

# **ACMT Group of College**

**Polytechnic - 2<sup>nd</sup> Year / 3<sup>rd</sup> Sem.**

## **THERMODYNAMICS**

**Notes**



**- By  
Pranav Telang**

# Thermodynamics (ऊष्मागतिकी)

## परिचय (Introduction) :-

विज्ञान की वह शाखा जिसके अन्तर्गत हम ऊष्मा का उसके निकाय द्वारा स्थानान्तरण करते हैं।

## मात्रक एवं विमायें (Unit and dimension) :-

जब किसी निकाय के भौतिक गुणों या भौतिक राशि को गुणनात्मक गुणों का प्रदर्शन मात्रक कहलाता है या किसी भौतिक राशि को मापने के लिए जिस मात्रक का प्रयोग किया जाता है, वह मात्रक कहलाता है।

जैसे – मीटर, सेकेण्ड, केल्विन आदि।

## विमायें (Dimension) :-

किसी निकाय के भौतिक चर जो निकाय को परिभाषित करते हैं विमाएँ कहलाते हैं।

जैसे :- क्षेत्र, त्वरण आदि

## मात्रक का वर्गीकरण (Classification of Unit):-

मात्रकों को दो भागों में वर्गीकृत किया गया है।

- मूल मात्रक (Fundamental Unit)
- व्युत्पन्न मात्रक (Deribed Unit)

## मूल मात्रक :-

वह मात्रक जो किसी अन्य मात्रक पर निर्भर नहीं करता है, मूल मात्रक कहलाता है। मूल मात्रक सम्पूर्ण ब्रह्माण्ड में एक ही होता है।

## व्युत्पन्न मात्रक (Types of Unit System):-

वह मात्रक जो सीधे रूप से इस्तेमाल नहीं किए जा सकते अपितु मूल मात्रकों द्वारा प्रदर्शित किए जाते हैं वह मात्रक व्युत्पन्न मात्रक कहलाता है।

जैसे :- क्षेत्रफल (Area)

## मात्रक पद्धति :-

### (1) C.G.S. पद्धति (Types of Unit System):-

इस पद्धति का पूरा नाम Centimeter Gram Second है।

राशि	मात्रक
लम्बाई	सेंटीमीटर (Cm)
द्रव्यमान	ग्राम (Gm)
समय	सेकेण्ड (Sec)

### (2) M.K.S. पद्धति :-

इस Meter Kilogram Second पद्धति है।

राशि	मात्रक
लम्बाई	मीटर (m)
द्रव्यमान	किलोग्राम (kg)
समय	सेकेण्ड (Sec)

### (3) F.P.S. पद्धति :-

यह Foot Pound Second पद्धति है।

राशि	मात्रक
लम्बाई	फुट
द्रव्यमान	पाउण्ड
समय	सेकेण्ड

### (4) S.I. पद्धति :-

यह System International अन्तर्राष्ट्रीय पद्धति है। यह सम्पूर्ण ब्रह्माण्ड में मान्य है।

## उष्मागतिकी निकाय वर्गीकरण (Classification of thermodynamic):-

उष्मागतिकी के निकायों को दो भागों में बाँटा गया है।

- 1- ऊर्जा में द्रव्यमान के स्थानान्तरण के आधार पर
- 2- पदार्थ की अवस्था के आधार पर

## ऊर्जा में द्रव्यमान के स्थानान्तरण के आधार पर (Open thermodynamic System) :-

- (1) खुला उष्मागतिकी के स्थानान्तरण के आधार पर (Open thermodynamic System):-

वह उष्मागतिकी निकाय जिसमें निकाय की परिसीमा में केवल उष्मा का द्रव्यमान दोनों का स्थानान्तरण हो सकें ऐसा निकाय खुला-खुला उष्मागतिकी निकाय कहलाता है।

- (2) बंद उष्मागतिकी निकाय (Closed thermodynamic System):-

वह उष्मागतिकी निकाय जिसमें निकाय की परिसीमा में केवल और केवल ऊर्जा का स्थानान्तरण हो सकें ऐसा निकाय बंद उष्मागतिकी निकाय कहलाता है।

- (3) विलगित उष्मागतिकी निकाय (Insolated thermodynamic System):-

वह उष्मागतिकी निकाय जिसके अन्दर न तो ऊर्जा न ही द्रव्यमान निकाय की परिसीमा के अंदर आ सके ऐसे निकाय को विलगित उष्मागतिकी निकाय कहते हैं।

## पदार्थ की अवस्था के आधार पर :-

समागम उष्मागतिकी निकाय के नियम -

वह उष्मागतिकी निकाय जिसमें वह द्रव्य व कार्यकारी पदार्थ एक ही अवस्था में उपस्थित हो ऐसे उष्मागतिकी निकाय को समागम उष्मागतिकी निकाय कहते हैं।

## विषमांग ऊष्मागतिकी निकाय –

वह ऊष्मागतिकी निकाय जिसमें द्रव या कार्यकारी पदार्थ एक से अधिक अवस्था में उपस्थित हो उसे ऊष्मागतिकी निकाय को विषमांग ऊष्मागतिकी निकाय कहते हैं।

## ऊष्मागतिकी निकाय के गुण :-

- निकाय का गुण एक अवस्था में दूसरी अवस्था में परिवर्तित होता रहता है।
- निकाय के प्रमुख गुण हैं :- दाब, तापमान, आयतन, धनत्व आन्तरिक ऊर्जा ये दो प्रकार के होते हैं।

