

令和2年度入学試験問題(後期)

理 科(物 理)

【注 意 事 項】

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いて見てはならない。
2. あらかじめ選択を届け出た科目について解答すること。それ以外の科目について解答しても無効である。
3. 本冊子には、**1** から **4** までの4問題が印刷されていて、合計10ページある。
落丁、乱丁、印刷の不鮮明な箇所等がある場合には、申し出ること。
4. 解答用紙はA—1～A—4を別に配付している。解答は、問題と同じ番号の解答用紙に記入すること。指定の箇所以外に記入したものは無効である。
5. 解答用紙の指定された欄に、学部名及び受験番号を記入すること。
6. 提出した解答用紙以外は、すべて持ち帰ること。

1

以下の各問いに答えなさい。

問 1 図 1 のように、長さ L で質量の無視できる変形しないまっすぐな棒で接続された、大きさの無視できる質量 m の物体 A の運動を考える。棒は地面に固定された軸 O を中心に紙面と平行な面上をなめらかに回転することができ、棒が水平方向となす角を θ とする。棒には、棒にそった方向にのみ力がかかるものとする。棒は反時計方向に回転しており、 $\theta = 0$ のときの物体 A の速さは v_0 であった。物体 A が軸 O の真上に来たとき、物体 A は静止した。以下の設問に答えなさい。ただし、空気の抵抗は無視できるものとする。なお、重力加速度は大きさが g であり向きが図の下向きとする。

- (1) v_0 を求めなさい。
- (2) 角度 θ における物体 A の速さ v を L , θ , g を用いて表しなさい。
- (3) 角度が θ のときの棒が棒にそった方向に物体 A を引っ張る力 T を m , θ , g を用いて表しなさい。ただし、棒が物体 A を引っ張る向きを T の正の向きとする。

問 2 次に、問 1 の物体 A および棒を用い、図 2 のように棒で接続された物体 A と質量 $\frac{m}{6}$ の物体 B の運動を考える。棒は物体 B 上の軸 P を中心に紙面と平行な面上をなめらかに回転することができ、棒が水平方向となす角を θ とする。棒には、棒にそった方向にのみ力がかかるものとする。物体 B は壁との間にすき間なく設置されており、壁にそって鉛直方向にのみなめらかに動くことができる。棒は反時計方向に回転しており、 $\theta = 0$ のときの物体 A の速さは問 1 と同じ v_0 であった。物体 B は $\theta = 0$ のとき水平な床に接していた。角度 θ が a を超えたとき、はじめて物体 B が床から離れた。問 1 をふまえて以下の設問に答えなさい。なお、本問では棒が $\theta = 0$ から反時計方向に回転し、物体 B が動く直前までの運動を考える。ただし、空気の抵抗は無視できるものとする。また、重力加速度は大きさが g であり向きが図の下向きとする。

- (1) 角度が θ のときに物体 B が床から受ける垂直抗力 N を m , θ , g を用いて表しなさい。ただし、鉛直上向きを N の正の向きとする。
- (2) $X = \sin a$ とおいたとき、 X に関する二次方程式が得られる。この式を X について解き、 X を求めなさい。

