Thermal Properties of matter
(द्रव्य के तापीय गुण)

परीक्षोपयोगी प्रश्नोत्तर

बहुविकल्पीय प्रश्न

प्रश्न 1.

ताप जो सेल्सियस और फारेनहाइट पैमाने पर समान पाठ देता है, वह है।

(i) 0°

(ii) 30°

(iii) 40°

(iv) 50°

उत्तर-

(iii) 40°

प्रश्न 2. केल्विन पैमाने पर पानी का हिमांक होता है।

(i) 0 K

(ii) 100 K

(iii) 273 K

(iv) 373 K

उत्तर-

(iii) 273 K

प्रश्न 3. 0°, केल्विन पैमाने का मान होता है।

(i) 272 K

(ii) 273 K

(iii) 274 K

(iv) 275 K

उत्तर-

(ii) 273 K

प्रश्न 4. सेल्सियस तथा फारेनहाइट पैमाने में सम्बन्ध है।

(i) $°C = \frac{9}{5}(°F - 32)$ (ii) $°C = \frac{5}{9}(°F - 32)$

(iii) $°C = \frac{9}{4}(°F - 32)$ (iv) $°C = \frac{5}{2}(°F - 32)$

उत्तर-

(i) $°C = \frac{5}{9}(°F - 32)$

प्रश्न 5. केल्विन पैमाने पर पानी का क्वथनांक होता है।

(i) 373 K

(ii) 273 K

(iii) 100 K

(iv) 230 K

उत्तर-

(i) 373 K

प्रश्न 6.

एक आदर्श गैस थर्मामीटर द्वारा मापा गया ताप व्यंजक $\theta = \frac{P_t - P_0}{P_{100} - P_0} \times 100$ द्वारा दिया जाता है, तो ताप 0°है।

(i) केल्विन

(ii) फारेनहाइट

(iii) रयूमर

(iv) सेल्सियस

उत्तर-

(iv) सेल्सियस

प्रश्न 7. आदर्श गैस के रुद्रोष्म प्रक्रम में ताप T तथा दाब P में सम्बन्ध है

(i) $\frac{T^{\gamma}}{P^{\gamma-1}}$ = नियतांक (ii) $\frac{T^{\gamma-1}}{P^{\gamma}}$ = नियतांक

(iii) TP^{γ} = नियतांक (iv) $TP^{\gamma-1}$ = नियतांक

उत्तर-

(i) $\frac{T^{\gamma}}{P^{\gamma-1}}$ नियतांक

प्रश्न 8.

किसी ताप पर आदर्श गैस के अणुओं में होती है।

(i) केवल गतिज ऊर्जा ।

(ii) केवल स्थितिज ऊर्जा

(iii) दोनों

(iv) इनमें से कोई नहीं ।

उत्तर-

(i) केवल गतिज ऊर्जा

प्रश्न 9.

आदर्श गैस के लिए $\gamma = C_p/C_v$ अतः

(i) $\gamma = 1 + \frac{R}{C_p}$ (ii) $\gamma = 1 + \frac{R}{C_v}$ (iii) $\gamma = 1 - \frac{R}{C_p}$ (iv) $\gamma = 1 - \frac{R}{C_v}$

उत्तर-

(ii) $\gamma = 1 + \frac{R}{C_v}$

प्रश्न 10.

हीलियम गैस के लिए Cy तथा C, का अनुपात है

(i) 5/7

(ii) 7/5

(iii) 3/5

(iv) 5/3

उत्तर-(iv) 5/3

प्रश्न 11.

एक मोल गैस की 7 ताप पर आन्तरिक ऊर्जा है।

(i) $C_p \times T$

(ii) $C_v \times T$

(iii) $(C_p - C_v)$xT

(iv)C_p/C_v x T

उत्तर-

(iii) $(C_p - C_v)$xT

प्रश्न 12.

किसी पदार्थ का क्षेत्रीय प्रसार गुणांक 0.0002 प्रति °c है। उसका रेखीय प्रसार गुणांक होगा !

(i) 0.0001 प्रति °C

(ii) 0.0002 प्रति °C

(iii) 0.0004 प्रति °C

(iv) 0.0003 प्रति °C

उत्तर-

(i) 0.0001 प्रति °C

प्रश्न 13.

द्रव के वास्तविक एवं आभासी प्रसार गुणांकों में सम्बन्ध प्रदर्शित करने का सही व्यंजक है

(i) $\gamma_r = \gamma_a + \gamma_g$

(ii) $\gamma_g = \gamma_r + \gamma_a$

(iii) $\gamma_a = \gamma_r + \gamma_g$

(iv) $\gamma_r = \gamma_a - \gamma_g$

उत्तर-

(i) $\gamma_r = \gamma_a + \gamma_g$

प्रश्न 14.

वास्तविक प्रसार गुणांक का सूत्र होता है।

(i) $\frac{(\Delta V)_r}{V \times \Delta\theta}$ (ii) $\frac{(\Delta V)_a}{V \times \Delta\theta}$

(iii) $\frac{(\Delta V)_r}{(\Delta V)_a}$ (iv) इनमें से कोई नहीं

उत्तर-

(i) द्रव का वास्तविक प्रसार गुणांक = $\frac{(\Delta V)_r}{V \times \Delta \theta}$

प्रश्न 15.

पानी का घनत्व अधिकतम होगा, यदि उसका ताप है।

(i) 0°C

(ii) 4°C

(iii) 32°C

(iv) 100°C

उत्तर-

(ii) 4°C

प्रश्न 16.

ठण्डे देशों में झील के पानी के जम जाने पर भी मछलियाँ जीवित रहती हैं, क्योंकि

(i) वे अधिक ठण्ड सहन कर सकती हैं।

(ii) वे अपने अन्दर आवश्यक ऑक्सीजन संचय करती हैं।

(iii) झील के पानी की जमी हुई सतह के नीचे पानी द्रव के रूप में 4°C पर रहता है।

(iv) उपर्युक्त में से कोई नहीं

उत्तर-

(iii) झील के पानी की जमी हुई सतह के नीचे पानी द्रव के रूप में 4°C पर रहता है।

प्रश्न 17.विशिष्ट ऊष्मा का SI मात्रक होता है।

(i) जूल/किग्रा-°C

(ii) जूल/किग्रा-°F

(iii) जूल ग्राम-°C

(iv) जूल/किग्रा

उत्तर-

(i) जूल/किग्रा-°C

प्रश्न 18.

मोलर विशिष्ट ऊष्मा का सूत्र होता है।

(i) $\frac{1}{\mu} \cdot \frac{\Delta Q}{\Delta m}$ (ii) $\frac{1}{\mu} \cdot \frac{\Delta Q}{\Delta T}$ (iii) $\frac{1}{\mu} \cdot \frac{\Delta M}{\Delta Q}$ (iv) $\frac{\Delta Q}{\Delta T}$

उत्तर-

(ii) मोलर विशिष्ट ऊष्मा $\frac{1}{\mu} \cdot \frac{\Delta Q}{\Delta T}$

प्रश्न 19.

मोटर गाड़ी के इंजन को ठण्डा करने के लिए जल प्रयोग में लाया जाता है, क्योंकि

(i) जल की विशिष्ट ऊष्माधारिता उच्च होती है।

(ii) यह निम्न ताप पर उपलब्ध है।

(iii) यह निम्न घनत्व पर होता है।

(iv) यह आसानी से उपलब्ध है।

उत्तर-

(i) जल की विशिष्ट ऊष्माधारिता उच्च होती है।

प्रश्न 20.

0°C पर स्थित पानी की कुछ मात्रा में उसी ताप पर स्थित बर्फ की कुछ मात्रा मिला दी। जाती है। अब ताप |

(i) घटेगा।

(ii) बढ़ेगा।

(iii) वही रहेगा

(iv) इनमें से कोई नहीं

उत्तर-

(iii) वही रहेगा

प्रश्न 21.

जल की विशिष्ट ऊष्मा 1 कैलोरी/ग्राम °C है। इसका मान जूल/किग्रा °C में होगा

(i) $\frac{1}{4.2 \times 10^3}$

(ii) 4.2×10^3

(iii) 8.4×10^3

(iv) 4.1×10^3

उत्तर-

(i) 4.2×10^3

प्रश्न 22.