### (1) बिन्दु फलन गुण धर्म –

जब किसी निकाय ऊष्मागतिकी प्रक्रम के दौरान निकाय में उपस्थित द्रव्य या कार्यकारी पदार्थ प्रकृत के पथ पर निर्भर न होकर उसके प्रक्रम बिन्दु पर करते हैं जिस पर हम निकाय के व्यवहार को मापते हैं, उसे हम बिन्दु फलन गुणधर्म कहते हैं।

### (2) पथ फलन गुण धर्म –

जब किसी निकाय ऊष्मागतिकी प्रक्रम के दौरान निकाय में उपस्थित द्रव्य या कार्यकारी पदार्थ प्रकृत के पथ पर ना कि बिन्दुफलन पर निर्भर रहता है जिस पर हम निकाय के व्यवहार को मापते हैं, उसे हम पथ फलन गुणधर्म कहते हैं।

## गुण धर्म वर्गीकरण :-

### (1) मात्रा निरपेक्ष गुण धर्म –

यह किसी निकाय के गुण धर्म होते हैं जो जिनका मान निकाय पदार्थ के द्रव्यमान पर निर्भर नहीं होता है।

उदाहरण :- तापमान, दाब, धनत्व

### (2) मात्रा सापेक्ष गुणधर्म –

यह किसी निकाय के गुण धर्म हैं जिनका मान निकाय पदार्थ के द्रव्यमान पर निर्भर करता हो उसे मात्रा सापेक्ष गुणधर्म कहते हैं।

उदाहरण – आयतन, ऊर्जा, भार

ऊष्मागतिकी के शून्यवाँ नियम का सिद्धान्त :-

ऊष्मागतिकी का शून्यवाँ नियम साम्यता दो अवस्थाओं के बीच में सामान्य को दर्शाता है।

साम्यता की चार अवस्थाएँ होती हैं।

1- तापीय साम्यता –

किसी निकाय तापीय साम्यता में तब कहा जाता है कि जब निकाय में प्रत्येक भाग पर ताप सामान्य हो अर्थात् तापान्तर न हो, ऐसे निकाय को तापीय साम्यता कहते हैं।

2- यांत्रिक साम्यता :-

किसी निकाय को यांत्रिक साम्यता में तब कहा जाता है कि जब निकाय में लगने वाले बल सामान्य अवस्था में हो अर्थात् कोई भी असंतुलित बल कार्यकृत न हो। जब ऐसे निकाय यांत्रिक साम्य निकाय कहलाते हैं।

3- रासायनिक साम्यता :-

किसी निकाय रासायनिक साम्यता में तब कहा जाता है जब निकाय के अन्दर कोई भी रासायनिक प्रतिक्रिया न हो ऐसे निकाय को रासायनिक साम्यता कहते हैं।

4- ऊष्मागतिकी साम्यता :-

किसी निकाय को ऊष्मागतिकी साम्यता में तब कहा जाता है जब निकाय में रासायनिक साम्यता और यांत्रिक साम्यता दोनों हैं ऐसे निकाय को ऊष्मागतिकी साम्य निकाय कहते हैं।

कार्य (Work)–

किसी निकाय द्वारा किया गया कार्य निकाय पर लग रहे बल तथा उसके विस्थापन के गुणनफल के बराबर होता है।

$$W = F.S. (S = \text{Displacement})$$

$$= \text{Newton.meter} = \text{Nm}$$

## ऊर्जा (Energy)–

न्यूटन के अनुसार ऊर्जा किसी निकाय का वह गुण है जिससे निकाय कार्य करने में सक्षम होता है अर्थात् ऊर्जा की गणना सीधे रूप से नहीं की जा सकती। यह एक आदेश राशि है। इसका मात्रक जूल है।

### ऊर्जा का वर्गीकरण –

ऊर्जा को हमने दो भागों में बाँटा है –

- 1– भंडारित या संचित ऊर्जा **Non-Transferable Energy**
- 2– संक्रमण ऊर्जा **Transferable Energy**

#### 1– भंडारित या संचित ऊर्जा :-

निकाय की वह ऊर्जा जो निकाय की परिसीमा के अन्दर रहती है। इसके तीन मुख्य प्रकार हैं।

##### (क) स्थितिज ऊर्जा **:(Potential Energy) –**

निकाय की स्थिति के कारण उत्पन्न ऊर्जा को स्थितिज ऊर्जा कहते हैं।

##### (ख) गतिज ऊर्जा **(Kinetic Energy):-**

किसी निकाय की वह ऊर्जा जो उसे स्थिर अवस्था में गतिमान अवस्था में ले जाए वह उस निकाय की गतिज ऊर्जा कहलाती है।

##### (ग) आन्तरिक ऊर्जा **(Internal Energy):-**

किसी निकाय के अणुओं की गति के कारण निहित ऊर्जा उस निकाय की आन्तरिक ऊर्जा कहलाती है।

#### 2– संक्रमण ऊर्जा –

वह ऊर्जा जो निकाय की परिसीमाओं के आर पार जा सकती है उसे संक्रमण ऊर्जा कहते हैं।

#### संतुलन या साम्यवस्था प्रक्रम (Quasi-Static Process):-

इस प्रक्रम के दौरान यदि किसी ऊष्मागतिकी निकाय में कोई परिवर्तन हो रहा है तथा हम परिवर्तन को रोककर दिशा विपरीत कर दें तो प्रक्रम अपनी पुनः प्रारम्भिक अवस्था में लौट जाता है।

