Chapter

14

ऊष्मागतिक प्रक्रम

ऊष्मागतिकी विज्ञान की वह शाखा है जो वस्तुओं के बीच ऊष्मीय ऊर्जा के विनिमय को व्यक्त करती है एवं ऊष्मीय ऊर्जा को यांत्रिक ऊर्जा में और यांत्रिक ऊर्जा के ऊष्मीय ऊर्जा में परिवर्तन को व्यक्त करती है।

कुछ परिभाषायें (Some Definitions)

(1) **ऊष्मागतिक तंत्र**

(i) यह अधिक संख्या में परमाणुओं या अणुओं का समूह है।

(ii) यह निश्चित सीमाओं से घिरा होता है।

(iii) निकाय के बाहर वह स्थान जो निकाय से ऊष्मा या द्रव्यमान या दोनों का आदान-प्रदान करता है, परिवेश कहलाता है।

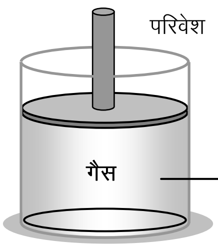


Fig. 14.1

(iv) ऊष्मागतिकी तंत्र तीन प्रकार का हो सकता है

(a) खुला तंत्र : यह परिवेश के साथ द्रव्य और ऊर्जा दोनों का विनिमय करते हैं।

(b) बंद तंत्र : यह परिवेश के साथ केवल ऊर्जा (द्रव्य नहीं) का विनिमय करता है।

(c) विलगित तंत्र : यह परिवेश के साथ न तो ऊर्जा का, न ही द्रव्य का विनिमय करता है।

(3) **ऊष्मागतिक चर एवं अवस्था निकाय समीकरण** :एक ऊष्मागतिक निकाय को उसके विशिष्ट दाब, आयतन, ताप, आंतरिक ऊर्जा और मोलों की संख्या द्वारा व्यक्त कर सकतें हैं। ये स्थिर राशियाँ ऊष्मागतिक चर कहलाती है। निकाय के ऊष्मागतिक चरों (P, V, T) के बीच संबंध को अवस्था का समीकरण कहते हैं।

एक आदर्श गैस के μ मोलों के लिये अवस्था समीकरण है $PV = \mu RT$ एवं आदर्श गैस के 1 मोल के लिये $PV = RT$

(4) **ऊष्मागतिक साम्य** : जब ऊष्मागतिक चर स्थिर मान को प्राप्त करते हैं (अर्थात वे समय पर निर्भर नहीं है) तो निकाय को ऊष्मागतिक साम्य की अवस्था में कहा जाता है। ऊष्मागतिकी साम्य में उपस्थित निकाय के लिये निम्नलिखित परिस्थितियाँ परिपूर्ण होनी चाहिए।

(i) यांत्रिक साम्य : निकाय और उसके परिवेश के बीच कोई असंतुलित बल नहीं लगना चाहिये ।

(ii) ऊष्मीय साम्य : निकाय के सभी भागों एवं परिवेश का ताप एक समान होना चाहिये ।

(iii) रासायनिक साम्य : पूरे निकाय एवं परिवेश में समान रासायनिक संगठन होना चाहिये ।

(5) **ऊष्मागतिक प्रक्रम** : निकाय की अवस्था के परिवर्तन की प्रक्रिया जिसमें निकाय के ऊष्मागतिक चर जैसे दाब (P), आयतन (V) तथा ताप (T) का परिवर्तन शामिल है, इस प्रक्रम को ऊष्मागतिकी प्रक्रम कहते हैं। कुछ प्रमुख प्रक्रम इस प्रकार हैं :

(i) समतापीय प्रक्रम : तापक्रम नियत रहता है।

(ii) रुद्धोष्म प्रक्रम : ऊष्मा का आदान-प्रदान नहीं होता।

(iii) समदाबीय प्रक्रम : दाब नियत रहता है।

(iv) समआयतनिक प्रक्रम : आयतन नियत रहता है।

(v) चक्रीय एवं अचक्रीय प्रक्रम : चक्रीय प्रक्रम में प्रारम्भिक एवं अंतिम अवस्थायें समान रहती हैं, किन्तु अचक्रीय प्रक्रम में ये अवस्थायें अलग-अलग होती है।

(vi) उत्क्रमणीय एवं अनुत्क्रमणीय प्रक्रम

(3) **सूचक आरेख :** जब भी एक गैस की अवस्था (P, V, T) बदलती है, हम कहते हैं कि गैसीय निकाय ऊष्मागतिक प्रक्रम से गुजर रहा है। ऊष्मागतिक प्रक्रम में गैस की अवस्था परिवर्तन का ग्राफीय निरुपण सूचक आरेख कहलाता है। सामान्यः सूचक आरेख गैस के दाब और आयतन के मध्य खींचा जाता है।

ऊष्मागतिकी का शून्यवाँ नियम
(Zeroth Law of Thermodynamics)

यदि दो निकाय A एवं B किसी तीसरे निकाय C के साथ ऊष्मीय साम्य में हों, तो A एवं B भी एक दूसरे के साथ ऊष्मीय साम्य में होंगे।

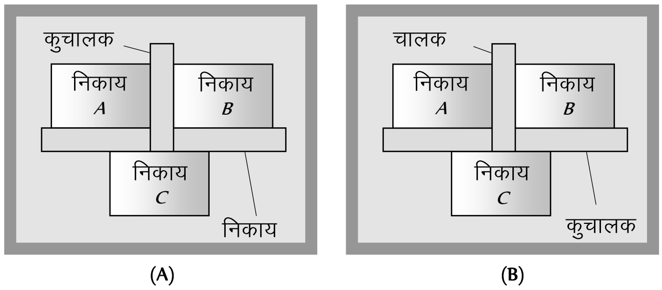


Fig. 14.3

(1) शून्यवां नियम ताप की अवधारणा को व्यक्त करता है। ऊष्मीय साम्यावस्था में सभी वस्तुओं का एक गुण समान होना चाहिए इस गुण को ताप कहते है।

(2) शून्यवां नियम ऊष्मागतिकी के प्रथम एवं द्वितीय नियम की खोज के बहुत समय पश्चात प्रकाश में आया। परन्तु ताप की धारणा इन दो नियमों के लिये आवश्यक थी । अतः वह नियम जो ताप की धारणा को व्यक्त करता है, इन दोनों नियमों के पहले रखा जाना चाहिये इसलिये इसे शून्यवाँ नियम कहते हैं।

ऊष्मागतिकी के प्रथम नियम से संबंधित भौतिक राशियाँ
(Heat, Internal Energy and Work in Thermodynamics)

(1) **ऊष्मा (ΔQ) :** वह ऊर्जा जो निकाय एवं उसके परिवेश के बीच तापान्तर होने के कारण स्थानांरित होती है, ऊष्मा कहलाती है।

(i) ऊष्मा एक पथ निर्भर राशि है उदाहरण : दी हुई गैस के स्थिर दाब पर ताप परिवर्तन के लिये आवश्यक ऊष्मा, स्थिर आयतन पर समान मात्रा के द्वारा समान गैस के ताप परिवर्तन के लिये आवश्यक ऊष्मा से भिन्न होती है।

(ii) गैसों के लिये जब ऊष्मा अवशोषित होती है एवं तापक्रम बदलता है $\Rightarrow \Delta Q = \mu C \Delta T$

स्थिर दाब के लिये $(\Delta Q)_P = \mu C_P \Delta T$

स्थिर आयतन के लिये $(\Delta Q)_V = \mu C_V \Delta T$

(3) **आंतरिक ऊर्जा (U) :** आण्विक गति एवं आण्विक विन्यास के कारण निकाय के द्वारा प्राप्त ऊर्जा निकाय की आंतरिक ऊर्जा है।

आण्विक गति के कारण उत्पन्न होने वाली ऊर्जा आतंरिक गतिज ऊर्जा U_K कहलाती है और आण्विक विन्यास के कारण होने वाली ऊर्जा आंतरिक स्थितिज ऊर्जा U_P कहलाती है। अर्थात् कुल आंतरिक ऊर्जा $U = U_K + U_P$

(i) एक आदर्श गैस के लिये, कोई आण्विक आकर्षण नहीं होता है $U_p = 0$

अर्थात् एक आदर्श गैस की आंतरिक ऊर्जा पूर्ण गतिज होती है और $U = U_K = \frac{3}{2}\mu RT$ इसी प्रकार आंतरिक ऊर्जा में परिवर्तन $\Delta U = \frac{3}{2}\mu R\,\Delta T$

(ii) गैसों के लिये किसी भी प्रक्रम में

$$\Delta U = \mu \frac{f}{2} R\Delta T = \mu C_V \Delta T = \mu \frac{R}{(\gamma - 1)}\Delta T = \frac{\mu R(T_f - T_i)}{\gamma - 1}$$

$$= \frac{\mu RT_f - \mu RT_i}{\gamma - 1} = \frac{(P_f V_f - P_i V_i)}{\gamma - 1}$$

(iii) आंतरिक ऊर्जा में परिवर्तन प्रक्रम के पथ पर निर्भर नहीं होता है। इसलिये इसे बिन्दु फलन कहते हैं अर्थात् यह सिर्फ निकाय की आरंभिक और अंतिम अवस्था पर निर्भर होता है, अर्थात् $\Delta U = U_f - U_i$

(2) **कार्य (ΔW) :** यदि चलित पिस्टन युक्त बेलन में कोई गैस भरी हो एवं

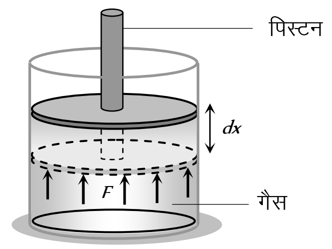


Fig. 14.4

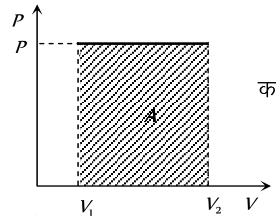
यदि बेलन में उपस्थित गैस की दाब P है तब पिस्टन पर गैस के द्वारा आरोपित बल $F = PA$ (A = पिस्टन के अनुप्रस्थ काट का क्षेत्रफल)

पिस्टन के सूक्ष्म विस्थापन dx के लिए, गैस द्वारा किया गया कार्य $dW = F.dx = P(A\,dx) = P\,dV$

आयतन v_i से v_f तक एक निश्चित परिवर्तन के लिये

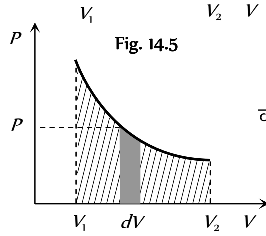
$\therefore$ किये गये कार्य की कुल मात्रा $W = \int_{Vi}^{V_f} P\,dV = P(V_f - V_i)$

(i) P-V आरेख या सूचक आरेख में, P-V वक्र से घिरा क्षेत्रफल किया गया कार्य दर्शाता है।



कार्य = क्षेत्रफल = $P(V_2 - V_1)$

Fig. 14.5



कार्य $= \int_{V_1}^{V_2} PdV = P(V_2 - V_1)$

Fig. 14.6

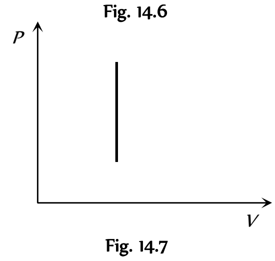
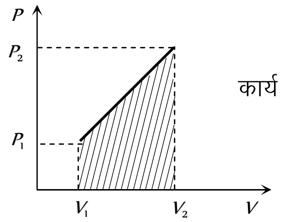


Fig. 14.7

कार्य = 0



कार्य = समलम्ब चतुर्भज का क्षेत्रफल

$$= \frac{1}{2}(P_1 + P_2)(V_2 - V_1)$$

Fig. 14.8

(ii) $\Delta W = P\Delta V = P(V_f - V_i)$ से

कुछ बाह्य बलों के कारण निकाय प्रसारित होता है। $V_f > V_i$

$\Rightarrow$ ΔW = धनात्मक

परिवेश के द्वारा आरोपित कुछ बाह्य बलों के कारण निकाय संपीड़ित होता है। $V_f < V_i$

$\Rightarrow$ ΔW = ऋणात्मक

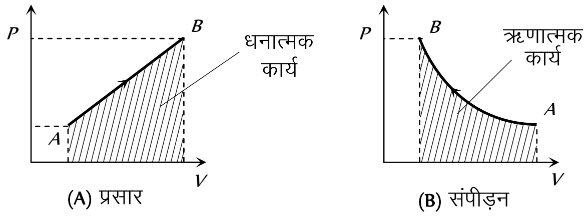
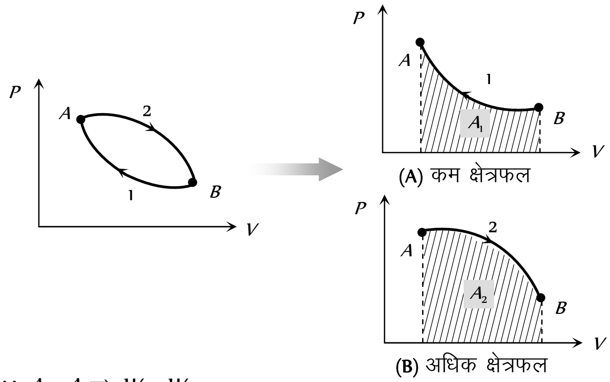


Fig. 14.9

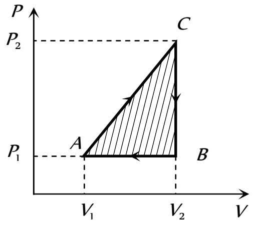
(iii) ऊष्मा के समान कार्य भी निकाय की प्रारम्भिक और अंतिम अवस्था एवं प्रक्रम के लिये चुने गये पथ पर निर्भर करता है।



$\because$ $A_1 < A_2 \Rightarrow W_1 < W_2$

Fig. 14.10

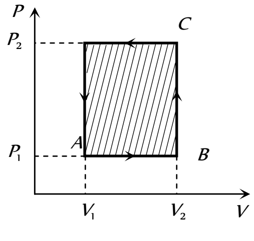
(iv) चक्रीय प्रक्रम में, बंद वक्र का क्षेत्रफल कार्य के तुल्य होता है। यदि वक्र का अनुरेखण (Tracing) दक्षिणावर्त (Clackwise) है तो कार्य धनात्मक होता है और यदि अनुरेखण वामावर्त है तो कर्ा ऋणात्मक होगा।



कार्य = त्रिभुज ABC का क्षेत्रफल

$$= \frac{1}{2} \times (V_2 - V_1) \times (P_2 - P_1)$$

Fig. 14.11

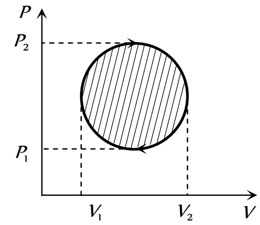


कार्य = चतुर्भुज $ABCD$ का क्षेत्रफल

Fig. 14.12

= $AB \times AD$

= $(V_2 - V_1)(P_2 - P_1)$



कार्य = $\frac{\pi}{4}(P_2 - P_1)(V_2 - V_1)$

Fig. 14.13

ऊष्मागतिकी का प्रथम नियम

(First Law of Thermodynamics (FLOT))

(1) यह ऊष्मागतिकीय प्रक्रम में ऊर्जा के संरक्षण का कथन है।

(2) इसके अनुसार, निकाय को दी गयी ऊष्मा (ΔQ) परिवेश के विरुद्ध निकाय के द्वारा किये गये कार्य (ΔW) और आंतरिक ऊर्जा (ΔU) में वृद्धि के योग के बराबर होती है।

$$\Delta Q = \Delta U + \Delta W$$

(3) यह कार्य और ऊष्मा के बीच कोई अंतर नहीं बताता इसके अनुसार निकाय की आंतरिक ऊर्जा (इसलिए तापमान) या तो ऊष्मा देकर या इस पर कार्य करके या दोनों के द्वारा बढ़ायी जा सकती है।

(4) ΔQ और ΔW पथ फलन है किन्तु ΔU बिन्दु फलन है।

(5) ऊपर दिये गये समीकरण में तीनों राशियाँ ΔQ, ΔU और ΔW जूल में या कैलोरी में व्यक्त की जानी चाहिए।

(6) जिस प्रकार ऊष्मागतिकी का शून्यवां नियम ताप की धारणा को प्रस्तावित करता है उसी प्रकार प्रथम नियम आंतरिक ऊर्जा की धारणा को प्रस्तावित करता है।

(7) सीमायें : ऊष्मागतिकी का प्रथम नियम ऊष्मा स्थानांतरण की दिशा को नहीं दर्शाता है। यह उन स्थितियों के बारे में कुछ नहीं बताता है जिनमें ऊष्मा कार्य में परिवर्तित हो सकती है और यह भी नहीं बताता कि सम्पूर्ण ऊष्मा ऊर्जा, यांत्रिक कार्य में सतत् परिवर्तित क्यों नहीं हो सकती है।

Table 14.1 : ऊष्मागतिकी में महत्वपूर्ण चिन्ह परिपाटी

राशि	चिन्ह	स्थिति
ΔQ	+	जब निकाय को ऊष्मा दी जाती है
	–	जब निकाय से ऊष्मा ली जाती है
ΔW	+	जब गैस के द्वारा कार्य किया जाता है (प्रसार)
	–	जब गैस पर कार्य किया जाता है (संकुचन)
ΔU	+	जब ताप बढ़ता है, आंतरिक ऊर्जा बढ़ती है
	–	जब ताप घटता है, आंतरिक ऊर्जा घटती है

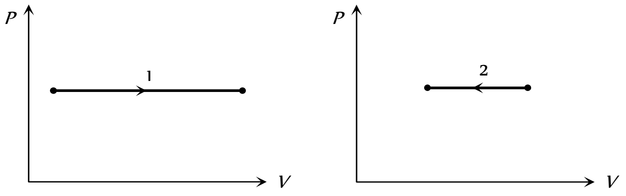
समदाबीय प्रक्रम (Isobaric Process)

जब कोई ऊष्मागतिक निकाय इस प्रकार परिवर्तित होता है कि दाब स्थिर रहे, तो प्रक्रम समदाबीय प्रक्रम कहलाता है।

(1) **अवस्था का समीकरण :** इस प्रक्रम में V एवं T परिवर्तित होते हैं किन्तु P स्थिर रहता है। इसलिये इस प्रक्रम में चार्ल्स के नियम का पालन होता है।

अतः यदि दाब नियत हो तब $V \propto T \Rightarrow \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$

(2) **सूचक आरेख :** ग्राफ 1 समदाबीय प्रसार को एवं ग्राफ 2 समदाबीय संपीड़न को व्यक्त करता है।



(A) प्रसार (B) संपीड़न

Fig. 14.14

(i) समदाबीय प्रसार में (गर्म करने के दौरान)

ताप ⟶ बढता है अतः ΔU धनात्मक

आयतन ⟶ बढ़ता है अतः ΔW धनात्मक

ऊष्मा ⟶ निकाय को दी जाती है अतः ΔQ धनात्मक

(ii) समदाबीय संपीडन में (ठण्डा हाने के दौरान)

ताप ⟶ घटता है अतः ΔU ऋणात्मक

आयतन ⟶ घटता है अतः ΔW ऋणात्मक

ऊष्मा ⟶ निकाय से बाहर आती है अतः ΔQ ऋणात्मक

(3) **विशिष्ट ऊष्मा :** समदाबीय प्रक्रम में गैस की विशिष्ट ऊष्मा अनंत होती है। $C_P = \left(\frac{f}{2}+1\right)R$

(4) **आयतन प्रत्यास्थता का दृढ़ता गुणांक :** $K = \frac{\Delta P}{\frac{-\Delta V}{V}} = 0$

[यहाँ $\Delta P = 0$]

(5) **समदाबीय प्रक्रम में किया गया कार्य**

$$\Delta W = \int_{V_i}^{V_f} P\,dV = P\int_{V_i}^{V_f} dV = P[V_f - V_i] \quad \text{[यहाँ } P = \text{नियतांक]}$$

$$\Rightarrow \Delta W = P(V_f - V_i) = \mu R[T_f - T_i] = \mu R\,\Delta T$$

(6) **समदाबीय प्रक्रम में (ऊष्मागतिकी के प्रथम नियम से)**

$\Delta Q = \Delta U + \Delta W$ से,

$$\because \Delta U = \mu C_V\,\Delta T = \mu \frac{R}{(\gamma-1)}\Delta T \text{ एवं } \Delta W = \mu R\,\Delta T$$

$$\Rightarrow (\Delta Q)_P = \mu \frac{R}{(\gamma-1)}\Delta T + \mu R\,\Delta T = \mu\left(\frac{\gamma}{\gamma-1}\right)R\,\Delta T = \mu C_P\,\Delta T$$

(7) **समदाबीय प्रक्रम के उदाहरण :** नियत ताप एवं दाब पर होने वाले सभी अवस्था परिवर्तन

जल का उबलना

(i) जल ⟶ वाष्प

(ii) तापक्रम ⟶ नियत

(iii) आयतन ⟶ बढ़ता है

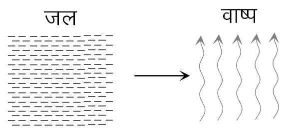


Fig. 14.15

(iv) दी गई ऊष्मा का एक भाग बाहरी दाब के विरुद्ध आयतन परिवर्तन में व्यय होता है एवं बचा हुआ भाग गैस की आंतरिक ऊर्जा में वृद्धि करता है। (गतिज ऊर्जा अपरिवर्तित रहती है)

(v) ऊष्मागतिकी के प्रथम नियम से, $\Delta Q = \Delta U + \Delta W \Rightarrow mL = \Delta U + P(V_f - V_i)$

जल का जमना

(i) जल ⟶ बर्फ

(ii) तापक्रम ⟶ नियत

(iii) आयतन ⟶ बढ़ता है

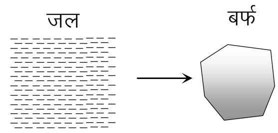


Fig. 14.16

(iv) ऊष्मा जल से ही ली जाती है एवं इसका उपयोग बाह्य वायुमण्डलीय दाब के विरुद्ध कार्य करने में होता है एवं आंतरिक स्थितिज ऊर्जा घट जाती है।

(v) ऊष्मागतिकी के प्रथम नियम से, $\Delta Q = \Delta U + \Delta W \Rightarrow -mL = \Delta U + P(V_f - V_i)$

समआयतनिक प्रक्रम (Isochoric or Isometric Process)

जब किसी ऊष्मागतिक प्रक्रम में इस प्रकार परिवर्तन हो कि आयतन नियत रहे तो इस प्रक्रम को समआयतनिक प्रक्रम कहते हैं।

(1) **अवस्था समीकरण:** इस प्रक्रम में P और T परिवर्तित होते है किन्तु V = स्थिर। इस प्रक्रम में गे-लूसाक के नियम का पालन होता है। $P \propto T$ $\Rightarrow \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$ = नियतांक

(2) **सूचक आरेख :** ग्राफ 1 एवं 2 क्रमशः V_1 एवं V_2 आयतनों पर समआयतनिक दाब वृद्धि को व्यक्त करते हैं। एवं सूचक आरेख की प्रवणता $\frac{dP}{dV} = \infty$

(i) समआयतनिक तापवृद्धि

(a) दाब ⟶ बढ़ता है

(b) ताप ⟶ बढ़ता है

(c) ΔQ ⟶ धनात्मक

(d) ΔU ⟶ धनात्मक

(ii) समआयतनिक ताप में कमी

(a) दाब ⟶ घटता है

(b) ताप ⟶ घटता है

(c) ΔQ ⟶ ऋणात्मक

(d) ΔU ⟶ ऋणात्मक

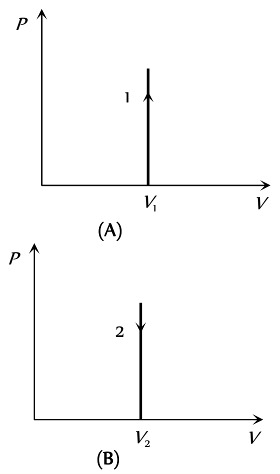


Fig. 14.17

(3) **विशिष्ट ऊष्मा** : रुद्धोष्म परिवर्तन के दौरान गैस की विशिष्ट ऊष्मा $C_V = \frac{f}{2}R$

(4) **आयतन प्रत्यास्थता गुणांक**: $K = \frac{\Delta P}{\frac{-\Delta V}{V}} = \frac{\Delta P}{0} = \infty$

(5) **रुद्धोष्म प्रक्रम में किया गया कार्य**

$\Delta W = P\Delta V = P[V_f - V_i] = 0$ [V = नियतांक]

(6) **रुद्धोष्म प्रक्रम में (ऊष्मागतिकी के प्रथम नियम से)** : $\Delta Q = \Delta U + \Delta W$ से,

$$\because \Delta W = 0 \Rightarrow (\Delta Q)_V = \Delta U = \mu C_V \Delta T = \mu \frac{R}{\gamma - 1}\Delta T = \frac{P_f V_f - P_i V_i}{\gamma - 1}$$

समतापीय प्रक्रम (Isothermal Process)

जब किसी ऊष्मागतिक निकाय में कोई भौतिक परिवर्तन इस प्रकार किया जाता है कि इसका तापमान स्थिर रहे, तो परिवर्तन समतापीय परिवर्तन कहलाता है।

(1)) **समतापीय प्रक्रम के लिए आवश्यक परिस्थितियाँ**

(i) गैस और उसके परिवेश के बीच ऊष्मा के मुक्त विनिमय के लिए बर्तन की दीवारें पूर्ण चालक होनी चाहिए।

(ii) ऊष्मा के विनिमय को समय प्रदान करने के लिए संपीडन या प्रसार का प्रक्रम बहुत धीमे होना चाहिए।

चूँकि ये दोनों परिस्थितियाँ प्रायोगिक रूप से प्राप्त नहीं की जा सकती इसलिए कोई प्रक्रम पूर्णतः समतापीय नहीं होता।

(2) **अवस्था समीकरण** : यदि ताप स्थिर रहता है तो PV= स्थिरांक अर्थात् सभी समतापीय प्रक्रम में बॉयल के नियम का पालन होता है।

इसलिए अवस्था का समीकरण PV = स्थिरांक

$\Rightarrow P_iV_i = P_fV_f$

(3) **समतापीय प्रक्रम के उदाहरण** : गलन प्रक्रम ($0°C$ स्थिर ताप पर बर्फ पिघलती है) क्वथन प्रक्रम ($100°C$ स्थिर ताप पर जल उबलता है)

(4) **सूचक आरेख**: PV = नियतांक से P एवं V के मध्य ग्राफ एक आयताकार अतिपरवलय होगा। विभिन्न तापक्रमों पर खींचे गये ग्राफ एक-दूसरे के समान्तर होते हैं व समतापीय वक्र समूह कहलाते हैं।

$T_1 < T_2 < T_3$

दो समतापीय वक्र एक दूसरे को नहीं काटते

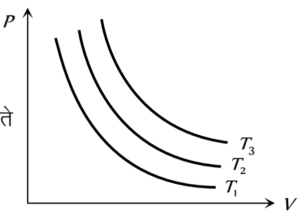


Fig. 14.18

(i) समतापीय वक्र की ढाल : समीकरण PV = स्थिरांक का अवकलन करने पर

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

$\Rightarrow PdV = -VdP$

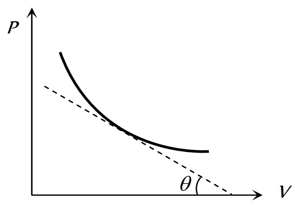


Fig. 14.19

$\Rightarrow$ ढाल $= \tan\theta = \frac{dP}{dV} = -\frac{P}{V}$

(ii) PV ग्राफ व आयतन अक्ष के बीच घिरा क्षेत्रफल समतापीय प्रक्रम में किया गया कार्य प्रदर्शित करता है।

यदि आयतन बढ़ता है तो $\Delta W = +$ वक्र से घिरा क्षेत्रफल और यदि आयतन घटता है तो $\Delta W = -$ वक्र से घिरा क्षेत्रफल

(5) **विशिष्ट ऊष्मा** : समतापीय प्रक्रम के दौरान गैस की विशिष्ट ऊष्मा $C = \frac{Q}{m\Delta T} = \frac{Q}{m \times 0} = \infty$ [चूँकि $\Delta T = 0$]

(6) **समतापीय प्रत्यास्थता (E_θ)** : समतापीय प्रक्रम के लिए PV = स्थिर

$$\Rightarrow P\,dV = -V\,dP \Rightarrow P = \frac{dP}{-dV/V} = \frac{\text{प्रतिबल}}{\text{विकृति}} = E_\theta$$

$\Rightarrow E_\theta = P$ अर्थात् समतापीय प्रत्यास्थता दाब के बराबर होती है।

N.T.P. पर, E_θ = वायुमण्डलीय दाब = $1.01 \times 10^5\ N/m^2$

(7) **समतापीय प्रक्रम में किया गया कार्य**

$$W = \int_{V_i}^{V_f} P\,dV = \int_{V_i}^{V_f} \frac{\mu RT}{V} dV \qquad [\text{चूँकि } PV = \mu RT]$$

$$W = \mu RT \log_e\left(\frac{V_f}{V_i}\right) = 2.303\ \mu RT \log_{10}\left(\frac{V_f}{V_i}\right)$$

या $$W = \mu RT \log_e\left(\frac{P_i}{P_f}\right) = 2.303\,\mu RT \log_{10}\left(\frac{P_i}{P_f}\right)$$

(8) **समतापीय प्रक्रम में (ऊष्मागतिकी के प्रथम नियम से)** $\Delta Q = \Delta U + \Delta W$

$\because \Delta U = 0$ [चूँकि $\Delta T = 0$] $\Rightarrow \Delta Q = \Delta W$

अर्थात् समतापीय परिवर्तन में दी गयी ऊष्मा का उपयोग बाहरी परिवेश के विरुद्ध कार्य करने में होता है। यदि निकाय पर कार्य किया जाये तो निकाय के द्वारा समान मात्रा की ऊष्मा उत्सर्जित होगी।

रुद्धोष्म प्रक्रम (Adiabatic Process)

जब किसी ऊष्मागतिक निकाय में इस प्रकार परिवर्तन होता है कि इसके और परिवेश के बीच ऊष्मा का कोई विनिमय नहीं हो तो इस प्रक्रम को रुद्धोष्म प्रक्रम कहते हैं।

इस प्रक्रम में P, V एवं T परिवर्तित होते है किन्तु $\Delta Q = 0$

(1) **रुद्धोष्म प्रक्रम के लिये आवश्यक परिस्थितियाँ**

(i) निकाय और इसके परिवेश के बीच ऊष्मा का कोई विनिमय नहीं होना चाहिए। पात्र की सभी दीवारें एवं पिस्टन पूर्णतः कुचालक होने चाहिये।

(ii) निकाय को अचानक संपीड़ित या प्रसारित होना चाहिए, ताकि निकाय और इसके परिवेश के बीच ऊष्मा के विनिमय के लिये कोई समय नहीं मिले।

चूँकि ये दोनों परिस्थतियाँ पूर्ण रूप से प्रयोगिक नहीं है, इसलिये कोई प्रक्रम पूर्ण रुद्धोष्म नहीं है।

(2) **कुछ रुद्धोष्म प्रक्रम के उदाहरण**

(i) पूर्णतः ऊष्मारोधी दीवारों के बर्तन में बंद गैस में अचानक संपीडन या प्रसार

(ii) साईकिल टायर के ट्यूब का अचानक फटना

(iii) हवा और अन्य गैसों में ध्वनि तरंगों का संचरण

(iv) भाप इंजन के बेलन में भाप का प्रसार

(3) **रुद्धोष्म प्रक्रम में (ऊष्मागतिकी के प्रथम नियम से) :**

$\Delta Q = \Delta U + \Delta W$ से,

लेकिन रुद्धोष्म प्रक्रम के लिये $\Delta Q = 0 \Rightarrow \Delta U = -\Delta W$

यदि ΔW = धनात्मक तब ΔU = ऋणात्मक इसलिये ताप घटता है अर्थात् रुद्धोष्म प्रसार ठंडक उत्पन्न करता है।

यदि ΔW = ऋणात्मक तब ΔU = धनात्मक इसलिये ताप बढ़ता है अर्थात् रुदोष्म संपीडन गर्मी उत्पन्न करता है।

(4) **अवस्था समीकरण :** रुद्धोष्म परिवर्तन की स्थिति में

PV^{γ} = **नियतांक**; यहाँ $\gamma = \frac{C_P}{C_V}$

(i) तापक्रम एवं आयतन के लिए

$TV^{\gamma-1}$ = नियत $\Rightarrow T_1V_1^{\gamma-1} = T_2V_2^{\gamma-1}$ या $T \propto V^{1-\gamma}$

(ii) तापक्रम एवं दाब के लिए

$\frac{T^{\gamma}}{P^{\gamma-1}}$ = नियत $\Rightarrow T_1^{\gamma}P_1^{1-\gamma} = T_2^{\gamma}P_2^{1-\gamma}$ या $T \propto P^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$ या $P \propto T^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}$

Table 14.2 : रुद्धोष्म प्रक्रम की विशिष्ट स्थितियाँ

गैस के प्रकार	$P \propto \frac{1}{V^{\gamma}}$	$P \propto T^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}$	$T \propto \frac{1}{V^{\gamma-1}}$
एकपरमाण्विक γ = 5/3	$P \propto \frac{1}{V^{5/3}}$	$P \propto T^{5/2}$	$T \propto \frac{1}{V^{2/3}}$
द्विपरमाण्विक γ = 7/5	$P \propto \frac{1}{V^{7/5}}$	$P \propto T^{7/2}$	$T \propto \frac{1}{V^{2/5}}$
बहुपरमाण्विक γ = 4/3	$P \propto \frac{1}{V^{4/3}}$	$P \propto T^{4}$	$T \propto \frac{1}{V^{1/3}}$

(5) **सूचक आरेख**

(i) PV ग्राफ पर प्राप्त वक्र रुद्धोष्म वक्र कहलाते है।

(ii) रुद्धोष्म वक्र का ढाल : PV^{γ} = स्थिरांक से अवकलन करने पर

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

$$\frac{dP}{dV} = -\gamma \frac{PV^{\gamma-1}}{V^{\gamma}} = -\gamma\left(\frac{P}{V}\right)$$

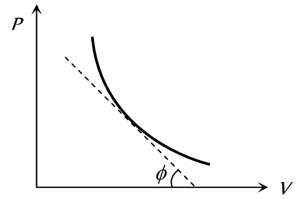


Fig. 14.20

$\therefore$ रुद्धोष्म वक्र का ढाल $\tan\phi = -\gamma\left(\frac{P}{V}\right)$

(iii) लेकिन हम यह भी जानते हैं कि समतापीय वक्र का ढाल $\tan\theta = \frac{-P}{V}$

इसलिये $\frac{\text{रुद्धोष्म वक्र का ढाल}}{\text{समतापीय वक्र का ढाल}} = \frac{-\gamma(P/V)}{-(P/V)} = \gamma = \frac{C_p}{C_v} > 1$

(6) **विशिष्ट ऊष्मा :** रुद्धोष्म परिवर्तन के दौरान गैस की विशिष्ट ऊष्मा शून्य होती है। $C = \frac{Q}{m\Delta T} = \frac{0}{m\Delta T} = 0$ [चूँकि $Q = 0$]

(7) **रुद्धोष्म प्रत्यास्थता (E_{ϕ}) :** PV^{γ} = स्थिरांक

दोनों तरफ अवकलन करने पर $V^{\gamma}dP + P\gamma V^{\gamma-1}dV = 0$

$$\gamma P = \frac{dP}{-dV/V} = \frac{\text{प्रतिबल}}{\text{विकृति}} = E_{\phi} \Rightarrow E_{\phi} = \gamma P$$

अर्थात् रुद्धोष्म प्रत्यास्थता दाब की γ गुनी है

समतापीय प्रत्यास्थता $E_{\theta} = P \Rightarrow \frac{E_{\phi}}{E_{\theta}} = \gamma = \frac{C_P}{C_V}$

अर्थात् गैसों की दो प्रत्यास्थाओं का अनुपात उसकी दो विशिष्ट ऊष्माओं के अनुपात के बराबर होता है।

(8) **रुद्धोष्म प्रक्रम में किया गया कार्य**

$$W = \int_{V_i}^{V_f} P\, dV = \int_{V_i}^{V_f} \frac{K}{V^{\gamma}} dV \Rightarrow W = \frac{[P_iV_i - P_fV_f]}{(\gamma-1)} = \frac{\mu R(T_i - T_f)}{(\gamma-1)}$$

(चूँकि $PV^{\gamma} = K$, $P_fV_f = \mu RT_f$ एवं $P_iV_i = \mu RT_i$)

(i) $W \propto$ गैस की मात्रा (M या μ)

(ii) $W \propto$ तापान्तर ($T_i - T_f$)

(iii) $W \propto \frac{1}{\gamma-1}$ $\because \gamma_{mono} > \gamma_{di} > \gamma_{tri} \Rightarrow W_{mono} < W_{dia} < W_{tri}$

(9) **समतापीय और रुद्धोष्म प्रक्रम में सूचक आरेखों की तुलना :** सदैव ध्यान रखें कि रुद्धोष्म वक्र समतापीय वक्रों की तुलना में अधिक खड़े (More stepper) होते हैं।

(i) **प्रसार :** यदि गैस आयतन V_i से V_f तक समतापीय और रूद्धोष्म प्रसारित होती है तो ग्राफ के ढाल से यह स्पष्ट है कि ग्राफ 1 समतापीय प्रक्रम जबकि ग्राफ 2 रुद्धोष्म प्रक्रम प्रदर्शित करता है।

$W_{\text{समतापीय}} > W_{\text{रुद्धोष्म}}$

$P_{\text{समतापीय}} > P_{\text{रुद्धोष्म}}$

$T_{\text{समतापीय}} > T_{\text{रुद्धोष्म}}$

$(\text{ढाल})_{\text{समतापीय}} < (\text{ढाल})_{\text{रुद्धोष्म}}$

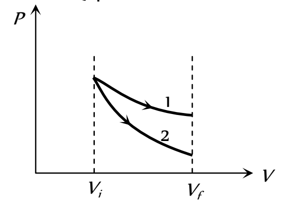


Fig. 14.21

(ii) **संपीडन :** यदि एक गैस आयतन V_i से V_f तक समतापीय और रुद्धोष्म संपीडित होती है तो ग्राफ के ढाल से यह स्पष्ट है कि ग्राफ 1 रुद्धोष्म प्रक्रम जबकि ग्राफ 2 समतापीय प्रक्रम प्रदर्शित करता है।

$W_{\text{रुद्धोष्म}} > W_{\text{समतापीय}}$

$P_{\text{रुद्धोष्म}} > P_{\text{समतापीय}}$

$T_{\text{रुद्धोष्म}} > T_{\text{समतापीय}}$

$(\text{ढाल})_{\text{समतापीय}} < (\text{ढाल})_{\text{रुद्धोष्म}}$

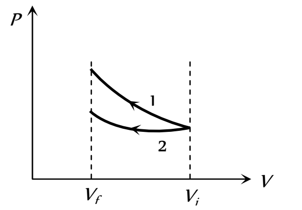


Fig. 14.22

(10) **मुक्त प्रसार :** मुक्त प्रसार रुद्धोष्म प्रक्रम है जिसमें निकाय पर या निकाय के द्वारा कोई कार्य नहीं होता। माना कि दो बर्तन निकाय में रखे है जो कि ऊष्मीय प्रतिरोधक के द्वारा बंद है (एस्बेस्टस द्वारा ढ़के हुए)। एक बर्तन में गैस है और दूसरा खाली है। दोनों बर्तन स्टॉपकॉक द्वारा जुड़े हुए है। अचानक स्टॉपकॉक खोला जाता है तो गैस खुले बर्तन में प्रवेश करती है और मुक्त रूप से प्रसारित हो जाती है।