भाप की विशिष्ट गुप्त ऊष्मा का मान है।

(i) 80 किलो कैलोरी/किग्रा

(ii) 536 किलो कैलोरी/किग्रा

(iii) 4.2 किलो कैलोरी/किग्रा

(iv) इनमें से कोई नहीं

उत्तर-

(ii) 536 किलो कैलोरी/किग्रा

प्रश्न 23.

किसी पदार्थ को गुप्त ऊष्मा देने पर

(i) गतिज ऊर्जा बढ़ती है।

(ii) स्थितिज ऊर्जा बढ़ती है।

(iii) स्थितिज ऊर्जा कम हो जाती है।

(iv) दोनों प्रकार की ऊर्जाएँ अप्रभावित रहती हैं।

उत्तर-

(ii) स्थितिज ऊर्जा बढ़ती है।

अतिलघु उत्तरीय प्रश्न :

प्रश्न 1.

सेल्सियस पैमाने के उच्चतम बिन्दु का मान क्या होता है?

उत्तर-

सेल्सियस पैमाने के उच्चतम बिन्दु का मान 100°C होता है।

प्रश्न 2.

त्रिक बिन्दु के संगत दाब तथा ताप के मान बताइए।

उत्तर-

दाब 4.58 मिमी तथा ताप 0.01°C.

प्रश्न 3.

तापमापी में जल का उपयोग क्यों नहीं किया जाता? तीन कारण लिखिए।

उत्तर-

(i) जल पारदर्शी है,

(ii) काँच से चिपकता है तथा

(iii) इसका ऊष्मीय प्रसार असमान है।

प्रश्न 4.

स्थिर-आयतन वायु तापमापी का सिद्धान्त बताइए।

उत्तर-

सिद्धान्त किसी गैस का स्थिर आयतन पर दाब गैस के ताप के साथ बदलता है। यदि गैस के एक निश्चित द्रव्यमान के, स्थिर आयतन पर, 0°C, 100°C तथा एक अज्ञात ताप t पर दाब क्रमशः P_0, P_{100} तथा P_t हों तो

$$t = \left(\frac{P_t - P_0}{P_{100} - P_0}\right) \times 100^\circ C$$

प्रश्न 5.

प्रतिरोध तापमापी में प्लेटिनम का तार क्यों प्रयुक्त किया जाता है?

उत्तर-

प्लेटिनम के तार का प्रतिरोध ताप के बढ़ने पर (200°C से 1200°C तक) एकसमान रूप से बढ़ता है, गलनांक ऊँचा होता है तथा यह अन्य पदार्थों से रासायनिक क्रिया नहीं करता।

प्रश्न 6.

समीकरण $R_t = R_0(1 + \alpha t)$ में R प्रतिरोध तथाt ताप है। α का मात्रक बताइए।

उत्तर-

प्रति°C

प्रश्न 7. मानव शरीर का सामान्य ताप क्या होता है?

उत्तर-

मानव शरीर का सामान्य ताप 37°C (98.4°F) होता है।

प्रश्न 8.

सार्वत्रिक गैस नियतांक R का मान क्या होता है?

उत्तर-

सार्वत्रिकं गैस नियतांक R = 8.31 जूल$^{-1}$ मोल$^{-1}$ केल्विन$^{-1}$

प्रश्न 9.

एक परमाणुक गैस के लिए C_v, का मान कितना होता है?

उत्तर-

3/2R.

प्रश्न 10.

आदर्श गैस की स्थिर दाब पर ग्राम-अणुक विशिष्ट ऊष्मा C_p की परिभाषा दीजिए।

उत्तर-

ग्राम-अणुक विशिष्ट ऊष्मा-गैस के 1 ग्राम अणु को मोल कहते हैं। 1 मोल गैस का द्रव्यमान M ग्राम होता है, जहाँ M गैस का अणुभार है। गैस के 1 ग्राम अणु अथवा 1 मोल को स्थिर आयतन पर तथा स्थिर दाब पर 1°C ताप बढ़ाने के लिए क्रमश: Mc_v तथा Mc_pऊष्मा की आवश्यकता होगी। ऊष्मा की इन मात्राओं को ग्राम-अणुक विशिष्ट ऊष्मा कहते हैं तथा इन्हें क्रमश: C_v तथा C_p से व्यक्त करते हैं।

प्रश्न 11.

किसी धातु के रेखीय प्रसार गुणांक तथा क्षेत्रीय प्रसार गुणांक में सम्बन्ध लिखिए।

उत्तर-

$\beta = 2\alpha$.

प्रश्न 12.

किसी ठोस के रेखीय प्रसार गुणांक तथा आयतन प्रसार गुणांक में सम्बन्ध लिखिए।

उत्तर-

$\gamma = 3\alpha$

प्रश्न 13.

रेखीय प्रसार गुणांक, क्षेत्रीय प्रसार गुणांक तथा आयतन प्रसार गुणांक में क्या सम्बन्ध है?

उत्तर-

$\alpha : \beta : \gamma = 1:2:3$.

प्रश्न 14.

ठोस के लिए ऊष्मीय प्रसंगर गुणांक नियत नहीं होता है। क्यों?

उत्तर-

ऊष्मीय प्रसार गुणांक ताप के साथ परिवर्तित होता है क्योंकि कोई भी ठोस वस्तु ऊष्मा पाकर फैल जाती है तथा ठण्डा होने पर सिकुड़ जाती है। इसीलिए किसी भी ठोस वस्तु के लिए ऊष्मीय प्रसार गुणांक नियत नहीं रहता है।

प्रश्न 15.

साधारण काँच की प्लेट अधिक गर्म करने पर चटक जाती है। क्यों?

उत्तर-

साधारण काँच की प्लेट का आयतन प्रसार गुणांक अधिक होता है, इसलिए अधिक गर्म करने पर यह चटक जाती है।

प्रश्न 16.

विशिष्ट ऊष्मा किसकी सबसे अधिक होती है तथा किसकी सबसे कम?

उत्तर-

जल की सर्वाधिक तथा पारे की सबसे कम।।

प्रश्न 17.

पानी की विशिष्ट ऊष्मा जूल के पदों में कितनी होती है।

उत्तर-

4.18 x 10_3 जूल/किग्रा °C

प्रश्न 18.

ऊष्माधारिता का सूत्र लिखिए।

उत्तर-

ऊष्माधारिता = द्रव्यमान x विशिष्ट ऊष्मा।

प्रश्न 19.

स्थिर आयतन पर विशिष्ट ऊष्मा Cυ की परिभाषा दीजिए।

उत्तर-

स्थिर आयतन पर किसी गैस के 1 ग्राम द्रव्यमान का ताप 1°C बढ़ाने के लिए आवश्यक ऊष्मा की मात्रा को उस गैस की स्थिर आयतन पर विशिष्ट ऊष्मा Cυ कहते हैं।

प्रश्न 20.

बर्फ की गलन की गुप्त ऊष्मा का मान बताइए।

उत्तर-

80 कैलोरी/ग्राम।

प्रश्न 21.

जल की वाष्पन की गुप्त ऊष्मा का मान बताइए।

उत्तर-

536 कैलोरी/ग्राम।।

प्रश्न 22.

बर्फ के गलन की गुप्त ऊष्मा 80 कैलोरी/ग्राम है। इसका मान जूल/किग्रा में लिखिए।

उत्तर-

3.36 x 10^5 जूल/किग्रा।

प्रश्न 23.

गलनांक पर अपद्रव्यों का क्या प्रभाव पड़ता है?

उत्तर-

गलनोक कम हो जाता है।

प्रश्न 24.

कैलोरीमिति का क्या सिद्धान्त है?