### प्रतिवर्त्य एवं अप्रतिवर्त्य :-

- जब किसी ऊष्मागतिकी निकाय में निकाय अपना प्रक्रम पूरा करने पर या प्रक्रम पूरा हो जाने पर तो निकाय अपनी पुनः अवस्था में वापस आ जाए तो वह प्रक्रम प्रतिवर्त्य प्रक्रम कहलाता है।

उदाहरण :- जल का वाष्प में बदलना

- जब किसी ऊष्मागतिकी निकाय में कोई प्रक्रम चल रहा है और प्रक्रम पूरा होने के बाद निकाय अपनी पुनः अवस्था में वापस ना आए तो ऐसे प्रक्रम को हम अप्रतिवर्त्य प्रक्रम कहते हैं।

जैसे :- ईंधन का जलना, मशीन द्वारा यांत्रिक कार्य होना।

### मैक्रोस्कोपिक ऊष्मागतिकी :-

यह वह ऊष्मागतिकी है जिसमें हम प्रकृति के व्यवहार पर निर्भर नहीं करते तथा निकाय में मौजूद पदार्थ में छोटे से छोटे कण का अध्ययन करने की भी आवश्यकता नहीं होती।

जैसे – एक चलती हुई कार

### माइक्रोस्कोपिक ऊष्मागतिकी :-

वह ऊष्मागतिकी जो प्रकृति के व्यवहार पर निर्भर करती है तथा निकाय में मौजूद पदार्थ के छोटे कण की आवश्यकता होती है।

जैसे – वातावरण में मौजूद हवा



## यूनिट – 2

### गैसों पर ऊष्मा गतिकीय प्रक्रम

#### परिचय –

इस अध्याय में हम गैसों पर विभिन्न प्रकार के प्रक्रम तथा उनके प्रभावों का अध्ययन करके इस अध्याय में हम पथ, प्रक्रम, प्रवाह, प्रतिवर्त्य तथा अप्रतिवर्त्य प्रवाह का अध्ययन करेंगे।

#### ऊष्मागतिकीय पथ एवं प्रक्रम :-

जब कोई निकाय अपनी किसी एक साम्यावस्था से दूसरी साम्यवस्था में जाता है तथा वह जिस मार्ग का अनुसरण करता है उसे ऊष्मागतिकीय पथ कहते हैं।

निकाय द्वारा इस पथ पर चलने की प्रक्रिया की ऊष्मा गतिकीय प्रक्रम कहते हैं।

#### चक्रिय प्रक्रम :-

जब कोई निकाय विभिन्न ऊष्मागतिकीय पथ का अनुसरण करता है। यह अपनी प्रारम्भिक अवस्था में पहुँच जाता है। उसे चक्रिय प्रक्रम कहते हैं।

#### विभिन्न ऊष्मा गतिकी प्रक्रम –

- |                        |                           |
|------------------------|---------------------------|
| (1) स्थित आयतन प्रक्रम | (5) थोट लिंग              |
| (2) स्थिर दाब प्रक्रम  | (6) मुक्त प्रसारण प्रक्रम |
| (3) स्थिर ताप प्रक्रम  |                           |
| (4) बहुविधि प्रक्रम    |                           |

#### प्रवाह तथा अप्रवाह प्रक्रम :-

“वह ऊष्मागतिकीय प्रक्रम जिसमें द्रव्यमान, ऊर्जा तथा कार्य तीनों निकाय की परिसीमा में आ-जा सकें तो वह प्रवाह प्रक्रम कहलाता है।”

### स्थिर आयतन प्रक्रम –

निकाय की सभी साम्यावस्था के लिए ऊष्मागतिकीय प्रक्रम में पूरे प्रक्रम के दौरान आयतन स्थिर रहता है। ऐसे प्रक्रम को स्थित आयतन प्रक्रम कहते हैं।

माना कि एक आदर्श गैस जिसका प्रारम्भिक दाब, ताप और आयतन  $P_1, T_1, V_1$  तथा गैस का अन्तिम दाब, ताप और आयतन  $P_2, T_2, V_2$  हो –

P, T, V में सम्बन्ध –

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \quad \{V_1 = V_2 = V\}$$

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \rightarrow \frac{T_1}{P_1} = \frac{T_2}{P_2}$$

स्थिर दाब प्रक्रम –

वह प्रक्रम जिसमें निकाय की सभी साम्यवस्थाओं के लिए ऊष्मागतिकी निकाय में दाब स्थिर रहता हो तो वह प्रक्रम स्थिर दाब प्रकृत कहलाता है।

माना कि निकाय में एक आदर्श गैस जिसका प्रारम्भिक दाब, ताप, आयतन  $P_1, V_1, T_1$  तथा अन्तिम दाब, ताप, आयतन  $P_2, V_2, T_2$  होगा।

P.V.T. में सम्बन्ध –

$$\frac{P_1 \times V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

यदि दाब स्थिर है तो  $P_1 = P_2 = P$

$$\left(\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}\right) \text{ OR } \left(\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}\right)$$

स्थिर ताप प्रक्रम –

वह प्रकृत जिसमें निकाय की सभी साम्यवस्थाओं के लिए ऊष्मागतिकी निकाय में ताप स्थित रहता है। तो वह प्रक्रम स्थित ताप प्रक्रम कहलाता है।

