

物 理

注 意 事 項

1. 「解答始め」の合図があるまでこの冊子は開かないこと。
2. この冊子は10ページである。
3. 「解答始め」の合図があったら、まず、黒板に掲示又は板書してある問題冊子ページ数・解答用紙枚数・下書き用紙枚数が、自分に配付された数と合っているか確認し、もし数が合わない場合は手を高く挙げ申し出ること。次に、解答用紙をミシン目に沿って落ちていて丁寧に別々に切り離し、学部名・受験番号・氏名を必ずすべての解答用紙の指定された箇所に記入してから、解答を始めること。
4. 解答は、必ず解答用紙の指定された箇所に横書きで記入すること。

1

1—1

次の文章中の空欄(1)～(5)に入れる数値、式または語句として最もふさわしいものを、選択肢㉑～㉔の中から選べ。

図1のように、ガラス板Aをガラス板Bの上に重ねて、2枚のガラス板が接している点Oから0.50 mの位置に厚さ 1.0×10^{-5} mの紙をはさむ。いま、ガラス板Aの真上から波長 7.2×10^{-7} mの赤色の単色光を照射すると、ガラス板Aの底面で反射する光と、ガラス板Bの上面で反射する光が干渉する。この干渉によって明暗の縞模様^{しま}ができる。点Oから x [m]の位置における2つの反射光の光路差は (1) $\times 10^{-5}$ [m]と表される。そのため、2つの反射光が強め合い、明線があらわれる条件は $x =$ (2) $\times 10^{-2}$ [m] ($n = 0, 1, 2, \dots$)となる。また、観察される明線の間隔は (3) cmとなる。

次に、ガラス板Bの下から見る場合について考える。図2のように、透過光と、ガラス板Bの上面で反射しガラス板Aの底面で再び反射する光が干渉する。この干渉によって明暗の縞模様が観察される。ガラス板Aの上から見る場合に比べ、明線の間隔は (4) 。

ここで、赤色の単色光から波長 4.8×10^{-7} mの青色の単色光に替えて、ガラス板Aの上から観察する。波長 7.2×10^{-7} mの赤色の単色光を照射しガラス板Aの上から観察する場合と比べ、明線の間隔は (5) 。

