

- वायु में घर्षण को नगण्य मानते हुए एक प्रक्षेप्य का उड़ान काल निर्धारित होता है — प्रारंभिक वेग के उर्ध्व घटक के मान से
- वृत्ताकार पथ में नियत चाल से चलने वाले मोटर साइकिल सवार के त्वरण का मान होता है — नियत होता है
- बल-युग्म है — किसी दृढ़ पिण्ड पर कार्य करने वाले दो बराबर और विपरीत समानांतर बल को बल-युग्म कहते हैं
- ऊष्मा इंजन में गतिपालक चक्र का कार्य है — इंजन की चाल को समान बनाये रखता है
- किसी वस्तु का जड़त्व आधुनिक वस्तु के ..... पर आधारित होता है — द्रव्यमान
- कण का संवेग नियत रखने के लिए आवश्यकता होती है — बल की
- जब एक द्रव्यमान एक निश्चित बिन्दु के परितः एक तल में गति करता है, तो इसके कोणीय संवेग की दिशा अनुदिश होगी — पूर्ण अक्ष पर
- विस्थापन है — गतिशील वस्तुओं की प्रारंभिक एवं अंतिम अवस्था के बीच जो न्यूनतम दूरी
- न्यूटन का वह कौन सा नियम है, जिससे न्यूटन के शेष दोनों नियमों का प्राप्त किया जा सकता है — द्वितीय नियम
- द्रवों का मुख्य गुण क्या होता है — आयतन संरक्षण
- ताप बढ़ जाने पर प्रत्यास्थता गुणों का — मान स्थिर रहेगा
- आयतन प्रत्यास्थता गुणों के व्युत्क्रम को क्या कहते हैं — संपीड्यता
- कांच के एक छोटे पात्र में गरम पानी डालने से वह क्यों चटक जाता है — आंतरिक व बाह्य दीवारों के असमान रूप से फैलने के कारण
- जल की सतह पर एक सुई या पिन के तैरने का क्या कारण है — पृष्ठ तनाव
- परम शून्य ताप पर गैस के अणुओं की गति कितनी हो जाती है — शून्य
- जब कोई बाह्य बल न लगा हो, तब एक छोटी बूंद की आकृति किसके द्वारा निर्धारित होती है — द्रव के पृष्ठ तनाव से
- लालटेन में मिट्टी का तेल बत्ती में चढ़ने का कारण है — पृष्ठ तनाव
- यदि स्पर्श कोण 'न्यून कोण' है, तो केश नली में द्रव की क्या स्थिति होती है — द्रव चढ़ता है
- किसी ताप पर आदर्श गैस के अणुओं में केवल ..... ऊर्जा होती है — गतिज ऊर्जा
- स्वच्छ कांच की प्लेट पर पानी की एक छोटी बूंद या पारा वृत्ताकार हो जाता है — पृष्ठ तनाव के कारण
- तैरती हुई वस्तु के स्थायी संतुलन के लिए यह आवश्यक है कि इसका उत्प्लावन केन्द्र इसके गुरुत्व केन्द्र के तरफ होना चाहिए — ऊपर (ऊर्ध्वाधरतः)
- क्रांतिक ताप पर द्रव का पृष्ठ-तनाव तानव कितना होगा — शून्य
- वाष्पीकरण होने से जल शीतल क्यों हो जाता है — वाष्पीकरण की प्रक्रिया के कारण
- किसी बर्तन में रखी गैस का दाब किस कारण से होता है — बर्तन की दीवारों में अणुओं के टकराने से
- समतल की अपेक्षा पर्वतों पर सांस लेना कठिन होता है — ऊँचाई के बढ़ने पर वायु-दाब घटने के कारण
- पानी से कांच गीला हो जाता है, पारा क्यों नहीं गीला होता — पानी पारे के अणुओं में चिपकने की क्षमता नहीं रखता
- ऑक्सीजन तथा हाइड्रोजन गैसें समान ताप पर हैं, ऑक्सीजन के एक अणु की गतिज ऊर्जा हाइड्रोजन के एक अणु की गतिज ऊर्जा से कितनी होगी — बराबर
- यदि केश नली का व्यास दोगुना कर दिया जाये, तो इसमें चढ़ने वाले जल की लम्बाई कितनी रह जाती है — आधी
- जब किसी गैस को संपीडित किया जाता है, तो इसका ताप क्यों बढ़ जाता है — गैस का वर्ग माध्य मूल वेग बढ़ जाने के कारण
- हवाई जहाज के उड़ते समय उस पर बैठे व्यक्ति के फाउन्टेन पेन की स्पाही बाहर क्यों बहने लगती है — कम वायुमंडलीय दाब के कारण पेन में स्थित वायु फैलने लगती है
- प्रायः आंधी के कारण फूस की हल्की छतें क्यों उड़ जाती हैं — छत के ऊपर बहने वाली उच्च वेग की वायु द्वारा शिखर पर निम्न दाब उत्पन्न होने के कारण

- पेट्रोल से लगी आग को हम पानी से क्यों नहीं बुझा सकते हैं — पानी भारी होने के कारण नीचे चला जाता है और पेट्रोल ऊपरी सतह पर आकर जलता है
- बिन्दु, जिसके आगे बहुत कम भार-वृद्धि से तनाव बहुत अधिक हो जाता है तथा तारे का पदार्थ बहने लगता है — गोमान बिन्दु
- पिंग-पांग की दो गेंदें पास-पास लटका दी जायें और उनके बीच के स्थान में वायु की तीव्र धारा उत्पन्न कर दी जाये, तो गेंदों पर क्या प्रभाव पड़ेगा — गेंदें अधिक पास-पास आ जायेंगी
- आण्विक गैस नियतांक (Molar Gas Constant) सभी गैसों के लिए होती है — एकसमान
- द्रव की छोटी बूंदें गोलाकार क्यों होती हैं — पृष्ठ तनाव के कारण द्रव न्यूनतम क्षेत्रफल प्राप्त करने का प्रयत्न करता है
- जब ताप बढ़ता है, तो किसी द्रव के स्पर्श कोण पर क्या प्रभाव पड़ता है — स्पर्श कोण बढ़ जाता है
- पहाड़ों पर कभी-कभी नाक व मुंह से खून गिरने का कारण होता है — ऊँचाई बढ़ने के साथ वायुमंडलीय दाब घटने के कारण
- साबुन कपड़ों को धोने में क्यों सहायक होता है — घोल का पृष्ठ तनाव
- जब जल जमता है, तो उसके अणुओं के बीच की दूरी क्या होती है — बढ़ती है
- ताप के बढ़ने पर गैस की श्यानता पर क्या प्रभाव पड़ता है — गैस की श्यानता बढ़ती है
- ताप के बढ़ने पर द्रव की श्यानता पर क्या प्रभाव पड़ता है — द्रव की श्यानता घटती है
- वायु-पम्प हवा भरने के बाद गर्म क्यों हो जाता है — वायु के संपीडन के कारण गर्मी उत्पन्न होने पर
- वर्षा की बूंद द्वारा एक नियत वेग का कारण है — हवा का श्यान बल
- एकसमान अनुप्रस्थ परिच्छेद के क्षेत्रफल वाले पाइप में से नियत दाब पर जल प्रवाहित हो रहा है, एक स्थान पर पाइप तंग हो जाता है। इस स्थान पर जल का दाब पर क्या प्रभाव पड़ेगा — घटेगा
- पानी की एक बूंद बराबर आकार की दो बूंदों में टूट गयी है, तो क्या दोनों बूंदों के द्रव्यमान का योग बराबर होता है — बूंद के प्रारंभिक द्रव्यमान के
- कोड़े-मकोड़े जल की सतह पर बिना डूबे हुए चल व दौड़ सकते हैं, इसका कारण है — पृष्ठ तनाव के गुण कारण जल की सतह पर प्रत्यास्थ झिल्ली बन जाती है
- द्रवों का वह गुण, जिसके कारण यह अपनी विभिन्न परतों में होने वाली गति का विरोध करते हैं — श्यानता (Viscosity)
- द्रव किसी केश नली में जल की अपेक्षा अधिक ऊँचाई तक चढ़ता है, इसके अंतर का ..... कारण हो सकता है — जल का पृष्ठ तनाव द्रव के पृष्ठ तनाव से कम होना
- बांध की नीचे की दीवारें मोटी बनाई जाती हैं — गहराई बढ़ने के साथ द्रव का दाब बढ़ने के कारण
- जब फोर्टिंग का वायुदाबमापी किसी उच्च पर्वत श्रृंग पर ले जाया जाता है, तो नलिका में पारा क्यों गिर जाता है — वायुमंडलीय दाब निम्न होने के कारण
- साबुन को जल में घोलने पर जल के पृष्ठ तनाव पर क्या प्रभाव पड़ता है — पृष्ठ तनाव घट जाता है
- उड़ाने से पहले हवाई जहाज को हवाई पट्टी पर क्यों दौड़ाया जाता है — कार्यकारी वायु दाब बढ़ाने के लिये
- जब विभिन्न व्यास की दो केश-नलियाँ किसी द्रव में उर्ध्व रूप से डुबोई जाती हैं, तो अधिक त्रिज्या वाली केश नली में द्रव की क्या स्थिति रहेगी — द्रव कम चढ़ेगा
- समान ताप पर आदर्श गैस के अणुओं का वर्ग माध्य मूल वेग क्या होता है — अणु भार के वर्गमूल के व्युत्क्रमानुपाती
- यदि पानी के पृष्ठ पर तेल की एक बूंद रखी जाये, तो तेल की बूंद की क्या स्थिति होगी — यह एक पतली परत में फैल जायेगी





### 3. ऊष्मा (Heat)

- ऊष्मा (Heat) ऊर्जा का एक रूप है, जिसकी उत्पत्ति किसी पदार्थ में अणुओं के कंपन से होती है।
- दूसरे शब्दों में, गर्माहट या उद्देगन की संवेदना उत्पन्न करनेवाले भौतिक कारक को ऊष्मा कहते हैं।
- जब कभी कार्य ऊष्मा में बदलता है या ऊष्मा, कार्य में तो किये गये कार्य व उत्पन्न ऊष्मा का अनुपात एक स्थिरांक होता है, जिसे ऊष्मा का यांत्रिक तुल्यांक (Mechanical Equivalent) कहते हैं।
- इसे 'J' से सूचित किया जाता है।

