कॉरनाट इंजन: प्रतिक्रम्य चक्र इंजन-

1824 ई० में फ्रांस के एक वैज्ञानिक निकोलस कॉरेनाट द्वारा एक इंजन बनाया गया जो चार प्रतिक्रम्य प्रक्रमों पर आधारित था। इस इंजन को कॉरनाट इंजन कहा गया।

चार प्रतिक्रम्य प्रक्रम निम्नलिखित हैं-

- दो प्रतिक्रम्य समतापीय प्रक्रम
- दो प्रतिक्रम्य रुद्धोष्म प्रक्रम

चूंकि चारो प्रक्रम प्रतिक्रम्य चक्र पर आधारित है. इसलिए इसे प्रतिक्रम्य चक्र इंजन भी कहते हैं।

कॉरनाट इंजन के लिए प्रकल्पनाएं:

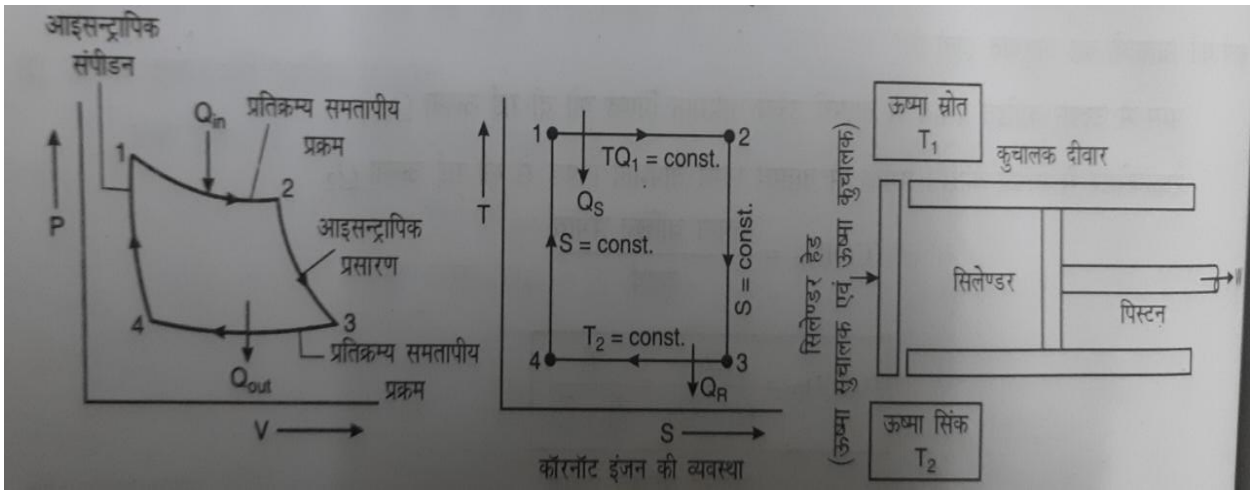
कारनॉट इंजन के निर्माण के लिए प्रमुख प्रकल्पनाएं निम्नलिखित है-

(i) सिलेण्डर के अन्दर पिस्टन की गति घर्षण रहित होती है।

(ii) सिलेण्डर एवं पिस्टन की दीवारे पूर्णतः ऊष्मारोधी होती हैं।

(iii) सिलेण्डर हैड इस प्रकार बनाया जाए कि वह एक बार सुचालक की भांति कार्य करे तथा एक बार कुचालक की भाँति कार्य करे।

(iv) इंजन में ऊष्मा सोत एवं ऊष्मा सिंक दोनों उपलब्ध हो।



कॉरनाट इंजन की क्रियाविधि:

इंजन सिलेण्डर में कार्यकारी माध्यम के रूप में द्रव या गैस का प्रयोग किया जाता है तथा पिस्टन इंजन सिलेण्डर के अन्दर पश्चात्र गति करता है।