माना कि निकाय में एक आदर्श गैस का प्रारम्भिक ताप, दाब और आयतन  $P_1, V_1, T_1$  तथा अन्तिम, ताप, दाब, आयतन  $P_2, V_2, T_2$  होगा।

तो P.V.T. में सम्बन्ध –

$$\left[ \frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \right]$$

यदि  $T_1 = T_2 = T$

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

### रूहदोष प्रक्रम –

इस प्रक्रम में निकाय में परिवेश द्वारा किसी प्रकार का ऊष्मा का स्थानान्तरण नहीं होता। ऊष्मा स्थानान्तरण की दृष्टि से निकाय कुचालक माना जाता है। तो ऐसे प्रक्रम को हम रूहदोष प्रक्रम कहते हैं।

### अवरुद्ध प्रक्रम –

इस प्रक्रम में ना तो ऊष्मा प्रदान की जा सकती है ना तो निष्पादित की जा सकती है। ऐसे प्रक्रम अवरुद्ध प्रक्रम कहलाते हैं।

$$Q = 0$$

$$W = 0$$

$$\Delta PE = 0$$

$$\Delta KE = 0$$

### अवरुद्ध प्रक्रम के उपयोग –

- इस प्रक्रम का उपयोग गैस की स्थिति को जाँचने के लिए किया जाता है।
- टर्बाइन की गति को नियन्त्रित करने के लिए।
- रेफ्रिजिरेशन प्लांट में रेफ्रिजिरेन्ट के दाब को नियन्त्रित करने के लिए।

ऊष्मा गतिकी के नियम

ऊष्मा गतिकी का प्रथम नियम –

इस नियम के अनुसार चक्रीय परिवर्तन के दौरान निकाय द्वारा परिवेश को दिए गये कार्य का बीजगणितीय योग्य निकाय द्वारा परिवेश से ली गयी ऊर्जा के बीजगणितीय योग के बराबर होता है।

इस नियम को ऊर्जा संरक्षण का नियम भी कहते हैं। इसके अनुसार ऊर्जा न तो उत्पन्न की जा सकती और न ही नष्ट की जा सकती और न ही नष्ट की जा सकती हैं। सिर्फ एक रूप दूसरे रूप में परिवर्तित की जा सकती।

### ऊष्मागतिकी के प्रथम नियम के अनुप्रयोग –

#### 01– स्थिर प्रवाह प्रक्रम –

वह प्रक्रम जिसमें कार्यकारी पदार्थ की मात्रा निकाय में प्रवेश करते समय तथा निकाय से निकलते समय नियत बना रहता है। वह स्थिर प्रवाह प्रक्रम कहलाता है।

### स्थित प्रवाह प्रक्रम के लिए कुछ मान्यताएँ –

- द्रव्यमान प्रवाह पूरे निकाय में नियत बना रहता है।
- मिश्रण में प्रवाह समान बना रहता है।
- निकाय तथा परिवेश के बीच में केवल ऊष्मा तथा कार्य का सम्बन्ध होता है।
- द्रव्य की अवस्थाएँ सभी बिन्दुओं पर नियत रहती है।

### स्थित प्रवाह के अनुप्रयोग/ऊष्मागति को नियम के उपयोग –

- टर्बाइन के उपयोग में
- पम्प के उपयोग में
- संपीडक के उपयोग में
- बॉयलर के उपयोग में
- वाष्पित्र के उपयोग में
- नोजल के उपयोग में

## ऊष्मा गतिकी का द्वितीय नियम –

ऊष्मागतिकी के प्रथम नियम की कुछ सीमायें थीं।

प्रथम नियम के अनुसार ऊष्मा और कार्य एक दूसरे के समानुपाती होते हैं इसका तात्पर्य है कि सम्पूर्ण यांत्रिक ऊर्जा उष्मीय ऊर्जा में परिवर्तित हो जाता है परन्तु सम्पूर्ण उष्मीय ऊर्जा यांत्रिक ऊर्जा में परिवर्तित हो जाए ऐसा सम्भव नहीं है।

उदाहरण के लिए अगर इंजन चढ़ाई के दौरान ईंधन खाता है तो चढ़ाई से उतरते वक्त उतना ईंधन इंजन को वापिस दे दें।

ऊष्मागतिकी के द्वितीय नियम के अनुसार ऊष्मा कभी ठंडी वस्तु गर्म वस्तु की ओर स्वतः प्रवाहित नहीं होती।

इस नियम को विभिन्न वैज्ञानिकों द्वारा प्रदर्शित किया गया है।

### 1- केल्विन प्लांक के अनुसार –

इनके अनुसार कोई ऐसा इंजन बनना असंभव है जो कि चक्रीय प्रक्रम पर प्रचलित होते हुए प्राप्त की गयी समस्त ऊर्जा को कार्य में परिवर्तित कर सकें।

$$dQ \neq dW$$

### 2- क्लासियस का कथन –

इनके अनुसार ऊष्मा स्वतः किसी ठंडी वस्तु से गर्म वस्तु की ओर आकर्षित नहीं हो सकती जब तक कि किसी बाहरी युक्ति का प्रयोग नहीं किया जायें।

एन्ट्रॉपी वृद्धि का सिद्धान्त –

इस सिद्धान्त के अनुसार किसी विलगित निकाय की एन्ट्रॉपी वास्तविक प्रकृत में तो बढ़ती है तथा आदर्श प्रक्रमों में संरक्षित रहती है।

