THERMODYNAMICS Ist LAW

ऊष्मागतिकी प्रथम नियम (Thermodynamics Ist Law)

Exercise-1

Marked Questions may have for Revision Questions.
चिन्हित प्रश्न दोहराने योग्य प्रश्न है।

PART - I : SUBJECTIVE QUESTIONS

भाग - I : विषयात्मक प्रश्न (SUBJECTIVE QUESTIONS)

Section (A) : Basic definitions
खण्ड (A) : मूल परिभाषा

A-1. Categorize these properties into state and path functions.
(a) Internal energy (b) Volume (c) Heat (d) Enthalpy
(e) Temperature (f) Work (g) Molar heat capacity
निम्न गुणों को अवस्था फलन तथा पथ फलन में वर्गीकृत कीजिए।
(a) आंतरिक उर्जा (b) आयतन (c) ऊष्मा (d) एन्थैल्पी
(e) तापमान (f) कार्य (g) मोलर ऊष्मा धारिता

Ans. State function : (a) (b) (d) (e) ; Path function : (c) (f) (g)
उत्तर. अवस्था फलन : (a) (b) (d) (e) ; पथ फलन : (c) (f) (g)
Sol. State function depends on the state of the system and path function depends on path which a system follow.
हल. अवस्था फलन निकाय की अवस्था पर निर्भर करता है तथा पथ फलन पथ पर निर्भर करता है। जिसका निकाय पालन करता है।

A-2. Categorize these properties into extensive and intensive
(a) Temperature (b) Internal energy (c) Heat (d) Density
(e) Molar volume (f) molar enthalpy (g) viscosity
निम्न गुणों को मात्रात्मक गुणों तथा मात्रा स्वतंत्र गुणों में वर्गीकृत कीजिए।
(a) तापमान (b) आंतरिक ऊर्जा (c) ऊष्मा (d) घनत्व
(e) मोलर आयतन (f) मोलर ऊष्मा (g) श्यानता

Ans. Extensive Property : (b) (c) ; Intensive Property : (a) (d) (e) (f) (g)
उत्तर. मात्रात्मक गुण : (b) (c) ; मात्रा स्वतंत्र गुण : (a) (d) (e) (f) (g)
Sol. Extensive property depends on size or mass of the system while intensive property is independent on size or mass of the system.
हल. मात्रात्मक गुण निकाय के आकार या द्रव्यमान पर निर्भर करते हैं जबकि मात्रा स्वतंत्र गुण निकाय के आकार व द्रव्यमान पर निर्भर नहीं करते हैं।

A-3.^ Identify the state functions and path functions.
(a) The potential energy of a book in shelf.
(b) The heat evolved when a cube of sugar is oxidized to $CO_{2(g)}$ and $H_2O_{(g)}$.
(c) The work accomplished in burning a litre of gasoline.
अवस्था फलन तथा पथ फलन को पहचानिये।
(a) अलमारी में पुस्तक की विभव ऊर्जा।
(b) जब शर्करा (sugar) का एक घन (cube) $CO_{2(g)}$ तथा $H_2O_{(g)}$ में आॅक्सीकृत होता है तब उत्सर्जित ऊष्मा
(c) 1 लीटर गैसोलीन के दहन में किया गया कार्य।

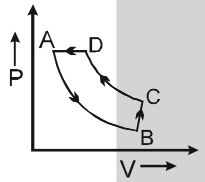
Sol. (a) Potential energy is state function.
(b) Heat is a path function because a part of it may be used in work.
(c) Work is not a state function.

हल. (a) स्थितिज ऊर्जा अवस्था फलन है।
(b) ऊष्मा एक पथ फलन है क्योंकि इसका एक भाग कार्य में प्रयुक्त हो सकता है।
(c) कार्य अवस्था फलन नहीं है।

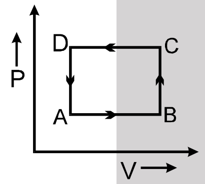
Section (B) : Thermodynamics processes & graph
खण्ड (B) : ऊष्मागतिकी प्रक्रम तथा ग्राफ

Draw the P-V diagram for the following cyclic processes
निम्न चक्रीय प्रक्रम के लिए P-V आरेख बनाइये।

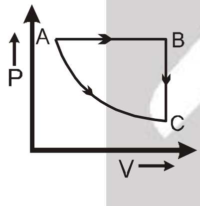
B-1. Isothermal expansion from state A to B, isochoric pressure increment from B to C, isothermal contraction from C to D, isobaric contraction from D $\rightarrow$ A.
अवस्था A से B तक समतापीय प्रसार, B से C तक समआयतनिक दाब में वृद्धि,C से D तक समतापीय संकुचन, D से A तक समदाबीय संकुचन

Sol.


B-2. Isobaric expansion from A $\rightarrow$ B, isochoric pressure increase from B $\rightarrow$ C, isobaric compression from C $\rightarrow$ D, isochoric pressure drop from D $\rightarrow$ A.
A से B तक समदाबीय प्रसार, B से C तक समआयतनिक दाब में वृद्धि, C से D तक समदाबीय सम्पीडन, D से A तक समआयतनिक दाब में कमी।

Sol.


B-3. Isobaric expansion from A $\rightarrow$ B, isochoric pressure drop from B $\rightarrow$ C, isothermal compression C $\rightarrow$ A.
A से B तक समदाबीय प्रसार, B से C तक समआयतनिक दाब में कमी, C से A तक समतापीय सम्पीड़न।

Sol.


Section (C) : Work calculation
खण्ड (C) : कार्य की गणना

C-1.^ Calculate the work done by 0.1 mole of a gas at 27^0 C to double its volume at constant pressure (in isobaric process) (R = 2 cal mol^{-1} K^{-1})
नियत दाब (समदाबीय प्रक्रम में) पर गैस का आयतन दुगना करने के लिए 27ºC ताप पर इसके 0.1 मोल द्वारा किया गया कार्य परिकलित कीजिए। (R = 2 cal mol^{-1} K^{-1})

Ans. 60 cal.

Sol. $\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} \Rightarrow \frac{V}{2V} = \frac{300}{T_2} \Rightarrow T_2 = 600 \Rightarrow \Delta T = 300$

$W = -P\Delta V = nR\Delta T \quad \Rightarrow \quad W = -0.1 \times 2 \times 300 = -60$ cal.

C-2. Calculate the work done during isothermal reversible expansion of one mole ideal gas from 10 atm to 1 atm at 300 K.
300 K ताप पर 10 atm से 1 atm तक एक मोल आदर्श गैस के समतापीय उत्क्रमणीय प्रसार के दौरान किया गया कार्य परिकलित कीजिए।

Ans. – 5744.4 J

Sol. Given that: दिया है:
P_1 = 10 atm, P_2 = 1 atm, T = 300 K, n = 1
R = 8.314 J/K/mol
Now, by using
प्रयुक्त करने पर

$$W = -2.303\ nRT \log_{10} \frac{P_2}{P_1}$$

$$= -2.303 \times 1 \times 8.314 \times 300 \log_{10} \frac{1}{10}$$

W = –5744.1 Joule

C-3. At 25ºC, a 0.01 mole sample of a gas is compressed in volume from 4.0 L to 1.0 L at constant temperature. What is work done for this process if the external pressure is 4.0 bar ?
25ºC पर 0.01 मोल गैस के एक नमूने को नियत ताप पर 4.0 L से 1.0 L आयतन तक संपीडित किया जाता है। यदि बाह्य दाब 4.0 बार है तो इस प्रक्रम के लिए किया गया कार्य कितना है ?

Ans. 1.2×10^3 J

Sol. $W = -P_{ext\ \text{बाह्य}} (V_2 - V_1) = -4\,(1-4)$ bar.L $= 1.2 \times 10^3$ J

Section (D) : Heat & Internal energy
खण्ड (D) : ऊष्मा तथा आन्तरिक ऊर्जा

D-1.^ Calculate the heat necessary to raise the temperature of 60 g of aluminium from 35ºC to 55ºC. Molar heat capacity of Al is 24 $mole^{-1}\ K^{-1}$.
60 ग्राम एल्युमिनियम के ताप को 35°C से 55°C बढ़ाने के लिए आवश्यक ऊष्मा परिकलित कीजिए। Al की मोलर उष्मा धारिता 24 $mole^{-1}\ K^{-1}$ है।

Ans. 1.066 kJ

Sol. $q = nC\Delta T = \left(\frac{60}{27}\right) \times 24 \times (55-35) = 1066$ J = 1.066 kJ

D-2.^ In a container, two mole of a diatomic ideal gas is allowed to expand against 1 atm pressure & volume change from 2 litre to 5 litre isobarically then calculate change in internal enrgy.
एक पात्र में 2 मोल द्विपरमाणुक आदर्श गैस 1 atm दाब व आयतन के विरूद्ध प्रसारित होती है। जिससे गैस मे 2 से 5 लीटर तक समदाबीय रूप से परिवर्तन आ जाता है तो आन्तरिक ऊर्जा मे परिवर्तन की गणना कीजिए।

Ans. 760 J

Sol. $\Delta U = nC_v dT = n \times \frac{fR}{2} (T_2 - T_1)$

$$= \frac{5}{2} nR \left(\frac{P_2V_2}{nR} - \frac{P_1V_1}{nR}\right) = \frac{5}{2} (P_2V_2 - P_1V_1) = \frac{5}{2} \times P(V_2 - V_1)$$

$$= \frac{5}{2} \times 1 \times (5-2) = \frac{3 \times 5}{2} \times 101.325 = 760 \text{ J}$$

Section (E) : First law of thermodynamics
खण्ड (E) : ऊष्मागतिकी का प्रथम नियम

E-1. The work done by a system is 8 joule, when 40 joule heat is supplied to it. What is the increase in internal energy of system.
एक निकाय द्वारा किया गया कार्य 8 जूल है, जब निकाय को 40 जूल ऊष्मा दी जाती है, तब निकाय की आन्तरिक ऊर्जा में वृद्धि क्या होगी ?

Ans. 32 J

Sol. q = 40 J

W = –8 J (work done by the system) (निकाय द्वारा किया गया)

$\Delta U = q + w = 40 - 8 = 32$ J

E-2. A gas expands from 2 L to 6 L against a constant pressure of 0.5 atm on absorbing 200 J of heat. Calculate the change in internal energy.

200 जूल ऊष्मा अवशोषित करने पर 0.5 atm नियत दाब के विरुद्ध एक गैस 2L से 6 L तक प्रसारित होती है तो आन्तरिक ऊर्जा में परिवर्तन ज्ञात कीजिए।

Ans. – 2.6 J

Sol. $\Delta U = q + w$

$= 200 \text{ J} - 0.5 \text{ atm } (62 - 22)$

$= 200 \text{ J} - 2 \text{ L atm}$

$= 200 \text{ J} - 2 \times 101.3 \text{ J} \ (1 \text{ L atm} = 101.3 \text{ J})$

$= -2.6$ J

Section (F) : Adiabatic, isothermal, polytropic & free expansion processes
खण्ड (F) : रूद्धोष्म समतापीय प्रक्रम, पॉलीट्रोपिक तथा मुक्त प्रसार प्रक्रम

F-1. One mole of an ideal monoatomic gas $\left(\gamma = \frac{5}{3}\right)$ is mixed with one mole of a diatomic gas $\left(\gamma = \frac{7}{5}\right)$. ($\gamma$ denotes the ratio of specific heat at constant pressure, to that at constant volume) find γ for the mixture?

आदर्श एक परमाणुक गैस $\left(\gamma = \frac{5}{3}\right)$ का एक मोल, द्विपरमाणुक गैस $\left(\gamma = \frac{7}{5}\right)$ के एक मोल में मिश्रित किया गया है (γ नियत दाब तथा नियत आयतन पर विशिष्ट ऊष्माओं का अनुपात व्यक्त करता है।) मिश्रण के लिए γ की गणना करो।

Ans. $\frac{3}{2}$

Sol. $\gamma_{mix} = \frac{C_{Pmix}}{C_{Vmix}} = \frac{1\times\frac{5}{2}R + 1\times\frac{7}{2}R}{1\times\frac{3}{2} + 1\times\frac{5}{2}R} = \frac{3}{2}$.

F-2.^ A piston freely move in a insulated cylinder from volume 5 lit to 10 lit then calculate work done & heat during this expansion.

एक रोधी सिलेण्डर में एक पिस्टन 5 से 10 लीटर आयतन तक मुक्त रूप से घूमता है तब इसके प्रसार के दौरान किये गये कार्य तथा उष्मा की गणना कीजिए।

Ans. W = 0 ; q = 0

Sol. $\because$ process is of free expansion

so, W = 0 , q = 0

हल. $\because$ प्रक्रम मुक्त प्रसार में है

इसलिए, W = 0 , q = 0

Section (G) : Enthalpy
खण्ड (G) : एन्थैल्पी

G-1.^ If 1.0 kcal of heat is added to 1.2 L of O_2 (consider real gas) in a cylinder at constant pressure of 1 atm, the volume increases to 1.5 L. Calculate ΔU and ΔH of the process. (1 L-atm = 100 J, 1 cal = 4.2 J)

यदि 1 atm नियत दाब पर एक सिलेण्डर में O_2 (वास्तविक गैस मानें) के 1.2 L को 1.0 kcal ऊष्मा दी जाए, तो आयतन में 1.5 L तक वृद्धि हो जाती है। प्रक्रम के लिए ΔU व ΔH परिकलित कीजिए। (1 L-atm = 100 J, 1 cal = 4.2 J)

Ans. ΔU = 4170 J, ΔH = 1 kcal

Sol. ΔH = heat added at constant pressure = 1 kcal

ΔH = नियत दाब पर दी गई ऊष्मा = 1 kcal

$\Delta U = q + W$
$W = -P_{ext}(V_2 - V_1) = -1(1.5 - 1.2) = -0.3$ L-atm $= -30$ J
$= -30$ J
$\Delta U = 4200 - 30 = 4170$ J

G-2.^ 10 g of argon gas is compressed isothermally and reversibly at a temperature of 27ºC from 10 L to 5L. Calculate enthalpy change. Assume ideal behaviour (ΔH) for this process R = 2.0 cal K^{-1} mol^{-1}. $\log_{10}2$ = 0.30 (Atomic mass of Ar = 40)
27ºC ताप पर 10 ग्राम आर्गन गैस समतापीय तथा उत्क्रमणीय रूप से 10 L से 5L तक सम्पीड़त होती है तो इस प्रक्रम के लिए आदर्श व्यवहार मानते हुए एन्थैल्पी में परिवर्तन (ΔH) ज्ञात कीजिए। R = 2.0 cal K^{-1} mol^{-1}. $\log_{10}2$ = 0.30 (Ar का आण्विक द्रव्यमान = 40)

Ans. Zero (शून्य)

Sol. For reversible isothermal compression, ($\because \Delta U = 0$)
Also at constant temperature
PV = constant
$\therefore \quad \Delta H = \Delta U + \Delta(PV) = 0 + 0 = 0$

Sol. उत्क्रमणीय समतापीय सम्पीड़न के लिए, ($\because \Delta U = 0$)
नियत ताप पर भी
PV = (नियत)
$\therefore \quad \Delta H = \Delta U + \Delta(PV) = 0 + 0 = 0$