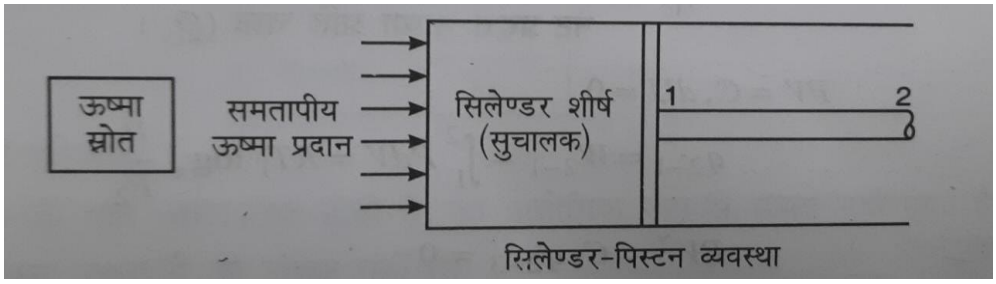
चार चक्रीय प्रक्रम निम्नलिखित हैं-

(i) प्रक्रम 1-2 : प्रतिक्रम्य समतापीय प्रदत्त ऊष्मा प्रक्रम:

इस प्रक्रम में इंजन सिलेण्डर के सम्पर्क में ऊष्मा स्रोत को लाया जाता है तथा इस समय सिलेण्डर हेड सुचालक की कार्य करता है। सिलेण्डर के अन्दर पिस्टन पश्चाग्र गति करता है।

प्रक्रम 1-2 के दौरान कार्य $W_{1\text{-}2} = \int_{v1} P.\, dv$

गैस का प्रसारण $PV = C$ के नियम से होता है।



सिलेण्डर-पिस्टन व्यवस्था

प्रक्रम 2-3 : आइसन्ट्रापिक प्रसारण प्रक्रम:

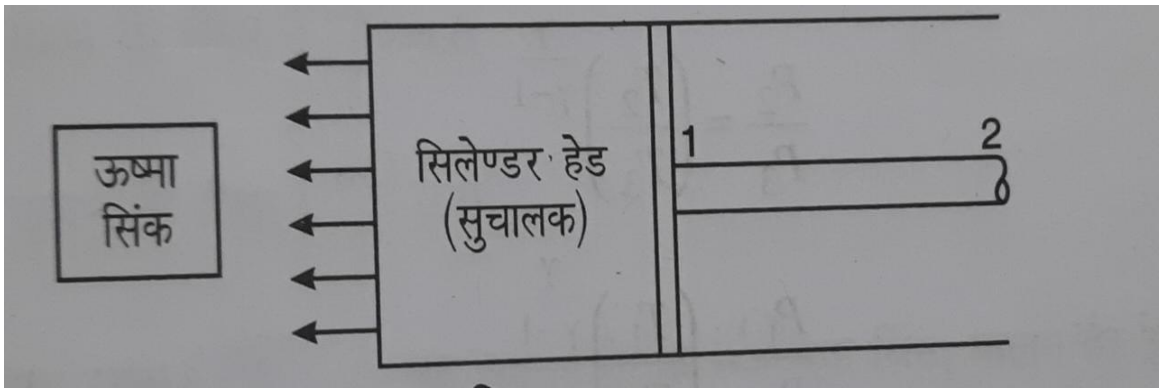
इस प्रक्रम के दौरान सिलेण्डर हेड एक कुचालक की भाँति कार्य करता है तथा गैसों का प्रसारण रूद्धोष्म प्रक्रम की भाँति होता है। गैसों के प्रसारण के कारण पिस्टन पश्चाग्र गति करता है।