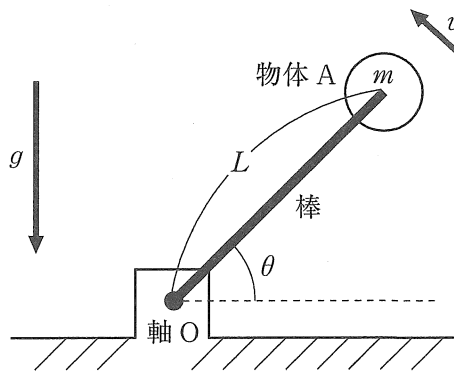


図 1

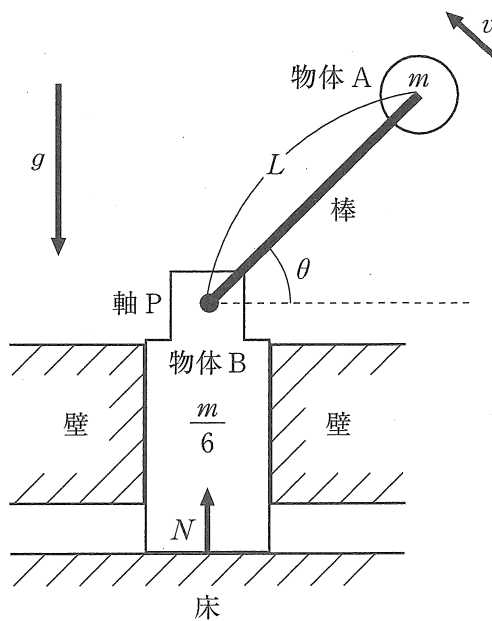


図 2

2

以下の各問いに答えなさい。

問 1

- (1) 次の文章は波の基本的な性質について記述したものである。空欄 A , B にあてはまる最も適切な数式を解答欄に記入しなさい。

媒質中を伝わる連続的な波について考える。波の周期を $T[\text{s}]$, 振動数を $f[\text{Hz}]$, 波長を $\lambda[\text{m}]$, 波の伝わる速さを $v[\text{m/s}]$ とする。振動数 f と周期 T の関係は $f =$ A となる。また、波は媒質が1回振動する時間(周期) T の間に1波長 λ だけ進むので、波の速さ v を T と λ を用いて表すと $v =$ B となる。

- (2) 次の文章は気柱の共鳴について記述したものである。空欄(①)～(⑤)にあてはまる最も適切な語句をそれぞれ①～⑤の番号を付した語群から選んで解答欄に記入しなさい。なお、問題文中、同じ番号は同じ語句が繰り返し使用されていることを示す。

フルートやリコーダーなどの管楽器は、管の中の空気(気柱)を振動させて音を出している。一端の閉じた管を閉管といい、両端の開いた管を開管という。閉管の場合、管の底へ進む波と底で反射した波が重なり合って(①)ができる。このようにして固有振動が発生する。このとき閉口端(管底)は(②)端に、開口端(管口)は(③)端になる。よって媒質の変位を考えると閉管における気柱内部の(①)は管底が(④)に、管口が(⑤)になる。

【語群】

- ① 進行波 球面波 定在波 入射波
- ② 固定 停止 移動 自由
- ③ 固定 停止 移動 自由
- ④ 節 高速 腹 低速
- ⑤ 節 高速 腹 低速

問 2 パイプオルガンが音を発するしくみは気柱の振動によるものであり、「パイプ」とは気柱を形成するための管のことである(以後、「管」と呼ぶ)。以下の問いに答えなさい。ただし、気柱は基本振動するものとし、開口端補正は考慮しないことにする。

(1) パイプオルガンを新たに設置することにしたが、建物の天井の高さの制約により、閉管と開管のいずれか短い方を用いることになった。この場合、どちらを選択すれば良いか、解答欄に記述しなさい。また、なぜその結論が得られたのか、閉管と開管の長さの比を示し、説明しなさい。

(2) パイプオルガンが発する最も低い音の振動数を 16 Hz と定めた。設問(1)で得られた結論をふまえ、この管の長さを計算しなさい。ここで管の長さ $[m]$ は小数第一位までとし、小数第二位を四捨五入して求め、解答欄に計算式と答えを記述しなさい。なお、管内の音の速さは 340 m/s とする。

(3) 室温が 10.0°C 上昇したときに生じる音の高さの変化について、管を形成する材料の熱膨張と、空気中を伝わる音の速さの観点から考察する。ただし、管、ならびに管内の空気の温度は室温に等しいものとする。

