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

© NCERT not to be republished

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

© NCERT not to be republished

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. वैंडर 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

© JCERT not to be republished

d. Real and at constant mass

बॉयल के नियम को लागू करने के लिए, गैस को ..... होना चाहिए।

a. आदर्श तथा नियत द्रव्यमान और तापमान पर
b. वास्तविक तथा नियत द्रव्यमान और तापमान पर
c. आदर्श और नियत तापमान पर
d. वास्तविक और नियत द्रव्यमान पर

12. A gas behaves as an ideal gas at :

a. Low pressure and low temperature
b. Low pressure and high temperature
c. High pressure and low temperature
d. High pressure and high temperature

एक गैस .....आदर्श गैस की तरह व्यवहार करती है।

a. कम दाब और कम तापमान पर
b. कम दाब और उच्च तापमान पर
c. उच्च दाब और कम तापमान पर
d. उच्च दाब और उच्च तापमान पर

13. The degree of freedom of a triatomic gas is :

a. 3 b. 6
c. 7 d. Both a and c

त्रिपरमाणुक गैस की स्वतंत्रता की .....कोटियां है।

a. 3 b. 6
c. 7 d. b और c दोनों

14. Random motion of gas particle in air is termed as :

a. Bruneian motion b. Brownian motion
c. Rotatory motion d. None of these

वायु में गैस कण की यादृच्छिक गति को .....कहा जाता है।

a. ब्रुनेई गति b. ब्राउनियन गति
c. घूर्णन गति d. इनमें से कोई नहीं

15. Boiling point of water is :

पानी का क्वथनांक..... है ।

a. 0°C b. 50°C
c. 100°C d. 200°C

16. Brownian motion was discovered by scientist :

a. Albert Brown b. John Brown
c. Robert Brown d. Isan Brown

ब्राउनियन गति की खोज वैज्ञानिक..... ने की थी।

a. अल्बर्ट ब्राउन b. जॉन ब्राउन
c. रॉबर्ट ब्राउन d. इसान ब्राउन

17. If car tires are hot, pressure of gas molecules in them would be :

a. High
b. Low
c. Same as before heating
d. May be high or low

यदि कार के टायर गर्म हों, तो उनमें गैस अणुओं का दाब..... होगा।

a. उच्च
b. निम्न
c. गर्म करने से पहले के समान
d. उच्च या निम्न हो सकता है

18. Pressure of gas is due to the .....

a. Collision of gas molecules with the wall of containers
b. Collision of gas molecules with each other
c. Random motion of gas molecules
d. Vibration of solid particles in the wall of container

गैस का दाब ..... के कारण होता है।

a. पात्रों की दीवार से गैस अणुओं का टकराव
b. गैस अणुओं का एक दूसरे से टकराने
c. गैस अणुओं की यादृच्छिक गति
d. पात्र की दीवार में ठोस कणों का कंपन

19. If we increase pressure, volume of gas would :

a. Increase b. Decrease
c. Remain same d. None of these

यदि हम दाब बढ़ाएँ, तो गैस का आयतन..... होगा।

a. बढ़ेगा b. कम
c. वही रहेंगा d. इनमें से कोई नहीं

20. State of matter that has strongest intermolecular force of attraction is :

a. Solid b. Liquid
c. Gas d. Gel

पदार्थ की वह अवस्था जिसमें सबसे मजबूत अंतरआण्विक आकर्षण बल होता है ।

a. ठोस b. तरल
c. गैस d. जेल

21. Considering kinetic theory of particles, solids have :

a. Fixed shape and volume
b. Variable shape & volume
c. Variable shape but fixed volume
d. Fixed shape but variable volume

कणों अणुगति सिद्धांत पर विचार करते हुए, ठोसों में .....होता है।

a. निश्चित आकार और आयतन
b. परिवर्तनशील आकार और आयतन
c. परिवर्तनशील आकार लेकिन निश्चित मात्रा
d. निश्चित आकार लेकिन परिवर्तनशील आयतन

© JCERT not to be republished

22. **Movement of particles in liquid and gases is observed as :**
a. Bruneian motion b. Brownian motion
c. Blackian motion d. Random motion

तरल और गैसों के कणों में …….. देखी जाती है।
a. ब्रुनेई गति b. ब्राउनियन गति
c. ब्लैकियन गति d. यादृच्छिक गति

23. **Close packing of particles in solids in :**
a. Low density b. Ductility
c. Brittle d. High density

ठोसों में कणों की क्लोज पैकिंग की स्थिति…… में होता है।
a. कम घनत्व b. लचीला
c. भंगुर d. उच्च घनत्व

24. **State of matter that has highest volume is :**
a. Solid b. Liquid
c. Gas d. Gel

पदार्थ की वह अवस्था जिसका आयतन सबसे अधिक होता है ।
a. ठोस b. तरल
c. गैस d. जेल

25. **At constant volume, temperature is increased then:**
a. Collision on walls will be less
b. Collision frequency will be increases
c. Collision will be in straight line
d. Collision will not changes

नियत आयतन पर तापमान बढ़ता है तो……। :
a. दीवारों पर टकराव कम होगा
b टकराव की आवृत्ति बढ़ जाएगी
c. टक्कर सरल रेखा में होगी
d. टकराव से परिवर्तन नहीं होगा

26. **The specific heat of a substance at its boiling point or melting point is :**
a. Zero
b. Infinity
c. Negative
d. Lies between 0 and 1

किसी पदार्थ की उसके क्वथनांक या गलनांक पर विशिष्ट ऊष्मा…… होती है।
a. शून्य
b. अनंत
c. ऋणात्मक
d. 0 और 1 के बीच स्थित है

27. **R.M.S velocity of a gas molecules of mass m at given temperature is proportional to :**

दिए गए तापमान पर m द्रव्यमान के गैस अणुओं का R.M.S वेग …….. के आनुपातिक है।
a. m° b. m
c. 1/m d. $1/\sqrt{m}$

28. **A gas is taken in a sealed container at 300K. It is heated at constant volume to a temperature 600K the mean K.E. of its molecules is :**
a. Halved b. Doubled
c. Tripled d. Quadrupled

