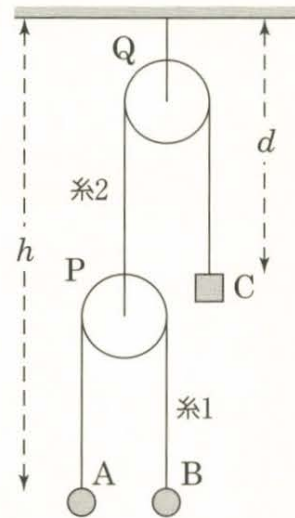


24 慣性力

質量  $m$  のおもり A と、質量  $3m$  のおもり B を糸 1 で結び、滑車 P にかける。さらにこの滑車 P とおもり C を糸 2 で結び、天井から糸でつってある滑車 Q にかける。滑車は滑らかで質量は無視でき、重力加速度を  $g$  とする。まず、おもり C の質量をある値にして、全体を静かに放すと、C は静止し続けた。



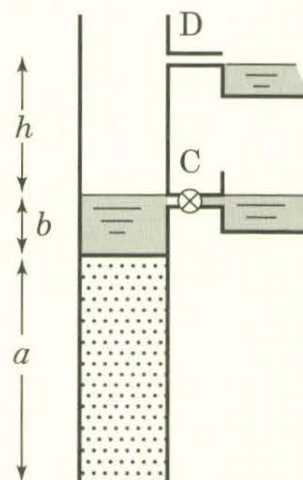
- (1) A の加速度の大きさと糸 1 の張力を求めよ。
- (2) おもり C の質量を求めよ。

次に、C の質量を  $4m$  にして、全体を静かに放すと、A と B の質量の和が C の質量に等しいにもかかわらず、C は動き始めた。

- (3) C の加速度の大きさと糸 1 の張力、および天井にかかる力を求めよ。
- (4) A と B は、はじめ天井から距離  $h$  の同じ高さに、C は天井からの距離  $d$  の高さにあったとする。A と B の高さの差が  $l$  になるとき、A と C の天井からの距離をそれぞれ求めよ。 (立命館大)

## 59 熱力学

図は気体の熱膨張を利用して水をくみ上げる装置である。はじめ円柱に高さ $a$ まで単原子分子の理想気体が外気と等しい温度で入れてあり、ピストンの上に注水口Cまで深さ $b$ の水がたまってつり合っている(状態Ⅰ)。注水口Cを閉じて気体を加熱すると水面はゆっくり上がり、高さ $h$ の排水口Dに達する(状態Ⅱ)。さらに加熱すると水はDからあふれ出し、ピストンがDに達して排水を終わる(状態Ⅲ)。ここで加熱を止めると、気体が冷えるにしたがってピストンは下がり、排水口Cに達する(状態Ⅳ)。Cを開くと、水はピストンの下がるにつれて注入され、状態Ⅰに戻る。



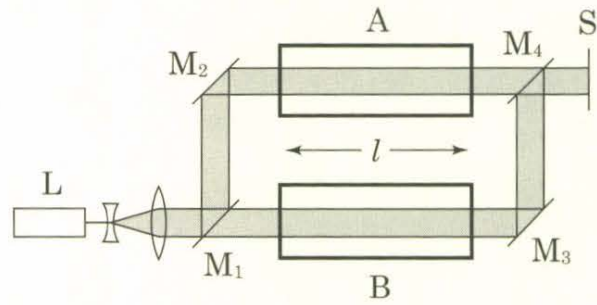
外気の圧力を $p_0$ 、その絶対温度を $T_0$ 、円柱の断面積を $S$ 、水の密度を $\rho$ 、重力加速度を $g$ 、ピストンの重さは無視できるものとする。

- (1) 状態Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳでの気体の圧力 $p_1$ 、 $p_2$ 、 $p_3$ 、 $p_4$ 、およびⅡ、Ⅲ、Ⅳでの絶対温度 $T_2$ 、 $T_3$ 、 $T_4$ を求めよ。
- (2) 状態ⅠからⅡまでの間に気体が行う仕事 $W_1$ と吸収する熱量 $Q_1$ を求めよ。
- (3) 状態ⅡからⅢまでの間に気体が行う仕事 $W_2$ と吸収する熱量 $Q_2$ を求めよ。
- (4)  $I \rightarrow II \rightarrow III \rightarrow IV \rightarrow I$ の一巡で、気体が行う仕事 $W$ を求めよ。

