

令和6年度入学者選抜試験問題

工 学 部

(高分子・有機材料工学科, 化学・バイオ工学科,
情報・エレクトロニクス学科,
機械システム工学科, システム創成工学科)

理 科 (物 理)

前 期 日 程

注 意 事 項

- 1 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
- 2 この問題冊子の本文は、1 ページから 6 ページまでです。
- 3 解答は、物理専用の解答用紙を使用してください。
- 4 問題は 3 問からなっています。**問題番号と一致した解答用紙**に答えと計算過程を記入してください。解答欄は裏面にもあります。
- 5 すべての解答用紙に**大学受験番号**を正しく記入してください。大学受験番号が正しくない場合は、採点できないことがあります。
- 6 試験終了後、問題冊子および下書き用紙は持ち帰ってください。

(問題訂正)

1 ページ 第1問 上 から 2 行目

(誤)

$$g[m^2/s]$$

(正)

$$g[m/s^2]$$

第1問

次の文章を読んで、以下の問いに答えよ。計算過程と答えをそれぞれ解答用紙の指定の箇所に記入し、計算過程には小問番号 (1), (2), $\dots$, (14) を明記すること。なお、重力加速度の大きさを g [m^2/s] とする。

[A] 図1のように、長さ L [m]、質量 m_1 [kg] の細くて一様な棒がある。棒の左端 P から $\frac{L}{4}$ [m] はなれた点 O に軽い糸をかけ、水平な天井から棒をつるした。そして、P に質量 m_2 [kg] のおもりを軽い糸でつるし、右端 Q と床の間にばね定数 k [N/m] の軽いばねを取り付けたところ、図1のとおり棒は水平から角度 θ だけ傾いて静止した。このとき、ばねは自然長から x [m] 伸びた。なお、ばねは十分に長く、ばねと糸は常に鉛直方向を向いているものとする。

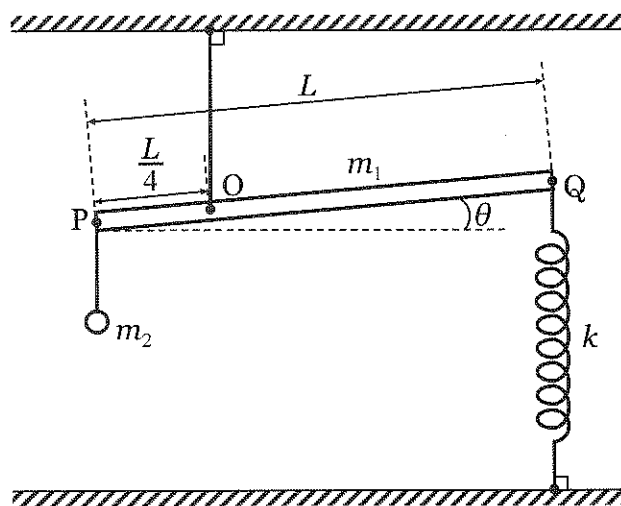


図1

- (1) 棒の重心から点 O までの距離 c [m] を、 L を用いて表せ。
- (2) 点 O にかけた糸が引く力の大きさ T [N] を、 g, k, m_1, m_2, x を用いて表せ。
- (3) おもりにはたらく重力による点 O まわりの力のモーメントの大きさ M_P [N $\cdot$ m] を、 θ, g, m_2, L を用いて表せ。
- (4) ばねの力による点 O まわりの力のモーメントの大きさ M_Q [N $\cdot$ m] を、 θ, k, x, L を用いて表せ。
- (5) ばねの伸び x を、 g, k, m_1, m_2 を用いて表せ。
- (6) おもりを質量 m_3 [kg] のものと交換したところ、ばねは自然長になった。 m_3 を、 θ, g, k, m_1, L から必要な記号を用いて表せ。