次に示す文章中の空欄(⑥)～(⑫)にあてはまる最も適切な文章をそれぞれ⑥～⑫の番号を付した文章群から選んで記号で解答しなさい。

<考察1> 管を形成する材料の熱膨張による影響について

まず、音の速さを一定として、管の熱膨張による影響のみを考える。室温が上昇すると(⑥)。管の長さの熱膨張による変化の割合を調べたところ、 1°C あたり元の長さより $2.50 \times 10^{-3} \%$ 伸びることがわかった。

よって室温 10.0°C の上昇により固有振動数は(⑦)。

<考察2> 空気中を伝わる音の速さの変化による影響について

次に、管の長さを一定として管中の音の速さの変化による影響のみを考える。温度 $t(^{\circ}\text{C})$ の空気中の音の速さ $V[\text{m/s}]$ が

$$V = 331.5 + 0.6t$$

で表されるとすると、室温の上昇によって(⑧)。波長が一定の場合、連続的な波の振動数は(⑨)ため、室温が 20.0°C から 30.0°C まで(⑩)。

<結論> 2つの要素の比較

考察1と考察2より、室温が 20.0°C から 30.0°C に上昇するとき、音の高さの変化に関して、(⑪)ことがわかった。よって室温の上昇によりパイプオルガンが出す音の高さは(⑫)という結論が得られた。

【文章群】

⑥ a : 管の長さが伸び、室温上昇は気柱の固有振動数を上げる作用をもつ

b : 管の長さが伸び、室温上昇は気柱の固有振動数を下げる作用をもつ

⑦ a : $\frac{1}{1 - 10.0 \times 2.50 \times 10^{-5}}$ (これを計算すると 1.0003)倍となる

b : $\frac{1}{1 + 10.0 \times 2.50 \times 10^{-5}}$ (これを計算すると 0.9998)倍となる

c : $\frac{1}{1 - 10.0 \times 2.50 \times 10^{-3}}$ (これを計算すると 1.0256)倍となる

d : $\frac{1}{1 + 10.0 \times 2.50 \times 10^{-3}}$ (これを計算すると 0.9756)倍となる

- ⑧ a : 音の速さが減少し, 室温上昇は気柱の固有振動数を下げる作用をもつ
- b : 音の速さが減少し, 室温上昇は気柱の固有振動数を上げる作用をもつ
- c : 音の速さが増加し, 室温上昇は気柱の固有振動数を下げる作用をもつ
- d : 音の速さが増加し, 室温上昇は気柱の固有振動数を上げる作用をもつ
- e : 音の速さは変化するが, 室温上昇は気柱の固有振動数を変化させる作用はない
- ⑨ a : 波の速さに比例する
- b : 波の速さに反比例する
- c : 波の速さに依存しない
- ⑩ a : 上昇すると気柱の固有振動数は $\frac{331.5 + 0.6 \times 30.0}{331.5 + 0.6 \times 20.0}$ (これを計算すると 1.02) 倍となる
- b : 上昇すると気柱の固有振動数は $\frac{331.5 + 0.6 \times 20.0}{331.5 + 0.6 \times 30.0}$ (これを計算すると 0.98) 倍となる
- c : 上昇しても気柱の固有振動数は変化しない
- ⑪ a : 熱膨張による影響が管内の音の速さの変化による影響に比べ大幅に大きい
- b : 熱膨張による影響は管内の音の速さの変化による影響に比べ大幅に小さい
- c : 熱膨張や管内の音の速さの変化は影響を及ぼさない
- ⑫ a : 高くなる
- b : 低くなる
- c : 変化しない

3 図1のように、断熱材で作られた十分な深さをもつ円筒容器が水平な床に置かれている。その円筒容器の中には、下から順にヒーター、物質 A および円板がすき間なく設置されている。ヒーターは毎分 $3.6 \times 10^2 \text{ J}$ で発熱し、温度によってヒーターの発熱量および体積は変化しない。物質 A は3個以上の原子からなる分子量 2.0×10^2 の分子でできており、その質量は 0.60 kg である。円板は断熱材で作られており、その質量は $1.0 \times 10^3 \text{ kg}$ である。また円板は円筒容器の底面とつねに平行な状態でなめらかに上下に動くことができる。円筒容器の内側の底面積は 0.98 m^2 であり、円筒容器の周囲の圧力の値は $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ でつねに一定である。

