

平成 21 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 30 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 カ所ずつあります。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、机の上に置き、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) 医学科および歯学科の受験生は問1から問9までのすべての問について、保健衛生学科(検査技術学専攻)の受験生は問1から問5までの5問について解答せよ。

1 地表に対して上下(鉛直方向)に自由に動くことができる実験室があり、この中で実験をする。実験室の運動は地表に置かれた座標系で考え、おもり(大きさは無視できる)の実験については実験室に固定された座標系で考えるものとする。重力加速度の大きさは g とする。また、実験室の加速度 a は鉛直上向きを正として表し、 $a > -g$ の範囲にあるものとする。

以下の各問に答えよ。

実験室の天井に、バネ定数が k で自然長が l_0 である軽いバネが固定してある。実験室が静止している状態($a = 0$)で、バネの他端に質量 m のおもりをつけたところ、バネは y_1 だけ伸びて静止した(図1)。

問1 バネの伸び y_1 を求めよ。

つり合いの位置からバネを d だけ伸ばし、そっと手を離すとバネは上下方向に単振動を始めた。

問2 このときのバネの振動の周期 T_1 を求めよ。

問3 おもりの最大の速さ V_{\max} とそのときのバネの長さ L を求めよ。

問 4 振動の途中、バネの長さが最小になったときに、実験室が一定の加速度 a で動き始めた。実験室が動き出した後のバネの振動の振幅 A と周期 T_2 を求めよ。ただし、一定の加速度 a に達するまでの時間とその間のおもりの変位は無視できるものとする。

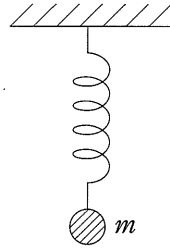


図 1

つぎに、実験室が一定の加速度 a で動いている状態で、図 2 のように固定点 P を通る鉛直線とバネのなす角が θ となるようにおもりを水平面内で回転させると、バネの伸びは y_2 となった。回転中にバネは途中で曲がったりせず、伸びはかわらないものとする。

問 5 このとき、 $\frac{y_2}{y_1}$ ，および回転運動の周期 T_3 を求めよ。

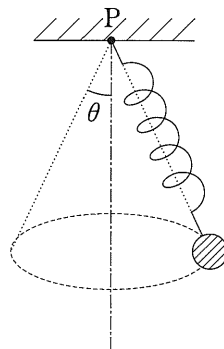


図 2

同じく実験室が一定の加速度 a で動いている状態で、別の実験を行った。長さ r の伸び縮みしない軽い糸の一端に質量 m のおもりを付け、他端を実験室の側壁に固定した。おもりは側壁にそって鉛直平面内を自由に回転できるが、おもりと側壁の間に摩擦は働かないものとする。図3のように固定点を原点 O に、水平方向に x 軸、鉛直方向に y 軸をとり、おもりは反時計回りに点 A 、点 B 、点 C 、点 D の順に各点を通るものとする。ただし、回転角 ϕ は図3のように点 B から反時計まわりにとり、 $\angle AOB = \phi_0$ ($-\frac{\pi}{2} < \phi_0 < 0$) とする。

問 6 点 A の位置でおもりを静かに放した。最下点 $B(0, -r)$ での糸の張力の大きさ S を求めよ。

問 7 おもりが点 A から動きだし、 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow$ と順に通って一回転するためには、点 A で円(点線)の接線方向(右下向き)にどのくらいの速さでおもりを放たなければならないか。その最小の速さ v_0 を求めよ。

問 8 問7で求めた v_0 で点 A からおもりを放つとき、糸が切れずにおもりが回転運動をするための実験室の加速度 a の範囲を求めよ。ただし、この糸は強度に限界があり静止した実験室内で、質量が $10m$ 以上のおもりをつけて鉛直にたらしただけに切れるものとする。

問 9 問8で求めた条件(実験室の加速度 a が糸が切れずに回転運動する範囲内にあり、 v_0 で点 A からおもりを放つ)および $\phi_0 = -\frac{\pi}{3}$ でおもりが回転運動をしているとき、おもりの運動エネルギー K を回転角 ϕ の関数として、その概形を $-\frac{\pi}{3}$ から $\frac{5\pi}{3}$ の範囲で図示せよ。