[B] 図2のように、長さ L [m]の鉛直な面OP、半径 L の円筒面の一部PQ、水平面QT、および鉛直な壁TUがある。QT間には長さ L の粗い面RSがあり、その他の面は全てなめらかである。質量 m [kg]の小物体を点Oで静かにはなしたところ、小物体は点P、Q、R、Sを通過し、壁TUと弾性衝突した。その後、小物体は円筒面PQの途中まで滑り上がり、再び滑り下りて、粗い面RS上で止まった。小物体と粗い面の間の動摩擦係数は $3/4$ である。

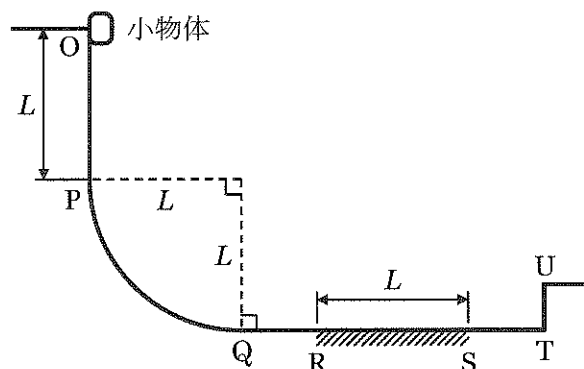


図2

- (7) 小物体が点Oから点Pまで落下するのにかった時間 t [s]を、 g, L を用いて表せ。
- (8) 小物体が点Pを通過した直後に円筒面PQから受ける垂直抗力の大きさ N_1 [N]を、 g, m を用いて表せ。
- (9) 小物体が最初に点Qを通過するときの速さ v [m/s]を、 g, L を用いて表せ。
- (10) 粗い面RSを最初に通過している間の小物体の加速度 a [m/s²]を、右向きを正として g を用いて表せ。
- (11) 粗い面RSを1回通過する間に、摩擦力がする仕事の大きさ W [J]を、 g, L, m を用いて表せ。
- (12) 壁TUではね返った後に小物体が達する最高点の水平面QTからの高さ H [m]を、 L を用いて表せ。
- (13) (12)の最高点で小物体が円筒面PQから受ける垂直抗力の大きさ N_2 [N]を、 g, m を用いて表せ。
- (14) 最後に小物体が粗い面RS上で静止した時の、点Rから小物体までの距離 x [m]を、 L を用いて表せ。

第2問

次の文章を読んで、以下の問いに答えよ。計算過程と答えをそれぞれ解答用紙の指定の箇所に記入し、計算過程には小問番号 (1), (2), $\dots$, (13) を明記すること。

[A] 図1, 図2は、ある装置を正面および横から見た図である。この装置には、水銀（導電性の液体）が入った絶縁体の水槽の上に、放射状に金属棒を取り付けた回転軸がある。点線で示された高さ h [m] の領域に、図1の紙面の裏から表の向きに磁束密度 B [T] の一様な磁場（磁界）がある。端子 a と d の間に直流電源を接続したところ、導線、端子 b 、回転軸、水銀に触れている金属棒、水銀、電極 c からなる回路に電流が流れ、回転軸は反時計回りに回転した。なお、回転軸や金属棒の太さは無視できる。

- (1) 図1の瞬間、水銀に触れている金属棒は鉛直である。この金属棒を流れる電流 I [A] が磁場から受ける力の大きさ F [N] を、 h , B , I を用いて表せ。
- (2) 電流 I は、金属棒を上向きと下向きのどちらに流れるか答えよ。

次に、図3のように電源を取り外し、外力を加えて一定の角速度 ω [rad/s] で回転軸を反時計回りに回転させた。図3の瞬間、水銀に触れている金属棒は鉛直である。

