

令和 7 年度入学試験問題(後期)

理 科(物 理)

【注 意 事 項】

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いて見てはならない。
2. あらかじめ選択を届け出た科目について解答すること。それ以外の科目について解答しても無効である。
3. 本冊子には、**①** から **③** までの 3 問題が印刷されていて、合計 6 ページある。
落丁，乱丁，印刷の不鮮明な箇所等がある場合には，申し出ること。
4. 解答用紙は A—1 ～ A—3 を別に配付している。解答は，問題と同じ番号の解答用紙に記入すること。指定の箇所以外に記入したものは無効である。
5. 解答用紙の指定された欄に，学部名および受験番号を記入すること。
6. 提出した解答用紙以外は，すべて持ち帰ること。

1

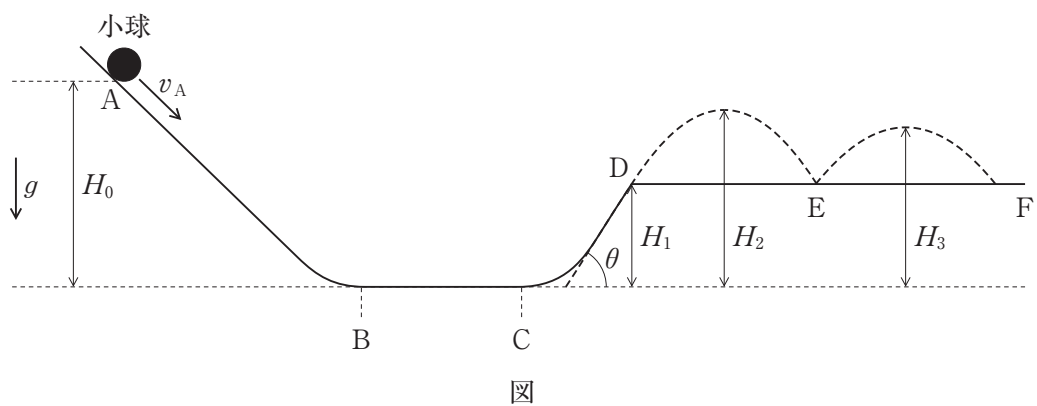
図のように斜面 AB, 水平面 BC, 斜面 CD がなめらかにつながっている。いま, 大きさが無視できる質量 m の小球を, 水平面 BC から高さ H_0 にある点 A より初速度の大きさ v_A で水平面 BC に向かってすべらせた。その後小球は点 D から飛び出し, 水平面 DF 上の点 E に衝突しはねかえった。斜面 CD の点 D 付近における傾斜角は $\theta (0^\circ < \theta < 90^\circ)$, 水平面 BC から測った点 D の高さは $H_1 (H_1 < H_0)$ である。重力は図の下向きに作用し, 重力加速度の大きさを g とする。また, 小球と水平面 DF の間の反発係数を $e (0 < e < 1)$ とする。点 D から飛び出した小球が達する最高点の高さを H_2 , 点 E に衝突しはねかえった小球が達する最高点の高さを H_3 として以下の問いに答えなさい。ただし, 小球は紙面に垂直な方向には運動せず, 摩擦力と空気の抵抗力は無視できるものとする。

問 1 $v_A = 0$ の場合を考える。

- (1) 点 B での小球の速さを, m, g, H_0 のうち, 必要な記号を用いて表しなさい。
- (2) 点 D での小球の速度の水平成分を, m, g, θ, H_0, H_1 のうち, 必要な記号を用いて表しなさい。
- (3) H_2 を, m, g, θ, H_0, H_1 のうち, 必要な記号を用いて表しなさい。

問 2 $v_A > 0$ の場合を考える。

- (1) H_2 が H_0 と等しくなる場合の v_A を, m, g, θ, H_0, H_1 のうち, 必要な記号を用いて表しなさい。
- (2) H_3 が H_0 と等しくなる場合の v_A を, $m, g, \theta, e, H_0, H_1$ のうち, 必要な記号を用いて表しなさい。



2

一定の振動数 f 、周期 T の音を発する音源を考える。音速を V とし、風の影響は無視する。以下の問いに答えなさい。

問 1 図 1 のように音源と観測者が一直線上に位置しており、音源が一定の速さ v_s で静止している観測者から遠ざかっている。以下では音源から出た音を観測者が受ける際のドップラー効果を考える。ただし、 $v_s < V$ とする。

