

[ I ]

質量を無視してもよい糸の一端に、質量  $m$  のおもりをつけてこれを列車の天井からつるしてある。列車の走行状態の変化にともなって、糸がどんな変化をするかを考えて、以下の問いに答えよ。ただし、レールは水平で直線状に設置されているものとし、重力の加速度は  $g$  とする。

- (1) 列車が等速度  $v$  で走っている時、鉛直方向と糸とが角度  $\theta$  を保持している。このとき  $\tan \theta$  を求めよ。ただし、傾き角  $\theta$  は前方(進行方向)に傾いている場合を正とする。
- (2) 列車が進行方向に一定の加速度  $a$  ( $a > 0$ ) で走っている時、鉛直方向と糸とが角度  $\theta$  を保持している。このとき  $\tan \theta$  を求めよ。ただし、傾き角  $\theta$  は前方(進行方向)に傾いている場合を正とする。
- (3) 列車が静止している状態から進行方向に一定の加速度  $a$  が働いた時、時間  $t$  後に進んだ距離  $x$  を求めよ。
- (4) 列車が等速度  $v$  から、ブレーキをかけることにより一定の加速度が加わり、時間  $t$  後に停車した。
  - a) このとき列車の受けた加速度を求めよ。
  - b) ブレーキをかけてから停車するまでの走行距離を求めよ。

〔Ⅱ〕

断面積が  $A$  の固定シリンダーの内部に理想気体(質量  $m$ )が封入されており、図Ⅱのように摩擦のないピストンによって大気(気圧  $P_0$ 、絶対温度  $T_0$ )と完全に隔てられている。このピストンは、おもり(質量  $M$ )と伸縮しない糸によって滑らかな滑車(滑車、糸とも質量が無視できる)を介してつながっている。シリンダーは熱を伝えやすく、おもりやピストンの動きが緩慢であるとして以下の問いに答えよ。なお、重力加速度を  $g$  とする。

- (1) 図Ⅱの位置からおもりを手で支えながら鉛直下方に降ろしていったところ、糸のたるみがなくなった。糸のたるみがなくなった瞬間のシリンダー内の圧力はいくらか。
- (2) 引き続きおもりを降ろしたところ、ピストンとおもりが釣り合った。そのときのシリンダー内の圧力を求めよ。また、(1)の場合に対して何倍の容積となったか。

その後、シリンダーとピストンを質量と熱容量が小さい断熱材で被い、内部の封入気体を冷却したため再びピストンが移動し、封入気体の絶対温度が  $T (< T_0)$  になったところで静止した。

- (3) 単位質量当たりの封入気体の定圧比熱と定積比熱をそれぞれ  $C_p$ 、 $C_v$  とする。両比熱の大小を理由とともに述べよ。
- (4) 冷却によるおもりの移動量を  $h$  とすれば、a)シリンダー内の最終圧力、b)大気がピストンにした仕事、c)おもりがピストンにした仕事、d)封入気体が外部にした仕事はそれぞれいくらになるか。
- (5) 冷却することによって封入気体の内部エネルギーはどれだけ増加するか。

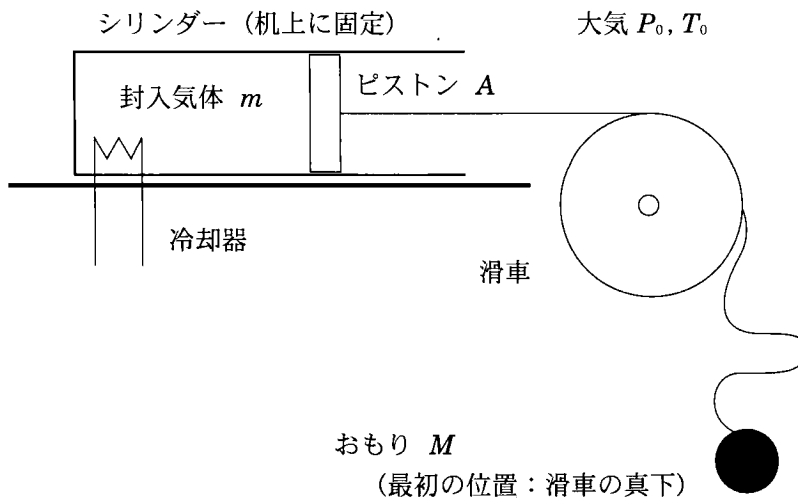


図 II

〔Ⅲ〕

直流電源  $10\text{V}$  に対し、コンデンサー  $C_1 = 3\mu\text{F}$ 、 $C_2 = 2\mu\text{F}$ 、抵抗  $R = 5\text{k}\Omega$ 、スイッチ  $S_1$ 、 $S_2$  が図Ⅲのように接続された回路について以下の問いに答えよ。ただし初期状態では、 $C_1$  と  $C_2$  には電荷が蓄積されていないものとする。

なお答えが非常に小さな数値の場合は、 $10$  のべき乗にて解答せよ。

(例： $0.000046 \rightarrow 4.6 \times 10^{-5}$ )