Section (H) : Phase transition
खण्ड (H) : संक्रमण अवस्था

H-1. What is ΔU when 2.0 mole of liquid water vaporises at 100ºC ? The heat of vaporisation ($\Delta H_{vap.}$) of water at 100ºC is 40.66 $KJmol^{-1}$.
ΔU क्या है जब 100ºC पर द्रव जल के 2.0 मोल वाष्पित होते हैं। 100ºC पर जल के वाष्पीकरण की ऊष्मा ($\Delta H_{\text{वाष्पन}}$) 40.66 $KJmol^{1}$ है।

Ans. $\Delta U = 75.12$ kJ

Sol. $\Delta U = \Delta H - (P_2V_2 - P_1V_1) \qquad (\because \quad V_2 >> V_1)$
$= \Delta H - (P_2V_2) \quad \Rightarrow \quad \Delta H - nRT$
$$\Delta U = 40.66 \times 2 - \frac{2 \times 8.314 \times 373}{1000} = 75.12 \text{ kJ}$$

PART - II : ONLY ONE OPTION CORRECT TYPE
भाग - II : केवल एक सही विकल्प प्रकार (ONLY ONE OPTION CORRECT TYPE)

Section (A) : Basic definitions
खण्ड (A) : मूल परिभाषा

A-1. Warming ammonium chloride with sodium hydroxide in a test tube is an example of :
(A) Closed system (B) Isolated system (C*) Open system (D) None of these
एक परखनली में सोडियम हाइड्रोक्साइड के साथ अमोनियम क्लोराइड को गर्म करना निम्न का उदाहरण है।
(A) बन्द निकाय का (B) विलगित निकाय का (C*) खुले निकाय का (D) इनमें से कोई नहीं

Sol Test tube is open to atmosphere.
परखनली वातावरण में खुली है।

A-2. Out of boiling point (I), entropy (II), pH (III) and e.m.f. of a cell (IV), intensive properties are :
(A) I, II (B) I, II, III (C*) I, III, IV (D) All of the above
क्वथनांक (I), एन्ट्रॉपी (II), pH (III) तथा सैल के विद्युत वाहक बल (IV), में से मात्रा स्वतंत्र गुणधर्म है :
(A) I, II (B) I, II, III (C*) I, III, IV (D) उपरोक्त सभी

Sol Entropy is extensive property & others are intensive properties.
एन्ट्रॉपी एक मात्रात्मक गुण है, जबकि अन्य सभी मात्रा स्वतंत्र गुण है।

A-3. In how many cases, bodies become hot due to mechanical energy losses ?
(i) Rub our hands for sometime (ii) Two vehicles collide with each other
(iii) Aeroplane crash (iv) Sliding of legs on roof surface
(v) Transfer of energy from hot body to cold body
निम्न में से कितने निकाय यांत्रिक ऊर्जा नष्ट होने पर गर्म हो जायेंगे–
(i) कुछ समय के लिए हाथों को आपस में रगड़ना (ii) दो वाहनों का एक–दुसरे के साथ कुण्डलित होना
(iii) हवाई जहाज का क्षतिग्रस्त होना (iv) खुरदरी सतह पर पैरों को रगड़ना
(v) गर्म निकाय से ठंडे निकाय में ऊर्जा का स्थानान्तरण
(A) 5 (B*) 4 (C) 3 (D) 2
Sol. (i), (ii), (iii), (iv)

A-4. Predict the total number of intensive properties :
(i) Free energy (ii) Critical density (iii) Viscosity (iv) Specific heat capacity
(v) molar heat capacity (vi) Kinetic energy (vii) Specific gravity (viii) Dielectric constant
(ix) pH
मात्रा स्वतन्त्र गुणधर्मो की कुल संख्या बताइये।
(i) मुक्त ऊर्जा (ii) क्रान्तिक घनत्व (iii) श्यानता (iv) विशिष्ट ऊर्जा घारिता
(v) मोलर ऊष्मा धारिता (vi) गतिज ऊर्जा (vii) विशिष्ट गुरूत्वाकर्षण (viii) परावैद्युतांक
(ix) pH
(A) 9 (B) 8 (C*) 7 (D) 6
Sol. (iii), (iv), (v), (vi), (vii), (viii), (ix)

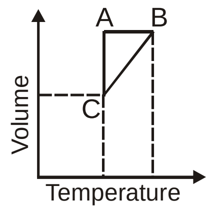
A-5.^ An ideal gas filled at pressure of 2 atm and temp of 300 K, in a balloon is kept in vacuum with in a large insulated container. Wall of balloon is punctured then container temperature :
(A) Decreases (B) Increases (C*) Remain constant (D) Unpredictable
300 K ताप व 2 atm दाब पर एक आदर्श गैस को एक गुब्बारे में भरा जाता है। इस गुब्बारे को निर्वात युक्त बड़े रूद्धोष्म खाली पात्र में रखा जाता है। यदि गुब्बारे की दीवार में छेद कर दिया जाये तो पात्र का ताप–
(A) घटेगा (B) बढ़ेगा (C*) स्थिर रहेगा (D) ज्ञात नही कर सकते

Section (B) : Thermodynamics processes & graph
खण्ड (B) : ऊष्मागतिकी प्रक्रम तथा ग्राफ

B-1. A gaseous system changes from state A (P_1, V_1, T_1) to B (P_2, V_2, T_2), B to C (P_3, V_3, T_3) and finally from C to A. The whole process may be called :
(A) Reversible process (B*) Cyclic process (C) Isobaric process (D) Spontaneous process
एक गैसीय निकाय A (P_1, V_1, T_1) से B (P_2, V_2, T_2) अवस्था में, B से C (P_3, V_3, T_3) अवस्था में तथा अन्तः में C से A अवस्था में परिवर्तित होता है। सम्पूर्ण प्रक्रम कहलाता है:
(A) उत्क्रमणीय प्रक्रम (B*) चक्रीय प्रक्रम (C) समदाबीय प्रक्रम (D) स्वतः प्रक्रम

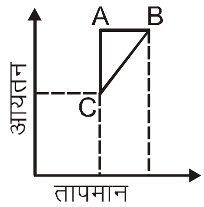
B-2.^ A well stoppered thermos flask contains some ice cubes. For small time duration, this is an example of a-
(A) Closed system (B) Open system
(C*) Isolated system (D) Non-thermodynamic system
एक अच्छी तरह बन्द थर्मस फ्लास्क में कुछ बर्फ के टुकड़े हैं। कम समय अन्तराल के लिए यह .... उदाहरण है
(A) बन्द निकाय का (B) खुले निकाय का
(C*) विलगित निकाय का (D) नॉन–ऊष्मागतिकीय निकाय का

B-3.^ Five moles of a gas is put through a series of changes as shown graphicallay in a cyclic process the A $\rightarrow$ B, B $\rightarrow$ C and C $\rightarrow$ A respectively are



(A*) Isochoric, Isobaric, Isothermal
(B) Isobaric, Isochoric, Isothermal
(C) Isothermal, Isobaric, Isochoric
(D) Isochoric, Isothermal, Isobaric

B-3.^ गैस के पॉच मोल आरेख के अनुसार चक्रिय प्रक्रम से गुजरते है।
प्रक्रम $A \rightarrow B$, $B \rightarrow C$ तथा $C \rightarrow A$ क्रमशः है।

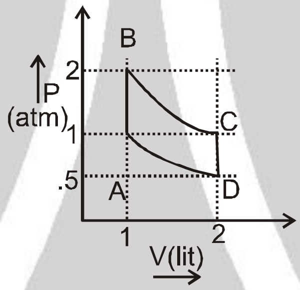


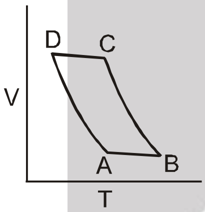
(A*) समआयतनिक,समदाबीय,समतापीय
(B) समदाबीय, समआयतनिक, समतापीय
(C) समतापीय, समदाबीय, समआयतनिक
(D) समआयतनिक, समतापीय, समदाबीय

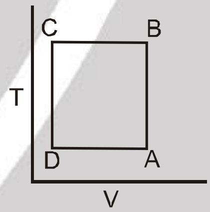
Sol. $A \rightarrow B$, volume is not changing (Isochoric)
$B \rightarrow C$ Isobaric
$C \rightarrow A$ Temperature is constant (Isothermal)

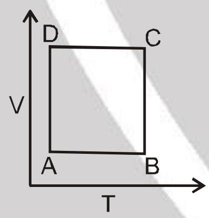
हल: $A \rightarrow B$, आयतन में परिवर्तन नही होता है (समआयतनिक)
$B \rightarrow C$ समदाबीय
$C \rightarrow A$ तापमान नियत है। (समतापीय)

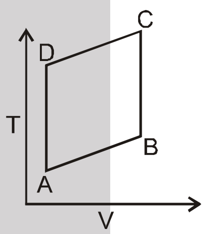
B-4. A cyclic process ABCD is shown in P-V diagram for an ideal gas. Which of the diagram represent the same process.
आदर्श गैस के लिए P-V ग्राफ में एक चक्रीय प्रक्रम ABCD दर्शाया गया है। निम्न में से कौनसा ग्राफ समान प्रक्रम को प्रदर्शित करता है।



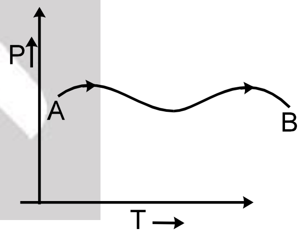
(A) 

(B) 

(C*) 

(D) 

B-5. The P–T graph as given below was observed for a process on an ideal gas, which of the following statement is true.
नीचे दिया P–T ग्राफ, आदर्श गैस पर एक प्रक्रम के लिए प्रेक्षित किया गया। निम्न में से कौनसा कथन सही है–



(A) w = +ve, ΔH = +ve
(B) w = –ve, ΔH = – ve
(C*) w = –ve, ΔH = + ve
(D) w = +ve, ΔH = –ve

Sol. From graph we know that $V_B > V_A$, so expansion has taken place so w will be with –ve sign and ΔH will be +ve as both ΔE and Δ(PV) have increased.

Sol. ग्राफ से, हम जानते है कि $V_B > V_A$ अतः प्रसार होता है। जैसे ही ΔE तथा Δ(PV) में वृद्धि होगी w का ऋणात्मक चिन्ह (–) तथा ΔH का धनात्मक चिन्ह (+) हो जायेगा।

Section (C) : Work Calculation
खण्ड (C) : कार्य की गणना

C-1. A thermodynamic system goes from states (i) P_1, V to $2P_1$, V (ii) P, V_1 to P, $2V_1$. Then work done in the two cases is
(A) Zero, Zero (B*) Zero, – PV_1 (C) – PV_1, Zero (D) –PV_1, –P_1V_1

एक ऊष्मागतिकीय निकाय (i) P_1, V से $2P_1$, V (ii) P, V_1 से P, $2V_1$ अवस्था में जाता है। तो दोनो स्थितियों में किया गया कार्य है।

(A) शून्य, शून्य (B*) शून्य, $-PV_1$ (C) $-PV_1$, शून्य (D) $-PV_1$, $-P_1V_1$

Sol. case (i) $\Delta V = 0, W = 0$

स्थिति (i) $\Delta V = 0, W = 0$

case (ii) P = constant, $W = -P(2V_1 - V_1) = -PV_1$

स्थिति (ii) P = नियत, $W = -P(2V_1 - V_1) = -PV_1$

C-2.^ The work done in ergs for the reversible expansion of one mole of an ideal gas from a volume of 10 litres to 20 litres at 25ºC is :

25ºC पर एक मोल आदर्श गैस के आयतन को उत्क्रमणीय रूप से 10 लीटर से 20 लीटर तक प्रसारित किया जाता हैं तो किया गया कार्य अर्ग में होगा।

(A) $-2.303 \times 298 \times 0.082 \log 2$ (B*) $-298 \times 10^7 \times 8.31 \times 2.303 \log 2$

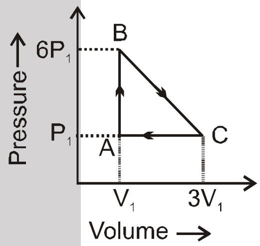
(C) $-2.303 \times 298 \times 0.082 \log 0.5$ (D) $-8.31 \times 10^7 \times 298 \times 2.303 \log 0.5$

Sol. $W = -2.303\, nRT \log \frac{V_2}{V_1}$

$= -2.303 \times 1 \times 8.314 \times 10^7 \times 298 \log \frac{20}{10}$

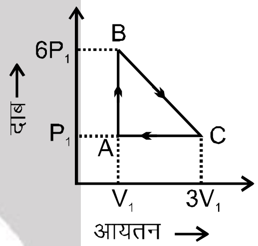
$= -298 \times 10^7 \times 8.314 \times 2.303 \log 2.$

C-3. An ideal gas is taken around the cycle ABCA as shown in P-V diagram. The net work done by the gas during the cycle is equal to :



(A) $12P_1V_1$
(B) $6P_1V_1$
(C*) $5P_1V_1$
(D) P_1V_1

C-3. P-V रेखाचित्र में दर्शाये अनुसार चक्रिय ABCA के चारों ओर एक आदर्श गैस को लिया जाता हैं। चक्र के दौरान किया गया कुल कार्य बराबर हैं :



(A) $12P_1V_1$
(B) $6P_1V_1$
(C*) $5P_1V_1$
(D) P_1V_1

Sol. Work done by the gas in the cyclic process = Area bounded (ABCA) = $5P_1V_1$

हल. चक्रिय प्रक्रम में गैस द्वारा किया गया कार्य = सम्बद्ध क्षेत्रफल (ABCA) = $5P_1V_1$

Section (D) : Heat & Internal energy
खण्ड (D) : ऊष्मा तथा आन्तरिक ऊर्जा

D-1.^ For freezing of liquid in a system :

(A) $q = 0$ (B) $q > 0$

(C*) $q < 0$ (D) $q > 0$ or $q < 0$ (depending on the nature of liquid)

एक निकाय में द्रव को जमाने के लिए :

(A) $q = 0$ (B) $q > 0$

(C*) $q < 0$ (D) $q > 0$ या $q < 0$ (द्रव की प्रकृति पर निर्भर करता है।)

D-2. For 2 mole of an ideal gas; the relation between C_p & C_v (non-molar) is :

2 मोल आदर्श गैस के लिए C_p व C_v (नॉन -मोलर) में सम्बन्ध है :

(A*) $C_p - C_v = 2R$ (B) $C_v - C_p = 2R$ (C) $C_p - C_v = R$ (D) $C_v - C_p = R$

Sol. $C_p - C_v = nR$ for non-molar heat-capacity

$C_{p,m} - C_{v,m} = R$ for non-molar heat-capacity

Sol. $C_p – C_v = nR$ (नॉन–मोलर ऊष्मा धारित के लिए)
$C_{p,m} – C_{v,m} = R$ (नॉन–मोलर ऊष्मा धारित के लिए)

Section (E) : First law of thermodynamics
खण्ड (E) : ऊष्मागतिकी का प्रथम नियम

E-1.^ A system absorb 600J of heat and does work equivalent to 300J on its surroundings. The change in internal energy is
निकाय 600 जूल ऊष्मा अवशोषित करता है तथा इसके परिवेश पर 300 जूल के बराबर कार्य करता है। आन्तरिक ऊर्जा में परिवर्तन है।
(A*) 300 J (B) 400 J (C) 500 J (D) 600 J

Sol. We know that $\Delta U = Q + W = 600 + (-300)$
W = – 300, because the work done by the system.

