

平成22年度入学試験問題

理 科

(注 意 事 項)

1. 問題冊子は指示があるまで開かないこと。
2. 届け出た選択科目以外は解答してはならない。
3. 問題冊子のページ及び解答紙は次のとおりである。「始め」の合図があったら届け出た選択科目についてそれぞれを確認すること。

科 目	問 題 冊 子	解 答 紙	
	ペ ー ジ	解答紙番号	枚 数
物理Ⅰ・物理Ⅱ	1 ～ 12	18 ～ 20	3
化学Ⅰ・化学Ⅱ	13 ～ 26	21 ～ 25	5
生物Ⅰ・生物Ⅱ	27 ～ 38	26 ～ 30	5
地学Ⅰ・地学Ⅱ	39 ～ 49	31 ～ 35	5

4. 各解答紙の2箇所受験番号を記入すること。
5. 解答はすべて解答紙の所定の欄に記入すること。
6. 計算その他を試みる場合は、解答紙の裏又は問題冊子の余白を利用すること。
7. この教科は、2科目250点満点(1科目125点満点)です。なお、医学部保健学科(看護学専攻)については、2科目100点満点に換算します。

物 理 I · 物 理 II

〔1〕 以下の問いに答えよ。(45点)

問 1. 自然長 l , ばね定数 k のばねが一端は固定され, 他端には質量 m の板が取り付けられて, なめらかな水平面上に置かれている。その板に接して質量 M の小物体を置き, 図 1(a) のように小物体と板とを接触させたまま, ばねを長さ d だけ縮めて静かに手を離した。ばねは十分軽くその質量は無視できる。また空気抵抗も無視できる。

- (1) はじめ小物体は板に接触したまま運動をする。接触した状態で自然長からのばねの縮みが x であるときの小物体の加速度の大きさを求めよ。
- (2) 小物体はやがて板から離れる。手を離してから小物体が板から離れるまでにかかる時間を求めよ。
- (3) 小物体が板から離れた直後の小物体の速度の大きさを求めよ。

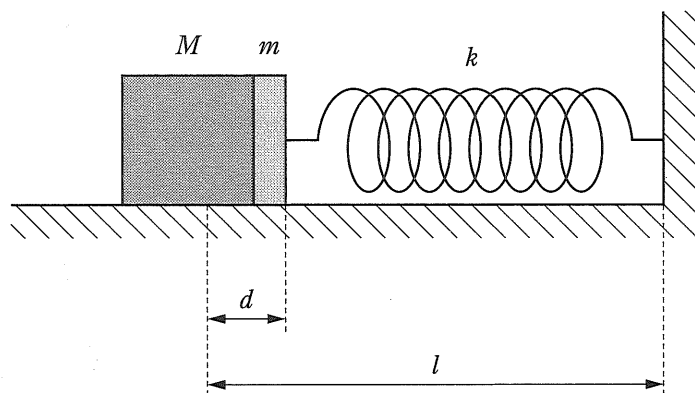


図 1(a)

問 2. 次に図 1 (b)のように、前問で考えたなめらかな面を、水平面から角度 θ だけ傾けた場合を考えよう。小物体がない場合には、ばねが自然長 l から長さ x_0 だけ伸びたつりあいの位置で板は静止する。図のように小物体を板に接触させたまま、ばねを自然長から D だけ縮めて静かに手を離した。重力加速度の大きさを g とする。

- (1) つりあいの位置におけるばねの伸び x_0 を求めよ。
- (2) 手を離したのち、小物体は板と接触したまま運動し、自然長からのばねの伸びが s のとき板から離れた。ばねの伸び s を求めよ。
- (3) 板から離れた直後の小物体の速度の大きさを求めよ。答えは x_0 を用いずに表せ。
- (4) 板は小物体と離れたのち、単振動を行う。 $M = \frac{7}{5}m$, $D = \frac{6}{5}x_0$ であるとして、その単振動の振幅を (θ は用いずに) x_0 を用いて表せ。
- (5) 小物体と離れてから、板は斜面向下向きに運動し、一瞬静止したのち、斜面上向きに運動を始め、そして小物体と離れた位置 (ばねの伸びが s の位置) に戻った。小物体と離れてから初めて同じ位置に戻るまでの時間を、 m と k を用いて表せ。ただし、前問同様 $M = \frac{7}{5}m$, $D = \frac{6}{5}x_0$ であるとする。

