Chapter -> 11

ऊष्मागतिकीय

ऊष्मागतिकीय -> भौतिकीय विज्ञान की वह शाखा जिसके अन्दर हम ऊष्मीय ऊर्जा तथा यांत्रिक ऊर्जा का एक-दूसरे में रूपांतरण का अध्ययन करते है। ऊष्मागतिकीय कहलाती है।

ऊष्मागतिकीय निकाय -> किसी सीमा पृष्ठ से घिरे ऐसे पदार्थ या वस्तु जिस पर ऊष्मा का प्रभाव पड़ता है। ऊष्मागतिकीय निकाय कहलाते है।

सीमा पृष्ठ या दीवार दो प्रकार की हो सकती है।-
(i) चालक दीवार (ii) रूद्धोष्म दीवार

(i) चालक दीवार -> जिससे होकर ऊष्मा संचरित हो जाती है

(ii) रूद्धोष्म दीवार -> जिससे होकर ऊष्मा का प्रवाह नहीं हो सकता है।-

ऊष्मागतिकीय चर -> किसी निकाय के ऐसे गुण जैसे संयोजन, आयतन दाब तथा ताप आदि जो उस निकाय का व्यवहार प्रदर्शित करते है। निकाय के ऊष्मागतिकीय निर्देशांक अथवा ऊष्मागतिकीय चर कहलाते है।

ऊष्मागतिकीय अवस्था -> किसी निकाय के ऊष्मागतिकीय चर ज्ञात होने पर उस निकाय के ऊष्मागतिकीय चरो का एक सेट निकाय की एक ऊष्मागतिकीय अवस्था प्रदर्शित करता है।

Date: ______ Page no: ______

अवस्था समीकरण → किसी ऊष्मागतिक निकाय के चरों में संबंध बताने वाला समीकरण उस निकाय का अवस्था समीकरण कहलाता है।

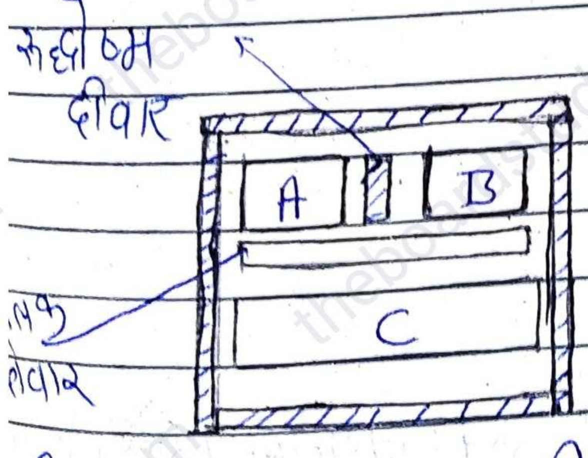
n मोल आदर्श गैस के लिए अवस्था समीकरण निम्न है।

$$\boxed{PV = nRT}$$

जहाँ P - दाब, V - आयतन, T - तापमान
तथा R - सार्वत्रिक गैस नियतांक

ऊष्मागतिकीय का शून्य वाँ नियम →

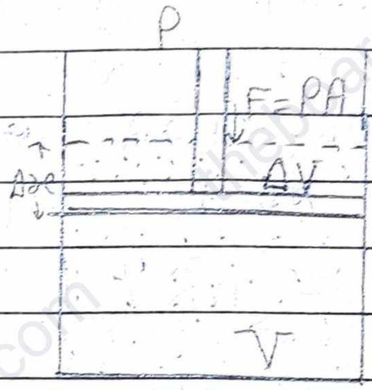
ऊष्मागतिकीय के शून्यवे नियमानुसार यदि दो निकाय एक तीसरे निकाय के साथ अलग-अलग तापीय साम्य में हैं तो वे एक-दूसरे के साथ भी तापीय साम्य में होंगे।



यदि निकाय A तथा निकाय C परस्पर तापीय साम्य में है तो निकाय B व निकाय C परस्पर तापीय साम्य में है, तो निकाय A तथा निकाय B भी तापीय साम्य में होंगे।

