अध्याय–3

ऊष्मा और ताप

(HEAT AND TEMPERATURE)

हमारे दैनिक जीवन में गर्म–ठण्डा जैसे शब्द बहुत महत्त्व रखते हैं। हमारे वातावरण का तापमान ऐसा होना चाहिए जिसमें हम हमारे कार्य आराम से कर पाएँ। खाने को सड़ने से बचाने के लिए वातावरण ठण्डा होना चाहिए, जबकि खाना पकाने के लिए गर्म। गर्मी के दिनों में हमें पंखा चलाना पड़ता है, जबकि सर्दी के दिनों में कम्बल ओढ़ना पड़ता है। चाय हमेशा गर्म पसंद आती है जबकि शर्बत ठण्डा। अर्थात् तापमान व ऊष्मा की मात्रा को नियंत्रित रखना हमारी कई आवश्यकताओं के लिए महत्वपूर्ण है।

3.1 कितना गर्म, कितना ठण्डा?

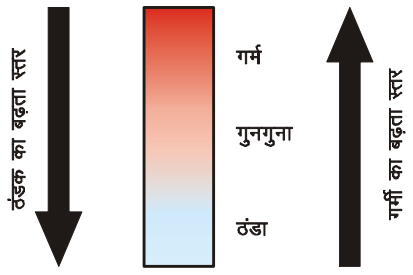
गर्म और ठण्डा – क्या केवल ये दो शब्द किसी वस्तु का तापमान बताने के लिए पर्याप्त हैं? गुनगुने पानी को छूने पर आप उसे क्या मानेंगे? गर्म पानी की तुलना में वह ठण्डा है किंतु ठण्डे पानी की तुलना में गर्म। गर्म दूध को थोड़े देर के लिए कमरे में खुला रख देने पर आप कहेंगे कि वह ठण्डा हो गया, लेकिन क्या वह वाकई में फ्रिज से निकाले हुए दूध के समान ठण्डा है? अर्थात् केवल छूकर, महसूस कर या देखकर ही यह बताया नहीं जा सकता कि कौनसी वस्तु कितनी गर्म है या कितनी ठण्डी है। तापमान के प्रति हमारी संवेदनशीलता भरोसेमंद न होने के साथ–साथ, बहुत सीमित भी है। खासकर, आजकल के व्यावहारिक और वैज्ञानिक कार्यों के लिए जैसे, उबलते पानी को छूकर तापमान कोई बताना नहीं चाहेगा।

सामान्यतः हम तापमान की व्याख्या तुलनात्मक रूप से करते हैं, परंतु ऊपर दिए गए कारणों के चलते, समय के साथ–साथ हमें कुछ ऐसे तरीकों और उपकरणों की आवश्यकता पड़ी, जिससे हम वस्तु कितनी गर्म है या कितनी ठण्डी है, इसका सही, सटीक एवं वस्तुपरक मापन कर सकें।

3..1.1 तापमान (Temperature)

हम जानते हैं कि गर्म वस्तु ठण्डी, व ठण्डी वस्तु गर्म हो सकती है या की जा सकती है। क्या आप अपने दैनिक जीवन में होने वाले ऐसे कुछ उदाहरण बता सकते हैं? आपस में चर्चा करें।

नीचे दिए गए चित्र का अध्ययन करके बताएं कि क्या गर्म और ठण्डा अलग–अलग वर्ग है?



चित्र–1 : ठण्डा, गुनगुना व गर्म को एक ही पैमाने पर वस्तुपरक मापन से दर्शाया जा सकता है।

जैसा कि आपने चित्र–1 में देखा गर्म और ठण्डा अलग–अलग वर्ग नहीं है। ये दोनों एक ही मापक के दो मूल्य (value) हैं, एक छोटा; तो दूसरा बड़ा। हम यह भी कह सकते हैं कि सभी वस्तुएँ गर्म होती हैं, कुछ कम गर्म तो दूसरी अधिक गर्म। अथवा यह भी कहा जा सकता है कि सभी वस्तुएँ ठण्डी होती हैं, कुछ कम ठण्डी तो कुछ अधिक ठण्डी।

गर्माहट अथवा ठण्डक के वस्तुपरक मापन को इस स्तर का तापमान कहा जाता है और इसका मान प्रत्येक वस्तु के लिए अलग हो सकता है। जब हम दो वस्तुओं के तापमान का अध्ययन करते हैं तो गर्म वस्तु वह कहलाती है जिसका तापमान दूसरी वस्तु की तुलना में अधिक हो। कम तापमान वाली वस्तु ठण्डी वस्तु कहलाती है। तापमान इसी का तुलनात्मक परीक्षण है।

3.1.2 तापमान कैसे मापें?

किसी भी वस्तु का तापमान मापक के लिए हमें केवल निम्नानुसार बातों की आवश्यकता होती है–

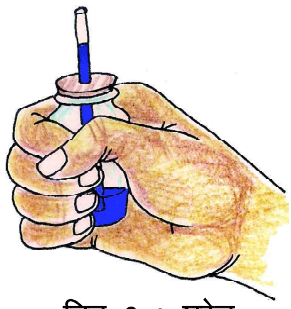
1. पदार्थों का एक ऐसा गुण जो तापमान पर निर्भर हो और जिसका तापमान के साथ परिवर्तन स्पष्ट रूप से दृष्टिगोचर हो।
2. इस गुण के परिवर्तन को समरूप दर्शाने वाला एक पदार्थ।
3. और एक सर्वमान्य व प्रचलित मापदण्ड की जो इस गुण के एक निश्चित बदलाव को तापमान के एक निश्चित घट–बढ़ से जोड़ता हो।

यदि आपके पास ये तीन बातों वाला पदार्थ यथा पारा, हवा, पानी उपलब्ध हों, तो आप भी अपना तापमापी यंत्र स्वयं बना सकते हैं। तापमापी यंत्र का प्रयोग प्रयोगशालाओं में, डॉक्टरों द्वारा मरीज का ताप मापने में एवं मौसम विभाग आदि में किया जाता है।

क्रियाकलाप–1 : अपना तापमापी यंत्र स्वयं बनाएं

आवश्यक सामग्री : काँच की एक छोटी सी शीशी, स्ट्रॉ, कैंची, स्याही, पानी, टेप या पुट्टी।

विधि : शीशी के ढक्कन में कैंची की मदद से एक छोटा सा छेद करें जिसमें से स्ट्रॉ आसानी से जा सके। अब शीशी में आधे स्तर तक पानी भरें और उसमें कुछ बूंद स्याही मिला दें। शीशी का ढक्कन लगाकर स्ट्रॉ इस तरह अंदर डालें कि वह शीशी के तल को न छूए। ढक्कन बंद करके क्ले (या टेप) से छेद को अच्छी तरह बंद कर दें। अब हाथों को आपस में रगड़कर शीशी के ऊपरी भाग पर रखें। क्या स्ट्रॉ में पानी का स्तर बढ़ा? ऐसा क्यों हुआ होगा?



चित्र–2 : घरेलू तापमापी यंत्र

इस प्रकार के ऊष्मामापी यंत्र को 'थर्मोस्कोप' कहा जाता है क्योंकि इसमें थर्मामीटर की तरह तापमापी पैमाना नहीं होता। केवल तरल पदार्थ के तापमान के साथ उतार–चढ़ाव से तापमान में बदलाव दर्शाया जाता है। इसका आविष्कार 'गैलीलेयो' ने किया था। हाथों को रगड़कर शीशी पर रखने से, हाथों द्वारा मिली ऊष्मा के कारण शीशी के अंदर की हवा गर्म होकर फैलने लगती है। शीशी के बंद होने के कारण यह गर्म हवा पानी पर दबाव डालती है जिस कारण पानी का स्तर स्ट्रॉ में बढ़ने लगता है।

