भौतिकी

अध्याय-11: ऊष्मागतिकी

Fukey Education

ऊष्मागतिकी

ऊष्मागतिकी के अंतर्गत हम ऊष्मा तथा यांत्रिक ऊर्जा में परस्पर संबंध का अध्ययन करते हैं। ऊष्मागतिकी के कुछ महत्वपूर्ण तथ्य निम्न प्रकार से हैं-

- ऊष्मा ऊर्जा का ही एक रूप है।
- ऊष्मा इंजन द्वारा ऊष्मीय ऊर्जा का यांत्रिक ऊर्जा में रूपांतरण किया जाता है।
- एक कैलोरी में 4.18 जूल होते हैं यही इसके बीच संबंध है।
- वायु में अनुदैर्ध्य तरंगों का संचरण होना रुद्धोष्म प्रक्रम का एक उदाहरण है।
- बर्फ का गलना तथा मोम का जमना एक समतापी प्रक्रम का उदाहरण है।
- कार्नो इंजन में कार्यकारी पदार्थ आदर्श गैस होती है।
- लोहे पर जंग लगना एक अनुत्क्रमणीय प्रक्रम का उदाहरण है।

तापीय साम्य

जब दो भिन्न-भिन्न तापों की वस्तुओं को परस्पर एक दूसरे के संपर्क में रखा जाता है तो इन वस्तुओं में ऊष्मा, उच्च ताप वाली वस्तु से नीचे ताप वाली वस्तु की ओर प्रवाहित होने लगती है। यह प्रवाह तब तक जारी रहता है जब तक दोनों वस्तुओं पर ताप सामान न हो जाए। जैसे ही दोनों वस्तुओं पर ताप समान हो जाता है तो उनमें ऊष्मा का प्रवाह रुक जाता है। तब इस स्थिति में दोनों वस्तुएं एक-दूसरे के तापीय साम्य में होती हैं। इसे ऊष्मीय साम्य में भी कहते हैं।

Fukey Education

निकाय की आंतरिक ऊर्जा

किसी ऊष्मागतिकी निकाय की आंतरिक ऊर्जा निकाय के अणुओं की स्थानांतरित गतिज ऊर्जा, घूर्णन ऊर्जा, कंपन गतिज ऊर्जा तथा स्थितिज ऊर्जा के योग के बराबर होती है।

विलगित निकाय

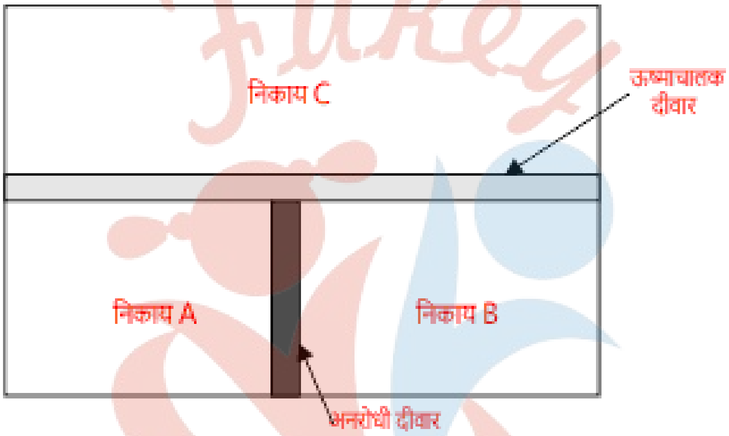
वह निकाय जिसमें ऊष्मा का आदान प्रदान नहीं होता है। अर्थात इस निकाय की आंतरिक ऊर्जा में कोई परिवर्तन नहीं होता है। अतः

$\Delta U = 0$

ऊष्मागतिकी का शून्यवां नियम

ऊष्मागतिकी के शून्य नियम के अनुसार, यदि दो निकाय किसी तीसरे ऊष्मागतिकी निकाय के साथ अलग-अलग तापीय साम्य में है तो वह दोनों निकाय भी परस्पर तापीय साम्य में होंगे।

माना दो ऊष्मागतिकी निकाय A और B हैं जो दोनों अलग-अलग तीसरे ऊष्मागतिकी निकाय C से तापीय साम्य में है। तब निकाय A और B भी तापीय साम्य में होंगे। चित्र सहित स्पष्ट किया गया है।