उत्तर-

ऊष्मा का प्रवाह सदैव ऊँचे ताप वाली वस्तु से नीचे ताप वाली वस्तु में होता है और यह प्रक्रिया तब तक चलती है जब तक कि दोनों वस्तुओं के ताप समान नहीं हो जाते। इस क्रिया में बाहर से ऊष्मा का आदान-प्रदान न हो तो एक वस्तु द्वारा दी गई ऊष्मा, दूसरी वस्तु द्वारा ली गई ऊष्मा के बराबर होगी। यही कैलोरीमिति का सिद्धान्त है। इस सिद्धान्त के अनुसार, गर्म वस्तु द्वारा दी गई ऊष्मा = ठण्डी वस्तु द्वारा ली गई ऊष्मा।

लघु उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1.

रेखीय प्रसार गुणांक की परिभाषा तथा मात्रक लिखिए।

या रेखीय प्रसार गुणांक (α) का अर्थ समझाइए।

उत्तर-

रेखीय प्रसार गुणांक (Coefficient of linear expansion)-माना किसी छड़ की एक निश्चित ताप t पर लम्बाई L है तथा उसके ताप में ΔT की वृद्धि करने पर लम्बाई में ΔL की वृद्धि हो जाती है। किसी ठोस वस्तु को गर्म करने पर उसकी लम्बाई में वृद्धि निम्न बातों पर निर्भर करती है–

(i) छड़ की प्रारम्भिक लम्बाई पर-लम्बाई में वृद्धि छड़ की प्रारम्भिक लम्बाई (L) के अनुक्रमानुपाती होती है। अर्थात्

$\Delta L \propto L$

(ii) छड़ के ताप में वृद्धि पर लम्बाई में वृद्धि ΔL छड़ के ताप में वृद्धि ΔT के अनुक्रमानुपाती होती

अर्थात $\Delta L \propto \Delta L$

उपर्युक्त दोनों तथ्यों को एक साथ लिखने पर,

$\Delta L \propto L\Delta T$

अथवा ΔL = α LΔT ...(1)

जहाँ α (ऐल्फा) एक नियतांक है। यह छड़ के पदार्थ का "रेखीय प्रसार गुणांक' कहलाता

है।

∴ समी० (1) से $$\alpha = \frac{\Delta L}{L \times \Delta t}$$ ...(2)

अर्थात् $$\text{रेखीय प्रसार गुणांक} = \frac{\text{लम्बाई में वृद्धि}}{\text{प्रारम्भिक लम्बाई} \times \text{ताप-वृद्धि}}$$

यदि $L = 1$ मीटर तथा $\Delta t = 1°C$ हो, तो उपर्युक्त सूत्र (2) से

$$\alpha = \Delta L$$

किसी पदार्थ का रेखीय प्रसार गुणांक, लम्बाई में उस वृद्धि के बराबर होता है, जब उसकी एकांक लम्बाई का ताप 1°C बढ़ाते हैं।

यह छड़ के पदार्थ पर भी निर्भर करता है। यदि विभिन्न पदार्थों की समान छड़ों को समान ताप तक गर्म किया जाये तो उनकी लम्बाई में वृद्धि भिन्न-भिन्न होती है। उपर्युक्त सूत्र (2) से रेखीय प्रसार गुणांक का मात्रक =

$$\frac{\text{मीटर}}{\text{मीटर} \times {}^\circ C} = {}^\circ C^{-1}$$

अत: रेखीय प्रसार गुणांक का मात्रक प्रति डिग्री सेल्सियस होता है।

प्रश्न 2.

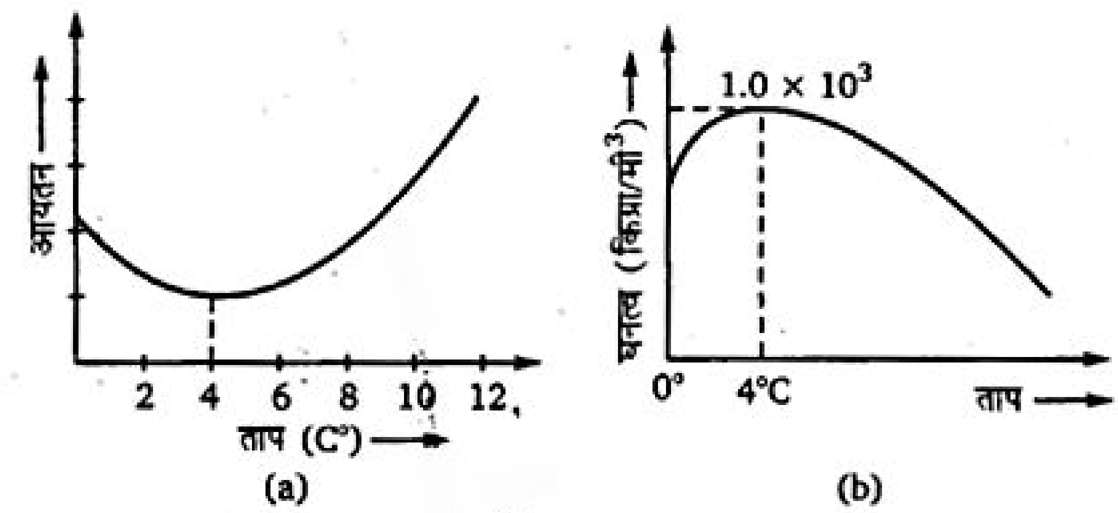
आयतन प्रसार गुणांक की परिभाषा दीजिए तथा जल के असंगत प्रसार की व्याख्या कीजिए।

उत्तर-

आयतन प्रसार गुणांक-—किसी वस्तु का आयतन प्रसार गुणांक उसके आयतन में वृद्धि के बराबर होता है जब उसके एकांक आयतन का ताप 1°C बढ़ाया जाता है। आयतन प्रसार गुणांक को मात्रक प्रति डिग्री सेल्सियस होता है।

$$\text{आयतन प्रसार गुणांक } (\gamma) = \frac{\text{आयतन में वृद्धि}}{\text{प्रारम्भिक आयतन} \times \text{ताप-वृद्धि}}$$

जल का असंगत प्रसार–प्राय: सभी द्रवों का आयतन ताप बढ़ने से बढ़ता है परन्तु जब जल को 0°C से 4°C तक गर्म किया जाता है, तो उसका आयतन (बढ़ने की बजाय घटता है तथा 4°C के पश्चात् फिर जल का आयतन बढ़ने लगता है [चित्र 11.1 (a)]। 4C पर जल का आयतन न्यूनतम होता है; अतः 4°C पर जल का घनत्व अधिकतम होता है। जल के अधिकतम घनत्व का मान 1.0000 x 10^3 किग्रा/मीटर^{3}है। जल के घनत्व तथा ताप का ग्राफ चित्र 11.1(b) में प्रदर्शित है।



चित्र 11.1

स्पष्टत: 0°C से 4°C तक जल का प्रसार असामान्य होता है, परन्तु 4°C से ऊपर के तापों पर इसका प्रसार सामान्य होता है।

प्रश्न 3.

रेखीय प्रसार गुणांक (α) तथा क्षेत्रीय प्रसार गुणांक (β) में सम्बन्ध स्थापित कीजिए।

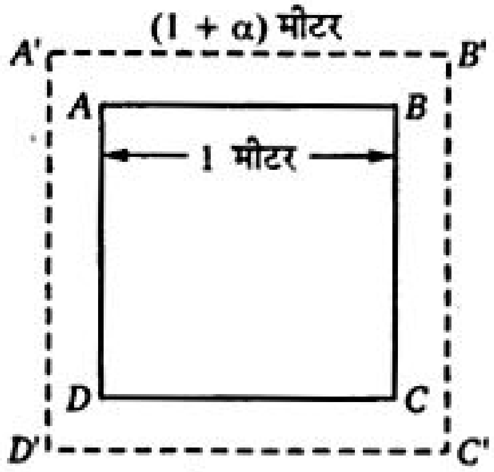
उत्तर-

रेखीय प्रसार गुणांक (α) तथा क्षेत्रीय प्रसार गुणांक (β) में सम्बन्ध-

माना किसी वस्तु की एक वर्गाकार पटल ABCD है, जिसकी प्रत्येक भुजा की लम्बाई 1 मीटर है। इसका प्रारम्भिक क्षेत्रफल 1 मीटर होगा। पदार्थ का रेखीय प्रसार गुणांक α है। माना वर्गाकार पटल के ताप में 1°C की वृद्धि की जाती है। तब इस नये ताप पर

