

科目	物 理
----	-----

理学部・医学部・薬学部・工学部

注 意

1. 開始の合図があるまで、この冊子を開いてはいけない。
2. 問題は1ページから6ページにわたっている。解答用紙は3枚、下書き用紙は3枚で、問題冊子とは別になっている。これらが不備な場合は、直ちにその旨を監督者に申し出ること。
3. 解答は、すべて解答用紙の所定の欄に記入すること。
4. すべての解答用紙の上部の欄に、志望学部と受験番号(2か所)を記入すること。
5. 試験終了後、問題冊子・下書き用紙とも、持ち帰ること。

I

物体 A (質量  $M$ ) と物体 B (質量  $m$ ,  $m < M$ ) を図 1 のように自然長から長さ  $x$  だけ縮めたバネ (バネ定数  $k$ ) で連結し固定する。これを物体 A を前方にして図 2 に示す斜面の頂上 (点 S) から静かに滑らせた。図のように斜面は直線部と曲線部からなり、直線部は高さ  $h$  で水平からの傾き角  $45^\circ$  の直線、曲線部は中心角が  $90^\circ$  の 2 つの円弧の組み合わせとなっている。ただし、直線部の高さおよび曲線部円弧の半径は物体 A, B およびバネの大きさに比べ十分大きい。斜面の直線部は粗い面で、曲線部は滑らかな面できている。また、バネの質量は無視できるとし、空気抵抗はないものとする。重力加速度の大きさは  $g$  とする。

- (1) 物体 A-B は直線状斜面を滑り降りた後、曲線部の点 P を通過し次の円弧状斜面の終点まで斜面に沿って運動することができた。以下の問いに答えよ。

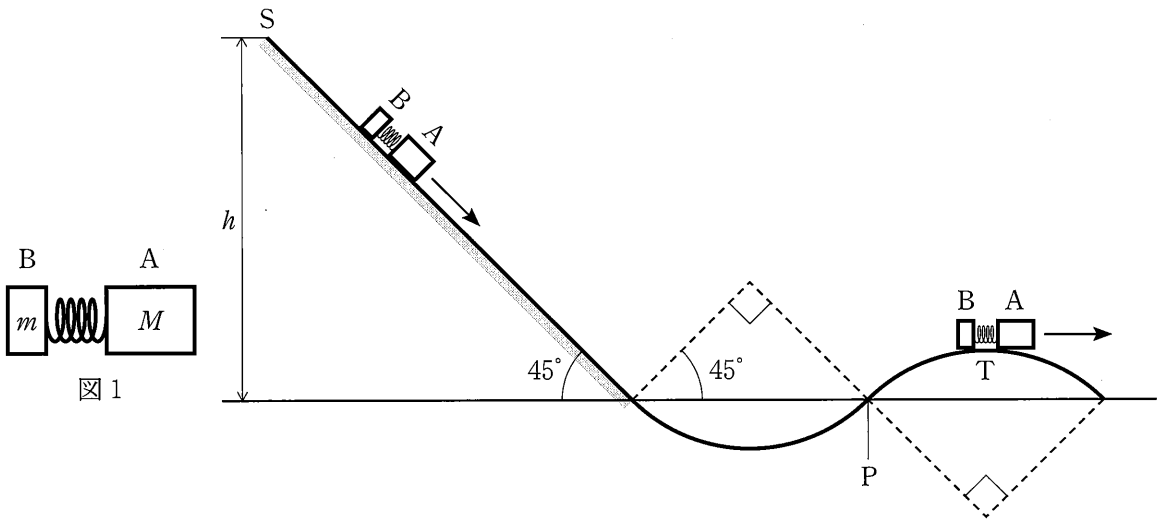


図 2

- (a) 点 S と点 P における物体 A-B の位置エネルギーの差を  $M$ ,  $m$ ,  $h$ ,  $g$  を用いて表せ。
- (b) 斜面の直線部において摩擦によって失われた力学的エネルギーを  $W$  として、物体 A-B が点 P において斜面を通過する瞬間の速さを求めよ。
- (c) 斜面を滑る物体 A-B 全体の質量を  $2.5 \text{ kg}$ 、粗い斜面と物体間の動摩擦係数を  $0.10$ 、直線部斜面の高さ  $h$  を  $4.0 \text{ m}$  として、摩擦によって失われた力学的エネルギー  $W$  を有効数字 2 桁で計算せよ。また、このエネルギーがすべて熱に変わったとして  $100 \text{ g}$  の水の温度を何度上昇させることになるか。有効数字 2 桁で計算せよ。ここで、重力加速度の大きさを  $9.8 \text{ m/s}^2$ 、水の比熱を  $4.2 \text{ J/(g}\cdot\text{K)}$  とする。(答えは単位も明記すること。)