प्रक्रम 2-3 के दौरान कार्य $W_{2\text{-}3} = \int_{v1} P.dV$

गैस का प्रसारण $PV^{\gamma} = C$ नियम से होता है।

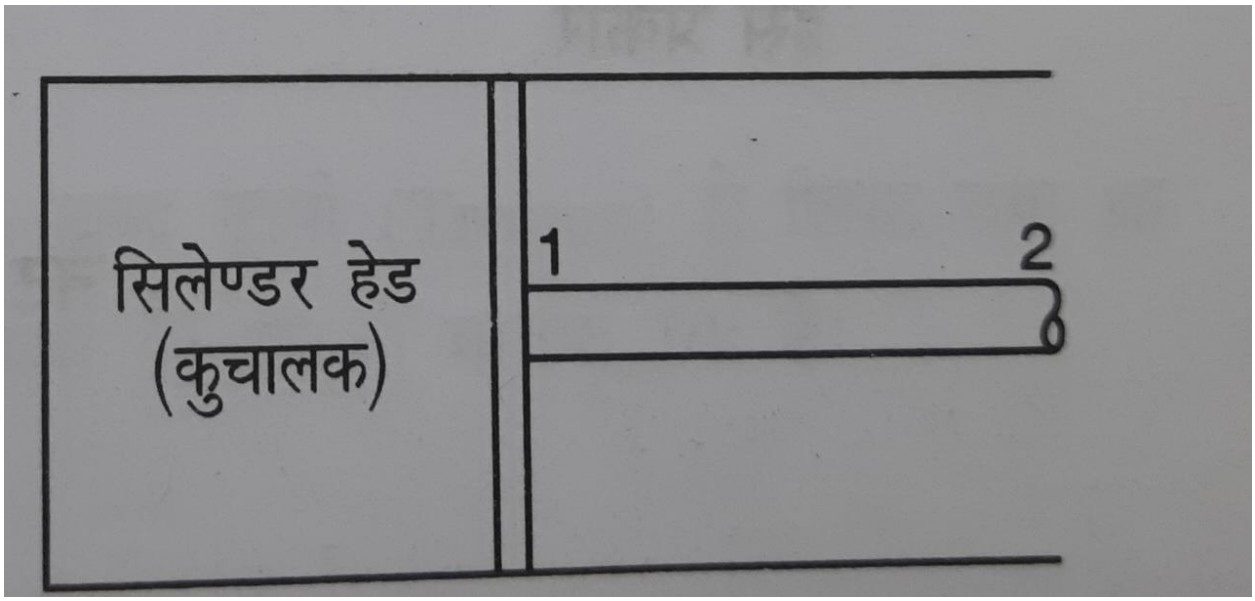
प्रक्रम 3-4 : समतापीय ऊष्मा निष्कासन प्रक्रम:

इस प्रक्रम के दौरान इंजन सिलेण्डर हेड एक सुचालक की भाँति कार्य करता है। इंजन सिलेण्डर हेड (शीर्ष) के सम्पर्क में ऊष्मा सिंक को लाया जाता है, जिस कारण से इंजन सिलेण्डर से ऊष्मा का निष्कासन होता है (उच्च तापमान भण्डारण से निम्न तापमान भण्डारण की तरफ)। गैसों के संपीडन से पिस्टन पश्चाग्र गति करता है।



प्रक्रम 4-1 : आइसन्ट्रॉपिक संपीडन प्रक्रम:

इस प्रक्रम के दौरान सिलेण्डर हेड एक कुचालक की भाँति कार्य करता है। कार्यकारी माध्यम के सम्पीडन से पिस्टन पश्चाग्र गति कर अपनी प्रारम्भिक अवस्था पहुँचता है तथा चक्र पूरा करता है।


सिलेण्डर हेड
(कुचालक)
1
2

प्रक्रम के दौरान कार्य $W_{4-1} = -P\int_{V_4}^{V_1} dV$

गैसों का संपीडन $PV^{\gamma} = C$ के नियम से होता है।

कॉरनाट चक्र की दक्षता

हम जानते हैं कि

$$\eta_c = \frac{\text{नेट कार्य प्रति चक्र } (W_{net})}{\text{नेट प्रदत्त ऊष्मा प्रति चक्र } (Q_s)}$$