एक गैस को 300K पर एक सीलबंद पात्र में लिया जाता है। इसे नियत आयतन पर 600K तापमान तक गर्म किया जाता है। इसके अणुओं का औसत K.E……होगा।
a. आधा b. दोगुना
c. तीन गुना d. चौगुना

29. **The r.m.s velocity of the molecules in the sample of helium is 5/7th that of the molecules in the sample of hydrogen. If the temperature of the hydrogen sample is 0°C that of helium is :**

हीलियम के नमूने में अणुओं का rms वेग हाइड्रोजन के नमूने में अणुओं का 5/7 वां है। यदि हाइड्रोजन के नमूने का तापमान 0°C है तो हीलियम का तापमान…. है।
a. 0°C b. 0K
c. 273°C d 100°C

30 **The specific heat of a gas in an isothermal process is :**
a. Zero b. Negative
c. Remain constant d. Infinite

समतापीय प्रक्रम में गैस की विशिष्ट ऊष्मा ……होती है।
a. शून्य b. नकारात्मक
c. नियत रहना d अनंत

31. **Average kinetic energy of molecules is :**
a. Directly proportional to square root of temperature
b. Directly proportional to absolute temperature
c. Independent of absolute temperature
d. Inversely proportional absolute temperature

अणुओं की औसत गतिज ऊर्जा…… है ।
a. तापमान के वर्गमूल के अनुक्रमानुपातिक
b. निरपेक्ष तापमान के अनुक्रमानुपातिक
c. निरपेक्ष तापमान से स्वतंत्र
d. निरपेक्ष तापमान के व्युत्क्रमानुपाती

32. **If the average speed of nitrogen molecules in 675 ms^{-1} and mean free path of nitrogen molecules is 4.1×10^{-7} m. What is its collision frequency?**

यदि नाइट्रोजन अणुओं की औसत गति 675 ms^{-1} है

© JCERT not to be republished

और नाइट्रोजन अणुओं का माध्य मुक्त पथ 4.1×10^{-7} m है। इसकी टक्कर की आवृत्ति क्या होगी ?

a. $1.67 \times 10^{8}\ S^{-1}$ b. $1.67 \times 10^{6}\ S^{-1}$

c. $1.67 \times 10^{5}\ S^{-1}$ d. $1.67 \times 10^{4}\ S^{-1}$

33. How many molecules are in one mole of substance ?

a. 6.022×10^{21} molecule/mol

b. 6.022×10^{22} molecule/mol

c. 6.022×10^{23} molecule/mol

d. 6.022×10^{24} molecule/mol

पदार्थ के एक मोल में अणुओं की संख्या कितनी होती है?

a. 6.022×10^{21} अणु/मोल

b. 6.022×10^{22} अणु/मोल

c. 6.022×10^{23} अणु/मोल

d. 6.022×10^{24} अणु/मोल

34. With the increase of the temperature, Brownian motion :

a. Increases

b. Decreases

c. Remain constant

d. May be increase or decrease

तापमान बढ़ने पर ब्राउनियन गति .....।

a. बढ़ जाती है

b. घट जाती है

c. नियत रहेगी

d. वृद्धि या कमी हो सकती है

35. With the increase in viscosity, Brownian motion :

a. Increases b. Decreases

c. Remain constant d. None of these

श्यानता में वृद्धि के साथ, ब्राउनियन गति..... है।

a. बढ़ती b घटती

c. नियत रहती d. इनमें से कोई नहीं

36. When the density of the medium decrease, the Brownian motion :

a. Decreases b. Increases

c. Remain constant d. None of these

जब माध्यम का घनत्व कम हो जाता है, तो ब्राउनियन गति..... है।

a. घटता b. बढ़ता है

c. नियत रहेता d. इनमें से कोई नहीं

37. The rate of diffusion of a gas is :

a. Indirectly proportional to density

b. Inversely proportional to density

c. Inversely proportional to the square root of the density of the gas

d. Indirectly proportional to the square root of the density of the gas

गैस के विसरण की दर.....होती है ।

a. घनत्व का अप्रत्यक्ष रूप से आनुपातिक

b. घनत्व के व्युत्क्रमानुपाती

c. गैस के घनत्व के वर्गमूल के व्युत्क्रमानुपाती

d. गैस के घनत्व के वर्गमूल के अप्रत्यक्ष रूप से आनुपातिक

38. The energy of each atom of metal is equal to:

धातु के प्रत्येक परमाणु की ऊर्जा .....बराबर होती है ।

a. KT b. 3 KT

c. 10 KT d. 5 KT

39. The temperature at which all metals have constant Cv is called :

a. Constant temperature

b. Boyle's temperature

c. Zero temperature

d. Debye temperature

वह तापमान जिस पर सभी धातुओं का नियत Cv होता है, ...कहलाता है ।

a. नियत तापमान b. बॉयल तापमान

c. शून्य तापमान d. डिबाई तापमान

40. Boyle's law is applicable for an

a. adiabatic process.

b. isothermal process.

c. isobaric process.

d. isochoric process.

बॉयल का नियम किसके लिए लागू होता है?

a. रुद्धोष्म प्रक्रम । b. समतापीय प्रक्रम।

c. समदाबीय प्रक्रम । d. सम आयतनिक प्रक्रम।

41. One mole of monoatomic gas (γ = 5/3) is mixed with one mole of diatomic gas (γ = 7/5) . What will be the value of C_v for the mixture?

एक मोल एक परमाणु गैस (γ = 5/3) को एक मोल द्विपरमाणुक गैस (γ = 7/5) के साथ मिलाया जाता है, मिश्रण के लिए C_v का मान क्या होगा?

a. $\frac{9}{4}R$ b. $\frac{8}{9}R$

c. $\frac{1}{4}R$ d. 2R

42. The temperature at which the r.m.s. velocity of H_2 becomes escape velocity from the earth is,

वह तापमान जिस पर H_2 का rms वेग पृथ्वी से पलायन वेग के बराबर हो जाता है।

a. 10063°C b. 10063 K

c. 10332°C d. 10332 K

43. Moon has no atmosphere because

a. It is far away form the surface of the earth

© JCERT not to be republished

b. Its surface temperature is 10°C

c. The r.m.s. velocity of all the gas molecules is more then the escape velocity of the moon's surface

d. The escape velocity of the moon's surface is more than the r.m.s velocity of all molecules

चंद्रमा पर वायुमंडल नहीं है क्योंकि

a. यह पृथ्वी की सतह से बहुत दूर है ।

b. इसकी सतह का तापमान 100°C सेल्सियस है।

c. सभी गैस अणुओं का rms वेग चंद्रमा की सतह के पलायन वेग से अधिक है ।

d. चंद्रमा की सतह का पलायन वेग सभी अणुओं के rms वेग से अधिक है।

44. At a certain temperature, hydrogen molecules have r.m.s. velocity of 3 km/s. What is the r.m.s velocity of the oxygen molecules at the same temperature?

