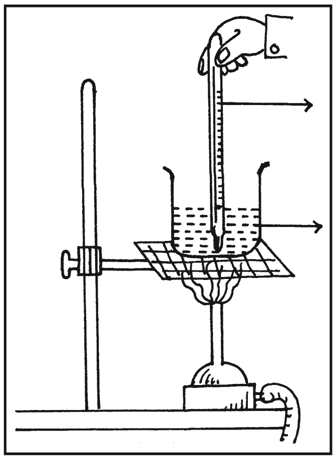
अध्याय - 6

ताप एवं ऊष्मा



हम पढ़ेंगे

6.1 ताप मापने के पैमाने

6.2 थर्मामीटर (तापमापी)

6.3 तापीय साम्य

6.4 ऊष्माधारिता

6.5 ऊष्मामिति का सिद्धांत

6.6 गुप्त ऊष्मा

6.7 ऊष्मीय प्रसार

ऊष्मा : हमारे जीवन का अनुभव है कि हथेलियों को परस्पर रगड़ने पर वे गर्म हो जाती है। साइकल की ट्यूब में पंप से हवा भरते समय पंप गर्म हो जाता है। विद्युत धारा प्रवाहित करने पर विद्युत ऊष्मक (हीटर) गर्म हो जाता है। इस प्रकार घर्षण में यांत्रिक ऊर्जा और विद्युत ऊष्मक में विद्युत ऊर्जा उष्मा में परिवर्तित हुई। यह ऊर्जा ऊष्मा का ही एक रूप है। परिभाषा के रूप में **ऊर्जा का वह रूप जो बिना किसी यांत्रिक कार्य के एक पिंड से दूसरे पिंड में स्थानांतरित हो सकता है, ऊष्मा** कहलाता है। जब आप अंगीठी के समाने बैठते है तो गर्मी का अनुभव करते है। अंगीठी आप की तुलना में अधिक गर्म है अत: गर्मी (ऊष्मा) अंगीठी से आपकी ओर प्रवाहित होने लगती है। इस प्रकार ऊर्जा का वह रूप जो अधिक गर्म स्थान से कम गर्म स्थान की ओर प्रवाहित होता है, **ऊष्मा** कहलाता है।

ऊष्मा का SI मात्रक जूल है। इसका प्रचलित व्यवहारिक मात्रक कैलोरी है।

ताप किसी वस्तु की ऊष्णता (गर्माहट) की माप को ताप कहते है। अधिक गर्म (ऊष्ण) वस्तु उच्चताप पर और तुलनात्मक रूप से ठंडी वस्तु कम ताप पर कहलाती है। कभी-कभी ऊष्मा और ताप को हम एक ही राशि मान बैठते है, परंतु इनमें अंतर है। आइये इस बात को हम एक उदाहरण से समझे आप एक पात्र A में कुछ जल (माना 1 लीटर)लीजिये एक अन्य पात्र B जो A के समान हो अधिक जल (माना 5 लीटर) लीजिये। पात्र A को कुछ समय (माना 2 मिनट) तक बर्नर पर रखिए। अब उसी बर्नर पर उतने ही समय (2 मिनट) तक पात्र B रखिये। आप पायेंगे कि पात्र A का जल पात्र B के जल से अधिक गर्म हो गया। दोनों पात्रों को उसी बर्नर पर समान समय तक रखा गया था, अर्थात दोनों को समान मात्रा में ऊष्मा प्रदान की गई थी। फिर भी दोनों के तापों में भिन्नता है। अत: ताप ऊष्मा की मात्रा नहीं ऊष्मा का स्तर है। परिभाषा के रूप में **किसी वस्तु की ऊष्मा के स्तर को ताप कहते है।** जैसे जल का प्रवाह अधिक ऊँचाई से कम ऊँचाई की ओर होता है वैसे ही ऊष्मा सदैव उच्च ताप (ऊष्मा स्तर) की वस्तु से निम्न ताप की वस्तु की ओर प्रवाहित होती है। ऊष्मा का यह प्रवाह तब तक बना रहता है जब तक कि दोनों वस्तुओं के ताप समान नहीं हो जाते। अत: ताप को इस प्रकार से भी परिभाषित कर सकते है: **ताप वह भौतिक राशि है जो दो वस्तुओं के मध्य ऊष्मा प्रवाह की दिशा बतलाती है।**

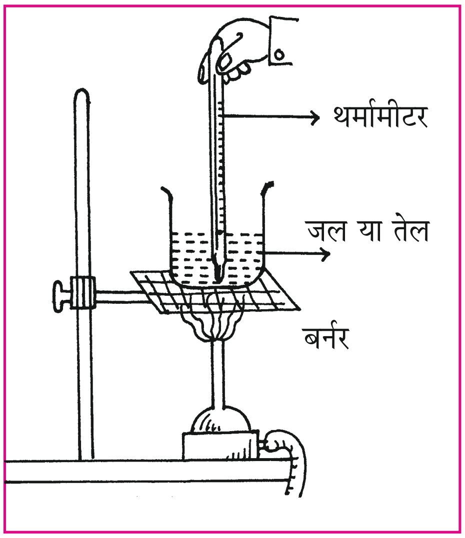
इसका प्रचलित मात्रक ^0C (डिग्री सेल्सियस) एवं SI मात्रक K (केल्विन)है।

ऊष्मा और ताप में अंतर

ऊष्मा	ताप
1. ऊष्मा ऊर्जा का एक रूप है।	1. ताप किसी वस्तु की ऊष्मा स्तर का माप है।
2. ऊष्मा किसी वस्तु ऊर्जा में वृद्धि कर देती है। लेकिन ऊर्जा बढ़ने के साथ ताप बढ़ना जरूरी नही है	2. ताप, ऊष्मा के प्रवाह की दिशा निर्धारित करता है। ऊष्मा सदैव उच्च ताप की वस्तु से निम्न ताप की वस्तु की ओर प्रवाहित होती है।
3. दो वस्तुओं में ऊष्मा की मात्रा समान होने पर भी उनके ताप भिन्न हो सकते हैं।	3. दो वस्तुओं के ताप समान होने पर भी उनमें ऊष्मा की मात्रा भिन्न हो सकती है।
4. दो वस्तुओं को मिलाने पर उनकी कुल ऊष्मा दोनों वस्तुओं की ऊष्माओं के योग के बराबर होगी।	4. समान ताप की वस्तुओं को मिला देने पर भी उनके ताप में परिवर्तन नहीं होता।
5. ऊष्मा का व्यवहारिक मात्रक कैलोरी है। इसका SI मात्रक जूल है।	5. ताप का व्यवहारिक मात्रक डिग्री सेल्सियस (^oC) है। इसका SI मात्रक केल्विन (K) है।

क्रिया कलाप

उद्देश्य : समान ताप तक गर्म करने के लिये, विभिन्न वस्तुओं की समान मात्राओं को, ऊष्मा की भिन्न-भिन्न मात्राओं की आवश्यकता होती है।



विधि : पद (1) किसी पात्र में कुछ (माना 200g)जल लीजिए। पात्रको बर्नर से गर्म कीजिये। विराम घड़ी की सहायता से 50^{o}C तक गर्म होने का समय अंकित कीजिये।

पद (2) अब पात्र खाली कीजिये। पात्र को सुखा दीजिये। इसी पात्र में अब किसी अन्य द्रव (माना तेल)की उतनी ही मात्र (200 g) लीजिये। उसी बर्नर से इसे भी 50^{o}C तक गर्म करने का समय अंकित कीजिये आप पायेंगे कि उपरोक्त दोनों पदों में भिन्न-भिन्न समय लगते है, अर्थात भिन्न-भिन्न मात्रा में ऊष्मा देनी पड़ती है।

निष्कर्ष : समान ताप तक गर्म करने के लिये, विभिन्न वस्तुओं की समान मात्रा को ऊष्मा की भिन्न-भिन्न मात्रा की आवश्यकता होती है।

महत्वपूर्ण तथ्य

आप जानते है। कि प्रत्येक वस्तु अणुओं से मिलकर बनती है। ये अणु सदैव गतिशील रहते है। जब किसी वस्तु को ऊष्मा (ऊर्जा) प्रदान की जाती है तब यह ऊर्जा अणुओं को गतिज ऊर्जा के रूप में प्राप्त हो जाती है। **अर्थात्** - अणुओं की चाल बढ़ जाती है। इस प्रकार ऊष्मा आणविक गति की ऊर्जा है।

6.1 तापमापन के पैमाने (सेल्सियस व केल्विन) और उनमें पारस्परिक संबंध

किसी वस्तु के ताप मापन के लिये पैमाने (स्केल) की आवश्यकता है। मीटर स्केल बनाने के लिये 0cm और 100cm को स्थिर बिन्दु माना जाता है। ठीक इसी प्रकार ताप का पैमाना बनाने के लिये भी दो अचर ताप (स्थिर बिन्दु) इस प्रकार के चयनित किये जाते है कि समान परिस्थितियों में उनके मान नियत रहें। ऐसे दो स्थिर बिन्दु आसानी से उपलब्ध है।

(i) प्रमाणिक दाब पर शुद्ध बर्फ का गलनांक ताप पैमाने का निम्न स्थिर बिन्दु मान लिया जाता है, एवं