#### ऊष्मा के प्रभाव (Effects of heat)

- (a) भौतिक परिवर्तन (Physical changes)—
- किसी वस्तु पर ऊष्मा के प्रभाव से उसकी भौतिकी संरचना यथा रंग-रूप, आयतन, ताप एवं अवस्था आदि में परिवर्तन होते हैं। जैसे—
  - (i) ताप में परिवर्तन (Change in temperature)—साधारणतः सभी वस्तुओं को गर्म करने पर उनका तापमान बढ़ता है।
  - (ii) आयतन में परिवर्तन (Change in volume)—साधारणतया प्रत्येक वस्तु में ऊष्मा परिवर्तन से उसके आयतन में परिवर्तन होता है। साधारणतः ऊष्मा की मात्रा बढ़ने से उसका आयतन बढ़ता है।
  - (iii) अवस्था में परिवर्तन (Change in state)—पदार्थ की तीन अवस्थाएँ होती हैं—ठोस (Solid), द्रव (Liquid) तथा गैस (Gas)। ये अवस्थाएँ तापमान में परिवर्तन के कारण होती हैं और तापमान में परिवर्तन ऊष्मा के कारण होती है।
  - (iv) अन्य परिवर्तन (Chemical changes)—गर्म करने पर पदार्थ के रंग-रूप, पदार्थ का विद्युत-प्रतिरोध, विलायक की विलयन क्षमता आदि में परिवर्तन हो जाता है।
- (b) रासायनिक परिवर्तन (Chemical changes)—
- पदार्थ को गर्म करने पर कुछ स्थायी परिवर्तन भी होते हैं, जैसे—पोटेशियम क्लोरेट एवं मैगनीजडाइऑक्साइड के मिश्रण को गर्म होने से ऑक्सीजन गैस मुक्त होकर बाहर निकलती है।
  - यदि W कार्य करने से उत्पन्न ऊष्मा की मात्रा Q हो, तो —

$$J = \frac{W}{Q}, \therefore W = JQ$$

$$\text{जहाँ } J = 4186 \text{ जूल/किलो कैलोरी} \\ = 4.186 \text{ जूल/कैलोरी} = 4.186 \times 10^7 \text{ अर्ग/कैलोरी}$$

- ऊष्मा के मात्रक (Units of Heat)—ऊष्मा का SI मात्रक जूल (Joule) होता है तो ऊर्जा का भी SI मात्रक है।
- इसके अलावा ऊष्मा के विभिन्न मात्रक हैं—
- (a) कैलोरी (Calorie)—एक ग्राम जल का ताप 1°C बढ़ाने के लिए आवश्यक ऊष्मा की मात्रा को कैलोरी कहते हैं।
- (b) अंतर्राष्ट्रीय कैलोरी (International Calorie)—एक ग्राम पानी का ताप 14.5°C से 15.5°C तक बढ़ाने के लिए आवश्यक ऊष्मा की मात्रा को अंतर्राष्ट्रीय कैलोरी कहते हैं।
- इसी प्रकार एक किग्रा पानी का ताप 14.5°C से 15.5°C तक बढ़ाने के लिए आवश्यक ऊष्मा की मात्रा को किलो-कैलोरी कहते हैं।
- (c) ब्रिटिश थर्मल यूनिट (British Thermal Unit)—1 पाउंड पानी का ताप 1° फारेनहाइट बढ़ाने के लिए आवश्यक ऊष्मा की मात्रा को B.Th.U. कहते हैं।

$$\text{B.Th.U.} = 252 \text{ कैलोरी, } 1 \text{ कैलोरी} = 4.18 \text{ जूल} \\ 1 \text{ किलो कैलोरी} = 4.18 \times 10^3 \text{ जूल या } 1000 \text{ कैलोरी}$$

- ताप (Temperature)—ताप वह भौतिक कारक है, जो एक वस्तु से दूसरी वस्तु में उष्मीय ऊर्जा का प्रवाह की दिशा निश्चित करता है। अतः जिस कारण से ऊर्जा स्थानांतरण होती है, उसे ताप कहते हैं।
- ताप मापने वाले यंत्र को थर्मामीटर (Thermometer) कहा जाता है।
- ऊष्मा गति का शून्यता नियम—दो निकाय जो एक तीसरे निकाय के साथ तापीय संतुलन में हैं, एक-दूसरे से तापीय संतुलन में आवश्यक होंगे।

#### ताप मापने के पैमाने (Scales of Temperature Measurement)

- सेल्सियस पैमाना (Celsius Scale)—इस पैमाने में हिमांक को 0°C तथा भाप-बिन्दु को 100°C में अंकित किया जाता है तथा इनके बीच की दूरी को 100 भागों में बाँट दिया जाता है। प्रत्येक भाग को 1°C कहते हैं।
- फारेनहाइट पैमाना (Fahrenheit Scale)—इस पैमाने में हिमांक या निचले बिन्दु को 32°F तथा भाप बिन्दु या ऊपरी बिन्दु को 212°F पर अंकित किया जाता है तथा इनके बीच की दूरी को 180 बराबर भागों में बाँट दिया जाता है। एक खाने का मान 1°F होता है।
- रियूमर पैमाना (Reaumur Scale)—रियूमर पैमाने पर हिमांक को 0° तथा भाप बिन्दु को 80° पर अंकित किया जाता है। इन दोनों बिन्दुओं के बीच की दूरी को 80 बराबर भागों में बाँट दिया जाता है। इस पैमाने पर ताप को 'R' से सूचित किया जाता है।
- केल्विन पैमाना (Kelvin Scale)—इस पैमाने पर हिमांक को 273 K तथा भाप बिन्दु 373 K पर अंकित किया जाता है। इन दोनों बिन्दुओं के बीच की दूरी को 100 भागों में विभाजित कर दिया जाता है। इस पैमाने पर ताप को केल्विन (K) में व्यक्त किया जाता है।

- इन चारों पैमानों में संबंध—

$$\frac{C - 0}{5} = \frac{F - 32}{9} = \frac{R - 0}{4} = \frac{K - 273}{5}$$

- त्रिक बिन्दु (Triple Point)—त्रिक बिन्दु वह ताप है जिस पर पदार्थ की तीनों अवस्थाएँ—ठोस, द्रव तथा गैस एक साथ संतुलन में रहती हैं।

#### समुद्रतटीय क्षेत्रों का मौसम सुहावना होता है, क्यों?

- दिन में वायु समुद्र की ओर से स्थल की ओर चलती है तथा रात्रि में वायु स्थल से समुद्र की ओर चलती है। यही कारण है कि समुद्र के पास वाले स्थानों में न तो अधिक गर्मी पड़ती है और न ही अधिक सर्दी।
- अतः समुद्रतटीय क्षेत्रों का मौसम सुहावना होता है।
- दिन में समुद्र की ओर से पृथ्वी की ओर चलने वाली हवाओं को समुद्री समीर और रात्रि में पृथ्वी से समुद्र की ओर चलने वाली हवाओं को स्थलीय समीर कहते हैं।

#### तापमापी (Thermometer)

- परम शून्य (Absolute Zero)—सिद्धांत रूप से अधिकतम ताप की कोई सीमा नहीं है। लेकिन निम्नतम ताप की सीमा है। किसी भी वस्तु का ताप -273.15°C से कम नहीं हो सकता है। इसे परम शून्य ताप कहते हैं। केल्विन पैमाने पर 0 K लिखते हैं।
- अर्थात् 0 K = -273.15°C एवं 273.15 K = 0°C
- पहले सेल्सियस पैमाने को सेन्टीग्रेड पैमाना कहा जाता था।
- केल्विन में व्यक्त ताप में डिग्री (°) नहीं लिखा जाता है।
- पारा -39°C पर जमता है, अतः इससे निम्न ताप ज्ञात करने के लिए अल्कोहल तापमापी का प्रयोग किया जाता है, अल्कोहल -115°C पर जमता है।



- **नियत बिन्दु (Fixed Points)**—किसी तापमापी द्वारा ताप की माप के लिए अर्थात् ताप को अंकों में व्यक्त करने के लिए तापमापी पर अंशान्कन किया जाता है जिसके लिए दो नियत तापों को चुना जाता है, जिन्हें नियत बिन्दु कहते हैं।
- **निम्न नियत बिन्दु (Lower Fixed Point)**—साधारण वायुमंडलीय दाब पर जिस निश्चित ताप पर शुद्ध बर्फ पिघलता है, उस ताप को निम्न नियत बिन्दु कहते हैं।  
Ex. : सेल्सियस स्केल पर निम्न नियत बिन्दु  $0^{\circ}\text{C}$  है।
- **उच्च नियत बिन्दु (Upper Fixed Point)**—साधारण वायुमंडलीय दाब पर जिस निश्चित ताप पर शुद्ध जल उबलता है उसे उच्च नियत बिन्दु माना जाता है।  
Ex. : सेल्सियस स्केल पर उच्च भाप बिन्दु  $100^{\circ}$  है।
- **मूल अंतराल (Fundamental interval)**—किसी तापमापी में निम्न नियत बिन्दु और उच्च नियत बिन्दु के बीच के अन्तराल को समान विभागों में बाँटा जाता है। इस अंतराल को मूल अंतराल कहते हैं। इसमें प्रत्येक भाग को डिग्री कहा जाता है।
- **बर्फ-बिन्दु (Ice-Point)**—सामान्य वायुमंडलीय दाब पर शुद्ध जल जिस ताप पर जमता है, उस ताप को बर्फ-बिन्दु कहते हैं।
- **भाप बिन्दु (Steam Point)**—सामान्य वायुमंडलीय दाब पर शुद्ध जल जिस ताप पर उबलता है उसे भाप बिन्दु कहते हैं।

### Important Facts

- $-40^{\circ}\text{C}$  तथा  $-40^{\circ}\text{F}$  एक ही ताप को व्यक्त करते हैं।
- $273^{\circ}\text{K}$  लिखना अशुद्ध है, इसे केवल  $273\text{K}$  लिखा जाना चाहिए।
- शुद्ध रूप में केल्विन पैमाने पर हिमांक और भाप-बिन्दु के मान क्रमशः  $273.16\text{K}$  और  $373.16\text{K}$  होते हैं।
- पारा  $-39^{\circ}\text{C}$  पर जमता है तथा  $357^{\circ}\text{C}$  पर खौलता है। अतः इससे निम्न ताप ज्ञात करने के लिए ऐल्कोहॉल तापमापी में प्रयोग किया जाता है। ऐल्कोहॉल  $-115^{\circ}\text{C}$  पर जमता है।
- ताप मापने वाले यंत्र को 'तापमापी (Thermometer)' कहते हैं।
- ताप मापने के लिए पदार्थ के किसी ऐसे गुण का प्रयोग किया जाता है, जो ताप पर निर्भर करता है, जैसे—द्रव के आयतन में प्रसार पदार्थ के विद्युत प्रतिरोध में परिवर्तन आदि।
- तापमापी कई प्रकार के होते हैं—
- 1. **द्रव तापमापी (Liquid Thermometer)**—पारा तापमापी लगभग  $-30^{\circ}\text{C}$  से  $350^{\circ}\text{C}$  तक के ताप मापने के लिए प्रयुक्त होता है। इस तापमापी में पारा कांच में रखा जाता है। इसका प्रयोग द्रवों के तापमान में प्रयोग किया जाता है।
- 2. **गैस तापमापी (Gas Thermometer)**—इसका उपयोग गैसों के ताप मापन में किया जाता है। इस प्रकार के तापमापियों में स्थिर आयतन हाइड्रोजन गैस तापमापी से  $500^{\circ}\text{C}$  तक के ताप को मापा जा सकता है। हाइड्रोजन की जगह नाइट्रोजन गैस लेने पर  $1500^{\circ}\text{C}$  तक के ताप का मापन किया जा सकता है।
- 3. **प्लैटिनम प्रतिरोध तापमापी (Platinum Resistance Thermometer)**—ताप बढ़ने से धातु के तार के विद्युत प्रतिरोध में परिवर्तन होता है। इसी सिद्धांत पर प्लैटिनम प्रतिरोध तापमापी बनाया जाता है। इसके द्वारा  $-200^{\circ}\text{C}$  से  $1200^{\circ}\text{C}$  तक के ताप को मापा जाता है।
- 4. **ताप-युग्म तापमापी (Thermo-couple Thermometer)**—तापयुग्म तापमापी सीबेक के प्रभाव पर आधारित है। इसका उपयोग  $-200^{\circ}\text{C}$  से  $1600^{\circ}\text{C}$  तक तापों के मापन के लिए किया जाता है।
- 5. **पूर्ण विकिरण उतापमापी (Total Radiation Pyrometer)**—इस तापमापी में तापमापी को वस्तु के संपर्क में नहीं रखना पड़ता है। अतः, दूर की वस्तुओं जैसे सूर्य आदि का ताप इसी प्रकार के तापमापी द्वारा मापा जाता है। इसके द्वारा प्रायः  $500^{\circ}\text{C}$  से ऊँचे ताप ही मापे जाते हैं, इससे नीचे का ताप नहीं। क्योंकि इससे कम ताप की वस्तुएँ उष्मीय विकिरण उत्सर्जित नहीं करती हैं।

