باب 11

مادے کی حرارتی خاصیتیں
(THERMAL PROPERTIES OF MATTER)

5168CH11

11.1 تعارف
11.2 درجۂ حرارت اور حرارت
11.3 درجۂ حرارت کی پیمائش
11.4 کامل گیس مساوات اور مطلق درجۂ حرارت
11.5 حرارتی پھیلاؤ
11.6 نوعی حرارت کی گنجائش
11.7 حرارہ پیمائی
11.8 حالت کی تبدیلی
11.9 حرارت کی منتقلی
11.10 نیوٹن کا خنکی کا قانون
خلاصہ
قابلِ غور نکات
مشق

11.1 تعارف (INTRODUCTION)

ہم سب حرارت (Heat) اور درجۂ حرارت (ٹمپریچر)، (Temperature) کا عام عقلی تصور رکھتے ہیں۔ درجۂ حرارت ایک جسم کی گرم کیفیت کا ناپ ہے۔ ابلتے ہوئے پانی کی کیتلی، ایک اس بکس کے مقابلے میں جس میں برف رکھا ہو، زیادہ گرم ہوتی ہے۔ طبیعیات میں ہمیں حرارت، درجۂ حرارت وغیرہ جیسے تصورات کی زیادہ احتیاط کے ساتھ تعریف کرنی ہوتی ہے۔ اس باب میں آپ سیکھیں گے کہ حرارت کیا ہے اور اسے کیسے ناپا جاتا ہے اور ان مختلف عملی طریقوں (Proceses) کا مطالعہ کریں گے، جن کے ذریعے یہ ایک جسم سے دوسرے جسم تک بہتی ہے۔ اس کے ساتھ ہی آپ یہ بھی معلوم کر لیں گے کہ لوہار ایک گھوڑا گاڑی کے لکڑی کے پہیوں پر لوہے کا چھلہ چڑھانے سے پہلے چھلے کو گرم کیوں کرتے ہیں اور ساحل سمندر پر سورج کے غروب ہوتے وقت اکثر ہوا کی سمت کیوں تبدیل ہو جاتی ہے۔ آپ یہ بھی سیکھیں گے کہ پانی کے ابلتے اور جمتے وقت کیا ہوتا ہے اور ابلنے اور جمنے کے عمل کے دوران پانی کا درجۂ حرارت تبدیل نہیں ہوتا حالانکہ پانی میں حرارت کی بڑی مقدار شامل ہو رہی ہوتی ہے یا پانی سے باہر نکل رہی ہوتی ہے۔

11.2 درجۂ حرارت اور حرارت
(TEMPERATURE AND HEAT)

ہم مادے کی حرارتی خاصیتوں کا مطالعہ درجۂ حرارت اور حرارت کی تعریفوں سے شروع کر سکتے ہیں۔ درجۂ حرارت ایک اضافی (نسبتی) (Relative) ناپ ہے یا گرم کیفیت یا ٹھنڈی کیفیت کی علامت ہے۔ ایک گرم برتن کے لیے کہا جاتا ہے کہ اس کا درجۂ حرارت اونچا ہے اور برف کے مکعب (ٹکڑے) کے لیے کہا جاتا ہے کہ اس کا درجۂ حرارت کم ہے۔ ایک شے جس کا درجۂ حرارت دوسری شے کے مقابلے میں زیادہ ہے،

© NCERT not to be republished

مقابلتاً گرم کہلاتی ہے۔نوٹ کریں کہ گرم اور ٹھنڈا اضافی اصطلاحات ہیں جیسے کہ لمبا اور چھوٹا۔ہم چھوکر درجہ حرارت کا احساس کر سکتے ہیں۔لیکن درجہ حرارت کا یہ احساس نا قابل بھروسہ ہے اور اس کی سعت (Range) بھی اتنی محدود ہے کہ یہ سائنسی مقاصد کے لیے کارآمد نہیں ہے۔

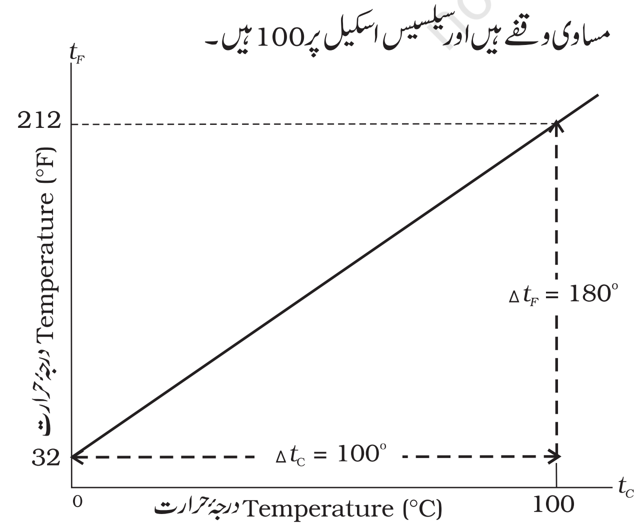
ہم اپنے تجربے سے جانتے ہیں کہ برف سے ٹھنڈے کیے ہوئے پانی سے بھرے گلاس کو اگر ایک میز پر رکھا چھوڑ دیا جائے تو وہ آخر کار گرم ہو جاتا ہے اور اسی میز پر رکھی ہوئی گرم چائے کی پیالی ٹھنڈی ہو جاتی ہے۔اس کا مطلب ہوا کہ جب کسی جسم (اس مثال میں ٹھنڈا پانی یا گرم چائے) اور اس کے اردگرد کے وسیلہ کے درجہ حرارت اگر مختلف ہوں تو نظام اور اسے گھیرنے والے وسیلے کے درمیان اس وقت تک حرارت کی منتقلی ہوتی رہتی ہے، جب تک نظام اور اسے گھیرنے والے وسیلے کے درجہ حرارت یکساں نہ ہو جائیں۔ ہم یہ بھی جانتے ہیں کہ ٹھنڈے پانی کے گلاس کی صورت میں حرارت ماحول سے شیشے کے گلاس کی طرف بہتی ہے جب کہ گرم چائے والی صورت میں حرارت، گرم چائے کی پیالی سے ماحول کی طرف بہتی ہے۔اس لیے، ہم کہہ سکتے ہیں کہ **حرارت توانائی کی وہ شکل ہے جو دو (یا دو سے زیادہ) نظاموں یا ایک نظام اور اس کے ماحول کے درمیان، درجہ حرارت کے فرق کی وجہ سے منتقل ہوتی ہے۔** منتقل ہوئی حرارت توانائی کی SI اکائی جول (J) میں ظاہر کی جاتی ہے۔جب کہ درجہ حرارت کی SI اکائی کیلون (K) ہے اور ڈگری سیلسیس (°C) درجہ حرارت کی عام طور سے استعمال کی جانے والی اکائی ہے۔جب ایک شے کو گرم کیا جاتا ہے تو کئی تبدیلیاں آسکتی ہیں: اس کا درجۂ حرارت بڑھ سکتا ہے، وہ پھیل سکتی ہے یا اس کی حالت (State) تبدیل ہو سکتی ہے۔ہم آگے کے حصوں میں مختلف اشیاء پر حرارت کے اثرات کا مطالعہ کریں گے۔

11.3 درجۂ حرارت کی پیمائش

(MEASUREMENTOF TEMPERATURE)

درجہ حرارت کا ناپ، ایک تھرمامیٹر استعمال کر کے حاصل کیا جاتا ہے۔مادّی اشیاء کی کئی خاصیتیں درجہ حرارت کے ساتھ کافی حد تک تبدیل ہو جاتی ہیں۔ان میں سے کسی ایک کو تھرمامیٹر بنانے کے لیے بنیاد بنایا جا سکتا ہے۔عام طور پر استعمال کی جانے والی ایسی خاصیت ہے: درجہ حرارت کے ساتھ ایک رقیق کے حجم میں ہونے والی تبدیلی۔مثال کے طور پر، عام گیس میں رقیق قسم کے تھرمامیٹروں میں پارہ، الکحل وغیرہ استعمال کیے جاتے ہیں، جہاں درجہ حرارت کی بڑی سعت کے لیے درجہ حرارت کے ساتھ حجم میں تبدیلی ذیلی ہوتی ہے۔

تھرمامیٹروں کی اس طرح پیمانہ بندی کی جاتی ہے کہ ایک دیے ہوئے درجہ حرارت کو عددی قدر تفویض کی جا سکے۔کسی بھی معیاری پیمانے کی تعریف کے لیے دو معین حوالہ نقاط چاہیے ہوتے ہیں۔کیوں کہ عام مادّی اشیاء کے ابعاد درجۂ حرارت کے ساتھ تبدیل ہوتے ہیں پھیلاؤ (Expansion) کے لیے ایک مطلق حوالہ (Absolute reference) حاصل کرنا ممکن نہیں ہے۔ لیکن درکار معین نقاط، ان طبعی مظاہر سے مربوط کیے جا سکتے ہیں جو ہمیشہ ایک یکساں درجہ حرارت پر رونما ہوتے ہیں۔پانی کا برف نقطہ (Ice Point) اور بھاپ نقطہ (Steam point) دو سہولت سے حاصل ہونے والے معین نقاط ہیں اور یہ طور نقطہ انجماد (Freezing point) اور نقطہ ابال (Boiling point) جانے جاتے ہیں۔یہ دو نقاط وہ درجات حرارت ہیں جن پر خالص پانی، معیاری دباؤ پر، جمتا اور اُبلتا ہے۔دو معروف درجۂ حرارت پیمانے، فارن ہائٹ پیمانہ اور سیلسیس پیمانہ ہیں۔برف اور بھاپ نقاط کی، فارن ہائٹ پیمانے پر، قدریں، بالترتیب 32 °F اور 212 °F اور سیلسیس پیمانے پر 0°C اور 100°C ہیں۔فارن ہائیٹ اسکیل پر دونوں حوالہ نقاط کے درمیان 180 مساوی وقفے ہیں اور سیلسیس اسکیل پر 100 ہیں۔



شکل 11.1: فارن ہائٹ درجۂ حرارت t_F بہ مقابلہ سیلسیس درجۂ حرارت t_c گراف

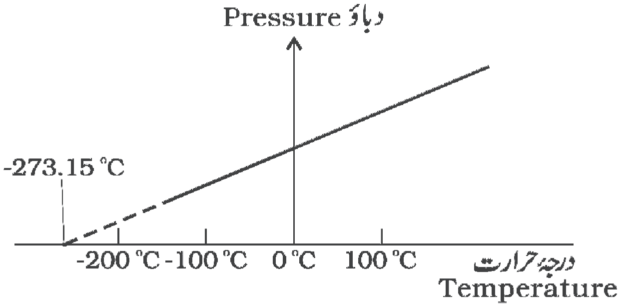
© NCERT not to be republished

ایک اسکیل سے دوسرے اسکیل میں تبدیل کرنے کے لیے رشتہ، فارن ہائٹ درجۂ حرارت (t_F) بہ مقابلہ سیلسیس درجۂ حرارت (t_c) گراف سے حاصل کیا جاسکتا ہے۔ یہ گراف ایک خطِ مستقیم ہے جس کی مساوات ہے۔

$$\frac{t_F-32}{180}=\frac{t_C}{100} \qquad (11.1)$$

11.4 کامل۔گیس مساوات اور مطلق درجۂ حرارت (IDEAL-GAS EQUATION AND ABSOLUTE TEMPERATURE)

شیشہ میں رقیق قسم کے تھرما میٹر، معین نقاط کے علاوہ دوسرے درجات حرارت کے لیے الگ الگ پیمائش بتاتے ہیں کیونکہ ہر رقیق کے پھیلاؤ کی خاصیتیں جدا ہوتی ہیں۔ لیکن وہ تھرما میٹر جن میں گیس استعمال کی جاتی ہے، چاہے کوئی بھی گیس استعمال کی جائے، یکساں پیمائش دیتے ہیں۔ تجربات سے ظاہر ہوتا ہے کہ کثافت کی کم قدروں کے لیے تمام گیسوں کے پھیلاؤ کا برتاؤ یکساں ہوتا ہے۔ ایک گیس کی ایک دی ہوئی مقدار (کمیت) کے برتاؤ کو بیان کرنے والے متغیرات (Variables) ہیں: دباؤ، حجم اور درجۂ حرارت (V, P اور T)، (جہاں $T = t + 273.15$, t, °C میں درجۂ حرارت ہے)۔ جب درجۂ حرارت کو مستقلہ رکھا جاتا ہے، تو گیس کی ایک مقدار کے لیے، دباؤ اور حجم میں رشتہ ہے: مستقلہ = Pv یہ رشتہ بوائل کا قانون (Boyle's Law) کہلاتا ہے، یہ انگریز سائنس داں رابرٹ بوائل (1627-1691) کے نام پر جنہوں نے اسے دریافت کیا۔ جب دباؤ کو مستقلہ رکھا جاتا ہے، تو گیس کی ایک مقدار حجم اور اس کے درجۂ حرارت میں رشتہ ہے: مستقلہ = V/T یہ رشتہ، اسے دریافت کرنے والے فرانسیسی سائنس داں جیکوئس چارلس (Jacques Charles)(1747-1823) کے نام پر چارلس کا قانون کہلاتا ہے۔ کم کثافت والی گیسیں ان قانونوں کی پابندی کرتی ہیں۔ انہیں ایک واحد رشتے میں مجتمع کیا جاسکتا ہے: نوٹ کریں، کیونکہ گیس کی ایک دی ہوئی مقدار کے لیے مستقلہ = PV اور مستقلہ = V / T، تب PV/T بھی مستقلہ ہونا چاہیے۔ یہ رشتہ کامل گیس قانون (Ideal gas Law) کہلاتا ہے۔ اسے ایک سے زیادہ عمومی شکلوں میں لکھا جا سکتا ہے، جس میں



شکل 11.2: ایک مستقلہ حجم پر رکھی گئی، کم کثافت والی گیس کا دباؤ برخلاف درجہ حرارت گراف

اس کا اطلاق نہ صرف ایک واحد گیس کی دی ہوئی مقدار پر ہوتا ہے بلکہ کسی بھی کم کثافت والی گیس کی کسی بھی مقدار پر ہوسکتا ہے۔ یہ عمومی شکل کامل گیس مساوات کہلاتی ہے:

$$\frac{PV}{T}=\mu R$$

یا

$$PV=\mu RT \qquad (11.2)$$

جہاں μ، گیس کے نمونے میں مول کی تعداد ہے اور R عالمی گیس مستقلہ (Universal gas Constant) کہلاتا ہے:

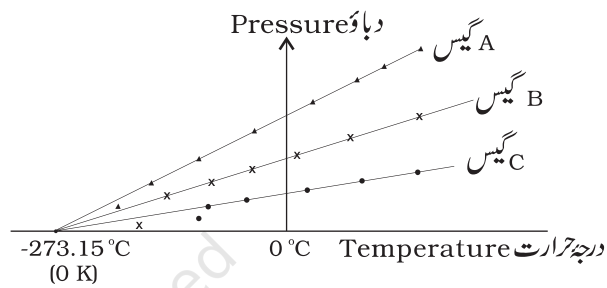
$$R = 8.31 \text{ J mol}^{-1}\text{K}^{-1}$$

مساوات (11.2) سے ہم نے سیکھا کہ دباؤ اور حجم، درجۂ حرارت کے راست متناسب ہیں: $PV \propto T$ اس رشتہ کی بنیاد پر ایک مستقلہ حجم گیس تھرما میٹر میں درجۂ حرارت ناپنے کے لیے گیس استعمال کی جاسکتی ہے۔ ایک گیس کے حجم کو مستقل رکھتے ہوئے، یہ دیتا ہے: $P \propto T$، اس لیے ایک مستقلہ، حجم گیس تھرما میٹر کے ذریعے درجۂ حرارت، دباؤ کی شکل میں ناپا جاتا ہے۔ دباؤ برخلاف درجۂ حرارت گراف، اس صورت میں ایک مستقیم خط ہوتا ہے، جیسا کہ شکل 11.2 میں دکھایا گیا ہے۔

لیکن کم درجۂ حرارت پر حقیقی گیسوں پر کیے گئے، تجربات سے حاصل ہوئی قدریں ان قدروں سے انحراف کرتی ہیں، جن کی کامل گیس قانون پیشین گوئی کرتا ہے۔ لیکن یہ رشتہ، کافی بڑی درجۂ حرارت سعت (Range) پر خطی ہے اور ایسا معلوم ہوتا ہے کہ درجۂ حرارت اگر لگاتار کم ہوتا رہے، اس طرح کہ گیس، گیس ہی رہے، تو دباؤ صفر تک پہنچ سکتا ہے۔ ایک کامل گیس کے لیے

© NCERT not to be republished

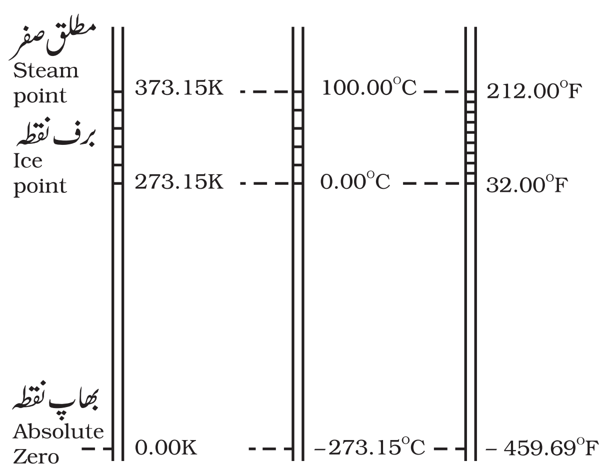
مطلق کم ترین درجۂ حرارت، اس لیے مستقیم خط کا محور تک بیرونی اندراج (Extra Polate) کر کے اخذ کیا جا سکتا ہے، جیسا شکل 11.3 میں دکھایا گیا ہے۔ اس درجۂ حرارت کی معلوم کی گئی قدر 273.15 °C – ہے اور اسے مطلق صفر کہتے ہیں۔ مطلق صفر، کیلون درجۂ حرارت پیمانے یا مطلق پیمانے کی بنیاد ہے، جس کا نام برطانوی سائنس داں لورڈ کیلون کے نام پر رکھا گیا ہے۔ اس پیمانے پر 273.15 °C – کو صفر نقطہ مانا جاتا ہے۔ شکل (11.4)



شکل 11.3: دباؤ برخلاف درجۂ حرارت گراف اور کم کثافت والی گیسوں کے لیے خطوط کا بیرونی اندراج جو یکساں مطلق صفر درجۂ حرارت ظاہر کرتا ہے۔

کیلون اور سیلسیس درجۂ حرارت پیمانوں میں اکائی کا سائز یکساں ہے۔ اس لیے ان دونوں پیمانوں پر درجات حرارت میں رشتہ ہے:

$$T = t_C + 273.15 \quad (11.3)$$

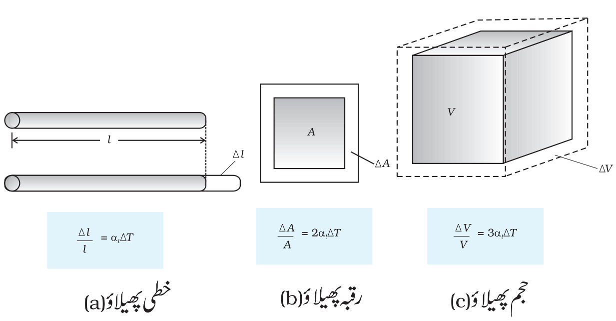


شکل 11.4: کیلون، سیلسیس اور فارن ہائٹ درجۂ حرارت پیمانوں کا مقابلہ

11.5 حرارتی پھیلاؤ (THERMAL EXPANSION)

