान्द्रता की ओर विसरण होता है। परासरण कहलाता है। जल एवं विलेय की सान्द्रता के आधार पर कोशिका के बाहर का वातावरण तीन प्रकार-अल्प परासरणदाबी, समपरासरणदाबी तथा अतिपरासरणदाबी हो सकता है।

परासरण क्रिया के दौरान विलायक अणुओं का किसी कोशिका अथवा तन्त्र में से कोशिका झिल्ली से बाहर की ओर गमन बहि:परासरण कहलाता है। इसके विपरीत विलायक अणुओं का कोकिा झिल्ली में से कोशिका में अथवा किसी तन्त्र में प्रवेश अन्त: परासरण कहलाता है।

**6.** लाइसोसोम की खोज सर्वप्रथम de Duve ने सन् 1955 में की थी। लाइसोसोम जल अपघटनीय विकर (hydrolytic enzymes) की भरी थैलियाँ होती हैं। लाइसोसोम का अर्थ है पाचक काय। ये गोल अथवा अनियमित आकर की पाचक एंजाइम्स से भरी छोटी-छोटी थैलियाँ हैं। ये पौधों में कम मिलती हैं परन्तु जन्तु कोशिकाओं में अधिक मिलती हैं। लाइसोसोम गॉल्जी बैलियों (vesicles) से बनते हैं।

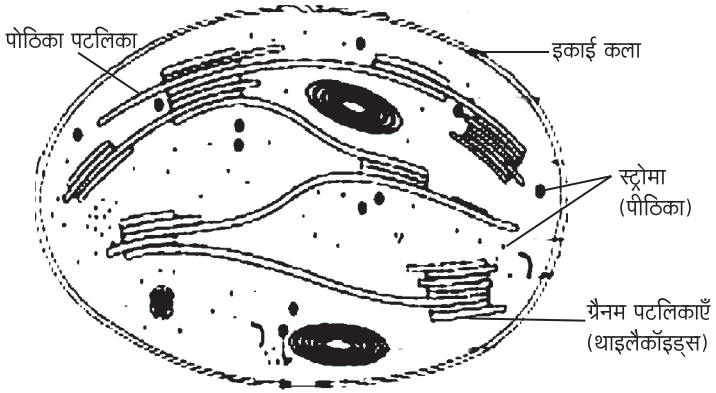
**लाइसोसोम के कार्य** (Functions of Lysosome)—(i) कोशिका के अन्दर पहुँचे हुए खाद्य-पदार्थों या बाह्य पदार्थों का पाचन लाइसोसोम के अन्दर होता है। (ii) इनके फटने पर कोशिका का स्वपाचन भी हो जाता है। इस क्रिया को स्वलयन (autolysis) या स्वनष्टीकरण भी कहते हैं। (iii) मृत अथवा बीमार कोशिकाओं को लाइसोसोम स्वलयन द्वारा नष्ट करते हैं। अत: लाइसोसोम को 'आत्मघाती थैले' भी कहते हैं।

**7.** (a) यह बेलनाकार अथवा छड़ाकर संरचना होती हैं जो सभी यूकैरियोटिक कोशिका के कोशिका द्रव्य में पाए जाते हैं।

- माइटोकॉण्ड्रिया कोशिका का बिजलीघर होता हैं। विभिन्न रासायनिक क्रियाओं को करने के लिए, जो कि जीवन के लिए अति आवश्यक होती है, माइटोकॉण्ड्रिया ATP (ऐडिनोसीन ट्राइफॉस्फेट) के रूप में ऊर्जा प्रदान करते हैं।
- ATP कोशिका की ऊर्जा होती है। शरीर नए रासायनिक यौगिकों को बनाने तथा यांत्रिक कार्य के लिए ATP में संग्रहित ऊर्जा का उपयोग करता है।
- माइटोकॉण्ड्रिया में दोहरी झिल्ली होती है। बाहरी झिल्ली छिद्रित होती है। भीतरी झिल्ली बहुत अधिक वलित होती है। ये वलय ATP बनाने वाली रासायनिक क्रियाओं के लिए बड़ा क्षेत्र बनाते हैं।
- माइटोकॉण्ड्रिया का अपना DNA तथा राइबोसोम होते हैं। अत: यह अपना कुछ प्रोटीन स्वयं ही बनाते हैं।

**हरितलवक** (Chloroplast)—यह हरे रंग के लवक हैं। इनकी खोज शिम्पर (Schimper) ने की थी। इनमें क्लोरोफिल नामक हरे वर्णक का बाहुल्य होता है। जो पादपों के हरे रंग का कारण होते हैं तथा सूर्य के प्रकाश की उपस्थिति में प्रकाश-संश्लेषण की क्रिया द्वारा भोजन (कार्बनिक पदार्थ) व ऑक्सीजन बनाते हैं।

इसे पादप कोशिका का **रसोईघर** भी कहते हैं। इसी लवक के कारण, हरे पादप स्वपोषी (उत्पादक) होते हैं; उदाहरण—यूलोथ्रिक्स, क्लैमाइडोमोनास, (शैवाल) एवं हरे पादप, आदि। हरितलवक में रंगहीन व दानेदार माध्यम पाया जाता है, जिसमें 40-60 प्लेटों जैसी संरचनाएँ होती हैं, इन्हें **पट्लिकाएँ** कहते हैं। प्लेटों की तरह की संरचना को **ग्रैना** व माध्यम को **स्ट्रोमा** (Stroma) या **पीठिका** कहते हैं।




हरितलवक में स्वयं का DNA व RNA होता हैं इसलिए ये स्वत: जनन करने में भी सक्षम होता है। इन्हें भी अर्द्ध स्वायत्त कोशिकांग कहा जाता है।

**(b) वर्णी लवक** (Chromoplasts)—ये पादप के ऊपरी भाग में पाए जाते हैं, ये रंगीन प्राय: लाल, पीले, नारंगी आदि रंग के होते हैं। इनमें कैरोटिन, जेंयोफिल आदि वर्णक होते हैं। उदाहरण—फल, फूल, पत्ती आदि।

**अवर्णी लवक** (Leucoplasts)—यह रंगहीन लवक प्राय: खाद्य संचय में काम आते हैं। यह पूर्ण अन्धकार में उपस्थित पादप भागों में पाए जाते हैं। उदाहरण—जड़ भूमि, तना आदि। इन्हें भी आर्द्धस्वायत कोशिकांग कहा जाता है।

**8. (a) प्लाज्मा झिल्ली के कार्य–**

(i) कोशिका झिल्ली कोशिका के बाहर रक्षात्मक आवरण बनाती है।

(ii) कोशिका को निश्चित आकार देती है।

(iii) कोशिका के अन्दर आने या कोशिका के बाहर जाने वाले पदार्थों का नियंत्रण एवं संचालन करती है। कुछ विशिष्ट पदार्थों के अणु ही कोशिका झिल्ली से अन्दर अथवा बाहर आ-जा सकते हैं। इसी कारण कोशिका कला को वरणात्मक परिगम्य झिल्ली कहते हैं।

**(b) केन्द्रिका के कार्य–**

(i) कोशिका के अन्दर होने वाली सभी जैविक क्रियाओं का नियन्त्रण केन्द्रक करता है। इसी कारण केन्द्रक को कोशिका का कन्ट्रोल रूम कहते हैं।

(ii) केन्द्रक में आनुवंशिक पदार्थ पाया जाता है। यह जीव के लक्षणों की वंशागति के लिए उत्तरदायी है।

(iii) यह कोशिका विभाजन के लिए उत्तरदायी है जिससे कोशिकाओं की संख्या में तथा जीवन के शरीर की वृद्धि होती है।

**(c) राइबोसोम कार्य–**इनको कोशिकाओं की 'प्रोटीन फैक्ट्री' कहा जाता है। कोशिका के सभी प्रोटीन व एन्जाइम का संश्लेषण राइबोसोम द्वारा ही होता है।

**(b) गॉल्जी उपकरण–**

(i) गॉल्जी उपकरण में ER में बने प्रोटीन एव एन्जाइम का सांद्रण रूपान्तरण व संग्रहण होता है।

(ii) यह कोशिका की सभी स्राव क्रियाओं से सम्बन्धित है।

(iii) गॉल्जी उपकरण से लाइसोसोम का निर्माण होता है।

(iv) शुक्रजनन में गॉल्जी उपकरण से एक्रोसोम बनता है।

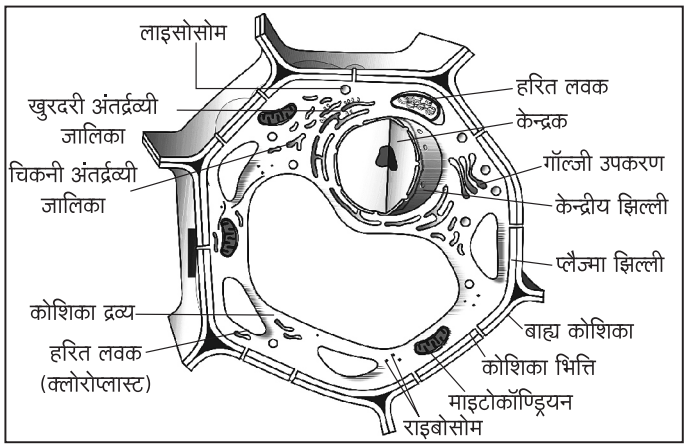
(v) कोशिका विभाजन के समय कोशिका-पट्टिका का निर्माण भी गॉल्जी उपकरण से होता है।

(vi) कोशिका भिति के लिए हेमीसेलूलोस का निर्माण एवं स्राव गॉल्जी उपकरण से होता है।

(vii) कोशिका के सभी स्रावी पदार्थ जैसे गोंद, रेजिन आदि का स्राव भी गॉल्जी उपकरण से होता है।

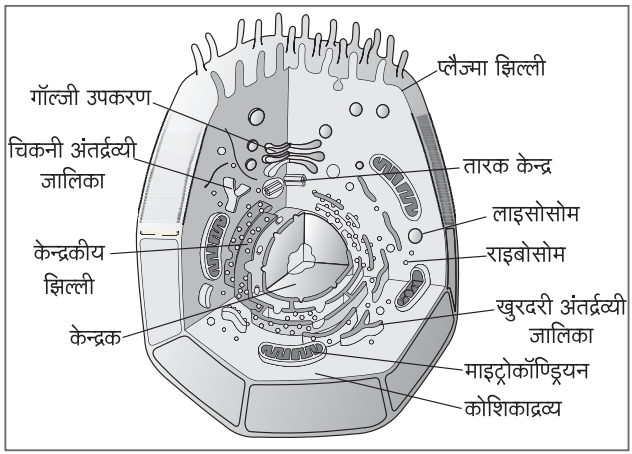
## विस्तृत उत्तरीय प्रश्न (Long Answer Type Questions)

**1.**



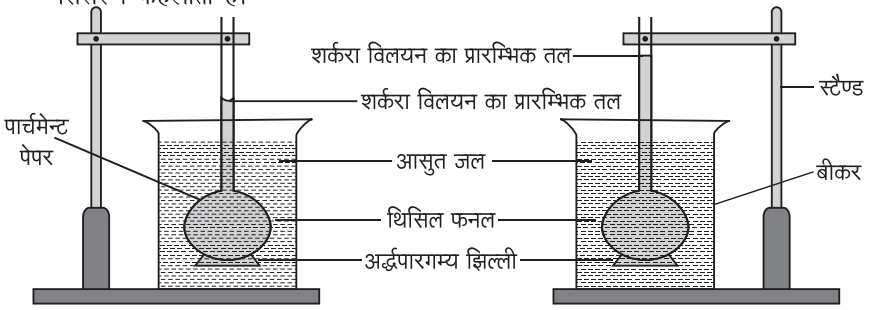

**चित्र : पादप कोशिका**

**2.**



**3. परासरण** (Osmosis)—विसरण का एक ऐसा प्रकार जिसमें वरणात्मक पारगम्य झिल्ली के द्वारा जल का इसकी उच्च सान्द्रता से निम्न सान्द्रता की ओर विसरण होता है। **परासरण** कहलाता है। जल एवं विलेय की सान्द्रता के आधार पर कोशिका के बाहर का वातावरण तीन प्रकार—अल्पपरासरणदाबी (Hypotonic), समपरासरणदाबी (Isotinic) तथा अतिपरासरणदाबी (Hypertonic) हो सकता है।

**परासरण का प्रदर्शन** (Demonstration of Osmosis)—एक बीकर में जल लेते हैं तथा थिसिल फनल (Thistle funnel) के मुख पर पार्चमेन्ट पेपर बाँधकर इसको उल्टा करके इसमें सान्द्र शर्करा विलयन भरकर बीकर के जल में इस प्रकार खड़ा करते हैं कि इसका मुँह जल में डूबा रहे। फनल में विलयन के स्तर पर एक निशान लगा देते हैं। कुछ समय पश्चात् देखने पर फनल की नलिका में जल का स्तर लगाए गए निशान से बढ़ा हुआ मिलता है। इस प्रयोग से स्पष्ट है कि सान्द्र शर्करा विलयन तथा बीकर में जल की मात्रा में अन्तर के कारण जल के अणु अपनी अधिक मात्रा वाले स्थान से अपनी कम मात्रा वाले स्थान की ओर पार्चमेन्ट पेपर की सहायता से गति करते हैं। यही प्रक्रिया परासरण कहलाती है।




एककोशिकीय अलवणीय जलीय जीव तथा अधिकांश पादप कोशिकाएँ परासरण क्रिया द्वारा जल ग्रहण करते हैं। पौधों की जड़ द्वारा जल का अवशोषण, परासरण का एक उचित उदाहरण है।

**4.** (a) अंतर्द्रव्यी जालिका, (b) माइटोकॉण्ड्रिया, (c) गॉल्जी उपकरण, (d) लाइसोसोम, (e) रसधानी, (f) हरित लवक, (g) केन्द्रक।

**5. माइटोकॉण्ड्रिया** (Mitochondria)—यह बेलनाकार अथवा छड़ाकर संरचना होती हैं जो सभी यूकैरियोटिक कोशिका के कोशिका द्रव्य में पाए जाते हैं।

माइटोकॉण्ड्रिया कोशिका का बिजलीघर होता हैं। विभिन्न रासायनिक क्रियाओं को करने के लिए, जो कि जीवन के लिए अति आवश्यक होती है, माइटोकॉण्ड्रिया ATP (ऐडिनोसीन ट्राइफॉस्फेट) के रूप में ऊर्जा प्रदान करते हैं।

ATP कोशिका की ऊर्जा होती है। शरीर नए रासायनिक यौगिकों को बनाने तथा यांत्रिक कार्य के लिए ATP में संग्रहित ऊर्जा का उपयोग करता है।

माइटोकॉण्ड्रिया में दोहरी झिल्ली होती है। बाहरी झिल्ली छिद्रित होती है। भीतरी झिल्ली बहुत अधिक वलित होती है। ये वलय ATP बनाने वाली रासायनिक क्रियाओं के लिए बड़ा क्षेत्र बनाते हैं।

माइटोकॉण्ड्रिया का अपना DNA तथा राइबोसोम होते हैं। अत: यह अपना कुछ प्रोटीन स्वयं ही बनाते हैं।

### माइटोकॉण्ड्रिया के कार्य (Functions of Mitochondria)

माइटोकॉण्ड्रिया के प्रमुख कार्य निम्नलिखित हैं—

(i) वसा का उपापचय करना।

(ii) शुक्राणु को गति हेतु ऊर्जा प्रदान करना।

(iii) ऑक्सीकृत श्वसन क्रिया द्वारा ADP (एडीनोसीन डाइफॉस्फेट) से ATP (एडीनोसीन ट्राइफॉस्फेट) का निर्माण करना। यह प्रक्रिया क्रैब्स चक्र इलेक्ट्रॉन अभिगमन तन्त्र व फॉस्फोरिलेटिंग तन्त्र द्वारा पूर्ण होता है।

(iv) कैल्सियम का संचरण एवं स्रावण करना।

### मूल्य आधारित प्रश्न (Value Based Questions)

**1.** कोशिका के कुछ मुख्य कोशिकीय अंगक हैं—

(i) केन्द्रक (ii) कोशिका झिल्ली (iii) कोशिका द्रव्य (iv) अंत:प्रद्रव्यी जालिका

(v) राइबोसोम (vi) लाइसोसोम (vii) गॉल्जी उपकरण (viii) प्राइटोकॉण्ड्रिया (ix) लवक

**2.** कोशिका की खोज रॉबर्ट हुक ने सन् 1965 में की थी। उन्होंने स्वनिमित सूक्ष्मदर्शी से कॉर्क की पतली काट के अवलोकन पर पाया कि इनमें अनेक छोटे-छोटे प्रकोष्ठ है, जिसकी संरचना मधुमक्खी के छत्ते जैसी मालूम पड़ती है। इन प्रकोष्ठों (Compartments) को उन्होंने कोशिका कहा। Cell (कोशिका) लैटिन शब्द है जिसका अर्थ है—छोटा कमरा।

**3.** कोशिका के विशिष्ट घटक कोशिकांग होते हैं। सूक्ष्मदर्शी से देखने पर प्रारुपिक कोशिका में निम्न तीन प्रकार के कार्य क्षेत्र हैं।

**(i) प्लाज्मा या कोशिका झिल्ली (Plasma or Cell Membrance)**—यह कोशिका का बाहरी आवरण होता है जो कोशिका को सुरक्षा प्रदान करता है और कोशिका के अंदर और बाहर होने वाली आणविक गतिविधियों को नियंत्रित करता है।

**(ii) कोशिका द्रव्य (Cytoplasm)**—यह केंद्रक के अलावा कोशिका का बाकी हिस्सा होता है जिसमें कई कोशिकांग (organelles) होते हैं; जैसे कि गॉल्जीकाय, तारककाय, माइकटोकॉन्ड्रिया, अंत:प्रद्रव्यी जालिका, राइबोसोम, लाइसोसोम और हरितलवक।

**(iii) केंद्रक (Nucleus)**—यह कोशिका की एक प्रमुख संरचना होती है जो कोशिका की सभी गतिविधियों को नियंत्रित करती है और इसमें DNA होता है।

**4.** जीवधारियों में वृद्धि के लिए नई कोशिकाएँ बनती हैं। जिससे पुरानी मृत तथा क्षतिग्रस्त कोशिकाओं का प्रतिस्थापन होता है तथा साथ ही प्रजनन हेतु युग्मक बनते हैं। नई कोशिकाओं के बनने की प्रक्रिया कोशिका विभाजन कहलाती है। कोशिका विभाजन की प्रक्रिया दो प्रकार की होती है।

(i) सूत्री विभाजन

(ii) अर्द्धसूत्री विभाजन

**5.** प्रोकैरियोटिक कोशिका (Prokaryotic Cell) में निम्न विशेषताएँ हैं—

(i) अविकसित केन्द्रक होता है, जिसे न्यूक्लियॉड (nucleoid) कहते हैं।

(ii) इसमें केन्द्रक कला का पूर्ण अभाव होता है।

(iii) केन्द्रिका अनुपस्थित होती है।

(iv) DNA के धागों के साथ हिस्टोन-प्रोटीन नहीं जुड़ी रहती है।

(v) पूर्ण विकसित कोशिकांग अनुपस्थित होते हैं।

(vi) राइबोसोम्स 70 S प्रकार के होते हैं।

(vii) जीवद्रव्य में रिक्तिकायें (Vacuoles) अनुपस्थित होती हैं।

(viii) लाइसोसोम (Lysosome) अनुपस्थित होता है।

(ix) कोशिका विभाजन असूत्री (Amitosis) प्रकार का होता है।

(x) उदाहरण—जीवाणु, नील-हरित शैवाल आदि।

**केस स्टडी प्रश्न (Case Study Questions)**

**1.** (a) **2.** (c) **3.** (a)

●●

# ऊतक (Tissues)

## विविध प्रश्नावली (Miscellaneous)

**बहुविकल्पीय प्रश्न (Objective Type Questions)**

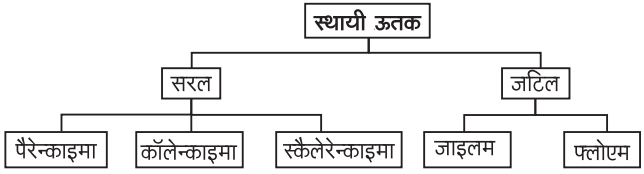
| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **1.** (a) | **2.** (b) | **3.** (c) | **4.** (d) | **5.** (b) |
| **6.** (b) | **7.** (c) | **8.** (a) | **9.** (b) | **10.** (d) |
| **11.** (c) | **12.** (b) | **13.** (a) | **14.** (b) | **15.** (b) |
| **16.** (a) | **17.** (b) | **18.** (b) | | |

**अभिकथन-कारण प्रश्न (Assertion & Reason Type Questions)**

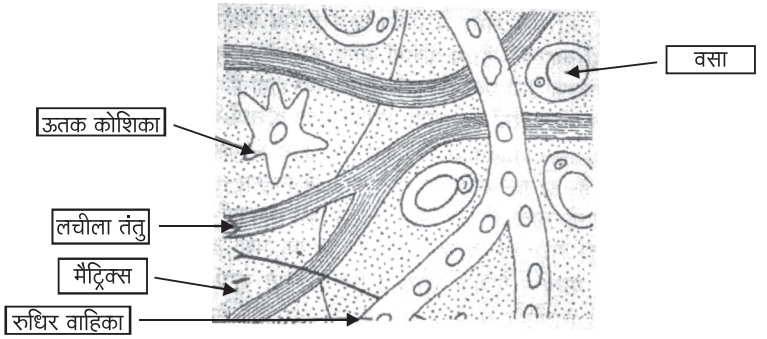
**1.** (b) **2.** (b) **3.** (a)

**चित्र आधारित प्रश्न (Figure Based Questions)**

**1.**



**2.**




चित्र : ऐडिपोज या वसा ऊतक

### कूट आधारित प्रश्न (Coding Based Questions)

1. (b) (ii) तथा (iii)  2. (c)

### रिक्त स्थानों की पूर्ति कीजिए? (Fill in the blanks)

1. पादपों में विभाज्योतक ऊतक **स्थानीकृत एवं विभाजनकारी** कोशिकाओं के बने होते हैं।
2. निम्नलिखित में से **दृढ़ोतक** ऊतक में मृतक कोशिकाएँ पायी जाती हैं।
3. अस्थि अधात्री में **कैल्शियम एवं फॉस्फोरस** की अधिक मात्रा होती है।
4. तंत्रिका ऊतक में **येरू रज्जू में** नहीं पाए जाते हैं।

### सुमेलन आधारित प्रश्न (Matching Based Questions)

| | सूची-A | | सूची-B |
|---|---|---|---|
| 1. | स्थूलकोण ऊतक के कारण | (b) | लचीले पौधे होते हैं। |
| 2. | तैरने वाले पौधों के मृदूतक को | (e) | ऐरेन्काइमा कहते हैं। |
| 3. | शुष्क स्थानों पर मिलने वाले पादपों में | (f) | एपिडर्मिस मोटी हो सकती है। |
| 4. | दृढ़ोतक ऊतक की | (g) | मृत कोशिकाएँ हैं। |
| 5. | जाइलम और फ्लोरम | (a) | संवहन ऊतक हैं। |
| 6. | विशिष्ट कोशिकाओं का समूह | (c) | ऊतक कहलाता है। |
| 7. | स्तम्भाकार एपिथलियमी ऊतक | (c) | में पक्ष्माभ होते हैं। |

### कौन-सा सही कथन नहीं है? (Which statement is not correct?)

**1.** (b)  **2.** (a)

### सत्य या असत्य लिखिए? (Write true or false)

**1.** सत्य  **2.** सत्य  **3.** सत्य  **4.** सत्य  **5.** असत्य

## उच्च स्तरीय विचारात्मक प्रश्न (HOTS Questions)

1. मनुष्य के शरीर में उपस्थित लाल रुधिराणुओं का जीवनकाल 120 दिन का होता है। एक वयस्क मनुष्य में इनकी संख्या 55 लाख प्रति घन मिमी होती है जबकि स्त्री में यह 45-50 लाख प्रति घन मिमी होती है।
2. कार्क ओक (Quercus subey) की छाल से जिसे कार्क भी कहा जाता है, विभिन्न उत्पादों को बनाया जाता है; जैसे कि शराब की बोतलों के ढक्कन, फर्श, इंसुलेशन और अन्य औद्योगिक उत्पाद।
3. शीर्षस्थ विभज्योतक ही घास तथा बाँस की वृद्धि में उत्तरदायी है।

## अति लघु उत्तरीय प्रश्न (Very Short Answer Type Questions)

1. स्नायु द्वारा।
2. उपास्थि कोशिकाएँ।
3. ऊतक कोशिकाओं का समूह होता है, जिसमें कोशिकाओं की संरचना, उत्पत्ति तथा कार्य एक समान होते हैं।
4. सरल ऊतक निम्नलिखित तीन प्रकार के होते हैं—
   (i) फेरेनकाइया या मृदूतक (ii) स्थूलकोण ऊतक
   (iii) दृढोतक
5. प्ररोह का शीर्षस्थ विभज्योतक जड़ों एवं तनों की वृद्धि वाले भाग जैसे तने व उसकी शाखाओं के अव्यस्थ सिरों पर में विद्यमान रहता है तथा वह इनकी लम्बाई में वृद्धि करता है।
6. न्यूरॉन छोटे पौधों के जैसा दिखाई देता है, जिससे लम्बे पतले बालों जैसी शाखाएँ निकली होती है। तंत्रिका ऊतक की कोशिकाओं की तंत्रिका या न्यूरॉन कहते हैं।
   इसमें केन्द्रक तथा कोशिकाद्रव्य होते हैं। प्रत्येक न्यूरॉन में एक लम्बा प्रवर्ध होता है, जिसे एक्सॉन कहते हैं। इसमें बहुत सारी छोटी शाखा वाले प्रवर्ध होते हैं। एक तंत्रिका कोशिका 1 मी तक लम्बी हो सकती है।
7. दृढोतक (स्कलेरेन्काइमा) से।
8. पेशीय ऊतकों का कार्यात्मक संयोजन हमारे शरीर में गति के लिए उत्तरदायी है।
9. (i) हृदय पेशी अनैच्छिक पेशियों से बनती हैं। इन्हें हृदयक पेशी कहते हैं।
   (ii) यह बेलनाकार शाखाओं वाली और एक केन्द्रकीय होती हैं।
   (iii) यह जीवन भर लयबद्ध होकर प्रसार एवं संकुचन करती हैं।
10. एरीओलर उत्तक संयोजी उत्तक है, जो त्वचा और मांसपेशियों के बीच, रक्त नलिका के चारों ओर तथा नसों और अस्थि मज्जा में पाया जाता है। यह अंगों के भीतरी अंगों को सहारा देता है। यह ऊतकों की मरम्मत करता है।
11.

| | सरल ऊतक (Simple Tissue) | जटिल ऊतक (Compex Tissue) |
|---|---|---|
| 1. | ये एक ही प्रकार की कोशिकाओं से निर्मित होते हैं। उदाहरण—पैरेन्काइमा, कॉलेग-काइमा और स्क्लेरेन्काइमा। | ये अनेक प्रकार की कोशिकाओं से मिलकर निर्मित होते हैं। उदाहरण—जाइलम, फ्लोएम। |

| | | |
|---|---|---|
| 2. | ये परत ऊतक के आधारीय पैकिंग का निर्माण करते हैं। | ये संवहन बण्डल का निर्माण करते हैं। |
| 3. | ये पतली कोशिका भित्ति वाली सरल कोशिकाओं के बने होते हैं। | इनकी कोशिका भित्ति मोटी होती है। |
| 4. | ये जीवित कोशिकाएँ हैं जो शिथिलता से जुड़ी होती हैं इसलिए इनकी कोशिकाओं के बीच काफी जगह पाई जाती है। | जाइलम की अधिकांश कोशिकाएँ मृत होती हैं तथा फ्लोएम में फ्लोयम रेशे मृत होते हैं। इनकी आकृति नलीकार या छिद्रित भित्ति वाली होती है। |

**12.** विभज्योतक (मेरिस्टेमेटिक) ऊतक पादप शरीर में उपसिथति के आधार पर तीन प्रकार के होते हैं—

(i) शीर्षस्थ विभज्योतक (ii) कौबियम या पार्श्व विभज्योतक

(iii) अंतर्विष्ट विभज्योतक

**13.** मृदुतक (पैरेनकाइया) वह ऊतक है जो पौधों के कोमल अंगों में पाया जाता है। ये जल व खाद्य-पदार्थों का संचय करती हैं।

**14.** ऊतक पौधों को दृढ़ता प्रदान करता है।

**15.** फ्लोएम ऊतक का कार्य पत्तियों द्वारा निर्मित भोजन को पौधों के विभिन्न अंगों में संवहित करना है।

**16.** जाइलम तथा फ्लोएम ऊतक।

**17.** जाइलम (ट्रेकीड)

**18.** **जाइलम के कार्य–**ट्रेकीड व वाहिकाओं द्वारा पानी और खनिज लवण का ऊर्ध्वाधर संवहन होता है। पैरे-काइमा भोजन का संग्रह करता है और यह किनारे की और पानी के पार्श्वीय संवहन में मदद करता है। रेशे मुख्य रूप से सहारा देने का कार्य करते हैं।

**19.** एपिथीलियमी ऊतक

**20.** संयोजी ऊतक के घटक निम्न प्रकार के होते हैं—

(i) रक्त या रुधिर (ii) अस्थि (iii) स्नयु एवं कंडारा (iv) उपास्थि (v) एरिओलर संयोजी ऊतक (vi) वसामय ऊतक

**21.** तीन पेशी ऊतक हैं—

(i) रेखित या ऐच्छिक पेशियाँ (ii) अरेखित या अनैच्छिक पेशियाँ (iii) हृद् पेशियाँ

**22.** न्यूरॉन कोशिकाएँ 1.5 से 2 मीटर तक लम्बी होती हैं। प्रत्येक न्यूरॉन तंत्रिका कोशिका में तीन भाग होते हैं—

(i) कोशिकाय या साइटोन (ii) डेन्ट्राइट तथा (iii) ऐकसॉन

**23.** वे कोशिकाएँ जो आकृति में एक समान होती है तथा किसी कार्य विशेष को एक साथ सम्पन्न करती हैं, समूह में एक ऊतक का निर्माण करती हैं।

**24.** यह चार प्रकार के ऊतकों से मिलकर बनता है—

(i) वाहिनिकाएँ (ii) वाहिकाएँ (iii) जाइलम (iv) पैरेन्काइया तथा (v) जाइलम रेशे

**25.** हृदय में पायी जाने वाली पेशियाँ जीवन भर लय बद्ध होकर प्रसार एवं संकुचन करती रहती हैं।

**26.** (a) शल्की या पट्टी दार एपिथीलियम (b) कण्डरा (c) फ्लोएम (d) वसामय ऊतक (e) रक्त (f) न्यूरॉन

## लघु उत्तरीय प्रश्न (Short Answer Type Questions)

**1.**

| | दृढ़ोतक ( पैरेनकाइमा ) | मृदूतक ( स्कैलरनकाइमा ) |
|---|---|---|
| 1. | इसकी कोशिकाएँ मोटी व मृत होती हैं। | इसकी कोशिकाएँ पतली भिति वाली व सजीव होती हैं। |
| 2. | इनमें कोशिकाओं के मध्य अन्तरा कोशीय नहीं हेाते | इनमें कोशिकाओं के मध्य अन्तराकोशीय स्थान होते हैं। |
| 3. | यह पोधों को मजबूती प्रदान करता है। | पौधे को सहायता प्रदान करता है और भोजन का भंडारण करते हैं। |

**2. एपिथीलियमी ऊतक के प्रकार**—कार्यों के आधार एपिथीलियम ऊतक छः प्रकार के होते हैं, उनमें से तीन हैं—

(i) सरल शल्की एपिथीलियमी (ii) स्तरित शल्की एपिथीलियमी

(iii) स्तंभाकार एपिथीलियमी

**3. अस्थि ( बोन ) तथा उपास्थित ( कार्टिलेज ) में अन्तर**—हम कान की उपस्थि को मोड़ सकते हैं किन्तु हाथ की अस्थि को नहीं। इसका कारण यह है कि उपास्थित की आधात्री प्रोटीन व शर्करा की बनी होती है जो इसे लचीलापन देते हैं जबकि अस्थि की आधात्री कैल्सियम व फॉस्फोरस की बनी होने के कारण सख्त होती है।

| क्र०सं० | अस्थि | उपास्थित |
|---|---|---|
| 1. | सख्यत व पृद होती है। | दृढ़ व लचीली होती है। |
| 2. | इसके आधात्री में कार्बनिक पदार्थ कॉन्ड्रिन होता है। | इसके आधात्री में कैल्शियम फॉस्फेट नामक अकार्बनिक पदार्थ होता है। |
| 3. | इसमें रुधिर संचरण होता है। | इसमें रुधिर संचरण नहीं होता है। |

**4. संयोजी ऊतक के चार कार्य**—

(i) यह गैसों, पचे हुए भोजन, हॉर्मोन तथ उत्सर्जी पदार्थों का शरीर के एक भाग से दूसरे भाग में संवहन करता है।

(ii) यह कंकाल का निर्माण कर शरीर को आकार प्रदान करती है।

(iii) यह अस्थियों के जोड़ों को चिकना बनाती है तथा इसमें दबाव व तनाव को सहन करने की अत्यधिक क्षमता होती है।

(iv) यह अंगों के भीतर की खाली जगह को भरता है तथा आन्तरिक अंगों को सहारा प्रदान करता है।

**5. तन्त्रिका कोशिका की संरचना** (Structure of Nerve Cell)

संरचना एवं कार्यिकी में शरीर की सबसे जटिल कोशिकाएँ, तन्त्रिका कोशिकाएँ हैं।

तन्त्रिका कोशिका के निम्नलिखित भाग होते हैं—

**(i) कोशिका काय (Cell Body or Cyton)**–यह तन्त्रिका कोशिका का मुख्य भाग होता है। इसके कोशिकाद्रव्य में एक बड़ा एवं गोल केन्द्रक, माइटोकॉण्ड्रिया, गॉल्जीकाय, अन्त: प्रद्रव्यी जालिका, वसा बिन्दुक, राइबोसोम्स एवं अनेक प्रोटीनयुक्त निसिल के कण (Nissl's granules) होते हैं।

**(ii) तन्त्रिका कोशिका प्रवर्ध (Neutrites)**–तन्त्रिका कोशिका में दो प्रकार के प्रवर्ध होते हैं—

**(a) वृक्षिकाएँ या डेन्ड्रान (Dendron)**–ये अपेक्षाकृत छोटे प्रवर्ध होते हैं, जो सिरों की ओर क्रमश: सँकरे होते जाते हैं

इनकी शाखाएँ **वृक्षिकान्त** या **दुमिका** (Dendrite) कहलाती है।

इनका प्रमुख कार्य उद्दीपन को ग्रहण करके उन्हें कोशिका काय की ओर ले जाना है।

**(b) तन्त्रिकाक्ष या अक्षतन्तु (Axis Cylinder or Axon)**–कोशिका काय से तन्त्रिकाच्छद् (Neurilemma) में बन्द लम्बा, मोटा एवं बेलनाकार प्रवर्ध निकलता है, जो तन्त्रिकाक्ष कहलाता है।

तन्त्रिकाच्छद् का निर्माण श्वान कोशिकाओं (Schwann cells) से होता है। माइलिन (Myelin) नामक श्वेत वसीय पदार्थ की उपस्थिति और अनुपस्थिति के आधार पर यह तन्त्रिकाच्छद् **माइलिनिकृत** (Myelinated) या **अमाइलिनिकृत** (Non-myelinated) कहलाता है।

यही पदार्थ तन्त्रिका तन्त्र के श्वेत व धूसर द्रव्य (White and grey matter) का कारण भी होता है।

श्वेत द्रव्य में यह उपस्थित तथा धूसर द्रव्य में अनुपस्थित होता है। यह तन्त्रिकाच्छद् स्थान-स्थान पर अक्षतन्तु (Axon) से चिपकी होती हैं। इन स्थानों को रैनवियर के नोड (Nodes of Ranvier) कहते हैं। अक्षतन्तु का कार्य उद्दीपनों को कोशिका कार्य से दूर ले जाना है। तन्त्रिका कोशिकाओं से निकलने वाले प्रवर्धों के आधार पर इन्हें एकध्रुवीय (Unipolar), **द्विध्रुवीय** (Bipolar) एवं **बहुध्रुवीय** (Multipolar) कहते हैं।

**6. एपिथीलियमी ऊतक**—यह शरीर को ढकने तथा रक्षा करने वाला ऊतक है तथा शरीर पर एक रक्षात्मक बाह्य परत आवरण के रूप में मिलता है। शरीर की त्वचा की एवं आन्तरिक अंगों की श्लैष्मिक झिल्ली का निर्माण इसी ऊतक से होता है।

**उदाहरणार्थ**—मुख गुहा, नासा गुहा, फेफड़ों, आमाश्य, ऑतों की आन्तरिक सतह एपिथीलियमी ऊतक से बनी होती है।

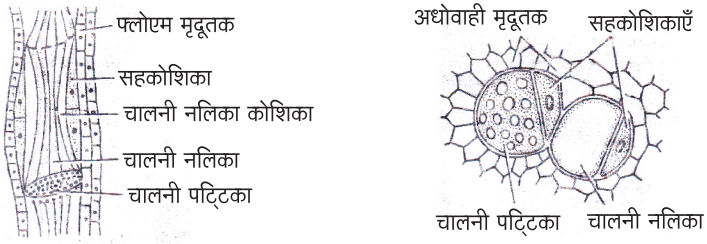
एपिथीलियमी ऊतक की कोशिकाएँ एक-दूसरे से सटी होती है जिनके बीच अन्तर-कोशिकीय पदार्थ बहुत कम मात्रा में होता है। इस ऊतक को एक बाह्य रेशेदार झिल्ली इसके नीचे रहने वाले ऊतक से अलग करती है।

**संयोजी ऊतक**—ये विशेष प्रकार के ऊतक होते हैं जो शरीर के विभिन्न अंगों को आधार देने अपने स्थान पर बनाए रखने एवं परस्पर संयोजित करने का कार्य करते हैं।

इनमें कोशिकाएँ कम संख्या में होती है तथा कोशिकाएँ परस्पर कम जुड़ी होती हैं और अनतर-कोशिकाएँ मैट्रिक्स में धँसी रहती हैं। इनका मैट्रिक्स जैली की भाँति तरल, सघन या कठोर हो सकती है।