- यह तापमापी स्टीफेन के नियम पर आधारित है, जिसके अनुसार उच्च ताप पर किसी वस्तु से उत्सर्जित विकिरण की मात्रा इसके परमताप के चतुर्थ घात के अनुक्रमानुपाती होती है।
- **तापीय संतुलन (Thermal Equilibrium)**—यदि दो वस्तुएँ एक-दूसरे के संपर्क में रहती हैं और उनके बीच ऊष्मा का प्रवाह नहीं होता है, तो ऐसी अवस्था को तापीय संतुलन कहते हैं।
- **संतुलन ताप (Equilibrium temperature)**—दो भिन्न ताप वाली वस्तुओं को संपर्क में रखने से जिस ताप पर उनके बीच ऊष्मा का प्रवाह शून्य हो जाता है, उस ताप को संतुलन ताप कहते हैं।
- **ऊष्माधारिता (Heat Capacity)**—किसी वस्तु का ताप  $1^{\circ}\text{C}$  या  $1\text{K}$  बढ़ाने के लिए आवश्यक ऊष्मा की मात्रा को ऊष्माधारिता कहते हैं। इसका SI मात्रक  $\text{J/K}$  या  $\text{J/}^{\circ}\text{C}$  होता है।
- **विशिष्ट ऊष्मा (Specific Heat)**—किसी पदार्थ की विशिष्ट ऊष्मा, ऊष्मा की वह मात्रा है, जो उस पदार्थ के एकांक द्रव्यमान में एकांक ताप वृद्धि उत्पन्न करती है। इसे प्रायः  $^{\circ}\text{C}$  द्वारा व्यक्त किया जाता है। विशिष्ट ऊष्मा का SI मात्रक जूल किलोग्राम<sup>-1</sup> केल्विन<sup>-1</sup> ( $\text{J/kg}^{\circ}\text{K}^{-1}$ ) होता है।
- एक ग्राम जल का ताप  $1^{\circ}\text{C}$  बढ़ाने के लिए एक कैलोरी ऊष्मा की आवश्यकता होती है। अतः जल की विशिष्ट ऊष्मा धारिता एक कैलोरी/ग्राम  $^{\circ}\text{C}$  होता है। जल की विशिष्ट ऊष्मा धारिता अन्य पदार्थों की तुलना में सबसे अधिक है।

### कुछ पदार्थों की विशिष्ट ऊष्मा

या विशिष्ट ऊष्माधारिता ( $\text{J/kg K}$ )

● बर्फ	- 2100	● लोहा	- 460
● पारा	- 140	● केरोसीन तेल	- 210
● लेड	- 130	● जल	- 4200

- **ऊष्मीय प्रसार (Thermal Expansion)**—किसी वस्तु को गर्म करने पर उसकी लंबाई, क्षेत्रफल एवं आयतन में वृद्धि होती है।
- **रेखीय प्रसार गुणांक (Coefficient of Linear Expansion)**—किसी ठोस वस्तु का ताप  $1^{\circ}\text{C}$  बढ़ाने पर उसकी लम्बाई में होनेवाले भिन्नात्मक परिवर्तन को रेखीय प्रसार गुणांक कहते हैं। इसे  $\alpha$  से सूचित किया जाता है।  
$$\text{रेखीय प्रसार गुणांक} = \frac{\text{लम्बाई में वृद्धि}}{\text{वास्तविक लम्बाई} \times \text{ताप में वृद्धि}}$$
- **क्षेत्रीय प्रसार गुणांक (Superficial or Area Expansion)**—किसी ठोस वस्तु का ताप  $1^{\circ}\text{C}$  से बढ़ाने पर उसके क्षेत्रफल में होनेवाले भिन्नात्मक परिवर्तन को क्षेत्रीय प्रसार गुणांक कहते हैं। इसे  $\beta$  से सूचित किया जाता है।  
$$\text{क्षेत्रीय प्रसार गुणांक} = \frac{\text{क्षेत्रफल में वृद्धि}}{\text{वास्तविक क्षेत्रफल} \times \text{ताप में वृद्धि}}$$
- **आयतन प्रसार गुणांक (Coefficient of Cubical Expansion or Volume expansion)**—किसी पदार्थ (ठोस, द्रव या गैस) का ताप  $1^{\circ}\text{C}$  से बढ़ाने पर उसके आयतन में होनेवाले भिन्नात्मक परिवर्तन को आयतन प्रसार गुणांक कहते हैं। इसे  $\gamma$  से सूचित किया जाता है।  
$$\text{आयतन प्रसार गुणांक} = \frac{\text{आयतन में वृद्धि}}{\text{वास्तविक आयतन} \times \text{ताप में वृद्धि}}$$
- $\alpha$ ,  $\beta$  तथा  $\gamma$  में संबंध—  
 $\alpha : \beta : \gamma :: 1 : 2 : 3$   
or,  $\beta = 2\alpha$  तथा  $\gamma = 3\alpha$
- **द्रवों का प्रसार (Expansion of Liquids)**—द्रवों का ठोसों की भाँति अपना कोई निश्चित आकार नहीं होता है। अतः द्रव को गर्म करने पर आयतन बदलता है। अतः उसके आयतन में प्रसार होता है।
- पदार्थ का घनत्व गर्म करने पर घटता है।



- **पानी का असाधारण प्रसार (Anomalous Expansion of Water)**—अधिकांश द्रवों को गर्म करने पर उसके घनत्व में कमी एवं आयतन में वृद्धि होती है। लेकिन पानी  $0^{\circ}\text{C}$  से  $4^{\circ}\text{C}$  तक गर्म करने पर आयतन घटता है तथा  $4^{\circ}\text{C}$  के बाद गर्म करने पर आयतन बढ़ना शुरू कर देता है। इसका अर्थ यह है कि  $4^{\circ}\text{C}$  पर जल का घनत्व अधिकतम होता है तथा आयतन न्यूनतम होता है।

- $4^{\circ}\text{C}$  से अधिक गर्म करने पर इसका व्यवहार सामान्य द्रवों की भाँति होता है।
- **गैसों का प्रसार (Expansion of Gases)**—गैसों का आकार एवं आयतन निश्चित नहीं होता है।
- गैसें द्रव्यमान, दाब, आयतन तथा ताप के निश्चित मात्रात्मक संबंधों से निरूपित होती हैं।
- **दाब का नियम (Pressure Law)**—स्थिर आयतन पर किसी गैस के निश्चित द्रव्यमान का दाब (P), उसके ताप (T) के समानुपाती होता है, अर्थात्  $P \propto T$ ।
- **बॉयल का नियम (Boyle's Law)**—स्थिर ताप पर किसी गैस के निश्चित द्रव्यमान का आयतन (V) उसके दाब P के व्युत्क्रमानुपाती होता है।

अर्थात्  $P \propto \frac{1}{V}$  स्थिर ताप पर

या,  $PV = k$  (स्थिरांक)

- **चार्ल्स का नियम (Charles's Law)**—स्थिर दाब पर किसी गैस के निश्चित द्रव्यमान का आयतन (V) उसके परम ताप (TK) के समानुपाती होता है।

अर्थात्  $V \propto T$

जहाँ T परम ताप =  $(t^{\circ}\text{C} + 273.15)$  केल्विन

- **एवोगाड्रो का नियम (Avogadro's Law)**—समान ताप और दाब पर सभी गैसों के समान आयतन में अणुओं की संख्या भी समान होती है।

$V \propto N$  (स्थिर ताप एवं दाब पर)

जहाँ N = गैस के अणुओं की संख्या

या  $V \propto n$  ( $n$  = गैस के मोलों की संख्या)

- सामान्य ताप एवं दाब पर विभिन्न गैसों के एक ग्राम अणु का आयतन  $22.4$  लीटर होता है तथा इसे  $22.4$  लीटर में  $6.023 \times 10^{23}$  अणु होते हैं। यही संख्या एवोगाड्रो संख्या कहलाती है।

- **गैस समीकरण (Gas Equation)**—बॉयल, चार्ल्स और एवोगाड्रो के नियम के संयोजन से अवस्था समीकरण प्राप्त होता है।

$V \propto \frac{1}{P}$  (बॉयल नियम से),  $V \propto T$  (चार्ल्स नियम से),  $V \propto n$

(एवोगाड्रो नियम से)

$\therefore V \propto \frac{1}{P} \times T \times n$ ;  $V \propto \frac{nT}{P}$ , या,  $PV \propto nT$ ,  $PV =$

$nRT$

जहाँ R = अनुक्रमानुपाती स्थिरांक,  $n$  = मोलों की संख्या

यदि  $n = 1$

तो  $PV = RT$

गैस का यही समीकरण, अवस्था समीकरण कहलाता है।

- **ऊष्मा का संचरण (Transmission of Heat)**—तापान्तर के कारण पदार्थों में ऊष्मा का एक स्थान से दूसरे स्थान तक स्थानांतरण होता है, जो ऊँचे ताप की वस्तु से नीचे ताप की वस्तु की ओर जाती है।

इसकी तीन विधि है—

(i) चालन (Conduction), (ii) संवहन (Convection) एवं (iii) विकिरण (Radiation)

- (i) चालन (Conduction)—

ऊष्मा का स्थानांतरण एक स्थान से दूसरे स्थान तक अणुओं के बिना संचरण के होता है।

- ठोस में ऊष्मा का संचरण चालन विधि द्वारा ही होता है। इसमें सिरे के पास स्थिर अणुओं की औसत गतिज ऊर्जा बढ़ती है, जिसके कारण इन अणुओं के कंपन आयाम में वृद्धि होती है।

(ii) संवहन (Convection)—

- इसमें ऊष्मा का संचरण पदार्थ के कणों के स्थानांतरण के द्वारा होता है।
- इसमें पदार्थ के कणों के स्थानांतरण से धाराएँ बहती हैं, जिसे संवहन धाराएँ कहते हैं।
- गैस एवं द्रव में ऊष्मा का संचरण संवहन विधि द्वारा होता है।
- वायुमंडल संवहन विधि द्वारा ही गर्म होता है।
- ठोसों के कण चूँकि अपना स्थान नहीं छोड़ते हैं, अतः उसे इस विधि द्वारा गर्म नहीं किया जा सकता।