آپ نے دیکھا ہوگا کہ دھاتی ڈھکن والی بوتلیں کبھی اتنی سختی سے بند ہوتی ہیں کہ انہیں کھولنے کے لیے ڈھکن کو گرم پانی میں رکھنا پڑتا ہے۔ ایسا کرنے سے دھات کا ڈھکن پھیل جاتا ہے اور ڈھیلا ہو جانے کی وجہ سے آسانی سے کھل جاتا ہے۔ رقیق اشیاء میں بھی، آپ نے دیکھا ہوگا کہ ایک تھرمامیٹر کو تھوڑے سے گرم پانی میں رکھنے پر، تھرمامیٹر کا پارہ اوپر چڑھ جاتا ہے۔ اگر ہم اس گرم پانی میں سے تھرمامیٹر کو باہر نکال لیں تو پارہ کی سطح دوبارہ گر جاتی ہے۔ اسی طرح گیسوں میں، ایک ٹھنڈے کمرے میں رکھا ہوا جزوی طور پر پھولا ہوا غبارہ اگر گرم پانی میں رکھ دیا جائے تو وہ پورا پھول جاتا ہے۔ دوسری طرف اگر ایک پورے پھولے ہوئے غبارے کو ٹھنڈے پانی میں ڈبو دیا جائے تو وہ اپنے اندر کی ہوا کے سکڑنے کی وجہ سے پچکنے لگتا ہے۔

یہ ہمارا روزمرہ کا تجربہ ہے کہ زیادہ تر مادی اشیاء گرم کرنے پر پھیلتی ہیں اور ٹھنڈا کیے جانے پر سکڑتی ہیں۔ پس جسم کے درجۂ حرارت کی تبدیلی اس کے ابعاد میں تبدیلی کرتی ہے۔ درجۂ حرارت میں اضافہ کے سبب ایک جسم کے ابعاد میں ہونے والا اضافہ حرارتی پھیلاؤ (Thermal Expansion) کہلاتا ہے۔ لمبائی میں توسیع (پھیلاؤ) خطی پھیلاؤ (Linear Expansion) کہلاتی ہے۔ رقبہ میں اضافہ، رقبہ پھیلاؤ (Area expansion) کہلاتا ہے۔ حجم میں اضافہ حجم پھیلاؤ کہلاتا ہے۔ [شکل (11.5)]



شکل 11.5: حرارتی پھیلاؤ

اگر مادی شے ایک لمبی چھڑ کی شکل میں ہو تو درجۂ حرارت میں چھوٹی تبدیلی ΔT کے لیے لمبائی میں کسری تبدیلی $\Delta L/L$، ΔT کے راست متناسب ہے۔

© NCERT not to be republished

$$\frac{\Delta l}{l} = \alpha_l \, \Delta T \qquad (11.4)$$

جہاں α_l کو خطی پھیلاؤ کا ضریب (یا خطّی اتساعیت Linear expansivity) کہتے ہیں اور یہ چھڑ کے مادے کی خصوصیت ہے۔ جدول 11.1 میں، درجہ حرارت سعت 0°C سے 100°C تک، میں کچھ مادوں کے لیے خطی پھیلاؤ کے ضریب کی اوسط قدریں دی گئی ہیں۔ اس جدول سے شیشہ اور تانبہ کی α_l کی قدروں کا مقابلہ کیجیے۔ ہم پاتے ہیں کہ درجہ حرارت میں یکساں اضافہ کرنے پر، تانبہ، شیشے کے مقابلے میں تقریباً 5 گنا زیادہ پھیلتا ہے۔ عام طور سے دھاتیں زیادہ پھیلتی ہیں اور ان کی α_l قدریں مقابلتاً زیادہ ہوتی ہیں۔

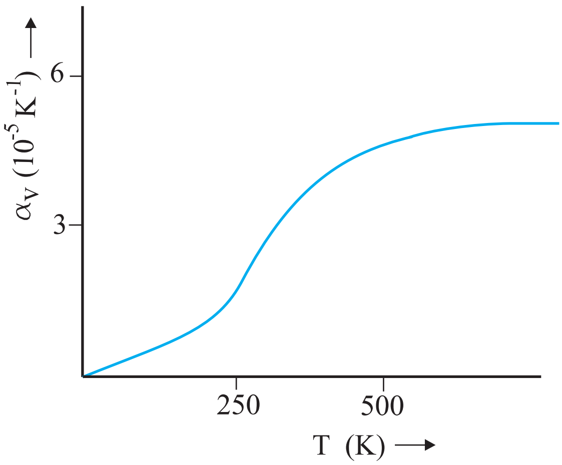
جدول 11.1: کچھ مادی اشیا کے لیے خطی پھیلاؤ کے ضریب کی قدریں

مادی اشیا	$\alpha_l \, (10^{-5}\ K^{-1})$
المونیم	2.5
پیتل	1.8
لوہا	1.2
تانبہ	1.7
چاندی	1.9
سونا	1.4
شیشہ (پائی ریکس)	0.32
سیسہ	0.29

اسی طرح ہم درجہ حرارت تبدیلی ΔT کے لیے ایک مادی شے کے حجم میں کسری تبدیلی $\Delta V / V$ لیتے ہیں، اور حجم پھیلاؤ کے ضریب (یا حجمی اتساعیت) α_V کی اس طرح تعریف کرتے ہیں:

$$\alpha_V = \left(\frac{\Delta V}{V}\right) \frac{1}{\Delta T} \qquad (11.5)$$

یہاں بھی α_V مادی شے کی ایک خصوصیت ہے، لیکن بالکل درست معنوں میں ایک مستقلہ نہیں ہے۔ یہ عمومی طور پر درجۂ حرارت [شکل (11.6)] کے تابع ہے۔ یہ دیکھا گیا ہے کہ α_V صرف اونچے درجۂ حرارت پر پہنچ کر ہی مستقلہ ہو پاتا ہے۔



شکل 11.6: درجۂ حرارت کے تفاعل کے بہ طور حجم پھیلاؤ کا ضریب

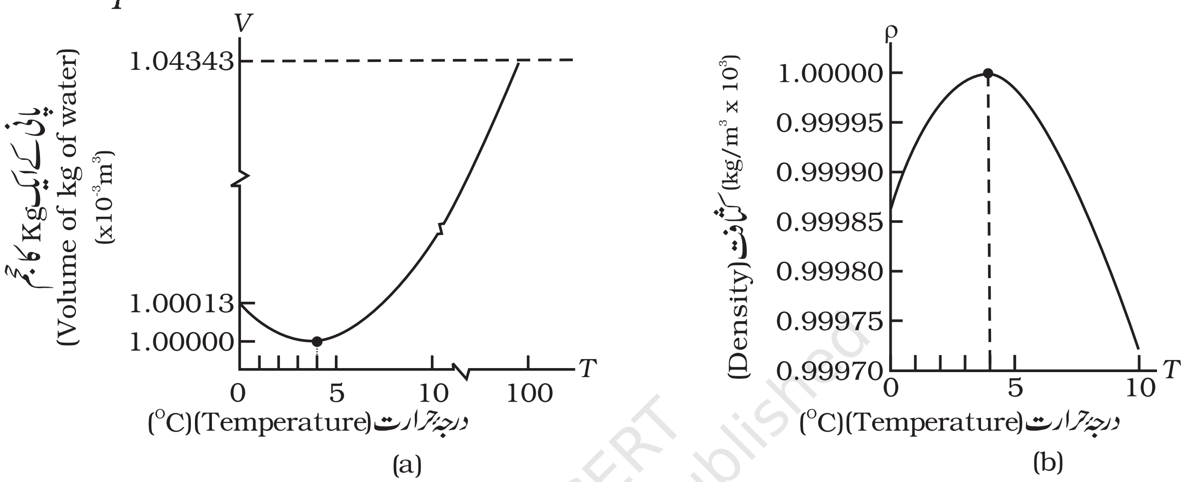
جدول 11.2 میں، درجۂ حرارت سعت: 0 – 100 °C، میں کچھ عام مادی اشیاء کے حجم پھیلاؤ کے ضریب کی قدریں دی گئی ہیں۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ ان مادی اشیاء (ٹھوس اور رقیق اشیا) کا حجم پھیلاؤ بہت کم ہوتا ہے۔ اور پائی ریکس شیشہ اور اِنوار (Invar) (لوہے۔نکل کا مخصوص بھرت) جیسی مادی اشیا کا α_V کی قدریں بالخصوص بہت کم ہیں۔ اس جدول سے ہم دیکھتے ہیں کہ الکحل (ایتھائل) کے لیے α_V کی قدر، پارہ کی α_V کی قدر سے زیادہ ہے۔ اس لیے الکحل، درجۂ حرارت میں یکساں اضافہ کرنے پر، پارہ سے زیادہ پھیلتا ہے۔

جدول 11.2: کچھ مادی اشیا کے لیے حجم پھیلاؤ کے ضریب کی قدریں

مادی اشیاء	$\alpha_V \, (K^{-1})$
المونیم	7×10^{-5}
پیتل	6×10^{-5}
لوہا	3.55×10^{-5}
پیرافن	58.8×10^{-5}
شیشہ	2.5×10^{-5}
شیشہ (پائی ریکس)	1×10^{-5}
سخت ربر	2.4×10^{-4}
اِنوار	2×10^{-6}
پارہ	18.2×10^{-5}
پانی	20.7×10^{-5}
الکحل (ایتھانول)	110×10^{-5}

© NCERT not to be republished

پانی ایک بے ضابطہ (Anomalous) برتاؤ ظاہر کرتا ہے۔ 0°C اور 4°C کے درمیان، یہ گرم کرنے پر سکڑتا ہے۔ ایک دی ہوئی پانی کی مقدار کا حجم، اسے کمرہ درجۂ حرارت سے ٹھنڈا کرنے پر کم ہوتا ہے، جب تک کہ اس کا درجۂ حرارت 4°C ہو جائے۔ 4°C سے نیچے، حجم بڑھتا ہے اور اس لیے کثافت کم ہوتی ہے۔ [شکل 11.7(b)]۔



شکل 11.7: پانی کا حرارتی پھیلاؤ

اس کا مطلب ہوا کہ پانی کی کثافت سب سے زیادہ 4°C پر ہوتی ہے۔ اس خاصیت کا ایک اہم ماحولیاتی اثر ہے۔ پانی کے بڑے ذخیروں، جیسے جھیلیں، تالاب وغیرہ کی پہلے اوپری سطح جمتی ہے، جب ایک جھیل 4°C کی طرف ٹھنڈی ہونا شروع ہوتی ہے، تو سطح کے نزدیک کا پانی اپنی توانائی فضا میں ضائع کرتا ہے، بھاری ہو جاتا ہے اور نیچے بیٹھ جاتا ہے۔ تلی کے نزدیک کا مقابلتاً گرم، کم کثیف پانی اوپر آ جاتا ہے۔ لیکن جب اوپری سطح کے پانی کا درجۂ حرارت 4°C سے کم ہو جاتا ہے تو یہ مقابلتاً کم کثیف ہوتا ہے اور جب جمتا ہے تو سطح پر ہی ہوتا ہے۔ اگر پانی میں یہ خاصیت نہ ہوتی، تو جھیلیں اور تالاب تلی سے جمنا شروع ہوتے اور اس طرح ان میں پائے جانے والے بہت سے پودے اور جانور برباد ہو جاتے۔

معمولی درجۂ حرارت پر، گیسیں، رقیق اور ٹھوس اشیا کے مقابلے میں زیادہ پھیلتی ہیں۔ رقیق اشیا کے لیے، حجم پھیلاؤ کا ضریب، مقابلتاً، درجۂ حرارت کے غیر تابع ہوتا ہے۔ ایک کامل گیس کے لیے، مستقلہ دباؤ پر حجم پھیلاؤ کا ضریب، کامل گیس مساوات سے معلوم کیا جاسکتا ہے:

$$PV=\mu RT$$

مستقلہ دباؤ پر

$$P\Delta V=\mu R\Delta T$$

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

یعنی کہ

$$\alpha_v=\frac{1}{T} \quad \text{(ایک کامل گیس کے لیے)} \qquad (11.6)$$

0°C پر: $\alpha_V = 3.7\times10^{-3}\,K^{-1}$، جو ٹھوس اور رقیق اشیاء کی α_V کی قدروں سے بہت بڑا ہے۔ مساوات (11.6) α_V کا درجۂ حرارت پر انحصار ظاہر کرتی ہے۔ α_V درجۂ حرارت میں اضافہ کے ساتھ کم ہوتا ہے۔ کمرہ درجۂ حرارت پر اور مستقلہ دباؤ پر ایک گیس کے لیے α_V کی قدر تقریباً $3300\times10^{-6}\,K^{-1}$ ہوتی ہے۔ جو مخصوص رقیق اشیا کے حجم پھیلاؤ کے ضریب کی قدروں سے عددی قدر کا درجۂ (درجات) [Order(s) of Magnitude] (10 گنا یا کئی 10 گنا) زیادہ ہے۔

حجم پھیلاؤ کے ضریب (α_V) اور خطّی پھیلاؤ کے ضریب (α_l) میں ایک سادہ رشتہ ہے۔ لمبائی l کا ایک کعب تصور کیجیے جب اس کے درجۂ حرارت میں ΔT کا اضافہ کیا جاتا ہے تو وہ تمام سمتوں میں مساوی طور پر پھیلتا ہے۔ ہمارے پاس:

$$\Delta l = \alpha_l l\,\Delta T$$

اس لیے

$$\Delta V = (l+\Delta l)^3 - l^3 \simeq 3l^2\Delta l \qquad (11.7)$$

© NCERT not to be republished

مساوات(11.7) میں $(\Delta l)^2$ اور $(\Delta l)^3$ کے ارکان نظرانداز کر دیے گئے ہیں۔ کیونکہ l کے مقابلہ میں Δl بہت چھوٹا ہے

اس لیے

$$\Delta V = \frac{3V\,\Delta l}{l} = 3V\alpha_l\ \Delta T \qquad (11.8)$$

جو دیتا ہے

$$\alpha_V = 3\alpha_l \qquad (11.9)$$

کیا ہوگا اگر ایک چھڑ کے کناروں کو سختی سے جکڑ کر رکھا جائے اور پھیلنے سے روکا جائے؟ ظاہر ہے کہ چھڑ میں ایک دباؤ بگاڑ (Compression Strain)، اس کے کناروں کے سخت سہاروں کے ذریعے لگائی گئی باہری قوتوں کی وجہ سے، پیدا ہوگا۔ اس کے مطابق، چھڑ میں پیدا ہونے والا ذرر حرارتی ذرر کہلاتا ہے۔ مثال کے طور پر ایک فولاد کی ریل کی پٹری تصور کیجیے، جس کا تراشی رقبہ $40\ cm^2$ ہے اور جسے پھیلنے سے روک کر اس کے درجۂ حرارت میں 10°C اضافہ کیا گیا ہے۔ فولاد کا خطی پھیلاؤ کا ضریب ہے:

$\alpha_{l\ \text{فولاد}} = 1.2\times10^{-5}\ K^{-1}$، اس لیے

دباؤ بگاڑ ہے:

$$\frac{\Delta l}{l} = \alpha_{l\ \text{فولاد}}\,\Delta T = 1.2\times10^{-5}\times10 = 1.2\times10^{-4}$$

فولاد کا ینگ مقیاس ہے:

$$Y_{\text{فولاد}} = 2\times10^{11}\ N\ m^{-2}$$

اس لیے پیدا ہونے والا حرارتی ذرر ہے:

$$\frac{\Delta F}{A} = Y_{\text{فولاد}}\left(\frac{\Delta l}{l}\right) = 2.4\times 10^{7}\ Nm^{-2}$$

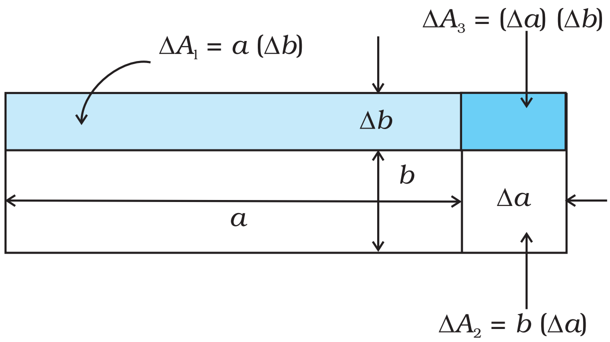
جو مطابقت رکھتا ہے، ایک باہری قوت

$$\Delta F = AY_{\text{فولاد}}\left(\frac{\Delta l}{l}\right) = 2.4\times10^{7}\times40\times10^{-4} \simeq 10^{5}\,N$$

اگر دو ایسی فولاد کی چھڑوں کے باہری سروں کو جڑ دیا جائے اور ان کے اندرونی سرے لمس میں ہوں، تو اس عددی قدر کی قوت بہ آسانی پٹریوں کو موڑ سکتی ہے۔

مثال 11.1: دکھایئے کہ ایک ٹھوس مستطیل نما چادر کا رقبہ پھیلاؤ کا ضریب $(\Delta A/A)/\Delta T$، اس کے خطی پھیلاؤ کے ضریب α_1 کا دگنا ہے۔

جواب



شکل 11.8

ٹھوس شے کی بنی ہوئی، لمبائی a اور چوڑائی b کی ایک مستطیل نما چادر لیجیے۔ (شکل 11.8)۔ جب درجۂ حرارت میں ΔT کا اضافہ ہوتا ہے تو a میں اضافہ ہوتا ہے: $\Delta a = \alpha_l a \Delta T$ اور b میں اضافہ ہوتا ہے: $\Delta b = \alpha_l b \Delta T$، شکل 11.8 سے، رقبہ میں اضافہ

$$\Delta A = \Delta A_1 + \Delta A_2 + \Delta A_3$$

$$\Delta A = a\,\Delta b + b\,\Delta a + (\Delta a)\ (\Delta b)$$

$$= a\,\alpha_1 b\Delta T + b\alpha_1 a\Delta T + (\alpha_1)^2 ab(\Delta T)^2$$

$$= \alpha_1 ab\,\Delta T(2+\alpha_1\Delta T) = \alpha_1 A\,\Delta T\,(2+\alpha_1\Delta T)$$

کیونکہ جدول 11.1 سے: $\alpha_1 \simeq 10^{-5}\ K^{-1}$، $\alpha_1\Delta T$ حاصل ضرب، کسری درجۂ حرارت کے لیے، 2 کے مقابلے میں بہت چھوٹا ہے اور نظر انداز کیا جاسکتا ہے۔

اس لیے

$$\left(\frac{\Delta A}{A}\right)\frac{1}{\Delta T} \simeq 2\alpha_l .$$

مثال 11.2: ایک لوہار ایک گھوڑا گاڑی کے لکڑی کے پہیے کے حلقے (rim) پر لوہے کا چھلا چڑھاتا ہے۔ حلقے، اور لوہے کے چھلے کے قطر، بالترتیب 5.243m اور 5.231m ہیں۔ درجۂ حرارت 27 °C ہے۔ چھلے کو کس درجۂ حرارت تک گرم کیا جائے کہ وہ حلقے پر چڑھ جائے۔

© NCERT not to be republished

جواب: دیا ہوا ہے

$T_1 = 27\ °C$

$L_{T1} = 5.231\ m$

$L_{T2} = 5.243\ m$

اس لیے

$$L_{T2} = L_{T1}[1+\alpha_1(T_2 - T_1)]$$

$$5.243m = 5.231m[1+1.20\times10^{-5}\ K^{-1}(T_2 - 27°C)]$$

یا

$$T_2 = 218\ °C$$

11.6 نوعی حرارت کی گنجائش (SPECIFIC HEAT CAPACITY)