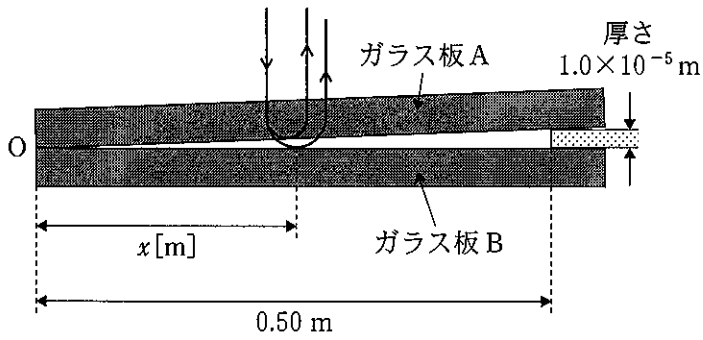


図 1

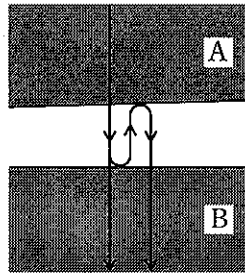


図 2

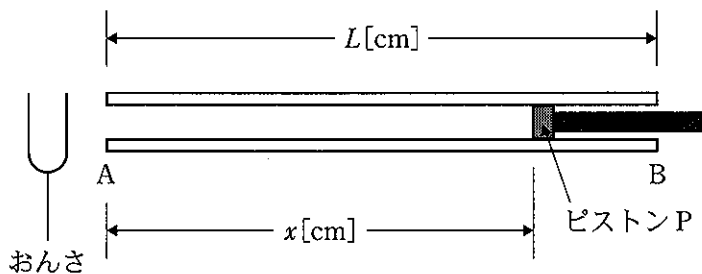
選択肢

- | | | | |
|--------------------------|----------------------|--------------------------|--------------------------|
| ㉠ $2.0x$ | ㉡ $4.0x$ | ㉢ $2.0x^2$ | ㉣ $4.0x^2$ |
| ㉤ $1.8n$ | ㉥ $3.6n$ | ㉦ $1.8(n + \frac{1}{2})$ | ㉧ $3.6(n + \frac{1}{2})$ |
| ㉨ 7.2 | ㉩ 3.6 | ㉪ 1.8 | ㉫ 0.72 |
| ㉬ 2 倍になる | ㉭ $\frac{1}{2}$ 倍になる | ㉮ $\frac{2}{3}$ 倍になる | |
| ㉯ $\frac{3}{2}$ 倍になる | ㉺ $\frac{4}{9}$ 倍になる | ㉻ $\frac{9}{4}$ 倍になる | |
| ㉼ 変わらず, 明線と暗線の位置も変わらない | | | |
| ㉽ 変わらないが, 明線と暗線の位置が入れ替わる | | | |

図のように、長さが L [cm] のガラス管 AB 中にピストン P を挿入し、開口部 A の近くでおんさを振動させる。A から P までの距離を x [cm]、音速を 340 m/s とし、開口端補正は一定とする。

P を B から A に向かってゆっくり移動させたところ、 x が 61.2 cm の位置ではじめて共鳴が起こった。

- (1) さらに A に向かってゆっくり P を移動させたところ、 x が 36.2 cm のところで二度目の共鳴が起こった。このおんさが発生する音の波長 λ [m] および振動数 f [Hz] を求めよ。
- (2) さらに A に向かってゆっくり P を移動させると、三度目の共鳴が起こったが、その後、さらに P を A に向かって移動させても共鳴は起こらなかった。三度目の共鳴が起こったのは x が何 cm の位置であったか。また、開口端補正は何 cm か。
- (3) P をガラス管から取り外したところ、共鳴が起こった。ガラス管の長さ L は何 cm であったか。ただし、開口部 A と開口部 B の開口端補正は等しいとする。



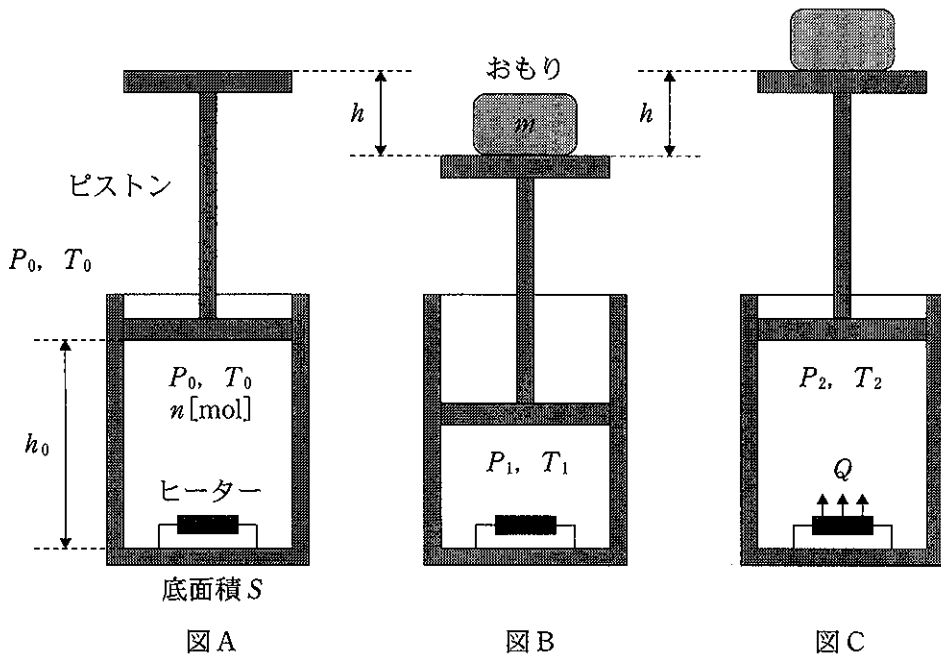
図

問題は次ページに続く。

- 2 なめらかに動くピストンとヒーターが取り付けられたシリンダーがある。このシリンダーの底面積は S で、ピストンの質量は無視できる。また、シリンダーとピストンは断熱材でつくられており、シリンダーとピストンで囲まれた空間は外部から断熱されている。

図 A に示すように、このシリンダーとピストンに囲まれた空間に n [mol] の単原子分子の理想気体を閉じ込めた。このとき、閉じ込めた気体の圧力と温度は、外部の圧力と温度と同じで P_0 と T_0 であり、ピストンのシリンダー底面からの高さは h_0 であった。

