

令和4年度 入学者選抜学力検査問題

理 科

注 意 事 項

- 1 試験開始の合図があるまで、問題冊子及び解答用紙の中を見てはいけません。
- 2 出題科目、ページ及び解答用紙の枚数は、下表のとおりです。

出題科目	ページ	解答用紙枚数
物 理	1 ～ 8	4
化 学	9 ～ 15	5
生 物	17 ～ 28	6
地 学	29 ～ 36	4

- 3 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁及び解答用紙の枚数の過不足や汚れ等に気がついた場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
- 4 試験開始後、すべての解答用紙に受験番号、志望学部及び氏名を記入してください。
受験番号の記入欄はそれぞれ2箇所あります。
- 5 解答はすべて解答用紙の指定された解答欄に記入してください。
- 6 問題冊子の余白は適宜使用してください。
- 7 各問題の配点は100点満点としたときのものです。
- 8 試験終了後、問題冊子は持ち帰ってください。

物 理

1 以下の説明文を読み，その後の問いに答えなさい。(配点 25)

図1のように，質量 m [kg] の物体を天井のある点 O から軽いひもでつるし，ひもがたるまない状態で物体を点 A まで持ち上げて静かにはなしたところ，点 O の鉛直下方にある点 B に向かって物体は進んだ。点 B において，その鉛直下方から猫が物体に飛びついてしがみつき，物体は猫とともにさらに進んで，点 C に達したとき速さがゼロになった。ここまでの間，ひもはたるまなかった。点 C の近くには机の端があり，ここで猫は物体から離れ，机の上を歩いて行った。猫の質量も物体と等しく m [kg] であり，猫と物体の大きさは無視できるとする。点 B の高さを基準とした点 A の高さを h_A [m]，重力加速度の大きさを g [m/s²] とする。

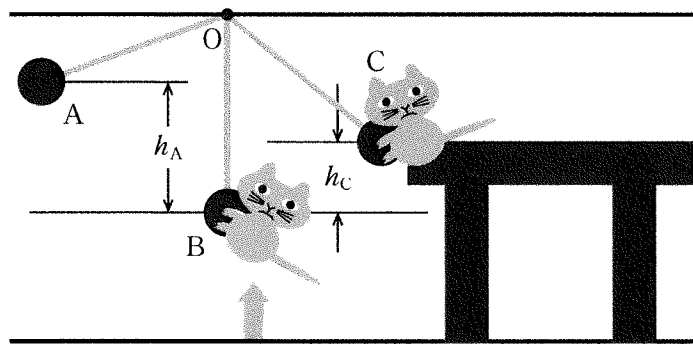


図 1

問 1 点 B において猫が飛びつく直前の物体の速さ v_1 [m/s] を求めなさい。

問 2 点 B において猫が飛びついた直後の物体と猫の速さ v_2 [m/s] を求めなさい。

問 3 点 B の高さを基準とした点 C の高さ h_C [m] を求めなさい。

その後、猫は机の上を走って戻ってきて、机の端から水平方向に速さ v_0 [m/s] で飛び出した。床からこの机の上面までの高さは H [m] である (図2)。

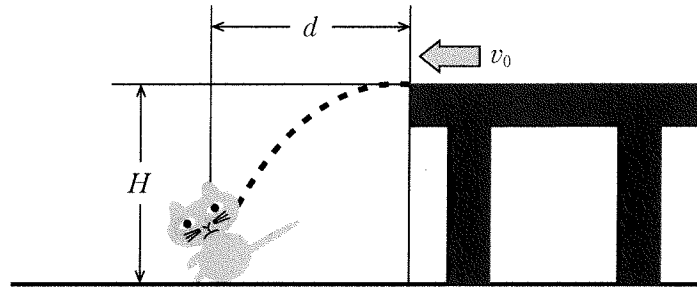


図2

問4 机の端の鉛直下方にあたる床の上の点から、猫が着地した点までの距離 d [m] を求めなさい。

2 導線を流れる電流のまわりには磁場（磁界）ができる。真空中に置かれた十分に長い直線電流（以下では単に直線電流とよぶ）がつくる磁場に関する以下の問いに答えなさい。ここで、直線電流の太さは無視できるものとする。また、座標軸は各図中に示すようにとり、 $a > 0$ および $I > 0$ とする。なお、図1および図2の(a)は概観図、(b)は上（ z の正方向）から見た図である。（配点25）

問1 図1に示すように、原点 O から x の負方向に a [m] 離れた点 $(-a, 0, 0)$ と x の正方向に $2a$ [m] 離れた点 $(2a, 0, 0)$ を通る位置に、それぞれ、 z 軸と平行な正の向きへ I [A] で流れる直線電流 C_1 および z 軸と平行な負の向きへ $3I$ [A] で流れる直線電流 C_2 を配置した。