पटल की प्रत्येक भुजा = $(1 + \alpha)$ मीटर

पटल का क्षेत्रफल = $(1 + \alpha)^2$ मीटर^2



चित्र 11.2

पटल के क्षेत्रफल में वृद्धि, $\Delta A = (1 + \alpha)^2 - 1$

$$= 1 + 2\alpha + \alpha^2 - 1 = \alpha^2 + 2\alpha$$

क्योंकि रेखीय प्रसार गुणांक α का मान 1 से बहुत कम होता है, इसलिए α^2 का मान और भी कम होगा। अत: उपर्युक्त समीकरण में 2α की तुलना में α^2 को नगण्य मानकर छोड़ा जा सकता है।

तब पटल के क्षेत्रफल में वृद्धि $= 2\alpha$

$$\therefore \quad \beta = \frac{\text{क्षेत्रफल में वृद्धि}}{\text{प्रारम्भिक क्षेत्रफल} \times \text{ताप-वृद्धि}} = \frac{2\alpha}{1 \times 1} \quad \text{अर्थात } \beta = 2\alpha$$

प्रश्न 4.

वास्तविक तथा आभासी प्रसार गुणांकों में सम्बन्ध स्थापित कीजिए।

उत्तर-

वास्तविक तथा आभासी-प्रसार-गुणांकों में सम्बन्ध- माना कि काँच के एक बर्तन में कोई द्रव भरा है जिसका आयतन V है। माना कि बर्तन को गर्म करके द्रव के ताप में Δt की वृद्धि की जाती है। तब

द्रव के आयतन में वास्तविक वृद्धि $= \gamma_r \times V \times \Delta t$

द्रव के आयतन में आभासी वृद्धि $= \gamma_a \times V \times \Delta t$

तथा बर्तन के आयतन में वृद्धि $= \gamma_g \times V \times \Delta t$

जहाँ γ_g काँच का आयतन-प्रसार-गुणांक है। परन्तु

आयतन में वास्तविक वृद्धि = आयतन में आभासी वृद्धि + बर्तन के आयतन में वृद्धि

अथवा $\gamma_r \times V \times \Delta t = \gamma_a \times V \times \Delta t + \gamma_g \times V \times \Delta t$

$\therefore \quad \gamma_r = \gamma a + \gamma_g$

अत: किसी द्रव को वास्तविक प्रसार गुणांक उस द्रव के आभासी-प्रसार गुणांक तथा बर्तन के पदार्थ के आयतन प्रसार गुणांक के योग के बराबर होता है।

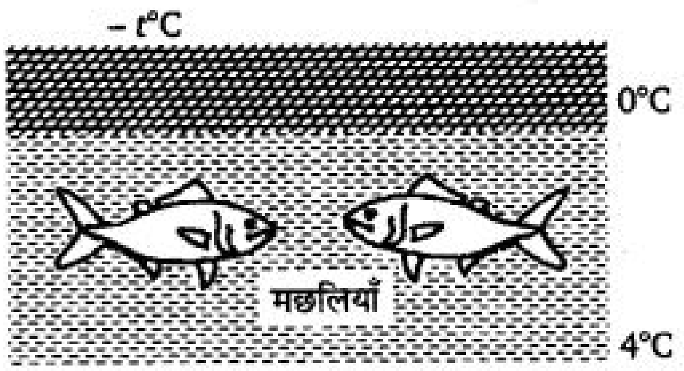
प्रश्न 5.

ठण्डे प्रदेशों में तालाबों के जम जाने पर भी उसमें मछलियाँ जीवित कैसे रहती हैं?

उत्तर-

ठण्डे प्रदेशों में सर्दी के दिनों में वायुमण्डल का ताप 0C से भी कम रहता है। अत: वहाँ तालाबों में जल जमने लगता है परन्तु 4°C पर जल का घनत्व अधिकतम होने के कारण नीचे को जल 4°C बना रहता है। तापमान के 0°C पहुँचने पर तालाब की ऊपरी सतह पर बर्फ जम जाती है (चित्र 11.3)। बर्फ के सम्पर्क में जो जले होता है, उसका ताप 0°C रहता है। बर्फ ऊष्मा की कुचालक है; अत: नीचे से ऊष्मा ऊपर की ओर अत्यन्त ॐ मछलियाँ । धीरे-धीरे संचरित होती है, फलस्वरूप नीचे का ताप भी । 4°C ही बना रहता है। इस प्रकार इस जल में मछलियाँ तथा

अन्य जल के जन्तु जीवित रहते हैं।



चित्र 11.3

प्रश्न 6.

रेल की पटरियों के बीच खाली स्थान क्यों छोड़ा जाता है?

उत्तर-

रेल की पटरियों को बिछाते समय उनके बीच कुछ रिक्त स्थान छोड़ दिया जाता है, जिससे कि गर्मी के दिनों में ताप बढ़ने पर पटरियों को फैलने के लिए स्थान मिल सके। यदि पटरियाँ सटाकर बिछा दी जाएँ, तो गर्मियों में फैलने के कारण पटरियाँ तिरछी हो जायेंगी, जिससे रेल दुर्घटना हो सकती है।

प्रश्न 7.

सर्दियों की रातों में जल के पाइप कभी-कभी फट जाते हैं, क्यों?

उत्तर-

क्योंकि 0°C पर बर्फ का आयतन जल के आयतन से अधिक होता है, अतः सर्दी की रातों में जब वायुमण्डल का ताप 0°C से कम हो जाता है, तो पाइप में उपस्थित जल जमकर बर्फ में बदल जाता है। बर्फ बनने पर आयतन बढ़ता है, परन्तु आयतन प्रसार के लिए स्थान उपलब्ध न होने के कारण पाइप की सतह पर अन्दर से दबाव बढ़ता है, जिससे वे फट जाते हैं।

प्रश्न 8.

समतापीय तथा रुद्धोष्म प्रक्रमों में क्या अन्तर है?

उत्तर-

समतापीय तथा रुद्धोष्म प्रक्रमों में अन्तर ।

समतापीय प्रक्रम	रुद्धोष्म प्रक्रम
• इस प्रक्रम में ताप नियत रहता है। ($\Delta T = 0$)	• इस प्रक्रम में ऊष्मा का आदान-प्रदान नहीं होता ($\Delta Q = 0$) परन्तु ताप बदलता है।
• इस प्रक्रम में आन्तरिक ऊर्जा नियत रहती है। ($\Delta U = 0$)	• इस प्रक्रम में आन्तरिक ऊर्जा बदल जाती है।
• यह प्रक्रम बहुत धीरे-धीरे होता है।	• यह प्रक्रम बहुत शीघ्रता से होता है।
• इस प्रक्रम में निकाय किसी पूर्ण चालक पदार्थ से घिरा होता है।	• इस प्रक्रम में निकाय बाह्य वातावरण से पूर्णतः ऊष्मारोधी होता है।
• इस प्रक्रम में गैस बॉयल के नियम (PV = नियतांक) का पालन करती है।	• इस प्रक्रम में गैस पॉयसन के नियम (PV^{γ} = नियतांक) का पालन करती है।
• इस प्रक्रम में समतापी वक्र का ढलान = $-\left(\frac{P}{V}\right)$ होता है।	• इस प्रक्रम में रुद्धोष्म वक्र का ढलान = $-\gamma\left(\frac{P}{V}\right)$ होता है।
• इस प्रक्रम में गैस की विशिष्ट ऊष्मा अनन्त होती है।	• इस प्रक्रम में गैस की विशिष्ट ऊष्मा शून्य होती है।

प्रश्न 9.