एक निश्चित तापमान पर, हाइड्रोजन अणुओं में rms वेग 3 किमी/सेकेंड है। समान तापमान पर ऑक्सीजन अणुओं का r.m.s वेग क्या है?

a. 0.25 km/s b. 0.5 km/s

c. 0.75 km/s d. 6 km/s

MULTIPLE CHOICE QUESTIONS: बहुविकल्पीय प्रश्न:

1.b.	2.a.	3.c.	4.b.	5.c.	6.b.	7.c.
8.b.	9.d.	10.b.	11.a.	12.b.	13.d.	14.b.
15.c.	16.c.	17.a.	18.a.	19.b.	20.a.	21.a.
22.b.	23.d.	24.c.	25.b.	26.b.	27.d.	28.b.
29.a.	30.d.	31.b.	32.a.	33.c.	34.a.	35.b.
36.b.	37.c.	38.b.	39.d.	40.b.	41.d.	42.b.
43.c.	44.c.					

VERY SHORT TYPE QUESTIONS: अति लघु उत्तरीय प्रश्न:

1. What does gas constant R signify? What is its value?

Ans- The universal gas constant (R) signifies the work done by (or on) a gas per mole per kelvin. Its value is 8.31 J mol^{-1} K^{-1}

गैस नियतांक R क्या दर्शाता है? इसका मान क्या है?

उत्तर- सार्वभौमिक गैस नियतांक (R) एक गैस द्वारा प्रति मोल प्रति केल्विन द्वारा (या उस पर) किए गए कार्य को दर्शाता है। इसका मान 8.31 J mol^{-1} K^{-1} है।

2. What is the nature of the curve obtained when:

a. Pressure versus reciprocal volume is plotted for an ideal gas at a constant temperature.

b. Volume of an ideal gas is plotted against its absolute temperature at constant pressure.

Ans- a. It is a straight line.

b. It is a straight line.

प्राप्त वक्र की प्रकृति क्या है जब:

a. एक नियत तापमान पर एक आदर्श गैस के लिए दाब बनाम आयतन के व्युत्क्रम आलेखित किया जाता है।

b.एक आदर्श गैस का आयतन नियत दाब पर उसके निरपेक्ष तापमान के विरुद्ध आलेखित किया जाता है।

उत्तर- a. यह एक सरल रेखा है।

b. यह एक सरल रेखा है।

3. What would be the ratio of initial and final pressures if the masses of all the molecules of a gas are halved and their speeds are doubled?

Ans- 1: 2 ($\therefore$ $P = (\frac{1}{3})mnVC^2$)

यदि किसी गैस के सभी अणुओं का द्रव्यमान आधा कर दिया जाए और उनकी गति दोगुनी कर दी जाए तो प्रारंभिक और अंतिम दाब का अनुपात क्या होगा?

उत्तर- 1: 2 ($\therefore$ $P = (\frac{1}{3})mnVC^2$)

4. Water solidifies into ice at 273 K. What happens to the K.E. of water molecules?

Ans- It is partly converted into the binding energy of ice.

पानी 273 K पर जम कर बर्फ बन जाता है।पानी के अणुओं का K.E का क्या होता है?

उत्तर- यह आंशिक रूप से बर्फ की बंधनकारी ऊर्जा में परिवर्तित हो जाता है।

5. Name three gas laws that can be obtained from the gas equation.

Ans- 1. Boyle's law

2. Charle's law

3. Gay Lussac's law.

तीन गैस नियम के नाम बताइए जिन्हें गैस समीकरण से प्राप्त किया जा सकता है।

उत्तर- 1. बॉयल का नियम

2. चार्ल्स का नियम

3. गे लुसाक का नियम.

6. What is the average velocity of the molecules of a gas in equilibrium?

Ans- Zero.

संतुलन (साम्य) में गैस के अणुओं का औसत वेग क्या

© JCERT not to be republished

है?

उत्तर- शून्य.

7. A vessel is filled with a mixture of two different gases. Will the mean kinetic energies per molecule of both gases be equal? Why?

Ans- Yes. This is because the mean K.E. per molecule i.e. (3/2) kT depends only upon the temperature.

एक बर्तन दो अलग-अलग गैसों के मिश्रण से भरा है। क्या दोनों गैसों के प्रति अणु की औसत गतिज ऊर्जा बराबर होगी? क्यों?

उत्तर- हाँ. इसका कारण यह है कि माध्य K.E. प्रति अणु यानि (3/2) kT केवल तापमान पर निर्भर करता है।

8. Four molecules of a gas are having speeds, v_1, v_2, v_3 and v_4.

a. What is their average speed?

b. What is the r.m.s. speed?

गैस के चार अणुओं की चाल v_1, v_2, v_3 और v_4 है।

a. उनकी औसत चाल क्या है?

b. RMS चाल क्या है?

Ans- a. $Vav = \frac{V_1 + V_2 + V_3 + V_4}{4}$

b. $Vrms = \frac{\sqrt{V_1^2 + V_2^2 + V_3^2 + V_4^2}}{4}$

8. The density of a gas is doubled, keeping all other factors unchanged. What will be the effect on the pressure of the gas?

Ans- It will be doubled. ($\because P \propto \rho$ if other factors are constant).

अन्य सभी कारकों को अपरिवर्तित रखते हुए गैस का घनत्व दोगुना कर दिया जाता है। गैस के दाँब पर क्या प्रभाव पड़ेगा?