ایک برتن میں کچھ پانی لیجیے اوراسے ایک چولھے پرگرم کرنا شروع کیجیے۔ آپ جلد ہی دیکھیں گے کہ بلبلے اوپر کی طرف حرکت کرنا شروع کر دیتے ہیں۔ جیسے جیسے درجۂ حرارت میں اضافہ کیا جاتا ہے، پانی کے ذرات کی حرکت بھی بڑھتی جاتی ہے، یہاں تک کہ یہ حرکت آشوبی ہوجاتی ہے اور پانی ابلنا شروع کر دیتا ہے۔ وہ کیا عوامل ہیں جن پر ایک شے کا درجۂ حرارت بڑھانے کے لیے درکار حرارت کی مقدار منحصر ہے؟ اس سوال کا جواب حاصل کرنے کے لیے، پہلا قدم یہ اٹھائیے کہ پانی کی ایک دی ہوئی مقدار کوگرم کرنا شروع کیجیے اور اس درجۂ حرارت میں فرض کیجیے، 20°C کا اضافہ کیجیے اور اس میں لگا وقت نوٹ کر لیجیے۔ پھر پانی کی اتنی ہی مقدار لیجیے اور اسی چولھے پر اسے اتنی دیر گرم کیجیے کہ اس کے درجۂ حرارت میں 40°C کا اضافہ ہوجائے۔ اس وقت کو بھی ایک اسٹاپ واچ کی مدد سے نوٹ کر لیجیے۔ آپ دیکھیں گے کہ اب پہلے کے مقابلے میں تقریباً دوگنا وقت لگتا ہے۔ اس لیے، پانی کی یکساں مقدار کے درجۂ حرارت میں دوگنا اضافہ کرنے کے لیے حرارت کی دگنی مقدار چاہیے ہوتی ہے۔

دوسرے قدم میں، آپ پانی کی دگنی مقدار لیجیے اور وہی چولھا استعمال کرتے ہوئے، اس کا درجۂ حرارت میں 20°C کا اضافہ کیجیے اور اس اضافہ کے ہونے میں لگنے والا وقت نوٹ کیجیے۔ آپ دیکھیں گے کہ اب لگنے والا وقت، پہلے 20°C کا اضافہ کرنے میں لگنے والے وقت کا تقریباً دگنا ہے۔

تیسرے قدم میں، آپ پانی کی جگہ اتنی ہی مقدار کسی اور رقیق، جیسے سرسوں کے تیل کی لیجیے اور اس کے درجۂ حرارت میں 20°C کا اضافہ ہونے میں لگنے والا وقت اسی اسٹاپ واچ کی مدد سے نوٹ کیجیے۔ آپ دیکھیں گے کہ اب وقت مقابلتاً کم لگے گا۔ اس لیے اب جو حرارت کی مقدار درکار ہے وہ اسی مقدار کے پانی میں اتنا ہی اضافہ کرنے کے لیے درکار حرارت کی مقدار سے کم ہے۔

مندرجہ بالا مشاہدات سے یہ پتہ چلتا ہے کہ ایک شے کو گرم کرنے کے لیے درکار حرارت، اس کی کمیت m، درجۂ حرارت کی تبدیلی ΔT، اور شے کی طبع کے تابع ہے۔ ایک شے کے درجۂ حرارت میں تبدیلی، جب حرارت کی ایک دی ہوئی مقدار جذب ہوتی ہے یا خارج ہوتی ہے، ایک ایسی مقدار کی خاصیت ہے جسے ہم اس شے کی حرارتی گنجائش کہتے ہیں۔ ہم ایک شے کی حرارتی گنجائش S کی تعریف اس طرح کرتے ہیں:

$$S = \frac{\Delta Q}{\Delta T}$$

یہاں ΔQ، شے کو مہیا کی گئی حرارت کی وہ مقدار ہے جو اس کا درجۂ حرارت T سے $T+\Delta T$ کر دیتی ہے۔ آپ مشاہدہ کر ہی چکے ہیں کہ اگر مختلف اشیاء کی یکساں کمیتوں میں مساوی مقدار کی حرارت شامل کی جائے تو اس کے نتیجے میں ہونے والی درجۂ حرارت کی تبدیلیاں یکساں نہیں ہوں گی۔ اس کا مطلب ہوا کہ ہر شے کی اپنی ایک یکتا (Unique) قدر ہوتی ہے جو بتاتی ہے کہ اس کی اکائی کمیت میں ایک اکائی درجۂ حرارت تبدیلی لانے کے لیے حرارت کی کتنی مقدار جذب یا خارج ہوگی۔ یہ مقدار اس شے کی نوعی حرارت کی گنجائش کہلاتی ہے۔

اگر ΔQ ایک کمیت m کی شے سے اس وقت خارج ہونے والی یا جذب ہونے والی حرارت کی مقدار ہے جب اس کے درجۂ حرارت میں ΔT تبدیلی ہوئی ہو، تو اس شے کی نوعی حرارت کی گنجائش دی جاتی ہے۔

$$s = \frac{S}{m} = \frac{1}{m}\frac{\Delta Q}{\Delta T} \qquad (11.11)$$

© NCERT not to be republished

نوعی حرارت کی گنجائش مادہ کی خاصیت ہے جو مادہ میں درجۂ حرارت کی تبدیلی بتاتی ہے (جس میں کوئی ہیئت (Phase) کی تبدیلی نہ ہو رہی ہو)، جب کہ اس کے ذریعے حرارت کی ایک دی ہوئی مقدار جذب (یا خارج) ہو رہی ہو۔ اس کی تعریف اس طرح کی جاتی ہے کہ یہ شے کے ذریعے خارج کی گئی یا جذب کی گئی حرارت کی وہ مقدار فی اکائی کمیت ہے جو اس کی درجۂ حرارت میں اکائی تبدیلی لاتی ہے۔ یہ شے کی طبع اور اس کے درجۂ حرارت کے تابع ہے۔ نوعی حرارت کی گنجائش کی SI اکائی $Jkg^{-1}K^{-1}$ ہے۔

اگر شے کی مقدار، Kg میں کمیت m کی جگہ مول μ میں دی ہوئی ہو تو ہم حرارتی گنجائش فی شے کا مول کی تعریف اس طرح کر سکتے ہیں:

$$C = \frac{S}{\mu} = \frac{1}{\mu}\frac{\Delta Q}{\Delta T} \qquad (11.12)$$

جہاں C، شے کی مولی نوعی حرارت کی گنجائش (Molar specific heat capacity) کہلاتی ہے۔ S کی طرح C بھی شے کی طبع اور اس کے درجۂ حرارت کے تابع ہے۔ مولی نوعی حرارت گنجائش کی SI اکائی $Jmol^{-1}K^{-1}$ ہے۔

لیکن گیسوں کی نوعی حرارت کی گنجائش کے سلسلے میں، C کی تعریف کرنے کے لیے کچھ مزید شرائط چاہیے ہوتی ہیں۔ گیسوں میں یہ حرارت کی منتقلی دباؤ حجم میں سے کسی ایک کو مستقلہ رکھ کر حاصل کی جاسکتی ہے۔ اگر حرارت کی منتقلی کے دوران گیسوں کو مستقلہ دباؤ پر رکھا جاتا ہے، تب یہ مستقلہ دباؤ پر مولی نوعی حرارت کی گنجائش کہلاتی ہے اور اسے C_P سے ظاہر کرتے ہیں۔ دوسری طرف، اگر حرارت کی منتقلی کے دوران گیس کا حجم برقرار رکھا جاتا ہے تو متطابق نوعی حرارت کی گنجائش، مستقلہ حجم پر مولی نوعی حرارت کی گنجائش کہلاتی ہے، جسے C_V سے ظاہر کیا جاتا ہے۔ تفصیل کے لیے دیکھیے باب 12۔ جدول 11.3 میں فضائی دباؤ اور معمولی درجۂ حرارت پر کچھ اشیاء کی نوعی حرارت کی گنجائشوں کی ناپی گئی قدریں دی گئی ہیں۔ جب کہ جدول 11.4 میں کچھ گیسوں کی مولی نوعی حرارت کی گنجائشیں دی گئی ہیں۔ آپ جدول 11.3 سے نوٹ کر سکتے ہیں کہ دوسری اشیا کے مقابلے میں پانی کی نوعی حرارت کی گنجائش سب سے زیادہ ہے۔ اسی وجہ سے پانی گاڑیوں کے اشعاع گر (Radiators) میں بہ طور خنک کار (Coolant) اور گرم پانی کی تھیلیوں میں بطور حرکار (Heater) بھی استعمال ہوتا ہے۔ اپنی نوعی حرارت کی گنجائش کی زیادہ قدر کی وجہ سے، پانی گرمیوں کے موسم میں، زمین کے مقابلے میں کہیں زیادہ آہستہ آہستہ گرم ہوتا ہے اور اس وجہ سے سمندر کی طرف سے آ رہی ہوا ٹھنڈی معلوم ہوتی ہے۔ اب آپ بتا سکتے ہیں کہ ریگستانی علاقوں میں زمین کی سطح دن میں کیوں جلدی گرم ہو جاتی ہے اور رات میں کیوں جلدی ٹھنڈی ہو جاتی ہے۔

جدول 11.3: کمرہ درجۂ حرارت اور فضائی دباؤ پر کچھ اشیا کی نوعی حرارت کی گنجائش

شے	نوعی حرارت کی گنجائش ($J\,kg^{-1}\,K^{-1}$)	شے	نوعی حرارت کی گنجائش ($J\,kg^{-1}\,K^{-1}$)
المونیم	900.0	برف	2060
کاربن	506.5	شیشہ	840
تانبہ	386.4	لوہا	450
سیسہ	127.7	مٹی کا تیل	2118
چاندی	236.1	کھانے کا تیل	1965
ٹنگسٹن	134.4	پارہ	140
پانی	4186.0		

© NCERT not to be republished

جدول 11.4: کچھ گیسوں کی مولی نوعی حرارت کی گنجائش

گیس	$C_p (J\ mol^{-1}K^{-1})$	$C_v (J\ mol^{-1}K^{-1})$
He	20.8	12.5
H_2	28.8	20.4
N_2	29.1	20.8
O_2	29.4	21.1
CO_2	37.0	28.5

11.7 حرارہ پیمائی (CALORIMETRY)

ایک نظام کو اس وقت جدا کیا ہوا (Isolated) کہا جاتا ہے جب نظام اور اس کے ماحول کے درمیان درجۂ حرارت کا کوئی تبادلہ یا منتقلی نہیں ہو رہی ہو۔ جب ایک جدا کیے ہوئے نظام کے مختلف حصے مختلف درجۂ حرارت پر ہوں، تو حرارت کی ایک مقدار اس حصے سے جو مقابلتاً زیادہ درجۂ حرارت پر ہے کم درجۂ حرارت والے حصے میں منتقل ہوتی ہے۔ زیادہ درجۂ حرارت والے حصے کے ذریعے خارج کی گئی حرارت، کم درجۂ حرارت والے حصے کے ذریعے وصول کی گئی حرارت کے مساوی ہوتی ہے۔

کیلوری میٹری کا مطلب ہے حرارت کی پیمائش ۔ جب ایک جسم جس کا درجہ حرارت زیادہ ہے، ایک کم درجۂ حرارت والے جسم سے لمس میں لایا جاتا ہے تو گرم جسم کے ذریعے کھوئی گئی حرارت (Heat lost)، مقابلتاً ٹھنڈے جسم کے ذریعے حاصل کی گئی حرارت (Heat Gained) کے مساوی ہوتی ہے۔ وہ آلہ جس میں حرارت کی پیائش کی جاسکتی ہے، کلوری میٹر (حرارت پیا Calorimeter) کہلاتا ہے۔ یہ ایک دھات کے برتن، جیسے تانبہ یا المونیم کے برتن اور اسی دھات کی بلونی (Stirrer) پر مشتمل ہوتا ہے۔ برتن کو لکڑی کے غلاف (Jacket) کے اندر رکھا جاتا ہے، جس میں حرارت حاجز (Heat insulator) اشیا، جیسے (شیشہ پنبہ Glass-wool) وغیرہ رکھے ہوتے ہیں۔ باہری غلاف، حرارت ڈھال (Shield) کی طرح کام کرتا ہے اور اندرونی برتن سے حرارت کے زیاں کو کم کرتا ہے۔ باہری غلاف میں ایک سوراخ ہوتا ہے، جس سے کلوری میٹر میں تھرما میٹر داخل کیا جاسکتا ہے (شکل 11.20)۔ مندرجہ ذیل مثال ایک دیے ہوئے ٹھوس کی نوعی حرارت کی گنجائش معلوم کرنے کے طریقے کی وضاحت کرتی ہے۔ یہ طریقہ اصول: حاصل کی گئی حرارت، ضائع ہوئی حرارت کے مساوی ہے، پر مبنی ہے۔

◄مثال 11.3: 0.047kg کا المونیم کا ایک کرہ کافی وقت تک ایک ابلتے ہوئے پانی سے بھرے ہوئے برتن میں رکھا گیا۔ اس طرح کہ کرہ کا درجۂ حرارت 100 °C ہے۔ پھر اس کرہ کو فوراً ایک 0.14Kg کے تانبہ کے کلوری میٹر میں منتقل کر دیا گیا، جس میں 20 °C درجۂ حرارت پر 0.25Kg پانی تھا۔ پانی کا درجۂ حرارت بڑھتا ہے اور 23 °C پر قائم حالت (steady state) میں آجاتا ہے۔ المونیم کی نوعی حرارت کی گنجائش (Specific heat capacity) کا حساب لگایئے۔

جواب: اس مثال کو حل کرنے میں یہ اصول استعمال کرنا ہوگا کہ قائم حالت پر، المونیم کے کُرّے کے ذریعے خارج کی گئی حرارت، پانی اور کلوری میٹر کے ذریعے جذب کی گئی حرارت کے مساوی ہے۔

المونیم کے کرہ کی کمیت $(m_1) = 0.047Kg$

المونیم کے کرہ کا شروعاتی درجۂ حرارت $= 100°C$

آخری درجۂ حرارت $= 23°C$

درجۂ حرارت میں تبدیلی $(\Delta T) = (100°C - 23°C)$

$= 77°C$

فرض کیجیے کہ المونیم کی نوعی حرارت کی گنجائش s_{Al} ہے،

المونیم کے کرہ کے ذریعے خارج کی گئی حرارت کی مقدار $= m_1 s_{Al} \Delta T$

$= 0.047kg \times s_{Al} \times 77\ °C$

پانی کی کمیت $(m_2) = 0.25\ kg$

کلوری میٹر کی کمیت $(m_3) = 0.14\ kg$

پانی اور کلوری میٹر کا شروعاتی درجۂ حرارت $= 20°C$

آمیزہ کا آخری درجۂ حرارت $= 23°C$

© NCERT not to be republished

درجۂ حرارت میں تبدیلی $(\Delta T_2) = (23°C - 20°C) = 3°C$

پانی کی نوعی حرارت کی گنجائش $(s_w) = 4.18 \times 10^3\ Jkg^{-1}\ K^{-1}$

تانبہ کے کیلوری میٹر کی نوعی حرارت کی گنجائش

$= 0.386 \times 10^3\ Jkg^{-1}\ K^{-1}$

پانی اور کیلوری میٹر کے ذریعے جذب کی گئی حرارت

$= m_2\ S_w\ \Delta T_2 + m_3 S_{cu} \Delta T_2$

$= (m_2 S_w + m_3 S_{cu})(\Delta T_2)$

$= 0.25\ kg \times 4.18 \times 10^3\ Jkg^{-1}K^{-1} + 0.14\ kg \times 0.386 \times 10^3\ J\ kg^{-1}\ K^{-1})(23\ °C - 20\ °C)$

قائم حالت میں پانی کے ذریعے جذب کی گئی حرارت=المونیم کے کرہ کے ذریعے کیلوری میٹر کے ذریعے جذب کی گئی حرارت + خارج کی گئی حرارت

$0.047\ kg \times s_{Al} \times 77\ °C$

$= (0.25\ kg \times 4.18 \times 10^3\ Jkg^{-1}K^{-1} + 0.14\ kg \times 0.386 \times 10^3\ J\ kg^{-1}\ K^{-1})(3\ °C)$

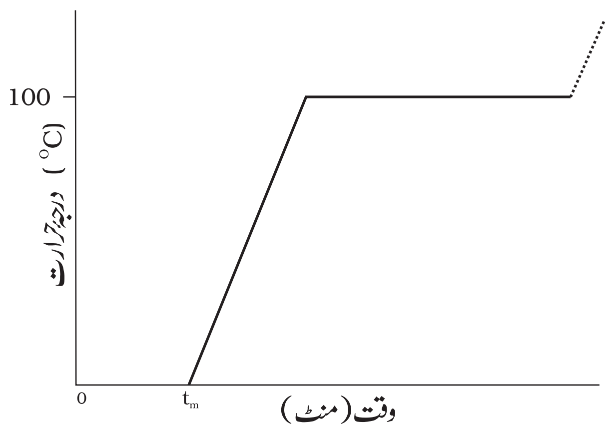
$s_{Al} = 0.911\ kJ\ kg^{-1}\ K^{-1}$

◀

11.8 حالت کی تبدیلی (CHANGE OF STATE)

مادہ عام طور سے تین حالتوں میں پایا جاتا ہے: ٹھوس، رقیق اور گیس، ان میں سے کسی ایک حالت سے دوسری حالت میں عبور (Transition)، حالت کی تبدیلی کہلاتا ہے۔ دو عام حالت کی تبدیلیاں، ٹھوس سے رقیق اور رقیق سے گیس (اور ان کے برخلاف) ہیں۔ یہ تبدیلیاں اس وقت ہوسکتی ہیں جب شے اور اس کے ماحول کے درمیان حرارت کا تبادلہ ہوتا ہے۔ گرم یا ٹھنڈا کرنے پر حالت میں ہونے والی تبدیلی کا مطالعہ کرنے کے لیے آیئے مندرجہ ذیل سرگرمی کریں۔

ایک بیکر میں کچھ برف کے ٹکڑے لیں۔ برف کا درجۂ حرارت نوٹ کریں۔ ایک مستقلہ حرارت فراہم کرنے والے چولھے پر اسے آہستہ آہستہ گرم کرنا شروع کریں۔ ہر ایک منٹ بعد اس کا درجۂ حرارت نوٹ کریں۔ پانی اور برف کے اس آمیزہ کو مستقل بلوتے رہیں۔ درجۂ حرارت وقت کے درمیان گراف کھینچیں (شکل 11.9) آپ دیکھیں گے کہ جب تک برف بیکر میں موجود ہے، درجۂ حرارت میں کوئی تبدیلی نہیں ہوتی۔ مندرجہ بالا عمل میں، نظام کا درجۂ حرارت تبدیل نہیں ہوتا حالانکہ اسے مستقل حرارت فراہم کی جارہی ہے۔ مہیا کی گئی حرارت، ٹھوس (برف) سے رقیق (پانی) میں، حالت تبدیل کرنے میں استعمال ہورہی ہے۔



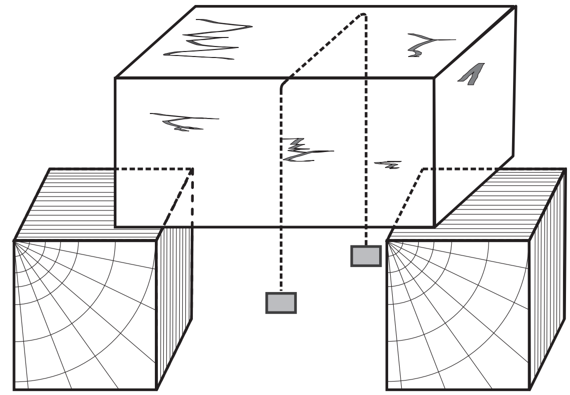
شکل 11.9: درجۂ حرارت برخلاف وقت گراف جو گرم کرنے پر برف کی حالت میں تبدیلیاں دکھارہا ہے۔ (اسکیل کے مطابق نہیں)

ٹھوس سے رقیق میں حالت کی تبدیلی گداخت (پگھلنا Melting) کہلاتی ہے اور رقیق سے ٹھوس ہونے کو (Fusion) کہتے ہیں۔ یہ دیکھا گیا ہے کہ جب تک ٹھوس شے کی پوری مقدار نہ پگھل جائے، درجۂ حرارت مستقلہ رہتا ہے۔ یعنی کہ، ٹھوس سے رقیق میں حالت کی تبدیلی کے دوران، ٹھوس اور رقیق دونوں حالتیں حرارتی توازن میں ایک ساتھ پائی جاتی ہیں۔ وہ درجۂ حرارت جس پر ایک شے کی ٹھوس اور رقیق حالتیں ایک دوسرے کے ساتھ حرارتی توازن میں ہوتی ہیں، نقطۂ گداخت (Melting point) کہلاتا ہے۔ یہ شے کی خصوصیت ہے۔ یہ دباؤ کے بھی تابع ہے۔ معیاری فضائی دباؤ پر ایک شے کا نقطۂ گداخت، نارمل نقطۂ گداخت کہلاتا ہے۔ آیئے مندرجہ ذیل سرگرمی کے ذریعے برف کے گداخت کے عمل کو سمجھیں۔