वाष्पन तथा क्वथन में अन्तर स्पष्ट कीजिए।

उत्तर-

घाष्पन तथा क्वथन में अन्तर

वाष्पन	क्वथन
• वाष्पन की क्रिया धीमे-धीमे होती है।	• क्वथन की क्रिया तीव्र गति से होती है।
• वाष्पन की क्रिया द्रव के तल के ऊपर होती है।	• क्वथन की क्रिया पूरे जल के अन्दर होती है।
• यह क्रिया आँख से दिखाई नहीं देती है।	• यह क्रिया बुलबुलों के रूप में दिखायी देती है।
• इस क्रिया में कोई ध्वनि नहीं होती है।	• इस क्रिया में ध्वनि उत्पन्न होती है।

विस्तृत उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1.

क्षेत्रीय प्रसार गुणांक (β) तथा आयतन प्रसार गुणांक (γ) का अर्थ समझाइए। α β एवं γ में सम्बन्ध स्थापित कीजिए।

उत्तर-

क्षेत्रीय प्रसार गुणांक-माना किसी आयताकार पटल का क्षेत्रफल A है तथा गर्म करके, इसके ताप में Δt की वृद्धि करने पर क्षेत्रफल में वृद्धि ΔA होती है। प्रयोगों द्वारा यह पाया गया है कि क्षेत्रफल में वृद्धि

(i) प्रारम्भिक क्षेत्रफल के अनुक्रमानुपाती होती है अर्थात् $\Delta A \propto A$

(ii) ताप में वृद्धि के अनुक्रमानुपाती होती है अर्थात् $\Delta A \propto \Delta T$

उपर्युक्त दोनों तथ्यों को एक साथ लिखने पर ।

$\Delta A \propto A\Delta T$ अथवा

$\Delta A = \beta . A\Delta T$...(1)

यहाँ β (बीटा) एक नियतांक है जिसे पटल के पदार्थ का क्षेत्रीय प्रसार गुणांक कहते हैं। इसका मान अन्य किसी राशि (जैसे-आकार या आकृति) पर निर्भर नहीं करता, बल्कि केवल पदार्थ की प्रकृति पर निर्भर करता है।

उपर्युक्त समी०,(1) से, $$\beta = \frac{\Delta A}{A \times \Delta T} \quad ...(2)$$

अर्थात् $$\beta = \frac{\text{क्षेत्रफल में वृद्धि}}{\text{प्रारम्भिक क्षेत्रफल} \times \text{ताप-वृद्धि}}$$

यदि $A = 1$, $\Delta t = 1°C$ हो, तो उपर्युक्त सूत्र (2) से,

$$\beta = \Delta A$$

अत: किसी पदार्थ के पटल (lamina) के एकांक क्षेत्रफल का ताप 1°c बढ़ाने पर उसके क्षेत्रफल में जो वृद्धि होती है उसे उसे पदार्थ का क्षेत्रीय प्रसार गुणांक कहते हैं।

क्षेत्रीय प्रसार गुणांक (β) का मात्रक भी प्रति °c होता है।

आयतन प्रसार गुणांक- प्रयोगों द्वारा पाया गया कि किसी ठोस के आयतन में वृद्धि (i) उसके प्रारम्भिक आयतन v के तथा (ii) ताप में वृद्धि Δt के अनुक्रमानुपाती होती है अर्थात् यदि किसी वस्तु का प्रारम्भिक आयतन V हो तथा उसके ताप में ΔT वृद्धि करने पर उसके आयतन में ΔV की वृद्धि हो, तो उपर्युक्त तथ्यों के आधार पर

$$\Delta V \propto V \times \Delta T$$

अथवा $$\Delta V = \gamma \times V \times \Delta T \quad ...(3)$$

जहाँ γ (गामा) एक नियतांक है; जिसे ठोस के पदार्थ का आयतन प्रसार गुणांक कहते हैं।

अतः समी० (3) से आयतन प्रसार गुणांक

$$\gamma = \frac{\Delta V}{V \times \Delta T} \quad ...(4)$$

अर्थात् $$\text{आयतन प्रसार गुणांक } (\gamma) = \frac{\text{आयतन में वृद्धि}}{\text{प्रारम्भिक क्षेत्रफल} \times \text{ताप-वृद्धि}}$$

यदि उपर्युक्त सूत्र (4) में $V = 1$ मी^{3} तथा $\Delta T = 1°C$ तो $\gamma = \Delta V$

अतः किसी वस्तु का आयतन प्रसार गुणांक उसके आयतन में वृद्धि के बराबर होता है जब उसके एकांक आयतन का ताप 1°C बढ़ाया जाता है।

आयतन प्रसार गुणांक को मात्रक प्रति डिग्री सेल्सियस होता है।

रेखीय, क्षेत्रीय और आयतन प्रसार गुणांक में सम्बन्ध

हम जानते हैं कि

$\beta = 2\alpha$, $\gamma = 3\alpha$

अतः $\alpha : \beta : \gamma = \alpha : 2\alpha : 3\alpha$

$\alpha : \beta : \gamma = 1 : 2 : 3$

प्रश्न 2.

इस्पात तथा ताँबे की छड़ों की लम्बाइयाँ क्या होनी चाहिए जिससे कि सभी तापों पर इस्पात की छड़ ताँबे की छड़ से 5 सेमी बड़ी हो? इस्पात का रेखीय-प्रसार-गुणांक $1.1 \times 10^{5}°C^{-1}$ तथा ताँबे का $1.7 \times 10^{-5}°C^{-1}$ है।

हल-

माना इस्पात की छड़ की लम्बाई l_s तथा ताँबे की छड़ की लम्बाई l_c है। सभी तापों पर,

$l_s - l_c = 5$

सेमी ऐसा तब ही सम्भव है, जब किसी भी ताप-परिवर्तन ΔT के लिए, दोनों छड़ों में परिवर्तन समान हो अर्थात्

$$\alpha_s l_s \Delta T = \alpha_c l_c \Delta T$$

अथवा $$l_s = \frac{\alpha_c}{\alpha_s} \times l_c = \frac{1.7 \times 10^{-5} \,°C^{-1}}{1.1 \times 10^{-5} \,°C^{-1}} \times l_c = \frac{17}{11} l_c$$

l_s का यह मान,समीकरण (1) में रखने पर,

$$\frac{17}{11} l_c - l_c = 5 \text{ सेमी} \quad \text{अथवा} \quad l_c = 5 \text{ सेमी} \times \frac{11}{6} = \mathbf{9.17 \text{ सेमी}}$$

तथा

$$l_s = l_c + 5 \text{ सेमी} = 9.17 \text{ सेमी} + 5 \text{ सेमी} = \mathbf{14.17 \text{ सेमी}}$$

प्रश्न 3.

रुद्धोष्म प्रक्रम क्या है? रुद्रोष्म प्रक्रम में आदर्श गैस के लिए परमताप 'T' एवं दाब 'P' में सम्बन्ध स्थापित कीजिए।

उत्तर-

रुद्धोष्म प्रक्रम-जब किसी ऊष्मागतिक निकाय में परिवर्तन इस प्रकार होता है कि सम्पूर्ण प्रक्रम में निकाय तथा बाह्य वातावरण के बीच ऊष्मा का आदान-प्रदान नहीं होता तो इस प्रकार के प्रक्रम को 'रुद्धोष्म अथवा स्थिरोष्म प्रक्रम' कहते हैं।

आदर्श गैस के लिए परमताप T एवं दाब P में सम्बन्धमाना आदर्श गैस के 1 ग्राम-अणु (1 मोल) का दाब P, परमताप T तथा आयतन V है। माना कि गैस में बहुत थोड़ा-सा 'रुद्धोष्म' प्रसार होता है जिसमें कि यह बाह्य कार्य करती हैं। चूँकि गैस के भीतर बाहर से ऊष्मा को नहीं आने दिया जाता है, अत: बाह्य कार्य करने के लिए गैस अपनी ऊष्मा (आन्तरिक ऊर्जा) को ही प्रयुक्त करेगी। फलतः, किसी किए गये कार्य के तुल्य गैस की आन्तरिक ऊर्जा कम हो जायेगी जिससे गैस का ताप गिर जायेगा। अत: यदि गैस की

आन्तरिक ऊर्जा में होने वाली कमी dU हो तथा किया गया बाह्य कार्य dW हो, तो ऊष्मागतिकी के प्रथम नियम के अनुसार,

dU + dW = 0 …(1)

