

理科問題紙

令和3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28までの28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 質量 m の質点をばね定数 k のばねの一端につなぎ、他方の端を固定した単振動の実験 A, B を考える。以下の問に答えなさい。ここで、振動中の空気抵抗、ばねの質量は無視できるほど小さいとする。重力加速度の大きさを g 、円周率を π とする。

実験 A

図 1 のように、この質点とばねが水平で滑らかな床の上であって、質点が振幅 L 、周期 T で単振動している。ここで、質点と床との間の摩擦力は無視できるほど小さい。

- 問 1 k を与えられた文字を用いて答えなさい。
- 問 2 この単振動時の質点の最大の速さを与えられた文字を用いて答えなさい。

今、上記の単振動で、 $m = 1.0 \text{ kg}$ 、 $T = 2.0 \text{ s}$ 、 $L = 0.50 \text{ m}$ 、 $\pi = 3.14$ とする。

- 問 3 これらの数値の単振動で、質点の最大の速さはいくらか、有効数字 2 桁で答えなさい。

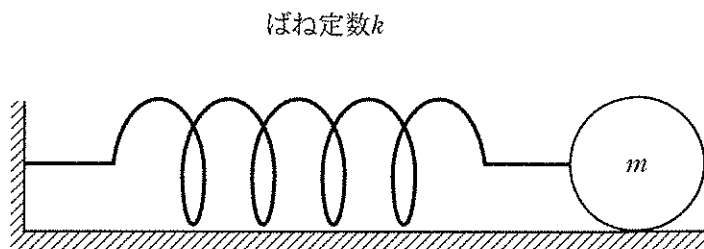


図 1 水平方向に運動するばねと質点

実験 B

図 2 のように、同じばねの上端を固定し、質量 m の質点をばねの下端に付けてゆっくり下方に降ろすと、自然長よりも長さ S だけ伸びた位置で静止した。

問 4 S を k , m , g を用いて答えなさい。

次に、ばねが自然長となる位置まで質点を持ち上げてから静かに落下させると、質点は鉛直方向に単振動した。

問 5 この場合、質点の最大の速さ V_M を k , m , g を用いて答えなさい。

問 6 質点の速さが $V_M/2$ となる質点の位置はどこか、基準の位置を示して答えなさい。

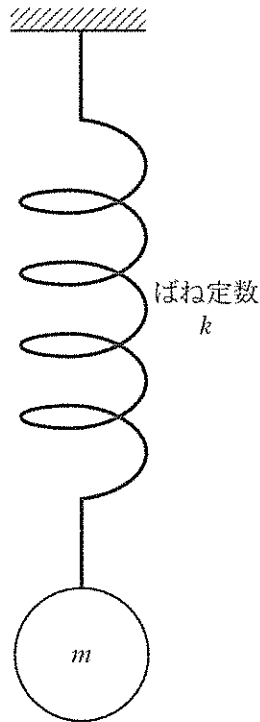


図 2 鉛直方向に運動するばねと質点

2

図3のように各辺に抵抗値 $R_1 \sim R_6$ の抵抗がある四面体 ABCD の回路を作製した。回路の頂点 BC 間には電圧 V の電池とスイッチ S がつながっている。この回路について以下の問に答えなさい。ただし導線や電池の抵抗は無視できるものとする。