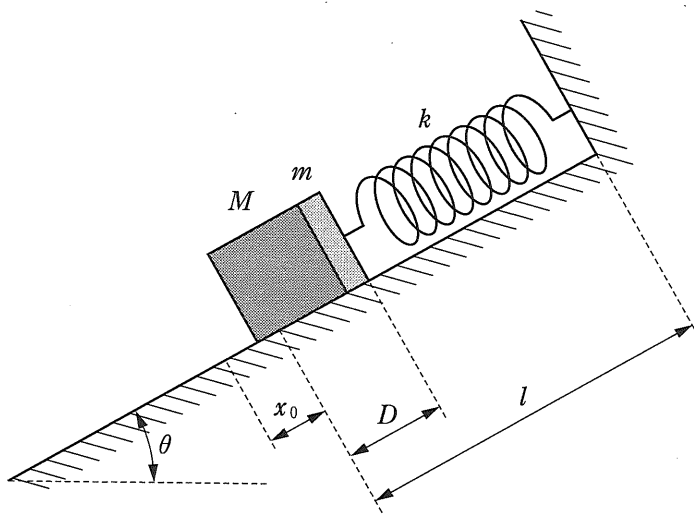


図 1 (b)

- [2] 図 2(a)に示すように厚さ t が 1.0 cm, 幅 w が 5.0 cm, 長さ l が 9.0 cm の直方体の半導体を用いて実験を行った。以下の問いに答えよ。ただし, 数値で答える場合には, 有効数字を考慮した計算結果とともに適切な単位をつけよ。なお, 問 1 と問 2 で示すグラフからは最小目盛の $\frac{1}{5}$ の精度で値が読めるものとする。
(40 点)

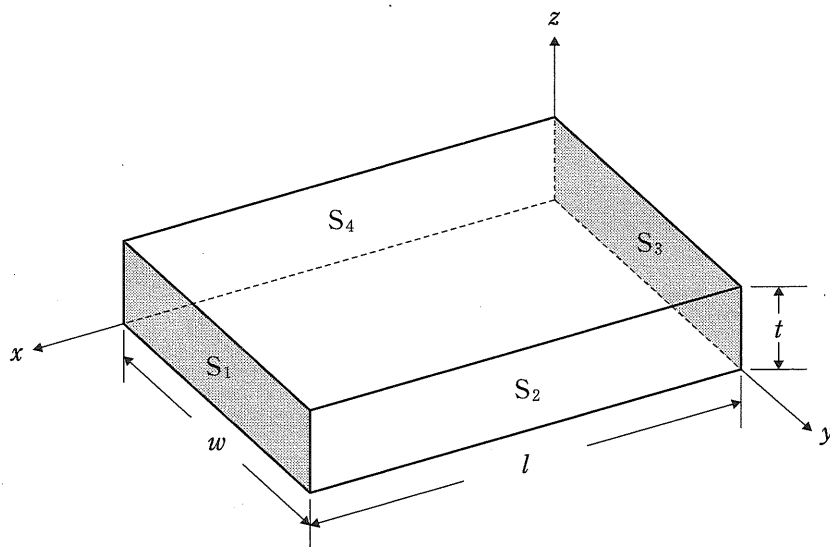


図 2(a)

- 問 1. 半導体の側面 S_1 と S_3 に平板電極を取り付け, 図 2(b)に示す測定回路を用いて電流と電圧の関係を調べると, 図 2(c)に示す結果が得られた。以下の問いに答えよ。なお, この測定範囲では半導体の温度変化は無視できる。また, 導線の抵抗も無視できる。平板電極の抵抗も無視できるものとする。
- (1) 電流計の内部抵抗は無く, かつ, 電圧計の内部抵抗を無限大と仮定して, 半導体の抵抗を求めよ。
 - (2) 実際は電流計の内部抵抗が 1.2Ω , 電圧計の内部抵抗が $3.0 \times 10^6 \Omega$ であった。このときの半導体の抵抗を求めよ。
 - (3) この半導体の抵抗率を求めよ。