- (1)  $S_2$  を開いたまま  $S_1$  を閉じ、十分に長い時間をおいた後に、 $C_1$  に蓄積される電荷量  $[C]$  と静電エネルギー  $[J]$  を求めよ。
- (2) (1) の状態で、まず  $S_1$  を開き、その後に  $S_2$  を閉じた場合に、図Ⅲ中に示す電流  $I$  と電圧  $V$  の波形の概略を解答用紙のグラフに描け。また最大電流値  $[A]$  と最大電圧値  $[V]$  も記入せよ。ただし横軸の時間  $t$  は、 $S_2$  を閉じた時を  $t = 0$  とする。
- (3) (2) において、 $S_2$  を閉じて十分に長い時間をおいた後に、 $C_1$  と  $C_2$  に蓄積される静電エネルギー  $[J]$  をそれぞれ求めよ。
- (4) (2) において、 $C_2$  に充電される間に抵抗  $R$  で発生する熱量  $[cal]$  を求めよ。ただし、熱の仕事当量を  $4.2\text{J/cal}$  とする。

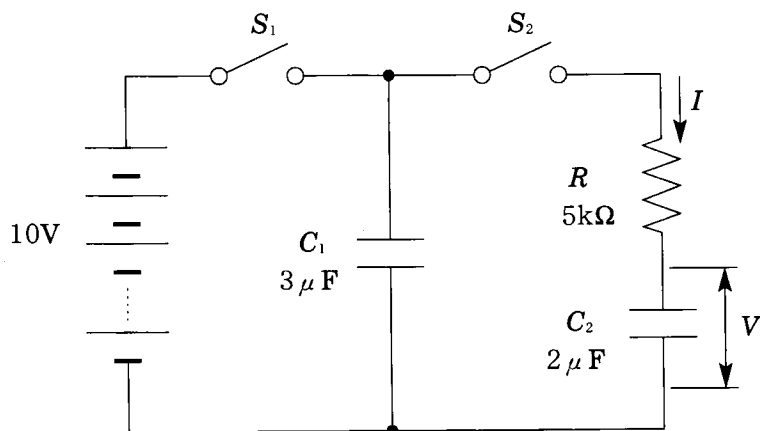


図 Ⅲ

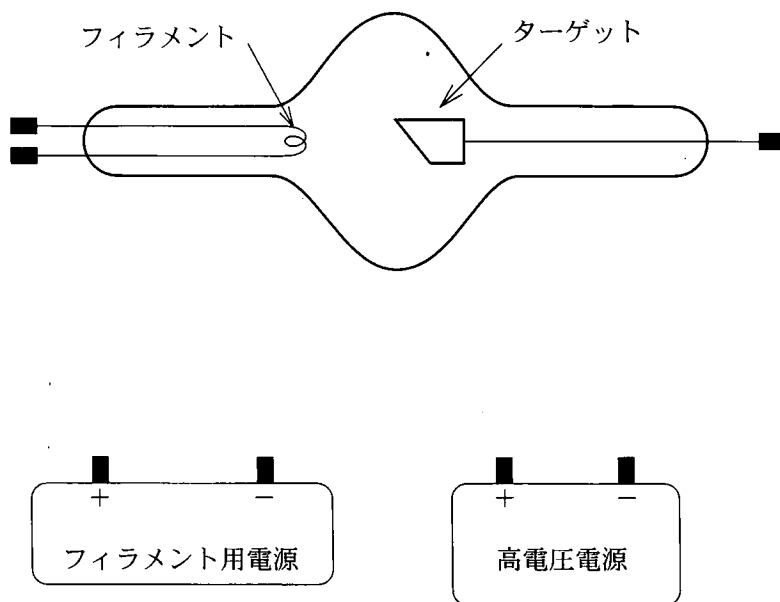
[IV]

X線に関する以下の問い(1)~(5)に答えよ。

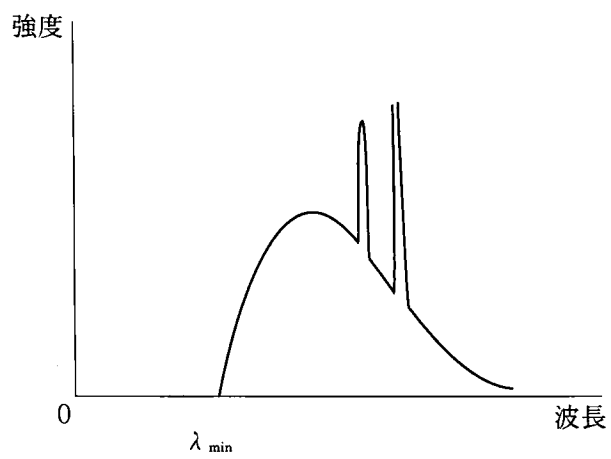
ただし、電子の電荷は $-e$  [C]、質量は $m$  [kg]、光速は $c$  [m/s]、プランク定数は $h$  [J·s]とし、高電圧電源の電圧(加速電圧)を $V$  [V]とする。また、フィラメント用電源の電圧は $V$ に対して無視できるほど小さいものとする。

- (1) 図IV—1はX線発生装置の模式図である。解答欄のX線管の電極端子と2つの電源(フィラメント用電源と高電圧電源)の端子を結線してX線が発生するようにせよ。
- (2) 初速度0でフィラメントを出た電子が電場で加速されてターゲット(対陰極)に衝突するとして、衝突直前の電子の運動エネルギーはいくらか。また、このとき、電子の速度の大きさはいくらか。
- (3) ターゲットに衝突する直前の電子の波動性を考えるとき、電子波の波長はいくらか。
- (4) 図IV—2はX線管で発生したX線の強度と波長の関係(スペクトル)を示す。グラフに見られる2つのピークはターゲットの金属に固有の特性X線である。発生したX線の最短波長 $\lambda_{\min}$ を求めよ。
- (5) 加速電圧を大きくしたとき、最短波長および特性X線のスペクトルはどうか。

### X線管



図IV-1



図IV-2