ऊष्मागतिकी का शून्यवां नियम

शून्य निगम का स्पष्टीकरण

चित्र में दो ऊष्मागतिकी निकाय A और B है दोनों निकाय एक ऊष्मारोधी दीवार (जिसमें ऊष्मा का चालन न हो) से अलग-अलग किए गए हैं। एवं दोनों निकाय, तीसरे ऊष्मागतिकी निकाय C से एक सुचालक दीवार से जुड़े हैं। सुचालक दीवार (ऊष्मा चालक दीवार) में ऊष्मा का आदान-प्रदान होता है इस स्थिति में निकाय A और B अलग अलग होने पर भी निकाय C के साथ तापीय साम्य प्राप्त कर लेते हैं।

यदि A और B के बीच ऊष्मा चालक दीवार लगा दी जाए तथा निकाय C की निकाय A व B से ऊष्मारोधी दीवार लगाकर उसे अलग कर दें, तो इस दशा में ऊष्मागतिकी निकाय A और B ही तापीय साम्य (ऊष्मीय साम्य) में होंगे। निकाय C तापीय साम्य में नहीं है।

अतः इससे स्पष्ट होता है कि यदि दो निकाय A और B किसी तीसरे निकाय C के साथ अलग-अलग उष्मीय साम्यावस्था में हैं तो ऊष्मागतिकी निकाय A और B भी आपस में उष्मीय साम्यावस्था में होंगे। यही ऊष्मागतिकी का शून्यवां नियम है।

अध्याय के अंतर्गत कहीं तो तापीय साम्य प्रयोग किया गया है और कहीं उष्मीय साम्यावस्था शब्द का प्रयोग किया गया है ऐसा क्यों। वास्तव में यह दोनों शब्द एक ही है तापीय साम्य को ही उष्मीय साम्यावस्था कहते हैं या उष्मीय साम्यावस्था को ही तापीय साम्य कहते हैं। दोनों में से किसी भी नाम का प्रयोग कर सकते हैं।

ऊष्मागतिकी का प्रथम नियम

इस प्रथम के अनुसार, यदि किसी ऊष्मागतिकी निकाय को ऊष्मा दी जाए तो इस ऊष्मा का कुछ भाग निकाय की आंतरिक ऊर्जा में वृद्धि करने में खर्च हो जाएगा। तथा ऊष्मा का शेष भाग ऊष्मागतिकी निकाय द्वारा कार्य करने में व्यय हो जाएगा।

अर्थात किसी निकाय को Q ऊष्मा दी जाए तो ऊष्मा का कुछ भाग, आंतरिक उर्जा में वृद्धि (ΔU) में तथा शेष भाग कार्य W करने में व्यय हो जायेगा, तो

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

यह ऊष्मागतिकी के प्रथम नियम (first law of thermodynamics) का गणितीय रूप है। ऊष्मागतिकी का प्रथम नियम ऊर्जा संरक्षण के नियम का ही एक रूप है।

ऊष्मागतिकी के प्रथम नियम के भौतिक महत्व

इसकी निम्नलिखित तीन तथ्य हैं-

1. ऊष्मा ऊर्जा का ही एक रूप है।
2. ऊष्मागतिकी निकाय में ऊर्जा संरक्षित रहती है।
3. प्रत्येक ऊष्मागतिकी निकाय में आंतरिक ऊर्जा विद्यमान होती है यह आंतरिक ऊर्जा केवल ऊष्मागतिकी निकाय की अवस्था पर निर्भर करती है।

ऊष्मागतिकी के प्रथम नियम की सीमाएं

1. किसी वस्तु से ली गई ऊष्मा का केवल कुछ भाग ही कार्य में परिवर्तित किया जा सकता है संपूर्ण ऊष्मा को नहीं किया जा सकता है। शेष भाग बिना किसी कार्य किए, व्यय हो जाता है ऊष्मागतिकी का प्रथम नियम यह नहीं बताता कि किसी निकाय से ली गई ऊष्मा का कितना भाग कार्य में बदल गया है।

2. ऊष्मागतिकी का प्रथम नियम यह भी नहीं बताता है कि प्रक्रम संभव है या नहीं। इस नियम से केवल यह ज्ञात होता है कि प्रक्रम में ऊर्जा संरक्षित रहती है। साधारणतः ऊष्मा को पूर्ण रूप से कार्य में नहीं बदला जा सकता है। जबकि कार्य को ऊष्मा में पूर्णतः बदला जा सकता है। इसको हम ऐसा समझते हैं-

कि आप किसी चूल्हे पर कोई बर्तन रखकर चूल्हे में आग जलाते हैं। तो ऐसा तो संभव नहीं है कि आग (ऊष्मा) का संपूर्ण भाग ही उस बर्तन पर पड़े, कुछ भाग ही बर्तन पर पड़ता है जो कार्य में परिवर्तित हो जाता है एवं शेष भाग बिना किसी कार्य के ही व्यय हो जाता है।