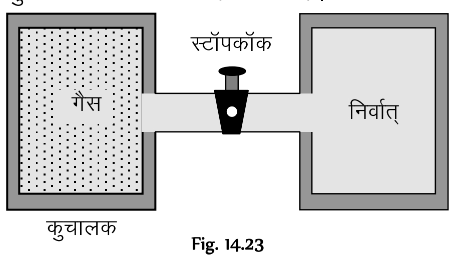


Fig. 14.23

$\Delta W = 0$ (क्योंकि दीवारें दृढ़ हैं)

$\Delta Q = 0$ (क्योंकि दीवारें कुचालक हैं)

$\Delta U = U_f - U_i = 0$ (क्योंकि ΔQ एवं ΔW शून्य हैं), अतः मुक्त प्रसार में प्रारम्भिक और अन्तिम ऊर्जाएँ समान होंगी।

चक्रीय एवं अचक्रीय प्रक्रम
(Cyclic and Noncyclic Process)

चक्रीय प्रक्रम में निकाय विभिन्न परिवर्तनों से गुजरता हुआ अपनी प्रारम्भिक अवस्था में लौटता है।

जबकि अचक्रीय प्रक्रम में वह प्रारंभिक अवस्था में नहीं लौटता है।

(1) चक्रीय प्रक्रम की स्थिति में $U_f = U_i \Rightarrow \Delta U = U_f - U_i = 0$

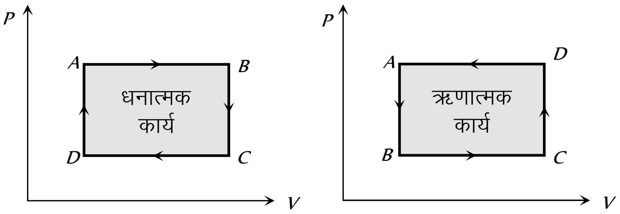
अर्थात् चक्रीय प्रक्रम के लिये आंतरिक ऊर्जा में परिवर्तन शून्य है तथा $\Delta U \propto \Delta T \Rightarrow \Delta T = 0$ अर्थात् निकाय का तापमान स्थिर रहता है

(2) ऊष्मागतिकी के प्रथम नियम से $\Delta Q = \Delta U + \Delta W \Rightarrow \Delta Q = \Delta W$

अर्थात् दी गई ऊष्मा निकाय के द्वारा किये गये कार्य के बराबर होती है

(3) चक्रीय प्रक्रम के लिये P-V ग्राफ एक बंद वक्र है और बंद वक्र द्वारा घिरा क्षेत्रफल किया गया कार्य प्रदर्शित करता है।

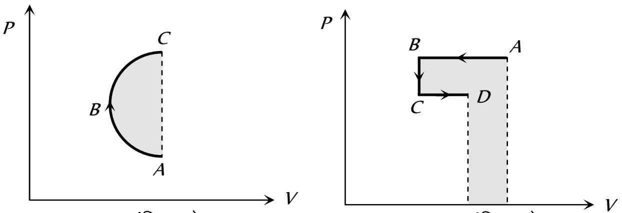
यदि चक्र दक्षिणावर्त है तो किया गया कार्य धनात्मक है एवं यदि चक्र वामावर्त है तो किया गया कार्य ऋणात्मक है।



(A) (B)

Fig. 14.24

(4) अचक्रीय प्रक्रम में किया गया कार्य चुने हुए पथ या परिवर्तनों की श्रृंखला पर निर्भर करता है और PV आरेख पर आयतन अक्ष और वक्र के बीच घिरे हुए क्षेत्रफल द्वारा परिकलित किया जा सकता है।



W_{ABC} = + छायांकित क्षेत्रफल W_{ABCD} = – छायांकित क्षेत्रफल

(A) (B)

Fig. 14.25

क्वासी स्थैतिक प्रक्रम (Quasi Static Process)

जब कोई निकाय किसी प्रक्रम से गुजरता है। तो इसकी अवस्था बदलती है। माना किसी निकाय की प्रारम्भिक अवस्था P_1, V_1, T_1 एवं अंतिम अवस्था P_2, V_2, T_2 द्वारा व्यक्त होती है। यदि प्रक्रम ऐसा हो कि प्रक्रम के दौरान किसी भी क्षण निकाय ऊष्मागतिक साम्य के अत्यंत नजदीक हो तो प्रक्रम क्वासी स्थैतिक प्रक्रम कहलाता है। इसका तात्पर्य है कि ऐसे प्रक्रम में राशियाँ P, V, T के अद्वितीय रूप में किसी भी क्षण व्यक्त कर सकते हैं।

वास्तविक प्रक्रम क्वासी स्थैतिक नहीं होते। पात्र में दाब बदलने के लिये पिस्टन को अंदर की ओर चलाया जा सकता है। पिस्टन की गति के दौरान सभी जगह गैस का दाब असमान हो सकता है। जबकि पिस्टन को अत्यंत धीमें चलाकर प्रक्रम को क्वासी स्थैतिक के नजदीक लाया जा सकता है। अतः क्वासी स्थैतिक प्रक्रम एवं आदर्श प्रक्रम ही जिसमें सभी परिवर्तन अत्यंत धीमे होते हैं।

उत्क्रमणीय तथा अनुत्क्रमणीय प्रक्रम
(Reversible and Irreversible Process)

(1) **उत्क्रमणीय प्रक्रम :** उत्क्रमणीय प्रक्रम वह प्रक्रम है जो इस तरह उत्क्रमणित होता है कि सीधे प्रक्रम में पाये जाने वाले सभी परिवर्तन विपरीत क्रम में ठीक उसी प्रकार पुनरावृत्ति करते हैं जैसे सीधे प्रक्रम में सम्पादित हुए थे एवं प्रक्रम अथवा परिवेश में भाग लेने वाले किसी भी निकाय में कोई भी परिवर्तन शेष नहीं रहे। उदाहरण के लिये यदि प्रत्यक्ष प्रक्रम में ऊष्मा अवशोषित होती है, तो उत्क्रम प्रक्रम में ऊष्मा की समान मात्रा प्राप्त होनी चाहिए, यदि प्रत्यक्ष प्रक्रम में कार्य करने वाली वस्तु पर कार्य होता है तो उत्क्रम प्रक्रम में कार्य करने वाली वस्तु द्वारा कार्य की समान मात्रा प्राप्त होनी चाहिए। उत्क्रमणता के लिये परिस्थितियाँ हैं

(i) ऊर्जा क्षयात्मक बलों जैसे घर्षण, श्यानता, वैद्युत प्रतिरोधता इत्यादि की पूर्ण अनुपस्थिति होनी चाहिए।

(ii) प्रत्यक्ष एव उत्क्रम प्रक्रम बहुत धीमे-धीमे सम्पन्न होना चाहिए।

(iii) निकाय का ताप इसके परिवेश से अधिक भिन्न नहीं होना चाहिए।

उत्क्रमणीय प्रक्रम के कुछ उदाहरण :

(a) सभी समतापीय और रुद्धोष्म परिवर्तन उत्क्रमणीय होते हैं यदि वे बहुत धीमे हों।

(b) जब ऊष्मा की कुछ निश्चित मात्रा बर्फ के द्वारा अवशोषित होती है तो यह पिघलती है। यदि इसमें से ऊष्मा की समान मात्रा हटा ली जाये, तो प्रत्यक्ष प्रक्रम में बना जल बर्फ में परिवर्तित हो जायेगा।

(c) बिना दोलन स्थापित किये स्प्रिंग का बहुत कम विस्तारण और संकुचन।

(d) यदि एक पूर्णतः प्रत्यास्थ बॉल एक पूर्णतः प्रत्यास्थ क्षैतिज तल पर कुछ ऊँचाई से गिरती है तो बॉल आरंभिक ऊँचाई तक उछलती है।

(e) यदि एक तापयुग्म का प्रतिरोध नगण्य है तो जूल प्रभाव के कारण कोई ऊष्मा उत्पन्न नहीं होगी। ऐसी स्थिति में ऊष्मन या शीतलन उत्क्रमणीय होते हैं। ताप युग्म में धारा प्रवाहित करने पर जिस संधि पर शीतलन उत्पन्न होता है, धारा की दिशा पलटने पर वहीं ऊष्मा उत्पन्न हो जाती है।

(f) बहुत धीमा वाष्पन या संघनन

यह याद रखना चाहिए कि उत्क्रमणीय प्रक्रम के लिये दर्शायी स्थितियाँ प्रयोगिक रूप से प्राप्त नही की जा सकती। इसलिये उत्क्रमणीय प्रक्रम केवल एक आदर्श धारणा है। वास्तव में घर्षण, चालन, विकिरण इत्यादि द्वारा हमेशा ऊष्मा की हानि होती है।

(2) **अनुत्क्रमणीय प्रक्रम :** कोई भी प्रक्रम जो उत्क्रमणीय नही है, अनुत्क्रमणीय प्रक्रम होता है। सभी प्राकृतिक प्रक्रम जैसे संघनन, विकिरण, रेडियो-सक्रिय क्षय इत्यादि अनुत्क्रमणीय है। सभी प्रायोगिक प्रक्रम जैसे

मुक्त प्रसार, जूल-थॉमसन प्रसार, तार का वैद्युत ऊष्मन भी अनुत्क्रमणीय हैं। अनुत्क्रमणीय प्रक्रम के कुछ उदाहरण नीचे दिये गये हैं

(i) जब एक स्टील बॉल एक अप्रत्यास्थ लेड सीट पर गिरती है तब घर्षण द्वारा इसकी गतिज ऊर्जा, ऊष्मा ऊर्जा में परिवर्तित होती है। ऊष्मा ऊर्जा लेड सीट का ताप बढ़ा देती है। ऊष्मा ऊर्जा का उत्क्रमणीय परिवर्तन नहीं होता है।

(ii) स्प्रिंग में अचानक संकुचन एवं प्रसार होने से इसमें दोलन उत्पन्न हो जाते हैं। इस प्रक्रिया में कुछ ऊर्जा व्यय हो जाती है। यह अनुत्क्रमणीय प्रक्रम की स्थिति है।

(iii) अचानक प्रसार या संपीडन एवं तीव्र वाष्पन या संघनन अनुत्क्रमणीय प्रक्रमों के उदाहरण है।

(iv) किसी प्रतिरोध परिपथ से प्रवाहित वैद्युत धारा से प्राप्त ऊष्मा भी अनुत्क्रमणीय है।

(v) वस्तुओं के बीच विभिन्न ताप पर ऊष्मा स्थानांतरण की अनुत्क्रमणीय है।

(vi) जूल-थॉमसन प्रभाव अनुत्क्रमणीय है क्योंकि गैस के प्रवाह में पुनरावृत्ति होने पर समान शीतलन या ऊष्मीय प्रभाव प्रेक्षित नहीं होता।

मिश्रित ग्राफीय प्रदर्शन (Mixed Graphical Representation)

(1) *PV*-xzkQ

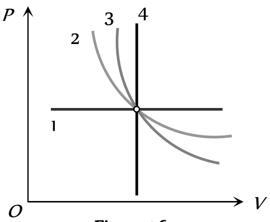


Fig. 14.26

1 ⟶ समदाबीय (*P*-नियत)

2 ⟶ समतापीय (क्योंकि $P \propto \frac{1}{V}$)

3 ⟶ रुद्धोष्म (क्योंकि $P \propto \frac{1}{V^\gamma}$)

4 ⟶ समआयतनी (*V*-नियत)

(2) *PT*-xzkQ

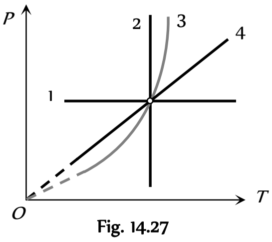


Fig. 14.27

1 ⟶ समदाबीय (*P*-नियत)

2 ⟶ समतापीय (*T*-नियत)

3 ⟶ रुद्धोष्म (क्योंकि $P \propto T^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}$)

4 ⟶ समआयतनी ($P \propto T$)

(3) *VT*-ग्राफ

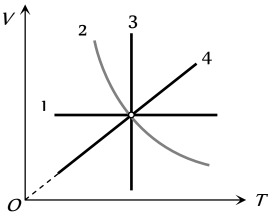


Fig. 14.28

1 ⟶ समआयतनी (*V*-नियत)

2 ⟶ रुद्धोष्म (क्योंकि $V \propto T^{\frac{1}{1-\gamma}}$)

3 ⟶ समतापीय (*T*-नियत)

4 ⟶ समदाबीय ($V \propto T$)

ऊष्मा इंजन (Heat Engine)

ऊष्मा इंजन एक यंत्र है जो चक्रीय प्रक्रम द्वारा ऊष्मा को सतत् कार्य में परिवर्तित करता है।

ऊष्मा इंजन के आवश्यक भाग निम्न है

स्रोत : यह उच्च ताप एवं अनंत ऊष्मीय क्षमता पर ऊष्मा का कुंड है। इससे ऊष्मा की कितनी भी मात्रा निकाली जा सकती है।

कार्यकारी पदार्थ : वाष्प, पेट्रोल इत्यादि।

(3) **सिंक :** यह निम्न ताप एवं अनंत ऊष्मीय क्षमता पर ऊष्मा का कुंड है। ऊष्मा की कितनी भी मात्रा सिंक को दी जा सकती है।

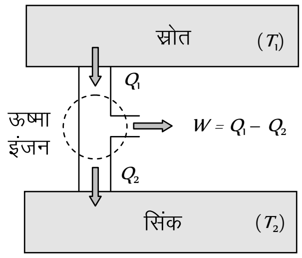


Fig. 14.29

कार्यकारी पदार्थ स्रोत से Q ऊष्मा अवशोषित करता है, W कार्य करता है, बची हुई ऊष्मा की मात्रा सिंक को वापस करता है अपनी मूल अवस्था में वापस आता है और इसकी आंतरिक ऊर्जा में कोई परिवर्तन नही होता।

समान चक्रण को बार-बार पुनरावृत्ति पर, सतत् कार्य प्राप्त होता है।

ऊष्मा इंजन की दक्षता η द्वारा प्रदर्शित की जाती हैं, जो कि इंजन से प्राप्त उपयोगी कार्य व इसको दी गई ऊष्मा के अनुपात के तुल्य होती है।

$$\eta = \frac{\text{किया गया कार्य}}{\text{दी गई ऊष्मा}} = \frac{W}{Q_1}$$

किन्तु चक्रीय प्रक्रम के लिये ऊष्मागतिकी के प्रथम नियम द्वारा $\Delta U = 0$

$\therefore \Delta Q = \Delta W$ इसलिये $W = Q_1 - Q_2$

$$\therefore \quad \eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

एक सम्पूर्ण ऊष्मा इंजन वह है जो पूरी ऊष्मा को कार्य में परिवर्तित करता है अर्थात् $W = Q_1$ इसलिये कि $Q_2 = 0$ और इसलिये $\eta = 1$ ।

किन्तु प्रायोगिक रूप से इंजन की दक्षता 1 से हमेशा कम होती है।

प्रशीतक या ऊष्मा पंप (Refrigerator or Heat Pump)

एक प्रतिशीतक या ऊष्मा पंप वास्तव में एक ऊष्मा इंजन है जो विपरीत दिशा में कार्य करती है।

इसके आवश्यक तीन भाग होते है

स्रोत : उच्च ताप T_1 पर

कार्यकारी पदार्थ : प्रतिशीतक द्रव्य अमोनिया एवं फ्रीऑन कार्यकारी पदार्थ के रूप में कार्य करते है।

सिंक : निम्न ताप T_2 पर

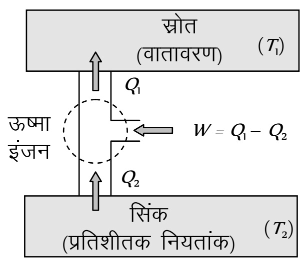


Fig. 14.30

कार्यकारी पदार्थ निम्न ताप T_2 पर सिंक से Q_2 ऊष्मा लेता है, इस पर किसी बाह्य कारक द्वारा W कार्य किया जाता है। तो यह Q_1 ऊष्मा उच्च ताप T_1 पर स्रोत (प्रायः वातावरण) को दे देता है। इस प्रकार बाह्य कारक द्वारा कार्य करने पर ऊष्मा ठंडी वस्तु से गर्म वस्तु तक पहुँचती है व ठंडी वस्तु और ठंडी हो जाती है।

प्रशीतक की शीतलन क्षमता को इसके कार्य गुणांक β द्वारा व्यक्त करते है। इसे ठण्डी वस्तु से निकाली गयी ऊष्मा तथा इसके लिए किये गये कार्य के अनुपात के रूप में परिभाषित करते हैं।

अर्थात् $$\beta = \frac{\text{ठण्डी वस्तु से निकाली गयी ऊष्मा}}{\text{किया गया कार्य}} = \frac{Q_2}{W} = \frac{Q_2}{Q_1 - Q_2}$$

$$\therefore \quad \beta = \frac{Q_2}{Q_1 - Q_2}$$

एक पूर्ण प्रशीतक वह होता है जो बिना कार्य के ऊष्मा का स्थानांतरण ठंडी वस्तु से गर्म वस्तु की ओर करता है।

अर्थात् $W = 0$ इसलिये कि $Q_1 = Q_2$ और इसलिये $\beta = \infty$

(1) **कार्नो का प्रशीतक**

कार्नो के प्रशीतक के लिये $\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{T_1}{T_2}$

$$\therefore \frac{Q_1 - Q_2}{Q_2} = \frac{T_1 - T_2}{T_2} \text{ या } \frac{Q_2}{Q_1 - Q_2} = \frac{T_2}{T_1 - T_2}$$

इसलिये कार्य गुणांक $\beta = \frac{T_2}{T_1 - T_2}$

जहाँ T_1 = परिवेश का तापमान, T_2 = ठंडी वस्तु का तापमान

यह स्पष्ट है कि $\beta = 0$ जब $T_2 = 0$

अर्थात् यदि ठंडी वस्तु का ताप परमशून्य ताप के बराबर हो तो कार्य गुणांक शून्य होगा।

(2) **प्रशीतक की दक्षता तथा कार्य गुणांक के बीच संबंध**

हम जानते है $\beta = \frac{Q_2}{Q_1 - Q_2} = \frac{Q_2 / Q_1}{1 - Q_2 / Q_1}$ ..... (i)

किन्तु दक्षता $\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$ या $\frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \eta$ .....(ii)

(i) एवं (ii) से हम प्राप्त करते है कि $\beta = \frac{1 - \eta}{\eta}$

ऊष्मागतिकी का द्वितीय नियम (Second Law of Thermodynamics)

ऊष्मागतिकी का प्रथम नियम कार्य एवं ऊष्मा की तुल्यता का वर्णन करता है। यह स्पष्ट नहीं करता कि ऊष्मा सदैव उच्च ताप की वस्तुओं से निम्न ताप की वस्तुओं की ओर प्रवाहित क्यों होती है। प्रथम नियम यह बताने में भी असमर्थ है कि इसका विपरीत क्यों सम्भव नहीं है। यह भी स्पष्ट नहीं करता कि ऊष्मा इंजन की दक्षता हमेशा 1 से कम क्यों होती है। ऊष्मागतिकी का द्वितीय नियम इन सवालों के जबाब देता है। इस नियम को निम्न कथनों की सहायता से समझा जा सकता है।

(1) **क्लॉसियस का कथन :** स्वकार्यरत मशीन के लिये यह असंभव है कि वो ऊष्मा को ठंडे निकाय से गर्म निकाय की ओर बिना बाह्य कारकों की मदद के स्थानांतरित करे।

क्लॉसियस कथन से यह स्पष्ट है कि जब तक बाह्य कारक द्वारा कार्य न किया जाये तो निम्न ताप वाली वस्तु से उच्च ताप वाली वस्तु पर ऊष्मा प्रवाहित नही हो सकती। यह कथन भौतिकी की विभिन्न शाखाओं में हमारे अनुभवों पर खरा उतरता है। उदाहरण के लिये एक सुचालक से वैद्युत धारा निम्न वैद्युत विभव से उच्च विभव पर प्रवाहित नही हो सकती, जब तक कोई बाहरी कार्य न किया जाये। इसी प्रकार एक वस्तु निम्न गुरुत्वीय विभव से उच्च गुरुत्वीय विभव पर नहीं जा सकती जब तक किसी बाहरी कारक द्वारा कार्य न किया जाये।

(2) **केल्विन का कथन :** किसी पिण्ड का ताप वातावरण के ताप से कम होने पर लगातार कार्य प्राप्त करना असंभव है। यदि स्रोत और सिंक समान ताप पर हो, तो एक कार्नो इंजन कार्य नहीं कर सकता, क्योंकि इंजन द्वारा किया गया कार्य स्रोत को ठंडा एवं परिवेश को और ज्यादा गर्म करेगा।

(3) **केल्विन प्लांक का कथन :** ऐसे किसी भी इंजन का निर्माण असंभव है जो चक्रीय प्रक्रम में कार्य करते हुए स्रोत से ऊष्मा लेकर उसे पूर्णतः कार्य में परिवर्तित कर सके।

इस कथन से यह स्पष्ट है कि ऊष्मा की कोई भी मात्रा पूर्णतः कार्य में परिवर्तित नहीं हो सकती है। किसी इंजन के लिये ऊष्मा की कुछ मात्रा सिंक को लौटाना आवश्यक है। एक इंजन को स्रोत के साथ-साथ सिंक की भी आवश्यकता होती है। इंजन की दक्षता हमेशा एक से कम होती है क्योंकि ऊष्मा पूर्णतः कार्य में परिवर्तित नहीं हो सकती है।

कार्नो इंजन (Carnot Engine)

कार्नो ने एक सैद्धांतिक इंजन का निरूपण किया जो प्रायोगिक इंजन के सभी दोषों से मुक्त होता है। ऐसा इंजन व्यवहार में प्राप्त नहीं किया जा सकता।

कार्नो इंजन के प्रमुख भाग निम्नलिखित हैं

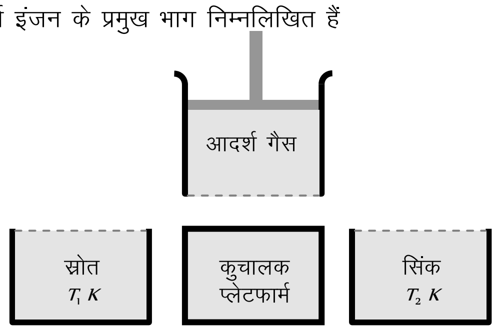


Fig. 14.31

(i) पूर्णतः चालक आधार व कुचालक दीवारों का बेलन जिसमें घर्षण रहित पिस्टन लगा हो व कार्यकारी पदार्थ के रूप में आदर्श गैस भरी हो।

(ii) स्थिर उच्च तापमान T_1 पर नियंत्रित अनंत ऊष्मीय क्षमता का स्रोत।

(iii) स्थिर निम्न तापमान T_2 पर नियंत्रित अनंत ऊष्मीय क्षमता की सिंक।

(iv) बेलन के लिये एक पूर्णतः कुचालक स्टैण्ड।

(1) **कार्नो चक्र :** जब इंजन कार्य करता है, तो कार्यकारी पदार्थ एक चक्र का पालन करता है, जो कार्नो चक्र कहलाता है। कार्नो चक्र में निम्नलिखित चार स्ट्रोक होते हैं

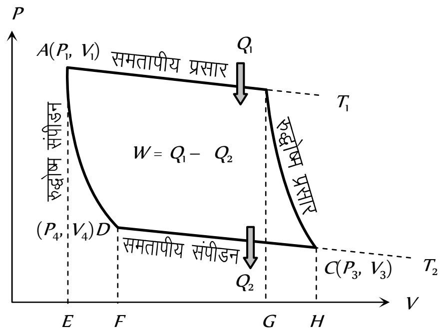


Fig. 14.32

(i) पहला स्ट्रोक (समतापीय प्रसार) (वक्र AB) :

स्थिर तापमान T_1 पर बेलन के कार्यकारी पदार्थ के रूप में आदर्श गैस का प्रसार धीरें-धीरे होता है।

किया गया कार्य = निकाय द्वारा अवशोषित ऊष्मा

$$W_1 = Q_1 = \int_{V_1}^{V_2} P\,dV = RT_1 \log_e\left(\frac{V_2}{V_1}\right) = \text{क्षेत्रफल } ABGE$$

(ii) दूसरा स्ट्रोक (रुद्धोष्म प्रसार) (वक्र BC) :

जब बेलन को कुचालक स्टैण्ड पर रखा जाता है तो गैस का रुद्धोष्म प्रसार तब तक होता है जब तक कि तापमान T_1 से T_2 तक न हो जाएें।

$$W_2 = \int_{V_2}^{V_3} P\,dV = \frac{R}{(\gamma-1)}[T_1 - T_2] = \text{क्षेत्रफल } BCHG$$

(iii) तीसरा स्ट्रोक (समतापीय संपीड़न) (वक्र CD) :

बेलन को सिंक पर रखते हैं और गैस को स्थिर ताप T_2 पर संपीडित करते हैं।

किया गया कार्य = निकाय द्वारा निष्कासित की गई ऊष्मा

$$W_3 = Q_2 = -\int_{V_3}^{V_4} P\,dV = -RT_2 \log_e \frac{V_4}{V_3}$$

$$= RT_2 \log_e \frac{V_3}{V_4} = \text{क्षेत्रफल } CDFH$$

(iv) चतुर्थ स्ट्रोक (रुद्धोष्म संपीडन) (वक्र DA) : अंत में बेलन को पुनः कुचालक स्टैण्ड पर रखते है और सतत् संपीड़न होता रहता है, जब तक कि गैस अपनी प्रारंभिक अवस्था में न लौट आये।

$$W_4 = -\int_{V_4}^{V_1} P\,dV = -\frac{R}{\gamma-1}(T_2 - T_1)$$

$$= \frac{R}{\gamma-1}(T_1 - T_2) = \text{क्षेत्रफल } ADFE$$

(2) **कार्नो चक्र की दक्षता :** इंजन की दक्षता को इंजन द्वारा किये गये कार्य तथा इंजन को दी गई ऊष्मा के अनुपात से परिभाषित करते हैं।

अर्थात् $\eta = \dfrac{\text{किया गया कार्य}}{\text{दी गई ऊष्मा}} = \dfrac{W}{Q_1}$

पूर्ण चक्रण के दौरान किया गया कुल कार्य

$$W = W_1 + W_2 + (-W_3) + (-W_4)$$

$$= W_1 - W_3 = \text{क्षेत्रफल } ABCD \qquad [\because\ W_2 = W_4]$$

$$\therefore \quad \eta = \frac{W}{Q_1} = \frac{W_1 - W_3}{W_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{W_3}{W_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

या $\eta = 1 - \dfrac{RT_2 \log_e(V_3/V_4)}{RT_1 \log_e(V_2/V_1)}$

चूँकि बिन्दु B और C समान रुद्धोष्म वक्र पर रहते हैं

$$\therefore \quad T_1 V_2^{\gamma-1} = T_2 V_3^{\gamma-1} \text{ या } \frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{V_3}{V_2}\right)^{\gamma-1} \qquad .....(i)$$

बिन्दु A और D भी समान रुद्धोष्म वक्र पर रहते है

$$\therefore \ T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_4^{\gamma-1} \text{ या } \frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{V_4}{V_1}\right)^{\gamma-1} \qquad .....(ii)$$

(i) और (ii) से $\dfrac{V_3}{V_2} = \dfrac{V_4}{V_1}$ या $\dfrac{V_3}{V_4} = \dfrac{V_2}{V_1}$

$$\Rightarrow \ \log_e\left(\frac{V_3}{V_4}\right) = \log_e\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$$

इसलिये कार्नो इंजन की दक्षता $\eta = 1 - \dfrac{T_2}{T_1}$

(i) ऊष्मा इंजन की दक्षता केवल स्रोत और सिंक के ताप पर निर्भर करती है।

(ii) सभी उत्क्रमणीय ऊष्मा इंजन जो समान तापों के बीच कार्य करते है समान रूप से दक्ष होते है। कोई भी ऊष्मा इंजन कार्नो इंजन से अधिक दक्ष नहीं होता (क्योंकि ये आदर्श है)।

(iii) केल्विन पैमाने पर तापमान कभी भी ऋणात्मक नहीं हो सकता (क्योंकि 0 K को निम्न संभावित ताप की तरह परिभाषित किया जाता है) और T_1 एवं T_2 परिमित है। अतः ऊष्मा इंजन की दक्षता हमेशा एक से कम होती है अर्थात् ऊष्मा पूर्णतः कार्य में परिवर्तित नहीं हो सकती। जो कि द्वितीय नियम के अनुरूप है।

वास्तविक इंजन की दक्षता आदर्श इंजन की दक्षता से कम होती है। वास्तव में वाष्प इंजन की प्रायोगिक दक्षता लगभग (8-15)% होती है जबकि पेट्रॉल इंजन की 40% होती है। डीजल इंजन की दक्षता अधिकतम (50-55)% होती है।

(3) **कार्नो प्रमेय :** कार्नो ऊष्मा इंजन की दक्षता केवल स्रोत के ताप (T_1) और सिंक के ताप (T_2) पर निर्भर होती है, अर्थात् $\eta = 1 - \dfrac{T_2}{T_1}$

कार्नो ने व्यक्त किया कि स्रोत और सिंक के तापों के मध्य कार्यरत् कोई भी ऊष्मा इंजन, पूर्ण उत्क्रमणीय इंजन (कार्नो इंजन) की अपेक्षा अधिक दक्ष नहीं हो सकता।

Table 14.3 : पेट्रोल इंजन और डीजल इंजन में अंतर

पेट्रोल इंजन	डीजल इंजन
कार्यकारी पदार्थ पेट्रोल वाष्प और वायु का मिश्रण होता है।	कार्यकारी पदार्थ डीजल वाष्प और वायु का मिश्रण होता है।
दक्षता कम है (~47%)	दक्षता अधिक है (~55%)
यह स्पार्क प्लग के साथ कार्य करता है।	यह ऑइल प्लग के साथ कार्य करता है।
इसमें विस्फोट का खतरा होता है क्योंकि पेट्रोल वाष्प एवं वायु संपीडित होती है इसलिये निम्न संपीडन अनुपात रखा जाता है।	विस्फोट का कोई खतरा नही होता, क्योंकि केवल वायु संपीडित होती है। इसलिये संपीडन अनुपात अधिक रखा जाता है।
स्पार्क प्लग पर पेट्रोल वाष्प और वायु का मिश्रण होता है।	जेट के द्वारा डीजल का स्प्रे प्राप्त होता है।

एण्ट्रॉपी (Entropy)

एण्ट्रॉपी निकाय की आण्विक गति की अनियमितता का मापक है। अनियमितता अधिक होने पर एण्ट्रॉपी अधिक होगी।

एण्ट्रॉपी में परिवर्तन $dS = \frac{\text{निकाय के द्वारा अवशोषित ऊष्मा}}{\text{परम ताप}}$ या

$$dS = \frac{dQ}{T}$$

इस संबंध को ऊष्मागतिकी के द्वितीय नियम का गतिणीय रूप कहते है।

(1) **ठोस एवं द्रव के लिये**

(i) जब किसी पदार्थ को ऊष्मा दी जाती है तो स्थिर ताप पर अवस्था में परिवर्तन होता है, तो एण्ट्रॉपी में परिवर्तन

$$dS = \frac{dQ}{T} = \pm\frac{mL}{T}$$

जहाँ धनात्मक चिन्ह ऊष्मा के अवशोषण को दर्शाता है एवं ऋणात्मक चिन्ह ऊष्मा के निकलने को दर्शाता है।

(ii) जब किसी पदार्थ को ऊष्मा दी जाती है तो उसका ताप T_1 से T_2 बढ़ जाता है, तब एण्ट्रॉपी में परिवर्तन है।

$$dS = \int \frac{dQ}{T} = \int_{T_1}^{T_2} mc\frac{dT}{T} = mc\log_e\left(\frac{T_2}{T_1}\right)$$

$$\Rightarrow \Delta S = 2.303\, mc\log_e\left(\frac{T_2}{T_1}\right)$$

(2) **आदर्श गैस के लिये :** n मोलों के लिये आदर्श गैस समीकरण है $PV = nRT$

$$\Delta S = \int\frac{dQ}{T} = \int\frac{nC_V dT + P\,dV}{T} \qquad [\because dQ = dU + dW]$$

$$\Rightarrow \Delta S = \int\frac{nC_V dT + \frac{nRT}{V}dV}{T} = nC_V\int_{T_1}^{T_2}\frac{dT}{T} + nR\int_{V_1}^{V_2}\frac{dV}{V}$$

$[\because PV = nRT]$

$$\therefore \quad \Delta S = nC_V\log_e\left(\frac{T_2}{T_1}\right) + nR\log_e\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$$

इसी प्रकार T एवं P के संदर्भ में

$$\Delta S = nC_P\log_e\left(\frac{T_2}{T_1}\right) - nR\log_e\left(\frac{P_2}{P_1}\right)$$

तथा P और V के संदर्भ में

$$\Delta S = \mu C_V\log_e\left(\frac{P_2}{P_1}\right) + \mu C_P\log_e\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$$

Tips & Tricks

✍ जब एक थर्मस बोतल को तेजी से हिलाया जाये :

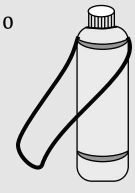
बोतल में भरी कॉफी की स्थानान्तरित ऊष्मा $\Rightarrow \Delta Q = 0$

[क्योंकि थर्मस फ्लास्क की दीवारें कुचालक हैं]

कॉफी पर श्यान बल के विरुद्ध कार्य $\Delta W = (-)$

कॉफी की आंतरिक ऊर्जा में वृद्धि होती है $\Delta U = (+)$

एवं कॉफी का तापक्रम भी बढ़ता है $\Delta T = (+)$



✍ **आयतन की सीमाओं के बिना कार्य :**

$$W = \int_{V_i}^{V_f} P\,dV$$

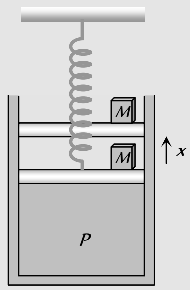
इस समीकरण से स्पष्ट है कि किया गया कार्य केवल तभी परिकलित हो सकता है जब P-V समीकरण एवं आयतन की सीमायें V_i एवं V_f ज्ञात हो लेकिन वास्तव में ऐसा नहीं है। यदि हमें ताप की सीमायें ज्ञात हों तब भी हम किये गये कार्य को परिकलित कर सकते हैं।

उदाहरण के लिये, प्रक्रम $P = \frac{\alpha}{T}$ के द्वारा एक आदर्श गैस के μ मोलों का ताप T_0 से $2T_0$ तक बढ़ता है

$$PV \text{ से } = \mu RT \Rightarrow V = \frac{\mu RT}{P} = \frac{\mu RT^2}{\alpha} \Rightarrow dV = \frac{2\mu RT}{\alpha}dT$$

$$\therefore \quad W = \int_{V_i}^{V_f} P\,dV = \int_{T_0}^{2T_0}\left(\frac{\alpha}{T}\right)\left(\frac{2\mu RT}{\alpha}\right)dT = 2\mu RT_0$$

✍ **स्प्रिंग के साथ कार्य :** यदि बल स्थिरांक K के स्प्रिंग से भारहीन पिस्टन को जोड़ा जाये और भार m पिस्टन के ऊपर रखा हो। यदि बाहरी दाब P_0 हो एवं गैस के प्रसार के कारण पिस्टन x दूरी ऊपर की ओर चला जाए तो



गैस के द्वारा किया गया कुल कार्य

$$W = W_1 + W_2 + W_3$$

जहाँ, W_1 = बाह्य दाब (P_0) के विरुद्ध किया गया कार्य

W_2 = स्प्रिंग बल (Kx) के विरुद्ध किया गया कार्य

W_3 = गुरुत्वीय बल (mg) के विरुद्ध किया गया कार्य

$$W = P_0V + \frac{1}{2}Kx^2 + mgx$$

✍ वास्तविक इंजन की दक्षता आदर्श इंजन की दक्षता से कम होती

है। वास्तव में वाष्प इंजन की प्रायोगिक दक्षता लगभग (8-15)% होती है जबकि पेट्रॉल इंजन की 40% होती है। डीजल इंजन की दक्षता अधिकतम (50-55)% होती है।

✍ जब P तथा V में सम्बन्ध PV^x = नियतांक है, यहाँ $x \neq 1$ या γ तो प्रक्रम बहुदैशिक कहलाता है। इस प्रक्रम में आण्विक ऊष्मीयधारिता, $C = C_V + \frac{R}{1-x} = \frac{R}{\gamma - 1} + \frac{R}{1-x}$

✍ **ऐन्थैल्पी :** अभिक्रियाएँ की रासायनिक ऊष्मागतिकी में एवं अचक्रीय प्रक्रम में चार राशियाँ महत्वपूर्ण है जिन्हें 'ऊष्मागतिक विभव' कहते हैं ये हैं आंतरिक ऊर्जा, एन्थैल्पी, हैल्महोल्ट्ज मुक्त ऊर्जा एवं गिब्स मुक्त ऊर्जा। ऐन्थैल्पी (H) को निम्न प्रकार परिभाषित किया जाता है

$$H = U + PV$$

यहाँ P और V क्रमशः दाब एवं आयतन हैं एवं U आंतरिक ऊर्जा है। ऐन्थैल्पी कुछ-कुछ नियम दाब पर ऊष्मागतिकी के प्रथम नियम $Q = \Delta U + P\Delta V$ के समतुल्य है। $Q = \Delta H$

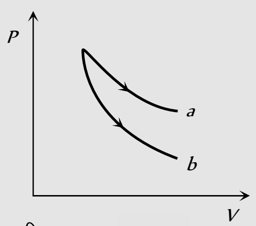
✍ **ऊष्मागतिकी के प्रथम नियम के बारे में भ्रम**

रसायनशास्त्र में ऊष्मागतिकी के प्रथम नियम को सामान्यतः निम्न प्रकार से लिखा जाता है।

$$\Delta U = \Delta Q + \Delta W$$

यहाँ W निकाय पर कार्य को परिभाषित करता है, निकाय द्वारा किये गये कार्य को नहीं। भौतिकी के संदर्भ में गैस के किसी आयतन में ऊष्मा देने पर गैस के प्रसार द्वारा कार्य होता है। (आंतरिक दहन इंजिन में पिस्टन का चलना)। रासायनिक अभिक्रियाओं या प्रक्रम के संदर्भ में यह स्थिति अधिक प्रचलित है कि निकाय पर कहाँ कार्य किया गया है बजाय इसके कि इसके द्वारा किया गया है।

✍ **सम्भावनायें**



यदि $a \longrightarrow$ समतापीय तब $b \longrightarrow$ अवश्य रुद्धोष्म होगा

लेकिन यदि $b \longrightarrow$ रुद्धोष्म तब यह आवश्यक नहीं है कि a समतापीय ही हों, यह रुद्धोष्म भी हो सकता है।

Ordinary Thinking

Objective Questions

ऊष्मागतिकी का प्रथम नियम ($\Delta Q = \Delta U + \Delta W$)

1. ऊष्मागतिकी का प्रथम नियम है [CPMT 1977, 91]

(a) $dQ = dU + PdV$ (b) $dQ = dU \times PdV$

(c) $dQ = (dU + dV)P$ (d) $dQ = PdU + dV$

2. आदर्श गैस की आन्तरिक ऊर्जा निर्भर करती है

[RPMT 1997; MP PMT 1999; CPMT 2003]