上記のような条件で物質 A をヒーターで加熱し、経過した時間に対する物質 A の温度を測定する実験を行った。その結果、図2のグラフを得ることができた。ただし、物質 A の温度は内部の位置によらず図2のグラフに示す温度と等しい値を示すものとする。

以下の問いに答えなさい。ただし、物質 A が気体の状態にある場合、理想気体として取り扱うことができる。また分子量の値は、その物質が 1 mol あるときの質量[g]に等しい。気体定数は $8.3 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ 、重力加速度の大きさは $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ として、計算結果は有効数字2桁の数値で表しなさい。

問 1 この実験における物質 A の以下の値について求めなさい。

- (1) 融点[K]
- (2) 融解熱[J/kg]

問 2 物質 A が液体であるときの比熱[J/(kg·K)]を求めなさい。

問 3 測定開始から420分経過したときに加熱を止めると、円板が一定の高さで静止した。このときの以下の値について求めなさい。

- (1) 物質 A の圧力[Pa]
- (2) ヒーター上面から円板下面までの距離[m]

問 4 経過時間 320 分から 420 分の間に物質 A に加えられた熱量[J]と物質 A の内部エネルギーの変化量[J]を求めなさい。

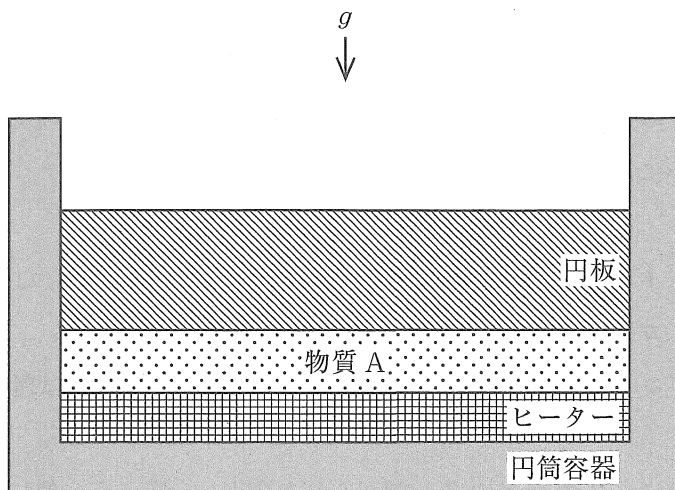


図 1

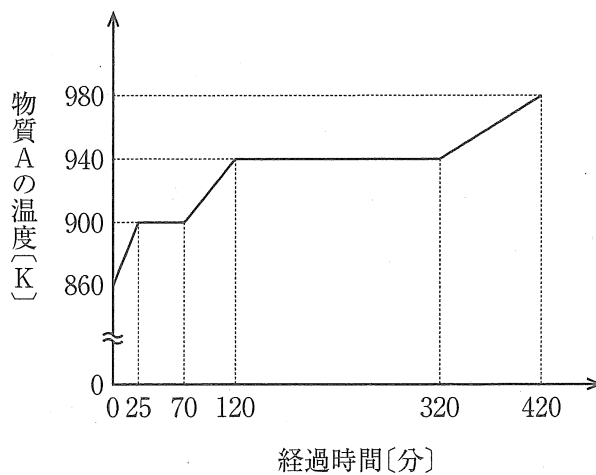


図 2

- 4 図に示すように、内部抵抗の無視できる電池 E_1 , E_2 , 抵抗 R_1 , R_2 , コンデンサー C_1 , C_2 , C_3 およびスイッチ S_1 , S_2 からなる回路がある。電池 E_1 , E_2 の起電力はそれぞれ $V[V]$, $3V[V]$, 抵抗 R_1 , R_2 の抵抗値はともに $R[\Omega]$, コンデンサー C_1 , C_2 , C_3 の電気容量はそれぞれ $C[F]$, $C[F]$, $2C[F]$ である。最初 2 つのスイッチ S_1 , S_2 は開かれており, 3 つのコンデンサー C_1 , C_2 , C_3 には電荷はたくわえられていないものとする。問 1 から問 4 の操作を順番に行った。以下の問いに答えなさい。