- (1) 直線電流 C_1 および C_2 が x 軸上の任意の点 $(x_0, 0, 0)$ につくる合成磁場を調べたところ、磁場の強さが 0 A/m となる点が存在した。このときの x_0 [m] を a を用いて示しなさい。ただし、 x_0 は有限の値とする。
- (2) 直線電流 C_1 および C_2 が y 軸上で原点 O から a [m] だけ正方向に離れた点 $P_1(0, a, 0)$ につくる合成磁場の x 成分 H_x [A/m] と y 成分 H_y [A/m] を求めなさい。なお、各磁場成分はそれぞれの座標軸正方向を正とする。

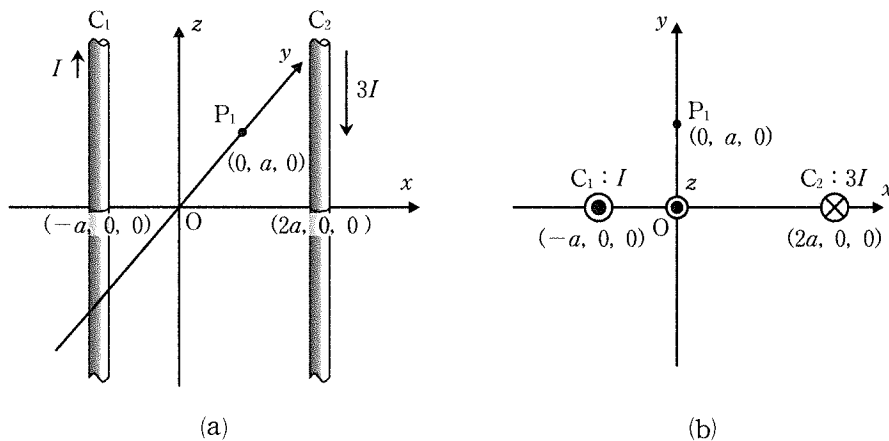


図1

問 2 図 2 に示すように、直線電流 C_1 および C_2 に加えて、原点 O から y の正方向に $2a$ (m) 離れた点 $(0, 2a, 0)$ を通る位置に、 z 軸と平行な正の向きへ I_3 [A] ($I_3 > 0$) で流れる直線電流 C_3 を置いた。

- (1) 直線電流 C_3 が (単独で) 点 P_1 につくる磁場の方向として最も適切なものを図 3 中から選び、その番号で答えなさい。
- (2) 直線電流 C_1 , C_2 および C_3 が点 P_1 につくる合成磁場は、平面 $z = 0$ 上において図 2 (b) 中に示すように、 y 軸の正方向から x 軸の正方向にむかって 60° 傾いていた。合成磁場の大きさ H_A [A/m] を a および I を用いて示しなさい。
- (3) 問 2 (2) の条件を満たす直線電流 C_3 の強さ I_3 [A] を I を用いて示しなさい。