(iii) विकिरण (Radiation)—

- इस विधि में ऊष्मा, गरम वस्तु से ठण्डी वस्तु की ओर बिना किसी माध्यम की सहायता के तथा बिना माध्यम को गरम किए प्रकाश की चाल से सीधी रेखा में संचरित होती है।
- विकीर्ण ऊर्जा वस्तुतः विद्युत चुम्बकीय तरंग है। इसके तरंगदैर्घ्य का परिसर (range)  $10^{-3}\text{m}$  से  $7.8 \times 10^{-7}\text{m}$  है।

### ऊष्मा संचरण का दैनिक जीवन में उपयोग

- (i) **एस्किमो लोग बर्फ की दोहरी दीवारों के मकान में रहते हैं**—इसका कारण यह है कि बर्फ की दोहरी दीवारों के मध्य हवा की परत होती है जो ऊष्मा का कुचालक होती है, जिससे अन्दर की ऊष्मा बाहर नहीं जा पाती है, फलस्वरूप कमरे का ताप बाहर की अपेक्षा अधिक बना रहता है।
- (ii) **शीत ऋतु में लकड़ी एवं लोहे की कुर्सीयाँ एक ही ताप पर होती हैं, परन्तु लोहे की कुर्सी छूने पर लकड़ी की अपेक्षा अधिक ठण्डी लगती है**—शीत ऋतु में शरीर का ताप कमरे के ताप से अधिक होता है। लोहा ऊष्मा का सुचालक और लकड़ी ऊष्मा का कुचालक होता है। अतः जब हम लोहे की कुर्सी को छूते हैं, तो हमारे हाथ से ऊष्मा तापान्तर के कारण लोहे की कुर्सी में शीघ्रता से प्रवाहित होने लगती है। जबकि लकड़ी की कुर्सी में ऐसा नहीं होता। इसलिए लोहे की कुर्सी छूने पर लकड़ी की अपेक्षा अधिक ठण्डी लगती है।
- (iii) **धातु के प्याले में चाय पीना कठिन है, जबकि चीनी मिट्टी के प्याले में चाय पीना आसान है**—धातु ऊष्मा का सुचालक होता है, इसके कारण चाय की ऊष्मा से धातु के प्याले गर्म हो जाते हैं, जिससे होठ जलने लगते हैं और चाय पीना कठिन हो जाता है। चीनी मिट्टी का ऊष्मा का कुचालक होने के कारण ऐसा नहीं होता है।
- **दैनिक जीवन में संवहन से संबंधित उपयोग—**
- (i) **समुद्री हवाएँ (Sea Breeze) तथा स्थली हवाएँ (Land Breeze)**—दिन के समय सूर्य की गर्मी से जल की अपेक्षा स्थल जल्दी गर्म हो जाता है, जिससे स्थल की ओर बहने लगती हैं। इन हवाओं को समुद्री हवाएँ कहते हैं। रात में स्थल, जल की अपेक्षा जल्दी ठण्डा हो जाता है। इसलिए समुद्र के जल के सम्पर्क से गर्म हवाएँ ऊपर उठती हैं तथा इनका स्थान लेने के लिए स्थल से समुद्र की ओर हवाएँ चलने लगती हैं, इन्हें स्थलीय हवाएँ कहते हैं।
- (ii) **रेफ्रिजरेटर से फ्रीजर पेटिका को ऊपर रखा जाता है**—इसका कारण यह है कि नीचे की गरम वायु हल्की होने के कारण ऊपर उठती है तथा फ्रीजर पेटिका से टकराकर ठण्डी हो जाती है। ऊपर की ठण्डी वायु भारी होने के कारण नीचे आती है तथा रेफ्रिजरेटर में रखी वस्तुओं को ठण्डा कर देती है।
- (iii) **बिजली के बल्बों में निष्क्रिय गैसों का भरा जाना**—बिजली के बल्बों में निर्यात के स्थान पर निष्क्रिय गैस (जैसे—आर्गन) भरी जाती है। इसका कारण यह है कि बल्ब में निष्क्रिय गैस भरने से तन्तु की ऊष्मा संवहन धाराओं द्वारा चारों ओर फैल जाती है, जिससे तन्तु का ताप उसके गलनांक तक नहीं बढ़ पाता है। ऐसा नहीं करने पर बल्ब का ताप तन्तु के गलनांक तक बढ़ जाएगा जिससे तन्तु पिघल जाएगी।



• दैनिक जीवन में विकिरण से संबंधित उपयोग—

- (I) बादलों वाली रात, स्वच्छ आकाश वाली रात की अपेक्षा गरम होती है—स्वच्छ आकाश वाली रात में पृथ्वी द्वारा छोड़ी गयी विकिरण की ऊष्मा आकाश की ओर चली जाती है। बादल ऊष्मा के कुशलक होते हैं अतः बादलों वाली रात में पृथ्वी द्वारा छोड़ी गयी विकिरण की ऊष्मा आकाश की ओर जाने के बजाय पृथ्वी की ओर लौट जाती है, जिससे पृथ्वी गरम बनी रहती है।
- (II) रेगिस्तान दिन में बहुत गरम तथा रात में बहुत ठण्डे हो जाते हैं—रेत ऊष्मा का अच्छा अवशोषक है और हम जानते हैं कि ऊष्मा का अच्छा अवशोषक ही ऊष्मा का अच्छा उत्सर्जक होता है। अतः दिन में सूर्य की ऊष्मा को अवशोषित करके रेत गर्म हो जाती है वहीं रात में वह अपनी ऊष्मा को विकिरण द्वारा छोड़कर ठण्डी हो जाती है।
- (III) पोलिश किए हुए जूते धूप से शीघ्र गरम नहीं होते क्योंकि वे अपने ऊपर गिरने वाली ऊष्मा का अधिकांश भाग परावर्तित कर देते हैं।

**रेगिस्तान दिन में बहुत गर्म तथा रात में बहुत ठंडा रहता है, क्यों ?**

चूँकि रेत ऊष्मा का अवशोषक होती है। अतः दिन में सूर्य की ऊष्मा को अवशोषित करके रेत गर्म हो जाती है तथा रात में वह अपनी ऊष्मा को विकिरण द्वारा छोड़कर ठंडा हो जाती है।

- रेत में गुण है कि शीघ्र गर्म और ठण्डा होता है।
- न्यूटन का शीतलन नियम (Newton's Law of Cooling)—समान अवस्था रहने पर विकिरण द्वारा किसी वस्तु के ठण्डे होने की दर वस्तु तथा उसके चारों ओर के माध्यम के तापान्तर



**डेवी निरापद दीप (Davy's Safety Lamp)—**

- डेवी निरापद दीप की बनावट लगभग साधारण हलटैन-जैसी होती है।
- अंतर केवल इतना ही होता है कि इसमें शीशे की चिमनी के बदले तार की जाली लगी होती है।
- यदि कोई ज्वलनशील पदार्थ तार की जाली के अंदर घुसकर जलती भी है, तो उससे उत्पन्न ऊष्मा तार की जाली के कारण चारों ओर फैल जाती है।
- इस प्रकार चिमनी के बाहर इतना ताप नहीं होता है कि बाहर की गैस आग पकड़ ले।
- ऐसी स्थिति में एक विशेष रंग का प्रकाश निकलता है, जिसे देखकर खान के मजदूर सतर्क हो जाते हैं।
- खान के अंदर इस प्रकार के दीप का प्रयोग करने से खतरा की संभावना बहुत हद तक कम हो जाती है।
- अवस्था परिवर्तन तथा गुप्त ऊष्मा (Changes in State and Latent Heat)—निश्चित ताप पर पदार्थ का एक अवस्था से दूसरी अवस्था में परिवर्तन होना अवस्था परिवर्तन कहलाता है।
- अवस्था परिवर्तन में पदार्थ का ताप नहीं बदलता है।

- **त्रिक-बिन्दु (Triple Point)**—वह निश्चित ताप तथा दाब, जिस पर शुद्ध जल की तीनों अवस्थाएँ (ठोस, द्रव एवं गैस) साम्यावस्था में होती है। जल के लिए त्रिक-बिन्दु पर ताप  $0.0075^{\circ}\text{C}$  तथा दाब  $4.53 \text{ mm Hg}$  होता है।
- **गलनांक**—मानक वायुमंडलीय दाब पर जिस निश्चित ताप पर कोई ठोस द्रव-अवस्था में परिवर्तित होता है, उस ताप को उसका गलनांक कहते हैं।
- **हिमांक**—मानक वायुमंडलीय दाब पर जिस निश्चित ताप पर कोई द्रव ठोस अवस्था में परिवर्तित होता है, उस ताप को उसका हिमांक कहते हैं।
- प्रायः हिमांक एवं गलनांक बराबर होते हैं।
- जो पदार्थ ठोस से द्रव में बदलने पर सिकुड़ते हैं (जैसे-बर्फ), उनका गलनांक दाब बढ़ाने पर घट जाता है तथा जो पदार्थ ठोस से द्रव में बदलने पर फैलते हैं, उनका गलनांक दाब बढ़ाने पर बढ़ता है।
- अशुद्धियाँ मिलाने पर गलनांक घटता है।
- **क्वथनांक (Boiling Point)**—मानक वायुमंडलीय दाब पर जिस निश्चित ताप पर कोई द्रव वाष्प अवस्था में परिवर्तित होता है, उस ताप को उसका क्वथनांक कहते हैं।
- **संघनन**—निश्चित ताप पर वाष्प से द्रव में बदलना संघनन कहलाता है।
- प्रायः क्वथनांक एवं संघनन का ताप बराबर होता है।
- दाब बढ़ाने पर क्वथनांक बढ़ता है।
- अशुद्धि मिलाने पर द्रव का क्वथनांक बढ़ता है।
- **गुप्त ऊष्मा (Latent Heat)**—अचर ताप पर पदार्थ के प्रति एकांक द्रव्यमान द्वारा अवस्था परिवर्तन के लिए ली जाने वाली या छोड़ी जाने वाली ऊष्मा को गुप्त ऊष्मा कहते हैं।
- इसे प्रायः 'L' द्वारा सूचित किया जाता है।
- इसका मात्रक जूल/kg होता है।
- **गलन की गुप्त ऊष्मा (Latent Heat of Fusion)**—नियत ताप पर किसी पदार्थ के एकांक द्रव्यमान के ठोस अवस्था से द्रव अवस्था में परिवर्तित होने के लिए आवश्यक ऊष्मा की मात्रा को गलन की गुप्त ऊष्मा कहते हैं। इसे  $L_f$  द्वारा सूचित किया जाता है।
- बर्फ के लिए गलन की गुप्त ऊष्मा का मान  $80$  कैलोरी/ग्राम होता है।
- यदि  $m$  द्रव्यमान का ठोस गलनांक पर हो और उस स्थिति में उसे द्रव में पूर्णतः बदलने के लिए  $Q$  ऊष्मा देनी पड़ी हो तो उसके गलने की