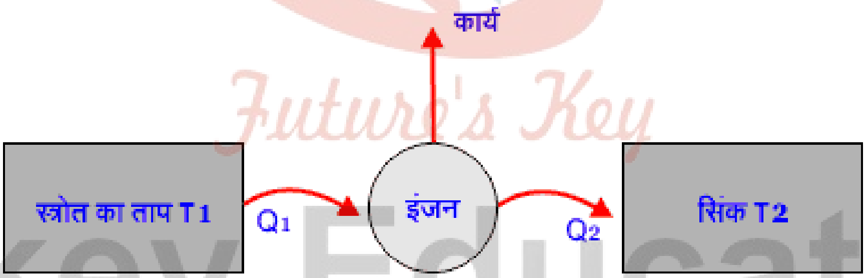
ऊष्मा इंजन

यह एक ऐसी युक्ति है जो ऊष्मीय ऊर्जा को यांत्रिक कार्य में परिवर्तित करती है।
ऊष्मा इंजन के मुख्यतः तीन भाग होते हैं।

(1) स्रोत

(2) कार्यकारी पदार्थ (इंजन)

(3) सिंक



कार्नो ऊष्मा इंजन

ऊष्मा इंजन कैसे काम करता है यह चित्र में दिखाया गया है। एक कार्यकारी पदार्थ (इंजन) ऊष्मा स्रोत से ऊष्मा लेता है एवं उसे ऊष्मा का कुछ भाग वह कार्य में परिवर्तित कर देता है तथा शेष भाग को वह सिंक को दे देता है। यह प्रक्रिया एक चक्र की तरह होती है इसलिए इसे चक्र भी कहते हैं।

सिंक का ताप हमेशा स्रोत के ताप से कम होता है। कहीं-कहीं आंकिक प्रश्न को हम समझ नहीं पाते हैं कि सिंक का ताप कौन सा है और स्रोत का ताप कौन सा।

Website - www.fukeyeducation.com, Email :- fukeyeducation@gmail.com

तो आप याद रखें कि जो ताप कम होगा वह सिंक का ताप है।

ऊष्मा इंजन की दक्षता

ऊष्मा इंजन के एक पूर्ण चक्र में किए गए कार्य तथा स्रोत द्वारा ली गई कुल ऊष्मा के अनुपात को ऊष्मा इंजन की दक्षता कहते हैं। इसे η (ईटा) से प्रदर्शित करते हैं।
माना कार्य W तथा स्रोत का ताप Q_1 हो तो उसमें इंजन की दक्षता का सूत्र निम्न होगा।
अतः

$$\eta = \frac{W}{Q_1}$$

चूंकि कार्य W = स्रोत ऊष्मा (Q_1) – सिंक ऊष्मा (Q_2)

तब $\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$

या $\boxed{\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}}$

ऊष्मा इंजन की दक्षता का सूत्र है इससे संबंधित numerical प्रश्न जरूर आते हैं।

कार्नो इंजन

ऊष्मा इंजन एक ऐसी युक्ति है जो उसमें ऊर्जा को यांत्रिक कार्य में परिवर्तित करती है। सन् 1824 ई० में फ्रेंच वैज्ञानिक सैडीकार्नो ने एक आदर्श ऊष्मा इंजन की परिकल्पना की। इस ऊष्मा इंजन को कार्नो ऊष्मा इंजन (Carnot’s heat engine) कहते हैं।

इस इंजन में एक चक्र पूरा करने में चार प्रक्रम होते हैं।
(1) समतापी प्रसार
(2) रुद्धोष्म प्रसार
(3) समतापी संपीडन
(4) रुद्धोष्म संपीडन

Website - www.fukeyeducation.com, Email :- fukeyeducation@gmail.com

कार्नो चक्र

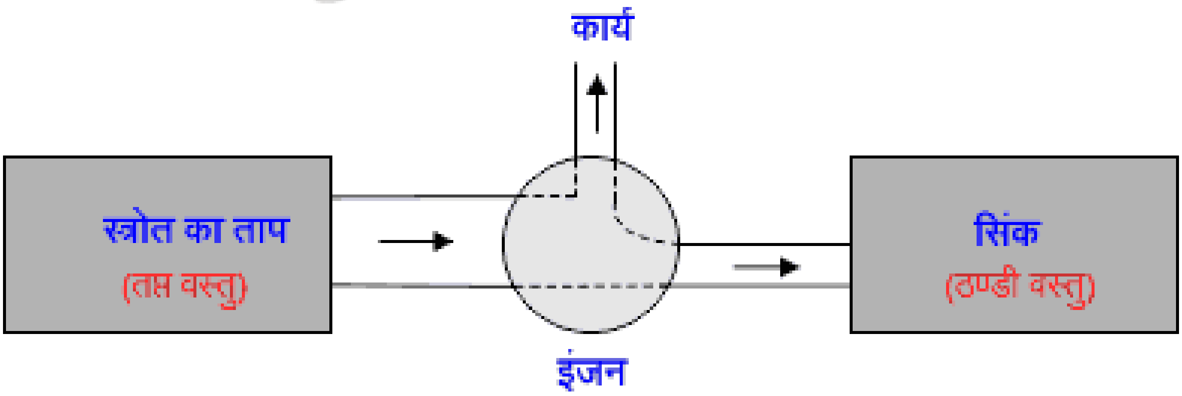
कार्नो ऊष्मा इंजन की क्रियाविधि जिस आदर्श चक्र पर आधारित होती है उसे कार्नो चक्र कहते हैं।
अर्थात् कार्यकारी पदार्थ द्वारा चार प्रक्रम में किए गए एक पूर्ण चक्र को कार्नो चक्र कहते हैं।