हल हम जानते है कि $\Delta U = Q + W = 600 + (-300) = 300$ J
W = – 300, निकाय द्वारा किया गया कार्य है।

E-2. In an isochoric process the increase in internal energy is
(A*) Equal to the heat absorbed (B) Equal to the heat evolved
(C) Equal to the work done (D) Equal to the sum of the heat evolved and work done
समआयतनिक प्रक्रम में आन्तरिक ऊर्जा में वृद्धि है :
(A*) अवशोषित ऊष्मा के बराबर (B) उत्सर्जित ऊष्मा के बराबर
(C) किये गये कार्य के बराबर (D) उत्सर्जित ऊष्मा तथा किये गये कार्य के योग के बराबर

Sol. For isochoric process $\Delta V = 0$, so $q_v = \Delta U$ i.e. heat given to a system under constant volume is used up in increasing ΔU.

हल: समआयतनिक प्रक्रम के लिये $\Delta V = 0$, अतः $q_v = \Delta U$ अर्थात नियत आयतन पर निकाय को दी गई ऊष्मा ΔU की वृद्धि के लिये प्रयुक्त होती है।

E-3. In an isothermal expansion of an ideal gas. Select wrong statement :
(A) there is no change in the temperature of the gas
(B) there is no change in the internal energy of the gas
(C) the work done by the gas is equal to the heat supplied to the gas
(D*) the work done by the gas is equal to the change in its internal energy
आदर्श गैस के समतापी प्रसार के लिए गलत कथन चुनिये।
(A) गैस के ताप में परिवर्तन नहीं होगा।
(B) गैस की आन्तरिक ऊर्जा में परिवर्तन नहीं होगा।
(C) गैस द्वारा किया गया कार्य, गैस को दी गई ऊष्मा के बराबर होगा।
(D*) गैस द्वारा किया गया कार्य, गैस की आन्तरिक ऊर्जा के परिवर्तन के बराबर होगा।

Sol. In isothermal expansion समतापीय प्रसार में
T = constant नियत $\Delta U = 0$ $W = \Delta Q$
$\therefore$ option (D) is correct. विकल्प (D) सही है।

E-4.^ A system undergoes a process which absorbed 0.5 kJ of heat and undergoing an expansion against external pressure of 1 atm, during the process change in internal energy is 300 J. Then predict the change in volume (lit.)
एक तंत्र की प्रक्रिया में 0.5 kJ ऊष्मा अवशोषित होती है इस दौरान ऊष्मा 1 atm बाह्य दाब के विरूद्ध प्रसारित होती है। इस प्रक्रिया में आन्तरिक ऊर्जा में परिवर्तन 300 J है तो आयतन (लीटर) में परिवर्तन ज्ञात कीजिए।
(A) 1 (B*) 2 (C) 3 (D) 4

Sol. $\Delta U = q + w = q - P_{ext}(V_2 - V_1)$
$300 = 500 - 1(\Delta V) \times 100$
$\Delta V = \dfrac{500 - 300}{100} = 2$ lit.

Sol. $\Delta U = q + w = q - P_{बाह्य}(V_2 - V_1)$

$300 = 500 - 1(\Delta V) \times 100$

$\Delta V = \frac{500-300}{100} = 2$ lit.

E-5. When two moles of Hydrogen atoms join together to form a mole of hydrogen molecules in a closed rigid vessel with diathermic walls.

$H(g) + H(g) \longrightarrow H_2(g)$

(A) w < 0 (B*) ΔU = negative (C) q_{system} = positive (D) $q_{surrounding}$ = negative

जब द्वितापीय दीवारों युक्त एक बन्द दृढ़ पात्र में दो मोल हाइड्रोजन परमाणु आपस में जुड़कर एक मोल हाइड्रोजन अणु बनाते है तो

$H(g) + H(g) \longrightarrow H_2(g)$

(A) w < 0 (B*) ΔU = ऋणात्मक (C) $q_{निकाय}$ = धनात्मक (D) $q_{परिवेश}$ = ऋणात्मक

Section (F) : Adiabatic, isothermal, polytropic & free expansion processes
खण्ड (F) : रूद्धोष्म समतापीय प्रक्रम, पॉलीट्रोपिक तथा मुक्त प्रसार प्रक्रम

F-1. The temperature of the system decreases in an

(A) Adiabatic compression (B) Isothermal compression
(C) Isothermal expansion (D*) Adiabatic expansion

निकाय का तापमान निम्न में से किसमें घटता है ?

(A) रूद्धोष्म सम्पीड़न में (B) समतापीय सम्पीड़न में
(C) समतापीय प्रसार में (D*) रूद्धोष्म प्रसार में

Sol. When a real gas is forced through a porous plug into a region of low pressure, it is found that due to expansion, the gas on the side of low pressure gets cooled.
The phenomenon of producing lowering of temperature when a gas is made to expand adiabatically from a region of high pressure into a region of low pressure is known as Joule-Thomson effect.

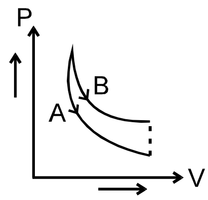
Sol. जब एक वास्तविक गैस को, सरन्ध्र विभाजक द्वारा न्यूनदाब क्षेत्र में बलपूर्वक प्रवाहित किया जाता है। तब यह पाया गया कि प्रसार के कारण कम दाब वाले भाग की गैस ठण्डी हो जाती है।
प्रक्रम जिसमें एक गैस उच्च दाब क्षेत्र से निम्न दाब क्षेत्र की ओर रूद्धोष्मीय रूप से प्रसारित होती है जिसमें कारण तापमान में कमी उत्पन्न होती है इसे जूल थॉमसन प्रभाव कहते है।

F-2. 1 mole of NH_3 gas at 27°C is expanded in reversible adiabatic condition to make volume 8 times (γ = 1.33). Final temperature and work done respectively are :
27ºC पर NH_3 के 1 मोल को उत्क्रमणीय रूद्धोष्म परिस्थिति में आठ गुना आयतन तक प्रसारित किया जाता (γ = 1.33) है, तो अन्तिम ताप तथा किया गया कार्य क्रमशः है :

(A*) 150 K, 900 cal (B) 150 K, 400 cal (C) 250 K, 1000 cal (D) 200 K, 800 cal

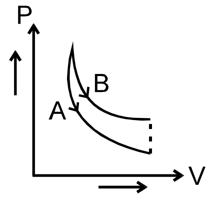
Sol. $T_1V_1^{\gamma-1} = T_2V_2^{\gamma-1} \Rightarrow 300 \times V^{1/3} = T_2(8V)^{1/3} \Rightarrow T_2 = 150$ K
$W = nC_v(T_2 - T_1) = 1 \times 3R(150 - 300) = 3 \times 2(-150) = -900$ cal

F-3. In figure, A and B are two adiabatic curves for two different gases. Then A and B corresponds to :



(A) Ar and He respectively
(B*) He and H_2 respectively
(C) O_2 and H_2 respectively
(D) H_2 and He respectively

F-3. चित्र में A व B दो भिन्न गैसों के लिए रूद्धोष्म वक्र है तो A व B संगत है :



(A) क्रमशः Ar व He
(B*) क्रमशः He व H_2
(C) क्रमशः O_2 व H_2
(D) क्रमशः H_2 व He

Sol. Slope ढाल $= -\gamma$
As slope of A > slope of B A की ढाल > B की ढाल
$\therefore \gamma$ of A > γ of B
or या A $\rightarrow$ Helium हिलियम
B $\rightarrow$ Hydrogen हाइड्रहोजन

Section (G) : Enthalpy
खण्ड (G) : एन्थैल्पी

G-1. One mole of non-ideal gas undergoes a change of state (1.0 atm, 3.0 L, 200 K) to (4.0 atm, 5.0 L, 250 K) with a change in internal energy (ΔU) = 40 L-atm. The change in enthalpy of the process in L-atm ;
(A) 43 (B*) 57 (C) 42 (D) None of these
अनादर्श गैस का 1 मोल, आन्तरिक ऊर्जा ΔU = 40 L-atm में परिवर्तन के साथ, अवस्था (1.0 atm, 3.0 L, 200 K) से (4.0 atm, 5.0 L, 250 K) तक परिवर्तित करता हैं। L-atm में प्रक्रम की ऐन्थैल्पी में परिवर्तन निम्न हैं :
(A) 43 (B*) 57 (C) 42 (D) इनमें से कोई नही

Sol. When both P and V are changing
जब P व V दोनों परिवर्तित होते हैं।
$\Delta H = \Delta U + \Delta (PV) = \Delta U + (P_2V_2 - P_1V_1) = 40 + (20 - 3) = 57$ L-atm

G-2. For the isothermal expansion of an ideal gas
(A) U and H increases (B) U increases but H decreases
(C) H increases but U decreases (D*) U and H are unaltered
आदर्श गैस के समतापीय प्रसार के लिये
(A) U तथा H बढते है। (B) U बढता है परन्तु H घटता है।
(C) H बढता है परन्तु U घटता है। (D*) U तथा H अपरिवर्तित रहते हैं।

Sol. In isothermal reversible process ideal gas has constant temperature and so $\Delta U = 0$ and $\Delta H = \Delta U = 0$.
समतापीय उत्क्रमणीय प्रक्रम में आदर्श गैस का नियत ताप होता है अतः $\Delta U = 0$ तथा $\Delta H = \Delta U = 0$.

G-3. A vessel contains 100 litres of a liquid X. Heat is supplied to the liquid in such a fashion that, Heat given = change in enthalpy. The volume of the liquid increases by 2 litres. If the external pressure is one atm, and 202.6 Joules of heat were supplied then, [U - total internal energy]
एक पात्र में 100 लीटर द्रव X उपस्थित है। द्रव को ऊष्मा इस प्रकार दी जाती है कि दी गई ऊष्मा = ऐन्थैल्पी में परिवर्तन। द्रव का आयतन दो लीटर बढ़ जाता है। यदि बाह्य दाब 1 atm है तथा 202.6 जूल ऊष्मा दी गई, तब [U - कुल आंतरिक उर्जा]
(A) $\Delta U = 0$, $\Delta H = 0$ (B) $\Delta U = + 202.\ 6J$, $\Delta H = + 202.6$ J
(C) $\Delta U = - 202.6J$, $\Delta H = - 202.6J$ (D*) $\Delta U = 0$, $\Delta H = + 202.6J$

Sol. ΔH = heat given. So, process is isobaric.
$w = - P_{ext} (\Delta V) = - 1 \times 2$ litre.atm = – 202.6 J
Hence, q = 202.6 J = ΔH. and $\Delta U = q + w = 0$.

Sol. ΔH = दी गई ऊष्मा अतः समदाबीय प्रक्रम है।
$w = - P_{\text{बाह्य}} (\Delta V) = - 1 \times 2$ litre.atm = – 202.6 J
इसलिए q = 202.6 J = ΔH. तथा $\Delta U = q + w = 0$.

Section (H) : Phase transition
खण्ड (H) : संक्रमण अवस्था

H-1. $H_2O(s) \longrightarrow H_2O(\ell)$
This phase transition is carried out at constant temp and pressure then work done during the process :
(A) W < 0 (B*) W > 0 (C) W = 0 (D) can't detamined
$H_2O(s) \longrightarrow H_2O(\ell)$
इस संक्रमण अवस्था को नियत ताप तथा दाब पर निष्पादित किया जाता है तो प्रक्रम के दौरान किया गया कार्य है –
(A) W < 0 (B*) W > 0 (C) W = 0 (D) निर्धारित नहीं कर सकते

H-2. At 1 atm pressure, n moles of water (0ºC) are frozen to ice (0ºC). Then heat transfer is :
(A) $n\Delta H_{fusion}$ (B*) – n ΔH_{fusion} (C) $nC_{v,m}\Delta T$ (D) ΔH_{fusion}
1 atm दाब पर n मोल जल (0ºC) को बर्फ (0ºC) में जमाया जाता है। तो स्थानान्तरित ऊष्मा है :
(A) $n\Delta H_{\text{संगलन}}$ (B*) – n $\Delta H_{\text{संगलन}}$ (C) $nC_{v,m}\Delta T$ (D) $\Delta H_{\text{संगलन}}$

PART - III : MATCH THE COLUMN

भाग - III : कॉलम को सुमेलित कीजिए (MATCH THE COLUMN)

1. Match the column:

	Columm-I		Columm-II
(A)	Reversible isothermal expansion of an ideal gas	(p)	$w = -2.303\ nRT \log\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$
(B)	Reversible adiabatic compression of an ideal gas	(q)	PV^{γ} = constant
(C)	Irreversible adiabatic expansion of an ideal gas	(r)	$w = \frac{nR}{(\gamma-1)}(T_2 - T_1)$
(D)	Irreversible isothermal compression of an ideal gas	(s)	$\Delta H = 0$

कॉलम मिलान कीजिए।

	कॉलम-I		कॉलम-II
(A)	एक आदर्श गैस का उत्क्रमणीय समतापीय प्रसार	(p)	$w = -2.303\ nRT \log\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$
(B)	एक आदर्श गैस का उत्क्रमणीय रूद्धोष्म संपीडन	(q)	PV^{γ} = नियत
(C)	एक आदर्श गैस का अनुत्क्रमणीय रूद्धोष्म प्रसार	(r)	$w = \frac{nR}{(\gamma-1)}(T_2 - T_1)$
(D)	एक आदर्श गैस का अनुत्क्रमणीय समतापीय संपीडन	(s)	$\Delta H = 0$

Ans. (A – p, s) ; (B – q, r) ; (C – r) ; (D – s)

Sol. (A) Reversible isothermal expansion of ideal gas
$W = -2.303\ nRT \log \frac{V_2}{V_1}$ and $\Delta E = \Delta H = 0$ (as $\Delta T = 0$)
(B) Reversible adiabatic compression of an ideal gas
PV^{γ} = constant and $W = \frac{nR(T_2 - T_1)}{\gamma - 1} = \frac{P_2V_2 - P_1V_1}{\gamma - 1}$
(C) Irreversible adiabatic expansion of an ideal gas
$W = \frac{nR(T_2 - T_1)}{\gamma - 1}$
(D) Irreversible isothermal compression of an ideal gas
$\Delta H = 0$ (as $\Delta T = 0$)

Sol. (A) एक आदर्श गैस का उत्क्रमणीय समतापीय प्रसार

$$W = -2.303\ nRT \log \frac{V_2}{V_1} \text{ तथा } \Delta E = \Delta H = 0 \text{ (जैसा की } \Delta T = 0)$$

(B) एक आदर्श गैस का उत्क्रमणीय रूद्धोष्म संपीडन

$$PV^{\gamma} = \text{नियत तथा } W = \frac{nR(T_2 - T_1)}{\gamma - 1} = \frac{P_2V_2 - P_1V_1}{\gamma - 1}$$

(C) एक आदर्श गैस का अनुत्क्रमणीय रूद्धोष्म प्रसार

$$W = \frac{nR(T_2 - T_1)}{\gamma - 1}$$

(D) एक आदर्श गैस का अनुत्क्रमणीय समतापीय संपीडन

$\Delta H = 0$ (as $\Delta T = 0$)

2. Match the column:

	Column-I		Column-II
(A)	A process carried out infinitesimally slowly	(p)	Adiabatic
(B)	A process in which no heat enters or leaves the system	(q)	$\Delta E = 0, \Delta H = 0$
(C)	A process carried out at constant temperature	(r)	Reversible
(D)	Cyclic process	(s)	Isothermal

कॉलम मिलान कीजिए।

	कॉलम-I		कॉलम-II
(A)	एक प्रक्रम को अन्नत धीमे से कराया जाता है।	(p)	रूद्धोष्म
(B)	एक प्रक्रम जिसमें ऊष्मा न तो निकाय में प्रवेश करती है न ही निकाय से बाहर निकलती है।	(q)	$\Delta E = 0, \Delta H = 0$
(C)	एक प्रक्रम नियत ताप पर कराया जाता है।	(r)	उत्क्रमणीय
(D)	चक्रीय प्रक्रम	(s)	समतापीय

Ans. (A – r) ; (B – p) ; (C – s) ; (D – q)

Sol. (A) A process carried out infinitesimally slowly is called reversible process
(B) A process in which no heat enters or leaves the system is called adiabatic process
(C) A process carried out at constant temperature is called isothermal process
(D) In a cyclic process, state function have no change in their value.So, $\Delta E = 0$, $\Delta H = 0$.