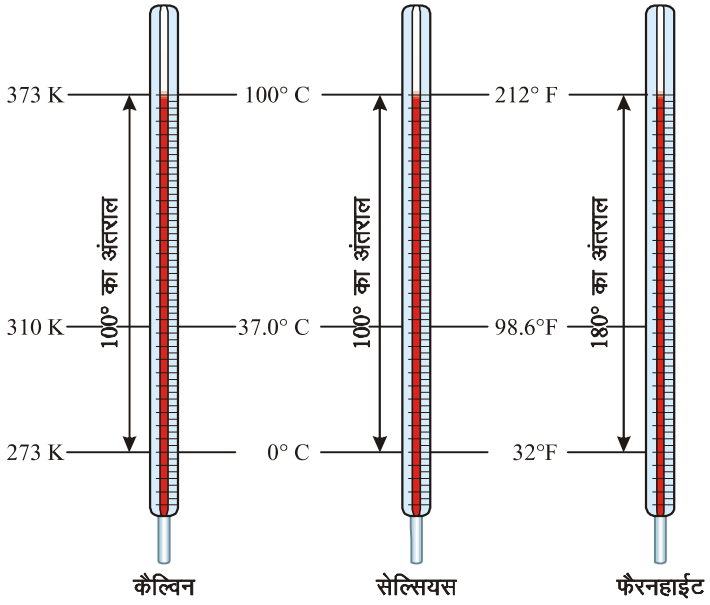
गैलीलेयो को 'फादर ऑफ मॉडर्न फिजिक्स', फादर ऑफ साईंस' आदि कहा जाता है। इन्होंने 1593 में पहला थर्मोस्कोप बनाया।

आयतन में परितर्वन से तापमान का मापन हमारे लिए सबसे सरल है। डॉक्टरी थर्मामीटर भी इसी सिद्धांत पर आधारित होता है। थर्मामीटर की मदद से गर्म पानी, रेत, बर्फ आदि का

तापमान नोट करें। थर्मामीटर की बनावट व उपयोग की विधि को समझने के लिए प्रायोगिक कार्य में उपयोग में आने वाले तापमापी/थर्मोस्कोप चित्र – 3 में देखें।

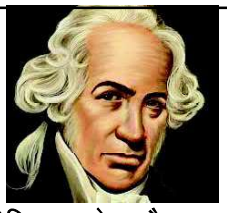
3.1.3 तापमान के पैमाने (Scales of Temperature)

तापमान मापने के तीन प्रचलित पैमाने हैं– फैरनहाइट, सेल्सियस और कैल्विन।



चित्र–3 : सेल्सियस, केल्विन व फैरनहाइट पैमाने वाले थर्मोस्कोप (थर्मामीटर)

फैरनहाइट पैमाने में सामान्य दाब पर पानी के उच्चतम ताप (वह तापमान जिस पर पानी भाप में परिवर्तित होता है) को 212° F और पानी के न्यूनतम ताप (अर्थात् वह तापमान जिस पर पानी जमकर बर्फ बन जाता है) को 32° F पर अंकित किया जाता है। फैरनहाइट के न्यूनतम व उच्चतम ताप को समान अंतराल के 180 भागों में विभाजित किया जाता है।



डेनिअल गब्रेल फैरनहाइट को मर्करी थर्मामीटर के आविष्कार (1714) के लिए जाना जाता है।

इसी प्रकार सेल्सियस पैमाने में पानी के उच्चतम ताप को 100°C और पानी के न्यूनतम ताप को 0°C पर अंकित किया जाता है। इसमें न्यूनतम व उच्चतम ताप के बीच के अंतराल को 100 समान भागों में विभाजित किया जाता है।

तापमान के पैमानों में संबंध निम्नानुसार स्थापित किया जा सकता है–

$$\text{प्रथम तापमापी का } \left(\frac{\text{तापमान पैमाना} - \text{निम्नतम बिंदु}}{\text{उच्चतम बिंदु} - \text{निम्नतम बिंदु}}\right) = \text{द्वितीय तापमापी का } \left(\frac{\text{तापमान पैमाना} - \text{निम्नतम बिंदु}}{\text{उच्चतम बिंदु} - \text{निम्नतम बिंदु}}\right) \quad \text{(समी.1)}$$

चलिए हम इसे एक उदाहरण द्वारा समझें–

उदाहरण– डॉक्टर द्वारा हमारा सामान्य तापमान 98.6° F बताया जाता है। सेल्सियस पैमाने में यह कितना होगा?

हल : $\frac{F-32}{212-32} = \frac{C-0}{100-0}$ समी. (1) से,

$$\Rightarrow \quad \frac{F-32}{180} = \frac{C}{100}$$

$$\Rightarrow \quad \frac{F-32}{9} = \frac{C}{5}$$

$$\Rightarrow \quad \frac{5}{9}(F-32) = C$$

अर्थात् 98.6° F का सेल्सियस में मान होगा

$$C = \frac{5}{9}(98.6-32)^\circ$$

$$C = \frac{5}{9}(66.6)^\circ$$

$$C = 37^\circ$$

अर्थात् 98.6° F = 37°C, यही मनुष्य का सामान्य तापमान होता है।

इसी प्रकार केल्विन तापमापी पैमाने में पानी का न्यूनतम ताप नियत दाब पर लगभग 273 K व उच्चतम ताप 373 K पर अंकित होता है। इस पैमाने में न्यूनतम व उच्चतम ताप के बीच का अंतराल 100 समान भागों में विभाजित होता है।

उदाहरण– यदि किसी कमरे का तापमान 0 K है, तो सेल्सियस पैमाने में उसका तापमान कितना होगा?

हल :

$$\frac{K-273}{373-273} = \frac{C-0}{100-0}$$

$$\frac{K-273}{100} = \frac{C}{100}$$

अर्थात् $K-273 = C$ .... अथवा, $K = C + 273$

अतः $C = 0 - 273$

$= -273$

0 K अथवा –273°C को परमशून्य तापमान (absolute zero) भी कहते हैं क्योंकि इसके नीचे का तापमान प्राप्त करना असंभव है। यह न्यूनतम ताप होता है।

सोचिए

यदि किसी पदार्थ का तापमान T है। क्या उस पदार्थ को दो बराबर भागों में बाँट देने से उसके तापमान का मान भी आधा–आधा होकर दोनों भागों में बराबर बँट जाएगा? इसी प्रकार, यदि किसी पदार्थ की दो बराबर मात्राओं का तापमान T है तो क्या दोनों मात्राओं को मिला देने पर उनका तापमान भी जुड़कर दुगुना हो जाएगा? आपस में चर्चा करें।

HKY375

3.2 ऊष्मा (Heat)

यदि ठण्डे पानी के बर्तन में, गर्म पानी का छोटा बर्तन रख दिया जाए, तो हम पाएँगे कि जल्द ही गर्म पानी ठण्डा और ठण्डा पानी थोड़ा गर्म हो जाता है। थोड़े समय बाद दोनों बर्तनों में पानी का तापमान समान हो जाता है। अपने दैनिक जीवन में भी आप कई बार यह अनुभव करते ही होंगे। खाने को सड़ने से बचाने के लिए खाने के बर्तन को ठण्डे पानी के बर्तन में रख देते हैं।

जब दो वस्तुओं (जिनका तापमान अलग–अलग हो) को सम्पर्क में लाया जाता है तो उनका तापमान घट–बढ़ कर एक–दूसरे के समान हो जाता है। यह आपने देखा ही है। लेकिन क्या आपने कभी सोचा है कि यह क्यों और किस कारण होता है? वस्तु के तापमान बढ़ने या घटने के पीछे का कारण क्या है?

पहले ऐसा माना जाता था कि जब दो विभिन्न तापमान वाली वस्तुओं को संपर्क में लाया जाता है तो एक तरल अदृश्य पदार्थ का आदान–प्रदान होता है। गर्म वस्तु में इस पदार्थ की मात्रा अधिक होती है जबकि ठण्डी वस्तु में कम। अतः यह पदार्थ गर्म वस्तु से ठण्डी वस्तुओं में तब तक प्रवाह करता है जब तक इसका स्तर दोनों में समान न हो जाए। इस तरल पदार्थ को 'कैलोरिक' कहा जाता था। कैलोरिक की मात्रा बढ़ने पर तापमान की भी मात्रा बढ़ जाती है, ऐसा मानना था।

कैलोरिक का भ्रम कैसे टूटा?