7. **फ्लोएम**—पत्तियों में बनने वाले खाद्य पदार्थों अथवा पौधे के विभिन्न संचय केन्द्रों से खाद्य पदार्थों को अन्य स्थानों पर पहुँचाने का कार्य पौधों में अधोवाही या फ्लोएम ऊतक करता है। यह एक जटिल ऊतक है और इसमें निम्नलिखित चार प्रकार की कोशिकाएँ या अवयव पाये जा सकते हैं—

(i) चालनी नलिकाएँ, (ii) सहकोशिकाएँ, (iii) फ्लोएम मृदूतक, (iv) फ्लोएम रेशे




**चित्र : फ्लोएम : (a) अनुदैर्ध्य काट में चालनी नलिका व उसके साथ की कोशिकाएँ**
**(b) उसकी अनुप्रस्थ काट एक चालनी नलिका में चालनी पट्टिका दिखायी गई है।**

8. **विभज्योतक ( मेरिस्टिमेटिक ) ऊतक की उपयोगिता—**
   (i) कोशिकाएँ छोटी तथा पतली भिति वाली होती हैं।
   (ii) कोशिकाद्रव्य घना होता है।
   (iii) रसधानियाँ कम, छोटी या फिर अनुपस्थित होती हैं।
   (iv) इन कोशिकाओं में केन्द्रक अपेक्षाकृत बड़ा व स्पष्ट होता है।
   (v) कोशिकाओं के बीच अनतरा-कोशिकीय स्थान नहीं होते।
   (vi) ये सदैव विभाजन करके नये स्थाई ऊतक की विभिन्न प्रकार की कोशिकाएँ बनाती हैं।
9. **एपिथीलियम के चार लक्षण—**
   (i) ये शरीर एवं आंतरांगों के लिए सुरक्षात्मक आवरणों का कार्य करती हैं।
   (ii) ये चयनात्मक आवरणों का कार्य करती हैं जिसके फलस्वरूप इनके आर-पार आवश्यक पदाथों का लेन-देन सम्भव हो जाता है।
   (iii) भिन्न अंगों के लिए इनका कार्यात्मक महत्व भिन्न है; जैसे—ये श्वसनांगो में गैसीय विनिमय का तथा आहारनाल में पोषक पदार्थों तथा जल के अवशोषण का कार्य करती हैं।
   (iv) ये त्वचा एवं संवेदांगों में संवेदना ग्रहण करने का कार्य करती हैं।

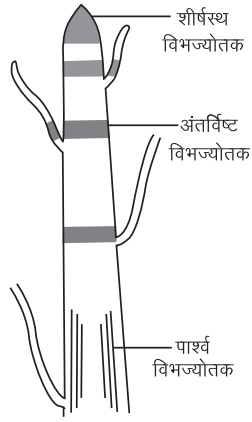
## विस्तृत उत्तरीय प्रश्न (Long Answer Type Questions)

1. **विभज्योतकीय या मैरिस्टमी ऊतक** (Meristematic Tissue)–विभज्योतकीय या मैरिस्टमी (meristematic) ऊतक की कोशिकाओं में विभाजन की क्षमता होती है। इसकी कोशिकाएँ गोल, अंडाकर या बहुभुजाकार होती हैं। इस ऊतक द्वारा बनी कोशिकाएँ प्रारम्भ में विभज्योतक की तरह होती हैं लेकिन जैसे ही ये बढ़ती और परिपक्व होती हैं इनके गुणों में परिवर्तन होता है और ये दूसरे ऊतकों के घटकों का रूप ले लेती हैं।

**विभज्योतकीय कोशिकाओं की विशेषतायें (Characteristics of Meristematic Cells)**—विभज्योतकीय कोशिकाओं की निम्नलिखित विशेषताएँ होती हैं—

1. कोशिकायें छोटी तथा पतली भित्ति वाली होती हैं।
2. कोशिकाद्रव्य घना होता है।
3. धानियाँ कमद्व छोटी या फिर अनुपस्थित होती है।
4. इन कोशिकाओं में केन्द्रक अपेक्षाकृत बड़ा होता है।
5. कोशिकाओं के बीच अन्तरा-कोशिकीय स्थान नहीं होते।
6. ये सदैव विभाजन करके नये स्थाई ऊतक की विभिन्न प्रकार की कोशिकाएँ बनाती हैं।

**विभज्योतकी ऊतक के प्रकार**—पादप शरीर में उपस्थिति के आधार पर विभज्योतकी तीन प्रकार के होते हैं—




**1. शीर्षस्थ विभज्योतक** (Apical meristem)—यह ऊतक जड़ तथा तने के सिरों पर होता है। इसके विभाजन से जड़ और तने लम्बाई में बढ़ते हैं।

**2. पार्श्व विभज्योतक या कैंबियम** (Lateral meristem)—इसकी कोशिकाओं के विभाजन से तने व मूल की मोटाई में वृद्धि होती है।

**3. अंतर्विष्ट विभज्योतक** (Intercalary meristem)—ये पत्तियों के आधार व टहनी के पर्व (internode) के दोनों ओर उपस्थित होते हैं।

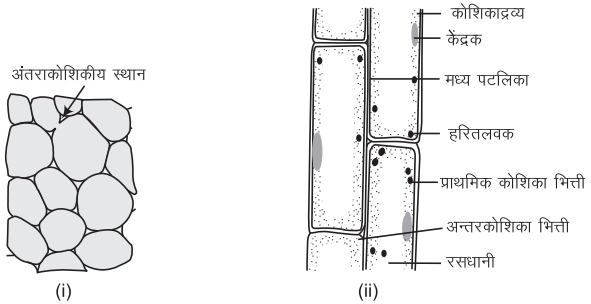
**2. साधारण या सरल स्थायी ऊतक** (Simple Permanent Tissues)—इस प्रकार के स्थायी ऊतकों में एक ऊतक समूह में एक ही प्रकार की कोशिकाएँ होती हैं। सभी कोशिकाएँ उद्गम संरचना तथा कार्यों में समान होती हैं। ये तीन प्रकार के होते हैं—

(1) मृदूतक (Parenchyma),

(2) स्थूल कोण ऊतक (Collenchyma),

(3) दृढ़ोतक (Sclerenchyma)

**1. पैरेकाइमा या मृदूतक** (Parenchyma)—यह ऊतक प्राय: समव्यासी (isodia- metric), जीवित कोशिकाओं का समूह होता है। कोशिकाओं की भित्तियाँ (walls) सेल्युलोज की बनी होती हैं तथा पतली व कोमल भी होती हैं। कोशिकाएँ गोल, अण्डाकार अथवा बहुभुजी हो सकती हैं। इन कोशिकाओं के समूह में अन्तराकोशिकीय अवकाश या स्थान (intercellular spaces) भी पाये जाते हैं। ये कोशिकाएँ प्राय: जीवित होती हैं और इनमें सघन कोशिका द्रव्य होता है। यद्यपि इनका मुख्य कार्य जल तथा खाद्य संचय करना होता है, किन्तु अनेक अवसरों पर ये खाद्य निर्माण अथवा अन्य कार्य भी करती हैं। इस प्रकार, सामान्य मृदूतक के रूपान्तरण के निम्नलिखित उदाहरण महत्त्वपूर्ण हैं—




**चित्र- पैरेन्काइमा : (i) अनुप्रस्थ काट (ii) अनुदैर्ध्य काट।**

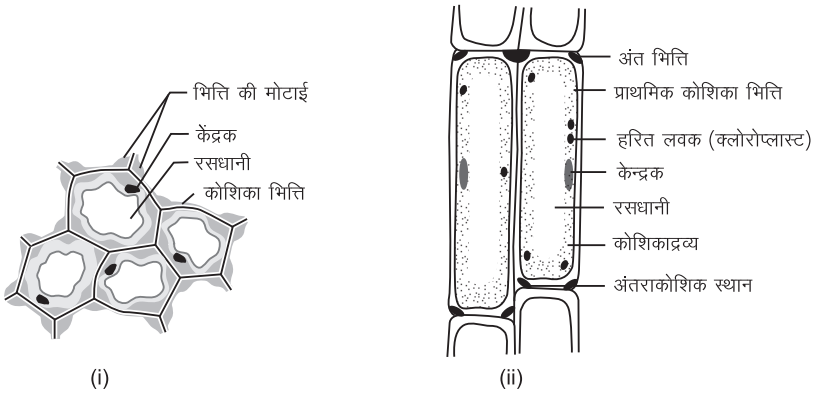
**(i) क्लोरेन्काइमा** (chlorenchyma)—जब पैरेन्काइमा कोशिकाओं में क्लोरोफिल पाया जाता है, तो यह ऊतक हरा दिखायी देता है। यह ऊतक प्रमुख रूप से भोजन निर्माण अर्थात् प्रकाश-संश्लेषण (photosynthesis) का कार्य करता है; अत: ऐसा ऊतक क्लोरेन्काइमा (chlorenchyma) कहलाता है।

**(ii) ऐरेन्काइमा** (aerenchyma)—जलीय पौधों में पैरेन्काइमा की कोशिकाओं के मध्य हवाओं की बड़ी गुहिकाएँ (cavities) होती हैं जिससे यह ऊतक स्पंजी हो जाता है। इस प्रकार के ऊतक ऐरेन्काइमा कहलाते हैं।

**पैरेन्काइमा के कार्य** (Functions of Parenchyma)

1. पैरेन्काइमा का मुख्य तथा सामान्य कार्य जल तथा खाद्य पदार्थों को संचित करना है।
2. हरितलवक होने पर प्रकाश-संश्लेषण द्वारा खाद्य बनाना।
3. जलीय पौधों में ऐरेन्काइमा से प्लवन व श्वसन में सहायता मिलती है।
4. मांसल भागों में श्लेष्मक, जल अथवा रबरक्षीर एकत्र करना।
5. विभाजन की क्षमता लौटने पर ये द्वितीयक वृद्धि तथा घाव भरने आदि के काम भी आते हैं।
6. पानी तथा खाद्य के विशेषकर अनुप्रस्थ स्थानान्तरण में सहायता करते हैं।
7. स्फीत (turgid) रहने के कारण ये कोमल भागों को यांत्रिक शक्ति देते हैं।

**2. कॉलेन्काइमा स्थूलकोण ऊतक** (Collenchyma)—पौधों के प्रत्येक भाग में सबसे बाह्य परत बाह्य त्वचा अथवा एपिडर्मिस (Epidermis) होती है। इसके ठीक नीचे कॉलेन्काइमा ऊतक होता है। यह जीवित कोशिकओं से बना ऊतक है। इस ऊतक की कोशिका जीवित, लम्बी और अनियमित ढंग से कोनों पर मोटी होती हैं तथा कोशिकाओं के बलीच बहुत कम स्थान होता है। इन ऊतकों की कोशिकाओं की आकृति गोल, अण्डाकार अथवा बहुपृष्ठीय होती है। कभी-कभी हरित लवक भी पाये जाते हैं।



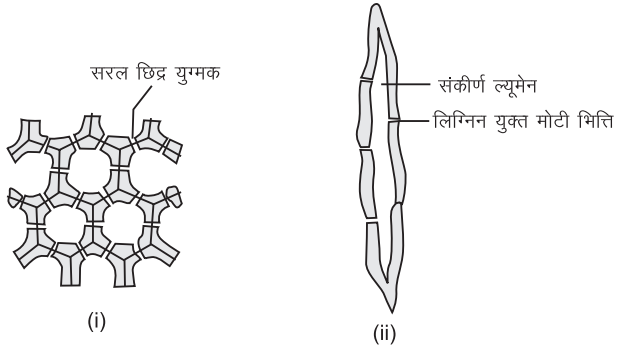

**चित्र–कॉलेन्काइमा (i) अनुप्रस्थ काट (ii) अनुदैर्ध्य काट**

स्थूलकोण ऊतक द्विबीजपत्री पौधों के तने की अधस्तवचा (hypodermis) में पाया जाता है। सभी पौधों की जड़ों में यह नहीं पाया जाता है।

**कॉलेन्काइमा ऊतक के कार्य** (Functions of Collenchyma)

1. यह कोमल भागों को प्राथमिक यांत्रिक शक्ति तथा लचीलापन देता है।
2. यदि हरितलवक होते हैं तो प्रकाश–संश्लेषण करके खाद्य पदार्थ बनाते हैं।
3. सेल्युलोज तथा पेक्टिन की उपस्थिति के कारण ये कोशिकाएँ जल संचय करती हैं।

**(3) स्क्लेरेन्काइमा या दृढ़ोतक** (Sclerenchyma)—इस ऊतक की कोशिकाएँ प्राय: लम्बी, पतली एवं लिग्निनयुक्त होती हैं। लिग्निन कोशिकाओं को दृढ़ बनाने के लिए सीमेंट का कार्य करने वाला एक रासायनिक पदार्थ है। ये एक–दूसरे से सटी होती हैं अर्थात् अन्कोशिमकीय स्थान नहीं होता। प्राय: ये कोशिकाएँ दोनों सिरों पर नुकीली होती हैं। कोशिकाभित्ति के अधिक मोटे होने से ये कोशिका नगण्य हो जाती है। दो निकटवर्ती कोशिकाओं के बीच सुस्पष्ट पट्टलिका होती है। जीवद्रव्य की अनुपस्थिति होने से ये कोशिकाएँ मृत हो जाती हैं। इनकी लम्बाई 1 मिमी से 550 मिमी तक हो सकती है। स्क्लेरेन्काइमा की कोशिकाएँ पौधों में बहुतायत से होती हैं। यह ऊतक तने में, संवहन बंडल के समीप, पत्तों की शिराओं में तथा बीजों और फलों के कठोर छल्कों में उपस्थित होता है।




**चित्र–स्क्लेरेकाइमा (i) अनुप्रस्थ काट (ii) अनुदैर्ध्य काट**

**दृढ़ोतक के कार्य**—इस ऊतक का मुख्य कार्य पौधे के विभिन्न भागों जिनमें यह ऊतक पाया जाता है, को दृढ़ यांत्रिक शक्ति प्रदान करना है।

**3. जटिल ऊतक** (Complex Tissues)—हमने पढ़ा कि सरल ऊतक एक ही प्रकार की कोशिकाओं के बने होते हैं। परन्तु जटिल ऊतक कोशिकाओं का ऐसा समूह होता है, जिसमें एक से अधिक प्रकार की कोशिकाएँ होती हैं तथा ये सब मिलकर एक इकाई की भाँति कार्य करती हैं। पौधों में दो प्रकार के जटिल ऊतक जाइलम (Xylem) तथा फ्लोएम (Phloem) पाये जाते हैं। इनका कार्य जल, खनिज, लवण तथा पौधों द्वारा निर्मित खाद्य पदार्थ को पौधों के अन्य भागों तक पहुँचाना है। अत: जाइलम तथा फ्लोएम को **संवहन ऊतक** (conductive tissues) भी कहते हैं।

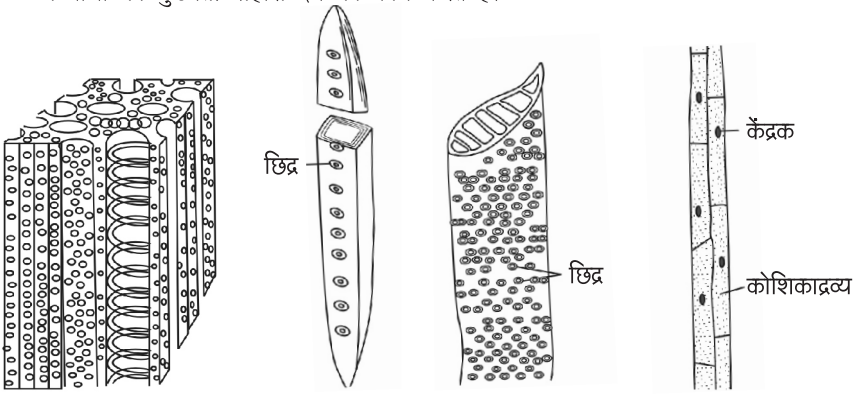
**1. दारु या जाइलम** (Xylem)—एक ऊतक का मुख्य कार्य जल संवहन है, अत: यह जल संवाहक ऊतक भी कहलाता है। इसमें चार प्रकार की विशेष संरचनाएँ पायी जाती हैं—

**(i) वाहिनिकाएँ** (Tracheids)—ये निर्जीव लम्बी तथा नलिकाकार होती हैं। ये दोनों सिरों पर नुकीली होती हैं। लिग्निन के जमा होने के कारण इन कोशिकाओं की भित्ति मोटी हो जाती है।

**(ii) वाहिकाएँ** (Vessels)—ये बेलनाकार नलिकाएँ हैं जो एक के ऊपर एक लगी रहती हैं। अनुप्रस्थ भित्तियों के नष्ट होने से ये जड़ से लेकर पत्तियों तक लम्बी नलिकाओं का रूप ले लेती हैं। इनके द्वारा जल और खनिज लवण का ऊर्ध्वाधर संवहन होता है।

**(iii) जाइलम मृदूतक** (Xylem Parenchyma)—ये सजीव कोशिकाएँ हैं जिनकी भित्ति लिग्निन के जमा होने के कारण मोटी हो जाती हैं। पैरेन्काइमा भोजन का संग्रह करता है और यह किनारे की ओर जल के पार्श्वीय संवहन में मदद करता है।

**(iv) जाइलम तंतु** (Xylem Fibers)—ये निर्जीव, दृढ़ोतक कोशिकाओं के बने होते हैं। ये पौधों को मुख्यत: सहारा देने का कार्य करते हैं।




जाइलम (a) ट्रैकीड् (b) वाहिका (c) जाइलम पैरेन्काइमा

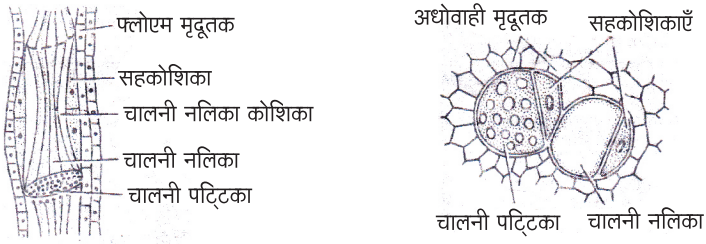
**जाइलम के कार्य** (Functions of Xylem)—मूलों द्वारा अवशोषित जल तथा लवणों के घोल को पौधों के वायव भागों (पत्तियों) तक जाइलम द्वारा पहुँचाया जाता है। इस कारण इस जटिल ऊतक को जल संवाहक ऊतक कहते हैं।

**2. अधोवाही या फ्लोएम** (Phloem)—पत्तियों में बनने वाले खाद्य पदार्थों अथवा पौधे के विभिन्न संचय केन्द्रों से खाद्य पदार्थों को अन्य स्थानों पर पहुँचाने का कार्य पौधों में अधोवाही या फ्लोएम ऊतक करता है। यह एक जटिल ऊतक है और इसमें निम्नलिखित चार प्रकार की कोशिकाएँ या अवयव पाये जा सकते हैं—

**(i) चालनी नलिकाएँ** (sieve tubes)—ये फ्लोएम ऊतक की विशेष तथा नलिकाकार संरचनाएँ हैं। ये अनेक सजीव व लम्बी कोशिकाओं के सिरे से सिरे जुड़े होने से बनती हैं और इनके अन्दर काफी स्थान में जीवद्रव्य होता है। कोशिकाओं की अनुप्रस्थ भित्तियाँ तिरछी तथा छलनी की तरह सरन्ध्र (porow) होती हैं। इन भित्तियों को चालनी पट्टिकाएँ (sieve plates) कहते हैं। चालनी नलिकाओं की भित्ति सेल्युलोज की बनी होती है तथा इस पर गर्तमय स्थूलन भी सेल्युलोज से ही होता है।

**(ii) सहकोशिकाएँ** (companion cells)—प्रत्येक चालनी नलिका के साथ एक संकरी सहकोशिका लगी रहती है जो इसकी लम्बाई में समान्तर होती है। सहकोशिका की भित्ति पतली होती है तथा यह घने जीवद्रव्य से भरी रहती है। इसके अन्दर एक बड़ा केन्द्रक (nucleus) होता है। सहकोशिकाएँ चालनी नलिकाओं की क्रियाओं पर नियन्त्रण करती हैं।

**(iii) फ्लोएम मृदूतक** (phloem parenchyma)—चालनी नलिकाओं के बीच-बीच में साधारण मृदूतक की छोटी-छोटी कोशिकाएँ होती हैं जो अधोवाही मृदूतक या फ्लोएम पैरेन्काइमा कहलाती हैं।




**चित्र : फ्लोएम : (a) अनुदैर्ध्य काट में चालनी नलिका व उसके साथ की कोशिकाएँ**
**(b) उसकी अनुप्रस्थ काट एक चालनी नलिका में चालनी पट्टिका दिखायी गई है।**

**(iv) फ्लोएम रेशे** (Phloem fibres)—ये दृढ़ोतकी रेशे होते हैं। ये मृत होते हैं तथा फ्लोएम को प्रमुखत: यांत्रिक-शक्ति व दृढ़ता प्रदान करते हैं।

**फ्लोएम के कार्य** (Functions of Phloem)—फ्लोएम का मुख्य कार्य, पत्तियों द्वारा बनाये गये कार्बनिक खाद्य पदार्थों को पौधे के विभिन्न भागों में ऊपर से नीचे तक सभी स्थानों में पहुँचाना है।

**4. एपिथीलियमी ऊतक (Epithelial Tissue)**—यह शरीर को ढकने तथा रक्षा प्रदान करने वाला ऊतक है तथा शरीर पर एक रक्षात्मक बाह्य परत आवरण के रूप में मिलता है। शरीर की त्वचा की एवं आंतरिक अंगों की श्लैष्मिक झिल्ली का निर्माण इसी ऊतक से होता है। उदाहरणार्थ—मुख गुहा, नासा गुहा, फेफड़ों, आमाशय, आँतों की आन्तरिक सतह एपीथिलियम ऊतक से बनी होती है।

एपीथीलियम ऊतक की कोशिकाएँ एक-दूसरे से सटी होती है। जिनके बीच अन्तर-कोशीकीय पदार्थ बहुत कम मात्रा में होता है। इस ऊतक को एक बाह्य रेशेदार झिल्ली इसके नीचे रहने वाले ऊतक से अलग करती है।

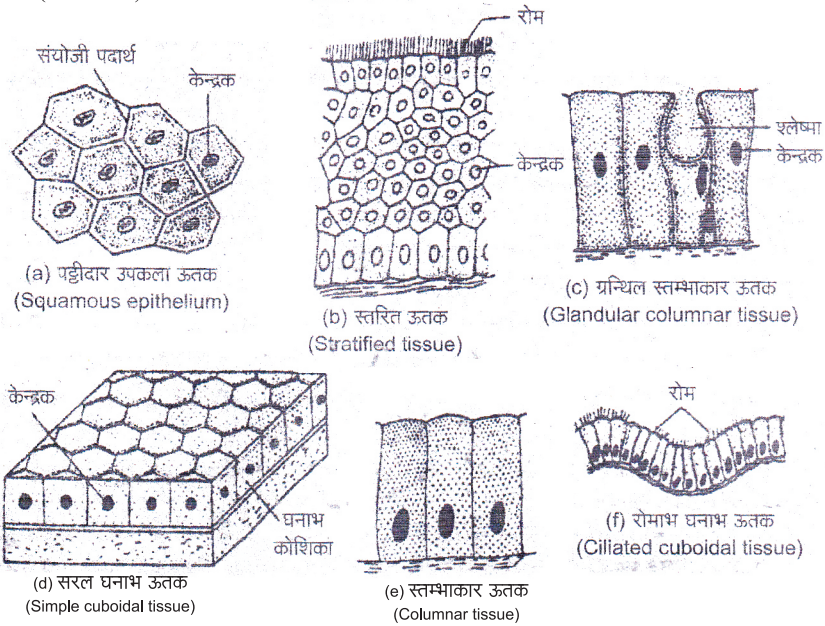
आकृति व कार्य के आधार पर एपिथीलियम ऊतक निम्नलिखित प्रकार के होते हैं—

**1. पट्टीदार उपकला ऊतक** (Squamous epithelial tissue)—यह ऊतक नियमित आकृतियों की चपटी कोशिकाओं से बनते हैं। ये ऊतक त्वचा की बाह्यतम पर्त तथा मुख एवं नासा की गुहा की श्लैष्मिक अस्तर (mucous living) में पाये जाते हें। ये ऊतक अपने नीचे स्थित अंगों को आघात, कीटाणुओं, हानिकारक रसायनों तथा सूख जाने से बचाते हैं।

**2. स्तरित उपकला ऊतक** (Stratified epithelium)—ये ऊतक त्वचा की आंतरिक पर्तों तथा नेत्र के कॉर्निया (cornea) में पाये जाते हैं। चित्र-ऊतकों का निर्माण समान अथवा असमान प्रकार की कोशिकाओं की अनेक पर्तों से होता है।

**3. घनाभ उपकला ऊतक** (Cuboidal epithelium)—ये ऊतक गुर्दों (kidneys), लार-ग्रन्थियों (sailivary glands) तथा अन्य ग्रन्थियों की वाहक नलिकाओं (ducts) में पाये जाते हैं। इनकी कोशिकाएँ घनाभ (cuboid) आकृति की होती हैं।

**4. स्तम्भाकार उपकला ऊतक** (Columnar epithelium)—इन ऊतकों की कोशिका लम्बे वर्गाकार स्तम्भों की (जैसे ईंट) अथवा बेलनाकार होती है। ये ऊतक आमाशय (stomach) तथा आँतों की भीतरी त्वचा में पाये जाते हैं।




**चित्र : विभिन्न प्रकार के उपकला ऊतक**

**5. रोमाभ स्तम्भाकार ऊतक** (Ciliated columnar epithelium)—शरीर के कुछ भागों की नलियों, जैसे श्वासनली (trachea) अथवा अण्डाणु-वाहिकाओं (Fallopian tubes) की भीतरी श्लेष्मिक झिल्ली (mucous membrane) की कोशिकाओं पर रोम (cilia) होते हैं। ये रोम निरन्तर लहराते हुए नलिका से गुजरने वाले पदार्थों को भीतर की ओर धकेलते रहते हैं।

**6. ग्रन्थिल स्तम्भाकार ऊतक** (Glandular columnar epithelium)—इन ऊतकों की स्तम्भाकार कोशिकाओं में कुछ बड़ी कोशिकाएँ भी होती हैं, जिनमें विशेश रासायनिक पदार्थों जैसे जठर-रस (gastric juice) का स्राव होता रहता है कुछ नलिकाकार ग्रंथियों जैसे लार-ग्रन्थियाँ (salivary glands), स्वेद-ग्रन्थियाँ (sweat glands) अश्रु-ग्रन्थियाँ (tear-glands) आदि में इन कोशिकाओं की भीतर की ओर बनी रिक्तिकाएँ होती हैं, जिनमें ग्रन्थि से स्रावित द्रव एकत्र होता है।

**एपिथीलियम ऊतक के कार्य-**

(i) ये शरीर एवं आंतरांगों के लिए सुरक्षात्मक आवरणों का कार्य करती हैं।

(ii) ये चयनात्मक आवरणों का कार्य करती हैं। जिसके फलस्वरूप इनके आर-पार आवश्यक पदार्थों का लेन-देन सम्भव हो जाता है।

(iii) भिन्न अंगों के लिए इनका कार्यात्मक महत्त्व भिन्न है; जैसे—ये श्वसनांगों में गैसीय विनिमय का तथा आहारनाल में पोषक पदार्थों तथा जल के अवशोषण का कार्य करती हैं।

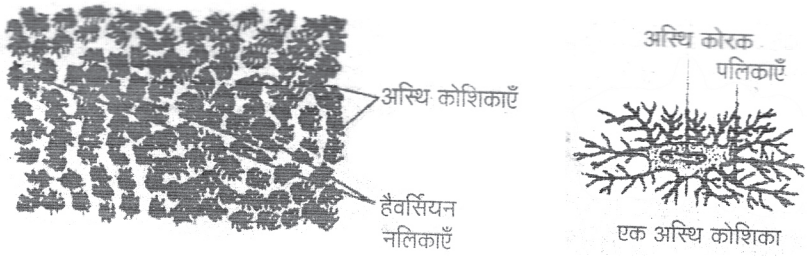
(iv) ये त्वचा एवं संवेदांगों में संवेदना ग्रहण करने का कार्य करती हैं।

(v) कई खोखले अंगों में ये श्लेष्म का स्राव करती हैं।

**5. संयोजी ऊतक** (Connective Tissues)—ये विशेष प्रकार के ऊतक होते हैं जो शरीर के विभिन्न अंगों को आधार देने अपने स्थान पर बनाये रखने एवं परस्पर संयोजित करने का कार्य करते हैं। इनमें कोशिकाएँ कम संख्या में होती है तथा कोशिकाएँ परस्पर कम जुड़ी होती हैं और अंतर-कोशिकीय मैट्रिक्स में धँसी रहती हैं। इनका मैट्रिक्स जैली की भाँति तरल, स्पन या कठोर हो सकता है।

अस्थियाँ (bones), उपास्थि (Cartilage), स्नायु (ligaments), कंडरा (tendons), रुधिर (blood) एवं लसिका (lymph) आदि संयोजी ऊतक हैं—

**1. अस्थि या हड्डी** (Bone)—अस्थि एक सुदृढ़ संयोजी ऊतक है और समस्त कशेरुकी प्राणियों के शरीर का ढाँचा बनाती है, जिससे शरीर की एक निश्चित आकृति बन जाती है। यह आन्तरिक अंगों की रक्षा करती है। अस्थित की मैट्रिक्स ओसीन (Ossein) नामक प्रोटीन और अकार्बनिक पदार्थों की बनी होती है। अकार्बनिक पदार्थों में कैल्सियम तथा मैग्नीशियम के फॉस्फेट, कार्बोनेट तथा क्लोराइड विद्यमान होते हैं। अस्थि में पेरीऑस्टियम, अस्थि कोशिकाएँ तथा मैट्रिक्स संरचनाएँ होती हैं।




**चित्र : अस्थि की अनुप्रस्थ काट**

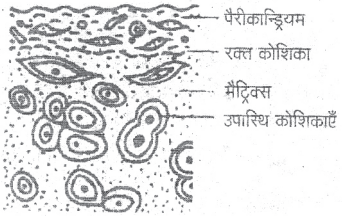
**कार्य–**

(i) ये पंजर (कंकाल) का निर्माण करती हैं और शरीर को आकार प्रदान करती हैं।

(ii) यह मांसपेशियों को सहारा देती है।

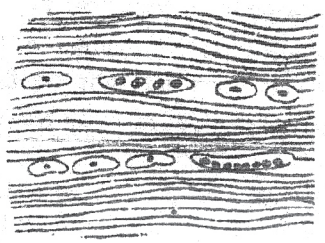
(iii) ये शरीर के नाजुक अंगों, दिमाग व फेफड़ों आदि को सुरक्षा प्रदान करती हैं।

**2. उपास्थि** (Cartilage)—यह एक सुदृढ़ परन्तु लचीला (elastic) ऊतक है जो दबाव एवं तनाव को सहन करने की अत्यधिक क्षमता रखता है। मानव के बाह्य कान (external ear), नाक का सिरा (nose lip), श्वास-नलिकाओं (trachea and bronchii) के छल्ले एवं बड़ी अस्थियों (जैसे पाँवों एवं बाहों की लम्बी अस्थियाँ) के सिरे तथा मेरुदण्ड की कशेरुकाओं (vertebra) के बीच संयोजी ऊतक उपास्थि के बने होते हैं। उपास्थि में अन्तर कोशिकीय पदार्थ (intercellular matrix) की मात्रा अधिक होती है जो कॉन्ड्रिन (condrin) प्रोटीन का बना होता है। मैट्रिक्स में उपास्थि कोशिकाएँ फैली होती हैं। उपास्थि की सतह पर पेरीकान्ड्रियम (perichondrium) की पतली परन्तु मजबूत झिल्ली होती है जो इसके रक्षक-आवरण का कार्य करती है। उपास्थित में रुधिर-वाहिकाएँ होती हैं।

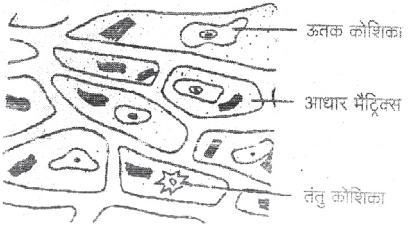



चित्र : उपास्थि की अनुप्रस्थ काट

**3. तन्तुमय संयोजी ऊतक** (Fibrous connective tissues)—इनका कार्य विभिन्न अंगों को एक-दूसरे से बाँधे या जोड़े रखना है। स्नायु या अस्थिबंध (ligments) दो अस्थियों के सिरों को एक-दूसरे से बाँधे रखकर, शरीर-कंकाल को सुगठित रखते हैं तथा कंडरा (tendons), संकुचित तथा फैलने वाली पेशियों के सिरों को अस्थियों के सिरों से बँधे रख कर, पेशियों के खिंचाव तथा दबाव से अस्थियों का संचालन करते हैं। ये ऊतक लचकदार एवं दृढ़ प्रोटीन-तंतुओं (fibres) के बने होते हैं।



(a) कंडरा पट्टीदार शल्की ऊतक
(White fibrous tissue tendon)




(b) पीत तंतुमय ऊतक (स्नायु)
(ligament)

चित्र : कुछ संयोजी ऊतकों की अनुप्रस्थ काट

**4. तरल संयोजी ऊतक** (Fluid Connective Tissue)—रुधिर (Blood) व लसीका (Lymph) तरल संयोजी ऊतक हैं। ये शरीर में विभिन्न पदार्थों के संवहन का कार्य करते हैं।

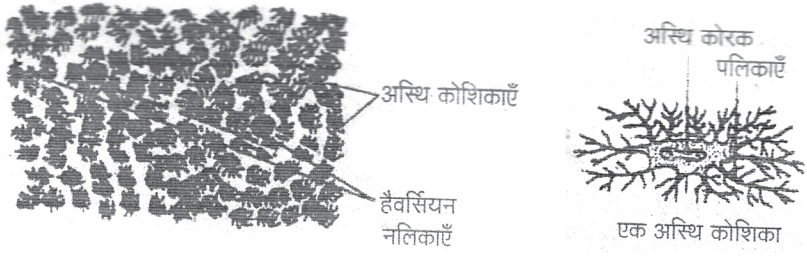
6. **अस्थि या हड्डी** (Bone)—अस्थि एक सुदृढ़ संयोजी ऊतक है और समस्त कशेरुकी प्राणियों के शरीर का ढाँचा बनाती है, जिससे शरीर की एक निश्चित आकृति बन जाती है। यह आन्तरिक अंगों की रक्षा करती है। अस्थित की मैट्रिक्स ओसीन (Ossein) नामक प्रोटीन और अकार्बनिक पदार्थों की बनी होती है। अकार्बनिक पदार्थों में कैल्सियम तथा मैग्नीशियम के फॉस्फेट, कार्बोनेट तथा क्लोराइड विद्यमान होते हैं। अस्थि में पेरीऑस्टियम, अस्थि कोशिकाएँ तथा मैट्रिक्स संरचनाएँ होती हैं।

**कार्य–**

(i) ये पंजर (कंकाल) का निर्माण करती हैं और शरीर को आकार प्रदान करती हैं।

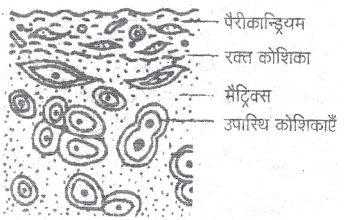
(ii) यह मांसपेशियों को सहारा देती है।

(iii) ये शरीर के नाजुक अंगों, दिमाग व फेफड़ों आदि को सुरक्षा प्रदान करती हैं।




**चित्र : अस्थि की अनुप्रस्थ काट**

**उपास्थि** (Cartilage)—यह एक सुदृढ़ परन्तु लचीला (elastic) ऊतक है जो दबाव एवं तनाव को सहन करने की अत्यधिक क्षमता रखता है। मानव के बाह्य कान (external ear), नाक का सिरा (nose lip), श्वास-नलिकाओं (trachea and bronchii) के छल्ले एवं बड़ी अस्थियों (जैसे पाँवों एवं बाहों की लम्बी अस्थियाँ) के सिरे तथा मेरुदण्ड की कशेरुकाओं (vertebra) के बीच संयोजी ऊतक उपास्थि के बने होते हैं।




**चित्र : उपास्थि की अनुप्रस्थ काट**

उपास्थि में अन्तर कोशिकीय पदार्थ (intercellular matrix) की मात्रा अधिक होती है जो कॉन्ड्रिन (condrin) प्रोटीन का बना होता है। मैट्रिक्स में उपास्थि कोशिकाएँ फैली होती हैं। उपास्थि की सतह पर पेरीकान्ड्रियम (perichondrium) की पतली परन्तु मजबूत झिल्ली होती है जो इसके रक्षक-आवरण का कार्य करती है। उपास्थित में रुधिर-वाहिकाएँ होती हैं।

7. **पेशीय ऊतक** (Muscular Tissues)—पेशियाँ विशेष प्रकार के लचीले, संकुचनशील प्रोटीनयुक्त ऊतक हैं। हमारे शरीर में बाह्य त्वचा तथा अस्थि-कंकाल के बीच का अधिकांश भाग माँस-पेशियों (muscles) से निर्मित है। पेशीय ऊतक (muscular tissue), पेशीय कोशिकाओं से बना होता है। इसकी कोशिकाएँ लम्बे

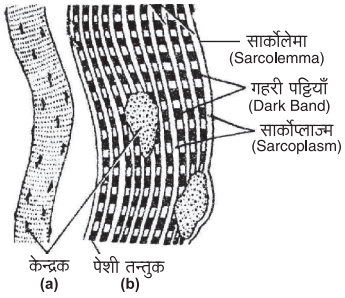
तंतुओं (long fibres) के रूप में होती हैं। संकुचनशीलता (contractibility), जीव-द्रव्य (protoplasm) का प्रमुख लक्षण है जो पेशी-ऊतक की कोशिकाओं में सर्वाधिक व्यक्त होता है। जंतुओं की एक स्थान से दूसरे स्थान तक जाने की क्षमता (locomotion or mobility) तथा बाह्य एवं आंतरिक अंगों को हिलाने-डुलाने (movement) की क्षमता पेशी-ऊतकों के कारण ही होती है।

इन ऊतकों की कोशिकाएँ लम्बी व रेशे के समान होती हैं, इनको पेशीय रेशे भी कहते हैं। प्रत्येक रेशे में अत्यधिक सिकुड़ने वाले सूक्ष्म तन्तु होते हैं।

