

令和3(2021)年度入学者選抜個別(第2次)学力検査問題

理 科

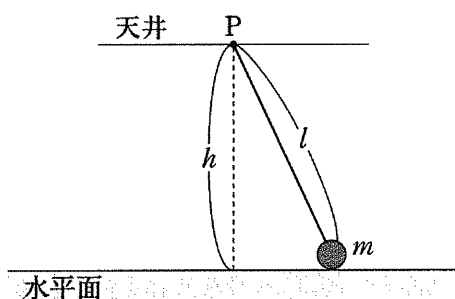
注 意 事 項

1. 監督者の指示があるまで、この冊子を開いてはいけません。
2. この冊子は、全部で28ページあり、第1～3ページは下書用紙です。下書用紙は切り離してはいけません。
3. 解答用紙は、問題冊子と別に印刷されているので、誤らないように注意しなさい。
4. 解答は、必ず解答用紙の指定された欄内に記入しなさい。点線より右側には何も記入しないこと。
5. 入学志願票に選択を記載した2科目について解答しなさい。選択していない科目について解答しても無効です。
6. 各解答用紙には、受験番号欄が2か所ずつあります。それぞれ記入を忘れないこと。
7. 解答用紙は、記入の有無にかかわらず、机上に置き、持ち帰ってはいけません。この冊子は持ち帰りなさい。
8. 落丁または印刷の不鮮明な箇所があれば申し出なさい。

物 理

(注) 医学科, 歯学科および保健衛生学科(検査技術学専攻)の受験生は全ての問題を解答せよ。

- 1 図のように, 摩擦の無い水平面と距離 h だけ離れた天井があり, 水平面上にある質量 m の小球が, 長さ $l (> h)$ の伸縮しない糸によって天井の点 P と結ばれている。糸にたるみの無い状態で小球に適切な初速度を与えると, 糸と鉛直線のなす角度を一定に保ったまま, 小球は水平面上において一定の速さ v で円運動をした。以下の問題に答えよ。ただし, 重力加速度を g とし, 糸の質量と小球の大きさは無視できる。解答は, 問題文の末尾にある [] 内の記号のうち必要なものを用いて表現すること。



- (1) 小球の加速度の大きさを求めよ $[m, g, l, h, v]$ 。
- (2) 糸の張力を F_1 , 小球が水平面から受ける垂直抗力を F_2 で表す。小球の運動方程式を水平成分と鉛直成分に分けて記せ $[F_1, F_2, m, g, l, h, v]$ 。
- (3) F_1 および F_2 を求めよ $[m, g, l, h, v]$ 。
- (4) 速さ v がある値 v_1 よりも大きいと, 物体は水平面から離れる。 v_1 を求めよ $[m, g, l, h]$ 。
- (5) F_1 および F_2 の, 回転の速さ v に対する依存性をグラフに示せ。 F_1 は実線, F_2 は点線で示すこと。 v の範囲は $0 \leq v \leq v_1$ とする。

- (6) 水平面にわずかな動摩擦力がはたらく状況を考える。ただし動摩擦係数 μ はきわめて小さく、物体の円運動の速さは一定に保たれるものとする。動摩擦力の仕事率を p とするとき、 $|p|$ を最大にする物体の速さ v_2 を求めよ $[m, g, l, h, \mu]$ 。
- (7) 物体が水平面から離れ、水平面からの高さを $h/2$ に保ちつつ等速円運動している状況を考える。このときの物体の速さ v_3 を求めよ $[m, g, l, h]$ 。
- (8) (7)における等速円運動中に突然糸が切れ、物体は放物運動を始め、水平面上の点 Q に落下した。糸が切れてから、物体が点 Q に到達するまでの時間を求めよ $[m, g, l, h]$ 。
- (9) 点 P と点 Q の距離を求めよ $[m, g, l, h]$ 。

(注) 医学科の受験生は問1から問4(2)までを、歯学科および保健衛生学科(検査技術学専攻)の受験生は問1から問3(4)までを解答せよ。

2

問1 図1のように内部抵抗が無視できる電池，スイッチ，抵抗，平行板コンデンサーで構成された回路がある。このコンデンサーは極板間隔を変化させることができる。はじめスイッチは開いており，コンデンサーは帯電していない。ある時刻にスイッチを閉じると，しばらくして回路に電流が流れなくなりコンデンサーの充電が完了した。その後，操作1もしくは操作2を行った。以下の問いに答えよ。

操作1：スイッチを閉じたまま，極板間隔をゆっくり2倍にした。

操作2：スイッチを開け，次に極板間隔をゆっくり2倍にした。

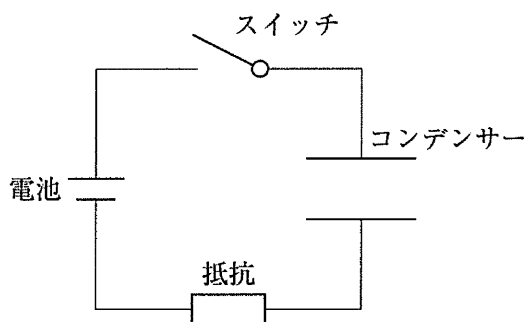


図1

- (1) 操作1を行った後，コンデンサーの電位差，電気量，電場の強さ，蓄えられている静電エネルギーは，操作1の直前と比較してそれぞれ何倍になるか。
- (2) 操作2を行った後，コンデンサーの電位差，電気量，電場の強さ，蓄えられている静電エネルギーは，操作2の直前と比較してそれぞれ何倍になるか。

