

令和6年度前期日程入学試験問題

物 理 A

教 育 学 部

理 学 部

工 学 部

農 学 部

注 意 事 項

- ① 試験開始の指示があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
- ② 問題冊子は、7ページ(表紙、白紙を除く)です。試験開始後、確認しなさい。
- ③ 解答は、別紙の解答用紙に記入しなさい。
- ④ 受験番号は、解答用紙の指定の欄に用紙ごとに正しく記入しなさい。

- 1 自然の長さが同じでばね定数が k_A , k_B のばね A, B と、大きさの無視できる質量 m のおもりを用いた以下の間に答えよ。ただし、重力加速度の大きさを g とし、ばねの質量や空気抵抗は無視できるとする。解答は、 m , g , k_A , k_B の中から必要なものを用いて表し、導出過程も含めて記述せよ。

問 1 図 1 のように、水平な天井から、A, B を距離 l だけ離して並列につるし、下端に質量を無視できる長さ l の剛体棒を取り付けた。A の下端から距離 a の位置にある点 P におもりを取り付け、A, B が同じ長さになった状態で静止させた。

- (1) 力のつり合いの式から、ばねの伸びを求めよ。
- (2) 力のモーメントのつり合いの式から、 $\frac{a}{l}$ を求めよ。
- (3) A と B の弾性力による位置エネルギーの和 E_1 を求めよ。

図 1 の状態から、2 本のばねがどちらも自然の長さになるまでおもりを手で持ち上げ、静かに手をはなしたところ、剛体棒は水平のまま鉛直方向に単振動を始めた。

- (4) 単振動の振幅および周期を求めよ。
- (5) 手で持ち上げる前の位置を通過するときのおもりの速さを求めよ。

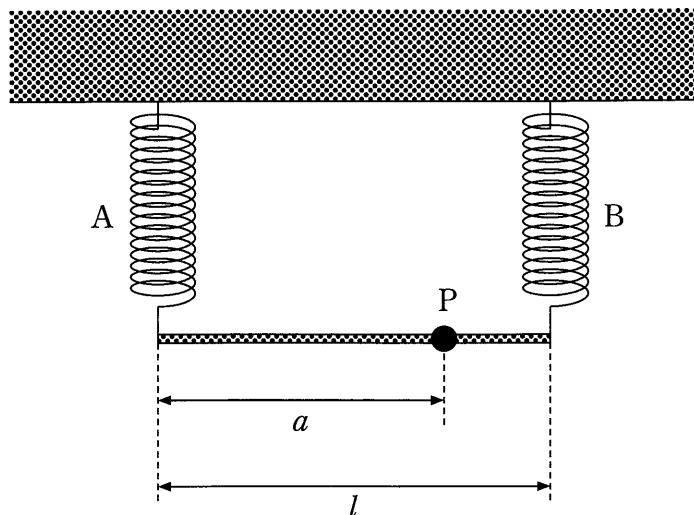


図 1

問 2 図 2 のように、直列につながれた 2 本のばねの下端におもりを静かにつるし、A、B がそれぞれ伸びた状態で静止させた。

- (1) ばねの伸びの和を求めよ。
- (2) 直列につながれた 2 本のばねを 1 本のばねとみなしたときのばね定数を求めよ。
- (3) A と B の弾性力による位置エネルギーの和 E_2 を求めよ。
- (4) E_2 と問 1 (3) で求めた E_1 の比 $\frac{E_2}{E_1}$ の取りうる値の範囲を求めよ。

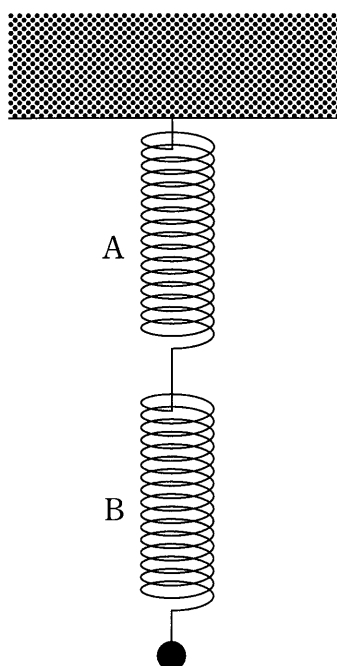


図 2

2 平行板コンデンサーに関する以下の問に答えよ。ただし、極板間の電場(電界)は一様であるとする。問2, 3については、解答の導出過程も含めて記述せよ。

問1 電気容量 C [F] の平行板コンデンサーに電気量 Q [C] を蓄えたときの静電エネルギー U [J] について考える。以下の文章の から を適切な数式で埋めよ。

はじめ両方の極板の電気量はゼロであるとする。一方の極板から、もう一方の極板へ、微小な電気量を繰り返し運ぶ。いま、一方の極板の電気量が q' [C] ($q' > 0$)、もう一方の極板の電気量が $-q'$ になったとき、極板間の電位差は [V] となる。ここで、さらに微小な電気量 $\Delta q'$ [C] ($\Delta q' > 0$) を運ぶのに必要な仕事は [J] となる。一方、極板間の電位差は であり、電気量と電位差の関係は図3のように直線となることから、電気量を Q まで蓄えるまでに必要な仕事の総和、すなわち U は となる。

