

平成31年度入試【推薦入試Ⅰ】

小論文

(総合理工学部 物理・材料工学科)

注 意

- 1 問題紙は、指示があるまで開いてはならない。
- 2 問題紙 5 ページ，解答用紙 4 枚である。
指示があってから確認し，解答用紙の所定の欄に受験番号を記入すること。
- 3 解答は，すべて解答用紙の所定のところに記入すること。
- 4 解答用紙は持ち帰ってはいけない。
- 5 問題紙は，持ち帰ること。

1 ばね定数 k 、自然の長さ L のばねの一端を壁に固定し、他端に質量 M の物体 A をつけて、なめらかで水平な床に置いた。図 1 のように、ばねを自然の長さ L から l だけ縮め、さらに質量 m の物体 B を物体 A に接するように床に置いて手で押さえ、時刻 $t=0$ に手をはなした。右向きを正として、以下の問いに答えよ。なお、物体 A および物体 B と床との摩擦はないものとし、紙面に垂直な方向への運動はないものとする。また、観測者は床に静止しているものとする。

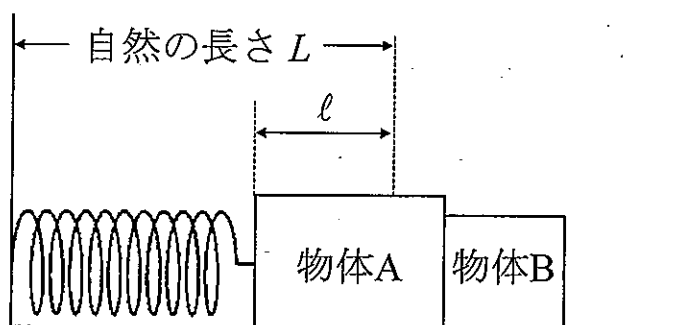


図 1

- (1) 自然の長さ L から l だけ縮んでいるばねに蓄えられているエネルギーを求めよ。
- (2) ばねが自然の長さ L にもどったとき物体 A と物体 B が離れる。その理由を答えよ。
- (3) 物体 A と物体 B が離れる時刻を求めよ。
- (4) 物体 A と物体 B が離れた後の物体 B の速さを求めよ。
- (5) 物体 A と物体 B が離れた後の物体 A の振動の振幅を求めよ。

次に、図 2 のように、物体 B を物体 A の上にのせた。その後、ばねを縮ませてから手をはなし、物体 A を単振動させた。なお、重力加速度の大きさを g とし、物体 A と物体 B の間の静止摩擦係数を μ とする。

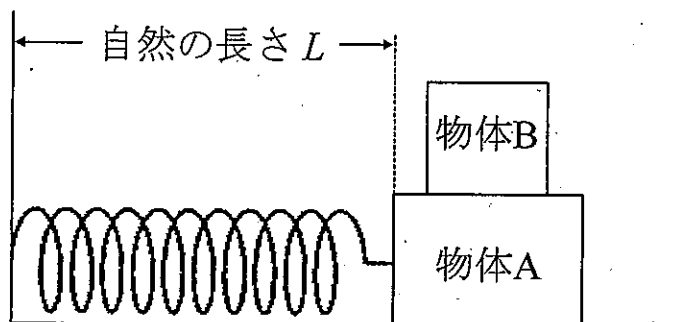


図 2

- (6) 物体 B が物体 A の上をすべることなく、物体 A が単振動するためには、ばねの自然の長さ L からの縮みはいくら以下にしなければならないか、理由を含めて答えよ。

2 2個の音源 S_1 , S_2 が一定の距離を隔てて置かれている。音源 S_1 の発する音の振動数を f_1 [Hz], 音源 S_2 の発する音の振動数を f_2 [Hz] とする。 f_1 と f_2 はわずかに異なり, $f_1 > f_2$ である。2個の音源からの音はどの場所でも, ほぼ等しい大きさで聞こえるものとして, 以下の問いに答えよ。ただし, 音速を V [m/s] とし, 風の影響は無いものとする。

- (1) 静止している人が聞くうなりの振動数 N_a [Hz] を求めよ。
- (2) 2つの音源 S_1 , S_2 を結ぶ直線上の充分遠方の点から, その直線上を音源に向かって速さ u [m/s] で近づく人がいる。この人の聞くうなりの振動数 N_b [Hz] を求めよ。
- (3) (2)と同じ速さでさらに音源に接近し, 一方の音源を通過した。その後, もう一方の音源を通過するまでの間, うなりが消えた。この人は音源 S_1 , S_2 のうち, どちらの音源を先に通過したか。理由を示して答えよ。
- (4) (3)の状況で, うなりが消えるための条件を, f_1 , f_2 , u と V を用いて表せ。
- (5) (4)の結果から, u を f_1 , f_2 と V を用いて表せ。

