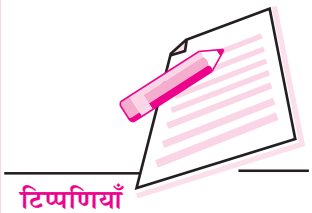


टिप्पणियाँ

12

ऊष्मा स्थानान्तरण एवं सौर ऊर्जा

पिछले अध्याय में आपने ऊष्मागतिकी के नियमों का अध्ययन किया जो एक ऊष्मागतिकी निकाय में ऊष्मा के प्रवाह और उसकी दिशा को निर्धारित करते हैं। इस पाठ में आप ऊष्मा स्थानांतरण की प्रक्रियाओं के बारे में अध्ययन करेंगे। हमारे सुन्दर ग्रह पर जीवन का अस्तित्व सूर्य से प्राप्त होने वाली ऊर्जा के कारण है। पृथ्वी पर पहुंचने से पूर्व यह पृथ्वी और सूर्य के बीच अंतरिक्ष से होकर गुजरती है। क्या आप जानते हैं कि हम सब लगभग 70 वाट की दर से ऊर्जा उत्सर्जित करते हैं? यहां हम **विकिरण** के बारे में विस्तारपूर्वक पढ़ेंगे। यह अध्ययन हमें बहुत दूर स्थित तारों का ताप ज्ञात करने में सहायक होगा।

ऊष्मा स्थानांतरण की एक अन्य विधि **चालन** है जिसमें एक पदार्थ माध्यम की आवश्यकता होती है। जब किसी छड़ के एक सिरे को गर्म किया जाता है तो कुछ समय बाद इसका दूसरा सिरा भी गरम हो जाता है। इसी कारण से विभिन्न साधित्रों में लकड़ी अथवा ऊष्मा के किसी अन्य कुचालक के दस्ते लगाए जाते हैं। हमारे घर की दीवारों पर पड़ने वाली ऊष्मीय ऊर्जा हमारे घर के अन्दर चालन विधि से पहुंचती है। लेकिन जब आप एक बर्तन में पानी गरम करते हैं तो पहले बर्तन के तल के अणु ऊष्मा प्राप्त करते हैं। वे तल से ऊपर की ओर ऊष्मीय ऊर्जा को लेकर चलते हैं। ऊष्मा स्थानांतरण की इस विधि को **संवहन** कहते हैं। ये प्रक्रम अनेक प्राकृतिक परिघटनाओं जैसे मानसून आदि के लिए, जो पृथ्वी पर हमारे जीवन के अस्तित्व के लिए महत्वपूर्ण हैं, उत्तरदायी हैं। आप इस अध्याय में ऊष्मा स्थानान्तरण के अन्य प्रक्रमों के विषय में पढ़ेंगे।

उद्देश्य

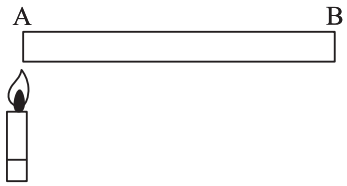
इस पाठ के अध्ययन के बाद आप:

- चालन, संवहन और विकिरण में भेद कर सकेंगे;
- ऊष्मा चालकता गुणांक को परिभाषित कर सकेंगे;
- किसी पिंड की उत्सर्जन क्षमता एवं अवशोषण क्षमता की परिभाषा कर सकेंगे;
- ग्रीन हाउस प्रभाव और इसके पृथ्वी पर जीवन पर परिणामों का वर्णन कर सकेंगे; और
- कृष्णिका विकिरण को निर्धारित करने वाले नियमों को लागू कर पाएंगे।

12.1 ऊष्मा संचरण की प्रक्रियाएं

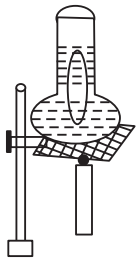
पिछले अध्याय में आपने ऊष्मागतिकी के नियमों का अध्ययन किया। इसके दूसरे नियम के अनुसार ऊष्मा स्वत: उच्चतर ताप वाली वस्तु से निम्न ताप वाली वस्तु में प्रवाहित हो सकती है। ऊष्मा का स्थानान्तरण तब तक होता रहता है जब तक कि दोनों का ताप समान नहीं हो जाता है। गैस के अणुगति सिद्धान्त के अनुसार गैस का ताप उसकी औसत गतिज ऊर्जा से संबंधित है। इसका अर्थ यह हुआ कि विभिन्न तापों पर गैस के अणुओं की औसत गतिज ऊर्जाएं भिन्न-भिन्न होती हैं।

ऊष्मा स्थानांतरण तीन प्रक्रमों द्वारा हो सकता है। ये हैं; चालन, संवहन ओर विकिरण। चालन और संवहन में ऊष्मा का स्थानांतरण अणुओं की गति द्वारा होता है। अब हम यह समझने का प्रयास करते हैं कि यह कैसे होता है,



चित्र 12.1: धातु की छड़ में ऊष्मा चालन

चालन द्वारा ऊष्मा स्थानांतरण सामान्यतया ठोस पदार्थों में होता है। इसमें परमाणु आपस में कसकर बंधे होते हैं। गर्म किए जाने पर ये अपनी स्थान नहीं छोड़ सकते। वे अपनी साम्य स्थितियों के इर्द-गिर्द ही कम्पन कर सकते हैं। आइए हम समझने का प्रयत्न करें कि यदि एक ध ातु की छड़ को एक सिरे पर गर्म किया जाए तो परमाणुओं की गति किस प्रकार प्रभावित होती है (चित्र 12.1)। A सिरे के पास के परमाणु गर्म हो जाते हैं और उनकी गतिज ऊर्जा बढ़ जाती है। वे अपनी साम्य स्थिति के इर्द-गिर्द बढ़ी हुई गतिज ऊर्जा से कंपन करने लगते हैं और अपने समीपवर्ती अणुओं से सम्पर्क में होने से अपनी कुछ गतिज ऊर्जा उन तक पहुंचाते हैं, और ये परमाणु फिर अपने पड़ोसी परमाणुओं से टकराते हैं और कुछ गतिज ऊर्जा उन तक भेजते हैं। यह क्रम तब तक चलता रहता है जब तक कि गतिज ऊर्जा छड़ के दूसरे सिरे B तक स्थित परमाणुओं तक संचरित नहीं हो जातीं क्योंकि औसत गतिज ऊर्जा ताप के समानुपाती है। अत: B सिरा गर्म हो जाता है। इस प्रकार चालन द्वारा ऊष्मा परमाणु से परमाणु में होकर संचरित होती है। इस प्रक्रिया में परमाणुओं का स्थान परिवर्तन नहीं होता। ये केवल अपनी माध्य अवस्था के इर्द-गिर्द कंपन करते हैं तथा ऊर्जा को एक से दूसरे की ओर स्थानांतरित करते हैं।



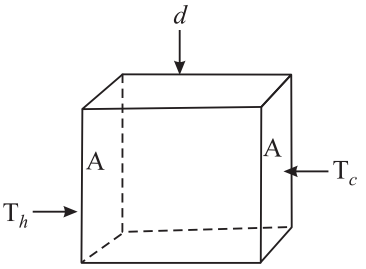
चित्र 12.2: जल को गर्म करने पर उसमें संवहन धाराएं बनती हैं।

संवहन में तरल के अणु ऊष्मीय ऊर्जा ग्रहण करते हैं तथा ऊपर की ओर उठते हैं। इसे देखने के लिए, फ्लास्क में कुछ जल लें और इसकी तली पर पोटैशियम परमैंगनेट ($KMnO_4$) के कुछ कण डाल कर जल को गर्म करें। जैसे ही तली के पास का जल गर्म होता है यह फैलता है। इसका घनत्व कम हो जाता है, और उत्पलावन बल के कारण यह ऊपर सतह की ओर जाने लगता है (चित्र 12.2)। इसके स्थान पर ठंडा और अधिक घनत्व का जल आ जाता है। इस प्रकार

अधिक गर्म तरल की संवहन धारा ऊपर की ओर जाती है और ठंडा तरल द्रव नीचे जाता है। जल धीरे-धीरे गरम होने लगता है। ये संवहन धाराएं देखी जा सकती हैं क्योंकि ($KMnO_4$) के कारण ये लाल रंग की हो जाती है।

विकिरण में ऊष्मीय ऊर्जा तरंगों के रूप में प्रवाहित होती है। इन तरंगों के अभिलक्षणों के बारे में आप बाद में सीखेंगे। ये तरंगें निर्वात (Vaccum) से होकर गुजर सकती हैं और इनके संचरण के लिए किसी द्रव्य माध्यम की आवश्यकता नहीं होती है। सूर्य से प्राप्त होने वाली ऊष्मा अधिकांशत: विकिरण द्वारा ही हमें प्राप्त होती है। अब हम इन प्रक्रमों का विस्तृत अध्ययन करेंगे।

12.1.1 चालन



चित्र 12.3 एक *d* मोटाई और *A* क्षेत्रफल वाले फलक के एक खंड में ऊष्मा चालन जबकि दो सिरों का ताप T_h और T_c है।