(2) 次に(1)と同じ条件で物体 A-B を運動させた。物体 A-B は 2 番目の円弧状斜面の頂点(点 T) に達した時に水平になる。この時、物体 A と B を連結しているバネを開放したところ、物体 A と B が切り離された。ここで、切り離し時のバネの運動は水平の 1 次元方向に限られ、またバネの開放と物体の切り離しに要する時間は無視できるとする。以下の問いに答えよ。

(a) 切り離した直後の物体 A の速さは切り離し直前と比べどうなると予想されるか。次の (ア)~(ウ)の中から選び記号で答えよ。また、その理由を説明せよ。

(ア) 大きくなる                      (イ) 小さくなる                      (ウ) 変わらない

(b) 静止系における切り離し直前の物体 A-B の水平方向速度を  $V$  とし、切り離し直後の物体 A の速度を  $v_A$ 、物体 B の速度を  $v_B$  とする。ここで、水平方向速度は右向きを正にとる。速度  $V$  で水平方向に等速運動する系から見たとき、切り離し直後の物体 A および B の速度はそれぞれ  $(v_A - V)$  および  $(v_B - V)$  と表すことができる。速度  $V$  で運動する系から見た場合の切り離し前後の運動量保存の式、およびエネルギー保存の式を書け。

(c) 切り離し直後の物体 A の速度  $v_A$  を  $M$ 、 $m$ 、 $V$ 、 $k$ 、 $x$  を用いて表せ。

II

- (1) 図1に示すような断面積  $S$ 、抵抗率  $\rho$  の導線があり、その両端は直流電源につながっている。図では自由電子を  $\ominus$  で表し、その運動方向を矢印で示している。また、導線の断面 A での電位は  $V_A$ 、断面 B での電位は  $V_B$  であり、断面 A と断面 B の間隔は  $L$  である。以下の問いに答えよ。

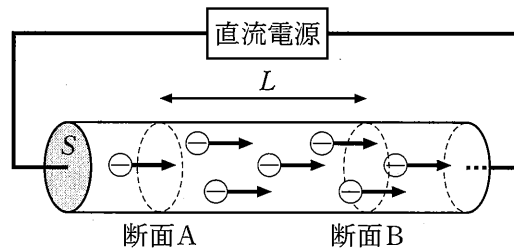


図1

- (a) この導線の単位長さあたりの電気抵抗を  $S$  と  $\rho$  を用いて表せ。
- (b)  $V_A$  と  $V_B$  ではどちらの電位が高いか、図1中の電子の運動方向から判断せよ。
- (c) この導線に流れている電流の大きさ(絶対値)  $I$  はいくらか。
- (d) 断面 A と断面 B の間の導線部分で消費される電力はいくらか。  $I$ 、 $V_A$ 、 $V_B$  を用いて表せ。
- (e) 導線で消費されたエネルギーはどのような形態のエネルギーになったか。
- (2) (1)の回路全体を、磁束密度  $B$  の一様な磁場(磁界)中に図2のように置いた。磁場の向きは導線に垂直で紙面の裏から表の向きであり(図では  $\odot$  の記号で示す)、導線の内部でも磁束密度の向きと大きさは変わらない。導線中の単位体積あたりの自由電子の数は  $n$ 、電子の電荷の大きさは  $e$  である。導線中の自由電子は全て矢印の方向に一定の速さ  $v$  で運動しているものとして、以下の問いに答えよ。ただし、解答には(1)の  $\rho$ 、 $V_A$ 、 $V_B$ 、 $I$  を用いてはならない。