उत्तर- यह दोगुना हो जाएगा. ($\because P \propto \rho$ यदि अन्य कारक नियत हैं)।

9. What is the average translational K.E. of an ideal gas molecule at a temperature T?

Ans- (3/2) kT, where k is Boltzmann Constant.

T तापमान पर एक आदर्श गैस अणु का औसत रैखिक K.E. क्या है?

उत्तर- (3/2) kT, जहां k बोल्ट्जमान नियतांक है।

10. Define the mean free path of a molecule.

Ans- It is defined as the average distance traveled by a molecule between two successive collisions.

एक अणु का माध्य मुक्त पथ परिभाषित करें।

उत्तर- इसे दो क्रमिक टकरावों के बीच एक अणु द्वारा तय की गई औसत दूरी के रूप में परिभाषित किया गया है।

11. At what temperature, Charle's law breaks down?

Ans- At very low temperature, Charle's law breaks down.

किस तापमान पर चार्ल्स का नियम टूट जाता है?

उत्तर- बहुत कम तापमान पर चार्ल्स का नियम टूट जाता है।

12. A container has an equal number of molecules of hydrogen and carbon dioxide. If a fine hole is made in the container, then which of the two gases shall leak out rapidly?

Ans- Hydrogen would leak faster as r.m.s. the speed of hydrogen is greater than the r.m.s. speed of CO_2.

एक पात्र में हाइड्रोजन और कार्बन डाइऑक्साइड के अणुओं की समान संख्या होती है। यदि पात्र में एक बारीक छेद कर दिया जाए तो दोनों में से कौन सी गैस तेजी से बाहर निकलेगी?

उत्तर- हाइड्रोजन की rms गति CO_2 की r.m.s. गति से अधिक है। हाइड्रोजन का रिसाव तेजी से होगा।

13. Two different gases have the same temperature. Can we conclude that the r.m.s velocities of the gas molecules are also the same? Why?

Ans- No. If the temperature is the same, then (3/2) kT is the same. Also(½) mC^2 is the same. But m is different for different gases. C will be different.

दो अलग-अलग गैसों का तापमान समान है। क्या हम यह निष्कर्ष निकाल सकते हैं कि गैस के अणुओं का rms वेग भी समान होगा? क्यों?

उत्तर- नहीं, यदि तापमान समान है, तो (3/2) kT समान है। साथ ही (½) mC^2 समान है। लेकिन विभिन्न गैसों के लिए m अलग-अलग है। C भी अलग होगा। आतः rms वेग समान नहीं होगा ।

14. A gas enclosed in a container is heated up. What is the effect on pressure?

Ans- The pressure of the gas increases.

किसी पात्र में बंद गैस को गर्म किया जाता है। दाब पर क्या प्रभाव पड़ता है?

उत्तर- गैस का दाब बढ़ जाता है।

15. What is an ideal gas?

Ans- It is a gas in which intermolecular forces are absent and it obeys gas laws.

आदर्श गैस क्या है?

उत्तर- वह गैस जिसमें अंतरआण्विक बल अनुपस्थित होते हैं और यह गैस नियमों का पालन करता है। आदर्श गैस कहलाता है ।

16. Define absolute zero.

Ans- It is defined as the temperature at which all molecular motions cease.

परम शून्य को परिभाषित करें।

उत्तर- वह तापमान जिस पर सभी आणविक गतियाँ समाप्त

© JCERT not to be republished

हो जाती हैं। परम शून्य कहलाता है ।

17. What do you understand about the term 'Collision frequency'?

Ans It is the number of collisions suffered by a molecule in one second.

'टकराव आवृत्ति' शब्द से आप क्या समझते हैं?

उत्तर- यह एक अणु द्वारा एक सेकंड में टकरावों की संख्या है।

18. What do you understand by the term 'mean free path' of a molecule?

Ans- It is the average distance traveled by the molecule between two successive collisions.

किसी अणु के 'माध्य मुक्त पथ' शब्द से आप क्या समझते हैं?

उत्तर- यह दो क्रमिक टकरावों के बीच अणु द्वारा तय की गई औसत दूरी है।

19. Mention two conditions when real gases obey the ideal gas equation PV = RT?

Ans- Low pressure and high temperature.

दो परिस्थितियों का उल्लेख करें जब वास्तविक गैसें आदर्श गैस समीकरण PV = RT का पालन करती हैं?

उत्तर- कम दाब और उच्च तापमान पर।

20. The number of molecules in a container is doubled. What will be the effect on the r.m.s speed of the molecules?

Ans- No effect.

एक पात्र में अणुओं की संख्या दोगुनी हो जाती है. अणुओं की R.M.S वेग पर क्या असर होगा?

उत्तर- कोई प्रभाव नहीं पड़ेगा ।

21. What is the pressure of an ideal gas at absolute zero i.e. 0 K or - 273°C.

Ans- Zero.

परम शून्य अर्थात 0 K या - 273°C पर एक आदर्श गैस का दाब कितना होता है?

उत्तर- शून्य.

22. What do NTP and STP mean?

Ans- They refer to a temperature of 273 K or 0°C and 1 atmospheric pressure.

NTP और STP का क्या मतलब है?

उत्तर- 273 K या 0°C के तापमान और 1 वायुमंडलीय दाब को संदर्भित करते हैं ।

23. What is the internal energy or molecular energy of an ideal gas at absolute zero?

Ans- Zero.

परम शून्य पर एक आदर्श गैस की आंतरिक ऊर्जा या आणविक ऊर्जा क्या होगी ?

उत्तर- शून्य।

24. Name the temperature at which all real gases get liquified?

Ans- All real gases get liquified before reaching absolute zero.

किस तापमान पर सभी वास्तविक गैसें द्रवित हो जाती हैं?

उत्तर- सभी वास्तविक गैसें परम शून्य तक पहुँचने से पहले **द्रवित** हो जाती हैं।

SHORT ANSWER TYPE QUESTIONS: लघु उत्तरीय प्रश्न:

1. Why is temperature less than absolute zero not possible?

Ans- According to the kinetic interpretation of temperature, absolute temperature means the kinetic energy of molecules.

As heat is taken out, the temperature falls and hence velocity decreases. At absolute zero, the velocity of the molecules becomes zero i.e. kinetic energy becomes zero. So no more decrease in K.E. is possible, hence temperature cannot fall further.