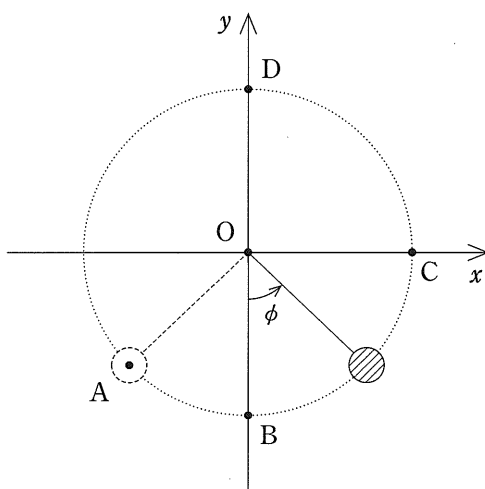


图 3

(注) 医学科および歯学科の受験生は問1から問7までのすべての問について、保健衛生学科(検査技術学専攻)の受験生は問1から問4までの4問について解答せよ。

2 コンデンサー、電池、スイッチを用いて、真空中に図1のような回路を作った。コンデンサーはすべて、面積 l^2 の正方形極板を間隔 d で並べた平行板コンデンサーである。また、電池 B_1 の電圧は V_0 である。初期状態ではすべてのコンデンサーに電荷はなく、すべてのスイッチが開いているものとする。真空の誘電率を ϵ_0 とし、点Oを電位の基準点として以下の問に答えよ。

まずスイッチ S_1 、 S_2 を閉じてコンデンサーを充電した。

問1 コンデンサー C_2 の電荷量を Q_0 、静電エネルギーを U_0 とする。これらの量を ϵ_0 、 l 、 d 、 V_0 のうち必要なものを用いて表せ。

問2 コンデンサー C_4 の電荷量も、 C_2 と同じく Q_0 であった。この場合の電池 B_2 の電圧を ϵ_0 、 l 、 d 、 V_0 のうち必要なものを用いて表せ。

スイッチ S_1 、 S_2 を閉じたまま、コンデンサー C_1 、 C_3 に対して、図2に示すように誘電率 $(1 + \alpha)\epsilon_0$ (ただし $\alpha > 0$)をもつ誘電体を極板間にゆっくりと挿入してゆく。挿入部分の面積は C_1 、 C_3 で常に等しくなるようにし、その面積を xl^2 (ただし $0 \leq x \leq 1$)とする。

問3 点Gおよび点Hの電位を x の関数とみなし $V_g(x)$ 、 $V_h(x)$ とおく。 $V_g(x)/V_0$ および $V_h(x)/V_0$ を求め、解答用紙中のグラフに図示せよ。ただし、 $V_g(x)/V_0$ には実線、 $V_h(x)/V_0$ には点線を用いること。

誘電体を極板間に完全に挿入したのち($x = 1$)スイッチ S_3 を閉じた。

問 4 スイッチを閉じる前後での、コンデンサー C_3 の電荷量変化を ΔQ_a とする
 (電荷が増加すれば $\Delta Q_a > 0$, 減少すれば $\Delta Q_a < 0$)。 $\Delta Q_a/Q_0$ を求めよ。

つぎにすべてのスイッチを閉じたまま、誘電体を極板間から外す。その後すべてのスイッチを開き、再び同じ誘電体を C_1 , C_3 の極板間にゆっくりと挿入してゆく。

問 5 点 G および点 H の電位を $\tilde{V}_g(x)$, $\tilde{V}_h(x)$ とおく。 $\tilde{V}_g(x)/V_0$ および $\tilde{V}_h(x)/V_0$ を求め、解答用紙中のグラフに図示せよ。ただし、 $\tilde{V}_g(x)/V_0$ には実線、 $\tilde{V}_h(x)/V_0$ には点線を用いること。

誘電体を極板間に完全に挿入したのち ($x = 1$) スイッチ S_3 を閉じた。

問 6 スイッチを閉じる前後での、コンデンサー C_3 の帯電量変化を ΔQ_b とする。
 $\Delta Q_b/Q_0$ を求めよ。

つぎにスイッチ S_3 を閉じたまま、誘電体を極板間から外す。その後スイッチ S_3 を開き S_2 を閉じたのち、再び同じ誘電体を C_1 , C_3 の極板間にゆっくりと挿入してゆく。誘電体を極板間に完全に挿入したのち ($x = 1$) スイッチ S_3 を閉じた。

問 7 スイッチを閉じる前後での、コンデンサー C_3 の帯電量変化を ΔQ_c とする。
 $\Delta Q_c/Q_0$ を求めよ。

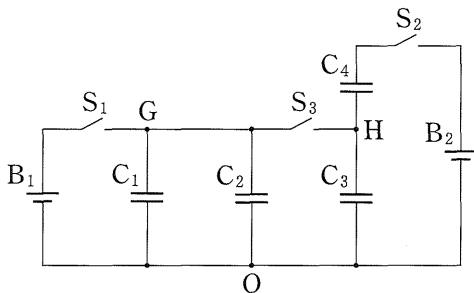


図 1

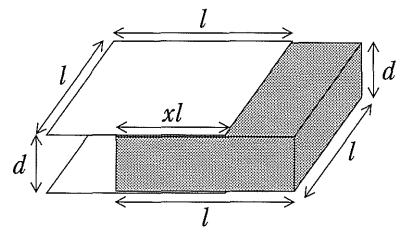


図 2