(a) विशिष्ट आयतन पर (b) दाब पर

(c) ताप पर (d) घनत्व पर

3. किसी ऊष्मागतिकी निकाय को एक अवस्था A से दूसरी अवस्था B पर लाने में यदि निकाय को दी गई ऊष्मा Q हो तथा निकाय द्वारा किया गया कार्य W हो, तो आन्तरिक ऊर्जा में परिवर्तन है

[MP PMT 1986; AMU (Med.) 2001]

(a) $Q + W$ (b) $Q - W$

(c) Q (d) $\frac{Q - W}{2}$

4. यदि एक निकाय को दी गई ऊष्मा 35 जूल हो तथा निकाय द्वारा किया गया कार्य 15 जूल हो, तो निकाय में होने वाले आन्तरिक ऊर्जा में परिवर्तन है [MP PET/PMT 1988]

(a) – 50 J (b) 20 J

(c) 30 J (d) 50 J

5. एक आदर्श गैस के प्रसार के दौरान ताप को नियत रखा जाता है। गैस बाहरी कार्य करती है। इस प्रक्रिया के दौरान, गैस की आन्तरिक ऊर्जा [MP PMT 1990]

(a) घटती है

(b) बढ़ती है

(c) स्थिर रहती है

(d) आणविक गति पर निर्भर करती है

6. ऊष्मागतिकी के प्रथम नियम का सम्बन्ध होता है [MP PMT 1987; CBSE PMT 1990, 92; AFMC 1997; CPMT 1999; BHU 1999; DCE 2000; BCECE 2003]

(a) संवेग संरक्षण से (b) ऊर्जा संरक्षण से
(c) द्रव्यमान संरक्षण से (d) ताप के संरक्षण से

7. एक ऊष्मागतिकीय निकाय निम्न अवस्थाओं से गुजरता है (i) P, V से $2P, V$ (ii) P, V से $P, 2V$ दोनों अवस्थाओं में सम्पन्न कार्य होगा [MP PMT 1990]

(a) (i) शून्य (ii) शून्य (b) (i) शून्य (ii) PV
(c) (i) PV (ii) शून्य (d) (i) PV (ii) PV

8. यदि किसी निकाय को दी गई ऊष्मा 35 जूल और निकाय द्वारा सम्पन्न कार्य –15 जूल है, तो आन्तरिक ऊर्जा में परिवर्तन होगा [MP PMT 1989]

(a) – 50 जूल (b) 20 जूल
(c) 30 जूल (d) 50 जूल

9. एक निकाय को 300 कैलोरी ऊष्मा दी जाती है और इस निकाय द्वारा 600 जूल कार्य किया जाता है। यहाँ निकाय की आन्तरिक ऊर्जा में कितना परिवर्तन होता है (J = 4.18 जूल / कैलोरी) [MP PET 1991]

(a) 654 जूल (b) 156.5 जूल
(c) –300 जूल (d) –528.2 जूल

10. गैस द्वारा अथवा गैस पर किया गया कार्य निर्भर करता है

(a) गैस की प्रारम्भिक अवस्था पर
(b) गैस की अन्तिम अवस्था पर
(c) गैस की प्रारम्भिक और अन्तिम दोनों अवस्थाओं पर
(d) प्रारम्भिक अवस्था, अन्तिम अवस्था एवं पथ पर

11. यदि R=सार्वत्रिक गुरुत्वीय नियतांक है तब किसी एक–परमाण्विक आदर्श गैस के 2 मोल का तापक्रम $273K$ से $373K$ बढ़ाने के लिए (कोई कार्य न किया जाए) आवश्यक ऊष्मा की मात्रा है [MP PET 1990]

(a) 100 R (b) 150 R
(c) 300 R (d) 500 R

12. जब कोई निकाय 2 किलो कैलोरी ऊष्मा अवशोषित करके 500 जूल कार्य करता है, तो उसकी आन्तरिक ऊर्जा में परिवर्तन है [EAMCET 1984]

(a) 7900 J (b) 8200 J
(c) 5600 J (d) 6400 J

13. किसी निकाय को ΔQ ऊष्मा देने पर यह ΔW कार्य करता है तथा आंतरिक ऊर्जा में परिवर्तन ΔU है। प्रारम्भिक व अन्तिम स्थितियों का अद्वितीय फलन (जो कि इस परिवर्तन की विधि से सम्बन्धित नहीं है) होगा [CPMT 1981; J & KCET 2004]

(a) ΔQ (b) ΔW
(c) ΔU व ΔQ (d) ΔU

14. 1 घन मीटर आयतन का एक पात्र दो बराबर भागों में एक विभाजन द्वारा बाँटा गया है। इनमें से एक पात्र में 300 K पर आदर्श गैस भरी है। दूसरे पात्र में निर्वात् है। सम्पूर्ण निकाय अपने चारों ओर की ऊष्मा से विलगित है। अब एक विभाजन हटाने पर गैस सम्पूर्ण आयतन घेर लेती है, तो अब इसका तापक्रम होगा [Manipal MEE 1995]

(a) 300 K (b) 239 K
(c) 200 K (d) 100 K

15. किसी गैसीय निकाय को 110 जूल ऊष्मा देने पर किया गया कार्य कितना होगा, यदि निकाय की आंतरिक ऊर्जा परिवर्तन 40 जूल है [CBSE PMT 1993; DPMT 1996, 03; AFMC 1999; JIPMER 2000; MH CET 2000; Pb. PMT 2003]

(a) 150 J (b) 70 J
(c) 110 J (d) 40 J

16. कौनसा ऊष्मागतिक फलन नहीं है [CBSE PMT 1993; CPMT 2001; DCE 1996; 2001]

(a) एन्थैल्पी (b) कार्य
(c) गिब्स ऊर्जा (d) आंतरिक ऊर्जा

17. यदि किया गया कार्य 333 कैलोरी एवं आंतरिक ऊर्जा में परिवर्तन 167 कैलोरी है, तब निकाय को दी गई ऊष्मा होगी [AFMC 1998]

(a) 166 कैलोरी (b) 333 कैलोरी
(c) 500 कैलोरी (d) 400 कैलोरी

18. ऊष्मागतिकी के प्रथम नियमानुसार [KCET 1999]

(a) निकाय कार्य कर सकता है (b) निकाय का तापक्रम होता है
(c) निकाय में दाब होता है (d) ऊष्मा ऊर्जा का एक रूप है

19. किसी ऊष्मागतिक निकाय को अवस्था (P_1, V_1) से अवस्था (P_2, V_2) तक दो भिन्न–भिन्न प्रक्रमों द्वारा ले जाया जाता है। इन दोनों प्रक्रमों में जो राशि नियत रहेगी, वह है, [RPET 1999]

(a) ΔQ (b) ΔW
(c) $\Delta Q + \Delta W$ (d) $\Delta Q - \Delta W$

20. किसी ऊष्मागतिक प्रक्रम में, गैस को 200 J ऊष्मा दी जाती है तथा इस पर 100 J कार्य भी किया जाता है। गैस की आन्तरिक ऊर्जा में परिवर्तन है [AMU (Engg.) 1999]

(a) 100 J (b) 300 J
(c) 419 J (d) 24 J

21. एक आदर्श गैस से भरा हुआ बेलनाकार पात्र निर्वात में स्थित है। यदि पात्र अचानक फट जाये तो गैस का ताप [MH CET 1999]

(a) नियत रहेगा (b) शून्य हो जायेगा
(c) बढ जायेगा (d) घट जायेगा

22. यदि किसी निकाय को दी गई ऊष्मा 150 J एवं निकाय द्वारा किया गया कार्य 110 J, है तब निकाय की आन्तरिक ऊर्जा में परिवर्तन होगा [AMU (Engg.) 1999; BHU 2000]

(a) 260 J (b) 150 J
(c) 110 J (d) 40 J

23. यदि ΔQ एवं ΔW क्रमशः निकाय को दी गई ऊष्मा एवं निकाय पर किये गये कार्य को प्रदर्शित करते हैं, तब ऊष्मागतिकी के प्रथम

नियम को लिखा जा सकता है ($\Delta U =$ आन्तरिक ऊर्जा में परिवर्तन) [Roorkee 2000]

(a) $\Delta Q = \Delta U + \Delta W$ (b) $\Delta Q = \Delta U - \Delta W$

(c) $\Delta Q = \Delta W - \Delta U$ (d) $\Delta Q = -\Delta W - \Delta U$

24. गैस के मुक्त प्रसार हेतु निम्न में से क्या सत्य है [AMU (Med.) 2000]

(a) $Q = W = 0$ तथा $\Delta E_{\text{आंतरिक}} = 0$

(b) $Q = 0, W > 0$ तथा $\Delta E_{\text{आंतरिक}} = -W$

(c) $W = 0, Q > 0$, तथा $\Delta E_{\text{आंतरिक}} = Q$

(d) $W > 0, Q < 0$ तथा $\Delta E_{\text{आंतरिक}} = 0$

25. निम्नलिखित में से कौनसा समुच्चय, ऊष्मागतिकीय निकाय की अवस्था को निर्धारित नहीं करता है [AFMC 2001]

(a) दाब एवं आयतन

(b) आयतन एवं ताप

(c) ताप एवं दाब

(d) कोई भी एक, दाब, आयतन या ताप

26. ऊष्मागतिकी का निर्देशांक नहीं है [AIIMS 2001]

(a) P (b) T

(c) V (d) R

27. किसी आदर्श गैस के लिए एक प्रक्रम में, $dW = 0$ एवं $dQ < 0$ है। तब गैस का [IIT-JEE (Screening) 2001]

(a) ताप घटेगा (b) आयतन बढ़ेगा

(c) दाब नियत रहेगा (d) ताप बढ़ेगा

28. नियत दाब पर हाइड्रोजन गैस की विशिष्ट ऊष्मा $C_p = 3.4 \times 10^3 cal/kg\ ^oC$ तथा नियत आयतन पर विशिष्ट ऊष्मा $C_v = 2.4 \times 10^3 cal/kg\ ^oC$ है। यदि एक किलोग्राम हाइड्रोजन गैस को 10^oC से 20^oC तक नियत दाब पर गर्म किया जाये, तो दाब नियत बनाये रखने के लिए गैस पर किया गया बाह्य कार्य है [MP PMT 1995; DPMT 2001]

(a) 10^5 कैलोरी (b) 10^4 कैलोरी

(c) 10^3 कैलोरी (d) 5×10^3 कैलोरी

29. निम्न में से कौनसा चर (variable) पदार्थ की ऊष्मागतिक अवस्था का अभिलाक्षणिक गुण नहीं है [CPMT 2001; AIEEE 2003]

(a) आयतन (b) ताप

(c) दाब (d) कार्य

30. एक ऊष्मागतिक निकाय में कार्यकारी पदार्थ एक आदर्श गैस है। इस निकाय की आन्तरिक ऊर्जा निम्न रूप में होती है [MP PMT 2003]

(a) अणुओं की केवल गतिज ऊर्जा के रूप में

(b) अणुओं के केवल स्थितिज ऊर्जा एवं गतिज ऊर्जा के रूप में

(c) केवल स्थितिज ऊर्जा के रूप में

(d) उपरोक्त में से कोई नहीं

31. किसी ऊष्मागतिक निकाय के लिए निम्नलिखित में से कौनसा प्रक्कथन सत्य है [AIEEE 2004]

(a) सभी प्रक्रमों में आन्तरिक ऊर्जा परिवर्तित होती है

(b) आन्तरिक ऊर्जा तथा एन्ट्रॉपी अवस्था फलन होते हैं।

(c) एन्ट्रॉपी में परिवर्तन कदापि शून्य नहीं होता

(d) किसी रुद्धोष्म प्रक्रम में किया गया कार्य सदैव शून्य होता है

32. एक निकाय को 200 *cal* ऊष्मा दी जाती है एवं निकाय द्वारा परिवेश पर किया गया कार्य 40 *J* है। तब इसकी आन्तरिक ऊर्जा [Orissa PMT 2004]

(a) वृद्धि 600 *J* है (b) कमी 800 *J* है

(c) वृद्धि 800 *J* है (d) कमी 50 *J* है

33. एक ऊष्मागतिक प्रक्रम में, एक गैस की निश्चित मात्रा का दाब इस प्रकार परिवर्तित होता है, कि गैस अणु 20 *J* ऊष्मा मुक्त करते हैं, एवं गैस पर 10 *J* कार्य किया जाता है। यदि गैस की प्रारम्भिक आन्तरिक ऊर्जा 40 *J* थी तब इसकी अन्तिम आंतरिक ऊर्जा होगी [DPMT 2004]

(a) 30 *J* (b) 20 *J*

(c) 60 *J* (d) 40 *J*

34. एक वस्तु में ऊष्मा का आदान–प्रदान नहीं होता है, यदि इसकी आन्तरिक ऊर्जा बढ़ती है, तब [RPMT 2002]

(a) इसका ताप बढ़ेगा (b) इसका ताप घटेगा

(c) इसका ताप नियत रहेगा (d) उपरोक्त में से कोई नहीं

35. निम्न में से कौनसी राशि पथ पर निर्भर नहीं करती है [RPET 2002]

(a) ताप (b) ऊर्जा

(c) कार्य (d) उपरोक्त में से कोई नहीं

36. ऊष्मागतिकी का प्रथम नियम एक विशेष स्थिति है [CPMT 1985; RPET 2000; DCE 2000; CBSE PMT 2000; AIEEE 2002; AFMC 2002]

(a) न्यूटन के नियम का

(b) ऊर्जा के संरक्षण के नियम का

(c) चार्ल्स के नियम का

(d) ऊष्मा विनियम के नियम का

37. नियत दाब पर एक आदर्श एक परमाणविक गैस के एक मोल को एक वायुमण्डल दाब पर $0°C$ से $100°C$ तक गर्म किया जाता है। उसकी आन्तरिक ऊर्जा में परिवर्तन होगा [Pb. PMT 2001]

(a) 6.56 जूल (b) 8.32×10^2 जूल

(c) 12.48×10^2 जूल (d) 20.80 जूल

38. यदि किसी गैस की नियत दाब पर विशिष्ट ऊष्मा तथा नियत आयतन पर विशिष्ट ऊष्मा का अनुपात γ हो, तो नियत दाब पर गैस के एक निश्चित द्रव्यमान की आन्तरिक ऊर्जा में परिवर्तन होगा, यदि इसका आयतन V से $2V$ तक परिवर्तित होता है [CBSE PMT 1998]

(a) $R/(\gamma - 1)$ (b) pV

(c) $pV/(\gamma - 1)$ (d) $\gamma pV/(\gamma - 1)$

39. 2 मोल गैस का ताप 340 *K* से 342 *K* तक बढ़ने पर इसकी आंतरिक ऊर्जा में परिवर्तन होगा (C_v = 4.96 कैलोरी / मोल–कैल्विन) [RPET 1997]

(a) 27.80 कैलोरी (b) 19.84 कैलोरी
(c) 13.90 कैलोरी (d) 9.92 कैलोरी

40. किसी वस्तु की ठण्डक या गर्मी का मापन ताप कहलाता है। यह परिभाषा आधारित है [RPET 2003]
(a) ऊष्मागतिकी के शून्यवें नियम पर
(b) ऊष्मागतिकी के प्रथम नियम पर
(c) ऊष्मागतिकी के द्वितीय नियम पर
(d) न्यूटन के शीतलन नियम पर

41. जब किसी गैस को नियत दाब $2.1\times10^5 N/m^2$ पर 1500 J ऊष्मा दी जाती है, तो इसके आयतन में $2.5\times10^{-3}m^3$ की वृद्धि हो जाती है। गैस की आन्तरिक ऊर्जा में वृद्धि होगी (जूल में) [EAMCET (Engg.) 1999]
(a) 450 (b) 525
(c) 975 (d) 2025

42. यदि किसी निकाय को दी गई ऊष्मा 6 कि. कैलोरी हो तथा किया गया कार्य 6 kJ हो, तो आन्तरिक ऊर्जा में परिवर्तन होगा [BHU (Med.) 2000]
(a) 19.1 kJ (b) 12.5 kJ
(c) 25 kJ (d) Zero

43. एक ऊष्मागतिक प्रक्रम में, एक गैस की निश्चित मात्रा का दाब इस प्रकार परिवर्तित होता है कि गैस अणु 20 J ऊष्मा मुक्त करते हैं एवं गैस पर 8J कार्य किया जाता है। यदि गैस की प्रारम्भिक आन्तरिक ऊर्जा 30J हो तब इसकी अन्तिम आन्तरिक ऊर्जा होगी [DPMT 2002]
(a) 18J (b) 9J
(c) 4.5J (d) 36J

44. किसी एकपरमाणुक गैस के n मोलों को ताप T_1 से ताप T_2 तक दो विभिन्न स्थितियों में गर्म किया जाता है (i) नियत आयतन एवं (ii) नियत दाब पर, गैस की आन्तरिक ऊर्जा में परिवर्तन [CPMT 2000]
(a) स्थिति (i) में अधिक है
(b) स्थिति (ii) में अधिक है
(c) दोनों स्थितियो में समान है
(d) मोलों की संख्या पर निर्भर नहीं करता है

45. किसी ऊष्मागतिक निकाय की अवस्था को प्रदर्शित किया जाता है [MH CET 2004]
(a) केवल दाब द्वारा (b) केवल आयतन द्वारा
(c) दाब, आयतन, एवं ताप द्वारा (d) मोलों की संख्या द्वारा

46. एक आदर्श गैस एक अवस्था (A) से दूसरी अवस्था (B) में जाती है तो $8\times10^5 J$ ऊष्मा अवशोषित करती है, एवं $6.5\times10^5 J$ बाह्य कार्य करती है। इसे अब दूसरे प्रक्रम द्वारा अवस्था (A) से अवस्था (B) में ले जाया जाता है इसमें यह गैस $10^5 J$ ऊष्मा अवशोषित करती है, तब दूसरे प्रक्रम में [BHU 1997]
(a) गैस पर किया गया कार्य $0.5\times10^5 J$ है
(b) गैस द्वारा किया गया कार्य $0.5\times10^5 J$ है
(c) गैस पर किया गया कार्य $10^5 J$ है
(d) गैस द्वारा किया गया कार्य $10^5 J$ है

47. यदि एक निकाय का आयतन घट रहा है तब निकाय द्वारा किया गया कार्य होगा [BHU 1999]
(a) शून्य (b) नगण्य
(c) ऋणात्मक (d) धनात्मक

48. ऊष्मागतिकी के पहले नियम के बारे में निम्नलिखित में से कौनसा कथन सत्य नहीं है [AIEEE 2005]
(a) यह आंतरिक ऊर्जा की संकल्पना को प्रस्तावित करता है
(b) यह ऐन्ट्रॉपी की संकल्पना को प्रस्तावित करता है
(c) यह ऊर्जा के संरक्षण नियम का पुनर्कथन है
(d) उपरोक्त में से कोई नहीं

समतापीय प्रक्रम

1. आदर्श गैस के लिये समतापीय प्रक्रम में [BHU 1998]
(a) ऊष्मा की मात्रा नियत रहती है
(b) ऊष्मा की मात्रा तथा ताप नियत रहता है
(c) ताप नियत रहता है
(d) उपरोक्त कोई नहीं

2. क्या दो समतापीय वक्र एक–दूसरे को काटते हैं
(a) कभी नहीं
(b) जी हाँ
(c) वे एक–दूसरे को काटेंगे, यदि ताप 0°C है
(d) हाँ, यदि दाब क्रांतिक दाब है

3. एक गैस के समतापीय प्रसार में [KCET 2000; AFMC 2001]
(a) गैस की आन्तरिक ऊर्जा बढ़ती है
(b) गैस की आन्तरिक ऊर्जा घटती है
(c) गैस की आन्तरिक ऊर्जा अपरिवर्तित रहती है
(d) अणुओं की औसत गतिज ऊर्जा घटती है

4. समतापीय तथा उत्क्रमणीय प्रसार में यदि 27^oC तापक्रम पर 96 ग्राम O_2 का आयतन 70 लीटर से बढ़कर 140 लीटर हो जाता है, तो गैस द्वारा किया गया कार्य होगा
(a) $300\,R\log_{10}2$ (b) $81\,R\log_e 2$
(c) $900\,R\log_{10}2$ (d) $2.3\times900\,R\log_{10}2$

5. एक बर्तन में 5 लीटर गैस 0.8 मीटर दाब पर है। इस बर्तन को एक 3 लीटर आयतन वाले निर्वातित (evacuated) बर्तन से जोड़ा जाता है। अन्दर का परिणामी दाब होगा (पूरे निकाय को विलगित मान लिया जाए) [MP PMT 1993]
(a) 4/3 m (b) 0.5 m
(c) 2.0 m (d) 3/4 m

6. एक पूर्ण गैस के समतापीय प्रसार के लिये $\frac{\Delta P}{P}$ का मान होता है [CPMT 1980]
(a) $-\gamma^{1/2}\frac{\Delta V}{V}$ (b) $-\frac{\Delta V}{V}$
(c) $-\gamma\frac{\Delta V}{V}$ (d) $-\gamma^2\frac{\Delta V}{V}$

7. गैस का नियम $\frac{PV}{T}$ = नियतांक, सत्य है [MNR 1974; MP PMT 1984; BHU 1995, 98, 2000]
(a) केवल समतापीय परिवर्तन के लिए

(b) केवल रुद्धोष्म परिवर्तन के लिए

(c) समतापीय और रुद्धोष्म दोनों परिवर्तनों के लिए

(d) न तो समतापीय और न ही रुद्धोष्म परिवर्तन के लिए

8. ऑक्सीजन गैस का एक ग्राम अणु जो कि 0^oC तापमान तथा 1 वायुमण्डलीय दाब पर है, का आयतन 22.4 लीटर है। समतापी संपीडन द्वारा इसका आयतन 11.2 लीटर कर दिया जाता है। इस क्रिया में किया गया कार्य होगा [MP PET 1993; BVP 2003]

(a) $1672.5\ J$ (b) $1728\ J$

(c) $-1728\ J$ (d) $-1572.5\ J$

9. नियत दाब पर गैस की समतापीय संपीड्यता [MP PET 1984]

(a) नियत रहती है

(b) ताप के साथ रेखीय वृद्धि होती है

(c) ताप के साथ रेखीय कमी होती है

(d) ताप के साथ व्युत्क्रमानुपाती रहती है

10. समतापीय प्रक्रम में प्रति मोल द्वारा किया गया कार्य होता है [RPMT 2004; BCECE 2005]

(a) $RT\log_{10}\frac{V_2}{V_1}$ (b) $RT\log_{10}\frac{V_1}{V_2}$

(c) $RT\log_e\frac{V_2}{V_1}$ (d) $RT\log_e\frac{V_1}{V_2}$

11. P दाब पर किस आदर्श गैस का समतापीय आयतन प्रत्यास्थता गुणांक है [CPMT 1974, 81; UPSEAT 1998; IIT 1998]

(a) P (b) γP

(c) $P/2$ (d) P/γ

12. समतापीय प्रसार में दाब किसके द्वारा निरूपित होता है [AFMC 1995]

(a) केवल तापमान

(b) केवल सम्पीड्यता

(c) तापमान एवं सम्पीड्यता दोनों

(d) उपरोक्त में से कोई नहीं

13. आदर्श गैस का सामान्य दाब पर समतापीय आयतन प्रत्यास्थता गुणांक होता है [AFMC 1997]

(a) 1.013×10^5 न्यूटन/मी^{2} (b) 1.013×10^6 न्यूटन/मी^{2}

(c) 1.013×10^{-11} न्यूटन/मी^{2} (d) 1.013×10^{11} न्यूटन/मी^{2}

14. समतापीय परिवर्तन हेतु आदर्श गैस द्वारा किस नियम का पालन किया जाता है [EAMCET 1994; CPMT 1999]

(a) बॉयल का नियम (b) चार्ल्स का नियम

(c) गेलुसॉक का नियम (d) उपरोक्त में से कोई नहीं

15. समतापीय परिवर्तन हेतु असत्य कथन है [RPMT 1997]

(a) तापक्रम नियत रहता है

(b) आंतरिक ऊर्जा नियत रहती है

(c) ऊष्मा का आदान–प्रदान नहीं होता

(d) (a) व (b) सत्य है

16. आदर्श गैस A तथा व्यवहारिक गैस B के आयतन, समतापीय अवस्था में V से बढ़ाकर $2V$ कर दिये जाते हैं। आंतरिक ऊर्जा में परिवर्तन [CBSE PMT 1993; JIPMER 2001, 02]

(a) A और B दोनों में समान होगा

(b) दोनों गैसों के लिए शून्य होगा

(c) B के लिये A की तुलना में अधिक होगा

(d) A के लिये B की तुलना में अधिक होगा

17. समतापीय प्रक्रम में गैस की विशिष्ट ऊष्मा होती है [AFMC 1998]

(a) अनंत (b) शून्य

(c) ऋणात्मक (d) नियत

18. एक ऊष्मा–रोधी पात्र को किसी पर्दे की सहायता से दो समान भागों में बॉटा गया है। एक भाग में दाब P पर T ताप की आदर्श गैस है व दूसरे भाग में पूर्ण निर्वात है। अब यदि पर्दे में सूक्ष्म छिद्र कर दिया जाए तो गैस का ताप [RPET 1999]

(a) घटेगा (b) बढेगा

(c) स्थिर रहेगा (d) उपरोक्त में से कोई नही

19. समतापीय प्रक्रम के लिए प्रयुक्त पात्र बना होना चाहिए [Pb. PMT 2000]

(a) ताँबे का (b) काँच का

(c) लकड़ी का (d) कपड़े का

20. एक समतापी प्रक्रिया में एक आदर्श र्गस का आयतन घटकर आधा रह जाता है तब कहा जा सकता है कि [MP PMT 2004]

(a) गैस की आंतरिक ऊर्जा घटेगी

(b) गैस द्वारा किया कार्य धनात्मक होगा

(c) गैस द्वारा किया कार्य ऋणात्मक होगा

(d) गैस की आंतरिक ऊर्जा बढ़ेगी

21. वह ऊष्मागतिक निकाय, जिसमें ताप T नियत रहता है एवं अन्य चर P एवं V बदल सकते हैं, कहलाता है [Pb. PMT 2004]

(a) सम आयतनिक प्रक्रम (b) समतापीय प्रक्रम

(c) सम दाबीय प्रक्रम (d) उपरोक्त में से कोई नहीं

22. यदि एक गैस को समतापीय रूप से संपीडित किया जाये तब [RPMT 2003]

(a) गैस के विरूद्ध कोई कार्य नहीं किया जाता

(b) गैस द्वारा ऊष्मा मुक्त होती है

(c) गैस की आन्तरिक ऊर्जा बढ़ेगी

(d) दाब परिवर्तित नहीं होता है

23. जब किसी बेलन में आदर्श गैस का समतापीय संपीडन करते हैं तो गैस पर किया गया कार्य 1.5×10^4 जूल है। इस प्रक्रम में लगभग [MP PMT 1987]

(a) 3.6×10^3 कैलोरी ऊष्मा का निष्कासन होता है

(b) 3.6×10^3 कैलोरी ऊष्मा गैस को प्राप्त होती है

(c) 1.5×10^4 कैलोरी ऊष्मा गैस को प्राप्त होती है

(d) 1.5×10^4 कैलोरी ऊष्मा गैस से निष्कासित होती है

24. समतापी अवस्था में गैस को जब ऊष्मा दी जाती है, तो परिणाम होता है [MP PET 1995; RPMT 1997]

(a) बाह्य कार्य

(b) ताप वृद्धि

(c) आंतरिक ऊर्जा में वृद्धि

(d) बाह्य कार्य और ताप वृद्धि दोनों

25. जब एक ग्राम जल $0°C$ ताप तथा 1×10^5 N/m^2 दाब पर 1.091 सेमी^{3} बर्फ में परिणित होता है, तो किया गया बाह्य कार्य होता है, (लगभग)

(a) 0.0091 जूल (b) 0.0182 जूल

(c) –0.0091 जूल (d) –0.0182 जूल

26. जल के वाष्पन की गुप्त ऊष्मा 2240 *J/gm* है। यदि एक ग्राम जल के प्रसार में किया गया कार्य 168 *J* है तब आन्तरिक ऊर्जा में वृद्धि है [Pb. PET 1998; CPMT 2000]

(a) 2408 *J* (b) 2240 *J*

(c) 2072 *J* (d) 1904 *J*

27. $100°C$ पर 1 घन सेमी जल को जब 540 कैलोरी ऊष्मा दी जाती है, $100°C$ की भाप का एक वायुमण्डल दाब पर आयतन 1671 घन सेमी हो जाता है, तो वायुमण्डल दाब के विपरीत सम्पन्न कार्य होगा (लगभग)

(a) 540 कैलोरी (b) 40 कैलोरी

(c) शून्य (d) 500 कैलोरी

28. एक आदर्श गैस का 1 मोल प्रारम्भिक आयतन 10 लीटर से अन्तिम आयतन 20 लीटर तक प्रसारित होता है, जबकि तापक्रम 300 कैल्विन पर स्थिर रहता है। गैस प्रसार में किए गए कार्य का मान होगा (R = 8.31 जूल/मोल कैल्विन)

[MP PMT 1995; UPSEAT 2000]

(a) 750 *joules* (b) 1728 *joules*

(c) 1500 *joules* (d) 3456 *joules*

29. एक पिस्टन युक्त सिलिण्डर में $27°C$ पर 0.2 मोल वायु भरी है। पिस्टन को इतने धीरे धकेला जाता है कि इसके भीतर की वायु परिवेश के साथ उष्मीय सन्तुलन में रहती है। यदि अन्तिम आयतन प्रारम्भिक आयतन का दो गुना है तो निकाय द्वारा किया गया कार्य लगभग होगा। [BHU (Med.) 2000]

(a) 543 *J* (b) 345 *J*

(c) 453 *J* (d) 600 *J*

30. एक आदर्श गैस का आयतन 1 लीटर एवं दाब 72*cm* मरकरी स्तम्भ के तुल्य है गैस को समतापीय रूप से संपीड़ित करके इसका आयतन 900 *cm* कर दिया जाता है। गैस में उत्पन्न प्रतिबल होगा

(a) 8 *cm* (मरकरी) (b) 7 *cm* (मरकरी)

(c) 6 *cm* (मरकरी) (d) 4 *cm* (मरकरी)

31. किसी आदर्श गैस के समतापीय प्रसार में [UPSEAT 2005]

(a) इसकी आन्तरिक ऊर्जा घटती है

(b) इसकी आन्तरिक ऊर्जा अपरिवर्तित रहती है

(c) गैस द्वारा किया गया कार्य इसके द्वारा अवशोषित ऊष्मा के तुल्य होता है

(d) दोनों (b) एवं (c) सही हैं

रुद्धोष्म प्रक्रम

1. यदि अधिक दाब पर गैस से भरा सिलेण्डर फट जाये, तो गैस में परिवर्तन [MP PET/PMT 1988]

(a) उत्क्रमणीय रुद्धोष्म परिवर्तन तथा ताप में गिरावट

(b) उत्क्रमणीय रुद्धोष्म परिवर्तन तथा ताप में वृद्धि

(c) अनुत्क्रमणीय रुद्धोष्म परिवर्तन तथा ताप में गिरावट

(d) अनुत्क्रमणीय रुद्धोष्म परिवर्तन तथा ताप में वृद्धि

2. गैस में रुद्धोष्म परिवर्तन में किया गया कार्य सिर्फ निर्भर करता है [CPMT 1971; MP PMT 2004]

(a) दाब परिवर्तन पर (b) आयतन परिवर्तन पर

(c) ताप परिवर्तन पर (d) उपरोक्त कोई नहीं

3. रुद्धोष्म प्रसार में [DPMT 1999]

(a) ΔU=शून्य (b) ΔU=ऋणात्मक

(c) ΔU=धनात्मक (d) ΔW=शून्य

4. एक कार टायर में दाब वायुमण्डल दाब से चार गुना है तथा ताप 300 *K* है। यदि टायर अचानक फट जाता है, तो नया ताप होगा [RPMT 1996; MP PMT 1990]

(a) $300\,(4)^{1.4/0.4}$ (b) $300\left(\frac{1}{4}\right)^{-0.4/1.4}$

(c) $300\,(2)^{-0.4/1.4}$ (d) $300\,(4)^{-0.4/1.4}$

5. एक गैस का सामान्य ताप और दाब को एकाएक संपीडित करके उसका आयतन, प्रारम्भिक आयतन का एक–चौथाई किया जाता है। यदि γ का मान 3/2 है माना जाता है, तो अन्तिम दाब होगा [BHU 1995]

(a) 4 वायुमण्डलीय (b) 3/2 वायुमण्डलीय

(c) 8 वायुमण्डलीय (d) 1/4 वायुमण्डलीय

6. एक परमाणविक गैस का यकायक रुद्धोष्म परिवर्तन से आयतन, प्रारम्भिक आयतन का 1/8 कर दिया जाता है। यदि γ= 5/3 है, तो गैस दाब हो जाता है [CPMT 1976, 83; MP PMT 1994; DPMT 1996; Roorkee 2000; KCET 2000; Pb. PMT 1999, 2001]

(a) $\frac{24}{5}$ (b) 8

(c) $\frac{40}{3}$ (d) प्रारम्भिक दाब का 32 गुना

7. द्वि–परमाणविक गैस (γ = 7/5) का दाब और घनत्व रुद्धोष्म तरीके से (P, d) से (P', d') किया जाता है। यदि d'/d = 32 है, तो P'/P होना चाहिये [CPMT 1982; EAMCET 2001]

(a) 1/128 (b) 32

(c) 128 [UPSEAT 1999] (d) उपरोक्त कोई नहीं

8. एक आदर्श गैस को $27°C$ पर रुद्धोष्म संपीडित किया जाता है कि उसका आयतन, प्रारम्भिक आयतन का 8/27 गुना हो जाता है यदि γ = 5/3 है, तो ताप वृद्धि होगी

[CPMT 1984; CBSE PMT 1999; DPMT 2000; BHU 2001; Pb. PET 2001; UPSEAT 2002, 03; KCET 2003;]

(a) 450 *K* (b) 375 *K*

(c) 225 *K* (d) 405 *K*

9. दो एकसमान गैसों का प्रसार होता है (i) समतापीय रीति से (ii) रुद्धोष्म रीति से। किया गया कार्य [MNR 1998]

(a) समतापीय रीति में अधिक होगा

(b) रुद्धोष्म रीति में अधिक होगा

(c) किसी में भी नहीं होगा

(d) दोनों रीतियों में समान होगा

10. निम्नलिखित में कौनसा कथन सही है [MP PMT 1993]

(a) समतापी परिवर्तन के लिये $PV =$ स्थिरांक है

(b) समतापी प्रक्रिया में आन्तरिक ऊर्जा में परिवर्तन, किये गये कार्य के बराबर होता है

(c) रुद्धोष्म परिवर्तन के लिये $\frac{P_2}{P_1}=\left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\gamma}$ जहाँ γ विशिष्ट ऊष्माओं का अनुपात है

(d) रुद्धोष्म प्रक्रिया में, किया गया बाह्य कार्य उसमें प्रवेश करने वाली ऊष्मा के बराबर होता है

11. समतापीय और रुद्धोष्म वक्रों की ढालों (Slopes) में सम्बन्ध है [CPMT 1971; BHU 1996; MH CET 1999; UPSEAT 2000; RPET 2003]

(a) समतापीय वक्र का ढाल = रुद्धोष्म वक्र का ढाल (slope)

(b) समतापीय वक्र का ढाल = $\gamma \times$ रुद्धोष्म वक्र का ढाल

(c) रुद्धोष्म वक्र का ढाल = $\gamma \times$ समतापीय वक्र का ढाल

(d) रुद्धोष्म वक्र का ढाल = $1/2 \times$ समतापीय वक्र का ढाल

12. रुद्धोष्म परिवर्तन में एक आदर्श गैस के दाब व ताप में सम्बन्ध है $(\gamma = C_p / C_V)$ [CPMT 1992; MP PMT 1986, 87, 94, 97; Pb. PET 1998; DCE 2001; MP PET 2001; UPSEAT 1999, 2001; AFMC 2002]

(a) PT^{γ} = नियतांक (b) $PT^{-1+\gamma}$ = नियतांक

(c) $P^{\gamma-1}T^{\gamma}$ =नियतांक (d) $P^{1-\gamma}T^{\gamma}$ = नियतांक

13. रुद्धोष्म प्रसार में ताप को T से T_1 तक परिवर्तित करने पर सम्पन्न कार्य होता है [MP PMT 1989]

(a) $R(T-T_1)$ (b) $\frac{R}{\gamma-1}(T-T_1)$

(c) RT (d) $R(T-T_1)(\gamma-1)$

14. गैस के दो मोल में रुद्धोष्म परिवर्तन द्वारा गैस की आन्तरिक ऊर्जा 2 जूल से कम हो जाती है, प्रक्रम में गैस पर किया गया कार्य होगा [CPMT 1988]

(a) 1 जूल (b) – 1 जूल

(c) 2 जूल (d) – 2 जूल

15. सामान्य ताप तथा दाब पर हाइड्रोजन गैस $(\gamma = 1.4)$ की रुद्धोष्म प्रत्यास्थता होगी [MP PMT 1990]

(a) 1×10^5 न्यूटन/मी² (b) 1×10^{-8} न्यूटन/मी²

(c) 1.4 न्यूटन/मी² (d) 1.4×10^5 न्यूटन/मी²

16. गैस की दो विशिष्ट ऊष्माओं का अनुपात γ द्वारा प्रदर्शित किया गया है तो रुद्धोष्म और समतापीय P–V वक्रों की कटान बिन्दु पर प्रवणता का अनुपात होगा [NCERT 1990; MH CET 1999; MP PMT 2000]

(a) $1/\gamma$ (b) γ

(c) $\gamma - 1$ (d) $\gamma + 1$

17. किसी बेलन में भरी वायु को पिस्टन द्वारा अचानक संपीडित किया जाता है तथा पिस्टन को उसी स्थिति में रखा रहने दिया जाता है, तो समय के साथ [NCERT 1971; DPMT 1995; JIPMER 1997; KCET 2000; AIIMS 2000; MH CET 2001]

(a) दाब घटता जायेगा

(b) दाब बढ़ता जायेगा

(c) दाब अपरिवर्तित रहेगा

(d) दाब बढ़ अथवा घट सकता है, यह गैस की प्रकृति पर निर्भर करता है

18. जब गैस का रुद्धोष्म प्रसार होता है [CPMT 1990]

(a) प्रसार के लिए कोई ऊर्जा नहीं लगती है

(b) ऊर्जा की आवश्यकता रहती है, और यह ऊर्जा पात्र की दीवारों द्वारा प्राप्त होती है

(c) गैस की आन्तरिक ऊर्जा का उपयोग कार्य के लिए होता है

(d) ऊर्जा के संरक्षण के सिद्धांत का पालन नहीं होता है

19. द्विपरमाणुक गैस के 1 मोल को $(\gamma = 1.4)$ रुद्धोष्म रूप से संपीड़ित किया जाता है, जिससे इसका ताप $27°C$ से बढ़कर $127°C$ हो जाता है तो सम्पन्न कार्य होगा

(a) 2077.5 जूल (b) 207.5 जूल

(c) 207.5 अर्ग (d) उपरोक्त कोई नहीं

20. साइकिल के पहिए के ट्यूब में भरी संपीडित हवा अचानक पंक्चर में से बाहर निकलने लगती है। अन्दर भरी हवा [NCERT 1970]

(a) गर्म होने लगती है

(b) उसी ताप पर रहती है

(c) ठंडी होने लगती है

(d) गर्म होना या ठंडा होना उसमें उपस्थित जलवाष्प की मात्रा पर निर्भर करता है

21. P दाब पर किस आदर्श गैस का रुद्धोष्म आयतन प्रत्यास्थता गुणांक है [CPMT 1982; MH CET 2001]

(a) P (b) $2P$

(c) $P/2$ (d) γP

22. रुद्धोष्म प्रक्रम में होता है, नियत [MNR 1985; AFMC 1996; AIIMS 1999; UPSEAT 1999, 2000; Pb. PET 2004]