बेंजामिन थोम्सन (1753–1814) जिन्हें बाद में काउंट रमफोर्ड के नाम से जाना गया, एक जाने माने वैज्ञानिक व कुशल युद्ध विशेषज्ञ थे।

उस समय तोपों की नलियों में सुराख करने के लिए एक विशेष किस्म की धातु काटने वाले संयत्र लगी हुई मशीन का इस्तेमाल किया जाता था। इस खास किस्म के कटर्स को अश्व–शक्ति से घुमाया जाता था। तोपों में छेद करते समय नली जल्द ही गर्म हो जाती थी।

'कैलोरिक के सिद्धांत' के अनुसार तोपों की नलियों में भरी कैलोरिक का तोपों में छेद करने पर रिसाव होने लगता है और इस कारण नली गर्म हो जाती थी।

काउंट रमफोर्ड

परंतु रमफोर्ड को यह बात ज़रा भी नहीं जंची। उन्होंने कैलोरिक सिद्धांत को परखने के लिए कई प्रयोग किए और पाया कि मात्र घर्षण से किसी भी धातु से, बिना उसमें बदलाव लाए, ढेर सारी गर्मी पैदा की जा सकती है। इस तरह गर्मी पैदा करने से धातु के द्रव्यमान पर कोई असर नहीं पड़ता। इसी से उनका निष्कर्ष था कि तोपों में छेद करते समय गर्मी पैदा होने का असली स्रोत उन घोड़ों की ऊर्जा है जिनकी शक्ति से सुराख करने वाला यंत्र चलता है। यानि घोड़ों की ताकत ही घर्षण द्वारा गर्मी में परिवर्तित हो जाती है। सन् 1798 में उनका दावा था कि ऊष्मा कोई पदार्थ नहीं हो सकती बल्कि यह ऊर्जा है। न्यूटन भी इसी प्रकार के मत रखते थे। सन् 1840–50 में जूल के प्रयोगों से भी यही साबित हुआ। उन्होंने यांत्रिक ऊर्जा व ऊष्मीय ऊर्जा की समतुल्यता को दर्शाया जिसके बारे में आप अगली कक्षाओं में पढ़ेंगे।

आज हम जानते हैं कि ऊष्मा कोई पदार्थ नहीं, बल्कि ऊर्जा है जिस कारण तापमान में बदलाव होता है। ऊर्जा का वह प्रकार जिस कारण हमें वस्तु की गर्माहट का आभास होता है, ऊष्मीय ऊर्जा कहलाती है। ऊष्मीय ऊर्जा का प्रवाह सदैव उच्च ताप से निम्न ताप की ओर होता है। ऊष्मा बढ़ाने पर वस्तु का तापमान बढ़ जाता है जबकि ऊष्मा घटाने पर वस्तु का तापमान कम हो जाता है। अर्थात्, किसी वस्तु को ऊष्मा देने पर वस्तु का तापमान बढ़ जाता है जबकि वस्तु से ऊष्मा लेने पर उसका तापमान कम हो जाता है।

चर्चा करें

अपने शिक्षक से चर्चा करें कि किसी वस्तु को छूने पर वह गर्म अथवा ठण्डी क्यों लगती है? हाथ से छूने पर इन दोनों स्थितियों में ऊष्मा के प्रवाह की दिशा के बारे में आप क्या कहेंगे?

ऊष्मीय ऊर्जा के मात्रक

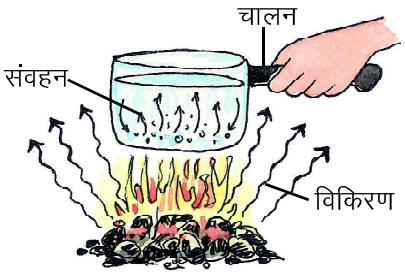
1. C.G.S. पद्धति में ऊष्मा का मात्रक कैलोरी (cal) है। 1 कैलोरी ऊष्मा की वह मात्रा है जो 1 ग्राम पानी के तापमान को 14.5°C से 15.5°C तक बढ़ाने के लिए आवश्यक है। कैलोरी के स्थान पर किलो कैलोरी का भी उपयोग किया जा सकता है। 1 किलो–कैलोरी = 1000 कैलोरी
2. चूँकि ऊष्मा ऊर्जा का ही एक स्वरूप है, इसलिए ऊष्मा का S.I. मात्रक जूल होता है।

   1 कैलोरी = 4.18 जूल

   1 किलो कैलोरी = 4.18×10^3 जूल

3.2.1 ऊष्मा का संचरण

हमने देखा कि जिस प्रकार द्रव सदैव ऊँचे तल से निचले तल की ओर बहता है, ऊष्मा का प्रवाह भी सदैव ही उच्च ताप वाली वस्तु से निम्न ताप वाली वस्तु की ओर होता है। तापांतर के कारण ऊष्मा का एक स्थान से दूसरे स्थान तक हो रहे स्थानांतरण को ऊष्मा का संचरण कहते हैं।



चित्र–4 : ऊष्मा का संचरण तीन प्रकार से हो सकता है।

आपने कक्षा–9 में ध्वनि के बारे में पढ़ा है कि ध्वनि संचरित होने के लिए किसी माध्यम की आवश्यकता होती है।

सोचिए क्या ऊष्मा के संचरण के लिए भी सदैव किसी माध्यम की आवश्यकता होती है?

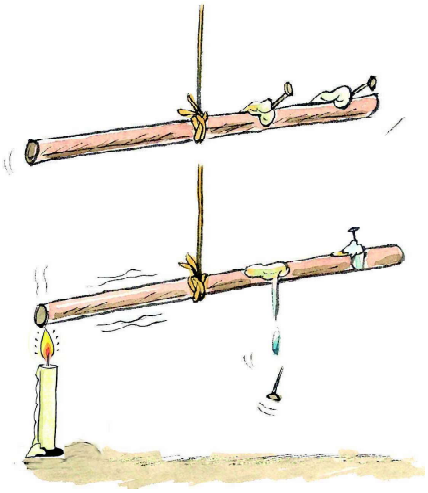
आइए, हम ऊष्मा संचरण के तीन प्रकारों को जानें– (चित्र क्र.–4)

1. चालन (conduction)

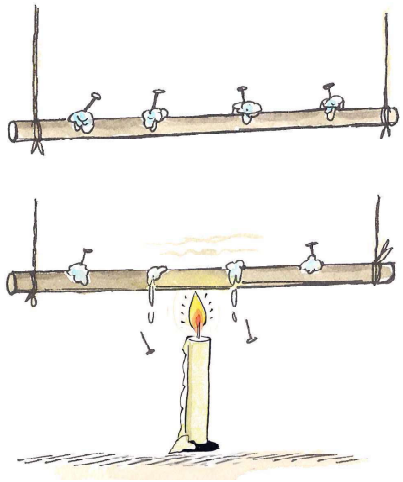
क्रियाकलाप–2

आवश्यक सामग्री : मोमबत्ती, लोहे, एल्युमीनियम, काँच और सिरेमिक की एक समान लम्बाई और मोटाई की छड़, कुछ ऑल–पिन।

सभी छड़ों पर बराबर दूरियों पर मोम से ऑल–पिन चिपकाएँ। छड़ के एक सिरे पर कपड़ा बाँध लें ताकि पकड़ने में आसानी हो। दूसरे सिरे को मोमबत्ती की लौ पर रखकर गर्म करें। आप क्या देखते हैं? (चित्र–5 (अ))



चित्र–5 (अ)



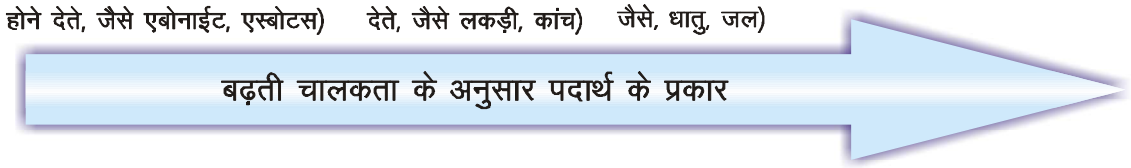
चित्र–5 (ब)

सभी छड़ों के ऑल–पिन, गिरने का समय नोट करें। क्या आप बता सकते हैं किस पदार्थ की छड़ का ऑल–पिन सबसे पहले गिरा और क्यों?