## ऊष्मा भण्डारण –

एक ऐसा निकास जो पर्याप्त बड़ा हो स्थायी साम्यावस्था में हो तथा जिसमें ऊष्मा की निश्चित मात्रा अन्तरण के पश्चात् भी उसके तापमान में परिवर्तन नगण्य हो तो वह ऊष्मा भण्डारण कहलाता है।

उदाहरण के लिए – वॉयलर, भट्टी, सूर्य आदि

ऊष्मा भण्डारण को दो भागों में वर्गीकृत किया गया है।

- (1) ऊष्मा स्रोत
- (2) ऊष्मा सिंक

- (1) ऊष्मा स्रोत –

किसी ऊष्मागतिकी निकाय के उच्च तापमान वाले भण्डारण को ऊष्मा स्रोत कहते हैं।

उदाहरण के लिए – वॉयलर, सूर्य, भट्टी आदि।

- (2) ऊष्मा सिंक –

किसी ऊष्मागतिकी निकाय के निम्न तापमान वाले भण्डारण को ऊष्मा सिंक कहते हैं।

उदाहरण के लिये – वायु, नदी, समुद्र आदि

## ऊष्मा इंजन –

ऊष्मा इंजन एक ऐसा ऊष्मागतिकी निकाय है जो कि चक्रीय प्रक्रम में प्रवाहित में प्रचलित होते हुए ऊष्मा को यांत्रिक कार्य में परिवर्तित कर सकें। या

ऊष्मा इंजन एक ऐसी युक्ति है जो ऊष्मा को यांत्रिक कार्य में परिवर्तित करती है।

ऊष्मा इंजन की दक्षता –

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$$

### ऊष्मा पम्प –

एक ऐसा ऊष्मागतिकी निकाय जो चक्रीय प्रक्रम पर प्रचलित होते हुए निम्न तापमान वाले भण्डारण से ऊष्मा को निकालकर उच्च तापमान वाले भण्डारण को प्रदान करें, ऊष्मा पम्प कहलाता है।

ऊष्मा पम्प की दक्षता –

$$\eta = \frac{Q_1}{Q_1 - Q_2}$$

### रेफ्रिजरेट –

रेफ्रिजरेटर एक प्रकार का ऊष्मा पम्प ही होता है जो कि चक्रीय प्रक्रम में प्रचलित होते हुए निम्न तापमान परिवेश से कम बनाए रखता है।

### कार्नोट इंजन –

ऊष्मा गतिकी तापमान पैमाना :-

यह ऊष्मा की तीव्रता का मापक होता है हम जानते हैं कि ऊष्मा उच्च तापमान से निम्न तापमान की ओर प्रवाहित होती है। अतः ऊष्मा का मापन भी उच्च तापमान से निम्न तापमान की ओर होता है।

तापमान को मापने के लिए पैमाना का प्रयोग किया जाता है।

### सेंटीग्रेट पैमाना –

इसमें तापमान को °C में मापा जाता है पैमाने पर 100 भाग बने होते हैं। प्रत्येक भाग 1°C का होता है। न्यूनतम तापमान 0°C होता है तथा अधिकतम तापमान 100°C होता है। 0°C पानी का जमाव बिन्दु है तथा 100°C पानी का उबालक बिन्दु है।

### फेरेनाइट पैमाना –

इसमें तापमान को फेरेनाइट में मापा जाता है। इसमें केवल 32° से 212° तक पैमाना होता है तथा 180 बराबर भागों में बाँटा गया है।

सेल्सियस तथा फेरेनाइट में सम्बन्ध –

$$^{\circ}C = \frac{5}{9} (^{\circ}F - 32)$$

उच्च ताप पैमाना –

$$1K = ^{\circ}C + 273$$

$$1R = ^{\circ}F + 460$$

कार्नोट इंजन –

कार्नोट इंजन की क्रियाविधि (Working Process of Carnot) –

इंजन सिलेण्डर में कार्यकारी माध्यम के रूप में द्रव्य या गैस प्रयोग किया जाता है तथा पिस्टन इंजन सिलेण्डर के अन्दर पश्चाग्र गति करता है।

1– प्रक्रम (1–2) –

इस प्रक्रम में इंजन सिलेण्डर के सम्पर्क में ऊष्मा स्रोत का लाया जाता है तथ इस समय सिलेण्डर हैड सुचालक की भाँति कार्य करता है। सिलेण्डर के अन्दर पिस्टन पश्चाग्र गति करता है।

$$W = P \int_{U_1}^{U_2} v d \cdot v$$

2– प्रक्रम (2–3) –

इस प्रक्रम के दौरान सिलेण्डर हैण्ड कुचालक की भाँति कार्य करता है। इंजन सिलेण्डर हैड के अंदर गैस का प्रसारण होने लगता है गैसे के प्रसारण के कारण पिस्टन पश्चाग्र गति करता है।

$$W = P \int_{U_2}^{U_3} v d \cdot v$$

3– प्रक्रम (3–4) –



इस प्रक्रम के दौरान इंजन सिलेण्डर हैड सुचालक की भाँति कार्य करता है तथा सिलेण्डर हैड के सम्पर्क में ऊष्मा सिंक को लाया जाता है। इस कारण सिलेण्डर से ऊष्मा का निष्कासन होता है। निष्कासन के कारण पिस्टन पश्चाग्र गति करता है।

$$W = P \int_{U_3}^{U_4} v \cdot dv$$

#### 4- प्रक्रम (4-1) -

इस प्रक्रम के दौरान सिलेण्डर हैड एक कुचालक की भाँति कार्य करता है। गैस के संपीडन के कारण पिस्टन पश्चाग्र गति करते हुए अपनी प्रारम्भिक अवस्था में वापस आ जाती है।

$$W = -P \int_{U_4}^{U_1} v \cdot dv$$

कानोर्ट की इंजन की दक्षता -

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

## यूनिट – 4

### आदर्श गैसों के नियम (Law of Perfect Gases)

#### परिचय (Introduction) –

आदर्श गैसें वह गैसें होती हैं, जो किसी ऊष्मागतिकी प्रक्रम के अधीन अपनी अवस्था परिवर्तन नहीं करती। यह गैसें प्रायोगिक रूप से सम्भव नहीं होती हैं।