問2 電気容量 C 、極板の間隔 d [m] の平行板コンデンサーに電気量 Q を蓄える。 Q を一定に保ちながら、コンデンサーの極板の間隔をゆっくりと増加させる。

- (1) 間隔を d から Δx [m] ($\Delta x > 0$) 増加させた後のコンデンサーの電気容量を、 C 、 d 、 Δx を用いて表せ。
- (2) 間隔を Δx 増加させた後のコンデンサーに蓄えられている静電エネルギーを、 C 、 d 、 Δx 、 Q を用いて表せ。
- (3) 上の(2)で求めた静電エネルギーは、間隔を増加させる前に比べて増加したか、減少したか、変わらないか。いずれか一つを選び、その理由を説明せよ。

問 3 図 4 のように、電気容量が C_1 [F] と C_2 [F] の 2 つのコンデンサーとスイッチ、及び抵抗からなる回路を考える。これらのコンデンサーにはそれぞれ、 Q_1 [C] と Q_2 [C] の電気量が蓄えられており、いずれもスイッチ S_1 側とつながる極板に正の電荷が、スイッチ S_2 側とつながる極板にそれと等しい量の負の電荷が集められている。ここから、 S_1 と S_2 を閉じ、2 つのコンデンサーを接続した。接続してしばらく後に、それぞれのコンデンサーに蓄えられている電気量が、 Q'_1 [C]、 Q'_2 [C] となった。

- (1) Q'_1 、 Q'_2 を、 C_1 、 C_2 、 Q_1 、 Q_2 を用いてそれぞれ表せ。
- (2) コンデンサーに蓄えられている電気量が Q'_1 、 Q'_2 となった後の、それぞれのコンデンサーに蓄えられている静電エネルギーを、 C_1 、 C_2 、 Q_1 、 Q_2 を用いて表せ。
- (3) 2 つのコンデンサーに蓄えられている静電エネルギーの合計を、接続した前と後でそれぞれ計算し、その差を考えることによって、接続した後に静電エネルギーが増加していないことを示せ。

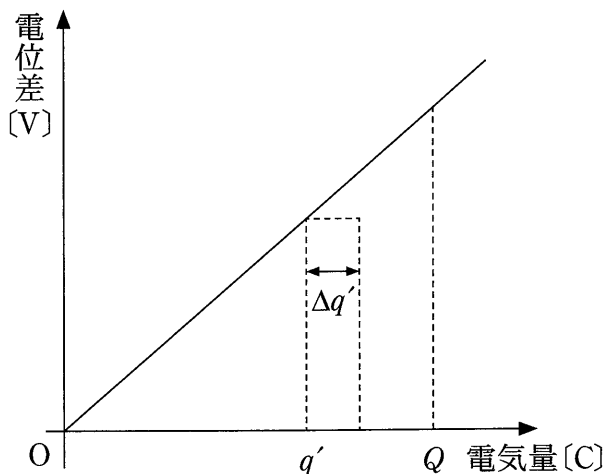


図 3

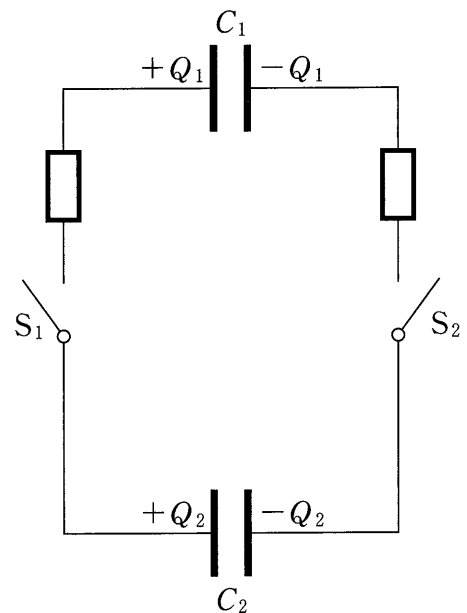


図 4

3 音を聞く観測者や音源が移動することによって、音源の振動数と異なった振動数が観測される現象を考える。音の速さを V [m/s]、音源の振動数を f_0 [Hz] とし、音源、観測者、反射板の速さは音の速さ V よりも小さいとする。また、風は吹いていないものとする。以下の問に答えよ。解答は導出過程を含めて記述せよ。

問 1 図 5 のように、観測者は原点 O の右側を x 軸に沿って右向きに移動しており、音源は原点 O の左側を x 軸に沿って左向きに移動している。このときの観測者と音源の速さは、それぞれ、 v_D [m/s]、 v_S [m/s] である。