किसी गैसीय निकाय में दाब द्वारा किया गया कार्य:

पिस्टन को Δx विस्थापित करने में किया गया कार्य



$$\Delta W = F \times \Delta x$$

या $$dW = F \cdot dx$$

$$[\because F = PA]$$

$$dW = P(A\,dx) \quad [\because A\,dx = dV]$$

$$dW = P\,dV$$

दोनों पक्षों का समाकलन करने पर

$$\int dW = \int_{V_1}^{V_2} P\,dV$$

$$\boxed{W = -\int_{V_1}^{V_2} P\,dV}$$

ऊष्मागतिकीय का प्रथम नियम → इस नियमानुसार निकाय द्वारा अवशोषित ऊष्मा उसके द्वारा किये गये बाह्य कार्य तथा उसकी ~~आंतरिक~~ ~~यांत्रिक ऊर्जा में~~ आंतरिक ऊर्जा में वृद्धि के योग के बराबर होता है।

Date: ______ Page no: ______

माना कि किसी निकाय को ΔQ का ऊष्मा देने पर उसके द्वारा ΔW कार्य किया जाता है एवं उसकी आंतरिक ऊर्जा में वृद्धि ΔU हो जाती तब ऊष्मागतिकीय के प्रथम नियमानुसार

$$\boxed{\Delta Q = \Delta W + \Delta U}$$

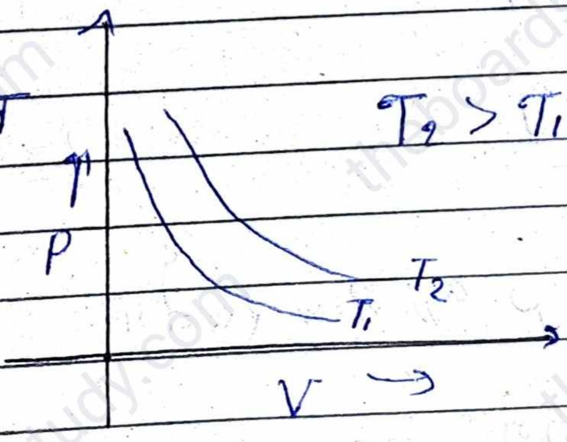
समतापीय प्रक्रम → किसी निकाय का वह भौतिक परिवर्तन जिसमें निकाय का ताप स्थिर रहता है समतापी प्रक्रम कहलाता है।

चूंकि समतापी प्रक्रम में ताप नहीं बदलता अतः यह बॉयल के नियम का पालन करता है: बॉयल के नियमानुसार "नियत ताप पर किसी आदर्श गैस के निश्चित द्रव्यमान के दाब और आयतन का गुणनफल नियत रहता है।" PV = नियतांक

समतापी वक्र :

PV = नियत

$$P \propto \frac{1}{V}$$



यदि दाब P और आयतन V के मध्य एक ग्राफ बनाया जाए तो हमें वक्र अतिपरवलयाकार मिलता है। इसे समतापी वक्र कहते हैं। चूंकि समतापी परिवर्तन बहुत धीरे-धीरे होता है। अतः हमें समतापी वक्र की ढाल बहुत कम मिलती है।

Date: ______ Page no: ______

समतापी प्रक्रम में किया गया कार्य –

माना 1 मोल गैस का प्रारंभिक दाब P_1, आयतन V_1 तथा ताप T_1 है। यदि समतापी अवस्था में गैस के आयतन मे परिवर्तन V_1 से V_2 होता है। जिससे गैस का दाब P_1 से P_2 हो जाता है तो किया गया कार्य :

