Chapter-2

Law of Perfect Gases (आदर्श गैसों का नियम)

Definition of gases, explanation of perfect gas laws – Boyle’s law, Charles's law, Avogadro's law, Regnault’s law, Universal gas constant, Characteristic gas constants, derivation Specific heat at constant pressure, specific heat at constant volume of gas, Simple problems on gas equation.

Definition of gases

Gas is a state of matter in which the intermolecular space is very high and the intermolecular force of attraction is negligible.

- Gases do not have fixed shape and volume.
- Intermolecular force of attraction between the molecules of a gas is almost negligible.
- The molecules of gases are in random motion due to negligible force of attraction.
- They do not have a fixed position and are in translatory motion.
- Due to this they are compressible.

Few examples of gases are Methane, Carbon dioxide, oxygen, nitrogen.

गैस पदार्थ की वह अवस्था है जिसमें अंतराआण्विक स्थान बहुत अधिक होता है और अंतराआण्विक आकर्षण बल नगण्य होता है।

- गैसों का आकार और आयतन निश्चित नहीं होता।
- गैस के अणुओं के बीच अंतराआण्विक आकर्षण बल लगभग नगण्य होता है।
- गैसों के अणु नगण्य आकर्षण बल के कारण यादृच्छिक गति में होते हैं।
- उनकी कोई निश्चित स्थिति नहीं है और वे अनुवादात्मक गति में हैं।
- इस कारण ये संपीड़ित होते हैं।

Perfect Gas

- A perfect gas (ideal gas) is a gas that obeys the ideal gas law fully in its physical behavior.
- It connects the pressure of the gas, the amount of space occupied by the gas number of gas molecules, as well as the absolute temperature of the gas. As a result of precisely obeying the ideal gas rule, it obeys Boyle's and Charles' laws.
- It's vital to remember that no known gas has perfect gas properties.
- A general gas law gives an effective specific example of a true gas once the absolute temperature is significantly high and the pressure is sufficiently low.
- A total number of moles of gas should be proportionate to the volume occupied entirely by gas and also the amount of gas molecule in the perfect gas, according to Avogadro's law.

Perfect Gas (आदर्श गैस)

- वह गैस जो ताप व दाब की सभी दशाओं में बॉयल एवं चार्ल्स के नियमों का पूर्णतः पालन करती हैं, तो वह " आदर्श गैस " कहलाती हैं। अर्थात् " यदि वह समीकरण जो गैस की निश्चित मात्रा के ताप, दाब व आयतन में संबंध ज्ञात करती है, तो उसे ' आदर्श गैस समीकरण ' कहते हैं।"

आदर्श गैस की विशेषताएं

- आदर्श गैस के अणुओं का आकार नगण्य होता है।
- इसके अणुओं के मध्य कोई आकर्षण बल नहीं लगता है।
- आदर्श गैस की आंतरिक ऊर्जा केवल अणुओं की गतिज ऊर्जा होती है। यदि ताप स्थिर हो, तो आंतरिक ऊर्जा आयतन पर निर्भर नहीं करती है। अतः स्पष्ट है कि आदर्श गैस को द्रवित नहीं किया जा सकता और ना ही इसे ठोस बनाया जा सकता है। क्योंकि द्रव तथा ठोस के अणुओं के मध्य आकर्षण बल होना आवश्यक है।

Boyle's law

It states that for a constant temperature, the volume of the gas is inversely proportional to its pressure.

बॉयल के नियम के अनुसार, इस स्थिर ताप पर गैस का दाब उसके आयतन के व्युत्क्रमानुपाती होता है।