हल (A) एक प्रक्रम को अन्नत धीमे से कराया जाता है उसको उत्क्रमणीय प्रक्रम कहते हैं।
(B) एक प्रक्रम जिसमें ऊष्मा न तो निकाय में प्रवेश करती है न ही निकाय से बाहर निकलती है, को रूद्वोष्मीय प्रक्रम कहते हैं।
(C) एक प्रक्रम जो नियत ताप पर कराया जाता है उसेसमतापीय प्रक्रम कहते हैं।
(D) चक्रीय प्रक्रम में अवस्था फलन के मान में परिवर्तन नहीं होता है। अतः $\Delta E = 0$, $\Delta H = 0$.

Exercise-2

PART - I : ONLY ONE OPTION CORRECT TYPE

भाग - I : केवल एक सही विकल्प प्रकार (ONLY ONE OPTION CORRECT TYPE)

Section (A) : Basic definitions

खण्ड (A) : मूल परिभाषा

1. In which one of the following sets, all the properties belong to same category (all extensive or all intensive)?

(A) Mass, volume, pressure
(B) Temperature, pressure, volume
(C) Heat capacity, density, entropy
(D*) Enthalpy, internal energy, volume.

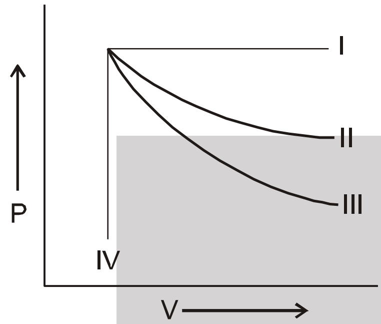
निम्न समूहों में से कौनसे एक समूह में सभी गुण समान वर्ग से सम्बंध है (सभी मात्रात्मक अथवा मात्रा स्वतंत्र) ?
(A) द्रव्यमान, आयतन, दाब (B) तापमान, दाब, आयतन
(C) ऊष्मा धारिता, घनत्व, एन्ट्रॉपी (D*) एन्थैल्पी, आन्तरिक ऊर्जा, आयतन

Sol. H, E and V all are extensive.

हल : H, E तथा V सभी मात्रात्मक हैं।

Section (B) : Thermodynamics processes
खण्ड (B) : ऊष्मागतिकी प्रक्रम

2.



The plots between P and V which represent isochoric and isobaric process respectively :
समआयतनिक तथा समदाबीय प्रक्रम को क्रमशः प्रदर्शित करने वाला P तथा V के मध्य आरेख है।
(A) I, II (B*) IV, I (C) I, IV (D) II, III

Sol. For IV volume is constant (isochoric)
For I pressure is constant (isobaric)

हल : IV के लिये आयतन नियत है (समआयतनिक)
I के लिये दाब नियत है (समदाबीय)

3. Match the enteries of column I with appropriate entries of column II and choose the correct option out of the four options (A), (B), (C) and (D).

	Column-I		Column-II
(X)	Isothermal	(p)	$\Delta T = 0$
(Y)	Isobaric	(q)	$\Delta V = 0$
(Z)	Adiabatic	(r)	$\Delta P = 0$
(W)	Isochoric	(s)	$q = 0$

कॉलम-I का कॉलम-II से मिलान कीजिए तथा विकल्प (A), (B), (C) तथा (D) में से सही विकल्प कीजिए।

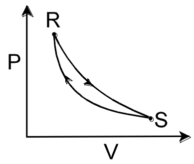
	कॉलम		कॉलम-II
(X)	समतापीय	(p)	$\Delta T = 0$
(Y)	समदाबीय	(q)	$\Delta V = 0$
(Z)	रूद्धोष्मीय	(r)	$\Delta P = 0$
(W)	समआयतनिक	(s)	$q = 0$

(A) X–p, Y–q, Z-r, W-x (B*) X–p, Y–r, Z-s, W-q (C) X–s, Y–p, Z-r, W-q (D) X–s, Y–p, Z-q, W-r

Sol. In isothermal process, $\Delta T = 0$
In isobaric process, $\Delta P = 0$
In adiabatic process, $q = 0$.
In isochoric process $\Delta V = 0$

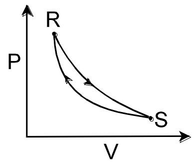
हल : समतापीय प्रक्रम में , $\Delta T = 0$
समदाबीय प्रक्रम में, $\Delta P = 0$
रूद्धोष्मीय प्रक्रम में, $q = 0$.
समआयतनीक प्रक्रम में, $\Delta V = 0$

4. Consider the cyclic process R $\rightarrow$ S $\rightarrow$ R as shown in the Fig. You are told that one of the path is adiabatic and the other one isothermal. Which one of the following is(are) true?



(A) Process R $\rightarrow$ S is isothermal
(B) Process S $\rightarrow$ R is adiabatic
(C) Process R $\rightarrow$ S is adiabatic
(D*) Such a graph is not possible

4. चित्र में दर्शाये अनुसार चक्रिय प्रक्रम R $\rightarrow$ S $\rightarrow$ R लीजिये। आपसे कहा जाता है कि इनमें से एक प्रक्रम रूद्धोष्मीय है तथा दूसरा प्रक्रम समतापीय है। निम्न में से कौनसा कथन सही है –

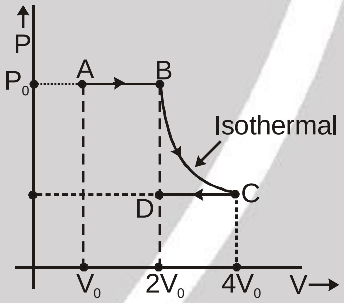


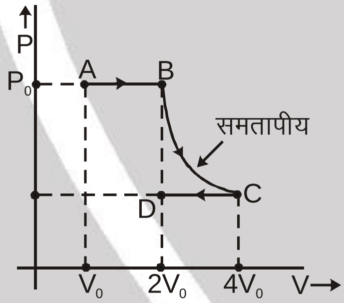
(A) प्रक्रम R $\rightarrow$ S समतापी है।
(B) प्रक्रम S $\rightarrow$ R रूद्धोष्मीय है।
(C) प्रक्रम R $\rightarrow$ S रूद्धोष्मीय है।
(D*) इस प्रकार का आरेख संभव नहीं है।

Sol. Because two state of a system can not be connected by one adiabatic & one isothermal path.
Sol. क्योंकि निकाय की दो अवस्था एक रूद्धोष्म तथा एक समतापीय पथ द्वारा नहीं जुड सकती हैं।

Section (C) : Work Calculation
खण्ड (C) : कार्य की गणना

5. Work for the following process ABCD on a monoatomic gas is :
एक परमाण्वीय गैस पर निम्न प्रक्रम ABCD के लिए W (कार्य) है।





(A*) $w = -2 P_0 V_0 \ln 2$,
(B) $w = -2 P_0 V_0 \ln 4$,
(C) $w = -P_0 V_0 (1 + \ln 2)$,
(D) $w = -P_0 V_0 \ln 2$,

Sol. At A and D the temperatures of the gas will be equal, so
A तथा D पर गैस का तापमान समान होगा अतः
$\Delta E = 0$, $\Delta H = 0$
Now(अब) $w = w_{AB} + w_{BC} + w_{CD} = -P_0V_0 - 2P_0V_0 \ln 2 + P_0V_0 = -2P_0V_0 \ln 2$

6. 50 L of a certain liquid is confined in a piston system at the external pressure 100 atm. This pressure is suddenly released and liquid is expanded against the constant atmospheric pressure, volume of the liquid increases by 1 L and the final pressure on the liquid is 10 atm. Find the magnitude of work done.
100 atm बाह्य दाब पर 50 L का निश्चित द्रव एक पिस्टन निकाय मे रखा हुआ है। इस दाब को अचानक मुक्त किया जाता है और नियत वायुमण्डीय दाब के विरूद्ध द्रव प्रसारित होता है तथा द्रव का आयतन 1 L से बढ जाता है, तथा द्रव पर अन्तिम दाब 10 atm हो जाता है तो किये गए कार्य के परिमाण की गणना करो।

(A*) 1 L.atm (B) 5 L.atm (C) 500 L.atm (D) 50 L.atm

Sol. $W = -P_{ext} (V_2 - V_1) = -1$ atm (1 L)
Sol. $W = -P_{\text{बाह्य}} (V_2 - V_1) = -1$ atm (1 L)

Section (E) : First law of thermodynamics
खण्ड (E) : ऊष्मागतिकी का प्रथम नियम

7.^ Which one of the following equations does not correctly represent the first law of thermodynamics for the given process in ideal gas ?

(A) Isothermal process : q = – w (B) Cyclic process : q = – w
(C*) Adiabatic process : $\Delta E = q$ (D) Expansion of a gas into vacuum : $\Delta E = q$

एक आदर्श गैस में दिये गये प्रक्रम के लिये निम्न में से कौन सी समीकरण ऊष्मा गतिकी के प्रथम नियम को सही रूप से प्रदर्शित नही करती है?

(A) समतापीय प्रक्रम : q = – w (B) चक्रीय प्रक्रम : q = – w
(C*) रूद्धोष्मीय प्रक्रम : $\Delta E = q$ (D) निर्वात में गैस का प्रसार : $\Delta E = q$

Sol. According to 1^{st} law of thermodynamics,
$\Delta E = q + w$.
For isothermal process, $\Delta E = 0$. Hence, q = – w
For cyclic process, ΔE= 0 Hence,
For expansion into vacuum, w = 0. Hence $\Delta E = q$.

हल : ऊष्मागतिकी के 1^{st} नियम के अनुसार,
$\Delta E = q + w$.
समतापीय प्रक्रम के लिये, $\Delta E = 0$. अतः q = – w
चक्रीय प्रक्रम के लिये, ΔE= 0 अतः
निर्वात में प्रसार के लिये w = 0. अतः $\Delta E = q$.

Section (F) : Adiabatic and isothermal processes
खण्ड (F) : रूद्धोष्म तथा समतापीय प्रक्रम

8. One mole of an ideal gas $\left(C_{v,m} = \frac{5}{2}R\right)$ at 300 K and 5 atm is expanded adiabatically to a final pressure of 2 atm against a constant pressure of 2 atm. Final temperature of the gas is :

नियत बाह्य दाब 2 atm के विरूद्ध 300 K व 5 atm पर एक मोल आदर्श गैस $\left(C_{v,m} = \frac{5}{2}R\right)$ को रूद्धोष्मीय रूप से 2 atm अन्तिम दाब तक प्रसारित किया जाता है। गैस का अन्तिम ताप निम्न हैं :

(A) 270 K (B) 273 K (C*) 248.5 K (D) 200 K

Sol. q = 0 $\therefore$ $\Delta U = w$

$$\Rightarrow nC_{v,m}(T_2 - T_1) = -P_{ext}\left[\frac{nRT_2}{P_2} - \frac{nRT_1}{P_1}\right]$$

$$\therefore C_{v,m}[T_2 - T_1] = P_{ext} \cdot R\left[\frac{T_1}{P_1} - \frac{T_2}{P_2}\right] \Rightarrow \frac{5}{2}R[T_2 - 300] = 2 \times R\left[\frac{300}{5} - \frac{T_2}{2}\right] \Rightarrow T_2 = 248.5 \text{ K}$$

Section (G) : Enthalpy
खण्ड (G) : एन्थैल्पी

9. The magnitudes of enthalpy changes for irreversible adiabatic expansion of a gas from 1L to 2L is ΔH_1 and for reversible adiabatic expansion for the same expansion is ΔH_2. Then

(A) $\Delta H_1 > \Delta H_2$
(B*) $\Delta H_1 < \Delta H_2$
(C) $\Delta H_1 = \Delta H_2$, enthalpy being a state function ($\Delta H_1 = \Delta H_2$)
(D) $\Delta H_1 = \Delta E_1$ & $\Delta H_2 = \Delta E_2$ where ΔE_1 & ΔE_2 are magnitudes of change in internal energy of gas in these expansions respectively.

एक गैस के लिए 1L से 2L तक अनुत्क्रमणीय रूद्धोष्म प्रसार के लिए एन्थैल्पी परिवर्तन का परिमाण ΔH_1 है तथा उत्क्रमणीय रूद्धोष्म प्रसार के लिए समान प्रसार के लिए एन्थैल्पी परिवर्तन ΔH_2 तब

(A) $\Delta H_1 > \Delta H_2$
(B*) $\Delta H_1 < \Delta H_2$
(C) $\Delta H_1 = \Delta H_2$, एन्थैल्पी एक अवस्था फलन है। ($\Delta H_1 = \Delta H_2$)
(D) $\Delta H_1 = \Delta E_1$ तथा $\Delta H_2 = \Delta E_2$ जहाँ ΔE_1 तथा ΔE_2 क्रमशः इन प्रसरणों के लिए गैस की आंतरिक ऊर्जाओं में परिवर्तन का परिमाण हैं।

Sol. $|W_{rev}| > |W_{Irr}|$
$T_{final(rev)} < T_{final(Irr)}$
$\Delta T_{rev} > \Delta T_{Irr}$
$\because \Delta H \propto \Delta T$
$\Delta H_{rev} > \Delta H_{Irr}$

PART - II : SINGLE AND DOUBLE VALUE INTEGER TYPE

भाग - II : एकल एवं द्वि–पूर्णांक मान प्रकार (SINGLE AND DOUBLE VALUE INTEGER TYPE)

1.^ How many statements are false ?
(i) Thermodynamics is concerned only with total energy of the system.
(ii) I^{st} law of thermodynamics can be applied on the individual particle enclosed in vessel.
(iii) Many thermodynamic properties can not be measured absolutely, so change in thermodynamic property is required for calculation.
(iv) Feasibility of any chemical reaction can not be explained by thermodynamics.
(v) When surrounding is always in equilibrium with the system, the process is called reversible.
(vi) Thermodynamics can predict the time to attain the equilibrium.
निम्न में से कितने कथन गलत है ?
(i) ऊष्मागतिकी, केवल तंत्र की कुल ऊर्जा के साथ संबंद्वित है।
(ii) ऊष्मागतिकी के प्रथम नियम को बंद पात्र में विशिष्ट अणुओं पर लागू किया जा सकता है।
(iii) अनेक ऊष्मागतिकी गुणों का पूर्ण रूप से मापन नही कर सकते, इसलिए गणना के लिए ऊष्मागतिकी गुणों में परिवर्तन की आवश्यकता है।
(iv) किसी भी रासायनिक अभिक्रिया के व्यवहार को ऊष्मागतिकी से नहीं समझाया जा सकता है।
(v) जब परिवेश हमेशा तंत्र के साथ साम्यावस्था में होता है तो इस प्रक्रिया को उत्क्रमणीय कहा जाता है।
(vi) ऊष्मागतिकी द्वारा साम्य प्राप्ति के समय को ज्ञात किया जा सकता है।

Ans. 4 (i, ii, iv, vi)

Sol. (i) F- Thermodynamic is concerned with total energy of universe
(ii) F- Applied on whole system
(iii) T
(iv) F - Thermodynamics predict the feasibility of reaction
(v) T
(vi) F - Thermodynamics can not predict the time of attain equilibrium because there is no relation below k_{eq} and time.