माना कि रुद्धोष्म प्रसार के कारण गैस का आयतन V से V + dV तक बढ़ जाता है तथा ताप T से T − dT तक गिर जाता है (गैस के दाब P को स्थिर मान सकते हैं क्योंकि आयतन में परिवर्तन बहुत कम हुआ है)। तब, गैस द्वारा किया गया बाह्य कार्य

dW = P dV …(2)

चूँकि एक आदर्श गैस के अणु परस्पर आकर्षित नहीं करते, अत: इसकी आन्तरिक ऊर्जा पूर्णतया अणुओं की गतिज ऊर्जा ही है तथा केवल गैस के ताप पर निर्भर करती है। अत: गैस का ताप dT गिरने पर इसकी आन्तरिक ऊर्जा में होने वाली कमी गैस से ली गई ऊष्मा के तुल्य होगी, अर्थात् ।

dU = Cυ dT …(3)

जहाँ, Cυ गैस की स्थिर आयतन पर ग्राम-अणुक विशिष्ट ऊष्मा है। समी० (2) तथा (3) से dW तथा dU के मान समी० (1) में रखने पर,

$$C_v\ dT + P\ dV = 0 \qquad \ldots(4)$$

अब, 1 ग्राम-अणु आदर्श गैस के लिए,

$$PV = RT$$

जहाँ R सार्वत्रिक गैस-नियतांक है। इसे अवकलित करने पर

$$P\ dV + V\ dP = R\ dT$$

अथवा

$$dT = \frac{P\ dV + V\ dP}{R}$$

dT के इस मान को समी० (4) में रखने पर,

$$C_v\ \frac{P\ dV + V\ dP}{R} + P\ dV = 0$$

अथवा

$$C_v\ (P\ dV + V\ dP) + RP\ dV = 0$$

मेयर के सूत्र $R = C_p - C_v$ से

$$\therefore \quad C_v\ (P\ dV + V\ dP) + (C_p - C_v)\ P\ dV = 0$$

अथवा

$$C_v\ V\ dP + C_p\ P\ dV = 0$$

$C_v\ P\ V$ से भाग करने पर,

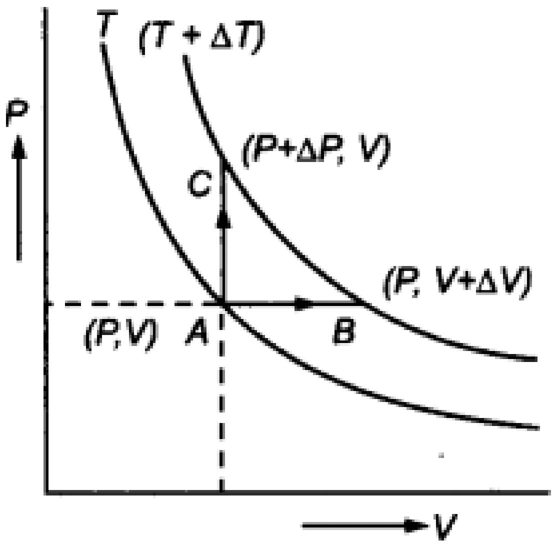
$$\frac{dP}{P} + \frac{C_p}{C_v}\frac{dV}{V} = 0 \quad \text{अथवा} \quad \frac{dP}{P} + \gamma\frac{dV}{V} = 0$$

प्रश्न 4.

C_p तथा C_v का अर्थ समझाइए। किसी आदर्श गैस के लिए सिद्ध कीजिए कि $C_p - C_v = R$, जहाँ प्रतीकों के सामान्य अर्थ हैं।

उत्तर-

साधारणत: किसी गैस की दो विशिष्ट ऊष्माएँ होती हैं। एक । तो वह जो गैस को ऊष्मा देते समय उसका आयतन स्थिर रखकर उसके दाब को बढ़ने दिया गया हो (अर्थात् गैस का प्रसार न होने दिया गया हो) तथा दूसरी वह जो ऊष्मा देते समय गैस का दाब स्थिर रखकर उसके आयतन को बढ़ने दिया गया हो (अर्थात् गैस का स्थिर दाब पर प्रसार होने दिया गया हो)। इन्हें क्रमश: गैस की 'स्थिर आयतन पर विशिष्ट ऊष्मा' तथा 'स्थिर दाबे पर विशिष्ट ऊष्मा' कहते हैं।



चित्र 11.4

स्थिर दाब पर ग्राम-अणुक विशिष्ट ऊष्मा(C_p) – स्थिर दाब पर, किसी गैस के 1 ग्राम-अणु द्रव्यमान का ताप 1°C बढ़ाने के। लिए जितनी ऊष्मा की आवश्यकता होती है, उसे स्थिर दाब पर गैस की ग्राम-अणुक विशिष्ट ऊष्मा (C_p) कहते हैं।

$C_p = MC_p$ (जहाँ, M = अणुभार)

स्थिर आयतन पर ग्राम-अणुळे विशिष्ट ऊष्मा ($C_υ$)-स्थिर आयतन पर किसी गैस के 1 ग्राम-अणु द्रव्यमान का ताप 1°C बढ़ाने के लिए आवश्यक ऊष्मा की मात्रा को उस गैस की स्थिर आयतन पर ग्राम-अणुक विशिष्ट ऊष्मा ($C_υ$) कहते हैं।

$C_υ = MC_υ$ (जहाँ M = अणुभार)

मेयर के सूत्र $C_p – C_υ = R$ की व्युत्पत्ति-माना आदर्श गैस के 1 ग्राम-अणु या एक मोल का दाब, ताप व आयतन क्रमशः P, T व V हैं। गैस की यह अवस्था ताप T पर खींचे गए एक समतापीय वक्र के बिन्दु A से प्रदर्शित है।

माना गैस का आयतन स्थिर रखते हुए उसका ताप AT बढ़ाया गया, जिसके कारण यह अवस्था A से C में चली जाती है। ऊष्मागतिकी के प्रथम नियम से प्रक्रम A →C में गैस की आन्तरिक ऊर्जा में परिवर्तन

$U_c - U_A = ΔU = Q – W$

जहाँ Q गैस द्वारा ली गई ऊष्मा तथा W गैस द्वारा कृत-कार्य है। चूंकि इस प्रक्रम में आयतन नियत है।

($ΔV = 0$), अतः $W = P X ΔV = 0$ तथा $Q = C_υ ΔT$

इसलिए $U_c – U_A = C_υ ΔT$ ...(1)

माना गैस को पुनः अवस्था A में वापस लाया जाता है फिर नियत दाब पर इसका ताप T से T + ΔT कर दिया जाता है, जिससे कि गैस अवस्था A से B में चली जाती है। अत: A → B में आन्तरिक ऊर्जा में परिवर्तन

$U_B – U_A = ΔU = Q – W$

चूँकि इस प्रक्रम में आयतन में परिवर्तन ΔV होता है।

अतः इस प्रक्रम में किया गया कार्य $W = P\Delta V$

तथा $Q = C_p\Delta t$

$U_B - U_A = C_p\Delta T - P\Delta V$ ..(2)

प्रक्रम A → B के लिए प्रारम्भिक अवस्था A में गैस का आयतन V व परमताप T है तथा अन्तिम अवस्था B में गैस का आयतन $(V + \Delta V)$ तथा परमताप $(T + \Delta T)$ हो जाता है, जबकि दाब P नियत रहता है। अत: अवस्था A व B के लिए आदर्श गैस समीकरण से

$PV = RT$ (अवस्था A के लिए) ...(3)

$P(V + \Delta V) = R(T + \Delta T)$ (अवस्था B के लिए) ..(4)

समी० (4) में से समी० (3) को घटाने पर,

$P\Delta V = R\Delta T$ ...(5)

समी० (5) तथा समी० (2) से,

$U_B - U_A = C_p\Delta T - R\Delta T$ ...(6)

चूंकि प्रक्रम A → B तथा A →C में गैस के ताप में परिवर्तन ΔT होता है तथा आदर्श गैस की आन्तरिक ऊर्जा केवल ताप पर निर्भर करती है। अत: इन दोनों प्रक्रमों में आन्तरिक ऊर्जा में समान परिवर्तन होगा। अर्थात् ।