(ii) प्रमाणिक दाब पर शुद्ध जल का क्वथनांक उच्च स्थिर बिन्दु मान लिया जाता है।

सेल्सियस ताप पैमाना सेल्सियस (1701-1744) नामक वैज्ञानिक द्वारा बनाया गया यह पैमाना एक सुविधाजनक ताप पैमाना है। इस पैमाने पर प्रमाणिक दाव पर शुद्ध बर्फ के गलनांक को शून्य डिग्री सेन्टीग्रेड (0^oC) एवं उबलते हुए शुद्ध जल के ताप को सौ डिग्री सेंटीग्रड (100^oC) माना गया है। **डिग्री शब्द का हिन्दी में अर्थ अंश है।**

0^oC और 100^oC के बीच के भाग को **मूल अन्तराल** (Fundamental Interval) कहते हैं। इस मूल अन्तराल को 100 बराबर भागों में विभाजित कर लिया गया है। अत: एक भाग ताप के 1^oC परिवर्तन को प्रदर्शित करता है। इस प्रकार 0^oC और 100^oC के बीच के तापों को पैमाने पर अंकित कर लेते हैं।

ध्यान दें

यदि सेल्सियस पैमाने पर 0^oC से भी कम तापों का मापन कराना हो तो अंशांकन शून्य से नीचे तक ऋणात्मक बढ़ाया जा सकता है। और यदि 100^oC से उच्च ताप का मापन करना हो तो अंशांकन 100^oC के ऊपर भी (धनात्मक) किया जा सकता है। सेल्सियस पैमाने पर किन्ही दो लगातार आने वाले भागों के बीच का अंतर एक समान होता है।

केल्विन ताप पैमाना : सेल्सियस पैमाने पर 0^oC से उच्च ताप धनात्मक होंगे और 0^oC से कम ताप ऋणात्मक होंगे। परन्तु लार्ड केल्विन ने एक ऐसा ताप पैमाना बनाया जिस पर सभी ताप धनात्मक होते हैं। इस पैमाने पर ऋणात्मक ताप होना संभव ही नहीं है। आइये हम इस तथ्य को समझें।

यह पाया गया है कि प्रयोगशाला में -273^oC से कम ताप प्राप्त करना सम्भव नही है। अर्थात न्यूनतम संभव ताप -273^oC है। कैल्विन ने इस ताप को परम शून्य ताप कहा। और कैल्विन ताप पैमाने पर इसे 0 K (शून्य केल्विन) से प्रदर्शित किया।

न्यूनतम संभव ताप लगभग -273.15^oC होता है इसे -273^oC मान लेते है।

$-273^oC = 0\,K$

अर्थात $0^oC = 273K$ (i)

इस प्रकार सेल्सियस पैमाने पर 0^oC केल्विन पैमाने पर 273K के तुल्य है।

सेल्सियस ताप को ^oC लिखकर प्रदर्शित किया जाता है परन्तु केल्विन ताप को K लिखकर व्यक्त करते हैं ^oK लिख कर नहीं।

केल्विन पैमाने पर ताप T = सेल्सियस पैमाने पर ताप (t) + 273

सूत्र T K = t °C + 273

अतः प्रामाणिक दाव पर, पिघलती हुई शुद्ध बर्फ का ताप सेल्सियस पैमाने पर O°C तथा केल्विन पैमाने पर 273K है, उबलते हुए शुद्ध जल का ताप सेल्सियस पैमाने पर 100°C तथा केल्विन ताप पर 373K है।

ध्यान दें

(i) केल्विन पैमाने पर सभी तापों के मान धनात्मक होते हैं। अतः यह पैमाना सेल्सियस पैमाने से अच्छा है।

(ii) केल्विन ताप का S.I. मात्रक है इसे K से प्रदर्शित करते हैं।

उपरोक्त गुणों के कारण सभी वैज्ञानिक कार्यों के लिये केल्विन ताप पैमाना ही मानक पैमाना है।

सेल्सियस एवं केल्विन तापमानों का पारस्परिक परिवर्तन:

आप पढ़ चुके हैं कि **केल्विन ताप = सेल्सियस ताप +273** अर्थात् सेल्सियस ताप में 273 जोड़ने पर वह केल्विन ताप में परिवर्तित हो जाता है। एवं **सेल्सियस ताप = केल्विन ताप – 273** अर्थात् केल्विन ताप में से 273 घटाने पर वह सेल्सियस ताप में परिवर्तित हो जाता है।

केल्विन ताप को परमताप (Absolute Temperatune) भी कहते हैं।

उदाहरण

250 K ताप को सेल्सियस मात्रक में परिवर्तित कीजिये।

हल : दिया है 250 K ताप

ज्ञात करना है : 250K = ? °C

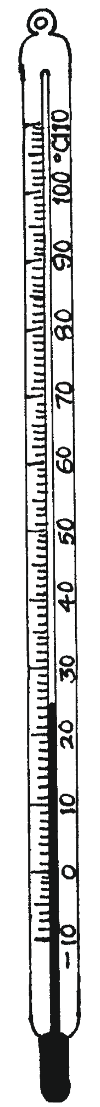
सूत्र : सेल्सियस ताप = केल्विन ताप – 273

अर्थात सेल्सियस ताप = 250 – 273 = – 23°C

अर्थात 250 K = – 23°C

6.2 ताप मापी : हम स्पर्श के द्वारा किसी वस्तु के ठंडे होने अथवा गर्म होने का अनुभव कर सकते हैं। परन्तु किसी वस्तु के ताप को विश्वसनीय रूप में व्यक्त करने के लिये हमारा स्पर्श पर्याप्त नहीं है। इसके लिये प्रयुक्त युक्ति को तापमापी कहते हैं। सर्व प्रथम तापमापी गैलिलियों ने सन 1592 में बनाया था। हम दो प्रकार के थर्मामीटरों का अध्ययन करेंगे (i) पारा तापमापी (थर्मामीटर) (ii) डाक्टरी तापमापी

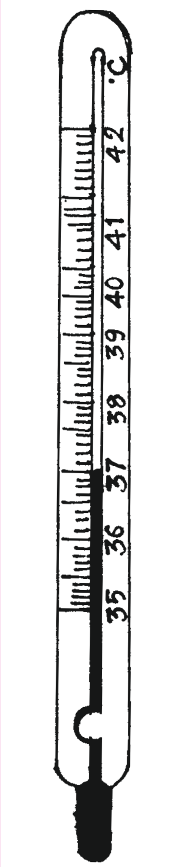
6.2.1 पारा थर्मामीटर : यह प्रयोगशाला में ताप मापने के काम आता है अतः इसे प्रयोगशाला तापमापी भी कहते हैं। इस तापमापी में काँच की लम्बी नलिका T होती है। इस नलिका का मध्य भाग बारीक केशनलिका के रूप में होता है (देखिये चित्र 6.2)। इस नलिका का निचला भाग बल्ब B के रूप में होता है। इस बल्ब में पारा भरा रहता है। नलिका का ऊपरी भाग बन्द रहता है। सामान्य रुप से प्रयुक्त प्रयोगशाला थर्मामीटर में अंशाकन -10°C से 110°C तक होता है। इसे थर्मामीटर का **परास** कहते हैं। इन दो तापक्रमों के बीच



चित्र क्र. 6.2
प्रयोगशाला थर्मामीटर

की लम्बाई को बराबर भागों में विभक्त कर चिन्हित किया जाता है तथा एक भाग का मान तापमापी द्वारा मापा जा सकने वाला न्यूनतम तापांतर होता है। थर्मामीटर की केशनलिका में हमें पारा बारीक धागे की भांति दिखाई देता है। पारे के इस बारीक स्तंभ का ऊपरी सिरा हमें उस वस्तु का ताप बतलाता है जिसके सम्पर्क में थर्मामीटर का बल्ब रखा है।

किसी गर्म या (तप्त) वस्तु का ताप ज्ञात करने के लिये थर्मामीटर का बल्ब कुछ मिनटों के लिये उस वस्तु के सम्पर्क में रखा जाता है। ऐसा करने से थर्मामीटर के बल्ब का ताप उस वस्तु के ताप के बराबर हो जाता है। इस क्रिया में थर्मामीटर के बल्ब का पारा तप्त वस्तु से ऊष्मा ग्रहण करता है। ऊष्मा पा कर पारे का प्रसार होता है। पारे के आयतन में प्रसार के कारण केशनलिका में पारे के स्तंभ की ऊँचाई बढ़ती है जब पारे के स्तम्भ की ऊँचाई स्थिर हो जावे तो तापमापी का पाठ ज्ञात कर लेते हैं।



डाक्टरी थर्मामीटर

विशेष : पाठ लेते समय भी थर्मामीटर का बल्ब तप्त वस्तु के सम्पर्क में ही रहना चाहिये। ऐसा न होने पर थर्मामीटर के बल्ब का सम्पर्क उस तप्त वस्तु से हटते ही बल्ब का ताप कम होने लगता है, जिससे पारे में संकुचन होने लगता है। अत: थर्मामीटर कम पाठ प्रदर्शित करेगा। इस प्रकार लिया गया ताप, वस्तु के वास्तविक ताप से कम होगा।

ध्यान देने योग्य बात यह है कि थर्मामीटर की केशनलिका बारीक होने से इस उपकरण की सुग्राहिता अधिक हो जाती है। बल्ब के ताप में थोड़ा सा परिवर्तन होने पर पारे के स्तंभ की ऊँचाई में बहुत परिवर्तन हो जाता है।