हल. (i) असत्य- ऊष्मागतिकी, सम्पूर्ण ब्रह्मांड की कुल ऊर्जा के साथ सम्बद्वित है।
(ii) असत्य- ऊष्मागतिकी को सम्पूर्ण तंत्र पर लागू किया जा सकता है।
(iii) सत्य
(iv) असत्य - रासायनिक अभिक्रियाओं के व्यवहार को ऊष्मागतिकी से समझाया जा सकता है।
(v) सत्य
(vi) असत्य - ऊष्मागतिकी द्वारा साम्य प्राप्ति के समय को ज्ञात नहीं किया जा सकता क्योंकि यहाँ $k_{साम्य}$ तथा समय में सम्बन्ध नहीं दिया है।

2.^ How many of the following physical properties are extensive :

(i) Free energy	(ii) vapour pressure	(iii) mole	(iv) Kinetic energy
(v) Entropy	(vi) Internal energy	(vii) Enthalpy	(viii) specific heat capacity

(ix) Coefficient of viscosity (x) Total heat capacity
निम्न में से कितने भौतिक गुण मात्रात्मक गुण है –

(i) मुक्त ऊर्जा	(ii) वाष्पदाब	(iii) मोल	(iv) गतिज ऊर्जा
(v) एन्ट्रोपी	(vi) आन्तरिक ऊर्जा	(vii) एन्थैल्पी	(viii) विशिष्ट ऊष्मा धारिता
(ix) श्यानता गुणांक	(x) कुल ऊष्मा धारिता		

Ans. 7 (i, iii, iv, v, vi, vii, x)

Sol. Extensive properties are (i) ; (iii) ; (iv) ; (v) ; (vi) ; (vii) ; (x).
मात्रात्मक गुण (i) ; (iii) ; (iv) ; (v) ; (vi) ; (vii) ; (x) है।

3.^ How many of the following are state function :

(i) Internal energy	(ii) Heat	(iii) Enthalpy	(iv) Entropy
(v) Pressure	(vi) Temp.	(vii) volume	(viii) Work
(ix) specific heat capacity	(x) molar heat capacity		

निम्न में से कितने अवस्था फलन है –

(i) आन्तरिक ऊर्जा	(ii) ऊष्मा	(iii) एन्थैल्पी	(iv) एन्ट्रोपी
(v) दाब	(vi) ताप	(vii) आयतन	(viii) कार्य
(ix) विशिष्ट ऊष्मा धारिता	(x) मोलर ऊष्मा धारिता		

Ans. 6 (i, iii, iv, v, vi, vii)

Sol. state function are (i) ; (iii) ; (iv) ; (v) ; (vi) ; (vii)
अवस्था फलन (i) ; (iii) ; (iv) ; (v) ; (vi) ; (vii) है।

4.^ Two moles of He gas ($\gamma = 5/3$) are initially at temp 27ºC and occupy a volume of 20 litres. The gas is first expanded at constant pressure until its volume is doubled. Then it undergoes reversible adiabatic change, until the volume become 110 lit, then predict the value of T/100 (where T is the final temperature, $\left(\frac{4}{11}\right)^{2/3} = \frac{1}{2}$)

2 मोल He गैस ($\gamma = 5/3$) प्रारम्भ में 27ºC ताप पर 20 लीटर आयतन को घेरे रहती है। गैस नियत दाब पर आयतन के दुगुना होने तक प्रसारित होती है। तब यह उत्क्रमणीय रूद्धोष्म परिवर्तन आयतन 110 लीटर होने तक दर्शाता है, तो T/100 का मान ज्ञात कीजिए। (जहाँ T अन्तिम ताप है, $\left(\frac{4}{11}\right)^{2/3} = \frac{1}{2}$)

Ans. 3

Sol. I[st] procese is isobaric
volume become double so, T is also become double
So, for adiabatic $T_i = 2 \times 300 = 600$
$V_i = 40$
$T_f = ?,\ V_f = 113$
for adiabatic, $P_1V_1^{\gamma}$ = constant = $TV^{\gamma-1}$ = constant
$T_iV_i^{5/3-1} = T_fV_f^{2/3}$
$600 \times (40)^{2/3} = T_f \times (40)^{2/3} = T_f \times (110)^{2/3}$
$T_f = 300$ K

Ans. $\frac{300}{100} = 3$

हल. प्रथम प्रक्रम समदाबीय है,
आयतन दोगुना होने पर T भी दोगुना हो जाता है।
इसलिए, रूद्धोष्म प्रक्रम के लिए, $T_i = 2 \times 300 = 600$
$V_i = 40$
$T_f = ?,\ V_f = 113$
रूद्धोष्म प्रक्रम के लिए,
$P_1V_1^{\gamma}$ = नियत = $TV^{\gamma-1}$ = नियत
$T_iV_i^{5/3-1} = T_fV_f^{2/3}$
$600 \times (40)^{2/3} = T_f \times (40)^{2/3} = T_f \times (110)^{2/3}$
$T_f = 300$ K

Ans. $\frac{300}{100} = 3$

5. A sample of an ideal gas is expanded from $1dm^3$ to $3\ dm^3$ in a reversible process for which $P = KV^3$, with K = 1/5 (atm/dm^9), what is work done by gas (L atm).

आदर्श गैस का एक प्रादर्श उत्क्रमणीय प्रक्रम में $1\ dm^3$ से $3\ dm^3$ तक प्रसारित होता है। जिसके लिए $P = KV^3$, K = 1/5 (atm/dm^9)। गैस (L atm) द्वारा किया गया कार्य है।

Ans. 4

Sol. $W = \int_1^3 PdV$

$$W = \int_1^3 Kv^3 dv = \left[K\frac{V^4}{4}\right]_1^3 \quad = \frac{K}{4}[81-1] \qquad \frac{1}{5\times 4}\times 80 = 4\ L.atm$$

6. The valve on a cylinder containing initially 1 liters of an ideal gas at 7 atm and 25ºC is opened to the atmosphere, Whose the pressure is 760 torr and the temperature is 25ºC. Assuming that the process is isothermal, how much work (in L.atm) is done on the atmosphere by the action of expansion ?

एक सिलेण्डर प्रारम्भ में 7 atm व 25ºC पर आदर्श गैस के 1 लीटर रखता है। इसका वाल्व परिवेश में खुला हुआ है, जिसका दाब 760 टॉर तथा ताप 25ºC है। इस प्रक्रम को समतापी मानकर प्रसार के कार्य द्वारा परिवेश में कितना कार्य (L.atm में) किया गया ?

Ans. 6

Sol. T = Constant नियत

$P_1V_1 = P_2V_2$

$7 \times 1 = \left(\frac{760}{760}\right) \times V_2 \Rightarrow V_2 = 7$ liter लीटर

$W = -P\,(\Delta V)$

$= -1 \times (7-1)$

$= -6$ L.atm

$W = -6$ L. atm

7.^ The work done (in Cal) in adiabatic compression of 2 mole of an ideal monoatomic gas by constant external pressure of 2 atm starting from intial pressure of 1 atm and initial temperature of 30 K (R = 2 cal/mol-degree)

प्रारंभिक दाब 1 atm व प्रारंभिक ताप 30 K से प्रारम्भ कर 2 atm के नियत बाह्य दाब के द्वारा एक आदर्श एकलपरमाण्वीय गैस के 2 मोल के रूद्धोष्मीय रूप से संपीडन में किया गया कार्य (कैलोरी में) निम्न हैं: (R = 2 कैलोरी/मोल डिग्री)

Ans. 72

Sol. $q = 0,\ \Delta U = W$

$nC_V(T_2 - T_1) = -P_{ext}(V_2 - V_1)$

$n\frac{3}{2}R\ (T_2 - 30) = -2\left(\frac{nRT_2}{2} - \frac{nR\times 30}{1}\right)$

$\Rightarrow \frac{3}{2}\ (T_2-30) = (60-T_2) \Rightarrow T_2 = 42$ K

$W = nC_V(T_2-T_1) = 2 \times \frac{3}{2} \times 2\ (42-30) = 72$ cal.

8. One mole of a non-ideal gas undergoes a change of state (2.0 atm, 3.0 L, 95 K) $\rightarrow$ (4.0 atm, 5.0 L, 245 K) with a change in internal energy, ΔU=30.0 L. atm. Calculate change in enthalpy of the process in L. atm.

1 मोल नॉन-आदर्श गैस में आन्तरिक ऊर्जा परिवर्तन के साथ अवस्था परिवर्तन (2.0 atm, 3.0 L, 95 K) $\rightarrow$ (4.0 atm, 5.0 L, 245 K) ; ΔU=30.0 L. atm है। प्रक्रम की एन्थैल्पी में परिवर्तन की गणना L. atm में कीजिए।

Ans. 44

Sol. (20 atm, 3.0 L, 95 K) ⟶ (4.0 atm, 5.0 L, 245 K)
n = 1 ; ΔU = 30.0 L. atm
$\Delta H = \Delta U + P\Delta V$
= 30 +$(P_2V_2+P_1V_1)$
= 30 + (4 × 5 – 2 × 3) = 30 + 14 = 44 L. atm

PART - III : ONE OR MORE THAN ONE OPTIONS CORRECT TYPE
भाग - III : एक या एक से अधिक सही विकल्प प्रकार

1. Which of the following properties of a system are intensive?
(A*) color (B*) kinetic energy per mole
(C) X (where X = U + H) (D*) specific volume (volume per unit mass)
एक तंत्र के लिए निम्न गुणों में से कौनसे गुण मात्रा स्वतंत्र गुण (intensive) है।
(A*) रंग (B*) गतिजऊर्जा प्रति मोल
(C) X (जहाँ X = U + H) (D*) विशिष्ट आयतन (प्रति इकाई द्रव्यमान के लिए आयतन)

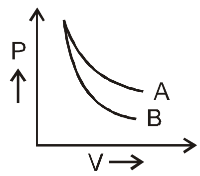
2. Choose the correct statement :
(A*) system and surrounding are always separated by a real or imaginary boundary.
(B*) perfectly isolated system can never be created.
(C*) in reversible process, energy change in each step can be reversed.
(D) irreversible process is also called quasi-equilibrium state.
सही कथन का चयन कीजिये :
(A*) निकाय तथा परिवेश हमेशा, वास्तविक अथवा काल्पनिक परिसीमा द्वारा पृथक रहते हैं।
(B*) पूर्णतः विलगित निकाय का निर्माण कभी नहीं किया जा सकता है।
(C*) उत्त्क्रमणीय प्रक्रम में प्रत्येक पद में ऊर्जा परिवर्तन, उत्त्क्रमणीय हो सकता है।
(D) अनुत्त्क्रमणीय प्रक्रम को क्वासी साम्यवास्था (quasi-equilibrium state) भी कहा जाता है।

3. In an isothermal expansion of a gaseous sample, the correct relation is : (consider w (work) with sign according to new IUPAC convention)
[The reversible and irreversible processes are carried out between same initial and final states.]
(A) $w_{rev} > w_{irrev}$ (B*) $w_{irrev} > w_{rev}$ (C) $q_{rev} < q_{irrev}$ (D*) $\Delta E_{rev} = \Delta E_{irrev}$
एक गैसीय नमूने के एक समतापीय प्रसार में सही सम्बन्ध है : (नये IUPAC नियमों के अनुसार w (कार्य) को चिन्ह के साथ लेते हैं) समान प्रारम्भिक तथा अन्तिम अवस्था के मध्य उत्क्रमणीय तथा अनुत्क्रमणीय प्रक्रम सम्पन्न किये जाते हैं।
(A) $w_{\text{उत्क्रमणीय}} > w_{\text{अनुत्क्रमणीय}}$ (B*) $w_{\text{अनुत्क्रमणीय}} > w_{\text{उत्क्रमणीय}}$
(C) $q_{\text{उत्क्रमणीय}} < q_{\text{अनुत्क्रमणीय}}$ (D*) $\Delta E_{\text{उत्क्रमणीय}} = \Delta E_{\text{अनुत्क्रमणीय}}$

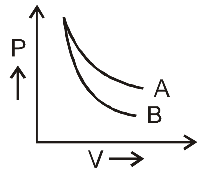
4. During the isothermal expansion of an ideal gas :
(A*) The internal energy remains unaffected (B*) The temperature remains constant
(C*) The enthalpy remains unaffected (D) The enthalpy increases
आदर्श गैस के समतापीय प्रसार के दौरान :
(A*) आन्तरिक ऊर्जा अप्रभावित रहती है। (B*) तापमान नियत रहता है।
(C*) एन्थैल्पी अपरिवर्तित रहती है। (D) एन्थैल्पी बढती है।

Sol. $\Delta T = 0$, $\Delta E = 0$, $\Delta H = 0$

5. P-V plot for two gases (assuming ideal) during adiabatic processes are given in the figure. Plot A and plot B should correspond respectively to :
(A) He and H_2
(B*) H_2 and He
(C*) SO_3 and CO_2
(D*) N_2 and Ar



5. दो गैसों (आदर्श मानते हुए) के P-V आरेख रूद्धोष्म प्रक्रम के दौरान निम्न आकृति में दिये गये हैं। आरेख A व आरेख B निम्न से संबंधित होते है :



(A) He तथा H_2 (B*) H_2 तथा He
(C*) SO_3 तथा CO_2 (D*) N_2 तथा Ar

Sol. PV = constant for isothermal proces
PV^γ = constant for adiabatic process so more
Value of γ, more decrease in pressure as volume increases.

हल. समतापीय प्रक्रम के लिये PV = नियत होता है।
इसी प्रकार रूद्धोष्म प्रक्रम के लिये PV^γ = नियत होता है।
γ का मान, दाब में अधिक कमी करता है, जब आयतन बढता है।

6. An ideal gas undergoes adiabatic expansion against constant external pressure. Which of the following is incorrect :
(A) Temperature of the system decreases.
(B*) The relation PV^γ = constant will be valid (where P and V are gas variables)
(C) $\Delta E + P_{ext}\Delta V = 0$
(D*) Enthalpy of the gas remains unchanged.
एक आदर्श गैस, नियत बाह्य दाब के विरूद्ध, रूद्धोष्मीय प्रसार दर्शाती है। निम्न में से कौनसा(से) कथन गलत है(हैं) :
(A) तंत्र के ताप में कमी आती है।
(B*) सम्बन्ध PV^γ = नियतांक मान्य होगी। (जहाँ P व V, गैस के चर हैं।)
(C) $\Delta E + P_{बाह्य}\,\Delta V = 0$
(D*) गैस की एन्थैल्पी अपरिवर्तित रहती है।

Sol. In adiabatic expansion, q = 0. So $\Delta E = W = -P_{ext}\,\Delta V$.
Irreversible adiabatic So PV^γ = constant not valid.
Since q = 0, so gas does work by utilizing its internal energy.
So, T decreases and also enthalpy (H) decreases.