- (1) ある時刻 t_0 で音源と観測者は距離 d 離れていた(図 1)。このときに音源を出た音が観測者に届く時刻を、 V 、 v_s 、 d 、 t_0 のうち、必要な記号を用いて表しなさい。
- (2) 次に(1)の時刻 t_0 から T だけ時間経過し、時刻 $t_0 + T$ となった。このときに音源を出た音が観測者に届く時刻を、 V 、 v_s 、 d 、 t_0 、 T のうち、必要な記号を用いて表しなさい。
- (3) 観測者が受ける音の振動数を、 f 、 V 、 v_s 、 d 、 t_0 のうち、必要な記号を用いて表しなさい。
- (4) 音源の出す音の振動数が 340 Hz のとき、観測者が受ける音の振動数は 320 Hz となった。このとき、音源の速さ v_s は何 m/s となるか、音速を 340 m/s として数値で答えなさい。解答の値は整数とし、小数第 1 位を四捨五入すること。

問 2 同一の音源をもう 1 台用意し、以下では音源 1、音源 2 と呼ぶ。音源 1 から観測者までの距離を d 、音源 2 までの距離を 2.4 m とする。音源 1 から見て観測者と音源 2 は互いに直交する方向に位置している(図 2)。2 台の音源は振動数 340 Hz の同位相の音波を出している。音源 1、2 と観測者はすべて静止しており、以下では観測者の位置での音の干渉を考える。ただし、音速を 340 m/s とする。

- (1) ふたつの音源からの音波が観測者の位置で同位相となる距離 d は複数存在する。そのすべてについて d は何 m となるか、数値のみで答えなさい。解答の値は小数第 1 位までとし、小数第 2 位を四捨五入すること。
- (2) ふたつの音源からの音波が観測者の位置で逆位相となる距離 d は複数存在する。そのすべてについて d は何 m となるか、数値のみで答えなさい。解答の値は小数第 1 位までとし、小数第 2 位を四捨五入すること。

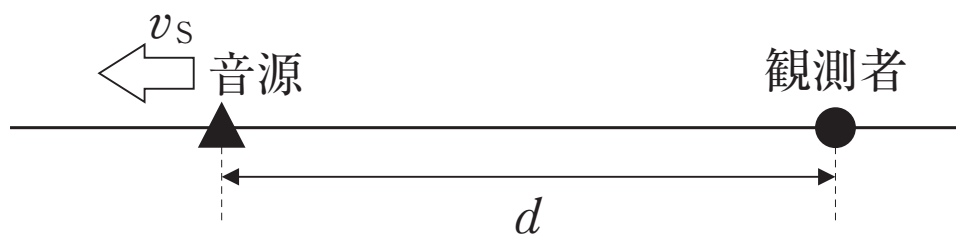


図 1

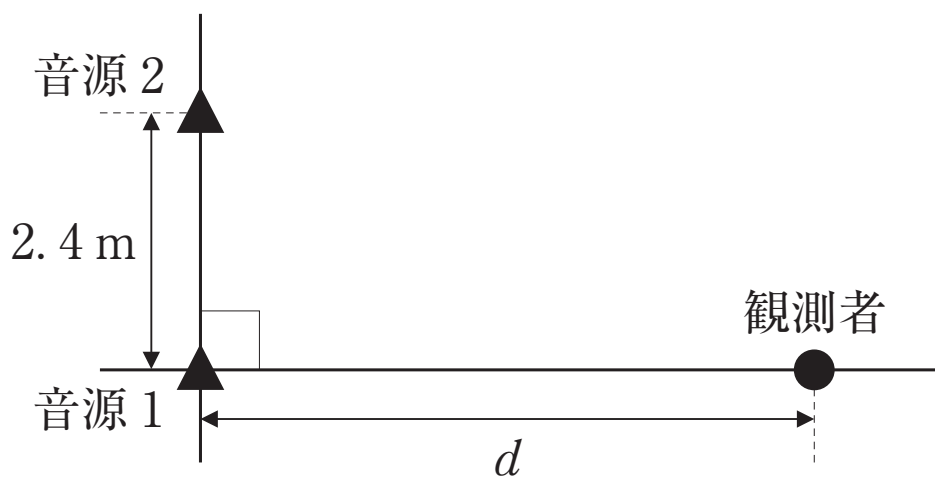


図 2

3 左右の移動距離を電氣的に計測する図1の構造をした装置を考える。四角いケースに左右方向にのみ動ける棒をもった部品が挿入されており、いずれも固い絶縁体でできている。装置内には棒の移動により電氣的な性質が変わる部品を取り付けることができる。部品の取り付け箇所はA, B, CとD, E, Fであり、端子として使うこともできる。取り付け箇所B, EがそれぞれAC間, DF間の中点にあるときの棒の基準の位置とし、取り付け箇所に部品を固定する。そのあと、取り付け箇所の端子と、スイッチをもつ直流電源を電氣的に接続して電気回路を作り、回路内の電圧の変化を計測することにより、棒の移動をとらえることができる。このとき、以下の問いに答えなさい。