6.2.2 डॉक्टरी थर्मामीटर

मानव शरीर का तापक्रम ज्ञात करने के लिये प्रयुक्त तापमापी डॉक्टरी तापमापी (थर्मामीटर) कहलाता है। डॉक्टरी तापमापी में भी पारे का प्रयोग होता है। जब डॉक्टरी तापमापी का बल्ब किसी व्यक्ति के मुंह में (या बगल में) कुछ समय तक रखा जाता है तब उस व्यक्ति के शरीर के द्वारा थर्मामीटर के बल्ब को ऊष्मा प्राप्त होती हैं। बल्ब में पारा भरा रहता है। पारा बल्ब से ऊष्मा प्राप्त करता है अत: पारे के आयतन में प्रसार होता है। इस प्रसार के फलस्वरूप थर्मामीटर की केशनली में पारे के स्तंभ की लम्बाई में वृद्धि होती है। डॉक्टरी थर्मामीटर की दो अतिरिक्त विशेषताएँ होती हैं, जो इसे सामान्य प्रयोगशाला थर्मामीटर से अलग कर देती हैं।

(i) डॉक्टरी थर्मामीटर का ताप परास बहुत कम केवल 35°C से 42°C तक होता है – डॉक्टरी थर्मामीटर केवल 35°C से 42°C तक मापने के योग्य ही बनाया जाता है क्योंकि मानव शरीर का ताप 25°C से कम और 42°C से अधिक नही हो पाता है।

(ii) डॉक्टरी थर्मामीटर केशनली में बल्ब के पास घुमावदार सिकुड़न (Constriction) होती है– यह सिकुड़न पारे के विपरीत प्रवाह (अर्थात केशनलिका से बल्ब की ओर प्रवाह) को बाधित करता है। थर्मामीटर को बीमार व्यक्ति के मुंह में से निकालने के बाद भी इस सिकुड़न के कारण केशनली में पारे के स्तंभ की लम्बाई स्वयं कम नहीं हो पाती। इस प्रकार हम रोगी के शरीर का सही ताप रोगी के मुंह में से थर्मामीटर निकाल लेने के बाद भी पढ़ सकते हैं। डाक्टरी तापमापी में तापक्रम मापने के लिए सेंटीग्रेड के साथ ही फारेनहाइट पैमाना भी प्रयुक्त होता है। इसे °F से प्रदर्शित करते हैं। फारेनहाइट पैमाने में पानी का हिमांक 32°F तथा पानी का क्वथनांक 212°F मानते हैं।

फारेनहाइट (^oF) तथा सेंटीग्रेड (C) द्वारा प्रदर्शित तापक्रमों में निम्नलिखित संबंध होता है :

$$F = 32 + \frac{9}{5}C$$

व्यापक रूप से C, F का संबंध निम्नानुसार हैं।

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

एक स्वस्थ व्यक्ति के शरीर का औसत तापक्रम लगभग 98^oF (अर्थात 36.7^oC) होता है।

निम्नलिखित प्रश्नों के उत्तर स्वयं खोजिये ।

- किसी वस्तु को दी गई ऊष्मा उसके अणुओं में कौनसी यांत्रिक ऊर्जा के रूप में प्रगट हो जाती है।
- ताप की परिभाषा लिखिये ?
- ऊष्मा का प्रचलित (व्यवहारिक) मात्रक व S.I. मात्रक लिखिये?
- ताप का प्रचलित(व्यवहारिक) मात्रक व S.I. मात्रक लिखिये।

6.3 तापीय साम्य

एक पात्र में जल लीजिये। किसी धातु का एक टुकड़ा गर्म कीजिये। इस टुकड़े को पात्र के जल में डाल दीजिये। अब क्या होगा? आप पायेंगे कि धातु का टुकड़ा ठंडा होने लगेगा तथा पात्र एवं जल गर्म होने लगेगे। यह क्रिया तब तक चलेगी जब तक कि दोनों के ताप समान नहीं हो जाते। विभिन्न तापों की वस्तुएं जब परस्पर सम्पर्क में आती है तब उनके मध्य ऊष्मा का आदान-प्रदान होने लगता है। ऊष्मा का यह आदन-प्रदान तब तक चलता रहता है जब तक कि सम्पर्क की सभी वस्तुओं के ताप समान नहीं हो जाते। इस स्थिति में वे वस्तुएँ **तापीय साम्य** में कहलाती है। अत: तापीय साम्य सम्पर्क में रखी हुई विभिन्न वस्तुओं के समान ताप की उस स्थिति को कहते है जिसमे उनके मध्य ऊष्मा का कोई आदान-प्रदान नहीं होता।

ऊष्मा के मात्रक और उनमें संबंध : आप पढ़ चुके है कि ऊष्मा का S.I. मात्रक जूल (J) है। इसका प्रचलित व्यवहारिक मात्रक कैलोरी (Calorie) है। कैलोरी ऊष्मा की वह मात्रा है जो एक ग्राम शुद्ध जल के ताप में 14.5^oC से 15.5^oC तक 1^oC का परिवर्तन कर दे।

कैलोरी एवं जूल में संबंध

1 कैलोरी = 4.18 जूल

ऊष्मा का बड़ा व्यवहारिक प्रचलित मात्रक किलो कैलोरी है।

1 किलो कैलोरी =1000 कैलोरी

वस्तु के द्वारा ऊष्मा का अवशोषण

एक पात्र में कुछ जल (माना 50 ग्राम) लीजिये। इस पात्र को बर्नर से जल के उबलने तक गर्म कीजिये। यदि आपने इस पात्र में अधिक जल (माना 1 किलोग्राम) लिया होता और इसे उबलने तक गर्म करते तो उसी बर्नर से अधिक ऊष्मा देनी पड़ती हैं। अत: किसी वस्तु द्वारा ली गई ऊष्मा की मात्रा (Q) उस वस्तु के द्रव्यमान (m)के अनुक्रमानुपाती होती है

अर्थात $Q \propto m$ (i)

पुन: एक पात्र में कुछ जल लें तो इसे हल्का गर्म (गुनगुना) करने के लिये पात्र को कम समय तक बर्नर पर रखना पड़ेगा अर्थात बर्नर से कम ऊष्मा देनी पड़ेगी परंतु यदि इसी जल को उबलने तक गर्म करें तो अधिक समय तक उसे बर्नर पर रखना पड़ेगा अर्थात अधिक ऊष्मा देनी पड़ेगी।

अत: किसी वस्तु द्वारा ली गई ऊष्मा की मात्रा (Q) उस वस्तु के तापांतर Δt के अनुक्रमानुपाती होती है।

अर्थात् $Q \propto \Delta t$ (ii) (संकेत Δ को डेल्टा पढ़ें।)

समीकरण (i) और (ii) को मिलाने पर

$Q \propto m \Delta t$

अर्थात

$Q = Cm \Delta t$ (iii)

यहाँ (C) एक नियतांक है। इसे वस्तु के पदार्थ की विशिष्ट ऊष्मा कहते हैं। इसका मान वस्तु के पदार्थ की प्रकृति पर निर्भर करता है। उपरोक्त चर्चा में यह स्पष्ट है कि किसी वस्तु को गर्म करने के लिये आवश्यक ऊष्मा की मात्रा (Q) निम्नलिखित कारकों पर निर्भर करती है:

(i) वस्तु के द्रव्यमान (m) पर

(ii) वस्तु की विशिष्ट ऊष्मा (अर्थात वस्तु के पदार्थ की प्रकृति) C पर

(iii) वस्तु के तापांतर Δt पर

आइये हम विशिष्ट ऊष्मा के विषय में और जाने

विशिष्ट ऊष्मा : समीकरण (iii) में $m = 1$ (एकांक) और $\Delta t = 1^\circ C$ लिखने पर

$Q = C$

अर्थात **विशिष्ट ऊष्मा, ऊष्मा की उस मात्रा के तुल्य होती है जो एकांक द्रव्यमान की किसी वस्तु के ताप में $1^\circ C$ या 1 K का परिवर्तन कर दे।**

यदि ऊष्मा की मात्रा Q को जूल में और वस्तु के द्रव्यमान को किलोग्राम में नापे तो किसी वस्तु की विशिष्ट ऊष्मा जूल में, ऊष्मा की उस मात्रा के बराबर होती है जो 1kg द्रव्यमान की वस्तु का ताप $1^\circ C$ (या1K) परिवर्तित कर दे।

वस्तु की विशिष्ट ऊष्मा को C से भी प्रदर्शित करते है। वस्तु की विशिष्ट ऊष्मा के मान में ताप के साथ थोड़ा परिवर्तन होता है। यह परिवर्तन ताप के परिवर्तन के साथ वस्तु की संरचना एवं उसके अणुओं के संघटन में परिवर्तन के कारण होता है।

विशिष्ट ऊष्मा के मात्रक : समीकरण (iii) से

विशिष्ट ऊष्मा $C = \frac{Q}{m \times \Delta t}$

ऊष्मा की मात्रा Q को जूल (J) , द्रव्यमान m को किलोग्राम (kg) और तापांतर (Δt) को $^\circ C$ में व्यक्त करने पर विशिष्ट ऊष्मा का मात्रक $Jkg^{-1}\,^\circ C^{-1}$ होता है। इसका S.I. मात्रक $Jkg^{-1} K^{-1}$ है।