3 比熱が C_0 [J/(kg·K)] である質量 m_0 [kg] の容器がある。この容器を図1に示すように断熱材で囲むように設置している。断熱材内部は熱容量を無視できる気体で満たされている。容器と断熱材の間には熱源が置かれ、その熱源から一定熱量を連続的に容器に加えることができるようになっていいる。また、容器には熱容量を無視できる温度計がついており、容器の温度を測定できるようになっている。なお、容器と外部との間に熱の出入りはなく、容器の温度は加熱中も常に均一となる。また、測定温度の範囲では容器の比熱は変化しないものとする。

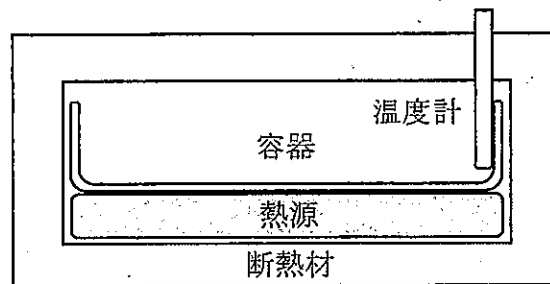


図1

- (1) 上記の容器に1秒間に q [J] の一定熱量を加え、容器の温度 T [K] を T_0 [K] から T_1 [K] まで上昇させた。この過程で熱源から容器に加えられた熱量 Q [J] を求めよ。

この容器を再び T_0 まで冷却し、容器に融点が T_m [K] である不純物を含まない質量 m [kg] の物質を入れた。この物質の融点 T_m は測定温度 T_0 と T_1 の間にあり、物質の固体と液体の比熱はそれぞれ C_s [J/(kg·K)] と C_l [J/(kg·K)] である。この物質と容器に1秒間に合計 q の一定熱量を加え T_0 から T_1 まで加熱した。 T_1 まで加熱した後に容器の中を確認したところ、物質はすべて液体になっていた。 T_0 から T_1 までの温度範囲では物質は固体から液体への変化以外は起こらず、物質と容器は十分接しており物質と容器の温度は加熱中も常に均一で等しかった。また、この測定温度の範囲では物質の固体と液体の比熱、融点および融解熱はそれぞれ変化しないものとする。

- (2) 加熱開始時刻から t_1 [s] が経過したとき、物質が固体から液体に変化し始めた。 t_1 を求めよ。
 (3) 物質の単位質量あたりの融解熱を H_m [J/kg] としたとき、加熱開始から物質が完全に液体になるまでの時間 t_2 [s] を求めよ。
 (4) 加熱開始からの時間 t と容器温度 T との関係を示すグラフを、 T が T_1 に達する時刻 t_3 [s] まで図示せよ。図示する際、図の原点を $t=0$ と $T=0$ として T_0 , T_1 , T_m , t_1 , t_2 , t_3 を図中に書き込むこと。
 (5) 時間 t_1 から t_2 までの温度変化について、その変化が起こる理由を「融解熱」という語句を用いて示せ。

4 次の各問いに答えよ。以下の問いの回路において導線の抵抗や電源の内部抵抗は無視できるものとする。

問1. 図1のように抵抗 R_1 [Ω], R_2 [Ω], R_3 [Ω], 可変抵抗 R_v [Ω], および電源 V_1 [V] で構成された回路がある。抵抗 R_1 と R_2 の間に点 A1, 抵抗 R_3 と R_v の間に点 B1 があり, それぞれの電位は V_{A1} [V] および V_{B1} [V] である。

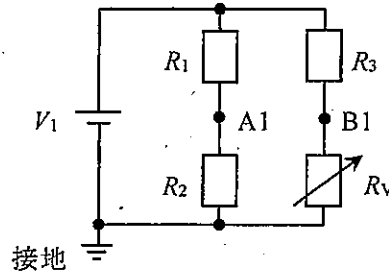


図1

- (1) V_{A1} および V_{B1} を求めよ。
- (2) A1 と B1 の電位を等しくするための条件を示し, そのときの R_v を求めよ。
- (3) $R_1 = 2000 \Omega$, $R_2 = 1000 \Omega$, $R_3 = 1000 \Omega$, $V_1 = 1.5 \text{ V}$, および, R_v が 0 から 2000 Ω まで変化するとして, V_{A1} および V_{B1} が R_v の変化に対してどのように変化するのか, 解答用紙にグラフの概形を描け。