問1 装置に取り付ける部品として、長さが ℓ で太さが一様な抵抗線とその上を動くことができる接点を考える。図2のように、2本の同じ抵抗線をAC間, DF間にそれぞれ取り付け、さらに接点を取り付け箇所BとEに固定する。棒が左右に動くと、それぞれの接点の位置は抵抗線の中点から棒の移動距離と同じだけ左右に移動する。なお、抵抗線の抵抗の大きさは電流を流しても変わらない。

- (1) 端子Aを電源の正極に、Bを電源の負極に接続して電気回路を作り、一定の電流 I を流した。棒が基準位置より x だけ右に動いたとき、負極に対する端子Aの電位は動く前の何倍になるか、 ℓ , x , I のうち、必要なものを用いて表しなさい。
- (2) 端子Aを電源の正極に、Cを電源の負極に接続して電気回路を作り、一定の電圧 V を加えた。棒が基準位置より x だけ右に動いたときの電源負極に対する端子Bの電位を、 ℓ , x , V のうち、必要なものを用いて表しなさい。
- (3) 端子A, C, D, Fと1個の電源を接続して電気回路を作る。このとき、端子A, Fを電源の正極に、端子C, Dを負極に接続し、一定の電圧 V を加えた。棒の基準位置から右側への移動距離を、端子Bに対する端子Eの電位 V_1 、および ℓ , V のうち、必要なものを用いて表しなさい。

問2 装置に取り付ける部品として、平行板コンデンサーを考える。図3のように電荷をもたない同じコンデンサーを4個取り付ける。棒が基準の位置のとき極板間の距離はすべて d で、棒が左右に動くと取り付け箇所B, Eに連結

した極板の位置も同じだけ左右に移動し、その移動距離は d よりも十分小さい。なお、極板は十分大きく端の影響は無視できる。

- (1) 端子 A を電源の正極に、C を電源の負極に接続して電気回路を作った。
棒が基準位置より x だけ右に動いたあと電源のスイッチを閉じて一定の電圧 V を加え、十分な時間が経過した。電源負極に対する端子 B の電位を、 d , x , V のうち、必要なものを用いて表しなさい。また、棒が移動したあとの電気回路内に蓄えられる静電エネルギーは、移動しなかった場合に対していくら変化するか、変化量を極板の面積 S , 極板間の誘電率 ϵ , および d , x , V のうち、必要なものを用いて表しなさい。
- (2) 端子 A, C, D, F と 1 個の電源を接続して電気回路を作る。このとき、端子 A, F を電源の正極に、端子 C, D を負極に接続した。棒が基準の位置から右に動いたあと、電源のスイッチを閉じて一定の電圧 V を加え、十分な時間が経過した。棒の移動距離を、端子 B に対する端子 E の電位 V_2 , および d , V のうち、必要なものを用いて表しなさい。

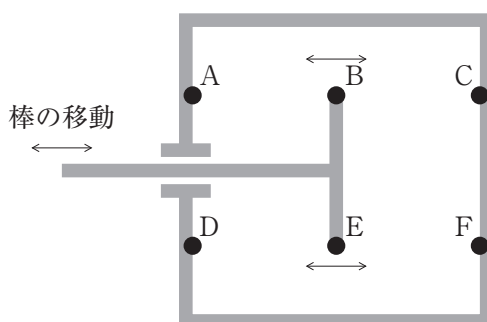


図 1

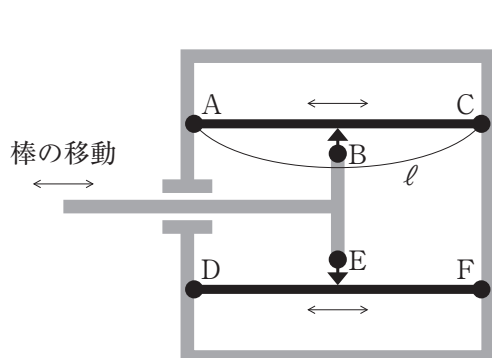


図 2

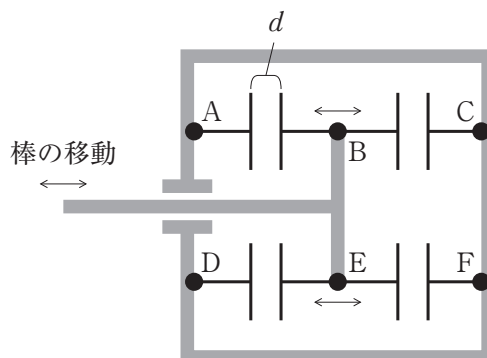


図 3