अब एक छड़ में मोमबत्ती से ऑल–पिन को इस प्रकार चिपकाएँ कि बीच का स्थान खाली रह जाए। दोनों ओर ऑल–पिन समान दूरियों पर चिपकाएँ चित्र–5 (ब)। अब छड़ को बीच में से गर्म करने पर क्या होता है? ऊष्मा के संचरण की दिशा के बारे में आप क्या कहेंगे?

चालन के द्वारा ऊष्मा पदार्थ के एक स्थान से दूसरे स्थान तक पदार्थ के कणों के द्वारा अपना स्थान छोड़े बिना ही संचरित हो जाती है। आपने देखा कि धातु की छड़ के एक सिरे को गर्म करने पर दूसरा सिरा भी शीघ्र ही गर्म हो गया। गर्म होने पर छड़ के उस भाग के कणों में कम्पन्नता बढ़ जाती है और उनमें ऊष्मीय ऊर्जा बढ़ जाती है। कम्पन्न करने वाले ये अणु अपने से आगे वाले अणुओं में ऊर्जा स्थानांतरण करते रहते हैं। ठोस पदार्थों में ऊष्मा का संचरण केवल इसी प्रकार संभव है।

चालन द्वारा ऊष्मा के प्रवाह को ऊष्मीय चालकता कहते हैं और यह पदार्थ की प्रकृति पर निर्भर करती है। ऊष्मीय चालकता के आधार पर पदार्थ तीन प्रकार के होते हैं।



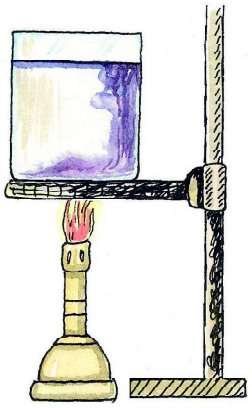
चित्र–6 : ऊष्मीय चालकता के आधार पर पदार्थ चालक, कुचालक अथवा ऊष्मारोधी हो सकता है

2. संवहन (Convection)

क्रियाकलाप–3

विधि : एक फ्लास्क में पानी भरें और स्पिरिट लैंप पर गर्म करने रखें। इसमें थोड़ी मात्रा में स्याही की बूँद डालें। क्या आप संवहन रेखाएँ देख सकते हैं?

फ्लास्क में द्रव लेकर गर्म करने पर पेंदी का द्रव शीघ्र गर्म हो जाता है और हल्का होकर ऊपर की ओर उठता है। इसका स्थान ऊपर का भारी द्रव ले लेता है। यह प्रक्रिया तब तक चलती है जब तक सारे द्रव का तापमान समान नहीं हो जाता। इस प्रकार संवहन धाराएँ चलने लगती हैं। गैसों व द्रवों में ऊष्मा का संचरण इसी प्रकार होता है।



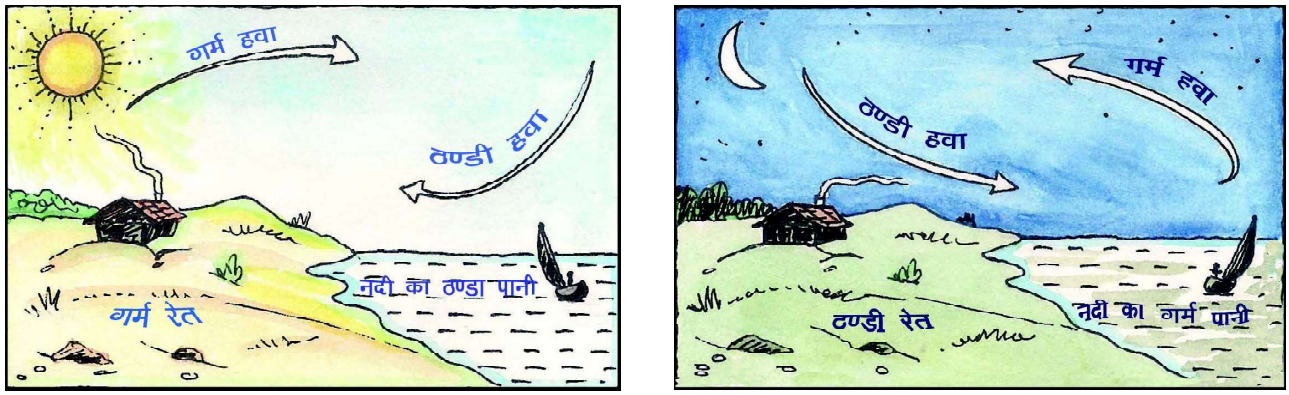
चित्र–7 : संवहन धाराएँ कुछ इस प्रकार दिखाई देंगी

प्रश्न क्या आप बता सकते हैं कि ठोस पदार्थों में ऊष्मा का संचरण संवहन के द्वारा क्यों नहीं हो सकता?

संवहन को आप प्रकृति की कई घटनाओं में भी देख सकते हैं।

नदी तट की रेत दिन के समय में जल्द गर्म हो जाती है, जिस कारण रेत के ऊपर की हवा भी गर्म होकर ऊपर उठती है और नदी से आने वाली ठण्डी हवा इसकी जगह ले लेती है। इसी प्रकार रात के समय में रेत जल्द ही ठण्डी हो जाती है जबकि नदी का पानी थोड़ा गर्म रहता है। अतः नदी के

ऊपर की गर्म हवा और ऊपर उठ जाती है जिसका स्थान रेत के ऊपर की शीतल हवा ले लेती है। इस प्रकार हवा का चक्र चलता रहता है।



दिन **रात**

चित्र–8 : हवा का चक्र

3. विकिरण (radiation)

क्या ऊष्मा संचरण के लिए सदैव ही कोई माध्यम की आवश्यकता होती है? सूर्य से आने वाली ऊष्मा के बारे में विचार कीजिए। ब्रह्माण्ड में वायु की उपस्थिति नहीं है, तो फिर सूर्य की ऊष्मा हम तक कैसे पहुँचती है?

प्रकाश की ही तरह ऊष्मा का भी संचरण निर्वात् में हो सकता है। विकिरण द्वारा ऊष्मा, प्रकाश की चाल से ही सरल रेखा में संचरित होती है।

किसी भी गर्म वस्तु में से ऊष्मा सभी दिशाओं में बराबर संचरित होती है। यह देखने के लिए एक बल्ब, लालटेन, लैम्प अथवा दीये के आस–पास अपना हाथ रखकर देखें। चारों ओर आपको समान गर्माहट महसूस होगी।

यदि विकिरण द्वारा ऊष्मा किसी तल पर पड़ती है और तल द्वारा अवशोषित कर ली जाती है, तब वह ऊष्मा का अच्छा अवशोषक (absorber) कहलाता है। ऊष्मा के अच्छे अवशोषक ऊष्मा के अच्छे उत्सर्जक (emitter) भी होते हैं।

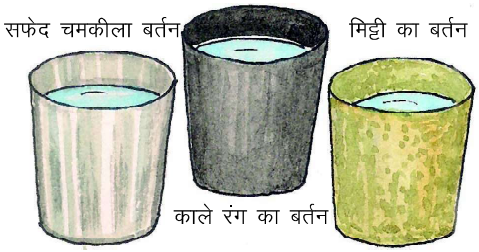
सोचिए

गर्मियों में हल्के या सफेद रंग के कपड़े और सर्दियों में काले या गहरे रंग के कपड़े क्यों पहने जाते हैं? इस प्रश्न का उत्तर आपको नीचे दिए क्रियाकलाप द्वारा मिलेगा।

क्रियाकलाप–4

आवश्यक सामग्री : एक बर्तन जिसे काले रंग से रंग दिया गया हो, एक चमकदार बर्तन (स्टील का), एक मिट्टी का बर्तन।

विधि : तीनों बर्तनों में पानी भरकर धूप में रख दें। अब कुछ समय बाद तीनों बर्तनों के पानी का तापमान थर्मामीटर की मदद से नोट करें। किस बर्तन के पानी का तापमान सबसे अधिक होगा, किसका सबसे कम होगा?