$$\text{गुप्त ऊष्मा } L = \frac{Q}{M}$$

$$\text{गुप्त ऊष्मा की विमा} = \frac{[ML^2T^{-2}]}{[M]} = [L^2T^{-2}]$$

- इसका SI मात्रक J/kg जिसे अक्सर  $\text{cal kg}^{-1}$  या  $\text{cal gm}^{-1}$  में व्यक्त करते हैं।
- बर्फ के गलन की गुप्त ऊष्मा  $= 3.34 \times 10^5 \text{ J/kg}$  या  $80 \text{ cal/gm}^{-1}$
- **वाष्पीकरण की गुप्त ऊष्मा (Latent heat of Vaporisation)**—नियत ताप पर किसी पदार्थ के एकांक द्रव्यमान के द्रव-अवस्था से वाष्प-अवस्था में परिवर्तित होने के लिए आवश्यक ऊष्मा की मात्रा को वाष्पीकरण की गुप्त ऊष्मा कहते हैं। इसे  $L_v$  द्वारा सूचित किया जाता है।
- जल के लिए वाष्पन की गुप्त ऊष्मा का मान  $5.40$  कैलोरी/ग्राम है।
- गुप्त ऊष्मा का SI मात्रक जूल/kg है।
- उबलते जल की अपेक्षा भाप से जलने पर अधिक कष्ट होता है, क्योंकि जल की अपेक्षा भाप की गुप्त ऊष्मा अधिक होती है।
- $0^{\circ}\text{C}$  पर पिघलती बर्फ में कुछ नमक-शोरा मिलाने से बर्फ का गलनांक  $0^{\circ}\text{C}$  से घटकर  $-22^{\circ}\text{C}$  तक कम हो जाता है। ऐसे मिश्रण को हिम-मिश्रण कहते हैं।
- इस मिश्रण का उपयोग कुल्फी, आइसक्रीम आदि बनाने में किया जाता है।



- यदि क्वथनांक पर किसी द्रव के  $m$  द्रव्यमान को गैस में पूर्णतः बदलने के लिए  $Q$  ऊष्मा देनी पड़ती है तो इसके वाष्पन की गुप्त ऊष्मा

$$L = \frac{Q}{m}$$

इसकी विमा  $[L^2 T^{-2}]$  है।

- इसका SI मात्रक  $J kg^{-1}$  है जिसे  $cal kg^{-1}$  या  $cal gm^{-1}$  में भी व्यक्त करते हैं।
- पानी के वाष्पन की गुप्त ऊष्मा  $2.26 \times 10^6 J kg^{-1}$  या  $540 cal gm^{-1}$  होती है।
- ठोसकरण की गुप्त ऊष्मा (Latent heat of Freezing)—नियत ताप पर किसी पदार्थ के एकांक द्रव्यमान के द्रव-अवस्था से ठोस-अवस्था में परिवर्तित होने में पदार्थ द्वारा व्यक्त ऊष्मा को ठोसकरण की गुप्त ऊष्मा कहते हैं। इसे  $L_f$  द्वारा सूचित किया जाता है।
- द्रवीकरण की गुप्त ऊष्मा (Latent heat of Condensation)—नियत ताप पर किसी पदार्थ के एकांक द्रव्यमान के वाष्प-अवस्था से द्रव-अवस्था में परिवर्तित होने में पदार्थ द्वारा व्यक्त ऊष्मा को द्रवीकरण की गुप्त ऊष्मा कहते हैं।
- वाष्पीकरण (Evaporation)—द्रव के खुली सतह से प्रत्येक ताप पर धीरे-धीरे द्रव का अपने वाष्प में बदलना वाष्पीकरण कहलाता है।

### प्रशीतक (Refrigerator)

- प्रशीतक एक ऐसी युक्ति है, जिसमें वाष्पीकरण द्वारा ठंडक उत्पन्न की जाती है।
- प्रशीतक में ताँबे की एक वाष्पक कुंडली (Evaporator coil) लगी होती है, जिसमें द्रव फ्रीऑन भरा रहता है, जो वाष्पीकृत होकर ठंडक उत्पन्न करता है।
- रेफ्रिजरेटर में एक स्थान पर ऊष्मा ग्रहण की जाती है तथा किसी दूसरे स्थान से इस ऊष्मा का त्याग किया जाता है।
- फ्रीजर की चारों ओर एक कुंडलित नली लगी होती है, जिसमें वाष्पशील द्रव फ्रीऑन भरा होता है, जो वाष्पीकृत होकर वातावरण से ऊष्मा ग्रहण करता है, जो गुप्त ऊष्मा होती है।
- इससे शीतलन की क्रिया होती है।
- इसमें खाद्य-पदार्थों को रख देने पर कुछ समय तक खराब होने से बच जाता है।

- परम आर्द्रता (Absolute Humidity)—NTP पर वायु के एकांक आयतन में उपस्थित जलवाष्प की मात्रा को परम आर्द्रता कहते हैं।
- आपेक्षिक आर्द्रता (Relative Humidity)—किसी ताप पर वायु के किसी आयतन में उपस्थित जलवाष्प की मात्रा और उतने ही आयतन को संतृप्त करने के लिए आवश्यक जलवाष्प की मात्रा के अनुपात को आपेक्षिक आर्द्रता कहते हैं।
- आपेक्षिक आर्द्रता को प्रतिशत में व्यक्त किया जाता है इसलिए इसके अनुपात में 100 से गुणा करते हैं।
- हाइग्रोमीटर द्वारा आपेक्षिक आर्द्रता को मापा जाता है।
- ताप बढ़ने पर आपेक्षिक आर्द्रता बढ़ जाती है।

### कोहरा (Fog) क्या है ?

- जाड़े की ठंडी रातों में जब आकाश साफ रहता है, तब धूल, धुआँ आदि के कारण कणों पर जलवाष्प द्रवित होकर छोटी-छोटी बूँदों के रूप में जमा हो जाता है, तो वायुमंडल धुँधला-सा दिखाई देने लगता है। कभी-कभी ऐसी स्थिति आती है कि हम निकट की वस्तु को भी स्पष्ट रूप से नहीं देख पाते हैं। इसी धुँध को 'कोहरा' कहते हैं।

- वातानुकूलन (Air-Conditioning)—सामान्यतः मनुष्य के स्वास्थ्य एवं अनुकूल जलवायु के लिए निम्नलिखित परिस्थितियाँ होना आवश्यक है—  
(i) ताप  $-23^\circ C$  से  $25^\circ C$   
(ii) आपेक्षिक आर्द्रता  $-60^\circ$  से  $65^\circ$  के बीच।  
(iii) वायु की गति  $-0.75$  मी०/मिनट से  $2.5$  मी०/मिनट।

- ऊष्मागतिकी (Thermodynamics)—भौतिक व रासायनिक परिवर्तनों के दौरान ऊर्जा में परिवर्तन होता है। ऐसे ऊर्जा परिवर्तनों का अध्ययन ही ऊष्मागतिकी कहलाता है।
- इसके अन्तर्गत उष्मीय ऊर्जा को यांत्रिक ऊर्जा, रासायनिक ऊर्जा और वैद्युत ऊर्जा आदि के साथ संबंध ज्ञात किया जाता है।
- ऊष्मागतिकी का प्रथम नियम (First Law of Thermodynamics)—ऊष्मागतिकी का प्रथम नियम ऊर्जा संरक्षण से संबंधित है। इसी नियम के अनुसार—  
(i) ऊर्जा न तो उत्पन्न की जा सकती है और न ही नष्ट की जा सकती है।  
(ii) ब्रह्माण्ड की सम्पूर्ण ऊर्जा स्थिर है।
- समतापी प्रक्रम (Isothermal Process)—जब किसी निकाय में कोई परिवर्तन इस प्रकार हो कि निकाय का ताप पूरी क्रिया में स्थिर रहे तो उस परिवर्तन को समतापी परिवर्तन कहते हैं।  
अतः  $PV = nRT$  से इस प्रक्रम के दाब एवं आयतन एक-दूसरे से  $P = \frac{nRT}{V} = \text{constant}$  द्वारा संबंधित होते हैं। इस प्रक्रम में  $V_1$  आयतन से  $V_2$  आयतन तक प्रसारित होकर गैस  $W$  कार्य करती है।  
जहाँ  $W = 2.303 nRT \ln \left( \frac{V_2}{V_1} \right)$

- रूद्धोष्म प्रक्रम (Adiabatic Process)—यदि किसी निकाय में कोई परिवर्तन इस प्रकार हो कि पूरी प्रक्रिया के दौरान निकाय न तो बाहरी माध्यम को ऊष्मा दे और न ही उससे कोई ऊष्मा ले तो इस परिवर्तन को रूद्धोष्म परिवर्तन कहते हैं।
- कार्बन डाइऑक्साइड के अचानक प्रसार होने पर वह शुष्क बर्फ के रूप में बदल जाती है। यह रूद्धोष्म परिवर्तन का उदाहरण है।

### शुष्क बर्फ (Dry Ice) क्या है ?

- ठोस कार्बन डाइऑक्साइड गैस को शुष्क बर्फ के नाम से जाना जाता है।
- इसे बनाने के लिए कार्बन डाइऑक्साइड गैस ( $CO_2$ ) को अचानक प्रसारित किया जाता है, जिससे वह ठंडी होकर श्वेत ठोस में बदल जाती है, जिसे 'शुष्क बर्फ' कहते हैं। इसका उपयोग प्रशीतक के रूप में किया जाता है।

### ऊष्मागतिकी का द्वितीय नियम (Second Law of Thermodynamics)—

- ऊष्मागतिकी का प्रथम नियम यह बतलाता है कि किसी ऊष्मागतिकी निकाय की कुल ऊर्जा संरक्षित रहती है।
- प्रथम नियम ऊष्मा के प्रवाहित होने की दिशा को नहीं बताता है।
- ऊष्मागतिकी का द्वितीय नियम ऊष्मा के प्रवाहित होने की दिशा को व्यक्त करता है।
- केल्विन के अनुसार, "ऊष्मा का पूर्णतया कार्य में परिवर्तन असंभव है।"
- क्लासियस के कथन के अनुसार, "ऊष्मा अपने कम ताप की वस्तु से अधिक ताप की वस्तु की ओर प्रवाहित नहीं हो सकती है।"

### एन्ट्रॉपी (Entropy)

- किसी निकाय की अव्यवस्था (Disorder) की माप को एन्ट्रॉपी कहते हैं।
- एक ऊष्मागतिकी निकाय के एन्ट्रॉपी में परिवर्तन ( $\Delta S$ ) को निम्नांकित रूप में परिभाषित किया जाता है:

$$\Delta S = \frac{q(\text{उत्क्रमणीय})}{T}$$

- जहाँ  $q$  ऊष्मा (उत्क्रमणीय प्रक्रम द्वारा) निकाय को निश्चित ताप ( $T$ ) पर दी गयी है। एन्ट्रॉपी का मात्रक जूल-केल्विन ( $J/K$ ) होता है।
- जब निकाय को ऊष्मा प्रदान की जाती है, जब निकाय की अव्यवस्था बढ़ती है और तब  $\Delta S$  भी बढ़ता है और एन्ट्रॉपी भी बढ़ जाती है।