(東京大)

## 9 波動・熱力学

図は気体の屈折率を測定する装置で、光源Lから出た波長 $\lambda$ （真空中の値）の光が半透明鏡 $M_1$ で2本に分けられた後、別々に長さ $l$ の同じ容器A、Bを通り



半透明鏡 $M_4$ で再び合わせられ、スクリーンSに達する。なお、気体の屈折率を $n$ とすると、 $n-1$ の値は気体の密度に比例する。

- (1) A、Bを真空にした後、Aにアルゴンを少しずつ入れ、S上で明暗が $m$ 回繰り返されたところで、気体を入れるのを止めた。この状態でのアルゴンの屈折率 $n$ を $\lambda, l, m$ で表せ。
- (2) A内のアルゴンの量を求めるために、次の実験を行った。Aに $1.500 \times 10^3 \text{ J}$ の熱量を加えたら容器および気体の温度は $20.00^\circ\text{C}$ から $90.74^\circ\text{C}$ まで上昇した。次に、Aを真空にし、前と同じ熱量を加えたら容器の温度は $20.00^\circ\text{C}$ から $91.67^\circ\text{C}$ まで上昇した。A内のアルゴンは何molか。容器は外気と断熱されているとして有効数字2けたまで求めよ。気体定数 $R$ は $8.3 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$ とする。
- (3) (1)の実験では、 $\lambda = 6.3 \times 10^{-7} \text{ m}$ 、 $l = 0.20 \text{ m}$ 、 $m = 178$ であった。また、容器の容積は $2.5 \times 10^{-4} \text{ m}^3$ であった。以上の結果を用いて、 $0^\circ\text{C}$ 、1気圧のアルゴンの屈折率 $n_0$ を求めよ。なお、 $0^\circ\text{C}$ 、1気圧で1 molの理想気体の体積は $2.24 \times 10^{-2} \text{ m}^3$ である。 (東北大)

### 31 直流回路

電圧 100 V で使用すると、80 W を消費する電球 L と、40 W を消費する電球 M がある。L、M にかかる電圧  $V$  [V] と、電球を流れる電流  $I$  [A] との関係を示す特性曲線は図 1 のようである。有効数字 2 桁で答えよ。

- (1) L に電圧 80 V をかけて使用するとき、L の抵抗値はいくらか。また、消費電力はいくらか。
- (2) L を電圧 100 V で使用しているとき、L のフィラメントの温度はいくらか。ただし、抵抗の温度係数を  $2.5 \times 10^{-3}/^{\circ}\text{C}$ 、室温を  $0^{\circ}\text{C}$  とする。また、図 1 の点線は L の特性曲線の原点における接線を示すものとする。
- (3) 図 2 において、E は内部抵抗の無視できる起電力 120 V の電池、R は  $100 \Omega$  の抵抗である。L を端子 XY 間に連結して使用するとき、L の電圧と消費電力はいくらか。
- (4) L と  $100 [\Omega]$  の抵抗 3 本を並列にして(図 3)、図 2 の XY 間に連結して使用するとき、L にかかる電圧はいくらか。
- (5) L と M を並列にして、図 2 の XY 間に連結して使用するとき、L の消費電力はいくらか。また、回路全体での消費電力はいくらか。