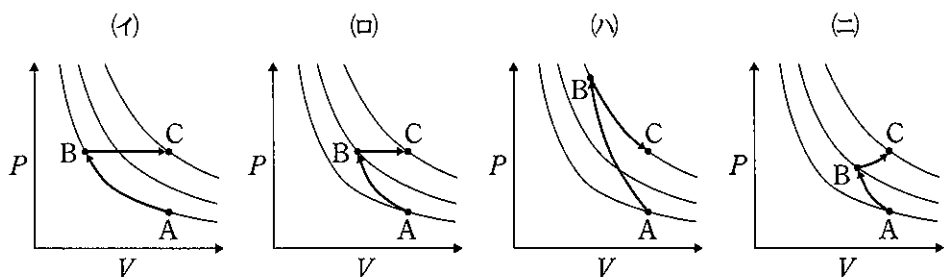
次に、図 B に示すように、このピストンに質量 m のおもりをのせた。すると、ピストンはゆっくりと h だけ下降し静止した。以下の問いに答えよ。ただし、重力加速度の大きさを g 、気体定数を R とする。



- (1) おもりをのせてから静止するまでの間の、気体の内部エネルギーの増加量 ΔU_{AB} と、おもりの位置エネルギーの減少量 ΔE_{AB} との関係を示せ。
- (2) ピストンが静止したあとの気体の温度 T_1 を n, T_0, h, m, g, R を用いて表せ。
- (3) ピストンが静止したあとの気体の圧力 P_1 を P_0, S, m, g を用いて表せ。
- (4) h を P_0, h_0, S, m, g を用いて表せ。

図 C に示すように、おもりをのせてから時間が十分に経ったあとに、ヒーターにより熱量 Q を気体に加えた。すると、ピストンがゆっくりと上昇し、おもりをのせる前の位置で静止した。そのとき、気体の温度は T_2 となった。

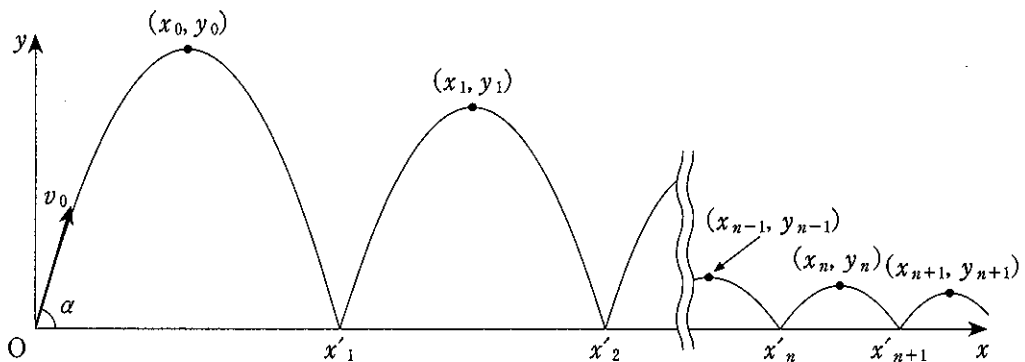
- (5) 加えた熱量 Q 、ピストンが上昇し静止するまでに気体が外部にした仕事 W_{BC} 、気体の内部エネルギーの増加量 ΔU_{BC} の関係を示せ。
- (6) 図 A から図 C までの過程において、気体の圧力 P と体積 V との関係を表すグラフとして最もふさわしいものを、下の (イ) ~ (ニ) の中から選べ。ただし、図中の細線で示す各曲線は「 $PV = \text{一定}$ 」の関係を満たしている。



- (7) 図 A から図 C までの過程で気体が外部にする正味の仕事 $W_{\text{正味}}$ を P_0, h_0, S, m, g を用いて表せ。

3 質量 m の小球を時刻 $t = 0$ に、初速 v_0 、水平な床との角度 α で投げ出し、小球が床に衝突を繰り返しながら進む様子を観察した。図のように、水平方向に x 軸、鉛直上向きに y 軸をとり、小球を投げ出す点を原点 O 、床の高さを $y = 0$ とする。小球の運動は xy 平面内に限られるものとする。小球が床に衝突する前に達する最高点の座標を (x_0, y_0) 、 n 回目 ($n = 1, 2, 3, \dots$) の床への衝突後に小球が達する最高点の座標を (x_n, y_n) とすると、 $\sqrt{\frac{y_n}{y_{n-1}}} = e$ ($0 < e < 1$) という関係があることがわかった。重力加速度の大きさを g として以下の問いに答えよ。ただし、床はなめらかであるとし、空気抵抗は考えないものとする。なお、図中の曲線は小球の運動の概略を説明するためのものであり、運動の軌跡を正確に表したのではない。