- अतः किसी पदार्थ के अणु जितने अधिक व्यवस्थित होते हैं, उनमें एण्ट्रॉपी उतनी ही कम होती है।
- एक विलगित निकाय जब साम्यावस्था में होता है, तो उसकी एण्ट्रॉपी अधिकतम होती है।
- इसके परिणामस्वरूप उसकी एण्ट्रॉपी में परिवर्तन  $\Delta S$  शून्य होता है।
- स्वतः होनेवाली अभिक्रिया (Spontaneous reaction) में हमेशा  $\Delta S$  धनात्मक होता है अर्थात् निकाय की सम्पूर्ण एण्ट्रॉपी बढ़ जाती है।

### ऊष्मा : महत्वपूर्ण तथ्य एक नजर में

- ऊष्मा की इकाई है — कैलरी
- सेन्टीग्रेड तथा फारेनहाइट का तापमान समान होता है —  $-40^\circ$  पर
- ऊष्मा का सर्वोत्तम चालक होता है — पारा
- जल से भरे बीकर में वायुमंडलीय दाब से कम दाब पर भाप प्रवाहित होने पर जल को उबाला जा सकता है — हाँ
- कमरे में रखे हुए एक चालू रेफ्रिजरेटर के दरवाजे यदि खुले छोड़ दिये जायें, तो — कमरा धीरे-धीरे गर्म हो जाएगा
- दाब बढ़ाने पर जल का क्वथनांक — बढ़ेगा
- कोहरा बनता है — ठण्डी शुष्क रात में
- यदि विभव मापने वाले यंत्र द्वारा किसी ताप का मापन करना हो, तो उसकी आवश्यकता होती है — ताप वैद्युत तापमापी की
- उबलते हुए पानी एवं वाष्प में से अधिक जलन-दायक होता है — वाष्प
- एक ही धातु के समान द्रव्यमान वाले एक गोले, एक घन तथा एक पतली गोल प्लेट को एक साथ  $200^\circ\text{C}$  तक गर्म करके कमरे के तापक्रम पर ठण्डा होने दिया जाता है, सबसे पहले ठण्डा होगा — गोला
- प्रेशर कुकर में खाना कम समय में तैयार हो जाता है — जल के क्वथनांक बढ़ने के कारण
- पानी का त्रिगुणात्मक बिन्दु होता है —  $273.16\text{ K}$
- एक आदर्श गैस में समतापी प्रसार होने का अर्थ है — इसका ताप नियत रहता है
- यदि एक रोगी का ताप  $40^\circ\text{C}$  है, तो उसका ताप फारेनहाइट स्केल पर क्या होगा —  $104^\circ\text{F}$
- किसी पदार्थ की वाष्प, गैस की भाँति व्यवहार किस ताप पर करती है — क्रांतिक ताप से अधिक ताप पर
- ताप जिससे अधिक ताप पर गैसीय अवस्था में पदार्थ को कभी भी द्रवित किया जा सकता है — क्रांतिक ताप
- ऊष्मा का अच्छा अवशोषक होता है — अच्छा निर्गतक
- निर्गत ऊष्मा या प्राप्त ऊष्मा के आकलन के लिए जब अवस्था में कोई परिवर्तन न हो, तो ..... तथ्य की आवश्यकता नहीं होती — सापेक्षिक घनत्व
- ऊष्मा सर्वाधिक तीव्र गति से स्थानांतरित होती है — विकिरण से
- सूर्य का ताप मापा जाता है — उच्चतापी द्वारा
- उच्चतापी किस कार्य के लिए प्रयुक्त किया जाता है — उच्च ताप मापने के लिए
- एक धातु की ठोस गेंद के अन्दर एक कोटर है, जब इस धातु की गेंद को गर्म किया जाता है, तो कोटर के आयतन पर क्या प्रभाव पड़ेगा — आयतन बढ़ेगा
- आदर्श गैस की आंतरिक ऊर्जा पर निर्भर करती है — केवल ताप पर
- पीतल, लोहा एवं सीसा में विशिष्ट ऊष्मा अधिकतम ..... होती है — सीसा की
- न्युटन की शीतलता का नियम किस संवहन हानि पर लागू होता है — प्राकृतिक संवहन हानि पर
- सामान्य दाब पर जल उबलता है —  $100^\circ\text{C}$  पर

- तापे की दो छड़ें जिनकी लम्बाइयाँ समान हैं किन्तु व्यास भिन्न-भिन्न हैं, समान ताप तक गर्म की जाती हैं; उनकी लम्बाई में प्रसार होगा — दोनों छड़ों में समान
- तूफानी रात में आँस नहीं जमने का ..... कारण होता है — वाष्पन की तीव्र दर के कारण
- एक धर्मस में कॉफी रखी है, धर्मस को तंजी से हिलाया जाता है। कॉफी को एक निकाय मानते हुए बताइये कि कॉफी के ताप पर क्या प्रभाव पड़ेगा — बढ़ जाएगा
- जब पानी को  $0^\circ\text{C}$  से  $10^\circ\text{C}$  तक गर्म किया जाता है, तो इसके आयतन पर क्या प्रभाव पड़ता है — आयतन पहले घटता है और फिर बढ़ता है
- एक बर्फ के टुकड़े का कमरे के तापक्रम पर पिघलने का क्या कारण होता है — बर्फ के अणुओं द्वारा स्थितिज ऊर्जा प्राप्त करने के कारण
- शिमला में जल पम्प के अधिक ठण्ड से फटने का कारण होता है — जल जमने से इसका आयतन बढ़ जाने के कारण
- रेल पटरी के बीच थोड़ा जगह छोड़ दिया जाता है ताकि गर्म होने पर व्यावधान उत्पन्न नहीं हो (गर्मी माह में)
- किसी ठोस वस्तु को गर्म करने पर सर्वाधिक प्रतिरत वृद्धि होगी — आयतन में
- ऊष्मा, है — एक ऊर्जा
- ऊष्मा का मापन किया जाता है — पदार्थ के अणुओं की गति से
- किसी ताप पर आदर्श गैस के अणुओं में कौन सी ऊर्जा होती है — केवल गतिज ऊर्जा
- दाब बढ़ने पर बर्फ के हिमांक पर क्या प्रभाव पड़ता है — हिमांक कम होता है
- समतापी अवस्था में आदर्श गैस को दी गयी ऊष्मा किस कार्य को करने में काम करती है — बाह्य कार्य करने में
- बहुत अधिक ठण्ड में भी जल में रहने वाले जन्तु किस तरह जीवित रहते हैं — तली का जल नहीं जमने के कारण
- एक स्थिर आयतन वायुतापमापी आधारित है — चार्ल्स के नियम पर
- हवा के ताप, आर्द्रता, शुद्धता एवं प्रवाह के उतार-चढ़ाव की प्रक्रिया को कहा जाता है — वातानुकूलन
- सुबह का सूरज इतना गर्म नहीं होता जितना कि दोहपहर का, इसका क्या कारण है — सुबह के समय सूरज की किरणों को वातावरण में अधिक दूरी तय करनी पड़ती है
- वह उपकरण जो ऊष्मीय ऊर्जा को यांत्रिक ऊर्जा में बदलता है, कहलाता है — ऊष्मा इंजन
- धर्मस तरल पदार्थ को लम्बे समय तक गर्म क्यों रखता है — चमकदार आंतरिक दीवार तथा बाह्य आवरण के कारण
- $0^\circ\text{C}$  ताप को 1 ग्राम बर्फ को  $100^\circ\text{C}$  ताप में परिवर्तित करने के लिए कितनी ऊष्मा की आवश्यकता होती है — 716 कैलोरी की
- क्या स्थिर अवस्था में किसी वस्तु का ताप समय के साथ नहीं बदलता है — हाँ
- $400^\circ\text{C}$  ताप को मापने के लिये हम किस तापमापी को उपयोग में लायेंगे — विकिरण तापमापी को
- किसी पदार्थ की ऊष्माधारिता निर्भर करती है — विशिष्ट ऊष्मा पर
- यदि विशिष्ट ऊष्मा निर्धारण में ताप को सेंटीग्रेड पैमाने के स्थान पर फारेनहाइट पैमाने में लिया जाये, तो — विशिष्ट ऊष्मा घटेगी
- द्रव तापमापी की अपेक्षा गैस तापमापी अधिक सुग्राह क्यों होता है — गैसों में द्रवों की अपेक्षा अधिक विस्तार होने के कारण
- पदार्थों का प्रसार होता है, तापमान का — समानुपाती
- किसी झरने में जब जल ऊँचाई से गिरता है, तो उसका ताप — बढ़ जाता है
- किस ताप एवं किस दाब पर आकाश में बादल सीधे ओलों में परिवर्तित हो जाते हैं — निम्न ताप एवं निम्न दाब पर
- अल्कोहल पानी की अपेक्षा अधिक वाष्पशील क्यों होता है — इसका क्वथनांक पानी में कम होने के कारण



- किसी बांध के आधार पर गिरने वाले जल का तापमान उसके शिखर के तापमान से —अधिक होता है
- किसी वस्तु का तापमान  $1^{\circ}\text{C}$  बढ़ाने हेतु जितनी ऊष्मा की जरूरत होती है, उसे कहते हैं —ऊष्माधारिता
- बराबर परिमाण में पदार्थ एवं जल की ऊष्माधारिताओं का अनुपात कहलाता है —विशिष्ट ऊष्मा
- ऊष्मागतिकी के प्रथम नियम से ऊष्मीय ऊर्जा का ..... सिद्धांत प्राप्त होता है —ऊर्जा के अविनाशत्व का सिद्धांत
- गर्म करने पर ठोस पदार्थ का आयतन बढ़ता है, जबकि घनत्व — घटता है
- वाष्पीकरण की क्रिया सदैव होती है —द्रव की सतह पर
- गर्म होने पर द्रव से वाष्प बनने की क्रिया कहलाती है —क्वथनांक
- शुद्ध अवस्था में प्रत्येक पदार्थ का द्रवणांक एक क्वथनांक होता है —निश्चित
- वस्तुतः किसी पदार्थ का द्रवणांक एवं हिमांक होता है —समान
- खाना पकाने वाला बर्तन होना चाहिए —उच्च विशिष्ट ऊष्मा वाला, उच्च चालकता वाला
- पूर्ण विकिरण उत्तापमापी द्वारा मापा जाता है —दूर स्थित वस्तु (जैसे- सूर्य) का तापमान
- एक श्याम सतह (Black Surface) होता है, ऊष्मा का —अच्छा विकिरक और अच्छा अवशोषक
- पोलिश की हुई सतह होती है, ऊष्मा का —अच्छा परावर्तक और निम्न अवशोषक
- मरुस्थलों में रातें अपेक्षाकृत ठंडी होती हैं, क्योंकि यहां पर ऊष्मा का विकिरण होता है —अधिकतम
- सबसे अच्छा विसंवाहक पदार्थ (Insulator) क्या है —कांच
- जाड़े के दिनों में पेंडुलम घड़ी हो जाती है —तेज
- यह कौन सी कांच है, जो ताप के प्रभाव से सबसे कम विस्तारित होती है —फ्लिंट
- ठंडे प्रदेशों में कार रेडिएटर में पानी के साथ क्या मिला दिया जाता है, ताकि पानी के हिमांक (Freezing Point) को कम किया जा सके —ग्लिसरॉल
- जब पानी की एक बड़ी बूंद कई छोटी बूंदों के मिलने से बनती है, तो उसका तापमान —बढ़ जाता है
- जो अच्छे अवशोषक होते हैं, वे अच्छे विकिरक भी होते हैं, यह नियम किसका है —किरचॉफ का