برف کی ایک سل لیجیے، ایک دھات کا بنا تار لیجیے اور اس کے کناروں پر 2 بھاری گٹکے لگا دیجیے۔ مان لیجیے ہر گٹکے کی کمیت 5Kg ہے۔ تار کو سل کے اوپر رکھیے،

© NCERT not to be republished

جیسا کہ شکل 11.10 میں دکھایا گیا ہے۔ آپ دیکھیں گے کہ دھیرے دھیرے تار برف کی سلی سے گذر جاتا ہے۔ ایسا اس لیے ہوتا ہے کہ کیونکہ تار کے بالکل نیچے، دباؤ میں اضافہ کی وجہ سے برف مقابلتاً کم درجۂ حرارت پر پگھلتا ہے۔



شکل 11.10

جب تار گذر جاتا ہے، تو تار کے اوپر کا پانی دوبارہ جم جاتا ہے۔ اس طرح تار سل سے گذر جاتا ہے اور سل ٹوٹتی نہیں ہے۔ دوبارہ جمنے کا یہ عمل باز انجماد (Regelation) کہلاتا ہے۔ برف پر اسکیٹنگ کرنا (پھسلنا)، اسکیٹس کے نیچے پانی کے بننے کی وجہ سے ممکن ہے۔ پانی، دباؤ میں اضافہ کی وجہ سے بنتا ہے اور چکنائی کار (Lubricant) کی طرح کام کرتا ہے۔

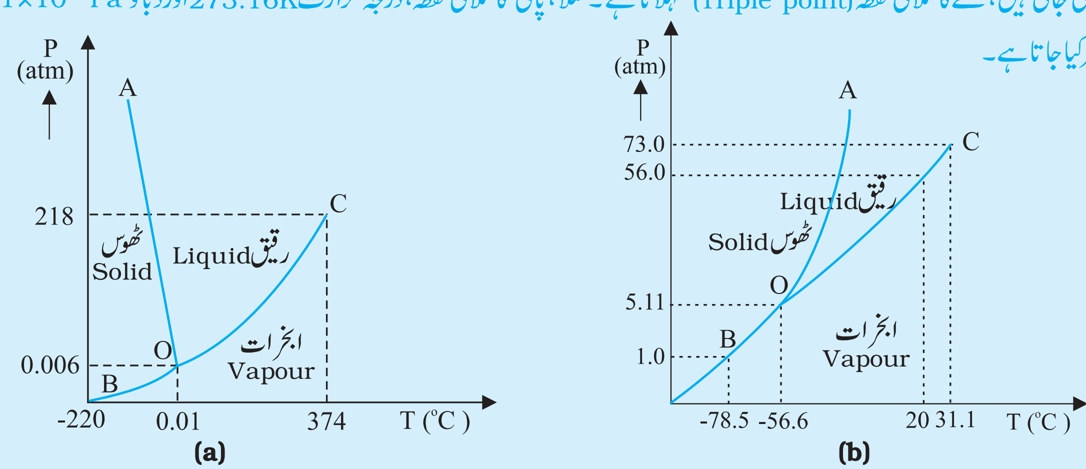
جب پورا برف پانی میں تبدیل ہو جاتا ہے اور ہم مزید گرم کرنا جاری رکھتے ہیں، تو ہم دیکھیں گے کہ درجہ حرارت، بڑھنا شروع ہو جاتا ہے (شکل 11.9)۔ درجہ حرارت بڑھتا رہتا ہے، یہاں تک کہ تقریباً 100°C ہو جاتا ہے، جہاں وہ دوبارہ قائم (Steady) ہو جاتا ہے۔ اب مہیا کی گئی حرارت پانی کو رقیق حالت سے ابخراتی یا گیس حالت میں تبدیل کرنے میں استعمال ہوتی ہے۔

رقیق سے ابخرات (یا گیس، میں تبدیلی تبخیر (Vaporisation) کہلاتی ہے۔ یہ دیکھا گیا ہے کہ درجہ حرارت اس وقت تک مستقلہ رہتا ہے، جب تک رقیق کی پوری مقدار، ابخرات میں تبدیل نہیں ہو جاتی۔ یعنی کہ شے کی رقیق اور ابخراتی حالتیں، دونوں بہ یک وقت حرارتی توازن میں پائی جاتی

© NCERT not to be republished

ثلاثی نقطہ

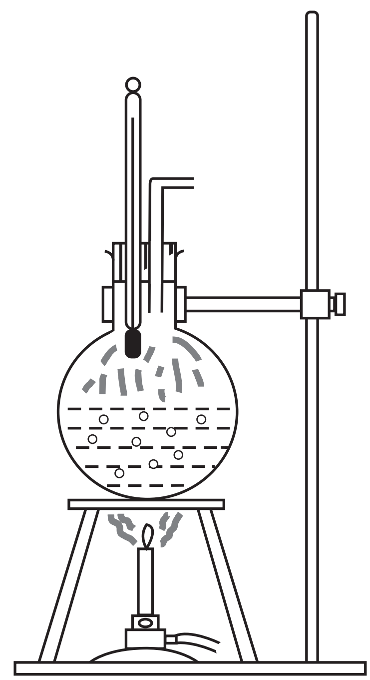
ایک شے کا درجۂ حرارت اس کی حالت کی تبدیلی (تبدیلی ہیئت Phase Change) کے دوران مستقلہ رہتا ہے۔ شے کے درجۂ حرارت T اور دباؤ P کے درمیان کھینچا گیا گراف، ہیئت ڈائیگرام یا P-T ڈائیگرام کہلاتا ہے۔ مندرجہ ذیل شکل میں پانی اور CO_2 کی ہیئت ڈائیگرام دکھائی گئی ہے۔ ایسی ہیئت ڈائیگرام P-T مستوی کو، ٹھوس۔ علاقہ، ابخرات۔ علاقہ اور رقیق۔ علاقہ میں تقسیم کرتی ہے۔ یہ علاقے منحنی خطوط (Curves) کے ذریعے ایک دوسرے سے الگ ہوتے ہیں، جیسے تصعید منحنی (BO)(**sublimation curve**)، اختلاط منحنی (AO)(**fusion curve**) اور تبخیر منحنی (CO)(**vaporisation curve**)۔ تصعید منحنی BO کے نقاط ان حالتوں کو ظاہر کرتے ہیں، جن میں ٹھوس اور ابخرات ہیئتیں ایک ساتھ پائی جاتی ہیں اختلاط منحنی (AO) کے نقاط ان حالتوں کو ظاہر کرتے ہیں جن میں ٹھوس اور رقیق ہیئتیں ایک ساتھ پائی جاتی ہیں تبخیر منحنی (CO) کے نقاط ان حالتوں کو ظاہر کرتے ہیں جن میں رقیق اور ابخراتی ہیئتیں ایک ساتھ پائی جاتی ہیں۔ وہ درجۂ حرارت اور دباؤ، جس پر تصعید منحنی خط، اختلاط منحنی خط اور تبخیر منحنی خط ایک دوسرے سے ملتے ہیں اور شے کی تینوں ہیئتیں ایک ساتھ پائی جاتی ہیں، شے کا ثلاثی نقطہ (Triple point) کہلاتا ہے۔ مثلاً، پانی کا ثلاثی نقطہ، درجۂ حرارت 273.16K اور دباؤ 6.11×10^{-3} Pa سے ظاہر کیا جاتا ہے۔



شکل 11.11: دباؤ- درجہ حرارت ہیئت ڈائگرام (a) پانی کے لیے (b) CO_2 کے لیے (پیمانے کے مطابق نہیں)

ہیں۔ وہ درجۂ حرارت، جس پر رقیق اور ابخراتی حالتیں بہ یک وقت پائی جاتی ہیں، اس شے کا نقطۂ ابال کہلاتا ہے۔ آیئے مندرجہ ذیل سرگرمی کے ذریعے پانی کے ابلنے کے عمل کو سمجھیں۔

ایک گول پیندے کی صراحی (Flask) لیجیے جس میں آدھے سے زیادہ پانی بھرا ہو۔ اسے چولھے پر رکھ دیجیے اور فلاسک کے کارک میں تھرمامیٹر اور بھاپ باہر نکلنے کے لیے نلی لگا دیجیے (شکل 11.12)۔ فلاسک میں پانی گرم ہوتا ہے تو آپ پہلے دیکھیں گے کہ ہوا، جو پانی میں گھلی ہوئی تھی، چھوٹے چھوٹے بلبلوں کی شکل میں باہر آتی ہے۔ بعد میں پیندے پر بھاپ کے بلبلے بنتے ہیں، لیکن جب یہ بلبلے اوپری سطح کے قریب پہنچتے ہیں تو ان کی تکثیف (Condensation) ہو جاتی ہے اور یہ غائب ہو جاتے ہیں۔ آخر میں، جب رقیق کی پوری کمیت کا درجۂ حرارت 100°C پر پہنچ جاتا ہے۔ بھاپ کے بلبلے سطح تک پہنچتے ہیں اور ابلنے کا عمل شروع ہو جاتا ہے۔ فلاسک کے اندر ہو سکتا ہے بھاپ دکھائی نہ دے، لیکن جب یہ بھاپ فلاسک سے باہر آتی ہے، تو اس کی تکثیف، پانی کی چھوٹی چھوٹی بوندوں کی شکل میں ہو جاتی ہے۔ اور شیشہ دھندھلا دھندھلا لگنے لگتا ہے۔



شکل 11.12 ابلنے کا عمل

اب اگر فلاسک میں دباؤ بڑھانے کے لیے، بھاپ کے باہر نکلنے کے راستے کو چند سیکنڈ کے لیے بند کر دیا جائے، تو آپ دیکھیں گے ابلنے کا عمل رک جاتا ہے۔ ابلنے کا عمل دوبارہ شروع ہونے سے پہلے مزید حرارت درجۂ حرارت میں اضافہ کرنے کے لیے چاہیے ہوگی (جو دباؤ میں اضافہ کے تابع ہے)۔ اس لیے: دباؤ میں اضافہ کے ساتھ نقطۂ اُبال بڑھ جاتا ہے۔

آیئے اب چولھا (برنر) ہٹا دیں۔ پانی کو تقریباً 80 °C تک ٹھنڈا ہونے دیں۔ تھرمامیٹر اور بھاپ باہر نکلنے کی نلی بھی ہٹا دیں۔ صراحی کو پوری طرح سے کارک کے ذریعے مُہر بند کر دیجیے۔ صراحی کو اسٹینڈ پر الٹا لٹکا دیجیے۔ صراحی پر برف کا پانی (درجۂ حرارت 0 °C) انڈیلیے۔ صراحی میں پانی کے ابخراتوں کی تکثیف ہوتی ہے، جس سے صراحی کے اندر پانی کی سطح پر دباؤ کم ہو جاتا ہے۔ پانی دوبارہ ابلنا شروع ہو جاتا ہے (اب مقابلتاً کم درجۂ حرارت پر)۔ اس لیے، دباؤ میں کمی کے ساتھ، نقطۂ اُبال کم ہو جاتا ہے۔

اس سے اس بات کی وضاحت ہو جاتی ہے کہ پہاڑی علاقوں میں کھانا پکانا کیوں دشوار ہوتا ہے۔ زیادہ بلندی پر، فضائی دباؤ کم ہوتا ہے، اس لیے پانی کا نقطۂ اُبال، اس کے سطحِ سمندر پر نقطۂ اُبال کے مقابلے میں کم ہو جاتا ہے۔ دوسری طرف، ایک پریشر کُوکر (Pressure Cooker) کے اندر، دباؤ میں اضافہ کر کے، نقطۂ اُبال میں اضافہ کیا جاتا ہے۔ اس لیے کھانا جلدی پکتا ہے۔ ایک شے کا معیاری فضائی دباؤ پر نقطۂ اُبال، اس کا نارمل نقطۂ اُبال کہلاتا ہے۔

لیکن، تمام اشیا تین حالتوں: ٹھوس، رقیق اور گیس، سے نہیں گذرتیں۔ کچھ ایسی اشیاء بھی ہیں، جو ٹھوس سے براہِ راست ابخراتی حالت میں، بغیر رقیق حالت سے گذرے، چلی جاتی ہیں۔ رقیق حالت سے گذرے بغیر، ٹھوس حالت سے ابخراتی حالت میں تبدیلی، تصعید (Sublimation) کہلاتی ہے اور ایسی شے کو سعود (Sublime) کہتے ہیں۔ سوکھا برف (ٹھوس CO_2) اور آیوڈین اس کی مثالیں ہیں۔ عملِ تصعید کے دوران، ایک شے کی ٹھوس اور ابخراتی، دونوں حالتیں ایک ساتھ اور حرارتی توازن میں پائی جاتی ہیں۔

11.8.1 مخفی حرارت (Latent heat)

حصہ 11.8 میں ہم سیکھ چکے ہیں کہ جب ایک شے کی حالت میں تبدیلی ہوتی ہے تو شے اور اس کے ماحول کے درمیان حرارتی توانائی کی کچھ مقدار کا تبادلہ ہوتا ہے۔ایک شے کی حالت کی تبدیلی کے دوران تبادلہ کی جانے والی حرارت فی اکائی کمیت،اس شے کی اس عمل کے لیے مخفی حرارت (Latent Heat) کہلاتی ہے۔مثال کے طور پر،اگر (–10°C) پر برف کی دی ہوئی مقدار میں حرارت داخل کی جائے،تو برف کا درجۂ حرارت بڑھنا شروع ہوتا ہے، یہاں تک کہ وہ نقطۂ گداخت (0°C) پر پہنچ جاتا ہے۔اس درجۂ حرارت پر مزید حرارت داخل کرنے سے درجۂ حرارت میں اضافہ نہیں ہوتا بلکہ یہ حرارت برف کو پگھلاتی ہے یا اس کی حالت تبدیل کرتی ہے۔جب ایک بار پورا برف پگھل جاتا ہے،تو مزید حرارت مہیا کرنے سے،پانی کے درجۂ حرارت میں اضافہ ہونے لگتا ہے۔ایسی ہی صورت،نقطۂ اُبال پر رقیق۔گیس حالت کی تبدیلی کے دوران پیش آتی ہے۔ابلتے ہوئے پانی کو مزید حرارت دینے سے درجۂ حرارت میں اضافہ ہوئے بغیر تبخیر ہوتی ہے۔

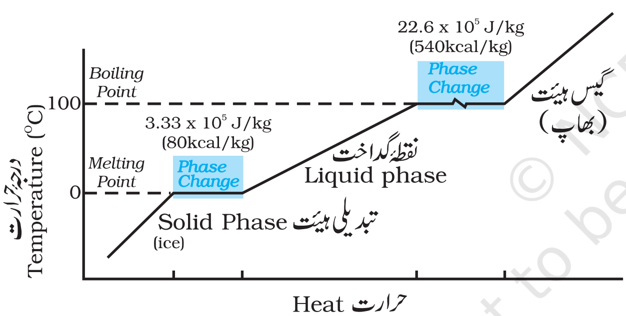
ایک حالت کی تبدیلی کے دوران درکار حرارت، حرارت تبدل (Heat of transformation) اور جس کی حالت تبدیل ہو رہی ہے، اس شے کی کمیت کے تابع ہے۔اگر ایک شے کی کمیت m،ایک حالت سے دوسری حالت میں تبدیل ہوتی ہے،تو درکار حرارت کی مقدار دی جاتی ہے:

$$Q = mL$$

یا

$$L = Q/m \tag{11.13}$$

جہاں L،خفیہ حرارت کہلاتی ہے اور شے کی امتیازی خاصیت ہے۔اس کی SI اکائی Jkg^{-1} ہے۔L کی قدر دباؤ کے بھی تابع ہے۔عام طور پر اس کی قدر معیاری فضائی دباؤ پر بتائی جاتی ہے۔ٹھوس۔رقیق حالت کی تبدیلی کے لیے خفیہ حرارت،اختلاط کی خفیہ حرارت (L_f) کہلاتی ہے،اور رقیق۔گیس حالت کی تبدیلی کے لیے خفیہ حرارت،تبخیر کی خفیہ حرارت (L_v) کہلاتی ہے۔انہیں اکثر اختلاط کی حرارت اور تبخیر کی حرارت بھی کہا جاتا ہے۔پانی کی ایک دی ہوئی مقدار کے لیے، درجۂ حرارت برخلاف حرارت گراف ، شکل 11.12 میں دکھایا گیا ہے۔کچھ اشیا کی خفیہ حرارتیں اور ان کے نقطۂ گداخت اور نقطۂ ابال جدول 11.5 میں دیے گئے ہیں۔



شکل 11.13: فضائی دباؤ پر پانی کے لیے درجۂ حرارت برخلاف حرارت گراف (اسکیل کے مطابق نہیں)

جدول 11.5 فضائی دباؤ پر مختلف اشیا کے لیے حالت کی تبدیلی کے درجات حرارت اور مخفی حرارتیں

شے	نقطۂ گداخت (°C)	L_f $(10^5 J\ kg^{-1})$	نقطۂ اُبال (°C)	L_v $(10^5 J\ kg^{-1})$
ایتھانول	–114	1.0	78	8.5
سونا	1063	0.645	2660	15.8
سیسہ	328	0.25	1744	8.67
پارہ	–39	0.12	357	2.7
نائٹروجن	–210	0.26	–196	2.0
آکسیجن	–219	0.14	–183	2.1
پانی	0	3.33	100	22.6

نوٹ کریں کہ ایک حالت کی تبدیلی کے دوران جب حرارت داخل کی جاتی ہے یا نکالی جاتی ہے تو درجۂ حرارت مستقلہ رہتا ہے۔ شکل 11.12 میں دیکھیے کہ ہیئت خطوط کے ڈھلان (Slope) سب یکساں نہیں ہیں، جو نشاندہی کرتا ہے کہ مختلف حالتوں کی خفیہ حرارتیں یکساں نہیں ہیں۔ پانی کے لیے اختلاط اور تبخیر کی خفیہ حرارت، بالترتیب $L_f = 3.33\times10^5\ J\,kg^{-1}$ اور $L_v = 22.6\times10^5\ J\,kg^{-1}$ ہیں۔ یعنی کہ 0°C پر ایک کلوگرام برف کو پگھلانے کے لیے 3.33×10^5 J حرارت چاہیے ہوگی اور 100°C پر پانی کے مقابلے میں 100°C پر بھاپ میں $22.6\times10^5 Jkg^{-1}$ زیادہ حرارت ہوتی ہے۔ اسی لیے بھاپ سے جلنا، ابلتے ہوئے پانی سے جلنے کے مقابلے میں زیادہ خطرناک ہے۔

مثال 11.4: جب 0°C درجۂ حرارت کا 0.15 kg برف، 50°C کے 0.30kg پانی میں ملایا گیا تو حاصل ہونے والا درجۂ حرارت 6.7°C ہے۔ برف کے اختلاط کی حرارت کا حساب لگائیے۔

جواب: پانی کے ذریعہ خارج کی گئی حرارت $= ms_w\ (\theta_f - \theta_i)_w$

$= (0.30\ kg)\ (4186\ Jkg^{-1}K^{-1})(50.0°C - 6.7°C)$

$= 54376.14\ J$

برف کو پگھلانے کے لیے درکار حرارت $= m_1L_f = (0.15\ kg)\ L_f$

برف کے پانی کا درجۂ حرارت، آخری درجۂ حرارت تک بڑھانے کے لیے درکار حرارت $= m_1 s_w(\theta_f - \theta_i)$