(a) ताप (b) दाब

(c) ऊष्मा (d) ताप एवं दाब

23. एक बहुपरमाण्विक गैस $\left(\gamma = \frac{4}{3}\right)$ का आयतन रुद्धोष्म प्रक्रिया से संपीडित कर मूल आयतन का $\frac{1}{8}$ गुना कर दिया जाता है। यदि गैस का मूल दाब P_o हो, तो उसका नया दाब होगा [MP PET 1994; BHU 1995]

(a) $8P_o$ (b) $16P_0$

(c) $6P_o$ (d) $2P_o$

24. रुद्धोष्म परिवर्तन के लिए $\left(\gamma = \frac{C_p}{C_v}\right)$ [KCET 1999; MP PET 1995; CPMT 2003]

(a) $P^{\gamma}V$ = नियतांक (b) $T^{\gamma}V$ = नियतांक

(c) $TV^{\gamma-1}$ = नियतांक (d) TV^{γ} = नियतांक

25. एक आदर्श गैस का जिसका कि प्रारम्भिक ताप 300 K है, रुद्धोष्म प्रसारण किया जाता है जिससे उसका आयतन प्रारम्भिक आयतन का दुगना हो जाता है। हाइड्रोजन गैस का अन्तिम ताप होगा $(\gamma = 1.40)$ [MP PMT 1995; DPMT 1999]

(a) 227.36 K (b) 500.30 K

(c) 454.76 K (d) $-47^\circ C$

26. किसी निकाय द्वारा किया गया कार्य इसकी आन्तरिक ऊर्जा में कमी के बराबर है। निकाय के परिवर्तन का प्रकार है

[Haryana CEE 1996; UPSEAT 2003]

(a) समतापीय (b) रुद्धोष्म

(c) समदाबीय (d) सम आयतनिक

27. दो मोल गैस के रुद्धोष्म प्रसार में उसकी आन्तरिक ऊर्जा में 100 जूल का ह्रास हुआ । इस प्रक्रिया में गैस द्वारा किया गया कार्य है

[MP PET 1996, 97]

(a) शून्य (b) –100 जूल

(c) 200 जूल (d) 100 जूल

28. किसी गैस के रुद्धोष्म प्रसारण में प्रारम्भिक तापमान व अन्तिम तापमान क्रमशः T_1 व T_2 हैं, तो गैस की आन्तरिक ऊर्जा में परिवर्तन होता है [MP PET 1997]

(a) $\frac{R}{\gamma-1}(T_2-T_1)$ (b) $\frac{R}{\gamma-1}(T_1-T_2)$

(c) $R(T_1-T_2)$ (d) शून्य

29. $27^\circ C$ पर हीलियम का आयतन 8 लीटर है। अचानक दबाकर इसका आयतन 1 लीटर कर दिया जाता है। इस गैस का ताप होगा [γ =5/2]

[CBSE PMT 1993; MP PMT 1999; Pb. PMT 2002]

(a) $108^o C$ (b) $9327^o C$

c) $1200^o C$ (d) $927^o C$

30. साइकिल के टायर का अचानक फटना है [SCRA 1994]

(a) समतापीय प्रक्रिया (b) समदाबीय प्रक्रिया

(c) समआयतनिक प्रक्रिया (d) रुद्धोष्म प्रक्रिया

31. 1 मोल हीलियम गैस रुद्धोष्म रीति से प्रारम्भिक अवस्था ($P_i V_i T_i$) से अंतिम अवस्था ($P_f V_f T_f$) तक प्रसारित होती है आंतरिक ऊर्जा में होने वाली कमी है [SCRA 1994; BHU 2002]

(a) $C_V(T_i-T_f)$ (b) $C_P(T_i-T_f)$

(c) $\frac{1}{2}(C_P+C_V)(Ti-T_f)$ (d) $(C_P-C_V)(T_i-T_f)$

32. सामान्य ताप व दाब पर 1मोल द्विपरमाण्विक गैस को रुद्धोष्म रीति से संपीड़ित करके इसका आयतन आधा कर दिया जाता है, तब गैस पर किया गया कार्य है (γ = 1.41) [RPET 1997]

(a) 1280 J (b) 1610 J

(c) 1815 J (d) 2025 J

33. रुद्धोष्म प्रक्रम हेतु असत्य कथन है [RPMT 1997]

(a) $dQ = 0$ (b) $dU = -dW$

(c) Q = नियतांक (d) एन्ट्रॉपी निश्चित नहीं रहती है

34. $18^\circ C$ ताप पर किसी द्विपरमाण्विक गैस को रुद्धोष्म रीति से संपीडित करके इसका आयतन प्रारम्भिक का 1/8 कर दिया जाता है। संपीडन के पश्चात् ताप होगा

[Pb. PET 1995; CBSE PMT 1996; CPMT 1999]

(a) $10^o C$ (b) $887^o C$

(c) 668 K (d) $144^o C$

35. गैस को रुद्धोष्म रीति से संपीडित करने पर, संपीडन के दौरान इसकी विशिष्ट ऊष्मा होगी [SCRA 1996]

(a) शून्य (b) अनंत

(c) परिमित परन्तु अशून्य (d) अपरिभाषित

36. वह प्रक्रम जिसमें ऊष्मा का निकाय से आदान–प्रदान नहीं होता, कहलाता है [Pb. PET 1996; BHU 1998; BCECE 2003]

(a) समआयतनिक (b) समदाबीय

(c) समतापीय (d) रुद्धोष्म

37. $27^o C$ ताप पर किसी एक-परमाणुक आदर्श गैस के 2 मोल का आयतन V है। यदि गैस को रूद्धोष्म रूप से $2V$ आयतन तक प्रसारित किया जाता है तो गैस द्वारा किया गया कार्य होगा।

$[\gamma = 5/3, R = 8.31 J/mol\, K]$ [RPET 1999]

(a) $-2767.23 J$ (b) $2767.23 J$

(c) $2500\ J$ (d) $-2500\ J$

38. $27^o C$ ताप पर एक गैस को इतना संपीड़ित किया जाता है कि इसका दाब प्रारम्भिक दाब का $\frac{1}{8}$ गुना हो जाता है गैस का अन्तिम ताप होगा ($\gamma = 5/3$) [BHU 2000]

(a) 420K (b) $327^o C$

(c) $300\ K$ (d) $-142^o C$

39. किसी प्रक्रम में dW किया गया कार्य तथा dU आंतरिक ऊर्जा में परिवर्तन है। किस प्रक्रम के लिए $dW + dU = 0$ सत्य है

[RPMT 2000]

(a) रुद्धोष्म प्रक्रम (b) समतापीय प्रक्रम

(c) समदाबी प्रक्रम (d) सम-आयतनिक प्रक्रम

40. $27^o C$ ताप एवं 1 वायुमण्डल दाब पर एक आदर्श गैस को रुद्धोष्म रूप से संपीड़ित करके इसका दाब प्रारम्भिक दाब का 8 गुना कर दिया जाता है। तब इसका अन्तिम ताप है ($\gamma = 3/2$)

[EAMCET (Engg.)2000]

(a) $627^o C$ (b) $527^o C$

(c) $427^o C$ (d) $327^o C$

41. एक मोटर-ट्यूब में $27^o C$ पर हवा भरी है एवं इसका दाब 8 वायुमण्डलीय दाब के बराबर है। ट्यूब अचानक फट जाता है तो हवा का ताप होगा [हवा हेतु γ =1.5] [MP PMT 2002]

(a) $27.5^o C$ (b) $75^o K$

(c) 150 K (d) $150^o C$

42. यदि $\gamma = 2.5$ वाली एक गैस का आयतन प्रारम्भिक आयतन का $\frac{1}{8}$ गुना कर दिया जाये तो दाब P' बराबर होगा (प्रारम्भिक दाब = P)

[RPET 2003]

(a) $P' = P$ (b) $P' = 2P$

(c) $P' = P \times (2)^{15/2}$ (d) $P' = 7P$

43. रुदोष्म प्रक्रम में गैस की अवस्था $P_1, V_1, T_1,$ से P_2, V_2, T_2 तक परिवर्तित हो जाती है। निम्न में से कौनसा सम्बंध सत्य है [Orissa JEE 2003]

(a) $T_1V_1^{\gamma-1} = T_2V_2^{\gamma-1}$ (b) $P_1V_1^{\gamma-1} = P_2V_2^{\gamma-1}$

(c) $T_1P_1^{\gamma} = T_2P_2^{\gamma}$ (d) $T_1V_1^{\gamma} = T_2V_2^{\gamma}$

44. एक रुद्धोष्म प्रक्रम में गैस का दाब उसके निरपेक्ष ताप के घन के अनुक्रमानुपाती है। गैस के लिए अनुपात C_p/C_v होगा [AIEEE 2003]

(a) $\frac{3}{2}$ (b) $\frac{4}{3}$

(c) 2 (d) $\frac{5}{3}$

45. गैस के रुदोष्म प्रसार में [BCECE 2001; MP PET 2003]

(a) इसका दाब बढ़ जाता है (b) इसका ताप गिरता है

(c) इसका घनत्व बढता है (d) इसकी ऊष्मीय ऊर्जा बढ़ती है

46. स्थिर दाब तथा स्थिर आयतन पर विशिष्ट ऊष्माओं 5/3 अनुपात वाली एक आदर्श गैस का एक मोल रुद्धोष्म रीति से $6R$ जूल कार्य करता है। यदि गैस का आरम्भिक ताप T K हो, तो इसका अन्तिम ताप होगा CBSE PMT 2004]

(a) $(T+2.4)K$ (b) $(T-2.4)K$

(c) $(T+4)K$ (d) $(T-4)K$

47. सामान्य ताप पर एक गैस को प्रारम्भिक आयतन के एक चौथाई भाग तक संपीड़ित किया जाता है। इसके ताप में वृद्धि होगी $(\gamma = 1.5)$ [DCE 2004]

(a) 273 K (b) 573 K

(c) 373 K (d) 473 K

48. एक गैस ($\gamma = 1.3$) एक कुचालक पात्र में भरी हुई है। इस पात्र में दाब $10^5\ N/m^2$ है एवं एक पिस्टन पात्र में लगा हुआ है। पिस्टन को अचानक दबाकर गैस के आयतन को प्रारम्भिक आयतन का आधा कर दिया जाता है। गैस का अन्तिम दाब होगा [RPET 2002]

(a) $2^{0.7} \times 10^5$ (b) $2^{1.3} \times 10^5$

(c) $2^{1.4} \times 10^5$ (d) इनमें से कोई नहीं

49. किसी गैस की आन्तरिक ऊर्जा बढ़ जाएगी जब उसका [MP PMT 1989; RPMT 2001]

(a) रुद्धोष्म प्रसार होगा (b) रुद्धोष्म संपीडन होगा

(c) समतापीय प्रसार होगा (d) समतापीय संपीडन होगा

50. हम एक ऊष्मागतिक निकाय पर विचार करते हैं। यदि ΔU आन्तरिक ऊर्जा में वृद्धि तथा W निकाय द्वारा किये गये कार्य को प्रदर्शित करते हैं, तो निम्न में से कौनसा कथन सत्य है [CBSE PMT 1998]

(a) $\Delta U = -W$ रुद्धोष्म प्रक्रम में

(b) $\Delta U = W$ समतापी प्रक्रम में

(c) $\Delta U = -W$ समतापी प्रक्रम में

(d) $\Delta U = W$ रुद्धोष्म प्रक्रम में

51. एक गैस को यकायक इसके प्रारम्भिक आयतन के एक–चौथाई भाग तक संपीड़ित किया जाता है। यदि प्रारम्भिक दाब P हो तब अन्तिम दाब होगा [Pb. PET 2002]

(a) P से कम (b) P से अधिक

(c) P (d) (a) या (c)

52. एक गैस $\gamma = 1.5$ को अपने प्रारम्भिक आयतन के एक चौथाई तक अचानक संपीडित किया जाता है। अन्तिम एवं प्रारम्भिक दाब का अनुपात होगा [EAMCET 2001]

(a) 1 : 16 (b) 1 : 8

(c) 1 : 4 (d) 8 : 1

53. $\gamma = 1.4$ वाली गैस के एक मोल को रुद्धोष्म रूप से संपीडित किया जाता है। जिससे उसका ताप $27°C$ से $35°C$ तक बढ़ जाता है। गैस की आन्तरिक ऊर्जा में परिवर्तन होगा $(R = 8.3\ J/mol.K)$ [EAMCET 2001]

(a) – 166 J (b) 166 J

(c) – 168 J (d) 168 J

54. $27°C$ ताप पर एक गैस को अपने प्रारम्भिक आयतन के एक चौथाई तक संपीड़ित किया जाता है, यदि $\gamma = 1.4$ हो तब गैस का नया ताप होगा [DPMT 2000]

(a) $350 \times 4^{0.4}\ K$ (b) $300 \times 4^{0.4}\ K$

(c) $150 \times 4^{0.4}\ K$ (d) उपरोक्त में से कोई नहीं

55. एक गैस के 2 मोल के प्रसार के दौरान गैस की आन्तरिक ऊर्जा में परिवर्तन – $50J$ है। प्रक्रम के दौरान किया गया कार्य है [Pb. PET 1996]

(a) शून्य (b) 100 J

(c) – 50 J (d) 50 J

56. एक गैस की रुद्धोष्म प्रत्यास्थता का गुणांक $2.1 \times 10^5\ N/m^2$ है। समतापीय प्रत्यास्थता गुणांक होगा $\left(\frac{C_p}{C_v} = 1.4\right)$ [UPSEAT 1999]

(a) $1.8 \times 10^5\ N/m^2$ (b) $1.5 \times 10^5\ N/m^2$

(c) $1.4 \times 10^5\ N/m^2$ (d) $1.2 \times 10^5\ N/m^2$

57. एक आदर्श गैस के रुद्धोष्म प्रसार में $\frac{\Delta P}{P}$ का मान है [CPMT 1983; MP PMT 1990]

(a) $-\sqrt{\gamma}\frac{\Delta V}{V}$ (b) $-\frac{\Delta V}{V}$

(c) $-\gamma\frac{\Delta V}{V}$ (d) $-\gamma^2\frac{\Delta V}{V}$

समदाबीय एवं समआयतनिक प्रक्रम

1. एक गैस का नियत दाब P पर प्रसार कर आयतन V_1 से V_2 हो जाता है। गैस द्वारा सम्पन्न कार्य है [CBSE PMT 1990; RPMT 2003]

(a) $P(V_2 - V_1)$ (b) $P(V_1 - V_2)$

(c) $P(V_1^{\gamma} - V_2^{\gamma})$ (d) $P\frac{V_1V_2}{V_2 - V_1}$

2. समदाबी प्रक्रम में जब किसी गैस को ऊष्मा दी जाती है, तो [DPMT 2001]

(a) गैस द्वारा कार्य किया जाता है

(b) गैस की आंतरिक ऊर्जा बढ़ जाती है

(c) उपरोक्त (a) और (b) दोनों

(d) उपरोक्त (a) और (b) दोनों नहीं

3. एक पिस्टन लगे बेलन में P दाब, V आयतन और T ताप पर एक ग्राम मोल गैस भरी गई है, यदि ताप में $1K$ की वृद्धि करते हैं, तो आयतन में वृद्धि होगी (दाब नियत है)

(a) $\frac{2V}{273}$ (b) $\frac{V}{91}$

(c) $\frac{V}{273}$ (d) V

4. किसी गैस को स्थिर दाब $50\ N/m^2$ द्वारा आयतन $10\ m^3$ से $4\ m^3$ तक संपीडित किया जाता है। अब इसे गर्म करके $100\ J$ ऊर्जा दी जाती है। इसकी आन्तरिक ऊर्जा [MNR 1994]

(a) $400\ J$ से बढ़ जाती है (b) $200\ J$ से बढ़ जाती है

(c) $100\ J$ से बढ़ जाती है (d) $200\ J$ से घट जाती है

5. दो वायुमण्डलीय दाब पर वायु 50 लीटर से स्थिर दाब पर 150 लीटर प्रसारित होती है, तो वायु द्वारा किया गया कार्य है

(a) 2×10^4 जूल (b) 2×100 जूल

(c) $2\times10^5 x100$ जूल (d) $2\times10^{-5}\times100$ जूल

6. स्थिर दाब तथा $27°C$ ताप 0.1 मोल गैस का आयतन दुगना करने के लिये किया गया कार्य होगा (R = 2 कैलोरी / मोल–कैल्विन) [EAMCET 1994]

(a) 54 कैलोरी (b) 600 कैलोरी

(c) 60 कैलोरी (d) 546 कैलोरी

7. नियत ताप (T) एवं बाह्य दाब (P) पर एक द्रव के आयतन V_1 को गैस आयतन V_2 में रूपान्तरित कर दिया जाता है। यदि द्रव की दी गई मात्रा के लिए कुल गुप्त ऊष्मा L हो, तब निकाय की आन्तरिक ऊर्जा में वृद्धि होगी [Roorkee 1999]

(a) शून्य (b) $P(V_2 - V_1)$

(c) $L - P(V_2 - V_1)$ (d) L

8. नियत दाब 10^3 न्यूटन / मी^{2} पर गैस का 0.25 मी^{3} प्रसार होता है, कार्य होगा [CPMT 1997; UPSEAT 1999; JIPMER 2001, 02]

(a) 2.5 अर्ग (b) 250 जूल

(c) 250 वाट (d) 250 न्यूटन

9. 2 kg जल को वायुमण्डलीय दाब पर उबालकर भाप में परिवर्तित किया जाता है, तब जल का आयतन $2\times10^{-3} m^3$ से परिवर्तित होकर $3.34 m^3$ हो जाता है। निकाय द्वारा किया गया कार्य है लगभग [Roorkee 2000]

(a) – 340 kJ (b) – 170 kJ

(c) 170 kJ (d) 340 kJ

10. एक आदर्श गैस का $27°C$ पर आयतन V_0 है। इसे नियत दाब पर गर्म किया जाता है ताकि इसका आयतन $2V_0$ हो जाये तो अन्तिम ताप है [BCECE 2003]

(a) $54°C$ (b) $32.6°C$

(c) $327\ °C$ (d) $150\ K$

11. यदि स्थिर दाब पर एक गैस के $300ml$ आयतन को $27°C$ से $7°C$ तक ठंडा किया जाये, तब इसका अन्तिम आयतन होगा [Pb. PET 1999; BHU 2003; CPMT 2004]

(a) 540 ml (b) 350 ml

(c) 280 ml (d) 135 ml

12. प्रारम्भिक एवं अंतिम अवस्था समान होने पर बढ़ते हुये कार्य के लिये कौनसा कथन सत्य है [RPMT 1996]

(a) रुद्धोष्म > समतापीय > समदाबीय

(b) समदाबीय > रुद्धोष्म > समतापीय

(c) रुद्धोष्म > समदाबीय > समतापीय

(d) उपरोक्त में से कोई नहीं

13. किसी गैस का V_1 से V_2 आयतन तक प्रसार होता है किस प्रसार में कार्य अधिकतम होगा [CBSE PMT 1997; AIIMS 1998; JIPMER 2000]

(a) समतापीय (b) समदाबीय

(c) रुद्धोष्म (d) सभी में समान होगा

14. निम्न में से कौनसा प्रक्रम धीमा है [J & K CET 2000]

(a) समतापी (b) रुद्धोष्म

(c) समदाबी (d) उपरोक्त में से कोई नहीं

15. सामान्य ताप एवं दाब $1\times10^5 N/m^2$ पर एक आदर्श गैस के आयतन में $2.4\times10^{-4} m^3$ की कमी करने में कितना कार्य करना पड़ेगा [UPSEAT 1999]

(a) 28 *joule* (b) 27 *joule*

(c) 25 *joule* (d) 24 *joule*

16. एक सिलिण्डर में $27°C$ ताप पर एक गैस की एक मोल मात्रा भरी हुई है, एवं इसमें लगा एक पिस्टन 1 वायुमण्डल दाब नियत बनाये रखता है। गैस को इतना संपीडित किया जाता है कि इसका अन्तिम ताप $127°C$ हो जाता है किया गया कार्य होगा (गैस के लिए C_v = 7.03 $cal/mol K$) [DCE 2005]

(a) 703 J (b) 814 J

(c) 121 J (d) 2035 J

17. समआयतनिक उत्क्रमणीय परिवर्तन में [NCERT 1990]

(a) $\Delta W = 0$ (b) $\Delta Q = 0$

(c) $\Delta T = 0$ (d) $\Delta U = 0$

18. किसी ऊष्मागतिक निकाय की एन्ट्रॉपी परिवर्तित नहीं होती है जब इस निकाय को प्रयुक्त किया जाता है [AIIMS 1995]

(a) गर्म स्त्रोत से ठण्डे स्त्रोत में ऊष्मा चालन के लिए

(b) समदाबीय रूप से ऊष्मा का कार्य में परिवर्तन के लिए

(c) समआयतनिक रूप से ऊष्मा का आन्तरिक ऊर्जा में परिवर्तन के लिए

(d) समआयतनिक रूप से कार्य का ऊष्मा में परिवर्तन के लिए

19. निम्न में से किस प्रक्रम में किया गया कार्य शून्य होता है [UPSEAT 2003]

(a) समतापीय प्रक्रम (b) रुद्धोष्म प्रक्रम

(c) समआयतनिक प्रक्रम (d) इनमें से कोई नही

20. निम्न में से कौनसे ऊष्मागतिक प्रक्रम में आयतन नियत रहता है [Orissa PMT 2004]

(a) समदाबी (b) समतापी

(c) रुद्धोष्म (d) समआयतनिक

21. एक समआयतनिक प्रक्रम में यदि $T_1 = 27^o C$ एवं $T_2 = 127^o C$, हो, तब P_1 / P_2 का मान होगा **[RPMT 2003]**

(a) 9 / 59 (b) 2 / 3

(c) 3 / 4 (d) उपरोक्त में से कोई नहीं

22. निम्न में से गलत कथन है **[DCE 2001]**

(a) समदाबी प्रक्रम में $\Delta P = 0$

(b) समआयतनिक प्रक्रम में $\Delta W = 0$

(c) समतापी प्रक्रम में $\Delta T = 0$

(d) समतापी प्रक्रम में $\Delta Q = 0$

23. समआयतनिक प्रक्रम के लिए निम्न में से कौनसा सम्बन्ध सही है **[RPMT 2001; BCECE 2003]**

(a) $\Delta Q = \Delta U$ (b) $\Delta W = \Delta U$

(c) $\Delta Q = \Delta W$ (d) उपरोक्त में से कोई नहीं

ऊष्मा इंजिन, प्रशीतक एवं ऊष्मागतिकी का द्वितीय नियम

1. $300\,K$ तथा $600\,K$ के बीच कार्यरत कार्नो इन्जिन का निर्गत कार्य 800 *J* प्रति चक्र है। स्रोत से प्रतिचक्र इन्जिन को दी गई ऊष्मा ऊर्जा की मात्रा है **[DPMT 1999; Pb. PMT 2002, 05; Kerala PMT 2004]**

(a) 1800 *J*/ चक्र (b) 1000 *J*/ चक्र

(c) 2000 *J*/ चक्र (d) 1600 *J*/ चक्र

2. $30^o C$ व $0^o C$ के बीच कार्नो प्रशीतक का कार्यकारी गुणांक होगा **[UPSEAT 2002]**

(a) 10 (b) 1

(c) 9 (d) 0

3. यदि एक रेफ्रिजरेटर का दरवाजा खोल कर रखा जाये, तो निम्न में से क्या सत्य है **[DPMT 2001; BHU 2001; JIPMER 2002; AIEEE 2002; CPMT 2003]**

(a) कमरा ठण्डा हो जाएगा

(b) कमरा गर्म हो जायगा

(c) कमरा या तो ठण्डा हो जायेगा या गर्म

(d) कमरा न तो ठण्डा होगा न गर्म

4. चक्रीय प्रक्रम में गैस की आन्तरिक ऊर्जा

(a) बढ़ती है (b) कम होती है

(c) अपरिवर्तित रहती है (d) शून्य हो जाती है

5. निम्न में से अनुत्क्रमणीय प्रक्रम है

(a) रुद्धोष्म प्रक्रम (b) जूल–थॉमसन प्रसार

(c) आदर्श समतापी प्रक्रम (d) उपरोक्त तीनों

6. उत्क्रमणीय प्रक्रम के लिए आवश्यक प्रतिबन्ध है, कि

(a) प्रक्रम के पूर्ण चक्र में किसी भी प्रकार का ऊष्मा क्षय शून्य होना चाहिए

(b) प्रक्रम अत्यन्त तेजी से करना चाहिए

(c) प्रक्रम अत्यन्त धीरे-धीरे किया जाना चाहिए, जिससे कार्यकारी पदार्थ प्रत्येक अवस्था में बाह्य वातावरण के साथ ऊष्मीय तथा यांत्रिक साम्य में हों

(d) ऊष्मा क्षय शून्य होना चाहिए तथा प्रक्रम अर्द्ध-स्थैतिक होना चाहिए

7. चक्रीय प्रक्रम में, निकाय द्वारा किया गया कार्य है **[BHU 2002]**

(a) शून्य

(b) निकाय को दी गई ऊष्मा के बराबर

(c) निकाय को दी गई ऊष्मा से अधिक

(d) निकाय को दी गई ऊष्मा पर निर्भर नही

8. एक आदर्श गैस इन्जिन एक कार्नो चक्र में $227^o C$ एवं $127^o C$ ताप के बीच कार्यरत है। यह उच्चताप पर 6×10^4 *J* ऊष्मा अवशोषित करता है। ऊष्मा की वह मात्रा, जो कार्य में परिवर्तित हो जाती है, होगी **[KCET 2004]**

(a) $4.8 \times 10^4\ J$ (b) $3.5 \times 10^4\ J$

(c) $1.6 \times 10^4\ J$ (d) $1.2 \times 10^4\ J$

9. एक आदर्श ऊष्मा इंजन $77^o C$ ताप पर ऊष्मा को वातावरण में छोड़ता है। इसकी दक्षता 30% है। इसे किस ताप पर ऊष्मा लेनी चाहिए **[BCECE 2004]**

(a) $127^o C$ (b) $227^o C$

(c) $327^o C$ (d) $673^o C$

10. कार्नो इंजन की दक्षता 100% होगी यदि **[Pb. PET 2000]**

(a) $T_2 = 273\ K$ (b) $T_2 = 0\ K$

(c) $T_1 = 273\ K$ (d) $T_1 = 0\ K$

11. एक कार्नो इंजन में पहले एक परमाणुक गैस एवं बाद में द्विपरमाणुक गैस को प्रयुक्त किया जाता है। यदि स्रोत एवं सिंक के ताप क्रमशः $411^o C$ एवं $69^o C$ है, एवं इंजन प्रत्येक चक्र में 1000 *J* ऊष्मा अवशोषित करता है, तब *PV* वक्र का क्षेत्रफल होगा **[Pb. PET 2002]**

(a) 100 *J* (b) 300 *J*

(c) 500 *J* (d) 700 *J*

12. एक कार्नो इंजन परम ताप *T* पर स्रोत से *Q* ऊष्मा अवशोषित करता है एवं परमताप *T*/3 पर सिंक को ऊष्मा छोड़ता है। सिंक को दी गई ऊष्मा है **[UPSEAT 2004]**

(a) $Q / 4$ (b) $Q / 3$

(c) $Q / 2$ (d) $2Q / 3$

13. एक कार्नो इंजन के सिंक का ताप $27^o C$ एवं दक्षता 25% है। स्रोत का ताप है **[DCE 2002; CPMT 2002]**

(a) $227^o C$ (b) $327^o C$

(c) $127^o C$ (d) $27^o C$

14. कार्नो इंजन के स्रोत का ताप 1000*K* एवं दक्षता 70% है। सिंक का ताप होगा **[DCE 2003]**

(a) 300 *K* (b) 400 *K*

(c) 500 *K* (d) 700 *K*

15. एक कार्नो इंजन में, जब $T_2 = 0^o C$ एवं $T_1 = 200^o C$ है, तब इसकी दक्षता η_1 है, जब $T_1 = 0^o C$ एवं $T_2 = -200^o C$ है, तब इसकी दक्षता η_2 है। η_1 / η_2 का मान है **[DCE 2004]**

(a) 0.577 (b) 0.733
(c) 0.638 (d) गणना नहीं की जा सकती

16. 27^oC एवं -123^oC ताप के बीच कार्यरत कार्नो इंजन की दक्षता है [DPMT 2002, 03; BVP 2004]
(a) 50% (b) 24%
(c) 0.75% (d) 0.4%

17. 227^oC एवं 27^oC ताप के बीच कार्यरत् कार्नो इंजन की दक्षता होगी [DCE 1999; BHU 2004]
(a) $\frac{1}{3}$ (b) $\frac{2}{5}$
(c) $\frac{3}{4}$ (d) $\frac{3}{5}$

18. किसी निकाय के अव्यवस्था की कोटि (Degree of Disorder) की माप कहलाती है [Pb. PET 1997; MH CET 1999]
(a) समदाबीय अवस्था (b) आइसोट्रॉपी
(c) एन्थैल्पी (d) ऐन्ट्रॉपी

19. एक कार्नो इंजन की दक्षता 800 K तथा 500 K के मध्य एवं x K तथा 600 K के मध्य समान है। तब x का मान है [Pb. PMT 1996; CPMT 1996]
(a) 1000 K (b) 960 K
(c) 846 K (d) 754 K

20. एक वैज्ञानिक कहता है, कि 127°C स्रोत व 27°C सिंक के बीच कार्यरत उसके इंजन की दक्षता 26% है, तब [CBSE PMT 2001]
(a) यह असंभव है (b) यह संभव है पर बहुत कम
(c) यह लगभग संभव है (d) आंकड़े पर्याप्त नहीं हैं

21. एक कार्नो इंजन प्रथम चरण में 200°C एवं 0°C के मध्य कार्य करता है तत्पश्चात् 0°C एवं –200°C के मध्य कार्य करता है। दोनों स्थितियों में इंजिन की दक्षता का अनुपात होगा [KCET 2002]
(a) 1.73 : 1 (b) 1 : 1.73
(c) 1 : 1 (d) 1 : 2

22. जब सिंक का ताप 500 K है, कार्नो इंजन की दक्षता 50% है। स्रोत का ताप नियत रखकर इंजन की दक्षता 60% करने के लिए सिंक का ताप करना होगा [CBSE PMT 2002]
(a) 200 K (b) 400 K
(c) 600 K (d) 800 K

23. कार्नो इंजन भी 100% दक्षता नहीं दे सकता क्योंकि हम [AIEEE 2002]
(a) विकिरण नहीं रोक सकते
(b) आदर्श स्रोत प्राप्त नहीं कर सकते
(c) परमशून्य ताप तक नहीं पहुँच सकते
(d) घर्षण को समाप्त नहीं कर सकते

24. "ऊष्मा स्वयं किसी निम्न ताप की वस्तु से उच्च ताप की वस्तु में प्रवाहित नहीं हो सकती" यह कथन या परिणाम है [AIEEE 2003, EAMCET (Med.) 2003]
(a) ऊष्मागतिकी के द्वितीय नियम का
(b) संवेग संरक्षण का
(c) द्रव्यमान संरक्षण का
(d) ऊष्मागतिकी के प्रथम नियम से

25. कोई कार्नो इंजन किसी ऊष्मा स्रोत से 627°C पर 3×10^6 कैलोरी ऊष्मा लेता है, और इसे 27°C के सिंक को दे देता है। इंजन द्वारा किया गया कार्य है [AIEEE 2003]
(a) $4.2\times10^6 J$ (b) $8.4\times10^6 J$
(c) $16.8\times10^6 J$ (d) शून्य

26. कार्नो चक्र में प्रथम प्रक्रम होता है [AFMC 1998]
(a) समतापी प्रसार (b) रुद्धोष्म प्रसार
(c) समतापी संपीड़न (d) रुद्धोष्म सम्पीड़न

27. निम्न में से किस ताप युग्म के लिए कार्नो इंजन की दक्षता अधिकतम है [KCET 2000]
(a) 80 K, 60 K (b) 100 K, 80 K
(c) 60 K, 40 K (d) 40 K, 20 K

28. जब स्रोत का ताप T_1 एवं सिंक का ताप T_2 है, तब कार्नो इंजन की दक्षता होगी [DCE 2000]
(a) $\frac{T_1-T_2}{T_1}$ (b) $\frac{T_2-T_1}{T_2}$
(c) $\frac{T_1-T_2}{T_2}$ (d) $\frac{T_1}{T_2}$

29. ताप T_1 व T_2 के बीच कार्यरत एक आदर्श ऊष्मा इंजन की दक्षता η है। यदि स्रोत व सिंक दोनों के ताप दोगुने कर दिये जाये, तब नयी दक्षता होगी [DPMT 2000]
(a) $\frac{\eta}{2}$ (b) η
(c) 2η (d) 3η

30. एक आदर्श रेफ्रीजरेटर के फ्रीजर का ताप $-13°C$ है। इंजन का कार्य गुणांक 5 है। परिवेश (जिसमें ऊष्मा छोड़ी जाती है) का ताप होगा [BHU 2000; CPMT 2002]
(a) 325°C (b) 325K
(c) 39°C (d) 320°C

31. एक यांत्रिक रेफ्रीजरेटर में, अल्प ताप वाली कुण्डलियाँ – 23°C पर है, एवं संघनित्र (condenser) का ताप 27°C है। सैद्धान्तिक कार्य गुणांक है [UPSEAT 2001]
(a) 5 (b) 8
(c) 6 (d) 6.5

32. एक इंजन 727°C और 227°C तापमान के दो आशयों (reservoir) के बीच कार्य करता है। इंजन की अधिकतम संभावित दक्षता है [UPSEAT 2005]
(a) 1/2 (b) 1/4
(c) 3/4 (d) 1

33. एक आदर्श गैस ऊष्मा इंजन कार्नो चक्र में 227°C तथा 127°C के बीच कार्यरत है। यह उच्च ताप पर 6×10^4 कैलोरी ऊष्मा अवशोषित करता है। कार्य में परिवर्तित ऊष्मा का मान है [CBSE PMT 2005]
(a) 2.4×10^4 *cal* (b) 6×10^4 *cal*
(c) 1.2×10^4 *cal* (d) 4.8×10^4 *cal*

34. निम्नलिखित में से कौन–सी प्रक्रिया उत्क्रमणीय है [CBSE PMT 2005]

(a) विकिरण द्वारा ऊष्मा स्थानान्तरण

(b) नाइक्रोम के तार का विद्युतीय तापन

(c) चालन द्वारा ऊष्मा स्थानान्तरण

(d) समतापी संपीड़न

Critical Thinking

Objective Questions

1. नियत दाब पर जब आदर्श द्विपरमाणविक गैस को गर्म किया जाता है तो ऊर्जा का वह भाग जो आन्तरिक ऊर्जा वृद्धि में प्रयुक्त होता है, कुल ऊर्जा का है

[IIT 1990; UPSEAT 1998; RPET 2000]

(a) $\frac{2}{5}$ (b) $\frac{3}{5}$

(c) $\frac{3}{7}$ (d) $\frac{5}{7}$

2. 1 सेमी^{3} जल उसके क्वथनांक पर 450 कैलोरी ऊष्मा का अवशोषण करके 1671 सेमी^{3} वाष्प में बदल जाता है। यदि वायुमण्डलीय दाब = 1.013×10^5 न्यूटन/मी^{2} तथा ऊष्मा का यांत्रिक तुल्यांक 4.19 जूल/कैलोरी तो इस प्रक्रिया में अंतर–आण्विक बलों के विरुद्ध खर्च की गई ऊर्जा का मान होगा

[MP PET 1999, 2001; Orissa JEE 2002]

(a) 540 कैलोरी (b) 40 कैलोरी

(c) 500 कैलोरी (d) शून्य

3. 1 वायुमंडलीय दाब तथा 273 K ताप पर बर्फ के पिघलने से

[IIT 1998]

(a) बर्फ–पानी के निकाय द्वारा वातावरण पर किया गया कार्य धनात्मक होता है

(b) बर्फ–पानी के निकाय पर वातावरण द्वारा किया गया कार्य धनात्मक होता है

(c) बर्फ–पानी के निकाय की आंतरिक ऊर्जा बढ़ती है

(d) बर्फ–पानी के निकाय की आंतरिक ऊर्जा घटती है

4. दो एक समान पात्रों A तथा B में घर्षण रहित पिस्टन लगे हुये हैं। इनमें समान आदर्श गैस समान ताप तथा आयतन V पर है। A में गैस का द्रव्यमान m_A तथा B में m_B है। प्रत्येक पात्र में गैस को समतापीय विधि से समान आयतन $2V$ तक प्रसारित किया जाता है। A तथा B में दाब परिवर्तन ΔP तथा 1.5 ΔP हो, तब [IIT 1998]

(a) $4m_A = 9m_B$ (b) $2m_A = 3m_B$

(c) $3m_A = 2m_B$ (d) $9m_A = 3m_B$

5. एक एकपरमाणुक आदर्श गैस प्रारम्भिक ताप T_1 पर, एक पिस्टन युक्त सिलिण्डर में भरी है। पिस्टन को अचानक स्वतंत्र करके गैस को रुद्धोष्म रूप से T_2 ताप तक प्रसारित होने देते हैं यदि सिलिण्डर में, गैस के प्रसार से पहले एवं बाद में गैस स्तम्भों की लम्बाइयाँ क्रमशः L_1 तथा L_2 हैं, तब T_1 / T_2 का मान है

[IIT-JEE (Screening) 2000]

(a) $\left(\frac{L_1}{L_2}\right)^{2/3}$ (b) $\frac{L_1}{L_2}$

(c) $\frac{L_2}{L_1}$ (d) $\left(\frac{L_2}{L_1}\right)^{2/3}$

6. एक बन्द खोखले सिलिण्डर में 0^oC ताप पर गैस भरी है एवं इसके साथ कुचालक, भारहीन तथा नगण्य मोटाई का पिस्टन भी मध्य में जुड़ा है। गैस को 100^oC तक गर्म किया जाता है तो पिस्टन $5\,cm$ विस्थापित हो जाता है। खोखले सिलिण्डर की लम्बाई है [EAMCET 2001]

(a) 13.65 *cm* (b) 27.3 *cm*

(c) 38.6 *cm* (d) 64.6 *cm*

7. दाब को नियत रखते हुये, एक एकपरमाणुक गैस को Q ऊष्मा बहुत धीमें-धीमे दी जाती है। गैस द्वारा किया गया कार्य होगा

[BHU 2003; CPMT 2004]

(a) $\frac{2}{3}Q$ (b) $\frac{3}{5}Q$

(c) $\frac{2}{5}Q$ (d) $\frac{1}{5}Q$

8. एक गैस मिश्रण में 2 मोल ऑक्सीजन और 4 मोल आर्गन तापमान T पर है। कम्पन ऊर्जा को नगण्य मानने पर इस मिश्रण की कुल आंतरिक ऊर्जा है [IIT 1999; UPSEAT 2003]

(a) 4 RT (b) 15 RT

(c) 9 RT (d) 11 RT

9. एक आदर्श गैस समतापीय रूप से आयतन V_1 से V_2 तक फैलती है एवं बाद में पुनः प्रारम्भिक आयतन V_1 तक रुद्धोष्म रूप से संपीड़ित होती है। प्रारम्भिक एवं अंतिम दाब के मान P_1 एवं P_3 हैं तथा किया गया कुल कार्य W है, तो [IIT-JEE (Screening) 2004]