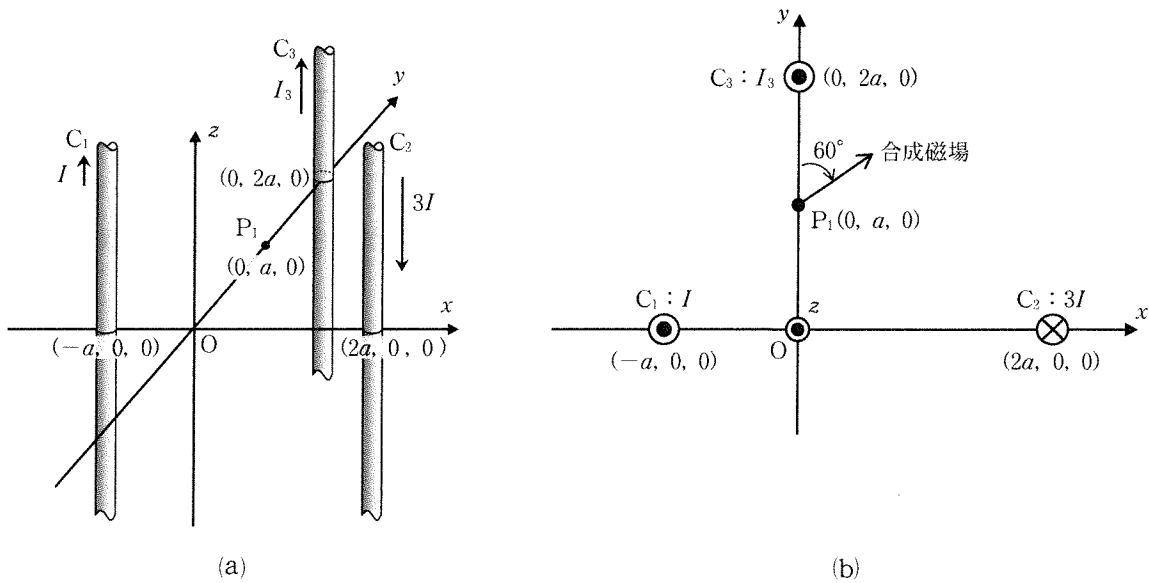


図 2

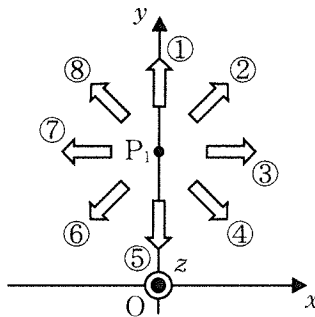


図 3

3 以下の説明文を読み、その後の問いに答えなさい。(配点 25)

問 1 音源や観測者が動くことによって、もとの振動数と異なった振動数が観測される現象をドップラー効果という。以下の本文中の ～ に適当な式を記入しなさい。

音の速さを V [m/s] とする。まず、図 1 に示すように、観測者が静止し、振動数 f_S [Hz] の音源が速さ v_S [m/s] で近づく場合を考える。観測者が聞く音波の振動数 f_1 [Hz] は、次のようになる。

$$f_1 = \text{ア} \text{ [Hz]} \quad (1)$$

次に、図 2 に示すように、振動数 f_S の音源が静止し、観測者が速さ v_O [m/s] で近づく場合を考える。観測者が聞く音波の振動数 f_2 [Hz] は、次のようになる。

$$f_2 = \text{イ} \text{ [Hz]} \quad (2)$$

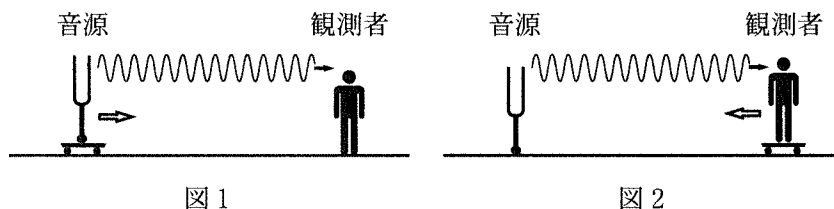
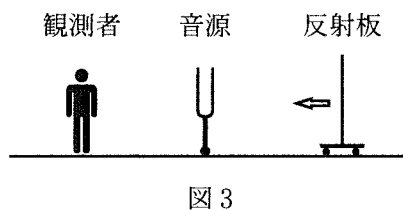


図 3 のように、観測者、音源、反射板が一直線上に並び、反射板が速さ v_R [m/s] で振動数 f_S の音源に近づく場合を考える。

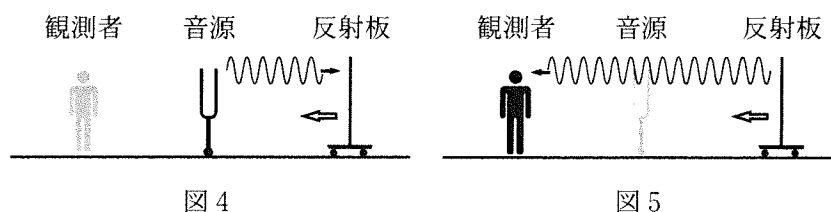


まず、図 4 のように、反射板を動く観測者と考え。反射板が受け取る音波の振動数 f_R [Hz] は、次のようになる。

$$f_R = \text{ウ} \text{ [Hz]} \quad (3)$$

次に、図5のように、反射板を振動数 f_R の音波を出しながら動く音源と考える。反射した音を観測者が聞くときの振動数 f_3 [Hz] は、式(1)で $v_S =$ [m/s], $f_S =$ [Hz] とおき、さらに式(3)を代入すると、次のように求められる。

$$f_3 = \text{カ} \text{ [Hz]} \quad (4)$$



問 2 図3と同様に、観測者、音源、反射板が一直線上に並び、反射板が速さ 2 m/s で振動数 338 Hz の音源に近づくと、音源から伝わる音と反射した音によって、観測者が聞く1秒間のうなりの回数 N [回/s] を求めなさい。ここで、音の速さを $V = 340$ m/s とする。

4 以下の説明文を読み、その後の問いに答えなさい。(配点 25)