ऊष्मागतिकी का द्वितीय नियम

इस नियम के अनुसार, किसी भी स्वतः चलित मशीन जिससे कोई भी बाह्य स्रोत की सहायता के, ऊष्मा को किसी ठंडी वस्तु से गर्म वस्तु अथवा नीचे ताप वाली वस्तु से ऊंचे ताप वाली वस्तु को देना असम्भव है।
इस नियम को व्यक्त करने के लिए निम्न कथन मुख्य हैं-

1. केल्विन प्लांक कथन

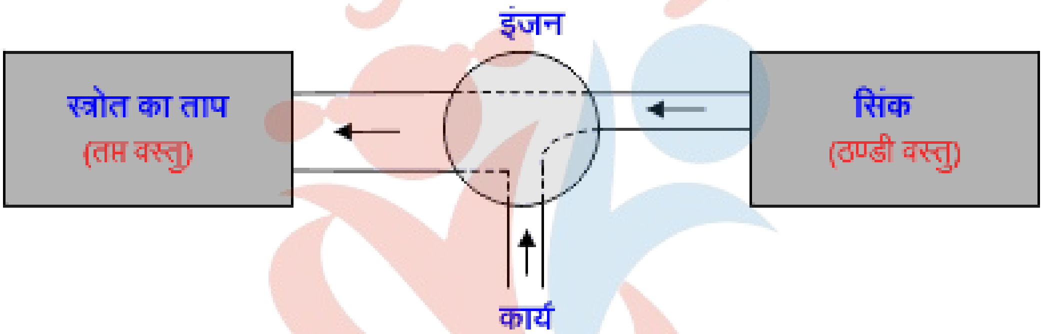
ऊष्मा इंजन के बारे में हम पढ़ चुके हैं। ऊष्मा इंजन द्वारा स्रोत से ली गई ऊष्मा का कुछ भाग कार्य में परिवर्तित करके शेष भाग को शीतल वस्तु (सिंक) को दे दिया जाता है चित्र से स्पष्ट है। अब तक ऐसा कोई भी ऊष्मा इंजन नहीं है जो ऊष्मा स्रोत से ऊष्मा लेकर उस ऊष्मा को पूर्णतया कार्य में रूपांतरित कर दें। ऊष्मा स्रोत से संपूर्ण ऊष्मा कार्य में बदल जायें, एवं शीतल वस्तु को ऊष्मा नहीं दी जाये। इसके आधार पर वैज्ञानिक केल्विन और प्लांक ने एक कथन दिया -
”ऐसा किसी भी ऊष्मा इंजन का निर्माण संभव है जो ऊष्मा स्रोत से ऊष्मा लेकर उस ऊष्मा को पूर्ण रूप से कार्य में परिवर्तित कर दें।“



Website - www.fukeyeducation.com, Email :- fukeyeducation@gmail.com

2. क्लॉसियस का कथन

यह कथन प्रशीतित्र (refrigerator) के सिद्धांत पर आधारित है प्रशीतित्र में कार्यकारी पदार्थ ठंडी वस्तु (नीचे तक वाली) से ऊष्मा लेकर उसे अधिक ताप वाली वस्तु (स्रोत) को अधिक मात्रा में देता है। ऐसा करने से कार्यकारी पदार्थ (ऊष्मा इंजन) पर किसी बाह्य स्रोत द्वारा कार्य किया जाता है। ऐसा प्रशीतित्र का निर्माण असंभव है जो बिना किसी बाह्य स्रोत की सहायता के ऊष्मा को सिंक (ठंडी वस्तु) से लेकर स्रोत (तप्त वस्तु) को पहुंचा सकें। इसके आधार पर वैज्ञानिक क्लॉसियस ने एक कथन दिया -
"बिना किसी बाह्य स्रोत की सहायता के किसी स्वतः चलित मशीन के द्वारा ऊष्मा को ठंडी वस्तु से लेकर तप्त वस्तु तक पहुंचाना असंभव है।"