चित्र–9 : ऊष्मा का उत्सर्जन व अवशोषण वस्तु के रंग व प्रकृति पर निर्भर करता है।

इसी प्रकार तीनों बर्तनों को किसी ठण्डी जगह पर रख दें। किस बर्तन का तापमान सबसे पहले कम होगा? आपने देखा कि ऊष्मा का अवशोषण व उत्सर्जन दो बातों पर निर्भर करता है– (1) वस्तु के ताप पर, (2) वस्तु के रंग तथा उसकी सतह की प्रकृति पर (खुरदरा या चमकदार)।

3.2.2. ऊष्मा के प्रभाव

हम दैनिक जीवन में ऊष्मीय ऊर्जा के संचरण को देख नहीं सकते किंतु ऊष्मा के प्रभावों को अवश्य अनुभव कर सकते हैं। ऊष्मा देने पर वस्तु का ताप बढ़ता है, जितनी अधिक ऊष्मा वस्तु प्राप्त करेगा, उतना उसका ताप बढ़ता जाएगा और पदार्थ में प्रसार होगा। पदार्थ की अवस्था में भी परिवर्तन संभव है।

1. ताप में वृद्धि

क्या आपने कभी सोचा है कि धूप में पड़ी लोहे की बेंच, लकड़ी की बेंच से अधिक गर्म क्यों हो जाती है? नदी किनारे की रेत दिन के समय गर्म लगती है जबकि नदी का पानी गर्म नहीं लगता।

किसी वस्तु को गर्म करने पर वह ऊष्मा अवशोषित करती है तथा उसका ताप बढ़ता है। ठण्डे होने की प्रक्रिया में वस्तु में से ऊष्मा बाहर निकलती है तथा ताप घटता है। भिन्न–भिन्न पदार्थों वाली समान द्रव्यमान वाली वस्तुओं को समान ताप तक गर्म करने के लिए भिन्न–भिन्न मात्रा में ऊष्मा देनी पड़ती है। वस्तु द्वारा ली गई और दी गई ऊष्मा (Q) निम्न बातों पर निर्भर करती है–

1. वस्तु के द्रव्यमान (m) पर, $Q \alpha m$ .....(1)
2. वस्तु के ताप में हुए परिवर्तन (ΔT) पर, $Q \alpha \Delta T$ .....(2)
3. वस्तु के पदार्थ की प्रकृति पर

अर्थात्, $Q \alpha m. \Delta T$

$Q = m.S. \Delta T$ .....(3)

जहाँ S एक समानुपाती नियतांक है जिसका मान वस्तु की प्रकृति पर निर्भर करता है। इसे वस्तु के पदार्थ की विशिष्ट ऊष्मा (specific heat) अथवा विशिष्ट ऊष्मा धारिता (specific heat capacity) कहते हैं।

समीकरण (3) से ..... $S = Q/m \Delta T$

विशिष्ट ऊष्मा का SI मात्रक जूल प्रति किलोग्राम डिग्री सेल्सियस (J/kg°C) होता है।

यदि $m = 1$, $\Delta T = 1$ हो तो $Q = S$

अर्थात् पदार्थ की विशिष्ट ऊष्मा धारिता, ऊष्मा की वह मात्रा है जो उस पदार्थ के एकांक द्रव्यमान में एकांक ताप की वृद्धि कर सके। जिन पदार्थों की विशिष्ट ऊष्मा अधिक होती है, वे देर से गर्म होते हैं और देर से ठण्डे होते हैं। इसी प्रकार कम ऊष्मा धारिता वाले पदार्थ जल्द ही गर्म व ठण्डे हो जाते हैं।

सोचिए

यदि सभी पदार्थों की विशिष्ट ऊष्मा धारिता समान होती, तो क्या होता? चर्चा करें। पानी की विशिष्ट उष्मा की तुलना अन्य पदार्थों की विशिष्ट उष्मा से करें।

प्रश्न

- क्या आप बता सकते हैं कि आग की चिंगारी को बुझाने के लिए पानी का छिड़काव किया जाता है। ऐसा क्यों?
- यदि 25 ग्राम कॉपर का तापमान 25°C से 75°C बढ़ाने के लिए 487.5 J ऊष्मा देनी पड़ती है, तो कॉपर की J/g°C में व्यक्त विशिष्ट ऊष्मा क्या होगी?

हल : हम जानते हैं–

$Q = mS.\Delta T$

अर्थात्, $487.5\ J = (25g.) \times S \times (75°C–25°C)$

$487.5\ J = 25g \times 50°C \times S$

$$S = \frac{487.5J}{25g \times 50°C} = 0.39\ J/g°C$$

ऊष्मा धारिता (Heat Capacity)

ऊष्मा की वह मात्रा जो वस्तु के सम्पूर्ण द्रव्यमान का ताप 1°C बढ़ाने के लिए आवश्यक है, ऊष्मा धारिता कहलाती है।

यदि वस्तु का द्रव्यमान 'm' तथा विशिष्ट ऊष्मा 'S' है तब,

ऊष्माधारिता = द्रव्यमान × विशिष्ट ऊष्मा

= $m \times S$

ऊष्माधारिता की इकाई J/°C होती है।

मिश्रण का साम्य ताप

आपने दो बाल्टियों में नहाने के लिए पानी ले रखा है, जिसमें से एक बाल्टी का पानी गर्म है व दूसरे का ठण्डा। दोनों पानी का तापमान क्रमशः 80°C व 20°C है। अब आप एक तीसरी बाल्टी में 1 लीटर गर्म पानी और 1 लीटर ठण्डा पानी मिलाते हैं, पानी के इस मिश्रण का ताप क्या होगा?

यहाँ पर दोनों स्थितियों में पानी की विशिष्ट ऊष्मा एक ही मानते हैं। अर्थात् $S_1 = S_2 = S$

यदि मिश्रण का ताप t मान लिया जाए,

तो गर्म वस्तु द्वारा दी गई ऊष्मा = $m_1 \times S_1 \times$ ताप में कमी = $m_1 S_1 (t_1 - t)$ (गर्म पानी का द्रव्यमान m_1 है और t_1 उसका प्रारंभिक ताप है)

ठण्डी वस्तु द्वारा ली गई ऊष्मा = $m_2 \times S_2 \times$ ताप में वृद्धि $= m_2 S_2 (t - t_2)$ (ठण्डे पानी का द्रव्यमान m_2 है और t_2 उसका प्रारंभिक ताप है)

ऊर्जा संरक्षण के नियमानुसार, मिश्रण विधि से ली गई ऊष्मा = दी गई ऊष्मा

$m_1 \times S_1 \times (t_1 - t) = m_2 \times S_2 \times (t - t_2)$

$m_1 \times \cancel{S} \times (t_1 - t) = m_2 \times \cancel{S} \times (t - t_2)$ $[S_1 = S_2]$

अर्थात् साम्य ताप, $t = \frac{m_1 t_1 + m_2 t_2}{m_1 + m_2}$

$\Rightarrow \frac{1 \times 80 + 1 \times 20}{1 + 1}$

$\Rightarrow \frac{80 + 20}{2}$

$\Rightarrow \frac{100}{2}$

$\Rightarrow 50°C$

अतः पानी के मिश्रण का तापमान 50°C होगा।

चर्चा करें – उपरोक्त समीकरणों में $(t_1 - t)$ तथा $(t - t_2)$ क्यों लिखा गया।

2. ऊष्मीय प्रसार (Thermal expansion)

आपने देखा होगा कि उबलते पानी को काँच के बर्तन में डालने पर काँच चटक सकता है क्योंकि काँच का अंदरुनी भाग ऊष्मा के कारण फैल जाता है जबकि बाहर का नही। पर यह उच्च क्वालिटी काँच में नहीं होता। क्यों?