परम शून्य से कम तापमान क्यों संभव नहीं है?

उत्तर- तापमान की गतिज व्याख्या के अनुसार निरपेक्ष तापमान का अर्थ अणुओं की गतिज ऊर्जा से है।

जैसे ही ऊष्मा बाहर निकाली जाती है, तापमान गिर जाता है और इसलिए वेग कम हो जाता है। परम शून्य पर अणुओं का वेग शून्य हो जाता है अर्थात् गतिज ऊर्जा शून्य हो जाती है। अतः KE में कोई कमी संभव नहीं होगी। इसलिए तापमान में और गिरावट नहीं हो सकती।

2. Equal masses of O_2 and He gases are supplied equal amounts of heat. Which gas will undergo a greater temperature rise and why?

Ans- Helium is monatomic while O_2 is diatomic. In the case of helium, the supplied heat has to increase only the translational K.E. of the gas molecules.

On the other hand, in the case of oxygen, the supplied heat has to increase the translations, vibrational and rotational K.E. of gas molecules. Thus helium would undergo a greater temperature rise.

O_2 और He गैसों के समान द्रव्यमान को समान मात्रा में ऊष्मा की आपूर्ति की जाती है। किस गैस का तापमान अधिक बढ़ेगा और क्यों?

उत्तर- हीलियम एक परमाणुक है जबकि O_2 द्विपरमाणुक है। हीलियम के स्थिति में, आपूर्ति की गई ऊष्मा को केवल गैस के अणुओं का रैखिक K.E को बढ़ाना होगा।

© JCERT not to be republished

दूसरी ओर, ऑक्सीजन के स्थिति में, आपूर्ति की गई ऊष्मा को गैस अणुओं का एक रेखीय गति, कंपन और घूर्णी KE को बढ़ाना पड़ता है।इस प्रकार हीलियम के तापमान में अधिक वृद्धि होगी।

4. Tell the degree of freedom of:

a. Monoatomic gas molecules.

b. Diatomic gas molecules.

c. Polyatomic gas molecules.

Ans- a. monatomic gas possesses 3 translational degrees of freedom for each molecule.

b. Diatomic gas moles.

A diatomic gas molecule has 5 degrees of freedom including 3 translational and 2 rotational degrees of freedom.

c. Polyatomic gas moles.

The polyatomic gas molecule has 6 degrees of freedom (3 translational and 3 rotational).

निम्न की स्वतंत्रता की कोटियां बतायें:

a. एकपरमाणुक गैस अणु

b. द्विपरमाणुक गैस अणु

c. बहुपरमाणुक गैस अणु

उत्तर- a. एक एकपरमाणुक गैस में प्रत्येक अणु के लिए 3 एक रेखीय गति स्वतंत्रता की कोटियां होती है।

b. एक द्विपरमाणुक गैस अणु में 5 स्वतंत्रता की कोटियां होती है जिसमें 3 एक रेखीय गति और 2 घूर्णी गति की स्वतंत्रता की कोटियां शामिल होती है।

c. बहुपरमाणुक गैस अणु में स्वतंत्रता की 6 कोटियां (3 एक रेखीय गति और 3 घूर्णी गति) होती है।

5. State law of equipartition of energy.

Ans- It states that in equilibrium, the total energy of the system is divided equally in all possible energy modes with each mode i.e. degree of freedom having an average energy equal to (½) k_BT.

ऊर्जा के समविभाजन का नियम बताइये।

उत्तर- इसमें कहा गया है कि संतुलन (साम्य) में, निकाय की कुल ऊर्जा को सभी संभावित ऊर्जा मोड में समान रूप से विभाजित किया जाता है, प्रत्येक मोड यानी स्वतंत्रता की कोटियां की औसत ऊर्जा (½) k_BT के बराबर होती है।

6. Explain why it is not possible to increase the temperature of gas while keeping its volume and pressure constant?

Ans- It is not possible to increase the temperature of a gas keeping volume and pressure constant can be explained as follows:

According to the Kinetic Theory of gases,

($\therefore C^2 = kT$, when k is a constant)

$T \propto PV$

Now as T is directly proportional to the product of P and V. If P and V are constant, then T is also constant.

बताएं कि गैस का आयतन और दाब नियत रखते हुए उसका तापमान बढ़ाना क्यों संभव नहीं है?

उत्तर- आयतन और दाब को नियत रखते हुए गैस का तापमान बढ़ाना संभव नहीं है, इसे इस प्रकार समझाया जा सकता है:

गैसों के अणुगति सिद्धांत के अनुसार,

($\therefore C^2 = kT$, जब k एक नियतांक है)

$T \propto PV$

अब चूँकि T, P और V के गुणनफल के अनुक्रमानुपाती है। यदि P और V नियत हैं, तो T भी नियत है।

7. Why does the pressure of a gas increase when it is heated up?

Ans- This is due to the two reasons:

1. The gas molecules move faster than before on heating and so strike the container walls more often.

2. Each impact yields greater momentum to the walls.

गर्म करने पर गैस का दाब क्यों बढ़ जाता है?

उत्तर- इसके दो कारण है:

1. गर्म करने पर गैस के अणु पहले की तुलना में तेजी से आगे बढ़ते हैं और इसलिए पात्र की दीवारों से अधिक बार टकराते हैं।

2. प्रत्येक टकराव से गैस के अणु पहले की अधिक संवेग परिवर्तित होती है।

8. What is the average velocity of the molecules of an ideal gas? Why?

Ans- The average velocity of the molecules of an ideal gas is zero because the molecules possess all sorts of velocities in all possible directions. Thus their vector sum and hence average value is zero.

एक आदर्श गैस के अणुओं का औसत वेग क्या होता है? क्यों?

उत्तर- एक आदर्श गैस के अणुओं का औसत वेग शून्य होता है क्योंकि अणुओं में सभी संभावित दिशाओं में सभी प्रकार के वेग होते हैं। इस प्रकार उनका सदिश योग शून्य होता है । इसलिए औसत मान शून्य है।

9. A person putting on wet clothes may catch a cold. Why?

Ans- The water in the clothes evaporates. The heat required for evaporation is taken from the body of the person wearing wet clothes. So due to the cooling of the body, he may catch a cold.