$= (0.15\ kg)\ (4186\ Jkg^{-1}K^{-1})(6.7°C - 0°C)$

$= 4206.93\ J$

جذب کی گئی حرارت = خارج کی گئی حرارت

$54376.14\ J = (0.15kg)\ L_f + 4206.93\ J$

$L_f = 3.34\times10^5\ J\ kg^{-1}$

مثال 11.5: ایک کیلوری میٹر میں $-12\ °C$ پر رکھے 3kg برف کو 100 °C پر بھاپ میں بدلنے کے لیے درکار حرارت کا حساب لگائیے۔ دیا ہے۔

برف کی نوعی حرارت کی گنجائش، $= 2100\ J\ kg^{-1}K^{-1}$

پانی کی نوعی حرارت کی گنجائش $= 4186\ J\ kg^{-1}K^{-1}$

برف کی اختلاط کی خفیہ حرارت، $= 3.35 \times 10^5\ J\ kg^{-1}$

بھاپ کی خفیہ حرارت $= 2.256 \times 10^6\ Jkg^{-1}$

جواب: ہمارے پاس ہے

برف کی کمیت (m) = 3Kg

برف کی نوعی حرارت کی گنجائش $(s_{\text{برف}}) = 2100\ J\ kg^{-1}\ K^{-1}$

پانی کی نوعی حرارت کی گنجائش $(s_{\text{پانی}}) = 4186J\ kg^{-1}\ K^{-1}$

برف کی اختلاط کی خفیہ حرارت $(L_{f\ \text{برف}}) = 3.3510^5\ J\ kg^{-1}$

بھاپ کی خفیہ حرارت $L(_{\text{بھاپ}}) = 2.256\times10^6\ Jkg^{-1}$

–12°C درجۂ حرارت کے 3Kg برف کو 100°C پر بھاپ میں بدلنے کے لیے درکار حرارت Q =

(–12°C) کے برف کا درجۂ حرارت 0°C تک بڑھانے کے لیے درکار حرارت $= Q_1$

$(ms_{\text{برف}})\ \Delta T_1 = (3\ kg)\ (2100\ J\ kg^{-1}$

$[0-(-12)]°C = 75600\ J$

0°C پر برف کو 0°C پر پانی میں تبدیل کرنے کے لیے درکار حرارت

$= Q_2$

$ML_{\text{برف}} = (3\ kg)\ (3.35 \times 10^5\ J\ kg^{-1})$

$= 1005000\ J$

0°C کے پانی کو 100°C میں تبدیل کرنے کے لیے درکار حرارت

$Q_3 =$

$= ms_w\Delta T_2 = (3kg)\ (4186J\ kg^{-1}\ K^{-1})\ (100\ °C)$

© NCERT not to be republished

$= 1255800\ J$

100°C درجۂ حرارت کے پانی کو 100°C پر برف میں تبدیل کرنے کے لیے درکار حرارت = Q_4

$= mL_{\text{بھاپ}} = (3\ kg)(2.256\times10^{6}\ J\ kg^{-1})$

$= 6768000\ J$

اس لیے

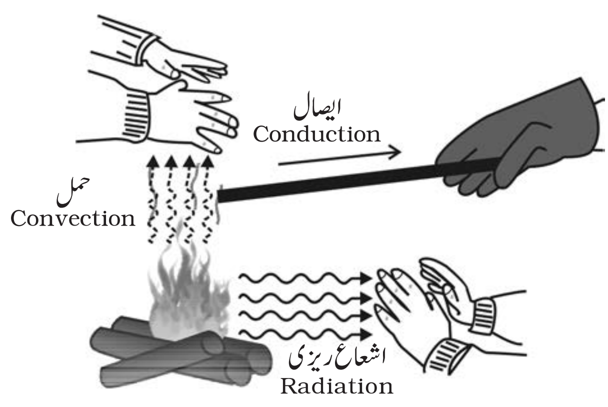
$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$$

$=75600J+1005000J+1255800J+6768000J$

$= 9.1\times10^{6}\ J$ ◀

11.9 حرارت کی منتقلی (HEAT TRANSFER)

ہم دیکھ چکے ہیں کہ حرارت، ایک نظام سے دوسرے نظام یا نظام کے ایک حصے سے دوسرے حصے میں، درجۂ حرارت کے فرق کی وجہ سے، ہونے والی توانائی کی منتقلی ہے۔ وہ کون کون سے مختلف طریقے ہیں، جن کے ذریعے توانائی کی منتقلی ہوتی ہے۔ حرارت کی منتقلی کے 3 مختلف طریقے ہیں۔ ایصال، حمل اور اشعاع ریزی (شکل 11.13)



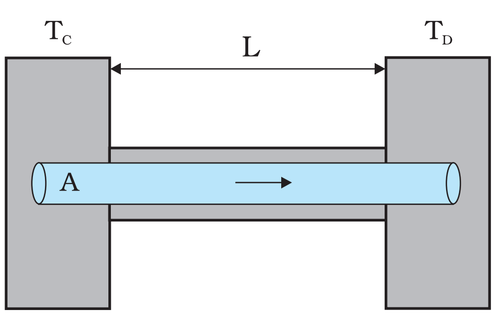
شکل 11.14: ایصال، حمل اور اشعاع ریزی کے ذریعے گرم کرنا

11.9.1 ایصال (Conduction)

ایصال ایک جسم کے دو متصل حصوں میں، ان کے درمیان درجۂ حرارت فرق کی وجہ سے، حرارت کی منتقلی کی میکانیت ہے۔ فرض کیجیے دھات کی چھڑ کا ایک سرا آگ کی لو پر رکھ دیا جائے، تو جلد ہی چھڑ کا دوسرا سرا بھی اتنا گرم ہو جائے گا کہ آپ اسے ہاتھ میں پکڑے نہیں رہ سکیں گے۔ یہاں حرارت کی منتقلی، چھڑ کے گرم سرے سے، اس کے مختلف حصوں سے ہوتی ہوئی، دوسرے سرے تک، ایصال کے ذریعے ہوتی ہے۔ گیسیں خراب حرارتی موصل (Thermal Conductors) ہیں جب کہ رقیق اشیا کی ایصالیت کی قدریں ٹھوس اور گیسوں کے درمیان ہوتی ہیں۔

ایصال حرارت کی مقداری تعریف اس طرح کی جا سکتی ہے کہ یہ ایک مادے میں، دیے ہوئے درجۂ حرارت فرق کے لیے، حرارت کے بہاؤ کی شرح وقت ہے۔ ایک دھات کی بنی چھڑ تصور کیجیے، جس کی لمبائی L اور ہموار تراشی رقبہ A ہے اور اس کے دونوں سروں کو مختلف درجات حرارت پر رکھا گیا ہے۔ ایسا مثال کے طور پر اس طرح بھی کیا جا سکتا ہے کہ کناروں کو بڑے درجۂ حرارت، فرض کیا T_C اور T_D، کے حرارتی حوضوں (Reservoirs) سے حرارتی لمس میں رکھ دیا جائے۔ (شکل 11.15) ہم مثالی حالت فرض کر لیتے ہیں، یعنی کہ چھڑ ہر طرف سے حاجز کی ہوئی ہے، اس طرح کے چھڑ اور ماحول کے درمیان حرارت کا کوئی تبادلہ نہیں ہو رہا ہے۔

کچھ دیر بعد، ایک قائم حالت (Steady State) حاصل ہوتی ہے: چھڑ کا درجۂ حرارت، T_C سے T_D تک $(T_C > T_D)$ راستے کے ساتھ ہموار طور پر کم ہوتا ہے۔ C پر حرارتی حوض ایک مستقلہ شرح سے حرارت مہیا کرتا ہے، جو چھڑ کے ذریعے منتقل ہوتی ہے اور اسی شرح پر D کے حرارتی



شکل 11.15: ایک چھڑ میں، جس کے دونوں سروں کو درجات حرارت T_C اور T_D $(T_C > T_D)$ پر برقرار رکھا گیا ہے، ایصالیت کے ذریعے، قائم حالت حرارت بہاؤ

© NCERT not to be republished

حوض کودی جاتی ہے۔ تجربات کے ذریعے یہ معلوم ہوا ہے کہ اس قائم حالت میں، حرارت کے بہاؤ کی شرح H، درجۂ حرارت فرق $(T_C - T_D)$ اور تراشہ A کے راست متناسب ہے اور لمبائی L کے مقلوب متناسب ہے:

$$H = KA\frac{T_C - T_D}{L} \tag{11.14}$$

متناسبیت کا مستقلہ K، شے کی حرارتی ایصالیت (Thermal Conductivity) کہلاتا ہے۔ جس مادے کے لیے K کی قدر جتنی زیادہ ہوگی، وہ اتنی تیزی سے حرارت کا ایصال کرے گا۔ K کی SI اکائی ہے $J s^{-1} m^{-1} K^{-1}$ یا $W m^{-1} K^{-1}$ مختلف اشیا کی حرارتی ایصالیت کی قدریں جدول 11.6 میں دی گئی ہیں۔ یہ قدریں درجۂ حرارت کے ساتھ معمولی سی تبدیل ہوتی ہیں، لیکن عام درجۂ حرارت سعت کے لیے انہیں مستقلہ مانا جاسکتا ہے۔

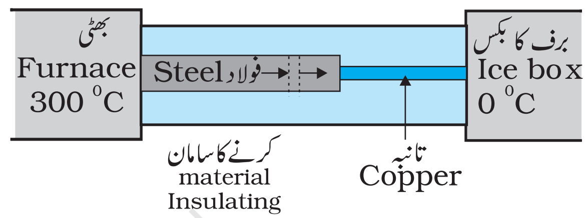
اچھے حرارتی موصلوں (جیسے دھاتیں) کی مقابلتاً بڑی حرارتی ایصالیت کی قدروں کا مقابلہ کچھ اچھے حرارتی حاجزوں، جیسے لکڑی یا شیشہ پنبہ (Glass wool)، کی مقابلتاً چھوٹی حرارتی ایصالیت کی قدروں سے کیجیے۔ آپ نے دیکھا ہوگا کہ کھانا پکانے کے برتنوں کے پیندے پر تانبہ کی پرت چڑھی ہوتی ہے۔ حرارت کا ایک اچھا موصل ہونے کی وجہ سے تانبہ برتن کے پیندے پر حرارت کی ہموار تقسیم کو بڑھاوا دیتا ہے، تاکہ ہموار طور پر کھانا پک سکے۔ پلاسٹک فوم، دوسری طرف، اچھے حاجز ہیں، کیونکہ ان میں کچھ ہوا کے علاقے ہوتے ہیں یاد کریں کہ گیسیں، حرارت کی خراب موصل ہیں اور جدول 11.5 میں ہوا کی حرارتی ایصالیت کی قدر دیکھیے جو بہت چھوٹی ہے۔ حرارت کو روکے رکھنا اور حرارت کی منتقلی بہت سے دوسرے استعمالات میں بھی اہمیت رکھتے ہیں۔ وہ گھر جن کی چھتیں کنکریٹ کی بنی ہوتی ہیں، گرمیوں کے موسم میں بہت گرم ہو جاتے ہیں۔ کیونکہ کنکریٹ کی حرارتی ایصالیت، حالانکہ دھاتوں کے مقابلے میں بہت کم ہوتی ہے، پھر بھی اتنی کم نہیں کہ حرارت منتقل نہ ہو۔ اس لیے بہت سے لوگ مٹی یا فوم کی پرت، چھت کے نچلے حصے پر، دینا پسند کرتے ہیں تاکہ حرارت کی منتقلی رک جائے اور کمرہ ٹھنڈا رہے۔ بعض صورتوں میں حرارت کی منتقلی لازمی طور پر چاہیے ہوتی ہے۔ ایک نیوکلیری ایکٹر میں حرارت کی منتقلی کے تفصیلی نظام نصب کرنے کی ضرورت ہوتی ہے تاکہ نیوکلیر انشقاق (Fission) کے ذریعے جو بہت بڑی مقدار کی توانائی ری ایکٹر کے قالب (Curve) میں پیدا ہوتی ہے، اسے جلد سے باہر منتقل کر دیا جائے تاکہ قالب زیادہ گرم ہونے سے محفوظ رہ سکے۔

جدول 11.6 کچھ اشیا کی حرارتی ایصالیت کی قدریں

اشیاء	حرارتی ایصالیت $(J s^{-1} m^{-1} K^{-1})$
دھاتیں	
چاندی	406
تانبہ	385
المونیم	205
پیتل	109
فولاد	50.2
سیسہ	34.7
پارہ	8.3
غیر-دھات	
حاجز اینٹیں	0.15
کنکریٹ	0.8
جسمانی چکنائی	0.20
فیلٹ (اون)	0.04
شیشہ	0.8
برف	1.6
شیشہ پنبہ	0.04
لکڑی	0.12
پانی	0.8
گیسیں	
ہوا	0.024
آرگن	0.016
ہائڈروجن	0.14

© NCERT not to be republished

مثال 11.6: شکل 11.15 میں دکھائے گئے فولاد۔ تانبہ جنکشن کا، نظام کی قائم حالت میں، کیا درجۂ حرارت ہے؟ فولاد کی چھڑ کی لمبائی $=15.0 cm$، تانبہ کی چھڑ کی لمبائی $=10.0 cm$، بھٹی کا درجۂ حرارت $= 300\ °C$، دوسرے سرے کا درجۂ حرارت $=0\ °C$، فولاد کی چھڑ کا تراشی رقبہ، تانبہ کی چھڑ کے تراشی رقبہ کا دگنا ہے، فولاد کی حرارتی ایصالیت $=50.2 Js^{-1}m^{-1}K^{-1}$ تانبہ کی حرارتی ایصالیت $= 385\ Js^{-1}m^{-1}K^{-1}$۔



شکل 11.16

جواب : چھڑوں کے چاروں طرف لگا حاجز مادہ، چھڑ کے اطراف سے حرارت کے زیاں کو کم کر دیتا ہے۔ اس لیے حرارت، صرف چھڑوں کی لمبائی میں بہتی ہے۔ چھڑ کا کوئی تراشی رقبہ لیجیے۔ قائم حالت میں، حصہ میں داخل ہونے والی حرارت لازمی طور پر حصہ سے باہر نکلنے والی حرارت کے مساوی ہوگی، ورنہ اس حصہ میں کل حرارت کا حصول یا زیاں ہوگا اور اس کا درجۂ حرارت قائم نہیں رہے گا۔ اس لیے قائم حالت میں چھڑ کے ایک تراشی رقبے سے بہنے والی حرارت کی شرح، فولاد۔ تابنہ چھڑ کی لمبائی پر ہر ایک نقطے پر یکساں ہوگی۔ فرض کیجیے کہ قائم حالت میں فولاد۔ تانبہ جنکشن کا درجۂ حرارت T ہے تب۔

$$\frac{K_1\ A_1(300-T)}{L_1} = \frac{K_2\ A_2(T-0)}{L_2}$$

جہاں 1 اور 2 بالترتیب فولاد اور تانبہ کی چھڑ کے لیے استعمال ہوئے ہیں۔

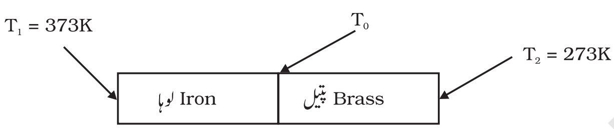
$L_2 = 10.0 cm$، $L_1 = 15.0 cm$، $A_1 = 2\ A_2$،

$K_2=385\ Js^{-1}m^{-1}K^{-1}$ اور $K_1=50.2\ Js^{-1}m^{-1}K^{-1}$

$$\frac{50.2 \times 2\ (300-T)}{15} = \frac{385T}{10}$$

$$T=44.4°C$$

مثال 11.7: ایک لوہے کی چھڑ $(L_1=0.1 m, A_1=0.02 m^2$، $K_1 = 79 Wm^{-1}K^{-1})$ اور ایک پیتل کی چھڑ $(L_2= 0.1 m, A_2=0.02 m^2, K_2=109 Wm^{-1}K^{-1})$، کے سروں کو ٹانکا لگا کر آپس میں جوڑ دیا گیا (Soldered)، جیسا کہ شکل 11.16 میں دکھایا گیا ہے۔ لوہے کی چھڑ اور پیتل کی چھڑ کے آزاد سروں کو بالترتیب، 373 K اور 273 K پر رکھا گیا۔ مندرجہ ذیل مقداروں کے لیے ریاضیاتی عبارت حاصل کیجیے اور پھر ان کا حساب لگائیے (i) دونوں چھڑوں کے جنکشن کا درجۂ حرارت (ii) مرکب چھڑ کی مساوی حرارتی ایصالیت (iii) مرکب چھڑ میں سے گذرنے والی حرارتی رو (Heat Current)



شکل 11.17

جواب:

دیا ہے:

$$L_1 = L_2 = L = 0.1 m, A_1 = A_2 = A = 0.02 m^2$$

$$K_1 = 79 Wm^{-1}K^{-1}, K_2 = 109\ W\ m^{-1}\ K^{-1},$$

$T_1 = 373\ K$ اور $T_2 = 273\ K$

قائم حالت میں، لوہے کی چھڑ میں سے گزر رہی حرارتی رو (H_1) پیتل کی چھڑ میں سے گذر رہی حرارتی رو (H_2)، کے مساوی ہوگی،

$$H = H_1 = H_2$$

$$\frac{K_1 A_1 (T_1 - T_0)}{L_1} = \frac{K_2 A_2 (T_0 - T_2)}{L_2}$$

$A_1 = A_2 = A$ اور $L_1 = L_2 = L$ کے لیے

$$K_1\ (T_1 - T_0) = K_2\ (T_0 - T_2)$$

اس لیے دونوں چھڑوں کے جنکشن کا درجہ حرارت ہے:

© NCERT not to be republished

$$T_0 = \frac{(K_1T_1 + K_2T_2)}{(K_1 + K_2)}$$

اس مساوات کو استعمال کر کے، کسی بھی چھڑ سے گذر رہی حرارتی رو

$$H = \frac{K_1A(T_1 - T_0)}{L} = \frac{K_2A(T_0 - T_2)}{L}$$

$$= \left(\frac{K_1K_2}{K_1 + K_2}\right)\frac{A(T_1 - T_0)}{L} = \frac{A(T_1 - T_2)}{L\left(\frac{1}{K_1} + \frac{1}{K_2}\right)}$$

ان مساواتوں کو استعمال کر کے، لمبائی: $L_1 + L_2 = 2L$ کی مرکب بار سے حرارتی رو H' اور مرکب بار کی مساوی حرارتی ایصالیت K' دی جاتی ہیں۔

$$H' = \frac{K'\ A\ (T_1 - T_2)}{2\ L} = H$$

$$K' = \frac{2\ K_1\ K_2}{K_1 + K_2}$$

(i) $T_0 = \dfrac{(K_1T_1 + K_2T_2)}{(K_1 + K_2)}$

$$= \frac{(79\,W\,m^{-1}K^{-1})(373\,K) + (109\,W\,m^{-1}K^{-1})(273\,K)}{79\,W\,m^{-1}K^{-1} + 109\,W\,m^{-1}K^{-1}}$$

$=315K$

(ii) $K' = \dfrac{2K_1\ K_2}{K_1 + K_2}$

$$= \frac{2 \times (79\,W\,m^{-1}\,K^{-1}) \times (109\,W\,m^{-1}\,K^{-1})}{79\,W\,m^{-1}\,K^{-1} + 109\,W\,m^{-1}\,K^{-1}}$$