पेशनी ऊतक प्राय: निम्नलिखित प्रकार के होते हैं—

1. रेखित पेशियाँ,
2. अरेखित पेशियाँ,
3. हृद पेशियाँ।

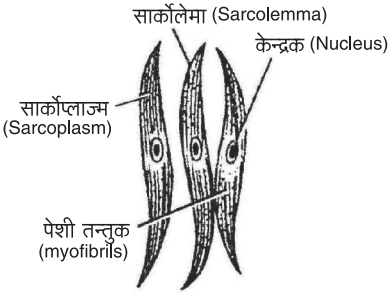
**1. रेखित या ऐच्छिक पेशियाँ** (Striped or Voluntary Muscles)—शरीर में अधिकांशत: पायी जाने वाली पेशियाँ प्राणी की इच्छानुसार तंत्रिका तंत्र के नियन्त्रण में कार्य करती हैं। इसीलिए इन्हें ऐच्छिक पेशियाँ कहते हैं। अपने दोनों सिरों पर अस्थियों से जुड़े रहने के कारण ये कंकालीय पेशियाँ (skeletal muscles) भी कहलाती हैं। हाथ-पैरों तथा शरीर को गमन एवं गति प्रदान करने के कारण ये दैहिक पेशियाँ भी कही जाती हैं।




**चित्र : (a) रेखित पेशियाँ तथा (b) एक पेशी तन्तु की अनुप्रस्थ काट।**

ऐच्छिक पेशियाँ लगातार कार्य करके थक जाती हैं। इन्हें कुछ समय पश्चात् विश्राम की आवश्यकता होती है। ऐच्छिक पेशियों की गति एवं कार्य हमारी इच्छा पर निर्भर करता है तथा इनकी गति पर तंत्रिका तंत्र आदि का नियन्त्रण रहता है। इस प्रकार की पेशियाँ मुख्य रूप से हाथ-पैर, गर्दन, आँख तथा अन्य ऐसे अंगों में होती हैं जो हमारी इच्छा के नियन्त्रण में कार्य करते हैं। चलना, दौड़ना, आँखें खोलना या बन्द करना, हाथ-पैर चलाना, उठाना-गिराना, भोजन करना, उसे मुँह में चबाकर निगल जाना आदि कार्य ऐच्छिक पेशियों के द्वारा किये जाते हैं। पेशियों के इस कार्य में काफी मात्रा में ऊर्जा व्यय होती है जो ATP से प्राप्त की जाती है।

**2. अरेखित या अनैच्छिक पेशियाँ (Unstriped or Involuntary Muscles)**—अरेखित पेशियों में हल्की-गहरी अनुप्रस्थ धारियाँ नहीं होती; अत: इन्हें अरेखित पेशियाँ कहते हैं। इसी प्रकार इनका संकुचन हमारी इच्छानुसार नहीं होता; अत: इन्हें अनैच्छिक पेशियाँ कहते हैं। इन पेशियों का अस्थियों से भी कोई सीधा सम्बन्ध नहीं होता है। ये प्राय:

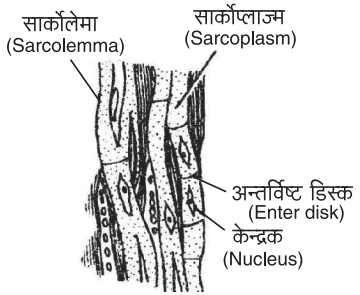



**चित्र : कुछ अरेखित पेशी तन्तु**

खोखले आन्तरांगों की भित्तियों से सम्बन्धित रहती हैं; अत: इन्हें अन्तरांगीय पेशियाँ (visceral muscles) भी कहते हैं। आहारनाल, श्वासनाल, पित्ताशय, शिश्न, योनि आदि में पायी जाने वाली पेशियाँ इसी प्रकार की होती हैं।

**3. हृद पेशियाँ (Cardiac Muscles)—**

कशेरुकी प्राणियों के हृदय की मांसल भित्तियों में हृद् पेशियाँ पायी जाती हैं। हृद् पेशियाँ छोटे-छोटे, बेलनाकार तथा शाखान्वित पेशी तंतुओं की बनी होती हैं। संरचना में ये रेखित पेशियों के समान होती हैं, परन्तु इनमें आकुंचन अरेखित पेशियों की भाँति अनैच्छिक होता है जिससे रक्त वाहिनियों और हृदय में रक्त का प्रवाह सदैव बना रहता है। ये पेशियाँ जीवन-पर्यन्त बिना थके कुंचन-संकुचन करती रहती हैं। इनके तंतुओं के सिरे परस्पर जुड़कर बहुकोशिकीय लम्बे-लम्बे तंतु बनाते हैं। ऐसा प्रत्येक जोड़ दो पास के तंतुओं की 'Z' रेखा (Z-line) पर होता है तथा ये अति महीन अँगुली सदृश प्रवर्धों द्वारा गुथे (interdigited) एवं जुड़े रहते हैं।




**पेशियों के सामान्य कार्य**—पेशियाँ प्रमुखत: निम्नलिखित कार्य करती हैं—

**(a) गति**—कंकाल पेशियाँ अपने सिकुड़ने के गुण के कारण चलने में सहायता करती हैं अथवा शरीर के किसी भाग को गति प्रदान करती हैं। इस कार्य में कण्डराएँ (tendons) एवं स्नायु (ligaments) सहायता करते हैं।

**(b) ताप उत्पादन**—पेशी कोशिकाएँ अति क्रियाशील होती हैं। शरीर के कुल ताप का मुख्य भा गइनकी क्रियाशीलता के कारण ही उत्पन्न होता है; अत: इन पेशियों के संकुचन आदि से शरीर का तापमान सन्तुलित बना रहता है।

**(c) संस्थिति**—कुछ पेशी कोशिकाओं के आंशिक संकुचन से बैठना, खड़े रहना जैसी शरीर की अवस्थाएँ (posutre) बनी रहती हैं।

पेशियों के कार्य उनकी संकुचन क्षमता व लचीलेपन पर आधारित तथा निर्धारित होते हैं। कुछ सामान्य कार्यों के उदाहरण निम्नांकित हैं—

(i) अनैच्छिक पेशियों के द्वारा हृदय का धड़कना, साँस लेना आदि अत्यन्त महत्त्वपूर्ण कार्य संचालित होते हैं।

(ii) विभिन्न मांसपेखियों के द्वारा आँख किसी वस्तु को देखती है तथा पेशियाँ ही नेत्र संयोजन का महत्त्वपूर्ण कार्य करती हैं।

(iii) ऐच्छिक पेशियों के द्वारा खेलना, दौड़ना, खाना आदि कार्यों को हम अपनी इच्छानुसार कर सकते हैं।

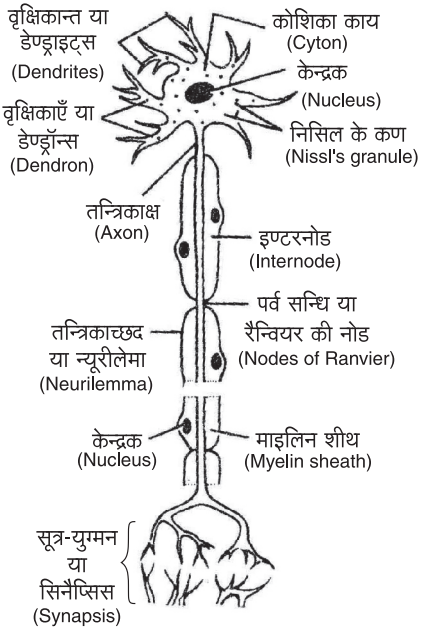
(iv) मांसपेशियाँ शरीर को एक आकार देती हैं। शरीर का सधा हुआ तथा सन्तुलित रहना भी इन्हीं के कारण होता है।

(v) थकान के बाद आराम के द्वारा मांसपेशियों में कार्य करने की नयी शक्ति प्राप्त होती है।

## 8. विभिन्न प्रकार की पेशियों में अन्तर
## (Differences between Different Types of Muscles)

| क्र०सं० | अरेखित पेशी | रेखित पेशी | हृद् पेशी |
|---|---|---|---|
| 1. | अंतरांगों; जैसे—आमाशय, मूत्राशय, जनन वाहिनियों तथा रुधिर वाहिनियों की भित्ति में मिलती हैं। | अस्थियों के साथ जुड़ी रहती हैं और शरीर की पेशियों का अधिकांश भाग बनाती हैं। | केवल हृदय की भित्ति में पायी जाती हैं। |
| 2. | पेशी कोशिकाएँ प्राय: तर्कुरूप होती हैं। | पेशी कोशिकाएँ लम्बी व बेलनाकार होती हैं। | पेशी कोशिकाएँ शाखान्वित होती हैं और परस्पर मिलकर जाल-सा बनाती हैं। |
| 3. | पेशी तंतु एककेन्द्रकीय होते हैं और केन्द्रक कोशिका के बीचों-बीच चौड़े भाग में स्थित होते हैं। | इनमें पेशी तंतु बहुकेन्द्रकीय होते हैं और केन्द्रक तंतु के परिधीय भाग में सार्कोलेमा के ठीक नीचे स्थित होते हैं। | पेशी तंतु एककेन्द्रकीय होते हैं और केन्द्रक कोशिका के लगभग मध्य में स्थित होते हैं। |
| 4. | किसी प्रकार की पट्टियाँ नहीं होती हैं। | धारीदार होते हैं और हल्की व गहरी पट्टियाँ होती हैं। | रेखित पेशी की तरह दिखायी देती हैं। |
| 5. | संकुचन धीरे-धीरे होता है। | संकुचन धीरे-धीरे, किन्तु देन होता है। | संकुचन व शिथिलन क्रमिक होता है और जीवन-पर्यन्त चलता रहता है। |
| 6. | संकुचन इच्छा के नियन्त्रण में नहीं होता। | संकुचन इच्छा के नियन्त्रण में होता। | संकुचन इच्छा के नियन्त्रण में नहीं होता। |

**9.**




## मूल्य आधारित प्रश्न (Value Based Questions)

1. पौधे अचल जीवन का निर्वाह करते हैं अत: इनमें अधिकांश मृत कोशिकाओं द्वारा निर्मित होते हैं, जबकि जन्तुओं को ऐसे ऊतक की आवश्यकता होती है, जो एक स्थान से दूसरे स्थान पर जाने में उन्हें यांत्रिक सहारा प्रदान करें। अत: इनमें अधिकांश ऊतक जीवित होते हैं।
2. पौधों की रख-रखाव की आवश्यकता होती है क्योंकि वे प्रकृति में मौजूद है और जीवित रहने के लिए आवश्यक चीजों को प्राप्त करने के लिए अनुकूलित होते हैं; जैसे कि पानी, धूप और पोषक तत्व।
3. पौधों और जन्तुओं में वृद्धि के प्रतिरूप में मुख्य अन्तर यह है कि पौधों की वृद्धि विशिष्ट क्षेत्रों (जैसे जड़, तना, पत्ती) में ही होती है जबकि जन्तुओं में वृद्धि शरीर के विभिन्न भागों में होती है, और यह वृद्धि एक निश्चित समय के बाद रुक जाती है।

## केस स्टडी प्रश्न (Case Study Questions)

1. स्तरीकृत स्क्वैमस उपकला
2. श्वसन तंत्र
3. स्तंभाकार उपकला

●●

# 7 गति (Motion)

## विविध प्रश्नावली (Miscellaneous)

### बहुविकल्पीय प्रश्न (Objective Type Questions)

**1.** (a) **2.** (c) **3.** (b) **4.** (a) **5.** (b) **6.** (c) **7.** (c) **8.** (a)
**9.** (a) **10.** (c) **11.** (b) **12.** (d) **13.** (d) **14.** (b) **15.** (d) **16.** (d)
**17.** (c) **18.** (c) **19.** (c) **20.** (b) **21.** (a)

### अभिकथन-कारण प्रश्न (Assertion & Reason Type Questions)

**1.** (a) **2.** (a) **3.** (a)

### चित्र आधारित प्रश्न (Figure Based Questions)

**1.** (a) कार B तेज गति से चल रही है क्योंकि इसकी ढाल (slope) A तथा (की अपेक्षा अधिक है)

(b) नहीं, क्योंकि तीनों रेखाएँ किसी एक बिन्दु पर प्रतिच्छेद नहीं करती है।

(c) जिस समय B, A से गुजरती है उस समय तक C लगभग 9 किमी तक तय कर लेती है।

(d) जब B, C से गुजरती है उस समय तक ये लगभग 5.5 किमी दूरी तय कर लेती है।

**2.** **$t = 0$ से $t = 10$ सेकण्ड तक**

$vt$ माप एक सरल रेखा है। जिसका ढलान धनात्मक है। अत: कण का त्वरण नियत व धनात्मक है।

त्वरण $a$ = रेखा $OA$ का ढलान $= \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{20-1}{10-0} = +2$ मीटर/सेकण्ड$^2$

इस अवधि में कण का विस्थापन $x = \Delta OAE$ का क्षेत्रफल

$$= \frac{1}{2} \times OE \times AE = \frac{1}{2} \times 10 \times 20 = +100 \text{ मीटर}$$

**$t = 10$ से $t = 15$ सेकण्ड तक**

कण का वेग नियत (20 मीटर/सेकण्ड) रहता है। अत: त्वरण $a = 0$ मीटर/सेकण्ड$^2$

इस अवधि में कण का विस्थापन $x$ = आयत $ABDE$ का क्षेत्रफल $= AB \times AE$

$$= 5 \times 20 = +100 \text{ मीटर}$$

**$t = 15$ से $t = 20$ सेकण्ड तक**

$v-t$ ग्राफ एक सरल रेखा है, जिसका ढलान ऋणात्मक है। अत: त्वरण, वेग नियात तथा ऋणात्मक है।

त्वरण $a$ = रेखा $BC$ का ढलान $= \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{0-20}{20-15} = -4$ मीटर/सेकण्ड$^2$

इस अवधि में कण का विस्थापन $x = \Delta BDC$ का क्षेत्रफल

$$= \frac{1}{2} \times CD \times BD = \frac{1}{2} \times 5 \times 20 = +50 \text{ मीटर}$$

### कूट आधारित प्रश्न (Coding Based Questions)

**1.** $u = 20$ किमी/घण्टा $= \frac{20 \times 1000}{3600}$ मी/से $= \frac{200}{36}$ मी/से

$v = 50$ किमी/घण्टा $= \frac{50 \times 1000}{3600}$ मी/से $= \frac{500}{36}$ मी/से

कार का त्वरण $= \frac{\frac{500}{36} - \frac{200}{36}}{10} = \frac{300}{10 \times 36} = \frac{39}{36} = 0.83$ मी/से$^2$

or $= 83$ मी/से$^2$

इसलिए , विकल्प (b) (iii) तथा (iv) सही है।

**2.** (a) (i) तथा (ii)

### रिक्त स्थानों की पूर्ति कीजिए? (Fill in the blanks)

**1.** **चाल** एक अदिश राशि है।

**2.** यदि वस्तु का वेग एक समान दर से घट रहा हो तो गति के समीकरणों में $a$ का मान **ऋण चिह्न के साथ** खेलते हैं।

**3.** किसी वस्तु का त्वरण शून्य होगा यदि वस्तु **का समान समय में विस्थापन समान हो**।

**4.** यदि आप 20 मीटर/सेकण्ड की चाल से चल रहे हैं तो 100 मीटर चलने में **5 सेकण्ड** का समय लगेगा।

**5.** जब कोई वस्तु समान अन्तराल में समान दूरी तय करती है तो उसकी गति को **एक समान गति** कहते हैं।

### सुमेलन आधारित प्रश्न (Matching Based Questions)

| | सूची-A | | सूची-B |
|---|---|---|---|
| 1. | वेग ($v$), समय ($t$) ग्राफ से | (d) | विस्थापन, त्वरण दोनों प्राप्त होता है। |
| 2. | वेग की दिशा बदलने की दर को | (e) | अभिकेन्द्र त्वरण कहा जाता है। |
| 3. | सदिश का परिमाण | (f) | कभी भी ऋणात्मक नहीं होता। |
| 4. | औसत चाल | (a) | तय की गई दूरी और समयान्तराल का अनुपात |
| 5. | चाल | (b) | एक अदिश राशि है। |
| 6. | औसत वेग तथा औसत चाल | (g) | सरल रेखीय गति में समान होते हैं। |
| 7. | विस्थापन की दर | (c) | त्वरण कहलाती है। |

### सत्य या असत्य लिखिए? (Write true or false)

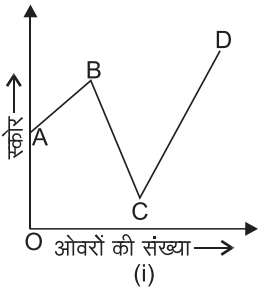
**1.** असत्य **2.** असत्य **3.** असत्य **4.** सत्य **5.** सत्य

**कौन-सा सही कथन नहीं है? (Which statement is not correct?)**

**1.** (a) **2.** (d) **3.** (b) **4.** (d)

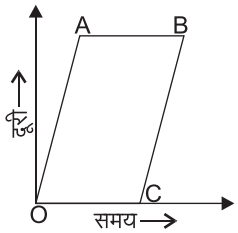
**उच्च स्तरीय विचारात्मक प्रश्न (HOTS Questions)**

1. (a) यह ग्राफ ओवर तथा स्कोर के बीच खींचा गया है। इसमें ओवरों की संख्या बढ़ने के साथ-2 स्कोर बड़ा तथा फिर कम होने लगा। ऐसा कदापि नहीं हो सकता स्कोर स्थिर तो हो सकता है लेकिन नीचे नहीं आ सकता। अत: यह ग्राफ गलत है।

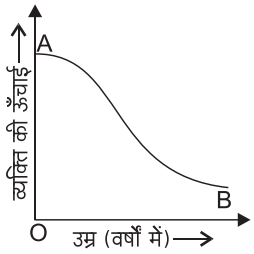


(i)

(b) इस ग्राफ में बिन्दु $B$ तक पहुँचने के बाद समय घट रहा है। अर्थात् $C$ पर आने के लिए समय कम हो रहा है जोकि संलग्न है। अत: यह ग्राफ गलत है।



(ii)

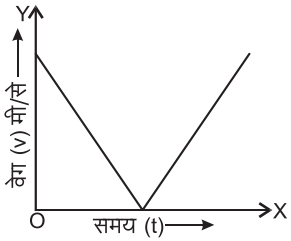


(iii)

(c) दिया गया ग्राफ में व्यक्ति की उम्र बढ़ने के साथ-साथ उसकी ऊँचाई घट रही है जोकि अंसभव है, अत: यह ग्राफ भी गलत है।

**2.** पृथ्वी सूर्य के चारों ओर एकसमान गति से गति करती है, यह कथन सत्य है।

**3.**




**अति लघु उत्तरीय प्रश्न (Very Short Answer Type Questions)**

**1.** वेग तथा त्वरण

**2.** कोई वस्तु एठांक समयान्तराल में जितनी दूरी चलती है, उसे उस वस्तु की चाल (गति) कहते हैं।

**3.** चाल का मात्रक मी/से होता है।

4. किसी वस्तु की अन्तिम तथा प्रारम्भिक स्थितियों के बीच के अन्तर को वस्तु का विस्थापन कहते हैं।
5. वेग
6. व्यंजक $\frac{v-u}{t}$ वेग परिवर्तन की दर अर्थात् त्वरण को प्रकट करता है।
7. असमान गति
8. असमान गति में वस्तु के वेग में होने वाले परिवर्तन को हम त्वरण द्वारा व्यक्त करते हैं। किसी वस्तु की समय के साथ वेग परिवर्तन की दर को त्वरण कहते हैं। यह एक सदिश राशि है। इसे $a$ से प्रदर्शित करते हैं। इसका मात्रक मी/सेकंड$^2$ होता है। यह दो प्रकार का होता है—धनात्मक तथा ऋणात्मक।

$$\text{त्वरण} = \frac{\text{वेग में परिवर्तन}}{\text{लिया गया समय}}$$

9. मी/से$^2$
10. $\text{वेग} = \frac{\text{विस्थापन}}{\text{समयान्तराल}}$
11. किसी कण का वेग नियत करने पर त्वरण शून्य हो जाएगा।
12. (i) विस्थापन $= AB - BC$
$= (10-5)$ सेमी
$= 5$ सेमी

(ii) कण द्वारा चली गई दूरी $= AB + BC$
$= (10+5)$ सेमी
$= 15$ सेमी

13. गेंद द्वारा तय की गई दूरी $= h + h = 2h$ इकाई
तथा विस्थापन $= h - h = 0$ (शून्य)

**लघु उत्तरीय प्रश्न (Short Answer Type Questions)**

1. **अदिश राशियाँ**–ऐसी राशियाँ जिनका केवल परिमाण होता है; उनकी कोई दिशा नहीं होती; जैसे—द्रव्यमान, दूरी, समय, चाल, आयतन, दाब, कार्य, ऊर्जा, शक्ति, ताप इत्यादि। ऐसी राशि आदिश राशियाँ कहलाती हैं।

**सदिश राशियाँ**–ऐसी राशियाँ जिनकों परिमाण के साथ-साथ दिशा भी होती है; जैसे—विस्थापन, वेग, संवेग, त्वरण, बल, आवेग इत्यादि। ऐसी राशियों को सदिश राशियाँ कहते हैं।

2. (a) समय तथा (c) चाल
3. (c) विस्थापन, (e) बल तथा (f) त्वरण
4. **दूरी तथा विस्थापन**–जब किसी वस्तु की अन्तिम तथा प्रारम्भिक स्थितियों के बीच के अन्तर को वस्तु का विस्थापन कहते हैं।

**दूरी तथा विस्थापन में अन्तर**

| क्र०सं० | दूरी | विस्थापन |
|---|---|---|
| 1. | गतिमान वस्तु द्वारा तप किए गए पथ की लम्बाई को दूरी कहते हैं। | गतिमान वस्तु की अन्तिम तथा प्रारम्भिक स्थितियों के बीच की न्यूनतम दूरी को विस्थापन कहते हैं। |
| 2. | इसमें केवल परिमाण होता है। यह अदिश राशि है। | इसमें परिमाण व दिशा दोनों होते हैं। यह सदिश राशि है। |
| 3. | वस्तु द्वारा तय की गई दूरी कभी भी शून्य नहीं होती। | शून्य भी हो सकता है। |

**5.** एकांक समय में तय की गई दूरी चाल कहलाती है तथा गतिमान वस्तु के एकांक समय में निश्चित दिशा में चली गई दूरी को वेग कहते हैं।

**सारणी : चाल और वेग में अन्तर**

| क्रम० सं० | चाल | वेग |
|---|---|---|
| 1. | किसी भी दिशा में वस्तु द्वारा एकांक समय में तय की गई दूरी वस्तु की चाल होती है। | वस्तु द्वारा एकांक समय में तय किए गए विस्थापन को वेग कहते हैं। |
| 2. | चाल एक अदिश राशि है। | वेग एक सदिश राशि है। |
| 3. | किसी भी वस्तु की चाल सदैव धनात्मक होती है। | किसी भी वस्तु का वेग धनात्मक, ऋणात्मक तथा शून्य कुछ भी हो सकता है। |
| 4. | किसी भी वस्तु की चाल उस वस्तु के वेग के बराबर या उससे अधिक हो सकती है। | किसी भी वस्तु के वेग का परिमाण उस वस्तु के चाल के बराबर या उससे कम हो सकता है। |
| 5. | किसी समयान्तराल में वस्तु का औसत वेग शून्य होने पर आवश्यक नहीं है कि उसकी औसत चाल भी शून्य है। | वस्तु की औसत चाल शून्य होने पर उसका औसत वेग अवश्य ही शून्य होगा। |

**6.** जब किसी वस्तु की स्थिति में परिवर्तन नहीं होता है, तो वह वस्तु विराम-अवस्था में होती है। इसके विपरीत जब वस्तु की स्थिति में समय के साथ-साथ परिवर्तन होता रहता है, तो वह वस्तु गति की अवस्था में होती है।

**7.** यदि दो वस्तुएँ एक ही समय भिन्न-भिन्न गति से गतिमान हैं, तो एक की गति के सापेक्ष दूसरी वस्तु के गति को आपेक्षिक (सापेक्ष) गति कहते हैं उदाहरणार्थ—जब दो रेलगाड़ियाँ परस्पर समान्तर तथा एक ही दिशा में गतिमान हों।

**8.** माना वस्तु की प्रारम्भिक वेग $= v$

तथा वस्तु का अन्तिम वेग $= v$ ($\because$ वस्तु का वेग एकसमान)

$$\therefore \quad \text{त्वरण} = \frac{\text{प्रारम्भिक वेग} - \text{अन्तिम वेग}}{t} = \frac{v - v}{t} = \frac{0}{t} = 0$$

अत: यह सिद्ध होता है कि जब वस्तु का वेग नियत (एक समान वेग) होता है, तो वस्तु पर लग रहे त्वरण का मान शून्य होता है।

**9.** नहीं, क्योंकि जब किसी वस्तु की चाल बदलती है, तो इसका वेग नियत नहीं हो सकता है।

**10.** यदि कोई वस्तु (उपग्रह) वृत्ताकार पथ पर गति करता है, तो उसका विस्थापन शून्य होगा (एक पूर्ण चक्कर लगाने पर)।

**11.** नहीं

**12.** नहीं, वस्तु द्वारा चली गई दूरी सदैव विस्थापन के बराबर या अधिक होती है।

**13.** नहीं

**14.** एक समान

**15.** यदि एक वस्तु सरल रेखा में चलती है और इसका वेग समान समयांतराल में समान रूप से घटता या बढ़ता है, तो वस्तु के त्वरण को एक समान त्वरण कहते हैं।

**16.** चाल-समय ग्राफ की आकृति एक सीधी रेखा में होगी हाँ, जब वस्तु नीचे से ऊपर की ओर फेंकी जाती है तो अधिकतम ऊँचाई पर उसका वेग शून्य होता है, जबकि गुरुत्व त्वरण-$g$ होगा।

## विस्तृत उत्तरीय प्रश्न (Long Answer Type Questions)

**1. गति–**यदि किसी वस्तु की स्थिति समय के साथ परिवर्तित हो रही हो, तो वस्तु को गतिशील कहते हैं तथा वस्तु की स्थिति के परिवर्तन के लिए उत्तरदायी कारक गति कहलाता है।

**गति के प्रकार (Tyes of Motion)**—गति के विभिन्न प्रकार होते हैं, जो निम्नवत् हैं—

**(i) रेखीय अथवा रैखिक गति** (Linear or Translatory motion)—ऐसी वस्तु की गति, जो एक सरल (सीधी) रेखा में गति करती हो, रेखीय या रैखिक गति कहलाती है। उदाहरणार्थ—किसी ऊँचाई से नीचे फेंके गये पिण्ड या गेंद की गति, सीधी सड़क पर दौड़ते वाहन की गति आदि।

**(ii) एकसमान वृत्तीय गति** (Uniform Circular Motion)—ऐसी वस्तु की गति, जो वृत्तीय पथ पर समान समयान्तराज में समान दूरी तय करती है, एकसमान वृत्तीय गति कहलाती है। उदाहरणार्थ—सूर्य के चारों ओर चक्कर लगाती हुई पृथ्वी की गति।

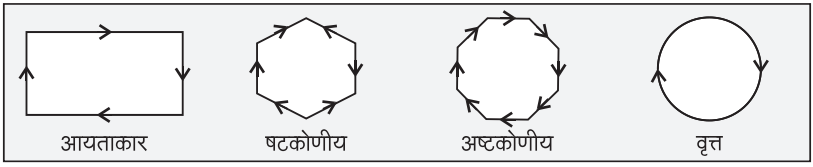
**(iii) अनियमित गति** (Random motion)—यदि किसी गतिमान वस्तु की दिशा में निरन्तर परिवर्तन (Continuous change) होता रहे तो ऐसी गति अनियमित गति कहलाती है। उदाहरणार्थ—वातावरण में गतिमान कीट-पतंगों तथा तितलियों आदि की गति।

**(iv) दोलनीय अथवा कम्पन गति** (Oscillatory or Vibratory Motion)—यदि कोई गतिशील पिण्ड किसी निश्चित बिंदु के इधर-उधर या ऊपर-नीचे एक ही पथ पर गति करता है तो यह गति दोलनीय अथवा कम्पन गति कहलाती है। उदाहरणार्थ—सरल लोलक अथवा पेंडुलम की गति, झूले की गति इत्यादि।

**(v) घूर्णन अथवा वक्ररेखीय गति** (Rotatory or Circular Motion)—यदि कोई गतिमान वस्तु एक वक्र रेखा में गति करती है तो यह गति घूर्णन अथवा वक्ररेखीय गति कहलाती है। उदाहरणार्थ—वक्ररेखीय मोड़ पर किसी बाइक सवार की गति, घूमते लट्टू की गति आदि।

**2. एकसमान वृत्तीय गति (Uniform Circular Motion)**—यदि कोई वस्तु एकसमान गति से एक वृत्तीय पथ में घूम रही है तो उस वस्तु की गति को वृत्तीय गति कहते हैं। वृत्तीय गति में गति में चाल अचर होने पर भी दिशा में होने वाला निरंतर परिवर्तन वेग में परिवर्तन उत्पन्न करता है, जिससे वस्तु की गति त्वरित होती है।

यदि पथ आयताकार है तो वस्तु चार बार अपनी दिशा बदलकर मुख्य बिन्दु पर पहुँचती है। इसी प्रकार यदि पथ षटकोणीय या अष्टकोणीय है तो वस्तु एक चक्कर पूरा करने में क्रमश: 6 तथा 8 बार अपनी दिशा बदलती है। वृत्तीय पथ में अन्नत मोड़ होते हैं, इसलिए वस्तु को एक चक्कर पूरा करने में अनन्त बार दिशा बदलनी पड़ती है अर्थात् प्रत्येक समय।




जब सरल रेखा में वस्तु गति करती है तो दिशा में कोई परिवर्तन नहीं होता है। अत: वेग के परिमाण में परिवर्तन होने के कारण त्वरण उत्पन्न होता है। इसलिए वृत्तीय पथ पर गति करती हुई वस्तु त्वरित गति का उदाहरण है। यदि कोई वस्तु $r$ त्रिज्या वाले वृत्त का एक चक्कर पूरा करने में $t$ सेकण्ड समय लगाती है तो वस्तु की चाल

$$v = \frac{2\pi r}{t}$$

जहाँ $2\pi r$ वृत्त की परिधि है।

जब कोई वस्तु वृत्तीय पथ पर एकसमान चाल से चलती है तो उस गति को एकसमान वृत्तीय गति कहते हैं।

चन्द्रमा एवं पृथ्वी की गति, पृथ्वी के चारों ओर वृत्तीय कक्षा में घूर्णन करता हुआ उपग्रह आदि एकसमान वृत्तीय गति के उदाहरण है।

**कोणीय वेग (Angular Velocity)**—प्रति इकाई समय में हुए कोणीय विस्थापन को कोणीय वेग कहते हैं।

यदि $t$ समय में वस्तु $\theta$ कोण तय करती है, तो

$$\text{कोणीय वेग} = \frac{\text{कोणीय विस्थापन}}{\text{लगा समय}}$$

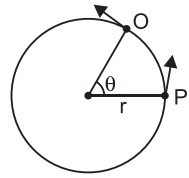
या

$$\omega = \frac{\theta \text{ रेडियन}}{t \text{ सेकण्ड}}$$

यह $\omega$ (ओमेगा) वर्तुल वेग का दर्शाता है।

**कोणीय वेग की इकाई**–कोणीय वेग की इकाई रेडियन प्रति सेकण्ड है।

**सरल रेखीय तथा कोणीय वेग में सम्बन्ध**–माना एक वस्तु एकसमान सरल रेखीय वेग $v$ से $r$ अर्द्धव्यास वाले वृत्त में गतिमान है माना सरल रेखा में $s$ दूरी $t$ समय में तय की गई और इसके सापेक्ष कोण $\theta$ विस्थापित होता है, तो




$$\text{कोण (रेडियन में)} = \frac{\text{चाप की लम्बाई}}{\text{वृत्त का अर्द्धव्यास (त्रिज्या)}}$$

$$\therefore \quad \theta = \frac{s}{r} \qquad \ldots(i)$$

किन्तु सरल रेखीय दूरी = चाल × समय

$$s = v \times t$$

$s$ का यह मान समीकरण (i) में रखने पर,

$$\theta = \frac{v \times t}{r} \quad \text{या} \quad \frac{\theta}{t} = \frac{v}{r} \quad \left[\because \theta = \frac{\pi}{t}\right]$$

$$\omega = \frac{v}{r} \quad \text{या} \quad v = r\omega \quad (\because v = 2\pi r / t)$$

**3. चाल (Speed)**–किसी वस्तु द्वारा एकांक समयान्तराल (Time interval) में चली गयी दूरी को वस्तु की चाल (Speed) कहते हैं। इसे $v$ से प्रदर्शित करते हैं। चाल एक अदिश राशि है।

अत: $$\text{चाल } (v) = \frac{\text{दूरी } (s)}{\text{समयान्तराल } (t)}$$

यदि किसी वस्तु द्वारा किसी निश्चित बिन्दु से $t_1$ व $t_2$ समय में चली गयी दूरियाँ क्रमश: $s_1$ व $s_2$ हों तो वस्तु द्वारा सूक्ष्म समयान्तराल $(t_2 - t_1)$ में चली गई दूरी $(s_2 - s_1)$ होगी।

अत: $$\text{वस्तु की चाल } (v) = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

यहाँ, $\Delta$ द्वारा दोनों राशियों का सूक्ष्म अंतर प्रदर्शित किया जाता है। अत: $\Delta t$ वह सूक्ष्म समयान्तराल है जिसमें सूक्ष्म दूरी $\Delta s$ तय की गई है।

M.K.S. या S.I. प्रणाली में चाल का मात्रक मीटर/सेकण्ड (m/s) होता है।

इसके अन्य मात्रक $\frac{\text{किमी (km)}}{\text{घण्न (hr)}}$ तथा $\frac{\text{सेमी (cm)}}{\text{सेकण्ड (s)}}$ हैं।

**चाल के प्रकार** (Types of Speed)—चाल निम्न प्रकार की होती है—

**(i) एकसमान चाल** (Uniform Speed)—यदि कोई गतिमान वस्तु समान समयान्तरालों में समान दूरी तय करती है तो वस्तु की चाल एकसमान चाल कहलाती है।

**(ii) असमान अथवा परिवर्ती चाल** (Non-uniform or Variable Speed)—यदि कोई गतिमान वस्तु समान समयान्तरालों में भिन्न-भिन्न दूरी तय करती है तो वस्तु की चाल असमान या परिवर्ती चाल कहलाती है।

**(iii) औसत चाल** (Average Speed)—किसी गतिमान वस्तु द्वारा तय की गई कुल दूरी तथा इसमें व्यय कुल समय के अनुपात को औसत चाल कहते हैं।

अत: $\text{औसत चाल } (v) = \frac{\text{वस्तु द्वारा तय की गई कुल दूरी } (s)}{\text{कुल दूरी तय करने में लगा समय } (t)}$

जब वस्तु की गति एकसमान होती है तब एकसमान चाल तथा औसत चाल का अर्थ एक ही होता है।

**वेग** (Velocity)—किसी गतिशील वस्तु की स्थिति में निश्चित दिशा में एकांक समयान्तराल में होने वाला विस्थापन, उस वस्तु के वेग के बराबर होता है अर्थात् एकांक समय में किसी वस्तु में होने वाले विस्थापन को वस्तु का वेग कहते हैं। विस्थापन की भाँति वेग एक सदिश राशि है जिसे $\vec{v}$ से प्रदर्शित करते हैं।

अत: वस्तु का वेग $(\vec{v}) = \frac{\text{निश्चित दिशा में चली गई दूरी या विस्थापन } (\vec{x})}{\text{समया या समयान्तराल } (\vec{v})}$

M.K.S. तथा S.I. प्रणाली में वेग का मात्रक $\frac{\text{मीन्र (m)}}{\text{सेकण्ड (s)}}$ होता है। इसके अन्य मात्रक $\frac{\text{किमी (km)}}{\text{घण्न्र (hr)}}$ तथा $\frac{\text{सेमी (cm)}}{\text{सेकण्ड (s)}}$ होते हैं।

**वेग के प्रकार** (Types of Velocity)—चाल की भाँति ही वेग भी निम्न प्रकार के होते हैं—

**(i) एकसमान वेग** (Uniform Velocity)—जब कोई गतिशील वस्तु का किसी निश्चित दिशा में समान समयान्तराल में समान विस्थापन हो तो वस्तु का वेग एकसमान वेग कहलाता है।

**(ii) असमान वेग** (Non-uniform Velocity)—जब कोई गतिशील वस्तु किसी निश्चित दिशा में समान समयान्तरालों में विस्थापन असमान हो तो वस्तु का वेग असमान वेग कहलाता है।

**(iii) औसत वेग** (Average Velocity)—किसी गतिशील वस्तु द्वारा किसी समय में तय किए गए विस्थापन तथा इसमें व्यय कुल समय का अनुपात औसत वेग कहलाता है। इसे $v$ से दर्शाते हैं।

अत: वस्तु का औसत वेग $(v) = \frac{\text{कुल विस्थापन } (\Delta x)}{\text{कुल समय } (\Delta t)}$

यदि किसी निश्चित दिशा में किसी गतिशील वस्तु का वेग एकसमान दर से परिवर्तित हो रहा हो तो,

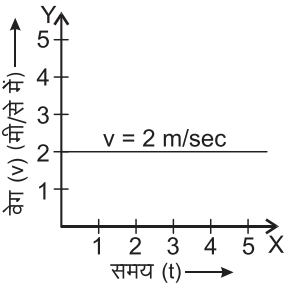
वस्तु का औसत वेग $(v) = \frac{\text{प्रारम्भिक वेग} + \text{अंतिम वेग}}{2}$

**(iv) सापेक्ष एवं निरपेक्ष वेग** (Relative and Absolute Velocity)—एक ही समय पर जब वस्तुएँ भिन्न-भिन्न वेग से गतिशील होती हैं, तो एक वस्तु के सापेक्ष दूसरी वस्तु का वेग सापेक्ष वेग होता है; परन्तु जब दोनों वस्तुओं में से एक वस्तु स्थिर तथा दूसरी वस्तु गतिशील हो तो दूसरी वस्तु का वेग निरपेक्ष वेग होता है।

**4.** दिया है—$u = 0,\ t = 15\ \text{sec},\ v = 3\ \text{m/s},\ a = ?$

गति को प्रथम समीकरण से—

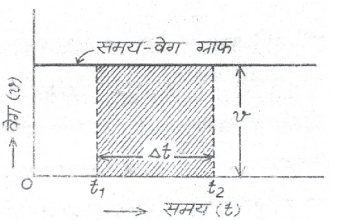
$$v = u + at$$
$$3 = 0 + a \times 15$$
$$15a = 3$$
$$a = \frac{3}{15}$$
$$a = 0.2\ \text{m/sec}^2$$