प्रक्रम 1-2 : $PV = C, dU = 0$

$$q_{2-1} = W_{2-1} = \int_1^2 PdV = RT_1 \log_e \frac{P_1}{P_2}$$

प्रक्रम 2-3 : $PV^{\gamma} = C, q_{2-3} = 0$

$$W_{2-3} = (U_2 - U_3) = C_v(T_2 - T_3)$$

प्रक्रम 3-4 : $PV = C, dU = 0$

$$q_{3-4} = W_{3-4} = -RT_3 \log_e \frac{P_4}{P_3}$$

प्रक्रम 4-1 : $PV^{\gamma} = C, q_{4-1} = 0$

$$W_{4-1} = -(U_1 - U_4) = C_v(T_1 - T_4)$$

नेट कार्य

$\Rightarrow$ प्रक्रम 1-2 के दौरान प्रदत्त ऊष्मा – प्रक्रम 3-4 के दौरान निष्कासित ऊष्मा

$$= RT_1 \log_e \frac{P_1}{P_2} - RT_3 \log_e \frac{P_4}{P_3}$$

चूँकि प्रक्रम 2-3 एवं प्रक्रम 3-4 रूद्धोष्म प्रक्रम हैं

तब $$\frac{P_2}{P_3} = \left(\frac{T_2}{T_3}\right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{T_1}{T_4}\right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}$$

और $T_2 = T_1$ या $T_3 = T_4$

इस प्रकार $$\frac{P_2}{P_1} = \frac{P_1}{P_4} \quad \Rightarrow \quad \frac{P_1}{P_2} = \frac{P_4}{P_3}$$

नेट कार्य $$W_{net} = RT_1 \log_e \frac{P_1}{P_2} - RT_3 \log_e \frac{P_4}{P_3}$$

$$W_{net} = R(T_1 - T_3) \log_e \frac{P_1}{P_2}$$

$$\eta_{carnot} = (T_1 - T_2)/T_1$$

कारनॉट इंजन की सीमाएँ:

इंजन में पिस्टन की गति घर्षणरहित होती है, जो प्रायोगिक रूप से संभव नहीं होता है। तापमान नियत बना रहता है जो संभव नहीं है।

एण्ट्रॉपी सिद्धान्त एवं भौतिक महत्व :

एण्ट्रॉपी को निम्न प्रकार से परिभाषित किया गया है-

"यह ऊष्मा की मात्रा का फलक होता है, जो ऊष्मा को कार्य में परिवर्तित करने की सम्भावना को प्रदर्शित करता है।"

"It is a function of a quantity of heat shows the possibility of conversion of that heat into work."

क्लासियस असमानता (Classius inequality) के अनुसार,

"जब एक निकाय पूर्ण चक्रीय प्रक्रम से गुजरता है तब पूरे चक्र में राशि dQ/T का समाकलन शून्य या शून्य से कम होता है।"

अर्थात्

$$\int(dQ/T) \leq 0$$

प्रतिक्रम्य प्रक्रम के लिए $\int(dQ/T) = 0$

अप्रतिक्रम्य प्रक्रम के लिए $\int(dQ/T) = 0$

प्रतिक्रम्य प्रक्रम के लिए राशि $\int(dQ/T) = 0$, यह बताता है कि बक एक बिन्दु फलन है। अतः हम कह सकते हैं कि ब निकाय का गुणधर्म होता है। यह गुणधर्म ही एण्ट्रॉपी कहलाता है। इसे 'S' द्वारा प्रदर्शित करते हैं।

एण्ट्रॉपी में परिवर्तन $dS = \int dQ/T$

एण्ट्रॉपी को सर्वप्रथम क्लासियस द्वारा इस्तेमाल किया गया जो कि ग्रीक शब्द ट्रापी (Tropee) से लिया गया था जिसका तात्पर्य है रूपान्तरण। यह एक मात्रा सापेक्ष (Extensive property) गुणधर्म है। इसका मात्रक J/k है।

विशिष्ट एण्ट्रॉपी=S/M , J/kgK होता है।

एण्ट्रॉपी के लक्षण:

किसी निकाय की एण्ट्रॉपी बढ़ती है यदि ऊष्मा को प्रदत्त किया जाए, चाहे तापमान में परिवर्तन कुछ भी हो (अर्थात् बढ़े या घंटे)।