ऊष्मागतिकी का द्वितीय नियम ऊष्मागतिकी के प्रथम नियम का एक पूरक है।
अब तक ऐसी किसी मशीन का निर्माण नहीं हुआ है जो ऊष्मागतिकी के द्वितीय नियम का वर्णन करती है। यह नियम केवल चक्रीय प्रक्रम पर ही लागू होता है।

ठंडी वस्तु, शीतल वस्तु अथवा सिंक तीनों एक ही है। इनका ताप तप्त वस्तु (स्रोत) से कम होता है। चूंकि सिंक में स्रोत की ऊष्मा का कुछ भाग ही प्रवेश करता है।

Fukey Education

NCERT SOLUTIONS

अभ्यास (पृष्ठ संख्या 333-334)

प्रश्न 1 कोई गीज़र 3.0 लीटर प्रति मिनट की दर से बहते हुए जल को 27°C से 77°C तक गर्म करता है। यदि गीज़र का परिचालन गैस बर्नर द्वारा किया जाए तो ईंधन के व्यय की क्या दर होगी? बर्नर के ईंधन की दहन-ऊष्मा 40 × 104 Jg^{-1} है।

उत्तर- गीजर द्वारा ऊष्मा देने की दर $H = \frac{Q}{t} = \frac{ms.\triangle T}{t}$

यहाँ जल के बहने की दर = 3 लीटर/ मिनट अर्थात जल का द्रव्यमान

m = आयतन × घनत्व

अर्थात m = 3 × 10-3 मी 3 किग्रा-$मी^{-3}$ = 3.0 किग्रा

समय t = 1

जल के ताप में वृद्धि $\triangle T = (77 - 27)^{\circ}C = 50^{\circ}C$

जल की विशिष्ट ऊष्मा $s = 4.18 \times 10^8$ जूल/ किग्रा-°C

$\therefore\ H = \frac{3.0kg \times 4.18 \times 10^3 Jul/\ kg - {}^{\circ}C \times 50^{\circ}C}{1min}$ जूल/ मिनट

6.27×10^5 जूल/ मिनट

ईंधन के व्यय की दर = $\frac{\text{गीजर द्वारा जल को प्रति मिनट दी गयी ऊष्मा}}{\text{प्रति ग्राम व्यय ऊष्मा}}$

$$= \frac{6.27 \times 10^5 Jul/\ min}{4.0 \times 10^4 Jul/\ g}$$

≈ 16 ग्राम/ मिनट

Website - www.fukeyeducation.com, Email :- fukeyeducation@gmail.com

प्रश्न 2 स्थिर दाब पर 2.0×10^{-2}kg नाइट्रोजन (कमरे के ताप पर) के ताप में 45°C वृद्धि करने के लिए कितनी ऊष्मा की आपूर्ति की जानी चाहिए? (N_2 का अणु भार = 28, R = $8.3 Jmol^{-1}K^{-1}$)

उत्तर- नाइट्रोजन का द्रव्यमान-

$m = 2.0 \times 10^{-2}$ किग्रा

$= 2 \times 10^{-2} \times 10^{3}$

= 20 ग्राम

नाइट्रोजन का अणुभार M = 28

नाइट्रोजन के ग्राम संख्या-

$$\mu = \frac{m}{M} = \frac{20}{28} = \frac{5}{7}$$

स्थिर दाब पर द्विपरमाणुक गैस (N_2) की मात्रा आणविक विशिष्ट ऊष्मा,

$$C_p = \frac{7}{2}R$$

$= \frac{7}{2} \times 8.3$ जूल/ मोल-K

$= 7 \times 7.15$ जूल/ मोल-K

$= 29.05$ जूल/ मोल-K

ताप में वृद्धि- $\triangle T = 45^\circ C = 45K$

∵ आपूर्ति की जाने वाली ऊष्मा-

$$Q = \mu . C_p . \triangle T$$

$\Rightarrow Q = \frac{5}{7} \times 29.05 \times 4.5$ जूल

$= 933.75 \approx 934$ जूल

Website - www.fukeyeducation.com, Email :- fukeyeducation@gmail.com

प्रश्न 3 व्याख्या कीजिए कि ऐसा क्यों होता है-

a. भिन्न-भिन्न तापों T_1 व T_2 के दो पिण्डों को यदि ऊष्मीय सम्पर्क में लाया जाए तो यह आवश्यक नहीं कि उनका अन्तिम ताप $\frac{(T_1+T_2}{2}$ ही हो।
b. रासायनिक या नाभिकीय संयन्त्रों में शीतलक (अर्थात द्रव जो संयन्त्र के भिन्न-भिन्न भागों को अधिक गर्म होने से रोकता है) की विशिष्ट ऊष्मा अधिक होनी चाहिए।
c. कार को चलाते-चलाते उसके टायरों में वायुदाब बढ़ जाता है।
d. किसी बन्दरगाह के समीप के शहर की जलवायु , समान अक्षांश के किसी रेगिस्तानी शहर की जलवायु से अधिक शीतोष्ण होती है।