एक आयताकार गुटका जिसके अनुप्रस्थ काट का क्षेत्रफल A और मोटाई d है, पर विचार करें। इसके दो फलकों पर ताप T_h और T_c ($< T_h$) हैं, जैसा कि चित्र 12.3 में दर्शाया गया है। अब उन सभी कारकों पर विचार करते हैं जिन पर एक फलक से दूसरे फलक पर स्थानान्तरित ऊष्मा की मात्रा निर्भर करती है। हम सहजरूप से अनुभव कर सकते हैं कि क्षेत्रफल A जितना बड़ा दिया होगा उतनी ही अधिक ऊष्मा का स्थानान्तरण होगा ($Q \alpha A$) और मोटाई d जितनी अधिक होगी उतनी ही कम ऊष्मा स्थनान्तरित होगी ($Q \alpha l/d$)। ऊष्मा स्थानांतरण अधिक होगा यदि ($T_h - T_c$) फलकों के मध्य तापान्तर अधिक होगा। अंत में ऊष्मा स्थानान्तरित के लिए समय *t* जितना ही अधिक होगा उतना ही Q अधिक होगा।

इस प्रकार $$Q \alpha \frac{A(T_h - T_c).t}{d}$$

$$Q = \frac{KA(T_h - T_c)t}{d} \qquad (12.1)$$

जहां पर K एक स्थिरांक है जो कि पदार्थ, जिससे गुटका बना है, की प्रकृति पर निर्भर करता है यह ऊष्मा चालकता गुणांक या सामान्यत: पदार्थ की ऊष्मा चालकता कहलाता है। किसी पदार्थ की ऊष्मा चालकता 1 सेकंड में स्थानांतरित हुई ऊष्मा की मात्रा है जबकि पदार्थ के अनुप्रस्थ काट का क्षेत्रफल 1 m^2 हो और मोटाई (लंबाई) 1 m हो और इसके दो फलकों के बीच का तापान्तर 1 K हो। ऊष्मा चालकता का SI मात्रक $Wm^{-1} K^{-1}$ है। कुछ पदार्थों के लिये K का मान सारणी (12.1) में दिया गया है।

उदाहरण 12.1 : बर्फ से भरा एक घनाकृति थर्मोकोल बॉक्स का पार्श्व 30 cm और मोटाई 5.0 cm है, यदि बाहरी ताप 45° C हो तो 6 घंटे में पिघलने वाली बर्फ की मात्रा ज्ञात कीजिए। (थर्मोकोल के लिए K = 0.01 J s^{-1} m^{-1} °C^{-1}, बर्फ की गलन की गुप्त ऊष्मा 335 J g^{-1} है।)

हल: समीकरण 12.1 की सहायता से बॉक्स में स्थानांतरित ऊष्मा, जो कि इसके एक फलक से गुजरती है, ज्ञात की जा सकती है,

टिप्पणियाँ

$$Q = \frac{KA(T_h - T_c)t}{d}$$

$$= (0.01\ J\ s^{-1}\ m^{-1}\ {}^\circ C^{-1}) \times (900 \times 10^{-4}\ m^2) \times (45\ {}^\circ C) \times (6 \times 60 \times 60\ s) / (5 \times 10^{-2}\ m)$$

$$= 10496\ J$$

बॉक्स में से होकर गुजरने वाली कुल ऊर्जा

$$Q = 10496 \times 6\ J$$ (क्योंकि बॉक्स के 6 फलक होते हैं)

पिघली हुई बर्फ का द्रव्यमान m, Q को L से विभाजित करके ज्ञात किया जा सकता है।:

$$m = Q/L$$

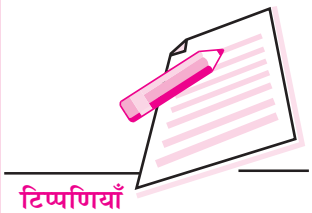
$$= \frac{10496 J}{335\ Jg^{-1}} \times 6$$

$$= 313 \times 6\ g = 1878\ g$$

हम सारणी 12.1 से देख सकते हैं कि धातुएं ताँबा एवं एलुमीनियम की ऊष्मा चालकता अधिक होती है। इसका अर्थ यह हुआ कि ऊष्मा का प्रवाह ताँबे में अधिक सुगमता से होता है। यही कारण है कि खाना बनाने के बर्तन और गर्म करने के लिए बर्तन ताँबे के बनाए जाते हैं। दूसरी ओर वायु और थर्मोकोल की ऊष्मा चालकता बहुत कम होती है। जिन पदार्थों का K कम होता है उन्हे कभी-कभी ऊष्मारोधी भी कहा जाता है। शीत ऋतु में हम ऊनी वस्त्र पहनते हैं क्योंकि ऊन के तंतुओं में फंसी वायु हमारे शरीर से निकलने वाली ऊष्मा की हानि को रोकती है। रूकी हुई ऊष्मा के कारण हम गर्माहट महसूस करते हैं यदि सूती कपड़े एक के ऊपर एक पहने जाएं तो परतों के बीच फंसी वायु की परत हमारे शरीर की गर्मी को बनाए रखती हैं। गर्मी के दिनों में, बर्फ की एक शिला को गलने से बचाने के लिये हम थर्मोकोल से बने बॉक्स में रखते हैं। कभी-कभी हम बर्फ की शिला को जूट (पटसन) की थैली में रखते हैं जिसकी ऊष्मा चालकता भी कम होती है।

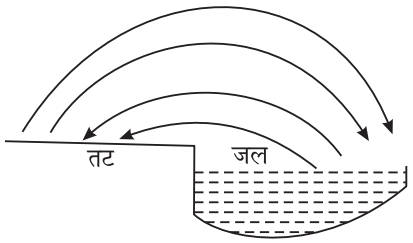
सारणी 12.1: कुछ पदार्थों की ऊष्मा चालकता

पदार्थ	ऊष्मा चालकता ($Wm^{-1} K^{-1}$)
तांबा	400
एलुमीनियम	240
कंक्रीट	1.2
काँच	0.8
पानी	0.60
बॉडी टेल्क	0.20
वायु	0.025
थर्मोकोल	0.01



12.1.2 संवहन

यह एक साधारण अनुभव है कि गर्मियों में दिन के समय में झील या समुद्र के किनारे घूमते हुए हमें शीतल हवा का अनुभव होता है। क्या आप इसका कारण बता सकते हैं? आइए इसके विषय में ज्ञात करें:



चित्र 12.4 संवहन धारायें, समुद्र तट से गर्म हवा ठंडे जल की ओर प्रवाहित होती है। समुद्र से तट की ओर प्रवाहित होने वाली संवहन धारायें ठंडी हवा के रूप में महसूस की जाती हैं।

झील या समुद्र के पानी की सतह से लगातार वाष्पीकरण के कारण इसका (जल का) ताप कम हो जाताहै। समुद्र के किनारे से गर्म वायु ऊपर उठती है। (चित्र 12.4)। इससे समुद्र तट पर निम्न दाब का क्षेत्र बन जाता है, और जल सतह से ठंडी वायु किनारे की ओर बहने लगती है। इन संवहन धाराओं का कुल प्रभाव यह है कि गर्म तट से ऊष्मा का स्थानांतरण ठंडे जल की ओर हो जाता है। ऊष्मा स्थानांतरण की दर अनेक कारकों पर निर्भर करती है। चालन की तरह संवहन के लिये कोई सरल समीकरण नहीं है। फिर भी संवहन द्वारा ऊष्मा के स्थानान्तरण की दर दोनों पृष्ठों के बीच तापों के अंतर और इन पृष्ठों के क्षेत्रफल पर भी निर्भर करती है

आइए अब इस बात की जांच करें कि ऊष्मा संचरण की विधियों के बारे में आपने कितना ज्ञान प्राप्त किया।

12.1.3 विकिरण

किसी पिंड की सतह से ऊर्जा के सतत उत्सर्जन को विकिरण कहा जाता है। इस ऊर्जा को विकिरण ऊर्जा कहा जाता है और यह विद्युत चुम्बकीय तरंगों के रूप में होती है। ये तरंगे प्रकाश वेग (3×10^8 m s^{-1}) से गमन करती है और ये निर्वात और वायु में से होकर संचरित हो सकती हैं। पॉलिश की गई सतहों से ये आसानी से परावर्तित होती हैं तथा लेन्स के प्रयोग से संकेन्द्रित होती हैं।

सभी पिंडों से उत्सर्जित होने वाले विकिरण उनके ताप के अभिलक्षण होते हैं। सूर्य 6000 K पर मुख्य रूप से दृश्य स्पेक्ट्रम में ऊर्जा का उत्सर्जन करता है। पृथ्वी से 295 K के आदर्श विकिरण ताप पर ऊर्जा का उत्सर्जन होता है। यह मुख्यत: विद्युत चुम्बकीय स्पेक्ट्रम के अवरक्त (Infrared) (ऊष्मीय) क्षेत्र में उत्सर्जित होती है। मानव शरीर से भी अवरक्त क्षेत्र में ऊर्जा का उत्सर्जन होता है।