- (3) 図3に示された点 A は回転軸から $\frac{h}{2}$ の距離にある。電子の電気量を $-e$ [C] として、点 A にある金属棒中の電子1個が受けるローレンツ力の大きさ F_L [N] を、 ω , e , h , B を用いて表せ。
- (4) 端子 a と d の間には誘導起電力が発生する。 a と d のどちらの電位が高いか答えよ。
- (5) 経路 $abcd$ を図3の紙面上にある1巻きのコイルと考える。図3の時刻から Δt [s] の間の、このコイルを垂直に貫く磁束の変化の大きさ $\Delta\Phi$ [Wb] を、 Δt , ω , h , B を用いて表せ。ただし、 Δt は短く、この間、同じ金属棒のみが水銀と触れていた。
- (6) Δt の間に(5)で求めた $\Delta\Phi$ だけ磁束が変化することをを使って、端子 a と d の間の誘導起電力の大きさ V [V] を、 ω , h , B を用いて表せ。ただし、 $\omega\Delta t$ は小さく、 $\tan(\omega\Delta t) \cong \omega\Delta t$ と近似できる。

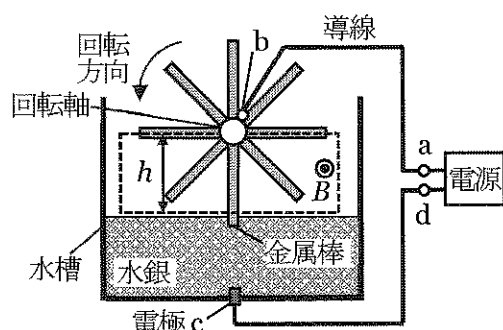


図1

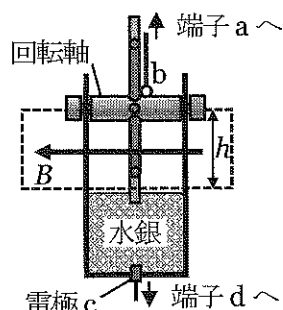


図2

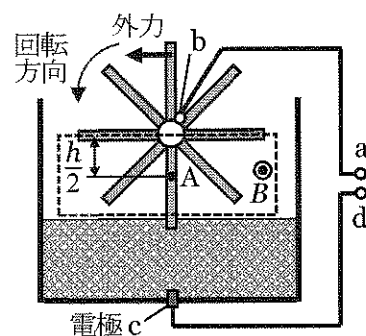


図3

[B] 図4のように、起電力 E [V] で内部抵抗 r_0 [Ω] の直流電源が可変抵抗器に接続されている。可変抵抗器の抵抗値 R [Ω] を変えながら直流電源の端子電圧 V [V] と回路に流れる電流 I [A] をはかると、図5のグラフが得られた。

- (7) この直流電源の起電力 E の値を小数点以下1桁まで求めよ。
- (8) この直流電源の内部抵抗 r_0 の値を小数点以下1桁まで求めよ。
- (9) 可変抵抗器の消費電力 P [W] を、 r_0 、 E 、 R を用いて表せ。
- (10) 消費電力 P を最大にする抵抗値 R を、 r_0 、 E の中から必要な記号を用いて表せ。

図6に示すように、内部抵抗 r が等しく起電力が異なる直流電源を n 個並列に接続した。1番目から n 番目の電源の起電力をそれぞれ $E_1, E_2, \dots, E_n$ [V]、電源から流れる電流をそれぞれ $I_1, I_2, \dots, I_n$ [A] とする。ただし、電流は図6の矢印の向きを正とし、端子 a と b の間の電圧の大きさを V_{ab} [V] とする。

- (11) 電流 I_1 を、 r 、 E_1 、 V_{ab} を用いて表せ。
- (12) キルヒホッフの第一法則から $I_1 + I_2 + \dots + I_n = 0$ となる。 $E_1 + E_2 + \dots + E_n$ の値を E_S [V] とするとき、電圧 V_{ab} を、 n 、 E_S を用いて表せ。
- (13) $n=3$ とし、 $E_1=3.4$ V、 $E_2=3.6$ Vとした。このとき、電流 I_1, I_2, I_3 の値を調べたところ、 I_1, I_3 は負の値、 I_2 は正の値であった。この条件が満たされる起電力 E_3 の範囲を答えよ。