किसी निकाय की एण्ट्रॉपी घटती है यदि ऊष्मा निष्कासित होती है, चाहे तापमान में परिवर्तन कुछ भी हो ।

किसी निकाय की एण्ट्रॉपी घटती है यदि ऊष्मा निष्कासित होती है, चाहे तापमान में परिवर्तन कुछ भी हो (अर्थात् बढ़े या घंटे)।

किसी निकाय की एण्ट्रॉपी स्थिर होती है, रूद्धोष्म घर्षणहित प्रक्रम के लिए।
किसी ग्राटलिंग प्रक्रम में यदि कार्य न हो तो एण्ट्रॉपी बढ़ती है (ऊष्मा का तापमान कम होना चाहिए)। किसी निकाय की एण्ट्रॉपी में परिवर्तन अप्रतिक्रम्य प्रक्रम के लिए हमेशा dQ/T से ज्यादा होता है।

किसी प्रतिक्रम्य प्रक्रम के लिए $ds= dQ/T$

किसी अप्रतिक्रम्य प्रक्रम के लिए $ds > dQ/T$

किसी विलगित निकाय के लिए $ds \geq dQ/T$

हम जानते है कि सभी प्रक्रम प्रयोगिक रूप से अप्रतिक्रम्य होते हैं, इसलिए ब्रह्माण्ड में एण्ट्रॉपी हमेशा बढ़ती है।

भाप के गुण (Properties of Steam)

परिचय:

प्रकृति में पाए जाने वाले द्रव्य (substance) का तापमान, दाब अलग-अलग होता है। यह द्रव्य विभिन्न कलाओ (Phases) में उपस्थित होते हैं। ऊष्मागतिकी निकाय में यह द्रव्य विभिन्न कलाओं में उपस्थित होते है तथा ऊष्मागतिकी प्रक्रम के अधीन यह कलाएँ (Phases) परिवर्तित होती रहती है। ऊष्मागतिकी निकाय में प्रयुक्त द्रव्य, शुद्ध द्रव्य होता है। शुद्ध द्रव्य, ऐसे पदार्थ होते है जो चाहे किसी भी अवस्था में हो उनको रासायनिक संरचना (Chemical structure) समांग (Homogeneous) एवं स्थायी (Stable) होती है।

उदाहरण के लिए, पानी, बर्फ एवं भाप का मिश्रणा अभियांत्रिकी में शुद्ध द्रव्य को कार्यकारी माध्यम के रूप में प्रयोग किया जाता है।

सामान्य निकायों में कार्यकरी माध्यम के रूप में जलवाष्प एवं भाप (शुद्ध द्रव्य) का प्रयोग किया जाता है। भाप को शुद्ध द्रव्य के रूप में वृहत्त रूप से उपयोग किया जाता है। इस अध्याय में हम भाप के निर्माण, भाप के गुणों एवं विभिन्न प्रक्रमों के दौरान गुणों में में परिवर्तन का अध्ययन करते हैं।

भाप:

जल का गैसीय या वाष्पीय स्वरूप भाप कहलाता है। भाप का निर्माण जल की अवस्था परिवर्तन से होता है और पा ऊष्मागतिकी में ऊर्जा रूपान्तरण का प्रमुख कार्यकारी माध्यम है।