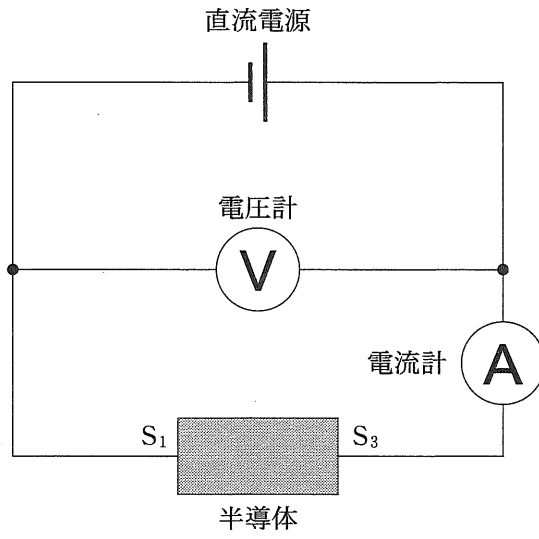


図 2 (b)

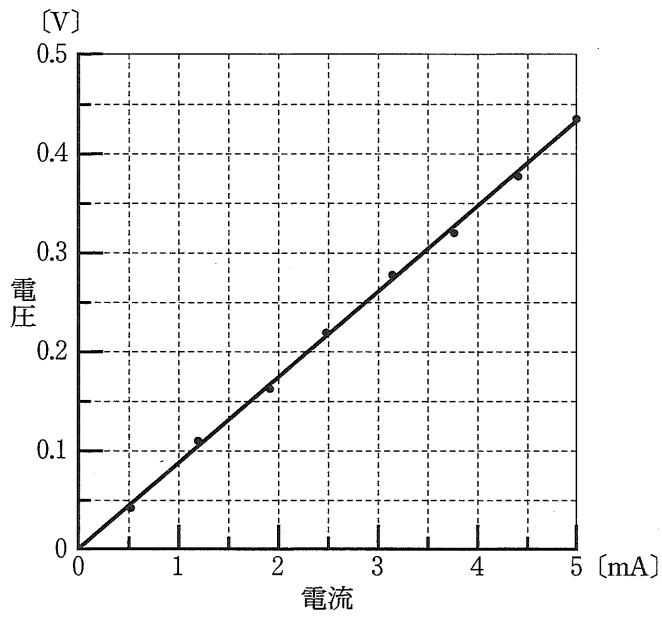


図 2 (c)

問 2. 半導体を磁場(磁界)の中に入れて電流を流すと、半導体中のキャリア(電流の担い手)にローレンツ力が加わり、キャリアが半導体の一方の端に集まることで電荷の偏りが生じる。このため電流ならびに磁場に対して垂直な方向に電場(電界)が生じて、キャリアにかかるローレンツ力とこの電場による力がつり合う。図 2(d)に示すように半導体の側面 S_1 , S_3 間に x 軸の正の方向に 8.0 mA の電流を流し、 z 軸の負の方向に一様な磁束密度を加えると側面 S_2 , S_4 間に電圧が生じた。このときの磁束密度と電圧の関係を調べると、図 2(e)に示す結果が得られた。この半導体のキャリアは自由電子のみであるとして、以下の問いに答えよ。ただし、電子の電荷は $-1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ とする。

- (1) 電位は S_2 と S_4 とでどちらが低いか。
- (2) 半導体中の自由電子の平均の速さを求めよ。
- (3) 半導体中の自由電子の個数密度 (1 m^3 あたりの個数) を求めよ。

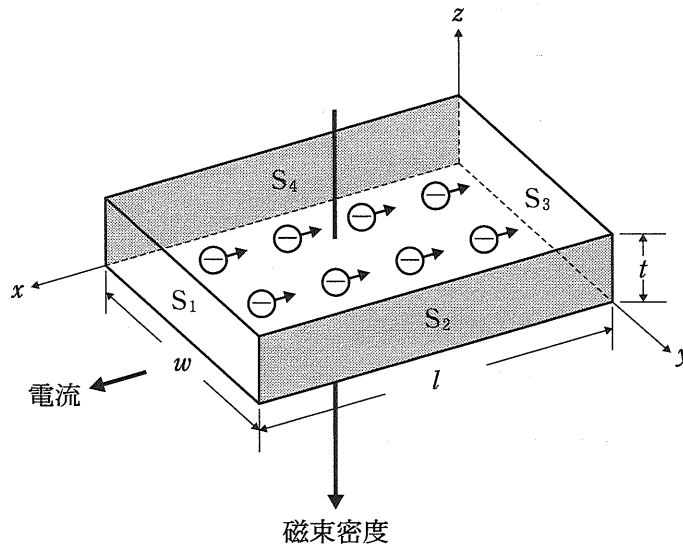


図 2 (d)