(a) $P_3 > P_1, W > 0$ (b) $P_3 < P_1, W < 0$

(c) $P_3 > P_1, W < 0$ (d) $P_3 = P_1, W = 0$

10. एक गैस वाण्डरवाल समीकरण $(V - \beta n)\left(P + \frac{\alpha n^2}{V}\right) = nRT$ का पालन करती है,। इस गैस का आयतन V_1 से V_2 करने में किया गया कार्य होगा

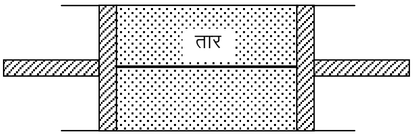
(a) $nRT \log_e\left(\frac{V_2 - n\beta}{V_1 - n\beta}\right) + \alpha n^2\left(\frac{V_1 - V_2}{V_1 V_2}\right)$

(b) $nRT \log_{10}\left(\frac{V_2 - \alpha\beta}{V_1 - \alpha\beta}\right) + \alpha n^2\left(\frac{V_1 - V_2}{V_1 V_2}\right)$

(c) $nRT \log_e\left(\frac{V_2 - n\alpha}{V_1 - n\alpha}\right) + \beta n^2\left(\frac{V_1 - V_2}{V_1 V_2}\right)$

(d) $nRT\log_e\left(\frac{V_1-n\beta}{V_2-n\beta}\right)+\alpha n^2\left(\frac{V_1V_2}{V_1-V_2}\right)$

11. एकसमान अनुप्रस्थ काट A वाले एक बेलनाकार ट्यूब में दो वायुरुद्ध घर्षण रहित पिस्टन लगे है। दोनों पिस्टन एक धात्विक तार द्वारा जुड़े हुए हैं। प्रारंभ में गैस का दाब P_0 एवं ताप T_0 है। वायुमण्डलीय दाब भी P_0 है। अब गैंस का ताप बढ़ाकर $2T_0$ कर दिया जाता है तार में उत्पन्न तनाव होगा



(a) $2P_0A$ (b) P_0A

(c) $\frac{P_0A}{2}$ (d) $4P_0A$

12. यदि एक द्विपरमाणुक गैस को एक प्रक्रम में Q ऊष्मा दी जाती है, तो यह $\frac{Q}{4}$ कार्य करती है। इस प्रक्रम में गैस की मोलर ऊष्मीय धारिता होगी

(a) $\frac{2}{5}R$ (b) $\frac{5}{2}R$

(c) $\frac{10}{3}R$ (d) $\frac{6}{7}R$

13. एक कुचालक पात्र में 4 मोल आदर्श द्विपरमाणुक गैस T ताप पर भरी हुए है। इस गैस को Q ऊष्मा दी जाती है जिससे गैस के दो मोल परमाणुओं में टूट जाते हैं, परंतु ताप नियत रहता है। तब

(a) $Q = 2RT$ (b) $Q = RT$

(c) $Q = 3RT$ (d) $Q = 4RT$

14. वायु के रुद्धोष्म प्रसार में आयतन में वृद्धि 5% होती है। इसके दाब में प्रतिशत कमी होगी

(a) 5% (b) 6%

(c) 7% (d) 8%

15. जब एक कल्पित गैस को उसके आयतन के आधे आयतन तक रुद्धोष्म रूप से सम्पीड़ित किया जाता है तो इसके ताप में $\sqrt{2}$ गुना तक वृद्धि हो जाती है। इसका अवस्था समीकरण लिखा जा सकता है

(a) $PV^{3/2}$ = नियत (b) $PV^{5/2}$ = नियत

(c) $PV^{7/3}$ = नियत (d) $PV^{4/3}$ = नियत

16. दो कार्नो इंजन A व B को एक के बाद एक काम में लिये जाते हैं। प्रथम इंजन A $T_1 = 800\,K$ के स्रोत से ऊष्मा लेता है तथा इसे T_2K के सिंक को विसर्जित करता है। द्वितीय इंजन B प्रथम इंजन द्वारा विसर्जित ऊष्मा को प्राप्त करता तथा $T_3 = 300\,K$ के अन्य सिंक को विसर्जित करता है। यदि दोनों इंजनों द्वारा किया गया कार्य समान हो, तो T_2 का मान होगा

(a) 100K (b) 300K

(c) 550K (d) 700K

17. जब किसी एक परमाण्विक आदर्श गैस को स्थिर दाब पर गर्म किया जाता है, तब ऊष्मीय ऊर्जा का वह भाग जो गैस की आन्तरिक ऊर्जा को बढ़ाती है, है [AIIMS 1995]

(a) $\frac{2}{5}$ (b) $\frac{3}{5}$

(c) $\frac{3}{7}$ (d) $\frac{3}{4}$

18. जब एक आदर्श गैस $(\gamma = 5/3)$ को स्थिर दाब पर गर्म किया जाता है तो इसको दी गई ऊष्मीय ऊर्जा का कितना प्रतिशत बाह्य कार्य करने में प्रयुक्त होगा [RPET 1999]

(a) 40 % (b) 30 %

(c) 60 % (d) 20 %

19. किस गैस में सर्वाधिक आंतरिक ऊर्जा होती है [SCRA 1998]

(a) 2 मोल हीलियम गैस 1 मी^{3} आयतन तथा 300 K ताप पर

(b) 56 किग्रा नाइट्रोजन गैस 107 न्यूटन/मी^{2} दाब तथा 300 K ताप पर

(c) 8 ग्राम ऑक्सीजन गैस 8 वायुमंडल दाब तथा 300 K ताप पर

(d) 6×10^{26} आर्गन गैस अणु 40 मी^{3} आयतन तथा 900 K ताप पर

20. समान प्रारम्भिक ताप एवं दाब वाले किसी गैस के दो नमूने, A और B आयतन V से $V/2$ तक संपीडित किए जाते हैं (A समतापीय और B रुद्धोष्म रूप में)। A का अन्तिम दाब

[MP PET 1996, 99; MP PMT 1997, 99]

(a) B के अन्तिम दाब से अधिक होगा

(b) B के अन्तिम दाब के बराबर होगा

(c) B के अन्तिम दाब से कम होगा

(d) B के अन्तिम दाब का दो गुना होगा

21. एक गैस का दाब एवं आयतन क्रमशः P एवं V है। इसे पहले समतापीय रूप से $4V$ आयतन तक प्रसारित किया गया है तथा फिर रुद्धोष्म रूप से V आयतन तक संपीडित किया जाता है, तो गैस का अन्तिम दाब होगा [CBSE PMT 1999]

(a) 1P (b) 2P

(c) 4P (d) 8P

22. ऊष्मारोधी दीवारों वाले एक दृढ़ पात्र में 100 Ω प्रतिरोध की कुण्डली लगी है जिसमें 1A की धारा प्रवाहित हो रही है। 5 मिनट पश्चात् आन्तरिक ऊर्जा में परिवर्तन होगा

[IIT-JEE (Screening) 2005]

(a) 0 kJ (b) 10 kJ

(c) 20 kJ (d) 30 kJ

23. एक कार्नो इंजन के (W/Q) का मान 1/6 है। यदि सिंक का ताप 62°C से घटाते हैं, तो इस अनुपात का मान दुगुना हो जाता है तो सिंक तथा स्रोत के ताप क्रमशः होंगे [CBSE PMT 2000]

(a) 80°C, 37°C (b) 95°C, 28°C

(c) 90°C, 37°C (d) 99°C, 37°C

24. एक अभियन्ता (engineer) एक ऐसे इंजन बनाने का दावा करता है जो 1 gm/s ईधन खपत के साथ 10 kW शक्ति देता है। ईधन का कैलोरिक मान 2 किलो–कैलोरी/ग्राम है। अभियन्ता का दावा

[J & K CET 2000]

(a) वैध (valid) है

(b) अवैध (invalid) है

(c) इंजन के डिजाइन पर निर्भर करता है

(d) लोड़ पर निर्भर करता है

25. $0°C$ पर 100 ग्राम बर्फ $50°C$ पर बाल्टी में रखें पानी में डालने पर जब वह पिघलती है तब एन्ट्रॉपी में परिवर्तन होगा (यह मानते हुए कि पानी का ताप परिवर्तित नहीं होता) [BHU (Med.) 2000]

(a) – 4.5 *cal/K* (b) + 4.5 *cal/K*

(c) +5.4 *cal/K* (d) – 5.4 *cal/K*

26. एक आदर्श गैस इस प्रकार प्रसारित होती है कि इसका दाब व आयतन नियम $PV^2 =$ नियतांक का पालन करते हैं। इस प्रक्रम में गैस हो जायेगी [UPSEAT 2002]

(a) गर्म (b) ठण्डी

(c) न गर्म न ठण्डी (d) पहले गर्म फिर ठण्डी

27. एक कार्नो इंजन, जिसका निम्न तापमान आशय (reservoir) $7°C$ पर है, की दक्षता 50% है। इसकी दक्षता को 70% तक बढ़ाना चाहते हैं। उच्च तापमान आशय (reservoir) का तापमान कितना बढ़ाया जाना चाहिए [UPSEAT 2005]

(a) 840 *K* (b) 280 *K*

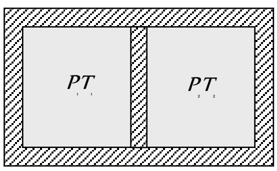
(c) 560 *K* (d) 380 *K*

28. एक द्विपरमाणुक गैस का *PV* वक्र एक सरल रेखा है, जो मूल बिन्दु से गुजरती है। इस प्रक्रिया में गैस की मोलर ऊष्मीय धारिता होगी

(a) 4 *R* (b) 2.5 *R*

(c) 3 *R* (d) $\frac{4R}{3}$

29. नीचे दर्शाये गये चित्र में, एक कुचालक बेलनाकार पात्र का आयतन V_0 है। इसे एक चिकने पिस्टन (क्षेत्रफल = *A*) द्वारा दो समान भागों में बाँटा गया है। एक आदर्श गैस $(C_P / C_V = \gamma)$ दाब, P_1 एवं ताप T_1 पर पात्र के बाँये भाग में भरी गयी है। एवं दाँये भाग में भी यही गैस दाब P_2 एवं ताप T_2 पर भरी गयी है। पिस्टन धीरे से विस्थापित होता है, एवं साम्यावस्था में स्थिर हो जाता है। दोनों भागों का अंतिम दाब होगा (मान लीजिए *x* = पिस्टन का विस्थापन है)



(a) P_2 (b) P_1

(c) $\frac{P_1\left(\frac{V_0}{2}\right)^{\gamma}}{\left(\frac{V_0}{2}+Ax\right)^{\gamma}}$ (d) $\frac{P_2\left(\frac{V_0}{2}\right)^{\gamma}}{\left(\frac{V_0}{2}+Ax\right)^{\gamma}}$

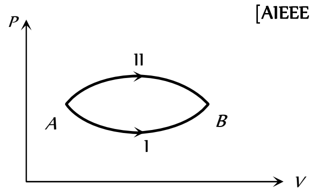
30. दो सिलिण्डर *A* तथा *B* में समान मात्रा में द्विपरमाण्विक गैस 300 *K* तापक्रम पर भरी है। *A* का पिस्टन गति हेतु स्वतंत्र है जबकि *B* का पिस्टन स्थिर है। दोनों सिलिण्डरों में ऊष्मा की समान मात्रा दी जाती है। *A* की गैस का ताप 30 *K* बढ़ जाता है तब *B* की गैस के तापक्रम में वृद्धि होगी [IIT 1998]

(a) 30 *K* (b) 18 *K*

(c) 50 *K* (d) 42 *K*

GQ Graphical Questions

1. किसी गैस की अवस्था *A* से *B* तक चित्रानुसार प्रक्रम *I* तथा *II* के अनुसार परिवर्तित होती है तो आन्तरिक ऊर्जा में परिवर्तन क्रमशः ΔU_1 तथा ΔU_2 है तब [AIEEE 2005]



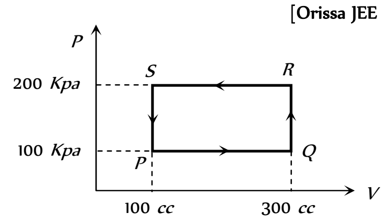
(a) $\Delta U_{II} > \Delta U_I$

(b) $\Delta U_{II} < \Delta U_I$

(c) $\Delta U_1 = \Delta U_2 = 0$

(d) ΔU_I एवं ΔU_{II} के बीच सम्बन्ध निर्धारित नहीं किया जा सकता है

2. एक ऊष्मागतिकी निकाय को चक्र $PQRSP$ के चारों ओर से ले जाया जाता है। निकाय द्वारा किया गया कुल कार्य है [Orissa JEE 2002]



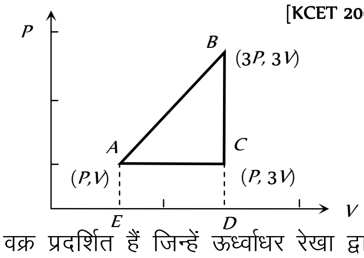
(a) 20 *J*

(b) – 20 *J*

(c) 400 *J*

(d) – 374 *J*

3. आदर्श गैस द्वारा चक्रीय प्रक्रम *ABCA* में किया गया कार्य होगा [KCET 2001]



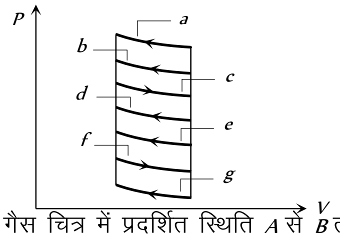
(a) $2PV$

(b) PV

(c) $1/2PV$

(d) शून्य

4. निम्न *PV* आरेख में सात वक्र प्रदर्शित हैं जिन्हें ऊर्ध्वाधर रेखा द्वारा जोड़ा गया है। किन दो वक्रों से मिलकर बने बन्द लूप में गैस द्वारा किया गया कार्य अधिकतम होगा [AMU (Engg.) 2000]



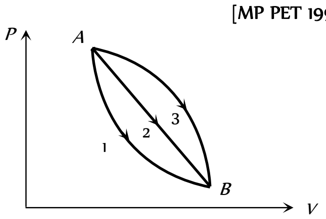
(a) *ac*

(b) *cg*

(c) *af*

(d) *cd*

5. *m* द्रव्यमान की एक आदर्श गैस चित्र में प्रदर्शित स्थिति *A* से *B* तक तीन विभिन्न प्रक्रमों से गुजरती है। यदि Q_1, Q_2 व Q_3 तीनों पथों के अनुदिश अवशोषित ऊष्मा को प्रदर्शित करते हों तो [MP PET 1992]



(a) $Q_1 < Q_2 < Q_3$

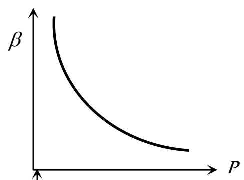
(b) $Q_1 < Q_2 = Q_3$

(c) $Q_1 = Q_2 > Q_3$

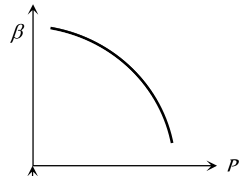
(d) $Q_1 > Q_2 > Q_3$

6. नियत ताप पर एक आदर्श गैस के लिए $\beta = -(dV/dP)/V$ का *P* के साथ परिवर्तन निम्न ग्राफ द्वारा प्रदर्शित होता है [IIT-JEE (Screening) 2002]

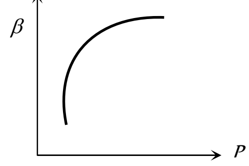
(a)



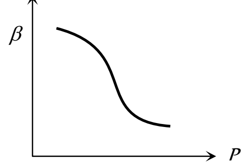
(b)



(c)



(d)

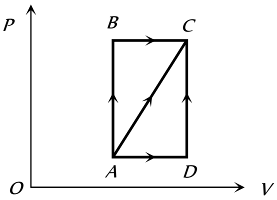


7. ऊष्मागतिक प्रक्रम चित्र में प्रदर्शित है तथा बिन्दुओं के संगत दाब व आयतन दिए गए हैं

$P_A = 3 \times 10^4$ पास्कल; $P_B = 8 \times 10^4$ पास्कल

$V_A = 2 \times 10^{-3}$ मी^{3}; $V_B = 5 \times 10^{-3}$ मी^{3}

AB प्रक्रम में निकाय को 600 जूल ऊष्मा दी जाती है तथा *BC* प्रक्रम में निकाय को 200 जूल ऊष्मा दी जाती है। *AC* प्रक्रम में निकाय की आंतरिक ऊर्जा में परिवर्तन होगा [CBSE PMT 1992]



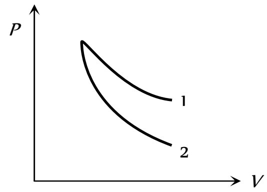
(a) 560 *J*

(b) 800 *J*

(c) 600 *J*

(d) 640 *J*

8. चित्र में, रुद्धोष्म प्रक्रम में दो गैसों के लिए *P-V* आरेख दिखाये गये हैं। वक्र 1 व 2 क्रमशः किसके संगत है [IIT-JEE (Screening) 2001]



(a) *He* एवं O_2

(b) O_2 एवं *He*

(c) *He* एवं *Ar*

(d) O_2 एवं N_2

9. एक निश्चित मात्रा की गैस के लिये संलग्न चित्र में चार वक्र दिये गये हैं। इनमें से रुद्धोष्म और समतापीय वक्र क्रमशः हैं [CPMT 1986; UPSEAT 1999]

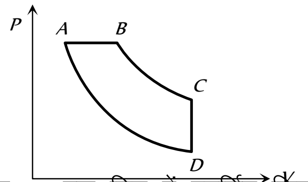
(a) वक्र *C* और वक्र *D*

(b) वक्र *D* और वक्र *C*

(c) वक्र *A* और वक्र *B*

(d) वक्र *B* और वक्र *A*

10. नीचे दिए गये दाब–आयतन ग्राफ में समआयतनिक, समतापीय एवं समदाबीय भाग क्रमशः हैं [Manipal MEE 1995]



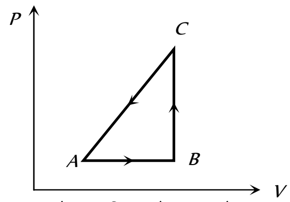
(a) *BA, AD, DC*

(b) *DC, CB, BA*

(c) *AB, BC, CD*

(d) *CD, DA, AB*

11. एक ऊष्मागतिक निकाय के लिए *P-V* वक्र चित्र में प्रदर्शित किया गया है। प्रक्रम $A \to B \to C$ में निकाय द्वारा किया गया कार्य $50\,J$ है, एवं इसके द्वारा ली गई ऊष्मा 20 कैलोरी है। *A* तथा *C* के बीच आन्तरिक ऊर्जा में परिवर्तन है [UPSEAT 2002]



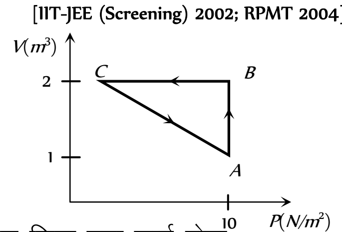
(a) 34 *J*

(b) 70 *J*

(c) 84 *J*

(d) 134 *J*

12. एक आदर्श गैस को चित्र मे दिखाये गये चक्र $A \to B \to C \to A,$ से होकर ले जाया जाता है। यदि चक्र के दौरान गैस को दी गई कुल ऊष्मा 5 *J* है तो गैस द्वारा $C \to A$ प्रक्रम में किया गया कार्य है [IIT-JEE (Screening) 2002; RPMT 2004]



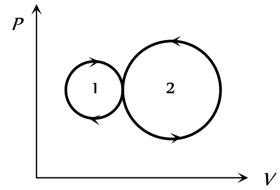
(a) – 5 *J*

(b) – 10 *J*

(c) – 15 *J*

(d) – 20 *J*

13. नीचे दिए सूचक आरेख में, कुल किया गया कार्य होगा



(a) धनात्मक

(b) ऋणात्मक

(c) शून्य

(d) अनंत

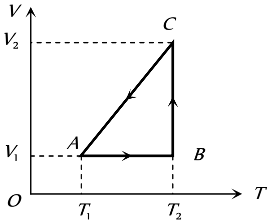
14. गैस की एक मोल मात्रा के चक्रीय प्रक्रम के लिए *V-T* वक्र दिखाया गया है। प्रक्रियाओं *AB, BC* एवं *CA* में किए गये कार्य क्रमशः हैं

(a) $0, RT_2 \ln\left(\frac{V_1}{V_2}\right), R(T_1 - T_2)$

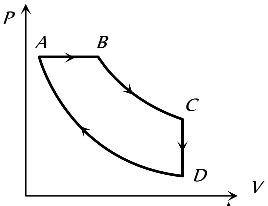
(b) $R(T_1 - T_2), 0, RT_1 \ln\frac{V_1}{V_2}$

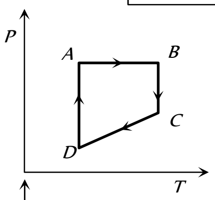
(c) $0, RT_2 \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right), R(T_1 - T_2)$

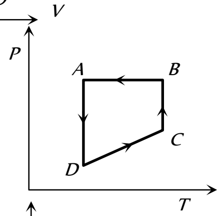
(d) $0, RT_2 \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right), R(T_2 - T_1)$

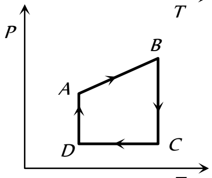


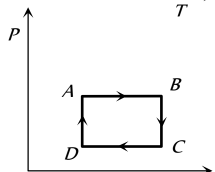
15. एक चक्रीय प्रक्रम *ABCD* के लिए *P-V* वक्र को दिखाया गया है। नीचे दिए गये विकल्पों में से कौन इसी प्रक्रम को दर्शाता है



(a) 

(b) 

(c) 

(d) 

16. एक गैस का कार्नो चक्र (उत्क्रमणीय) दाब-आयतन वक्र के द्वारा आरेख में प्रदर्शित किया गया है।

निम्नलिखित कथनों पर विचार करें

I. क्षेत्रफल *ABCD* = गैस पर किया गया कार्य

II. क्षेत्रफल *ABCD* = कुल अवशोषित ऊष्मा

III. चक्रण में आंतरिक ऊर्जा में परिवर्तन = 0

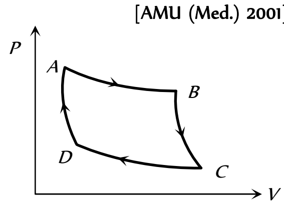
इनमें से कौन सत्य है **[AMU (Med.) 2001]**

(a) केवल I

(b) केवल II

(c) II एवं III

(d) I, II एवं III

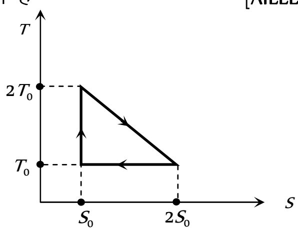


17. आरेख में किसी उत्क्रमणीय इंजन चक्र का ताप–ऐन्ट्रॉपी आरेख दर्शाया गया है। इसकी दक्षता है **[AIEEE 2005]**

(a) 1/3

(b) 2/3

(c) 1/2



(d) 1/4

18. *P-V* आरेख में प्रदर्शित चक्रीय प्रक्रम में किया गया कार्य है

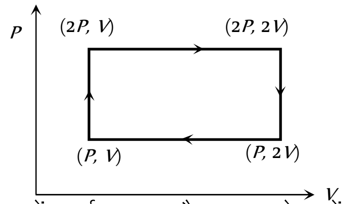
[UPSEAT 1998; RPET 2000; Kerala PMT 2002]

(a) *PV*

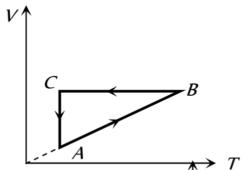
(b) 2*PV*

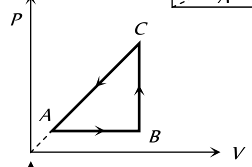
(c) *PV*/2

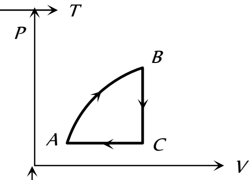
(d) 3*PV*

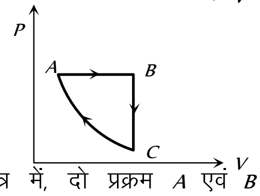


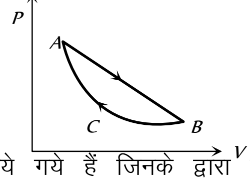
19. चक्रीय प्रक्रम *ABCA, V-T* आरेख में दर्शाया गया है। *P-V* आरेख में प्रक्रम है



(a) 

(b) 

(c) 

(d) 

20. चित्र में, दो प्रक्रम *A* एवं *B* दर्शाये गये हैं जिनके द्वारा एक ऊष्मागतिक निकाय प्रारंभिक अवस्था *i* से अंतिम अवस्था *F* तक जाता है। यदि ΔQ_A एवं ΔQ_B क्रमशः निकाय को दी गई ऊष्मा है तब

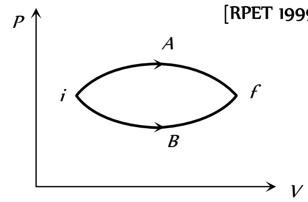
[RPET 1999]

(a) $\Delta Q_A = \Delta Q_B$

(b) $\Delta Q_A \geq \Delta Q_B$

(c) $\Delta Q_A < \Delta Q_B$

(d) $\Delta Q_A > \Delta Q_B$



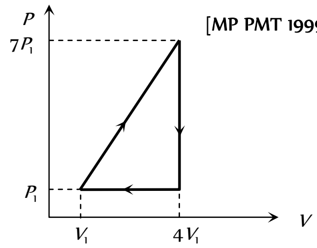
21. चित्र में दर्शाये गये चक्रीय प्रक्रम में, एक चक्र में गैस के द्वारा किया गया कार्य है **[MP PMT 1999]**

(a) $28\ P_1V_1$

(b) $14\ P_1V_1$

(c) $18\ P_1V_1$

(d) $9\ P_1V_1$



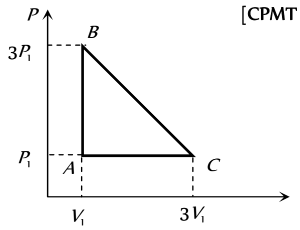
22. एक आदर्श गैस चक्रण *ABCA* में होकर ले जाया गया है जैसा कि *P-V* आरेख में दर्शाया गया है। चक्रण के दौरान गैस के द्वारा किया गया कुल कार्य बराबर है **[CPMT 1991]**

(a) $12\ P_1V_1$

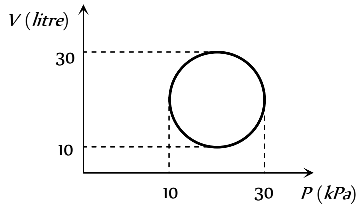
(b) $6\ P_1V_1$

(c) $3\ P_1V_1$

(d) $2P_1V_1$



23. चित्रानुसार एक चक्रीय प्रक्रम से होकर जाने वाले निकाय के द्वारा अवशोषित ऊष्मा का मान है [AIIMS 1995; BHU 2002]



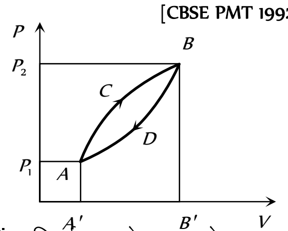
(a) $10^7 \pi J$

(b) $10^4 \pi J$

(c) $10^2 \pi J$

(d) $10^{-3} \pi J$

24. एक ऊष्मागतिक निकाय ACB के अनुदिश अवस्था A से B तक ले जाया जाता है एवं BDA के अनुदिश A पर वापस आ जाता है जैसा कि PV आरेख में दिखाया गया है। सम्पूर्ण चक्रण के दौरान किया गया कुल कार्य किस क्षेत्रफल द्वारा दर्शाया गया है [CBSE PMT 1992]



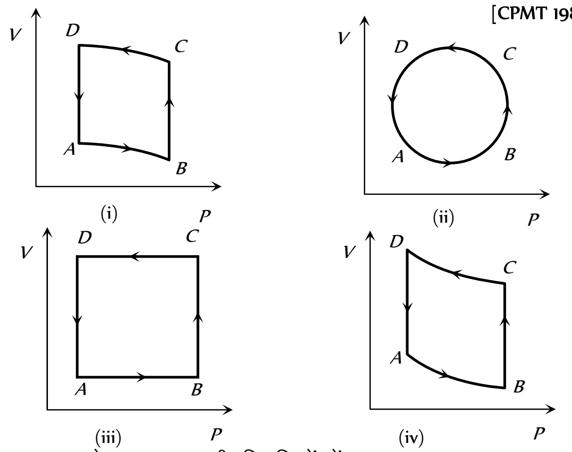
(a) $P_1ACBP_2P_1$

(b) $ACBB'A'A$

(c) $ACBDA$

(d) $ADBB'A'A$

25. परिवर्तित दाब के साथ आयतन में परिवर्तन आरेख (i) से (iv) तक दर्शाया गया है। पथ $ABCD$ के अनुदिश एक गैस को ले जाया जाता है। गैस की आंतरिक ऊर्जा में परिवर्तन होगा [CPMT 1986, 88]



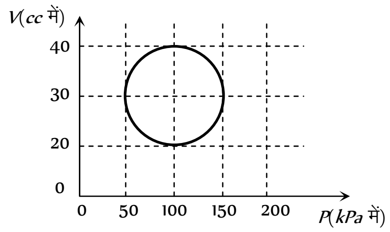
(a) (i) से (iv) तक सभी स्थितियों में धनात्मक

(b) (i), (ii) और (iii) स्थिति में धनात्मक किंतु (iv) स्थिति में शून्य

(c) (i), (ii) और (iii) स्थिति में ऋणात्मक किंतु (iv) स्थिति में शून्य

(d) सभी चारों स्थितियों में शून्य

26. एक निकाय एक चक्रीय प्रक्रम द्वारा ले जाया गया है जो कि वृत्त के द्वारा प्रदर्शित किया गया है। निकाय के द्वारा अवशोषित ऊष्मा है



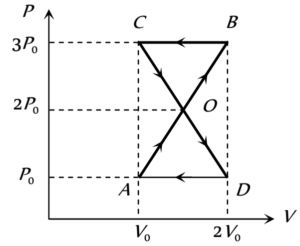
(a) $\pi \times 10^3 J$

(b) $\frac{\pi}{2} J$

(c) $4\pi \times 10^2 J$

(d) πJ

27. एक ऊष्मागतिक निकाय चक्रीय प्रक्रम $ABCDA$ में होकर गुजरता है जैसा कि चित्र में दर्शाया गया है। निकाय के द्वारा किया गया कार्य है



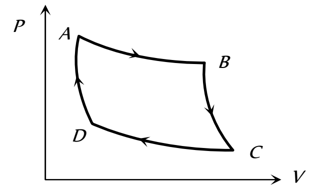
(a) P_0V_0

(b) $2P_0V_0$

(c) $\frac{P_0V_0}{2}$

(d) शून्य

28. एक आदर्श गैस चक्रण का P-V ग्राफ नीचे दर्शाया गया है। रुद्धोष्म प्रक्रम किसके द्वारा वर्णित है [CPMT 1985; UPSEAT 2003]



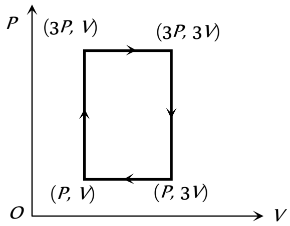
(a) AB एवं BC

(b) AB एवं CD

(c) BC एवं DA

(d) BC एवं CD

29. संलग्न चित्र के अनुसार एक परमाणुक आदर्श गैस को चक्र $ABCDA$ के चारों ओर से ले जाया जाता है। चक्र के दौरान किया गया कार्य है [IIT 1983; CPMT 1990; AMU 1995]



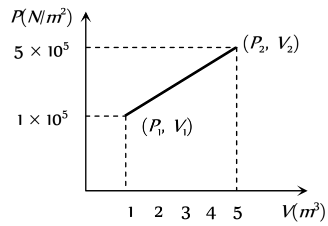
(a) PV

(b) $2\,PV$

(c) $4\,PV$

(d) शून्य

30. एक निकाय चित्रानुसार दिखाई स्थिति (P_1, V_1) से (P_2, V_2) में परिवर्तित हो जाता है। निकाय द्वारा किया गया कार्य है [CPMT 1981]



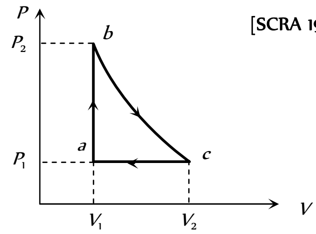
(a) 7.5×10^5 *joule*

(b) 7.5×10^5 *erg*

(c) 12×10^5 *joule*

(d) 6×10^5 *joule*

31. कार्बन मोनोऑक्साइड को एक बंद चक्र abc द्वारा ले जाया जाता है जिसमें bc समतापीय प्रक्रिया है a से b तक जाने में गैस द्वारा 7000 जूल ऊष्मा का अवशोषण किया जाता है जिससे इसका तापक्रम 300 K से 1000 K तक बढ़ जाता है। प्रक्रम ca में गैस द्वारा निष्कासित ऊष्मा होगी [SCRA 1994]



(a) 4200 J

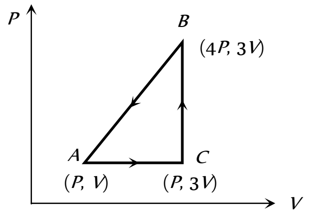
(b) 5000 J

(c) 9000 J

(d) 9800 J

32. एक आदर्श एकपरमाण्विक गैस को चक्रीय प्रक्रम द्वारा *ABCD* मार्ग पर ले जाया जाता है। चक्रीय प्रक्रम में किया गया कार्य होगा

[BHU 1994; KCET 2003]



(a) शून्य

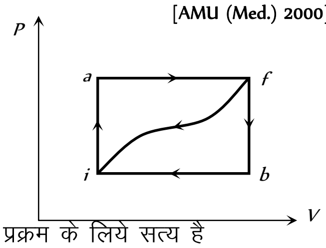
(b) 3 *PV*

(c) 6 *PV*

(d) 9*PV*

33. जब किसी निकाय के पथ *iaf* के अनुदिश चित्रानुसार अवस्था *i* से अवस्था *f* तक ले जाया जाता है तब $Q = 50\ J$ तथा $W = 20\ J$. एवं पथ *ibf* के अनुदिश $Q = 35\ J$ है। यदि *f i* पथ के अनुदिश वापस आने के लिये $W = -13\ J$ हो तो इस पथ के लिए *Q* है

[AMU (Med.) 2000]



(a) 33 *J*

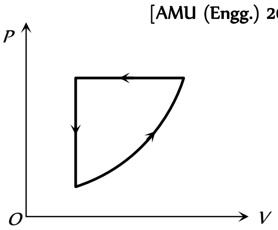
(b) 23 *J*

(c) – 7 *J*

(d) – 43 *J*

34. *P-V* वक्र में दिखाये गये चक्रीय प्रक्रम के लिये सत्य है

[AMU (Engg.) 2000]



(a) $\Delta E_{\text{आन्तरिक}} = 0, Q < O$

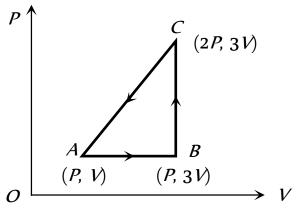
(b) $\Delta E_{\text{आन्तरिक}} = 0, Q > 0$

(c) $\Delta E_{\text{आन्तरिक}} > 0, Q < 0$

(d) $\Delta E_{\text{आन्तरिक}} < 0, Q > 0$

35. एक आदर्श गैस को निम्न *PV* आरेख के अनुसार *ABCA* के अनुदिश ले जाया जाता है। चक्र के दौरान किया गया कार्य है

[UPSEAT 2001]



(a) शून्य

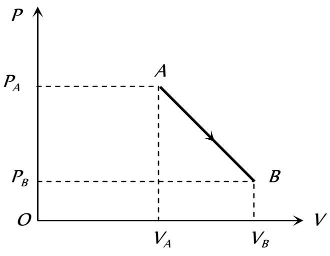
(b) $\frac{1}{2}PV$

(c) 2 *PV*

(d) *PV*

36. जैसा कि निम्नांकित *P-V* आरेख में दिखाया गया है, नियत तापमान पर एक आदर्श गैस को बिन्दु *A* से बिन्दु *B* तक ले जाया गया है। इस प्रक्रम में किया गया कार्य है

[UPSEAT 2005]



(a) $(P_A - P_B)(V_B - V_A)$

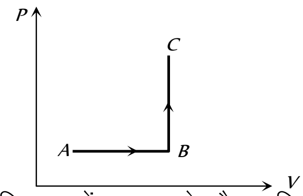
(b) $\frac{1}{2}(P_B - P_A)(V_B + V_A)$

(c) $\frac{1}{2}(P_B - P_A)(V_B - V_A)$

(d) $\frac{1}{2}(P_B + P_A)(V_B - V_A)$

37. एक ऊष्मागतिक निकाय के लिए *P-V* वक्र दर्शाया गया है। निकाय द्वारा $A \rightarrow B \rightarrow C$ तक जाने में किया गया कार्य 30*J* है एवं निकाय को 40*J* ऊष्मा दी जाती है *A* एवं *C* के बीच आन्तरिक ऊर्जा में परिवर्तन है

[BCECE 2005]



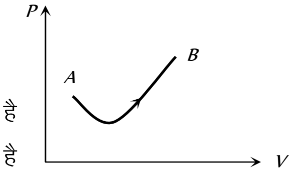
(a) 10 *J*

(b) 70 *J*

(c) 84 *J*

(d) 134 *J*

38. चित्र में दिखाये गये प्रक्रम पर विचार करें। प्रक्रम के दौरान किया गया कार्य



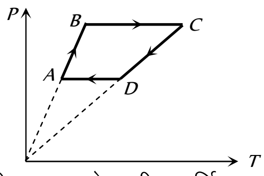
(a) लगातार बढ़ता है

(b) लगातार घटता है

(c) पहले बढ़ता है, फिर घटता है

(d) पहले घटता है, फिर बढ़ता है

39. एक आदर्श गैस के छः मोल दिखाये गये चक्र से गुजरते हैं। यदि ताप $T_A = 600K$, $T_B = 800K$, $T_C = 2200K$ एवं $T_D = 1200K$, हो, तब प्रति चक्र किया गया कार्य है [BCECE 2005]



(a) 20 *kJ*

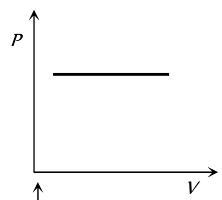
(b) 30 *kJ*

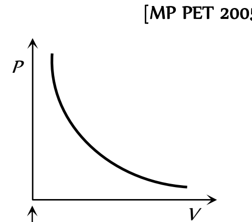
(c) 40 *kJ*

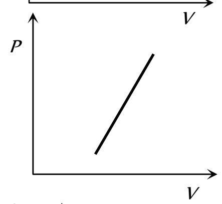
(d) 60 *kJ*

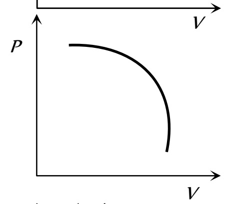
40. दिये गये चित्रों में से कौन समतापीय वक्र को सही प्रदर्शित करता है

[MP PET 2005]

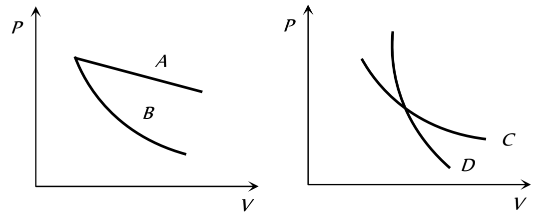
(a) 