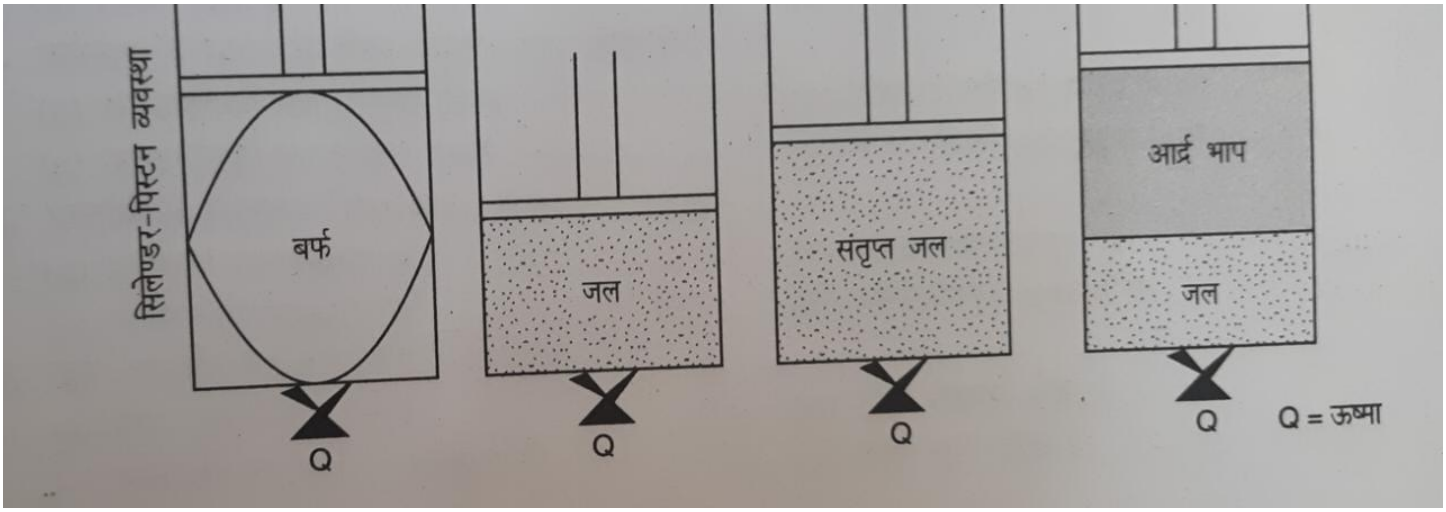
हम जानते है कि जल तीन अवस्थाओं में उपस्थित होता है-

(i) ठोस

(ii) जल (द्रव)

(iii) गैस (वाष्प)