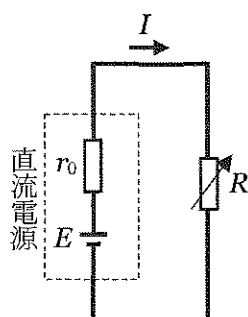


図4

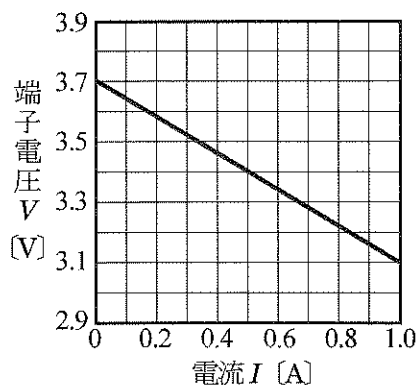


図5

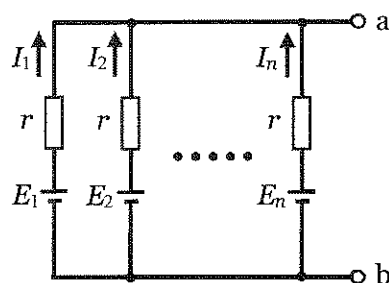


図6

第3問

次の文章を読んで、以下の問いに答えよ。計算過程と答えをそれぞれ解答用紙の指定の箇所に記入し、計算過程には小問番号 (1), (2), $\cdots$, (16) を明記すること。なお、円周率を π とする。

[A] x 軸上を正の向きに伝わる振幅 A [m] の正弦波を考える。媒質の変位を y [m] とする。図 1 は位置 $x=0$ m での時刻 t [s] と変位 y の関係を示したものである。図 2 はある時刻における位置 x [m] と変位 y の関係を表している。

- (1) この正弦波の周期 T [s] を小数点以下1桁まで答えよ。また、波長 λ [m]、速さ v [m/s] を整数で答えよ。
- (2) 図 1 の変位は $y = A \sin(\text{ア})$ と表される。 ア にあてはまる式を、 t を用いて表せ。
- (3) 図 2 の変位は $y = A \sin(\text{イ})$ と表される。 イ にあてはまる式を、 x を用いて表せ。
- (4) 時刻 t における任意の位置 x での媒質の変位は $y = A \sin(\text{ウ})$ と表される。 ウ にあてはまる式を、 t, x を用いて表せ。
- (5) 図 2 で媒質の速度が変位 y の正の向きに最大になる点を、 $P_0, P_1, \cdots, P_6$ の中からすべて選べ。
- (6) 図 2 で媒質の加速度が変位 y の正の向きに最大になる点を、 $P_0, P_1, \cdots, P_6$ の中からすべて選べ。
- (7) この正弦波は1周期ごとに図 2 の波形と一致する。時刻 $t=1$ s の後、最初に図 2 の波形と一致する時刻 t_1 [s] を答えよ。