अब हम एक साधारण प्रयोग करते हैं। एक अंधेरे कमरे में काले रंग का प्लेटिनम तार लें। इससे होकर विद्युतधारा प्रवाहित करें। आप पाएंगे कि तार गरम हो जाता है। धीरे-धीरे विद्युतधारा का परिमाण बढ़ाइए। कुछ समय बाद तार से विकिरण का उत्सर्जन प्रारम्भ हो जाता है। इसमें

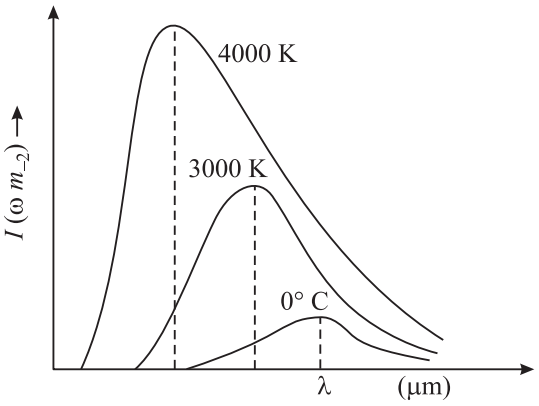
यदि आप थोड़ी और अधिक विद्युतधारा प्रवाहित करें तो तार फीके लाल रंग से दीप्त (glow) हो जाता है। यह दर्शाता है कि तार से लाल रंग का विकिरण हो रहा है जिसकी तीव्रता इतनी है कि हमारे नेत्रों पर इसका प्रभाव पड़ता है। यह लगभग 525° C पर होता है। ताप को और अधिक बढ़ाने पर तार का रंग फीके लाल से बदलकर चेरी लाल (लगभग 900°C) हो जाता है और लगभग 1100° C पर नारंगी, 1250° C के लगभग पीला और 1600° C के लगभग सफेद हो जाता है। इससे आप क्या निष्कर्ष निकालते हैं? यह दर्शाता है कि किसी दीप्त पिंड का ताप इसके रंग से आंका जा सकता है। और ताप बढ़ाने से लघुत्तर तरंगदैर्ध्य की अधिक तरंगे, तप्त पिण्ड से पर्याप्त मात्रा में उत्सर्जित होती हैं। इसके विपरीत आप तर्क कर सकते हैं कि जब तार का ताप 525°C के नीचे होता है तो यह लाल की अपेक्षा अधिक लम्बी तरंगों को उत्सर्जित करता है लेकिन इन तरंगों का ताप संसूचन उनके तापन प्रभाव (heating effect) से ही किया जा सकता है।

पाठगत प्रश्न 12.1

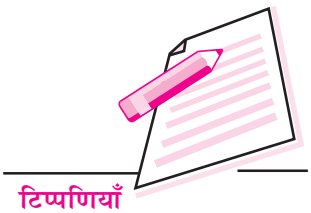
1. चालन और संवहन में अन्तर स्पष्ट करें।
2. जाँच करें कि K का मात्रक $Js^{-1} m^{-1} °C^{-1}$ है।
3. मनुष्य सर्दी में अपने को ऊनी वस्त्र से क्यों ढके रहता है?
4. एक घनाकार टुकड़ा जिसकी सतह का क्षेत्रफल $1 m^2$ और मोटाई 1 m है, एक ऐसे पदार्थ का बना है जिसका ऊष्मा चालकता गुणांक K है। इस टुकड़े के विपरीत फलकों के ताप में 1° C का अंतर रखा गया है। एक सेकन्ड में सतह से होकर स्थानांतरित ऊर्जा परिकलित कीजिए और K की आंकिक परिभाषा दीजिए।
5. गर्मी की ऋतु में दिन के समय भूमि काफी गर्म हो जाती है लेकिन समुद्र के ऊपर की वायु इतनी गर्म नहीं होती। इस कारण समुद्र-समीर चलना प्रारम्भ हो जाती हैं। व्याख्या करें।

12.2 विकिरण के नियम

किसी ताप पर, पिंड द्वारा उत्सर्जित ऊर्जा विभिन्न तरंगदैर्ध्य की तरंगों का मिश्रण होती है। इन तरंगों की सबसे तीव्र एक विशिष्ट तरंगदैर्ध्य (मान लीजिए λ_m) होती है। 400 °C, पर ताँबे के ब्लॉक के लिये λ_m लगभग 5×10^{-4} cm या 5 μm होता है (1 μ = 10^{-6}m)। इस मान से अधिक या कम तरंगदैर्ध्य पर तीव्रता घट जाती है (चित्र 12.5)।



चित्र 12.5: विभिन्न तापों पर कृष्णिका से उत्सर्जित विकिरणों की तीव्रता का तरंगदैर्ध्य के साथ विचरण



स्पष्ट रूप से प्रत्येक वक्र और क्षैतिज अक्ष के बीच के क्षेत्रफल से किसी नियत ताप पर कुल विकिरण दर की जानकारी मिलती है। आप चित्र 12.5 में दर्शाए वक्रों को देख सकते हैं और निम्न दो तथ्यों की जांच कर सकते हैं;

1) किसी एक निश्चित ताप (प्रत्येक वक्र और क्षैतिज अक्ष के बीच के क्षेत्रफल द्वारा दर्शाए गए) पर विकिरण की दर ताप के साथ तेजी से बढ़ती है।

2) प्रत्येक वक्र के लिए ऊर्जा की एक अधिकतम सीमा है और उसके अनुरूप तरंगदैर्ध्य λ_m (अर्थात सबसे तीव्र तरंग का तरंगदैर्ध्य) है। λ_m ताप में वृद्धि के साथ छोटे तरंगदैर्ध्य की ओर विस्थापित होती है।

इस दूसरे तथ्य को मात्रात्मक रूप से **वीन के विस्थापन का नियम** कहते हैं।

इस नियम का कथन है कि वस्तु का ताप बढ़ने से λ_m लघुत्तर तरंगदैर्ध्य की ओर विस्थापित होती है। यह नियम सही अर्थ में केवल आदर्श कृष्णिकाओं के लिए मान्य है। गणितीय रूप में

$$\lambda_m T = \text{नियतांक} \qquad (12.2)$$

समीकरण 12.2 में नियतांक का मान 2.884×10^{-3} mK पाया गया है। इस नियम से हमें सभी विकिरणकारी पिंडो (खगोलीय पिंडों सहित) के ताप के निर्धारण की सरल विधि का पता चलता है। $\lambda_m = 14$ micron (माइक्रॉन) पर चन्द्रमा के विकिरण स्पेक्ट्रम का शीर्ष है। समीकरण (12.2) प्रयोग करने पर

$$T = \frac{2884 \text{ माइक्रॉन K}}{14 \text{ माइक्रॉन}} = 206 \text{ K}$$

अर्थात् चन्द्र तल का ताप 206 K है।

विल्हेल्म वीन

(1864 – 1928)

1911 में नोबेल पुरस्कार से अलंकृत, विल्हेल्म वीन पूर्वी प्रसिया के एक जमींदार के पुत्र थे। प्रसिया में स्कूली शिक्षा के बाद वे कॉलेज की पढ़ाई के लिये जर्मनी गए। बर्लिन विश्वविद्यालय में उन्होंने महान भौतिक शास्त्री हेल्महोल्ज के मार्गदर्शन में अध्ययन किया और प्रकाश के धात्वीय सतहों से विवर्तन के लिए उन्हें 1886 में डाक्टरेट की उपाधि मिली। उनकी व्यावसायिक जीवनवृत्ति बड़ी शानदार थी। 1896 में वे फिलिप लेनार्ड के बाद ऐकस-ला-चेपेल में प्रोफेसर बने। 1899 में वे गीसेन (Giessen) विश्वविद्यालय में भौतिक शास्त्र के प्रोफेसर बने। 1900में वे वुजवर्ग में डब्ल्यू. सी. रून्टगेन (W.C. Roentgen) के उत्तराधिकारी बने। 1902 में उन्हें लीपजिग (Leipzig) विश्वविद्यालय में ल्युडविग बोल्टजमान और 1906 में बर्लिन विश्वविद्यालय में ड्रूड (Drude) का स्थान सौंपा गया जिन्हें इन्होंने अस्वीकार कर दिया। 1920 में उन्हें मुनीच में भौतिकी का प्रोफेसर नियुक्त किया गया और ये अपने जीवन के अंतिम समय तक वहीं रहें।

12.2.1 किरखोफ का नियम

जैसा कि पहले बताया जा चुका है कि जब किसी द्रव्य पर विकिरण पड़ता है तो इसका कुछ अंश परावर्तित, कुछ अंश अवशोषित और कुछ अंश पारगत होता है। यदि किसी सतह पर एक विशेष तरंगदैर्ध्य के लिए मान लें कि r_λ , a_λ और t_λ क्रमशः परावर्तित ऊर्जा, अवशोषित ऊर्जा और पारगत अंश हों तो

$$1 = r_\lambda + a_\lambda + t_\lambda \qquad (12.3)$$

कोई पिंड आदर्श कृष्णिका कहलाती है यदि $r_\lambda = t_\lambda = 0$ और $a_\lambda = 1$। अतः आदर्श कृष्णिका पर आपतित विकिरण पूर्णतया अवशोषित हो जाते हैं। काजल को किसी हद तक आदर्श कृष्णिका माना जा सकता हे। प्रकृति में आदर्श कृष्णिका का अस्तित्व नहीं है। काजल दीर्घ तरंगदैर्ध्य का प्रकाश पारगत करती है। काजल दृश्य प्रकाश के 96% को और प्लैटिनम ब्लैक 98% को अवशोषित करता है।

