

【実験】 気体分子の運動 (付 速度分布関数のシミュレーション)

1 気体分子の運動と圧力・体積

気体分子はいろいろな向きにいろいろな速さで飛んでいる。私たちは、気体分子が手にあたりたりすることで圧力や温度などを感じている。

【実験】 気体分子運動の実験器に手回し発電機つないで回すと容器内の球 (気体分子に見立てている) が激しく動き出す。

①手回し発電機を速くまわすと {① **はげしく**・ゆっくり} 動き、その際フタの位置はより {② **上にあがる**・下にさがる}。すなわち、分子運動が激しくなると、体積は {③ **大きく**・小さく} なる。

②平均2乗速度 $\overline{v^2}$ で運動する質量 m の気体分子が体積 V の容器の中に N 個入っているとき、その容器内の圧力 P は、 $P = (\text{④ } **Nm\overline{v^2} / 3V**)$ である。フタをある体積の状態ではじめ、手回し発電機を回していくと分子運動は激しくなるが体積が一定なので圧力は {⑤ **高く**・低く} なる。

②この実験器は、手回し発電機を回すことが {⑥**圧縮**・**加熱**} を意味しており、分子運動の激しさは {⑦**体積**・**温度**} を意味している。フタを止めずに手回し発電機を激しく回して体積を大きくなり、(⑥ **定圧**) (膨張) 変化を意味し、フタを固定して分子運動を激しくすると (⑦ **定積**) 変化を観察できる。

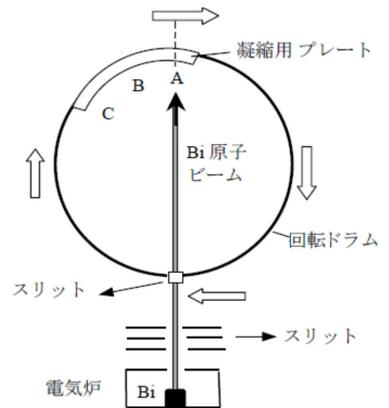


2 【発展】 速度分布関数とシミュレーション

④と $PV = nRT$ を比較すると、 $\sqrt{\overline{v^2}} = \sqrt{3RT/M}$ (M : 分子量) となるが、絶対温度 T [K] の気体分子すべてが同じ速さで運動しているわけではない。平均の速さ付近の分子数が多く、それより大きな速さの分子も小さな速さの分子もその数は少なくなる。分子の速度とその速度における全体に占める分子数の割合を示した関数 $F(v)$ をマクスウェル-ボルツマンの速度分布関数といい、分子数 N 、質量 m とすると次式で表される。

$$F(v) = 4\pi N v^2 (m/2\pi kT)^{3/2} \exp[-(mv^2/2kT)] \quad (k; \text{ボルツマン係数})$$
 なお、 $\exp[-x]$ は e^{-x} を表す。

1931年ザルツマンは、右図のような装置で、850Kのビスマス気体を回転ドラムに照射し、凝縮用プレートに凝着する膜の厚さを測定して気体分子の速さの分布を検証した。



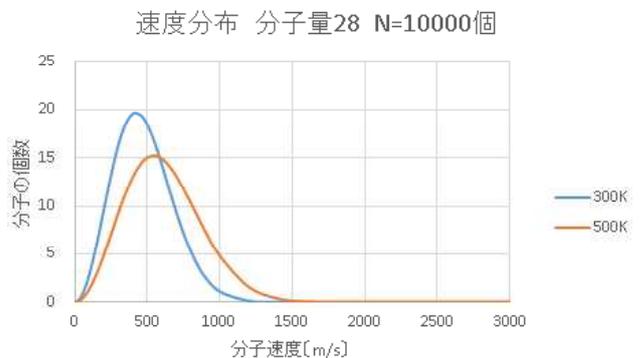
【実験】 表計算ソフトを使って、速度分布関数の式を $v - F(v)$ の関係がグラフに表示できるようにせよ。その際、絶対温度 T と分子の質量 m は変えられるようにせよ。ただし $N=10000$ とする。

① $\sqrt{\overline{v^2}} = \sqrt{3RT/M}$ によって求められる速度と $v - F(v)$ の最大値 u_{max} はどのように違うか。温度 300K, 500K の窒素分子について検証せよ。

【結果】

$$T=300K \quad \sqrt{\overline{v^2}} = 517\text{m/s} \quad u_{max} = 422\text{m/s}$$

$$T=500K \quad \sqrt{\overline{v^2}} = 667\text{m/s} \quad u_{max} = 545\text{m/s}$$