**5. वेग-समय ग्राफ** (Velocity-Time Graph)—यदि हम किसी गतिमान वस्तु का भिन्न-भिन्न समयों पर वेग मापकर समय ($t$) व वेग ($v$) के बीच ग्राफ खींचे तो इसे 'वेग-समय ग्राफ' कहते हैं। इससे गतिमान वस्तु का त्वरण तथा विस्थापन दोनों ही ज्ञात किये जा सकते हैं।

(a) विराम की स्थिति में कोई ग्राफ नहीं होता है।

(b) **एकसमान वेग से गतिमान वस्तु के वेग-समय ग्राफ से विस्थापन ज्ञात करना–** यदि वस्तु का वेग $v$ नियत है तो वेग-समय ग्राफ समय-अक्ष के समान्तर एक सरल रेखा होगी (चित्र-)। इस रेखा के नीचे, $t_1$ व $t_2$ समयों के बीच आयत का क्षेत्रफल $v \times (t_2 - t_1)$ अर्थात् $v \times \Delta t$ है। परिभाषा के अनुसार, यदि $\Delta t$ समयान्तराल के दौरान वस्तु का विस्थापन $\Delta s$ हो, तो

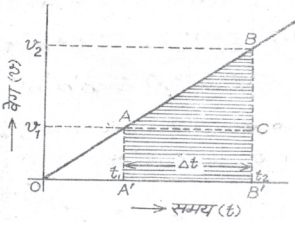



$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

अथवा $\Delta s = v \times \Delta t$ = आयत का क्षेत्रफल।

अत: आयत का क्षेत्रफल मापकर वस्तु का विस्थापन ज्ञात कर सकते हैं।

(c) **एकसमान त्वरित गति से गतिमान वस्तु के वेग-समय ग्राफ से विस्थापन ज्ञात करना–** यदि वस्तु का वेग एक निश्चित दर से 'लगातार' बदल रहा है, तो समय- वेग ग्राफ एक झुकी हुई सरल रेखा के रूप में होगा (चित्र)। माना कि $t_1$ व $t_2$ समयों पर वस्तु के वेग क्रमश: $v_1$ व $v_2$ हैं। तब इस रेखा के नीचे, $t_1$ व $t_2$ के बीच क्षेत्रफल



$$= \text{त्रिभुज } ABC \text{ का क्षेत्रफल} + \text{आयत } ACB'A' \text{ का क्षेत्रफल}$$

$$= \frac{1}{2}(AC \times BC) + (AC \times AA')$$

$$= \frac{1}{2}(t_2 - t_1) \times (v_2 - v_1) + (t_2 - t_1) \times v_1$$

$$= \left[\frac{1}{2}(v_2 - v_1) + v_1\right] \times (t_2 - t_1)$$

$$= \left[\frac{v_1 + v_2}{2}\right] \times (t_2 - t_1) = \bar{v} \times \Delta t$$

जहाँ $\bar{v}$, समयान्तराल $\Delta t$ के दौरान वस्तु का औसत वेग है। परिभाषा के अनुसार, यदि समयान्तराल $\Delta t$ में वस्तु का विस्थापन $\Delta s$ हो,

तब $$\bar{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

अथवा $$\Delta s = \bar{v} \times \Delta t = \text{क्षेत्रफल।}$$

अत: इस क्षेत्रफल को मापकर वस्तु का विस्थापन ज्ञात कर सकते हैं। इस प्रकार, किसी समयान्तराल में वस्तु का विस्थापन उस समयान्तराल के लिये, वेग-समय ग्राफ तथा समय-अक्ष के बीच घिरे क्षेत्रफल के बराबर होता है।

**वेग-समय ग्राफ से त्वरण ज्ञात करना**—वेग-समय ग्राफ से त्वरण ज्ञात करने के लिये, झुकी हुई सरल रेखा का ढलान (slope) ज्ञात करते हैं। इसके लिये, रेखा पर दो बिन्दु $A$ तथा $B$ लेते हैं (चित्र-)। $A$ पर वेग $v_1$ तथा समय $t_1$ है, $B$ पर वेग $v_2$ तथा समय $t_2$ है।

अत: वेग में परिवर्तन $= v_2 - v_1 = \Delta v = BC$

समयान्तराल $= t_2 - t_1 = \Delta t = CA$

इस प्रकार, गतिमान वस्तु का त्वरण, उसके वेग-समय ग्राफ के ढलान के बराबर होता है। जिस रेखा का ढलान अधिक होगा, उस वस्तु का त्वरण अधिक होगा।

**6.** वस्तु शून्य (0) से $A$ तक वास्तविक दूरी को व्यक्त करता है तथा $A$ से $B$ तक वस्तु विराम अवस्था में है। परन्तु $B$ से $C$ का ग्राफ सम्भव नहीं है।

## मूल्य आधारित प्रश्न (Value Based Questions)

**1.** वे भौतिक राशियाँ जिन्हें प्रदर्शित करने के लिए केवल परिमाण की आवश्यकता होती है, दिशा की नहीं, अदिश राशियाँ कहलाती हैं; जैसे—द्रव्यमान, चाल, आयतन, कार्य, समय, ऊर्जा आदि।

**नोट :** विद्युत धारा, ताप, दाब ये सभी अदिश राशियाँ हैं।

**2.** वे भौतिक राशियाँ जिन्हें प्रदर्शित करने के लिए परिमाण के समय-समय दिशा की भी आवश्यकता होती है, सदिश राशियाँ कहलाती हैं; जैसे—वेग, विस्थापन, बल, त्वरण आदि।

**3.** अदिश तथा सदिश में अन्तर

| क्र०सं० | अदिश राशि | सदिश राशि |
|---|---|---|
| 1. | इन राशियों में केवल परिमाण होता है। | इन राशियों में दिशा एवं परिणाम दोनों होते हैं। |
| 2. | इन राशियों को गणित के साधारण नियमों द्वारा जोड़ा/घटाया जा सकता है। | इन राशियों को गणित के साधारण नियमों द्वारा जोड़ा/घटाया नहीं जा सकता है। |
| 3. | अदिश राशियों को साधारण अक्षरों द्वारा (जैसे—कार्य को W द्वारा) व्यक्त किया जाता है। | सदिश राशियों को उनके ऊपर तीर लगाकर (जैसे—वेग को $\vec{V}$ द्वारा व्यक्त किया जाता है।) |

**4.** गति निम्न प्रकार की होती है—
(i) सरल रेखीय अथवा रैखिक गति
(ii) एक समान वृतीय गति
(iii) दोलनीय अथवा कंपन गति
(iv) अनियमित गति
(v) घूर्णन अथवा वक्र रेखीय गति

**5.** घूर्णन या वक्र रेखीय गति होती है।

**6.** एक गतिशील पिंड की दूसरे पिंड के सापेक्ष गति से है। एक ही दिशा में गतिशील दो पिंडों के बीच गति के अंतर को सापेक्ष गति कहते हैं।

**केस स्टडी प्रश्न (Case Study Questions)**

**1.** (d) उपरोक्त में से कोई नहीं
**2.** (d) उपरोक्त सभी
**3.** (c) त्वरित नहीं होनी चाहिए

●●

# बल तथा गति के नियम
## (Force and Laws of Motion)

### विविध प्रश्नावली (Miscellaneous)

**बहुविकल्पीय प्रश्न (Objective Type Questions)**

**1.** (c) **2.** (d) **3.** (a) **4.** (b) **5.** (b) **6.** (d) **7.** (c) **8.** (b)
**9.** (d) **10.** (a)

**अभिकथन-कारण प्रश्न (Assertion & Reason Type Questions)**

**1.** (a) **2.** (c) **3.** (a)

**चित्र आधारित प्रश्न (Figure Based Questions)**

**1.** ट्रक पर कार्य करने वाले बल $A, B, C$ और $D$ है—

$A$ — चालक बल

$B$ — प्रतिक्रिया बल

$C$ — घर्षण बल

$D$ — भार/गुरुत्वाकर्षण बल

**2.** वर्गाकार खेत $ABCD$ की परिमाण

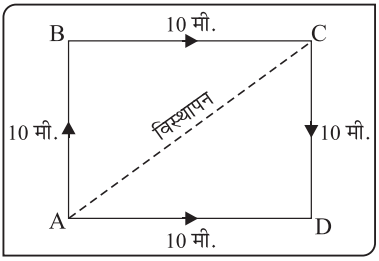
$$= 4 \times 10$$

$$= 40\,\text{m}$$

किसान की चाल $= \frac{40}{40} = 1$ m/s

किसान की कुल यात्रा $= 2$ मिनट 20 सेकण्ड

$= 140$ सेकण्ड




खेत के चारों ओर चक्करों की संख्या

$$= \frac{140}{40} = 3.5$$

प्रत्येक चक्कर के बाद, किसान मूल बिन्दु $A$ पर पहुँचता है। अत: तीन चक्करों के बाद उसका विस्थापन शून्य होगा।

तीन चक्करों के बाद चौथे चक्कर में किसान 20 m ओर चलता है और बिन्दु $C$ पर पहुँचता है।

इसलिए किसान का विस्थापन आरम्भिक बिन्दु $A$ से अन्तिम बिन्दु $C$ तक होगा।

अत: किसान का विस्थापन $AC$ होगा।

$$AC = \sqrt{(AD)^2 + (CD)^2}$$

$$= \sqrt{(10)^2 + (10)^2}$$

$$= 14.14\,\text{m}$$

**रिक्त स्थानों की पूर्ति कीजिए? (Fill in the blanks)**

**1.** किसी पिण्ड का जड़त्व **उसकी गति की अवस्था में परिवर्तन को प्रतिरोध** करता है।

**2.** गति के तीसरे नियम के अनुसार क्रिया एवं प्रतिक्रिया **सदैव दो भिन्न वस्तुओं पर विपरीत दिशाओं में कार्य** करती है।

**3.** रॉकेट **संवेग संरक्षण नियम पर** कार्य करता है।

**4.** बल का मात्रक **किग्रा-मीटर/सेकण्ड$^2$** होता है।

**5.** न्यूटन-सेकण्ड **संवेग का** मात्रक है।

**सुमेलन आधारित प्रश्न (Matching Based Questions)**

| | सूची-A | | सूची-B |
|---|---|---|---|
| 1. | संवेग-परिवर्तन की दर | (f) | बल के तुल्य होती है। |
| 2. | घोड़े द्वारा गाड़ी को खींचना | (d) | संवेग-संरक्षण सिद्धान्त पर आधारित है। |
| 3. | गति के पहले नियम को | (g) | जड़त्व का नियम कहते हैं। |
| 4. | क्रिकेट की गेंद पकड़ते समय खिलाड़ी | (e) | अपने हाथ पीछे खींच लेता है। |
| 5. | धकेलने की विपरीत दिशा में | (a) | घर्षण बल कार्य करता है। |
| 6. | आवेग का मात्रक | (c) | न्यूटन-सेकण्ड होता है। |
| 7. | बंदूक से गोली छूटने की क्रिया के कारण | (b) | पीछे की ओर प्रतिक्रिया होती है। |

**कौन-सा सही कथन नहीं है? (Which statement is not correct?)**

**1.** (c) **2.** (c)

**सत्य या असत्य लिखिए? (Write true or false)**

**1.** असत्य **2.** असत्य **3.** सत्य **4.** सत्य

**उच्च स्तरीय विचारात्मक प्रश्न (HOTS Questions)**

**1.** एक कार तथा एक ट्रक बराबर वेगों से गति कर रहे हैं। दोनों को समान दूरी में रोकने के लिए ट्रक पर ब्रेकों द्वारा अधिक बल लगाना पड़ेगा क्योंकि ट्रक का द्रव्यमान अधिक है। अत: इसका संवेग भी भी अधिक होगा क्योंकि संवेग परिवर्तन की दर, लगाए गए बल के समान होती है, अत: ट्रक को रोकने के लिए अधिक बल लगाना पड़ेगा।

**2.** यदि हम कुछ पुस्तकें अपनी हथेली पर रखकर खड़े हैं, तो पुस्तकें पृथ्वी को आकर्षित करती है, यह एक क्रिया बल है, जबकि पृथ्वी पुस्तकों को आकर्षित करती है, यह एक प्रतिक्रिया बल है और हमारी हथेली संपर्क बल का गठन कर रही है क्योंकि यह पृथ्वी और पुस्तकों के बीच में है। यहाँ पृथ्वी और पुस्तकें क्रिया-प्रतिक्रिया बल का युग्म बना रहे हैं, लेकिन हथेली और पुस्तकें नहीं। इस स्थिति में पुस्तकों पर लगने वाले क्रिया प्रतिकिया बल समान है।

**3.** पहले से गतिशील तेल का टैंकर जब अचानक रूक जाता है, तो टैंकर में तेल गति के जड़त्व के कारण गतिशील हो जाता है। इसके कारण यह आगे की दिशा में छपक जाता है। अब, जब स्थिर टैंकर अचानक से गतिशील होता है, तो टैंकर में तेल पीछे की ओर छपक जाता है। यदि तेल के टैंकर को ऊपरी सतह पर कोई स्थान नहीं छोड़ते तो तेल का अधिक प्रवाह हा जाएगा। इस प्रकार वाहन के अचानक रूकने या चलने के कारण तेल के अधिप्रवाह को रोकने के लिए टैंकर में तेल भरते समय उसकी ऊपरी सतह पर कुछ स्थान खाली छोड़ते हैं। एक अन्य कारण; तेल के वाष्पन के लिए पर्याप्त स्थान देने के लिए टैंकर आते समय उसके ऊपर खाली स्थान छोड़ा जाता है। यदि टैंकर में पर्याप्त स्थान न छोड़ा जाए तो अधिक वाष्प-दाब के कारण टैंकर के फटने का खतरा उत्पन्न हो जाता है।

## अति लघु उत्तरीय प्रश्न (Very Short Answer Type Questions)

1. वस्तु का द्रव्यमान ही उसके जड़त्व की माप है। यदि द्रव्यमान अधिक है, तो जड़त्व भी अधिक होगा, यदि द्रव्यमान कम है, तो जड़त्व भी कम होता है। इसी के आधार पर कार व बस में से बस का जड़त्व अधिक है।
2. ''फुटबाल का एक खिलाड़ी गेंद पर किक लगाकर गेंद को अपनी टीम के दूसरे खिलाड़ी के पास पहुँचाता है। दूसरा खिलाड़ी उस गेंद को किक लगाकर गोल की ओर पहुँचाने का प्रयास करता है। विपक्षी टीम का गोलकीपर गेंद को पकड़ता है और अपनी टीम के खिलाड़ी की ओर किक लगाता है। ''इसके साथ ही उस कारक की भी पहचान करें जो प्रत्येक अवस्था में बल प्रदान करता है।''
3. पेड़ की शाखा को तीव्रता से हिलाने पर, शाखा में अचानक गति आ जाती है, परन्तु विराम के जड़त्व के कारण शाखा पर लगे पत्ते विरामावस्था में ही बने रहते हैं। इस प्रकार पत्ते, शाखा से अलग होकर झड़ जाते हैं।
4. **प्रथम स्थिति में**—जब गतिशील बस अचानक रूकती है, इस स्थिति में हमारा शरीर भी गतिशील होता है। हमारे शरीर का निचला हिस्सा जो बस के साथ-साथ गतिशील है, तुरंत रुक जाता है परंतु ऊपरी हिस्सा गति के जड़त्व के कारण अभी भी गतिशील ही रहना चाहता है। अत: बस में सवार व्यक्ति आगे की ओर झुक जाता है।

   **दूसरी स्थिति में**—जब हम ठहरी हुई बस में बैठे हों और अचानक बस चल पड़े तो हमारे शरीर का निचला भाग बस की सतह (Floor) के संपर्क में होने के कारण तुरंत गतिशील हो जाता है, परंतु शरीर का ऊपरी भाग विराम-जड़त्व (Intertia of Rest) के कारण विरामावस्था में ही रहने की चेष्ठा करता है जिसके परिणामस्वरूप हम पीछे की ओर हो जाते हैं।
5. वस्तु का जड़त्व दो प्रकार का होता है—1. विराम का जड़त्व 2. गति का जड़त्व।
6. यदि कोई वस्तु नियत वेग से चल रही है, तो उसका त्वरण शून्य होगा।
7. बल का आवेश के तुल्य होगी।
8. जड़त्व, द्रव्यमान पर निर्भर करता है।
9. न्यूटन-मीटर

## लघु उत्तरीय प्रश्न (Short Answer Type Questions)

1. जब कोई व्यक्ति नाव से कूदता है तो वह अपने पैरों द्वारा नाव पर एक बल आरोपित करता है। इस क्रिया द्वारा बल के कारण नाव पीछे की ओर हट जाती है। परन्तु नाव भी इस क्रिया की प्रतिक्रिया के फलस्वरूप व्यक्ति पर आगे इतना ही बल लगाती है जो व्यक्ति को आगे को आगे को धकेलता है अत: व्यक्ति किनारे पर कूद जाता है।
2. ऐसा इसलिए होता है क्योंकि प्रारम्भ में बस/रेलगाड़ी और यात्री दोनों ही वरिामावस्था में होते हैं। इनके अचानक चलने पर यात्री के शरीर का निचला भाग तो बस/रेलगाड़ी के सम्पर्क में होने के कारण तुरन्त गति में आ जाता है। जबकि उसके शरीर का ऊपरी भाग जड़त्व के कारण विरामावस्था में ही बना रहता है। अत: यात्री के शरीर के ऊपरी भाग को पीछे की तरफ धक्का लगता है और वह पीछे की ओर गिर पड़ता है।

3. ऐसा इस कारण होता है ताकि गेंद की वेग परिवर्तन की दर अर्थात् गेंद का वेग शून्य करने में अधिक समय लगता है और खिलाड़ी को गेंद पकड़ने के लिए कम बल आरोपित करना पड़े तथा चोट लगने की सम्भावना भी नगण्य हो जाए।

4. **जड़त्व** (Inertia)—वस्तुओं की इस प्रवृत्ति को, कि वे स्वयं अपनी विराम अथवा गति की अवस्था को नहीं बदलतीं, जड़त्व कहते हैं।

**जड़त्व व द्रव्यमान (Interia and Mass)**—किसी वस्तु का जड़त्व, उसके द्रव्यमान के कारण होता है। वस्तु का द्रव्यमान जितना अधिक होगा, उसका जड़त्व भी उतना ही अधिक होगा अर्थात् वस्तु का द्रव्यमान ही उसके जड़त्व की माप है। उदाहरण के लिए, माना समान आकार की तथा भिन्न-भिन्न द्रव्यमान की दो वस्तुएँ हैं—जैसे एक क्रिकेट गेंद तथा एक पत्थर। दोनों में पूरी शक्ति से ठोकर मारने पर गेंद गतिमान होकर बहुत दूर चली जाती है जब कि पत्थर थोड़ी दूर पर ही लुढ़ककर रुक जाता है।

जड़त्व दो प्रकार का होता है—(i) विराम का जड़त्व तथा (ii) गति का जड़त्व।

**(i) विराम का जड़त्व–**यदि कोई वस्तु स्थिर है तो स्थिर ही रहेगी जब तक कि उस पर कोई बाह्य बल लगाकर उसकी स्थिर अवस्था को बदल नहीं दिया जाता। वस्तुओं की इस प्रवृत्ति को विराम का जड़त्व (inertia of rest) कहते हैं।

**(ii) गति का जड़त्व–**यदि कोई वस्तु एकसमान चाल से सीधी रेखा में चल रही है तो वह उस समय तक उसी दिशा में चलती रहेगी जब तक कि उस पर कोई बाह्य बल लगाकर उसकी गति की अवस्था में परिवर्तन न कर दिया जाये। वस्तुओं की इस प्रवृत्ति को गति का जड़त्व (inertia of motion) कहते हैं।

**जड़त्व के उदाहरण**—वस्तुओं में जड़त्व के कुछ उदाहरण निम्नलिखित हैं—

5. जब कोई बड़ा बल (माना F) किसी वस्तु पर अल्प समयान्तराल ($\Delta t$) के लिए आरोपित होता है तो बल तथा समयान्तराल का गुणनफल बल का आवेग कहलाता है।

अत: बल का आवेश = बल × समयान्तराल

$$I = F \times \Delta t$$

यह एक सदिश राशि है जिसकी दिशा वही होती है जो बल की होती है। इसका मात्रक न्यूटन-सेकण्ड या किग्रा-मी/सेकण्ड होता है।

6. **सन्तुलित बाल–**यदि वस्तु पर कार्य करने वाले बल इस प्रकार के हों, जिससे वस्तु की विरामावस्था अथवा गति की अवस्था में कोई परिवर्तन न, हो तो बलों को सन्तुलित बल कहते हैं। सन्तुलित बलों का परिणामी बल सदैव शून्य होता है।

**असन्तुलित बल–**यदि किसी वस्तु पर कार्य करने वाले बल इस प्रकार के हों जिससे वस्तु की विरामावस्था अथवा गति की अवस्था (चाल अथवा दिशा) में परिवर्तन हो जाए, तो बल को असन्तुलित बल कहते हैं। असन्तुलित बलों का परिणामी बल शून्य नहीं होता।

7. बल वह बाह्य कारक है, जो किसी वस्तु की विराम अथवा गति की अवस्था में परिवर्तन करता है, अथवा करने का प्रयास करता है। यह गतिशील वस्तु की गति, उसकी दिशा तथा वस्तु की आकृति भी परिवर्तित कर सकता है।

**उदाहरणार्थ–**कमरे के दरवाजे की खींचता या धकेलना बल का एक उदाहरर्ण है। बल एक सदिश राशि है, क्योंकि इसमें दिशा व परिमाण दोनों होते हैं। इसे F से प्रकट करते हैं।

**बल का मात्रक**–बल का मात्रक किग्रा-मीटर/सेकण्ड$^2$ है। इसे न्यूटन भी कहते हैं। तथा N से प्रदर्शित करते हैं। बल का एक अन्य मात्रक किग्रा-भार भी है।

**8.** 1 न्यूटन $= \frac{1}{9.81}$ किग्रा-भार $= 0.102$ किग्रा-भार

इसका अर्थ है कि किसी स्थान पर 1 किग्रा-भार 9.81 न्यूटन के बराबर होता है।

**9.** यदि गुरुत्वीय त्वरण, $g = 9.81$ मी/से$^2$ हो तो (भार = द्रव्यमान × गुरुत्वीय त्वरण)

सूत्र से, 1 किग्रा-भार बल $= 1$ किग्रा $\times 9.81$ मी/से$^2$

$= 9.81$ किग्रा-मी/से$^2$

$= 9.81$ न्यूटन

## विस्तृत उत्तरीय प्रश्न (Long Answer Type Questions)

**1.** (a) जब तीव्र वेग से गति करती बस किसी मोड़ पर मुड़ती है तो बस में बैठे यात्री मोड़ के केन्द्र से बाहर की ओर झुक जाते हैं जब तीव्र गति से गति करती बस किसी मोड़ पर मुड़ती है तब दिशा के जड़त्व के कारण यात्रियों के शरीर पूर्व दिशा में ही गति करते रहते हैं जबकि बस मोड़ पर मुड़ जाती है। इस कारण यात्री मोड़ के केन्द्र से बाहर की ओर झुक जाते हैं।

(b) गेंद का द्रव्यमान $m = 50\,g$

गेंद का प्रारम्भिक वेग $(u) = 80\,cm/sec$

गेंद का अन्तिम वेग $(v) = 0\,cm/sec$

समय $(t) = 8\,sec$

गेंद में उत्पन्न त्वरण = वेग परिवर्तन की दर

$$(a) = \frac{v-u}{t} = \frac{80-0}{8} = \frac{80}{8} = 10\,cm/sec^2$$

फर्श द्वारा लगाया गया बल $= Ma = 50 \times 10$

$= 500$ ग्राम सेंटीमी०/सेकण्ड$^2$

$= \frac{500}{1000 \times 100}$ न्यूटन $= 0.005$ न्यूटन

**2. (a) व्यक्ति के नाव से किनारे की ओर कूदने पर, नाव पीछे की ओर गति करती है**— नाव से किनारे की ओर कूदते समय व्यक्ति आगे की ओर संवेग प्राप्त करता है। व्यक्ति तथा नाव एक निकाय के अंग हैं, अंत: व्यक्ति द्वारा नाव पर तथा नाव द्वारा व्यक्ति पर लगाए गए बल आन्तरिक बल है। दूसरे शब्दों में निकाय पर बाह्य बल शून्य है, अत: निकाय का संवेग संरक्षित रहता है, अत: व्यक्ति को जितना संवेग आगे की ओर प्राप्त होता है नाव भी उतना ही संवेग पीछे की ओर प्राप्त करती है, जिस कारण नाव पीछे की ओर गति करती है।

(b) जब एक बन्दूक से गोली छोड़ी जाती है, तो बन्दूक पीछे की ओर प्रतिक्षिप्त होती है। इसका कारण यह है कि बन्दूक गोली पर आगे की ओर क्रिया बल लगाती है; इसके उत्तर में गोली बन्दूक पर उतना ही प्रतिक्रिया बल विपरीत दिशा में लगाती है;

जिससे बन्दूक पीछे की ओर प्रतिक्षिप्त हो जाती है; अत: बन्दूक छोड़ने वाले व्यक्ति को पीछे की ओर झटका लगता है। हल्की बन्दूक का पीछे की ओर वेग अधिक होता है, अत: हल्की बन्दूक से अधिक झटका लगता है। इसी कारण जब एक तोप से गोला छोड़ा जाता है, तो तोप पीछे की ओर प्रतिक्षिप्त होती है।

(c) जब हम पृथ्वी पर चलते हैं, तो हम अपने पैरों से पृथ्वी को पीछे की ओर दबाते हैं; यह क्रिया बल है; इसके उत्तर में पृथ्वी हमारे पैरों पर उतना ही बल आगे की ओर लगाती है; यह प्रतिक्रिया बल है। इसी प्रतिक्रिया बल के कारण हम आगे की ओर चलते हैं। कीचड़ में अथवा बर्फ पर चलना कठिन होता है, क्योंकि कम घर्षण के कारण हम पीछे की ओर आवश्यक क्रिया बल नहीं लगा पाते; अत: हमें आगे की ओर चलने के लिए आवश्यक प्रतिक्रिया बल नहीं मिल पाता।

**3.** (a) माना $m$ द्रव्यमान की कोई वस्तु $u$ प्रारंभिक वेग से सीधी रेखा में गति कर रही है। $t$ समय तक एक निश्चित बल $F$ लगाने पर उस वस्तु का वेग $v$ हो जाता है। तब इसका प्रारंभिक और अंतिम संवेग क्रमश: $p_1 = mu$ और $p_2 = mv$ होंगे।

संवेग में परिवर्तन $\propto p_2 - p_1, \propto mv - mu, \propto m \times (v-u)$

संवेग में परिवर्तन की दर $\propto \dfrac{m\times(v-u)}{t}$

या लगाया गया बल, $F \propto \dfrac{m\times(v-u)}{t}$,

$$F = \frac{km\times(v-u)}{t} = kma$$

यहाँ $a[=(v-u)/t]$ वेग में परिवर्तन की दर अर्थात् त्वरण है। $k$ एक आनुपातिक स्थिरांक है। द्रव्यमान और त्वरण के SI मात्रक क्रमश: km और $m/s^{-1}$ हैं। हम बल का मात्रक इस प्रकार लेते हैं कि स्थिरांक $k$ का मान एक हो जाता है। इस इकाई बल को उस मात्रा के रूप में परिभाषित करते हैं, **"1 kg द्रव्यमान वाली किसी वस्तु में 1 $ms^{-2}$ का त्वरण उत्पन्न करती है"**, अर्थात् 1 इकाई बल $= k\,(1g)\times(1\ m\,s^{-1})$। इस प्रकार $k$ का मान एक हो जाता है।

समीकरण (9.3) से, $F = ma$

बल का मात्रक $kg\ m\ s^{-2}$ है, इसे न्यूटन भी कहते हैं, जिसे N द्वारा प्रदर्शित करते हैं।

(b) $F = 5\,N, m_1 = ?, a_1 = 8\,m/sec^2$

$F = ma$ से $\quad 5 = m_1 \times 8$

$$m_1 = \frac{5}{8}$$

$$m_1 = 0.625\ kg$$

पुन: $F = 5\,N, m_2 = ?, a_2 = 24\,m/sec^2$

$F = ma$ से $\quad 5 = m_2 \times 24$

$$m_2 = \frac{5}{24}$$

$$m_2 = .208\ kg$$

अब दोनों द्रव्यमानों को बाँधने पर $= (M_1 + M_2)$

$$= \frac{5}{8} + \frac{5}{24} = \frac{15+5}{24} = \frac{20}{24}\,\text{kg}$$

$F = 5\,\text{N}, a = ?$

$F = ma$ से, $\quad 5 = \frac{20}{24} \times a$

$$a = \frac{24 \times 5}{20}$$

$$a = 6\,\text{m/sec}^2$$

अत: यदि दोनों द्रव्यमानों को बाँध दे, तो यही बल 6 $\text{m/sec}^2$ का त्वरण उत्पन्न करेगा।

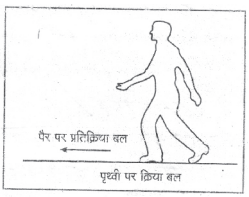
**4. गति का तृतीय नियम (Third Law of Motion)**

इस नियमानुसार, **''जब दो वस्तुओं में आपस में अन्योन क्रिया होती है तो पहली वस्तु द्वारा दूसरी वस्तु पर लगाया गया बल, दूसरी वस्तु द्वारा पहली वस्तु पर लगाए गये बल के बराबर और विपरीत दिशा में होता है।''** इसे क्रिया-प्रतिक्रिया का नियम अथवा न्यूटन का तीसरा नियम कहते हैं।

मान लिया कि एक गेंद बल्ले से टकराती है। टकराते समय बल्ला गेंद पर एक बल $F_1$ लगाता है तथा गेंद बल्ले पर एक बल $F_2$ लगाती है। इनमें से एक बल क्रिया तथा दूसरा बल प्रतिक्रिया कहलाता है। ये दोनों बल परिमाण में बराबर और दिशा में एक-दूसरे के विपरीत होते हैं। अर्थात् $\quad \boldsymbol{F_1 = -F_2}$

**न्यूटन के तीसरे नियम के उदाहरण** (Examples of Newton's Third Law)

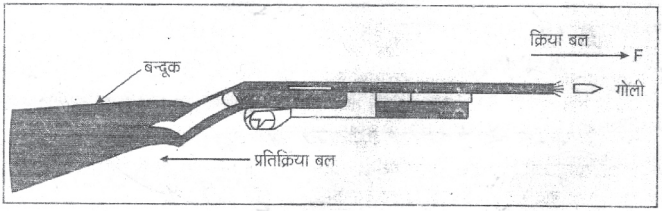
न्यूटन के तीसरे नियम के अनेक उदाहरण हमें दैनिक जीवन में मिलते हैं, जो निम्नलिखित प्रकार से हैं—



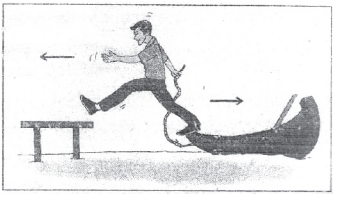

**1. पृथ्वी पर चलना** (Walking on Earth)—जब हम पृथ्वी पर चलते हैं, तो हम अपने पैरों से पृथ्वी को पीछे की ओर दबाते हैं; यह क्रिया बल है; इसके उत्तर में पृथ्वी हमारे पैरों पर उतना ही बल आगे की ओर लगाती है; यह प्रतिक्रिया बल है। इसी प्रतिक्रिया बल के कारण हम आगे की ओर चलते हैं। कीचड़ में अथवा बर्फ पर चलना कठिन होता है, क्योंकि कम घर्षण के कारण हम पीछे की ओर आवश्यक क्रिया बल नहीं लगा पाते; अत: हमें आगे की ओर चलने के लिए आवश्यक प्रतिक्रिया बल नहीं मिल पाता।

**2. बन्दूक का प्रतिक्षेप** (Recoil of Gun)— जब एक बन्दूक से गोली छोड़ी जाती है, तो बन्दूक पीछे की ओर प्रतिक्षिप्त होती है। इसका कारण यह है कि बन्दूक गोली पर आगे की ओर क्रिया बल लगाती है; इसके उत्तर में गोली बन्दूक पर उतना ही प्रतिक्रिया बल विपरीत दिशा में लगाती है; जिससे बन्दूक पीछे की ओर प्रतिक्षिप्त हो जाती है; अत:

बन्दूक छोड़ने वाले व्यक्ति को पीछे की ओर झटका लगता है। हल्की बन्दूक का पीछे की ओर वेग अधिक होता है, अत: हल्की बन्दूक से अधिक झटका लगता है। इसी कारण जब एक तोप से गोला छोड़ा जाता है, तो तोप पीछे की ओर प्रतिक्षिप्त होती है।




**3. नाव से किनारे पर कूदना** (Jumping from Boat at the Bank of River)—जब कोई व्यक्ति नाव से नदी के किनारे पर कूदता है तो वह अपने पैरों से नाव को पीछे की ओर धकेलता है; यह क्रिया बल है; इसकी प्रतिक्रिया के फलस्वरूप नाव व्यक्ति पर आगे की ओर बल लगाती है; जिससे व्यक्ति किनारे पर कूद जाता है। क्रिया बल के कारण नाव थोड़ा-सा पीछे की ओर हट जाती है।



**चित्र-नाविक के आगे की ओर कूदने की स्थिति में नाव पीछे की ओर गति करती है।**

**क्रिया-प्रतिक्रिया के नाम से-**गति के तृतीय नियम के अनुसार, गेंद $A$ के द्वारा गेंद $B$ पर लगाया गया बल $F_{AB}$ तथा गेंद $B$ के द्वारा लगाया गया बल $F_{BA}$ एक-दूसरे के बराबर और विपरीत होगा। अत;

$$F_{AB} = - F_{BA}$$

या $$m_A \frac{(v_A - u_A)}{t} = - m_B \frac{(v_B - u_B)}{t}$$

अत: $$m_A u_A + m_B u_B = m_A v_A + m_B v_B \quad ...(5)$$

टकराने के पहले गेंदें $A$ और $B$ का कुल संवेग $(m_A u_A + m_B u_B)$ तथा टकराने के बाद कुल संवेग $(m_A v_A + m_B v_B)$ है। समीकरण (5) के आधार पर हम कह सकते हैं कि जब गेंदों पर कोई बाहरी बल कार्य नहीं कर रहा हो तो दोनों गेंदों का कुल संवेग बदलता नहीं है या कुल संवेग संरक्षित रहता है।

इस प्रयोग के आधार पर हम कह सकते हैं कि दो वस्तुओं के संवेग का योग टकराने के पहले और टकराने के बाद बराबर रहता है, जबकि उन पर कोई असन्तुलित बल कार्य न कर रहा हो। इसे संवेग संरक्षण का नियम कहते हैं। इसे इस प्रकार की व्यक्त कर सकते है कि दो वस्तुओं का कुल संवेग टकराने की प्रक्रिया में अपरिवर्तित रहता है।

**5.** $m = 2400\,\text{kg}$, $u = 20\,\text{m/sec}$, $t = 10\,\text{sec}$, $v = 0$

अत: मन्दन (a) $= \frac{v-u}{t} = \frac{0-20}{10} = \frac{-20}{10} = -2\,\text{m/sec}^2$

अत: मंदक बल $F = ma$ (ऋणात्मक चिह्न छोड़ने पर) $= 2400 \times 2$

$F = 4800$ न्यूटन

**6.** $M = 2\,\text{kg}$, $u = 20\,\text{m/sec}$, $t = 4\,\text{sec}$, $v = 30\,\text{m/sec}$

त्वरण (a) $= \frac{v-u}{t} = \frac{30-20}{4} = \frac{10}{4} = 2.5\,\text{m/sec}^2$

अब बल $(F) = Ma = 2 \times 2.5 = 5$ न्यूटन

## मूल्य आधारित प्रश्न (Value Based Questions)

**1.** चलती हुई गाड़ी के अचानक ब्रेक लगाने पर जैसे ही गाड़ी का वेग घटकर शून्य हो जाता है, वैसे ही यात्री के पैर तथा गाड़ी का फर्श दोनों विरामावस्था में आ जाते हैं। परन्तु यात्री के शरीर का ऊपर का भाग गति के जड़त्व के कारण उसी वेग से आगे की ओर चलने का प्रयास करता है, इसी कारण से यात्री का शरीर आगे की ओर झुक जाता है। इस दुर्घटना से बचने के लिए सीट बेल्ट का प्रयोग किया जाता है।

**2.** ऐसा इसलिए होता है क्योंकि प्रारम्भ में बस/रेलगाड़ी और यात्री दोनों ही विरामावस्था में होते हैं। इनके अचानक चलने पर यात्री के शरीर का निचला भाग तो बस/रेलगाड़ी के सम्पर्क में होने के कारण तुरन्त गति में आ जाता है। जबकि उसके शरीर का ऊपरी भाग जड़त्व के कारण विरामावस्था में ही बना रहता है। अत: यात्री के शरीर के ऊपरी भाग को पीछे की तरह धक्का लगता है और वह पीछे की ओर गिर पड़ता है।

**3.** ऐसा इस कारण होता है, क्योंकि पेड़ की टहनियाँ जोर से हिलाने पर तुरन्त गति में आ जाती हैं, परन्तु उन पर लगे फल विराम के जड़त्व के कारण विरामावस्था में ही रहते हैं और टहनी के हिलने पर अलग हो जाते हैं तथा पृथ्वी के गुरुत्वाकर्षण के कारण नीचे गिर जाते हैं।

**4.** ऐसा इस कारण होता है, क्योंकि जमीन पर टकराने से पूर्व हथौड़ा तथा हत्था दोनों ही गति की अवस्था में होते हैं। जमीन पर लगते ही हत्थे का निचला सिरा विरामावस्था में आ जाता है, जबकि हथौड़ा गति के जड़त्व के कारण गति की अवस्था में ही रहता है और हत्थे में कस जाता है।

**5.** ऐसा इस कारण होता है ताकि गेंद की वेग परिवर्तन की दर अर्थात् गेंद का वेग शून्य करने में अधिक समय लगता है और खिलाड़ी की गेंद पकड़ने के लिए कम बल आरोपित करना पड़े तथा चोट लगने की संभावना भी नगण्य हो जाये।

इसी प्रकार ऊँची कूद वाले मैदान में खिलाड़ियों को कुशन या बालू पर कूदना होता है। क्योंकि इससे खिलाड़ियों को छलाँग लगाने के बाद गिरने के समय को बढ़ाने के लिए किया जाता है।