問 2 極板 A, B の間隔が d の平行板コンデンサーがある。このコンデンサーと内部抵抗が無視でき起電力 V_0 の電池, 抵抗, スイッチを, 図 2(a) のように, 極板 B 側を接地して配線した。 x 軸を極板 A, B に垂直にとり, これが極板 B と交わる点を原点 O とする。はじめスイッチは開いており, コンデンサーは帯電していない。ある時刻にスイッチを閉じると, しばらくして回路に電流が流れなくなりコンデンサーの充電が完了した。その後, 操作 3 もしくは操作 4 を行った。以下の問いに答えよ。

操作 3 : スイッチを閉じたまま, 図 2(b) のように, コンデンサーの極板間に電極 A, B と同形で厚さ $d/2$ の帯電していない金属板を挿入した。

操作 4 : スイッチを開けた後, 図 2(b) のように, コンデンサーの極板間に電極 A, B と同形で厚さ $d/2$ の帯電していない金属板を挿入した。

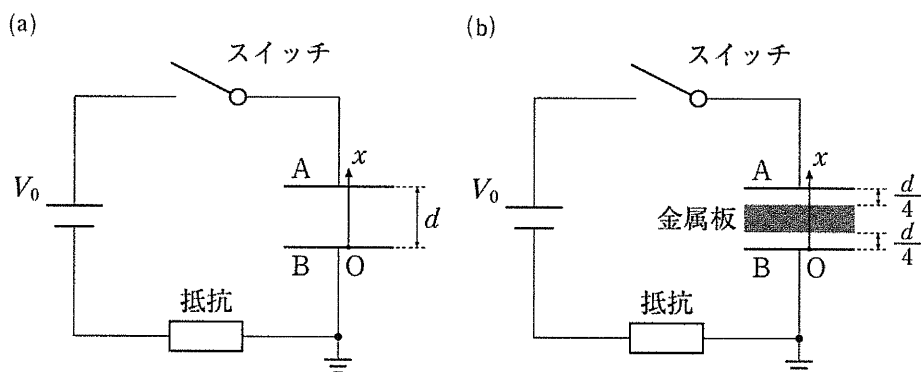


図 2

- (1) 操作 3 を行った後の, x 軸上の点における電位および電場を x の関数として $0 < x < d$ の範囲でグラフに示せ。なお, 電位の基準点は原点 O とし, 電場の正の向きは x 軸の正の向きと同じとする。
- (2) 操作 4 を行った後の, x 軸上の点における電位および電場を x の関数として $0 < x < d$ の範囲でグラフに示せ。

問 3 図 3 のように、 xy 平面上の点 $C(-a, 0)$ に正の点電荷 q を、点 $D(a, 0)$ に負の点電荷 $-q$ を固定した ($a > 0, q > 0$)。以下の問いに答えよ。クーロンの法則の比例定数は k とし、電位の基準点は無限遠にとるものとする。解答は、問題文末尾にある [] 内の記号のうち必要なものを用いて表現すること。

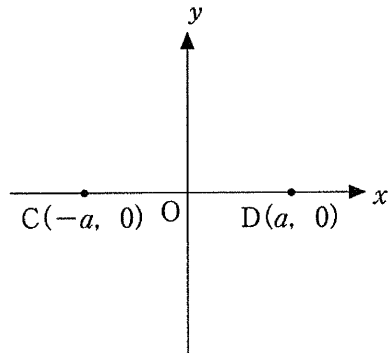


図 3

- (1) x 軸上の点 $(x, 0)$ における電位 $V(x)$ を求めよ。また、 $V(x)$ の概形をグラフに示せ $[a, k, q, x]$ 。
- (2) y 軸上の点 $(0, y)$ における電場ベクトルを $\vec{E} = (E_x, E_y)$ とする。 E_x, E_y を求めよ $[a, k, q, x, y]$ 。
- (3) 原点から十分に離れた点 $P(x, y)$ における電位を求めよ。ただし、 a に比べて原点から点 P までの距離 $r = \sqrt{x^2 + y^2}$ が十分に大きいため $\frac{a^2}{r^2}$ は無視し、さらに t の絶対値が 1 よりも十分に小さい場合に成立する近似式 $(1+t)^\beta \cong 1 + \beta t$ も使え $[a, k, q, x, y]$ 。

次に、点 C に正の点電荷 q 、点 D に負の点電荷 $-q/2$ を固定した。以下の問いに答えよ。

- (4) xy 平面上で電位 0 の等電位線を表す式を求めよ。また、それはどのような図形を表すか説明せよ $[a, k, q, x, y]$ 。

問 4 電場に関する以下の問いに答えよ。クーロンの法則の比例定数は k である。解答は、問題文末尾にある [] 内の記号のうち必要なものを用いて表現すること。

- (1) 図 4 のように、電荷 Q が半径 R の球殻(薄皮状の物体)に一様に分布している ($Q > 0$)。球殻の厚さは無視できる。球殻の中心から r 離れた点の電場の大きさ $E(r)$ を求めよ [k, Q, r, R]。

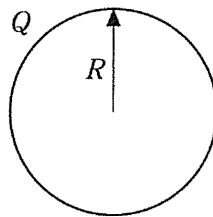


図 4

- (2) 図 5 のように、電荷 $-Q$ が半径 R の厚さが無視できる球殻に一様に分布し、球殻の内側には電荷 Q が一様に分布した半径 $R/2$ の球がある ($Q > 0$)。球殻と球の中心は一致している。球の中心から r 離れた点の電場の大きさ $E(r)$ を求め、 $0 < r < 2R$ の範囲でグラフに示せ [k, Q, r, R]。

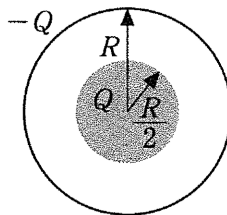


図 5