

理科問題紙

令和4年2月25日

自 14:20

至 16:20

答案作成上の注意

1. 理科の問題紙は1から31までの31ページである。
2. 解答用紙は、生物⑦、⑧、⑨、化学⑩、⑪、⑫、⑬、物理⑭、⑮、⑯の10枚である。
3. 生物、化学、物理のうち2科目を選択すること。
4. 解答はすべて解答用紙の指定された箇所に書くこと。
5. 試験開始後30分以内に選択する科目を決定すること。
6. 折りこまれている白紙(2枚)は草案紙として使用すること。
7. 問題紙と草案紙は持ち帰ること。

物 理

1 地面(水平面)上の原点 O に鉛直に立っている塔の高さ h の位置を点 A 、 O から距離 $L(> 0)$ だけ離れた水平面上の位置を点 B とする。 A から質量 m の物体を投げ、 OB 上の的に当てることを考える。与えられた文字を用いて、以下の問に答えなさい。物体は鉛直平面 AOB 内を運動し、運動している物体には大きさ一定の重力しか働かず、空気抵抗などは無視できるとする。重力加速度の大きさを g とする。

問 1 A から物体を水平方向に投げてから、物体が地面に達するまでの時間を求めなさい。

問 2 A から物体を水平方向にある速さで投げると同時に、 B で静止していた的が一定な大きさ a の加速度で O に近づき始め、物体は OB 間のある点で的に当たった。このときの A から物体を投げた速さを求めなさい。

問 3 A から物体を水平方向に投げると同時に、 B で静止していた的が一定な大きさの加速度で O に近づき始めた。物体が OB 間で的に当たるためには、加速度の大きさは、ある値よりも小さくなければならない。このある値の大きさを求めなさい。

問 4 水平方向に対して上向きの角度を正とする。 A から物体を角度 θ_0 の方向にある速さで投げたとき、物体は B で静止している的に当たった。このときの A から物体を投げた速さを求めなさい。

問 5 A を始点とする水平方向を基準とし、 $-\frac{\pi}{2}$ (A の真下)から $\frac{\pi}{2}$ (A の真上)の間のある角度 θ で、A から物体を投げる。投げる角度 θ が $\theta_L < \theta < \frac{\pi}{2}$ の範囲では、投げる速さを適切に調整すると、B で静止している的に当たる。しかし、 θ_L よりも小さい角度では、どのような速さで投げても当たらなくなる。その $\tan \theta_L$ を求めなさい。

2 図1のような、起電力 E [V] の直流電源、電気容量 C_1 [F]、 C_2 [F] のコンデンサー(それぞれ C_1 、 C_2 と呼ぶ)、スイッチ S_0 、 S_1 、 S_2 、 S_3 からなる回路について、以下の問に答えなさい。ただし、初めスイッチは全て開いた状態で、コンデンサーは充電されていないものとする。導線やスイッチにはわずかな電気抵抗があるものとする。

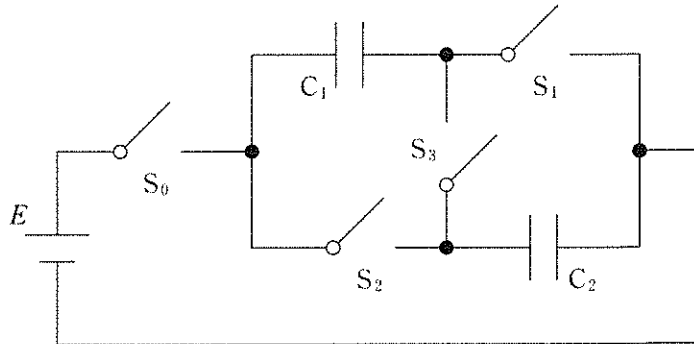


図1 直流電源、コンデンサー、スイッチからなる回路

問1 S_1 と S_2 を開いたまま、 S_3 を閉じた。その後 S_0 を閉じて C_1 と C_2 に充電した。充分長い時間が経過したとき、 C_1 に充電された電気量 Q_1 [C] と、 C_2 に充電された電気量 Q_2 [C] を、それぞれ、 E 、 C_1 、 C_2 を用いて表しなさい。

問2 S_1 、 S_2 、 S_3 をある開閉状態に設定してから S_0 を閉じて充分長い時間が経過したとき、 C_1 に充電される電気量を Q_1 [C]、 C_2 に充電される電気量を Q_2 [C] とする。 $Q_1 + Q_2$ が最大になるような S_1 、 S_2 、 S_3 の開閉状態を解答用紙の解答欄に答えなさい。開いた状態にするものには「OFF」、閉じた状態にするものには「ON」、どちらでもよいものには「ON または OFF」と答えること。