$$W = \int_{V_1}^{V_2} P\,dV \quad \text{—— (i)}$$

परन्तु समतापी प्रक्रम मे

$$PV = nRT$$

$\because$ $n = 1$

$$PV = RT$$

$$P = \frac{RT}{V}$$

समी (i) में P का मान रखने पर

$$W = \int_{V_1}^{V_2} \frac{RT}{V}\,dV$$

$$W = RT \int_{V_1}^{V_2} \frac{1}{V}\,dV$$

Date: ______ Page no: ______

$$W = RT \int_{V_1}^{V_2} [\log V]_{V_1}^{V_2}$$

$$W = RT [\log V_2 - \log V_1]$$

$$[\because \log m - \log n = \log \frac{m}{n}]$$

$$\boxed{W = RT \log \frac{V_2}{V_1}} \quad \text{(ii)}$$

परन्तु बॉयल के नियम से

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{V_2}{V_1}$$

समी (2) से

$$\boxed{W = RT \log \frac{P_1}{P_2}}$$

यही समतापी प्रक्रम में किया गया कार्य होता है।

theboardstudy.com

Date: ______ Page no: ______

रुद्धोष्म प्रक्रम → किसी निकाय का वह भौतिक परिवर्तन जिसमें निकाय से ऊष्मा का आदान-प्रदान न हो सके। रुद्धोष्म प्रक्रम कहलाता है। रुद्धोष्म प्रक्रम एक तीव्र प्रक्रिया है।

रुद्धोष्म प्रक्रम में आदर्श गैस बॉयल के नियम का पालन नहीं करती है। क्योंकि ताप स्थिर नहीं रहता है, बल्कि इस परिवर्तन में पॉयसन नियम लागू होता है।

$$PV^{\gamma} = \text{नियतांक}$$

ऊष्मागतिकीय के प्रथम नियम द्वारा रुद्धोष्म प्रक्रम की व्याख्या

$$\Delta Q = \Delta W + \Delta U \quad - (1)$$

परन्तु रुद्धोष्म प्रक्रम में :

$$\Delta Q = 0$$

समी (1) से

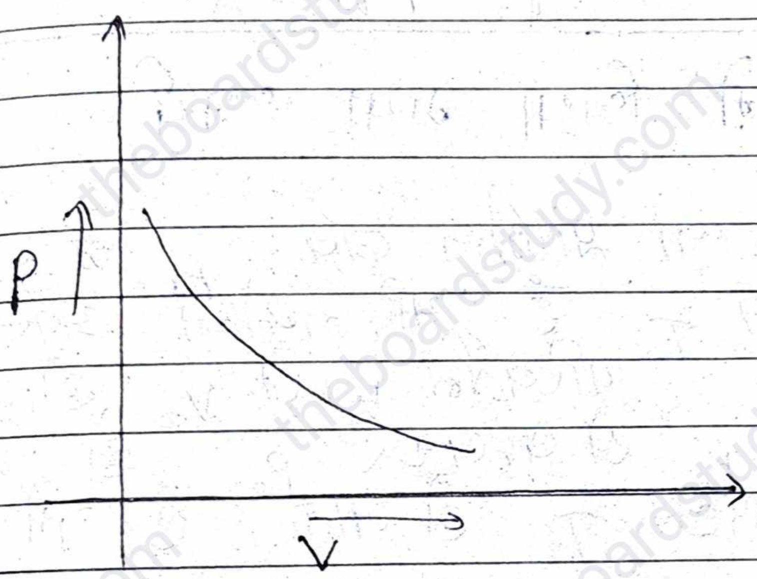
$$0 = \Delta W + \Delta U$$

$$\Delta W = -\Delta U$$

स्पष्ट है कि रुद्धोष्म प्रक्रम में निकाय अपनी आंतरिक ऊर्जा को कम करके कार्य करता है।