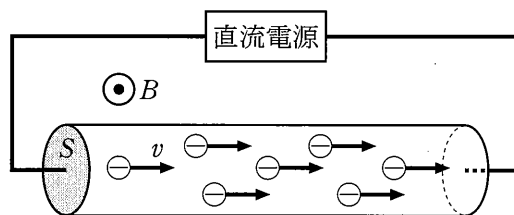


図2

- (a) 導線中を流れる電流の大きさはいくらか。
- (b) 1個の自由電子が磁場から受ける力の大きさはいくらか。また、その力の方向を次の(ア)～(カ)の記号で答えよ。
- (ア) ↑                      (イ) ↓                      (ウ) →                      (エ) ←
- (オ) 紙面の裏から表の向き                      (カ) 紙面の表から裏の向き
- (c) 単位長さの導線が磁場によって受ける力の大きさはいくらか。

- (3) 同じ導線を回路から切り離し、(2)と同じ磁場中を図3のように一定の方向に一定の速さ  $v'$  で動かしている。導線を動かし始めてから十分な時間がたっているものとして、以下の問いに答えよ。

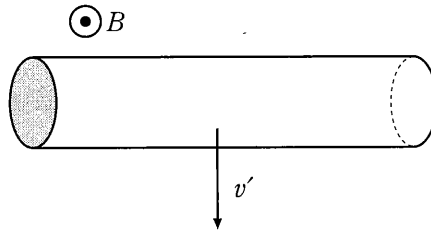


図 3

- (a) 磁場中を一定の速さ  $v'$  で動いている導線中の自由電子の分布は、静止している状態と比較してどのような変化が生じているか。解答欄の図を使って説明せよ。
- (b) このとき導線中の中央付近にある電子に働く力の大きさと向きを、それぞれ式と矢印で解答欄の図に書きこめ。解き方も書くこと。ただし、電子のごく近くにある電子や原子核の電場による力や重力は無視してよい。

Ⅲ 波に関する以下の問いに答えよ。

- (1) ある媒質中を正弦波が速さ  $v = 2.0 \text{ m/s}$  で  $x$  軸の正の向きに進んでいる。図 1 は  $x = 0$  の位置における媒質の、 $x$  軸に垂直な方向の変位  $y[\text{cm}]$  の時刻  $t[\text{s}]$  に対する変化を示したものである。この波の振幅、周期、振動数、波長はそれぞれいくらか。

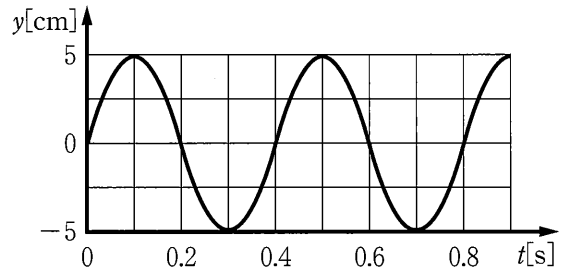


図 1

- (2) 以下の説明文(a), (b)内の空欄(ア)~(オ)に適切な語句、文字、数値、式を入れよ。(キ)および(ク)については考え方も記せ。

- (a) 図 2 のように、互いに  $2x$  離れて置かれた 2 つの音源  $S_1, S_2$  から (ア) の等しい音波を同じ (イ) で同時に発生させたとき、 $S_1, S_2$  を結ぶ線分の midpoint から垂直な方向に  $l_0$  離れた点  $P_0$  にいる観測者は強い音を聞いた。次に各音源から同じ音波を出し続けた状態で、これらの音源を結ぶ線分に平行で、かつ、点  $P_0$  を通る直線上を観測者がゆっくり移動していくと、ある点  $Q_0$  で音はいったん弱まったが、線分  $P_0Q_0$  の延長上の点  $P_1$  まで移動したときふたたび強い音を聞いた。

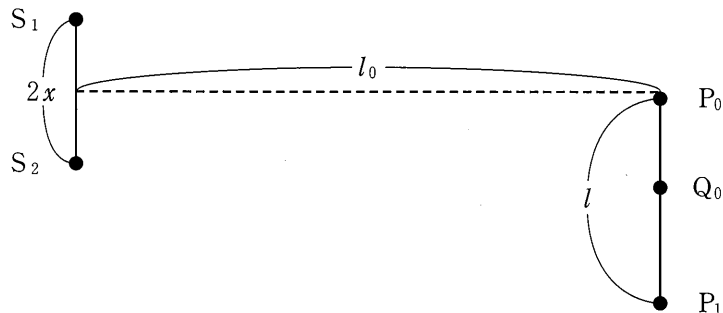


図 2

上の現象は 2 つの音波が (ウ) することによって生じている。一般に、2 つ以上の波は (エ) の原理にしたがって合成波を作るが、2 つの音波が (ウ) によりある位置において強め合う、あるいは弱め合うための条件は、各音源から発生した音波の (ア), (イ) と着目した位置から各音源までの距離によって決められる。上の例のように  $S_1, S_2$  から (ア) の等しい 2 つの音波が同じ (イ) で生じているとき、それらがある位置で強め合うときの条件は、その位置から  $S_1, S_2$  までの距離の差が (ア) の (オ) 倍となることである。一方、弱め合うときの条件は、その点から