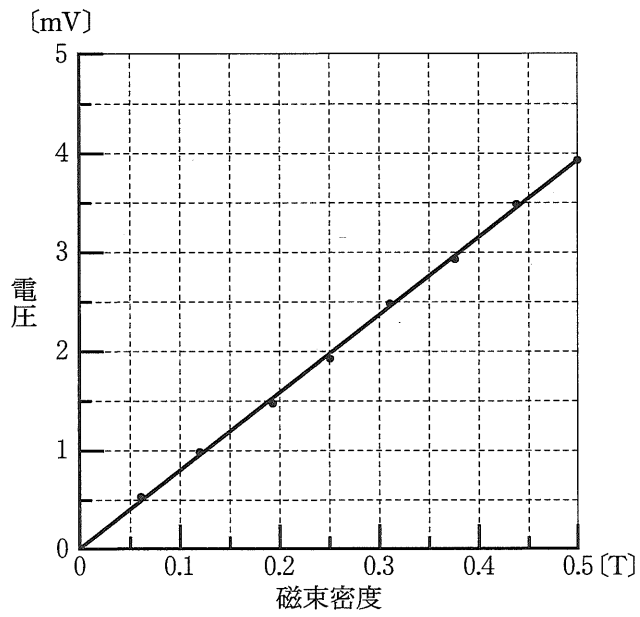


図 2 (e)

[3] 無風状態の空气中を伝わる速さ V [m/s] の音波について考える。以下の問いに答えよ。(40 点)

問 1. 文中の空欄にあてはまる数式を答えよ。

図 3(a)のように点 M に静止している振動数測定器に対して、救急車が直線 P 上を V_s [m/s] (ただし, $0 < V_s < V$) の速さで近づきながら、一定の振動数 f [Hz] の音を出している。すなわち救急車は 1 秒間に f 個の音波 (1 波長分を 1 個と数える) を発している。測定器からの距離が l [m] の地点を点 A とする。点 A で発せられた音波が測定器に到達するまでの時間は、 である。救急車が点 A を通過後、 Δt 秒後に点 B に来た。ただし、点 B は点 A と点 M の間にある。点 B で発せられた音波が測定器に到達するまでの時間は、 である。測定器が点 A からの音波を感知してから、点 B からの音波を感知するまでの時間は、 となる。時間 の間には $f \Delta t$ 個の音波が含まれるので、測定器が測定した音波の振動数は、 となる。

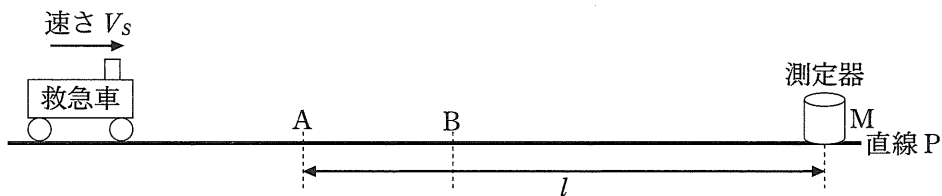


図 3(a)

問 2. 文中の空欄にあてはまる数式を答えよ。

図 3 (b)のように直線 P 上にある点 M から測定器を点 O に離れた場合を考える。問 1 と同じく、救急車は直線 P 上を V_s [m/s] の速さで左から右に移動しながら、一定の振動数 f [Hz] の音を出している。直線 P 上のある地点を点 C とし、線分 OC と直線 P のなす角を θ [rad] とする。救急車が点 C を通過後、 Δt 秒後に点 D に来た。線分 OD の長さを L [m] とする。図 3 (b)のように線分 OC に対して点 D からの垂線の足を点 H とする。時間 Δt が十分短いとき、角 DOC は十分小さいので、線分 OD と線分 OH の長さが等しいと見なせる。このことを利用すると、線分 OC の長さは、 となる。点 C で発せられた音波が測定器に到達するまでの時間は、 である。測定器が点 C からの音波を感知してから、点 D からの音波を感知するまでの時間は、 となる。時間 の間には $f\Delta t$ 個の音波が含まれるので、測定器が測定した音波の振動数は、 となる。