इसके विपरीत **आदर्श श्वेत पिंड** की परिभाषा इस प्रकार की जाती है कि यह वह पिंड है जिसके लिए $a_\lambda = 0, t_\lambda = 0$ और $r_\lambda = 1$ होता है। श्वेत खड़िया के टुकड़े को किसी हद तक आदर्श श्वेत पिंड कह सकते हैं।

इसका आशय यह हुआ कि अच्छे उत्सर्जक अच्छे अवशोषक भी होते हैं। लेकिन क्योंकि कोई भी वस्तु अपने पर आपतित उत्सर्जित ऊर्जा को या तो अवशोषित करती है या परावर्तित, एक अच्छा अवशोषक एक अल्प परावर्तक (अथवा अच्छा उत्सर्जक) होता है।

कृष्णिका की अभिकल्पना (डिजाइनिंग)

किरखोफ के नियम के प्रयोग से हम एक पूर्ण कृष्णिका का निर्माण प्रायोगिक प्रयोजनों के लिए करने में सक्षम होते हैं। हम एक स्थिर ताप पर अंतः क्षेत्र लेते हैं जिसमें एक स्थिर ताप में λ से $\lambda + d\lambda$ के बीच की तरंगदैर्ध्य हैं। अब हम इस अंतः क्षेत्र (enclosure) में एक छेद करते है और इससे बाहर निकलने वाले विकिरण की जांच करते हैं। यह विकिरण अंतःक्षेत्र की दीवारों से अनेकों बार परावर्तित होता है। अतः यदि सतह की परावर्तक क्षमता r_λ और उत्सर्जक क्षमता e_λ हो तो, इसमें से निकलने वाला कुल विकिरण निम्न भांति दर्शाया जाता है।

$$E_\lambda = e_\lambda + e_\lambda r_\lambda + e_\lambda r_\lambda^2 + e_\lambda r_\lambda^3 + ... = e_\lambda (1 + r_\lambda + r_\lambda^2 + r_\lambda^3 + ...)$$

$$= \frac{e_\lambda}{1 - r_\lambda} \qquad (12.4)$$

लेकिन किरखोफ के नियम के अनुसार $\frac{e_\lambda}{a_\lambda} = E_\lambda$

$$e_\lambda = E_\lambda a_\lambda \qquad (12.5)$$

जहां E_λ कृष्णिका से उत्सर्जन है। अब यदि दीवारों को अपारदर्शक (opaque) मान लें तो समीकण (12.3) को हम इस प्रकार लिख सकते हैं।

$$a_\lambda = 1 - r_\lambda \qquad (12.6)$$

समीकरण (12.5) में मान रखने पर, हमें प्राप्त होता है

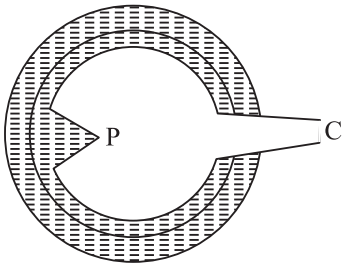
$$e_\lambda = E_\lambda (1 - r_\lambda)$$

या
$$E_\lambda = \frac{e_\lambda}{1 - r_\lambda} \qquad (12.7)$$

समीकरण (12.4) और (12.7) की तुलना करने पर हम पाते हैं कि किसी छिद्र से निकलने वाला विकिरण पूर्णतया कृष्ण उत्सर्जक सतह के लगभग समरूप होगा। छिद्र जितना ही छोटा होता है उतना ही निर्गत विकिरण आदर्श कृष्णिका के विकिरण के निकट होता है।

अत: हम पाते हैं कि–एकसमान रूप से गर्म अंत:क्षेत्र जिसमें कि एक छोटी सी गुहा (Cavity) हो तो वह उत्सर्जन के लिये एक कृष्णिका की भांति व्यवहार करता है।

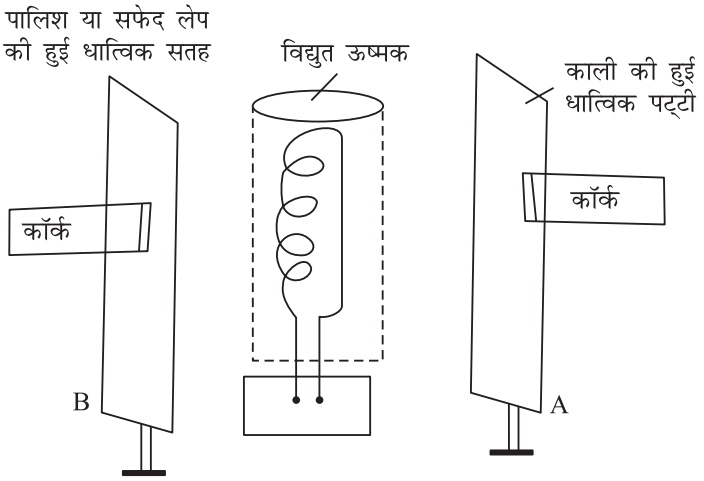
ऐसा अत:क्षेत्र आपतित विकिरण के लिए भी एक पूर्ण कृष्णिका की भांति व्यवहार करता हैं। छिद्र में से होकर अन्दर प्रवेश करने वाली किरण अंत: क्षेत्र के भीतर परावर्तित होती रहेगी तथा बाहर नहीं निकल पाएगी। इस अंत:क्षेत्र के तल को काला करके और सुधारा जा सकता है। अत: एक अंत:क्षेत्र एक पूर्ण अवशोषक है और एक पूर्ण कृषिका की भांति व्यवहार करता है। चित्र 12.6 फेरी की कृष्णिका को दर्शाता है। इसमें एक खोखले गोले के रूप में एक गुहा है जिसके अन्दर के भाग को काले पदार्थ से लेपित किया गया है। इसमें एक छोटा शंक्वाकार द्वार O है। छिद्र O के सामने एक शंकु प्रक्षेप P है। यह छिद्र के सामने की सतह से विकिरणों को वापस आने से रोकता है, अन्यथा यह पूर्ण कृष्णिका की भांति व्यवहार नहीं करेगी।



चित्र 12.6: फेरी की कृष्णिका

क्रियाकलाप 12.1

आप पढ़ चुके हैं कि काली सतह एक चमकदार सफेद सतह की अपेक्षा शीघ्रतापूर्वक ऊष्मा विकिरणों का अवशोषण कर लेती है। इस प्रभाव को देखने के लिए आप निम्नलिखित प्रयोग कर सकते हैं। दो धात्विक प्लेटें A और B लीजिए। A की एक सतह को काला करें और B की एक सतह को चमकदार बनाएं। एक इलैक्ट्रिक हीटर (विद्युत ऊष्मक) लें। इन्हें ऐसे व्यवस्थित करें कि काली सतह और चमकदार सफेद सतह हीटर के सामने हों और हीटर से समान दूरी पर हों। एक-एक कॉर्क को मोम के सहारे से बिना लेप लगाए पृष्ठ पर चिपकाएं।



चित्र 12.7 एक काली व एक चमकदार सतह द्वारा ऊष्मा अवशोषण में अंतर दिखाने के लिए प्रयोग

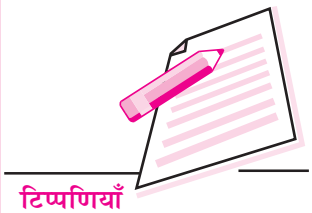
विद्युत हीटर को ऑन कीजिए। क्योंकि दोनों प्लेटें समरूप और समान दूरी पर रखी हैं, अत: वे समान मात्रा में हीटर से विकिरण प्राप्त करती हैं। आप पाएंगे कि काली पट्टी पर लगी कार्क पहले गिरती है। ऐसा इसलिये होता है क्योंकि काली सतह सफेद सतह से अधिक ऊष्मा अवशोषित करती है। यह सिद्ध करता है कि काली सतह विकिरण की अच्छी अवशोषक हैं।