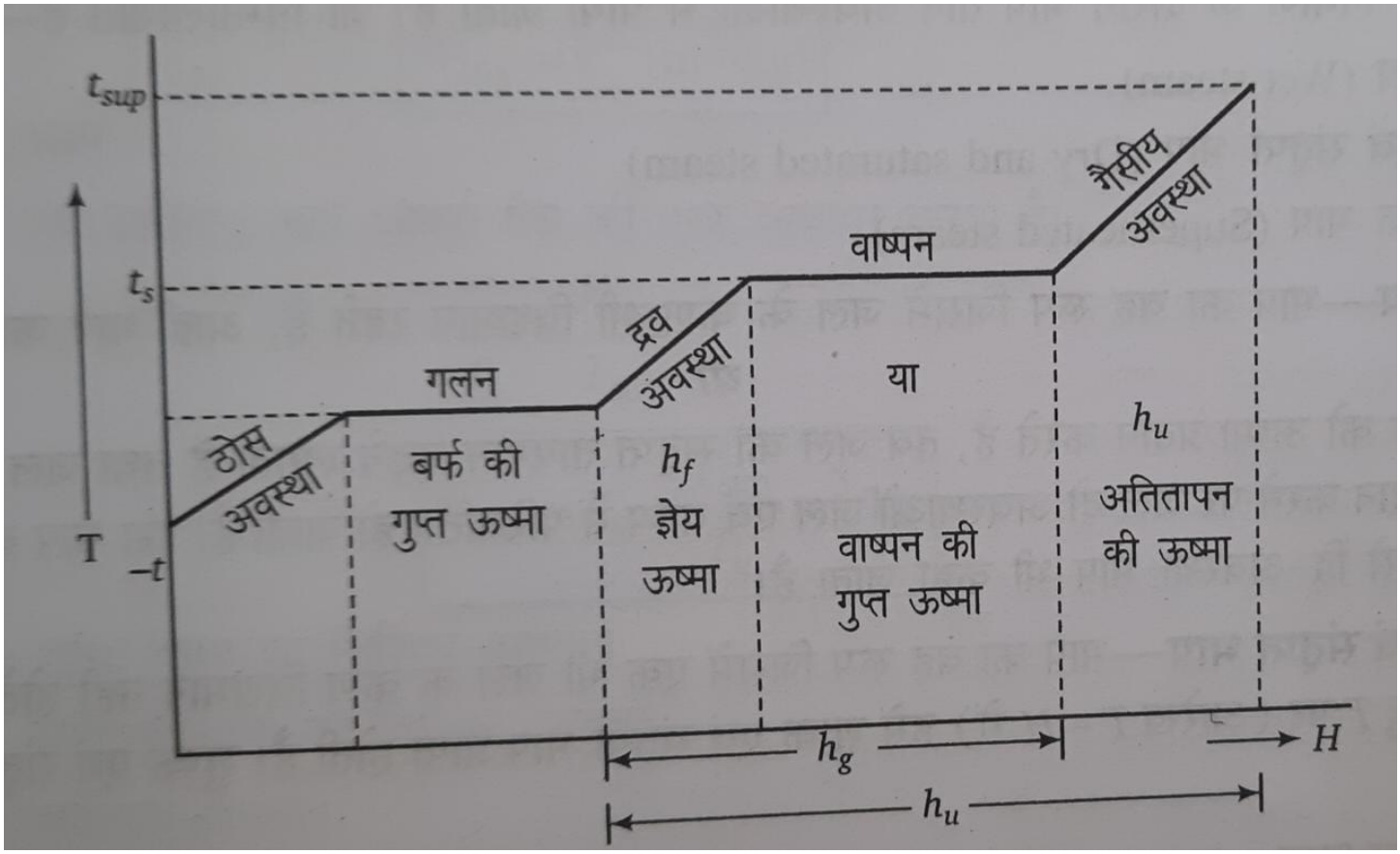
जल की गैसीय अवस्था अर्थात् वाप का निर्माण एवं गुणों में होने वाले परिवर्तन का व्यवस्थित आरेख निम्नलिखित है



वाष्प निर्माण में प्रयुक्त चरण:

स्थिर दाब पर जल को गर्म करके अतितप्त भाप में परिवर्तित करने की प्रक्रिया को उपरोक्त चित्र में दिखाया गया है। भाप बनने की प्रक्रिया का तापमान एन्थालपी आरेख (T.H diagram) निम्न है- भाप बनने की प्रक्रिया के दौरान विभिन्न चरण निम्नलिखित है-

चरण P-Q-इस चरण के दौरान स्थिर दाब पर किसी निश्चित द्रव्यमान के बर्फ को ऊष्मा प्रदान की जाती है, जिसके कारण बर्फ की अवस्था परिवर्तित (ठोस से द्रव) होने लगती है।



चरण Q - R—इस चरण के दौरान ऊष्मा की बढ़ोत्तरी के कारण सम्पूर्ण बर्फ जल में परिवर्तित हो जाता है। चरण के दौरान प्रदान की दी ऊष्मा को बर्फ से गुप्त ऊष्मा (Latent heat of ice) कहते हैं।

चरण R - S— सतत् ऊष्मा के प्रवाह के कारण जल के तापमान में वृद्धि होने लगती है। इस चरण के दौरान दाब को संतृप्त दाब कहते हैं। इस चरण के दौरान वाष्पन 1.01325 बार या 760mm Hg पर होता है। चूँकि इस चरण के दौरान दाब में बुद्धि होने लगती है, जिससे संतृप्त तापमान भी बढ़ने लगता है।

चरण के दौरान प्रदान की गई ऊष्मा को ज्ञेय ऊष्मा (Sensible heat) या संतृप्त जल की एन्थालपी या जल की कुल ऊष्मा कहते हैं। चरण के दौरान आयतन में भी वृद्धि होती है। जल के इस आयतन को संतृप्त जल का विशिष्ट आयतन कहते हैं।