$= 91.6\,W\,m^{-1}\,K^{-1}$

(iii) $H' = H = \dfrac{K'\ A\ (T_1 - T_2)}{2\ L}$

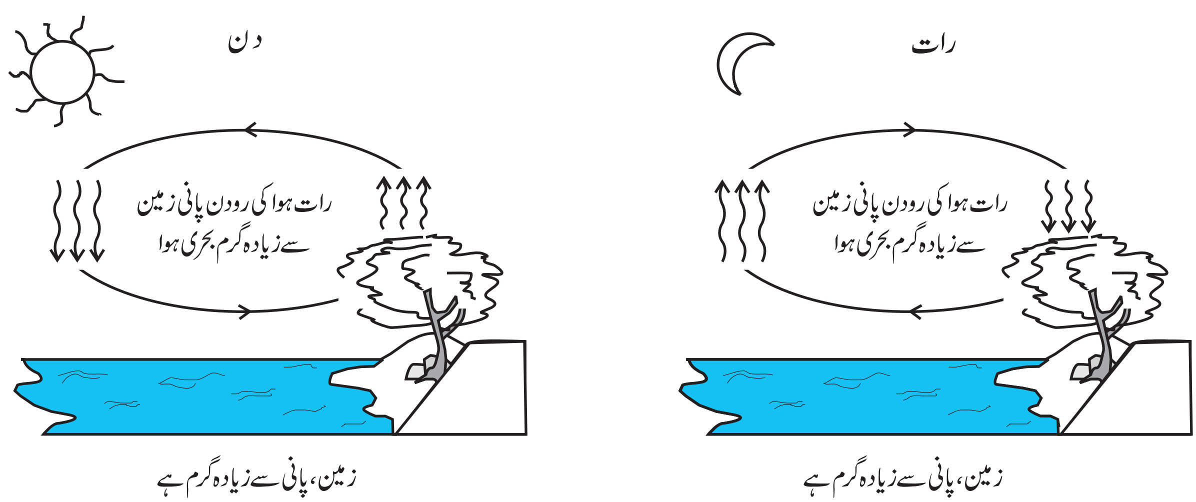
$$= \frac{(91.6Wm^{-1}K^{-1}) \times (0.02m^2) \times (373K - 273K)}{2 \times (0.1m)}$$

$= 916.1$ W ◀

11.9.2 حمل (Convection)

حمل، مادے کی حقیقی حرکت کے ذریعے حرارت کی منتقلی کا طریقہ ہے۔ یہ صرف سیالوں میں ہی ممکن ہے۔ حمل، قدرتی بھی ہو سکتا ہے اور جبری (Forced) بھی۔ قدرتی حمل میں، ارضی کشش ایک اہم کردار ادا کرتی ہے۔ جب ایک سیال کو نیچے سے گرم کیا جاتا ہے تو گرم حصہ پھیل جاتا ہے اور اس لیے کم کثیف ہو جاتا ہے۔ اچھال کی وجہ سے یہ اوپر چلا جاتا ہے اور اوپر کا مقابلتاً ٹھنڈا حصہ اس کی جگہ لے لیتا ہے۔ پھر یہ بھی گرم ہو جاتا ہے اور اوپر چلا جاتا ہے اور اس کی جگہ سیال کا مقابلتاً ٹھنڈا حصہ لے لیتا ہے۔ اس طرح یہ عمل جاری رہتا ہے۔ حرارت کی منتقلی کا یہ طریقہ ایصال سے مختلف ہے۔ حمل میں سیال کے مختلف حصوں کی بڑی مقدار میں منتقلی شامل ہے۔

جبری حمل میں، مادے کو پمپ یا کسی اور طبعی طریقے سے جبری طور پر حرکت دی جاتی ہے۔ جبری حمل نظاموں کی کچھ عام مثالیں ہیں: گھروں کو گرم رکھنے کا حرارتی نظام، انسانی گردش خون کا نظام اور گاڑیوں کے انجنوں کو ٹھنڈا رکھنے کے نظام۔



شکل 11.18: حمل سائیکلیں

© NCERT not to be republished

دل پمپ کی طرح کام کرتا ہے جو جسم کے مختلف حصوں میں خون کو گردش دیتا ہے، جبری حمل کے ذریعے حرارت منتقل کرتا ہے اور ایک ہموار درجۂ حرارت قائم رکھتا ہے۔

قدرتی حمل بہت سے جانے پہچانے مظاہر کے لیے ذمہ دار ہے۔ دن کے وقت، زمین، پانی کے بڑے ذخیروں کے مقابلے میں زیادہ تیزی سے گرم ہوتی ہے۔ ایسا ہونے کی دو وجوہات ہیں۔ پہلی وجہ یہ ہے کہ پانی کی نوعی حرارتی گنجائش زیادہ ہوتی ہے اور دوسری یہ کہ آمیزشی رویں، جذب ہوئی حرارت کو پانی کے پورے ذخیرے میں پھیلا دیتی ہیں۔ گرم زمین سے لمس میں آئی ہوا ایصال کے ذریعے گرم ہوتی ہے۔ یہ پھیلتی ہے اور اپنے اوپر کی ٹھنڈی ہوا کے مقابلے میں کم کثیف ہو جاتی ہے۔ گرم ہوا اوپر اٹھتی ہے (ہوا کی رویں) اور دوسری ہوا اس خالی ہوئی جگہ کو بھرنے کے لیے حرکت کرتی ہے۔ اس طرح پانی کے بڑے ذخیروں کے پاس بحری ہوا چلتی ہے۔ ٹھنڈی ہوا نیچے آتی ہے اور ایک حرارتی حمل دور بن جاتا ہے، جو زمین سے حرارت منتقل کرتا ہے۔ اس لیے رات میں زمین زیادہ تیزی سے حرارت خارج کرتی ہے اور پانی کی سطح، زمین سے زیادہ گرم ہوتی ہے۔ اس کے نتیجے میں سائیکل الٹا ہو جاتا ہے۔ (شکل 11.18)

قدرتی حمل کی دوسری مثال زمین پر چلنے والی وہ قائم سطحی ہوا ہے جو شمال-مشرق سے خط استوا کی طرف چلتی ہے اور جسے تجارتی ہوا (Trade wind) کہتے ہیں۔ اس کی ایک قابل فہم توضیح مندرجہ ذیل ہے: زمین کے خط استوائی اور قطبی علاقے غیر مساوی شمسی حرارت حاصل کرتے ہیں۔ خطِ استوا کے نزدیک سطحِ زمین پر ہوا گرم ہوتی ہے جب کہ قطبین کی اوپری فضا میں ہوا ٹھنڈی ہوتی ہے۔ اگر کوئی اور عوامل کام نہ کر رہے ہوں تو ایک حمل رو بن جائے گی، جس میں استوائی سطح کی ہوا اوپر اٹھے گی اور قطبین کی طرف حرکت کرے گی اور قطبین کی ہوا نیچے آئے گی اور خطِ استوا کی طرف بہے گی۔ لیکن زمین کی گردش اس حمل کرنٹ میں کچھ ترمیم کر دیتی ہے۔ اس وجہ سے خطِ استوا کے نزدیک کی ہوا کی مشرق کی جانب چال 1600Km/h کے قریب ہوتی ہے جب کہ قطبین کے نزدیک یہ صفر ہوتی ہے۔ اس کے نتیجے میں ہوا قطبین پر نہیں اترتی بلکہ 30° N (شمال) عرض البلد پر پہنچتی ہے اور پھر خطِ استوا واپس آتی ہے۔ اسے تجارتی ہوا کہتے ہیں۔

11.9.3 اشعاع ریزی (Radiation)

ایصال اور حمل دونوں کے لیے کچھ مادہ بہ طور وسیلہ درکار ہوتا ہے۔ ان طریقوں سے ایسے اجسام کے درمیان حرارت کی منتقلی ممکن نہیں ہے جو خلاء میں ایک دوسرے سے کچھ فاصلے پر ہیں۔ لیکن زمین، سورج سے حرارت حاصل کرتی ہی ہے حالانکہ دونوں کے درمیان بہت بڑا فاصلہ ہے۔ اسی طرح اگر ہم آگ کے نزدیک جائیں تو فوراً گرمی محسوس ہوتی ہے، حالانکہ ہوا بہت کمزور موصل ہے اور حمل کی رو کے بہنے کا عمل شروع ہونے کے لیے کچھ وقت درکار ہوتا ہے۔ لیکن ہمیں گرمی کا احساس حمل کی رو کے بہنے سے قبل ہی ہونے لگتا ہے۔ حرارت کی منتقلی کے تیسرے میکانزم کو کسی وسیلے کی ضرورت نہیں ہوتی۔ اسے اشعاع ریزی (Radiation) کہتے ہیں اور اس طرح برق مقناطیسی لہروں کے ذریعے اشعاع کی گئی توانائی اشعاعی توانائی (Radiant energy) کہلاتی ہے۔ ایک برق مقناطیسی لہر میں برقی اور مقناطیسی میدان فضا (Space) اور وقت میں احتزاز کرتے (Oscillate) ہیں۔ کسی بھی لہر کی طرح، برق مقناطیسی لہروں کی بھی مختلف طول موج (Wave lengths) ہو سکتی ہیں اور یہ خلاء میں یکساں رفتار سے حرکت کرتی ہیں، جیسے ہے روشنی کی چال، یعنی $3\times10^8 ms^{-1}$۔ آپ ان باتوں کو آئندہ زیادہ تفصیل سے سیکھیں گے، لیکن اب آپ اتنا جان گئے کہ اشعاع ریزی کے ذریعے حرارت کی منتقلی کے لیے کسی واسطے کی ضرورت کیوں نہیں ہوتی، اور یہ عمل اتنا تیز رفتار کیوں ہوتا ہے۔ سورج سے زمین تک حرارت، درمیانی خلاء سے ہوتی ہوئی، اسی طریقے سے منتقل ہوتی ہے۔ تمام اجسام، چاہے وہ ٹھوس ہوں رقیق ہوں یا گیسیں ہوں، اشعاعی توانائی خارج کرتے ہیں۔ ایک جسم کے ذریعے اس کے درجۂ حرارت کی بناء پر خارج کی گئی برقی مقناطیسی اشعاع، حرارتی اشعاع کہلاتی ہے۔ جیسے سرخ گرم لوہے سے خارج ہو رہی شعاعیں یا ایک فلامنٹ لیمپ سے نکل رہی روشنی۔

جب یہ حرارتی اشعاع دوسرے اجسام پر پڑتی ہیں، تو اس کا کچھ حصہ منعکس ہو جاتا ہے اور کچھ حصہ جذب ہو جاتا ہے۔ اشعاع ریزی کے ذریعے ایک جسم حرارت کی کتنی مقدار جذب کر سکتا ہے، یہ اس جسم کے رنگ پر منحصر ہے۔

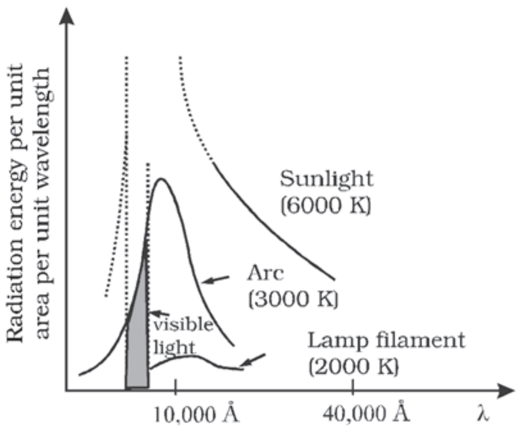
© NCERT not to be republished

ہم جانتے ہیں کہ سیاہ اجسام اشعاعی توانائی کو، مقابلتاً ہلکے رنگوں کے اجسام کے بہتر طور پر خارج اور جذب کرتے ہیں۔ یہ حقیقت ہماری روزمرہ زندگی میں بہت استعمال ہوتی ہے۔ ہم گرمی کے موسم میں سفید اور ہلکے رنگوں کے کپڑے پہنتے ہیں تاکہ سورج سے کم سے کم حرارت جذب کریں۔ لیکن جاڑوں میں ہم گہرے رنگوں کے کپڑے پہنتے ہیں جو سورج سے حرارت جذب کرتے ہیں اور ہمارے جسم کو گرم رکھتے ہیں۔ کھانا پکانے میں استعمال کیے جانے والے برتنوں کے پیندوں کو کالا کر دیا جاتا ہے، تاکہ وہ آگ سے زیادہ سے زیادہ حرارت جذب کر کے پکائی جانے والی شے کو دے سکیں۔

اسی طرح ایک ڈیور فلاسک یا تھرماس اایسا آلہ ہے، جس کے ذریعے بوتل میں رکھی ہوئی اشیاء اور باہری ماحول کے درمیان حرارت کی منتقلی کو کم تو کیا جاتا ہے۔ یہ ایک دہری، دیوار والا شیشے کا برتن ہوتا ہے، جس کی اندرونی اور بیرونی دیواروں پر چاندی کی پالش ہوتی ہے۔ اشعاع، اندرونی دیوار سے بوتل میں رکھی چیزوں پر واپس منعکس ہو جاتا ہے۔ اسی طرح بیرونی دیوار کسی اندر آ رہی اشعاع کو واپس منعکس کر دیتی ہے۔ دیواروں کے بیچ کی جگہ میں خلا کر کے ایصال اور حمل کے ذریعے ہونے والے حرارت کے نقصان کو کم کیا جاتا ہے اور فلاسک میں ایک حاجز، جیسے کارک، لگا ہوتا ہے۔ اس طرح یہ آلہ گرم چیزوں (جیسے دودھ) کو ٹھنڈا ہونے سے اور ٹھنڈی چیزوں (جیسے برف) کو گرم ہونے (پگھلنے) سے بچانے کے لیے کارآمد ہے۔

11.9.4 سیاہ جسم اشعاع (Blackbody radiation)

ہم نے ابھی تک حرارتی اشعاع کی طول لہر کا ذکر نہیں کیا تھا۔ کسی بھی درجۂ حرارت پر حرارتی اشعاع کے سلسلے میں سب سے اہم بات یہ ہے کہ یہ صرف ایک (یا چند) طول لہر (یا لہریں) نہیں ہے بلکہ چھوٹی طول لہروں سے لے کر لمبی طول لہروں تک ایک مسلسل طیف (Continuous Spectrum) ہے۔ حالانکہ اشعاع کی توانائی مختلف طول لہروں کے لیے متنوع قسم کی ہوتی ہے۔ شکل A1 میں مختلف درجۂ حرارت کے لیے طول لہر بنام سیاہ جسم کے ذریعے فی اکائی مربع فی اکائی طول لہر خارج ہونے والی اشعاعی توانائی گراف کے تجرباتی منحنیوں کو دکھایا گیا ہے۔



شکل 11.19

نوٹ کیجیے کہ وہ طول لہر λ_m اور T جس کے لیے توانائی سب سے زیادہ ہے درجہ حرارت میں اضافہ کے ساتھ ساتھ کم ہوتی جاتی ہے۔ λ_m اور T کے درمیان تعلق کو وین کے نقل مکان کلیہ (Wien's Displacement Law) کے ذریعے ظاہر کیا جاتا ہے۔

$$\lambda_m T = \text{مستقلہ} \qquad (11.15)$$

مستقلہ (وین کا مستقلہ) کی قدر $2.9 \quad 10^{-3}$ m K ہے۔ یہ کلیہ اس بات کی وضاحت کرتا ہے کہ جب لوہے کے ٹکڑے کو گرم لو پر تپایا جاتا ہے تو پہلے یہ ہلکے سرخ رنگ کا، پھر سرخی مائل زرد اور آخیر میں سفید کیوں ہو جاتا ہے۔ وین کا کلیہ فلکی اجسام مثلاً چاند، سورج اور دیگر ستاروں کے سطحی درجۂ حرارت کا تخمینہ لگانے کے لیے بہت کارآمد ہے۔ چاند سے آنے والی روشنی کی شدت 14 μM طول لہر کے آس پاس سب سے زیادہ ہوتی ہے۔ وین کے کلیہ کے مطابق چاند کی سطح کے درجۂ حرارت کا تخمینہ 200 K لگایا گیا ہے۔ شمسی اشعاع کی شدت λ_m = 4753 Å پر سب سے زیادہ ہوتی ہے۔ یہ T = 6060 K کے نظیری ہے۔ یاد رکھیے! یہ سورج کی سطح کا درجۂ حرارت ہے اس کے اندرونی حصہ کا نہیں۔

شکل 11.19 میں دکھائے گئے سیاہ جسم اشعاع منحنیوں کی نمایاں خصوصیت یہ ہے کہ یہ آفاقی (ہمہ گیر) ہیں۔ ان کا انحصار سیاہ جسم کے درجۂ حرارت پر ہوتا ہے۔ اس کے سائز، شکل یا مادہ پر نہیں۔ سیاہ جسم اشعاع کی نظریاتی وضاحت کے لیے کی گئی کوششوں نے طبیعیات میں کوانٹم تحریک کو جنم دیا جس کا مطالعہ آپ بعد میں کریں گے۔

© NCERT not to be republished

توانائی کو اشعاع کے ذریعہ بغیر کسی رابطے کے (یعنی ویکیوم میں) طویل فاصلوں تک منتقل کیا جاسکتا ہے۔ مطلق درجۂ حرارت T پر کسی جسم کے ذریعہ خارج ہونے والی کل برق مقناطیسی توانائی اس کی جسامت، اشعاع کی صلاحیت (اشاعیت) اور درجۂ حرارت پر ہوتا ہے۔ کامل اشعاع کار جسم کے لیے، فی اکائی وقت میں خارج ہونے والی توانائی (H) کو مندرجہ ذیل طریقے سے ظاہر کیا جاتا ہے۔

$$H = Ae\sigma T^4 \qquad (11.16)$$

جہاں A جسم کا رقبہ اور T اس کا مطلق درجۂ حرارت ہے۔ اس تعلق کو تجرباتی طور پر اسٹیفان (Stefan) کے ذریعہ حاصل کیا گیا اور بعد میں بولٹز مین نے اسے نظریاتی طور پر ثابت کیا تھا جسے اسٹیفان-بولٹز مین کلیہ کہتے ہیں اور مستقلہ σ کو اسٹیفان-بولٹز مین مستقلہ کہا جاتا ہے۔ اس کی قدر SI اکائیوں میں $5.67 \quad 10^{-8}\ W\ m^{-2}\ K^{-4}$ ہے۔ زیادہ تر اجسام مساوات (11.16) میں دی گئی شرح کا صرف تھوڑا حصہ ہی خارج کرتے ہیں۔ لیمپ بلیک جیسی شے حد کے نزدیک ہے۔ لہٰذا غیر ابعادی کسر e یعنی اشاعیت کی تعریف بیان کی جاسکتی ہے اور اسے مندرجہ ذیل طریقے سے لکھا جاتا ہے۔

$$H = Ae\sigma T^4 \qquad (11.17)$$

یہاں کامل اشعاع کار کے لیے $e = 1$ ہے۔ ٹنگسٹن لیمپ کے لیے e کی قدر تقریباً 0.4 ہے لہٰذا 3000 K درجۂ حرارت پر ٹنگسٹن لیمپ کے 0.3 cm^2 رقبے سے مندرجہ ذیل شرح پر اشعاع کا اخراج ہوتا ہے۔

$$H=0.3 \quad 10^{-4} \quad 0.4 \quad 5.67 \quad 10^{-8} \quad (3000)^4=60\,W$$

ایک جسم جس کا درجۂ حرارت T ہے، اطراف کے درجۂ حرارت T_s پر توانائی کو خارج بھی کرتا ہے اور جذب بھی۔ کامل اشعاع کے لیے کل توانائی کا زیاں

$$H = \sigma A(T^4 - T_s^4)$$

اشاعیت e والے جسم کے لیے یہ رشتہ مندرجہ ذیل ہے۔

$$H = e\sigma A(T^4 - T_s^4) \qquad (11.18)$$

ایک مثال کے طور پر، آیئے ہم اپنے جسم کے ذریعہ خارج ہونے والی توانائی کا تخمینہ لگائیں۔ فرض کیجیے کہ کسی شخص کے جسم کا رقبہ تقریباً $1.9\ m^2$ اور کمرہ کا درجۂ حرارت 22 C ہے۔ جیسا کہ ہم جانتے ہیں انسانی جسم کا اندرونی درجۂ حرارت 37 C ہوتا ہے۔ فرض کیجیے کہ جلد کا درجۂ حرارت 28 C ہے۔ برق مقناطیسی اشعاع کے متعلقہ خطہ کے لیے جلد کی اشاعیت تقریباً 0.97 ہوتی ہے۔ توانائی کے زیاں (اشعاع) کی شرح مندرجہ ذیل ہوگی:

$$H=5.67 \quad 10^{-8} \quad 1.9 \quad 0.97 \quad \{(301)^4 - (295)^4\}$$

$$= 66.4\ W$$

توانائی کی یہ شرح سکون کی حالت میں جس سے خارج ہونے والی توانائی کی شرح (120 W) کے نصف سے زیادہ ہے۔ توانائی کے اس زیاں کو کارگر طریقے (عام لباس سے بہتر) سے روکنے کے لیے جدید آرکٹک لباس میں ایک اضافی چمکدار پتلی دھاتی پرت ہوتی ہے جو جلد کے اوپر رہتی ہے اور یہ جسم کے اشعاع کو منعکس کرتی ہے۔