चर्चा करें

बिजली व टेलीफोन के तारों को ढीला क्यों बाँधा जाता है? कोंक्रीट से बनी सड़कों में ब्लॉक्स के बीच में खाली जगह क्यों छोड़ी जाती है? ऐसे अन्य उदाहरणों के बारे में चर्चा करें।

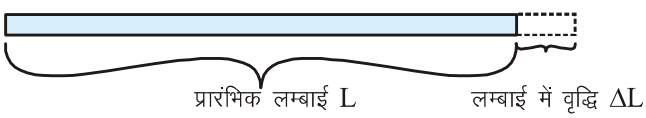
सामान्यतः पदार्थ को ऊष्मा देने पर पदार्थ का आयतन बढ़ता है और पदार्थ से ऊष्मा लेने पर पदार्थ का आयतन कम हो जाता है।

ठोस पदार्थ में ऊष्मीय प्रसार–

1. रेखीय प्रसार गुणांक (Coefficient of Linear Expansion)

किसी वस्तु की लम्बाई में वह प्रसार जो वस्तु की ईकाई लम्बाई की छड़ में 1°C ताप बढ़ने पर होता है, रेखीय प्रसार गुणांक कहलाता है, इसे 'α' (अल्फा) से प्रदर्शित करते हैं।

$$\alpha = \frac{\text{लम्बाई में वृद्धि}}{(\text{प्रारंभिक लम्बाई} \times \text{ताप वृद्धि})}$$



$$\alpha = \frac{\Delta L}{L \times \Delta T}$$

चित्र–10 (अ) : रेखीय प्रसार गुणांक $\alpha = \frac{\Delta L}{L \times \Delta T}$

अर्थात् $\Delta L = \alpha (L \times \Delta T)$

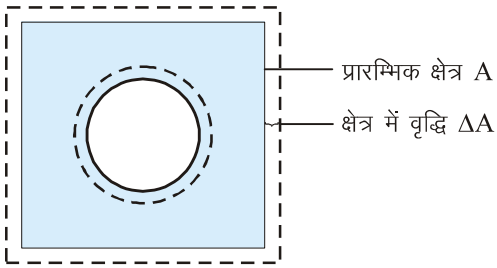
लम्बाई में वृद्धि = रेखीय प्रसार गुणांक × (प्रारंभिक लंबाई × ताप वृद्धि)

α का मात्रक 'प्रति डिग्री सेल्सियस' होता है। लोहे का रेखीय प्रसार गुणांक 0.00012 प्रति°C है, अर्थात् लोहे की 1m लम्बी छड़ का ताप 1°C बढ़ाने पर उसकी लम्बाई 0.00012 मी. से बढ़ जाती है।

2. क्षेत्रीय प्रसार गुणांक (Coefficient of Superficial Linear Expansion)

वस्तु के क्षेत्रफल में वह प्रसार, जो वस्तु के एकांक क्षेत्रफल का ताप 1°C बढ़ाने पर होता है, क्षेत्रीय प्रसार गुणांक कहलाता है। इसे 'β' (बीटा) से प्रदर्शित करते हैं।

$$\beta = \frac{\text{क्षेत्र फल में वृद्धि}}{\text{प्रारंभिक क्षेत्र फल} \times \text{ताप वृद्धि}}$$



$$\beta = \frac{\Delta A}{A \times \Delta T}$$

चित्र–10 (ब) : क्षेत्रीय प्रसार गुणांक $\beta = \frac{\Delta A}{A \times \Delta T}$

अर्थात् $\Delta A = \beta (A \times \Delta T)$

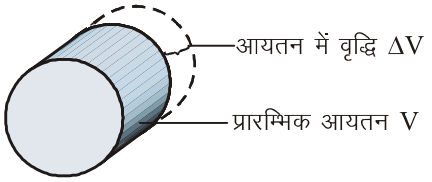
क्षेत्रफल में वृद्धि = क्षेत्रीय प्रसार गुणांक × (प्रारंभिक क्षेत्रफल × ताप में वृद्धि)

β का मात्रक भी प्रति °C होता है। क्षेत्रीय प्रसार गुणांक β, रेखीय प्रसार गुणांक α का दुगुना होता है। $\beta = 2\alpha$

3. आयतन प्रसार गुणांक (Coefficient of Volume Expansion)

किसी वस्तु के आयतन में वह प्रसार, जो वस्तु के एकांक आयतन का ताप 1°C बढ़ाने पर होता है, आयतन प्रसार गुणांक कहलाता है। इसे 'γ' (गामा) से प्रदर्शित करते हैं।

$$\text{आयतन प्रसार गुणांक} = \frac{\text{आयतन में वृद्धि}}{\text{प्रारंभिक आयतन} \times \text{ताप में वृद्धि}}$$



चित्र–10 (स) : आयतन प्रसार गुणांक $\gamma = \frac{\Delta V}{V \times \Delta T}$

$$\gamma = \frac{\Delta V}{V \times \Delta T}$$

$$\Delta V = \gamma (V \times \Delta T)$$

आयतन में वृद्धि = आयतन प्रसार गुणांक × (प्रारंभिक आयतन × ताप वृद्धि)

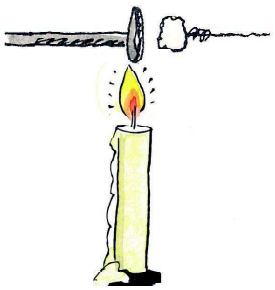
γ का मात्रक भी °C होता है।

आयतन प्रसार गुणांक, रेखीय प्रसार गुणांक का तिगुना होता है। अर्थात् $\gamma = 3\alpha$

क्रियाकलाप–5 : छल्ला और कील

तार का एक ऐसा छल्ला बनाइए जिसमें से कील का सिर आसानी से निकल पाए। अब कील के सिरे को मोमबत्ती से गर्म करें। क्या आप अब तार के छल्ले को कील के सिर पर से निकाल पाते हैं?

आपस में चर्चा करें कि ऐसा क्यों होता होगा?



चित्र–11 : ठोस पदार्थ में आयतन प्रसार

द्रव पदार्थ में ऊष्मीय प्रसार–

आप जानते ही हैं कि द्रवों का अपना कोई आकार नहीं होता। द्रवों को जिस बर्तन में रख दिया जाता है, वे उसी का आकार ले लेते हैं। जब हम किसी द्रव को बर्तन में भरकर गर्म करते हैं, तो पहले बर्तन का प्रसार होता है फिर द्रव का। अतः आयतन प्रसार दो प्रकार के होते हैं–

(1) आभासी प्रसार (Apparent expansion) (2) वास्तविक प्रसार (Real expansion)

आइए, हम द्रवों के प्रसार को नीचे दिए गए क्रियाकलाप द्वारा समझते हैं।

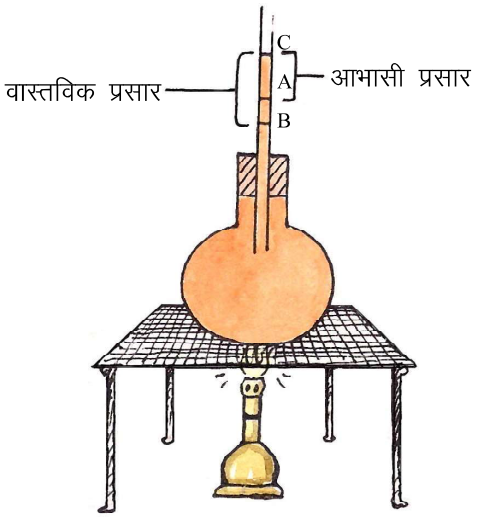
क्रियाकलाप–6

काँच का एक फ्लास्क लें। इसमें एक पतली व पारदर्शी नली लगा दें। पूरे फ्लास्क में ऊपर तक द्रव भर दें और फ्लास्क का मुँह कॉर्क द्वारा बंद कर दें।

मानो शुरुआत में द्रव का तल A तक है। जब फ्लास्क को गर्म किया जाता है तो द्रव का तल पहले A से B तक गिरता है और फिर B से C तक बढ़ता है, जैसा कि चित्र में दर्शाया गया है।

क्या आप बता सकते हैं कि ऐसा क्यों होता है?