भाप की शुष्कता भिन्नता की गणना करना (Determination of Dryness Fraction of Steam):

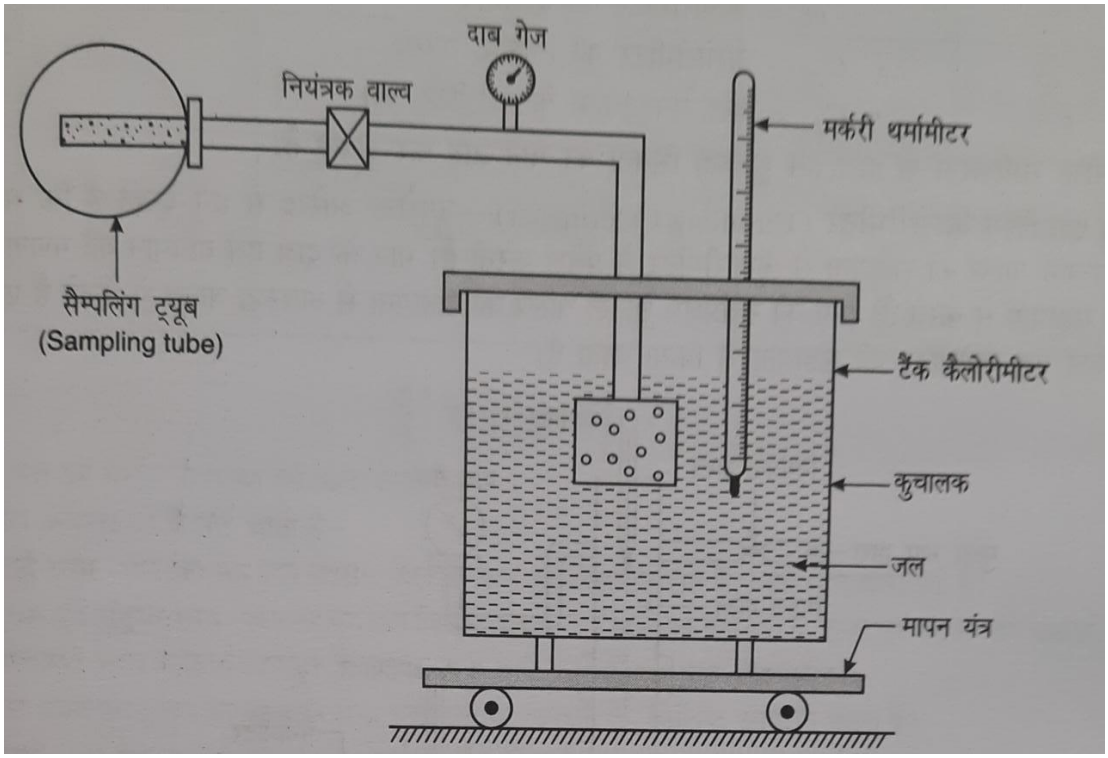
भाप की शुष्कता भिन्नता की गणना हम कैलोरीमीटर की सहायता से करते हैं। मुख्य निम्न प्रकार के कैलोरीमीटर प्रयोग किए जाते हैं—

(i) टैंक या बकेट कैलोरीमीटर (Tank or Bucket Calorimeter)

(ii) ब्राटलिंग कैलोरीमीटर (Throttling Calorimeter)

(iii) भ्राटलिंग या अलगाव कैलोरीमीटर (Throttling or Separating Calorimeter)

(i) टैंक या बकेट कैलोरीमीटर (Tank or Bucket Calorimeter)—कैलोरीमीटर का व्यवस्थित आरेख निम्नलिखित है



इस विधि में ज्ञात द्रव्यमान के भाप को ज्ञात द्रव्यमान के जल से गुजारा जाता है तथा भाप पूर्णतः संघनित्र हो जाती है। "उपरोक्त प्रक्रम से भाप द्वारा निष्कासित ऊष्मा का मान जल द्वारा ग्रहण ऊष्मा के मान के बराबर होता है।"