

熱とエネルギー

60.

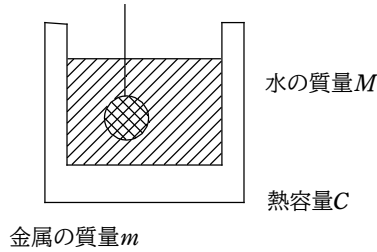
熱と仕事

- (1) 熱と温度の違いを説明せよ。
- (2) 比熱が大きい物質と小さい物質を分子間力の観点から説明せよ。
- (3) 比熱 $c[J/gK]$ とは物質 $1g$ を $1K$ 上昇させる熱量で、熱容量 $C[J/K]$ とは物質を $1K$ 上昇させる熱量であることを用い、 $Q = mc\Delta t$ と $C = mc$ の公式を導け。
- (4) 蒸発熱・融解熱を説明せよ。

61.

熱容量 C の断熱された銅製容器に質量 M 、比熱 c の水を

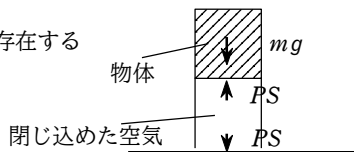
入れ、温度 T_0 で一定にした。この水の中に温度 T_1 で加熱した質量 m の金属球をいれたところ温度が T になった。このときの金属の比熱 k は $k = \frac{(C + Mc)(T - T_0)}{m(T_1 - T)}$ で表されることを示せ。



62.

気体の法則

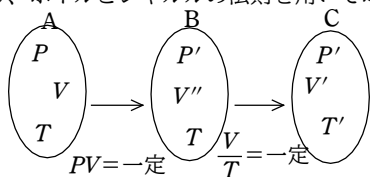
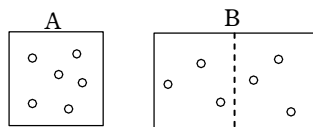
- (1) 圧力とは $1m^2$ あたりにかかる力を示している。これを用いて力 F が面積 S にかかっているときの圧力 $P = \frac{F}{S}$ を導け。
- (2) 立方体内に閉じ込められている気体に関し、気体の圧力は気体分子が壁に衝突するときの衝撃力と解釈されている。気体の圧力は分子の数と分子の速さの2乗に比例することを示せ。
- (3) 気体分子の衝撃力（圧力）はその面 $1m^2$ の上に存在する空気の重さに等しいことを右の図を用いて示せ。



63.

ボイル・シャルルの法則

- (1) Aの容器の気体の体積を2倍にしたのがBである。これを用いてボイルの法則を示せ。
- (2) 温度が分子1個あたりの運動エネルギーを表し、圧力が分子衝突の衝撃力を表しているとして、体積が一定のとき圧力と絶対温度は比例することを示せ。
- (3) (1)、(2)を用いて、シャルルの法則を導け
- (4) 図を利用し、ボイルとシャルルの法則を用いてボイル・シャルルの法則を導け



解説

- (1) 熱は物体全体に加えたエネルギーを示し、温度は分子1個あたりに分配される運動エネルギーを示す。
- (2) 分子1個あたりに分配されるエネルギーは分子間の位置エネルギーと分子の運動エネルギーに分けられる。分子間力が大きい物質は分子間の位置エネルギーが大きくなるので熱を加えても分子間位置エネルギーにエネルギーが多く回り、運動エネルギーにはあまりまわらない。よって、温度が上がりにくく、比熱の大きい物質となる。
- (3) 比熱が c ということは $1g$ を $1K$ 上昇させる熱量が cJ であることを意味している。 $m[g]$ を $1K$ 上昇させるには質量が m 倍であるから m 倍の熱量が必要である。つまり、 $mc[J]$ 必要となる。これは $1K$ 上昇させる熱であるから熱容量である。よって、 $C = mc$ これをさらに Δt 温度を上昇させるには Δt 倍の熱量が必要である。よって、 $Q = mc\Delta t$
- (4) 蒸発熱 $[J/g]$...沸点にある液体 $1g$ を完全に蒸発させるのに必要なエネルギー
融解熱 $[J/g]$...融点にある固体 $1g$ を完全に融解させるのに必要なエネルギー

解説

$Q = mc\Delta t$ である。データ量の多い問題では表にまとめて整理すると考えやすい。

	質量	比熱	変化後の温度	変化前の温度	熱量
銅製容器	C		T	T_0	$C(T - T_0)$
水	M	c	T	T_0	$Mc(T - T_0)$
金属球	m	k	T	T_1	$mk(T - T_1)$

