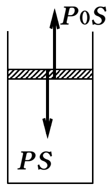
物理のこれだけはできないと「やばい」問題集

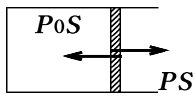
No.14
気体の法則編
ブツリヨキワメヨ

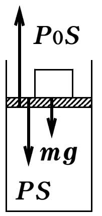
1

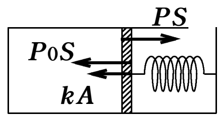
□■物理的思考■□
　圧力の定義は単位面積当たりに働く力なので，S[m^2]に F[N]の力が働いているとき，圧力 P は，$P=\dfrac{F}{S}$ となる。この式を変形すると，$F=PS$となり，圧力から力を計算することができる。

(1)　ピストンに働く力のつり合いから，
$PS=P_0S \Leftrightarrow P=P_0$[Pa]
(2)　ピストンに働く力のつり合いから，
$PS=P_0S \Leftrightarrow P=P_0$
(3)　ピストンに働く力のつり合いから，
$PS=P_0S+mg \Leftrightarrow P=P_0+\dfrac{mg}{S}$
(4)　ピストンに働く力のつり合いから，
$PS=P_0S+kA \Leftrightarrow P=P_0+\dfrac{kA}{S}$

(1)


(2)


(3)


(4)


2

(1)　定圧変化

(2)　等温変化

(3)　定積変化

(4～6)　ボイルシャルルの法則（$\dfrac{PV}{T}$=一定）より，状態B～Dの温度をそれぞれ T_B，T_C，T_Dとすると，

$$\frac{4P\times V}{T}=\frac{4P\times 2V}{T_B}=\frac{2P\times 4V}{T_C}=\frac{P\times 4V}{T_D}$$

これを解くと，
$T_B=2T$，$T_C=2T$，$T_D=T$[K]

□■物理的思考■□
　（p–v）グラフがどのようになるかはボイルシャルルの法則（$\dfrac{PV}{T}$=一定）を使って考えればよい。温度が一定の場合，ボイルシャルルの法則の分母が一定となるため，PV=一定となる。右辺の定数を k とおくと，

$$P=\frac{k}{V}$$

となり，反比例のグラフになることが分かる。これより，状態Bから状態Cの変化が等温変化であることが分かるのである。

3

(1)　物質量を n として，状態方程式（$PV=nRT$）より，

$$1.66\times10^{5}\times3.0\times10^{-3}=n\times8.3\times(27+273)\Leftrightarrow n=0.20\,[\mathrm{mol}]$$

(2)　気体分子 1[mol]でアボガドロ数個あるので，

$$0.20\times(6.0\times10^{23})=1.2\times10^{23}$$

4

(1)　物質量を n として，状態方程式（$PV=nRT$）より，

$$PV=nRT\Leftrightarrow n=\frac{PV}{RT}\,[\mathrm{mol}]$$

(2)　コックを開いたことで気体が拡散し，大気圧 P_0 と等しくなったと考えられる。したがって，容器に残っている気体の物質量を n'として，状態方程式（$PV=nRT$）より，

$$P_0V=n'RT\Leftrightarrow n'=\frac{P_0V}{RT}$$

これより，容器から出た気体の物質量は $n-n'$となるので，容器から出た気体の総数は，

$$(n'-n)\times N_A=\frac{(P-P_0)VN_A}{RT}$$

5

(1)　物質量を n として，状態方程式（$PV=nRT$）より，

$$3PV=nRT\Leftrightarrow n=\frac{3PV}{RT}\,[\mathrm{mol}]$$

(2)　容器Aの気体と同じ物質量であることを利用して，状態方程式（$PV=nRT$）より，

$$P'3V=\left(\frac{3PV}{RT}\right)R(2T)\Leftrightarrow P'=2P\,[\mathrm{Pa}]$$

(3)　求める圧力を P''として，状態方程式（$PV=nRT$）より，

$$P''(4V)=\left(\frac{6PV}{RT}\right)R(2T)\Leftrightarrow P''=3P$$

6

(1)　密度と体積の積から $\underline{d_0V}$[kg]と分かる。

(2)　アルキメデスの原理から，気球部にもともとあった空気の重力が浮力となることから，$\underline{d_0Vg}$[N]と分かる。

(3)　気球部の空気について，ボイルシャルルの法則（$\frac{PV}{T}$=一定）より，

$$\frac{P_0V}{T_0}=\frac{P_0V'}{T}\Leftrightarrow V'=\frac{T}{T_0}V$$

体積が $\frac{T}{T_0}$ 倍になっていることから，密度はその逆数倍になるので，

$$\frac{T_0}{T}d_0$$

(4)　浮き始めることから，気球に働く気球部の空気を含んだ重力と浮力のつり合いより，

$$Mg+\frac{T_0}{T}d_0Vg=dVg\Leftrightarrow T=\frac{d_0V}{dV-M}T_0$$

7

問１　状態方程式（$PV=nRT$）より，

$$p=\frac{nRT}{V}$$

問２　なめらかに動くピストンが静止しているので，ＡとＢの圧力は等しくなっている。これと問１より，状態方程式（$PV=nRT$）より，

$$n_{\mathrm{B}}=\frac{\left(\frac{nRT}{V}\right)V}{RT}=n$$

問３　求める温度を T' として，ボイルシャルル則（$\frac{PV}{T}=$一定）より，

$$\frac{pV}{T}=\frac{4p\frac{V}{2}}{T'}\Leftrightarrow T'=2T$$

問４　求める物質量を n' として，状態方程式（$PV=nRT$）より，

$$4p\frac{5V}{2}=n'R\frac{5T}{3}\Leftrightarrow n'=\frac{6pV}{RT}=6n$$（∵問１）

問５　問２と問４の結果から，Ｃには $5n$[mol]の気体が入っていたことが分かる。状態方程式（$PV=nRT$）より，

$$p'=\frac{5nR(2T)}{V}=10p$$（∵問１）