## केस स्टडी प्रश्न (Case Study Questions)

**1.** (d) **2.** (a) **3.** (b)

# 9 गुरुत्वाकर्षण (Gravitation)

### विविध प्रश्नावली (Miscellaneous)

**बहुविकल्पीय प्रश्न (Objective Type Questions)**

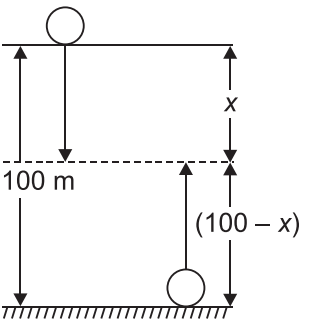
**1.** (a) **2.** (b) **3.** (a) **4.** (c) **5.** (c) **6.** (a) **7.** (b) **8.** (c) **9.** (b) **10.** (d)

**अभिकथन-कारण प्रश्न (Assertion & Reason Type Questions)**

**1.** (a) **2.** (a) **3.** (b)

**चित्र आधारित प्रश्न (Figure Based Questions)**

**1.** हल—माना दोनों पत्थर ऊपर से $x$ m की दूरी पर मिलते हैं।






अतः ऊँचाई से गिराये गये पत्थर द्वारा चली गयी दूरी $= x$

$\therefore$ ऊपर की ओर फेंके गये पत्थर द्वारा चली गयी दूरी $= 100 - x$

(1) $g = 10 \text{ ms}^{-2}$ ($g$ धनात्मक है।),

प्रारम्भिक वेग, $u = 0 \text{ ms}^{-1}$ दूरी $s = x, t = ?$

अब $s = ut + \frac{1}{2}at^2$ से

$$x = (0 \times t) + \frac{1}{2} \times 10 \times t^2$$

या $x = 5t^2$ ...(i)

(2) $g = 10 \text{ ms}^{-2}$ ($g$ ऋणात्मक है।),

प्रारम्भिक वेग, $u = 25 \text{ ms}^{-1}$ दूरी $s = 100 - x, t = ?$

अब $s = ut + \frac{1}{2}at^2$

$$100 - x = (25 \times t) + \frac{1}{2}(-10) \times t^2$$

$$100 - x = 25t - t^2$$

या $x = 5t^2 - 25t + 100$ ...(ii)

समीकरण (i) से $x$ का मान समीकरण (ii) में रखने पर,

$$5t^2 = 5t^2 - 25t + 100$$

या $25t = 100; \boldsymbol{t = 4\,s}$

$t$ का मान समीकरण (i) में रखने पर,

$$x = 5 \times 4^2 = \mathbf{80\ m}$$

अत: दोनों पत्थर आपस में ऊपर से **80 m** पर **4 सेकण्ड** बाद मिलेंगे।

**2.** यहाँ, $F = 49$ न्यूटन

माना $\gamma$ = वस्तुओं के बीच की दूरी मूल दूरी।

$m_1$ और $m_2$ = वस्तुओं के द्रव्यमान

$$\because \qquad F = G\frac{m_1 m_2}{R^2} \qquad \text{...(i)}$$

मान लीजिए नई दूरी $R$ है और बल $2F$ है,

इसलिए, $2F = G\dfrac{m_1 m_2}{R^2}$ ...(ii)

समीकरण (2) को (1) से भाग करने पर

$$2 = \frac{\gamma^2}{R^2}$$

$$R^2 = \frac{\gamma^2}{2}$$

$$R = \gamma / \sqrt{2}$$

अत: दूरी में कमी $= \gamma - \dfrac{\gamma}{\sqrt{2}} = \dfrac{(\sqrt{2}-1)\gamma}{\sqrt{2}}$

$$\frac{2 \times 49}{49} = \frac{\dfrac{G\,m_1 m_2}{\gamma_1}}{\dfrac{G\,m_1 m_2}{\gamma}}$$

$$\frac{2}{1} = \frac{\gamma}{\gamma_1}$$

$$\gamma_1 = \frac{\gamma}{2}$$

अत:, दोनों वस्तुओं को पहले से आधी दूरी पर रखना होगा।

## कूट आधारित प्रश्न (Coding Based Questions)

**1.** (c) (ii) तथा (iii) **2.** (b) (ii) तथा (iii)

## रिक्त स्थानों की पूर्ति कीजिए? (Fill in the blanks)

**1.** जब किसी वस्तु को ऊपर की ओर फेंका जाता है, तो गुरुत्वीय बल **गति की दिशा के विपरीत** होता है।

**2.** निर्वात् में सभी गिरती हुई वस्तुओं का **त्वरण समान** होता है।

**3.** भार किसी पिंड और ग्रह के बीच आकर्षण बल है।

**4.** पानी के द्वारा ऊपर की ओर लगाया जाने वाला बल **उत्प्लावन बल** कहलाता है।

**सुमेलन आधारित प्रश्न (Matching Based Questions)**

| | सूची-A | | सूची-B |
|---|---|---|---|
| 1. | भार में कमी | (d) | आर्किमीडीज सिद्धान्त |
| 2. | पृथ्वी के चारों ओर चंद्रमा का घूमना | (a) | गुरुत्वाकर्षण बल |
| 3. | वायुयान | (b) | उत्क्षेप या उत्प्लावन बल |
| 4. | किसी सूई की धारदार नोंक | (c) | दबाव में वृद्धि |

**कौन-सा सही कथन नहीं है? (Which statement is not correct?)**

**1.** (b) **2.** (a) **3.** (b)

**सत्य या असत्य लिखिए? (Write true or false)**

**1.** असत्य **2.** असत्य **3.** सत्य **4.** सत्य

**उच्च स्तरीय विचारात्मक प्रश्न (HOTS Questions)**

**1.** यदि चन्द्रमा की चाल अचानक शून्य हो जाए तो वह पृथ्वी की ओर सीधी रेखा में गिर जाएगा, न कि पृथ्वी के चारों ओर घूमना रहेगा।

**2.** न्यूटन के गुरुत्वाकर्षण नियम के अनुसार, दो वस्तुओं के बीच गुरुत्वाकर्षण बल उनके द्रव्यमानों के गुणनफल के समानुपाती होता है और उनके बीच की दूरी के वर्ग के व्युत्क्रमानुपाती होता है। इसका अर्थ है कि दो ईंटों के बीच एक गुरुत्वाकर्षण बल होगा जो उन्हें एक-दूसरे की ओर आकर्षित करेगा। चूँकि ईंटों को फर्श पर रखा गया है, इसलिए वे एक दूसरे के पास नहीं गिरेगी, लेकिन उनके बीच, एक गुरुत्वाकर्षण बल होगा जो उन्हें एक दूसरे की ओर आकर्षित करेगा।

**3.** चूँकि गुरुत्वाकर्षण बल ही चन्द्रमा को उसकी कक्षा में बनाए रखता है, और अगर पृथ्वी का गुरुत्वाकर्षण बल अचानक लुप्त हो जाए तो चन्द्रमा की गति एक सरल रेखीय (बाहर की ओर) हो जायगी।

**अति लघु उत्तरीय प्रश्न (Very Short Answer Type Questions)**

**1.** $G = 6.67 \times 10^{-11}$ न्यूटन-मी$^2$/किग्रा$^2$

**2.** $g = 9.81$ मी/से$^2$

**3.** $g = \frac{GM}{R^2}$

**4.** शून्य

**5.** $g_{moon} = 1.62$ मी/से$^2$

6. $G$ एक समानुपातिक नियतांक है। इसका मान सभी कणों के लिए सभी स्थानों पर एवं सभी दशाओं में समान रहता है इसे सार्वत्रिक नियतांक या सार्वत्रिक गुरुत्वाकर्षण नियतांक कहते हैं।

7. द्रव्यमान

**लघु उत्तरीय प्रश्न (Short Answer Type Questions)**

1. गुरुत्वीय त्वरण का मान पृथ्वी तल से ऊँचाई व गहराई पर जाने पर घटता है।

2. "विश्व का प्रत्येक पिंड अन्य पिंड को एक बल से आकर्षित करता है, जो दोनों पिंडों के द्रव्यमानों के गुणनफल के समानुपाती तथा उनके बीच की दूरी के वर्ग के व्युत्क्रमानुपाती होता है। यह बल दोनों पिंडों को मिलाने वाली रेखा की दिशा में लगता है।" यह नियम सभी पिंडों पर लागू होता है चाहे वह विश्व में कहीं भी होता हो। इसलिए इसे सार्वत्रिक नियम कहते हैं।

3. किन्हीं दो पिण्डों $M_1$ व $M_2$ के बीच कार्य करने वाला आकर्षण-बल पिण्डों के द्रव्यमानों के गुणनफल के अनुक्रमानुपाती तथा उनके बीच की दूरी $(r)$ के वर्ग के व्युत्क्रमानुपाती होता है। इसकी दिशा दोनों पिण्ड़ों को मिलाने वाली रेखा के अनुदिश होती है।

$$F = G\frac{M_1 M_2}{r^2} \qquad \text{(जहाँ } G \text{ गुरुत्वाकर्षण नियतांक है।)}$$

4. ***g* तथा *G* में सम्बन्ध** (Relationship Between $g$ and $G$)—यदि $m$ द्रव्यमान की कोई वस्तु पृथ्वी के केन्द्र से $r$ दूरी पर स्थित हो तथा पृथ्वी का द्रव्यमान $M$ हो, तो

पृथ्वी द्वारा वस्तु पर गुरुत्व बल, $F = \dfrac{GMm}{r^2}$

जिसमें $G$ गुरुत्वाकर्षण नियतांक है। इस बल के कारण वस्तु में गुरुत्वीय त्वरण उत्पन्न होता है।

न्यूटन के द्वितीय नियम $F = ma$ से

वस्तु में उत्पन्न त्वरण $a = \dfrac{F}{m} = \dfrac{\dfrac{GMm}{/r^2}}{m} = \dfrac{GM}{r^2}$

चूँकि यह त्वरण गुरुत्वजनित त्वरण है, अत: $a$ के स्थान पर $g$ लिखने पर,

$$g = \frac{GM}{r^2}$$

यह समीकरण $g$ तथा $G$ के मान में सम्बन्ध दर्शाती है। यदि वस्तु पृथ्वी की सतह पर हो अथवा उसकी सतह के अत्यन्त निकट हो (जैसे पेड़ से गिरता फल या भवन की छत से गिरती गेंद), तो $r =$ पृथ्वी की त्रिज्या $(= R)$

$\therefore$ $$g = \frac{GM}{R^2}$$

### $g$ तथा G में अन्तर (Difference Between $g$ and G)

| क्र०सं० | गुरुत्वीय त्वरण ($g$) | गुरुत्वाकर्षण नियतांक (G) |
|---|---|---|
| 1. | $g$ पृथ्वी तल पर गुरुत्वीय त्वरण को प्रदर्शित करता है। | $G$ गुरुत्वाकर्षण नियतांक को प्रदर्शित करता है। |
| 2. | $g$ का मान पृथ्वी तल के विभिन्न बिंदुओं पर भिन्न-भिन्न होता है तथा पृथ्वी तल से ऊपर या नीचे जाने पर भी बदलता है। | $G$ का मान पूरे ब्रह्माण्ड के प्रत्येक स्थान पर सदैव नियत रहता है। |
| 3. | $g$ का मान 9.80 मीटर/सेकण्ड$^2$ होता है। | $G$ का मान $6.67 \times 10^{-11}$ न्यूटन/मीटर$^2$/किग्रा$^2$ होता है। |
| 4. | $g$ की दिशा सदैव पृथ्वी के केन्द्र की ओर होती है। | $G$ की कोई दिशा नहीं होती। |
| 5. | $g$ का मात्रक मीटर/सेकण्ड$^2$ होता है। | $G$ का मात्रक न्यूटन/मीटर$^2$/ किग्रा$^2$ होता है। |

**5.** (a) माना दो वस्तुओं के द्रव्यमान $M_1$ तथा $M_2$ है, तथा इनके बीच की दूरी $r$ है, तब इनके मध्य लगने वाला आकर्षण बल

$$F = \frac{GM_1M_2}{r^2} \qquad ...(1)$$

यदि उनके बीच की दूरी 4 गुनी कर दी जाए तो

$$F = \frac{GM_1M_2}{(ur)^2}$$

अत: $r = ur$

$$F = \frac{GM_1M_2}{16r^2} \qquad ...(2)$$

समी (1) व (2) में (दोनों बल समान करने के लिए)

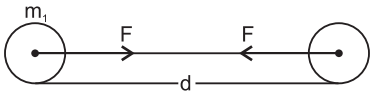
$$F = \frac{GM_1M_2}{r^2} = \frac{GM_1M_2}{16r^2} = \frac{1}{16}\left[\frac{GM_1M_2}{r^2}\right]$$

अत: किसी वस्तु के द्रव्यमान में 16 गुना वृद्धि करनी पड़ेगी, जिससे की इनके बीच लगने वाला बल पूर्ववत रहें।

(b) $M_1$ और $M_2$ द्रव्यमान की दो वस्तुओं को निर्वात में किसी निश्चित ऊँचाई से गिराए और $M_1 > M_2$ हो तब भी दोनों गेंदें समान समयांतराल में करती पर पहुँचेगी, क्योंकि गुरूत्वीय त्वरण ($g$) वस्तु के द्रव्यमान पर निर्भर नहीं करता है। अत: वस्तु के द्रव्यमान का उनके धरती पर पहुँचने के समय पर कोई प्रभाव नहीं पड़ेगा।

## विस्तृत उत्तरीय प्रश्न (Long Answer Type Questions)

1. **न्यूटन का गुरुत्वाकर्षण का सार्वत्रिक नियम**—ब्रह्माण्ड में किन्हीं दो पिण्डों के बीच कार्य करने वाला आकर्षण-बल पिण्डों के द्रव्यमानों के गुणनफल के समानुपाती (अनुक्रमानुपाती) तथा उनके बीच की दूरी के वर्ग के व्युत्क्रमानुपाती होता है। बल की दिशा दोनों पिण्डों के केन्द्रों को मिलाने वाली रेखा के अनुदिश होती है।




माना दो पिण्ड जिनके द्रव्यमान $m_1$ व $m_2$ हैं, एक-दूसरे से $d$ दूरी पर स्थित हैं। यदि उनके बीच कार्य करने वाला आकर्षण बल $F$ है, तो गुरुत्वाकर्षण के नियमानुसार

$$F \propto \frac{m_1 m_2}{d^2} \qquad \text{अथवा} \qquad F = G\frac{m_1 m_2}{d^2}$$

यहाँ $G$ अनुक्रमानुपाती नियतांक है जिसे 'न्यूटन का गुरुत्वाकर्षण नियतांक कहते हैं। इसका मान पिण्डों की प्रकृति, माध्यम, समय, ताप इत्यादि पर निर्भर नहीं करता। अत: यह एक 'सार्वत्रिक नियतांक' है। उपरोक्त सूत्र में यदि

$m_1 = m_2 = 1$ तथा $d = 1$ हो, तो $F = G$

अत: गुरुत्वाकर्षण नियतांक परिमाण में उस आकर्षण-बल के बराबर है जो एक दूसरे से एकांक दूरी पर स्थित एकांक द्रव्यमान वाले दो पिण्डों के बीच कार्य करता है।

सी०जी० पद्धति में $G$ का मात्रक डाइन-सेमी$^2$/ग्राम$^2$ तथा एम०के०एस० पद्धति में न्यूटन-मीटर$^2$/किग्रा$^2$ हैं। $G$ का मान $6.67 \times 10^{-11}$ न्यूटन-मीटर$^2$/किग्रा$^2$

2. ***g* तथा *G* में सम्बन्ध**—माना पृथ्वी का द्रव्यमान $M$ तथा त्रिज्या $R$ है तथा पृथ्वी का कुल द्रव्यमान उसके केन्द्र पर संकेन्द्रित है। माना कोई वस्तु, जिसका द्रव्यमान $m$ है, पृथ्वी तल पर अथवा उससे कुछ ऊँचाई पर स्थित है। पृथ्वी की त्रिज्या के सापेक्ष पृथ्वी तल से वस्तु की दूरी उपेक्षणीय है। अत: वस्तु की पृथ्वी के केन्द्र से दूरी $R$ के ही बराबर मानी जा सकती है। गुरुत्वाकर्षण के नियमानुसार, पृथ्वी द्वारा वस्तु पर लगाया गया गुरुत्व-बल

$$F = \frac{GMm}{R^2} \qquad \ldots(i)$$

बल $F$ के कारण ही वस्तु में गुरुत्वीय त्वरण $g$ उत्पन्न होता है। न्यूटन के गति के दूसरे नियम के अनुसार,

$$\text{बल} = \text{द्रव्यमान} \times \text{त्वरण}$$

$$F = mg \qquad \ldots(ii)$$

समीकरण (i) व (ii) से,

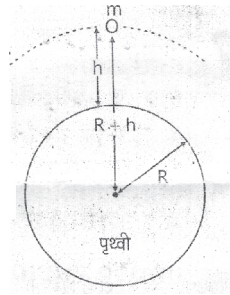
$$mg = G\frac{Mm}{R^2}$$

अथवा

$$g = \frac{GM}{R^2} \qquad \ldots(iii)$$

इस सूत्र में $m$ नहीं है। इससे स्पष्ट है कि $g$ का मान वस्तु के द्रव्यमान पर निर्भर नहीं करता। अत: यदि भिन्न-भिन्न द्रव्यमानों की दो वस्तुयें स्वतन्त्रतापूर्वक (वायु की अनुपस्थिति में) ऊपर से गिराई जायें तो उनमें समान त्वरण उत्पन्न होगा। अत: यदि वे एक ही ऊँचाई से गिराई गई हैं तो एक साथ ही पृथ्वी पर पहुँचेंगी। न्यूटन ने काँच की एक नली (जिसकी वायु पम्प द्वारा निकाल दी गई थी) के एक सिरे से एक सिक्का व एक चिड़िया का पंख एक साथ गिराये। वे दोनों एक साथ ही नली के दूसरे सिरे पर पहुँचे। न्यूटन का यह प्रयोग 'गिनती तथा पंख' के नाम से प्रसिद्ध है।

**3. पृथ्वी तल से ऊपर जाने पर $g$ का मान घटता है**




पृथ्वी तल पर गुरुत्वीय त्वरण का सूत्र होता है—

$$g = G\frac{M}{R^2} \qquad \ldots(i)$$

पृथ्वी के तल से $h$ ऊँचाई पर जाने पर उस स्थान की पृथ्वी के केन्द्र से दूरी $(R+h)$ होगी (चित्र)। तब इस ऊँचाई पर $g$ का प्रभावी मान होगा।

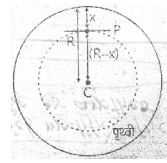
$$g' = G\frac{M}{(R+h)^2} \qquad \ldots(ii)$$

चूँकि $(R+h)$ का मान, $R$ की तुलना में स्पष्ट: अधिक है, अत: समीकरण (i) व (ii) की तुलना करने पर,

$$g' < g$$

इससे स्पष्ट है कि पृथ्वी तल से ऊपर जाने पर अर्थात् $h$ बढ़ने पर $g$ का मान घटता जाता है और अनन्त दूरी पर इसका मान शून्य हो जाता है। यही कारण है कि पहाड़ों पर $g$ का मान समुद्र तल की अपेक्षा कम होता है।

**पृथ्वी के अन्दर गहराई में जाने पर $g$ का मान घटता जाता है**




पृथ्वी के केन्द्र पर $g$ का मान शून्य हो जाता है। सूत्र $g = G\frac{M}{R^2}$ पृथ्वी तल के अन्दर की ओर सत्य नहीं है। इसके लिए न्यूटन ने अपने प्रयोग द्वारा यह सिद्ध किया कि ठोस गोले के अन्दर किसी बिन्दु पर आकर्षण बल, बिन्दु की गोले के केन्द्र से दूरी के अनुक्रमानुपाती होती है। चूँकि पृथ्वी भल गोलाकार है, अत: पृथ्वी के अन्दर किसी बिन्दु $P$ पर, $g$ का मान पृथ्वी के केन्द्र $C$ से उस बिन्दु की दूरी $(R-x)$ के भी अनुक्रमानुपाती होगा। अत: पृथ्वी के केन्द्र की ओर जाने पर $g$ का मान कम होता जायेगा और केन्द्र पर $(r=0$ होने से) बल अथवा त्वरण का मान शून्य होगा।

केन्द्र से सतह की ओर आने पर $r$ में वृद्धि होगी तथा बल का मान बढ़ता जायेगा। अत: स्पष्ट है कि $g$ का मान पृथ्वी की सतह पर अधिकतम होता है।

**4.** दिया है—$M_s = 2\times10^{30}$ किग्रा, $M_e = 6\times10^{24}$ किग्रा, $d = 1.5\times10^{11}$ मी

$G = 6.67\times10^{-11}$ न्यूटन-मी$^2$/किग्रा$^2$

हम जानते हैं; $F = G\frac{M_s \cdot M_e}{d^2}$

$$= 6.67 \times 10^{-11} \cdot \frac{2\times10^{30} \times 6\times10^{24}}{(1.5\times10^{11})^2}$$

$$= 6.67 \times 10^{-11} \cdot \frac{12\times10^{54}}{2.25\times10^{22}}$$

$$= \frac{6.67\times12\times10^{54-11}\times10^{-22}}{2.25}$$

$$= \frac{80.04\times10^{21}}{2.25} = 35.57\times10^{21} \text{ न्यूटन}$$

**5.** $m = 3\times10^{24}$ किग्रा, $r = 3200$ किमी, $G = 6.67\times10^{-11}$ न्यूटन-मी$^2$/किग्रा

$$g = G\frac{m}{r^2} = \frac{6.67\times10^{-11}\times3\times10^{24}}{(3200\times1000)^2}$$

$$= \frac{20.01\times10^{13}}{1024\times10^{10}} = 0.0195\times10^3 = 19.5 \text{ मी/सेकण्ड}^2$$

**6.** $m = 12$ किग्रा, $g = 9.8$ मी/से$^2$, $F = ?$

$F = mg = 12\times9.8 = 117.6$ न्यूटन

**7.** $m_1 = m_2 = 40$ किग्रा, $d = 2$ मीटर

$G = 6.67\times10^{-11}$ न्यूटन-मी$^2$/किग्रा$^2$, $F = ?$

$$F = G\cdot\frac{m_1 m_2}{d^2} = \frac{40\times40}{(2)^2}\times6.67\times10^{-11}$$

$$= \frac{1600\times6.67\times10^{-11}}{4} = 400\times6.67\times10^{-11}$$

$$= 2668\times10^{-11}$$

$$= 2.668\times10^{-8} \text{ न्यूटन}$$

**मूल्य आधारित प्रश्न (Value Based Questions)**

**1.** क्योंकि $G$ का मान सभी स्थानों पर समान रहता है।

**2.** आंकिक मान $= 6.67\times10^{11}$; मात्रक = न्यूटन-मीटर$^2$/किग्रा$^2$।

**3.** डाइन-सेमी$^2$/ग्राम$^2$

**4.** स्वतंत्रतापूर्वक गिरती हुई वस्तु के वेग में त्वरण।

**5.** $g$ का मान घट जाएगा।

**केस स्टडी प्रश्न (Case Study Questions)**

**1.** ब्रह्मांड में सभी वस्तुएँ (द्रव्यमान सहित) एक दूसरे को आकर्षित करती हैं। वस्तुओं के बीच आकर्षण के इस बल को गुरुत्वाकर्षण बल कहा जाता है।

2. ऐसा कहा जाता है कि जब न्यूटन एक पेड़ के नीचे बैठे थे, तो उनके सिर पर एक सेब गिरा। उन्होंने सोचा कि अगर पृथ्वी सेब को अपनी ओर आकर्षित करती है, तो क्या यह चंद्रमा को भी अपनी ओर आकर्षित कर सकती है? क्या दोनों मामलों में बल एक जैसा है? इससे गुरुत्वाकर्षण पर अध्ययन शुरू हुआ।
3. सार्वभौमिक गुरुत्वाकर्षण स्थिरांक संख्यात्मक रूप से दो इकाई द्रव्यमानों के बीच आकर्षण बल के बराबर होता है, जब वे अपने केन्द्रों से मापी गई इकाई दूरी से अलग होते हैं।
4. $G$ का स्वीकृत मान $6.673 \times 10^{-11}$ N-m$^2$/Kg$^2$ है। $G$ का मान हेनरी कैवेंडिश द्वारा संवेदनशील संतुलन का उपयोग करके पाया गया था।
5. गुरुत्वाकर्षण के सार्वभौतिक नियम द्वारा दो घटनाओं की व्याख्या की जाती है—
   (i) वह बल जो हमें पृथ्वी से बाँधता है, और
   (ii) पृथ्वी के चारों ओर चंद्रमा की गति।

●●

# कार्य तथा ऊर्जा
# (Work and Energy)

## विविध प्रश्नावली (Miscellaneous)

### बहुविकल्पीय प्रश्न (Objective Type Questions)

**1.** (c) **2.** (c) **3.** (b) **4.** (b) **5.** (a) **6.** (c) **7.** (b) **8.** (c)
**9.** (a) **10.** (d) **11.** (c) **12.** (b) **13.** (b) **14.** (b) **15.** (b)

### अभिकथन-कारण प्रश्न (Assertion & Reason Type Questions)

**1.** (c) **2.** (d)

### चित्र आधारित प्रश्न (Figure Based Questions)

**1.** दिया है, बल $(F)$ = न्यूटन, बल की दिशा में विस्थापन = 8 मी

$\therefore$ कार्य $(W)$ = बल $(F)$ × बल की दिशा में विस्थापन
= 7 न्यूटन × 8 मी
= 56 न्यूटन–मीटर
= 56 जूल

**2.** चूँकि पिंड के पथ के प्रारम्भिक तथा अन्तिम बिन्दु एक ही क्षैतिज रेखा पर है अर्थात् पिंड का विस्थापन क्षैतिज दिशा में हो रहा है। इसलिए नेट विस्थापन गुरुत्वीय बल की दिशा में ऊर्ध्वाधर नीचे हो रहा है। अत: गुरुत्वीय बल के कारण कोई कार्य नहीं हो रहा है क्योंकि गुरुत्वीय बल की दिशा और विस्थापन के बीच 90° का कोण बनता है।
अर्थात् $W = OJ$

### कूट आधारित प्रश्न (Coding Based Questions)

**1.** (c) दोनों (ii) और (iii) **2.** (b) (ii) तथा (iv)

### रिक्त स्थानों की पूर्ति कीजिए? (Fill in the blanks)

**1.** सामर्थ्य का SI मात्रक **वाट या जूल-सेकण्ड** होता है।

**2.** ऊर्जा एक **अदिश** राशि है।

**3.** एक वस्तु $h$ ऊँचाई से गिरती है। जब यह $\frac{h}{2}$ ऊँचाई तक गिर जाती है तो उसमें **आधी स्थितिज और आधी गतिज ऊर्जा** होगी।

**4.** एक अश्व शक्ति तुल्य **746 वाट** है।

### सुमेलन आधारित प्रश्न (Matching Based Questions)

| | सूची-A | | सूची-B |
|---|---|---|---|
| 1. | किसी पिंड पर कार्य करने वाला | (b) | बल कोई विस्थापन नहीं करता है, तो किया गया कार्य शून्य होगा। |
| 2. | एकांक समय में किसी मशीन द्वारा | (a) | किया गया कार्य उसकी सामर्थ्य के बराबर होता है। |
| 3. | यांत्रिक ऊर्जा | (d) | गतिज ऊर्जा + स्थितिज ऊर्जा |
| 4. | गतिज ऊर्जा को प्रभावित करने वाले | (c) | विभिन्न कारक द्रव्यमान, गति वेग है। |
| 5. | पृथ्वी पर ऊर्जा का सबसे | (g) | बड़ा प्राकृतिक स्त्रोत सूर्य है। |
| 6. | वस्तु का संवेग | (f) | द्रव्यमान × वेग |
| 7. | गतिज ऊर्जा | (e) | $\frac{1}{2}mv^2$ |

### कौन-सा सही कथन नहीं है? (Which statement is not correct?)

**1.** (b) आरम्भिक ऊर्ज की सोलह गुनी हो जाती है।

**2.** (a) गतिज ऊर्जा तथा स्थितिज ऊर्जा दोनों बढेगी

**3.** (b) आधी गतिज ऊर्जा और कम स्थितिज ऊर्जा

### सत्य या असत्य लिखिए? (Write true or false)

**1.** सत्य **2.** असत्य **3.** असत्य **4.** सत्य **5.** असत्य **6.** सत्य

### उच्च स्तरीय विचारात्मक प्रश्न (HOTS Questions)

**1.** जब ऊँचाई से गिरने वाली वस्तु भूमि से टकराकर रुक जाती है, तो उसकी गतिज ऊर्जा, स्थितिज ऊर्जा में बदल जाती है।

**2.** (i) व्यक्ति के द्वारा लगाए बल द्वारा धनात्मक कार्य किया जा रहा है।

(ii) वस्तु के भार (गुरुत्वाकर्षण बल) द्वारा ऋणात्मक कार्य किया जा रहा है।

**अति लघु उत्तरीय प्रश्न (Very Short Answer Type Questions)**

**1.** किसी वस्तु पर बल लगाकर वस्तु को बल की दिशा में विस्थापित करने को कार्य कहते हैं।

**2.** कार्य का मात्रक जूल है।

**3.** सदिश

**4.** $W = FS$

**5.** अधिकतम कार्य करने के लिए बल तथा विस्थापन के बीच कोण शून्य होना चाहिए।

**6.** शून्य कार्य करने के लिए बल तथा विस्थापन के बीच कोण 90° होना चाहिए।

**7.** $F = 100$ न्यूटन, $v = 2$ मी/से०, $P = ?$

हम जानते हैं, $P = V \cdot v = 100 \times 2 = 200$ वाट

**8.** किसी वस्तु की कार्य करने की क्षमता को उस वस्तु की ऊर्जा कहते हैं। तथा किसी कर्त्ता के कार्य करने की दर को उसकी सामर्थ्य कहते हैं।

**9.** किसी वस्तु की स्थिति अथवा विशेष अवस्था या विकृत अवस्था के कारण उसमें जो कार्य करने की क्षमता होती है, उसे वस्तु की स्थितिज ऊर्जा कहते हैं।

**10.** (i) खिंचे तीर में स्थितिज ऊर्जा होती है।

(ii) गिरते सेब में गतिज ऊर्जा होती है।

(iii) दबी हुई स्प्रिंग में स्थितिज ऊर्जा होती है।

(iv) गतिमान क्रिकेट गेंद में गतिज ऊर्जा होती है।

**11.** $P = \frac{W}{t}$ तथा सामर्थ्य का मात्रक वाट होता है।

**लघु उत्तरीय प्रश्न (Short Answer Type Questions)**

**1.** किसी वस्तु पर जितना अधिक बल लगाया जाता है तथा वह वस्तु जितनी अधिक विस्थापित होती है, कार्य उतना ही अधिक होता है। किए गए कार्य का मान बल तथा बल की दिशा में उत्पन्न विस्थापन के गुणनफल के बराबर होता है।

कार्य = बल × बल की दिशा में विस्थापन कार्य का मात्रक जूल होता है।

**2. कार्य के प्रकार** (Types of Work)—कार्य दो प्रकार के होते हैं—

**1. धनात्मक कार्य** (Positive Work)—यदि बल तथा विस्थापन के बीच कोण θ न्यून कोण है अर्थात् $0 < \theta < 90°$, तब $\cos\theta$ धनात्मक होगा।

अत: किया गया कार्य ($W = Fs\cos\theta$) भी धनात्मक होगा। उदाहरण—यदि कोई कुली सामान को छत पर चढ़ाता है तो उसके द्वारा गुरुत्वाकर्षणबल के विरुद्ध किया गया कार्य धनात्मक होगा।

**2. ऋणात्मक कार्य** (Negative Work)—यदि बल तथा विस्थापन के बीच कोण θ अधिक कोण है अर्थात् $90° < \theta < 180°$, तब $\cos\theta$ ऋणात्मक होगा। अत: किया गया कार्य भी ऋणात्मक होगा। **उदाहरण–**यदि कोई कुली सामान को छत से उतारकर नीचे लाता है तो उसके द्वारा गुरुत्वाकर्षण बल के विरुद्ध किया गया कार्य ऋणात्मक होगा।

जब बल शून्य हो तो कार्य भी शून्य होगा, चाहे वस्तु में विस्थापन हो रहा हो।

**3.** (a) 1. यदि वस्तु का विस्थापन आरोपित बल की दिशा में लम्बवत् होता है तो बल द्वारा किया गया कार्य शून्य (न्यूनतम) होता है।

$$W = F \cdot d$$

2. यदि वस्तु का विस्थापन उसी दिशा में होता है जिस दिशा में बल लगाया जाए तो कृत कार्य अधिकतम होता है।

(b) (i) कार्य शून्य तब होता है जब बल तथा विस्थापन के बीच कोण 90° होता है।

(ii) कार्य अधिकतम तब होता है जब बल तथा विस्थापन के बीच कोण 0° होता है।

**4.** (a) किसी कर्ता के कार्य करने की दर को उसकी सामर्थ्य (अवया शक्ति) कहते हैं।

$$\text{सामर्थ्य} = \frac{\text{कार्य}}{\text{समय}}$$

यदि किसी कर्ता द्वारा + सेकण्ड में $W$ मार्य होता है, तो उसकी सामर्थ्य $P = \frac{W}{t}$

चूँकि कार्य $W$ का मात्रक जूल है, अत: सामर्थ्य का मात्रक जूल/सेकण्ड होगा। इसे वाट कहते हैं। यदि 1 जूल कार्य 1 सेकण्ड में किया जाये तो कर्ता की सामर्थ्य 1 वाट होगी।

(b) सामर्थ्य एक अदिश राशि है।

**5.** ऊर्जा का मात्रक 'जूल' है। सामर्थ्य का मात्रक 'बाट' अथवा 'किलोवाट' है। 1 किलोवाट, 1000 जूल/सेकण्ड के बराबर होता है। इस आधार पर ऊर्जा का एक बड़ा मात्रक बनाया गया है, जो कि इन्जीनियरिंग में काम आता है। इसे 'किलोवाट-घण्टा' कहते हैं।

1 किलोवाट-घण्टा = 1 किलोवाट × 1 घण्टा = 1000 वाट × 3600 सेकण्ड

$$= 1000 \frac{\text{जूल}}{\text{सेकण्ड}} \times 3600 \text{ सेकण्ड} = 3.6 \times 10^6 \text{ जूल}$$

1 वाट-घण्टा = 1 वाट × 1 घण्टा

= 1 वाट × 3600 सेकण्ड

$$= 1 \frac{\text{जूल}}{\text{सेकण्ड}} \times 3600 \text{ सेकण्ड}$$

= 3600 जूल

**6.** जब दो प्रोटॉन एक-दूसरे के समीप लाये जाते हैं तो उनके बीच प्रतिकर्षण बल कार्य करता है। इस बल के विपरीत प्रोटॉनों को एक दूसरे के समीप लाने के लिए कार्य करना पड़ता है। यह कार्य स्थितिज ऊर्जा के रूप में संचित हो जाता है। अत: निकाय की स्थितिज ऊर्जा बढ़ जाती है।

**7.** माना प्रारम्भ में पिण्ड की गतिज ऊर्जा = $K$

तथा अन्त में पिण्ड की गतिज ऊर्जा = $16K$

प्रश्नानुसार $$K_1 = \frac{1}{2} m v_1^2$$

$$K = \frac{1}{2} m v_1^2 \quad \ldots(i)$$

$$K_2 = \frac{1}{2} m v_2^2$$

$$16K = \frac{1}{2} m v_2^2 \qquad \ldots(ii)$$

समी० (i) व (ii) से—

$$\frac{v_1^2}{v_2^2} = \frac{1}{16}$$

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{1}{4}$$

$$v_2 = 4 v_1$$

अत: पिण्ड का वे 4 गुना बढ़ जायेगा।

अत: संवेग में वृद्धि $= mv_2 = m4v_1 = 4mv = 4$ संवेग

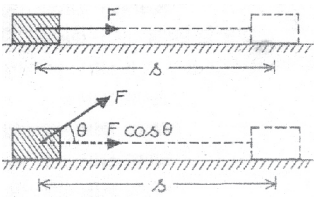
**विस्तृत उत्तरीय प्रश्न (Long Answer Type Questions)**

1. **कार्य**–हम उन सभी क्रियाओं को जिनमें बल लगाने से वस्तु की स्थिति में परिवर्तन हो जाता है वैज्ञानिक दृष्टि से कार्य कहते हैं।

किसी वस्तु पर जितना अधिक बल लगाया जाता है तथा वह वस्तु जितनी अधिक विस्थापित होती है, कार्य उतना ही अधिक होता है। किए गए कार्य का मान बल तथा बल की दिशा में उत्पन्न विस्थापन के गुणनफल के बराबर होता है—

कार्य = बल × बल की दिशा में विस्थापन

यदि किसी कर्त्ता द्वारा किसी वस्तु पर एक नियत बल $F$ लगाने से वस्तु में बल की दिशा में विस्थापन $s$ हो (चित्र ), तो कर्त्ता द्वारा किये गये कार्य $W$ का मान




$$W = F \times s \qquad \ldots(i)$$

यदि बल $F$ के लगाने पर वस्तु बल की दिशा में न चलकर उससे $\theta$ कोण बनाती हुई $s$ दूरी चले (चित्र b), तब किया गया कार्य

$$W = F \cos\theta \times s \qquad \ldots(ii)$$

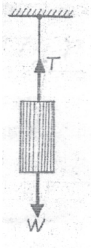
क्योंकि $F\cos\theta$, बल $F$ का $s$ की दिशा में घटक (component) है।

इस समीकरण से दो बातें स्पष्ट होती हैं—

1. यदि $\theta = 90°$ हो, तब $\cos 90° = 0$ तथा $W = 0$

अर्थात् यदि विस्थापन बल की दिशा के लम्बवत् हो, तो कार्य नहीं होता। यदि कोई कुी अपने सिर पर ट्रंक रखकर प्लेटफॉर्म पर एक सिरे से दूसरे सिरे तक जाता है। तब वह कोई कार्य नहीं कर रहा है (क्योंकि उसका विस्थापन गुरुत्व-बल के लम्बवत् है)। जब कोई वस्तु किसी बल के अन्तर्गत वृत्ताकार मार्ग पर चलती है, तो बल की दिशा सदैव वृत्त के केन्द्र की ओर दिष्ट रहती है, अर्थात् वस्तु की गति के लम्बवत् रहती है। अत: इसमें भी कोई कार्य नहीं होता।