講座 () () 年 () 組 () 席 名前	共同実験者
() 月 () 日 () 曜 () 限 気温 () °C 気圧 () hPa 湿度 () %	

【演示】気体分子の運動（付 速度分布関数のシミュレーション）

1 気体分子の運動と圧力・体積

気体分子はいろいろな向きにいろいろな速さで飛んでいる。私たちは、気体分子が手にあたったりすることで圧力や温度などを感じている。

【実験】気体分子運動の実験器に手回し発電機つないで回すと容器内の球（気体分子に見立てている）が激しく動き出す。

①手回し発電機を速くまわすと {① はげしく・ゆっくり} 動き、その際フタの位置はより {② 上にあがる・下にさがる}。すなわち、分子運動が激しくなると、体積は {③ 大きく・小さく} なる。

②平均2乗速度 $\overline{v^2}$ で運動する質量 m の気体分子が体積 V の容器の中に N 個入っているとき、その容器内の圧力 P は、 $P =$ (④) である。フタをある体積の状態ではめ、手回し発電機を回していくと分子運動は激しくなるが体積が一定なので圧力は {⑤ 高く・低く} なる。

②この実験器は、手回し発電機を回すことが {⑥ 圧縮 加熱} を意味しており、分子運動の激しさは {⑦ 体積 温度} を意味している。フタを止めずに手回し発電機を激しく回して体積を大きくなり、(⑥) (膨張) 変化を意味し、フタを固定して分子運動を激しくすると (⑦) 変化が観察できる。



2 【発展】速度分布関数とシミュレーション

④と $PV = nRT$ を比較すると、 $\sqrt{\overline{v^2}} = \sqrt{3RT/M}$ (M : 分子量) となるが、絶対温度 T [K] の気体分子すべてが同じ速さで運動しているわけではない。平均の速さ付近の分子数が多く、それより大きな速さの分子も小さな速さの分子もその数は少なくなる。分子の速度とその速度における全体に占める分子数の割合を示した関数 $F(v)$ をマクスウェル-ボルツマンの速度分布関数といい、分子数 N 、質量 m とすると次式で表される。

$$F(v) = 4\pi N v^2 (m/2\pi kT)^{3/2} \exp[-(mv^2/2kT)] \quad (k; \text{ボルツマン係数})$$

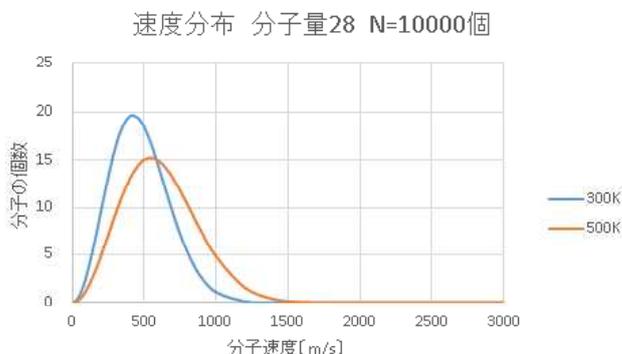
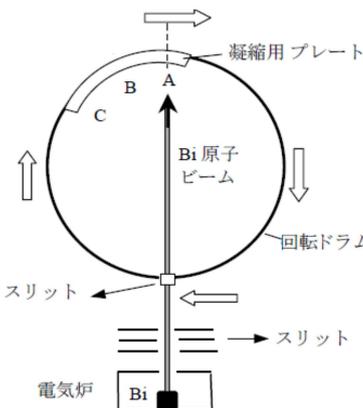
なお、 $\exp[-x]$ は e^{-x} を表す。

1931年ザルツマンは、右図のような装置で、850Kのビスマス気体を回転ドラムに照射し、凝縮用プレートに凝着する膜の厚さを測定して気体分子の速さの分布を検証した。

【実験】表計算ソフトを使って、速度分布関数の式を $v - F(v)$ の関係がグラフに表示できるようにせよ。その際、絶対温度 T と分子の質量 m は変えられるようにせよ。ただし $N=10000$ とする。

① $\sqrt{\overline{v^2}} = \sqrt{3RT/M}$ によって求められる速度と $v - F(v)$ の最大値 v_{max} はどのように違うか。温度 300K, 500K の酸素分子について検証せよ。

【結果】



講座 () () 年 () 組 () 席 名前	共同実験者
() 月 () 日 () 曜 () 限 気温 () °C 気圧 () hPa 湿度 () %	