CHAPTER - 12 KINETIC THEORY OF GASES (अनुगति सिद्धान्त)

Points to remember (स्मरणीय तथ्य) :

•Kinetic theory of gases - assumptions

Kinetic theory of gas was developed by Maxwell and Clausius in order to explain the gas law in terms of motion of the gas molecule. The kinetic theory of gas molecule is based on the following assumptions:

(i) A gas consists of small indivisible particles called molecules. Molecules of gas are considered to be a perfectly rigid, elastic solid sphere and identical in all respects. The size of the molecule is negligible as compared with their distance apart.

(ii) All gas molecules are in the state of continuous and random motion with all possible velocity and possible direction.

(iii) The distance between the two molecules is large as compared to their size.

(iv) During random motion, molecules collide with one another and the walls of the container. Collisions are perfectly elastic.

(v) In spite of repeated collisions, the density of gas remains constant.

(vi) The time of impact is negligible in comparison to the time between two successive collisions.

(vii) Between two successive collisions the molecule moves in a straight line with uniform speed or velocity. The distance between two successive collisions is called the free path of the molecule.

(viii) The average distance traveled by the molecule between two successive collisions is called mean free path.

•अणुगति सिद्धांत - अवधारणाएँ

गैस अणुगति सिद्धांत गैस अणु की गति के संदर्भ में गैस नियम को समझाने के लिए मैक्सवेल और क्लॉसियस द्वारा विकसित किया गया था। गैस अणुगति सिद्धांत निम्नलिखित अवधारणाओं पर आधारित है:

(i) गैस में छोटे अविभाज्य कण होते हैं जिन्हें अणु कहा जाता है। गैस के अणुओं को पूर्णतया कठोर, प्रत्यास्तय गोला और सभी प्रकार से समान माना जाता है। अणु का आकार उनकी दूरी की तुलना में नगण्य होता है।

(ii) सभी गैस अणु सभी संभावित वेग और संभावित दिशा के साथ निरंतर और यादृच्छिक गति की स्थिति में होते हैं।

(iii) अणुओं के बीच की दूरी उनके आकार की तुलना में अधिक होती है।

(iv) यादृच्छिक गति के दौरान, अणु एक दूसरे और पात्र की दीवारों से टकराते हैं। टकराव पूर्णतया प्रत्यास्तय होते हैं।

(v) बार-बार टकराने के बावजूद गैस का घनत्व नियत रहता है।

(vi) दो लगातार टकरावों के बीच के समय की तुलना में प्रभाव का समय नगण्य होता है।

(vii) दो क्रमिक टकरावों के बीच अणु एक समान गति या वेग से एक सरल रेखा में चलता है। दो क्रमिक टकरावों के बीच की दूरी को अणु का मुक्त पथ कहा जाता है।

(viii) दो क्रमिक टकरावों के बीच अणु द्वारा तय की गई औसत दूरी को माध्य मुक्त पथ कहा जाता है।

• Kinetic interpretation of temperature

The temperature of a gas is a measure of the average kinetic energy of a molecule, independent of the nature of the gas or molecule. In a mixture of gases at a fixed temperature the heavier molecule has the lower average speed. Energy of one mole of monatomic gas is given by

$$E = \frac{3}{2}RT$$

Hence energy or velocity increases on increasing temperature. Average K.E. of gas is directly proportional to absolute temperature ($E \propto T$).

Thus at absolute zero temperature kinetic energy of gas molecules should reduce to zero.

It means at absolute zero temperature molecules of gases are in a perfect state of rest and have no kinetic energy. Since KE cannot have negative value so absolute temperature cannot be negative, so minimum possible temperature is absolute zero.

But before absolute zero temperature reaches all gases change their state to liquid or solid. Thus temperature of gas is a measure of the mean KE of translation per molecule. This is called kinetic interpretation of temperature.

•तापमान की गतिज व्याख्या

किसी गैस का तापमान किसी अणु की औसत गतिज ऊर्जा का माप है, जो गैस या अणु की प्रकृति से स्वतंत्र होता है। एक निश्चित तापमान पर गैसों के मिश्रण में भारी अणु की औसत गति कम होती है। एक अणु वाली

गैस के एक मोल की ऊर्जा

$E = \frac{3}{2}RT$ द्वारा दी जाती है।

अतः तापमान बढ़ने पर ऊर्जा या वेग बढ़ता है। औसत गैस का निरपेक्ष तापमान ($E \propto T$) के अनुक्रमानुपातिक है।