ここで熱容量は質量と比熱の積であるから上の表では片方に入れている。ここで温度の大小関係は $T_0 < T < T_1$ であるため、銅製容器の熱量 $C(T - T_0)$ と水の熱量 $Mc(T - T_0)$ は正であり、これは熱をもらったことを意味している。また、金属球の熱量は負であり、これは熱を失ったことを意味している。この3物質の間のみで熱の移動が起こっているため、失った金属球の熱が銅製容器と水に移動したのである。よって、この熱量の和は0となる。これを式にすると、

$$C(T - T_0) + Mc(T - T_0) + mk(T - T_1) = 0$$

$$\text{これを解くと、} k = \frac{(C + Mc)(T - T_0)}{m(T_1 - T)} \text{となる。}$$

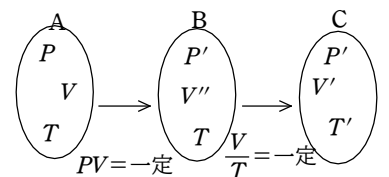
解説

- (1) 圧力 P は $1m^2$ あたりにかかる力が $P[N]$ であることを意味している。よって、 $F = PS$ で $P = \frac{F}{S}$ となる。
- (2) 分子数が2倍になれば衝撃力も2倍になる。よって、分子数に比例している。また、速さが2倍になれば衝撃力（力積＝運動量の変化）も2倍になるため衝撃力は2倍になるが分子が速いために向かいの壁に跳ね返って戻ってくるまでの時間が半分になる。よって、衝突回数が2倍になり、衝撃力は合わせて4倍となる。つまり、分子の速さの2乗に比例している。
- (3) 空気を横にもれないようにして上に質量 m の物体を乗せた。物体は静止しているため、力がつりあっている。物体に作用する重力は mg で空気の圧力は P だから、気体が物体に及ぼす力は断面積を S として PS となる。よって、 $mg = PS$ となり、気体の圧力は $1m^2$ の面の上に乗っている物体の重さと等しくなる。

解説

- (1) 温度が一定のときすなわち、分子速度が一定のとき、Aに比べてBは単位体積あたりの分子数が半分になっているので圧力が半分になる。つまり、体積と圧力は反比例の関係にあることになる。よって、 $PV = \text{一定}$
- (2) 分子速度が n 倍になると、1回衝突の衝撃力は n 倍になるが向かいの壁に跳ね返って再び衝突するまでの時間が $\frac{1}{n}$ になり、衝突回数が n 倍になる。よって分子衝突の衝撃力は n^2 倍になる。これは圧力は分子速度の2乗に比例することを意味している。温度が分子の運動エネルギーを表しているから、圧力は温度に比例することになる。
- (3) まず体積を一定にして絶対温度を2倍にすると、圧力が2倍になる。次に温度を一定にして圧力を元と同じ（半分）にするとボイルの法則より体積は2倍になる。つまり、圧力が一定の元で絶対温度を2倍にすると、体積が2倍になるのである。よって、気体の絶対温度と圧力は比例関係にあることがわかる。

- (4) AからBの状態への変化は温度が一定であるからボイルの法則が成立。
 $PV = P'V''$
BからCへの変化は圧力が一定であるので、シャルルの法則が成立。



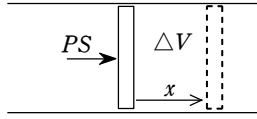
$$\frac{V''}{T} = \frac{V'}{T'}$$

この2式より、 V'' を消去すると、

64.

熱力学第一法則

- (1) 気体分子の内部エネルギーとは何か説明せよ。
- (2) 熱力学第一法則をエネルギー保存則の観点で説明せよ。
- (3) 図を用いて、定圧変化のときピストンを動かす仕事は $P\Delta V$ であることを導け。
- (4) 定圧変化はシャルルの法則に従うことを示せ。
- (5) 等温変化はボイルの法則に従うことを示せ。

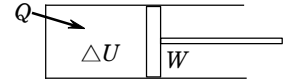


$$\frac{PV}{T} = \frac{P'V'}{T'}$$

となり、ボイルシャルルの法則が導かれる。

解説

- (1) 内部エネルギーは気体分子の運動エネルギーと位置エネルギーの総和である。気体の場合、分子間力の位置エネルギーが無視できるので、気体各分子の運動エネルギーの総和となる。
- (2) 気体に加えた熱エネルギー Q は内部エネルギーの上昇 ΔU とピストンを動かす仕事 W に使われる。
よって、 $Q = \Delta U + W$
- (3) 気体がピストンを押す力がする仕事は、 $W = Fs = PSx$
ここで、 Sx は気体の体積の増加分を表している。よって、 $Sx = \Delta V$ とおける。
よって、 $W = P\Delta V$
- (4) 定圧変化は圧力一定であるため、シャルルの法則が成立する。
- (5) 等温変化は温度が一定であるため、ボイルの法則が成立する。



Q