2. समीकरण (i) अथवा (ii) में यदि $s = 0$ हो, तब $W = 0$




अर्थात् यदि वस्तु का विस्थापन शून्य हो, तब भी वस्तु पर लगा बल कोई कार्य नहीं करता। चित्र 2 में एक बेलन धागे द्वारा लटकाया गया है। इस पर दो बल लगे हैं—बेलन का भार $W$ तथा धोगे का तनाव $T$ है। परन्तु इनमें से कोई भी बल कार्य नहीं कर रहा है क्योंकि बेलन में कोई विस्थापन नहीं हो रहा है।

आप सारे दिन पुस्तकें पढ़ते हैं, चित्र बनाते हैं, विचार-विमर्श करते हैं, तो भी विस्थापन कम होने से कम कार्य हुआ।

एक व्यक्ति चार घण्टे तक लाइन में लगकर कोई फॉर्म जमा कराता है, तो वैज्ञानिक दृष्टि से विस्थापन कम होने से बहुत कम कार्य हुआ।

**कार्य का मात्रक**—कार्य का मात्रक 'जूल' (joule) कहलाता है। यदि कोई कर्त्ता किसी वस्तु पर 1 न्यूटन का बल लगाकर उस वस्तु को बल की दिशा में 1 मीटर विस्थापित कर दे तो कर्त्ता द्वारा किया गया कार्य 1 जूल होगा, अर्थात्

1 जूल = 1 न्यूटन × 1 मीटर।

बल तथा विस्थापन दोनों ही सदिश राशियाँ हैं, परन्तु कार्य एक अदिश (scalar) राशि है।

**2.** ''किसी कर्ता या मशीन द्वारा कार्य करने की दर या ऊर्जा रूपान्तरण की दर को उसकी सामग्रि अथवा शक्ति कहते हैं।''

*अथवा* ''एकांक समय में किया गया कार्य सामर्यि अथवा शक्ति के बराबर होता है।'' यदि कोई कर्ता $t$ समय में $W$ कार्य करता है तो उसकी

$$\text{सामर्यि } (P) = \frac{\text{कार्य } (W)}{\text{समय } (t)}$$

यही कार्य एवं सामर्थ्य में सम्बन्ध है। सामर्थ्य एक अदिश राशि है।

सामर्थ्य का मात्रक MKS तथा SI प्रणाली में सामर्थ्य का व्यावहारिक मात्रक वाट है। सूत्र के अनुसार,

$$\text{सामर्थ्य का मात्रक} = \frac{\text{कार्य का मात्रक}}{\text{समय का मात्रक}} = \frac{\text{जूल}}{\text{सेकण्ड}} = \text{जूल/सेकण्ड}$$

अत:, जूल/सेकण्ड को भी वाट कहते हैं। इसका उपयोग विद्युतीय कार्यों में किया जाता है तथा इसे संकेताक्षर W से प्रदर्शित करते हैं।

**3. ऊर्जा संरक्षण का नियम** (Law of Conservation of Energy)

ऊर्जा संरक्षण के नियमानुसार, ''ऊर्जा न तो उत्पन्न की जा सकती है और न ही नष्ट की जा सकती है। यह केवल एक स्वरूप से दूसरे स्वरूप में रूपान्तरित की जा सकती है।'' अर्थात् ब्रह्माण्ड (universe) की सम्पूर्ण ऊर्जा का परिमाण नियत रहता है।'' इसे ही ऊर्जा संरक्षण का सिद्धान्त या नियम कहते हैं।

**विशेष**–यद्यपि आइन्सटीन के सापेक्षता के सिद्धान्त के अनुसार $E = mc^2$ अर्थात् द्रव्यमान $m$ जब विलुप्त होता है तो ऊर्जा $E$ उत्पन्न होती है। अत: ऊर्जा संरक्षण के नियम में परिवर्तन कर दिया गया है।

**यान्त्रिक ऊर्जा का संरक्षण** (Conservation of Mechanical Energy)—यान्त्रिक ऊर्जा के संरक्षण के नियमानुसार, अनेक निकायों की स्थितिज ऊर्जा, गतिज ऊर्जा में तथा गतिज ऊर्जा, स्थितिज ऊर्जा में परिवर्तित होती रहती है। परन्तु निकाय में गतिज ऊर्जा व स्थितिज ऊर्जा का योग सदैव स्थिर रहता है। किन्तु ध्यान रहे कि यह नियम तभी लागू होता है जब निकाय पर कोई घर्षण बल कार्य न कर रहा हो।

यदि घर्षण बल उपस्थित है तब यान्त्रिक ऊर्जा अन्य रूपों में भी बदल जाती है, परन्तु निकाय की कुल ऊर्जा नियत ही रहती है।

**ऊर्जा संरक्षण के उदाहरण** (Examples of Energy Conservation)—ऊर्जा संरक्षण की सत्यात को निम्न उदाहरणों द्वारा स्पष्ट किया जा सकता है—

**(1) गुरुत्व के अन्तर्गत मुक्त रूप से गिरती वस्तु** (Free Falling Object Under Gravity)—पृथ्वी के गुरुत्वाकर्षण के कारण मुक्त रूप से नीचे गिरती हुई वस्तु में दो प्रकार की ऊर्जाएँ हो सकती हैं—स्थितिज ऊर्जा व गतिज ऊर्जा।

**बिन्दु *A* पर–**माना $m$ द्रव्यमान की कोई वस्तु पृथ्वी की सतह से $h$ ऊँचाई पर स्थित बिन्दु $A$ पर विरामावस्था में है (चित्र०)। बिन्दु $A$ पर वस्तु का वेग शून्य है, अत: यहाँ गतिज ऊर्जा का मान शून्य होगा, यहाँ वस्तु में केवल स्थितिज ऊर्जा ही होगी।

$\therefore$ बिन्दु $A$ पर वस्तु में कुल ऊर्जा = गतिज ऊर्जा + स्थितिज ऊर्जा

$$= 0 + mgh = mgh \qquad \ldots(i)$$

**बिन्दु *B* पर–**माना वस्तु बिन्दु $A$ से $x$ दूरी पृथ्वी की ओर चलने पर किसी क्षण $B$ बिन्दु पर है, जहाँ वस्तु का वेग $v$ है, गति के तृतीय समीकरण से—

$$v^2 = u^2 + 2as,$$

$$v^2 = 0 + 2gx = 2gx$$

$\therefore$ बिन्दु $B$ पर वस्तु की गतिज ऊर्जा $= \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m \times 2gx = mgx$

बिन्दु $B$ की पृथ्वी तल $C$ से ऊँचाई $= h - x$

बिन्दु $B$ पर वस्तु की स्थितिज ऊर्जा $= mg\,(h - x)$

बिन्दु $B$ पर वस्तु की कुल ऊर्जा = गतिज ऊर्जा + स्थितिज ऊर्जा

$$= mgx + mg\,(h - x) = mgh$$

**बिन्दु *C* पर–**अब, माना वस्तु पृथ्वी की सतह पर स्थित बिन्दु $C$ के अत्यधिक समीप है तथा वस्तु पृथ्वी से टकराने ही वाली है। इस समय उसकी स्थितिज ऊर्जा शन्य है तथा उसमें केवल गतिज ऊर्जा ही है। इस स्थिति में वस्तु द्वारा गिरकर तय हुई दूरी $= h$

अब बिन्दु $C$ पर वस्तु का वेग सूत्र $v^2 = u^2 + 2as$ से, (जहाँ, $a = g$ तथा $s = h$)

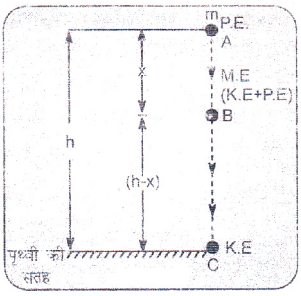
$$v'^2 = 0 + 2gh = 2gh$$

$\therefore$ बिन्दु $C$ पर वस्तु की गतिज ऊर्जा $= \frac{1}{2}m(v')^2 = \frac{1}{2}m \times 2gh = mgh$

$\therefore$ बिन्दु $C$ पर वस्तु की कुल ऊर्जा = गतिज ऊर्जा + स्थितिज ऊर्जा

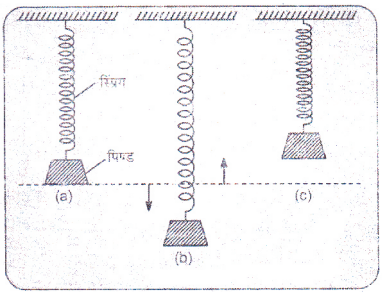
$$= mgh + 0 = mgh \qquad \ldots(iii)$$

अत: समीकरण (i), (ii) व (iii) का अवलोकन करने पर हमें ज्ञात होता है कि जैसे-जैसे वस्तु पृथ्वी की ओर गिरती है, इसकी गतिज ऊर्जा बढ़ती एवं स्थितिज ऊर्जा घटती जाती है। परन्तु वस्तु के प्रत्येक बिन्दु पर गतिज ऊर्जा तथा स्थितिज ऊर्जा का योग नियत बना रहता है। अत: गुरुत्वीय बल के अन्तर्गत मुक्त रूप से गिरती वस्तु की कुल यान्त्रिक ऊर्जा हमेशा नियत रहती है। यही यान्त्रिक ऊर्जा का संरक्षण नियम है।




**(2) सरल लोलक में दोलन करता गोलक–**ऊर्जा रूपान्तरण के व्यावहारिक उपयोग में बिन्दु (1) का अवलोकन करें।

**(3) स्प्रिंग में ऊर्जा** (Energy in Spring)—किसी दृढ़ आधार से लटकी एक स्प्रिंग के दूसरे सिरे पर एक पिण्ड लटकाकर स्थिर कर लेते हैं। (चित्र)। जब स्प्रिंग को थोड़ा नीचे खींचकर छोड़ देते हैं तो पिण्ड ऊपर-नीचे कम्पन्न करने लगता है। इसका कारण यह है कि पिण्ड को नीचे खींचने पर स्प्रिंग भी खिंचती है। स्प्रिंग को खींचने की इस प्रक्रिया में किया गया कार्य स्प्रिंग में स्थितिज ऊर्जा के रूप में संचित हो जाता है। पिण्ड की इस निम्नतम अवस्था में निकाय की कुल ऊर्जा, स्प्रिंग में स्थितिज ऊर्जा के रूप में रहती है।




जब पिण्ड को थोड़ा नीचे खींचकर छोड़ा जाता है (चित्र ) तो पिण्ड अपनी माध्य स्थिति को पार करके जड़त्व के कारण और ऊपर जाता है (चित्र)। इस प्रक्रिया में स्प्रिंग की स्थितिज ऊर्जा, पिण्ड की गतिज ऊर्जा में रूपान्तरित होने लगती है जब पिण्ड उच्चतम स्थिति में होता है तो स्प्रिंग दब जाता है तथा गतिज ऊर्जा पुन: स्थितिज ऊर्जा में रूपान्तरित हो जाती है। जड़त्व के कारण पिण्ड पुन: नीचे की ओर आता है। इस प्रकार पिण्ड के दोलन करने से निरन्तर ऊर्जा का रूपान्तरण होता रहता है। परन्तु प्रत्येक स्थिति में पिण्ड की गतिज ऊर्जा तथा स्प्रिंग की स्थितिज ऊर्जा का योग नियत रहता है।

**4. ऊर्जा का रूपान्तरण** (Transformation of Energy)—ऊर्जा को न तो उत्पन्न किया जा सकता है और न ही नष्ट किया जा सकता है। ऊर्जा को केवल एक रूप से दूसरे रूप में परिवर्तित किया जा सकता है। ऊर्जा के एक रूप से दूसरे रूप में परिवर्तित होने की इस प्रक्रिया को ऊर्जा का रूपान्तरण कहते हैं।

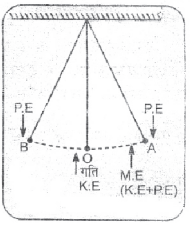
**ऊर्जा रूपान्तरण के व्यावहारिक उपयोग**

**(Applications of Transformation of Energy)**

**(1) सरल लोलक में दोलन करता गोलक** (Oscillated Bob in Simple Pendulum)–सरल लोलक के दोलनों में गोलक की स्थितिज ऊर्जा का गतिज ऊर्जा में

व गतिज ऊर्जा का स्थितिज ऊर्जा में रूपान्तरण होता रहता है। जब सरल लोलक का गोलक किनारे वाली स्थितियों ($A$ या $B$) में ले जाकर छोड़ा जाता है तो यह साम्य स्थिति $O$ के परित: दोलन करना प्रारम्भ कर देता है (चित्र)। गोलक की स्थिति $A$ तथा $B$ पर स्थितिज ऊर्जा (P.E.) अधिकतम तथा गतिज ऊर्जा (K.E.) शून्य होती है। गोलक के $A \rightarrow O$ तक आने में इसकी P.E., K.E. में रूपान्तरित हो जाती है माध्य स्थिति $O$ में गतिज ऊर्जा अधिकतम व स्थितिज ऊर्जा न्यूनतम होती है। गोलक के $O \rightarrow B$ तक जाने में K.E., P.E. में रूपान्तरित हो जाती है। इस प्रकार, $A$ व $B$ स्थितियों में गोलक में केवल P.E. होती है। जबकि माध्य स्थिति ($O$) में केवल K.E. ही होती है। अन्य स्थितियों में गोलक में यांत्रिक ऊर्जा (अर्थात् P.E. + K.E.) होती है।

इस प्रकार लोलक के दोलनों में स्थितिज व गतिज ऊर्जाओं का अन्त: रुपान्तरण होता रहता है। परन्तु गोलक की दोनों ऊर्जाओं का योग नियत (Constant) रहता है। अर्थात् गोलक की यांत्रिक ऊर्जा प्रत्येक स्थिति में उतनी ही रहती है। परन्तु वायु-घर्षण के कारण गोलक की यांत्रिक ऊर्जा का क्षय होने लगता है। जिस कारण कुछ समय बाद गोलक साम्य स्थिति में रुक जाता है।




**(2) ऊँचाई से गिरती हुई वस्तु में** (In Body Falling From a Height)—किसी $m$ द्रव्यमान की वस्तु में, जो पृथ्वी तल से $h$ ऊँचाई पर स्थित है। केवल स्थितिज ऊर्जा (अर्थात् $mgh$) होती है। जैसे ही यह वस्तु नीचे की ओर गिरने लगती है, तो इसकी स्थितिज ऊर्जा में निरन्तर परिवर्तन होता रहता है। तथा पृथ्वी तल से टकराने के ठीक पहले वस्तु में केवल गतिज ऊर्जा $\left(\text{अर्थात् } \frac{1}{2}mv^2\right)$ ही होती है। इस प्रकार, हम कह सकते हैं कि किसी ऊँचाई से गिरती हुई वस्तु में स्थितिज ऊर्जा का गतिज ऊर्जा में रूपान्तरण होता है (चित्र)।

**(3) विद्युत् हीटर में** (In Electric Heater)—जब विद्युत् हीटर में धारा प्रवाहित होती है तो उसकी तार गर्म होकर चमकने लगती है। इस प्रक्रिया में विद्युत् ऊर्जा ऊष्मीय ऊर्जा में रूपान्तरित होती है।

**(4) विद्युत् बल्ब में** (In Electric Bulb)—जब विद्युत बल्ब में धारा प्रवाहित की जाती है, तो बल्ब का फिलामेण्ट गर्म हो जाता है तथा चमक देने लगता है। इस प्रक्रिया में विद्युत् ऊर्जा, प्रकाश ऊर्जा व ऊष्मीय ऊर्जा में रूपान्तरित होती है।

**(5) बिजली के पंखे में** (In Electric Fan)—जब बिजली के पंखे में धारा प्रवाहित होती है तो पंखा घूमने लगता है। इस प्रक्रिया में विद्युत् ऊर्जा, गतिज ऊर्जा में रूपान्तरित होती है।

**(6) लाउडस्पीकर में** (In Loudspeaker)—विद्युत् ऊर्जा का ध्वनि ऊर्जा में रूपान्तरण होता है।

**(7) जल-विद्युत् पॉवर स्टेशन में** (In Hydroelectric Power Station)—बाँध (Dam) में संचित जल में आपार स्थितिज ऊर्जा पायी जाती है। जब इस जल को ऊँचाई से गिराया जाता है तो जल स्थितिज ऊर्जा, गतिज ऊर्जा में रूपान्तरित हो जाती है। जल की यह

गतिज ऊर्जा टरबाइन के ब्लेड्स को घुमाती है जिससे विद्युत् ऊर्जा उत्पन्न होती है। इस प्रकार, जल-विद्युत् पॉवर स्टेशन में जल की स्थितिज ऊर्जा पहले गतिज ऊर्जा में और फिर गतिज ऊर्जा का विद्युत् ऊर्जा में रूपान्तरण होता है।

**(8) ऊष्मीय पॉवर स्टेशन में** (In Thermal Power Station)—इसमें कोयला के दहन द्वारा विद्युत् ऊर्जा उत्पन्न की जाती है। इस प्रक्रिया में कोयले की रासायनिक ऊर्जा को ऊष्मीय ऊर्जा में तथा ऊष्मीय ऊर्जा का विद्युत् ऊर्जा में रूपान्तरण होता है।

**(9) ऊष्मा इंजन में** (In Heat Engine)—इसमें ऊष्मीय ऊर्जा का यान्त्रिक ऊर्जा में रूपान्तरण होता है।

**(10) डायनेमे में** (In Dynamo)—डायनेमो में आर्मेचर के घूमने से विद्युत् उत्पन्न होती है। इस प्रकार गतिज ऊर्जा का विद्युत् ऊर्जा में रूपान्तरण होता है।

**(11) बैटरी में** (In Battery)—एक बैटरी में रासायनिक ऊर्जा का विद्युत् ऊर्जा में रूपान्तरण होता है।

**(12) सौर सेल में** (In Solar Cell)—सौर-सेल में सौन-ऊर्जा का विद्युत् ऊर्जा में रूपान्तरण होता है।

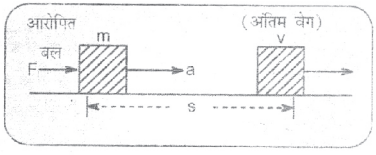
**5.** ऊर्जा के रूपांतरण और संचरण की प्रक्रियाओं में ऊर्जा का कुछ भाग ऐसे ऊर्जा स्वरूपों (उष्मा, ध्वनि, प्रकाश आदि) में रूपान्तरित हो जाता है, जिनकी प्रक्रिया के लिए न तो आवश्यकता होती है और न ही उपयोग होते हैं, इस प्रकार का अनवांछित एवं अनुपयोगी ऊर्जा रूपांतरण ऊर्जा क्षय कहलाता है। उदाहरणर्थ—दोलनयुक्त पिण्ड का मंदन।

**6. (1) गतिज ऊर्जा** (Kinetic Energy)—प्रत्येक गतिशील वस्तु में उसकी गति के कारण कार्य करने की जो क्षमता होती है, वह उस वस्तु की गतिज ऊर्जा कहलाती है। उदाहरणार्थ—कील पर पड़ने वाले गतिशील हथौड़े में कील को गाड़ने की क्षमता होती है, बहते हुए जल में टरबाइन के ब्लेडों को घुमाने की क्षमता होती है गिरता हुआ नारियल, गतिशील कार, लुढकता हुआ पत्थर, उड़ता हुआ हवाई जहाज, बहती हुई हवा, दौड़ता हुआ खिलाड़ी आदि, इन सभी में गतिज ऊर्जा विद्यमान है। गतिज ऊर्जा को $K$ या $E_K$ से प्रदर्शित किया जाता है। इसका मात्रक जूल होता है।

**गतिज ऊर्जा की माप** (Measurement of Kinetic Energy)—किसी गतिशील वस्तु की गतिज ऊर्जा की माप कार्य के उस परिमाण से की जाती है जो उस वस्तु को विरामावस्था से गतिशील अवस्था में लाने में किया जाता है, अथवा गतिशील अवस्था से विरामावस्था में लाने में किया जाता है।

मान लीजिए कि $m$ द्रव्यमान की कोई वस्तु विरामावस्था में है। वस्तु पर एक अचर बल $F$ लगाने पर वस्तु में त्वरण $a$ उत्पन्न हो जाता है तथा वस्तु गति करने लगती है। तब न्यूटन के दूसरे नियमानुसार वस्तु में उत्पन्न त्वरण,

$$a = \frac{F}{m} \qquad \ldots(i)$$




यदि वस्तु इस बल के अधीन $s$ दूरी चलती है, तो बल $F$ द्वारा वस्तु पर कृत कार्य,

$$W = F \times s \qquad \ldots(ii)$$

माना आरोपित बल $F$ के कारण $s$ दूरी चलने में वस्तु का वेग शून्य $(u = 0)$ से बढ़कर $v$ हो जाता है (चित्र ), तो गति के तृतीय समीकरण $v^2 = u^2 + 2as$ से,

$$v^2 = u^2 + 2as$$

$$v^2 = 0 + 2 \times \left(\frac{F}{m}\right) \times s \qquad [a \text{ का मान समी (i) से रखने पर}]$$

$$F \times s = \frac{1}{2} mv^2 \qquad \ldots(iii)$$

समी (ii) व (iii) की तुलना करने पर,

$$\text{कार्य, } W = F \times s = \frac{1}{2} mv^2$$

कार्य के कारण ही वस्तु का वेग शून्य से बढ़कर $v$ हुआ है। अत: यही कार्य $(F \times s)$ वस्तु की गतिज ऊर्जा की माप है जिसे $K$ से प्रदर्शित किया जाता है।

अत: $$K = \frac{1}{2} mv^2 \qquad \ldots(iv)$$

अर्थात् $$\text{गतिज ऊर्जा} = \frac{1}{2} \times \text{द्रव्यमान} \times (\text{वेग})^2$$

स्पष्टत: किसी गतिशील वस्तु की गतिज ऊर्जा उसके द्रव्यमान $(m)$ एवं वेग $(v)$ पर निर्भर करती है अर्थात् वस्तु की गतिज ऊर्जा वस्तु के द्रव्यमान तथा वस्तु के वेग के वर्ग के अनुक्रमानुपाती होती है।

यदि द्रव्यमान $(m)$ का मान किग्रा में तथा वेग $(v)$ का मान मी/से में लिया जाए तो गतिज ऊर्जा का मान जूल में प्राप्त होगा।

**7.** $m = 25\,\text{kg},\ P = 0.4\ \text{kg-m/s}\ \ K = ?$ $\qquad \left[\because v = \frac{P}{m}\right]$

$$K = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} \times 25 \times \left(\frac{0.4}{25}\right)^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 25 \times \frac{0.16}{25^2}$$

$$= \frac{0.16}{50} = 0.0032\ \text{J}$$

**8.** $m = 50\,\text{kg}, K = 100\,\text{J}$ तथा $v = ?$

$$K = \frac{1}{2} mv^2$$

$$100 = \frac{1}{2} \times 50 \times v^2$$

$$v^2 = \frac{100}{25} = 25$$

$$\Rightarrow \qquad v = \sqrt{25} = 5\,\text{m/s}$$

**9.** $h = 5\,\text{m}$ $u = 0$, $v = 10\,\text{m/s}$, $g = 50\,\text{m}$

प्रारम्भ में 5 m ऊँचाई पर पिण्ड का वेग शून्य है। अत: पिण्ड की गतिज ऊर्जा शून्य है, केवल स्थितिज ऊर्जा है अत:

पिण्ड में कुल यांत्रिक ऊर्जा = गतिज ऊर्जा + स्थितिज ऊर्जा

$$= \frac{1}{2} m \times (10)^2 + O = 50\,\text{m}$$ जूल

अत: पिण्ड की कुल यांत्रिक ऊर्जा 50 m जूल रहती है। अत: ये आँकड़े यांत्रिक ऊर्जा के संरक्षण की पुष्टि करते हैं।

**10.** $h = 10\,\text{m}, m = 5\,\text{kg}$ तथा $g = 10$ मी/से$^2$

पृथ्वी के अन्दर की स्थितिज ऊर्जा $= -mgh = -10 \times 10 \times 5 = -500\,\text{J}$

### मूल्य आधारित प्रश्न (Value Based Questions)

**1.** वस्तु पर बल आरोपित करना तथा बल की दिशा में वस्तु का विस्थापन का होना आवश्यक है।

**2.** कार्य एक अदिश राशि है।

**3.** SI पद्धति में कार्य का मात्रक न्यूटन-मीटर अर्थात् जूल (J) है।

**4.** यदि किसी वस्तु पर 1 न्यूटन का बल आरोपित करने पर बल की दिशा में वस्तु का विस्थापन 1 मीटर हो तो कर्ता द्वारा वस्तु पर किया गया कार्य 1 जूल होता है।

अर्थात् 1 जूल = 1 न्यूटन × 1 मीटर

### केस स्टडी प्रश्न (Case Study Questions)

**1.** हम जानते हैं कि $W = F \times S$

किया गया कार्य समय से स्वतंत्र है। इसलि, दोनों स्थितियों में $W = 50 \times 10 \times 2 = 1000\,\text{J}$

इस प्रकार, किए गए कार्य का अनुपात $= 1000 : 1000 = 1 : 1$

**2.** काम 4 गुना होना चाहिए।

**3.** सामान का द्रव्यमान, $(M) = 10\,\text{kg}$ और विस्थापन $(S) = 1.8\,\text{m}$

किया गया कार्य $(W) = F \times S = \text{mg} \times S = 10 \times 10 \times 1.8 = 180\,\text{J}$

●●

# ध्वनि (Sound)

## विविध प्रश्नावली (Miscellaneous)

### बहुविकल्पीय प्रश्न (Objective Type Questions)

**1.** (a) **2.** (a) **3.** (c) **4.** (b) **5.** (b) **6.** (b) **7.** (d) **8.** (b)

**9.** (a) **10.** (b) **11.** (c) **12.** (b) **13.** (c)

**अभिकथन-कारण प्रश्न (Assertion & Reason Type Questions)**

**1.** (c) **2.** (b) **3.** (a)

**चित्र आधारित प्रश्न (Figure Based Questions)**

**1.** आवृतिकाल $(T) = 2 \times 10^{-6}$ s, आवृति $(n) = \frac{1}{T} = \frac{1}{2 \times 10^{-6}}$ Hz

$= 5 \times 10^{5}$ Hz

तरंगदैर्ध्य $(\lambda) = \frac{v}{n} = \frac{1500}{5 \times 10^{5}} = 300 \times 10^{-5}$

$= 3 \times 10^{-3}$ मी

$= 3 \times 100 \times 10^{-3}$ मी

$= 0.3$ सेमी

**2.** $x + 50° = 90°$

$x = 90° - 50° = 40°$

**कूट आधारित प्रश्न (Coding Based Questions)**

**1.** (d) (iii) **2.** (b) (i) तथा (iii)

**रिक्त स्थानों की पूर्ति कीजिए? (Fill in the blanks)**

**1.** नोट **कई आवृतियों के मिश्रण की** ध्वनि है।

**2.** सोनार में हम **पराध्वनि तरंगों** उपयोग करते हैं।

**3.** ध्वनि वायु में यात्रा करती है यदि **विक्षोभ चलता है**।

**4.** सितार का तार खींचने में तार में **अनुप्रस्थ तरंग उत्पन्न** होती है।

**5.** शीर्ष और समीप वाले गर्त के बीच की दूरी **तरंगदैर्ध्य की आधी** होती है।

**सुमेलन आधारित प्रश्न (Matching Based Questions)**

| | सूची-A | | सूची-B |
|---|---|---|---|
| 1. | ध्वनि यांत्रिक | (b) | अनुदैर्ध्य तरंग है। |
| 2. | प्रकाश अनयांत्रिक | (c) | अनुदैर्ध्य तरंग है। |
| 3. | प्रकाश के संचरण के लिए | (a) | माध्यम की जरुत नहीं होती है। |
| 4. | श्रव्य आवृति परास | (e) | 20 Hz से 20 KHz है। |
| 5. | माध्यम के विरल होने पर | (d) | ध्वनि की तीव्रता घटती है। |
| 6. | प्रघाती तरंग | (g) | पराश्रव्य ध्वनि पैदा करता है। |
| 7. | पराश्रव्य तरंग का उपयोग | (f) | 50 NAR में होता है। |

**कौन-सा सही कथन नहीं है? (Which statement is not correct?)**

**1.** (b) 10 जूल बढ़ जाएगी।

**2.** (b) तरंग के संचरण की दिशा के लम्बवत् तल में।

**3.** (a) नीली में मुड़ जाने के कारण

**4.** (b) तरंग की दिशा के लम्बवत् होता है।

**सत्य या असत्य लिखिए? (Write true or false)**

**1.** असत्य **2.** सत्य **3.** सत्य **4.** असत्य **5.** सत्य

**उच्च स्तरीय विचारात्मक प्रश्न (HOTS Questions)**

**1.** विद्युत चुम्बकीय तरंग ऐसी तरंग है जिसे चलने के लिए माध्यम की आवश्यकता नहीं होती तथा जिसकी चाल बहुत अधिक होती है।

**2.** **सोनार** (Sonar)—सोनार (Sonar) शब्द Sound Navigation and Ranging से बना है। सोनार एक ऐसी युक्ति है जिसमें जल में स्थित पिंडों की दूरी, दिशा तथा चाल मापने के लिए पराध्वनि तरंगों का उपयोग किया जाता है।

**सोनार की तकनीक का उपयोग :** समुद्र की गहराई ज्ञात करने तथा तल के नीचे छिपी चट्टानों, घाटियों, पनडुब्बियों, हिम शैल, डूबे हुए जहाजों आदि का पता लगाने के लिए किया जाता है। सोनार में एक प्रेषित्र तथा एक संसूचक होता है और इसे किसी नाव या जहाज में चित्रानुसार लगाया जाता है।

प्रेषित्र पराध्वनि तरंगें उत्पन्न करता है तथा उन्हें प्रेषित करता है। ये तरंगें जल में गमन करती है तथा पिंड से टकराने के पश्चात् परावर्तित होकर संसूचक द्वारा ग्रहण कर ली जाती हैं। संसूचक पराध्वनि तरंगों को विद्युत संकेतों में बदलता है जिनकी सही प्रकार से व्याख्या कर ली जाती है। जल में ध्वनि की चाल तथा पराध्वनि के प्रेषण तथा अभिग्रहण के समय अंतराल को पता करके उस पिंड की दूरी की गणना की जा सकती है जिसके कारण ध्वनि तरंग परावर्तित हुई है। माना पराध्वनि संकेत के प्रेषण तथा अभिग्रहण का समय अंतराल '$t$' है तथा समुद्री जल में ध्वनि की वाल '$v$' है। तब सतह से पिंड की दूरी $2d$ होगी।

$$2d = v \times t$$

इस विधि को प्रतिध्वनिक परास कहते हैं।

उसके बाद इससे सिद्ध होता है कि ध्वनि तरंगें जल में चल सकती है।

**3.** माना कम्पन करती हुई किसी वस्तु का आवर्तकाल $T$ तथा आवृत्ति $n$ है तथा इस वस्तु द्वारा उत्पन्न तरंग की तरंग-दैर्ध्य $\lambda$ है, तो तरंग-दैर्ध्य की परिभाषा से,

$T$ सेकण्ड में तरंग द्वारा चली गई दूरी $= \lambda$

1 सेकण्ड में चली गई दूरी $= \dfrac{\lambda}{T}$

परन्तु तरंग चाल की परिभाषा से,

1 सेकण्ड में तरंग द्वारा चली गई दूरी ही तरंग वेग $v$ होती है।

$\therefore \quad v = \frac{\lambda}{T}$ ...(i)

या $v \times T = \lambda$ (तरंग वेग, आवर्तकाल तथा तरंग-दैर्ध्य में सम्बन्ध।)

परन्तु, आवर्तकाल, $T = \frac{1}{n}$ या $\frac{1}{T} = n$

$v = n\lambda$ (तरंग वेग, आवृत्ति तथा तरंग-दैर्ध्य में सम्बन्ध) ...(ii)

अत: समीकरण (i) से,

या तरंग वेग $(v)$ = आवृत्ति $(n) \times$ तरंग-दैर्ध्य $(\lambda)$

**4.** चन्द्रमा पर तथा बाह्य अन्तरिक्ष में वायुमण्डल का अभाव है। इसी कारण चन्द्रमा पर या बाह्य अन्तरिक्ष में दो व्यक्ति अत्यन्त समीप होने पर भी एक-दूसरे से बात नहीं कर सकते जैसा कि हम पृथ्वी पर करते हैं। इसी प्रकार ध्वनि तरंगों को ले जाने के लिए बाह्य अन्तरिक्ष में वायु (या अन्य कोई माध्यम) नहीं होती है। बाह्य अन्तरिक्ष में सम्पूर्ण निर्वात होता है जिसके कारण ध्वनि को बाह्य अन्तरिक्ष में नहीं सुना जा सकता है।

## अति लघु उत्तरीय प्रश्न (Very Short Answer Type Questions)

**1.** किसी स्थान पर की गई ध्वनि, जब किसी दूर के तल से परावर्तित होकर पुन: सुनाई देती है तो उसे प्रतिध्वनि कहते हैं।

**2.** प्रतिध्वनि सुनने के लिए स्रोत तथा परावर्तक तल के बीच की दूरी 17.2 मीटर होनी चाहिए।

**3.** किसी माध्यय में मूल स्थिति के दोनों ओर अधिकतम विस्थापन को तरंग का आयाम कहते हैं।

**4.** दो क्रमागत संपीडनों या दो क्रमागत विरलनों को किसी निश्चित बिन्दु से गुजरने में लगे समय की तरंग को आवर्तकाल कहते हैं।

**5.** ध्वनि का तारत्व केवल आवृति पर निर्भर करता है।

**6.** पराश्रव्य तरंगें

**7.** (a) हम अपश्रव्य तरंगों को नहीं सुन सकते हैं।

(b) हम परावनिक तरंगों को भी नहीं सुन सकते हैं।

**8.** ध्वनि रतंगों के परावर्तन से सिद्धान्त पर कार्य करता है।

**9.** मेगाफोन या लाउडस्पीकर या हॉर्न।

**10.** स्टेथोस्कोप।

**11.** ध्वनि के बहुत परावर्तन के सिद्धान्त पर कार्य करता है।

## लघु उत्तरीय प्रश्न (Short Answer Type Questions)

**1.** **तरंगदैर्ध्य**–दो क्रमागत संपीडनों (C) अथवा दो क्रमागत विरलनों (R) के बीच की दूरी तरंगदैर्ध्य कहलाती है। तरंगदैर्ध्य को साधारणत: न से निरुपित किया जाता है। इसका SI मात्रक मी है।

**आवृत्ति**–बार-बार अपनी गति को दोहराने वाली वस्तु 1 सेकण्ड में जितनी बार अपनी गति को दोहराती है उसकी आवृति कहलाती है। इसे $(n)$ से प्रदर्शित करते हैं। इसका SI मात्रक हर्ट्ज (Hz) है।

**आवर्तकाल–**दो क्रमागत संपीडनों या दो क्रमागत विरलनों को किसी निश्चित बिन्दु से गुजरने में लगे समय को तरंग का आवर्तकाल कहते हैं। इसे $T$ से प्रदर्शित करते हैं। इसका SI मात्रक सेकण्ड (s) है।

**आयाम–**किसी माध्यम में मूल स्थिति के दोनों ओर अधिकतर विस्थापन को तरंग का आयाम कहते हैं।

**2.** यदि ध्वनि की तरंगदैर्ध्य $\lambda$ है, तब यह तरंग द्वारा एक आवर्तकाल $(T)$ में चली गई दूरी है। अत: तरंग वेग $(v) = \frac{\text{दूरी}}{\text{समय}} = \frac{\lambda}{T} = \lambda \times \frac{1}{T}$

$$v = \lambda\, n \qquad \left(\because \frac{1}{T} = n\right)$$

अर्थात् वेग = तरंगदैर्ध्य × आवृत्ति

किसी माध्यम में लिए समान भौतिक परिस्थितियों में ध्वनि का वेग सभी आवृतियों के लिए लगभग स्थिर रहता है।

**3.** $n = 220\,\text{Hz}, v = 440$ मी/से, $\lambda = ?$.

$$v = n\lambda$$
$$440 = 220 \times \lambda$$
$$\lambda = \frac{440}{220}$$
$$\lambda = 2 \text{ मी}$$

**4.** $\lambda = 450$ मी, $n = 500\,\text{Hz}, T = ?$

$v = n\lambda = 500 \times 450 = 225000$ मी/से

$$v = \frac{\lambda}{T}$$

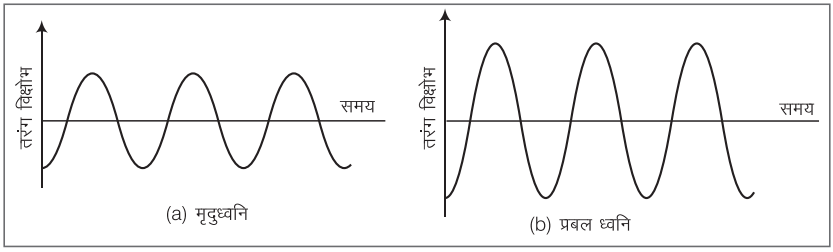
$\Rightarrow$
$$T = \frac{\lambda}{v}$$
$$= \frac{450}{225000} = 0.002 \text{ सेकण्ड}$$

**5.**

| क्र०सं० | ध्वनि की प्रबलता | ध्वनि की तीव्रता |
|---|---|---|
| 1. | प्रबलता ध्वनि के लिए कानों की संवेदनशीलता की माप है जो प्रबल और मृदु ध्वनि में अंतर कर सकता है। | किसी एकांक क्षेत्रफल से एक सेकण्ड में गुजरने वाली ध्वनि ऊर्जा को ध्वनि की तीव्रता कहते हैं। |
| 2. | प्रबलता भिन्न-भिन्न प्रेक्षकों के लिए भिन्न हो सकती हैं अर्थात् कानों की संवदेनशीलता पर निर्भर करता है। | यह कानों की संवेदनशीलता पर निर्भर नहीं करता है। |
| 3. | इसका मात्रक डेसीबल (dB) है। | इसका मात्रक वाट/मीटर$^2$ या W/m$^2$ है। |