© JCERT not to be republished

गीले कपड़े पहनने वाले व्यक्ति को सर्दी लग सकती है। क्यों?

उत्तर- कपड़ों का पानी वाष्पित हो जाता है। वाष्पीकरण के लिए आवश्यक ऊष्मा गीले कपड़े पहनने वाले व्यक्ति के शरीर से ली जाती है। तो शरीर ठंडा होने के कारण उसे सर्दी लग सकती है।

10. Why do the molecules of an ideal monatomic gas have only three degrees of freedom?

Ans- It is so because the molecules of an ideal gas are point masses, so rotational motions are not significant. Thus it can have only three degrees of freedom corresponding to the translatory motion.

एक आदर्श एकपरमाणुक गैस के अणुओं में स्वतंत्रता की केवल तीन कोटियां क्यों होती है?

उत्तर- ऐसा इसलिए है क्योंकि एक आदर्श गैस के अणु बिंदु द्रव्यमान होते हैं, इसलिए घूर्णी गति महत्वपूर्ण नहीं होती है। इस प्रकार इसमें एक रेखीय गति के अनुरूप स्वतंत्रता की केवल तीन कोटियां हो सकती हैं।

11. What are the different ways of increasing the number of molecular collisions per unit time against the walls of the vessel containing a gas?

Ans- The number of collisions per unit time be increased in the following ways:

1. By increasing the temperature of the gas.
2. By increasing the number of molecules.
3. By decreasing the volume of the gas.

गैस वाले पात्र की दीवारों के विरुद्ध प्रति इकाई समय में आणविक टकरावों की संख्या बढ़ाने के विभिन्न तरीके क्या हैं?

उत्तर- प्रति इकाई समय में टक्करों की संख्या निम्नलिखित तरीकों से बढ़ाई जा सकती है:

1. गैस का तापमान बढ़ाकर ।
2. अणुओं की संख्या बढ़ाकर ।
3. गैस का आयतन कम करके ।

12. Why does hydrogen escape more rapidly than oxygen from the earth's surface?

Ans- We know that Crms $\propto \sqrt{1/\rho}$ Also $\rho 0 = 16\ \rho H$. So Crms of hydrogen is four times that of oxygen at a given temperature. So the number of hydrogen molecules whose velocity exceeds the escape velocity from earth (11.2 km s^{-1}) is greater than the no. of oxygen molecules. Thus hydrogen escapes from the earth's surface more rapidly than oxygen.

पृथ्वी की सतह से ऑक्सीजन की अपेक्षा हाइड्रोजन अधिक तेजी से क्यों निकलती है?

उत्तर- हम जानते हैं कि Crms $\propto \sqrt{1/\rho}$

साथ ही $\rho 0 = 16\ \rho H$. तो किसी दिए गए तापमान पर हाइड्रोजन का C rms ऑक्सीजन से चार गुना होता है। अतः हाइड्रोजन अणुओं की संख्या जिनका वेग पृथ्वी से पलायन वेग (11.2 किमी प्रति सेकंड)से अधिक है, ऑक्सीजन अणुओं की संख्या से अधिक है। का. इस प्रकार हाइड्रोजन पृथ्वी की सतह से ऑक्सीजन की तुलना में अधिक तेजी से निकलती है।

13. Many people enjoy bathing below Kempty fall in Mussoorie, even though the water is quite cold, explain?

Ans- When water falls from a height, it loses its potential energy. This is converted into the kinetic energy of the water molecules. It is a known fact from the kinetic theory of gases that an increase in kinetic energy of the substance increases its temperature, hence the temperature of water at the bottom of the fall rises and it does not remain as cold as on the top. Therefore, people taking bath below the Kempty falls do not get frozen, they rather feel warm and enjoy bathing.

मसूरी में केम्पटी फॉल में पानी काफी ठंढा होने के बावजूद कई लोग इसमे नहाने का आनंद लेते हैं। क्यों?

उत्तर- जब पानी ऊंचाई से गिरता है तो वह अपनी स्थितिज ऊर्जा खो देता है। यह पानी के अणुओं की गतिज ऊर्जा में परिवर्तित हो जाता है। गैसों के अणुगति सिद्धांत से यह ज्ञात तथ्य है कि पदार्थ की गतिज ऊर्जा में वृद्धि से उसका तापमान बढ़ जाता है, इसलिए नीचे की ओर पानी का तापमान बढ़ जाता है और वह ऊपर जितना ठंडा नहीं रहता है। इसलिए, केम्पटी फॉल के नीचे स्नान करने वाले लोगों को ठंड नहीं लगती, बल्कि उन्हें गर्माहट महसूस होती है और वे नहाने का आनंद लेते हैं।

14. Calculate the value of the universal gas constant (R).

Ans- We know that R is given by

$R = PV/T$

Now one mole of all gases at S.T.P. occupy 22.4 litrês.

$P = 0.76$ m of Hg

$= 0.76 \times 13.6 \times 10^3 \times 9.8$

$= 1.013 \times 10^5\ Nm^{-2}$

$V = 22.4$ litre

$= 22.4 \times 10^{-3}\ m^3$

$T = 273\ K$.

$n = 1$

$\therefore R = \frac{1.013\times10^5\times22.4\times10^{-3}}{273}$

$= 8.31\ J\ mol^{-1}\ k^{-1}$

सार्वत्रिक गैस नियतांक (R) के मान की गणना करें।

उत्तर- हम जानते हैं कि सार्वत्रिक गैस नियतांक R द्वारा निरुपित किया जाता है

R = PV/ T

Now one mole of all gases at S.T.P. occupy 22.4 litrês.

P = 0.76 m of Hg

= $0.76 \times 13.6 \times 10^3 \times 9.8$

= 1.013×10^5 Nm^{-2}

V = 22.4 litre

= $22.4 \times 10^{-3} m^3$

T = 273 K .

n = 1

$\therefore R = \frac{1.013\times10^5\times22.4\times10^{-3}}{273}$

= 8.31 J mol^{-1} k^{-1}

LONG ANSWER TYPE QUESTIONS: दीर्घ उत्तरीय प्रश्न:

1. Derive gas laws from the kinetic theory of gases.

Ans- a. Boyle's law: It states that P ∝ 1/V if T = constant.