#### 4. प्रकाश (Light)

- प्रकाश (Light) ऊर्जा का एक रूप है, जिससे देखने की संवेदना प्राप्त होती है।
- यह विद्युत-चुम्बकीय तरंगों के रूप में चलती है।
- प्रकाश निर्वात में भी गमन कर सकता है।
- निर्वात तथा वायु में प्रकाश की चाल  $3 \times 10^8 \text{ m/sec}$  होती है।
- जल में यह  $2.25 \times 10^8 \text{ m/sec}$  होती है।
- प्रकाश की प्रकृति के बारे में सर्वप्रथम न्यूटन ने कणिका सिद्धांत का प्रतिपादन किया, जिसके अनुसार प्रकाश छोटे-छोटे हल्के कणों से मिलकर बना है।
- इस सिद्धांत के आधार पर परावर्तन-अपवर्तन आदि की व्याख्या की जा सकती है। लेकिन प्रकाश के व्यतिकरण, विवर्तन और ध्रुवण की व्याख्या नहीं हो सकती है।
- प्रकाश का तरंगदैर्घ्य  $3900\text{\AA}$  से  $7800\text{\AA}$  के बीच होता है।
- प्रकाश-विद्युत प्रभाव एवं क्रॉम्पटन सिद्धान्त की व्याख्या आइन्सटीन द्वारा प्रतिपादित प्रकाश के फोटॉन सिद्धान्त द्वारा की जाती है।
- वास्तव में यह दोनों प्रभाव प्रकाश की कण प्रकृति को प्रकट करते हैं।
- कुछ घटनाओं में प्रकाश तरंग की तरह तथा कुछ घटनाओं में कण की तरह व्यवहार करता है। इसे प्रकाश की दोहरी प्रकृति (Dual nature of light) कहते हैं।

#### प्रकाश का वेग (Velocity of light)—

- 1667 ई० में गैलीलियो ने प्रकाश का वेग ज्ञात करने का असफल प्रयोग किया।
- 1675 ई० में रोमर (डेनमार्क) ने प्रकाश के वेग की गणना करने में सफलता पायी।

#### विभिन्न माध्यमों में प्रकाश की चाल

माध्यम	प्रकाश की चाल
• नाइलन	— $1.96 \times 10^8$ मीटर/सेकेंड
• जल	— $2.25 \times 10^8$ मीटर/सेकेंड
• कांच	— $2 \times 10^8$ मीटर/सेकेंड
• रॉक साल्ट	— $1.96 \times 10^8$ मीटर/सेकेंड
• तारपीन	— $2.04 \times 10^8$ मीटर/सेकेंड
• निर्वात	— $3 \times 10^8$ मीटर/सेकेंड

- बाद में फीजो ने 1849 ई० में तथा फोको (Foucault) ने 1862 ई० में तथा माइकेल्सन (अमेरिका) ने 1926 ई० में प्रकाश का वेग ज्ञात करने में सफलता हासिल की।
- वायु तथा निर्वात में प्रकाश की चाल सर्वाधिक ( $3 \times 10^8 \text{ m/sec.}$ ) होती है।
- सूर्य से पृथ्वी तक प्रकाश 8 मिनट 18 सेकेंड (499 से०) में पहुँचता है।
- चंद्रमा से परावर्तित प्रकाश को पृथ्वी तक आने में 1.3 सेकेंड का समय लगता है।
- जिस माध्यम का अपवर्तनांक ( $\mu$ ) जितना अधिक होगा, प्रकाश की चाल उतनी ही कम होगी—

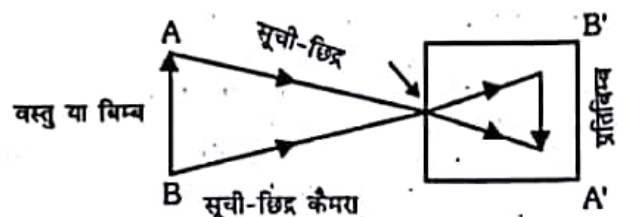
$$\text{माध्यम में प्रकाश की चाल (c)} = \frac{\text{निर्वात में प्रकाश की चाल}}{\mu}$$

#### प्रकाश का सरल रेखीय गमन (Rectilinear propagation of light)—

- समांग माध्यमों (घनत्व हर भाग में बराबर) में प्रकाश की किरणें सरल रेखाओं में चलती हैं।
- उपर्युक्त को प्रकाश का 'सरल-रेखीय गमन' कहते हैं।
- विभिन्न प्रकार की छायाओं का बनना, सूर्य-ग्रहण, चंद्र-ग्रहण तथा सूची-छिद्र कैमरा में उल्टे चित्र का बनना भी प्रकाश तरंगों के सरल-रेखीय गमन के कारण ही संभव हो पाता है।

#### सूची-छिद्र कैमरा (Pin-hole camera)—

- इसमें लकड़ी का बना एक आयतकार बॉक्स होता है, जिसकी भीतरी दीवारें काले रंग से रंगी होती हैं।
- सामने वाली दीवार के ठीक मध्य में सुई के नोक के बराबर एक छिद्र रहता है और पीछे वाली दीवार घिसे शीशे अथवा तेल लगी कागज की बनी होती है।
- जब हम कैमरे के सामने कोई वस्तु (Object) रखते हैं, तो इस वस्तु का उल्टा प्रतिबिम्ब (Image) कैमरे के पीछे वाली दीवार पर बनता है।
- वस्तु के ऊपरी भाग से निकलने वाली किरणें सीधी रेखा में चलकर पीछे वाली दीवार के निचले भाग में आती हैं और वस्तु के निचले भाग से निकलने वाली किरणें पीछे वाली दीवार के ऊपरी भाग में आती हैं।





### Important Facts

1. सर्वप्रथम न्यूटन (Newton) ने बताया कि श्वेत प्रकाश सभी रंगों के प्रकाश से मिलकर बना है। न्यूटन ने ही बताया कि प्रकाश अत्यन्त सूक्ष्म कणों का बना होता है और वह सीधी रेखा में गमन करता है।
2. भौतिकशास्त्री हाइजेन (Huygens) ने प्रकाश का तरंग सिद्धान्त (wave theory) दिया। इसने बताया कि प्रकाश तरंगों से बना होता है।
3. सन् 1800 ई० में अंग्रेज भौतिकीवेत्ता थॉमस यंग (Thomas Young) ने प्रकाश के व्यतिकरण (Interference of light) का सिद्धान्त दिया। उसने दिखाया कि दो प्रकाश किरण पुंज कुछ निश्चित परिस्थिति में एक-दूसरे को समाप्त कर देते हैं। अधिकांश वैज्ञानिकों ने यंग के प्रयोग को प्रकाश के तरंग सिद्धान्त की सत्यता का प्रमाण मान लिया।
4. सन् 1864 ई० में ब्रिटिश भौतिकशास्त्री मैक्सवेल (Maxwell) ने विद्युत-चुम्बक (Electromagnetism) का गणितीय सिद्धान्त दिया। इस सिद्धान्त के अनुसार, "विद्युतीय क्षेत्र और चुम्बकीय क्षेत्र के बदलते स्वरूप के कारण जो प्रभाव उत्पन्न होता है, वही तरंगों की गति के लिए उत्तरदायी होता है। मैक्सवेल तरंग संबंधी इस सिद्धान्त के गणितीय गुण प्रकाश के लिए आकलित गुणों से मिलते थे। कल्पन कर रहे विद्युतीय आवेशों द्वारा जो प्रकाश उत्पन्न होता है, वह परमाणु में उपस्थित विद्युत आवेश ही है। मैक्सवेल के इस कार्य से प्रकाश के तरंग स्वरूप की ओर भी मान्यता मिली।
5. क्वाण्टम यांत्रिकी (Quantum mechanics)—सन् 1900 ई० में जर्मन भौतिकविद् मैक्स प्लांक (Max Planck) ने एक समीकरण दिया जो किसी गर्म सतह से उत्सर्जित होने वाले प्रकाश के प्रायोगिक आँकड़ों से मेल खाता था। उन्होंने अनुभव किया कि सतह के प्रकाश उत्सर्जक में ऊर्जा की छोटी मात्रा होती है। जब ऊर्जा की मात्रा एक निश्चित मात्रा में होती है, तो उसे क्वाण्टम कहा जाता है।
6. सन् 1905 ई० में आइंस्टीन (Einstein) ने इस तथ्य का उद्घाटन किया कि प्रकाश भी क्वांटाइज्ड होता है। प्रकाश छोटे-छोटे ऊर्जा समूहों में आता है, जिसे क्वाण्टा कहते हैं। प्रकाश की ऊर्जा-समूह (क्वांटाइज्ड ऊर्जा) की परिकल्पना से उसके कण होने का प्रमाण प्राप्त होता है। प्रकाश के इन कणों को फोटॉन (Photon) कहा गया है।

- यही कारण है कि किसी वस्तु का उल्टा प्रतिबिम्ब इस कैमरे में दिखाई देता है।
- इससे भी सिद्ध होता है कि प्रकाश किरणें सीधे रेखाओं में गमन करती हैं।
- यदि कैमरे की सामने वाली दीवार पर एक से अधिक छिद्र कर दिया जाए, तो पीछे वाली दीवार पर छिद्रों की संख्या के बराबर ही प्रतिबिम्बों की संख्या होगी।
- यदि अनेक छिद्रों के बदले एक ही बड़ा छिद्र कर दिया जाये तब भी उसी तरह का प्रतिबिम्ब बनेगा, क्योंकि बड़े छिद्र को हम छोटे छिद्रों का समूह मान सकते हैं।
- प्रतिबिम्ब का आकार छिद्र से परदे की दूरी और बिम्ब से छिद्र की दूरी पर निर्भर करता है।

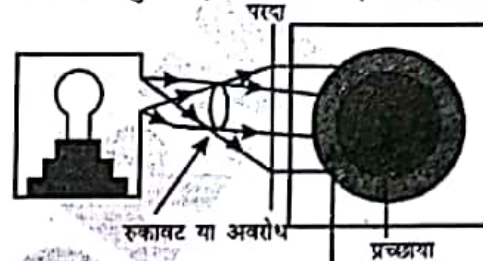
$$\frac{\text{प्रतिबिम्ब की ऊँचाई}}{\text{बिम्ब की ऊँचाई}} = \frac{\text{छिद्र से प्रतिबिम्ब की दूरी}}{\text{छिद्र से बिम्ब की दूरी}} = \text{आवर्धन}$$

- बड़े आवर्धन के लिए छिद्र से बिम्ब की दूरी कम होनी चाहिए।
- यदि परदे की जगह एक फोटोग्राफिक प्लेट लगा दिया जाए, तो इससे बहुत ही संतोषजनक चित्र प्राप्त किए जा सकते हैं।