$U_C - U_A = U_B - U_A$

समी० (1) व समी० (6) से,

$C_v\Delta T = C_p\Delta T - R\Delta T$

दोनों पक्षों में ΔT से भाग देने पर

$$C_v = C_p - R$$

या
$$\boldsymbol{C_p - C_v = R}$$

यह सूत्र **मेयर का सूत्र** कहलाता है।

जहाँ $\gamma\,(C_p/C_v)$ गैस की ग्राम-अणुक विशिष्ट ऊष्माओं का अनुपात है। इस समीकरण का समाकलन करने पर,

$$\log P + \gamma \log V = \text{नियतांक}$$

प्रति लघुगणक (antilog) लेने पर,

$$\boldsymbol{PV^{\gamma} = \text{नियतांक}}$$

यह आदर्श गैस के लिए दाब तथा आयतन के बीच रुद्धोष्म सम्बन्ध है।

ताप तथा आयतन के बीच रुद्धोष्म सम्बन्ध—उपर्युक्त समी॰ में $P = RT/V$ रखने पर,

$$\frac{RT}{V} V^{\gamma} = \text{नियतांक}$$

अथवा
$$\boldsymbol{TV^{\gamma - 1} = \text{नियतांक}} \qquad (\because R \text{ भी नियतांक है})$$

इसी प्रकार, उपर्युक्त समी॰ में $V = RT/P$ रखने पर,

$$P\,(RT/P)^{\gamma} = \text{नियतांक}$$

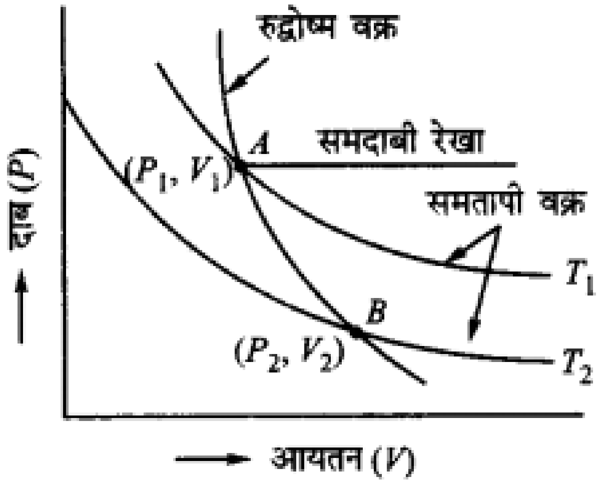
अथवा
$$\boldsymbol{\frac{T^{\gamma}}{P^{\gamma - 1}} = \text{नियतांक}}$$

प्रश्न 5.

समतापी एवं रुद्रोष्म प्रक्रम के लिए दाब-आयतन ग्राफ खींचिए। इनमें किस वक्र का ढलान अधिक होता है? इसका कारण दीजिए।

उत्तर-

समतापी एवं रुद्धोष्म प्रक्रम के लिए दाब-आयतन ग्राफ—चित्र 11.5 में किसी आदर्श गैस के एक निश्चित द्रव्यमान के लिए, दो स्थिर तापों T1 व T2 पर समतापी वक्र खींचे गये हैं। माना कि गैस के प्रारम्भिक दाब, आयतन व ताप क्रमशः P1,V1 व T1, हैं। गैस की यह अवस्था चित्र 11.5 में बिन्दु A के द्वारा प्रदर्शित है जो कि T1 ताप वाले समतापी वक्र पर स्थित है। यदि हम गैस के ताप को T1 पर ही स्थिर रखते हुए इसका 'समतापी' प्रसार (isothermal expansion) करें तो इसकी अवस्थाएँ इसी वक्र पर विभिन्न बिन्दुओं द्वारा प्रदर्शित होंगी।



चित्र 11.5

रुद्धोष्म वक्र परन्तु यदि गैस का अवस्था A से रुद्धोष्म प्रसार करें (जिससे कि यह बाहर से ऊष्मा नहीं ले सकती) तो दाब के साथ-साथ इसका ताप भी गिर जायेगा। माना कि गैस के अन्तिम

आयतन व ताप क्रमशः P2, V2, व T2, हो जाते हैं। गैस की यह अवस्था बिन्दु B द्वारा प्रदर्शित होगी जो कि ताप T2, वाले । समतापी वक्र पर स्थित है। चूंकि गैस की अवस्था A से अवस्था B तक रुद्धोष्म प्रसार हुआ है, अत: बिन्दु A व B को मिलाने वाला वक्र AB रुद्धोष्म वक्र होगा।

यदि हम गैस के दाब को स्थिर रखते हुए उसे गर्म करें तो गैस का प्रसार चार्ल्स के नियम के अनुसार होगा। इस दशा में गैस का दाब-आयतन वक्र (P-V curve) एक सरल रेखा के रूप में होगा। इसे 'समदाबी रेखा' कहते हैं तथा यह आयतन-कक्ष के समान्तर होती है। (चित्र 11.5)। दूसरे शब्दों में, समदाबी रेखा का आयतन-अक्ष से ढलान (slope) शून्य है।

समतापी तथा रुद्धोष्म वक्रों की तुलना से यह स्पष्ट है कि रुद्धोष्म वक्र का ढलान समतापी वक्र के ढलान से अधिक है। इसका कारण यह है कि गैस के समतापी तथा रुद्धोष्म दोनों प्रसारों में गैस का दाब गिरता है, परन्तु गैस के दाब में होने वाली. उतनी ही गिरावट के लिए, गैस के आयतन में रुद्धोष्म प्रसार के समय होने वाली वृद्धि, समतापी प्रसार के समय होने वाली वृद्धि की अपेक्षा कम होती है क्योंकि रुद्धोष्म प्रसार में गैस का ताप भी गिर जाता है।

आदर्श गैस के लिए, रुद्धोष्मं वक़ का ढलान समतापी वक़ के ढलान से γ गुना अधिक होता है-

आदर्श गैस के समतापी वक्र की समीकरण निम्न है

$$PV = \text{नियतांक}$$

इसे अवकलित करने पर,

$$P\,dV + V\,dP = 0$$

अथवा
$$\frac{dP}{dV} = -\frac{P}{V}$$

अत: समतापी वक्र के बिन्दु (P_1, V_1) पर ढलान

$$\left(\frac{dP}{dV}\right)_{\text{समतापी}} = -\frac{P_1}{V_1} \quad \ldots(1)$$

आदर्श गैस के रुद्धोष्म वक्र का समीकरण PV^{γ} = नियतांक को अवकलित करने पर, जहाँ $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$.

$$dP\,V^{\gamma} + P\gamma\,V^{\gamma-1}\,dV = 0$$

अथवा
$$\frac{dP}{dV} = -\gamma\left[\frac{PV^{\gamma-1}}{V^{\gamma}}\right] = -\gamma\left[\frac{P}{V}\right]$$

अत: रुद्धोष्म वक्र के बिन्दु (P_1, V_1) पर ढलान

$$\left(\frac{dP}{dV}\right)_{\text{रुद्धोष्म}} = -\gamma\left[\frac{P_1}{V_1}\right] \quad \ldots(2)$$

समीकरण (2) को समीकरण (1) से भाग करने पर,

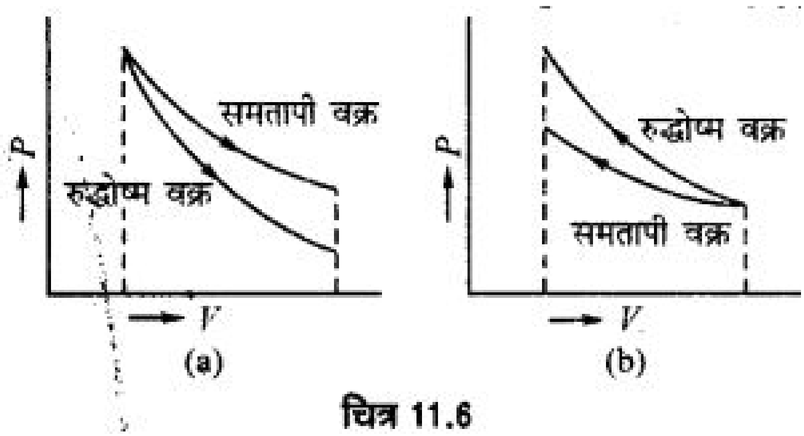
$$\frac{\left(\frac{dP}{dV}\right)_{\text{रुद्धोष्म}}}{\left(\frac{dP}{dV}\right)_{\text{समतापी}}} = \gamma$$