Derivation: We know from the kinetic theory of gases that

$$P = \frac{1}{3}nmc^2$$

$$= \frac{2}{3}\frac{N}{V}\frac{1}{2}mc^2$$

$$= \frac{2}{3}\frac{N}{V}\times\frac{3}{2}KT$$

PV = NKT

PV = RT

Here R = constant

If T = constant, then PV = constant

or P ∝ 1/V.

b. Charles' law: It states that for a given mass of a gas, the volume of the gas is directly proportional to the absolute temperature of the gas if pressure is constant

i. e. V ∝ T.

Derivation: We know that

$$\frac{1}{2}mC^2 = \frac{3}{2}kT$$

or $$mC^2 = 3kT$$

$\therefore$ $$PV = \frac{1}{3}N \times 3kT = NkT$$

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

where N = Avogadro's no.

Also, we know that mean K..E. of a molecule = ½ mNC^2 ∝ T

If P = constant, then V ∝ T. Hence proved.

गैसों के अणुगति सिद्धांत से गैस नियम प्राप्त करें।

उत्तर- a. बॉयल का नियम: यह बताता है कि P ∝ 1/V यदि T = नियतांक है।

$$P = \frac{1}{3}nmc^2$$

$$= \frac{2}{3}\frac{N}{V}\frac{1}{2}mc^2$$

$$= \frac{2}{3}\frac{N}{V}\times\frac{3}{2}KT$$

PV = NKT

PV = RT

व्युत्पत्ति: गैस अणुगति सिद्धांत से हम जानते हैं कि

यहाँ R = नियतांक

यदि T = नियतांक है, तो PV = नियतांक है

या P ∝ 1/V.

b. चार्ल्स का नियम:

यह बताता है कि किसी गैस के दिए गए द्रव्यमान के लिए, यदि दाब नियत है तो गैस का आयतन सीधे गैस के परम तापमान के समानुपाती होता है।

V ∝ T

व्युत्पत्ति: हम यह जानते हैं

$$\frac{1}{2}mC^2 = \frac{3}{2}kT$$

or $$mC^2 = 3kT$$

$\therefore$ $$PV = \frac{1}{3}N \times 3kT = NkT$$

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

जहाँ N = अवोगाद्रो की संख्या।

इसके अलावा, हम जानते हैं कि इसका मतलब एक अणु का K..E = ½ mNC^2 ∝ T है।

यदि P = नियतांक है, तो V ∝ T.

अतः सिद्ध हुआ।

2. Define and derive an expression for the mean free path.

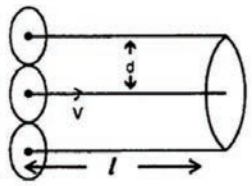
Ans- It is defined as the average distance traveled by a gas molecule between two successive collisions. It is denoted by λ.

Derivation of Expression - Let us assume that only one molecule is in motion and all other molecules are at rest. ,

Let d = diameter of each molecule.

l = distance traveled by the moving

© JCERT not to be republished



o $A=\pi d^2$

molecule

The moving molecule will collide with all those molecules whose centers lie inside a volume $\pi d^2 l$.

Let n = no. of molecules per unit volume in the gas.

Now λ = distance traveled no. of collisions

$$= \frac{l}{n\pi d^2 l}$$

or $\lambda = \frac{1}{n\pi d^2}$ ...(1)

In this derivation, we have assumed that all but one molecule are at rest. But this assumption is not correct. All the molecules are in random motion. So the chances of a collision by a molecule are greater.

Thus taking it into account, the mean free path can be shown to be $\sqrt{2}$ times less than that in equation (1),

$\therefore \lambda = \frac{1}{\sqrt{2}\,\pi n d^2}$ .....(2)

Also

$$n = \frac{N}{V}$$

$$nm = \frac{N_M}{V}$$

$$nm = \frac{M}{V}, or\ nm = \rho$$

$$\because n = \frac{\rho}{m}$$

Putting this in eqn (2)

$$\lambda = \frac{m}{\sqrt{2}\pi p d^2}$$

which is the required expression.

On what parameters does the λ (mean free path) depend?

Ans-

we know that $\lambda = \frac{m}{\sqrt{2}\,\pi \rho d^2}$

$\therefore \lambda$ depends upon:

1. diameter d. of the molecule, smaller the 'd', larger is the mean free path λ,.

2. $\lambda \propto T$ i.e. higher the temperature, larger is the λ.

3. $\lambda \propto \frac{1}{P}$ i.e. smaller the pressure, larger is the λ.

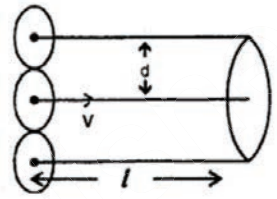
4. $\lambda \propto \frac{1}{\rho}$ i.e. smaller the density (ρ), larger will he the λ.

5. $\lambda \propto \frac{1}{n}$ i.e. smaller the number of molecules per unit volume of the gas, larger is the λ.

माध्य मुक्त पथ को परिभाषित करें और उसके लिए एक व्यंजक प्राप्त करें।

उत्तर- इसे दो क्रमिक टकरावों के बीच गैस अणु द्वारा तय की गई औसत दूरी के रूप में परिभाषित किया गया है। इसे X से दर्शाया जाता है.