आदर्श गैसें कुछ नियम का अनुसरण करती हैं।

#### बॉयल का नियम (Boyle's law)–

इस नियम के अनुसार किसी गैसों के निश्चित द्रव्यमान तथा निश्चित तापमान पर गैस का आयतन गैस के दाब के अनुक्रमानुपाती होता है।

$$V \propto \frac{1}{P} \quad \text{या} \quad P \propto \frac{1}{V}$$

#### चार्ल्स नियम (Charles Law)–

इस नियम के अनुसार किसी गैस का आयतन उसके ताप के समानुपाती होता है।

#### गे-लूसेक का नियम (Gay-Lussac-law)–

इस नियम के अनुसार किसी निश्चित आयतन पर गैस का दाब उसके तापमान के समानुपाती होता है।

#### सावित्रिक गैस नियतांक एवं आवागाद्रो नियम (Avogadro law and universal gas constant) –

सावित्रिक गैस नियतांक का मान भिन्न-2 गैसों के लिए अलग-अलग होता है। इसका मान ज्ञात करने के लिए निम्न तथ्यों का ज्ञात होना आवश्यक है।

- मोल
- आवागाद्रो संख्या  $A = 6.02 \times 10^{26}$

### मोल –

वह संख्या जो पदार्थ के आण्विक भार के बराबर होती है। उनकी मोल संख्या कहलाती है।

### आवागाद्रो संख्या –

इसके अनुसार प्रत्येक पदार्थ के अणुओं की संख्या  $6.02 \times 10^{26}$  होती है।

### आवागाद्रो नियम –

इस नियम के अनुसार सामान्य तापमान व दाब पर सभी गैसों के 1 किग्राम 0 मोल का आयतन समान होता है जो कि  $224 \text{ m}^3$  होता है।

### गैस विशिष्ट ऊष्मा –

किसी पदार्थ की वह मात्रा जो किसी पदार्थ का एकांक तापमान तक बढ़ाने के लिए जिसकी ऊष्मी लगती है तथा आवश्यकता होती है उसे विशिष्ट ऊष्मा कहते हैं।

### भाप के गुण (Property of Steam):—

प्रकृति में पाये जाने वाले द्रव्य का तापमान तथा दाब अलग-अलग होता है। यह द्रव्य विभिन्न अवस्थाओं में उपस्थित होते हैं। उदा० के लिए पानी, बर्फ, भाप का मिश्रण।

### भाप (Steam) :-

जल का गैसीय तथा वाष्पीय स्वरूप भाप से होता है। ऊष्मा गतिकीय भाप ऊर्जा रूपान्तरण का कार्यकारी माध्यम है।

### भाप की अवस्था –

जल भाप का निर्माण के दौरान तीन अवस्था में पाया जाता है ।

### अर्द्धभाप के गुण –

भाप का वह रूप जिसके कण उपस्थित रहते हैं। उन्हें अर्द्धभाप कहते हैं।

### शुष्क एवं संतृप्त –

भाप का वह रूप जिसमें जल का एक भी कण मौजूद नहीं रहता है।  
उन्हीं को शुष्क एवं संतृप्त भाप कहते हैं।

### अति तृप्त भाप (Super Hated Stream) –

जब शुष्क एवं संतृप्त भाप को स्थिर भाप पर और गर्म किया जाता है  
तब भाप का तापमान बढ़ने लगता है और भाप एक आदर्श गैस की तरह व्यवहार  
करने लगती है। इस भाप को हम अति तृप्त भाप कहते हैं।

## THERMODYNAMICS QUESTION

01– ऊष्मागतिकी क्या है तथा ऊष्मागतिकी के सभी प्रक्रमों को विस्तार पूर्वक समझाईये।

### ऊष्मागतिकी –

विज्ञान की वह शाखा जिसके अन्तर्गत हम ऊष्मा का उसके निकाय द्वारा स्थानान्तरण करते हैं।

### ऊष्मागतिकी के प्रक्रम –

प्रवाह तथा अप्रवाह प्रक्रम –

वह ऊष्मागतिकी प्रक्रम जिसमें द्रव्यमान, ऊर्जा तथा कार्य तीनों निकाय की परिसीमा में आ-जा सकें, प्रवाह प्रक्रम कहलाता है।

वह ऊष्मागतिकी प्रक्रम जिसमें द्रव्यमान ही निकाय की परिसीमा में आ-जा सकें, अप्रवाह प्रक्रम कहलाता है।

### स्थिर आयतन प्रक्रम –

निकाय की सभी साम्यावस्था के लिए ऊष्मागतिकी प्रक्रम में पूरे प्रक्रम के दौरान आयतन स्थित रहता है ऐसे प्रक्रम को स्थिर आयतन प्रक्रम करते हैं।