(b) 

(c) 

(d) 

41. नीचे चित्र में चार वक्र *A, B, C* एवं *D* दिखाये गये हैं [DCE 2003]



(a) वक्र *A* व *D* समतापीय हैं, जबकि *B* व *C* रुद्धोष्म हैं

(b) वक्र *A* व *C* रुद्धोष्म हैं, जबकि *B* व *D* समतापीय हैं

(c) वक्र *A* व *B* समतापीय हैं, जबकि *C* व *D* रुद्धोष्म हैं

(d) वक्र *A* व *C* समतापीय हैं, जबकि *B* व *D* रुद्धोष्म हैं

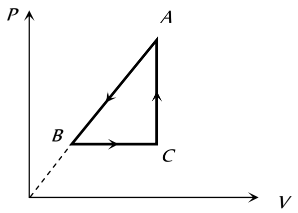
42. एक चक्रीय प्रक्रम *ABCA* के लिए *P-V* वक्र को चित्र में दर्शाया गया है सही विकल्प

(a) $\Delta Q_{A\to B}$ = ऋणात्मक

(b) $\Delta U_{B\to C}$ = धनात्मक

(c) ΔW_{CAB} = ऋणात्मक

(d) उपरोक्त सभी



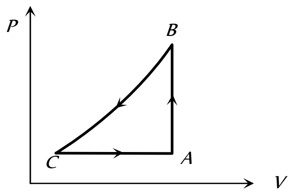
43. एक आदर्श गैस के प्रतिदर्श (sample) का प्रक्रम चित्र में दिखाये अनुसार है। प्रक्रम *AB* के अनुदिश यह 50*J* ऊर्जा अवशोषित करती है, *BC* के अनुदिश कोई ऊष्मा नहीं, *CA* के अनुदिश 70*J* ऊष्मा उत्सर्जित होती है। पथ *BC* के अनुदिश 40*J* कार्य गैस पर होता है। यदि *A* पर गैस की आंतरिक ऊर्जा 1500*J* है तब *C* पर आंतरिक ऊर्जा होगी

(a) 1590 *J*

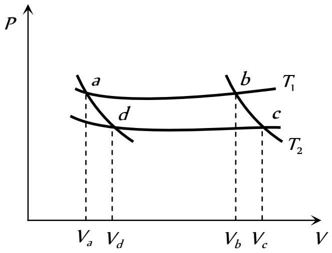
(b) 1620 *J*

(c) 1540 *J*

(d) 1570 *J*



44. निम्न *P-V* वक्र में दो रुद्धोष्म वक्र दो समतापीय वक्रों को तापक्रम T_1 तथा T_2 पर काटते हैं। $\frac{V_a}{V_d}$ का मान होगा



(a) $\frac{V_b}{V_c}$ (b) $\frac{V_c}{V_b}$

(c) $\frac{V_d}{V_a}$ (d) V_bV_c

Assertion & Reason

For AIIMS Aspirants

निम्नलिखित प्रश्नों में प्रक्कथन (Assertion) के वक्तव्य के पश्चात् कारण (Reason) का वक्तव्य है।

(a) प्रक्कथन और कारण दोनों सही हैं और कारण प्रक्कथन का सही स्पष्टीकरण देता हैं

(b) प्रक्कथन और कारण दोनों सही हैं किन्तु कारण प्रक्कथन का सही स्पष्टीकरण नही देता हैं

(c) प्रक्कथन सही है किन्तु कारण गलत हैं

(d) प्रक्कथन और कारण दोनों गलत हैं

(e) प्रक्कथन गलत है किन्तु कारण सही हैं

1. प्रक्कथन : व्यवहार में उत्क्रमणीय निकाय प्राप्त करना कठिन है।

कारण : प्रकृति में अधिकांशतः प्रक्रम क्षयकारी होते हैं। [AIIMS 2005]

2. प्रक्कथन : एक गुब्बारे से तेजी से निकल रही हवा ठंडी हो जाती है।

कारण : तेजी से निकलने वाली हवा का रुद्धोष्म प्रसार होता है। [AIIMS 2005]

3. प्रक्कथन : प्रकृति में ऊष्मागतिक प्रक्रम अनुत्क्रमणीय होते हैं।

कारण : क्षयकारी प्रभावों को समाप्त नहीं किया जा सकता है। [AIIMS 2004]

4. प्रक्कथन : जब एक ठंडे कार्बनीकृत पेय पदार्थ की बोतल को खोला जाता है, तो उसके मुँह पर झाग उत्पन्न हो जाता है।

कारण : गैस के रुद्धोष्म प्रसार के कारण ताप कम हो जाता है एवं परिणामस्वरूप जल वाष्प संघनित हो जाती है। [AIIMS 2003]

5. प्रक्कथन : समतापीय वक्र एक दूसरे को एक निश्चित बिन्दु पर काटते हैं।

कारण : समतापीय परिवर्तन धीरे–धीरे होता है इसलिए समतापीय वक्रों की ढाल अल्प होती है। [AIIMS 2001]

6. प्रक्कथन : रुद्धोष्म संपीड़न में, एक निकाय की आन्तरिक ऊर्जा एवं ताप घटते हैं।

कारण : रुद्धोष्म संपीड़न एक धीमी प्रक्रिया है। [AIIMS 2001]

7. प्रक्कथन : समतापीय प्रक्रम में, किसी वस्तु को दी गई सम्पूर्ण ऊष्मा आन्तरिक ऊर्जा में परिवर्तित हो जाती है।

कारण : ऊष्मागतिकी के प्रथम नियम से,

$\Delta Q = \Delta U + P\Delta V$ [AIIMS 1997]

8. प्रक्कथन : किसी वस्तु को या वस्तु से ऊष्मा के आदान प्रदान के बगैर उसका ताप परिवर्तित नहीं कर सकते हैं।

कारण : ऊर्जा संरक्षण के सिद्धांत से एक निकाय की कुल ऊर्जा संरक्षित रहती है।

9. प्रक्कथन : रुद्धोष्म प्रक्रिया में किसी गैस की विशिष्ट ऊष्मा शून्य एवं समतापीय प्रक्रिया में अनन्त होती है।

कारण : किसी गैस की विशिष्ट ऊष्मा निकाय के ऊष्मा परिवर्तन के अनुक्रमानुपाती एवं ताप परिवर्तन के व्युत्क्रमानुपाती होती है।

10. प्रक्कथन : कार्य एवं ऊष्मा, ऊर्जा के दो तुल्य रूप हैं।

कारण : ताप परिवर्तन के बिना यांत्रिक ऊर्जा का स्थानान्तरण कार्य है, जबकि केवल ताप परिवर्तन के कारण तापीय ऊर्जा का स्थानान्तरण ऊष्मा है।

11. प्रक्कथन : किसी निकाय को दी गई ऊष्मा सदैव इसकी आंतरिक ऊर्जा में वृद्धि के बराबर होती है।

कारण : जब निकाय एक तापीय संतुलन से दूसरे तापीय संतुलन में जाता है, तो इसके द्वारा कुछ ऊष्मा अवशोषित कर ली जाती है।

12. प्रक्कथन : एक बन्द कमरे में रेफ्रीजरेटर का दरवाजा खोल कर कमरे को ठंडा किया जा सकता है।

कारण : ऊष्मा निम्न ताप (रेफ्रीजरेटर) से उच्च ताप (कमरे) की ओर प्रवाहित होती है।

13. प्रक्कथन : किसी निकाय के लिए यह असम्भव है कि बिना किसी बाह्य कारक की सहायता के कम ताप वाली वस्तु से ऊष्मा उच्च ताप वाली अन्य धातु की ओर प्रवाहित हो।

कारण : क्लासियस के कथनानुसार कोई भी एसी प्रक्रिया सम्भव नहीं है जिसके द्वारा ऊष्मा को ठंडी वस्तु से गर्म वस्तु की ओर स्थानान्तरण किया जाये।

14. प्रक्कथन : एक बन्द कमरे में यदि विद्युत पंखे को चालू कर दिया जाये, तो कमरे की वायु ठंडी हो जाएगी।

कारण : पंखे की वायु कमरे का ताप कम कर देती है।

15. प्रक्कथन : समतापीय प्रक्रम में निकाय की आन्तरिक ऊर्जा नियत रहती है।

कारण : आन्तरिक ऊर्जा केवल निकाय के दाब पर निर्भर करती है।

16. प्रक्कथन : रुद्धोष्म प्रक्रम में, किसी गैस की आन्तरिक ऊर्जा में परिवर्तन गैस पर (या द्वारा) किये गये कार्य के तुल्य होती है।

कारण : रुद्धोष्म प्रक्रम में गैस का ताप नियत रहता है।

17. प्रक्कथन : रुद्धोष्म प्रक्रम एक सम एण्ट्रॉपी प्रक्रिया है।

कारण : रुद्धोष्म प्रक्रम में एन्थेल्पी परिवर्तन शून्य होता है।

18. प्रक्कथन : समतापीय प्रसार में गैस द्वारा किये गये कार्य का मान उसी प्रसार के लिए रुद्धोष्म प्रक्रम में किये गये कार्य से अधिक होता है।

कारण : समतापीय प्रसार में ताप नियत रहता है एवं रुद्धोष्म प्रसार में नही।

19. प्रक्कथन : ऊष्मागतिकी का प्रथम नियम ऊर्जा संरक्षण का पुनर्कथन है।

कारण : ऊर्जा एक मूलभूत राशि है।

20. प्रक्कथन : ऊष्मागतिकी का शून्यवॉ नियम ऊर्जा की अवधारणा की व्याख्या करता है।

कारण : ऊर्जा ताप पर निर्भर है।

21. प्रक्कथन : सिंक का ताप कम करने पर कार्नो इंजन की दक्षता बढ़ती है।

कारण : कार्नो इंजन की दक्षता, गैस द्वारा प्रति चक्र किये गये यांत्रिक कार्य एवं प्रति चक्र अवशोषित की गई ऊष्मा के अनुपात के रूप में परिभाषित की जाती है।

22. प्रक्कथन : ठोसों की एण्ट्रॉपी उच्च होती है।

कारण : ठोसों में अणु क्रम में व्यवस्थित होते हैं।

Answers

ऊष्मागतिकी का प्रथम नियम ($\Delta Q = \Delta U + \Delta W$)

1	a	2	c	3	b	4	b	5	c
6	b	7	b	8	d	9	a	10	d
11	c	12	a	13	d	14	a	15	b
16	b	17	c	18	d	19	d	20	b
21	a	22	d	23	b	24	a	25	d
26	d	27	a	28	b	29	d	30	a
31	b	32	c	33	c	34	a	35	a
36	b	37	c	38	c	39	b	40	a
41	c	42	a	43	a	44	c	45	c
46	a	47	c	48	b				

समतापीय प्रक्रम

1	c	2	a	3	c	4	d	5	b
6	b	7	c	8	d	9	a	10	c
11	a	12	b	13	a	14	a	15	c
16	c	17	a	18	c	19	a	20	c
21	b	22	b	23	a	24	a	25	a
26	c	27	b	28	b	29	b	30	a
31	d								

रुद्धोष्म प्रक्रम

1	c	2	c	3	b	4	d	5	c
6	d	7	c	8	b	9	a	10	a
11	c	12	d	13	b	14	d	15	d
16	b	17	a	18	c	19	a	20	c
21	d	22	c	23	b	24	c	25	a
26	b	27	d	28	a	29	d	30	d
31	a	32	c	33	d	34	c	35	a
36	d	37	b	38	d	39	a	40	d
41	c	42	c	43	a	44	a	45	b
46	d	47	a	48	b	49	b	50	a
51	b	52	d	53	b	54	b	55	d
56	b	57	c						

समदाबीय एवं समआयतनिक प्रक्रम

1	a	2	c	3	c	4	a	5	a
6	c	7	c	8	b	9	d	10	c
11	c	12	a	13	b	14	a	15	d
16	b	17	a	18	d	19	c	20	d
21	d	22	d	23	a				

ऊष्मा इंजिन, प्रशीतक एवं ऊष्मागतिकी का द्वितीय नियम

1	d	2	c	3	b	4	c	5	b
6	d	7	b	8	d	9	b	10	b

11	c	12	b	13	c	14	a	15	a
16	a	17	b	18	d	19	b	20	a
21	b	22	b	23	c	24	a	25	b
26	a	27	d	28	a	29	b	30	c
31	a	32	a	33	c	34	d		

Critical Thinking Questions

1	d	2	c	3	bc	4	c	5	d
6	d	7	c	8	d	9	c	10	a
11	b	12	c	13	b	14	c	15	a
16	c	17	b	18	a	19	b	20	c
21	b	22	d	23	d	24	b	25	b
26	b	27	d	28	c	29	c	30	d

ग्राफीय प्रश्न

1	c	2	b	3	a	4	c	5	a
6	a	7	a	8	b	9	c	10	d
11	d	12	a	13	b	14	c	15	a
16	c	17	a	18	a	19	c	20	d
21	d	22	d	23	c	24	c	25	d
26	b	27	d	28	c	29	c	30	c
31	d	32	b	33	d	34	a	35	d
36	d	37	a	38	a	39	c	40	b
41	d	42	d	43	a	44	a		

प्रक्कथन एवं कारण

1	a	2	a	3	a	4	a	5	e
6	d	7	e	8	d	9	a	10	a
11	d	12	d	13	a	14	d	15	c
16	c	17	a	18	b	19	c	20	e
21	b	22	a						

AS Answers and Solutions

Å"ekxfrdh dk çFke fu;e ($\Delta Q = \Delta U + \Delta W$)

1. (a) $\Delta Q = \Delta U + \Delta W$ एवं $\Delta W = P\Delta V$

2. (c)

3. (b) $\Delta Q = \Delta U + \Delta W$

$\Rightarrow \Delta U = \Delta Q - \Delta W = Q - W$ (उचित चिन्हों का उपयोग करने पर)

4. (b) $\Delta U = \Delta Q - W = 35 - 15 = 20\ J$

5. (c) आन्तरिक ऊर्जा केवल गैस के ताप पर निर्भर करती है।

6. (b)

7. (b) (i) प्रथम स्थिति में $\rightarrow V =$ नियत $\Rightarrow \int PdV = 0$

(ii) द्वितीय स्थिति में $\rightarrow P =$ नियत

$\Rightarrow \int_{V_1}^{2V_1} PdV = P\int_{V_1}^{2V_1} dV = PV_1$

8. (d) $\Delta Q = \Delta W + \Delta U \Rightarrow 35 = -15 + \Delta U \Rightarrow \Delta U = 50\,J$

9. (a) $J\Delta Q = \Delta U + \Delta W,\ \Delta U = J\Delta Q - \Delta W$

$\Delta U = 4.18 \times 300 - 600 = 654\ Joule$

10. (d) कार्य $= \int_1^2 PdV$; जो कि स्थिति एवं पथ दोनों पर निर्भर करता है।

11. (c) $\Delta Q = \Delta U + \Delta W \because \Delta W = 0 \Rightarrow \Delta Q = \Delta U = \frac{f}{2}\mu R\Delta T$

$= \frac{3}{2} \times 2R(373 - 273) = 300R$

12. (a) $\Delta Q = 2k\,cal = 2 \times 10^3 \times 4.2J = 8400\ J$ एवं $\Delta W = 500\ J$.

अतः $\Delta Q = \Delta U + \Delta W$ से $\Delta W = \Delta Q - \Delta U = 8400 - 500 = 7900\ J$

13. (d) आन्तरिक ऊर्जा में परिवर्तन (ΔU) फलन की प्रारम्भिक एवं अन्तिम अवस्था पर निर्भर करती है, जबकि ΔQ एवं ΔW पथ फलन भी होते हैं।

14. (a) यह गैस का स्वतंत्र प्रसार है, इसमें $\Delta W = 0$ एवं $\Delta U = 0$ इसलिए ताप नियत 300 K रहेगा।

15. (b) $\Delta Q = \Delta U + \Delta W \Rightarrow \Delta W = \Delta Q - \Delta U = 100 - 40 = 70\,J$

16. (b) कार्य ऊष्मागतिक फलन नहीं है।

17. (c) $\Delta Q = \Delta U + \Delta W = 167 + 333 = 500\ cal$

18. (d) तापान्तर के कारण एक वस्तु से दूसरी वस्तु को स्थानान्तरित ऊर्जा ही ऊष्मा है।

19. (d) आन्तरिक ऊर्जा में परिवर्तन पथ पर निर्भर नहीं करता है, इसलिए $\Delta U = \Delta Q - \Delta W$ समान रहेगा।

20. (b) $\Delta Q = \Delta U + \Delta W$; $\Delta Q = 200\,J$ एवं $\Delta W = -100\,J$

$\Rightarrow \Delta U = \Delta Q - \Delta W = 200 - (-100) = 300\,J$

21. (a) एक आदर्श गैस के स्वतंत्र प्रसार में, किया गया कार्य शून्य एवं बाहर से कोई ऊष्मा नहीं दी गई है। इसलिए आन्तरिक ऊर्जा में कोई परिवर्तन नहीं होगा। अतः ताप नियत रहेगा।

22. (d) $\Delta Q = \Delta U + \Delta W \Rightarrow \Delta U = \Delta Q - \Delta W = 150 - 110 = 40\ J$

23. (b) ऊष्मागतिकी के प्रथम नियम से, $\Delta Q = \Delta U + \Delta W$

$\because$ ऊष्मा निकाय को दी गई है इसलिए $\Delta Q \rightarrow$ धनात्मक

एवं निकाय पर कार्य किया गया है इसलिए $\Delta W \rightarrow$ ऋणात्मक

अतः $+\Delta Q = \Delta U - \Delta W$

24. (a)

25. (d) ऊष्मागतिक निकाय की अवस्था केवल एक चर (P या V या T) द्वारा निर्धारित नहीं की जा सकती है।

26. (d) R एक सार्वत्रिक नियतांक है।

27. (a) ऊष्मागतिकी के प्रथम नियम से,

$\Rightarrow dU = dQ - dW \Rightarrow dU = dQ (< 0) \quad (\because dW = 0)$

$\Rightarrow dU < 0$ इसलिए ताप घटेगा।

28. (b) ऊष्मागतिकी के प्रथम नियम से, $\Delta Q = \Delta U + \Delta W$

स्थिर दाब पर किया गया कार्य $(\Delta W)_P = (\Delta Q)_P - \Delta U$

$(\Delta Q)_P - (\Delta Q)_V$ (चूँकि $(\Delta Q)_V = \Delta U$)

एवं $(\Delta Q)_P = mc_P \Delta T$ एवं $(\Delta Q)_V = mc_V \Delta T$

$\Rightarrow (\Delta W)_P = m(c_P - c_V)\Delta T$

$\Rightarrow (\Delta W)_P = 1 \times (3.4 \times 10^3 - 2.4 \times 10^3) \times 10 = 10^4\,cal$

29. (d)

30. (a) आदर्श गैस केवल गतिज ऊर्जा रखती है।

31. (b) आन्तरिक ऊर्जा एवं एण्ट्रॉपी केवल निकाय की प्रारम्भिक एवं अन्तिम स्थिति पर निर्भर करती है पथ पर नही।

32. (c) $\Delta Q = \Delta U + \Delta W$

$\because \Delta Q = 200\,cal = 200 \times 4.2 = 840\,J$ तथा $\Delta W = 40\,J$

$\Rightarrow \Delta U = \Delta Q - \Delta W = 840 - 40 = 800\,J$

33. (c) $\Delta Q = \Delta U + \Delta W = (U_f - U_i) + \Delta W$

$\Rightarrow 30 = (U_f - 40) + 10 \Rightarrow U_f = 60\,J$

34. (a) ताप बढ़ने पर आन्तरिक ऊर्जा भी बढ़ती है।

35. (a)

36. (b) निकाय को दी गई ऊष्मा गैस की आन्तरिक ऊर्जा बढ़ती है, एवं इसके प्रसार में कुछ कार्य करती है। इसलिए यह ऊर्जा संरक्षण का विशिष्ट रूप है।

37. (c) आन्तरिक ऊर्जा में परिवर्तन सदैव स्थिर आयतन पर गैस को दी गई ऊष्मा के तुल्य होता है

अर्थात् $\Delta U = (\Delta Q)_V = \mu C_V \Delta T$

एक परमाणुक गैस के लिए $C_V = \frac{3}{2}R$

$\Rightarrow \Delta U = \mu\left(\frac{3}{2}R\right)\Delta T = 1 \times \frac{3}{2} \times 8.31 \times (100 - 0)$

$= 12.48 \times 10^2\,J$

38. (c) $\Delta U = \mu C_V \Delta T = n\left(\frac{R}{\gamma - 1}\right)\Delta T$

$\Rightarrow \Delta U = \frac{P\Delta V}{(\gamma - 1)} = \frac{P(2V - V)}{\gamma - 1} = \frac{PV}{(\gamma - 1)}$

39. (b) $\Delta U = \mu C_V \Delta T = 2 \times 4.96 \times (342 - 340) = 19.84\ cal$

40. (a)

41. (c) ऊष्मागतिकी के प्रथम नियम से,

$\Delta Q = \Delta U + P(\Delta V) \Rightarrow \Delta U = \Delta Q - P(\Delta V)$

$= 1500 - (2.1 \times 10^5)(2.5 \times 10^{-3}) = 975\ Joule$

42. (a) $\Delta Q = \Delta U + \Delta W \Rightarrow \Delta U = \Delta Q - \Delta W$

$= 6 \times 4.18 - 6 = 19.08\,kJ \approx 19.1\,kJ$

43. (a) दिया है $\Delta Q = -20\,J$, $\Delta W = -8\,J$ एवं $U_i = 30\,J$

$\Delta Q = \Delta U + \Delta W \Rightarrow \Delta U = (\Delta Q - \Delta W)$

$\Rightarrow (U_f - U_i) = (U_f - 30) = -20 - (-8) \Rightarrow U_f = 18\,J$

44. (c) आन्तरिक ऊर्जा में परिवर्तन $\Delta U = \mu C_V \Delta T$

यह प्रक्रम के प्रसार पर निर्भर नहीं करता है। वास्तव में यह अवस्था फलन है।

45. (c)

46. (a) प्रथम प्रक्रम में, $\Delta Q = \Delta U + \Delta W$

$\Rightarrow 8 \times 10^5 = \Delta U + 6.5 \times 10^5 \Rightarrow \Delta U = 1.5 \times 10\,J$

चूँकि दोनों प्रक्रमों में प्रारम्भिक एवं अन्तिम अवस्थाएँ समान हैं इसलिए दोनों प्रक्रियाओं में ΔU समान होगा

द्वितीय प्रक्रिया में, $\Delta Q = \Delta U + \Delta W$ से

$\Rightarrow 10^5 = 1.5 \times 10^5 + \Delta W \Rightarrow \Delta W = -0.5 \times 10^5\,J$

47. (c) $\Delta W = P\Delta V$; यहाँ ΔV ऋणात्मक है, इसलिए ΔW भी ऋणात्मक होगा।

48. (b) एण्ट्रॉपी ऊष्मागतिकी के द्वितीय नियम से सम्बन्धित है।

समतापीय प्रक्रम

1. (c) समतापीय प्रक्रम में ताप नियत रहता है।

2. (a) यदि किसी बिन्दु पर दो समतापीय वक्र काटते है, तो उस बिन्दु पर दो ताप होने चाहिए, जो कि असम्भव है।

3. (c) समतापीय प्रसार में ताप नियत रहता है, अतः आन्तरिक ऊर्जा में कोई परिवर्तन नहीं होता है।

4. (d) $W = \mu RT \log_e \frac{V_2}{V_1}$

$= \left(\frac{m}{M}\right)RT \log_e \frac{V_2}{V_1} = 2.3 \times \frac{m}{M} RT \log_{10} \frac{V_2}{V_1}$

$= 2.3 \times \frac{96}{32} R\ (273 + 27) \log_{10} \frac{140}{70} = 2.3 \times 900\,R \log_{10} 2$

5. (b) $0.8 \times 5 = P \times (3 + 5) \Rightarrow P = 0.5\ m$

6. (b) $PV =$ नियतांक का अवकलन करने पर

$\Rightarrow P\Delta V + V\Delta P = 0 \Rightarrow \frac{\Delta P}{P} = -\frac{\Delta V}{V}$

7. (c)

8. (d) $W = -\mu RT \log_e \frac{V_2}{V_1} = -1 \times 8.31 \times (273+0) \log_e \left(\frac{22.4}{11.2}\right)$

$= -8.31 \times 273 \times \log_e 2 = -1572.5 J$ [$\because \log_e 2 = 0.693$]

9. (a) $E_\theta = P$ यदि $P =$ नियतांक $E_\theta =$ नियतांक

10. (c) समतापीय प्रक्रिया के लिए $PV = RT \Rightarrow P = \frac{RT}{V}$

$\therefore W = PdV = \int_{V_1}^{V_2} \frac{RT}{V} dV = RT \log_e \frac{V_2}{V_1}$

11. (a) $E_\theta = P$

12. (b) दाब $= \frac{1}{\text{संपीड्यता}}$

13. (a) $E_\theta = P = 1.013 \times 10^5 N/m^2$

14. (a) समतापीय प्रक्रिया में संपीड़यता $E_\theta = P$

15. (c) समतापीय प्रक्रिया में ताप नियत बनायें रखने के लिए निकाय एवं परिवेश के बीच ऊष्मा का आदान प्रदान होता है।

16. (c) आदर्श गैस की आन्तरिक ऊर्जा में कोई परिवर्तन नहीं होता है परन्तु वास्तविक गैस की आन्तरिक ऊर्जा बढ़ती है क्योंकि अन्तराण्विक बलों के विरूद्ध कार्य करना पड़ता है।

17. (a) समतापीय प्रक्रिया में ताप नियत रहता है अर्थात् $\Delta T = 0$ अतः $C = \frac{Q}{m\Delta T} \Rightarrow C_{\text{समतापीय}} = \infty$

18. (c) यह गैस की स्वतंत्र प्रसार की स्थिति है। स्वतंत्र प्रसार में $\Delta U = 0 \Rightarrow$ ताप नियत रहता है।

19. (a) समतापीय प्रक्रिया में ताप नियत रहता है। अतः इसे एक सुचालक दीवार वाले पात्र में सम्पन्न कराना चाहिए, ताकि ऊष्मा आसानी से बाहर जा सके।

20. (c) समतापीय प्रक्रिया में

$dU = 0$ एवं कार्य $dW = P(V_2 - V_1)$

$\because V_2 = \frac{V_1}{2} = \frac{V}{2} \Rightarrow dW = -\frac{PV}{2}$

21. (b) समतापीय प्रक्रिया में ताप नियत रहता है।

22. (b) समतापीय प्रक्रिया में, ताप नियत बनाये रखने के लिए गैस द्वारा ऊर्जा मुक्त की जाती है।

23. (a) समतापीय संपीडन में, ऊष्मा में वृद्धि होती है, जिसे गैस से बाहर प्रवाहित होना चाहिए

$\Delta Q = \Delta U + \Delta W \Rightarrow \Delta Q = \Delta W$ ($\because \Delta U = 0$)

$\Rightarrow \Delta Q = -1.5 \times 10^4 J = \frac{1.5 \times 10^4}{4.18} cal = -3.6 \times 10^3 cal$

24. (a) समतापीय परिवर्तन में, ताप नियत रहता है अतः $\Delta U = 0$

एवं $\Delta Q = \Delta U + \Delta W \Rightarrow \Delta Q = \Delta W$

25. (a) यह एक समतापीय प्रक्रिया है। अतः किया गया कार्य $= P(V_2 - V_1)$

$= 1 \times 10^5 \times (1.091 - 1) \times 10^{-6} = 0.0091 J$

26. (c) $\Delta Q = \Delta U + \Delta W \Rightarrow \Delta U = \Delta Q - \Delta W = 2240 - 168 = 2072 J$.

27. (b) दी गई ऊष्मा = 540 cal

आयतन में परिवर्तन $\Delta V = 1670\ c.c$

वायुमण्डलीय दाब $P = 1.01 \times 10^6\ dyne/cm^2$

वायुमण्डलीय दाब के विरूद्ध किया गया कार्य

$W = P\Delta V = \frac{1.01 \times 10^6 \times 1670}{4.2 \times 10^7} \approx 40\ cal$

28. (b) $W_{\text{समतापीय}} = \mu RT \log_e \frac{V_2}{V_1} = 1 \times 8.31 \times 300 \log_e \frac{20}{10} = 1728 J$

29. (b) $W = \mu RT \log_e \left(\frac{V_2}{V_1}\right) = 0.2 \times 8.3 \times \log_e 2 \times (27 + 273)$

$= 0.2 \times 8.3 \times 300 \times 0.693 = 345 J$

30. (a) समतापीय प्रक्रिया में, $P_1V_1 = P_2V_2$

$\Rightarrow P_2 = \frac{P_1V_1}{V_2} = \frac{72 \times 1000}{900} = 80\ cm$

चूँकि $\Delta P = P_2 - P_1 = 80 - 72 = 8 cm$

31. (d) समतापीय परिवर्तन में, $T =$ नियत $\Rightarrow \Delta U = 0$

एवं ऊष्मागतिकी के प्रथम नियम से, $\Delta Q = \Delta W$

रुद्धोष्म प्रक्रम

1. (c) गैस सिलिण्डर का अचानक फटना एक अनुत्क्रमणीय रुद्धोष्म परिवर्तन है, एवं प्रसार के विरूद्ध किया गया कार्य ताप कम कर देता है।

2. (c) रुद्धोष्म परिवर्तन में किया गया कार्य $= \frac{\mu R(T_1 - T_2)}{\gamma - 1}$

3. (b) रुद्धोष्म प्रसार में, $\Delta W =$ धनात्मक एवं $\Delta Q = 0$

ऊष्मागतिकी के प्रथम नियम से, $\Delta Q = \Delta U + \Delta W$

$\Rightarrow \Delta U = -\Delta W$ अर्थात् ΔU ऋणात्मक होगा।

4. (d) रुद्धोष्म प्रक्रम में $\frac{T^\gamma}{P^{\gamma-1}} =$ नियतांक

$\Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} \Rightarrow \frac{T_2}{300} = \left(\frac{4}{1}\right)^{\frac{(1-1.4)}{1.4}} \Rightarrow T_2 = 300(4)^{-\frac{0.4}{1.4}}$

5. (c) $PV^\gamma =$ नियतांक $\Rightarrow \frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^\gamma \Rightarrow \frac{P_2}{1} = \left(\frac{V_1}{V_1/4}\right)^{3/2} = 8$

$\Rightarrow P_2 = 8\ atm$

6. (d) $PV^\gamma =$ नियतांक $\Rightarrow \frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^\gamma \Rightarrow P_2 = (8)^{5/3} P_1 = 32\ P_1$

7. (c) गैस का आयतन $V = \frac{m}{d}$ एवं $PV^\gamma =$ नियतांक

$\frac{P'}{P} = \left(\frac{V}{V'}\right)^\gamma = \left(\frac{d'}{d}\right)^\gamma = (32)^{7/5} = 128$

8. (b) $\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} \Rightarrow T_2 = 300\left(\frac{27}{8}\right)^{\frac{5}{3}-1} = 300\left(\frac{27}{8}\right)^{\frac{2}{3}}$

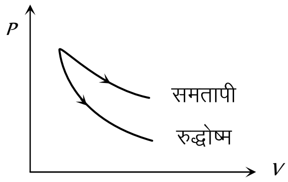
$= 300\left\{\left(\frac{27}{8}\right)^{1/3}\right\}^2 = 800\left(\frac{3}{2}\right)^2 = 675 K$

$\Rightarrow \Delta T = 675 - 300 = 375\ K$

9. (a) ऊष्मागतिक प्रक्रम में,

किया गया कार्य = PV वक्र द्वारा V-अक्ष के साथ बनाये गये क्षेत्रफल से स्पष्ट है, कि $(\text{क्षेत्रफल})_{\text{समतापीय}} > (\text{क्षेत्रफल})_{\text{रुद्धोष्म}}$

$\Rightarrow W_{\text{समतापीय}} > W_{\text{रुद्धोष्म}}$



10. (a) चूँकि $PV = RT$ एवं $T =$ नियत $\therefore PV =$ नियत

11. (c) समतापी प्रक्रम में, $PV =$ नियतांक

$\Rightarrow \left(\frac{dP}{dV}\right) = \frac{-P}{V} =$ समतापी वक्र की प्रवणता

रुद्धोष्म प्रक्रम में $PV^{\gamma} =$ नियतांक

$\Rightarrow \frac{dP}{dV} = \frac{-\gamma P}{V} =$ रुद्धोष्म वक्र की प्रवणता

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

12. (d) $PV^{\gamma} =$ नियतांक $\Rightarrow P\left(\frac{RT}{P}\right)^{\gamma} =$ नियतांक

$\Rightarrow P^{1-\gamma}T^{\gamma} =$ नियतांक

13. (b) $W_{\text{रुद्धोष्म}} = \frac{R}{\gamma-1}(T_i - T_f) = \frac{R}{\gamma-1}(T - T_1)$

14. (d) $dQ = 0 = -2 + dW \Rightarrow dW = 2\ J$

$\Rightarrow$ गैस द्वारा किया गया कार्य $= 2\ J$

$\Rightarrow$ गैस पर किया गया कार्य $= -2\ J$

15. (d) $E_{\phi} = \gamma P = 1.4 \times (1 \times 10^5) = 1.4 \times 10^5\ N/m^2$

16. (b) रुद्धोष्म वक्र की प्रवणता = $\gamma \times$ (समतापीय वक्र की प्रवणता)

17. (a) संपीड़न के कारण निकाय का ताप बहुत उच्च हो जाता है। इस कारण ऊष्मा निकाय से परिवेश की ओर प्रवाहित होने लगती है। इस प्रकार ताप घटता है। ताप घटने के परिणाम स्वरूप दाब घटता है।

18. (c) $\Delta Q = \Delta U + \Delta W = 0 \Rightarrow \Delta W = -\Delta U$

अर्थात् ΔW धनात्मक है, अर्थात् गैस कार्य करती है, तब ΔU ऋणात्मक होना चाहिए। इसका मतलब आन्तरिक ऊर्जा का उपयोग कार्य करने में होता है।

19. (a) $W = \frac{R}{\gamma-1}(T_1 - T_2)$

$$= \frac{8.31 \times \{(273+27) - (273+127)\}}{1.4-1} = -2077.5\ joules$$

20. (c) दाब घटता है, इसलिए ताप गिरता है।

21. (d) रुद्धोष्म प्रत्यास्थता गुणांक $E_{\phi} = \gamma P$

22. (c) रुद्धोष्म प्रक्रम में, निकाय एवं परिवेश के बीच ऊष्मा स्थानान्तरण नहीं होता है।

23. (b) $\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma} \Rightarrow P_2 = P_1\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma} = P_0(8)^{4/3} = 16P_0.$

24. (c) रुद्धोष्म प्रक्रम में, $PV^{\gamma} =$ नियतांक

$\Rightarrow \left(\frac{RT}{V}\right).V^{\gamma} =$ नियतांक $\Rightarrow TV^{\gamma-1} =$ नियतांक

25. (a) $TV^{\gamma-1} =$ नियतांक $\Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma} \Rightarrow T_2 = T_1\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma}$

$\Rightarrow T_2 = 300\left(\frac{1}{2}\right)^{0.4} = 227.36\ K$

26. (b) रुद्धोष्म परिवर्तन में $Q =$ नियतांक $\Rightarrow \Delta Q = 0$

इसलिए $\Delta W = -\Delta U$ ($\because \Delta Q = \Delta U + \Delta W$)

27. (d) रुद्धोष्म प्रक्रम में, ऊष्मागतिकी के प्रथम नियम से,

$\Delta W = -\Delta U$ $\quad (\because \Delta Q = 0)$

$\Rightarrow \Delta W = -(-100) = +100\ J$

28. (a) $\Delta U = -\Delta W = -\frac{R(T_1 - T_2)}{(\gamma-1)} = \frac{R(T_2 - T_1)}{\gamma - 1}$

29. (d) $TV^{\gamma-1} =$ नियतांक $\Rightarrow T_2 = T_1\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} = 927^oC$

30. (d) प्रक्रिया बहुत तेजी से होती है, इसलिए गैस एवं परिवेश के बीच ऊष्मा स्थानान्तरण नहीं हो पाता है। अतः प्रक्रिया रुद्धोष्म है।

31. (a) $\Delta U = \mu C_V \Delta T = 1 \times C_V(T_f - T_i) = -C_V(T_i - T_f)$

$\Rightarrow |\Delta U| = C_V(T_i - T_f)$

32. (c) $T_2 = T_1\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} = 273(2)^{0.41} = 273 \times 1.328 = 363\,K$

$W = \frac{R(T_1 - T_2)}{\gamma - 1} = \frac{8.31(273 - 363)}{1.41 - 1} = -1824\ J$

$\Rightarrow |W| \approx 1815\ J$

33. (d)

34. (c) $TV^{\gamma-1} =$ नियतांक

$\Rightarrow T_2 = T_1\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} = (273 + 18)\left(\frac{V}{V/8}\right)^{0.4} = 668\,K$

35. (a) $\Delta Q = mc\Delta\theta$ यहाँ $\Delta Q = 0$, अतः $c = 0$

36. (d) रुद्धोष्म प्रक्रम में निकाय एवं परिवेश के बीच कोई ऊष्मा स्थानान्तरण नहीं होता है।

37. (b) $W = \frac{\mu R(T_1 - T_2)}{(\gamma-1)} = \frac{\mu RT_1}{(\gamma-1)}\left[1 - \frac{T_2}{T_1}\right]$

$$= \frac{\mu RT_1}{(\gamma-1)}\left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1}\right]$$

$$= \frac{2 \times 8.31 \times 300}{\left(\frac{5}{3} - 1\right)}\left[1 - \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{5}{3}-1}\right] = +2767.23\ J$$

38. (d) $T^{\gamma}P^{1-\gamma} =$ नियतांक $\Rightarrow T \propto P^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$

$\Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} = \left(\frac{1}{8}\right)^{\frac{5/3-1}{5/3}}$

$T_2 = 300 \times \left(\frac{1}{8}\right)^{0.4} = 131 K = -142°C$

39. (a) रुद्धोष्म प्रक्रम में, $\Delta Q = 0 \Rightarrow \Delta U + \Delta W = 0$
$(\because \Delta Q = \Delta U + \Delta W)$

40. (d) $\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} = (8)^{\frac{3/2-1}{3/2}} = 2$.
$\Rightarrow T_2 = 2T_1 \Rightarrow T_2 = 2(273+27) = 600 K = 327°C$

41. (c) $\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{1}{8}\right)^{\frac{1.5-1}{1.5}} = \left(\frac{1}{8}\right)^{\frac{1}{3}} = \frac{1}{2}$
$\Rightarrow T_2 = \frac{T_1}{2} = \frac{300}{2} = 150 K$.