Sol. रूद्धोष्मीय प्रसार में, q = 0. So $\Delta E = W = -P_{बाह्य}\,\Delta V$.
अनुत्क्रमणीय रूद्धोष्मीय अतः PV^γ = नियत मान्य नहीं है।
चूंकि q = 0, अतः इसकी आन्तरिक ऊर्जा को उपयोग कर कार्य किया जाता है।
अतः T घटता है तथा एन्थैल्पी (H) भी घटती है।

7. For the sublimation of a solid at 1 atm, which of the following may be correct
(A*) $\Delta U > 0$ at low temperature (B*) $q > 0$
(C*) $\Delta U < 0$ at high temperature (D*) $\Delta H > 0$
1 atm दाब पर ठोस के उर्ध्वपातन के लिए निम्न में से कौनसा सही हो सकता है।
(A*) निम्न ताप पर $\Delta U > 0$ (B*) $q > 0$
(C*) उच्च ताप पर $\Delta U < 0$ (D*) $\Delta H > 0$

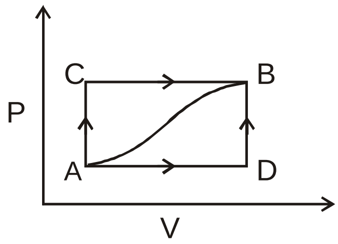
PART - IV : COMPREHENSION

भाग - IV : अनुच्छेद (COMPREHENSION)

Read the following passage carefully and answer the questions.
निम्न अनुच्छेद को ध्यानपूर्वक पढ़िये तथा प्रश्नों के उत्तर दीजिए।

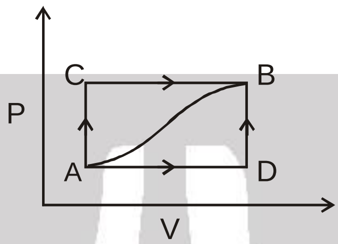
Comprehension #

When a system is taken from state A to state B along path ACB as shown in figure below, 80 J of heat flows into the system and the system does 30 J of work.



अनुच्छेद #

जब एक तंत्र को अवस्था A से अवस्था B में चित्र में दर्शाये पथ ACB के अनुसार लाया जाता है, तब 80 J की उष्मा, तंत्र में प्रवाहित होती है तथा तंत्र 30 J का कार्य करता है।



1. How much heat flows into the system along path ADB if the work done by the system is 10 J :
पथ ADB के अनुदिश, तंत्र में ऊष्मा की कितनी मात्रा प्रवाहित की जाती है, यदि तंत्र द्वारा किया गया कार्य 10 J है :
(A) 40 J (B*) 60 J (C) 80 J (D) 100 J

Sol. Since $\Delta E = q + w = 80 - 30 = 50$
So for ADB
$\Delta E = q + w$; $50 = q - 10$; $q = 60$ J

हल. चूंकि $\Delta E = q + w$
$= 80 - 30 = 50$
इसलिए ADB के लिए
$\Delta E = q + w$; $50 = q - 10$; $q = 60$ J

2. When the system is returned from state B to A along the curved path, the work done on the system is 20 J. Does the system absorb or liberate heat and by how much ?
(A*) –70 J ; heat is liberated. (B) –60 J ; heat is liberated.
(C) +70 J ; heat is absorbed. (D) +60 J ; heat is absorbed.
यदि तंत्र पुनः अवस्था B से A पर वक्रित पथ (curved path) के अनुदिश वापस आता है तथा तंत्र पर किया गया कार्य 20 J है, तब तंत्र कितनी मात्रा में ऊष्मा उत्सर्जन अथवा अवशोषण करेगा ?
(A*) –70 J ; ऊष्मा का उत्सर्जन (B) –60 J ; ऊष्मा का उत्सर्जन
(C) +70 J ; ऊष्मा का अवशोषण (D) +60 J ; ऊष्मा का अवशोषण

Sol. For B to A, $\Delta E = -50$ J
$w = +20$ J
$q = -50 - 20 = -70$
heat is liberate.

हल. B से A के लिए, $\Delta E = -50$ J
$w = +20$ J
$q = -50 - 20 = -70$
ऊष्मा उत्सर्जित होती है।

3.^ If $E_D - E_A = +40$J, the heat absorbed in the processes AD and DB are respectively :
(A) $q_{AD} = 30$ J and $q_{DB} = -90$ J (B) $q_{AD} = +60$ J and $q_{DB} = 0$ J
(C) $q_{AD} = -30$ J and $q_{DB} = 90$ J (D*) $q_{AD} = +50$ J and $q_{DB} = 10$ J
यदि $E_D - E_A = +40$J है, तब प्रक्रम AD तथा DB में अवशोषित उष्मा क्रमशः है :
(A) $q_{AD} = 30$ J तथा $q_{DB} = -90$ J (B) $q_{AD} = +60$ J तथा $q_{DB} = 0$ J
(C) $q_{AD} = -30$ J तथा $q_{DB} = 90$ J (D*) $q_{AD} = +50$ J तथा $q_{DB} = 10$ J

Sol. In ADB process, DB process is isochoric, so $w_{DB} = 0$
ADB प्रक्रम में, DB प्रक्रम समआयतनिक है, इसलिए $w_{DB} = 0$
So (इसलिए), $\Delta E_{AD} = q_{AD} + w_{AD}$
$-40 = q_{AD} + (-10)$; $q_{AD} = -30$ J
Now (अब), $q_{AB} = q_{AD} + q_{DB}$; $60 = -30 + q_{DB}$
$q_{DB} = 90$ J

Exercise-3

*** Marked Questions may have more than one correct option.**
*** चिन्हित प्रश्न एक से अधिक सही विकल्प वाले प्रश्न है -**

PART - I : JEE (ADVANCED) / IIT-JEE PROBLEMS (PREVIOUS YEARS)

भाग - I : JEE (ADVANCED) / IIT-JEE (पिछले वर्षो) के प्रश्न

1. The given reaction

$2CO + O_2 \longrightarrow 2CO_2$ $\Delta H = -560$ kJ
2moles 1 mole

is carried out in one litre container, if the pressure in the container gets changes from 70 atm to 40 atm as reaction gets completed. Calculate ΔU of the reaction. [1L atm = 0.1 kJ] **[JEE 2006, 6/184]**
दी गई अभिक्रिया एक लीटर पात्र में सम्पन्न होती है। यदि अभिक्रिया पूर्ण होने पर पात्र के दाब में परिवर्तन 70 atm से 40 atm हो जाता है। तो अभिक्रिया का ΔU परिकलित कीजिए। [1L atm = 0.1 kJ] **[JEE 2006, 3/184]**

$2CO + O_2 \longrightarrow 2CO_2$ $\Delta H = -560$ kJ
2 मोल 1 मोल

Sol. $\Delta H = \Delta U + \Delta(PV)$
so, $\Delta U = \Delta H - \Delta(PV) = -560 - [40 - 70]$ (L atm) $= (-560 + 30 \times 0.1)$ kJ $= -557$ kJ.

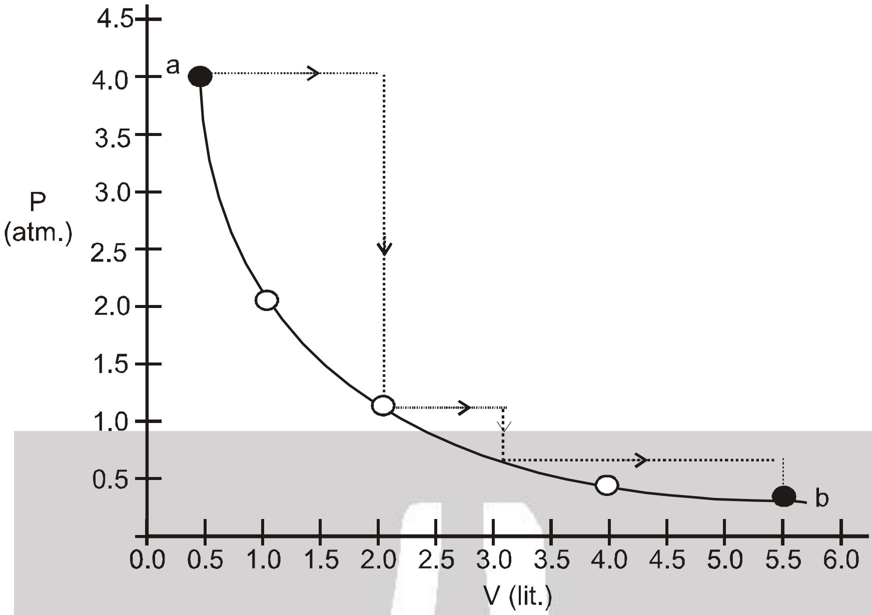
2.* Among the following, the state function(s) is(are) : **[JEE 2009, 4/160]**
(A*) Internal energy (B*) Irreversible expansion work
(C) Reversible expansion work (D*) Molar enthalpy
निम्नलिखित में से अवस्था फलन (state function) है /हैं : **[JEE 2009, 4/160]**
(A*) आन्तरिक ऊर्जा (Internal energy)
(B*) अनुत्क्रमणीय प्रसार कार्य (Irreversible expansion work)
(C) उत्क्रमणीय प्रसार कार्य (Reversible expansion work)
(D*) मोलर एन्थैल्पी (Molar enthalpy)

Sol. State function are internal energy and molar enthalpy.
Work is path function whether it is reversible or Irreversible.
हल. आन्तरिक ऊर्जा तथा मोलर ऐन्थैल्पी अवस्था फलन हैं।
कार्य चाहे उत्क्रमणीय हो अथवा अनुत्क्रमणीय हो यह पथ फलन होता है।

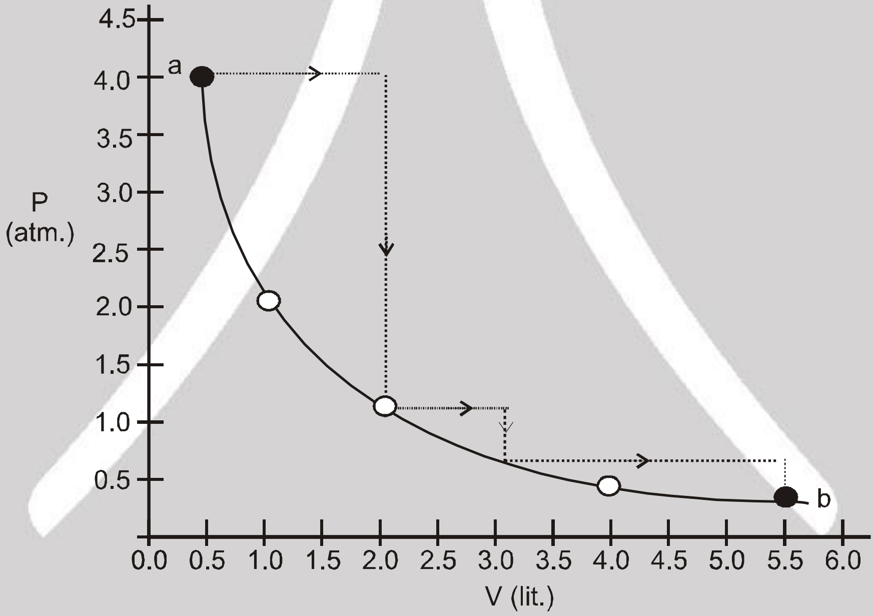
3.* Among the following, the intensive property is (properties are) : **[JEE 2010, 3/163]**
(A*) molar conductivity (B*) electromotive force
(C) resistance (D) heat capacity
निम्न में स्वतंत्रमात्रात्मक गुणधर्म (intensive property) है/हैं : **[JEE 2010, 3/163]**
(A*) मोलर चालकता (B*) वैद्युतवाहक बल (C) प्रतिरोध (D) ऊष्मा धारिता

Sol. Molar conductivity and electromotive force (emf) are intensive properties as these are size independent.
मोलर चालकता तथा वैद्युतवाहक बल (emf) स्वतंत्रमात्रात्मक गुणधर्म (intensive property) है क्योंकि यह आकार पर निर्भर नहीं करते हैं।

4. One mole of an ideal gas is taken from **a** and **b** along two paths denoted by the solid and the dashed lines as shown in the graph below. If the work done along the solid line path is w_s and that along the dotted line path is w_d, then the integer closest to the ratio w_d / w_s is : **[JEE 2010, 3/163]**



एक आदर्श गैस के एक मोल को **a** से **b** तक घन (solid) रेखा और डैश (dashed) रेखा द्वारा निम्न ग्राफ में दिखाए गये दो रास्तों द्वारा ले जाया गया। यदि घन रेखा के रास्ते पर किया गया कार्य w_s है और डैश रेखा के रास्ते पर किया गया कार्य w_d है, तब अनुपात w_d / w_s का सबसे समीप पूर्णांक है। **[JEE 2010, 3/163]**



Ans. 2

Sol. Process shown by solid line is reversible isothermal

So, work $W_s = -4 \times 0.5 \ln (5.5/0.5) = -2 \ln 11$ L atm.

For dotted process (three step irreversible) work done will be

$$W_d = -\{4 \times 1.5 + 1 \times 1 + \frac{2}{3} \times 2.5\} \text{ L atm.}$$

$$= -\{6 + 1 + \frac{5}{3}\} \text{ L atm.} \quad = -\frac{26}{3} \text{ L atm.}$$

so, $$\frac{W_d}{W_s} = \frac{26}{3 \times 2 \quad \ln 11} \approx 2.$$

हल घन रेखा द्वारा प्रदर्शित प्रक्रम उत्क्रमणीय समतापीय प्रक्रम है।

अतः, कार्य $W_s = -4 \times 0.5 \ln (5.5/0.5) = -2 \ln 11$ L atm.