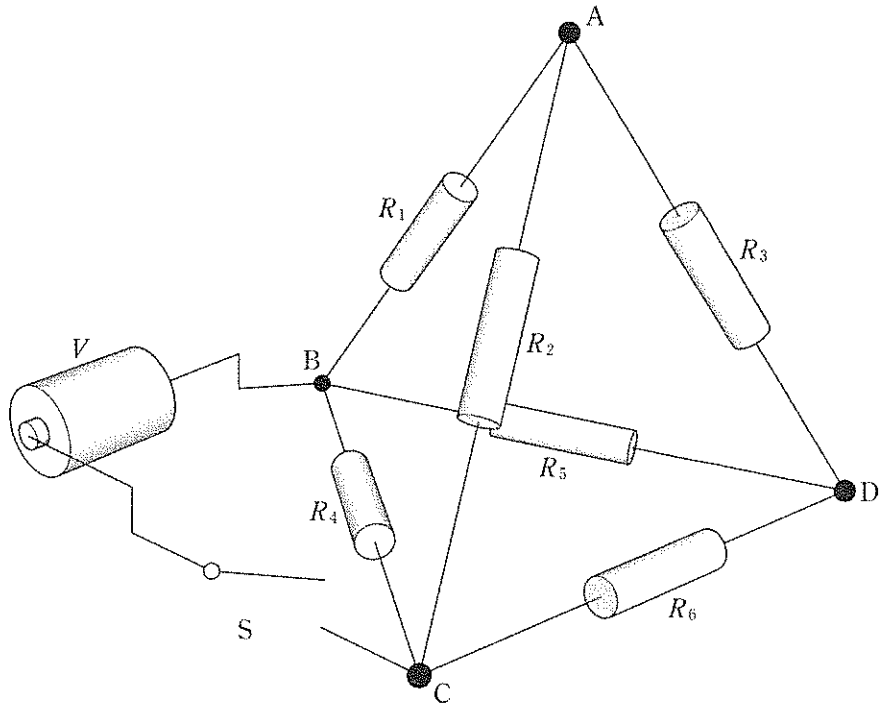


図3 電池とスイッチと抵抗からなる四面体形状の回路

問1 R_4 の抵抗値と比べて BC 間で計測した回路全体の合成抵抗値の大小はどのようなになるか、適切なものを以下のア～ウの中から選びなさい。

- ア 常に R_4 より大きい
- イ 常に R_4 より小さい
- ウ 各抵抗値によって R_4 より大きかったり小さかったりする

問2 スイッチ S を閉じたとき、抵抗値 R_4 の抵抗で消費される電力を与えられた文字を用いて答えなさい。

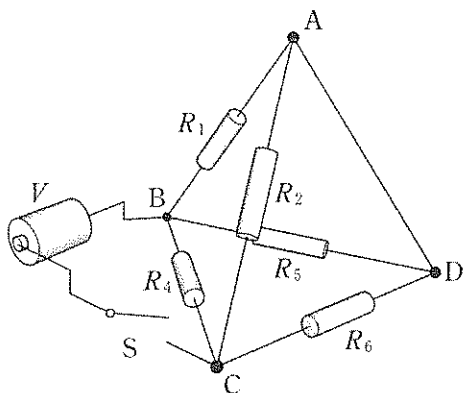


図4 辺ADを短絡させた回路

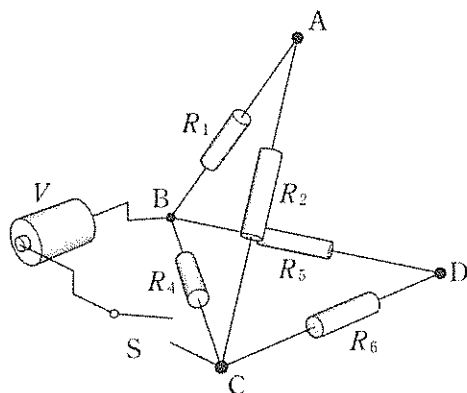


図5 辺ADを断線させた回路

問3 辺ADを抵抗のない導線に置き換えた回路(図4)と、それとは別に辺ADの抵抗と導線を取り除いた回路(図5)を作製した。図4のBC間の合成抵抗の抵抗値を Z_4 、図5のBC間の合成抵抗の抵抗値を Z_5 として $\frac{1}{Z_4}$ 、 $\frac{1}{Z_5}$ を表す式を与えられた文字を用いて表しなさい。ただし正答と等価な式であれば整理されていなくてもよい。

図3において、スイッチSを閉じたとき、辺ADにある抵抗値 R_3 の抵抗に電流が流れなかった。

問4 このときの条件を $R_1 \sim R_6$ から必要な文字を用いて答えなさい。

問5 図3の回路は問4の条件下では図4、図5のどちらの回路とも等価とみなすことができる。問3で求めた二つの合成抵抗値は、問4の条件のとき等しくなることを示しなさい。