42. (c) $\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma} \Rightarrow \frac{P'}{P} = (8)^{5/2} \Rightarrow P' = P \times (2)^{15/2}$

43. (a)

44. (a) दिया है $P \propto T^3$ परंतु हम जानते हैं कि रुद्धोष्म प्रक्रम में दाब $P \propto T^{\gamma/\gamma-1}$
इसलिए $\frac{\gamma}{\gamma-1} = 3 \Rightarrow \gamma = \frac{3}{2} \Rightarrow \frac{C_P}{C_V} = \frac{3}{2}$

45. (b)

46. (d) $W = \frac{R(T_i - T_f)}{\gamma - 1} \Rightarrow 6R = \frac{R(T - T_f)}{\left(\frac{5}{3} - 1\right)} \Rightarrow T_f = (T-4)K.$

47. (a) $\because TV^{\gamma-1} =$ नियतांक $\Rightarrow T_1V_1^{\gamma-1} = T_2V_2^{\gamma-1}$
$\Rightarrow T_2 = T_1\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} = T_1(4)^{1.5-1} = 2T_1$
$\therefore$ ताप में परिवर्तन $= T_2 - T_1 = 2T_1 - T_1 = T_1 = 273 K$

48. (b) $\because PV^{\gamma} = k$ (नियतांक) $\Rightarrow P_1V_1^{\gamma} = P_2V_2^{\gamma}$
$\Rightarrow P_2 = P_1\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma} = 10^5 \times (2)^{1.3} \quad (\because V_2 = \frac{V_1}{2})$

49. (b) रुद्धोष्म प्रक्रम में $\Delta U = -\Delta W$ संपीड़न में ΔW ऋणात्मक है, इसलिए ΔU धनात्मक होगा, अर्थात् आन्तरिक ऊर्जा बढ़ती है।

50. (a) ऊष्मागतिकी के प्रथम नियम से,
$\Delta Q = \Delta U + \Delta W$
रुद्धोष्म प्रक्रम में $\Delta Q = 0$ अतः $\Delta U = -\Delta W$

51. (b) $PV^{\gamma} =$ नियतांक $\Rightarrow \frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma} = \left(\frac{V_1}{V_1/4}\right)^{\gamma} = 4^{\gamma}$
$\Rightarrow P_2 = 4^{\gamma}P$
चूँकि γ का मान सदैव 1 से बड़ा होता है, इसलिए $4^{\gamma} > 4$
$\Rightarrow P_2 > 4P$

52. (d) $P_1V_1^{\gamma} = P_2V_2^{\gamma} \Rightarrow \frac{P_2}{P_1} = \left[\frac{V_1}{V_2}\right]^{\gamma} = \left[\frac{4}{1}\right]^{3/2} = \frac{8}{1}$

53. (b) गैस की आन्तरिक ऊर्जा में परिवर्तन
$\Delta U = -\Delta W \frac{R}{\gamma-1}[T_2 - T_1] = \frac{8.3}{(1.4-1)}[308-300] = 166 J$

54. (b) रुद्धोष्म परिवर्तन से $TV^{\gamma-1} =$ नियतांक
$\Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} \Rightarrow T_2 = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} \times T_1$
$\Rightarrow T_2 = \left(\frac{V}{V/4}\right)^{1.4-1} \times 300 = 300 \times (4)^{0.4} K$

55. (d) रुद्धोष्म प्रक्रम से, $\Delta W = -\Delta U \quad (\because \Delta Q = 0)$
$\Rightarrow \Delta W = -(-50) = +50 J$

56. (b) $\frac{\text{रुद्धोष्म प्रत्यास्थता } (E_\phi)}{\text{समतापी प्रत्यास्थता } (E_\theta)} = \gamma \Rightarrow E_\theta = \frac{E_\phi}{\gamma}$
$\Rightarrow E_\theta = \frac{2.1 \times 10^5}{1.4} = 1.5 \times 10^5 N/m^2$

57. (c) $PV^{\gamma} =$ नियतांक, दोनों पक्षों का अवकलन करने पर
$P\gamma V^{\gamma-1}dV + V^{\gamma}dP = 0 \Rightarrow \frac{dP}{P} = -\gamma\frac{dV}{V}$

समदाबी एवं समआयतनिक प्रक्रम

1. (a) किया गया कार्य $= P\Delta V = P(V_2 - V_1)$

2. (c) जब स्थिर दाब पर ऊष्मा दी जाती है, तो इसका कुछ भाग गैस के प्रसार में एवं शेष भाग गैस के ताप बढ़ाने में प्रयुक्त होता है, जो कि आन्तरिक ऊर्जा बढ़ाता है।

3. (c) समदाबी प्रक्रम में, $\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow V_2 = V \times \frac{274}{273}$
वृद्धि $= \frac{274\ V}{273} - V = \frac{V}{273}$

4. (a) ऊष्मागतिकी के प्रथम नियम से,
$\Delta Q = \Delta U + \Delta W = \Delta U + P\Delta V$
$\Rightarrow 100 = \Delta U + 50 \times (4-10) \Rightarrow \Delta U = 400\ J$

5. (a) $W = P \times \Delta V = 2 \times 10^5 (150-50) \times 10^{-3} = 2 \times 10^4 J$

6. (c) $W = P\Delta V = \mu R \Delta T = 0.1 \times 2 \times 300 = 60\ cal$

7. (c) $\Delta Q = \Delta U + P\Delta V \Rightarrow mL = \Delta U + P(V_v - V_l)$
$\Rightarrow \Delta U = L - P(V_v - V_l) \quad (\because m = 1)$

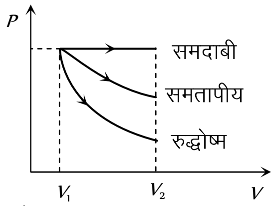
8. (b) $\Delta W = P\Delta V = 10^3 \times 0.25 = 250\ J$

9. (d) $W = P\Delta V = 1.01 \times 10^5 (3.34 - 2 \times 10^{-3})$
$= 337 \times 10^3 J \approx 340\ KJ$

10. (c) $\frac{T_2}{T_1} = \frac{V_2}{V_1} = 2 \Rightarrow T_2 = 2 \times T_1 = 2 \times 300 = 600\ K = 327^oC$

11. (c) स्थिर दाब पर $V \propto T$
$\Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} \Rightarrow V_2 = \frac{V_1T_2}{T_1} = \frac{300 \times 280}{300} = 280\ ml.$

12. (a) ऊष्मागतिक प्रक्रम में, PV वक्र एवं आयतन अक्ष के बीच घिरा क्षेत्रफल किये गये कार्य के बराबर होता है। अतः दिखाये गये चित्र से स्पष्ट है कि $W_{रुद्धोष्म} < W_{समतापीय} < W_{समदाबी}$



13. (b) प्रश्न क्रमांक 12 के समान

14. (a)

15. (d) $W = P\Delta V = 2.4\times10^{-4}\times1\times10^{5} = 24 J$

16. (b) स्थिर दाब पर

$W = P\Delta V = \mu R\Delta T = 1\times8.31\times100 = 831 \approx 814\ J$

17. (a) $\Delta V = 0 \Rightarrow P\Delta V = 0 \Rightarrow \Delta W = 0$

18. (d) उत्क्रमणीय प्रक्रम में निकाय की एण्ट्रॉपी नियत रहती है।

19. (c) $W = P\Delta V = 0$ (जहाँ $\Delta V = 0$)

20. (d)

21. (d) स्थिर आयतन पर, $P \propto T \Rightarrow \frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2} \Rightarrow \frac{P_1}{P_2} = \frac{300}{400} = \frac{3}{4}$

22. (d) समतापी प्रक्रम में $Q \neq 0$.

23. (a) समआयतनिक प्रक्रम में, $\Delta V = 0 \Rightarrow \Delta W = 0$

ऊष्मागतिकी के प्रथम नियम से,

$\Delta Q = \Delta U + \Delta W \Rightarrow \Delta Q = \Delta U$

ऊष्मा इंजिन, रेफ्रीजरेटर एवं ऊष्मागतिकी का द्वितीय नियम

1. (d) $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} - \frac{W}{Q} \Rightarrow Q = \left(\frac{T_1}{T_1 - T_2}\right)W$

$= \frac{600}{(600-300)}\times800 = 1600\ J$

2. (c) कार्य गुणांक

$K = \frac{T_2}{T_1 - T_2} = \frac{273}{303-273} = \frac{273}{30} = 9$

3. (b) रेफ्रीजरेटर में, परिवेश में छोड़ी गई ऊष्मा शीतलन प्रकोष्ठ (Cooling chamber) से ली गई ऊष्मा से अधिक होती है। इसलिए यदि रेफ्रीजरेटर का दरवाजा खुला छोड़ दिया जाये, तो कमरा गर्म होगा।

4. (c) आंतरिक ऊर्जा स्थिति फलन है।

5. (b)

6. (d) उत्क्रणीय प्रक्रम में $\int \frac{dQ}{T} = 0$

7. (b) चक्रीय प्रक्रम में $\Delta U = 0$ इसलिए, $\Delta Q = \Delta W$

8. (d) $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{400}{500} = \frac{1}{5}$ $\because \eta = \frac{W}{Q} \Rightarrow \frac{1}{5} = \frac{W}{Q}$

$\Rightarrow W = \frac{Q}{5} = \frac{6}{5}\times10^4 = 1.2\times10^4\ J$

9. (b) $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \frac{30}{100} = 1 - \frac{350}{T_1}$

$\Rightarrow \frac{350}{T_1} = 1 - \frac{50}{100} = \frac{70}{100} = \frac{7}{10} \Rightarrow T_1 = 500\ K = 227°C$

10. (b) $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$ 100% प्रतिशत दक्षता के लिए $\eta = 1$ तब $T_2 = 0\ K$.

11. (c) $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{(273+69)}{(273+411)} = 0.5$

$\Rightarrow$ किया गया कार्य $= \eta\times Q = 0.5\times1000 = 500\ J$

12. (b) $\because \eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$

यहाँ Q_1 = अवशोषित ऊष्मा, Q_2 = निष्काषित ऊर्जा

$\Rightarrow 1 - \frac{T/3}{T} = \frac{W}{Q_1} \Rightarrow \frac{2}{3} = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$

$\Rightarrow \frac{2}{3} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} \Rightarrow \frac{Q_2}{Q_1} = \frac{1}{3} \Rightarrow Q_2 = \frac{Q_1}{3} = \frac{Q}{3}$

13. (c) $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \frac{25}{100} = 1 - \frac{300}{T_1} \Rightarrow \frac{1}{4} = 1 - \frac{300}{T_1}$

$T_1 = 400\ K = 127°C$

14. (a) $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \frac{70}{100} = 1 - \frac{T_2}{1000} \Rightarrow T_2 = 300\ K$

15. (a) $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \Rightarrow \eta_1 = \frac{(473-273)}{473} = \frac{200}{473}$

एवं $\eta_2 = \frac{273-73}{273} = \frac{200}{273}$

अतः अनुपात $\frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{273}{473} = 0.577$

16. (a) $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{(273+123)}{(273+27)} = 1 - \frac{150}{300} = \frac{1}{2} = 50\%$

17. (b) $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{300}{500} = \frac{2}{5}$

18. (d)

19. (b) प्रथम स्थिति में, $(\eta_1) = 1 - \frac{500}{800} = \frac{3}{8}$

द्वितीय स्थिति में, $(\eta_2) = 1 - \frac{600}{x}$

चूँकि $\eta_1 = \eta_2$, इसलिए $\frac{3}{8} = 1 - \frac{600}{x}$

या $\frac{600}{x} = 1 - \frac{3}{8} = \frac{5}{8}$ या $x = \frac{600\times8}{5} = 960\,K$

20. (a) $\eta_{अधिकतम} = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{300}{400} = \frac{1}{4} = 25\%$

इसलिए 26% दक्षता असम्भव है।

21. (b) प्रथम स्थिति में, $\eta_1 = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{(273+0)}{(273+200)} = \frac{200}{473}$

द्वितीय स्थिति में, $\eta_2 = 1 - \frac{(273-200)}{(273+0)} = \frac{200}{273}$

$\Rightarrow \frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{1}{\left(\frac{473}{273}\right)} = 1:1.73$

22. (b) $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \frac{1}{2} = 1 - \frac{500}{T_1} \Rightarrow \frac{500}{T_1} = \frac{1}{2}$ .....(i)

$\frac{60}{100} = 1 - \frac{T_2'}{T_1} \Rightarrow \frac{T_2'}{T_1} = \frac{2}{5}$ .....(ii)

समीकरण (i) को (ii) से भाग देने पर

$\frac{500}{T_2'} = \frac{5}{4} \Rightarrow T_2' = 400\,K$

23. (c)

24. (a)

25. (b) $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} = \frac{W}{Q} \Rightarrow W = \left(1 - \frac{T_1}{T_2}\right) Q = \left\{1 - \frac{(273+27)}{(273+627)}\right\}$

$\Rightarrow W = \left(1 - \frac{300}{900}\right) \times 3\times10^6 = 2\times10^6 \times 4.2\ J = 8.4\times10^6\ J$

26. (a)

27. (d) $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$; η का मान अधिकतम होने के लिए अनुपात $\frac{T_2}{T_1}$ न्यूनतम होना चाहिए।

28. (a)

29. (c) प्रथम स्थिति में, $\eta_1 = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$

द्वितीय स्थिति में, $\eta_2 = \frac{2T_1 - 2T_2}{2T_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = \eta$

30. (c) कार्य गुणांक

$K = \frac{T_2}{T_1 - T_2} \Rightarrow 5 = \frac{(273-13)}{T_1 - (273-13)} = \frac{260}{T_1 - 260}$

$\Rightarrow 5T_1 - 1300 = 260 \Rightarrow 5T_1 = 1560$

$\Rightarrow T_1 = 312\,K \to 39°C$

31. (a) कार्य गुणांक $K = \frac{T_2}{T_1 - T_2}$

$= \frac{(273-23)}{(273+27)-(273-23)} = \frac{250}{300-250} = \frac{250}{20} = 5$

32. (a) $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = \frac{(273+727)-(273+227)}{273+727} = \frac{1000-500}{1000} = \frac{1}{2}$

33. (c) $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = \frac{W}{Q} \Rightarrow W = \frac{Q(T_1 - T_2)}{T_1}$

$= \frac{6\times10^4[(227+273)-(273+127)]}{(227+273)}$

$= \frac{6\times10^4 \times 100}{500} = 1.2\times10^4\,cal$

34. (d) किसी आदर्श गैस का समतापीय प्रसार या समतापी संपीड़न एक उत्क्रमणीय प्रक्रिया है, जबकि अन्य दी गई प्रक्रियाएं प्रकृति में अनुत्क्रमणीय हैं।

Critical Thinking Questions

1. (d) दी गई ऊष्मा का वह भाग जो गैस की आन्तरिक ऊर्जा बढ़ाता है $f = \frac{\Delta U}{(\Delta Q)_P} = \frac{(\Delta Q)_V}{(\Delta Q)_P} = \frac{\mu C_V \Delta T}{\mu C_P \Delta T} = \frac{1}{\gamma}$

द्विपरमाणुक गैस के लिए $\gamma = \frac{7}{5} \Rightarrow f = \frac{5}{7}$

2. (c) $\Delta Q = \Delta U + \Delta W$

$\therefore \Delta U = \Delta Q - \Delta W = 540 - \frac{P(V_2/V_1)}{J}$

$= 540 - \frac{1.013\times10^5 \times [(1671-1)\times10^{-6}]}{4.2}$

$= 540 - 39.7 = 500$ *calories*

3. (b,c) $273K$ बर्फ की सिल्ली (Slab) के पिघलने पर आयतन घटता है। अतः (बर्फ + जल) निकाय द्वारा वायुमण्डल पर ऋणात्मक कार्य किया जाता है। दूसरे शब्दों में वायुमण्डल द्वारा (बर्फ + जल) निकाय पर धनात्मक कार्य किया जाता है। अतः विकल्प (b) सही है। साथ ही पिघलने के दौरान ऊष्मा अवशोषित होती है (अर्थात् ΔQ धनात्मक है) एवं (बर्फ + जल) निकाय द्वारा किया गया कार्य ऋणात्मक है (ΔW ऋणात्मक है)। इसलिए ऊष्मागतिकी के प्रथम नियम से, $\Delta U = \Delta Q - \Delta W$ (जल + बर्फ) निकाय की आन्तरिक ऊर्जा में परिवर्तन ΔU धनात्मक है, अर्थात् आन्तरिक ऊर्जा बढ़ती है।

4. (c) समतापी प्रक्रम में T = नियतांक

$\left(P \propto \frac{1}{V}\right)$ आयतन बढ़ रहा है इसलिए दाब घट जाएगा।

प्रकोष्ठ A में

$\Delta P = P_i - P_f = \frac{\mu_A RT}{V} - \frac{\mu_A RT}{2V} = \frac{\mu_A RT}{2V}$ .....(i)

प्रकोष्ठ B में

$1.5\Delta P = P_i - P_f = \frac{\mu_B RT}{V} - \frac{\mu_B RT}{2V} = \frac{\mu_B RT}{2V}$ .....(ii)

समीकरण (i) व (ii) से $\frac{\mu_A}{\mu_B} = \frac{1}{1.5} = \frac{2}{3}$

$\Rightarrow \frac{m_A/M}{m_B/M} = \frac{2}{3} \Rightarrow 3m_A = 2m_B$.

5. (d) $T_1V_1^{\gamma-1} = T_2V_2^{\gamma-1} \Rightarrow \frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\gamma-1} = \left(\frac{L_2A}{L_1A}\right)^{\frac{5}{3}-1} = \left(\frac{L_2}{L_1}\right)^{\frac{2}{3}}$

6. (d) बॉयल नियम से, $\frac{V}{T}$ = नियतांक

$\Rightarrow \frac{\frac{l}{2}+5}{373} = \frac{\frac{l}{2}-5}{273}$

चूँकि पिस्टन 5 *cm* विस्थापित होता है, अतः एक ओर की लम्बाई $\left(\frac{l}{2}+5\right)$ एवं दूसरी ओर की लम्बाई $\left(\frac{l}{2}-5\right)$ होगी। उपरोक्त समीकरण को हल करने पर हमें l = 64.6 *cm* प्राप्त होता है।

7. (c) $\Delta Q = \Delta U + \Delta W \Rightarrow \Delta W = (\Delta Q)_P - \Delta U = (\Delta Q)_P\left[1 - \frac{(\Delta Q)_V}{(\Delta Q)_P}\right]$

$= (\Delta Q)_P\left[1 - \frac{C_V}{C_P}\right] = Q = \left[1 - \frac{3}{5}\right] = \frac{2}{5}Q$

$\because (\Delta Q)_P = Q$ एवं $\gamma = \frac{5}{3}$ एक-परमाणुक गैस के लिए

8. (d) ऑक्सीजन द्विपरमाणुक गैस है अतः इसके दो मोलों की आन्तरिक ऊर्जा $= 2 \times \frac{5}{2}RT = 5RT$

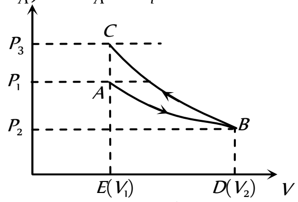
आर्गन एकपरमाणुक गैस है, अतः इसके 4 मोलों की आंतरिक ऊर्जा $= 4 \times \frac{3}{2}RT = 6RT$

कुल आन्तरिक ऊर्जा $= (6+5)RT = 11RT$

9. (c) ग्राफ से स्पष्ट है, कि $P_3 > P_1$

चूँकि रुद्धोष्म प्रक्रम (*BCED*) में घिरा क्षेत्रफल समतापी प्रक्रम में घिरे क्षेत्रफल (*ABDE*) से अधिक है। अतः कुल कार्य

$W = W_i + (-W_A) \;\; \because W_A > W_i \;\; \Rightarrow \;\; W < 0$



10. (a) दिये गये वाण्डरवाल समीकरण से,

$P = \frac{nRT}{V - n\beta} - \frac{\alpha n^2}{V^2}$ (यहाँ n = मोलों की संख्या)

किया गया कार्य

$W = \int_{V_1}^{V_2} PdV = nRT\int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V - n\beta} - \alpha n^2 \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V^2}$

$= nRT\left[\log_e(V - n\beta)\right]_{V_1}^{V_2} + \alpha n^2\left[\frac{1}{V}\right]_{V_1}^{V_2}$

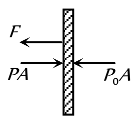
$= nRT\log_e\frac{V_2 - n\beta}{V_1 - n\beta} + \alpha n^2\left(\frac{V_1 - V_2}{V_1V_2}\right)$

11. (b) गैस का आयतन नियत है, V = नियतांक $\Rightarrow P \propto T$

अर्थात् यदि ताप को दो गुना कर दिया जाये, तब दाब भी दोगुना हो जाएगा

$\therefore P = 2P_0$

माना तार में तनाव F है, तब किसी एक पिस्टन के सन्तुलन पर विचार करने पर



$F = (P - P_0)A = (2P_0 - P_0)A = P_0A$

12. (c) $dU = C_VdT = \left(\frac{5}{2}R\right)dT$ या $dT = \frac{2(dU)}{5R}$ .....(i)

ऊष्मागतिकी के प्रथम नियम से,

$dU = dQ - dW = Q - \frac{Q}{4} = \frac{3Q}{4}$ अब मोलर ऊष्मीयधारिता

$C = \frac{dQ}{dT} = \frac{Q}{\frac{2(dU)}{5R}} = \frac{5RQ}{2\left(\frac{3Q}{4}\right)} = \frac{10}{3}R$

13. (b) $Q = \Delta U = U_f - U_i$ = [एकपरमाणुक गैस के 4 मोल की आन्तरिक ऊर्जा + द्विपरमाणुक गैस के 2 मोल की आन्तरिक ऊर्जा] – [द्विपरमाणुक गैस के 4 मोल की आन्तरिक ऊर्जा]

$= \left(4 \times \frac{3}{2}RT + 2 \times \frac{5}{2}RT\right) - \left(4 \times \frac{5}{2}RT\right) = RT$

Note : (a) जब गैस परमाणुओं में टूट जाती है, तब द्विपरमाणुक गैस के 2 मोल, एकपरमाणुक गैस के 4 मोल के तुल्य होंगे।

(b) एक आदर्श गैस के μ मोलों की आन्तरिक ऊर्जा $U = \frac{f}{2}\mu RT$, यहाँ F = गैस की स्वतंत्रता कोटि है, एकपरमाणुक गैस के लिए F = 3 एवं द्विपरमाणुक गैस के लिए F = 5

14. (c) $PV^\gamma = K$ या $P\gamma V^{\gamma-1}dV + dP.\, V^\gamma = 0$

या $\frac{dP}{P} = -\gamma\frac{dV}{V}$ या $\frac{dP}{P} \times 100 = -\gamma\left(\frac{dV}{V} \times 100\right)$

$= -1.4 \times 5 = 7\%$

15. (a) $TV^{\gamma-1}$ = नियतांक

$\therefore \frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\gamma-1}$ या $\left(\frac{1}{2}\right)^{\gamma-1} = \sqrt{\frac{1}{2}}$

$\therefore \gamma - 1 = \frac{1}{2}$ या $\gamma = \frac{3}{2}$ $\qquad \therefore PV^{3/2}$ = नियतांक

16. (c) $\eta_A = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = \frac{W_A}{Q_1} \Rightarrow \eta_B = \frac{T_2 - T_3}{T_2} = \frac{W_B}{Q_2}$

$\therefore \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{T_1}{T_2} \times \frac{T_2 - T_3}{T_1 - T_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad \therefore W_A = W_B$

$\therefore T_2 = \frac{T_1 + T_3}{2} = \frac{800 + 300}{2} = 550\,K$

17. (b) एकपरमाणुक गैस के लिए

$\gamma = \frac{C_P}{C_V} = \frac{5}{3}$ हम जानते हैं कि $\Delta Q = \mu C_P \Delta T$

एवं $\Delta U = \mu C_V \Delta T \Rightarrow \frac{\Delta U}{\Delta Q} = \frac{C_V}{C_P} = \frac{3}{5}$

अर्थात् ऊष्मा का 3/5 भाग आन्तरिक ऊर्जा बढ़ाने में प्रयुक्त होता है।

18. (a) $\Delta Q = \Delta U + \Delta W \Rightarrow \frac{\Delta W}{\Delta Q} = 1 - \frac{\Delta U}{\Delta Q} = 1 - \frac{\mu C_V dT}{\mu C_P dT}$

$\Rightarrow \frac{\Delta W}{\Delta Q} = 1 - \frac{C_V}{C_P} = 1 - \frac{3}{5} = \frac{2}{5} = 0.4$

19. (b) $\Delta U = \mu C_V \Delta T = \frac{m}{M}C_V\Delta T = \frac{N}{N_A}C_V\Delta T$

$\Rightarrow (\Delta U)_N = \frac{56 \times 10^3}{14} \times \frac{5}{2}R \times 300$

एवं $(\Delta U)_A = \frac{6 \times 10^{26}}{6 \times 10^{23}} \times \frac{3}{2}R \times 900 \Rightarrow (\Delta U)_N > (\Delta U)_A$

20. (c) A को समतापीय रूप से संपीड़ित किया जाता है। अतः

$P_1V = P_2\frac{V}{2} \Rightarrow P_2 = 2P_1$

एवं B को रुद्धोष्म रूप से संपीड़ित किया जाता है, अतः

$P_1V^\gamma = P_2\left(\frac{V}{2}\right)^\gamma \Rightarrow P_2 = (2)^\gamma P_1$

चूँकि $\gamma > 1$, अतः $P_2' > P_2$ या $P_2 < P_2'$

21. (b) समतापीय प्रक्रम में, $P_1V_1 = P_2V_2$

या $PV = P_2 \times 4V \qquad \therefore\ P_2 = \frac{P}{4}$

रुद्धोष्म प्रक्रम में,

$P_2V_2^{\gamma} = P_3V_3^{\gamma} \Rightarrow \frac{P}{4}\times(4V)^{1.5} = P_2V^{1.5} \Rightarrow P_3 = 2P$

22. (d) आदर्श गैस का आयतन नियत है, इसलिए $W = P.\Delta V = 0$, ऊष्मागतिकी के प्रथम नियम से, $\Delta Q = \Delta U$

$\Rightarrow \Delta U = i^2Rt = 1^2\times 100\times 5\times 60 = 30\times 10^3 = 30\,KJ$

23. (d) प्रारम्भ में, $\eta = \left(1-\frac{T_2}{T_1}\right) = \frac{W}{Q} = \frac{1}{6}$ ....(i)

अन्ततः $\eta' = \left(1-\frac{T_2'}{T_1}\right) = \left(1-\frac{(T_2-62)}{T_1}\right) = 1-\frac{T_2}{T_1}+\frac{62}{T_1}$

$= \eta + \frac{62}{T_1}$ ....(ii)

दिया है $\eta' = 2\eta$ अतः समीकरण (i) व (ii) को हल करने पर

$\Rightarrow T_1 = 372\ K = 99°C$ एवं $T_2 = 310\,K = 37°C$

24. (b) निवेशित ऊर्जा $= \frac{1gm}{\sec}\times\frac{2kcal}{gm} = 2kcal/\sec$.

निर्गत ऊर्जा $= 10\ KW = 10\ K\ J/S\ = \frac{10}{4.2}kcal/\sec$.

$\Rightarrow \eta = \frac{\text{निर्गत ऊर्जा}}{\text{निवेशित ऊर्जा}} = \frac{10}{4.2\times 2} > 1$, यह सम्भव नहीं है।

25. (b) बर्फ की एण्ट्रॉपी में वृद्धि

$S_1 = \frac{\Delta Q}{T} = \frac{mL}{T} = \frac{80\times 100}{(0+273)} = \frac{8\times 10^3}{273}cal/K$

जल की एण्ट्रॉपी में कमी $= S_2 = -\frac{\Delta Q}{T} = -\frac{mL}{T}$

$= \frac{80\times 100}{(273+50)} = \frac{8\times 10^3}{323}cal/K$

कुल एण्ट्रॉपी परिवर्तन

$S_1 + S_2 = \frac{8\times 10^3}{273} - \frac{8\times 10^3}{323} = +4.5\ cal/K$

26. (b) $PV^2 =$ नियतांक, यह रुद्धोष्म समीकरण है, इसलिए आदर्श गैस के प्रसार में आन्तरिक ऊर्जा घटती है, एवं ताप गिरता है।

27. (d) प्रारम्भ में $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \Rightarrow 0.5 = \frac{T_1-(273+7)}{T_1}$

$\Rightarrow \quad \frac{1}{2} = \frac{T_1 - 280}{T_1} \Rightarrow T_1 = 560\,K$

अंततः $\eta_1' = \frac{T_1' - T_2}{T_1'} \Rightarrow 0.7 = \frac{T_1'-(273+7)}{T_1'} \Rightarrow T_1' = 933\,K$

$\therefore$ ताप में वृद्धि $= 933 - 560 = 373\,K \approx 380\,K$

28. (c) गैस का P-V वक्र एक सरल रेखा है, जो मूल बिन्दु से गुजरती है, अतः $P \propto V$ या PV^{-1} = नियतांक

$PV^x =$ नियतांक, प्रक्रम में मोलर ऊष्मीय धारिता

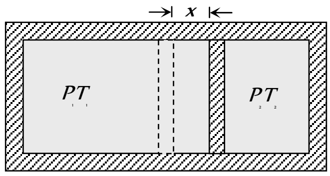
$C = \frac{R}{\gamma-1} + \frac{R}{1-x}$; यहाँ $\gamma = 1.4$ (द्विपरमाणुक गैस)

$\Rightarrow C = \frac{R}{1.4-1} + \frac{R}{1+1} \Rightarrow C = 3R$

29. (c) अंततः पिस्टन साम्यावस्था में है इसलिए दोनों गैसों के दाब समान (P) होने चाहिए। यह दिया है अन्तिम अवस्था में आने में पिस्टन का विस्थापन x है यदि पिस्टन का क्षेत्रफल A माने तब अन्त में बाँये भाग एवं दाँये भाग के आयतन चित्रानुसार निम्न हैं

$V_L = \frac{V_0}{2} + Ax$ एवं

$V_R = \frac{V_0}{2} - Ax$



जैसा कि दिया गया है पात्र की दीवारें एवं पिस्टन पूर्णतः कुचालक है, अतः (चित्र से) बाँये भाग में गैस का रुद्धोष्म प्रसार होगा, एवं दाँये भाग में रुद्धोष्म संपीड़न होगा। तब बाँये भाग में रुद्धोष्म नियम से,

$P_1\left(\frac{V_0}{2}\right)^{\gamma} = P_f\left(\frac{V_0}{2}+Ax\right)^{\gamma}$ .....(i)

एवं दाँये भाग में रुद्धोष्म नियम से

$P_2\left(\frac{V_0}{2}\right)^{\gamma} = P_f\left(\frac{V_0}{2}-Ax\right)^{\gamma}$ .....(ii)

समीकरण (i) व (ii) से

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{\left(\frac{V_0}{2}+Ax\right)^{\gamma}}{\left(\frac{V_0}{2}-Ax\right)^{\gamma}} \Rightarrow Ax = \frac{V_0}{2}\left[\frac{P_1^{1/\gamma}-P_2^{1/\gamma}}{P_1^{1/\gamma}+P_2^{1/\gamma}}\right]$$

अब समीकरण (i) से $P_f = \frac{P_1\left(\frac{V_0}{2}\right)^{\gamma}}{\left[\frac{V_0}{2}+Ax\right]^{\gamma}}$

30. (d) दोनों सिलिण्डरों A व B में गैस द्विपरमाणुक ($\gamma = 1.4$) है। पिस्टन A गति करने के लिए स्वतंत्र है अतः A में समदाबी प्रक्रिया होगी। पिस्टन B स्थिर है, अतः इसमें सम आयतनिक प्रक्रिया होगी। यदि दोनों को समान ऊष्मा दी जाये, तब

$(\Delta Q)_{\text{समदाबी}} = (\Delta Q)_{\text{समआयतनिक}} \Rightarrow \mu C_P(\Delta T)_A = \mu C_V(\Delta T)_B$

$\Rightarrow (\Delta T)_B = \frac{C_P}{C_V}(\Delta T)_A = \gamma(\Delta T)_A = 1.4\times 30 = 42\,K.$

ग्राफीय प्रश्न

1. (c) चूँकि आन्तरिक ऊर्जा बिन्दु फलन है, इसलिए आन्तरिक ऊर्जा में परिवर्तन प्रक्रम के पथ पर निर्भर नहीं करता है अर्थात् $\Delta U_{\text{I}} = \Delta U_{\text{II}}$

2. (b) निकाय द्वारा किया गया कार्य = P-V वक्र में छायांकित क्षेत्रफल

$= (300-100)10^{-6}\times(200-10)\times 10^3 = 20\ J$

3. (a) किया गया कार्य = त्रिभुज ABC का क्षेत्रफल

$= \frac{1}{2}AC\times BC = \frac{1}{2}\times(3V-V)\times(3P-P) = 2\,PV$

4. (c) a व f के बीच घिरा क्षेत्रफल अधिकतम है। अतः किया गया कार्य a व f चक्र के लिए अधिकतम होगा।

5. (a) सभी प्रक्रमों में प्रारम्भिक एवं अन्तिम अवस्थाएँ समान है,

अतः $\Delta U = 0$; प्रत्येक स्थिति में,

ऊष्मागतिकी के प्रथम नियम से, $\Delta Q = \Delta W =$ वक्र द्वारा आयतन अक्ष से घेरा गया क्षेत्रफल

$\because$ (क्षेत्रफल)$_1 <$ (क्षेत्रफल)$_2 <$ (क्षेत्रफल)$_3 \Rightarrow Q_1 < Q_2 < Q_3$

6. (a) समतापी प्रक्रम में $PV =$ नियतांक

$$\Rightarrow PdV + VdP = 0 \Rightarrow -\frac{1}{V}\left(\frac{dV}{dP}\right) = \frac{1}{P}$$

इसलिए $\beta = \frac{1}{P}$ इसलिए ग्राफ आयताकार अतिपरवलय होगा।

7. (a) दिये गये ग्राफ से, $W_{AB} = 0$ एवं

$$W_{BC} = 8 \times 10^4 [5-2] \times 10^{-3} = 240\ J$$

$$\therefore W_{AC} = W_{AB} + W_{BC} = 0 + 240 = 240\ J$$

अब $\Delta Q_{AC} = \Delta Q_{AB} + \Delta Q_{BC} = 600 + 200 = 800\ J$

ऊष्मागतिकी के प्रथम नियम से, $\Delta Q_{AC} = \Delta U_{AC} + \Delta W_{AC}$

$$\Rightarrow 800 = \Delta U_{AC} + 240 \Rightarrow \Delta U_{AC} = 560\ J$$

8. (b) रुद्धोष्म प्रक्रम में, PV-वक्र की ढाल

$$\frac{dP}{dV} = -\gamma \frac{P}{V} \Rightarrow |\text{ढाल}| \propto \gamma$$

दिये गये ग्राफ से (ढाल)$_2 >$ (ढाल)$_1 \Rightarrow \gamma_2 > \gamma_1$

इसलिए वक्र (1), O_2 ($\gamma = 1.4$) के संगत एवं वक्र (2), He (γ=1.66) के संगत है।

9. (c) जैसा कि हम जानते हैं, समतापीय एवं रुद्धोष्म वक्रों की ढाल सदैव ऋणात्मक होती है। एवं रुद्धोष्म वक्र की ढाल सदैव समतापी वक्र की ढाल से अधिक होती है। अतः वक्र A एवं B क्रमशः रुद्धोष्म एवं समतापीय परिवर्तनों को व्यक्त करते हैं।

10. (d) प्रक्रम CD समआयतनिक है क्योंकि आयतन नियत है, प्रक्रम DA समतापीय है क्योंकि ताप नियत है एवं प्रक्रम AB समदाबीय है, क्योंकि दाब नियत है।

11. (d) दी गई ऊष्मा $\Delta Q = 20\ cal = 20 \times 4.2 = 84\ J$.

किया गया कार्य $\Delta W = -50\ J$ [क्योंकि प्रक्रम की दिशा वामावर्त है]

ऊष्मागतिकी के प्रथम नियम से,

$$\Rightarrow \Delta U = \Delta Q - \Delta W = 84 - (-50) = 134\ J$$

12. (a) चक्रीय प्रक्रम में किया गया कुल कार्य $= W_{AB} + W_{BC} + W_{CA}$

$\Delta W_{AB} = P\Delta V = 10(2-1) = 10 J$ एवं $\Delta W_{BC} = 0$

(चूँकि $V =$ नियतांक)

ऊष्मागतिकी के प्रथम नियम से, $\Delta Q = \Delta U + \Delta W$

$\Delta U = 0$ (प्रक्रम $ABCA$ चक्रीय है)

$\Rightarrow \Delta Q = \Delta W_{AB} + \Delta W_{BC} + \Delta W_{CA}$

$\Rightarrow 5 = 10 + 0 + \Delta W_{CA} \Rightarrow \Delta W_{CA} = -5\ J$

13. (b) चक्रीय प्रक्रम 1 दक्षिणावर्ती है एवं प्रक्रम 2 वामावर्ती है दक्षिणावर्ती क्षेत्रफल धनात्मक कार्य एवं वामावर्ती क्षेत्रफल ऋणात्मक कार्य को प्रदर्शित करते है। चूँकि ऋणात्मक क्षेत्रफल (2) > धनात्मक क्षेत्रफल (1), अतः कुल किया गया कार्य ऋणात्मक होगा।

14. (c) प्रक्रम AB समआयतनिक है $\therefore W_{AB} = P\,\Delta V = 0$

प्रक्रम BC समतापी है $\therefore W_{BC} = RT_2 . \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$

प्रक्रम CA चक्रीय है

$$\therefore W_{CA} = -P\Delta V = -R\Delta T = -R(T_1 - T_2) = R(T_2 - T_1)$$

(ऋणात्मक चिन्ह संपीड़न प्रदर्शित करते हैं)

15. (a) AB समदाबी, BC समतापी, CD समआयतनिक एवं DA समतापी प्रक्रम है। ये प्रक्रम ग्राफ (a) द्वारा सही रूप से प्रदर्शित होते हैं।

16. (c) गैस द्वारा किया गया कार्य (चूँकि चक्रीय प्रक्रम दक्षिणावर्ती है) $\therefore \Delta W =$ क्षेत्रफल $ABCD$

ऊष्मागतिकी के प्रथम नियम से, ΔQ (कुल ऊष्मा अवशोषित) = $\Delta W =$ क्षेत्रफल $ABCD$

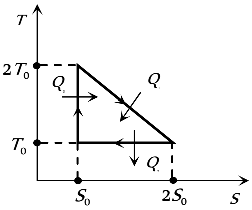
चूँकि चक्रीय प्रक्रम में $\Delta U = 0$.