### प्रच्छाया एवं उपच्छाया (Umbra and Penumbra)—

- जब प्रकाश किरणों के रास्ते में कोई अपारदर्शी वस्तु आ जाती है, तो प्रकाश की किरणें आगे नहीं जा पाती हैं।
- वस्तु के आगे परदा रहने पर परदे के प्रकाशित भाग के बीच कुछ भाग ऐसा होता है, जो काला दिखता है, क्योंकि वहाँ अंधकार रहता है।
- इस भाग को छाया कहते हैं।

- छाया की लम्बाई तथा आकार—  
(i) प्रकाश के उद्गम  
(ii) अपारदर्शी वस्तु के आकार तथा  
(iii) प्रकाश के उद्गम तथा वस्तु के बीच की दूरी पर निर्भर करता है।
- जब प्रकाश का उद्गम बिन्दुवत् हो तो उससे बनने वाली छाया में एक जैसा अंधकार रहता है।
- जब प्रकाश के उद्गम का विस्तार रुकावट की अपेक्षा बड़ा हो, तो छाया के मध्य भाग में प्रकाश एकदम नहीं पहुँचने के कारण पूर्ण अंधकार रहता है, यह प्रच्छाया (Umbra) कहलाता है और जिस भाग में अंशतः प्रकाश पहुँचता है, उसे उपच्छाया (Penumbra) कहते हैं।

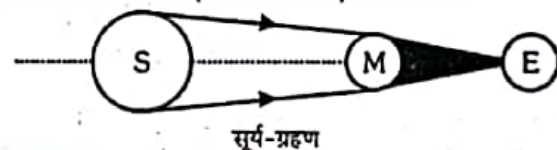


चित्र : प्रच्छाया एवं उपच्छाया

### ग्रहण (Eclipse)

#### 1. सूर्यग्रहण (Solar Eclipse)—

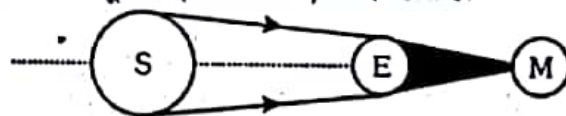
- जब सूर्य तथा पृथ्वी के बीच में चन्द्रमा आ जाता है, तो चन्द्रमा की छाया पृथ्वी पर पड़ती है और उस भाग में सूर्य नहीं दिखाई पड़ता है, इसे ही सूर्य-ग्रहण कहते हैं।
- ऐसी स्थिति अमावस्या (New moon) के दिन होती है।



सूर्य-ग्रहण

#### 2. चन्द्रग्रहण (Lunar Eclipse)—

- जब सूर्य एवं चन्द्रमा के बीच में पृथ्वी आ जाती है और पृथ्वी की छाया चन्द्रमा पर पड़ती है, तो चन्द्रमा का वह भाग दिखलाई नहीं पड़ता है, इसे ही चन्द्रग्रहण कहते हैं।
- ऐसी स्थिति पूर्णिमा (Full moon) के दिन होती है।

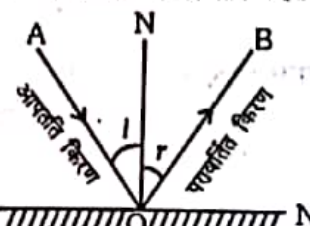


चन्द्र-ग्रहण

नोट—हर महीने ग्रहण नहीं दिखलाई देता, क्योंकि पृथ्वी का कक्ष-तल चन्द्रमा के कक्ष-तल के साथ 5° कोण बनाती है।

### समतल सतहों पर परावर्तन एवं अपवर्तन (Reflection and Refraction at plane surfaces)

- प्रकाश का परावर्तन (Reflection of light)—जब प्रकाश किसी चमकदार तल जैसे दर्पण पर पड़ता है, तो वह उसी माध्यम में लौट जाता है। इस घटना को प्रकाश का परावर्तन कहते हैं।



OA → आपतित किरण, OB → परावर्तित किरण, ON → अभिलम्ब  
 $\angle i = \angle AON \rightarrow$  आपतन कोण,  $\angle r = \angle BON \rightarrow$  परावर्तन कोण



● **प्रकाश के परावर्तन के दो नियम हैं—**

(i) आपतन कोण ( $\angle i$ ) व परावर्तन कोण ( $\angle r$ ) बराबर होते हैं।

अतः  $\angle i = \angle r$

(ii) आपतित किरण, परावर्तित किरण और अभिलम्ब सभी एक ही तल में होते हैं।

● **समतल दर्पण के उपयोग—**समतल दर्पण का उपयोग बहुरूपदर्शी (Kaleidoscope), परिदर्शी (Periscope), आईना (Looking glass) आदि में करते हैं।

1. **बहुरूपदर्शी (Kaleidoscope)—**

● इसमें समान लम्बाई तथा समान चौड़ाई के तीन आयताकार समतल दर्पण इस प्रकार लगे रहते हैं कि दो दर्पण के बीच  $60^\circ$  का कोण बनता है।

● तीनों दर्पणों के परावर्तक तल भीतर की ओर रहते हैं और दर्पणों द्वारा घिरे स्थान में रंगीन काँच के कुछ टुकड़े रहते हैं।

● ये तीनों दर्पण एक मोटी नली के अन्दर लगे रहते हैं।

● नली के एक सिरे पर शीशे वाले सिरे से नली में देखते हैं, तो नली को घुमाने से नई-नई रंगीन आकृतियाँ दिखाई देती हैं।

● ये आकृतियाँ रंगीन काँच की प्रतिबिम्ब हैं, जो समतल दर्पणों से बार-बार परावर्तित होने के कारण बनते हैं।

● नली को घुमाने से रंगीन काँच के टुकड़ों की स्थितियाँ बदल जाती हैं और इसलिए आकृतियों के रंग बदल जाते हैं।

2. **परिदर्शी (Periscope)—**

● इसमें दो समतल दर्पण एक-दूसरे से  $45^\circ$  कोण पर स्थित होते हैं।

● इन दर्पणों की परावर्तक सतहें आमने-सामने रहती हैं।

● अतः ऊपर वाले सिरे से होकर प्रवेश करने वाली किरणें दर्पण द्वारा परावर्तित होकर नीचे की ओर आती हैं और दूसरे दर्पण द्वारा परावर्तित होकर आँखों में प्रवेश करती हैं।

● इसी कारण युद्ध के समय बंकर में छिपे सैनिक जमीन पर चल रहे दुश्मनों की गतिविधियों को देखने के लिए इस उपकरण का उपयोग करते हैं।

● पनडुब्बी जहाज में भी इस उपकरण का प्रयोग करते हैं।

● पेरिस्कोप के द्वारा समुद्र के अन्दर से बाहर की वस्तुओं को देखने में उपयोग किया जाता है।

● **समतल दर्पण द्वारा बने प्रतिबिम्ब के गुण (Properties of Images formed by Plane Mirror)—**

(i) समतल दर्पण द्वारा बना प्रतिबिम्ब वस्तु के आकार के बराबर होता है।

(ii) समतल दर्पण द्वारा बना हुआ प्रतिबिम्ब आभासी, सीधा एवं पार्श्व उल्टा होता है।

(iii) प्रतिबिम्ब दर्पण से उतनी ही दूरी पर पीछे होता है, जितनी दूरी पर वस्तु दर्पण के आगे होता है।

(iv) यदि दर्पण को  $\theta$  कोण से घुमाया जाता है तो परावर्तित किरण  $2\theta$  कोण से घूम जाती है।

(v) यदि दो समतल दर्पण एक-दूसरे से  $\theta$  कोण पर झुके हों तो यदि

$\left(\frac{360}{\theta}\right)$  सम-संख्या है, तो बने प्रतिबिम्ब की संख्या

$$n = \frac{360}{\theta} - 1$$

यदि  $\frac{360}{\theta}$  विषम संख्या है तो निम्न स्थितियाँ उत्पन्न होती हैं—

(a) यदि वस्तु समरूपता से स्थित है, तो  $n = \frac{360}{\theta} - 1$

(b) यदि वस्तु असमरूपता में स्थित है, तो  $n = \frac{360}{\theta}$

● यदि दो समतल दर्पण परस्पर समान्तर रखे जाते हैं, तो

$$n = \frac{360^\circ}{\theta} = \infty = \text{प्रतिबिम्ब की संख्या अनंत होगी}$$

(vi) H ऊँचाई के मनुष्य का पूर्ण प्रतिबिम्ब देखने के लिए दर्पण की

आवश्यक अधिकतम ऊँचाई  $\frac{H}{2}$  होती है।

(vii) यदि कोई वस्तु  $v$  वेग से गतिमान है तो समतल दर्पण में इसका प्रतिबिम्ब  $2v$  वेग से चलेगा।

(viii) समतल दर्पण की फोकस दूरी (i) अनन्त, शक्ति (P) शून्य तथा यक्रता क्रिया (r) अनन्त होती है। समतल दर्पण का आवर्धन (m) 1 (एक) होता है।

(ix) यदि दर्पण स्थिर है तथा वस्तु से  $x$  दूरी चलाया जाता है तो प्रतिबिम्ब  $x$  दूरी चलता है।

● यदि वस्तु स्थिर है तथा समतल दर्पण को  $x$  दूरी चलाया जाता है तो प्रतिबिम्ब  $2x$  दूरी चलता है।

● यदि दर्पण एवं वस्तु दोनों को (विपरीत दिशा में)  $x$  दूरी चलाया जाता है, तो प्रतिबिम्ब  $3x$  दूरी चलता है।

● समतल दर्पण द्वारा उत्पन्न विचलन  $d = 180^\circ - 2\theta$  द्वारा प्राप्त होता है, जहाँ  $\theta$  आपतन कोण है।

**गोलीय दर्पण (Spherical Mirror)—**

● किसी गोलाकार तल से बनाए गए दर्पण को गोलीय दर्पण कहते हैं।

● गोलीय खंड के एक तल पर पारे की कलाई एवं रेड ऑक्साइड का लेप किया जाता है तथा दूसरा तल परावर्तक की तरह कार्य करता है।

● गोलीय दर्पण मुख्यतः दो प्रकार के होते हैं—

(i) अवतल दर्पण (ii) उत्तल दर्पण।

(i) **अवतल दर्पण (Concave mirror)—**

● जिस गोलीय दर्पण का परावर्तक तल धँसा रहता है, उसे अवतल दर्पण कहते हैं।



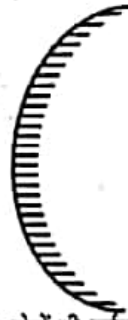
अवतल दर्पण

● अवतल दर्पण को अपसारी दर्पण (Diverging Mirror) भी कहा जाता है क्योंकि यह अनंत से आने वाली किरणों को एक बिन्दुवत कर देती है।

(ii) **उत्तल दर्पण (Convex mirror)—**

● जिस गोलीय दर्पण का परावर्तक सतह उभरा रहता है, उसे उत्तल दर्पण कहा जाता है।

● उत्तल दर्पण को अभिसारी दर्पण (Converging mirror) भी कहा जाता है क्योंकि यह अनंत से आने वाली किरणों को फैला देती है।



उत्तल दर्पण

● अवतल एवं उत्तल दोनों ही दर्पण किसी गोले के कटे भाग होते हैं अतः उस गोले का केन्द्र दर्पण का यक्रता केन्द्र (Centre of curvature) कहलाता है।

● दर्पण का मध्य बिन्दु (Pole) कहलाता है।