इस प्रकार परम शून्य तापमान पर गैस अणुओं की गतिज ऊर्जा शून्य हो जानी चाहिए।

इसका मतलब है कि परम शून्य तापमान पर गैसों के अणु एकदम विराम की स्थिति में होते हैं और उनमें कोई गतिज ऊर्जा नहीं होती है। चूँकि KE का मान ऋणात्मक नहीं हो सकता, इसलिए निरपेक्ष तापमान ऋणात्मक नहीं हो सकता, इसलिए न्यूनतम संभव तापमान परम शून्य होता है।

लेकिन परम शून्य तापमान तक पहुंचने से पहले सभी गैसें अपनी अवस्था को तरल या ठोस में बदल लेती हैं। इस प्रकार गैस का तापमान प्रति अणु एक रेखीय गति के माध्य KE का माप है। इसे तापमान की गतिज व्याख्या कहा जाता है।

- **Root mean square (R.M.S.) speed of gas molecules गैस अणु के R.M.S. वेग**

  It is defined as the square root of the mean of the square of the velocities of the gas molecule. R.M.S. velocity is directly proportional to the square root of absolute temperature: It is given by

  R.M.S. वेग, गैस अणु के वेग के वर्ग के माध्य के वर्गमूल के रूप में परिभाषित किया जाता है। R.M.S. वेग निरपेक्ष तापमान के वर्गमूल के समानुपाती होता है:

  यह $\sqrt{\frac{3KT}{m}}$ द्वारा दिया जाता है

- Degrees of freedom स्वतंत्रता की कोटियां

  The minimum number of independent coordinates or dimensions required to represent the position and configuration of a system completely is known as degrees of Freedom.

  किसी निकाय की स्थिति और विन्यास को पूरी तरह से दर्शाने के लिए आवश्यक स्वतंत्र निर्देशांक या आयामों की न्यूनतम संख्या को स्वतंत्रता की कोटियां के रूप में जाना जाता है।

Sr No.	Type of gas molecule	Translational motion	Rotational motion	Vibrational motional
1	Monoatomic molecule	3	-	-
2	Diatomic molecule	3	2	1(at high temp)
3	For triatomic linear molecule	3	2	3(at high temp)
4	Triatomic nonlinear molecule	3	3	9(at High temp)

- Law of equipartition of energy ऊर्जा के सम-विभाजन का नियम

  According to this law, for a thermodynamical system in equilibrium, total energy is equally distributed among various degrees of freedom and energy associated with each degree of freedom per molecule is $\frac{1}{2}K_BT$

  Where, $R=NK_B$ (R- gas Constant, N- Avogadro's number and K_B- Boltzmann Constant) If there are f degrees of freedom, then total energy of one mole is given by

  $U= \frac{1}{2}NK_BT = \frac{1}{2}RT$

  इस नियम के अनुसार, संतुलन (साम्य) में उष्मागतिक निकाय की कुल ऊर्जा को स्वतंत्रता की विभिन्न कोटियां के बीच समान रूप से वितरित किया जाता है प्रति अणु स्वतंत्रता की प्रत्येक कोटियां से जुड़ी ऊर्जा = $\frac{1}{2}K_BT$ होती है

  जहाँ, $R=NK_B$ (R- गैस नियतांक, N- अवोगाद्रो संख्या और K_B- बोल्ट्जमैन नियतांक) यदि स्वतंत्रता की f कोटियां हैं, तो एक मोल की कुल ऊर्जा

  $U= \frac{f}{2}NK_BT = \frac{f}{2}RT$

- Concept of mean free path

  Between two successive collisions the molecule moves in a straight line with uniform speed or velocity. The distance between two successive collisions is called the free path of the molecule. The average distance traveled by the molecule between two successive collisions is called mean free path. Mean free path is given by

  $$\lambda = \frac{1}{\sqrt{2}\, n\pi d^2}$$

  Where n is the number density of gas molecules and d is the diameter of the molecule

  माध्य मुक्त पथ की संकल्पना

  दो क्रमिक टकरावों के बीच अणु एक समान गति या वेग से एक सरल रेखा में चलता है। दो क्रमिक टकरावों के बीच की दूरी को अणु का मुक्त पथ कहा जाता है। दो क्रमिक टकरावों के बीच अणु द्वारा तय की गई औसत दूरी को माध्य मुक्त पथ कहा जाता है। माध्य मुक्त पथ

  $$\lambda = \frac{1}{\sqrt{2}\, n\pi d^2}$$

  द्वारा दिया जाता है।

  जहां n गैस अणुओं का संख्या घनत्व है और d अणु का व्यास है।

- **Avogadro's number**

  The number of units in one mole of any substance is called Avogadro's number or Avogadro's constant. It is equal to 6.022140857×10^{23}. The units may be electrons, ions, atoms, or molecules, depending on the character of the

reaction and the nature of the substance. Hence the number of particles in 3 moles of a substance would be Total no = 3 x 6.022x 10^{23} = 1.81 x 10^{24} particles