गर्म करने पर सबसे पहले ऊष्मा फ्लास्क को मिलती है जिस कारण फ्लास्क फैल जाता है और पानी का स्तर नीचे गिर जाता है। इसके बाद ऊष्मा द्रव को मिलती है और वह फैलने लगता है, जिस कारण द्रव का तल ऊपर उठता है।



चित्र–12 : द्रव के आयतन में ऊष्मीय प्रसार

तलों A,B,C का मान नोट कर लें। हम देख सकते हैं कि द्रव का आभासी प्रसार तो A से C तक ही है, लेकिन वास्तविक प्रसार B से C तक है। A से B तक फ्लास्क का प्रसार है। द्रव के आभासी प्रसार में बर्तन के प्रसार को नजरअंदाज़ कर दिया जाता है लेकिन वास्तविक प्रसार में बर्तन के प्रसार को भी ध्यान में रखा जाता है।

$BC = AC + AB$

अर्थात् द्रव का वास्तविक प्रसार = द्रव का आभासी प्रसार + बर्तन का प्रसार

यह भी जानिए : अन्य द्रवों की तरह, पानी भी गर्म करने पर फैलता है। लेकिन नैसर्गिक बात यह है कि यह 0°C से 4°C के बीच नहीं फैलता।

यही कारण है कि ठण्डे प्रदेशों में भी जलीय जीवन सुरक्षित रह पाता है। पानी के ऊपरी सतह का ताप यदि 0°C से कम भी हो, तब भी तालाबों के निचले तल का ताप 4°C रहता है जिस कारण जल जीवन को कोई हानि नहीं पहुँचती।

गैसों में ऊष्मीय प्रसार–

गर्म करने पर गैसों का प्रसार ठोसों व द्रवों की तुलना में अधिक होता है। गैसों में भी द्रवों की ही तरह केवल आयतन प्रसार संभव है। ये प्रसार दो प्रकार का होता है–

1. **नियत दाब पर–**यदि नियत दाब पर गैस का ताप बढ़ाया जाए, तो गैस का आयतन बढ़ेगा। इस प्रकार के प्रसार गुणांक को आयतन प्रसार गुणांक कहते हैं। किसी गुब्बारे को ऊष्मा देने पर, उसके भीतर की हवा गर्म होकर फैलने लगती है, यह आप गुब्बारे के बढ़ते आयतन से देख सकते हैं।

$$\text{अतः गैस का आयतन प्रसार गुणांक} = \frac{\text{आयतन में वृद्धि}}{\text{प्रारंभिक आयतन} \times \text{ताप वृद्धि}}$$

$$\text{अर्थात्} \quad \gamma_p = \frac{\triangle V}{V \triangle T}$$

2. **नियत आयतन पर–** जब नियत आयतन पर गैस का ताप बढ़ाया जाए, तो गैस का दाब बढ़ता रहता है। इस प्रकार के प्रसार गुणांक को दाब प्रसार गुणांक कहते हैं। जैसा कि आपने कूकर में देखा होगा। गर्म करने पर कूकर की सीटी बजती है और सीटी में से भाप निकलती है। यह इसलिए होता है क्योंकि नियत आयतन पर कूकर के अंदर दाब बढ़ता जाता है।

$$\text{अतः} \quad \text{गैस का दाब प्रसार गुणांक} = \frac{\text{दाब में वृद्धि}}{\text{प्रारंभिक दाब} \times \text{ताप वृद्धि}}$$

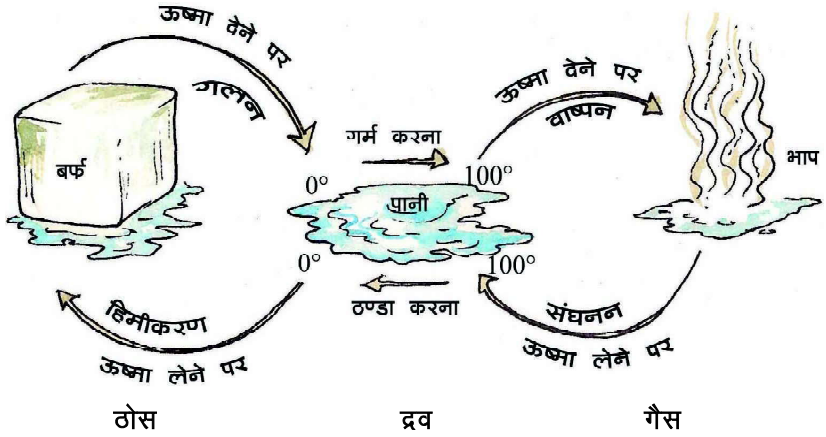
$$\text{अर्थात्} \quad \gamma_v = \frac{\triangle P}{P \triangle T}$$

क्रियाकलाप–7

काँच की एक छोटी सी खाली बोतल के मुँह पर पानी की कुछ बूँदें लगाएँ और मुँह को सिक्के से ढक दें। अब हाथों को आपस में रगड़कर गर्म करें और आधे मिनट के लिए बोतल को हाथ से पकड़ें। आपको सिक्का नाचता नज़र आएगा। सोचिए ऐसा क्यों हुआ होगा? यह गैस का किस प्रकार का प्रसार है, नियत आयतन पर प्रसार या नियत दाब पर प्रसार?

प्रश्न : गैसों और द्रवों में केवल आयतन प्रसार ही क्यों संभव है?

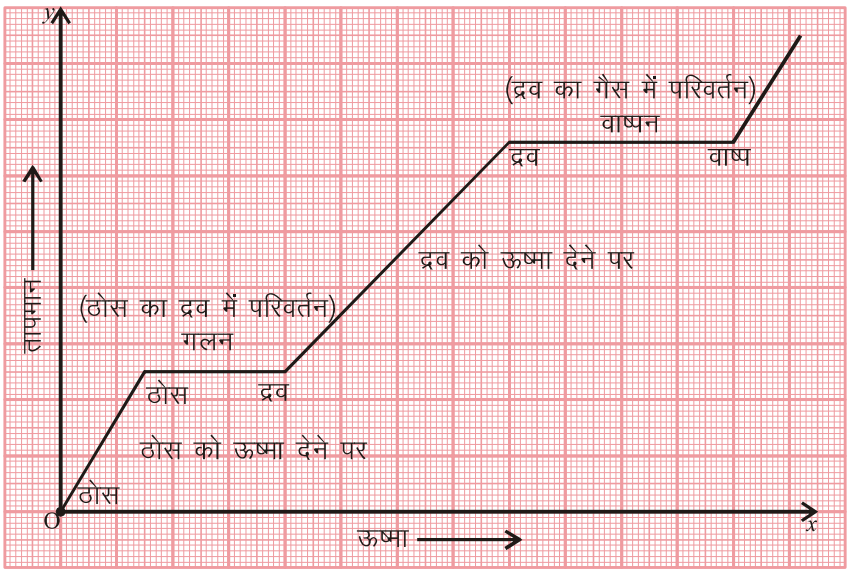
3. **भौतिक अवस्था में परिवर्तन–** ऊष्मा मिलने पर पदार्थ की अवस्था एक रूप से दूसरे रूप में परिवर्तित हो सकती है। नीचे दिए गए चित्र का अवलोकन करें और उदाहरणों के साथ समझें।



चित्र–13 : वस्तु को ऊष्मा देने अथवा लेने से वस्तु की भौतिक अवस्था में परिवर्तन

क्रियाकलाप–8

एक बर्तन में बर्फ के कुछ टुकड़े लें और थर्मामीटर की मदद से इसका ताप नोट करें। जैसे–जैसे आप बर्फ को गर्म करेंगे, वह पिघलने लगेगी। उसका ताप नोट करते रहें जब तक की बर्फ पिघल नहीं जाती। अब इस पानी को और गर्म करते रहिए और ताप नोट करते जाएँ। जब यह पानी उबलने लगे और भाप में परिवर्तित होने लगे, इसका ताप नोट करें। अब अपने अवलोकन का ग्राफ बनाएँ। क्या यह ग्राफ कुछ इस प्रकार दिखेगा?