17. (a) $Q_1 = T_0 S_0 + \frac{1}{2} T_0 S_0 = \frac{3}{2} T_0 S_0$

$Q_2 = T_0 S_0$ एवं $Q_3 = 0$

$$\eta = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$$

$$= 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{2}{3} = \frac{1}{3}$$



18. (a) किया गया कार्य = PV वक्र का क्षेत्रफल

$= (2V - V) \times (2P - P) = PV$

19. (c) दिये गये VT वक्र से, प्रक्रम AB में, $V \propto T \Rightarrow$ दाब नियत है (चूँकि गैस का द्रव्यमान नियत है)

प्रक्रम BC में, $V =$ नियतांक एवं प्रक्रम CA में

$T =$ नियतांक

$\therefore$ ये प्रक्रम ग्राफ (c) द्वारा PV वक्र पर सही रूप से दर्शायी गई है।

20. (d) $\Delta Q = \Delta U + \Delta W$; ΔU पथ पर निर्भर नहीं करती है,

$\because \Delta W_A > \Delta W_B \Rightarrow \Delta Q_A > \Delta Q_B$

21. (d) किया गया कार्य = वक्र एवं आयतन अक्ष के बीच घिरा क्षेत्रफल

$= \frac{6P_1 \times 3V_1}{2} = 9\,P_1V_1$

22. (d) किया गया कार्य $= \frac{1}{2} \times 2P_1 \times 2V_1 = 2P_1V_1$

23. (c) चक्रीय प्रक्रम में, $\Delta U = 0$

ऊष्मागतिकी के प्रथम नियम से, $\Delta Q = \Delta U + \Delta W = 0 + \Delta W =$ बन्द वक्र का क्षेत्रफल $\Rightarrow \Delta Q = \pi r$

$$\pi\left(\frac{20}{2}\right)^2 kP_a \times litre = 100\,\pi \times 10^3 \times 10^{-3} J = 100\,\pi J$$

24. (c) चक्रीय प्रक्रम में किया गया कार्य बन्द PV वक्र के क्षेत्रफल के तुल्य होता है।

25. (d) सभी दिये गये प्रकरणों में, प्रक्रम चक्रीय है। एवं चक्रीय प्रक्रम में $\Delta U = 0$

26. (b) चक्रीय प्रक्रम में ΔQ = किया गया कार्य = बन्द वक्र का क्षेत्रफल दिये गये वक्र को दीर्घवृत्त मानते हुए इसका क्षेत्रफल

$$= \frac{\pi}{4}(P_2 - P_1)(V_2 - V_1)$$

$$\Rightarrow \Delta Q = \frac{\pi}{4}\{(150 - 50) \times 10^3\} = \frac{\pi}{2} J$$

27. (d) W_{BCO} = – त्रिभुज BCO का क्षेत्रफल $= -\frac{P_0 V_0}{2}$

W_{AOD} = + त्रिभुज AOD का क्षेत्रफल $= +\frac{P_0 V_0}{2}$

28. (c) AD एवं BC रुद्धोष्म प्रक्रम को प्रदर्शित करते हैं (अधिक प्रवणता) AB एवं DC समतापी प्रक्रम को प्रदर्शित करते हैं (कम प्रवणता)

29. (c) किया गया कार्य = बन्द वक्र का क्षेत्रफल

$$= 2V \times 2P = 4PV$$

30. (c) किया गया कार्य = PV वक्र (समलम्ब चतुर्भुज) का क्षेत्रफल

$$= \frac{1}{2}(1 \times 10^5 + 5 \times 10^5) \times (5 - 1) = 12 \times 10^5 J$$

31. (d) पथ ab : $(\Delta U)_{ab} = 7000 \ J$, $\Delta U = \mu C_V \Delta T$ से

$7000 = \mu \times \frac{5}{2} R \times 700 \Rightarrow \mu = 0.48$

पथ ca : $(\Delta Q)_{ca} = (\Delta U)_{ca} + (\Delta W)_{ca}$ ....(i)

$\because (\Delta U)_{ab} + (\Delta U)_{bc} + (\Delta U)_{ca} = 0$

$\therefore 7000 + 0 + (\Delta U)_{ca} = 0 \Rightarrow (\Delta U)_{ca} = -7000 \ J$ ....(ii)

एवं $(\Delta W)_{ca} = P_1(V_1 - V_2) = \mu R(T_1 - T_2)$

$= 0.48 \times 8.31 \times (300 - 1000) = -2792.16 \ J$ ....(iii)

समीकरण (i) (ii) एवं (iii) को हल करने पर $(\Delta Q)_{ca} = -7000 - 2792.16 = -9792.16 \ J = -9800 \ J$

32. (b) किया गया कार्य = सूचक आरेख का क्षेत्रफल

$$= \frac{1}{2} \times (3V - V)(4P - P) = 3PV$$

33. (d) दोनो पथों के लिए ΔU समान रहेगा,

पथ iaf के लिए : $\Delta U = \Delta Q - \Delta W = 50 - 20 = 30 \, J$

पथ fi के लिए : $\Delta U = -30 \ J$ and $\Delta W = -13 \, J$

$\Rightarrow \Delta Q = -30 - 13 = -43 \ J$

34. (a) $\Delta E_{\text{आंतरिक}} = 0$ पूर्ण चक्र के लिए किया गया कार्य ऋणात्मक है, इसलिए ऊष्मागतिकी के प्रथम नियम से, Q ऋणात्मक होगा अर्थात् $Q < 0$

35. (d) किया गया कार्य = सूचक आरेख एवं आयतन अक्ष के बीच घिरा क्षेत्रफल

$$= \frac{1}{2}(3V - V)(2P - P) = PV$$

36. (d) W = सूचक आरेख एवं आयतन अक्ष के बीच घिरा क्षेत्रफल

$$= \frac{1}{2}(P_A + P_B)(V_B - V_A)$$

37. (a) दी गई ऊष्मा ΔQ = 40 J एवं किया गया कार्य ΔW = 30 J

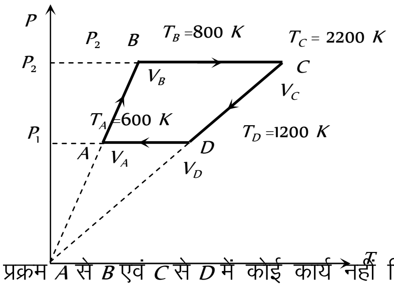
$\Rightarrow \Delta U = \Delta Q - \Delta W$ = 40 – 30 = 10 J

38. (a) चूँकि आयतन लगातार बढ़ रहा है, एवं प्रसार में किया गया कार्य सदैव धनात्मक होता है, अतः निकाय द्वारा किया गया कार्य लगातार बढ़ता है।

39. (c) प्रक्रम A से B एवं C से D, तक सरल रेखा $y = mx$ के भाग है

एवं $P = \frac{\mu R}{V} T \quad (\mu = 6)$

$\Rightarrow P \propto T$ इसलिए ग्राफ AB एवं CD के लिए आयतन नियत हैं



इसलिए प्रक्रम A से B एवं C से D में कोई कार्य नहीं किया जाएगा अर्थात् $W_{AB} = W_{CD} = 0$ एवं $W_{BC} = P_2(V_C - V_B) = \mu R\,(T_C - T_B)$

$= 6R\,(2200 - 800) = 6R \times 1400 \ J$

एवं $W_{DA} = P_1\,(V_A - V_D) = \mu R(T_A - T_B)$

$= 6R\,(600 - 1200) = -6R \times 600 \ J$

अतः पूर्ण चक्र में किया गया कार्य

$W = W_{AB} + W_{BC} + W_{CD} + W_{DA}$

$= 0 + 6R \times 1400 + 0 - 6R \times 600$

$= 6R \times 900 = 6 \times 8.3 \times 800 \approx 40 \ kJ$

40. (b) समतापीय प्रक्रम में, $P \propto \frac{1}{V}$.

अतः P एवं V के बीच ग्राफ अति परवलय होगा।

41. (d) रुद्धोष्म वक्र, समतापी वक्र से अधिक ढाल वाले होते हैं।

42. (d) प्रक्रम A से B तक दाब एवं आयतन दोनों घट रहे हैं। इसलिए गैस का ताप एवं आन्तरिक ऊर्जा घटेगी ($T \propto PV$) अर्थात् $\Delta U_{A \to B}$ = ऋणात्मक साथ ही $\Delta W_{A \to B}$ भी ऋणात्मक हैं क्योंकि गैस का आयतन घट रहा है। इस प्रसार $\Delta Q_{A \to B}$ ऋणात्मक है।

प्रक्रम B से C तक गैस का दाब नियत है जबकि आयतन बढ़ रहा है। अतः ताप बढ़ना चाहिए, अर्थात् $\Delta U_{B \to C}$ = धनात्मक C से A तक आयतन नियत है, जबकि दाब बढ़ रहा है। इसलिए गैस का ताप एवं आन्तरिक ऊर्जा बढ़नी चाहिए अर्थात् $\Delta U_{C \to A}$ = धनात्मक प्रक्रम CAB के दौरान गैस का आयतन घट रहा है, अतः गैस द्वारा किया गया कार्य ऋणात्मक है।

43. (a) $\Delta W_{AB} = 0$, V = नियतांक

$\therefore \Delta Q_{AB} = \Delta U_{AB} = 50 \, J$ (दिया है)

$U_A = 1500 \ J \ \therefore U_B = (1500 + 50)J = 1550 \ J$

$\Delta W_{BC} = -\Delta U_{BC} = -40 \, J$ (दिया है)

$\therefore \Delta U_{BC} = 40 \, J \ \therefore U_C = (1550 + 40)J = 1590 \ J$

44. (a) रुद्धोष्म प्रक्रम में $T_1 V_b^{\gamma - 1}$ = नियतांक

bc वक्र के लिए $T_1 V_b^{\gamma-1} = T_2 V_c^{\gamma-1}$ या $\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_b}{V_c}\right)^{\gamma - 1}$ ...(i)

ad वक्र के लिए $T_1V_a^{\gamma-1} = T_2V_d^{\gamma-1}$ या $\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_a}{V_d}\right)^{\gamma-1}$ ... (ii)

समीकरण (i) व (ii) से $\frac{V_b}{V_c} = \frac{V_a}{V_d}$

प्रक्कथन एवं कारण

1. (a) एक पूर्णतः उत्क्रमणीय निकाय में कोई ऊर्जा हानि नहीं होती है। हानियों को कम किया जा सकता है, घर्षण को कम किया जा सकता है L-C दोलन परिपथ में प्रतिरोध को कम किया जा सकता है। परंतु कोई भी पूर्णतः ऊर्जा हानि को खत्म नहीं कर सकता है। अतः हम कह सकते हैं, कि पूर्णतः उत्क्रमणीय निकाय एक आदर्श परिकल्पना है।

2. (a) रुद्धोष्म प्रसार के कारण ताप गिरता एवं ठंडक उत्पन्न होती है।

3. (a) एक उत्क्रमणीय प्रक्रम में सदैव ऊर्जा की हानि होती है। इसका कारण यह है कि क्षयकारी बलों के विरुद्ध किये गये कार्य में व्यय ऊर्जा पुनः प्राप्त नही होती है। प्रकृति में कुछ अनुत्क्रमणीय प्रक्रियाएं जैसे घर्षण होती है, इनके विरूद्ध कार्य करने में ऊर्जा व्यय होती है। नमक जल में घुल जाता है, परन्तु नमक अपने आप शुद्व नमक एवं जल में अलग–अलग नहीं हो पाता है।

4. (a) जब कार्बनीकृत ठंडे पेय पदार्थ की बोतल को खोला जाता है, तो इसके मुँह पर कुछ झाग उत्पन्न हो जाता है। ऐसा गैस के रुद्धोष्म प्रसार के कारण होता है। रुद्धोष्म प्रसार से ताप गिरता है, एवं जल वाष्प संघनित हो जाती है।

5. (e) प्रत्येक समतापीय वक्र का एक निश्चित ताप होता है, इसलिए दो समतापीय वक्र परस्पर काट नहीं सकते हैं। यदि दो समतापीय वक्र किसी बिन्दु पर काटते है, तो उस बिन्दु के संगत दो ताप होंगे जो कि असम्भव है।

6. (d) रुद्धोष्म संपीड़न की प्रक्रिया बहुत तेजी से सम्पन्न होती है, एवं गैस की आन्तरिक ऊर्जा एवं ताप दोनों बढ़ते हैं।

7. (e) चूँकि समतापीय परिवर्तन में निकाय की आन्तरिक ऊर्जा नियत रहती है। अतः गैस द्वारा ली गई समस्त ऊष्मा बाह्य दाब के विरुद्ध कार्य करने में प्रयुक्त होती है एवं ऊष्मागतिकी के प्रथम नियम से, $\Delta Q = \Delta U + P\Delta V$ अतः $\Delta Q = \Delta U = P\Delta V$

8. (d) हम बिना ऊष्मा लिए या दिए भी एक वस्तु का ताप परिवर्तित कर सकते हैं। उदाहरण के लिए रुद्धोष्म संपीड़न में ताप बढ़ता है एवं रुद्धोष्म प्रसार में ताप गिरता है, जबकि इन परिवर्तनों के दौरान निकाय से कोई ऊष्मा ली या दी नहीं जाती है।

9. (a) $c = \frac{Q}{m.\Delta\theta}$; एक गैस पर दाब आरोपित करके इसे गर्म किया जा सकता है, इसलिए इसकी विशिष्ट ऊष्मा C का मान 0 से ∞ हो सकता है C_P एवं C_V गैस की दो मुख्य विशिष्ट ऊष्मायें है। रुद्धोष्म प्रक्रम में $C = 0$ एवं समतापीय प्रक्रम में $C = \infty$

10. (a) ऊष्मा एवं कार्य इस दृष्टि से समतुल्य हैं कि दोनों ऊर्जा स्थानान्तरण के तरीकों को अभिव्यक्त करते हैं न तो ऊष्मा और न ही कार्य निकाय का आंतरिक गुण है अर्थात् हम ऐसा नहीं कह सकते कि निकाय में एक निश्चित मात्रा में ऊष्मा या कार्य है।

11. (d) ऊष्मागतिकी के प्रथम नियम से, $\Delta Q = \Delta U + \Delta W = \Delta U + P\Delta V$ यदि निकाय को ऊष्मा इस प्रकार दी जाती है कि आयतन नियत रहता है, $\Delta V = 0$ अर्थात् सम आयतनिक प्रक्रम, तब दी गई सम्पूर्ण ऊष्मा केवल निकाय की आन्तरिक ऊर्जा बढ़ाने के काम आती है। परन्तु अन्य प्रकृमों में ऐसा सम्भव नहीं है। साथ ही जब तापीय साम्य विस्थापित होता है, तब ऊष्मा छोड़ी या ली जा सकती है।

12. (d) जब रेफ्रिजरेटर का दरवाजा खुला छोड़ दिया जाता है, तब रेफ्रीजरेटर द्वारा छोड़ी गई ऊष्मा इसके द्वारा कमरे से ली गई ऊष्मा से अधिक है (यह अन्तर कम्प्रेशर द्वारा किये गये कार्य के तुल्य होता है)

इसलिए कमरे का ताप बढ़ेगा। ऊष्मागतिकी के द्वितीय नियम से, ठंडी वस्तु से ऊष्मा स्वयं गर्म वस्तु की ओर प्रवाहित नहीं होती है।

13. (a) ऊष्मागतिकी के द्वितीय नियम को रेफ्रीजरेटर के उदाहरण से समझाया जा सकता है, जैसा कि हम जानते हैं, कि रेफ्रीजरेटर में एक बाह्य कारक (कम्प्रेशर) की सहायता से कार्यकारी पदार्थ ठंडी वस्तु से ऊष्मा लेकर एक अपेक्षाकृत गर्म वस्तु को ऊष्मा देता है। रेफ्रीजरेटर (कम्प्रेशर) बिना बाह्य विद्युत सप्लाई के कार्य नहीं कर सकता है।

14. (d) यदि किसी बन्द कमरे में एक पखे को चालू कर दिया जाये, तो पंखे की गति के कारण कमरे की वायु गर्म हो जाएगी, एवं वायु के अणुओं की गति बढ़ जाएगी। वास्तव में हम अपने पसीने के वाष्पीकरण के कारण शीतलता महसूस करते हैं।

15. (c) निकाय की आन्तरिक ऊर्जा केवल ताप पर निर्भर करती है। समतापीय प्रक्रम में ताप नियत रहता है इसलिए आन्तरिक ऊर्जा नियत रहती है।

16. (c) रुद्धोष्म प्रक्रम में, ऊष्मा का स्थानान्तरण नहीं होता है अर्थात् $\Delta Q = 0 \;\therefore\; \Delta Q = \Delta U + \Delta W = 0 \Rightarrow \Delta U = -\Delta W$

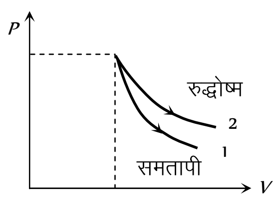
साथ ही रुद्धोष्म प्रक्रम में, गैस का ताप नियत रहता है।

17. (a) एण्ट्रॉपी में परिवर्तन $\Delta S = \frac{\Delta Q}{T}$; रुद्धोष्म परिवर्तन में $\Delta Q = 0$

$\therefore\; \Delta S = 0$ या $S =$ नियतांक अर्थात् रुद्धोष्म प्रक्रम में एण्ट्रॉपी नियत रहती है या रुद्धोष्म प्रक्रम एक सम एण्ट्रॉपी प्रक्रम है।

18. (b) ऊष्मागतिकी प्रक्रम में, किया गया कार्य = P-V वक्र एवं आयतन अक्ष के बीच घिरा क्षेत्रफल

अतः नीचे दिये गये ग्राफ से,



(क्षेत्रफल)$_1$ < (क्षेत्रफल)$_2$ $\Rightarrow W_{\text{रुद्धोष्म}} < W_{\text{समतापी}}$

साथ ही समतापी प्रक्रम में ताप नियत रहता है, परन्तु रुद्धोष्म परिवर्तन में, ताप परिवर्तित होता है।

19. (c) ऊष्मागतिकी का प्रथम नियम, ऊर्जा संरक्षण का पुनर्कथन है, जो कि ऊष्मा ऊर्जा के लिए प्रयुक्त होता है।

20. (e) ऊष्मागतिकी का शून्यवाँ नियम ताप की अवधारणा की व्याख्या करता है। जिसके अनुसार ताप एक अदिश राशि जो सभी ऊष्मागतिक निकायों का गुण है।

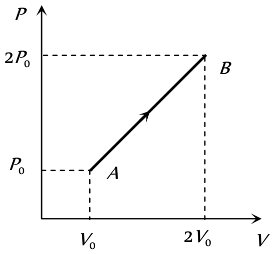
21. (b) कार्नों चक्र की दक्षता $\eta = \frac{W}{Q_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$ कार्नों इंजन में जब T_2 घटता है, तो η बढ़ता है।

22. (a) एण्ट्रॉपी निकाय की अव्यवस्था या यादृच्छिकता का माप है। जितनी अधिक अव्यवस्था होगी उतनी ही अधिक एण्ट्रॉपी होगी।

ऊष्मागतिक प्रक्रम

SET Self Evaluation Test -14

1. एक प्रक्रम $A \to B$ के लिए, 2 ग्राम हीलियम गैस का PV वक्र चित्र में दिखाया गया है। प्रक्रम $A \to B$ में गैस को दी गई ऊष्मा है



(a) $4P_oV_o$

(b) $6P_oV_o$

(c) $4.5P_oV_o$

(d) $2P_oV_o$

2. रुद्धोष्म प्रक्रम में, 273 K ताप पर एक गैस की निश्चित मात्रा अपने प्रारम्भिक आयतन के 81 गुना तक प्रसारित होती है। यदि $\gamma = 1.25$ हो, तब गैस का अंतिम ताप है [Pb. PET 1997]

(a) – 235°C (b) – 182°C

(c) – 91°C (d) 0°C

3. एक रुद्धोष्म प्रक्रम में गैस पर किया गया कार्य 90J है। गैस की आन्तरिक ऊर्जा में परिवर्तन है [CPMT 1996]

(a) – 90 J

(b) +90 J

(c) 0 J

(d) प्रारम्भिक ताप पर निर्भर करता है

4. एक कार्नो इंजन स्रोत ताप 127°C एवं सिंक ताप 87°C के बीच कार्य करता है, इसकी दक्षता है [DCE 1997]

(a) 10% (b) 25%

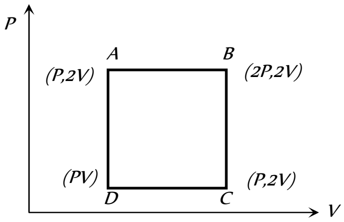
(c) 40% (d) 50%

5. द्वि–परमाणुक गैसों के प्रकरण में नियत दाब पर दी गई ऊष्मा ऊर्जा का वह अंश, जो आयतन प्रसार की क्रिया में कार्य में उपयोग होता है, होगा

(a) $\frac{2}{5}$ (b) $\frac{3}{7}$

(c) $\frac{2}{7}$ (d) $\frac{5}{7}$

6. किसी आदर्श एक परमाणुक गैस को PV चक्र $ABCDA$ से होकर गुजारा जाता है। चक्र में किया गया कार्य है [UPSEAT 1998]



(a) $\frac{1}{2}PV$

(b) $2\ PV$

(c) PV

(d) शून्य

7. एक गैस को रुद्धोष्म प्रकार से संपीड़ित करके इसका तापक्रम दुगना कर दिया जाता है। इसके अंतिम आयतन का प्रारम्भिक आयतन से अनुपात होगा [BHU 1997]

(a) 1/2 (b) 1/2 से अधिक

(c) 1/2 से कम (d) 1 व 2 के मध्य

8. एक टायर में वायु 27^oC ताप एवं 2 वायुमण्डलीय दाब पर भरी हुई है। यह अचानक फटता है, तब वायु का ताप होगा ($\gamma = 1.5$) [RPMT 2002]

(a) -33^oC (b) 0^oC

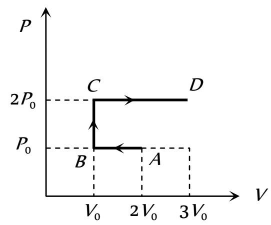
(c) 27^oC (d) 240^oC

9. एक गैस रुद्धोष्म प्रकार से, नियत दाब पर इस प्रकार प्रसरित होती है कि इसका ताप $T \propto \frac{1}{\sqrt{V}}$ है, गैस के लिए C_P / C_V का मान है [RPMT 2002; MHCET 2004]

(a) 1.30 (b) 1.50

(c) 1.67 (d) 2.00

10. चित्र में, एक आदर्श गैस के P-V वक्र को दर्शाया गया है। गैस द्वारा प्रक्रम $ABCD$ में किया गया कार्य है



(a) $4\ P_0V_0$

(b) $2\ P_0V_0$

(c) $3\ P_0V_0$

(d) P_0V_0

11. एक इंजीनियर घोषणा करता है कि एक इंजन $1\,gm\,s^{-1}$ की ईंधन खपत पर यह 10 kW शक्ति प्रदान करता है। ईंधन का कैलोरी मान $2k\ cal/gm$ है। घोषणा [J & K CET 2000]

(a) गलत है (b) सही है

(c) इंजन पर निर्भर करेगी (d) लोड पर निर्भर करेगी

12. एक आदर्श गैस ऊष्मा इंजन एक कार्नो चक्र में 27°C एवं 127°C के बीच कार्य करता है। यह उच्चताप पर 6 $kcal$ ऊष्मा अवशोषित करता है। ऊष्मा की वह मात्रा, ($k\ cal$ में) जो कार्य मे परिणित होगी है [CBSE PMT 2003]

(a) 3.5 (b) 1.6

(c) 1.2 (d) 4.8

13. एक गैस सम्बन्ध $V = kT^{2/3}$ के अनुसार प्रसारित होती है। जब ताप 30^oC से परिवर्तित होता है, तब किया गया कार्य है

(a) 10 R (b) 20 R

(c) 30 R (d) 40 R

14. एक आदर्श गैस ($\gamma = 1.5$) रुद्धोष्म रूप से प्रसारित होती है। गैस का वर्ग माध्य मूल वेग दो गुना कम करने के लिए इसे कितने गुना प्रसारित करना पड़ेगा

(a) 4 गुना (b) 16 गुना

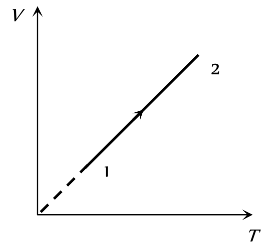
(c) 8 गुना (d) 2 गुना

15. एक ही गैस ($\gamma = 3/2$) के तीन नमूनों A, B एवं C के प्रारंभिक आयतन समान हैं। अब प्रत्येक नमूने का आयतन दोगुना कर दिया जाता है, A के लिए प्रक्रम रुद्धोष्म, B के लिए समदाबी एवं C के लिए समतापी है। यदि तीनों नमूनों के अन्तिम ताप समान हैं, तब इनके प्रारम्भिक दाबों का अनुपात होगा

(a) $2\sqrt{2} : 2 : 1$ (b) $2\sqrt{2} : 1 : 2$

(c) $\sqrt{2} : 1 : 2$ (d) $2 : 1 : \sqrt{2}$

16. 2 ग्राम हीलियम गैस के लिए आयतन (V) ताप (T) वक्र चित्रानुसार है। प्रक्रम 1-2 में गैस द्वारा अवशोषित ऊष्मा एवं इसके द्वारा किये गये कार्य का अनुपात है



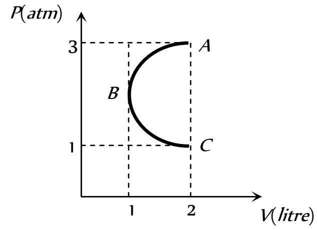
(a) 3

(b) $\frac{5}{2}$

(c) $\frac{5}{3}$

(d) $\frac{7}{2}$

17. चित्र में दिखाया गया P-V वक्र ABC एक अर्द्धवृत्त है। प्रक्रम ABC में किया गया कार्य है



(a) शून्य

(b) $\frac{\pi}{2} atm - lt$

(c) $-\frac{\pi}{2} atm - lt$

(d) 4 atm-lt

18. नियत दाब पर एक द्विपरमाणुक गैस को ऊष्मा दी जाती है $\Delta Q : \Delta U : \Delta W$ का मान है

(a) 5 : 3 : 2 (b) 5 : 2 : 3

(c) 7 : 5 : 2 (d) 7 : 2 : 5

19. एक गैस को एक ऊष्मागतिक अवस्था परिवर्तन में 100 J ऊष्मा दी जाती है एवं यह 20 J कार्य करती है। निकाय को पुनः अपनी प्रारम्भिक अवस्था में लाया जाता है, इस प्रक्रिया में गैस द्वारा 20 J ऊष्मा मुक्त होती है। दूसरी प्रक्रिया में गैस द्वारा किया गया कार्य है

(a) 60 J (b) 40 J

(c) 80 J (d) 20 J

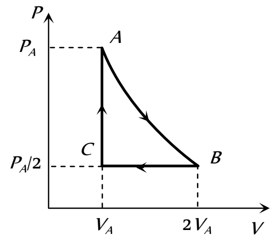
20. ताप T पर एक आदर्श द्विपरमाणुक गैस के N मोल एक सिलिण्डर में भरे हुए हैं। मान लीजिए गैस को ऊष्मा देने पर इसका ताप नियत रहता है परंतु गैस के n मोल परमाणुओं में टूट जाते हैं गैस को दी गई ऊष्मा है

(a) शून्य (b) $\frac{1}{2}nRT$

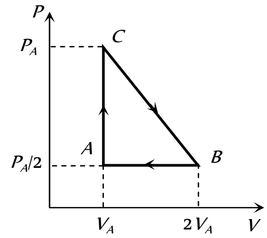
(c) $\frac{3}{2}nRT$ (d) $\frac{3}{2}(N-n)RT$

21. एक आदर्श गैस $\left(C_P = \frac{7}{2}R\right)$ के तीन मोल दाब P_A एवं ताप T_A पर समतापीय रूप से अपने प्रारम्भिक आयतन के दोगुने तक प्रसारित होती है। इसके बाद स्थिर दाब पर इसे प्रारम्भिक आयतन तक संपीडित किया जाता है। अंत में गैस को नियत आयतन पर इसके प्रारम्भिक दाब P_A तक संपीड़ित किया जाता है। प्रक्रम को सही व्यक्त करने वाले P-V एवं P-T वक्र हैं

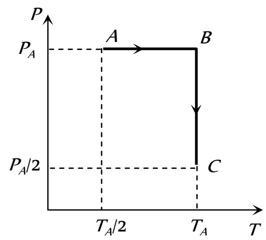
(a)



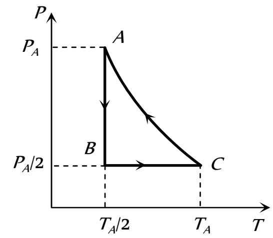
(b)



(c)



(d)



22. 1kg द्रव्यमान वाले एक सिलिण्डर को स्थिर दाब पर 20000 J ऊष्मा दी जाती है। यदि सिलिण्डर का प्रारम्भिक ताप 20°C हो तब सिलिण्डर द्वारा किया गया कार्य होगा (दिया है, सिलिण्डर की विशिष्ट ऊष्मा = $400 J kg^{-1}$, आयतन प्रसार गुणांक $= 9 \times 10^{-5}\ ^\circ C^{-1}$, वायुमण्डलीय दाब $= 10^5\ N/m^2$ एवं सिलिण्डर का घनत्व $9000\ kg/m^3$ है)

(a) 0.02 J (b) 0.05 J

(c) 0.08 J (d) 0.1 J

23. एक ऊष्मागतिकी प्रक्रम में निश्चित मात्रा की गैस का दाब इस प्रकार परिवर्तित किया जाता है कि इससे 20 जूल ऊष्मा मुक्त होती है तथा 8 जूल का कार्य सम्पन्न होता है। यदि गैस की प्रारम्भिक आन्तरिक ऊर्जा 30 जूल है, तो अन्तिम आन्तरिक ऊर्जा है

[CPMT 1986]

(a) 2 J (b) – 18 J

(c) 10 J (d) 58 J

24. रुद्धोष्म परिवर्तन हेतु एक परमाण्विक गैस के लिये दाब तथा ताप में सम्बन्ध $P \propto T^c$ है। यहाँ c का मान होगा

BHU 1997; AIIMS 2001; MH CET 2000]

(a) 5 / 3 (b) 2 / 5

(c) 3 / 5 (d) 5 / 2

25. समतापीय प्रक्रम में आदर्श गैस की आंतरिक ऊर्जा बढ़ती है यदि

[SCRA 1998]

(a) गैस में अतिरिक्त अणु मिलाकर प्रसार होता है

(b) गैस में अतिरिक्त ऊर्जा मिलाकर प्रसार होता है

(c) गैस का शून्य दाब के विरुद्ध प्रसार होता है

(d) गैस पर कार्य करके इसे संपीडित किया जाता है

AS Answers and Solutions

(SET -14)

1. (b) $A \to B$ में, आन्तरिक ऊर्जा में परिवर्तन

$$\Delta U = \frac{f}{2}\mu R\Delta T = \frac{f}{2}(P_f V_f - P_i V_i)$$

$$= \frac{3}{2}(2P_0 \times 2V_0 - P_0 \times V_0) = \frac{9}{2}P_0 V_0$$

प्रक्रम $A \to B$ में किया गया कार्य PV वक्र द्वारा आयतन अक्ष के साथ घेरे गये क्षेत्रफल के तुल्य होगा अर्थात्

$$W_{A\to B} = \frac{1}{2}(P_0 + 2P_0)\times(2V_0 - V_0) = \frac{3}{2}P_0 V_0$$

अतः $\Delta Q = \Delta U + \Delta W = \frac{9}{2}P_0 V_0 + \frac{3}{2}P_0 V_0 = 6P_0 V_0$

2. (b) रुद्धोष्म प्रक्रम में, $TV^{\gamma-1}$ = नियतांक

$$\Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} \Rightarrow T_2 = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} \times T_1$$

$$\Rightarrow T_2 = \left(\frac{1}{81}\right)^{1.25-1} \times 273 = \left(\frac{1}{81}\right)^{0.25} \times 273$$

$$= \frac{273}{3} = 91K \to -182°C$$

3. (b) रुद्धोष्म प्रक्रम के लिए $\Delta Q = 0$

$\Delta Q = \Delta U + \Delta W \Rightarrow 0 = \Delta U - 90 \Rightarrow \Delta U = +90\,J$

4. (d) $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = \frac{(127+273)-(87+273)}{(127+273)}$

$$= \frac{400-360}{400} = 0.1 \to 10\%$$

5. (c) ΔW = प्रसार मे प्रयुक्त ऊर्जा $= PdV = RdT$

ΔQ = स्थिर दाब P पर द्विपरमाणुक गैस को दी गई ऊष्मा

$$= C_p dT = \frac{7}{2}RdT \quad (\because C_p = \frac{7}{2}R) \quad \therefore \frac{\Delta W}{\Delta Q} = \frac{RdT}{\frac{7}{2}RdT} = \frac{2}{7}$$

6. (c)

7. (c) $\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} = 2 \Rightarrow \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\gamma-1} = \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}} < \frac{1}{2}$

$$\Rightarrow V_2 < \frac{V_1}{2}$$

8. (a) $\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \Rightarrow \frac{T_2}{(273+27)} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{1.5-1}{1.5}} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{1}{3}} = \frac{1}{2.5}$

$$\Rightarrow T_2 = \frac{T_1}{1.25} = \frac{(273+27)}{1.25} = 238\ K = -34.8°C$$

9. (b) $TV^{\gamma-1}$ = नियतांक $\Rightarrow T \propto V^{1-\gamma}$

प्रश्नानुसार $T \propto V^{-\frac{1}{2}}$

अतः $1-\gamma = -\frac{1}{2} \Rightarrow \gamma\,\frac{3}{2} = 1.5$

10. (c) $W_{AB} = -P_0 V_0$, $W_{BC} = 0$ एवं $W_{CD} = 4P_0 V_0$

$$\Rightarrow W_{ABCD} = -P_0 V_0 + 0 + 4P_0 V_0 = 3P_0 V_0$$

11. (a) शक्ति $= 10\ KW = 10000\ J/s = \frac{10000}{4.2} = 2.38\ k\,cal/gm$

परन्तु ईंधन का कैलोरीमान 2 *kcal/gm* है, अतः घोषणा गलत है।

12. (c) कार्नो इंजन की दक्षता $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$

या $\frac{W}{Q} = 1 - \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \frac{W}{6} = 1 - \frac{(273+127)}{(273+227)} \Rightarrow W = 1.2\,k\,cal$

13. (b) $W = \int PdV = \int \frac{RT}{V}dV$

चूँकि $V = kT^{2/3} \Rightarrow dV = \frac{2}{3}KT^{-1/3}dT$

K को विलोपित करने पर $\frac{dV}{V} = \frac{2}{3}\frac{dT}{T}$

अतः $W = \int_{T_1}^{T_2}\frac{2}{3}\frac{RT}{T}dT = \frac{2}{3}R(T_2 - T_1) = \frac{2}{3}R(30) = 20\,R$

14. (b) $v_{rms} = \sqrt{\frac{3RT}{M}} \Rightarrow v_{rms} \propto \sqrt{T}$

v_{rms} को दोगुना करना है, अर्थात् गैस का ताप चार गुना कम करना होगा या $\frac{T'}{T} = \frac{1}{4}$

रुद्धोष्म प्रक्रम में $TV^{\gamma-1} = T'V'^{\gamma-1}$

$$\Rightarrow \frac{V'}{V} = \left(\frac{T}{T'}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}} = (4)^{\frac{1}{1.5-1}} = (4)^2 = 16 \Rightarrow V' = 16\,V$$

15. (b) माना कि तीनों नमूनों के दाब P_A, P_B एवं P_C है तब $P_A(V)^{3/2} = (2V)^{3/2}P$, $P_B = P$ एवं $P_C(V) = P(2V)$

$$\Rightarrow P_A : P_B : P_C = (2)^{3/2} : 1 : 2 = 2\sqrt{2} : 1 : 2$$

16. (b) V-T ग्राफ एक सरल रेखा है, जो मूल बिन्दु से गुजरती है। अतः $V \propto T$ या P = नियतांक

$\therefore\ \Delta Q = nC_P\Delta T$ या $\Delta U = nC_V\Delta T$

एवं $\Delta W = \Delta Q - \Delta U = \mu(C_P - C_V)\Delta T$

$$\therefore \frac{\Delta Q}{\Delta W} = \frac{nC_P\Delta T}{n(C_P - C_V)\Delta T} = \frac{C_P}{C_P - C_V} = \frac{1}{1 - \frac{C_V}{C_P}}$$

हीलियम गैस के लिए $\frac{C_V}{C_P} = \frac{3}{5}$ अतः $\frac{\Delta Q}{\Delta W} = \frac{1}{1 - 3/5} = \frac{5}{2}$

17. (b) W_{AB} ऋणात्मक (आयतन घट रहा है) एवं

W_{BC} धनात्मक है, (आयतन बढ़ रहा है)

चूँकि $|W_{BC}|>|W_{AB}|$

$\therefore$ दिया गया कुल कार्य धनात्मक है, एवं अर्धवृत्त का क्षेत्रफल $\frac{\pi}{2} atm-lt$ है।

18. (c) $\Delta Q=\mu C_P\Delta T=\frac{7}{2}\mu R\Delta T \quad \left(C_P=\frac{7}{2}R\right)$

$\Delta U=\mu C_V\Delta T=\frac{5}{2}\mu R\Delta T \quad \left(C_V=\frac{5}{2}R\right)$

या $\Delta W=\Delta Q-\Delta U=\mu R\Delta T$

$\Rightarrow \Delta Q:\Delta U:\Delta W=7:5:2$

19. (a) चक्रीय प्रक्रम में $\Delta U=0 \Rightarrow \Delta Q=\Delta W$

$\Rightarrow (100-20)=20+W_2 \Rightarrow W_2=60\ J$

20. (b) चूँकि पात्र बन्द है, इसलिए गैस का आयतन नियत रहेगा। अतः किया गया कार्य शून्य होगा। इसका अर्थ है कि गैस को दी गई सम्पूर्ण ऊष्मा केवल आन्तरिक ऊर्जा बढ़ाने में प्रयुक्त होती है।

गैस की प्रारम्भिक आन्तरिक ऊर्जा $U_1=N\left(\frac{5}{2}R\right)T$

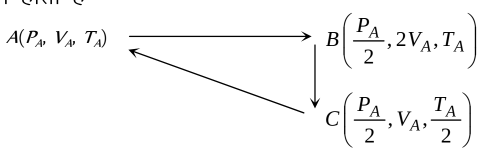
चूँकि गैस के n मोल परमाणुओं में टूट जाते है इसलिए गर्म करने के पश्चात् पात्र में $(N-n)$ मोल द्विपरमाणु गैस के एवं $2n$ मोल एकपरमाणुक गैस के उपस्थित होंगे। अतः गर्म करने के पश्चात् गैस की कुल आन्तरिक ऊर्जा

$U_2=(N-n)\left(\frac{5}{2}R\right)T+2n\left(\frac{3}{2}R\right)T=\frac{5}{2}NRT+\frac{1}{2}nRT$

अतः दी गई ऊष्मा = आन्तरिक ऊर्जा में वृद्धि

$$=(U_2-U_1)=\frac{1}{2}nRT$$

21. (a) माना प्रक्रम प्रारम्भिक दाब P_A आयतन V_A एवं ताप T_A से प्रारम्भ होता है



(i) ताप T_A पर समतापीय प्रसार (PV = नियतांक) प्रारम्भिक आयतन V_A के दोगुने आयतन तक

(ii) स्थिर दाब $\frac{P_A}{2}$ पर प्रारम्भिक आयतन V_A तक (अर्थात् $(V\propto T)$

(iii) समआयतनिक प्रक्रम (आयतन V_A पर) प्रारम्भिक अवस्था तक (अर्थात् $P\propto T$)

22. (b) $\Delta Q=mc\Delta T \Rightarrow \Delta T=\frac{20000\ J}{1kg\times(400\ J/kg°C)}=50°C$

$\Rightarrow T_{\text{अन्तिम}}=70°C$

अतः $W=P_{atm}\Delta V=P_{atm}V_0\gamma\,\Delta T$

$=(10^5 N/m^2)\left(\frac{1}{9\times10^3}m^3\right)(9\times10^{-5}/°C)(50°C)=0.05\,J$

23. (c) $\Delta Q=\Delta U+\Delta W=(U_f-U_i)+\Delta W$

$\Rightarrow -30=(U_f-30)-10 \Rightarrow U_f=10\ J$

24. (d) $T^{\gamma}P^{1-\gamma}$ = नियतांक $\Rightarrow P\propto T^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}$

उपरोक्त समीकरण की दिये गये समीकरण से तुलना करने पर

$P\propto T^C \Rightarrow C=\frac{\gamma}{\gamma-1}=\frac{5/3}{5/3-1}=\frac{5}{2}$

25. (a) आदर्श गैस की आन्तरिक ऊर्जा

$U=\frac{f}{2}\mu RT=\frac{f}{2}\left(\frac{N}{N_A}\right)RT \Rightarrow U\propto NT$

समतापी प्रक्रम में T = नियतांक $\Rightarrow U\propto N$

अर्थात् अणुओं की संख्या (N) बढ़ाने पर आन्तरिक ऊर्जा बढ़ती है।

***