問2. 図2のように自動で切り替わるスイッチ S を備えた装置 1, 60 Ω の電熱線 R_H , および 30 V の電源 V_2 で構成された回路がある。装置 1 のスイッチ S は, 端子 A2 と B2 に外部から入力される電圧 V_{A2} [V] と V_{B2} [V] の大小関係によって自動的に切り替わる。ただし, V_{A2} および V_{B2} は装置 1 に接続しても変化しないものとする。 $V_{A2} > V_{B2}$ の場合「+」端子に, $V_{A2} \leq V_{B2}$ の場合「0」端子に接続される。従って, V_{A2} を 1 V にして V_{B2} を 0 から 2 V まで変化させると R_H の両端の電位差 V_H [V] は図3のように変化する。

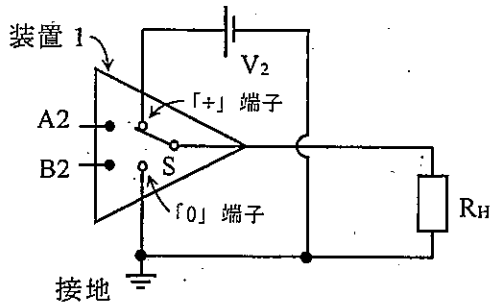


図2

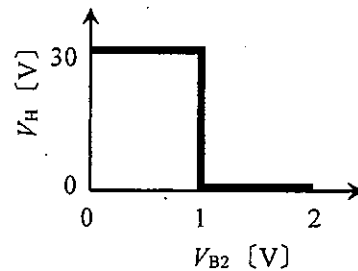


図3

- (1) $V_{A2} > V_{B2}$ の場合, R_H での消費電力 P_{A2} [W] を求めよ。
- (2) $V_{A2} < V_{B2}$ の場合, R_H での消費電力 P_{B2} [W] を求めよ。

問3. 次に、図1の回路のA1とB1を、図2の回路のA2とB2に接続した図4の回路を考える。また、 $R_1 = 2000 \Omega$, $R_2 = 1000 \Omega$, $R_3 = 1000 \Omega$, $V_1 = 1.5 \text{ V}$, $V_2 = 30 \text{ V}$ とし、図1の回路の可変抵抗 R_V は図5のように温度 $T [^\circ\text{C}]$ によって抵抗値 $R_T [\Omega]$ が変化する抵抗に変え、 R_T と 60Ω の電熱線 R_H はビーカーに入れられた水に浸けられている。 R_T と R_H の間には電流が流れないものとする。

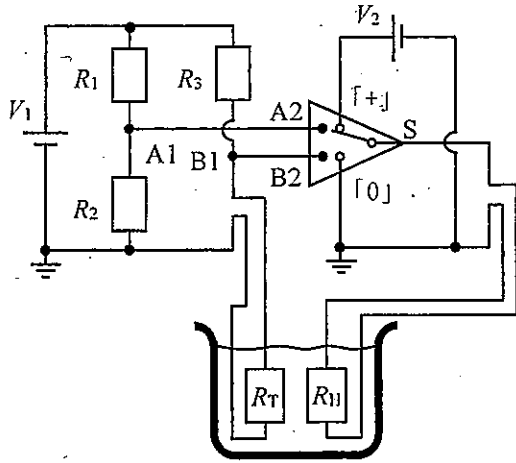


図4

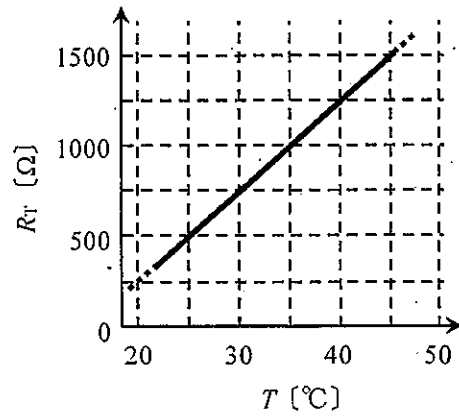


図5

- (1) A1 と B1 が等電位になる抵抗値 R_T を求めよ。また、その時のビーカーの水の温度 $T [^\circ\text{C}]$ を図5のグラフから求めよ。
- (2) A1 と B1 が等電位になる(1)で求めた水の温度より、ビーカーの水の温度が低い時、 R_H での消費電力 $P_{\text{low}T} [\text{W}]$ を求めよ。また、それよりビーカーの水の温度が高い時、 R_H での消費電力 $P_{\text{high}T} [\text{W}]$ を求めよ。