निम्नांकित तालिका में कुछ वस्तुओं की विशिष्ट ऊष्माएं दी गई है।

स.क्र.	पदार्थ	विशिष्ट ऊष्मा
1.	सोना	130 J kg^{-1} $^oC^{-1}$
2.	पारा	138 J kg^{-1} $^oC^{-1}$
3.	चांदी	234 J kg^{-1} $^oC^{-1}$
4.	पीतल	372 J kg^{-1} $^oC^{-1}$
5.	तांबा	390 J kg^{-1} $^oC^{-1}$
6.	स्टील	447 J kg^{-1} $^oC^{-1}$
7.	लोहा	480 J kg^{-1} $^oC^{-1}$
8.	काँच	677 J kg^{-1} $^oC^{-1}$
9.	एल्युमिनियम	899 J kg^{-1} $^oC^{-1}$
10.	जल	4180 J kg^{-1} $^oC^{-1}$

प्रयोगों के आधार पर ज्ञात हुआ है कि यदि विभिन्न पदार्थों के समान द्रव्यमान लें और प्रत्येक पदार्थ को समान ऊष्मा प्रदान करें तब भी प्रत्येक पदार्थ के ताप में समान वृद्धि नहीं होगी। समान द्रव्यमान के दो पदार्थों को समान मात्रा में ऊष्मा देने पर जिस पदार्थ की विशिष्ट ऊष्मा कम है, उसके ताप में अधिक वृद्धि होती है। उसके ठंडे होने की दर भी अधिक होती है, अतः ऊष्मा का स्त्रोत हटा देने पर वह जल्दी ठंड़ी होती है। और जिसकी विशिष्ट ऊष्मा अधिक है उसके ताप में कम वृद्धि होती है, उसके ठंडे होने की दर भी कम होती है। अतः ऊष्मा का स्त्रोत हटा देने पर वह धीरे -धीरे ठंड़ी होती है। पारे की विशिष्ट ऊष्मा तुलनात्मक रुप से कम है (तालिका देखिये) अतः ऊष्मा पाकर इसके आयतन में अधिक प्रसार होता है। पारे के इस गुण के कारण तापमापी में इसका उपयोग होता है। जल की विशिष्ट ऊष्मा सर्वाधिक है (तालिका देखिये)। इसलिये सिकाई की बोतल में गर्म जल भरा जाता है। ठण्डक उत्पन्न करने के लिये कार के रिडियेटर्स में भी (सामान्य ताप) के जल का उपयोग किया जाता है।

उदाहरण

10 ग्राम पारे के ताप को 20^oC से 120^oC तक बढ़ाने के लिये कितनी ऊष्मा की आवश्यकता होगी ? पारे की विशिष्ट ऊश्मा 138J kg^{-1} $^oC^{-1}$ लीजिये।

हल : दिया है : $m = 10g = 10 \times 10^{-3}kg = 10^{-2}kg$

$C = 138 \ J \ kg^{-1} \ ^oC^{-1}$

एवं $\Delta t = (120 - 20)^o C = 100^oC$

ज्ञात करना है: ऊष्मा की मात्रा Q

सूत्र : Q = m x C x Δ t में मान रखने पर

$$Q = (10^{-2} kg)\left(138 \frac{J}{kg^{o}c}\right)(100^{o} C)$$

$$\Rightarrow Q = 138J$$

ऊष्मा की मात्रा 138 जूल होगी।

उदाहरण

20g जल को 2090J ऊष्मा देने से उसके ताप में कितना परिवर्तन होगा?

C = 4180 J kg^{-1} $^{0}C^{-1}$ लीजिये।

हल : दिया है : m = 20g = 20 x 10^{-3} kg

Q = 2090J

ज्ञात करना है = Δ t (तापांतर)

सूत्र Q = m x C x Δ t से

$$\Delta t = \frac{Q}{m \times C} \text{ .... (i)}$$

समी. (1) में मान लिखने पर

$$\Delta t = \frac{2090J}{20 \times 10^{-3} kg \times 4180\ Jkg^{-1}C^{-1}}$$

अथवा $\Delta t = \frac{10^{3}}{40}\ ^{o}C$

$$\Rightarrow \Delta t = 25^{o} C$$

जल के ताप में अभीष्ट परिवर्तन 25°C होगा।

6.4 ऊष्मा धारिता

आपने पढ़ा है कि 'किसी वस्तु के एकांक द्रव्यमान का ताप 1°C बढ़ाने के लिये आवश्यक ऊष्मा की मात्रा को उस वस्तु की विशिष्ट ऊष्मा कहते है।' परंतु एकांक द्रव्यमान का प्रतिबंध हटायें तब उस वस्तु का ताप 1°C बढ़ाने के लिये दी गई ऊष्मा को उस वस्तु की **ऊष्मा धारिता** कहते है।

परिभाषा के रुप में : किसी वस्तु का ताप 1°C बढ़ाने के लिये आवश्यक ऊष्मा की मात्रा को उस वस्तु की **ऊष्मा धारिता** कहते है।

सूत्र Q = m C Δ t में यदि Δ t =1°C हो तब

ऊष्मा धारिता = m C .... (i)

अर्थात ऊष्मा धारिता = द्रव्यमान × विशिष्ट ऊष्मा

सूत्र $Q = m C \Delta t$ से

$$m C = \frac{Q}{\Delta t}$$

अर्थात ऊष्मा धारिता = $\dfrac{\text{वस्तु को दी गई ऊष्मा}}{\text{वस्तु के ताप में परिवर्तन}}$

अर्थात **:** किसी वस्तु की ऊष्मा धारिता उस वस्तु के द्वारा अवशोषित ऊष्मा तथा उसके ताप वृद्धि के अनुपात के बराबर होती है।

ऊष्मा धारिता का मात्रक

वस्तु को दी गई ऊष्मा को जूल (J) में और ताप परिवर्तन को °C में व्यक्त करें तब ऊष्मा धारिता का मात्रक $J\,{}^{o}C^{-1}$ होगा। ध्यान रहे $1^{o}C$ ताप परिवर्तन का मान 1K (केल्विन) ताप परिवर्तन के बराबर होता है। अत: ऊष्मा धारिता का मात्रक JK^{-1} भी है।

ऊष्मा धारिता एवं विशिष्ट ऊष्मा में अंतर:

विशिष्ट ऊष्मा	ऊष्मा धारिता
1. यह किसी पदार्थ के एकांक द्रव्यमान का ताप $1^{o}C$ या 1K बढ़ाने के लिये आवश्यक ऊष्मा की मात्रा है।	यह दिये गये द्रव्यमान के पदार्थ का ताप $1^{o}C$ या 1K बढ़ाने के लिये आवश्यक ऊष्मा की मात्रा है।
2. इसका S.I. मात्रक $J\,kg^{-1}\,K^{-1}$ है।	इसका S.I. मात्रक JK^{-1} है।

उदाहरण

तांबे के 0.05kg द्रव्यमान के टुकड़े की ऊष्मा धारिता ज्ञात कीजिये । तांबे की विशिष्ट ऊष्मा $390J\,kg^{-1}\,K^{-1}$ है।

हल : दिया है $m = 0.05kg$

$C = 390J\,kg^{-1}\,K^{-1}$

ज्ञात करना है : ऊष्मा धारिता

सूत्र : ऊष्मा धारिता = $m \times C$

अर्थात ऊष्मा धारिता = $0.05kg \times 390J\,kg^{-1}\,K^{-1}$

अर्थात ऊष्मा धारिता = $19.5\ JK^{-1}$

अभीष्ट ऊष्मा धारिता $19.5\ JK^{-1}$ है।

6.5 ऊष्मामिति का सिद्धांत (अर्थात मिश्रण का सिद्धांत)

विभिन्न ताप वाली दो वस्तुओं को मिलाने (संपर्क में रखने) पर ऊष्मा अधिक ताप वाली वस्तु से कम ताप वाली वस्तु की ओर प्रवाहित होने लगती है। ऊष्मा का यह प्रवाह तब तक चलता रहता है जब तक कि दोनों वस्तुओं के ताप समान नहीं हो जाते। अर्थात यदि ऊष्मा का किसी प्रकार क्षय न हो तो अधिक ताप की वस्तु द्वारा दी गई ऊष्मा कम ताप की वस्तु के द्वारा ली गई ऊष्मा के सदैव बराबर होती है। यह **सिद्धांत ही ऊष्मामिति का सिद्धांत** है, इसे **मिश्रण का**

सिद्धांत भी कहते है। सूत्र रुप में, गर्म वस्तु द्वारा दी गई ऊष्मा = ठंड़ी वस्तु द्वारा ली गई ऊष्मा

> **ध्यान दें : गर्म वस्तु द्वारा दी गई ऊष्मा या ठंड़ी वस्तु द्वारा ली गई ऊष्मा की गणना** $Q = mC\Delta t$ **सूत्र द्वारा की जाती है।**