問 3 S_1, S_2, S_3 をある開閉状態に設定し, S_0 を閉じて充分長い時間が経過した後, S_0 を開き再び充分長い時間が経過するのを待った。このとき, C_1 にだけ充電された電気量が残るような S_1, S_2, S_3 の開閉状態を解答用紙の解答欄に答えなさい。開いた状態にするものには「OFF」, 閉じた状態にするものには「ON」, どちらでもよいものには「ON または OFF」と答えること。

問 4 S_0 を閉じたときに C_1 にだけ充電されるように S_1, S_2, S_3 の開閉状態を設定して C_1 に充電したところ, C_1 には電気量 q [C] だけ充電された。 C_1 に蓄えられた静電エネルギー U_1 [J] を q, C_1 を用いて表しなさい。

問 5 問 4 の操作により C_1 にだけ充電された電気量を q [C] とする。ここで S_0, S_1, S_2, S_3 を一旦全て開き, その後, S_1 と S_2 を閉じたところ q の一部が C_2 に移動した。 S_1 と S_2 を閉じてから充分長い時間が経過したとき, C_1 に残る電気量 Q_1 [C] と, C_2 に移動した電気量 Q_2 [C] を, それぞれ, q, C_1, C_2 を用いて表しなさい。

問 6 問 5 の操作の後, C_1 と C_2 に蓄えられた静電エネルギーの和 U [J] を C_1, C_2 および問 4, 問 5 で定めた q [C] を用いて表しなさい。

3 図2のように、線密度 ρ [kg/m] の弦の左端を場所 A に固定し、滑車を通して質量 m [kg] のおもりを右端につるした。ここで線密度とは、弦の単位長さ当たりの質量である。弦の固定点と滑車の間には、2 個の支柱 P, Q を置き、この支柱を弦に沿って動かすことにより、弦の振動する部分の長さを変えることができる。この弦から発せられる音の波形を場所 B で観察する。

支柱 P, Q の間の長さ l [m] の弦をはじくと、弦は振動して腹が n 個 (n は正の整数) の定常波(定在波)を生じ、音が聞こえた。以下の問に答えなさい。重力加速度の大きさを g [m/s²] とする。また、弦を伝わる波の速さ v [m/s] は、弦を引く力の大きさを S [N] として、 $v = \sqrt{\frac{S}{\rho}}$ と与えられ、定常波は正弦曲線で表されるものとする。

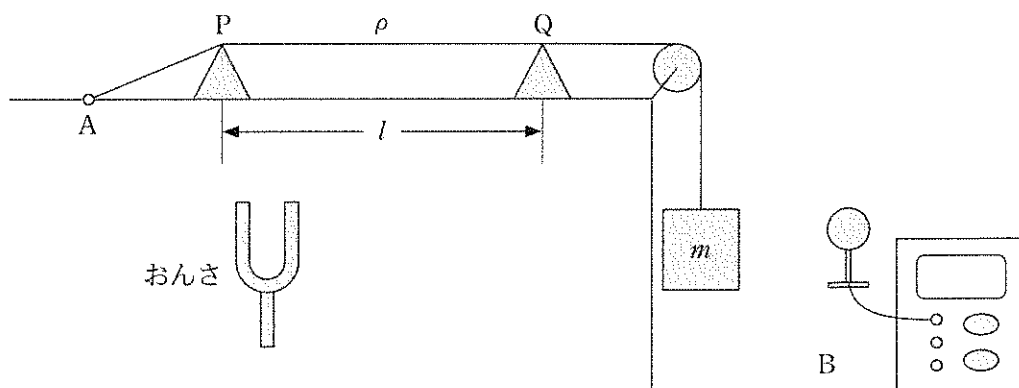


図2 実験装置

問1 この波の波長 λ [m]、速さ v [m/s]、振動数 f [Hz] を ρ 、 m 、 l 、 n 、 g から必要な文字を用いて求めなさい。

問2 PQ の間隔を短くして弦をはじき、問1と同様に腹の数が n 個の定常波が生じたとき、どのような音に変化するか。次の中から選び、その理由を簡単に述べなさい。

- ① 高くなる ② 低くなる ③ 変化しない

問 3 この弦を、線密度が異なる他の材質に変え、同じ質量 m のおもりで張り、腹の数が n 個の定常波が生じている状態で振動数を半分にするには、線密度を何倍にすればよいか、答えなさい。