問 1 スイッチ S_1 を a 側に接続した後, 十分な時間が経過した。

- (1) コンデンサー C_1 にたくわえられた電気量は何 C か。
- (2) コンデンサー C_1 にたくわえられた静電エネルギーは何 J か。

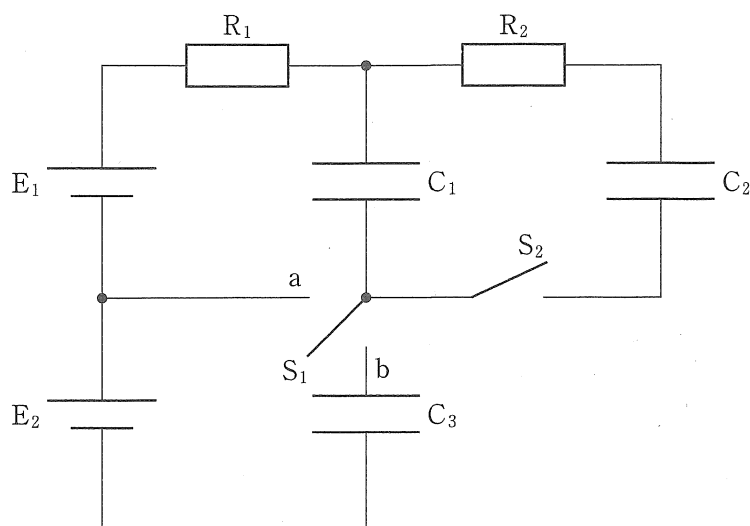
問 2 次に, スイッチ S_1 を a 側から切り離し, a 側にも b 側にも接続されていない状態にした。さらにスイッチ S_2 を閉じた後, 十分な時間が経過した。

- (1) コンデンサー C_1 , C_2 にたくわえられた電気量はそれぞれ何 C か。
- (2) コンデンサー C_1 , C_2 にたくわえられた静電エネルギーはそれぞれ何 J か。
- (3) スイッチ S_2 を閉じてから十分な時間が経過するまでの間に, 抵抗 R_2 で発生したジュール熱は何 J か。

問 3 次に, スイッチ S_2 を開き, さらにスイッチ S_1 を a 側に接続した後, 十分な時間が経過した。続いて, スイッチ S_1 を b 側に接続した。

- (1) スイッチ S_1 を b 側に接続した直後に抵抗 R_1 に流れる電流は何 A か。
- (2) スイッチ S_1 を b 側に接続してから十分な時間が経過したとき, コンデンサー C_3 にたくわえられた電気量は何 C か。
- (3) (2) のとき, コンデンサー C_3 にたくわえられた静電エネルギーは何 J か。

問 4 次に、スイッチ S_1 を b 側から切り離し、a 側にも b 側にも接続されていない状態にした後、外力を加えてコンデンサー C_3 の極板間隔を十分ゆっくりと 2 倍に広げた。ただし、コンデンサー C_3 は平行板コンデンサーであり、それぞれの極板の面積は十分に広く、極板の端の効果、厚さおよび質量は無視できるものとする。また、極板間隔を広げる前と後で、極板間の誘電率は変わらないものとする。このとき外力がなした仕事は何 J か。



令和 2 年度弘前大学一般入試（後期日程）

問題訂正・補足説明

問題訂正・補足説明の教科・科目名

理科（物理）

理科（物理）

2 ページ 1 問 2 (2) 1 行目

誤) $X = \sin a$ とおいたとき,

正) $X = \sin a$ とおいたとき, (1) の結果から