मिश्रण की विधि से ठोस की विशिष्ट ऊष्मा की गणना

मान लीजिये हमारे पास दो वस्तुएं A और B है। A वस्तु गर्म है और B वस्तु ठंड़ी है। A वस्तु का द्रव्यमान m_1, विशिष्ट ऊष्मा C_1 और ताप t^o_1C है। B वस्तु का द्रव्यमान m_2 विशिष्ट ऊष्मा C_2 और ताप t^o_2C है। दोनों वस्तुओं को संपर्क में रखने पर माना कि प्रत्येक वस्तु का ताप t^oC हो जाता है। सूत्र $Q = m\,C\,\Delta t$ से

A वस्तु द्वारा दी गई ऊष्मा $Q_1 = m_1C_1(t_1 - t)$ (i)

B वस्तु द्वारा ली गई ऊष्मा $Q_2 = m_2C_2(t - t_2)$ (ii)

परंतु, मिश्रण के सिद्धांत से ली गई ऊष्मा = दी गई ऊष्मा (iii)

समी. (i) व (ii) से समीकरण (iii) में मान रखने पर

$m_1C_1(t_1 - t) = m_2C_2(t - t_2)$ (iv)

> **विशेष :** मिश्रण की विधि से ठोस या द्रव की विशिष्ट ऊष्मा ज्ञात की जा सकती है। ली गई दो वस्तुओं में सामान्य रुप से एक वस्तु द्रव होती है। दो वस्तुओं में एक वस्तु की विशिष्ट ऊष्मा ज्ञात होना चाहिये।

निम्नलिखित प्रश्नों के उत्तर स्वयं खोजिये

- तापीय साम्य किसे कहते है?
- विशिष्ट ऊष्मा का S.I. मात्रक एवं व्यवहारिक मात्रक क्या है?
- गर्म पतले तवे पर रखी हुई रोटी जल्दी जलने लगती है? परंतु उतने ही समय तक मोटे तवे पर रखी रोटी नहीं जलती है क्यों ?
- ऊष्मा धारिता किसे कहते है?
- ऊष्मा धारिता का S.I. एवं व्यवहारिक मात्र क्या है?

6.5.1 अवस्था परिवर्तन

पदार्थ की तीन भौतिक अवस्थाएं होती है (i) ठोस (ii) द्रव और (iii) गैस ।(पदार्थ की चतुर्थ अवस्था को प्लाज्मा (Plasma) कहते हैं।) उदाहरण के लिये जल बर्फ के रुप में ठोस, जल के रुप में द्रव और वाष्प के रुप में गैसीय भौतिक अवस्था में रहता है। हम पदार्थ को गर्म करके अथवा ठण्डा करके उसकी भौतिक अवस्था में परिवर्तन कर सकते है। उदाहरण के लिये बर्फ (ठोस) को गर्म करने पर वह जल (द्रव) में परिवर्तित हो जाता है। गर्म करने पर पदार्थ की ठोस अवस्था से द्रव अवस्था में परिवर्तन की क्रिया को **गलन** कहते है। अत: बर्फ का जल में परिवर्तन बर्फ का गलन कहलाता है। गलन की क्रिया में अवस्था परिवर्तन होता है। इसके विपरीत जल को ठण्डा करने पर वह बर्फ में परिवर्तित हो जाता है। ठण्डा करने पर पदार्थ की द्रव अवस्था से ठोस अवस्था में परिवर्तन की क्रिया को **जमना** (Freezing) कहते है। यदि हम जल को गर्म करते जावे तो अंतत: यह उबलने लगता है और वाष्प में परिवर्तित होने लगता है। गर्म करने पर पदार्थ की द्रव अवस्था से वाष्प अवस्था में परिवर्तन की क्रिया को **वाष्पन** (Vaporization) कहते है। वाष्पन की क्रिया में अवस्था परिवर्तन होता है। इसके विपरीत वाष्प को ठण्डा करने पर वह जल (द्रव) अवस्था में परिवर्तित हो जाती है। ठण्डा करने पर पदार्थ की वाष्प अवस्था से द्रव अवस्था में परिवर्तन की क्रिया को **संघनन** (Condensatiom) कहते

है। संघनन की क्रिया में भी अवस्था परिवर्तन होता है संक्षेप में गर्म अथवा ठण्डा करने पर पदार्थ की एक भौतिक अवस्था से अन्य भौतिक अवस्था में परिवर्तन उसका अवस्था परिवर्तन कहलाता है।

6.6 गुप्त ऊष्मा (Latent heat)

हमारे दैनिक जीवन का सामान्य अनुभव है कि जब किसी पदार्थ को ऊष्मा देते है तब उसके ताप में वृद्धि हो जाती है, लेकिन ऐसा सदैव नहीं होता । आइये हम कुछ उदाहरण देखे जिनमें पदार्थ को ऊष्मा देने पर भी उसके ताप में वृद्धि नहीं होती:

उदाहरण 1. : 0^0C की बर्फ को वायुमंडल में खुला रख दीजिये। यह बर्फ वायुमंडल से ऊष्मा ग्रहण करेगा, जिससे यह जल में परिवर्तित होगा। परंतु पिघलने पर जल का ताप भी 0^oC ही रहता है।

तब प्रश्न उठता है कि वायुमण्डल ने बर्फ को जो ऊष्मा दी वह कहां गई ?

उदाहरण 2 : 100^oC ताप पर जल उबलता है और गर्म करते रहते है तो उबलता भी रहता है और वाष्प में परिवर्तित भी होता रहता है। परंतु जल का ताप 100^oC ही होता है। प्राप्त वाष्प का ताप भी 100^oC होता है तो 100^oC के जल को गर्म करने में दी गई ऊष्मा कहां गई?

उपरोक्त दोनों प्रश्नों का एक ही उत्तर है कि वह ऊष्मा अवस्था परिवर्तन करने के कार्य में व्यय हो गई। यह ऊष्मा ताप वृद्धि के रुप में दिखाई नहीं देती इसलिये इसे **गुप्त ऊष्मा** कहते है।

परिभाषा के रुप में ऊष्मा की वह मात्रा जो नियत ताप पर उस पदार्थ के एकांक द्रव्यमान की अवस्था परिवर्तन कर दे, **गुप्त ऊष्मा** कहलाती है। गुप्त ऊष्मा को L से प्रदर्शित करते है। अवस्था परिवर्तन की अवधि में वस्तु के ताप में परिवर्तन नहीं होता। यदि स्थिर ताप पर किसी वस्तु के m द्रव्यमान कीअवस्था परिवर्तन के लिये आवश्यक ऊष्मा की मात्रा Q हो तो

$$Q = mL$$

गुप्त ऊष्मा का मात्रक : सूत्र $Q = mL$ से

$$L = \frac{Q}{m} = \frac{\text{ऊष्मा का मात्रक}}{\text{द्रव्यमान का मात्रक}}$$

S.I. पद्धति में ऊष्मा का मात्रक जूल व द्रव्यमान का मात्रक किलोग्राम है अत: गुप्त ऊष्मा का S.I. मात्रक Jkg^{-1} है। तथा व्यवहारिक मात्रक कैलोरी प्रति ग्राम है।

ध्यान देने योग्य :

(1) गुप्त ऊष्मा पदार्थ के अणुओं के मध्य की आंतरिक स्थितिज ऊर्जा को परिवर्तित करने में व्यय होती है। यह आंतरिक स्थितिज ऊर्जा अणुओ के मध्य आकर्षण बल के कारण होती है।

(2) द्रव की आंतरिक ऊर्जा उसी पदार्थ की ठोस अवस्था की तुलना में अधिक होती है। इसी प्रकार गैस अवस्था में पदार्थ की आंतरिक ऊर्जा उसकी द्रव अवस्था की आंतरिक ऊर्जा से अधिक होती है।

6.6.1 गुप्त ऊष्मा के प्रकार

गुप्त ऊष्मा दो प्रकार की होती है : (i) वाष्पन या क्वथन की गुप्त ऊष्मा (ii) गलन या हिमन (जमने) की गुप्त ऊष्मा

(i) वाष्पन या क्वथन की गुप्त ऊष्मा : किसी द्रव के एकांक द्रव्यमान को उसके क्वथनांक पर उसी ताप की वाष्प में परिवर्तित करने के लिये आवश्यक ऊष्मा की मात्रा को उस **द्रव के वाष्पन की गुप्त ऊष्मा** कहते है।

जल वाष्प की गुप्त ऊष्मा 22.5×10^5 Jkg^{-1} है। व्यवहारिक मात्रक में इसका मान 536 केलोरी प्रति ग्राम है। अर्थात 100^oC ताप के 1kg जल को 100^oC की वाष्प में परिवर्तित करने के लिये $22.5 \times 10^5 J$ की आवश्यकता होती है। शरीर के संपर्क में आने पर 100^oC की भाप 100^oC के उबलते हुए जल की तुलना में अधिक जलन उत्पन्न करती है क्योंकि भाप के प्रति किलोग्राम द्रव्यमान में समान ताप 100^oC के जल की तुलना में $22.5 \times 10^5 J$ ऊष्मा अधिक होती है।

(ii) गलन की गुप्त ऊष्मा : किसी ठोस पदार्थ के एकांक द्रव्यमान को उसके गलनांक पर उसी ताप के द्रव में परिवर्तित करने के लिये आवश्यक ऊष्मा की मात्रा को उस पदार्थ के गलन की गुप्त ऊष्मा कहते है।

बर्फ के गलन की गुप्त ऊष्मा 3.34×10^5 Jkg^{-1} अर्थात 80 कैलोरी प्रति ग्राम है। अर्थात O^oC ताप के 1kg बर्फ को O^oC के जल में परिवर्तित करने के लिये 3.34×10^5 जूल ऊष्मा की आवश्यकता होती है। किसी वस्तु को ठण्डा करने के लिये O^oC के जल की तुलना में O^oC की बर्फ अधिक प्रभावी होती है, क्योंकि बर्फ उस वस्तु के प्रति किलोग्राम द्रव्यमान से $3.34 \times 10^5 J$ ऊष्मा भी अवशोषित करती है। O^oC का जल ऐसा नहीं कर पाता है।

उदाहरण

0^oC की 500g बर्फ को इसी ताप के जल में परिवर्तित करने के लिये कितनी ऊष्मा की आवश्यकता होती है?