$S_1, S_2$ までの距離の差が  $\square$ (ア) $\square$  の  $(\square$ (オ) $\square + \square$ (カ) $\square)$  倍となることである。点  $P_0$  と点  $P_1$  の距離を  $l$  とし、音速  $v$  が一定であるとする、2つの音波の振動数はこの条件によって、 $x, l_0, l, v$  を用いて  $\square$ (キ) $\square$  と表すことができる。

(b) 空気中に置かれた屈折率  $n$ 、厚さ  $d$  の平面状の薄膜に、図3のように矢印①および②で表された方向から  $\square$ (ア) $\square$  が  $L$  の平行な光が入射角  $\alpha$  で入射する。矢印①の方向から上側の境界面 I 上の点 A で薄膜へ入射した光は、屈折角  $\beta$  で屈折して薄膜内を進む。このとき空気の屈折率を 1 とすると、その  $\square$ (ア) $\square$  は薄膜内では  $\square$ (ク) $\square$  に変わる。その後、下側の境界面 II 上の点 B で  $\square$ (イ) $\square$  の変わらない自由端反射を行い、境界面 I 上の点 C から矢印③の方向へ進む。一方、矢印②の方向から進んできた光は、点 C において、入射光に対しその  $\square$ (イ) $\square$  が  $\square$ (ク) $\square$  だけずれる固定端反射を行い、同じく矢印③の方向へ進む。これら2つの異なる経路を進んだ光が点 C において同じ  $\square$ (イ) $\square$  であるときに、矢印③の方向へ進む光は強められることになる。このとき、屈折角  $\beta$ 、薄膜内を進む光の  $\square$ (ア) $\square$  である  $\square$ (ク) $\square$  と薄膜の厚さ  $d$  との間には  $m$  を正の整数として

$$\square$$
(コ) $\square$

という式が成り立つ。

ここでは、平面状の薄膜におけるある  $\square$ (ア) $\square$  の光の干渉を考えたが、シャボン玉などの薄膜の表面が日光の下で鮮やかな色合いを見せるのは、日光が様々な  $\square$ (ア) $\square$  の光を含む  $\square$ (サ) $\square$  光であること、およびシャボン玉が球状であるということなどを考慮すると基本的に同じ原理によって説明することができる。

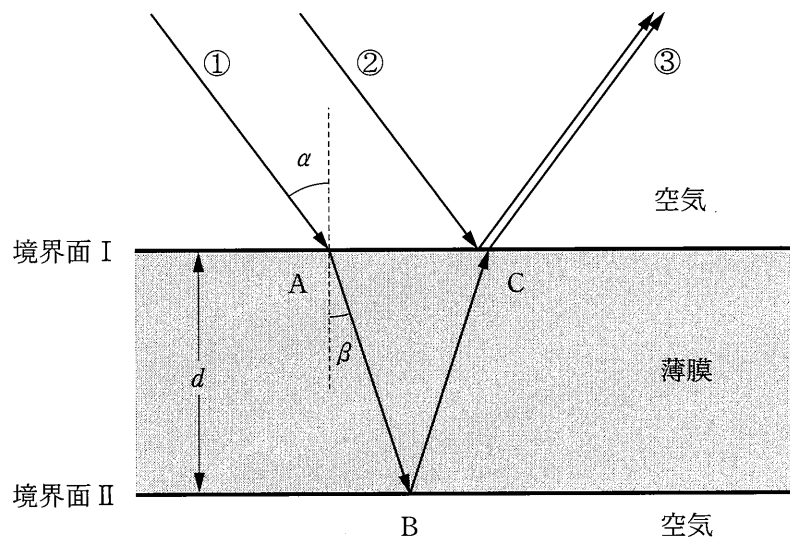


図3