माना कि एक आदर्श गैस जिसका प्रारम्भिक दाब, ताप, आयतन  $P_1, T_1, V_1$  अंतिम ताप, दाब  $P_2, T_2, V_2$  हो –

P, T, V में सम्बन्ध –

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \quad \{V_1 = V_2 = V\}$$

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \rightarrow \frac{T_1}{P_1} = \frac{T_2}{P_2}$$

### स्थिर दाब प्रक्रम –

वह प्रक्रम जिसमें निकाय की सभी साम्यवस्थाओं के लिए ऊष्मागतिकी निकाय में दाब स्थिर रहता हो तो वह प्रक्रम स्थिर दाब प्रकृत कहलाता है।

माना कि निकाय में एक आदर्श गैस जिसका प्रारम्भिक दाब, ताप, आयतन  $P_1, V_1, T_1$  तथा अन्तिम दाब, ताप, आयतन  $P_2, V_2, T_2$  होगा।

### P.V.T. में सम्बन्ध –

$$\frac{P_1 \times V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

यदि दाब स्थिर है तो  $[P_1 = P_2 = P]$

$$\left[ \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \right] \text{ OR } \left[ \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} \right]$$

### स्थिर ताप प्रक्रम –

वह प्रकृत जिसमें निकाय की सभी साम्यवस्थाओं के लिए ऊष्मागतिकी निकाय में ताप स्थित रहता है। तो वह प्रक्रम स्थित ताप प्रक्रम कहलाता है।

माना कि निकाय में एक आदर्श गैस का प्रारम्भिक ताप, दाब और आयतन  $P_1, V_1, T_1$  तथा अन्तिम, ताप, दाब, आयतन  $P_2, V_2, T_2$  होगा।

तो P.V.T. में सम्बन्ध –

$$\left[ \frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \right]$$

यदि  $T_1 = T_2 = T$

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

### रूहदोष प्रक्रम –

इस प्रक्रम में निकाय में परिवेश द्वारा किसी प्रकार का ऊष्मा का स्थानान्तरण नहीं होता। ऊष्मा स्थानान्तरण की दृष्टि से निकाय कुचालक माना जाता है। तो ऐसे प्रक्रम को हम रूहदोष प्रक्रम कहते हैं।

### अवरूद्ध प्रक्रम –

इस प्रक्रम में ना तो ऊष्मा प्रदान की जा सकती है ना तो निष्पादित की जा सकती है। ऐसे प्रक्रम अवरूद्ध प्रक्रम कहलाते हैं।

$$Q = 0$$

$$W = 0$$

$$\Delta PE = 0$$

$$\Delta KE = 0$$

### अवरूद्ध प्रक्रम के उपयोग –

- इस प्रक्रम का उपयोग गैस की स्थिति को जाँचने के लिए किया जाता है।

- रेफ्रिजिरेशन प्लांट में रेफ्रिजिरेन्ट के दाब को नियन्त्रित करने के लिए।
- टर्वाइन की गति को नियन्त्रित करने के लिए।

प्र02— ऊष्मागतिकी निकाय से क्या तात्पर्य है तथा इन्हें कैसे विभाजित किया जाता है ?

ऊष्मागतिकी के निकायों को दो भागों में बाँटा जा सकता है —

- (1) ऊर्जा के द्रव्यमान के स्थानान्तरण के आधार पर ।
- (2) पदार्थ की अवस्था के आधार पर ।

(1) ऊर्जा के द्रव्यमान के स्थानान्तरण के आधार पर —

(क) खुला ऊष्मागतिकी निकाय —

वह ऊष्मागतिकी निकाय जिसमें निकाय की परिसीमा में केवल ऊष्मा तथा द्रव्यमान दोनों का स्थानान्तरण हो सके ऐसे निकाय को खुला ऊष्मागतिकी निकाय कहते हैं।

(ख) बंद ऊष्मागतिकी निकाय —

वह ऊष्मागतिकी निकाय की परिसीमा में केवल और केवल ऊर्जा का स्थानान्तरण हो सके बंद ऊष्मागतिकी निकाय कहलाता है।

(ग) विलगित ऊष्मागतिकी निकाय —

वह ऊष्मागतिकी निकाय जिसके अंदर तो ऊर्जा न ही द्रव्यमान निकाय की परिसीमा के अंदर आ सके ऐसे निकाय को विलगित ऊष्मागतिकी निकाय कहते हैं।

(2) पदार्थ की अवस्था के आधार पर —

(क) समागम ऊष्मागतिकी निकाय के नियम —

वह ऊष्मागतिकी निकाय जिसमें वह द्रव्य व कार्यकारी पदार्थ एक ही अवस्था में हो ऐसे ऊष्मागतिकी निकाय को समागम ऊष्मागतिकी निकाय कहते हैं।

(ख) विषमांग ऊष्मागतिकी निकाय —

वह ऊष्मागतिकी निकाय जिसमें द्रव या कार्यकारी पदार्थ एक से अधिक अवस्था में उपस्थित हो उसे विषमांग ऊष्मागतिकी निकाय कहते हैं।

प्र03— ऊष्मागतिकी के प्रथम नियम के अनुप्रयोगों को समझाईये।

स्थित प्रवाह प्रक्रम —

वह प्रक्रम जिसमें कार्यकारी पदार्थ की मात्रा निकाय में प्रवेश करते समय तथा निकाय से निकलते समय नियत बना रहता है वह स्थित प्रवाह कहलाता है।