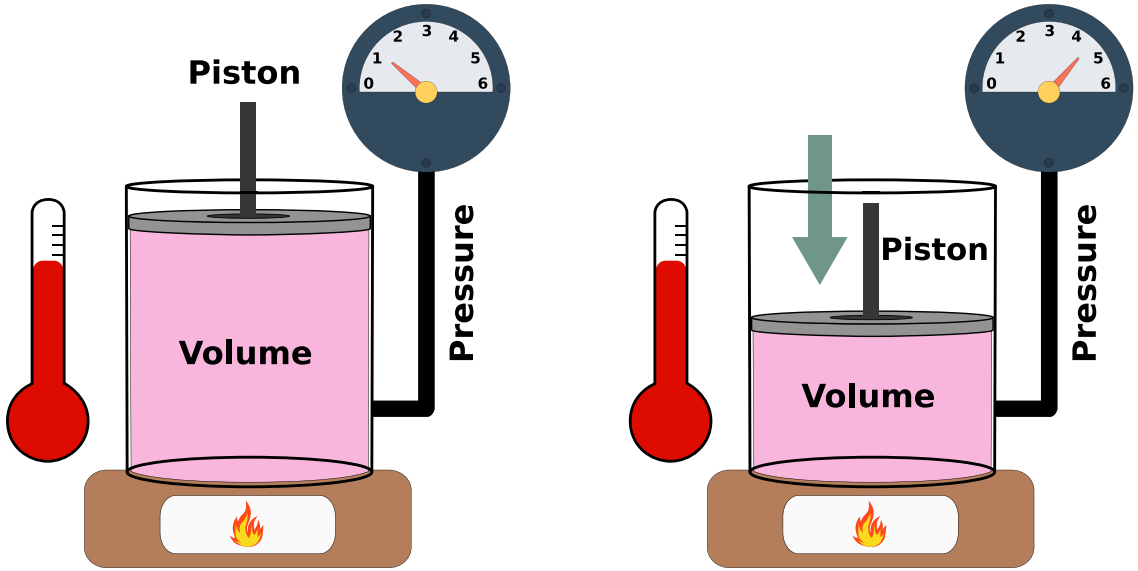
$$V \propto \frac{1}{P}$$

Or we can say that

$$PV = Constant$$

So the relation given for the initial state 1 to final state 2 is

$$P_1V_1 = P_2V_2$$



Charles's Law

It states that for constant pressure, the volume of gas is directly proportional to its temperature.

चार्ल्स के नियम के अनुसार, स्थिर दबाव पर गैस का आयतन उसके तापमान के समानुपाती होता है।

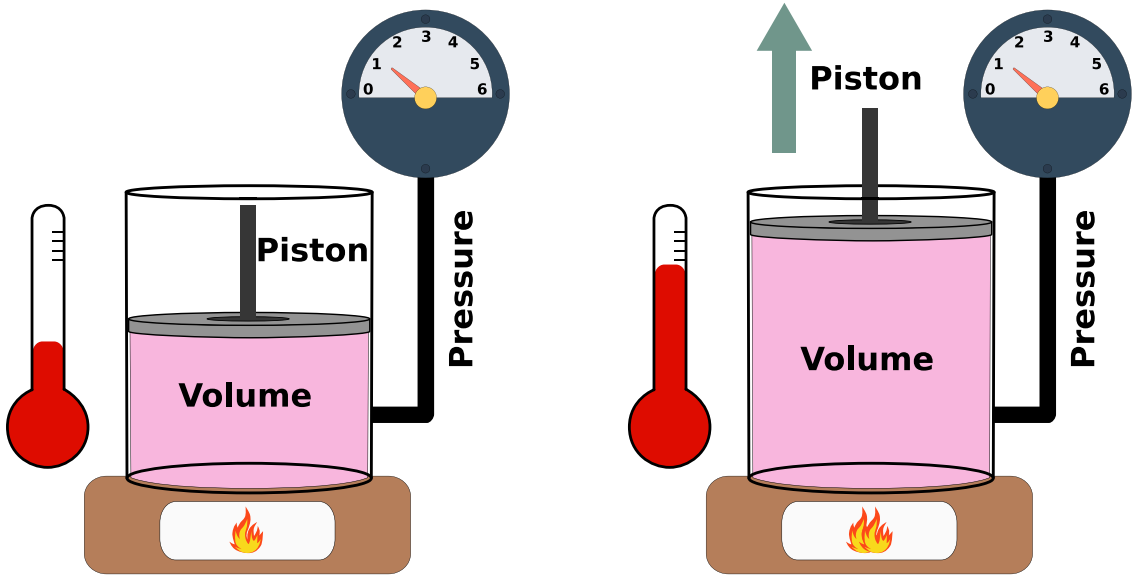
$$V \propto T$$

Or we can say that

$$\frac{V_1}{T_1} = Constant$$

So the relation given for the initial state 1 to final state 2 is

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$



Avogadro's Law

It states that for a constant temperature and pressure, the volume of gas is directly proportional to its amount or number of moles (n). or

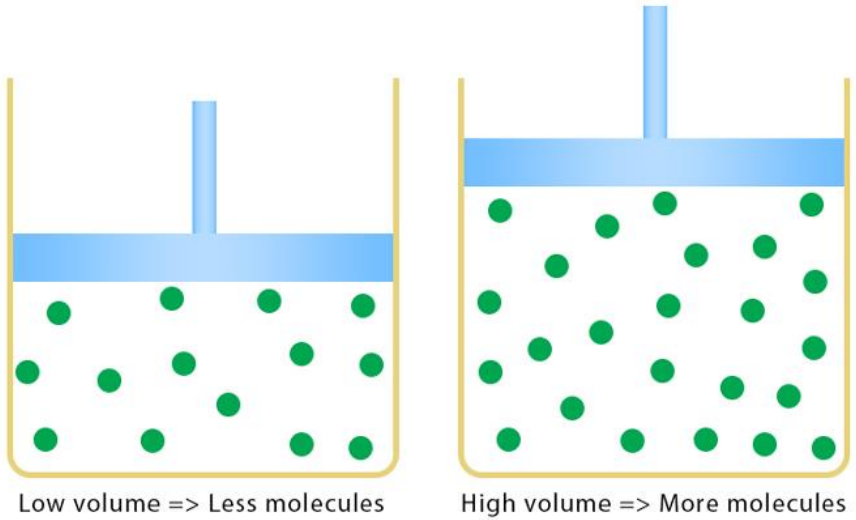
at constant temperature and pressure equal volume of all gases contains an equal number of molecules.