図1のように絶縁体かつ断熱材でできたシリンダーの内側に2枚の金属板 a, b が設置された容器が水平な床に置かれている。a はシリンダーの底に固定され、b は固定されていない。b の外側には絶縁体かつ断熱材の板が付けられ、一体型のピストンとなっている。ピストンはなめらかに動くことができ、ピストンの質量を m [kg]、シリンダー内側の断面積を S [m²] とする。a に $+q$ [C]、b に $-q$ [C] の電荷が蓄えられており、ピストン内部には誘電率 ϵ_0 [F/m] の単原子分子理想気体が n [mol] 封入されている。a と b の間の距離は全過程において十分小さく、この部分は平行板コンデンサーとみなすことができる。最初の状態 (図1) では a と b の間の距離が d_1 [m] で静止しており、ピストン内部の気体の圧力は P [Pa]、外部の圧力は P_0 [Pa]、図1の状態では a が b におよぼす極板間引力は $\frac{q^2}{2\epsilon_0 S}$ [N] であった。気体定数を R [J/(mol·K)]、重力加速度の大きさを g [m/s²] とし、単原子分子理想気体の断熱過程においては (圧力) × (体積)^{5/3} = 一定が成り立つとしてよい。

問 1 シリンダー中の気体の内部エネルギー U [J] を求めなさい。

問 2 P を q , ϵ_0 , S , P_0 を用いて表しなさい。

問 3 図1の平行板コンデンサーの電気容量 C_1 [F] および極板 a, b の間に蓄えられた静電エネルギー U' [J] を求めなさい。

次にヒーターで気体にゆっくりと一定量の熱を与えたところ、a, b 間の距離は d_2 [m] になり静止した (図2)。シリンダー、金属板、ヒーターの熱容量は無視できるものとする。これ以降の間では P を用いて解答してもよい。

問 4 図2の状態での気体の温度 T_2 [K] を求めなさい。

問 5 a, b 間の距離が d_1 から d_2 に変化するまでに気体に与えられた熱量 Q [J] を求めなさい。

続いて図3のようにこの容器全体の向きを変え、a が底面にくるようにそっと設置したところ、a, b 間の距離が d_3 [m] になり静止した。

問 6 図3の状態での内部の気体の圧力 P_3 [Pa] を求めなさい。

最後に図3の状態からピストンをゆっくり押し下げ、a, b間の距離が d_4 [m]になったところで固定した。

問 7 図4の状態での内部の気体の圧力 P_1 [Pa]を求め、 P を用いて表しなさい。

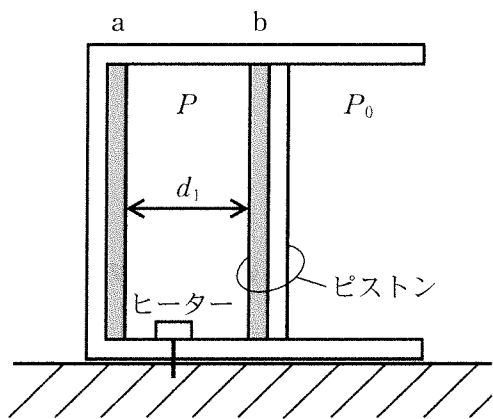


図1

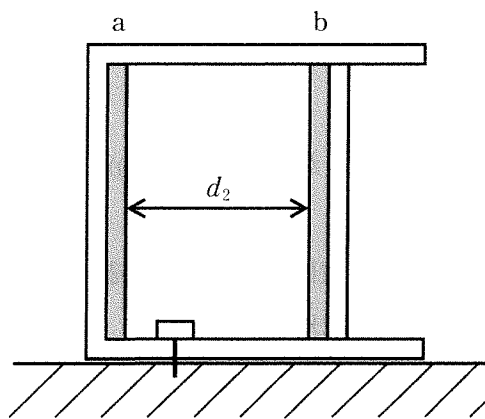


図2

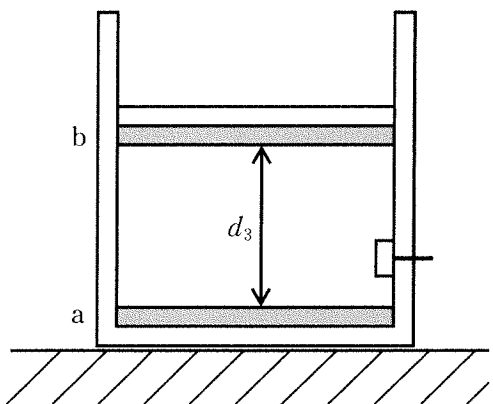


図3

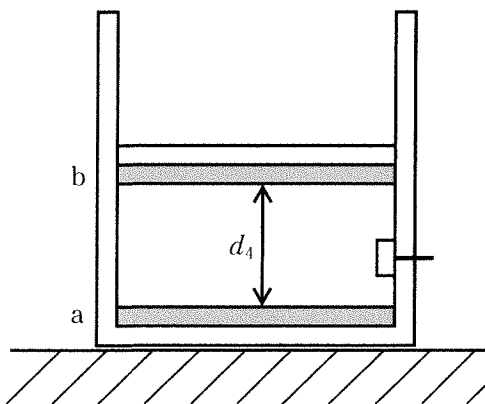


図4