स्थिर प्रवाह प्रक्रम के लिए कुछ मान्यताएँ :-

- द्रव्यमान, प्रवाह पूरे विकाय में नियत बना रहता है।
- मिश्रण में प्रवाह समान बना रहता है।
- निकाय तथा परिवेश के बीच में केवल ऊष्मा तथा कार्य का सम्बन्ध रहता है।
- द्रव की अवस्थाएँ सभी बिन्दुओं पर नियत रहती है।

स्थिर प्रवाह के अनुप्रयोग —

- 01— टर्बाइन के उपयोग में
- 02— पम्प के उपयोग में
- 03— संपीडक के उपयोग में
- 04— वाष्पित्र के उपयोग में
- 05— वॉयलर के उपयोग में
- 06— नोजल के उपयोग में

ऊष्मागतिकी निकाय के गुण —

- निकाय का गुण एक अवस्था से दूसरी अवस्था में परिवर्तित होता रहता है।
- निकाय के प्रमुख गुण हैं — दाब, तापमान, आयतन, धनत्व, आन्तरिक ऊर्जा  
ये दो प्रकार के होते हैं —



(1) बिन्दु फलन गुणधर्म –

जब किसी निकाय ऊष्मागतिकी प्रक्रम के दौरान निकाय में उपस्थित द्रव या कार्यकारी पदार्थ प्रक्रम के पथ पर निर्भर होकर उसके पक्रम बिंदु पर करते है जिस पर हम निकाय के व्यवहार को मापते है, उसे हम बिंदुफलन गुणधर्म कहते है।

(2) पथ फलन गुणधर्म –

जब किसी निकाय ऊष्मागतिकी प्रक्रम के दौरान निकाय में उपस्थित द्रव या कार्यकारी पदार्थ प्रक्रम के पथ पर ना कि बिंदुफलन पर निर्भर रहता है जिस पर हम निकाय के व्यवहार को मापते है उसे हम पथ फलन गुणधर्म कहते है।

प्र04– कार्य तथा ऊर्जा को विस्तार पूर्वक समझाईये ।

कार्य–

किसी निकाय द्वारा किया गया कार्य निकाय पर लग रहे ढाल तथा उसके विस्थापन के गुणनफल के बराबर होता है।

$$\begin{aligned} W &= F.S. \text{ ( } S = \text{ Displacement )} \\ &= \text{Newton - Meter} \\ &= \text{Nm} \end{aligned}$$

ऊर्जा –

न्यूटन के अनुसार ऊर्जा किसी निकाय का वह गुण है जिससे निकाय कार्य करने में सक्षम होता है अर्थात् ऊर्जा की गणना सीधे रूप से नहीं की जा सकती है। यह एक अदिश राशि है। इसका मात्रक जूल है।

ऊर्जा का वर्गीकरण –

ऊर्जा को हमने दो भागों में बाँटा है –

- भंडारित या संचित ऊर्जा
- संक्रमण ऊर्जा

#### 4- भंडारित ऊर्जा -

निकाय की वह ऊर्जा जो निकाय की परिसीमा के अन्दर रहती है। इसके मुख्य तीन प्रकार हैं -

(क) स्थितिज ऊर्जा -

निकाय की वह ऊर्जा जो निकाय की परिसीमा के अन्दर रहती है। इसके मुख्य तीन प्रकार हैं -

(ख) गतिज ऊर्जा -

किसी निकाय की वह ऊर्जा जो उसे स्थिर अवस्था से गतिमान अवस्था में ले आए वह उस निकाय की गतिज ऊर्जा कहलाती है।

(ग) आंतरिक ऊर्जा -

किसी निकाय के अणुओं की गति के कारण निहित ऊर्जा उस निकाय की आंतरिक ऊर्जा कहलाती है।

#### 2- संक्रमण ऊर्जा -

वह ऊर्जा जो निकाय की परिसीमाओं के अंदर जा सकती है उसे संक्रमण ऊर्जा कहते हैं।

प्र05- ऊष्मागतिकी पथ तथा प्रक्रम को समझाईये -

जब कोई निकाय अपनी किसी एक समयावस्था से दूसरी साम्यवस्था से दूसरी साम्यवस्था में जाता है तथा वह जिस मार्ग का अनुसरण करता है। उसे ऊष्मागतिकी कहते हैं।

निकाय द्वारा इस पथ पर चलने की प्रक्रिया की ऊष्मागतिकी प्रक्रम कहते हैं।

चक्रीय प्रक्रम -

जब कोई निकाय विभिन्न ऊष्मागतिकी पथ का अनुसरण करता है। कि अपनी प्रारम्भिक अवस्था में पहुँच जाता है। उसे चक्रीय प्रक्रम कहते हैं।

भाप के गुण (Properties of Steam)–

विशिष्ट आयतन (Spacific Volume) –

भाप के आयतन तथा भाप के द्रव्यमान के अनुपात को भाप का विशिष्ट आयतन कहते हैं।

एन्थेल्पी (Enthelpy) –

यह किसी निश्चित द्रव्यमान जल को दी गयी ऊष्मा की मात्रा जिसमें वह वाष्प में परिवर्तित हो जायें ऐन्थेल्पी कहलाती है।

शुष्कता भिन्नता (Dryness Fraction) –

इसको  $x$  से प्रदर्शित करते हैं।