11.9.5 گرین ہاؤس اثر (Green house efect)

زمین کی سطح حرارتی اشعاع کا ذریعہ ہے کیونکہ یہ سورج سے آنے والی توانائی کو جذب کرتی ہے۔ اس اشعاع کا طول لہر، زیادہ طول لہر والے خطہ (زیریں سرخ: IR) میں ہوتا ہے۔ لیکن اس اشعاع کا بڑا حصہ کاربن ڈائی آکسائڈ (CO_2)، میتھین (CH_4)، نائٹرس آکسائڈ (N_2O) کلوروفلوروکاربن $(CF_x\ Cl_x)$ اور ٹروپواسفیئر میں پائی جانے والی اوزون (O_3) جیسی گرین ہاؤس گیسوں کے ذریعے جذب ہوجاتا ہے۔ اس انجذاب کے سبب کرّہ باد گرم ہوجاتا ہے نتیجتاً زمین کو زیادہ حرارت فراہم ہوجاتی ہے اسی لیے سطح زمین گرم ہوجاتی ہے۔ مذکورہ بالا عمل اس وقت دہرایا جاتا ہے جب تک کہ انجذاب کے لیے اشعاع دستیاب رہتا ہے۔ اس سب کا نتیجہ یہ نکلتا ہے کہ سطح زمین اور کرہ باد گرم ہوجاتا ہے۔ اسے ہم گرین ہاؤس اثر کے نام سے جانتے ہیں۔ گرین ہاؤس اثر کی عدم موجودگی میں زمین کا درجۂ حرارت $-18°C$ ہوتا ہے۔

انسانی سرگرمیوں کی وجہ سے گرین ہاؤس گیسوں کے ارتکاز میں اضافہ ہوا ہے نتیجتاً زمین نسبتاً زیادہ گرم ہوگئی ہے۔ ایک تخمینہ کے مطابق اس صدی کے اوائل سے اب تک اس ارتکاز میں اضافہ کی وجہ سے زمین کے اوسط درجۂ

© NCERT not to be republished

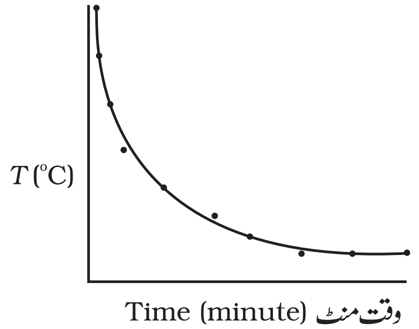
حرارت میں 0.3 سے 0.6 C کا اضافہ ہو چکا ہے۔ اگلی صدی کے وسط تک، زمین کے موجودہ عالمی درجۂ حرارت میں 1 تا 3 C تک اضافہ متوقع ہے۔ عالمی حدت (Global Worming) کی وجہ سے انسانی زندگی، پودوں اور جانوروں کے لیے مسائل پیدا ہو سکتے ہیں۔ عالمی حدت کی وجہ سے برف کی چوٹیاں تیزی سے پگھل رہی ہیں، سمندر کی سطح اونچی ہوتی جا رہی ہے اور موسموں کا پیٹرن تبدیل ہو رہا ہے۔ کئی ساحلی شہر سمندر میں غرق ہو جانے کا خطرہ اٹھا رہے ہیں۔ گرین ہاؤس گیسوں کے ارتکاز میں اضافہ صحرائی علاقوں کی توسیع کا سبب بن سکتا ہے۔ عالمی حدت کو کم کرنے کے لیے عالمی سطح پر اقدامات (یا کوششیں) کی جا رہی ہیں۔

11.10 نیوٹن کا خنکی کا قانون

(NEWTON'S LAW OF COOLING)

ہم جانتے ہیں کہ کہ اگر گرم پانی یا دودھ میز پر رکھا چھوڑ دیا جائے تو وہ آہستہ آہستہ ٹھنڈا ہونے لگتا ہے، یہاں تک کہ وہ ماحول کے درجۂ حرارت پر پہنچ جاتا ہے۔ یہ مطالعہ کرنے کے لیے ایک جسم اپنے ماحول کے ساتھ حرارت کا تبادلہ کر کے کس طرح، آہستہ آہستہ یا تیزی سے، ٹھنڈا ہوتا ہے، آیئے مندرجہ ذیل سرگرمی کریں۔

ایک بلونی (Stirrer) لگے کلوری میٹر میں تھوڑا پانی، فرض کیجیے 300ml، لیجیے اور اسے دو سوراخوں والے ڈھکن سے بند کر دیجیے۔ ایک سوراخ سے بلونی اور ایک سے تھرمامیٹر داخل کیجیے اور اچھی طرح سے دیکھ لیجیے کہ تھرمامیٹر کا بلب پانی میں یقینی طور پر ڈوبا ہوا ہو۔ تھرمامیٹر کی ریڈنگ نوٹ کر لیجیے۔ یہ ریڈنگ T_1 ماحول کا درجۂ حرارت ہے۔ کیلوری میٹر میں رکھے پانی کو گرم کیجیے، مان لیا کہ کمرے کے درجہ حرارت (یعنی ماحول کے درجۂ حرارت) سے 40 C زیادہ تک۔ پھر گرم کرنا بند کر دیجیے، (چولھا ہٹا دیجیے)۔ اسٹاپ واچ چلانا شروع کیجیے اور معین وقفہ وقت (فرض کیجیے ہر ایک منٹ) پر تھرمامیٹر کی ریڈنگ نوٹ کرتے رہیے اس درمیان بلونی سے مستقل آہستہ آہستہ بلوتے رہیے۔ پانی کا درجۂ حرارت (T_2) نوٹ کرتے رہیے جب تک کہ یہ درجۂ حرارت ماحول کے درجۂ حرارت سے تقریباً 5 C زیادہ رہ جائے۔ پھر درجۂ حرارت: $\Delta T = T_2 - T_1$ کی ہر قدر کو Y-محور پر اور اس کے مطابق t کی قدر x-محور پر لیتے ہوئے گراف کھینچیے۔ (شکل 11.18)



شکل 11.20: وقت کے ساتھ، گرم پانی کے ٹھنڈا ہونے کو دکھاتا ہوا منحنی

آپ گراف سے یہ اخذ کر سکتے ہیں کہ گرم پانی کا ٹھنڈا ہونا کس طرح گرم پانی اور ماحول کے درجات حرارت میں فرق پر منحصر ہے۔ آپ یہ بھی دیکھیں گے کہ شروعات میں ٹھنڈا ہونے کی شرح زیادہ ہوتی ہے اور جیسے جیسے جسم کا درجۂ حرارت گرتا ہے، ٹھنڈا ہونے کی شرح بھی کم ہوتی جاتی ہے۔

مندرجہ بالا سرگرمی سے ظاہر ہوتا ہے کہ ایک گرم جسم اپنے ماحول کو حرارت، حرارتی اشعاع کی شکل میں دیتا ہے۔ حرارت کے زیاں کی شرح، جسم اور ماحول کے درجات حرارت میں فرق پر منحصر ہے۔ سب سے پہلے نیوٹن نے منظم طور پر ایک دیے ہوئے احاطہ (Enclosure) میں، ایک جسم کے ذریعے ضائع کی گئی حرارت اور اس کے درجۂ حرارت کے درمیان رشتہ کا مطالعہ کیا۔

نیوٹن کے خنکی کے قانون کے مطابق، ایک جسم کی حرارت کے زیاں کی شرح $(-dQ/dt)$، جسم اور اس کے ماحول کے درجات حرارت میں فرق: $\Delta T = T_2 - T_1$، کے راست متناسب ہوتی ہے۔ یہ قانون صرف درجۂ حرارت کے فرق کی چھوٹی قدروں کے لیے ہی درست ہے۔ مزید یہ کہ اشعاع ریزی کے ذریعہ ہونے والا حرارت کا زیاں، جسم کی سطح کی طبع اور آشکارہ (exposed) سطح کے رقبہ کے تابع ہے۔ ہم لکھ سکتے ہیں:

© NCERT not to be republished

$$-\frac{dQ}{dt} = k\left(T_2 - T_1\right) \qquad (11.19)$$

جہاں k ایک مثبت مستقلہ ہے جو جسم کی سطح کے رقبہ اور اس کی طبع کے تابع ہے۔ فرض کیجیے کہ ایک جسم، جس کی کمیت m اور نوعی حرارت کی گنجائش s ہے، درجہ حرارت T_2 پر ہے۔ فرض کیجیے کہ ماحول کا درجۂ حرارت T_1 ہے۔ اگر درجہ حرارت کی قدر میں ایک چھوٹی گراوٹ dT_2، وقفہ وقت dt میں آتی ہے، تو ضائع ہونے والی حرارت کی مقدار ہے:

$$dQ = ms\,dT_2$$

اس لیے، حرارت کے زیاں کی شرح دی جاتی ہے،

$$\frac{dQ}{dt} = ms\frac{dT_2}{dt} \qquad (11.20)$$

مساوات (11.15) اور مساوات (11.16) سے:

$$-ms\frac{dT_2}{dt} = k\left(T_2 - T_1\right)$$

$$\frac{dT_2}{T_2 - T_1} = -\frac{k}{ms}dt = -K\,dt \qquad (11.21)$$

جہاں: $K = k/ms$

تکملہ (Integration) کرنے پر،

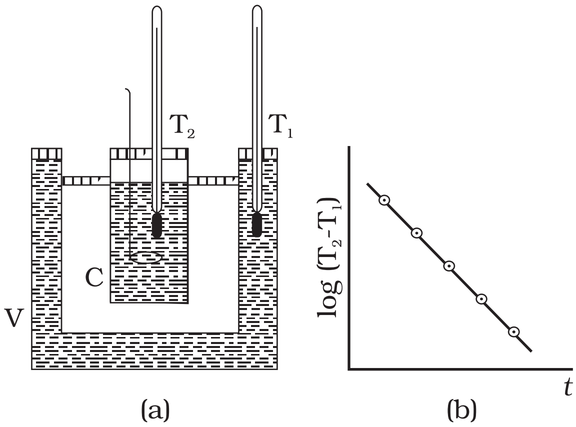
$$\log_e\left(T_2 - T_1\right) = -Kt + c \qquad (11.22)$$

یا

$$T_2 = T_1 + C'e^{-Kt};\ (\text{جہاں } C' = e^c) \qquad (11.23)$$

مساوات (11.23) کے ذریعے آپ ایک مخصوص درجۂ حرارت سعت میں، ایک شے کے ٹھنڈا ہونے کے وقت کا حساب لگا سکتے ہیں۔

درجۂ حرارت فرق کی چھوٹی قدروں کے لیے، ایصال، حمل اور اشعاع کاری تینوں کے ذریعے ہونے والی مجموعی خنکی کی شرح (Rate of Cooling)، درجۂ حرارت فرق کے راست متناسب ہوتی ہے۔ ایک اشعاع گر (Radiator) سے کمرے میں حرارت کی منتقلی، کمرے کی دیواروں کے ذریعے حرارت کے زیاں اور میز پر رکھی ہوئی چائے کی پیالی کے ٹھنڈا ہونے وغیرہ کے لیے یہ ایک درست تقریبیت (approximation) ہے۔



شکل 11.21: نیوٹن کے خنکی کے قانون کی تصدیق

شکل (a)11.20 میں دکھائے گئے تجرباتی سامان کی ترتیب کے ذریعے نیوٹن کے خنکی کے قانون کی تصدیق کی جا سکتی ہے۔ اس تجربہ کے سامان میں ایک دوہری دیواروں والا برتن (v) ہوتا ہے، جس کی دیواروں کے بیچ میں پانی بھرا ہوتا ہے۔ گرم پانی سے بھرا ہوا ایک تانبے کا بنا کلوری میٹر (c) اس دوہری دیواروں والے برتن کے اندر رکھا جاتا ہے۔ کارک سے گزرتے ہوئے دو تھرمامیٹر لگے ہوتے ہیں، جن کے ذریعے کلوری میٹر میں رکھے گرم پانی کا درجۂ حرارت T_2 اور برتن کی دیواروں کے درمیان بھرے پانی کا درجۂ حرارت T_1 معلوم کیے جاتے ہیں۔ کلوری میٹر میں بھرے گرم پانی کا درجۂ حرارت: مساوی وقفہ وقت کے ساتھ نوٹ کیا جاتا ہے۔ $\log_e(T_2-T_1)$ اور وقت (t) میں گراف کھینچا جاتا ہے۔ اس طرح حاصل ہوا گراف، ایک مستقیم خط ہے، جس کا ڈھلان (Slope) منفی ہے۔ جیسا کہ شکل (b)11.20 میں دکھایا گیا ہے اور جو مساوات (11.22) کی تصدیق کرتا ہے۔

> **مثال 11.18:** ایک گرم کھانے سے بھرا ہوا برتن 2 منٹ میں 94°C سے 86°C تک ٹھنڈا ہوتا ہے، جب کہ کمرہ کا درجہ حرارت 20°C ہے۔ اسے 71°C سے 69°C تک ٹھنڈا ہونے میں کتنا وقت لگے گا۔

جواب: 94 C اور 86 C کا اوسط درجۂ حرارت 90 C ہے، جو کمرہ درجۂ حرارت سے 70 C زیادہ ہے۔ ان شرائط کے ساتھ، برتن، 2 منٹ میں 8 C ٹھنڈا ہوتا ہے،

© NCERT not to be republished

مساوات(11.21)استعمال کرتے ہوئے،

$\dfrac{\text{درجۂ حرارت میں تبدیلی}}{\text{وقت}} = K\Delta T$

$$\frac{8\,°C}{2\ \text{min}} = K\,(70\,°C)$$

69 Cاور 71 C کا اوسط 70 Cہے جو کمرہ درجۂ حرارت سے 50 C زیادہ ہے۔اس صورت میں بھی K کی قدر وہی ہے، جو پہلی صورت میں تھی۔اس لیے:

$$\frac{2\,C}{\text{وقت}} = K(50\,C)$$

ان دونوں مساواتوں کو تقسیم کرنے پر:

$$\frac{8\,°C/2\,\text{min}}{2\,°C/\text{time}} = \frac{K\,(70\,°C)}{K\,(50\,°C)}$$

وقت=0.7

=42 سیکنڈ

▶ Time (minute)(منٹ)وقت

خلاصہ

.1 حرارت توانائی کی ایک شکل ہے جوایک جسم اور جسم کوگھیرے ہوئے وسیلے کے درمیان،ان کے درمیان درجۂ حرارت کے فرق کی وجہ سے، بہتی ہے۔ایک جسم کی گرم کیفیت کا مقداری شکل میں درجہ،درجۂ حرارت کے ذریعے ظاہر کیا جاتا ہے۔

.2 درجۂ حرارت کی پیائش کرنے والا آلہ (تھرمامیٹر) کسی ایسی قابل پیائش خاصیت (جو پیائشی خاصیت کہلاتی ہے) کو استعمال کرتا ہے جو درجۂ حرارت کے ساتھ تبدیل ہوتی ہے۔مختلف تھرمامیٹر مختلف درجۂ حرارت پیمانے فراہم کرتے ہیں۔ایک درجۂ حرارت پیمانہ بنانے کے لیے، دو معین نقطے منتخب کیے جاتے ہیں اور انہیں درجۂ حرارت کی کوئی بھی اختیاری قدر (arbitrary Value) تفویض کردی جاتی ہے۔یہ دونوں عدد، پیمانے کا مبدا(Origin)اوراس کی اکائی کا سائز معین کرتے ہیں۔

.3 سیلسیس درجہ حرارت (t_C) اور فارن ہائٹ درجہ حرارت (t_F) میں رشتہ ہے:

$$t_F = (9/5)t_C + 32$$

.4 دباؤ(p)، حجم(v)اور مطلق درجۂ حرارت(T) کو منسلک کرنے والی کامل گیس مساوات ہے:

$$PV = \mu RT$$

جہاں μ، مولوں کی تعداد اور R عالمی گیس مستقلہ ہے۔

.5 مطلق درجۂ حرارت پیمانہ میں، پیمانہ کا صفر اس درجۂ حرارت سے مطابقت رکھتا ہے جہاں قدرت کی ہر مادی شے ممکنہ کم ترین مالیکیولیائی فعالیت کرتی ہے۔

کیلون کا مطلق درجۂ حرارت(T) پیمانہ، کی اکائی کا سائز اور سیلسیس پیمانہ (t_C) کی اکائی کے سائز یکساں ہیں، لیکن مبدے مختلف ہیں:

$$T_C = T - 273.15$$

© NCERT not to be republished

6. خطی پھیلاؤ کے ضریب (α_l) اور حجم پھیلاؤ کے ضریب (α_V) کی تعریف مندرجہ ذیل رشتوں سے کی جاتی ہے:

$$\frac{\Delta V}{V} = \alpha_V \Delta T \text{ ، } \frac{\Delta l}{l} = \alpha_l \Delta T$$

جہاں Δl اور ΔV، لمبائی l اور حجم V میں ہونے والی تبدیلی کو ظاہر کرتے ہیں، جب کہ درجۂ حرارت میں تبدیلی ΔT ہو۔ (α_l) اور (α_V) کے مابین رشتہ ہے:

$$\alpha_v = 3\alpha_l$$

7. ایک شے کی نوعی حرارت کی گنجائش s کی تعریف کی جاتی ہے:

$$s = \frac{1}{m}\frac{\Delta Q}{\Delta T}$$

جہاں m، شے کی کمیت ہے اور ΔQ حرارت کی وہ مقدار ہے جو اس کے درجۂ حرارت میں ΔT تبدیلی لانے کے لیے درکار ہے۔ ایک شے کی مولی نوعی حرارت کی گنجائش کی تعریف کی جاتی ہے: $C = \frac{1}{\mu}\frac{\Delta Q}{\Delta T}$

جہاں μ شے کے مولوں کی تعداد ہے۔

8. اختلاط کی مخفی حرارت (L_f) وہ حرارت فی اکائی کمیت ہے، جو یکساں درجۂ حرارت اور دباؤ پر شے کو ٹھوس سے رقیق حالت میں تبدیل کرنے کے لیے درکار ہوتی ہے۔ تبخیر کی مخفی حرارت (L_V) وہ حرارت فی اکائی کمیت ہے، جو درجۂ حرارت اور دباؤ میں کوئی تبدیلی لائے بغیر، شے کو رقیق حالت سے ابخراتی حالت میں تبدیل کرنے کے لیے درکار ہوتی ہے۔

9. حرارت کی منتقلی کے تین طریقے ہیں: ایصال، حمل اور اشعاع ریزی

10. ایصال میں حرارت، ایک جسم کے پڑوسی حصوں کے درمیان، مالیکولیائی تصادم کے ذریعے، بغیر مادے کے کسی بہاؤ کے، منتقل ہوتی ہے۔ ایک ایسی چھڑ کے لیے، جس کی لمبائی L، ہموار تراشی رقبہ A ہو اور اس کے سروں کو درجۂ حرارت T_C اور T_D پر قائم رکھا جائے، حرارت H کے بہاؤ کی شرح ہے:

$$H = K\,A\,\frac{T_C - T_D}{L}$$

جہاں K چھڑ کے مادے کی حرارتی موصلیت ہے

11. نیوٹن کے خنکی کے قانون کا بیان ہے: ایک جسم کے ٹھنڈا ہونے کی شرح، جسم کے ماحول سے زائد درجۂ حرارت کے متناسب ہے:

$$\frac{dQ}{dt} = -k\,(T_2 - T_1)$$

جہاں T_1، جسم کو گھیرے ہوئے واسطے (ماحول) کا درجۂ حرارت ہے اور T_2 جسم کا درجۂ حرارت ہے۔