चित्र–14 : अवस्था परिवर्तन में ली गई/दी गई ऊष्मा ताप वृद्धि में दिखाई नहीं देती।

हमने देखा कि गर्म करने पर पदार्थ का ताप बढ़ता जाता है। एक ताप पर पहुँचने पर पदार्थ की अवस्था में परिवर्तन होने लगता है और इस परिस्थिति में पदार्थ का ताप बढ़ना रूक जाता है। ऐसा इसलिए होता है क्योंकि गर्म करने पर प्राप्त की गई ऊष्मीय ऊर्जा पदार्थ का ताप बढ़ाने के जगह, अवस्था परिवर्तन में व्यय हो जाती है। चूँकि यह दी गई अथवा पदार्थ से ली गई ऊष्मा ताप वृद्धि के रूप में दिखाई नहीं पड़ती, इसलिए इसे गुप्त ऊष्मा (Latent heat) कहते हैं। गुप्त ऊष्मा दो प्रकार की होती है।

1. गलन की गुप्त ऊष्मा (Latent heat of fusion)

जब एकांक द्रव्यमान के पदार्थ को ऊष्मा देने पर वह ठोस अवस्था से द्रव अवस्था में बदल जाता है, तब इस प्रक्रिया में दी गई ऊष्मा की मात्रा गलन की गुप्त ऊष्मा कहलाती है। गुप्त ऊष्मा को 'L' से प्रदर्शित करते हैं। इसका मात्रक कैलोरी/ग्राम या किलोकैलोरी/किलोग्राम है। बर्फ के गलन की गुप्त ऊष्मा 80 किलो–कैलोरी/किलोग्राम है। अर्थात् 0°C ताप पर 1 किग्रा बर्फ को 0°C के ही 1 किग्रा. जल में बदलने के लिए 80 किलो–कैलोरी ऊष्मा की आवश्यकता होती है। यदि किसी पदार्थ का द्रव्यमान m तथा गुप्त ऊष्मा L हो, तो एक निश्चित ताप पर पदार्थ द्वारा दी गई या ली गई ऊष्मा $Q = mL$ होती है। द्रव से ठोस में बदलने के लिए समान मात्रा में ऊष्मा पदार्थ से ली जाती है।

2. वाष्पन की गुप्त ऊष्मा (Latent heat of vapourization)

एकांक द्रव्यमान के द्रव को उसके क्वथनांक पर पूरी तरह गैस में परिवर्तित करने के लिए लगने वाली ऊष्मा को वाष्पन की गुप्त ऊष्मा कहते हैं। इस गुप्त ऊष्मा को भी 'L' से प्रदर्शित करते हैं। वाष्प से द्रव में बदलने के लिए भी समान मात्रा में ऊष्मा पदार्थ में से ली जाती है।

हमने सीखा

- गर्म और ठण्डा एक ही मापक के दो मूल्य है।
- सिर्फ छूकर, देखकर व महसूस कर सटीक तापमान नहीं बताया जा सकता।
- गर्माहट व ठण्डक का सांखिए स्तर तापमान कहलाता है।
- मापे हुए तापमान को एक पैमाने से दूसरे पैमाने में बदलना संभव है।
- तापमान में परिवर्तन ऊष्मीय ऊर्जा के आदान–प्रदान के कारण होता है।
- ऊष्मा का SI मात्रक जूल होता है।
- ऊष्मा के संचरण के लिए सदैव ही माध्यम की आवश्यकता नहीं होती। विकिरण के द्वारा ऊष्मा निर्वात् में भी संचरित हो सकती है।
- ठोस पदार्थों में ऊष्मा का संचरण केवल चालन के द्वारा संभव है। संवहन द्वारा ऊष्मा का संचरण केवल द्रवों व गैसों में हो सकता है।
- ऊष्मा का संचरण सभी दिशाओं में समान रूप से होता है।
- सभी पदार्थों के समान मात्रा का ताप समान मात्रा में बढ़ाने के लिए ऊष्मा की विभिन्न मात्राएँ लगती हैं। इसे पदार्थ की विशिष्ट ऊष्मा कहते हैं।
- ठोसों में ऊष्मीय प्रसार में रेखीय प्रसार, क्षेत्रीय प्रसार व आयतन प्रसार के बीच 1 : 2 : 3 का अनुपात होता है।
- द्रवों में ऊष्मीय प्रसार दो प्रकार का होता है– आभासी प्रसार व वास्तविक प्रसार।
- भौतिक अवस्था में परिवर्तन के लिए उपयोग में ली गई ऊष्मीय ऊर्जा को गुप्त ऊष्मा कहते हैं।

मुख्य शब्द (Keywords)

ऊष्मीय ऊर्जा, फैरनहाइट, सेल्सियस, केल्विन, कैलोरी, तापांतर, ऊष्मीय संचरण, चालन, संवहन, विकिरण, ऊष्मा धारिता, विशिष्ट ऊष्मा धारिता, रेखीय प्रसार गुणांक, क्षेत्रीय प्रसार गुणांक, आयतन प्रसार गुणांक, आभासी प्रसार, वास्तविक प्रसार, गलन व वाष्पन की गुप्त ऊष्मा।

अभ्यास

1. सही विकल्प चुनकर लिखें–

   (i) ठोस में रेखीय, क्षेत्रीय व आयतन प्रसार का अनुपात होता है–

   (अ) 1 : 1 : 1 (ब) 1 : 2 : 3 (स) 1 : 2 : 1 (द) 3 : 2 : 1

   (ii) वस्तु A व वस्तु B में से वस्तु A की विशिष्ट ऊष्मा वस्तु B की तुलना में कम है, तो–

   (अ) वस्तु A जल्द गर्म होगी (ब) वस्तु B जल्द गर्म होगी

   (स) दोनों वस्तुएँ समान रूप से गर्म होंगी (द) इनमें से कोई नहीं

   (iii) नीचे दी गई वस्तुओं में से कौनसी वस्तु सबसे अच्छा ऊष्मा चालक–

   (अ) लोहा (ब) एस्बेस्टोस (स) काँच (द) लकड़ी

   (iv) नीचे दी गई कौनसी वस्तुओं में ऊष्मा का संचार संवहन द्वारा नहीं हो सकता है–

   (अ) चाय (ब) पानी (स) हवा (द) निर्वात्

2. रिक्त स्थानों की पूर्ति कीजिए–

   (i) ऊष्मा कोई पदार्थ नहीं बल्कि ..... है।

   (ii) ..... के कारण ऊष्मा का स्थानांतरण होता है।

   (iii) चालन के द्वारा ऊष्मा का संचरण केवल ..... में संभव है।

   (iv) विकिरण द्वारा ऊष्मा के संचरण हेतु ..... की आवश्यकता नहीं होती है।

   (v) पदार्थ की भौतिक अवस्था में परिवर्तन के लिए ली गई/दी गई ऊष्मा के कारण तापमान में बदलाव ..... होता है।

3. जब दो वस्तुओं को, जिनका तापमान एक दूसरे से अलग हो को संपर्क में लाया जाता है तब उन दोनों का तापमान समान क्यों हो जाता है?

4. गुप्त ऊष्मा किसे कहते है?

5. गैस से भरा गुब्बारा आग के पास लाने से फूट क्यों जाता है?

6. निम्न तापमानों को अन्य पैमाने में परिवर्तित कीजिए–

   (i) 14° F को सेल्सियस में

   (ii) 100° C को फैरनहाइट में

   (iii) 12 K को सेल्सियस में

7. जल की महत्तम विशिष्ट ऊष्मा के दैनिक जीवन में तीन उपयोग लिखिए।

8. 1 किग्रा. जल का ताप 60°C है। यदि इसे 40°C वाले 1 किग्रा. जल में मिश्रित कर दें तो मिश्रण का ताप क्या होगा? (उत्तर–50)

9. तांबे के एक बर्तन का द्रव्यमान 500 ग्राम है। इसका ताप 40°C तक बढ़ाने के लिए आवश्यक ऊष्मा की गणना कीजिए। तांबे की विशिष्ट ऊष्मा 0.09 जूल/किग्रा. °C है। (उत्तर–1.8 J)

10. तांबे के एक तार की लंबाई 100 सेमी. है। इसके ताप को 30°C से 50°C तक बढ़ाने में इसकी लंबाई में कितनी वृद्धि होगी? तांबे के लिए $\alpha = 26 \times 10^{-6}/\,°C$ होता है। (उत्तर–52×10^{-5} m)

11. विशिष्ट ऊष्मा धारिता क्या है?

12. ऊष्मा के संचरण के प्रकारों के बारे में लिखें।

13. ऊष्मा के प्रभावों के हमारे दैनिक जीवन से जुड़े कुछ उदाहरण बताइए।

प्रोजेक्ट कार्य –

1. विभिन्न द्रवों का उपयोग थर्मामीटर बनाने में करें।
   आपके निरिक्षण को सूचीबद्ध करें।
2. क्षेत्र प्रसार तथा आयतन प्रसार पृथ्वी के लिए लगातार चिंतन करें।
3. रबर के लिए रेखीय प्रसार गुणांक ज्ञात करने में आई कठिनाइयों का वर्णन करें।
4. थर्मस फ्लास्क बनाएँ।