उत्तर-

a. चूँकि अन्तिम ताप वस्तुओं के अलग-अलग तापों के अतिरिक्त उनकी ऊष्मा धारिताओं पर भी निर्भर करता है।
b. शीतलक का कार्य संयन्त्र से अभिक्रिया जनित ऊष्मा को हटाना है इसके लिए शीतलक की विशिष्ट ऊष्मा धारिता अधिक होनी चाहिए जिससे कि वह कम ताप-वृद्धि के लिए अधिक ऊष्मा शोषित कर सके।
c. कार को चलाते-चलाते, सड़क के साथ घर्षण के कारण टायर का ताप बढ़ जाता है, इसी कारण टायर में भरी हवा का दाब बढ़ जाता है।
d. बन्दरगाह के निकट के शहरों की आपेक्षिक आर्द्रता समान अक्षांश के रेगिस्तानी शहर की तुलना में अधिक होती है। इसी कारण बन्दरगाह शहर की जलवायु रेगिस्तानी शहर की जलवायु की तुलना में शीतोष्ण बनी रहती है।

प्रश्न 4 गतिशील पिस्टन लगे किसी सिलिंडर में मानक ताप व दाब पर 3 मोल हाइड्रोजन भरी है। सिलिंडर की दीवारें ऊष्मारोधी पदार्थ की बनी हैं तथा पिस्टन को उस पर बालू की परत लगाकर ऊष्मारोधी बनाया गया है। यदि गैस को उसके आरम्भिक आयतन के आधे आयतन तक सम्पीडित किया जाए तो गैस का दाब कितना बढ़ेगा?

Website - www.fukeyeducation.com, Email :- fukeyeducation@gmail.com

उत्तर- पिस्टन तथा दीवारें ऊष्मारोधी होने के कारण प्रक्रम रुद्धोष्म (adiabatic) है। अत: इसके लिए दाब आयतन सम्बन्ध PV^{γ} = नियतांक से,

$$P_1 . V_1^{\gamma} = P_2 V_2^{\gamma} \Rightarrow \frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma}$$

$$P_2 = P_1 \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma}$$

यहाँ $\gamma = 1.4$ ($\because H_2$ गैस द्विपरमाणुक है।)

तथा $V_2 = \frac{V_1}{2}$

अत: $P_2 = P_1 \left(\frac{V_1}{\frac{V_1}{2}}\right)^{1.4} = (2)^{1.4} P_1$

$$(2)^{1.4} = x \Rightarrow \log x = 1.4 \log 2$$

$$= 1.4 \times 0.3010 = 0.42140$$

$$x = \text{Antilog}0.42140$$

$$= 2.638 \approx 2.64$$

$$\Rightarrow P_2 = 2.64 P_1$$

अर्थात दाब बढ़कर प्रारम्भिक दाब का 2.64 गुना हो जाएगा।

प्रश्न 5 रुद्रोष्म विधि द्वारा किसी गैस की अवस्था परिवर्तन करते समय उसकी एक साम्यावस्था से दूसरी साम्यावस्था B तक ले जाने में निकाय पर 22.3J कार्य किया जाता है। यदि गैस को दूसरी प्रक्रिया द्वारा अवस्था A से अवस्था B में लाने में निकाय द्वारा अवशोषित नेट ऊष्मा 9.35 cal है तो बाद के प्रकरण में निकाय द्वारा किया गया नेट कार्य कितना है? (1cal= 4 . 19J)

Website - www.fukeyeducation.com, Email :- fukeyeducation@gmail.com

उत्तर- रुद्धोष्म विधि (प्रक्रम) में गैस को A से B अवस्था तक ले जाने में दी गयी ऊष्मा Q = 0, निकाय पर किया गया कार्य W = -22.3 जूल,

अतः इस प्रक्रम में आतंरिक ऊर्जा में परिवर्तन-

$\triangle U_{AB} = Q - W = 0 - (-22.3 jul)$

= 22.3 जूल (अर्थात आतंरिक ऊर्जा में वृद्धि होगी)