एवोगेड्रो के नियम के अनुसार स्थिर ताप तथा दाब पर गैस का आयतन उनकी मात्रा (मोल संख्या) के समानुपाती होता है।

or

स्थिर तापमान और दाब पर सभी गैसों के समान आयतन में समान संख्या में अणु होते हैं।

$V \propto \eta$



Ideal Gas Equation

Let the pressure exerted by the gas = **P,** The volume of the gas = **V and** Temperature = **T**

Number of moles of gas= **n,** Universal gas constant – $\bar{R}$

According to **Boyle's Law**, At constant **n** & **T,** the volume is inversely proportional to the pressure exerted by a gas.

$$V \propto \frac{1}{P} \quad \text{..... (i)}$$

According to **Charles' Law**, When **p** & **n** are constant, the volume of a gas is directly proportional to the Temperature.

$$\mathbf{V \propto T} \quad \text{.....(ii)}$$

According to **Avogadro's Law**, When **p** & **T** are constant, then the volume of a gas is directly proportional to the number of moles of gas.

$$\mathbf{V \propto n} \quad \text{.....(iii)}$$

Combining all the three equations, we have- General gas equation or perfect gas equation-

$$V \propto \frac{nT}{P}$$

$$PV = n \bar{R} T$$

where $\bar{R}$ is the **Universal gas constant**.

Ideal Gas Equation (आदर्श गैस समीकरण)

माना गैस का दाब= **P,** गैस का आयतन = **V** तथा गैस का तापमान = **T**

गैस के मोलों की संख्या = **n,** Universal gas constant (सार्वभौमिक गैस स्थिरांक) = $\bar{R}$

बॉयल के नियम के अनुसार, इस स्थिर ताप पर गैस का दाब उसके आयतन के व्युत्क्रमानुपाती होता है।

$$V \propto \frac{1}{P} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{(i)}$$

चार्ल्स के नियम के अनुसार, स्थिर दबाव पर गैस का आयतन उसके तापमान के समानुपाती होता है।

$$V \propto T \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{(ii)}$$

एवोगेड्रो के नियम के अनुसार स्थिर ताप तथा दाब पर गैस का आयतन उनकी मात्रा (मोल संख्या) के समानुपाती होता है।

$$V \propto n \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{(iii)}$$

उपर्युक्त तीनों समीकरण को मिलाने पर।

$$V \propto \frac{nT}{P}$$

$$PV = n \bar{R} T$$

where $\bar{R}$ is the **Universal gas constant** (सार्वभौमिक गैस स्थिरांक)

Universal Gas Constant & Characteristic Gas Constant

Universal Gas Constant ($\bar{R}$): सार्वभौमिक गैस स्थिरांक

The volume (V) occupied by n moles of any gas has a pressure (P) at temperature (T) in Kelvin. The relationship for these variables,

$$P\,V = n\,\bar{R}\,T,$$

where $\bar{R}$ is known as the Universal Gas Constant.

P= 1 atm, V = 22.4 L, n=1 mol and T_1 =273 K

$$\bar{R} = \frac{PV}{nT}$$

$\bar{R}$ = 0.08205 L atm / (mol·K)

Characteristic Gas Constant (R): विशेषता गैस स्थिरांक

When the equation deals with mass, the characteristic gas constant (R) is used. It is a gas constant per unit mass and it is different for different gases. As such

R= $\bar{R}/M$ (where **M is the molecular weight**)

For air at standard conditions, R = 287 J/(kg-K)

Specific heat at constant pressure & Constant Volume of gas

Specific heat at constant pressure (c_p) गैस की स्थिर दाब पर विशिष्ट ऊष्मा

The specific heat of a gas at constant pressure is defined as the quantity of heat required to raise the temperature of unit mass of the gas by 1 degree, the pressure remaining constant during heating. It is given the symbol c_p.

स्थिर दाब पर 1 किलोग्राम गैस का तापमान 1 डिग्री सेंटिग्रेड बढ़ाने के लिए जितनी ऊष्मा की आवश्यकता होती है उसे उस गैस की स्थिर दाब पर विशिष्ट ऊष्मा कहते हैं। इससे c_p से प्रदर्शित करते हैं।

Specific heat at Constant Volume (c_v) गैस की स्थिर आयतन पर विशिष्ट ऊष्मा

The specific heat of a gas at volume pressure is defined as the quantity of heat required to raise the temperature of unit mass of the gas by 1 degree, the volume remaining constant during heating. It is given the symbol c_v.

स्थिर आयतन पर 1 किलोग्राम गैस का तापमान 1 डिग्री सेंटिग्रेड बढ़ाने के लिए जितनी ऊष्मा की आवश्यकता होती है उसे उस गैस की स्थिर आयतन पर विशिष्ट ऊष्मा कहते हैं। इससे cv से प्रदर्शित करते हैं।