気体の分子運動論　　（　　）組（　　）番　氏名　（　　）

物質の三態　物質を構成しているものは原子･分子である。それらが結合して物質が作られている。結合状態により、固体、液体、気体の 3 つに分類される。

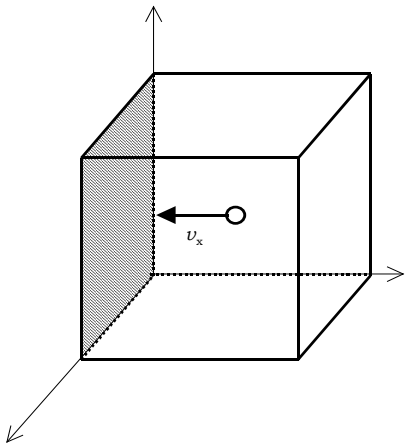
固体　→ [　　]

液体　→ [　　]

気体　→ [　　]

気体の物理学　気体の条件　→　気体分子が互いに無関係に運動している状態と考える。

一辺が L [m]の立方体の容器に、質量が m [kg]の分子が N 個入っていおり、速さが $v=(v_x,\ v_y,\ v_z)$ [m/s]とする。



① 立方体の一つの面に注目し、その面に分子が衝突するときを考える。

弾性衝突でないとき　→　分子は衝突を繰り返し速度が減少し全ての分子が静止してしまう（矛盾）

② 1 つの分子が 1 回衝突するときにその面が受け取る力積を求める

③ t [s]間に 1 つの分子が面に与える力積の大きさを求める

④ 容器全体にある分子全体から面が受ける力積の大きさを求める

⑤ 力積の定義より、面が受ける力を求める。

⑥ 圧力の定義　$P=\dfrac{F}{S}$ より、気体の圧力を式で示す

⑦ 理想気体の状態方程式と比較してやると

気体の温度と分子速度　$T=\dfrac{1}{3}\dfrac{N_A}{R}mv^2$　　$v=\sqrt{\dfrac{3RT}{N_A m}}$

分子の運動エネルギー　$\dfrac{1}{2}mv^2=\dfrac{3}{2}kT$　（ただし、ボルツマン定数　$k=\dfrac{R}{N_A}=1.38\times10^{-23}$ [J/K]）

気体の分子運動論（解説）　　（　　）組（　　）番　氏名（　　）

物質の三態　物質を構成しているものは原子･分子である。それらが結合して物質が作られている。結合状態により、固体、液体、気体の 3 つに分類される。

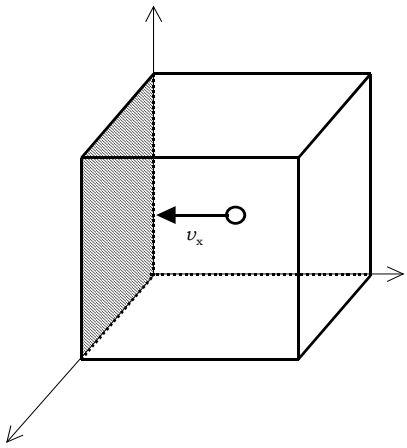
固体　→　原子･分子の結合が固定化されており物質全体の形が定まっている状態。

液体　→　原子･分子が互いに影響を及ぼしあっているが、結合が固定化されておらず物質全体の形は不定。

気体　→　原子･分子がそれぞれ独立で運動しており、互いに影響がまったくない状態。密度は非常に小さい。

気体の物理学　気体の条件　→　気体分子が互いに無関係に運動している状態と考える。

一辺が L [m]の立方体の容器に、質量が m [kg]の分子が N 個入っていおり、速さが $v=(v_x, v_y, v_z)$ [m/s]とする。



① 立方体の一つの面に注目し、その面に分子が衝突するときを考える。

弾性衝突でないとき　→　分子は衝突を繰り返し速度が減少し全ての分子が静止してしまう（矛盾）

斜線の面で弾性衝突するとして、衝突の前後で速度の x 成分の符号が変わる。したがって、衝突直後の速度は $v'=(-v_x, v_y, v_z)$ だから、運動量の変化は $(-2mv_x, 0, 0)$ になる。

② 1 つの分子が 1 回衝突するときにその面が受け取る力積を求める

運動量の変化は力積に等しいので、力積の大きさは $2mv_x$ である。

③ t [s]間に 1 つの分子が面に与える力積の大きさを求める

x 軸方向に 1 往復するごとに 1 回衝突するので、t [s]では $\dfrac{v_x t}{2L}$ 回衝突する。したがって、面が t [s]間に受ける力積の大きさは $2mv_x \times \dfrac{v_x t}{2L} = \dfrac{m{v_x}^2 t}{L}$ [Ns]である。

④ 容器全体にある分子全体から面が受ける力積の大きさを求める

容器全体の分子数は N 個であるので、面が受ける t [s]間の力積は $\dfrac{Nm{v_x}^2 t}{L}$ [Ns]である。

⑤ 力積の定義より、面が受ける力を求める。 面が受ける力を F [N]とすると、力積は Ft だから、$Ft = \dfrac{Nm{v_x}^2 t}{L}$ だから、面が受ける力は $F = \dfrac{Nm{v_x}^2}{L}$ [N]である。また、xyz 軸 3 方向の等方性から、${v_x}^2 = {v_y}^2 = {v_z}^2$ である。

また、$v^2 = {v_x}^2 + {v_y}^2 + {v_z}^2$ だから、${v_x}^2 = \dfrac{1}{3}v^2$ とかけるので、$F = \dfrac{Nmv^2}{3L}$ [N]である。

⑥ 圧力の定義 $P = \dfrac{F}{S}$ より、気体の圧力を式で示すと $P = \dfrac{F}{S} = \dfrac{Nmv^2}{3L} \div L^2 = \dfrac{Nmv^2}{3L^3}$ になる。また、容器の体積 $V = L^3$ だから、$PV = \dfrac{1}{3}Nmv^2$ になり、気体の分子　の速度が一定であれば、PV =一定となる。これは温度一定のときに相当するので分子運動の速度は温度で決まることを示している。

⑦ 理想気体の状態方程式と比較してやると、$PV = nRT$ 、$N = nN_A$（N_A はアボガドロ数）であるので、$PV = \dfrac{N}{N_A}RT$ より、気体の温度は $T = \dfrac{1}{3}\dfrac{N_A}{R}mv^2$ 、また、分子の運動エネルギー $\dfrac{1}{2}mv^2 = \dfrac{3}{2}\dfrac{R}{N_A}T$ になる。