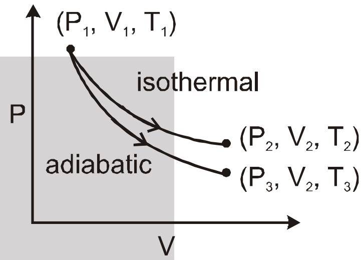
डैश रेखा द्वारा प्रदर्शित प्रक्रम (त्रिपदीय अनुत्क्रमणीय) के लिए कार्य

$$W_d = -\{4 \times 1.5 + 1 \times 1 + \frac{2}{3} \times 2.5\} \text{ L atm.}$$

$$= -\{6 + 1 + \frac{5}{3}\} \text{ L atm.} \quad = -\frac{26}{3} \text{ L atm.}$$

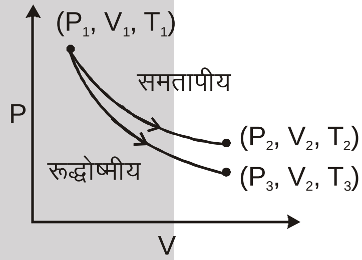
अतः, $\frac{W_d}{W_s} = \frac{26}{3 \times 2 \quad \ln 11} \approx 2.$

5.* The reversible expansion of an ideal gas under adiabatic and isothermal conditions is shown in the figure. Which of the following statement(s) is (are) correct ? **[JEE 2012, 4/136]**



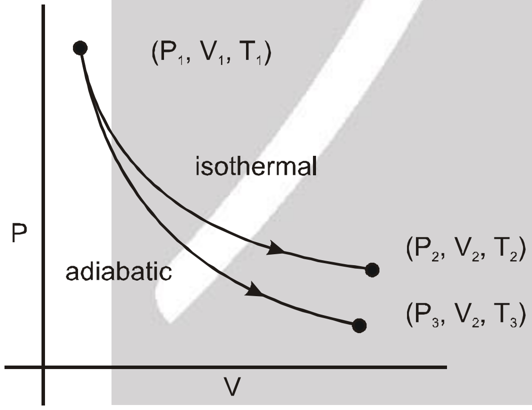
(A*) $T_1 = T_2$
(B) $T_3 > T_1$
(C) $w_{isothermal} > w_{adiabatic}$
(D*) $\Delta U_{isothermal} > \Delta U_{adiabatic}$

5.* दिये हुए रेखाचित्र में एक आदर्श गैस के लिए रूद्धोष्म (adiabatic) और समतापीय (isothermal) अवस्थाओं में उत्क्रमणीय प्रसार (reversible expansion) दिखाया गया है। निम्नलिखित कथनों में से कौन कथन सही है/हैं? **[JEE 2012, 4/136]**



(A*) $T_1 = T_2$
(B) $T_3 > T_1$
(C) $w_{\text{समतापीय}} > w_{\text{रूद्धोष्म}}$
(D*) $\Delta U_{\text{समतापीय}} > \Delta U_{\text{रूद्धोष्म}}$

Sol.



(A) $T_1 = T_2$ (due to isothermal)

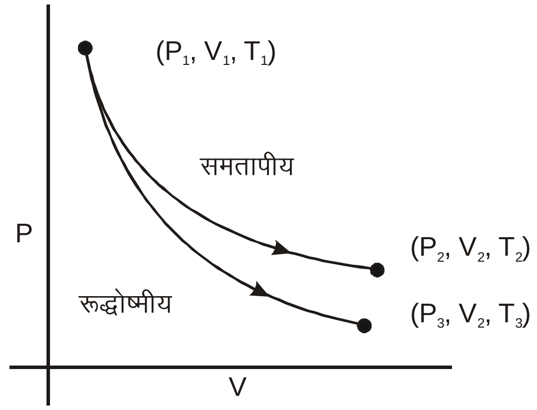
(B) $T_3 > T_1$ (incorrect) cooling will take place in adiabatic expansion)

(C) $W_{isothermal} > W_{adiabatic}$ { with sign, this is incorrect}

(D) $\Delta U_{isothermal} = 0 > \Delta U_{adiabatic} = -$ ve

So, answer is (A,D).

हल



(A) $T_1 = T_2$ (समतापीय होने के कारण)

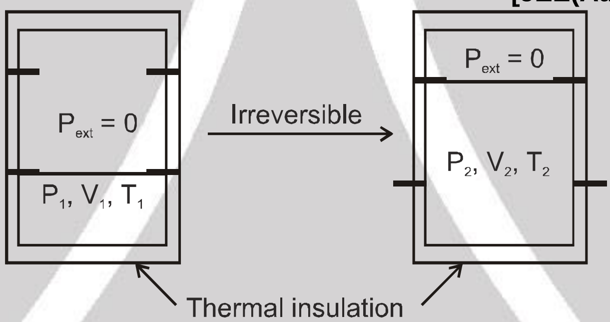
(B) $T_3 > T_1$ (असत्य) रूद्धोष्मीय प्रसार में शीतलन होगा)

(C) $W_{isothermal} > W_{adiabatic}$ { चिन्ह के साथ, यह असत्य है।}

(D) $\Delta U_{isothermal} = 0 > \Delta U_{adiabatic} = -ve$

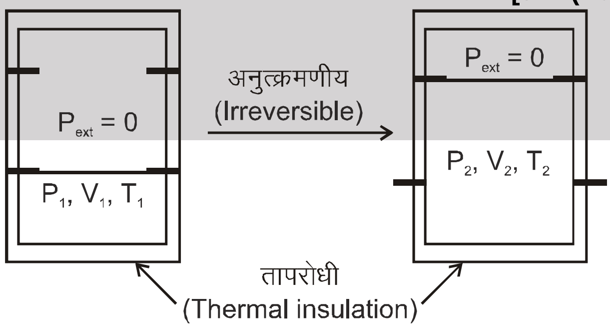
अतः उत्तर (A,D) है।

6.* An ideal gas in a thermally insulated vessel at internal pressure = P_1, volume = V_1 and absolute temperature = T_1 expands irreversibly against zero external pressure, as shown in the diagram. The final internal pressure, volume and absolute temperature of the gas are P_2, V_2 and T_2, respectively. For this expansion, **[JEE(Advanced) 2014, 3/120]**



उष्मारोधी (thermally insulated) बर्तन में एक आदर्श गैस आन्तरिक दबाव = P_1, आयतन = V_1 तथा परमताप = T_1 पर शून्य बाहय दबाव के विरूद्व नीचे दर्शाये चित्रानुसार अनुत्क्रमणीय (irreversibly) प्रसारित होती है। गैस का आखिरी आन्तरिक दबाव, आयतन एवं परमताप क्रमशः P_2, V_2 तथा T_2, है। इस विस्तारण के लिए

[JEE(Advanced) 2014, 3/120]



(A*) $q = 0$ (B*) $T_2 = T_1$ (C*) $P_2V_2 = P_1V_1$ (D) $P_2V_2^{\gamma} = P_1V_1^{\gamma}$

Sol. Since the vessel is thermally insulated so

$q = 0$

$p_{ext} = 0$, so $w = 0$

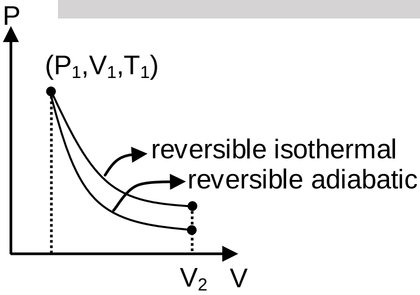
so $\Delta U = 0$ (ideal gas)

Hence $\Delta T = 0$

$\Rightarrow \Delta T = 0$
$\Rightarrow T_2 = T_1$
$\Rightarrow P_2V_2 = P_1V_1$
The process is however adiabatic irriversible.
So we cannot apply $P_2V_2^{\gamma} = P_1V_1^{\gamma}$
Hence ans is (A) , (B), (C)

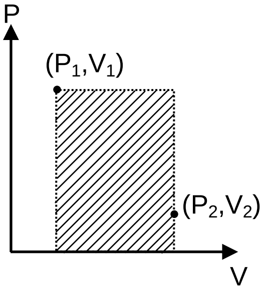
हल. क्योंकि पात्र ऊष्मारोधी है।
$q = 0$
$p_{ext} = 0$, इसलिए $w = 0$
इसलिए $\Delta U = 0$ (आदर्श गैस)
अतः $\Delta T = 0$
$\Rightarrow \Delta T = 0$
$\Rightarrow T_2 = T_1$
$\Rightarrow P_2V_2 = P_1V_1$
यह प्रक्रम यद्यपि रूद्वोष्मीय रूप से अनुत्क्रमणीय है।
इसलिए हम यह प्रयुक्त नहीं कर सकते $P_2V_2^{\gamma} = P_1V_1^{\gamma}$
अतः उत्तर (A), (B), (C) है।

7.* An ideal gas is expanded from (p_1, V_1, T_1) to (p_2, V_2, T_2) under different conditions. The correct statement(s) among the following is (are) **[JEE(Advanced) 2017, 4/122]**
(A*) The work done by the gas is less when it is expanded reversibly from V_1 to V_2 under adiabatic conditions as compared to that when expanded reversibly from V_1 to V_2 under isothermal conditions
(B) The change in internal energy of the gas is (i) zero, if it is expanded reversibly with $T_1 = T_2$, and (ii) positive, if it is expanded reversibly under adiabatic conditions with $T_1 \neq T_2$
(C*) If the expansion is carried out freely, it is simultaneously both isothermal as well as adiabatic
(D*) The work done on the gas is maximum when it is compressed irreversibly from (p_2, V_2) to (p_1, V_1) against constant pressure p_1
एक आदर्श गैस को (p_1, V_1, T_1) से (p_2, V_2, T_2) तक विभिन्न अवस्थाओं के अधीन फैलाया गया है। निम्नलिखित विकल्पों में सही कथन है(हैं) **[JEE(Advanced) 2017, 4/122]**
(A*) जब V_1 से V_2 तक रूद्धोष्म अवस्था के अधीन इसका उत्क्रमणीय (reversibly) फैलाव किया जाय तो गैस द्वारा किया गया कार्य V_1 से V_2 तक समतापी (isothermal) अवस्थाओं के अधीन उत्क्रमणीय फैलाव में किये गये कार्य की तुलना में कम है।
(B) गैस की आतंरिक ऊर्जा में बदलाव (i) शून्य है यदि इसे $T_1 = T_2$ के साथ फैलाव उत्क्रमणीय (reversibly) तरीके से किया जाए, और (ii) धनात्मक है यदि इसे $T_1 \neq T_2$ के साथ रूद्धोष्म (adiabatic) परिस्थितियों के अधीन उत्क्रमणीय (reversibly) फैलाव किया जाय
(C*) यदि फैलाव मुक्त रूप से किया जाय तो यह साथ–साथ दोनों समतापी (isothermal) एवं रूद्धोष्म (adiabatic) हैं।
(D*) जब इसे अनुत्क्रमणीय तरीके से (irreversibly) (p_2, V_2) से (p_1, V_1) तक स्थिर दाब p_1 के विरूद्ध दबाया जाता है तो गैस के ऊपर किया गया कार्य अधिकतम होता है।

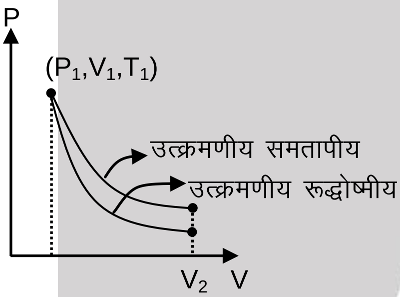
Sol. (A)


Area under curve in reversible isothermal is more. So, more work will be done by gas.
(B) $T_1 = T_2 \Rightarrow \Delta U = nC_V\Delta T = 0$
In reversible adiabatic expansion, $T_2 < T_1$
$\therefore \Delta T = -ve \therefore \Delta U = -ve$

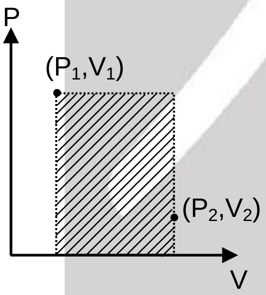
(C) In Free expansion, $P_{ext} = 0 \therefore W = 0$
If carried out isothermally ($\Delta U = 0$) $\Rightarrow q = 0$ (Adiabatic) ; From I law
If carried out adiabatically ($q = 0$) $\Rightarrow \Delta U = 0$ (Isothermal) ; From I law

(D) 

During irreversible compression, maximum work is done on the gas (corresponding to shaded area)

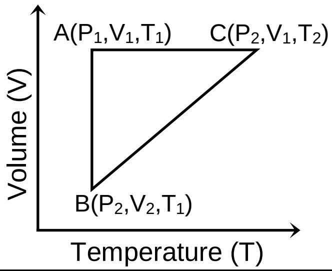
हल : (A) 

उत्क्रमणीय समतापीय प्रसार प्रक्रम में आरेख के नीचे का क्षेत्रफल अधिक है, इस प्रकार गैस द्वारा किया गया कार्य भी अधिक होगा।
(B) $T_1 = T_2 \Rightarrow \Delta U = nC_V\Delta T = 0$
उत्क्रमणीय रूद्धोष्मीय प्रसार में, $T_2 < T_1$
$\therefore \Delta T = -ve \therefore \Delta U = -ve$
(C) मुक्त प्रसार में, $P_{ext} = 0 \therefore W = 0$
यदि समातीय रूप से सम्पन्न होता है, ($\Delta U = 0$) $\Rightarrow q = 0$ (रूद्धोष्मीय) ; I नियम से
यदि रूद्धोष्मीय रूप से सम्पन्न होता है, ($q = 0$) $\Rightarrow \Delta U = 0$ (समतापीय) ; I नियम से

(D) 

अनुत्क्रमणीय सम्पीडन के दौरान गैस पर किया गया कार्य अधिकतम होता है। (छायांकित क्षेत्रफल के अनुसार)

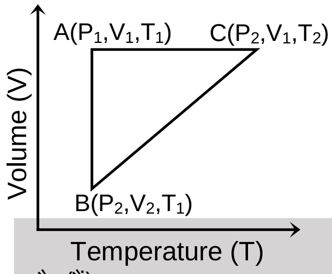
8.* A reversible cyclic process for an ideal gas is shown below. Here, P, V, and T are pressure, volume and temperature, respectively. The thermodynamic parameters q, w, H and U are heat, work, enthalpy and internal energy, respectively.