- (1) 小球が最高点 (x_0, y_0) に達する時刻 t_0 を v_0, α, g を用いて表せ。
- (2) 小球が 1 回目に床に衝突した直後の速度の y 成分 v_{1y} を v_0, α, e を用いて表せ。
- (3) 小球が 2 回目に床に衝突する地点の x 座標 x'_2 を v_0, α, e, g を用いて表せ。
- (4) n 回目に床に衝突してから $n + 1$ 回目に床に衝突するまでの滞空時間を v_0, α, n, e, g を用いて表せ。



図

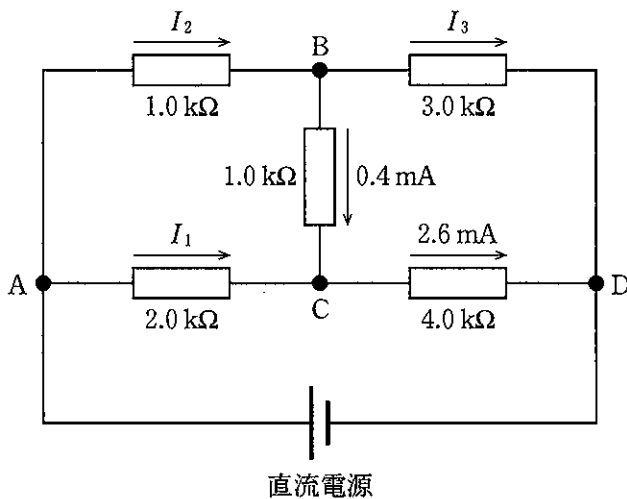
問題は次ページに続く。

4

4—1

図のように直流電源と抵抗からなる回路を組んだ。BC間の $1.0\text{ k}\Omega$ の抵抗には 0.4 mA 、CD間の $4.0\text{ k}\Omega$ の抵抗には 2.6 mA の電流が流れた。

- (1) AC間の $2.0\text{ k}\Omega$ の抵抗に流れる電流 I_1 、AB間の $1.0\text{ k}\Omega$ の抵抗に流れる電流 I_2 、およびBD間の $3.0\text{ k}\Omega$ の抵抗に流れる電流 I_3 は、それぞれ何mAか。
- (2) AD間の電位差は何Vか。



図

4—2

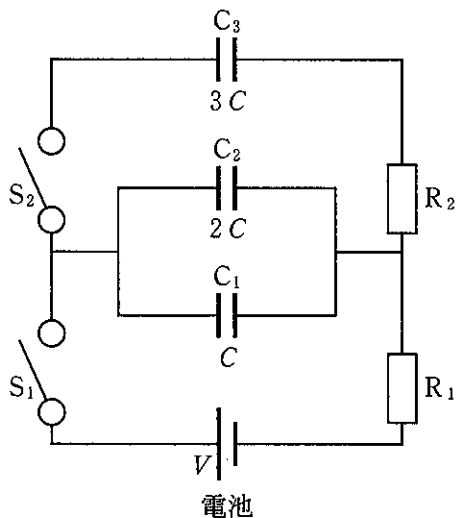
図はコンデンサー C_1 , C_2 , C_3 (電気容量はそれぞれ C , $2C$, $3C$)、起電力 V の電池、スイッチ S_1 , S_2 および抵抗 R_1 , R_2 からなる回路である。最初、スイッチはどちらも開いており、いずれのコンデンサーも電荷は蓄えられていない。

まず、スイッチ S_1 を閉じ、十分に時間が経過した。

- (1) C_1 と C_2 に蓄えられる電気量 Q_1 , Q_2 はそれぞれいくらか。
- (2) C_1 と C_2 に蓄えられる静電エネルギー U_1 , U_2 はそれぞれいくらか。

次に、 S_1 を開いてから、 S_2 を閉じ、十分に時間が経過した。

- (3) C_3 にかかる電圧 V_3 はいくらか。
- (4) 抵抗 R_2 で発生したジュール熱はいくらか。



図