व्यंजक की व्युत्पत्ति - मान लीजिए कि केवल एक अणु गति में है और अन्य सभी अणु विराम की स्थिति में हैं।,



0 $A=\pi d^2$

मान लीजिए d = प्रत्येक अणु का व्यास।

l = गतिमान अणु द्वारा तय की गई दूरी।

गतिमान अणु उन सभी अणुओं से टकराएगा जिनका केंद्र आयतन $\pi d^2 l$ के अंदर स्थित है।

मान लीजिए n = गैस में प्रति इकाई आयतन में अणुओं की संख्या।

अब λ = तय की गई दूरी संख्या। टक्करों की संख्या $= \frac{l}{n\pi d^2 l}$

या $\lambda = \frac{1}{n\pi d^2}$ ...(1)

इस व्युत्पत्ति में, हमने मान लिया है कि एक अणु को छोड़कर सभी अणु विरामावस्था में हैं। लेकिन यह धारणा सही नहीं है । सभी अणु यादृच्छिक गति में हैं। इसलिए किसी अणु द्वारा टकराव की संभावना अधिक होती है।

इस प्रकार इसे ध्यान में रखते हुए, औसत मुक्त पथ को समीकरण (1) की तुलना में $\sqrt{2}$ गुना कम दिखाया जा सकता है।

$\therefore \lambda = \frac{1}{\sqrt{2}\,\pi n d^2}$ .....(2)

$$n = \frac{N}{V}$$

$$nm = \frac{N_m}{V} = \frac{M}{V} = \rho$$

$$n = \frac{P}{m}$$

इसे समीकरण (2) में रखने पर

$\lambda = \frac{m}{\sqrt{2}\,\pi \rho d^2}$

जो आवश्यक व्यंजक है.

λ (मतलब मुक्त पथ) किन कारको पर निर्भर करता है?

© NCERT not to be republished

उत्तर-

हम जानते हैं कि $\lambda = \frac{m}{\sqrt{2}\,\pi\rho d^2}$

$\therefore$ λ निर्भर करता है

1.अणु का व्यास d, 'd' जितना छोटा होगा, माध्य मुक्त पथ उतना बड़ा होगा।

2. $\lambda \propto T$ अर्थात तापमान जितना अधिक होगा, λ उतना ही अधिक होगा।

3. $\lambda \propto \frac{1}{P}$ अर्थात दाब जितना कम होगा, λ उतना ही अधिक होगा।

4. $\lambda \propto \frac{1}{\rho}$ यानी घनत्व (ρ) जितना कम होगा, λ उतना बड़ा होगा।

5. $\lambda \propto \frac{1}{n}$ अर्थात गैस के प्रति इकाई आयतन में अणुओं की संख्या जितनी कम होगी, λ उतना ही बड़ा होगा।

3. Derive an expression for pressure of a gas

गैसों के दाब के लिए व्यंजक स्थापित करें।

Ans- Derivation of pressure of a gas

Velocity of a molecule

$\vec{c} = u\hat{i} + v\hat{j} + w\hat{k}$

$\therefore$ $c^2=u^2+v^2+w^2$

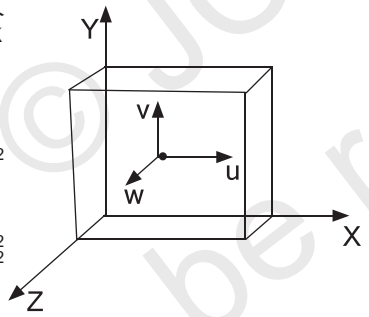
For molecule 1

$c_1^2 = u_1^2 + v_1^2 + w_1^2$

For molecule 2

$c_2^2 = u_2^2 + v_2^2 + w_2^2$

for molecule



N; $c_N^2 = u_N^2 + v_N^2 + w_N^2$

mean square velocity $C^{-2} = \frac{c_1^2 + c_2^2 ..... + c_N^2}{N}$

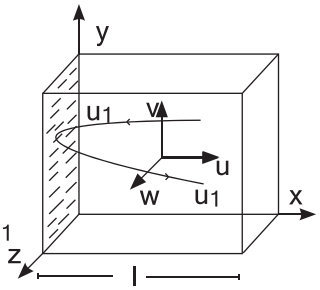
$$C^{-2} = \frac{u_1^2 + u_2^2 + ... + u_N^2 + v_1^2 + v_2^2 + ... + v_N^2 + w_1^2 + w_2^2 + ...w_N^2}{N}$$

$Nc^{-2} = u_1^2 + u_2^2 + ... + u_N^2$ + $v_1^2 + v_2^2 + ... + v_N^2$ + $w_1^2 + w_2^2 + ...w_N^2$ .....(i)

along x-axis

change in momentum of malecule 1:

$\Delta P_{1x}=mu_1-m(-u_1)=2mu_1$



time takem to change the momentum

$\Delta t = \frac{l}{u_1} + \frac{l}{u_1} = \frac{2l}{u_1}$

Force acting on malecule m_1: $F_{1x} = \frac{\Delta P_{1x}}{\Delta t} = \frac{2mu_1}{\frac{2l}{u_1}}$

$$F_{1x} = \frac{mu_1^2}{l}$$

$\therefore$ Force acting on molecule 2: $F_{2x} = \frac{mu^2}{l}$

,, ,, ,, ,, $N = F_{Nx} = \frac{mu_N^2}{l}$

Net force acting along x-axis

$$F_X = \frac{m}{l}(u_1^2 + u_2^2 + ... + u_N^2)$$

Pressure along x-axis :

$$P_X = \frac{F_X}{A} = \frac{m}{l^3}(u_1^2 + u_2^2 + ... + u_N^2)$$

Similarly along y-axis :

$$P_y = \frac{F_y}{A} = \frac{m}{l^3}(v_1^2 + v_2^2 + ... + v_N^2)$$

And along z-axis:

$$P_z = \frac{P_z}{A} = \frac{m}{l^3}(w_1^2 + w_2^2 + ...w_N^2)$$

Total pressure

$$P_x+P_y+P_z = \frac{m}{l^3}\left(\begin{matrix} u_1^2 + u_2^2 + ... + u_N^2 + v_1^2 + v_2^2 + ... \\ ... + v_N^2 + w_1^2 + w_2^2 + ...w_N^2 \end{matrix}\right)$$

$P_x+P_y+P_z = \frac{m}{l^3}N\overline{C}^2$ (from eq. 1)

As gas exerts equal pressure along all directions

$P_x+P_y+P_z = P$ (say)

$\therefore$ From eq. (2)

$$P + P + P = \frac{m}{l^3}N\overline{C}^2$$

$$3P = \frac{m}{l^3}N\overline{C}^2$$

$$\left[P = \frac{1}{3}\frac{Nm}{l^3}\overline{C}^2\right]$$

$$\left[P = \frac{1}{3}\frac{M}{V}\overline{C}^2\right]$$

$$\left[P = \frac{1}{3}\rho\overline{C}^2\right]$$

© JCERT not to be republished