The correct option(s) is (are) **[JEE(Advanced) 2018, 4/120]**

(A) $q_{AC} = \Delta U_{BC}$ and $w_{AB} = P_2 (V_2–V_1)$
(B*) $W_{BC} = P_2 (V_2–V_1)$ and $q_{BC} = \Delta H_{AC}$
(C*) $\Delta H_{CA} < \Delta U_{CA}$ and $q_{AC} = \Delta U_{BC}$
(D) $q_{BC} = \Delta H_{AC}$ and $\Delta H_{CA} > \Delta U_{CA}$

एक आदर्श गैस के लिए एक उत्क्रमणीय चक्रीय प्रक्रम (reversible cyclic process) नीचे आकृति में दिखाया गया है। यहाँ P, V और T क्रमशः दाब, आयतन और तापमान हैं। ऊष्मागतिक प्राचल q, w, H और U, क्रमशः ऊष्मा, कार्य, एन्थैल्पी और आंतरिक उर्जा हैं।



सही विकल्प है (हैं) **[JEE(Advanced) 2018, 4/120]**

(A) $q_{AC} = \Delta U_{BC}$ और $w_{AB} = P_2 (V_2–V_1)$
(B*) $W_{BC} = P_2 (V_2–V_1)$ और $q_{BC} = \Delta H_{AC}$
(C*) $\Delta H_{CA} < \Delta U_{CA}$ और $q_{AC} = \Delta U_{BC}$
(D) $q_{BC} = \Delta H_{AC}$ और $\Delta H_{CA} > \Delta U_{CA}$

Sol. AC $\Rightarrow$ isochoric process
AB $\Rightarrow$ isothermal process
BC $\Rightarrow$ isobaric process
$\Rightarrow q_{AC} = \Delta U_{AC} = nC_{v,m}(T_2 – T_1) = \Delta U_{BC}$
$\Rightarrow W_{AB} = –nRT_1 \, \ell n\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$
$\Rightarrow W_{BC} = –P_2(V_1 – V_2) = P_2(V_2 – V_1)$
$\Rightarrow q_{BC} = \Delta H_{BC} = nC_{P,m}(T_2 – T_1) = \Delta H_{AC}$
$\Rightarrow \Delta H_{CA} = nC_{P,m}(T_1 – T_2)$
$\Rightarrow \Delta U_{CA} = nC_{V,m}(T_1 – T_2)$
$\Delta H_{CA} < \Delta U_{CA}$ since both are negative $(T_1 < T_2)$

Sol. AC $\Rightarrow$ समआयतनिक प्रक्रम
AB $\Rightarrow$ समतापीय प्रक्रम
BC $\Rightarrow$ समदाबीय प्रक्रम
$\Rightarrow q_{AC} = \Delta U_{AC} = nC_{v,m}(T_2 – T_1) = \Delta U_{BC}$
$\Rightarrow W_{AB} = –nRT_1 \, \ell n\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$
$\Rightarrow W_{BC} = –P_2(V_1 – V_2) = P_2(V_2 – V_1)$
$\Rightarrow q_{BC} = \Delta H_{BC} = nC_{P,m}(T_2 – T_1) = \Delta H_{AC}$
$\Rightarrow \Delta H_{CA} = nC_{P,m}(T_1 – T_2)$
$\Rightarrow \Delta U_{CA} = nC_{V,m}(T_1 – T_2)$
$\Delta H_{CA} < \Delta U_{CA}$ चूंकि दोनो ऋणात्मक है $(T_1 < T_2)$

PART - II : JEE (MAIN) / AIEEE PROBLEMS (PREVIOUS YEARS)

भाग - II : JEE (MAIN) / AIEEE (पिछले वर्षो) के प्रश्न

JEE-MAIN OFFLINE PROBLEMS

1. Assuming that water vapour is an ideal gas, the internal energy change (ΔU) when 1 mol of water is vapourised at 1 bar pressure and 100°C, (Given : Molar enthalpy of vapourization of water at 1 bar and 373 K=41 kJmol$^{–1}$ and R =.3 J mol$^{–1}$ K$^{–1}$) will be : **[AIEEE 2007, 3/120]**

जलवाष्प को एक आदर्श गैस मानकर (ΔU) जब एक मोल पानी को 100ºC ताप तथा 1 barदाब पर वाष्पित करते हैं तो आन्तरिक ऊर्जा में परिवर्तन होगा (दिया है पानी की वाष्पित मोलर ऐन्थैल्पी 373 K ताप तथा 1bar दाब पर 41 kJ mol^{-1} तथा R = 8.3 J mol^{-1} K^{-1} हैं) : **[AIEEE 2007, 3/120]**

(1*) 37.904 kJ mol^{-1} (2) 41.00 kJ mol^{-1} (3) 4.100 kJ mol^{-1} (4) 3.7904 mol^{-1}

Sol. $\Delta U = \Delta H - \Delta nRT$

$= 41000 - 1 \times 8.314 \times 373 = 41000 - 3101.122$

$= 37898.878$ J mol^{-1} = 37.9 kJ mol^{-1}.

2. A piston filled with 0.04 mol of an ideal gas expands reversibly from 50.0 mL to 375 mL at a constant temperature of 37.0ºC. As it does so, it absorbs 208 J of heat. The values of q and w for the process will be: (R = 8.314 J/mol K) (ln 7.5 = 2.01) **[JEE(Main) 2013, 4/120]**

स्थिर ताप 37.0ºC पर एक आदर्श गैस के 0.04 मोल से भरा हुआ पिस्टन उत्क्रमणीय ढंग से 50.0 mL से 375 mL तक फैलता है। ऐसा होने में ऊष्मा का 208 J शोषित होता है। q और w के मान प्रक्रम के लिये होगें : **[JEE(Main) 2013, 4/120]**

(R = 8.314 J/mol K) (ln 7.5 = 2.01)

(1*) q = +208 J, w = – 208 J (2) q = –208 J, w = – 208 J

(3) q = –208 J, w = + 208 J (4) q = +208 J, w = + 208 J

Sol. The process is isothermal expansion Hence, q = - w $\Delta u = 0$

q = + 208 J

w = – 208 J(expansion work)

Sol. दिया गया प्रक्रम समतापीय प्रसार को प्रदर्शित करता है, इसलिये q = - w $\Delta u = 0$

q = + 208 J

w = – 208 J(प्रसार कार्य)

3. ΔU equal to : **[JEE(Main) 2017, 4/120]**

(1) Isobaric work (2*) Adiabatic work (3) Isothermal work (4) Isochoric work

ΔU जिसके बराबर है, वह है : **[JEE(Main) 2017, 4/120]**

(1) समदाबी कार्य (2*) रूद्धोष्म कार्य (3) समतापी कार्य (4) सम–आयतनिक कार्य

Sol. For Adiabatic process (रूद्धोष्म प्रक्रम के लिए), Q = 0

Now (अब), $\Delta U = Q + W$

$\Rightarrow$ $\Delta U = W$

JEE-MAIN ONLINE PROBLEMS

1. If 100 mole of H_2O_2 decompose at 1 bar and 300 K, the work done (kJ) by $O_2(g)$ as it expands against 1 bar pressure is : **[JEE(Main) 2016 Online (10-04-16), 4/120]**

$2H_2O_2(l) \rightleftharpoons 2H_2O(l) + O_2(g)$ (R = 8.3 J K^{-1} mol^{-1})

यदि H_2O_2 के 100 मोल 1 bar तथा 300 K पर वियोजित हो तो 1 bar दाब के विरूद्ध ऑक्सीजन के विस्तारित होने पर किया हुआ कार्य (kJ) होगा : **[JEE(Main) 2016 Online (10-04-16), 4/120]**

$2H_2O_2(l) \rightleftharpoons 2H_2O(l) + O_2(g)$ (R = 8.3 J K^{-1} mol^{-1})

(1) 498.00 (2) 62.25 (3*) 124.50 (4) 249.00

Sol. $2H_2O_2(l) \rightleftharpoons 2H_2O(l) + O_2(g)$

$W = -P_{ext} (\Delta V) = -(n_{O_2}) RT$

$\because$ 100 mol H_2O_2 on decomposition will give 50 mol O_2

100 मोल H_2O_2 वियोजित होकर 50 मोल O_2 देते है।

$\Rightarrow$ W = –(50)(8.3)(300)J = –124500 J

W = –124.5 kJ

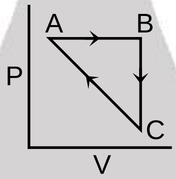
$\Rightarrow$ Work done by $O_2(g)$ = 124.5 kJ Ans.

$O_2(g)$ द्वारा किया गया कार्य = 124.5 kJ Ans.

2. A gas undergoes change from state A to state B. In this process, the heat absorbed and work done by the gas is 5 J and 8 J, respectively. Now gas is brought back to A by another process during, which 3 J of heat is evolved. In this reverse process of B to A : **[JEE(Main) 2017 Online (09-04-17), 4/120]**
(1) 10 J of the work will be done by the surrounding on gas.
(2) 10 J of the work will be done by the gas.
(3*) 6 J of the work will be done by the surrounding on gas.
(4) 6 J of the work will be done by the gas.
एक गैस अवस्था A से अवस्था B को जाती है। इस प्रक्रम में, गैस द्वारा शोषित ऊष्मा तथा किया गया कार्य क्रमशः 5 J तथा 8 J हैं। अब गैस को दूसरे प्रक्रम द्वारा पुनः A अवस्था में लाते हैं इसमें 3 J ऊष्मा निकलती है। B से A के इस उल्टे प्रक्रम में : **[JEE(Main) 2017 Online (09-04-17), 4/120]**
(1) गैस पर परिवेश द्वारा किया गया कार्य 10 J होगा। (2) गैस द्वारा 10 J कार्य किया जायेगा।
(3*) गैस पर परिवेश द्वारा किया गया कार्य 6 J होगा। (4) गैस द्वारा 6 J कार्य किया जायेगा।

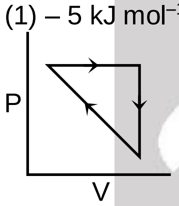
Sol. $A \longrightarrow B$:
$q = +5$; $W = -8 \therefore \Delta E = -3$
$B \longrightarrow A$:
$\Delta E = 3$; $q = -3 \therefore W = +6J$
$\Rightarrow$ 6J of the work will be done by the surrounding on gas.
$\Rightarrow$ गैस पर परिवेश द्वारा किया गया कार्य 6J है।

3. An ideal gas undergoes a cyclic process as shown in Figure.
[JEE(Main) 2018 Online (15-04-18), 4/120]
एक आदर्श गैस एक चक्रीय प्रक्रम से गुजरती है जैसा कि चित्र में दर्शाया गया है।
[JEE(Main) 2018 Online (15-04-18), 4/120]



$\Delta U_{BC} = -5$ kJ mol^{-1}, $q_{AB} = 2$ kJ mol^{-1}
$W_{AB} = -5$ kJ mol^{-1}, $W_{CA} = 3$ kJ mol^{-1}
Heat absorbed by the system during process CA is :
CA प्रक्रम में तंत्र द्वारा शोषित ऊष्मा है :
(1) – 5 kJ mol^{-1} (2*) + 5 kJ mol^{-1} (3) 18 kJ mol^{-1} (4) – 18 kJ mol^{-1}

Sol.

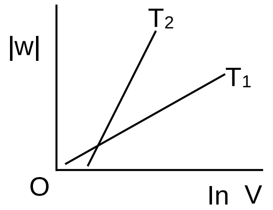


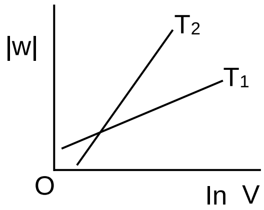
AB $\rightarrow$ isobaric (समभारिक)
BC $\rightarrow$ Isochoric (समआयतनिक)
CA $\rightarrow$ not defined (परिभाषित नही)
$\Delta U_{AB} = q + W$
$= 2 - 5 = -3$
$\Delta U_{ABC} = \Delta U_{AB} + \Delta U_{BC}$
$= -3 - 5 = -8$ kJ
$\Delta U_{CBA} = +8$
$= Q + W$
$8 = Q + 3$
$Q = +5$ kJ

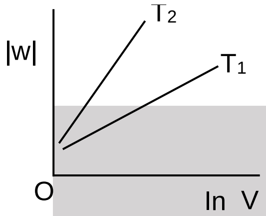
4. Consider the reversible isothermal expansion of an ideal gas in a closed system at two different temperatures T_1 and T_2 ($T_1 < T_2$). The correct graphical depiction of the dependence of work done (w) on the final volume (V) is : **[JEE(Main) 2019 Online (09-01-19), 4/120]**

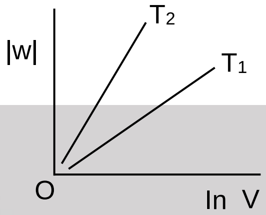
दो भिन्न तापों T_1 तथा T_2 ($T_1 < T_2$) पर एक बंद निकाय में एक आदर्श गैस के उत्क्रमणीय समतापी प्रसार पर विचार कीजिए। किये गये कार्य (w) की अंतिम आयतन (V) पर निर्भरता का सही आलेखिक चित्रण है :

[JEE(Main) 2019 Online (09-01-19), 4/120]

(1) 

(2) 

(3) 

(4*) 

Sol. $|w| = nRT\ \ell n \frac{v_f}{v_i}$

$|w| = nRT\ \ell n v_f - nRT\ v_i$

Intercept will be – ve

अन्तःखण्ड – ve होगा।

5. An ideal gas undergoes isothermal compression from 5 m^3 to 1 m^3 against a constant external pressure of 4 Nm^{-2}. Heat released in this process is used to increase the temperature of 1 mole of Al. If molar heat capacity of Al is 24 J $mol^{-1}K^{-1}$, the temperature of Al increases by:

[JEE(Main) 2019 Online (10-01-19), 4/120]

4 Nm^{-2} के स्थिर बाह्य दाब के विरूद्ध, एक आदर्श गैस की समतापी संपीडन 5 m^3 से 1 m^3 तक किया जाता है। इस प्रक्रम में उत्सर्जित ऊष्मा का प्रयोग 1 मोल Al के ताप को बढ़ाने के लिए किया जाता है। यदि Al की मोलर ऊष्मा धारिता 24 J $mol^{-1}K^{-1}$ है तो Al का ताप जितना बढ़ता है, वह है: **[JEE(Main) 2019 Online (10-01-19), 4/120]**

(1) $\frac{3}{2}$ K (2*) $\frac{2}{3}$ K (3) 1 K (4) 2 K

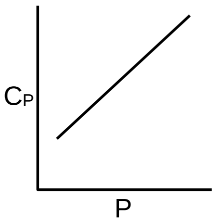
Sol. W = –4 [1–5] = 16 J

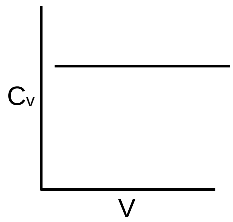
16 = 1 × 24 × ΔT

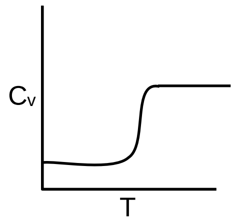
$\Delta T = \frac{2}{3}$ K

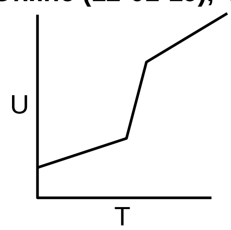
6. For a diatomic ideal gas in a closed system, which of the following plots does not correctly describe the relation between various thermodynamic quantities ? **[JEE(Main) 2019 Online (12-01-19), 4/120]**

एक बंद निकाय में एक द्विपरमाणु आदर्श गैस के लिए निम्न में से कौनसा एक प्लाट विभिन्न ऊष्मागतिक परिमाणों के मध्य सम्बन्धों को सही–सही नहीं बताता है ? **[JEE(Main) 2019 Online (12-01-19), 4/120]**

(1*) 

(2) 

(3) 

(4) 

Sol. C_p should not change with pressure.

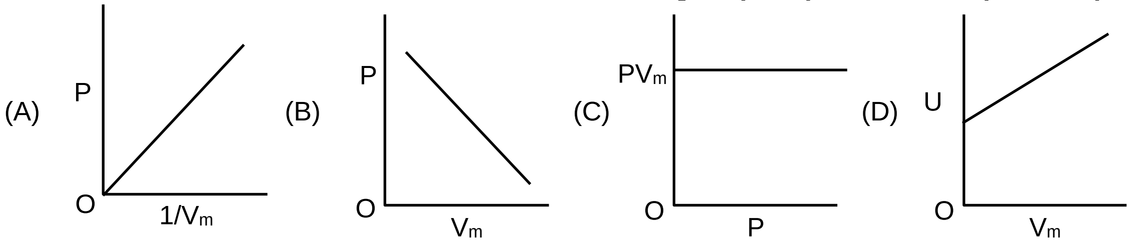
C_p दाब के साथ परिवर्तित नहीं होना चाहिए।

7. The combination of plots which does not represents isothermal expansion of an ideal gas is:

[JEE(Main) 2019 Online (12-01-19), 4/120]

एक आदर्श गैस के समतापीय प्रसरण को नहीं निरूपित करने वाले प्लाटों का संयोजन है :

[JEE(Main) 2019 Online (12-01-19), 4/120]



(1) (B) and (C) (2) (A) and (C) (3) (A) and (D) (4*) (B) and (D)

(1) (B) तथा (C) (2) (A) तथा (C) (3) (A) तथा (D) (4*) (B) तथा (D)