3 一定の振動数 f で音波を発する音源 S が図 6 のような経路で無風状態の空气中を動くとき、音源 S から点 O で静止している観測者に届く音波について考える。初め音源 S は音波を発することなく速さ v_1 で観測者に向かって直進し、点 A を通過した瞬間に音波を発し始め、速さ v_1 を保ったまま点 B に到達した。次に音源 S は点 B で方向転換し、点 B から時間 T をかけて中心 O 、半径 r の円弧に沿って一定の割合で速さを減じながら点 C に至り、点 C で音源 S の速さは v_2 となった。続いて音源 S は点 D の方向へ速さ v_2 のまま直進し、点 D を通過する瞬間に音波を発するのを止めた。このとき、以下の問に答えなさい。ただし、点 A と点 B の間の距離を r 、点 C と点 D の間の距離を d とする。点 D は点 C における円弧の接線上にある。空気中の音速を V とし、 V は一定、かつ、 $0 < v_2 < v_1 < V$ とする。また、音源 S の大きさは無視できるとする。周囲には音波を遮ったり反射したり屈折させたりするものはなく、観測者は音源 S が発した音波を必ず観測できるものとする。

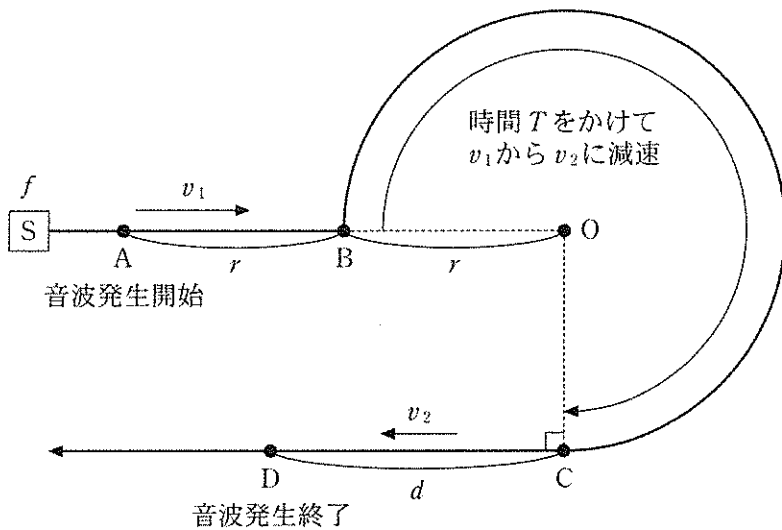


図 6 点 O に静止している観測者に対する音源 S の運動

問 1 音源 S が点 A から点 D まで進む間に通過する 3 つの区間 A—B, B—C, C—D で発した音波は観測者にどのような振動数で観測されるかを考える。3 つの区間(それぞれ両端を除く)について、音源 S が発する音波の振動数 f に対する大小と観測者が観測する音波の振動数の変化を述べた選択肢からそれぞれ最も適切なものを選び、解答用紙の解答欄に(あ)~(か)の記号で答えなさい。

音源 S が発する音波の振動数 f に対する大小についての選択肢：

(あ) f より小さい (い) f に等しい (う) f より大きい

観測者が観測する音波の振動数の変化についての選択肢：

(え) 徐々に下がる (お) 変化しない (か) 徐々に上がる

問 2 観測者が観測する音波の振動の回数は総計で何回か、問題文中に与えられた文字を用いて表しなさい。ただし、音波の 1 波長に対応する振動を 1 回と数えるものとする。

問 3 音源 S が点 D において発した音波が観測者に届いたとき、観測者が観測する音波の振動数 f_D を、問題文中に与えられた文字を用いて表しなさい。

問 4 $V = 340 \text{ m/s}$, $v_2 = 25.0 \text{ m/s}$, $f = 720 \text{ Hz}$, $r = 60.0 \text{ m}$, $d = 80.0 \text{ m}$ とする。問 3 の振動数 f_D を有効数字 3 桁で答えなさい。

問 5 音源 S が音波を発している時間を T_s 、その音波が観測者に観測されている間の時間を T_o とする。 T_o の T_s に対する差 $T_o - T_s$ を問題文中に与えられた文字を用いて表しなさい。