© NCERT not to be republished

مقدار	علامت	ابعاد	اکائی	ریمارک
شے کی مقدار	μ	[mol]	mol	
سیلسیس درجۂ حرارت	t_c	[K]	°C	
کیلون مطلق درجۂ حرارت	T	[K]	K	$t_e = T - 273.185$
خطی پھیلاؤ کا ضریب	α_l	$[K^{-1}]$	K^{-1}	
حجم پھیلاؤ کا ضریب	α_V	$[K^{-1}]$	K^{-1}	$\alpha_v = 3\alpha_1$
ایک نظام کو فراہم کی گئی حرارت	ΔQ	$[ML^2T^{-2}]$	J	´Q ایک حالت متغیرہ نہیں ہے۔
نوعی حرارتی گنجائش	s	$[L^2T^{-2}K^{-1}]$	$JKg^{-1}K^{-1}$	
حرارتی ایصالیت	K	$[MLT^3K^{-1}]$	$JKS^{-1}K^{-1}$	$H = -KA\frac{dT}{dx}$

قابل غور نکات (POINTS TO PONDER)

1. کیلون درجۂ حرارت (T) اور سیلسیس درجۂ حرارت t_c میں رشتہ: $T = t_c + 273.15$ اور پانی کے ثلاثی نقطہ کی تفویض T=273.16 بالکل درست رشتے ہیں (منتخب کیے ہوئے)۔ اس انتخاب کے ساتھ، پانی کے نقطۂ گداخت اور نقطہ ابال کے سیلسیس درجۂ حرارت، بالترتیب، (دونوں 1 فضائی دباؤ پر) 0°C اور 100°C کے بہت نزدیک ہیں لیکن °C اور 100 °C کے بالکل درست طور پر مساوی نہیں ہیں۔ سیلسیس کے قدیم پیمانے میں، یہ بعد میں معین کیے گئے نقاط بالکل درست 0°C اور 100°C تھے (انتخاب کے ذریعے)۔ لیکن اب پانی کے ثلاثی نقطہ کو معین نقطہ کے لیے ترجیحی انتخاب مانا جاتا ہے، کیونکہ اس کا ایک یکتا (Unique) درجۂ حرارت ہے۔

2. ایک رقیق جو ابخرات کے ساتھ توازن میں ہو، اس کے پورے نظام میں یکساں دباؤ اور درجۂ حرارت ہوتا ہے۔ حالت توازن میں دونوں ہیئتوں میں فرق صرف ان کے مولی حجموں (یعنی کثافت) میں ہوتا ہے۔ یہ بیان ہر اس نظام کے لیے درست ہے جس میں ہیئتوں کی کتنی تعداد بھی توازن میں ہو۔

3. حرارت کی منتقلی میں دو نظاموں یا ایک ہی نظام کے دو حصوں کے درمیان درجۂ حرارت فرق ہمیشہ شامل ہوتا ہے۔ توانائی کی کوئی بھی ایسی منتقلی، جس میں کسی طور پر درجۂ حرارت فرق شامل نہیں ہے، حرارت نہیں ہے۔

4. حمل میں، ایک سیال کے حصوں کے غیر مساوی درجۂ حرارت کی وجہ سے ایک سیال، کے اندر مادہ کا بہاؤ شامل ہوتا ہے۔ ایک ٹونٹی سے بہتے ہوئے پانی کے نیچے اگر ایک گرم چھڑ رکھی جائے تو وہ چھڑ کی سطح اور پانی کے درمیان ایصال کی وجہ سے حرارت کا زیاں ہوتا ہے، پانی کے اندر حمال کی وجہ سے نہیں۔

© NCERT not to be republished

مشق (EXERCISE)

11.1 نیون اور کاربن ڈائی آکسائڈ کے نقاط ثلاثہ، حسب ترتیب، 24.57K اور 216.55K ہیں۔ ان درجات حرارت کو سیلسیس اور فارن ہائیٹ پیمانہ پر ظاہر کیجیے۔

11.2 دو مطلق پیمانوں A اور B میں، پانی کا ثلاثی نقطہ A پر 200 اور B پر 350 معرف کیا گیا ہے۔ T_A اور T_B میں کیا رشتہ ہے؟

11.3 ایک تھرمامیٹر کی برقی مزاحمت درجہ حرارت کے ساتھ مندرجہ ذیل تقریبی رشتے کے مطابق تبدیل ہوتی ہے:

$$R = R_o[1+\alpha(T-T_o)]$$

پانی کے ثلاثی نقطہ 273.16K پر مزاحمت $101.6\ \Omega$ ہے اور سیسہ کے نارمل نقطہ گداخت (600.5K) پر مزاحمت $165.5\ \Omega$ ہے۔ جب مزاحمت $123.4\ \Omega$ ہوگی تو درجہ حرارت کیا ہوگا؟

11.4 مندرجہ ذیل کے جواب دیجیے:

(a) جدید حرارت پیمائی میں، پانی کا ثلاثی نقطہ ایک معیاری متعین نقطہ ہے۔ کیوں؟ برف کے نقطۂ گداخت اور پانی کے نقطۂ ابال کو معیاری متعین نقاط ماننے میں (جیسا کہ شروعاتی سیلسیس اسکیل میں کیا گیا تھا) کیا غلطی ہے؟

(b) شروعاتی سیلسیس پیمانہ میں، جیسا کہ اوپر بتایا گیا ہے، دو متعین نقاط تھے، جنہیں عدد 0 C اور 100 C، حسب ترتیب، تفویض کیے گئے تھے۔ مطلق پیمانہ پر متعین نقاط میں سے ایک نقطہ پانی کا ثلاثی نقطہ ہے، جسے کیلون پیمانہ پر عدد 273.16K تفویض کیا گیا ہے۔

اس (کیلون) پیمانہ پر دوسرا متعین نقطہ کون سا ہے؟

(c) مطلق درجہ حرارت (کیلون پیمانہ) T اور سیلسیس پیمانہ پر درجہ حرارت t_C میں رشتہ دیا جاتا ہے:

$$t_c = T - 273.15$$

اس رشتہ میں 273.15 کیوں ہے، 273.16 کیوں نہیں۔

(d) اس مطلق پیمانہ پر پانی کے ثلاثی نقطہ کا درجۂ حرارت کیا ہوگا، جس کی اکائی وقفہ کا سائز فارن ہائیٹ پیمانہ کی اکائی وقفہ کے سائز کے مساوی ہے؟

11.5 دو کامل گیس تھرمامیٹروں A اور B میں، حسب ترتیب، آکسیجن اور ہائیڈروجن استعمال کی جاتی ہے۔ مندرجہ ذیل مشاہدات کیے گئے:

درجۂ حرارت	دباؤ (تھرمامیٹر A)	دباؤ (تھرمامیٹر B)
پانی کا ثلاثی نقطہ	1.250×10^5 Pa	0.200×10^5 Pa
گندھک کا نارمل نقطۂ گداخت	1.797×10^5 Pa	0.287×10^5 Pa

© NCERT not to be republished

(a) تھرمامیٹروں A اور B سے پڑھے جانے پر، گندھک کے نارمل نقطۂ گداخت کا مطلق درجۂ حرارت کیا گا؟

(b) آپ کے خیال میں تھرمامیٹروں A اور B کے جوابات میں معمولی فرق کی وجہ کیا ہے؟ (تھرمامیٹروں میں کوئی خرابی نہیں ہے)۔ تجربہ میں مزید کیا طریقہ اختیار کرنے کی ضرورت ہے کہ دونوں ریڈنگوں کے درمیان اس فرق کو کم کیا جا سکے؟

11.6 ایک میٹر لمبا ایک فولاد کا بنا فیتہ 27 C کے درجۂ حرارت کے لیے بالکل درست پیمانہ بند کیا گیا ہے۔ ایک گرم دن، جب کہ درجۂ حرارت 45.0 C ہے، ایک لوہے کی چھڑ کی اس فیتہ سے ناپی گئی لمبائی 63.0cm ہے۔ اس دن لوہے کی چھڑ کی اصل لمبائی کیا ہے؟ اس لوہے کی چھڑ کی لمبائی اس دن کیا ہوگی، جس دن درجۂ حرارت 27 C ہے۔ $= 1.2 \times^{-5}$ K^{-1} فولاد کے خطی پھیلاؤ کا ضریب

11.7 فولاد کا بنا ایک بڑا پہیہ اسی مادہ کے دھرے (Shaft) پر لگایا جانا ہے۔ 27 C پر دھرے کا باہری قطر 8.70cm ہے اور پہیے کا مرکزی سوراخ قطر 8.69cm ہے۔ دھرے کو ''سوکھا برف'' استعمال کر کے ٹھنڈا کیا جاتا ہے۔ دھرے کے کس درجۂ حرارت پر پہیہ دھرے پر چڑھ جائے گا۔ فولاد کے خطی پھیلاؤ کے ضریب کو درکار درجۂ حرارت سعت پر مستقلہ مان لیجیے۔ 1.20×10^{-5}K^{-1} فولاد α

11.8 تانبہ کی چادر میں ایک سوراخ کیا گیا۔ 27 C پر سوراخ کا قطر 4.24 cm ہے۔ جب چادر کو 27 C تک گرم کیا جاتا ہے تو سوراخ کے قطر میں کیا تبدیلی ہوگی؟ 1.7×10^{-5} K^{-1} = تانبہ کا خطی پھیلاؤ ضریب۔

11.9 27 C پر پیتل کے 1.8cm لمبے تار کو دو استوار سہاروں کے درمیان بہت مختصر تناؤ کے ذریعے تنا ہوا رکھا جاتا ہے۔ اگر تار کو 39 C– تک ٹھنڈا کیا جائے تو تار میں کتنا تناؤ پیدا ہوگا، جب کہ اس کا قطر 2.0mm ہے۔ $= 2.0 \times 10^{-5}$K^{-1} پیتل کا خطی پھیلاؤ کا ضریب 0.9×10^{11}Pa = پیتل کا ینگ مقیاس

11.10 50cm لمبائی اور 3.0mm قطر کی ایک پیتل کی چھڑ کو یکساں لمبائی اور قطر کی فولاد کی چھڑ سے جوڑا جاتا ہے۔ مجموعی چھڑ کی لمبائی میں 250 C پر کیا تبدیلی ہوگی، اگر شروعاتی لمبائیاں 40 0C پر ناپی گئی ہیں؟ کیا جنکشن پر کوئی حرارتی ذرر پیدا ہوگا؟ چھڑ کے سرے پھیلنے کے لیے آزاد ہیں۔ 2.0×10^{-5}K^{-1} = پیتل کا خطی پھیلاؤ کا ضریب، 1.2×10^{-5}K^{-1} = فولاد کا خطی پھیلاؤ کا ضریب

11.11 گلیسرین کا حجمی پھیلاؤ کا ضریب 49×10^{-5}K^{-1} ہے۔ درجہ حرارت میں 30 C اضافہ کرنے پر کثافت میں کیا کسری تبدیلی ہوگی؟

11.12 ایک 10kW کی سوراخ کرنے کی مشین، 8.0kg کے المونیم کے بلاک میں ایک سوراخ کرنے کے لیے استعمال کی گئی۔ 2.5 منٹ میں بلاک کے درجہ حرارت میں کتنا اضافہ ہوگا۔ فرض کر لیجیے کہ پاور کا 50% خود مشین کو گرم کرنے میں یا ماحول میں ضائع ہو جاتا ہے۔ 0.91 Jg^{-1}K^{-1} = المونیم کی نوعی حرارت

11.13 2.5kg کمیت کا ایک تانبہ کا بلاک ایک بھٹی میں 500 C درجہ حرارت تک گرم کیا گیا اور پھر اسے ایک بڑے برف کے بلاک پر رکھا گیا۔ برف کی زیادہ سے زیادہ کتنی مقدار پگھل سکتی ہے؟

0.39Jg^{-1}K^{-1} = تانبہ کی نوعی حرارت 335Jg^{-1} = پانی کی اختلاطی حرارت

© NCERT not to be republished

11.14 ایک دھات کی نوعی حرارت معلوم کرنے کے ایک تجربے میں اس دھات کے 0.20kg کمیت کے ایک بلاک کو 150 C پر ایک تانبہ کے کیلوری میٹر میں ڈالا گیا (کیلوری میٹر کا پانی مساوی 0.025Kg ہے)۔ جس میں 27 C پر $150\ cm^3$ پانی تھا۔ اختتامی درجۂ حرارت 40 C ہے۔

دھات کی نوعی حرارت کا حساب لگائیے۔ اگر ماحول میں ہونے والا حرارت کا زیاں قابل نظرانداز نہیں ہے تو آپ کا جواب دھات کی نوعی حرارت کی اصل قدر سے کم ہوگا یا زیادہ؟

11.15 ذیل میں کمرہ درجہ حرارت پر کچھ عام گیسوں کی مولی نوعی حرارت پر کیے گئے مشاہدات دیے گئے ہیں۔

گیس	مولی نوعی حرارت (C_v) $(cal\ mol^{-1}\ K^{-1})$
ہائیڈروجن	4.87
نائٹروجن	4.97
آکسیجن	5.02
نائٹرک آکسائڈ	4.99
کاربن مونوآکسائڈ	5.01
کلورین	6.17

ان گیسوں کی ناپی گئی مولی نوعی حرارت کی قدریں، یک ایٹمی گیسوں کی ان قدروں سے بہت مختلف ہیں۔ ایک یک ایٹمی گیس کی مولی نوعی حرارت کی مخصوص قدر 2.92col/molK ہے۔ اس فرق کی وضاحت کیجیے۔ کلورین کے لیے یہ قدر باقی گیسوں کی اس قدر سے کچھ زیادہ ہے۔ آپ اس سے کیا نتیجہ اخذ کر سکتے ہیں؟

11.16 ایک بچے کو 101 F بخار تھا۔ اسے بخار کو کم کرنے کی دوا اینٹی پائی رین (antipyrin) دی گئی، جو اس کے جسم سے نکلنے والے پسینے کی تبخیر کی شرح میں اضافہ کرتی ہے۔ اگر 20 منٹ میں بخار کم ہوکر 98 F ہوگیا تو دوا کے ذریعے ہونے والی زائد تبخیر کی اوسط شرح کیا ہے؟ فرض کیجیے کہ تبخیر ہی صرف وہ میکانزم ہے، جس کے ذریعے حرارت ضائع ہو رہی ہے۔ بچے کی کمیت 30 kg ہے۔ انسانی جسم کی نوعی حرارت تقریباً اتنی ہی ہوتی ہے جتنی پانی کی نوعی حرارت ہوتی ہے اور اس درجۂ حرارت پر پانی کی تبخیر کی مخفی حرارت $580\ cal\ g^{-1}$ کے قریب ہے۔

11.17 ایک تھرماکول کا آئس باکس، پکی ہوئی کھانے کی چیزوں کی تھوڑی مقدار کو محفوظ رکھنے کا ایک سستا اور کارگر طریقہ ہے، خاص طور پر گرمیوں میں۔ ایک مکعبی آئس باکس میں، جس کا ضلع 30 cm اور موٹائی 5.0 cm ہے، 4.0 kg برف رکھا گیا۔ 6 h بعد برف کی بچی ہوئی مقدار کا حساب لگائیے۔ باہر کا درجۂ حرارت 45 C ہے اور تھرموکول کے حرارتی ایصالیت کا ضریب $0.01 Js^{-1}K^{-1}$ ہے۔ [پانی کے اختلاط کی حرارت $= 335\times10^3\ J\ kg^{-1}$]

11.18 ایک پتیل کے بوائلر کا اساسی رقبہ $0.15\ m^2$ اور موٹائی 1.0 cm ہے۔ گیس کے اسٹوو پر رکھے جانے پر یہ

© NCERT not to be republished

$6.0 kg/min$ کی شرح سے پانی ابالتا ہے۔لو کے اس حصے کے درجہ حرارت کا حساب لگائیے جو بوائلر سے لمس میں ہے۔ $= 109 Js^{-1}m^{-1}K^{-1}$ پیتل کی حرارتی ایصالیت ، $= 2256 \times 10^3 J kg^{-1}$ پانی کی تبخیر کی حرارت

11.19 وضاحت کیجیے، کیوں؟

(a) ایک جسم جس کی انعکاسیت زیادہ ہے وہ خراب مخروج ہے۔

(b) ایک سرد دن میں، پیتل کا گلاس، لکڑی کی طشتری کے مقابلے میں بہت ٹھنڈا محسوس ہوتا ہے۔

(c) ایک نوری پائی رومیٹر (بڑے درجات حرارت ناپنے کا آلہ)، جس کو ایک کامل سیاہ جسم اشعاع کے لیے پیمانہ بند کیا گیا ہے، کھلی فضا میں ایک سرخ گرم لوہے کے ٹکڑے کے درجۂ حرارت کی بہت کم قدر بتا تا ہے، لیکن اسی ٹکڑے کو جب بھٹی میں رکھ دیا جاتا ہے تو درجۂ حرارت کی درست قدر بتاتا ہے۔

(d) اگر زمین کی فضا نہ ہوتی تو زمین اتنی ٹھنڈی ہوتی کہ رہنے کے قابل نہ ہوتی۔

(e) گرم کرنے کے وہ نظام جو بھاپ کی گردش پر منحصر ہیں ان نظاموں کے مقابلے میں جو گرم پانی کی گردش پر منحصر ہیں، عمارت گرم کرنے کے لیے زیادہ مستعد ہوتے ہیں۔

11.20 ایک جسم 5 منٹ میں 80 سے 50 تک ٹھنڈا ہوتا ہے۔اس وقت کا حساب لگائیے جو اسے 60 سے 30 تک ٹھنڈا ہونے میں لگے گا۔ماحول کا درجۂ حرارت 20 ہے۔

11.21 کاربن ڈائی آکسائڈ کی P-T ہیئت ڈائیگرام پر مبنی مندرجہ ذیل سوالوں کے جواب دیجیے:

(a) کس دباؤ اور درجہ حرارت پر کاربن ڈائی آکسائڈ کی ٹھوس ۔رقیق اور گیسی ہیئتیں ایک ساتھ، اور توازن میں پائی جاسکتی ہیں؟

(b) دباؤ کو کم کرنے سے CO_2 کے نقطہ اختلاط اور نقطہ ابال پر کیا اثر پڑے گا؟

(c) CO_2 کے لیے فاصل دباؤ اور فاصل درجہ حرارت کیا ہیں؟ ان کی کیا اہمیت ہے؟

(d) مندرجہ ذیل درجہ حرارت اور دباؤ پر CO_2 ٹھوس ہوگی، رقیق ہوگی یا گیس ہوگی

(a) –70 C، 1 atm کے زیر اثر (b) –60 C، 10 atm کے زیر اثر

(c) 15 C، 56 atm کے زیر اثر

11.22 کاربن ڈائی آکسائڈ کی P-T ہیئت ڈائیگرام پر مبنی مندرجہ ذیل سوالات کے جواب دیجیے۔

(a) 1atm دباؤ اور –60 C درجہ حرارت پر CO_2 کو ہم تاپ طور پر دبایا گیا۔کیا یہ رقیق ہیئت سے گذرے گی؟

(b) کیا ہوگا اگر 4atm دباؤ پر CO_2 کو کمرہ درجہ حرارت سے مستقلہ دباؤ پر ٹھنڈا کیا جائے؟

(c) ٹھوس CO_2 کی دی ہوئی کمیت کو 10atm دباؤ اور –56 C درجہ حرارت سے، مستقلہ دباؤ پر کمرہ درجہ حرارت تک گرم کرنے میں ہونے والی تبدیلیوں کو کیفیتی طور پر بیان کیجیے۔

© NCERT not to be republished