12.2.2 उत्सर्जन एवं अवशोषण क्षमता

समान तापमान पर भिन्न-भिन्न वस्तुएं भिन्न-भिन्न परिमाण में तापीय ऊर्जा का उत्सर्जन करती हैं। किसी गर्म वस्तु की विकरणों का उत्सर्जन करने की क्षमता को उसकी उत्सर्जन क्षमता कहते हैं। किसी विशेष तापमान पर विकरणों का उत्सर्जन करने वाली वस्तु द्वारा ईकाई पृष्ठ क्षेत्रफल से एक सेकन्ड में उत्सर्जित कुल ऊर्जा उसकी कुल उत्सर्जन-क्षमता कहलाती है। यह इस बात पर भी निर्भर करती है कि पिंड का तापमान आस पास के तापमान की अपेक्षा कितना अधिक है। इसका मात्रक है $Jm^{-2}s^{-1}$। समान तापमान पर कृष्णिका की कुल उत्सर्जन-क्षमता का मान अधिकतम (E_b) होता है। समान ताप पर किसी वास्तविक वस्तु की उत्सर्जन-क्षमता (E) एवं कृष्णिका की उत्सर्जन-क्षमता का अनुपात उत्सर्जकता (ε) कहलाती है। अत: उत्सर्जकता,

$$\varepsilon = \frac{E}{E_b}$$

अथवा $$E = \varepsilon E_b$$



E एवं E_b के मान तापमान पर निर्भर करते हैं। किसी पिंड की उत्सर्जकता नियत नहीं होती, तापमान के साथ इसमें अल्प परिवर्तन होता है।

जब किसी वस्तु पर विकरित ऊर्जा पड़ती है तो इसका कुछ भाग अवशोषित हो जाता है। विकरित ऊर्जा को अवशोषित करने की वस्तु की क्षमता को अवशोषण क्षमता कहते हैं। कुल अवशोषण क्षमता अवशोषित एवं आपतित ऊर्जा का अनुपात होती है। अवशोषण क्षमता (a) आपतित ऊर्जा का अवशोषित भिन्नात्मक अंश है। कृष्णिका के लिए $a = 1$.

कभी-कभी एक दिए गए तरंगदैर्ध्य की ऊर्जा के अवशोषण के बारे में जानना बड़ा रोचक होता है। ऐसी स्थिति में स्पेक्ट्रमी अवशोषण क्षमता a_λ का उपयोग किया जाता है। अत: कृष्णिका के लिए स्पेक्ट्रमी अवशोषण क्षमता $a_{b\lambda} = 1$

प्रायोगिक तौर पर यह ज्ञात है कि ऊष्मीय विकरणों का अच्छा उत्सर्जक अच्छा अवशोषक भी होता है। इसका अर्थ है कि उत्सर्जन-क्षमता एवं अवशोषण-क्षमता में एक निकट संबंध है।

12.2.3 स्टीफन बोल्ट्समान नियम

प्रायोगिक मापनों के आधार पर स्टीफन और बोल्ट्समान ने यह निष्कर्ष निकाला कि किसी सतह से प्रति सेकण्ड विकिरित ऊर्जा ताप की चतुर्थ धातु के समानुपाती होती है।

$$E = Ae\,\sigma\,T^4 \qquad (12.8)$$

जहाँ पर σ स्टीफन बोल्ट्समान नियतांक है और इसका मान $5.672 \times 10^{-8} \text{J m}^{-2} \text{s}^{-1} \text{K}^{-4}$ है। T केल्विन में व्यक्त ताप, e = उत्सर्जकता या आपेक्षिक उत्सर्जकता कहलाती है और पृष्ठ की प्रकृति और ताप पर निर्भर करती है। e का मान 0 और 1 के मध्य है; पॉलिश की हुई सतह के लिए अल्प और आदर्श कृष्ण पदार्थों के लिये इसका मान 1 है।

समीकरण (12.8) से आप यह सोच सकते हैं कि यदि सभी पिंडों की सतहें लगातार विकिरण ऊर्जा उत्सर्जन करती हों तो अंततोगत्वा सभी पिंड अपनी सम्पूर्ण आन्तरिक ऊर्जा को विकरित करके परम शून्य ताप तक ठंडी क्यों नहीं हो जाती। यदि किसी ओर विधि से ऊर्जा की आपूर्ति न हो तो पिंड परम शून्य ताप तक ठंडी हो जाएंगी। वास्तव में सभी पिंड विकिरण ऊर्जा का विकिरण और अवशोषण दोनों क्रियाएं एक ही समय करते हैं। यदि किसी पिंड का ताप अपने आस पास के ताप के बराबर होता है तो उत्सर्जन दर एवं अवशोषण दर समान होती हैं। इस प्रकार ऊर्जा का कुल मान अपरिवर्तित रहता है और ताप में परिवर्तन नहीं होता है। अगर पिंड का ताप अपने आस-पास के वातावरण के ताप से कम हो तो अवशोषण की दर उत्सर्जन की दर की अपेक्षा अधिक होगी। पिंड के ताप में तब तक वृद्धि होती रहेगी जब तक कि पिंड का ताप कक्ष के ताप के तुल्य है। यदि पिंड का ताप अधिक है तो उत्सर्जन दर अवशोषण दर से अधिक होगी। एक नेट ऊर्जा की हानि होती है। अत: यदि पिंड का ताप T_1 और वातावरण का ताप T_2 हो तो प्रति सेकेंड नेट ऊर्जा हानि

$$E_{\text{net}} = Ae\,\sigma\,(T_1^4 - T_2^4), \quad \text{जहाँ } T_1 > T_2 \qquad (12.5)$$

उदाहरण 12.2 : 3000 K ताप पर 100W के तापदीप्त लैंप (incandescent lamp) के तंतु का पृष्ठीय क्षेत्रफल ज्ञात कीजिए ($\sigma = 5.7 \times 10^{-8}$ W m^{-2} K^{-4} तथा तंतु की उत्सर्जकता $e = 0.3$)

हल: स्टीफन बोल्ट्समान नियम के अनुसार

$$E = eA\sigma T^4$$

जहां E उत्सर्जित ऊर्जा दर = 100W, A, पृष्ठीय क्षेत्रफल तथा T, पृष्ठ का ताप = 3000 K

अत:

$$A = \frac{E}{e\sigma T^4}$$

$$A = \frac{100\ \text{W}}{0.3 \times 5.7 \times 10^{-8}\ \text{Wm}^{-2}\ \text{K}^{-4} \times (3000\text{K})^4}$$

$$= 7.25 \times 10^{-5}\ \text{m}^2$$

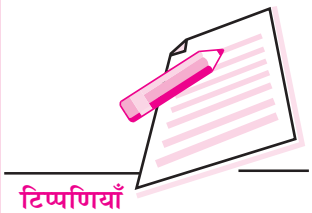
अब आपके द्वारा अर्जित ज्ञान की जांच का समय है।

पाठगत प्रश्न 12.2

1. 300K ताप पर गुहिका विकिरक (Cavity radiator) किस तरंगदैर्ध्य के लिये अधिकतम विकिरण उत्सर्जित करता है?
2. ग्रीष्म ऋतु में हल्के रंग के कपड़े क्यों पहनते हैं?
3. कृष्णिका विकिरण के स्पेक्ट्रम के प्रायोगिक अध्ययन से कौन से महत्वपूर्ण तथ्य प्राप्त होते हैं?
4. किसी व्यक्ति की त्वचा का ताप 28 °C है और वह 22 °C ताप वाले कमरे में विद्यमान है। मान लीजिए इस व्यक्ति की त्वचा की उत्सर्जकता एक हो और शरीर का पृष्ठीय क्षेत्रफल 1.9 m^2 हो तो व्यक्ति की विकिरण क्षमता ज्ञात कीजिए।
5. किसी पिंड की उत्सर्जन क्षमता एवं अवशोषण क्षमता की परिभाषा कीजिए। आदर्श कृष्णिका क्या होती है?

12.3 सौर ऊर्जा

आपने अपनी पूर्ववर्ती कक्षाओं में सीखा कि सूर्य पृथ्वी को उपलब्ध होने वाली समस्त ऊर्जा का परम स्रोत है। सूर्य बहुत अधिक मात्रा में प्रकाश एवं ऊष्मा ऊर्जा के रूप में ऊर्जा का उत्सर्जन कर रहा है और पृथ्वी द्वारा प्राप्त किया अल्पांश विकिरण भी पृथ्वी की सतह पर पाए जाने वाले सभी प्राणियों की आवश्यकता पूर्ति के लिये पर्याप्त है।अत: सौर ऊर्जा का प्रभावशाली उपयोग, किसी दिन हमारे ऊर्जा संकट का हल प्रदान करेगा।



सौर विकिरण से जुड़े कुछ विषयों पर नीचे विवेचन किया जा रहा है।

1. सौर नियतांक

पृथ्वी पर पहुंचने वाली कुल सौर ऊर्जा की गणना के लिए हम सर्वप्रथम इकाई क्षेत्रफल में प्रति सेकन्ड प्राप्त की गई ऊर्जा का निर्धारण करते हैं। इस ऊर्जा को सौर नियतांक कहते हैं। पृथ्वी के लिए सौर नियतांक का मान 1.36×10^3 W m^{-2} है।

