

**気体の物理学** 容器の形が変わっても「気体の性質」は変わらない。(当然のことだ!)

**球形容器に入っている気体の分子運動論**

質量  $m$  の気体分子が速度  $v$  で球形容器の壁に衝突すると考える。容器と気体分子は弾性衝突するので、壁に下ろした垂線との角度(入射角と反射角)は等しい。仮にその分子が衝突するときの入射角、反射角が  $\theta$  であるとしよう。

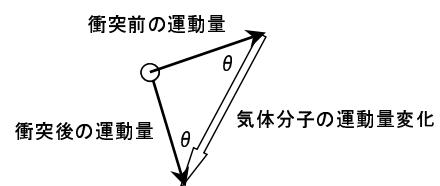
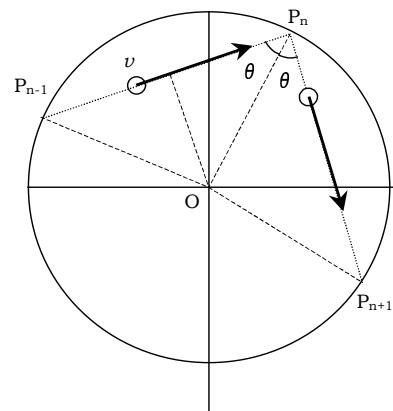
問1 衝突前後の気体1分子の運動量をそれぞれ求めなさい。

問2 容器の壁に気体分子が衝突する前後での運動量変化を求めなさい。

問3 気体分子が衝突したとき、容器の壁が受ける分子からの力積の大きさを求めるなさい。

問4  $t$  秒間でのこの気体1分子の衝突回数は何回であるか。

問5 容器の壁が  $t$  秒間に外向きに受け取る力積は いくらになるか。



このような分子が全部で  $n$  モル ( $nN_A$  個) 含まれる。全気体分子を考えてみよう。

問6 全気体分子が容器の壁を押す力はいくらになるか。

問7 容器の圧力はいくらになるか。

問8 気体分子の運動エネルギーはを表しなさい。

**気体の温度と分子速度**

**分子の運動エネルギー**

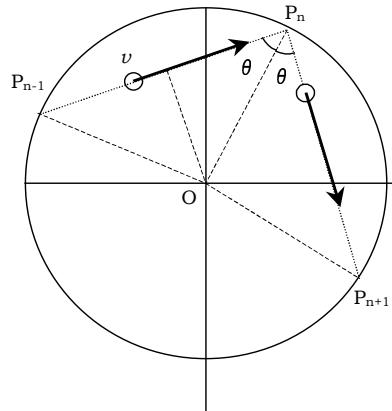
(ただし、ボルツマン定数  $k = \frac{R}{N_A} = 1.38 \times 10^{-23}$  [J/K])

**気体の物理学** 容器の形が変わっても「気体の性質」は変わらない。(当然のことだ!)

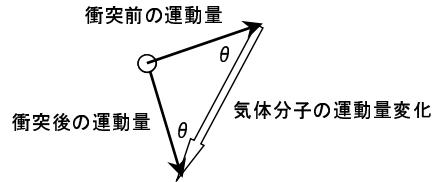
### 球形容器に入っている気体の分子運動論

質量  $m$  の気体分子が速度  $v$  で球形容器の壁に衝突すると考える。容器と気体分子は弾性衝突するので、壁に下ろした垂線との角度(入射角と反射角)は等しい。仮にその分子が衝突するときの入射角、反射角が  $\theta$  であるとしよう。

気体分子が容器の壁に衝突する前後での運動量変化を考えてみる。運動量はベクトル量であるので、衝突前後で、右の図の白矢印で表される中心  $O$  向きの運動量変化がある。図より、運動量変化の大きさを式で示すと、 $2mv \cos \theta$  である。このとき容器の壁が受ける分子からの力積の大きさと分子の運動量変化の大きさは等しい(作用・反作用の法則)。この分子は次の衝突( $P_{n+1}$  点)まで行くのに距離  $2r \cos \theta$  進むので、次の衝突までの時間は  $\frac{2r \cos \theta}{v}$  であり、



衝突間の距離は変わらないから、 $t$  秒間の衝突回数は  $\frac{vt}{2r \cos \theta}$  である。容器の壁が  $t$  秒間に外向きに受け取る力積は  $2mv \cos \theta \times \frac{vt}{2r \cos \theta} = \frac{mv^2 t}{r}$



になる。容器の壁に外向きに加わる力を  $F$  とすると、力積は  $Ft = \frac{mv^2 t}{r}$  になるから、 $F = \frac{mv^2}{r}$  になる。このような分子が全部で  $nN_A$  個含まれるので、全気体分子が容器の壁を押す力は  $F = \frac{nN_A mv^2}{r}$  になる。

容器の表面積(球の表面積)は  $S = 4\pi r^2$  だから、圧力は  $P = \frac{F}{S} = \frac{nN_A mv^2}{4\pi r^3}$  である。また、容器の体積は  $V = \frac{4}{3}\pi r^3$  だから、 $P = \frac{nN_A mv^2}{3V}$  となり、 $PV = nN_A \frac{1}{3}mv^2$  である。気体の絶対温度  $T$  とすると、 $PV = nRT$  より、 $N_A \frac{1}{3}mv^2 = RT$  だから、気体分子の運動エネルギーは  $\frac{1}{2}mv^2 = \frac{3}{2}kT$  となり、 $k (= \frac{R}{N_A})$  はボルツマン定数と呼ばれている定数である。

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

**分子の運動エネルギー**  $\frac{1}{2}mv^2 = \frac{3}{2}kT$       (ただし、ボルツマン定数  $k = \frac{R}{N_A} = 1.38 \times 10^{-23}$  [J/K])