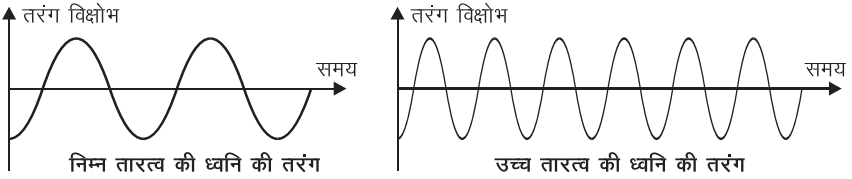
**6. (a) प्रबलता–**प्रबलता ध्वनि का वह अभिलक्षण है जिसके कारण ध्वनि कान को धीमी अथवा तेज सुनाई पड़ती है। ध्वनि की प्रबलता अथवा मृदुता मूलत: इसके आयाम से ज्ञात की जाती है। यदि हम किसी मेज पर धीरे से चोट मारें, तो हमें एक मृदु ध्वनि सुनाई देगी क्योंकि हम कम ऊर्जा की ध्वनि तरंग उत्पन्न करते हैं। यदि हम मेज पर जोर से चोट मारें तो हमें प्रबल ध्वनि चित्र मृदु ध्वनि का आयाम कम होता है सुनाई देगी। क्या आप इसका कारण तथा प्रबल ध्वनि का आयाम अधिक होता बता सकते हैं? प्रबल ध्वनि अधिक है।

दूरी तक चल सकती है क्योंकि यह अधिक ऊर्जा से सम्बद्ध है। उत्पादक स्रोत से निकलने के पश्चात् ध्वनि तरंग फैल जाती है। स्रोत से दूर जाने पर इसका आयाम तथा प्रबलता दोनों ही कम होते जाते हैं। चित्र में समान आवृत्ति की प्रबल तथा मृदु ध्वनि की तरंगें आकृतियाँ प्रदर्शित की गई हैं।




**(b) तारत्व–**तारतत्व (पिच) ध्वनि का वह अभिलक्षण है जिससे यह पता चलता है कि ध्वनि स्वर महीन है अथवा मोटा (grave)। स्त्रियों व बच्चों का स्वर प्राय: महीन होता है जब कि पुरुषों का स्वर मोटा होता है। स्वर जितना महीन होता है, वह उतने ही ऊँचे तारत्व का माना जाता है। किसी इंजन की सीटी की ध्वनि महीन तथा सायरन की ध्वनि अपेक्षाकृत मोटी होती है, अत: सीटी का तारत्व सायरन के तारत्व से ऊँचा होता है। इसी प्रकार शेर की दहाड़ से मच्छर की भिनभिनाहट का तारत्व ऊँचा होता है।

किसी स्वर का तारत्व केवल उस स्वर की आवृत्ति पर निर्भर करता है। आवृत्ति जितनी अधिक निम्नतारत्व की ध्वनि की तरंग होगी, तारत्व उतना ही ऊँचा होगा, जैसा कि चित्र में दर्शाया गया है।




**चित्र-निम्न तारत्व की ध्वनि की आवृत्ति कम तथा उच्च तारत्व की ध्वनि की आवृत्ति अधिक होती है।**

उच्च तारत्व की ध्वनि की तरंग चित्र निम्न तारत्व की ध्वनि की आवृत्ति कम तथा उच्च तारत्व की ध्वनि की आवृत्ति अधिक होती है।

**7.** (a) गिटार की ध्वनि का तारत्व कम है।

(b) कार का हॉर्न की ध्वनि का तारत्व अधिक है।

**8.** ध्वनि की चाल $(v) = 342$ मी/सेकण्ड
प्रतिध्वनि सुनने में लिया गया समय $(t) = 3$ सेकण्ड
ध्वनि द्वारा चली गई दूरी $= v \times t = 342 \times 3 = 1026$ मी
3 सेकण्ड में ध्वनि ने स्रोत तथा परावर्तक सतह के बीच की दोगुनी दूरी तय की।
अत: स्रोत तथा परावर्तक सतह के बीच की दूरी $= \frac{1026}{2} = 513$ मी

**9.** तरंग गति की दिशा तथा कणों के कम्पन की दिशा के आधार पर तरंगें दो प्रकार की होती हैं—
(i) अनुप्रस्थ तरंगें (ii) अनुदैर्ध्य तरंगें

**10.** **अनुप्रस्थ तरंग–**जब किसी माध्यम में तरंग के संचरित होने पर माध्यम के कण तरंग के चलने की दिशा के लम्बवत् कम्पन करते हैं, तो ये तरंग अनुप्रस्थ तरंग कहलाती हैं। ये तरंगें श्रृंग तथा गर्त के मिलने से बनती हैं। उदाहरणार्थ—तनी डोरी के एक सिरे को हिलाने पर उत्पन्न तरंगें।

**11.** **अनुदैर्ध्य तरंग–**जब किसी माध्यम में तरंग के संचरित होने पर माध्यम का प्रत्येक कण तरंग के चलने की दिशा के समान्तर कम्पन करता है, तो वह तरंग अनुदैर्ध्य तरंग कहलाती हैं। उदाहरणार्थ—एक लम्बे स्प्रिंग द्वारा अनुदैर्ध्य तरंगें उत्पन्न करना।

**12.** माना कम्पन करती हुई किसी वस्तु का आवर्तका $T$ तथा आवृत्ति $n$ है तथा इस वस्तु द्वारा उत्पन्न तरंग की तरंग-दैर्ध्य $\lambda$ है, तो तरंग-दैर्ध्य की परिभाषा से,
$T$ सेकण्ड में तरंग द्वारा चली गई दूरी $= \lambda$
1 सेकण्ड में चली गई दूरी $= \frac{\lambda}{T}$
परन्तु तरंग चाल की परिभाषा से,
1 सेकण्ड में तरंग द्वारा चली गई दूरी ही तरंग वेग $v$ होती है।

$\therefore \quad v = \frac{\lambda}{T}$ ...(i)

या $\quad v \times T = \lambda$ (तरंग वेग, आवर्तकाल तथा तरंग-दैर्ध्य में सम्बन्ध)

परन्तु, आवर्तकाल, $T = \frac{1}{n}$

या $\quad \frac{1}{T} = n$

अत: समीकरण (i) से,

$v = n\lambda$ (तरंग वेग, आवृत्ति तथा तरंग-दैर्ध्य में सम्बन्ध) ...(ii)

या तरंग वेग $(v) =$ आवृत्ति $(n) \times$ तरंग-दैर्ध्य $(\lambda)$

**13.** **अनुप्रस्थ तरंग की विशेषताएँ**

**गुण–**इस प्रकार की तरंगें केवल ऐसे ठोसों तथा द्रवों की सतह पर की उत्पन्न की जा सकती हैं, जिनमें दृढ़ता होती हैं चूँकि गैसों में दृढ़ता नहीं होती, अत: ये तरंगें गैसों में उत्पन्न नहीं की जा सकती हैं। ये तरंगें द्रवों में केवल उनके तल पर बन सकती हैं, द्रवों के अन्दर नहीं।

**अनुदैर्ध्य तरंगों की विशेषताएँ-**जब स्वरित्र को पैड पर टकराकर वायु में कम्पन कराया जाता है तो वायु में सम्पीडन व विरलन की दशाएँ, तरंगों के चलने की दिशा में आगे बढ़ती जाती हैं। वायु की परतों में सम्पीडन वाले स्थान पर माध्यम के कण अति निकट जो जाते हैं, तो वहाँ माध्यम का दाब व घनत्व सामान्य अवस्था की अपेक्षा अधिक होता है। इसी प्रकार विरलन वाले स्थानों पर माध्यम के कण दूर-दूर हो जाते हैं; अत: वहाँ माध्यम का दाब व घनत्व सामान्य अवस्था की अपेक्षा कम होता है।

**14.** दो क्रमागत संपीडनों ($C$) अथवा दो क्रमागत विरलनों ($R$) के बीच की दूरी तरंगदैर्ध्य कहलाती है। तरंगदैर्ध्य को साधारणत: $\lambda$ (ग्रीक अक्षर लैम्डा) से निरूपित किया जाता है। इसका SI मात्रक मीटर है।

यदि ध्वनि की तरंगदैर्ध्य $\lambda$ है, तब यह तरंग द्वारा एक आवर्तका ($T$) में चली गई दूरी है।

अत: तरंग वेग $v = \frac{\text{दूरी}}{\text{समय}} = \frac{\lambda}{T} = \lambda \times \frac{1}{T}$

$$v = n\lambda \qquad \left(\because \frac{1}{T} = n\right)$$

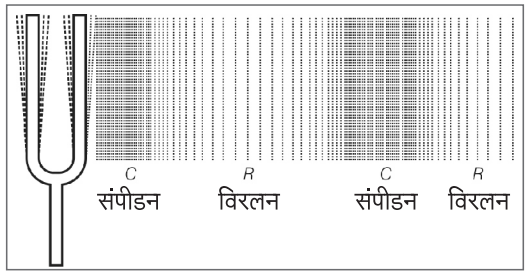
अर्थात् वेग = तरंगदैर्ध्य × आवृत्ति

किसी माध्यम के लिए समान भौतिक परिपाटियों में ध्वनि का वेग सभी आवृत्तियों के लिए लगभग स्थिर रहता है।

## विस्तृत उत्तरीय प्रश्न (Long Answer Type Questions)

**1.** ध्वनि तरंगों के एक स्थान से दूसरे स्थान तक जाने के लिए किसी-न-किसी पदार्थिक माध्यम (जैसे—गैस, द्रव या ठोस) की आवश्यकता होती है; क्योंकि ध्वनि का संचरण भी यान्त्रिक तरंगों की भाँति किसी पदार्थ के कणों के दोलन के द्वारा ही होता है।

अत: जब कोई वस्तु कम्पन करती है तो वह अपने चारों ओर विद्यमान माध्यम के कणों को कम्पमान कर देती है। सबसे पहले कम्पमान वस्तु के सम्पर्क में रहने वाले माध्यम के कण अपनी सन्तुलित अवस्था से विस्थापित होते हैं। ये अपने पास के कणों पर एक बल लगाते हैं, जिसके कारण निकटवर्ती कण अपनी विरामावस्था से विस्थापित हो जाते हैं। निकटवर्ती कणों को विस्थापित करने के बाद प्रारम्भिक कण अपनी मूल अवस्थाओं में वापस लौट आते हैं। माध्यम में यह क्रिया तब तक चलती रहती है जब तक कि वह ध्वनि हमारे कानों तक नहीं पहुँच जाती है। माध्यम में ध्वनि द्वारा उत्पन्न विक्षोभ (माध्यम के कण नहीं) माध्यम से ओता हुआ संचरित होता है।



तरंग एक विक्षोभ (disturbance) है जो किसी माध्यम से होकर गति करता है और माध्यम के कण निकटवर्ती कणों में गति पैदा कर देते हैं। माध्यम के कण स्वयं आगे नहीं बढ़ते, विक्षोभ विक्षोभ आगे बढ़ता है। इसलिये ध्वनि को तरंग के रूप में जाना जाता है। ध्वनि तरंगे माध्यम के कणों की गति द्वारा अभिलक्षित की जाती हैं और यांत्रित तरंग कहलाती है।

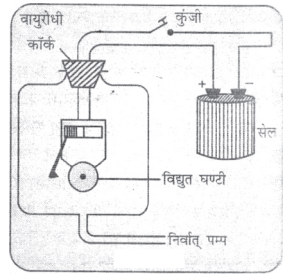
ध्वनि के संचरण के लिये वायु सबसे अधिक सामान्य माध्यम है। जब कोई कम्पमान वस्तु आगे की और बढ़ती है तो अपने सामने की वायु को धक्का देकर सम्पीडित करती है और इस प्रकार एक उच्च दाब का क्षेत्र उत्पन्न होता है। इस क्षेत्र को सम्पीडन (compression) (C) कहते हैं। यह सम्पीडन कम्पमान वस्तु से दूर आगे की ओर गति करता है। जब कम्पमान वस्तु पीछे की ओर कम्पन करती है तो एक निम्न दाब का क्षेत्र उत्पन्न होता है, जिसे विरलन (rarefaction) (R) कहते हैं। जब वस्तु कम्पन करती है अर्थात् आगे और पीछे तेजी से गति करती है तो वायु में सम्पीडन और विरलन की एक श्रेणी बन जाती है। यही सम्पीडन्न और विरलन की एक श्रेणी बन जाती है। यही सम्पीडन और विरलन ध्वनि तरंगे बनाते हैं जो माध्यम होकर संचरित होती है। सम्पीडन उच्च दाब का क्षेत्र है, जबकि विरलन निम्न दाब का क्षेत्र है। दाब किसी माध्यम के दिये आयतन में कणों की संख्या से सम्बन्धित है। किसी माध्यम में कणों का अधिक घनत्व अधिक दाब को तथा कम घनत्व कम दाब को प्रदर्शित करता है। अत: ध्वनि का संचरण घनत्व परिवर्तन के संचरण के रूप में भी होता है।

प्राय: दैनिक जीवन में किसी ध्वनि-स्रोत से उत्पन्न ध्वनि वायु में से होकर हमारे कानों तक पहुँचती है। ध्वनि के द्रव व ठोस में से होकर चलने के कारण ही गोताखोर जल के भीतर होने पर भी ध्वनि को सुन लेता है। रेल की पटरी से कान लगाकर सुनने से बहुत दूर से आती हुई रेलगाड़ी की ध्वनि सुनाई देती है।

गैसों में ध्वनि का संचरण केवल अनुदैर्ध्य तरंगों के रूप में ही सम्भव है, जबकि ठोसों एवं द्रवों में अनुप्रस्थ तथा अनुदैर्ध्य दोनों प्रकार की तरंगों के माध्यम से ध्वनि ऊर्जा का संचरण सम्भव है। चूँकि माध्यम के क्रमागत कणों कें दोलन से ही ध्वनि ऊर्जा का संचरण होता है, इसलिए निर्वात् में ध्वनि का संचरण सम्भव नहीं।

**ध्वनि संचरण के लिये माध्यम की आवश्यकता-**किसी माध्यम में स्रोत द्वारा उत्पन्न तरंग को यान्त्रिक तंरग कहते हैं। ध्वनि तरंगें इन यान्त्रिक तरंगों में से एक हैं। जब किसी माध्यम में यान्त्रिक तरंगें उत्पन्न की जाती हैं तो माध्यम के कण अपनी माध्य स्थिति के दोनों ओर आवर्त गति करते हैं। माध्यम में प्रत्यास्थता गुण के कारण विक्षोभ (disturbance) माध्यम की एक परत से दूसरी परत में संचरित हो जाता है। इस प्रकार तरंग माध्यम में आगे बढ़ती है अर्थात् उत्पन्न तरंगें वायु के एक कण से दूसरे कण को दे दी जाती हैं, स्वयं स्थानान्तरित नहीं होता।

**ध्वनि तरंगों ( यान्त्रिक तरंगों ) के संचरण के लिए माध्यम की आवश्यकता होती है।** इसे निम्न प्रयोग से सिद्ध किया जा सकता है—




काँच का एक वायुरोधी कॉर्क लगा बेलजार लेते हैं, इसमें एक विद्युत् घण्टी को लटकाकर इसे एक सेल तथा कुंजी $K$ से जोड़ देते हैं तथा बेलजार का सम्बन्ध नीचे एक चूषण (निर्वात्) पम्प से कर लेते हैं। कुंजी $K$ को दबाने पर घण्टी बजने लगती है और आवाज बाहर सुनाई देती है। अब यदि चूषण पम्प द्वारा बेलजार के अन्दर की वायु को धीरे-धीरे निकालते हैं तो विद्युत् घण्टी की ध्वनि मन्द पड़ती जाती है और जब बेलजार के अन्दर पूर्ण निवात् हो जाता है, तो ध्वनि बिल्कुल सुनाई नहीं देती। यदि बेलजार में वायु या कोई अन्य गैस पुन: पहुँचाते हैं, तो ध्वनि फिर सुनाई देने लगती है। अत: इससे सिद्ध होता है कि निर्वात् में ध्वनि नहीं चल सकती, इसके संचरण के लिए दंव्यात्मक माध्यम की आवश्यकता होती है।

अत: इस प्रयोग से यह निष्कर्ष निकलता है कि—

(i) ध्वनि के संचरण के लिए माध्यम होना आवश्यक है।

(ii) ध्वनि के संचरण में माध्यम के कण गमन नहीं करते।

(iii) ध्वनि माध्यम के अन्दर तरंग के रूप में चलती है।

(iv) ध्वनि में यान्त्रिक तरंगें (mechanical waves) होती हैं। (वे तरंगें जो प्रत्यास्थ माध्यम में विक्षोभ के कारण संचारित होती हैं, यान्त्रिक तरंगें कहलाती हैं।)

**2. ध्वनि तरंग** (Sound Wave)—चूँकि कम्पन करने वाली वस्तु से ध्वनि उत्पन्न होती है अत: ध्वनि तरंग वास्तव में एक प्रकार की यान्त्रिक तरंग होती है। जब किसी ध्वनि-स्रोत को कम्पित किया जाता है, तो वायु में एक विक्षोभ उत्पन्न हो जाता है, जो एक निश्चित वेग से आगे बढ़ता है। इस स्थिति में, माध्यम के कण अपनी साम्य स्थिति के इधर-उधर कम्पन करते हैं तथा प्राप्त विक्षोभ को आगे के कणों को स्थानान्तरित कर देते हैं। आगे वाले कण विक्षोभ को और आगे स्थानान्तरित कर देते हैं। इस प्रकार विक्षोभ आगे की ओर गमन करता रहता है तथा ध्वनि तरंग के रूप में हमारे कानों तक पहुँचती है।

स्रोत को कम्पित करने के लिए जो कार्य (ऊर्जा) स्रोत पर किया जाता है, उसका अधिकांश भाग ऊष्मा में (ध्वनि के कारण) परिवर्तित हो जाता है और कुछ भाग ध्वनि में बदलता है। स्रोत के कम्पित होने से माध्यम के कण कम्पन करने लगते हैं। कम्पन करते समय माध्यम के कणों की गतिज ऊर्जा, स्थितिज ऊर्जा में तथा स्थितिज ऊर्जा, गतिज ऊर्जा में परिवर्तित होती रहती है। अत: ध्वनि तरंगें, यान्त्रिक तरंग हैं।

**ध्वनि तरंगों का आवृत्ति परिसर के आधार पर वर्गीकरण**—ध्वनि तरंगों को आवृत्तियों के एक बड़े परिसर तक उत्पन्न किया जा सकता है। इस आधार पर ध्वनि तरंगों (यान्त्रिक तरंगों) को निम्नलिखित श्रेणियों में विभाजित किया जा सकता है।

**1. श्रव्य तरंगें** (Audible Waves)—जिन तरंगों को हम कान द्वारा सुन सकते हैं, उन्हें श्रव्य तरंगें कहते हैं। इन तरंगों की आवृत्ति 20 से 20,000 हर्ट्ज तक होती है। इन निम्नतम (20 हर्ट्ज) तथा उच्चतम (20,000 हर्ट्ज) आवृत्तियों को श्रव्यता की सीमाएँ (Limits of audibility) कहते हैं।

20 हर्ट्ज से कम आवृत्ति की तरंगें कान के पर्दे को संवेदित नहीं कर पाती हैं और 20,000 हर्ट्ज से अधिक आवृत्ति की तरंगों की आवृत्ति इतनी अधिक होती है कि कान का पर्दा इतनी शीघ्रता से कम्पन्न नहीं कर सकता है। अत: ये तरंगें हमें सुनाई नहीं देती हैं।

श्रव्य तरंगों के मुख्य स्रोत—वाक्-तन्तु (मनुष्य तथा जानवरों की आवाजें), कम्पित डोरियों व छड़ों की तरंगें (वायलिन, सितार, स्वरित्र द्विभुज), कम्पित प्लेटें व झिल्लियाँ (घण्टा, ढोल, तबला आदि), कम्पित वायु स्तम्भ (जैसे बाँसुरी, शहनाई) आदि।

**2. अपश्रव्य तरंगें** (Infrasoonic Waves)—जिन अनुदैर्ध्य (यान्त्रिक) तरंगों की आवृत्ति 20 हर्ट्ज (निम्नतम श्रव्य आवृत्ति) से कम होती है, अपश्रव्य तरंगें कहलाती हैं। मनुष्य के कान इन तरंगों के लिए संवेदनशील नहीं होते। अत: इन तरंगों को बहुत बड़े आकार वाले स्रोतों के कम्पनों द्वारा उत्पन्न किया जा सकता है। जैसे—भूकम्प के समय पृथ्वी के कम्पन से उत्पन्न तरंगें।

**3. पराश्रव्य तरंगें** (Ultrasonic Waves)—वे अनुदैर्ध्य (यान्त्रिक) तरंगें जिनकी आवृत्ति 20,000 हर्ट्ज से अधिक होती है, पराश्रव्य तरंगें कहलाती हैं। अधिक आवृत्ति (लगभग 20,000 हर्ट्ज से अधिक) होने के कारण ये तरंगें मनुष्य को सुनाई नहीं देती हैं। चमगादड़ 1,00,000 हर्ट्ज आवृत्ति तक की तरंगों को सुन सकता है। इन पराश्रव्य तरंगों को गाल्टन की सीटी द्वारा तथा दाब-वैद्युत् प्रभाव (Piezo-electric effect) की विधि द्वारा क्वार्ट्ज के क्रिस्टल के कम्पनों से उत्पन्न करते हैं। ये तरंगें उच्च आवृत्ति की तरंगें होने के कारण अपने साथ बहुत अधिक ऊर्जा ले जाती हैं तथा कम तरंग-दैर्ध्य होने के कारण से माध्यम में बहुत अधिक दूरी तक चली जाती हैं। इन गुणों के कारण आजकल इन तरेगों का प्रयोग कई कार्यों में किया जाता है।

पराश्रव्य तरंगों के उपयोग निम्नलिखित हैं—

**(i) संकेत** (Signal) **भेजने में–**पराश्रव्य तरंगों की आवृत्ति बहुत अधिक तथा तरंग-दैर्ध्य कम होती है। इसलिए इन्हें महीन किरण पुँज के रूप में भेजा जा सकता है। इनके इस गुण के कारण किसी विशेष दिशा में संकेत भेजे जा सकते हैं।

**(ii) उद्योगों में–**पराश्रव्य तरंगों का उपयोग वायुयानों तथा घड़ी के पुर्जों की सफाई में, चिमनियों की कालिख हटाने में, रेशमी तथा ऊनी कपड़ों की सफाई में भी होता है। इनकी सहायता से वस्तु में छिद्र भी किया जा सकता है।

**(iii) समुद्र की गहराई ज्ञात करने व छिपे पदार्थों का पता लगाने में–**पराश्रव्य तरंगों को समुद्र के ऊपरी तल से नीचे की ओर भेजा जाता है तथा वे समुद्र की तली से परावर्तित होकर वापस लौट आती हैं। इन तरंगों के नीचे जाने और वापस लौटने का समय नाप लिया जाता है। जल में तरंगों का वेग ज्ञात होने पर समुद्र की गहराई ज्ञात की जा सकती है। इन तरंगों से समुद्र में डूबी हुई चट्टानों, मछलियों तथा पनडुब्बियों की स्थितियाँ ज्ञात की जा सकती हैं। इन तरंगों के द्वारा उड़ते हुए वायुयान की पृथ्वी से ऊँचाई ज्ञात की जा सकती है।

**(iv) जीव तथा चिकित्सा विज्ञान में–**इन तरंगों द्वारा बैक्टीरिया को नष्ट किया जाता है। अत: इनका उपयोग पेय पदार्थों; जैसे—दूध, जल आदि में उपस्थिति हानिकारक जीवाणुओं को नष्ट करने में किया जा सकता है। गठिया रोग के उपचार तथा मस्तिष्क में ट्यूमर का पता लगाने में पराश्रव्य तरंगें उपयोग में लायी जाती हैं।

**(v) कृषि में–**कुछ ऐसे छोटे-छोटे पौधे हैं जिन पर पराश्रव्य तरंगें डालने पर वे तेजी से बढ़ते हैं। अत: ऐसे पौधों की उचित वृद्धि तथा विकास में इन तरंगों का उपयोग किया जा सकता है।

**3. ध्वनि के संचरण की व्याख्या** (Explanation of Propagation of Sound)—जब कोई वस्तु कंपन करती है तो यह अपने चारों ओर विद्यमान माध्यम के कणों को कंपमान कर देती है। ये कण कंपमान वस्तु से हमारे कानों तक स्वयं गति कर नहीं पहुँचते। सबसे पहले कंपमान वस्तु के सम्पर्क में रहने वाले माध्यम के कण अपनी संतुलित अवस्था से विस्थापित होते हैं। ये अपने समीप के कणों पर एक बल लगाते हैं, जिसके फलस्वरूप निकटवर्ती कण अपनी विरामावस्था से विस्थापित हो जाते हैं। निकटवर्ती कणों को विस्थापित करने के पश्चात् प्रारंभिक कण अपनी मूल अवस्थाओं में वापस लौट आते हैं। माध्यम में यह प्रक्रिया तब तक चलती रहती है जब तक कि ध्वनि आपके कानों तक नहीं पहुँच जाती है। माध्यम में ध्वनि द्वारा उत्पन्न विक्षोभ (माध्यम के कण नहीं) माध्यम से होता हुआ संचरित होता है।

तरंग एक विक्षोभ है जो किसी माध्यम से होकर गति करता है और माध्यम के कण निकटवर्ती कणों में गति उत्पन्न कर देते हैं। ये कण इसी प्रकार की गति अन्य कणों में उत्पन्न करते हैं। माध्यम के कण स्वयं आगे नहीं बढ़ते, लेकिन विक्षोभ आगे बढ़ जाता है। किसी माध्यम में ध्वनि के संचरण के समय ठीक ऐसा ही होता है। इसलिए ध्वनि को तरंग के रूप में जाना जा सकता है। ध्वनि तरंगें माध्यम के कणों की गति द्वारा अभिलक्षित की जाती हैं और यांत्रिक तरंगें कहलाती हैं।

निम्न प्रयोग से सिद्ध किया जा सकता है कि (ध्वनि तरंगों) यांत्रिक तरंगों के संचरण के लिए माध्यम की आवश्यकता होती है।

**4. (i) आयाम** (Amplitude)—किसी दोलन करने वाली वस्तु की माध्य स्थिति से अधिकतम दूरी (विस्थापन) अर्थात् किसी माध्यम में तरंग संचरण के कारण माध्यम का कोई कण अपनी साम्यावस्था से जितना अधिकतम विस्थापित होता है, को आयाम कहते हैं। इसे '$a$' से प्रदर्शित करते हैं।

$$\text{आयाम } (a) = \text{अधिकतम विस्थापन}$$

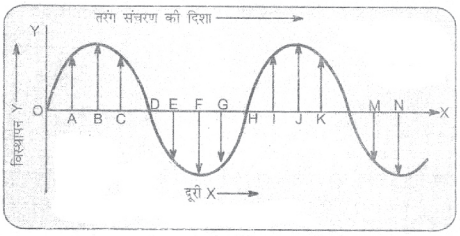
**(ii) आवृत्ति** (Frequency)—किसी दोलन करने वाली वस्तु द्वारा एक सेकण्ड में पूर्ण किये गये दोलनों की संख्या वस्तु की आवृत्ति कहलाती है, अर्थात् किसी माध्यम में तरंग संचरण के कारण माध्यम का कोई कण 1 सेकण्ड में जितने कम्पन्न करता है। इसे '$n$' या $\nu$ से प्रदर्शित करते हैं।

C.G.S. पद्धति में आवृत्ति का मात्रक प्रति सेकण्ड तथा S.I. या M.K.S. पद्धति में इसका मात्रक हर्ट्ज (hertz) है जिसे 'Hz' से प्रदर्शित करते हैं।

**(iii) आवर्तकाल** (Time Period)—सरल आवर्त गति करता हुआ कोई कण एक पूरे दोलन (1 कम्पन) में जितना समय लेता है, उस समय को आवर्तकाल या दोलनकाल कहते हैं। किसी निश्चित बिन्दु से दो क्रमागत सम्पीडनों या दो विरलनों को गुजरने में लगे समय को आवर्तकाल कहते हैं। इसे $T$ से प्रदर्शित करते हैं तथा इसका S.I. मात्रक सेकण्ड (s) है।

**(iv) दोलन कला** (Phase)—जब कोई कण दोलन करता है तो विभिन्न क्षणों पर उसकी स्थिति तथा गति की दिशा भिन्न-भिन्न होती है। अत: कला वह भौतिक राशि है जो किसी क्षण किसी निर्दिष्ट स्थिति के सापेक्ष कण की स्थिति व गति की दिशा को प्रकट करती है।

एक तरंग में स्थित सभी कण जिनके विस्थापन समान हैं तथा एक ही दिशा में गति कर रहे हैं, समान कला (same phase) में कहलाते हैं। यदि दो कण जिनके विस्थापन समान हों तथा वे विपरीत दिशा में कम्पन कर रहे हों, तो कहा जायेगा कि कण विपरीत कला में हैं।




चित्र में कण $B$ व $J$ समान कला में हैं तथा $F$ व $N$ भी समान कला में हैं, जबकि कण $B$ व $F$ विपरीत कला में हैं तथा कण $F$ व $J$ भी विपरीत कला में हैं।

तरंग गति में कम्पन करते किसी एक कण की कला भी लगातार बदलती रहती है।

**5.** आवृर्तकाल $(T) = \frac{1}{256}$ सेकण्ड, $v = 350$ मी/सेकण्ड

तरंगदैर्ध्य $(\lambda) = ?$

$$v = n\lambda \qquad \Rightarrow \qquad v = \frac{1}{T} \times \lambda$$

$$350 = \frac{1}{\frac{1}{256}} \times \lambda$$

$$\Rightarrow \qquad \lambda = \frac{350}{256} = 1.36 \text{ मीटर}$$

**6.** दूरी $(d) = 1.32$ किमी $= 1320$ मी०,

ध्वनि की चाल $= 330$ मी/सेकण्ड

समय $(t) = ?$

$$v = \frac{d}{t}$$

$$\Rightarrow \qquad t = \frac{d}{v} = \frac{1320}{330} = 4 \text{ सेकण्ड}$$

**7.** माना बन्दूक तथा व्यक्ति के बीच दूरी $d$ है।

प्रश्नानुसार, $$\frac{d}{332} - \frac{d}{3 \times 10^8} = 3$$

$$d\left(\frac{3\times108-332}{332\times3\times10^8}\right)=3$$

$$d=\frac{3\times332\times3\times10^8}{299999668}$$

$$d=\frac{996\times3\times10^8}{299999668}=996.001 \text{ मीटर या } 996 \text{ मीटर}$$

**8.** $v = 1500$ मी/सेकण्ड, $t = 1$ सेकण्ड

$$d=\frac{vt}{2}=\frac{1500\times1}{2}=750 \text{ मीटर}$$

## मूल्य आधारित प्रश्न (Value Based Questions)

**1.** ध्वनि स्रोत से उत्पन्न होकर ध्वनि वायु के माध्यम से पहुँचती है। कम्पन करने वाली कोई भी वस्तु अपने चारों ओर के माध्यम में विद्यमान कणों को कम्पित करती है। ये कण स्वयं हमारे कानों तक नहीं पहुँचते बल्कि अपने सम्पर्क में आने वाले माध्यम के अन्य कणों को अपने बल से सन्तुलित अवस्था से विस्थापित कर देते हैं। निकट के कणों को विस्थापित करने के बाद प्रारम्भिक कण अपनी मूल अवस्थाओं में वापस लौट आते हैं। यह प्रक्रिया तब तक चलती रहती है जब तक माध्यम में उत्पन्न विक्षोभ आगे संचरित होकर कानों तक पहुँच नहीं जाता।

**2.** हमारे विद्यालय की घण्टी मिश्रण धातु की बनी है जिसे हथौड़े की चोट से कम्पित किया जाता है। जिससे घण्टी में ध्वनि तरंग उत्पन्न होती हैं। तरंग एक विक्षोभ है जो वायु के माध्यम से गति करती है और माध्यम के कण निकटवर्ती कणों में गति उत्पन्न कर देते है।। ये कण इसी प्रकार की गति अन्य कणों में उत्पन्न करते हैं। माध्यम के कण स्वयं तो आगे नहीं बढ़ते लेकिन विक्षोभ आगे बढ़ता है। इससे ध्वनि उत्पन्न हो जाती है।

**3.** ध्वनि एक ऊर्जा है जो स्वयं उत्पन्न नहीं हो सकती। इसे उत्पन्न करने के लिए किसी-न-किसी प्रकार की यांत्रिक ऊर्जा की आवश्यकता होती है। चाहे हम ताली बजाएँ या हथौड़े से घण्टी बजाएँ—यांत्रिक ऊर्जा ही ध्वनि ऊर्जा को उत्पन्न करती है जो तरंगों के रूप में आगे बढ़ती है। इसीलिए ध्वनि तरंगों को यांत्रिक तरंगें कहते हैं।

**4.** ध्वनि के संचरण के लिए किसी-न-किसी माध्यम की आवश्यकता होती है। यह निर्वात में नहीं चल सकती है, क्योंकि चन्द्रमा पर वायु नहीं है इसलिए चन्द्रमा पर अपने मित्र द्वारा उत्पन्न ध्वनि को नहीं सुन पाएँगे।

**5.** गिटार, क्योंकि स्वर जितना महीन होगा, उसका तारत्व उतना ही ऊँचा होगा।

## केस स्टडी प्रश्न (Case Study Questions)

**1.** (c) a और b दोनों सत्य हैं।

**2.** (c) 17.2 मी

**3.** (b) अवांछनीय घटना है।

# 12 खाद्य संसाधनों में सुधार
## (Improvement in Food Resources)

### विविध प्रश्नावली (Miscellaneous)

**बहुविकल्पीय प्रश्न (Objective Type Questions)**

**1.** (d) **2.** (d) **3.** (a) **4.** (d) **5.** (c) **6.** (d) **7.** (c) **8.** (d)
**9.** (a) **10.** (d) **11.** (d) **12.** (d)

**अभिकथन-कारण प्रश्न (Assertion & Reason Type Questions)**

**1.** (a) **2.** (b) **3.** (c)

**चित्र आधारित प्रश्न (Figure Based Questions)**

**1.** ड्रोन एक नर मधुमक्खी है। मादा श्रमिक मधुमक्खी के विपरीत ड्रोन में डंक नहीं होता। वह अमृत या पराग इकट्ठा नहीं करता और श्रमिक मधुमक्खियों की सहायता के बिना भोजन नहीं कर सकता। उसका एक मात्र कार्य विवाह उड़ान में एक कुंवारी रानी के साथ संभोग करना है तथा एक मौनवंश में हजारों मधुमक्खियाँ होती हैं। इसमें रानी केवल एक होती है। यही वास्तव में पूर्ण विकसित मादा होती है। पूरे मौनवंश में अंडे देने का काम अकेली रानी मधुमक्खी ही करती है। यह आकार में अन्य मधुमक्खियाँ से बड़ी और चमकीली होती है जिससे इसे झुंड में आसानी से पहचाना जा सकता है। अन्त में श्रमिक मधुमक्खी ही छत्ते में आसानी से पहचाना जा सकता है अन्त में श्रमिक मधुमक्खी करती हैं, जैसे कि शहद बनाना, छत्ता बनाना और बच्चों की देखभाल करना।

**2.**

| रबी की फसलों को बाधित करने वाली खरपतवार | खरीफ की फसलों को बाधित करने वाली खरपतवार |
|---|---|
| जंगली जई<br> गेहूँ का मामा (*फेलेरिस माइनर*)<br> बथुआ (*चीनोपोडियम*)<br> गाजर घास (*पार्थीनियम*)<br>(B) चौड़ी पत्ती वाले खरपतवार (द्विबीजपत्री) | मोथा (*साइपेरस रोटन्डस*)<br> चौलाई (*एमेरेन्थस*)<br> हिरनखुरी (*कॉनवॉल्वुलस*)<br> दूब (*सायनोडॉन*)<br>(A) सँकरी पत्ती वाले खरपतवार (एकबीजपत्री) |

### कूट आधारित प्रश्न (Coding Based Questions)

**1.** (b) (ii), (iii) तथा (iv) **2.** (a) (i) तथा (iii) **3.** (b) (i) तथा (ii)

### रिक्त स्थानों की पूर्ति कीजिए? (Fill in the blanks)

**1.** गोखरु, पारथेनियम और मोथा **खरपतवार** के उदाहरण हैं।
**2.** विटामिन $B_1, B_2, B_{12}, D, E$ **दूध ( गाय )** में विद्यमान हैं।
**3.** देशी मधुमक्खी का नाम **ऐपिस सेरना इंडिका** है।
**4.** कुक्कुट **वायरस, जीवाणु, फफूंदी इस सभी से** प्रभावित होते हैं।
**5.** जून से अक्टूबर माह तक **खरीफ की** फसल उगाई जाती है।
**6.** वर्मी कम्पोस्ट को **निस्तरीकरण की प्रक्रिया** से तैयार करते हैं।

### सुमेलन आधारित प्रश्न (Matching Based Questions)

| | सूची-A | | सूची-B |
|---|---|---|---|
| 1. | कतला | (b) | सतह भोजी |
| 2. | रोहू | (c) | मध्य सतह भोजी |
| 3. | मृगल | (a) | अधस्तल भोजी |
| 4. | मछली कृषि | (d) | मछली पालन |

### कौन-सा सही कथन नहीं है? (Which statement is not correct?)

**1.** (a) श्वेत क्रांति का मतलब दूध उत्पादन में वृद्धि करना है।
**2.** (d) लंबे और झाड़ीदार पौधों का विकास

### सत्य या असत्य लिखिए? (Write true or false)

**1.** सत्य **2.** सत्य **3.** असत्य **4.** सत्य **5.** सत्य

### उच्च स्तरीय विचारात्मक प्रश्न (HOTS Questions)

**1.** करन स्विच गाय, साहिबाल व बाउन स्विस्ट के संस्करण से बनी है।
**2.** पादप विकृति विज्ञान।
**3.** एम०एस० स्वामीनाथन।
**4.** नस्ल, पालतू पशुओं का वर्गीकरण सूचक है, जिसमें उनके रंग-रूप, व्यवहार अथवा किन्हीं अन्य लक्षणों के आधार पर एक ही प्रजाति के जानवरों की भिन्न-भिन्न समूह में वर्गीकृत किया जाता है।

### अति लघु उत्तरीय प्रश्न (Very Short Answer Type Questions)

**1.** उत्तम किस्म का शहद प्राप्त करने के लिए चरागाह विस्तृत घास और अन्य वनस्पतियों से भरा स्थान होना चाहिए।
**2.** वैज्ञानिक प्रणालियाँ एवं प्रबंधन, अंतराफसलीकरण तथा सम्बन्धित कृषि प्रणालियाँ अपनाना।