किसी अन्य प्रक्रम द्वारा अवस्था A से B तक ले जाने में निकाय द्वारा अवशोषित ऊष्मा,

Q = 9.35 कैलोरी = 9.35 × 4.19 जूल

= 39.178 जूल 39.2 जूल

चूँकि अवस्थाएँ वही है, अतः आतंरिक ऊर्जा में परिवर्तन $\triangle U_{AB}$ ही होगा।

$\therefore$ पुनः उष्मागतिकी के नियम $\triangle U = Q - W$ से,

कार्य $W = Q - \triangle U_{AB} = (39.2 - 22.3)$ जूल

$= 16.9$ जूल

प्रश्न 6 समान धारिता वाले दो सिलिंडर A तथा B एक-दूसरे से स्टॉपकॉक के द्वारा जुड़े हैं। A में मानक ताप व दाब पर गैस भरी है जबकि B पूर्णतः निर्वातित है। स्टॉपकॉक यकायक खोल दी जाती है। निम्नलिखित का उत्तर दीजिए-

a. सिलिण्डर A तथा B में अन्तिम दाब क्या होगा?
b. गैस की आन्तरिक ऊर्जा में कितना परिवर्तन होगा?
c. गैस के ताप में क्या परिवर्तन होगा?
d. क्या निकाय की माध्यमिक अवस्थाएँ (अन्तिम साम्यावस्था प्राप्त करने के पूर्व) इसके P-V-T पृष्ठ पर होंगी?

उत्तर-

Website - www.fukeyeducation.com, Email :- fukeyeducation@gmail.com

a. P_1 = मानक दाब = 1 atm, V_1 = V (माना)

P_2 = ? जबकि V_2 = 2V (चूँकि A व B के आयतन बराबर हैं।)

∵ सिलिण्डर B निर्वातित है, अत: स्टॉपकॉक खोलने पर गैस का निर्वात में मुक्त प्रसार होगा;

अतः गैस कोई कार्य नहीं करेगी और न ही ऊष्मा का आदान-प्रदान करेगी।

अतः गैस की आन्तरिक ऊर्जा व ताप स्थिर रहेंगे।

∴ बॉयल के नियम से, $P_2 V_2 = P_1 V_1$

$$\therefore \text{गैस का अंतिम दाब } P_2 = \frac{V_1}{V_2} P_1 = \frac{V}{2V} \times 1\text{atm} = 0.5\text{atm}$$

b.

$$\therefore \; W = 0 \text{ तथा } Q = 0$$
$$\therefore \; \triangle U = 0$$

c. ∵ आन्तरिक ऊर्जा अपरिवर्तित रही है, अत: गैस के ताप में भी कोई परिवर्तन नहीं होगा।

d. ∵ गैस का मुक्त प्रसार हुआ है, अत: माध्यमिक अवस्थाएँ साम्य अवस्थाएँ नहीं हैं, अत: ये अवस्थाएँ P-V-T पृष्ठ पर नहीं होंगी।

प्रश्न 7 एक वाष्प इंजन अपने बॉयलर से प्रति मिनट 3.6 × 109J ऊर्जा प्रदान करता है जो प्रति मिनट 5.4 × 108J कार्य देता है। इंजन की दक्षता कितनी है? प्रति मिनट कितनी ऊष्मा अपशिष्ट होगी?

उत्तर- ऊर्जा स्त्रोत (बॉयलर) से प्रति मिनट प्राप्त ऊष्मा,

$Q_1 = 3.6 \times 10^9$ जूल

इंजन द्वारा प्रति मिनट किया गया कार्य-

Fukey Education

W = 5.4 × 10^8 जूल

$\therefore$ इंजन की दक्षता $\eta = \frac{W}{Q_1} = \frac{5.4 \times 10^8 jul}{3.6 \times 10^9 jul}$

$= 0.15$

अतः प्रतिशत दक्षता$= 0.15 \times 100\%$

$= 15\%$

अपशिष्ट ऊर्जा (heat wasted) अर्थात सिंक को दी गयी ऊष्मा,

$Q_2 = Q_1 - W$

$= (3.6 \times 10^9$ जूल $- 5.4 \times 10^8$ जूल) प्रति मिनट

$= 3.06 \times 10^9$ जूल प्रति मिनट

3.06×10^9 जूल प्रति मिनट

$\approx 3.1 \times 10^9$ जूल प्रति मिनट

प्रश्न 8 एक हीटर किसी निकाय को 100w की दर से ऊष्मा प्रदान करता है। यदि निकाय 75Js-1 की दर से कार्य करता है तो आन्तरिक ऊर्जा की वृद्धि किस दर से होगी?