सौर नियतांक को पृथ्वी के पृष्ठ क्षेत्र से गुणा करने पर हमें पृथ्वी द्वारा प्रति सेकन्ड प्राप्त की गई ऊर्जा की मात्रा प्राप्त हो जाएगी। गणितीय रूप से

$$Q = 2\pi R_e^2 C$$

जहाँ पर R_e पृथ्वी की त्रिज्या और C सौर नियतांक है,

यहाँ ध्यान दें कि पृथ्वी की सतह का आधा भाग ही लिया गया है क्योंकि एक समय में केवल इतना ही भाग प्रकाशित होता है।

$$Q = 2 \times 3.14 \times (6.4 \times 10^6 \text{ m})^2 \times (1.36 \times 10^3 \text{ W m}^{-2})$$
$$\simeq 3.5 \times 10^{17} \text{ W}$$
$$\simeq 3.5 \times 10^{11} \text{ MW}$$

सौर परिवार के अन्य ग्रहों के लिए सौर नियतांक का मान ज्ञात करने के लिए हम स्टीफन बोल्ट्समान नियम का प्रयोग कर सकते हैं जो कि सूर्य द्वारा 1 सेकन्ड में उत्सर्जित कुल ऊर्जा का मान देता है।

$$\in = (4\pi r^2)\, \sigma\, T^4$$

जहां पर r सूर्य की त्रिज्या और T इसका ताप है।

यदि R ग्रह के कक्ष की त्रिज्या हो तो

$$E = \frac{\in}{4\pi R^2} = \left(\frac{r}{R}\right)^2 \sigma T^4 \qquad (12.6)$$

और सूर्य से R′ दूरी पर परिक्रमा करते हुए किसी अन्य ग्रह का सौर नियतांक

$$E' = \left(\frac{r}{R'}\right)^2 \sigma T^4 \qquad (12.7)$$

अत:
$$\frac{E'}{E} = \left(\frac{R}{R'}\right)^2 \qquad (12.8)$$

मंगल ग्रह की सूर्य से दूरी पृथ्वी से सूर्य की दूरी की 1.52 गुना है। इसलिये मंगल के लिए सौर नियतांक

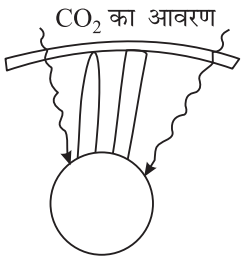
$$E' = E \times \left(\frac{1}{1.52}\right)^2$$

$$= 6 \times 10^2 \text{ W m}^{-2}$$

2. ग्रीन हाउस प्रभाव

पृथ्वी पर जीवन को फलने-फूलने के लिये उचित मात्रा में सौर विकिरण उपलब्ध होना आवश्यक है। पृथ्वी का वायुमण्डल प्राणियों को एक आरामदेह तापमान प्रदान करने में एक महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है। इनमें से एक प्रक्रिया जिसके कारण यह होता है ग्रीन हाउस प्रभाव कहलाती है।

एक ग्रीन हाउस में पौधे, फूल, घास आदि कांच के बने हुए एक ढांचे में परिबद्ध किए जाते हैं। कांच में से होकर लघु तरंगदैर्ध्य विकिरण अन्दर जा सकते है। यह विकिरण पौधों द्वारा अवशोषित कर लिये जाते हैं। तत्पश्चात् यह विकिरण अपेक्षाकृत दीर्घ तरंदैर्ध्य विकिरण ग्रीन हाउस के काँच से बाहर नहीं जा सकते हैं। दीर्घ तरंगदैर्ध्य विकिरण ग्रीन हाउस के कांच से बाहर नहीं जा सकते क्योंकि कांच ऊष्मा के लिए प्रभावी रूप से अपारदर्शी (opaque) है। ये ऊष्मा विकिरण इस प्रकार ग्रीन हाउस में कैद हो जाते हैं और उसे कोष्ण (Warm) बनाए रखते हैं।



चित्र. 12.8 :ग्रीन हाउस प्रभाव

इसी प्रकार का एक प्रभाव हमारे वायुमण्डल में होता है। वायुमण्डल में थोड़े से अंश में कार्बन डाई ऑक्साइड होती है जो कि दृश्य प्रकाश के लिये पारदर्शी होती है। सूर्य का प्रकाश वायुमण्डल से गुजरता हुआ पृथ्वी की सतह पर पहुंचता है। पृथ्वी इस प्रकाश का अवशोषण करती है और तत्पश्चात् इसे अवरक्त विकिरण के रूप में उत्सर्जित करती है। लेकिन वायु में विद्यमान कार्बन डाईऑक्साइड अवरक्त विकिरण के लिए अपारदर्शी होती है। CO_2 इन विकिरणों को वायुमण्डल के बाहर नहीं निकलने देती वरन उन्हें वायुमण्डल में ही वापस परावर्तित कर देती है। जिसके फलस्वरूप पृथ्वी के ताप में वृद्धि हो जाती है। इस प्रभाव को ग्रीनहाउस (हरित कक्ष) प्रभाव कहते हैं।

विकसित एवं विकासशील देशों द्वारा वायुमण्डल में बहुत अधिकमात्रा में कार्बन डाईऑक्साइड का उत्सर्जन किए जाने से ग्रीन हाउस प्रभाव के कारण भूमण्डलीय ताप बढ़ता जा रहा है तथा मानव अस्तित्व के लिए गम्भीर समस्या उपस्थित हो गयी है। हाल ही में संयुक्त राष्ट्र संघ की एक रिपोर्ट में सभी राष्ट्रों से अपने कार्बन डाईऑक्साइड उत्सर्जन को कम करने की मांग की है क्योंकि ग्लेशियर्स (हिमनद) तेजी से सिकुड़ने लगे हैं। निकट भविष्य में इनके कारण कल्पना से परे विनाश हो सकता है जैसे मुख्य नदियों में बाढ़ का आ जाना, समुद्र तल का ऊंचा उठ जाना। हिमनदों के पिघल जाने से पानी का अभाव और भूमि का क्षरण बढ़ जाएगा जिसके कारण अन्न संकट भी उत्पन्न हो जाएगा। इसके अतिरिक्त मौसम का बदलता प्रतिरूप

(पैटर्न) कुछ क्षेत्रों में अकाल तथा सूखा तथा कुछ क्षेत्रों में बाढ़ की स्थिति उत्पन्न कर सकता है।

भारतीय संदर्भ में यह अनुमान लगाया गया है कि इस दिशा में समुचित कदम न उठाए जाने से सन् 2030 तक गंगा के मैदानी भाग में गम्भीर समस्याएं उत्पन्न हो जाएंगी और समुद्री तट के समीपवर्ती भाग जलमग्न हो जाएंगे। आप इस संभाव्य घटना को रोकने के लिए क्या योगदान दे सकते हैं?

12.4 न्यूटन का शीतलन नियम

न्यूटन के शीतलन के नियम के अनुसार ''किसी गरम वस्तु की शीतलन की दर वातावरण की अपेक्षा उसके ताप की अधिकता के अनुक्रमानुपाती होती है बशर्ते कि यह तापान्तर बहुत कम हो। इस नियम का नियमन स्टीफन बोल्ट्समान नियम के अनुसार किया जा सकता है।

माना एक निकाय T ताप पर है और इसके आसपास का ताप T_0 है, किसी गर्म वस्तु द्वारा प्रति इकाई क्षेत्रफल प्रति सेकन्ड ऊर्जा ह्रास

$$E = e\sigma(T^4 - T_0^4)A \qquad (12.9)$$

$$T^4 - T_0^4 = (T^2 - T_0^2)(T^2 + T_0^2) = (T - T_0)(T - T_0)(T^2 + T_0^2). \qquad (12.10)$$

अत:
$$E = e\sigma(T - T_0)(T^3 + T^2 T_0 + T T_0^2 + T_0^3)A$$

यदि $(T-T_0)$ अत्यल्प है तो T^3, T^2T_0, TT_0^2 और T_0^3 को T_0^3 माना जा सकता है,

अत:
$$E = e\sigma(T - T_0)\,4T_0^3 A$$
$$= k(T - T_0)$$

जहां पर $k = 4e\sigma T_0^3 A$ है, अत:

$$E\alpha\,(T - T_0) \qquad (12.11)$$

यह न्यूटन का शीतलन का नियम है।

पाठगत प्रश्न 12.3

1. पृथ्वी के 40 मीटर चौड़े और 50 मीटर लंबे क्षेत्र द्वारा सूर्य से प्राप्त की जाने वाली शक्ति का परिकलन कीजिए।
2. मानव द्वारा जीवाश्म ईंधनों की तेज खपत से पृथ्वी पर जीवन को क्या खतरे पैदा हो गये है?
3. एक द्रव के शीतलन वक्र का क्या आकार होगा?