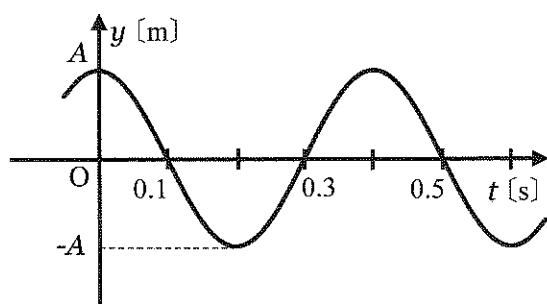


図 1

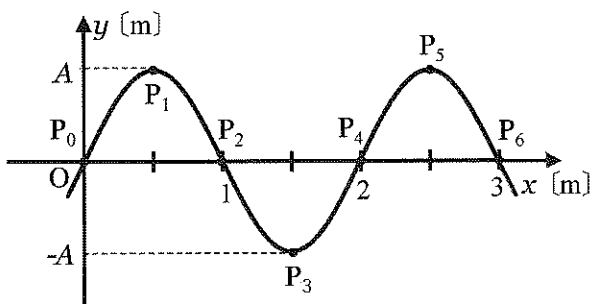


図 2

[B] 図3のように、ボールBが速さ V_B [m/s] で水平右向きに等速直線運動をしている。このボールBに、振動数 f_S [Hz] の音を出すスピーカー S とマイク M を備えた装置を向けた。なお、音の速さを V [m/s] とし、 $V_B < V$ とする。

- (8) 一般に、音源や観測者が動くことで、音源の振動数と異なった振動数の音が観測される現象を、音の エ 効果という。エ にあてはまる名称を答えよ。
- (9) スピーカー S から出る音の波長 λ [m] を、 V , f_S を用いて表せ。
- (10) ボール B が受け取る音の振動数 f_B [Hz] を、 V , V_B , f_S を用いて表せ。
- (11) ボール B で反射してマイク M にもどってきた音の振動数 f_{BM} [Hz] を、 V , V_B , f_B を用いて表せ。
- (12) ボール B で反射してマイク M にもどってきた音と、スピーカー S から直接 M に伝わる音によって生じる1秒間あたりのうなりの回数 N を、 V , V_B , f_S を用いて表せ。
- (13) f_S が 18000 Hz, N が 2000 回のとき、 V_B を求めよ。ただし、 V を 340 m/s とする。

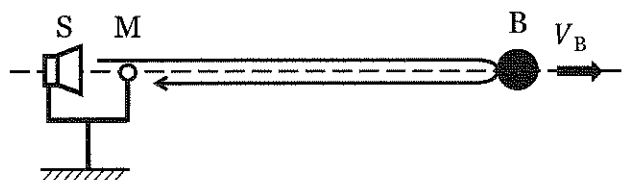


図3

次に、図4のように、マイク M の上方を、ボールCが速さ V_C [m/s] ($V_C < V$) で水平右向きに等速直線運動している。スピーカー S から出た音が C で反射したとき、C は M から見て鉛直線となす角 θ の方向にあり、S はこの方向を向いている。

- (14) 図4の瞬間、ボールCの速度の、M と C を結ぶ方向の成分 V_{MC} [m/s] を、 V_C , θ を用いて表せ。
- (15) ボールCで反射してマイク M にもどってきた音の振動数 f_{CM} [Hz] を、 f_S , V , V_C , θ を用いて表せ。
- (16) 角度 θ と音の振動数 f_{CM} の関係を表す曲線として適切なものを、図5の中の①～③から選び、番号で答えよ。

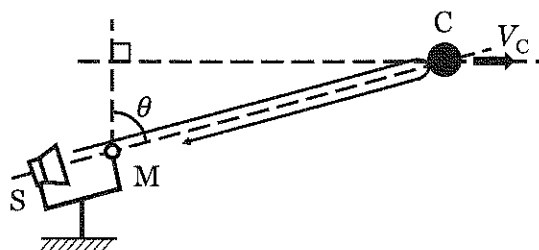


図4

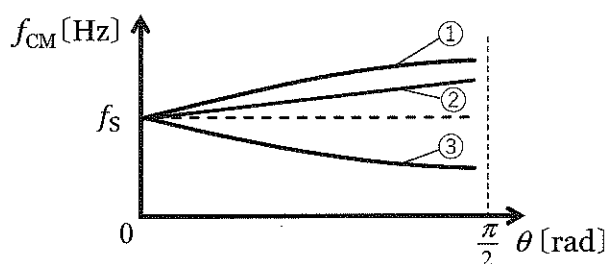


図5