Date: ______ Page no: ______

रुद्धोष्म वक्र → रुद्धोष्म ~~वक्र~~ प्रक्रम में P तथा V के मध्य ग्राफ



समतापी प्रक्रम	रुद्धोष्म प्रक्रम
(i) इस प्रक्रम मे निकाय का ताप नहीं बदलता है।	इस प्रक्रम में निकाय की ऊष्मा नहीं बदलती है।
(ii) यह परिवर्तन धीरे-धीरे निकाय को सुचालक के साथ रखकर किया जाता है।	यह परिवर्तन तेजी से निकाय को कुचालक के साथ रखकर किया जाता है।
(iii) इस प्रक्रम में वाह्न्य वातावरण से ऊष्मा का आदान-प्रदान होता है।	इस प्रक्रम में वाह्न्य वातावरण से ऊष्मा का कोई आदान-प्रदान नहीं होता है।
(iv) इस प्रक्रम में निकाय की आंतरिक गतिज ऊर्जा नहीं बदलती है।	इस प्रक्रम मे निकाय की आंतरिक गतिम ऊर्जा बदल जाती है।

Date: ______ Page no: ______

(v) समतापी प्रक्रम में बॉयल नियम $PV = K$ लागू होता है।	रुद्धोष्म प्रक्रम में रुद्धोष्म नियम (पायसन नियम) $PV^{\gamma} = K$ लागू होता है।

रुद्धोष्म प्रक्रम में किया गया कार्य :-

माना एक मोल गैस का प्रारंभिक दाब P_1 को y अक्ष व आयतन V_1 तथा ताप T_1 है यदि रुद्धोष्म अवस्था में गैस के आयतन में परिवर्तन V_1 से V_2 होता है जिससे गैस का दाब P_1 से बदलकर P_2 हो जाता है। तथा ताप T_1 से बदलकर T_2 हो जाता है। तो किया गया कार्य :-

$$W = \int_{V_1}^{V_2} P\,dV \quad \text{--- (i)}$$

परन्तु पॉयसन के नियम से

$PV^{\gamma} = K$ (नियतांक)

$$P = \frac{K}{V^{\gamma}}$$

$$P = KV^{-\gamma}$$

समी (i) में P का मान रखने पर

$$W = \int_{V_1}^{V_2} KV^{-\gamma}\,dV$$

$$W = k\int_{V_1}^{V_2} V^{-\gamma}\,dV$$

$$W = k\left[\frac{V^{-\gamma+1}}{-\gamma+1}\right]_{V_1}^{V_2}$$

$$W = \frac{k}{1-\gamma}\left[V^{-\gamma+1}\right]_{V_1}^{V_2}$$

$$W = \frac{k}{1-\gamma}\left[V_2^{-\gamma+1} - V_1^{-\gamma+1}\right]$$

$$W = \frac{k}{1-\gamma}\left[\frac{1}{V_2^{\gamma-1}} - \frac{1}{V_1^{\gamma-1}}\right]$$

$$W = \frac{1}{1-\gamma}\left[\frac{k}{V_2^{\gamma-1}} - \frac{k}{V_1^{\gamma-1}}\right] \quad \left[\because P_1V_1^{\gamma} = P_2V_2^{\gamma} = k \text{ नियतांक}\right]$$

$$W = \frac{1}{1-\gamma}\left[\frac{P_2V_2^{\gamma}}{V_2^{\gamma-1}} - \frac{P_1V_1^{\gamma}}{V_1^{\gamma-1}}\right]$$

$$W = \frac{1}{1-\gamma}\left[\frac{P_2V_2^{\gamma}}{V_2^{\gamma}\cdot V_2^{-1}} - \frac{P_1V_1^{\gamma}}{V_1^{\gamma}\cdot V_1^{-1}}\right]$$

$$W = \frac{1}{1-\gamma}\left[P_2V_2 - P_1V_1\right]$$

theboardstudy.com

Date: ______ Page no: ______

$$W = \left[\frac{P_2V_2 - P_1V_1}{1-\gamma}\right]$$

$$W = \left[\frac{P_1V_1 - P_2V_2}{1-\gamma}\right]$$

समआयतनिक प्रक्रम → समआयतनिक प्रक्रम में निकाय की अवस्था में परिवर्तन इस प्रकार किया जाता है निकाय का आयतन स्थिर रहता है