3. फसल उत्पाद की गुणवता, प्रत्येक फसल में भिन्न होती है। दाल में प्रोटीन की गुणवत्ता, तिलहन में तेल की गुणवत्ता और फल तथा गेहूँ का संरक्षण महत्वपूर्ण है।
4. संकरण को दो जीवों को पार करने की प्रक्रिया के रूप में परिभाषित किया जा सकता है।
5. (i) कटला (ii) रोहु (iii) ग्रास कार्प (iv) सिल्वर कार्प
6. किसी खेत में क्रयवार पूर्व नियोजित कार्यक्रम के अनुसार अलग-अलग फसलों के उगाने की प्रक्रिया फसल चक्र कहलाती है।
7. सन् 1960 से 1980 की अवधि में हमारे देश में खाद्य उत्पादन (मुख्य रूप से गेहूँ) बढ़कर कई गुना हो गया। इसे हरित क्रान्ति कहते है।
8. उच्च लागत नई उन्नत तकनीकों और तरीकों को संदर्थित करता है जो कृषि क्षेत्रों में विकसित किए जाते हैं। यह तरीके और तकनीक वैज्ञानिक रूप से सिद्ध है। किसानों की क्रय क्षमता यह तय करेगी कि वे कौन-सा तरीका अपनाएँगे। वे अधिकांशत: महंगे होते हैं, लेकिन एक बार स्थापित होने के बाद वे अधिक उपज देते हैं और बदले में किसानों को बेहतर पैदावार देते हैं। इसलिए, उच्च लागत अधिक उपज देता है।
9. खाद में कार्बनिक पदार्थों की अधिक मात्रा मिट्टी की संरचना में सुधार करती है।
10. कृषि क्षेत्र में अधिक उत्पादन प्राप्त करने के लिए अच्छी कार्बनिक खाद्य तथा प्रयाप्त मात्रा में जल की आवश्यकता होती है।
11. कृत्रिम रीति से परागण कराकर नए पौधे प्राप्त करने की क्रिया का पादप प्रजनन कहते हैं।
12. दो या दो से अधिक फसलों को एक साथ एक ही खेत में निश्चित कतार पैटर्न में उगाने को अंतराफसलीकरण कहते हैं।
13. फसलों को रोगों से बचाव तथा उचित रख-रखाव से उत्पादन बढ़ाया जा सकता है।
14. (i) बीज का चुनाव (ii) फसल की देखभाल (iii) सुरक्षा तथा कटी हुई फसल को हानि से बचाना।

## लघु उत्तरीय प्रश्न (Short Answer Type Questions)

1. **उर्वरक** (Fertilizers)—उर्वरक व्यावसायिक रूप में तैयार पादप पोषक हैं। उर्वरक नाइट्रोजन, फॉस्फोरस तथा पोटैशियम प्रदान करते हैं। इसके उपयोग से अच्छी कायिक वृद्धि (पित्तयाँ, शाखाएँ तथा फूल) होती हैं और स्वस्थ पौधों की प्राप्ति होती है। अधिक उत्पादन के लिए भी उर्वरक का उपयोग होता है, परन्तु ये आर्थिक दृष्टि से महँगे पड़ते हैं। उर्वरक में खाद की तुलना में बहुत अधिक पोषक होते हैं इसलिए इनकी कम मात्रा की आवश्यकता पड़ती है। उर्वरक जल में घुलनशील होते हैं और पौधों द्वारा आसानी से अवशोषित कर लिए जाते हैं।

   **उदाहरणार्थ–**कभी-कभी अधिक सिंचाई के कारण उर्वरक पानी में बह जाते हैं और पौधे उसका पूरा अवशोषण नहीं कर पातें।
2. एक सामान्य दर्शन के रूप में टिकाऊ कृषि को अपनाने का मतलब है कि आप बिना पर्यावरण (मिट्टी, हवा, पानी) को प्रदूषित करे और बिना किसी भी प्राकृतिक संसाधन को समाप्त किए और अपने कार्यों से पारिस्थितिकी तंत्र और जैव विविधता को बिना वाधित किए किसी विशिष्ट फसल में पर्याप्त उपज का उत्पादन कर सकते हैं।

3. **खर-पतवार नियन्त्रण की विधियाँ** (Methods of Weed Control)

**यांत्रिक विधि** (Mechanical method)—जैसे-जड़ से उखाड़ना, खुरपे द्वारा हटाना आदि।

**निरोधक विधियाँ** (Cultural method)—जैसे-उचित क्यारियाँ तैयार करना, समय पर फसल उगाना, अंतराफसलीकरण, फसल चक्र।

**रासायनिक विधि** (Chemical method)—जैसे-शाकनाशी (Herbicides) स्प्रे करना या खर-पतवार नाशी (weedicides)।

**जैविक नियंत्रण** (Biological control)—जानबूझकर ऐसे कीटों या अन्य जीवों का उपयोग करना जो खर-पतवार के पौधों को खासकर नष्ट करता हो।

**उदाहरण–**प्रिंकले पियर कैक्ट्स (Prinkly pear cactus)—[ओपुनटिया (opunita)] को हटाने के लिए कोकिनियल कीट (cochineal insects) महाराष्ट्र तथा तमिलनाडु में प्रयोग किए जाते हैं। इसी प्रकार जलीय खर-पतवारों का नियंत्रण ग्रास कार्प (Grass carp) मछली द्वारा किया जाता है।

4. हरित क्रांति द्वारा भारत में अन्न उत्पादन बहुत अधिक बढ़ा है। भारत में 1952 से 2010 तक कृषि भूमि में 25% की वृद्धि हुई है जबकि अन्न की पैदावार में चार गुनी वृद्धि हुई है।

5. मुर्गी पालन अंगों और माँस के उत्पादन के लिए किया जाता है। अंडे प्राप्त करने के लिए अंडे देने वाली (लेयर्स) मुर्गी और माँस के लिए चिकन या ब्रोलर को पाला जाता है।

6. विज्ञान की वह शाखा तथा पद्धति जो फसलों की खेती करने, फसलों के लिए भूमि तैयार करने तथा पशुपालन से सम्बन्धित है।

7. रेड सिंधी, साहीवाल, गिर नागेरी में रोग प्रतिरोधक क्षमता अधिक होती है। यदि इन नस्तों में संकरण कराया जाए तो एक ऐसी संतति प्राप्त होगी जिसमें दोनों ऐच्छिक गुण होंगे।

8. **गाय में सक्राक रोग–**पिस्सू (fleas), एस्केरिस रिटूलोरम मुर्गी में सक्राक रोग—जीवाणु तथा विषाणु।

**मछलियों में सक्राक रोग–**ड्रॉप्सी, आर्गुलस

9. **पशुओं की आहार-आवश्यकता** (Food Requirements of Dairy Animals)—दूध देने वाले पशु (डेयरी पशु) के आहार की आवश्यकता दो प्रकार की होती हैं—
   (a) एक प्रकार का आहार जो उसके स्वास्थ्य को अच्छी बनाए रखें।
   (b) दूसरा वह जो दूध उत्पादन को बढ़ाए। इसकी आवश्यकता दुग्धस्रवण काल के समय होती है। पशु आहार के अंतर्गत आते हैं—(i) मोटा चारा (रूक्षांश) जो प्राय: मुख्यत: रेशें होते हैं तथा (ii) सांद्र जिनमें रेशें कम होते हैं और प्रोटीन तथा अन्य पोषक तत्त्व अधिक होते हैं। पशु को एक संतुलित आहार की आवश्यकता होती है जिसमें उचित मात्रा में सभी पोषक तत्व हों। ऐसे पोषक तत्वों के अतिरिक्त कुछ सूक्ष्म पोषक तत्व भी मिलाए जाते हैं जो दुधारू पशुओं को स्वस्थ रखते हैं तथा दूध उत्पादन को बढ़ाते हैं।

10. किसी खेत में क्रमवार पूर्व नियोजित कार्यक्रम के अनुसार विभिन्न फसलों को उगाने को फसल चक्र कहते हैं। परिपक्वन काल के आधार पर विभिन्न फसल सम्मिश्रण के लिए

फसल चक्र अपनाया जाता है। एक कटाई के बाद कौन-सी फसल उगानी चाहिए यह नयी तथा सिंचाई की उपलब्धता पर निर्भर करता है। यदि फस चक्र उचित ढंग से अपनाया जाए तो एक वर्ष में दो अथवा तीन फसलों से अच्छा उत्पादन किया जा सकता है।

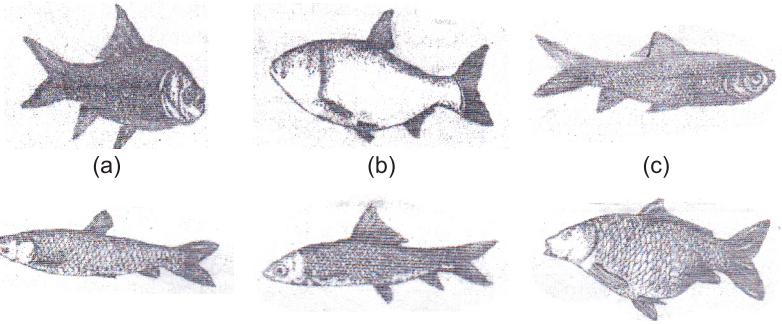
**11. (i) समुद्री मत्स्यकी** (Marine Fisheries)—भारत का समुद्री मछली संसाधन क्षेत्र 7500 किलोमीटर समुद्री तट तथा इसके अतिरिक्त समुद्र की गहराई तक है। सर्वाधिक प्रचलित समुद्री मछलियाँ पॉमफ्रेट, मैकर्ल, टुना, सारडाइन तथा बांबेडक हैं। समुद्री मछली पकड़ने के लिए विभिन्न प्रकार के जालों का उपयोग मछली पकड़ने वाली नावों से किया जाता है। सैटेलाइट तथा प्रतिध्वनि ध्वनित्र से खुले समुद्र में मछलियों के बड़े समूह का पता लगाया जा सकता है तथा इन सूचनाओं का उपयोग कर मछली का उत्पादन बढ़ाया जा सकता है।

मेक्रोब्रेकियम रोजेन वर्गी (ताजा पानी) पीनस मोनडोन (समुद्री)

कुछ आर्थिक महत्व वाली समुद्री मछलियों का समुद्री जल में संवर्धन भी किया जाता है। इनमें प्रमुख हैं—मुलेट, भेटकी तथा पर्लस्पॉट (पंखयुक्त मछलियाँ), कवचीय मछलियाँ जैसे झींगा (Prawn), मस्ल तथा ऑएस्टर एवं साथ ही समुद्री खर-पतवार। ऑएस्टर का संवर्धन मोतियों को प्राप्त करने के लिए भी किया जाता है।

भविष्य में समुद्री मछलियों का भंडार (stock) कम होने की अवस्था में इन मछलियों की पूर्ति संवर्धन के द्वारा हो सकती है। इस प्रणाली को समुद्री संवर्धन (Marine Culture) कहते हैं।

**अंत:स्थली मत्स्यकी या प्रग्रहण मत्सयन** (Inland Fisheries)—ताजा जल के स्रोत नाले, तालाब, पोखर तथा नदियाँ हैं। खारे जल के संसाधन समुद्र हैं। जहाँ समुद्री जल तथा ताजा जल मिश्रित होते हैं जैसे कि नदी मुख (एस्चुरी) तथा लैगून भी महत्वपूर्ण मत्स्य भंडारण हैं। जब मछलियों का प्रग्रहण अंत:स्थली वाले स्रोतों पर किया जाता है तो उत्पादन अधिक नहीं होता। इन स्रोतों से अधिकांश मछली उत्पादन जल संवर्धन द्वारा ही होता है।



(a) (b) (c)

(d) (e) (f)

मछली संवर्धन कभी-कभी धान की फसल के साथ भी किया जाता है।

## मिश्रित फसली तथा अंतराफसलीकरण प्रणाली की तुलना

| क्र०सं० | मिश्रित फसली प्रणाली | अंतराफसलीकरण प्रणाली |
|---|---|---|
| 1. | इकसा उद्देश्य फसल के जोखिम को कम करना है। | इसका उद्देश्य प्रति इकाई क्षेत्र फसल उत्पादन को बढ़ाना है। |
| 2. | इमसें बुवाई से पूर्व दोनों प्रकार की फसलों के बीजों को मिला लिया जाता है। | इसमें विभिन्न फसलों के बीजों को मिलाया नहीं जाता। |
| 3. | विभिन्न फसल का कोई क्रम नहीं होता, पौधे अनियमित रूप से उगते हैं। | भिन्न-भिन्न फसलों की पंक्तियों का क्रम निश्चित होता है। |
| 4. | फसलों की अलग-अलग पीड़कनाशक का छिड़काव असम्भव होता है। | फसलों को अलग-अलग काटकर, अलग-अलग गहाई की जा सकती हैं। |
| 5. | विभिन्न फसलों पर अलग-अलग पीड़कनाशक का छिड़काव असम्भव होता है। | विभिन्न फसलों पर अलग-अलग पीड़कनाशक का छिड़काव किया जा सकता है। |
| 6. | दोनों फसल को अलग-अलग उर्वरक नहीं दिया जा सकता। | दोनों फसलों को अलग-अलग उर्वरक दिए जा सकते हैं। |
| 7. | मिश्रित उत्पाद का ही विपणन तथा उपभोग सम्भव है। | प्रत्येक फसल के उत्पाद का अलग-अलग विपणन एवं उपभोग सम्भव है। |

**(iii) कुक्कुट (मुर्गी पालन)** (Poultry Farming)—अंडे व कुक्कुट मांस के उत्पादन को बढ़ाने के लिए मुर्गी पालन किया जाता है। इसलिए कुक्कुट पालन में उन्नत मुर्गी की नस्लें विकसित की जाती हैं। अंडों के लिए अंडे देने वाली (लेअर) मुर्गी का पालन किया जाता है तथा मांस के लिए ब्रौलर को पाला जाता है।

एसिल

लेगहार्न

निम्नलिखित गुणों के लिए नयी-नयी किस्में विकसित की जाती हैं—

(i) चूजों की संख्या तथा गुणवत्ता;

(ii) छोटे कद के ब्रौलर माता-पिता द्वारा चूजों के व्यावसायिक उत्पादन हेतु;

(iii) गरमी अनुकूलन क्षमता/उच्च तापमान को सहने की क्षमता;

(iv) देशभाल में कम खर्च की आवश्यकता;

(v) अंडे देने वाले तथा ऐसी क्षमता वाले पक्षी जी कृषि के उपोत्पाद (agricultural by-products) से प्राप्त सस्ते रेशेदार आहार का उपभोग कर सकें।

नयी किस्में बनाने के लिए देशी नस्ल; जैसे—एसिल तथा विदेशी नस्ल; जैसे—लेगहार्न नस्लों का संकरण कराया जाता है।

**(iv) मधुमक्खी पालन** (Bee-keeping)—मधु या शहद बहुधा सभी घरों में प्रयोग हाने वाला मीठा खाद्य तरल (sweet edible fluid) है। इसका खाद्य व औषधीय मान अत्यधिक है। इसमें खनिज, विटामिन, एमीनो एसिड तथा एंजाइम प्रचुर मात्रा में पाये जाते हैं। मानव जीवन में शहद बहुत उपयोगी है।

1. यह ऊर्जा का स्रोत है तथा शारीरिक वृद्धि में सहायक है।
2. यह रोग शोधक है तथा खाँसी जुकाम का उपचार करता है।
3. यह पाचन संबंधी अनियमितताओं जैसे कि दस्त, उल्टी व यकृत संबंधी समस्याओं के उपचार में सहायक है।

मधु या शहद मधुमक्खियों द्वारा प्राप्त होता है। शहद के अतिरिक मधुमक्खी के छत्ते मोम के बहुत अच्छे स्रोत हैं।

मोम का उपयोग औषधि तैयार करने में किया जाता है। इसी कारण मधुमक्खी पालन का उद्यम एक कृषि उद्योग बन गया है। चूँकि मधुमक्खी पालन में पूँजी निवेश कम होता है, इसलिए किसान इसे धनार्जन का अतिरिक्त साधन मानते हैं।

व्यावसायिक स्तर पर मधु उत्पादन के लिए देशी किस्म की मक्खी ऐपिस सेरना इंडिका, (सामान्य भारतीय मधुमक्खी), ऐपिस डोरसेटा (एक शैल मधुमक्खी) तथा ऐपिस फ्लोरी (लिटिल मधुमक्खी) का प्रयोग करते हैं। एक इटली की मधुमक्खी (ऐपिस मेलीफेरा) का प्रयोग मधु के उत्पादन को बढ़ाने के लिए किया जाता है। व्यावसायिक मधु उत्पादन में इस मक्खी का प्राय: उपयोग किया जाता है। क्योंकि इटली की मक्खी में मधु एकत्र करने की क्षमता बहुत अधिक होती है। वे डंक भी कम मारती हैं। वे निर्धारित छत्ते में काफी समय तक रहती हैं और प्रजनन तीव्रता से करती हैं। व्यावायिक मधु उत्पादन के लिए मधुवाटिका अथवा मधुमक्खी फार्म बनाए गए हैं।

मधु की कीमत अथवा गुणवत्ता मधुमक्खियों के चरागाह अर्थात् उनको मधु एकत्र करने के लिए उपलब्ध फूलों पर निर्भर करती हैं। मधुमक्खियाँ फूलों से मकरंद तथा पराग एकत्र करती हैं। चरागाह की पर्याप्त उपलब्धता के अतिरिक्त फूलों की किस्में मधु के स्वाद को निर्धारित करती हैं।

**12.** कृषि उत्पाद के भण्डारण में बहुत हानि हो सकती है। अत: इनकी सुरक्षा के लिए निरोधक विधियाँ तथा जैव नियन्त्रण अति आवश्यक है। तरह-तरह के जैविक और अजैविक कारक भण्डारण को खराब कर देता है। भण्डारित करते समय खाद्य पदार्थ में अधिक नमी नहीं होनी चाहिए। कम ताप पर एंजाइम, कीट तथा अन्य सूक्ष्मजीव अधिक सक्रिय नहीं होते। इस कारण खाद्यान्नों को शीत भण्डारों में रखेते हैं।

## विस्तृत उत्तरीय प्रश्न (Long Answer Type Questions)

1. (i) **कंपोस्ट तथा वर्मी-कंपोस्ट–**कंपोस्टीकरण प्रक्रिया में कृषि अपशिष्ट पदार्थ; जैसे—पशुधन का मल-मूत्र (गोबर आदि), सब्जी के छिलके एवं कचरा, जानवरों द्वारा परित्यक्त चारे, घरेलू कचरे, सीवेज कचरे, फेंके हुए खर-पतवार आदि को गड्ढों में विगलित करते हैं। कंपोस्ट में कार्बनिक पदार्थ तथा पोषक बहुत अधिक मात्रा में होते हैं। कंपोस्ट को केंचुओं द्वारा पौधों तथा जानवरों के अपशिष्ट पदार्थों के शीघ्र निस्तरीकरण की प्रक्रिया द्वारा बनाया जाता है। इसे वर्मी-कंपोस्ट कहते हैं।

   (ii) **हरी खाद–**फसल उगाने से पहले खेतों में कुछ पौधे; जैसे—पटसन, मूँग अथवा ग्वार आदि उगा देते हैं और तत्पश्चात् उन पर हल चलाकर खेत की मिट्टी में मिला दिया जाता है। ये पौधे हरी खाद में परिवर्तित हो जाते हैं जो मिट्टी को नाइट्रोजन तथा फॉस्फोरस से परिपूर्ण करने में सहायक होते हैं।

**जैव उर्वरक–**उर्वरक व्यावसायिक रूप में तैयार पादप पोषक हैं। इनको रासायनिक खाद कहते हैं। उर्वरक नाइट्रोजन, फॉस्फोरस तथा पोटैशियम प्रदान करते हैं। इनके उपयोग से अच्छी कायिक वृद्धि (पित्तयाँ, शाखाएँ तथा फूल) होती है और स्वस्थ पौधों की प्राप्ति होती है। अधिक उत्पादन के लिए उर्वरक का भी उपयोग है परंतु ये आर्थिक दृष्टि से महँगे पड़ते हैं।

उर्वरक का उपयोग बड़े ध्यान से करना चाहिए और उसके सदुपयोग के लिए इसकी खुराक की उचित मात्रा, उचित समय तथा उर्वरक देने से पहले तथा उसके बाद की सावधानियों को अपनाना चाहिए। उदाहरण के लिए, कभी-कभी उर्वरक अधिक सिंचाई के कारण पानी में बह जाते हैं और पौधे उसका पूरा अवशोषण नहीं कर पाते। उर्वरक की यह अधिक मात्रा जल प्रदूषण का कारण होती है।

उर्वरक का सतत् प्रयोग मिट्टी की उर्वरता को घटाता है। क्योंकि कार्बनिक पदार्थों की पुन: पूर्ति नहीं हो पाती है तथा इससे सूक्ष्मजीवों एवं भूमिगत जीवों का जीवन चक्र अवरुद्ध होता है। उर्वरकों के उपयोग द्वारा फसलों का अधिक उत्पादन कम समय में प्राप्त हो सकता है। परंतु यह मृदा की उर्वरता को कुछ समय पश्चात् हानि पहुँचाते हैं, जबकि खाद के उपयोग के लिए दीर्घावधि है।

पोषक तत्वों के आधार पर उर्वरक निम्नलिखित प्रकार के होते हैं—

**1. नाइट्रोजन उर्वरक–**यूरिया, अमोनियम सल्फेट, कैल्सियम अमोनियम नाइट्रेट आदि मृदा को नाइट्रोजन प्रदान करने वाले उर्वरक हैं।

**2. फॉस्फोरस उर्वरक–**सुपर फॉस्फेट, ट्रिपल सुपर फॉस्फेट और डाइकैल्सियम फॉस्फेट आदि मृदा को फॉस्फोरस प्रदान करने वाले उर्वरक हैं।

**3. पोटैशियम उर्वरक–**पोटैशियम सल्फेट, पोटैशियम क्लोरेट (म्यूरेट ऑफ पोटाश) आदि मृदा को पोटैशियम प्रदान करने वाले उर्वरक हैं।

**4. मिश्रित उर्वरक–**नाइट्रोफॉस्फेट, अमोनियम फॉस्फेट, एन०पी० के उर्वरक (इसमें नाइट्रोजन, फॉस्फोरस तथा पोटाश होता है)।

2. कृत्रिय रीति से परामण कराकर नए पौधे प्राप्त करने की क्रिया को पादप प्रजनन कहते हैं। इस प्रक्रिया के कुछ नियम बने हुए हैं, जिनसे यह कार्य संम्पन्न हो सकता है। दो जातियों या गुणों में, जो एक दूसरे से कई गुणों में भिन्न होते हैं, कृत्रिय परागण कराकर देखा जाता है।

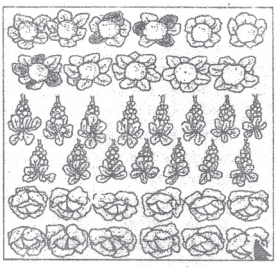
**फसल की किस्मों में सुधार (Crop Variety Improvement)**—फसल का उत्पादन फसलों की किस्मों के चयन पर निर्भर करता है। फसल की किस्मों या प्रभेदों के लिए विभिन्न उपयोगी गुणों (जैसे—रोगप्रतिरोधक क्षमता, उर्वरक के प्रति अनुरूपता, उत्पादन की गुणवत्ता तथा उच्च उत्पादन) का चयन प्रजनन द्वारा कर सकते हैं। फसल की किस्मों में ऐच्छिक गुणों को संकरण (hyberdisation) द्वारा डाला जा सकता है। संकरण विधि में विभिन्न आनुवंशिक गुणों वाले पौधों में संकरण करवाते हैं। यह संकरण अंतराकिस्मीय (विभिन्न किस्मों में), अंतरास्पीशीज (एक ही जीनस की दो विभिन्न स्पीशीजों में) अथवा अंतरावंशीय (विभिन्न जेनरा में) हो सकता है।

**फसल सुधार की दूसरी विधि है जीनी अभियांत्रिकी** (Genetic Engineering)—ऐच्छिक गुणों वाले जीन का डालना। इनमें ऐच्छिक गुणों वाले जीन को एक पादप से दूसरे में में स्थानान्तरित किया जाता है। इसके परिणामस्वरूप आनुवंशिकीय रूपांतरित फसल प्राप्त होती है।

नए प्रभेदों (varieties) को अपनाने से पहले यह आवश्यक है कि फसल की किस्म विभिन्न परिस्थितियों में, जो विभिन्न क्षेत्रों में भिन्न-भिन्न होती हैं, अच्छा उत्पादन दे सकें। किसानों को अच्छी गुणवत्ता वाले विशेष बीज उपलब्ध होने चाहिए अर्थात् बीज उसी किस्म के होने चाहिए जो अनुकूल परिस्थिति में अंकुरित हो सकें।

कृषि प्रणालियाँ तथा फसल उत्पादन मौसम, मिट्टी की गुणवत्ता तथा पानी की उपलब्धता पर निर्भर करते हैं। चूँकि मौसम परिस्थितियाँ, जैसे सूखा तथा बाढ़ का पूर्वानुमान कठिन होता है इसलिए ऐसी किस्में अधिक उपयोगी हैं जो विविध जलवायु परिस्थितियों में भी उग सकें। इसी प्रकार ऐसी किस्में बनाई गई हैं जो उच्च लवणीय मिट्टी में भी उग सकें।

3. **अंतराफसलीकरण** (Inter-cropping)—अंतराफसलीकरण में दो अथवा दो से अधिक फसलों को एक साथ ही खेत में निर्दिष्ट पैटर्न पर उगाते हैं। कुछ पंक्तियों में एक प्रकार की फसल तथा उनके एकांतर में स्थित दूसरी पंक्तियों में दूसरी प्रकार की फसल उगाते हैं। इसके उदाहरण हैं—सोयाबीन + मक्का अथवा बाजरा + लोबिया। फसल का चुनाव इस प्रकार करते हैं कि उनकी पोषक तत्त्वों की आवश्यकताएँ भिन्न-भिन्न हो जिससे पोषकों का अधिकतम उपयोग हो सके। इस विधि द्वारा पीड़क व रोगों को एक प्रकार की फसल के सभी पौधों में फैलने से रोका जा सकता है। इस प्रकार दोनों फसलों से अच्छा उत्पादन प्राप्त किया जा सकता है।



**मिश्रित फसली तथा अंतराफसलीकरण प्रणाली की तुलना**

| क्र०सं० | मिश्रित फसली प्रणाली | अंतराफसलीकरण प्रणाली |
|---|---|---|
| 1. | इकसा उद्देश्य फसल के जोखिम को कम करना है। | इसका उद्देश्य प्रति इकाई क्षेत्र फसल उत्पादन को बढ़ाना है। |
| 2. | इमसें बुवाई से पूर्व दोनों प्रकार की फसलों के बीजों को मिला लिया जाता है। | इसमें विभिन्न फसलों के बीजों को मिलाया नहीं जाता। |
| 3. | विभिन्न फसल का कोई क्रम नहीं होता, पौधे अनियमित रूप से उगते हैं। | भिन्न-भिन्न फसलों की पंक्तियों का क्रम निश्चित होता है। |
| 4. | फसलों की अलग-अलग पीड़कनाशक का छिड़काव असम्भव होता है। | फसलों को अलग-अलग काटकर, अलग-अलग गहाई की जा सकती हैं। |
| 5. | विभिन्न फसलों पर अलग-अलग पीड़कनाशक का छिड़काव असम्भव होता है। | विभिन्न फसलों पर अलग-अलग पीड़कनाशक का छिड़काव किया जा सकता है। |
| 6. | दोनों फसल को अलग-अलग उर्वरक नहीं दिया जा सकता। | दोनों फसलों को अलग-अलग उर्वरक दिए जा सकते हैं। |
| 7. | मिश्रित उत्पाद का ही विपणन तथा उपभोग सम्भव है। | प्रत्येक फसल के उत्पाद का अलग-अलग विपणन एवं उपभोग सम्भव है। |

4. **मिश्रित फसल** (Mixed Cropping)—मिश्रित फसल में दो अथवा दो से अधिक फसलों को एक साथ एक ही खेत में उगाते हैं।

   कुछ मिश्रित फसल के उदाहरण हैं—गेहूँ + चना, गेहूँ + सरसों, मूँगाफली + सूरजमुखी।

   **मिश्रित फसल से लाभ** (Advantages of Mixed Cropping)—

   - अनिश्चित मानसून के कारण फसल के पूर्णत: नष्ट होने का खतरा कम हो जाता है।
   - एक फसल के नष्ट हो जाने पर भी दूसरी फसल के उत्पादन की आशा बनी रहती है।
   - किसान एक साथ अनाज, दालें, सब्जियाँ तथा चारे प्राप्त कर अपने परिवार या कृषि फार्म की विभिन्न आवश्यकताओं की पूर्ति कर लेते हैं।
   - दो फसलों को एक साथ उगाने पर खेतों की उर्वरता बढ़ती है।
   - पीड़कों (Pests) से संक्रमण का खतरा कम हो जाता है।
   - एक फसल दूसरी फसल के लिए पूरक प्रभाव देती है। जिसके कारण दोनों फसलों का उत्पादन अधिक होता है। जैसे—गेहूँ + चना।

5. **मिश्रित फसलीकरण** (Mixed cropping)—एक ही खेत में एक ही मौसम में दो या दो से अधिक फसलों को उगाने की विधि को मिश्रित फसलीकरण कहते हैं। उदाहरणार्थ—गेहूँ + चना या गेहूँ + सरसों या मूँगफली + सोयाबीन।

**मिश्रित फसलीकरण के उद्देश्य**—मिश्रित फसलीकरण के उद्देश्य निम्नलिखित हैं—

(1) एक फसल के नष्ट होने की अवस्था में दूसरी फसल से नुकसान की भरपाई हो जाती है।

(2) फसल पर आने वाला व्यय कम होता है।

(3) किसान तथा उसके परिवार को संतुलित आहार देता है।

**मिश्रित फसलों के चुनाव के उपाय–**जब दो या दो से अधिक फसलें एक ही समय में उगाई जाती हैं तो उनमें हवा, पानी तथा पोषक तत्वों के लिए संघर्ष होता है। इन फसलों के उगाने के मुख्य उपाय निम्नलिखित हैं—

**1. फसल अवधि–**लम्बे समय की फसल को थोड़े समय की फसल के साथ उगाना चाहिए।

**2. वृद्धि स्वभाव–**एक फसल की अधिक वृद्धि दूसरी फसल को हान पहुँचा सकती है। इसलिए एक फसल बौनी जाति की तथा दूसरी फसल लम्बी जाती की होनी चाहिए।

**3. जड़ों के प्रकार–**एक फसल की जड़ें कम गहरी तथा दूसरी फसल की जड़ें अधिक गहरी होनी चाहिए।

**4. जल की माँ–**ऐसी फसलों को उगाना चाहिए जिनमें एक को अधिक जल की आवश्यकता हो तो दूसरी को कम जल की आवश्यकता हो। धान के साथ उड़द अथवा अरहर की फसल उगानी चाहिए। धान को जल की अधिक आवश्यकता होती है तथा उड़द और अरहर को कम जल की आवश्यकता होती है।

**5. पोषक तत्वों की माँग–**चना, मटर आदि फसलों को पोषक तत्वों की आवश्यकता नहीं होती, जबकि गेहूँ, गन्ना, चावल आदि को अधिक पोषक तत्वों की आवश्यकता होती है।

6. **(i) कुक्कुट ( मुर्गी पालन )** (Poultry Farming)—अंडे व कुक्कुट मांस के उत्पादन को बढ़ाने के लिए मुर्गी पालन किया जाता है। इसलिए कुक्कुट पालन में उन्नत मुर्गी की नस्लें विकसित की जाती हैं। अंडों के लिए अंडे देने वाली (लेअर) मुर्गी का पालन किया जाता है तथा मांस के लिए ब्रौलर को पाला जाता है।

निम्नलिखित गुणों के लिए नयी-नयी किस्में विकसित की जाती हैं—

(i) चूजों की संख्या तथा गुणवत्ता;

(ii) छोटे कद के ब्रौलर माता-पिता द्वारा चूजों के व्यावसायिक उत्पादन हेतु;

(iii) गरमी अनुकूलन क्षमता/उच्च तापमान को सहने की क्षमता;

(iv) देशभाल में कम खर्च की आवश्यकता;

(v) अंडे देने वाले तथा ऐसी क्षमता वाले पक्षी जी कृषि के उपोत्पाद (agricultural by-products) से प्राप्त सस्ते रेशेदार आहार का उपभोग कर सकें।

नयी किस्में बनाने के लिए देशी नस्ल; जैसे—एसिल तथा विदेशी नस्ल; जैसे—लेगहार्न नस्लों का संकरण कराया जाता है।

**अंड़ों तथा ब्रौलर का उत्पादन प्रबन्धन** (Management for Eggs and Broiler Production)—ब्रौलर चूजों को अच्छी वृद्धि दर तथा अच्छी आहार दक्षता के लिए विटामिन से प्रचुर आहार खिलाते हैं। उनकी मृत्यु दर कम रखने और उनके पंख तथा मांस की गुणवत्ता बनाए रखने के लिए सावधानी बरती जाती है। उन्हें ब्रौलर के रूप में उत्पादित किया जाता है तथा मांस के प्रयोजन के लिए विपणन किया जाता है।

मुर्गी पालन में अच्छा उत्पादन प्राप्त करने के लिए अच्छी प्रबन्धन प्रणालियाँ बहुत आवश्यक हैं। इसके अंतर्गत इनके आवास में उचित ताप तथा स्वच्छता का निर्धारण करके कुक्कुट आहार की गुणवत्ता को बनाए रखा जाता है। इनके साथ-साथ रोगों तथा पीड़कों पर नियंत्रण तथा उनसे बचाव करना भी शामिल है।

ब्रौलर की आवास, पोषण तथा पर्यावरणीय आवश्यकताएँ अंडे देने वाले कुक्कुटों से कुछ भिन्न होती हैं। ब्रौलर के आहार में प्रोटीन तथा वसा प्रचुर मात्रा में होता है। कुक्कुट आहार में विटामिन A तथा विटामिन K की मात्रा भी अधिक रखी जाती है।

**(ii) कुक्कुट पालन व रोग** (Poultry Farming and Diseases)—जीवाणु, विषाणु, कवक, परजीवी तथा पोषणहीनता के कारण मुर्गियों में कई प्रकार के रोग हो सकते हैं। अत: सफाई तथा स्वच्छता का विशेष ध्यान रखना चाहिए। इसके लिए नियमित रूप से रोगाणुनाशी पदार्थों का छिड़काव आवश्यक है। मुर्गियों को संक्रामक रोगों से बचाने के लिए टीका लगवाना चाहिए जिससे महामारी में ये ग्रसित न हों। इन सावधानियों के बरतने से, रोगों के फैलने की दशा में कुक्कुट को न्यूनतम हानि होती है।

(iii) पौधों जो कि उसके बीज, जड़, पत्तियाँ या अन्य किसी भाग को जोकि मनुष्य के लिए उपयोगी हैं, को प्राप्त करने के उद्देश्य से उगाया जाता है, फसल (Crop) कहलाता है।

**फसलों का वर्गीकरण**–फसलों को दो प्रकार से वर्गीकृत किया जा सकता है।

**1. उत्पादन के आधार पर**–मानव द्वारा फसलों को अपने लाभ के लिए उगाया जाता है। फसलों के प्रमुख प्रकार निम्नवत् हैं—

**(a) अनाज** (Cereal crops)—इन पौधों की कृषि, ऊर्जा की दैनिक आवश्यकताओं की पूर्ति हेतु की जाती है।

उदाहरण—गेहूँ, मक्का, बाजरा तथा ज्वार ऊर्जा की आपूर्ति हेतु कार्बोहाइड्रेट प्रदान करते हैं।

**(b) दालें** (Pulses) इनकी कृषि प्रोटीन की आवश्यकताओं की पूर्ति की जाती है।

उदाहरण—चना, मटर, उड़द, मूँग, अरहर, मसूर आदि।

**(c) तेल युक्त बीजों वाली फसलें** (Oil seed crops)—इन पौधों से हमें आवश्यक वसा व तेल प्राप्त होते हैं।

**उदाहरण–**सोयाबीन, मूँगफली, तिल, अरण्डी, सरसों, अलसी, सूरजमुखी आदि।

**(d) फल तथा सब्जियाँ** (Fruits and Vegetables)—इसके अन्तर्गत आम, संतरा, केला, सेब, पपीता, आदि फल व आलू, टमाटर, बैंगन, गोभी आदि सब्जियाँ आती हैं। इनमें हमें विटामिन, खनिज लवण कुछ मात्रा में प्रोटीन वसा तथा कार्बोहाइड्रेट भी प्राप्त होते हैं।

**(e) मसालें** (Spices)—मिर्च, हल्दी, धनिया, काली मिर्च आदि मसालों के अन्तर्गत आते हैं। ये भोजन का स्वाद बढ़ाते हैं साथ-ही-साथ कुछ मसाले रोग प्रतिरोधक क्षमता में भी वृद्धि करते हैं।

**(f) चारा फसलें** (Fodder crops)—इन फसलों का प्रयोग पशुधन के चारे के रूप में किया जाता है। जैसे—वर्सीम, जई तथा सूडान घास।

विभिन्न फसलों के लिए विभिन्न जलवायु सम्बन्धी परिस्थितियों, तापमान तथा दीप्तिकाल (Photoperiods) की आवश्यकता होती है, जो उनकी समुचित वृद्धि और जीवन चक्र को पूरा करने हेतु अति महत्त्वपूर्ण है। दीप्तिकाल सूर्य के प्रकाश के काल से संबंधित होता है। पौधों में पुष्पन तथा वृद्धि सूर्य के प्रकाश पर निर्भर करती है तथा पौधों को प्रकाश-संश्लेषण हेतु भी सूर्य के प्रकाश की आवश्यकता होती है।

**2. ऋतु के आधार पर–**ऋतु के आधार पर फसलों को निम्न वर्गों में रखा गया है—

**(a) खरीफ की फसलें** (Kharif Crops)—इन फसलों को गर्मी व वर्षा ऋतु में जून से आरम्भ होकर अक्टूबर तक के महीने में उगाया जाता है।

उदाहरण—धान, सोयाबीन, अरहर, मक्का, कपास, चना, मूँगफली, आदि।

**(b) रबी की फसलें** (Rabi Crops)—इन फसलों को शुष्क तथा शीत ऋतु में नवम्बर से अप्रैल तक के महीने में उगाया जाता है।

उदाहरण—गेहूँ, चना, मटर, सरसों आदि।

### मूल्य आधारित प्रश्न (Value Based Questions)

स्वयं करें।

### केस स्टडी प्रश्न (Case Study Questions)

**1.** (a) **2.** (c) **3.** (c)

# Notes