- (1) 音源の右側を x 軸に沿って伝わる音の波長を求めよ。
- (2) 観測者が聞く音の振動数を求めよ。

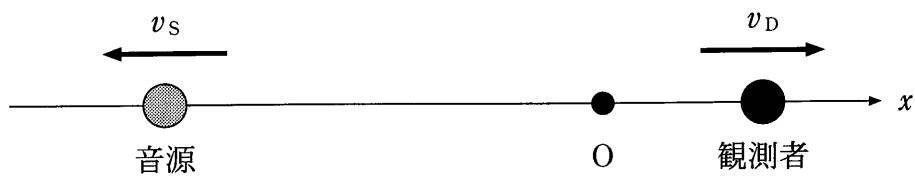


図 5

問 2 図 6 のように、観測者は原点 O で静止しており、音源と音源の左側に置かれた反射板がどちらも原点 O の左側を x 軸に沿って左向きに移動している。このときの音源と反射板の速さは、それぞれ、 v_S [m/s]、 v_R [m/s] である。ただし、 $v_R > v_S$ である。

- (1) 反射板が音源から受ける音の振動数を求めよ。
- (2) 観測者が反射板から受ける音の振動数を求めよ。
- (3) 音源から直接受ける音と反射板から受ける音によって、観測者はうなりを聞いた。1 秒当たりに生じるうなりの回数を求めよ。

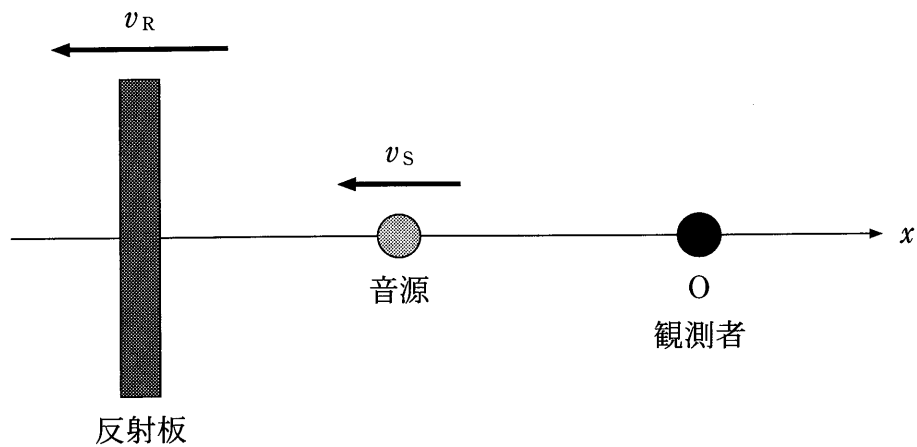


図 6

問 3 図 7 のように、観測者は x 軸と直交する y 軸上の点 P に静止しており、音源は x 軸に沿って右向きに速さ v_s [m/s] で移動している。

- (1) 原点 O より左側にある x 軸上の点 Q を音源が通過した時刻に出した音を観測者が聞くとき、観測者が聞く音の振動数を求めよ。ただし、原点 O 、点 Q 、点 P の間のなす角 $\angle OQP$ を θ [rad] とする。
- (2) 音源が原点 O を通過した時刻に観測者が聞く音の振動数を V 、 f_0 、 v_s を用いて表せ。
- (3) 音源が左側の十分遠方から右側の十分遠方まで x 軸上を移動する間に、観測者が聞く音の振動数 f [Hz] の範囲を求めよ。

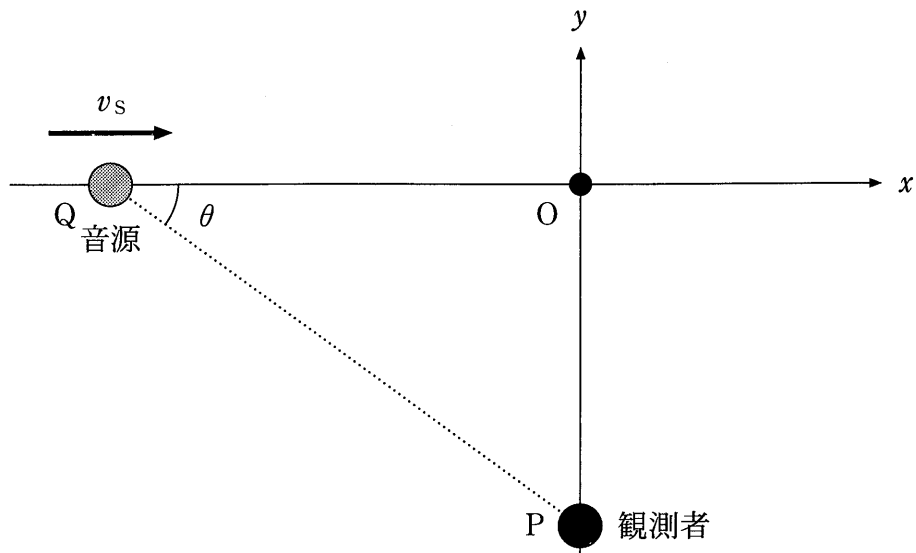


図 7