अर्थात $\Delta V = 0$

तब इस प्रक्रम में किया गया कार्य

$$\Delta W = P\Delta V$$

$$\Delta W = P \times 0$$

$$\boxed{\Delta W = 0}$$

अतः इस प्रक्रम में किया गया कार्य शून्य होता है।

ऊष्मागतिकीय के प्रथम नियम से

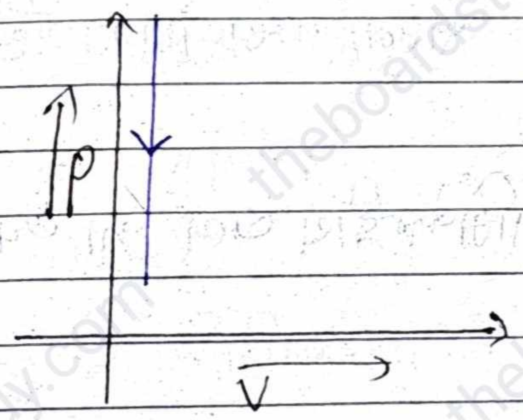
$$\Delta Q = \Delta W + \Delta U$$

$$\Delta Q = \Delta U$$

theboardstudy.com

अतः सम आयतनिक प्रक्रम में दी गई ऊष्मा किसी निकाय को दी गई ऊष्मा उसकी आन्तरिक ऊर्जा को बढ़ाती है

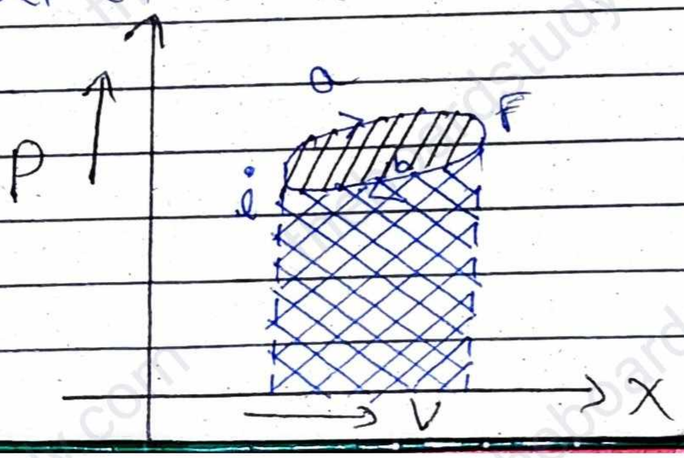
P एवं V के मध्य ग्राफ :-



समदाबीय प्रक्रम → समदाबीय प्रक्रम में निकाय की अवस्था में परिवर्तन इस प्रकार किया जाता है कि निकाय का दाब स्थिर बना रहे।

e.g. भाप का बनना, बर्फ का पिघलना या पानी का बर्फ में बदलना।

चक्रीय प्रक्रम → जब कोई निकाय विभिन्न अवस्थाओं से होकर गुजरता हुआ अपनी प्रारंभिक अवस्था में वापस आ जाता है, तो इसे चक्रीय प्रक्रम कहते हैं। इस प्रक्रम में आन्तरिक ऊर्जा अपरिवर्तित रहती है।



theboardstudy.com

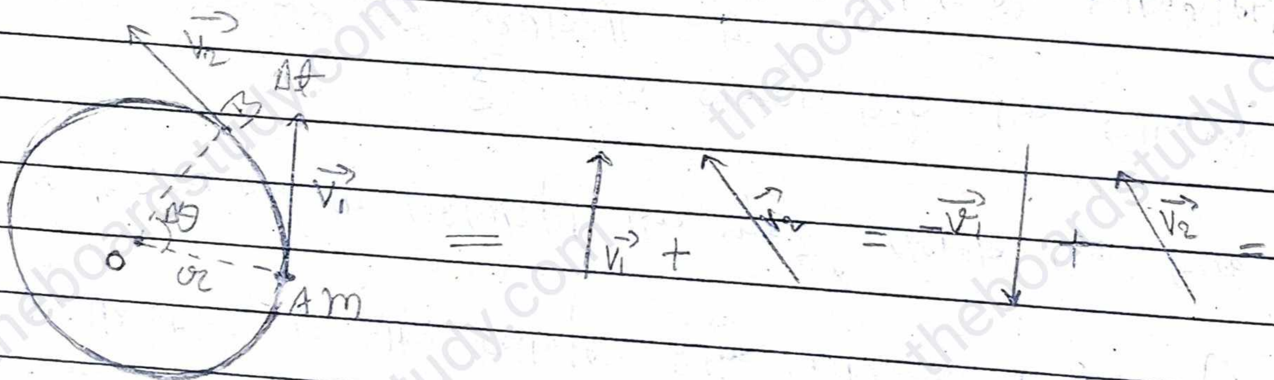
Date: Page no:

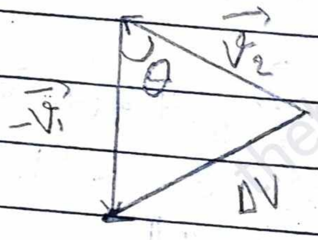
इस प्रक्रम में निकाय द्वारा किया गया कार्य P-V आरेख पर बंद वक्र के क्षेत्रफल के बराबर होता है।

ऊष्मागतिकी का द्वितीय नियम → इस नियमानुसार कार्य को तो ऊष्मा में पूर्णता परिवर्तित किया जा सकता है, लेकिन ऊष्मा को कार्य में पूर्णता परिवर्तित करना असंभव है।

एक समान वृत्तीय गति में अभिकेन्द्रीय बल का व्यंजक ज्ञात कीजिए।

अभिकेन्द्रीय त्वरण / बल





$|\vec{v_1}| = |\vec{v_2}| = v$

तथा त्रिभुज नियम से

Date: ______ Page no: ______

$\Delta V = \vec{V_2} + (-\vec{V_1})$

$\boxed{\Delta V = \vec{V_2} - \vec{V_1}}$

यदि $\Delta\theta$ अत्यन्त छोटा है।

कोण = चाप / त्रिज्या

$\Delta\theta = \frac{\Delta v}{v}$ — ①

परन्तु : कोणीय वेग से

$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$

समी ① से $\Delta\theta$ का मान रखने पर

$\omega = \frac{\Delta v}{v \Delta t}$ — ②

तथा : $v = r\omega$

$\omega = \frac{v}{r}$

समी ② में मान रखने पर :

$\frac{v}{r} = \frac{\Delta v}{v \Delta t}$

Date: Page no:

$\left(\frac{\Delta v}{\Delta t}\right) = \frac{v^2}{r}$

$a_c = \frac{v^2}{r}$ — (3)

यही अभिकेन्द्रीय त्वरण है।

तथा बल की परिभाषा से :

$F_c = m a_c$

समी (3) से a_c का मान रखने पर :

$$F_c = \frac{m v^2}{r}$$

यही अभिकेन्द्रीय बल का व्यंजक है।

Q. सिद्ध किजिए की मूल बिन्दु से ϕ कोण पर फेंके गये प्रक्षेप्य के लिए प्रक्षेप्य कोण का मान $\phi = \tan^{-1}(4H/R)$ होगा :—

Date: ______ Page no: ______

हल $\phi = \tan^{-1}(4H/R)$

$$\tan\phi = \frac{4H}{R}$$

R.H.S लेने पर

जहाँ $H = \frac{u^2\sin^2\phi}{2g}$

$$R = \frac{u^2\sin 2\phi}{g}$$

मान रखने पर :

$$= \frac{\frac{4\,u^2\sin^2\phi}{2g}}{\frac{u^2\sin 2\phi}{g}}$$

$$= \frac{2\sin^2\phi}{\sin 2\phi}$$

$$= \frac{2\sin^2\phi}{2\sin\phi\cos\phi}$$

theboardstudy.com

Date: Page no:

$= \frac{\sin\phi}{\cos\phi}$

$= \tan\phi$ Ans

अतः LHS = RHS Ans

theboardstudy.com