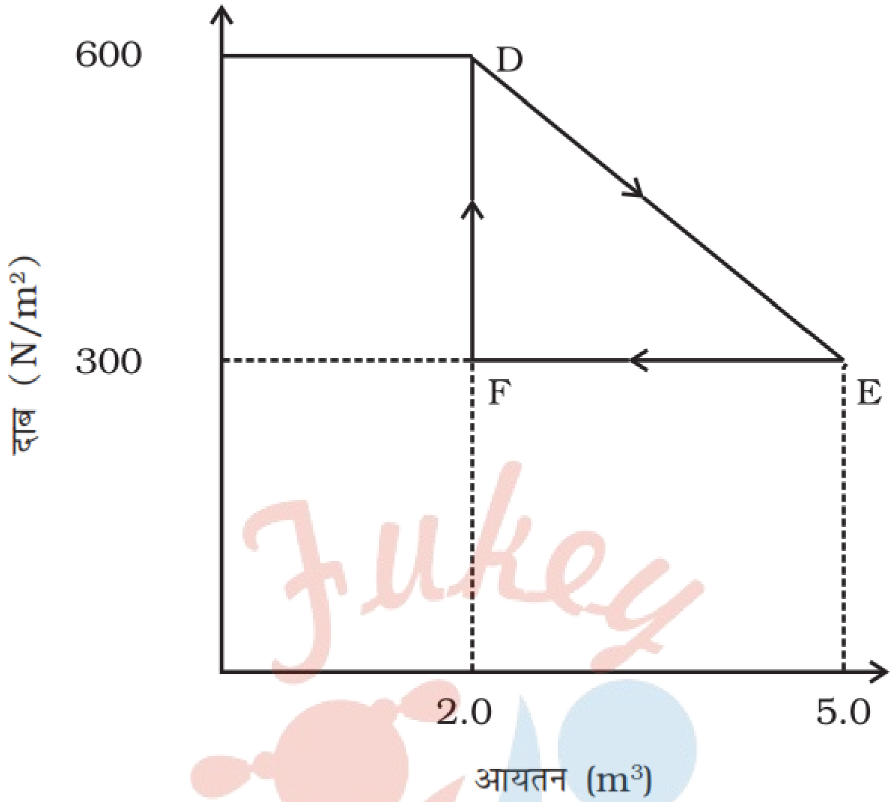
Fukey Education

उत्तर-

$\Delta U = Q - W = (100Js - 75Js) = 25Js$

अर्थात् आन्तरिक ऊर्जा में वृद्धि की दर $= 25w$

प्रश्न 9 किसी ऊष्मागतिकीय निकाय को मूल अवस्था से मध्यवर्ती अवस्था तक चित्र में दर्शाए अनुसार एक रेखीय प्रक्रम द्वारा ले जाया गया है।



एक समदाबी प्रक्रम द्वारा इसके आयतन को E से F तक ले जाकर मूल मान तक कम कर देते हैं। गैस द्वारा D से E तथा वहाँ से F तक कुल किए गए कार्य का आकलन कीजिए।

उत्तर- D से E तक गैस द्वारा किया गया कार्य-

WDE = क्षेत्रफल DEBCD (+)

अतः गैस द्वारा D से E तथा E से F तक कृत कुल कार्य (नेट कार्य)

WDEF = WDE + WEF = क्षेत्रफल DEBCD - क्षेत्रफल EFCBE

= क्षेत्रफल $\mathrm{DEFD} = \frac{1}{2} \times (\mathrm{FE} \times \mathrm{DF})$

$= \frac{1}{2} \times (5.0 - 2.0)$ मी³ $\times (600 - 300)$ न्यूटन/ मी²

$= \frac{1}{2} \times 3 \times 300$ न्यूटन-मीटर

$= 450$ जूल

Website - www.fukeyeducation.com, Email :- fukeyeducation@gmail.com

प्रश्न 10 खाद्य पदार्थ को एक प्रशीतक के अन्दर रखने पर वह उसे 9°C पर बनाए रखता है। यदि कमरे का ताप 36°c है तो प्रशीतक के निष्पादन गुणांक का आकलन कीजिए।

उत्तर- दिया है-

ठण्डे ऊष्मा भंडार का ताप $T_2 = 9 + 273 = 282K$

गर्म ऊष्मा भण्डार का ताप $T_1 = 36 + 273 = 309K$

∴ प्रशीतक का निष्पादन गुणांक $\alpha = \frac{T_2}{T_1 - T_2} = \frac{282K}{(309-282K)}$

$$= \frac{282}{27} = 10.4$$

Fukey Education

Website - www.fukeyeducation.com, Email :- fukeyeducation@gmail.com