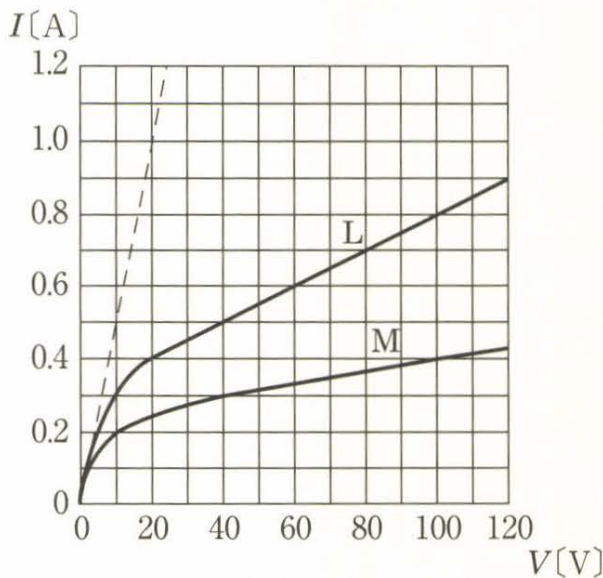


図 1

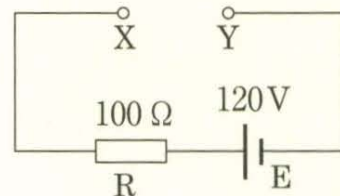


図 2

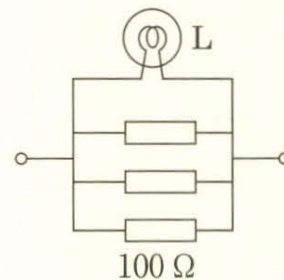


図 3

## 60 原子構造・分子運動論

光速を  $c$ 、プランク定数を  $h$  として、次の(1)~(8)には式を、(9)~(11)には有効数字2けたの数値を記入せよ。

静止したままの水素原子がエネルギー準位  $E_l$  の励起状態から  $E_n$  の状態に移るとき放射する光の振動数は  $\nu_0 = \boxed{(1)}$  であり、その波長を  $\lambda_0$  とする。

さて、水素原子気体から放射される光の線スペクトルを観測する。原子は乱雑な運動をしている。いま、速さ  $v$  で動く  $E_l$  の状態の水素原子(質量  $m$ ) が、進行方向から角度  $\theta$  の方向に振動数  $\nu$  の光子を放出した。

原子は  $E_n$  の状態に移り、初めの進行方向から角度  $\phi$  の方向に速さ  $u$  で進行した。このときのエネルギー保存則は  $\boxed{(2)}$ 、運動量保存則は  $\boxed{(3)}$  と  $\boxed{(4)}$  と表される。したがって、 $\nu_0$  は  $m$ 、 $h$ 、 $\nu$ 、 $v$ 、 $\theta$  および  $c$  を用いて  $\nu_0 = \boxed{(5)}$  となる。ここで  $mc^2 \gg h\nu$  を考慮すると、動いている水素原子が出す光の波長  $\lambda$  は、 $\lambda_0$ 、 $v$ 、 $c$  および  $\theta$  を用いて、近似的に  $\lambda = \boxed{(6)}$  となる。したがって、速さ一定で色々な方向に運動している水素原子が出す光の波長は、ある幅をもってひろがっている。この幅は、それを最大に見積もったとき、 $v$ 、 $c$  および  $\lambda_0$  を用いて、 $\Delta\lambda = \boxed{(7)}$  で与えられる。

単原子気体中の原子の2乗平均速度  $\sqrt{v^2}$  は、気体 1 mol の質量  $M$  [kg]、気体定数  $R$  および絶対温度  $T$  を用いて、 $\sqrt{v^2} = \boxed{(8)}$  で与えられる。さて、ボーア模型によると、 $E_n$  はリュードベリ定数  $R_H$  を用いて、 $E_n = -hcR_H \cdot \frac{1}{n^2}$  と表される、静止したままの水素原子が  $n=4$  の状態から、 $n=2$  の状態に移るとき出す光の波長  $\lambda_0$  は  $\boxed{(9)}$  m である。また、 $100^\circ\text{C}$  の水素原子気体の場合、 $\sqrt{v^2}$  は  $\boxed{(10)}$  m/s である。そこで、さきの気体中の水素原子の速さ  $v$  として  $\sqrt{v^2}$  をとると、波長  $\lambda_0$  の輝線の幅  $\Delta\lambda$  は  $\boxed{(11)}$  m となる。

定数： $m = 1.7 \times 10^{-27}$  [kg]、 $h = 6.6 \times 10^{-34}$  [J·s]、 $c = 3.0 \times 10^8$  [m/s]、  
 $R = 8.3$  [J/K·mol]、 $R_H = 1.1 \times 10^7$  [m $^{-1}$ ] (大阪大)