(बर्फ की गुप्त ऊष्मा 3.34×10^5 J kg^{-1} है)

हल : दिया है

$$m = 500g = \frac{500}{1000} = 0.5kg$$

$$L = 3.34 \times 10^5 \text{ J kg}^{-1}$$

ज्ञात करना है : ऊष्मा की मात्रा Q

सूत्र Q = mL में मान रखने पर

$Q = (0.5kg) \times (3.34 \times 10^5\ Jkg^{-1})$

अथवा $Q = 1.67 \times 10^5 J$

ऊष्मा की अभीष्ट मात्रा 1.67×10^5 J होगी।

6.6.2 वाष्पीकरण

हम कपड़े धोकर सूखने के लिए डालते है, उपयुक्त समय में कपड़े सूख जाते है। इस समयावधि में कपड़ों का जल क्वथनांक से कम ताप पर वाष्प में परिवर्तित होकर वायुमण्डल में समा जाता है। इसी प्रकार कुओं, तालाबों एवं नदियों आदि का जल भी क्वथानांक से कम ताप पर वाष्पीकृत होता रहता है। वाष्पन की दर परिवर्तनशील राशि है। वाष्पन की दर दो प्रकार से बढ़ायी जा सकती है:- (i) द्रव का ताप बढ़ाकर, (ii) द्रव का पृष्ठीय क्षेत्रफल बढ़ाकर और (iii) सम्पर्क में हवा और वेग बढ़ाकर

वाष्पन के कारण ठण्डक होना

गर्मी के दिनों में जल को ठण्डा करने के लिये मिट्‌टी के घड़ों, सुराही इत्यादि में भरकर रखा जाता है। हम देखे इन बर्तनों में जल ठण्डा कैसे होता है? मिट्‌टी के पात्र की दीवार में अनगिनत छोटे-छोटे छिद्र होते है। इन छिद्रों से कुछ जल बर्तन के अंदर से बाहर की सतह पर रिस-रिस कर आता रहता है। बाहर की सतह के इस जल का वाष्पीकरण होता रहता है। वाष्पीकरण के लिये आवश्यक ऊष्मा मिट्‌टी के बर्तन एवं इस बर्तन के भीतर के जल से प्राप्त होती है। इसलिये बर्तन के भीतर का जल ऊष्मा खोकर ठण्डा होता रहता है।

आर्द्रता एवं आपेक्षिक आर्द्रता : किसी धातु (स्टील)या काँच के किसी गिलास में जल लीजिये। जल में बर्फ मिला लीजिये। शीघ्र ही गिलास की बाहरी सतह पर पानी संघनित होते देखेंगे। यह पानी कहाँ से आया ? आइये हम इस प्रश्न के उत्तर की खोज करें।

आप पढ़ चुके है कि कुँओं, नदियों, तालाबों आदि की सतह से प्रत्येक ताप पर जल का वाष्पीकरण होता रहता है। यह जल वाष्प वायुमण्डल में उपस्थित रहती है। गिलास की ठण्डी सतह के संपर्क में आने पर गिलास इस वाष्प से ऊष्मा ले लेता है अत: वाष्प का जल में अवस्था परिवर्तन हो जाता है। यह जल ही गिलास की दीवार पर प्रगट हो जाता है। वायुमण्डल में जल वाष्प तो सदैव रहती है परंतु वायु में किसी ताप पर जल वाष्प की एक निश्चित मात्रा से अधिक नहीं रह सकती। जब वायु में जल वाष्प की अधिकतम मात्रा उपस्थित होती है तो वायु को **जल वाष्प से संतृप्त** कहा जाता है।

6.6.3 आपेक्षिक आर्द्रता : जब वायु में जल वाष्प की मात्रा कम होती है वायु खुश्क (सूखी Dry) होती है और हम कहते है कि (आर्द्रता) कम है। परंतु जब वायु में जल वाष्प की मात्रा अधिक होती है तब वायु नम (Wet) होती है ओर हम कहते है कि आर्द्रता अधिक है। वायु में नमी के तुलनात्मक स्तर को आपेक्षिक आर्द्रता के पदों में व्यक्त करते हैं। किसी ताप पर वायु के किसी आयतन में उपस्थित जल वाष्प की मात्रा (m) और उसी ताप पर वायु के उसी आयतन को संतृप्त करने के लिये आवश्यक जल वाष्प की मात्रा (M) के अनुपात को आपेक्षिक आर्द्रता कहते हैं। इसे प्रतिशत में प्रदर्शित करते है।

अर्थात् आपेक्षिक आर्द्रता $= \frac{m}{M} \times 100\%$

वायुमण्डलीय ताप $22^{o}C$ से $25^{o}C$ तक 50% आर्द्रता सुखद प्रतीत होती है। क्योंकि इस परिस्थिति में शरीर पर आने वाले पसीने का शीघ्रता से वाष्पीकरण हो जाता है। अत: शरीर सूखा-सूखा एवं ठण्डा-ठण्डा महसूस करता है।

बहुत कम आपेक्षिक आद्रर्ता (लगभग 20%) होने पर मौसम बहुत खुश्क (सूखा) रहता है। इस परिस्थिति में नाक के अंदर की और गले के भीतरी भाग की नमी वाष्पीकृत हो जाती है अत: ये भाग बहुत सूखे हो जाते हैं और इनमें असुविधाजनक खराश (Irritation) उत्पन्न हो जाती है। परंतु दूसरी ओर आपेक्षिक आद्रर्ता बहुत अधिक (लगभग 80%) होने पर वायु बहुत नम हो जाती है। अत: शरीर के पसीने का वाष्पीकरण शीघ्रता से नहीं हो पाता अत: चिपचिपे पन और बैचेनी उत्पन्न हो जाती है। मैदानी क्षेत्रों की तुलना में समुद्र किनारों के पास के क्षेत्रों में आपेक्षिक आर्द्रता

अधिक होती है। **आपेक्षिक आर्द्रता नापने वाले उपकरण को आर्द्रतामापी** कहते है।

उदाहरण

25°C ताप पर यदि वायु के एक घनमीटर आयतन में 12g जल वाष्प उपस्थित हो तथा इसी ताप पर वायु के इतने ही आयतन को संतृप्त करने के लिये 24g वाष्प पर्याप्त हो तो उस ताप पर आपेक्षिक आर्द्रता की गणना कीजिये।

हल : दिया है **:** m = 12g, M = 24g

ज्ञात करना है : आपेक्षिक आर्द्रता

सूत्र :

आपेक्षिक आर्द्रता $= \frac{m}{M} \times 100\%$ में मान रखने पर

आपेक्षिक आर्द्रता $= \frac{12g}{24g} \times 100$

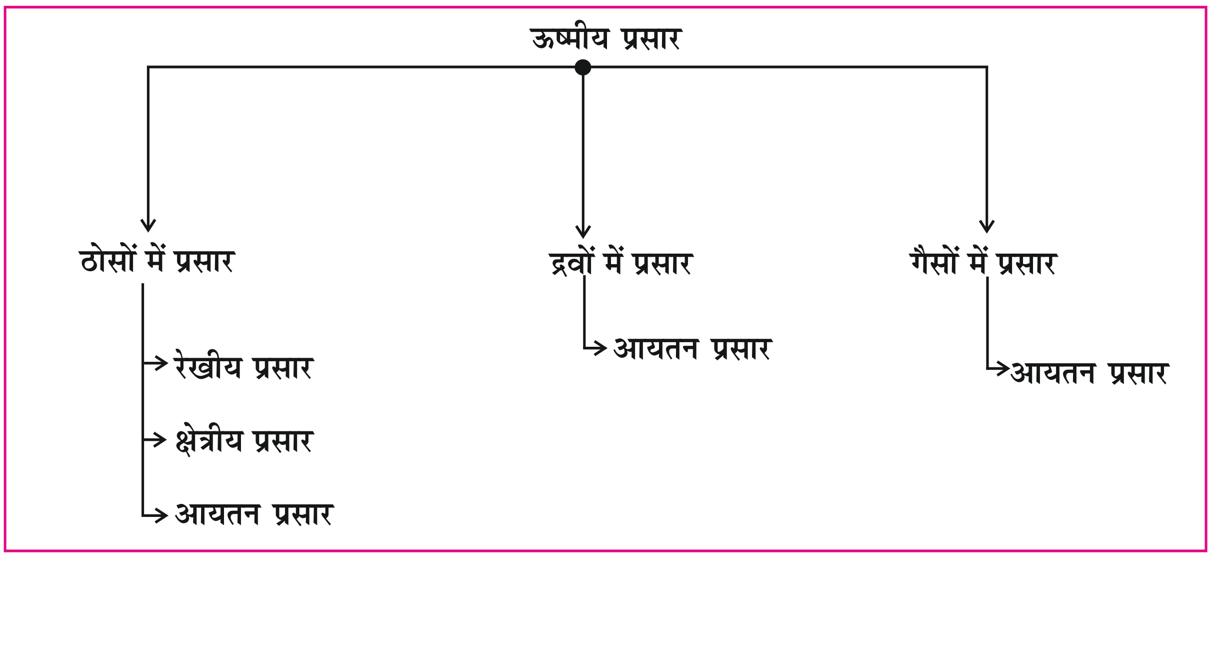
अथवा आपेक्षिक आर्द्रता = 50%

दिये गये ताप पर आपेक्षित आर्द्रता का मान 50% है।

6.7 ऊष्मीय प्रसार : (Thermal Expansion)