आपने क्या सीखा है

- ऊष्मा उच्च ताप वाली वस्तु से निम्न ताप वाली वस्तु की ओर प्रवाहित होती है। ऊष्मा का स्थानान्तरण तीन प्रक्रमों द्वारा होता है चालन, संवहन और विकिरण।
- चालन में एक परमाणु/अणु से दूसरे परमाणु/अणु में ऊष्मा का स्थानांतरण होता है और ये परमाणु/अणु अपनी नियत स्थितियों में कंपन करते रहते हैं।
- संवहन में ऊष्मा का स्थानांतरण अणुओं के स्वयं के स्थानांतरण से होता है। विकिरण में ऊष्मा विद्युत चुम्बकीय तरंगों द्वारा संचरित होती है।
- चालन में स्थानांतरित हुई ऊष्मा की राशि का मान निम्न होता है:

$$Q = \frac{K(T_h - T_c)\ At}{d}$$

- **वीन का नियम :** ताप T (K) पर किसी वस्तु की विकिरण ऊर्जा के स्पेक्ट्रम का उच्चिष्ठ (maxima) तरंगदैर्ध्य λ_m इस प्रकार होता है कि $\lambda_m T$ = नियतांक (= 2880 μK)
- **स्टीफन वोल्ट्समान नियम :** T (K) पर विकिरण की दर निम्न समीकरण द्वारा दी जाती है।

$$E = e\sigma AT^4$$

अवशोषक शक्ति निम्न प्रकार से परिभाषित की जाती है

$$\mathbf{a} = \frac{\text{तरंगदैर्ध्य } \lambda \text{ और } \lambda + d\lambda \text{ के बीच कुल अवशोषित ऊर्जा}}{\text{तरंगदैर्ध्य } \lambda \text{ और } \lambda + d\lambda \text{ के बीच कुल आपतित ऊर्जा}}$$

- किसी पृष्ठ की उत्सर्जक क्षमता e_λ किसी विशिष्ट ताप पर प्रति एकांक तरंगदैर्ध्य परास प्रति सेकन्ड प्रति वर्गमीटर क्षेत्रफल से उत्सर्जित होने वाली कुल ऊर्जा के बराबर होती है।
- पृथ्वी के लिए सौर नियतांक का मान 1.36×10^3 $Jm^{-2}\ s^{-1}$ होता है।
- **न्यूटन का शीतलन नियम :** किसी वस्तु के शीतलन की दर वस्तु के और इसके वातावरण के तापमानों के अंतर के समानुपाती होती है अर्थात् $E \alpha (T-T_0)$

पाठान्त प्रश्न

1. किसी थर्मस फ्लास्क में (चित्र 12.9) कांच की दोहरी दीवार वाली बोतल को एक धातु के धारक में बंद किया जाता है। बोतल में द्रव रखा जाता है जिसे हम एक निश्चित ताप पर बनाए रखना चाहते हैं। चित्र को ध्यानपूर्वक देखकर बताएं कि किस प्रकार थर्मस फ्लास्क की संरचना चालन, संवहन और विकिरण द्वारा ऊष्मा की हानि को रोकती है।

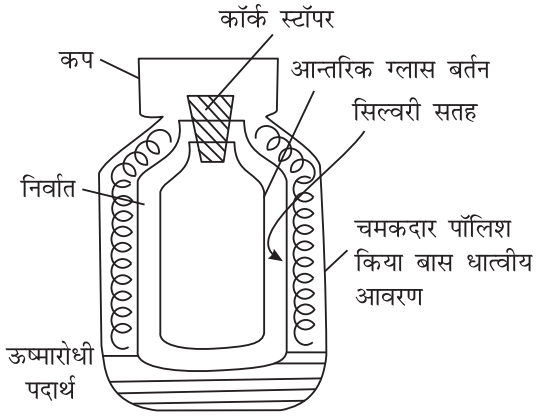


Fig. 12.9: थर्मस फ्लास्क

2. तारे से अधिकतम ऊर्जा उत्सर्जन को प्रदर्शित करने वाली तरंगदैर्ध्य 4000 A° है, तारे के ताप का परिकलन कीजिए ($1A° = 10^{-8}$ cm).

3. 2 cm त्रिज्या के काले रंग किए गए ठोस तांबे के गोले को निर्वातित अंत:क्षेत्र (enclosure) में रखा गया है जिसकी दीवारों का ताप 1000 °C पर रखा जाता है गोले को 127 °C ताप पर बनाए रखने के लिए इसे किस दर से ऊर्जा प्रदान की जानी चाहिए?

4. ''एक अच्छा अवशोषक एक अच्छा उत्सर्जक भी होता है,'' टिप्पणी करें।

5. 50 cm व्यास और 0.5 cm मोटाई की तली का एक तांबे का बर्तन एक बर्नर के ऊपर रखा है जो बर्तन की तली के पृष्ठ को 110 °C पर बनाए रखता है। तली द्वारा बर्तन के भीतर ऊष्मा का नियमित प्रवाह होता है जहाँ पानी वायुमण्डलीय दाब (Atmosphere pressure) पर उबलने लगता है। बर्तन की तली के अंदर के पृष्ठ का ताप 105° C रहता हैं। बताइए एक घंटे में कितने किलोग्राम पानी उबलेगा?

6. 'ऊष्मा चालकता गुणांक' की परिभाषा बताइए। यह गुणांक कौन-कौन से घटकों पर निर्भर करता है?

7. चालन और संवहन द्वारा ऊष्मा स्थानांतरण में क्या अन्तर है?

8. एक समान अनुप्रस्थ परिच्छेद क्षेत्रफल वाली दो या अधिक छड़ों को यदि श्रेणीबद्ध जोड़ दिया जाय तो सिद्ध कीजिए की इनका तुल्य तापीय प्रतिरोध प्रत्येक छड़ के तापीय प्रतिरोध के योग के बराबर होता है। (टिप्पणी–तापीय प्रतिरोध, ऊष्मा चालकता का व्युत्क्रम होता है)

9. विभिन्न पदार्थों की ऊष्मा चालकता गुणांक का अनुपात 4 : 3 है। एक समान मोटाई की इन पदार्थों की दो छड़ों का एक समान तापीय प्रतिरोध रखने के लिए इन छड़ों की लंबाइयों का अनुपात क्या होगा?

10. सर्दियों में स्वच्छ आकाश की अपेक्षा बादलों से आच्छादित आकाश वाली रात्रि में हम क्यों अपेक्षाकृत गरम अनुभव करते हैं?

टिप्पणियाँ

11. यदि ताँबे या लोहे के और लकड़ी के टुकड़े एक ही ताप पर हों तो धातु का टुकड़ा छूने पर अपेक्षाकृत गरम क्यों लगता है?

12. चीनी मिट्टी के प्याले की अपेक्षा धातु के बने प्याले से गर्म चाय की चुस्की लेना क्यों अधिक कठिन है?

13. सूती कपड़ों की अपेक्षा ऊनी कपड़े अपेक्षाकृत क्यों अधिक गर्म होते हैं?

14. एक समान मोटाई वाले कपड़े की दो परत वाला कपड़ा इन परतों की दो गुना मोटाई वाले कपड़े की अपेक्षा अधिक गर्मी क्यों देता है?

15. क्या भू-उपग्रह के अंदर पानी संवहन विधि से उबाला जा सकता है?

16. 500 W के जलते विद्युत बल्ब से हम अपना एक हाथ 5 cm ऊपर रखते हैं और दूसरा हाथ बल्ब से 5 cm नीचे रखते हैं, ऊपर वाले हाथ में हमें अपेक्षाकृत अधिक गर्मी क्यों महसूस होती है?

17. एक समान विमाओं और साइज के दो बर्तन विभिन्न पदार्थों के बने हैं। 0°C ताप की समान मात्रा की बर्फ इनमें भर दी जाती है। यदि बर्फ एक बर्तन में 25 मिनट में और दूसरे बर्तन में 20 मिनट में पूरी तरह पिघल जाती है तो दोनों बर्तनों की धातुओं की ऊष्मा चालकताओं की तुलना कीजिए।

18. 4.0 cm व्यास और 20.0 cm लंबी छड़ की ऊष्मीय प्रतिरोधकता ज्ञात कीजिए। ताँबे की ऊष्मा चालकता $= 4.2 \times 10^2\ \text{W m}^{-1}\text{K}^{-1}$ है; यदि छड़ के सिरों का तापान्तर $= 50\ °\text{C}$ हो तो ऊष्मा प्रवाह की दर ज्ञात कीजिए।

पाठगत प्रश्नों के उत्तर

12.1

1. ठोस पदार्थों में चालन ऊष्मा का प्रमुख प्रकार है। जिसमें ठोस के कण अपने समीप के अणुओं को ऊर्जा स्थानांतरित करते हैं;

   संवहन में तरल के कण स्वयं उच्च ताप से निम्न ताप की ओर चलते हैं।

2. $K = \dfrac{Qd}{t\,A\,(Q_2 - Q_1)}$

   $= \dfrac{\text{J}}{\text{s}}\dfrac{\text{m}}{\text{m}^2\ °\text{C}}$

   $= \text{J s}^{-1}\ \text{m}^{-1}\ °\text{C}^{-1}$

3. ऊन के रेशों में फंसी वायु शरीर की गर्मी को बाहर निकलने से रोकती है और इस प्रकार पहनने वाले को गर्म रखती है।

4. ऊष्मा चालकता गुणांक आंकिक रूप से प्रति सेकन्ड एक घन के फलक के पृष्ठीय क्षेत्रफल 1 m^2 और मोटाई 1m से स्थानांतरित होने वाली ऊष्मीय ऊर्जा है जबकि उन दो फलकों के बीच 1°C का तापान्तर है।
5. दिन के समय में जमीन जल की अपेक्षा अधिक गर्म हो जाती है। और समुद्र के ऊपर की हवा तट के ऊपर की हवा से अधिक ठंडी होती है। जमीन से गर्म हवा ऊपर की ओर उठती है और एक निम्न दाब का क्षेत्र विकसित हो जाता है। इसके कारण समुद्री नम हवा जमीन की ओर चलने लगती है। क्योंकि जल की विशिष्ट ऊष्मा धारिता रेत की विशिष्ट ऊष्मा धारिता से अधिक है। इसलिये रेत रात्रि में जल्दी ठंडी हो जाती है और जमीन से समुद्र की ओर हवा चलने लगती है।

12.2

1. $\lambda_m = \frac{\text{वीन नियतांक}}{\text{तापमान}} = \frac{2880\mu K}{300K}$

   $= 9.6\mu$
2. संकेत क्योंकि हल्के रंग ऊष्मा का अवशोषण कम करते हैं।
3. संकेत (a) $\lambda_m T = S$ (b) $t = \sigma T^4$
4. 66.4 W.