अर्थात्
$$\frac{\text{रुद्धोष्म वक्र का ढलान}}{\text{समतापी वक्र का ढलान}} = \gamma$$

γ का मान सदैव 1 से अधिक होता है, एक-परमाणुक गैस के लिए 1.67, द्वि-परमाणुक गैस के लिए 1.41. तथा बहुपरमाणुक गैस के लिए 1.33. अत: किसी बिन्दु पर रुद्धोष्म वक्र ढलान उस बिन्दु पर समतापी वक्र के ढलान से अधिक होता है। किसी रुद्धोष्म प्रक्रम में γ का मान जितना अधिक होगा, रुद्धोष्म वक्र का ढलान उतना ही अधिक होगा। द्वि-परमाणुक गैस की अपेक्षा, एक-परमाणुक गैस के रुद्धोष्म वक्र का ढलान अधिक होता है।

ढलान अधिक होने के कारण

(i) गैस के प्रसार में रुद्धोष्म वक्र समतापी वक्र के नीचे होगा [चित्र 11.6 (a)]।



चित्र 11.6

(ii) गैस के संकुचन में रुद्धोष्म वक्र समतापी वक्र से ऊपर होगा [चित्र 11.6 (b)]]

प्रश्न 6.

समतापीय प्रक्रम की एक अवस्था A(P1, V1) से दूसरी अवस्था B(P2, V2) तक परिवर्तन में कृत कार्य का व्यंजक लिखिए।

उत्तर-

समतापीय प्रक्रम-जब किसी ऊष्मागतिक निकाय में कोई भौतिक परिवर्तन इस प्रकार हो कि सम्पूर्ण प्रक्रम में निकाय का ताप स्थिर बना रहे, समतापीय प्रक्रम कहलाता है। समतापीय प्रक्रम में आदर्श गैस द्वारा कृत कार्य (Work done by an ideal gas in isothermal process)-जब किसी गैस के आयतन में समतापी प्रसार होता है तो गैस द्वारा कार्य किया जाता है। माना कि ॥ मोल आदर्श गैस एक स्थिर परमताप T पर प्रारम्भिक आयतन V; से अन्तिम आयतन V, तक प्रसारित होती है। तब, गैस द्वारा किया गया बाह्य कार्य

$$W = \int_{V_i}^{V_f} P dV \quad \ldots (1)$$

जहाँ P, गैस के अनन्त सूक्ष्म प्रसार dV के दौरान तात्कालिक दाब है। गैस समीकरण $PV = \mu RT$ से P का मान समी० (1) में रखने पर,

$$W = \int_{V_i}^{V_f} \frac{\mu RT}{V} dV = \mu RT \int_{V_i}^{V_f} \frac{dV}{V} = \mu RT \log_e \left(\frac{V_f}{V_i}\right)$$

बॉयल के नियम से,

$$P_i V_i = P_f V_f \quad \text{अथवा} \quad \frac{V_f}{V_i} = \frac{P_i}{P_f}$$

$$\therefore \quad W = \mu RT \log_e \left(\frac{P_i}{P_f}\right)$$

अत:

$$W = 2.3026 \mu RT \log_{10} \left(\frac{V_f}{V_i}\right) = 2.3026 \mu RT \log_{10} \left(\frac{P_i}{P_f}\right)$$

प्रश्न 7.

0.20 किग्रा द्रव्यमान के एक धातु के गोले को 150°C तक गर्म करने के पश्चात 27°C के 150 सेमी3 जल से भरे ताँबे के ऊष्मामापी (जिसका जल-तुल्यांक 0.025 किग्रा है) में डाला जाता है। स्थायी अवस्था में अन्तिम ताप 40°C है। धातु की विशिष्ट ऊष्मा ज्ञात कीजिए। जल का घनत्व 103 किग्रा/मी3 तथा विशिष्ट ऊष्मा 4.2 x 103 जूल किग्रा-1°C-1. यदि बाह्य परिवेश में ऊष्मा ह्रास नगण्य नहीं है, तब आपका उत्तर विशिष्ट ऊष्मा के वास्तविक मान से कम होगा या अधिक।

हल-

माना धातु की विशिष्ट ऊष्मा s है, तब धातु के गोले द्वारा दी गई ऊष्मा

$$m\,c\,(t - t_2) = 0.20 \times s \times (150 - 40) = 22 \times c \text{ किग्रा-°C}$$

जल का द्रव्यमान $m_1 = 150 \times 10^{-6}$ मी$^3 \times 10^3$ किग्रा/मी$^3 = 150 \times 10^{-3}$ किग्रा,

ऊष्मामापी का जल-तुल्यांक $w = 0.025$ किग्रा

तब जल तथा ऊष्मामापी द्वारा ली गई ऊष्मा

$$= (m_1 + w) \times c_1 \times (t_2 - t_1)$$

$$= (150 \times 10^{-3} + 0.025) \times 4.2 \times 10^3 \times (40 - 27)$$

$$= 0.175 \times 4.2 \times 10^3 \times 13 = 9555 \text{ जूल}$$

दी गई ऊष्मा = ली गई ऊष्मा

$$22\,c \text{ किग्रा-°C} = 9555 \text{ जूल}$$

अथवा $$c = \frac{9555 \text{ जूल}}{22 \text{ किग्रा-°C}} = \mathbf{434.3 \text{ जूल/(किग्रा-°C)}}$$

यदि बाह्य परिवेश में ऊष्मा का ह्रास होता है, तब ली गई ऊष्मा कम होगी। अत: विशिष्ट ऊष्मा c कम होगी।

प्रश्न 8.

100 ग्राम जल का ताप 24°C से 90°C बढ़ाने के लिए उसमें कुछ भाप घोली गई। आवश्यक भाप के द्रव्यमान की गणना कीजिए। भाप की गुप्त ऊष्मा 540 कैलोरी ग्राम-1। जल की विशिष्ट ऊष्मा 1.0 कैलोरी/(ग्राम°c) है।

हल-

माना आवश्यक भाप का द्रव्यमान m, गुप्त ऊष्मा L तथा जल की विशिष्ट ऊष्मा c है।

100°C के जल में संघनित होने के लिए भाप द्वारा दी गई ऊष्मा mL तथा संघनित जल को 100°C से 90°C तक ठण्डा होने में दी गई ऊष्मा m c ΔT है, जहाँ ΔT = 100°C-90°C = 10°C

तब, भाप द्वारा कुल दी गई ऊष्मा

$$Q = mL + mc\Delta T$$
$$= m\,(540 \text{ कैलोरी ग्राम}^{-1}) + m\,(1.0 \text{ कैलोरी ग्राम}^{-1}\,{}^\circ C^{-1}) \times 10^\circ C$$
$$= 550\,m \text{ कैलोरी ग्राम}^{-1}$$

यह ऊष्मा 100 ग्राम जल द्वारा ली जाती है और उसका ताप 24°C से 90°C बढ़ता है अर्थात

$$Q = \text{जल का द्रव्यमान} \times \text{विशिष्ट ऊष्मा} \times \text{ताप-वृद्धि}$$
$$= 100 \text{ ग्राम} \times 1.0 \text{ कैलोरी/(ग्राम°C)} \times (90-24)^\circ C = 6600 \text{ कैलोरी}$$

$$\therefore\ 550m \text{ कैलोरी ग्राम}^{-1} = 6600 \text{ कैलोरी}$$

$$m = \frac{6600}{550} \text{ ग्राम} = \mathbf{12} \textbf{ ग्राम}$$