सभी वस्तुओं (ठोस,द्रव व गैस) में ऊष्मा प्राप्त करने के साथ प्रसार होता है। जब वस्तु को ऊष्मा दी जाती है तो उसके अणुओं की गतिज ऊर्जा में वृद्धि होती है। गति के कारण अणुओं के बीच की दूरी बढ़ती है और उसमें प्रसार होता है।

आइए देखे कि विभिन्न वस्तुओं में प्रसार किस प्रकार होता है।



6.7.1 ठोसों में प्रसार (Expansion in Solids)

ठोस का अपना आकार व आयतन होता है अत: उसमें प्रसार भी आकार व आयतन का होता है। ठोस की लंबाई में प्रसार, रेखीय प्रसार कहलाता है। उसी प्रकार क्षेत्र में प्रसार व आयतन में प्रसार क्रमश: क्षेत्रीय प्रसार व आयतन प्रसार कहलाते है।

ठोस में रेखीय प्रसार : (Linear Expansion in Solids)

जब किसी धातु की छड़ को ऊष्मा दी जाती है तो उसकी लंबाई बढ़ती है (उसमें प्रसार होता है)। छड़ की लंबाई में वृद्धि निर्भर करती है-

1. छड़ की वास्तविक लंबाई पर
2. तापमान में वृद्धि पर

एक छड़ जिसकी लंबाइ L_1 है व उसका तापमान T_1 है, ऊष्मा देने पर लंबाई L_2 व तापमान T_2 हो गया अत:

$(L_2 - L_1)$ [लंबाई में वृद्धि रेखीय प्रसार] $\propto L_1$ .... (1)

$(L_2 - L_1)$ [लंबाई में वृद्धि रेखीय प्रसार] $\propto (T_2 - T_1)$ .... (2)

इन दोनों समीकरण को मिलाने पर

$$(L_2 - L_1) \propto L_1 \times (T_2 - T_1)$$

$$(L_2 - L_1) = \alpha \times L_1 \times (T_2 - T_1)$$

(अनुक्रमानुपात के चिंह को हटाने पर, नियतांक α आयेगा)

अत: $$\alpha = \frac{L_2 - L_1}{L_1 \times (T_2 - T_1)}$$

नियातांक α को रेखीय प्रसार गुणांक कहते है और इसका मान पदार्थ की प्रकृति पर निर्भर करता है। अलग-अलग पदार्थों के लिए इसका मान अलग- अलग होता है।

$L_2 - L_1 =$ लंबाई में वृद्धि, $T_2 - T_1 =$ तापमान में वृद्धि, $L_1 =$ प्रारंभिक लंबाई

अत: $$\alpha = \frac{\text{लंबाई में वृद्धि}}{\text{प्रारंभिक लंबाई x तापमान में वृद्धि}}$$

अत: किसी पदार्थ (ठोस) की एकांक लंबाई की छड़ के ताप में एकांक वृद्धि करने पर उसकी लंबाई में जो वृद्धि होती है उसे, उस पदार्थ का रेखीय प्रसार गुणांक α (Coefficient of Linear Expansion α) कहते है।

रेखीय प्रसार गुणांक का प्रचलित मात्रक $^0C^{-1}$ है। इसका S.I. मात्रक K^{-1} है।

ठोसों में क्षेत्रीय प्रसार : (Superficial Expansion in Solids)

यदि किसी ठोस को चादर के रुप में ढाल लिया जाये (जैसे धातु की चादर) और उसे ऊष्मा दी जाये तो न केवल उसकी लंबाई में वृद्धि होगी बल्कि उसकी चौड़ाई में भी वृद्धि होगी अत: उसके क्षेत्रफल में वृद्धि होगी। ऊष्मा देने पर किसी ठोस के क्षेत्र में प्रसार क्षेत्रीय प्रसार कहलाता है।

प्रयोगों से यह ज्ञात हुआ है कि क्षेत्रीय प्रसार निर्भर करता है–

1. ठोस के प्रारंभिक (वास्तविक) क्षेत्रफल पर

2. तापमान में वृद्धि पर

अत: यदि किसी ठोस का क्षेत्रफल A_1 एवं तापमान T_1 है। तापमान बढ़ाने पर, T_2 एवं क्षेत्रफल A_2 हो जाता है तो–

क्षेत्रीय प्रसार $(A_2 - A_1) \propto A_1$

और $(A_2 - A_1) \propto (T_2 - T_1)$

अत: $(A_2 - A_1) \propto A_1 \times (T_2 - T_1)$

या $(A_2 - A_1) = \beta \times A_1 \times (T_2 - T_1)$

या $\beta = \dfrac{(A_2 - A_1)}{A_1 \times (T_2 - T_1)}$

यहां β क्षेत्रीय प्रसार गुणांक है।

अर्थात् क्षेत्रीय प्रसार गुणांक = $\dfrac{\text{क्षेत्रफल में वृद्धि}}{\text{प्रारंभिक क्षेत्रफल x तापमान में वृद्धि}}$

अत: किसी पदार्थ के एकांक क्षेत्रफल के ताप में एकांक परिवर्तन करने पर उसके क्षेत्रफल में जो वृद्धि होती है उसे उस पदार्थ का क्षेत्रीय प्रसार गुणांक β कहते है। क्षेत्रीय प्रसार गुणांक का प्रचिलित मात्रक $^{o}C^{-1}$ है। इसका S. I.मात्रक K^{-1} है।

ठोसों में आयतन प्रसार (Volume or Cubical Expansion in Solids)

यदि किसी धातु खण्ड को ऊष्मा दी जाये तो उसके लंबाई,चौड़ाई व ऊँचाई तीनों में वृद्धि होगी फलस्वरूप इसका आयतन भी बढ़ेगा। प्रयोगों से यह ज्ञात हुआ है कि आयतन में प्रसार निर्भर करता है–

1. प्रारंभिक आयतन (वास्तविक आयतन) पर,

2. दी गयी ऊष्मा के कारण, तापमान में वृद्धि पर।

अत: यदि किसी धातु के ब्लॉक का T_1 तापमान पर आयतन V_1 है यदि तापमान बढ़ने पर T_2 व आयतन बढ़कर V_2 हो गया है तो आयतन में प्रसार $(V_2 - V_1)$

$(V_2 - V_1) \propto V_1$

व $(V_2 - V_1) \propto (T_2 - T_1)$

अत: $(V_2 - V_1) \propto V_1 \times (T_2 - T_1)$

और $V_2 - V_1 = \gamma \times V_1 (T_2 - T_1)$

जहां γ आयतन प्रसार गुणांक है।

अत: $\gamma = \dfrac{V_2 - V_1}{V_1 \times (T_2 - T_1)}$

अत: $\gamma = \dfrac{\text{आयतन में वृद्धि}}{\text{प्रारंभिक आयतन x ताप में वृद्धि}}$

अत: आयतन प्रसार गुणांक को इस प्रकार परिभाषित किया जा सकता है ''किसी ठोस वस्तु के एकांक आयतन के ताप में एकांक वृद्धि करने पर उसके आयतन में जो वृद्धि होती है उसे उस वस्तु का आयतन प्रसार गुणांक γ कहते है।''

आयतन प्रसार गुणांक का प्रचिलित मात्रक $^oC^{-1}$ है। इसका S.I. मात्रक K^{-1} है।

6.7.2 द्रवों में प्रसार (Expansion in Liquids)

ठोसों की ही भाँति द्रवों में भी ऊष्मीय प्रसार होता है। द्रवों में प्रसार ठोसों की अपेक्षा अधिक होता है। चूँकि द्रव में नियत लंबाई, चौड़ाई या क्षेत्रफल नहीं होता केवल आयतन होता है अत: हम केवल आयतन प्रसार ही पढ़ेंगे।

द्रवों में आयतन प्रसार (Volume Expansion in liquid)

जब द्रव को किसी पात्र में रखकर गर्म किया जाता है (उष्मा दी जाती है) तो सबसे पहले पात्र में प्रसार होता है। इसके बाद द्रव में प्रसार होता है। द्रव में जो प्रसार हमें दिखाई देता है वह वास्तविक प्रसार तथा पात्र के प्रसार का अंतर होता है इसे द्रव का आभासी प्रसार कहते है।

अत: द्रव का वास्तविक प्रसार, द्रव के आभासी प्रसार व पात्र के प्रसार का योग होता है।