• **अवोगाद्रो संख्या**

किसी भी पदार्थ के एक मोल में इकाइयों की संख्या को अवोगाद्रो संख्या या अवोगाद्रो नियतांक कहा जाता है। यह 6.022140857×10^{23} के बराबर है। प्रतिक्रिया की प्रकृति और पदार्थ की प्रकृति के आधार पर इकाइयाँ इलेक्ट्रॉन, आयन, परमाणु या अणु हो सकती हैं। अतः किसी पदार्थ के 3 मोल में कणों की संख्या होगी कुल संख्या = 3 x 6.022 x 10^{23} = 1.81 x 10^{24} कण

MULTIPLE CHOICE QUESTIONS:
बहुविकल्पीय प्रश्न:

1. **S.I. unit of universal gas constant R is :**
सार्वभौमिक गैस नियतांक R की S.I इकाई .....है।
a. $J^{-1}mol\ K^{-1}$ b. $Jmol^{-1}K^{-1}$
c. $J^{-1}mol\ K^{-1}$ d. $J^{-1}mol\ K^{-1}$

2. **Value of universal gas constant is :**
सार्वभौमिक गैस नियतांक का मान है:
a. 8.31 J^{-1} mol K^{-1}
b. 8314 J^{-1} mol K^{-1}
c. 83.14 J^{-1} mol K^{-1}
d. 8.13 J^{-1} mol K^{-1}

3. **Average kinetic energy of the molecules of a gas is directly proportional to :**
a. Pressure b. Volume
c. Temperature d. None of these
गैस के अणुओं की औसत गतिज ऊर्जा ..... अनुक्रमानुपातिक होती है।
a. दाब b. आयतन
c. तापमान d. इनमें से कोई नहीं

4. **In monoatomic gas molecules, degrees of freedom is :**
एक परमाणुक गैस अणुओं में, स्वतंत्रता की .....कोटियां है।
a. 1 b. 3
c. 5 d. 7

5. **The degree of freedom of a diatomic gas molecule is :**
एक द्विपरमाणुक गैस अणु की स्वतंत्रता की..... कोटियां है।
a. 1 b. 3
c. 5 d. 7

6. **One mole of a monoatomic gas is mixed with mole of a diatomic gas what is the value of γ of the mixture :**
एक मोल एकपरमाणुक गैस को एक मोल द्विपरमाणुक गैस के साथ मिलाया जाता है, मिश्रण में से γ का मान क्या है?
a. 1.0 b. 1.5
c. 2.5 d. 2.0

7. **Mean free path depends upon :**
a. Absolute temperature of the gas
b. Pressure of the gas
c. Both a & b d. None of these
माध्य मुक्त पथ .....निर्भर करता है ।
a. गैसों के परम तापमान पर
b. गैसों के दाब पर
c. a और b दोनों पर
d. इनमें से किसी पर नहीं

8. **On which factor does the average kinetic energy of a gas molecule depend ?**
a. Nature of gas b. Temperature
c. Volume d. Density
गैस अणुओं की औसत गतिज ऊर्जा किस कारक पर निर्भर करती है?
a. गैसों की प्रकृति पर b. तापमान पर
c. आयतन पर d. घनत्व पर

9. **What is the average velocity of a molecules of an ideal gas :**
a. Infinity b. Constant
c. Unstable d. Zero
एक आदर्श गैस के अणुओं का औसत वेग क्या है?
a. अनंत b. नियतांक
c. अनियत d. शून्य

10. **At Boyle's temperature :**
a. Joule's effect is positive
b. Vander waal's equation becomes zero
c. Gases Boyle's law
d. Water solidifies
बॉयल के तापमान पर :
a. जूल का प्रभाव धनात्मक होता है।
b. वेंडर वाल का समीकरण शून्य हो जाता है।
c. गैसें बॉयल का नियम
d. पानी जम जाता है।

11. **For Boyle's law to hold good, the gas should be :**
a. Perfect and of constant mass and temperature
b. Real and of constant mass and temperature
c. Perfect and at constant temperature