12.3

1. सौर नियतांक x क्षेत्रफल

   $= 2.7 \times 10^5$ W
2. हवा में लगातार कार्बन डाईऑक्साइड की मात्रा बढ़ने से ग्रीन हाउस प्रभाव बढ़ेगा जिसके कारण भूमण्डलीय ऊष्मण (global warming) और परिणाम स्वरूप हिमनदों के पिघलने की संभावना है, जिससे कि भूखण्ड में बाढ़ आ जाएगी।
3. चरघातांकी क्षय

पाठान्त प्रश्नों के उत्तर

2. 7210 K
3. 71.6×10^{-11} W
5. 4.7×10^5 kg
9. 3 : 4

17. 4 : 5

18. 2.4×10^{-3} mKW^{-1}; 2.64 W

उच्चतर माध्यमिक पाठ्यक्रम
भौतिकी
विद्यार्थी मूल्याकंन पत्र - 3

अधिकतम अंक : 50 **समय : $1\frac{1}{2}$ घंटा**

निर्देश

- सभी प्रश्नों के उत्तर कागज की पृथक शीट पर दीजिए।
- अपनी उत्तर पुस्तिका पर निम्नलिखित सूचनाएं दीजिए
  - नाम
  - पंजीयन संख्या
  - विषय
  - मूल्यांकन पत्र संख्या
  - पता
- अपने मूल्यांकन पत्र का मूल्यांकन अपने अध्ययन केन्द्र के विषयाध्यापक से करायें ताकि आपको उनसे अपने कार्य के संबंध में धनात्मक प्रतिक्रिया प्राप्त हो सके।

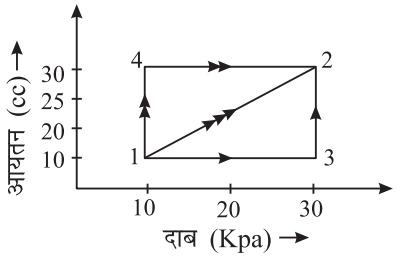
अपना मूल्यांकन पत्र NIOS को न भेजें

1. किस ताप पर अणुओं की गति रुक जाती है? (1)
2. किसी आदर्श गैस की आंतरिक ऊर्जा किस प्रकार (गतिज अथवा स्थितिज) की होती है? (1)
3. कैलॉरी की परिभाषा में ताप परिवर्तन 14.5° C से 15.5° C क्यों निर्दिष्ट किया जाता है? (1)
4. किस तापांक के लिए सेल्सियस एवं फहरेनहाईट पैमाने समान मान दर्शाएंगे? (1)
5. 'आंतरिक ऊर्जा धनात्मक है' इस कथन से क्या संसूचित होता है? (1)
6. ऐसे दो कारण बताई जो सभी व्यवहारिक इंजनों की दक्षता कार्नो इंजन से कम कर देते हैं। (1)
7. उस आरेख का नाम बताईए जो ऊष्मा इंजनों का सिद्धांत समझाने में महत्वपूर्ण भूमिका अदा करता है। (1)
8. ऊष्मा चालकता गुणांक का विमीय सूत्र लिखिए। (1)
9. कार्नो इंजन की दो परिसीमाएं बताईए। (2)
10. प्रत्येक गैस की दो विशिष्ट ऊष्माएं होती है जबकि प्रत्येक द्रव एवं ठोस की विशिष्ट ऊष्मा का केवल एक ही विशिष्ट मान होता है। समझाइए कि ऐसा क्यों है। (2)
11. एक विद्युत रेफ्रिजरेटर निम्न ताप की शीतलक कुंडलियों से गर्म पर्यावरण को ऊष्मा का हस्तांतरण करता है। क्या यह ताप गतिकी के द्वितीय नियम के विपरीत है? अपने उत्तर के समर्थन में तर्क दीजिए। (2)

12. दो छड़ें X एवं Y समान लम्बाई की हैं। प्रत्येक छड़ के सिरों का ताप क्रमशः T_1 और T_2 $(T_1 > T_2)$ है। छड़ों X एवं Y में समान ऊष्मा प्रवाह की दर सुनिश्चित करने वाली शर्तें क्या हैं? (2)

$$\left[\text{संकेत}: \frac{dQ_1}{dt} = \frac{dQ_2}{dt} \Rightarrow \frac{K_1 A_1 \Delta T}{\Delta x} = \frac{K_2 A_2 \Delta T}{\Delta x} \Rightarrow \frac{A_1}{A_2} = \frac{K_2}{K_1}\right] \quad (2)$$

13. ऊष्मा गतिकी का प्रथम नियम लिखिए। चित्र में किसी गैस को अवस्था-1 से अवस्था-2 तक ले जाने वाले तीन पथ दर्शाए गए हैं। इन तीनों पथों से गुजरने में गैस द्वारा किए गए कार्य की गणना कीजिए।

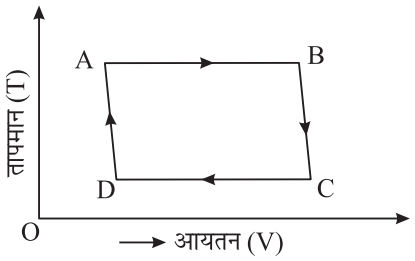


[संकेत : पथ1 $\rightarrow 3 \Rightarrow w_{13} + w_{32} = 0 + p\Delta v = 0.6$ J

पथ1 $\rightarrow 2 \Rightarrow w_{12} = \frac{1}{2}(30-10)\times 10^3 \times 10 \times 10^{-6} = 0.1$ J

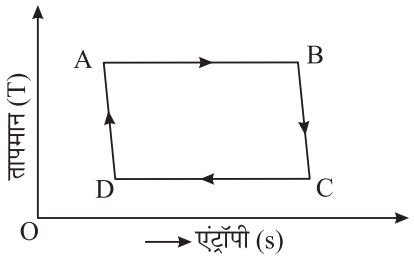
पथ $1 \rightarrow 4 \Rightarrow w_{14} + w_{42} = p\Delta v + 0 = 0.2$ J

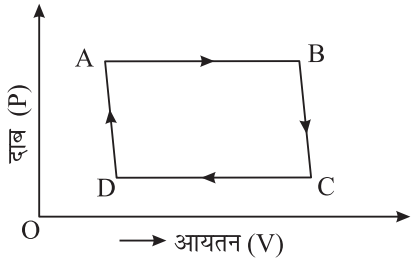
14. किसी प्रक्रम (कार्नो चक्र) का P - V आरेख चित्र में दर्शाया गया है। इसको T-V एवं T-S आरेखों में दशाईए। (4)



(a)

संकेत :





15. समतापी, रूद्धोष्मी, समदाबी, समआयतनिक प्रक्रमों में विभेद कीजिए। (4)

16. ऊष्मा गतिकी के प्रथम कोटि नियम का कथन कीजिए। ऊष्मा गति के प्रथम नियम की सीमाओं की विवेचना कीजिए। (4)

17. ऊष्मा गतिकी के द्वितीय नियम का कथन कीजिए और उसको समझाइए। (4)

18. निम्नलिखित पदों से आप क्या समझते हैं?

(*i*) किसी ठोस की ऊष्मा चालकता (*ii*) किसी धात्विक छड़ की ताप परिवर्तन अवस्था (*iii*) किसी धात्विक छड की स्थायी ताप अवस्था (*iv*) ऊष्मा चालकता गुणांक (4)

19. कार्नो चक्र का संक्षेप में वर्णन कीजिए। इस चक्र की दक्षता के लिए व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए। (5)

20. ऊष्मा इंजन क्या होता है। इसकी दक्षता के लिए व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए। रेफ्रिजेरेटर का कार्य सिद्धांत समझाइए। इसके निष्पादन गुणांक के लिए व्यंजक लिखिए। किसी रेफ्रिजेरेटर के निष्पादन गुणांक एवं ऊष्मा इंजन की दक्षता में संबंध ज्ञात कीजिए। $2 + 2 + 1 = (5)$