अर्थात् **द्रव का वास्तविक प्रसार = द्रव का आभासी प्रसार + पात्र में प्रसार**

विशेष : जल का विलक्षण प्रसार होता है। इसको 4^oC ताप से ठंडा करने पर भी इसके आयतन में प्रसार होता है, और 4^oC से उच्च ताप तक गर्म करने पर भी इसके आयतन में प्रसार होता है।

6.7.3 गैसों में प्रसार (Expansion in Gases)

गैसों के अणु, ठोस अथवा द्रव की अपेक्षा अधिक स्वतंत्रतापूर्वक घूम सकते है अत: गर्म करने पर गैसों में, ठोसों व द्रवों से काफी अधिक प्रसार होता है। गैसों की अपनी कोई आकृति नहीं होती अत: इनमें केवल आयतन प्रसार ही संभव है। जिस पात्र में गैस को गर्म किया जाता है, उसका प्रसार गैस के प्रसार की तुलना में नगण्य होता है,अत: गैसों में वास्तविक तथा आभासी प्रसार समान होते है। चूँकि गैस का आयतन उसके ताप पर निर्भर करता है अत:गैस के तापीय प्रसार का अध्ययन स्थिर दाब पर में किया जा सकता है। इस विषय में विस्तृत अध्ययन आप आगे की कक्षाओं में करेंगे।

उदाहरण

तांबे का रेखीय प्रसार गुणांक $17 \times 10^{-6}\ ^oC^{-1}$ है। इस धातु के 10m लंबे तार का ताप 30^oC से 130^oC तक बढ़ाने पर तार की लंबाई में परिवर्तन की गणना कीजिये।

हल : दिया है $\alpha = 17 \times 10^{-6}\ ^0C^{-1}$

$L_1 = 10\text{ m}$

$T_2 - T_1 = (130 - 30)^oC = 100^oC$

ज्ञात करना है : $L_2 - L_1 = ?$

सूत्र $\alpha = \dfrac{L_2 - L_1}{L_1 (T_2 - T_1)}$ से

$$L_2 - L_1 = \alpha L_1 (T_2 - T_1)$$

अर्थात लंबाई में परिवर्तन

$$L_2 - L_1 = (17 \times 10^{-6} \,^{o}C^{-1})(10m)(100^{o}C)$$

अर्थात $L_2 - L_1 = 17 \times 10^{-3} m$

अभीष्ट लंबाई में परिवर्तन $17 \times 10^{-3} m$ है।

स्मरणीय बिन्दु

- किसी वस्तु में से ऊष्मा निष्काषित करने पर वह ठंड़ी हो जाती है।
- तापमापी के 0^oC और 100^oC के बीच के भाग को मूल अंतराल कहते है।
- कैलोरी ऊष्मा की वह मात्रा है जो एक ग्राम शुद्ध जल के ताप में 14.5^oC से 15.5^oC तक 1^oC का परिवर्तन कर दे।
- शुद्ध जल की विशिष्ट ऊष्मा सर्वाधिक होती है।
- तापीय साम्य की स्थिति में गर्म वस्तु द्वारा दी गई ऊष्मा = ठंड़ी वस्तु द्वारा ली गई ऊष्मा
- अवस्था परिवर्तन की क्रिया में ऊष्मा का आदान-प्रदान होता है परंतु ताप अपरिवर्तित रहता है।
- किसी पदार्थ की गुप्त ऊष्मा, ऊष्मा की उस मात्रा को कहते है जो नियत ताप पर उस पदार्थ के एकांक द्रव्यमान का अवस्था परिवर्तन कर दे।
- किसी पदार्थ की एकांक लंबाई की छड़ का ताप 1^oC बढ़ाने पर उसकी लंबाई में जो वृद्धि होती है, उसे छड़ के पदार्थ का रेखीय प्रसार गुणांक कहते है।
- किसी पदार्थ के एकांक क्षेत्रफल के ताप को 1^oC बढ़ाने पर उस वस्तु के क्षेत्रफल में जो वृद्धि होती है वह उस पदार्थ का क्षेत्र प्रसार गुणांक कहलाती है।
- किसी ठोस पदार्थ के एकांक आयतन का ताप 1^oC बढ़ाने पर उसके आयतन में जो वृद्धि होती है उसे उस वस्तु के पदार्थ का आयतन प्रसार गुणांक कहते है।

अभ्यास

अतिलघु उत्तरीय प्रश्न

1. डॉक्टरी थर्मामीटर की एक विशेषता लिखिये ?
2. कैलोरी की परिभाषा लिखिये ?
3. विशिष्ट ऊष्मा और ऊष्मा धारिता में अंतर बतलाईये ?
4. रेखीय प्रसार गुणांक की परिभाषा एवं मात्रक लिखिये ?
5. क्षेत्र प्रसार गुणांक की परिभाषा एवं मात्रक लिखिये?

6. आयतन प्रसार गुणांक की परिभाषा एवं मात्रक लिखिये ?

लघु उत्तरीय प्रश्न

1. ऊष्मा तथा ताप में अंतर लिखिये ?
2. डॉक्टरी थर्मामीटर और प्रयोग शाला थर्मामीटर मे कोई दो अंतर लिखिये ?
3. डॉक्टरी थर्मामीटर की केशनली के बल्ब के पास घूमदार सिकुड़न होती है, क्यों ?
4. तापीय साम्य किसे कहते है?
5. आपेक्षिक आर्द्रता से क्या तात्पर्य है ?
6. एक गिलास में बर्फ मिश्रित जल भरा हो तो गिलास की बाहरी सतह पर पानी की छोटी-छोटी बूंदें जम जाती है क्यों?

दीर्घउत्तरीय प्रश्न

1. डॉक्टरी थर्मामीटर की रचना का वर्णन कीजिये ?
2. मिश्रण की विधि से किसी ठोस की विशिष्ट ऊष्मा कैसे ज्ञात करेंगे? व्यंजक स्थापित करके स्पष्ट कीजिये।
3. सिद्ध कीजिये :

$$\text{रेखीय प्रसार गुणांक} = \frac{\text{लंबाई में परिवर्तन}}{\text{प्रारंभिक लंबाई} \times \text{तापांतर}}$$

4. सिद्ध कीजिए

$$\text{क्षेत्रीय प्रसार गुणांक} = \frac{\text{क्षेत्रफल में परिवर्तन}}{\text{प्रारंभिक क्षेत्रफल} \times \text{तापांतर}}$$

5. सिद्ध कीजिए :

$$\text{आयतन प्रसार गुणांक} = \frac{\text{आयतन में परिवर्तन}}{\text{प्रारंभिक आयतन} \times \text{तापांतर}}$$

संख्यात्मक प्रश्न

1. निम्नलिखित तापों के केल्विन पैमाने पर मान क्या होंगे?

(a) 77^oC (b) 123^oC (c) -15^oC (d) -13^oC

उत्तर (a) 350 K (b) 396 K (c) 258 K (d) 260K)

2. निम्नलिखित तापों के सेल्सियस पैमान पर मान क्या होंगे?

(a) 273K (b) +173K (c) +73K (d) 0 K

उत्तर (a) 0^oC (b) -100^oC (c) -200^oC (d) -273^oC)

3. 0.05kg द्रव्यमान के तांबे के एक पात्र में 40^oC की वृद्धि करने के लिये कितनी ऊष्मा की आवश्यकता होगी ? तांबे की विशिष्ट ऊष्मा $390 J kg^{-1}\,{}^oC^{-1}$ है।

(उत्तर 780J)

4. 15g जल के ताप में 600J ऊष्मा कितना परिवर्तन करेगी ? जल की विशिष्ट ऊष्मा $4180 J\ kg^{-1}\,{}^oC^{-1}$

(उत्तर $9.5\ {}^0C$)

5. 50g द्रव्यमान के लोहे के टुकड़े का प्रारंभिक ताप 100^oC है। इस टुकड़े को 20^oC ताप वाले 100g जल में डुबोया जाता है। यदि मिश्रण का ताप 25.5^oC हो जावे तो लोहे की विशिष्ट ऊष्म ज्ञात कीजिये ?

(उत्तर 0.148 कैलोरी $g^{-1}\,{}^oC^{-1}$)

6. 0^oC ताप की 50g बर्फ को 0^oC के जल में परिवर्तित करने के लिये कितनी ऊष्मा की आवश्यकता होगी? बर्फ की गुप्त ऊष्मा 80 कैलोरी प्रति ग्राम है।

(उत्तर 4000 कैलोरी)

7. 100^oC ताप के 10g जल को उसी ताप की वाष्प में परिवर्तित करने के लिये कितनी ऊष्मा की आवश्यकता होगी ? भाप (वाष्प)की गुप्त ऊष्मा $22.5 \times 10^5\ J\ kg^{-1}$

(उत्तर 22500 जूल)

8. 20^oC ताप पर लोहे की पटरी की लंबाई 100 cm है 40^oC ताप पर इसकी लंबाई 100.024 cm हो जाती है लोहे का रेखीय प्रसार गुणांक ज्ञात कीजिये?

(उत्तर $0.000012\,{}^oC^{-1}$)

प्रोजेक्ट

अपने आस-पास रेखीय प्रसार, क्षेत्रीय प्रसार व आयतन प्रसार से होने वाले परिवर्तनों को सूचीबद्ध करिये एवं शिक्षक के समक्ष प्रस्तुत करिये।