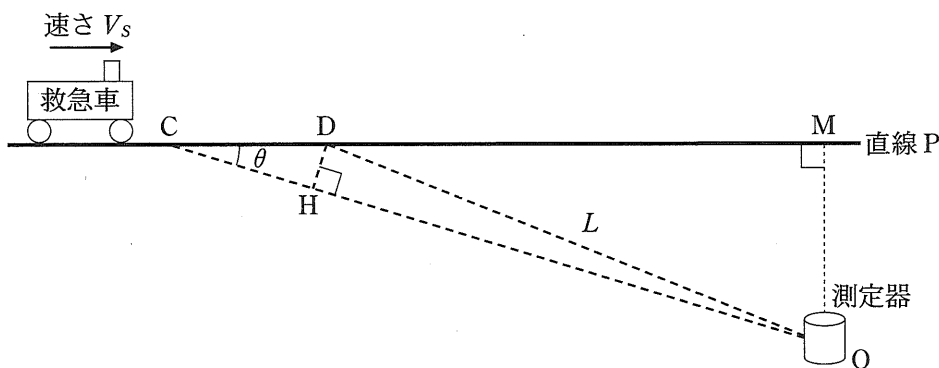


図 3 (b)

問 3. 問 2 において、振動数の時間変化を測定器で測定した。測定した振動数の時間変化を正しく表したグラフを、図 3 (c)の①～⑥の中から一つ選べ。なお、各グラフ中の 2 曲線は、測定器の設置場所が直線 P から近い場合と遠い場合を表しており、横軸の点 t_0 は救急車が点 M で発した音波が測定器に到達した時刻である。

次に、測定器が直線 P から遠い場合の曲線は曲線 A (実線)、曲線 B (破線)のうちどちらであるかを記号で答えよ。

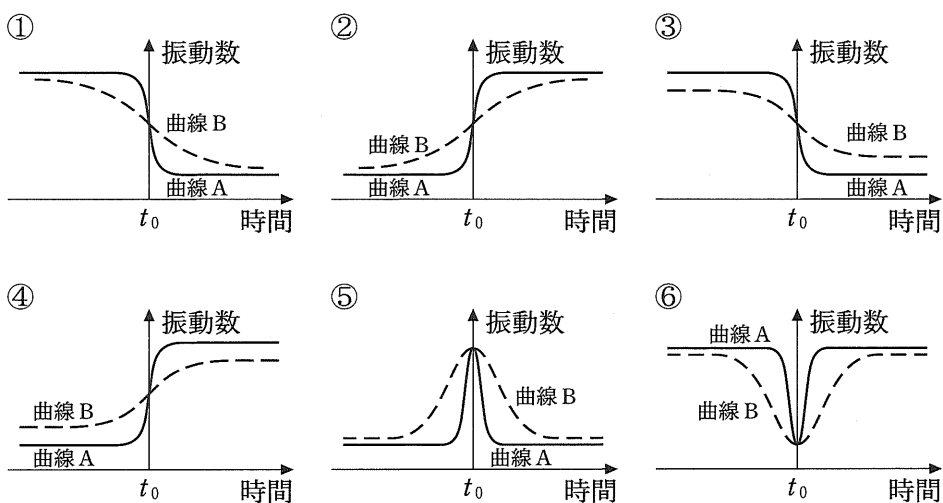


図 3 (c)

問 4. 実際の救急車は、「ピーポーピーポー・・・」というように「ピーポー」音を一定の時間間隔 T_0 [s] で繰り返し発している。問 1 の図 3 (a) のように救急車が測定器に近づくとときに、測定器に到達する「ピーポー」音の時間間隔を T_1 [s] として、次の関係式の中で正しいものを記号で答えよ。

- Ⓐ $T_1 > T_0$
- Ⓑ $T_1 < T_0$
- Ⓒ $T_1 = T_0$