問 4 弦をはじくと腹の数が 3 つの定常波ができた。図 2 の場所 B で、時間を横軸に、音による空気の変位を縦軸にとって、音の波形を観察すると、図 3 のようになった。 $\rho = 4.0 \times 10^{-2} \text{ kg/m}$, $m = 6.4 \text{ kg}$, $g = 10 \text{ m/s}^2$ のときの弦の長さを、単位を付して有効数字 2 桁で答えなさい。

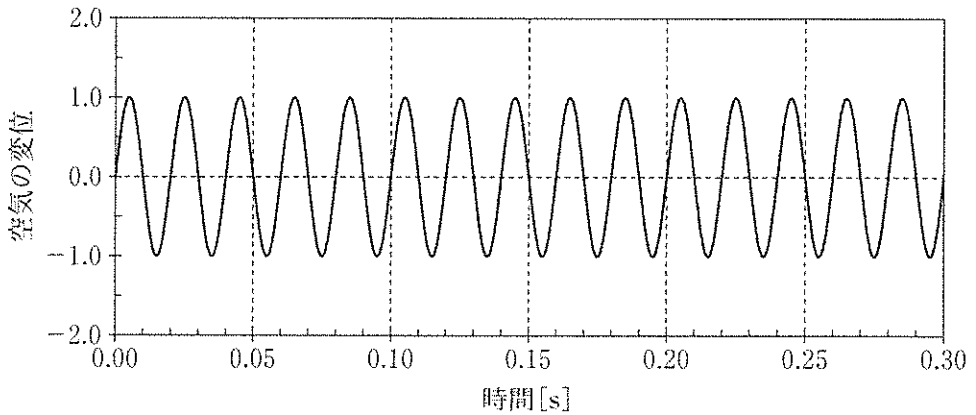


図 3 音の波形

次に、問4で用いた弦で問4と同じ数の腹を持つ定常波が生じているとき、その弦の近傍で、ある振動数のおんさを同時に鳴らし、場所Bでうなりが聞こえたときの音の波形を調べたところ、図4のような波形が観察された。そのとき、支柱Qを徐々に支柱Pに近づけていくと、あるPQ間の長さでうなりが消え、さらに支柱Pに近づけていくと最初と同じ周期のうなりが聞こえた。この間、弦にできる腹の数は変わらなかった。

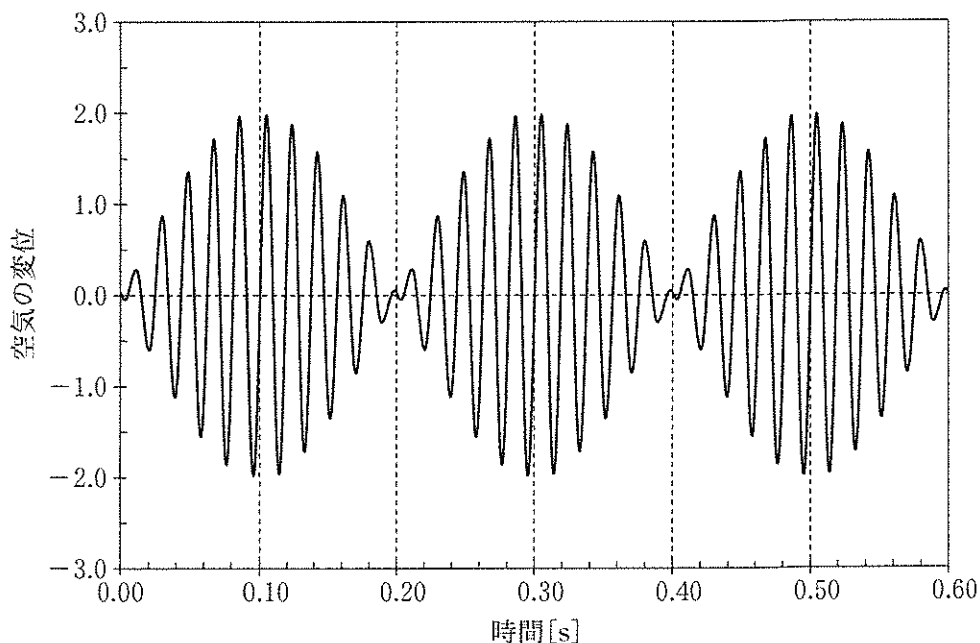


図4 うなりの波形

問5 図4の波形が示すうなりの周期から、1秒間に起きるうなりの回数を求めなさい。

問6 おんさの振動数を、単位を付して有効数字2桁で答えなさい。

問7 支柱Qを支柱Pに近づけた場合、再び最初と同じ周期のうなりが聞こえたときのPQ間の長さはいくらか、単位を付して有効数字2桁で答えなさい。