

令和5年度入学試験問題

理 科

(前期日程)

医 学 部
工 学 部
農 学 部

| 科 目 | ページ | 解答用紙枚数 | 選択方法 |
|-----|-------|--------|--|
| 物 理 | 1～9 | 3 | 左の科目のうちから、受験票に記載している科目の問題を選択し、解答しなさい。(医学部志望者は、2科目を選択し、解答しなさい。) |
| 化 学 | 10～16 | 4 | |
| 生 物 | 17～28 | 4 | |

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
2. この問題冊子は28ページあります。
3. すべての解答用紙の受験番号欄に受験番号を記入しなさい。受験番号が正しく記入されていない場合は、採点できないことがあります。
4. 解答は解答用紙の指定された解答欄に記入しなさい。
5. 物理には、下書き用紙が1枚あります。
6. 試験中に問題冊子および解答用紙の印刷不鮮明、ページの落丁および汚損等がある場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
7. 試験終了後、問題冊子および下書き用紙は持ち帰りなさい。

物 理

1 次の文章を読み、以下の設問の答を解答欄に記入せよ。

水平面から θ [rad] 傾いた斜面上に、ばね定数 k [N/m] のばねが設置されている。ばねの下端は斜面上に垂直な面に固定されており、上端には質量 m [kg] の物体 A が取り付けられている。

図 1-1 のように、物体 A の上に質量 M [kg] の物体 B を静かに置き、つり合いの位置で静止させる。重力加速度の大きさを g [m/s²] とする。物体 A、物体 B の大きさとばねの質量は無視でき、斜面と物体との間に摩擦は無く、斜面は十分に長いとする。また、ばねが自然長のときの物体 A の位置を O とし、点 O を原点として斜面に沿って下向きに x 軸をとる。

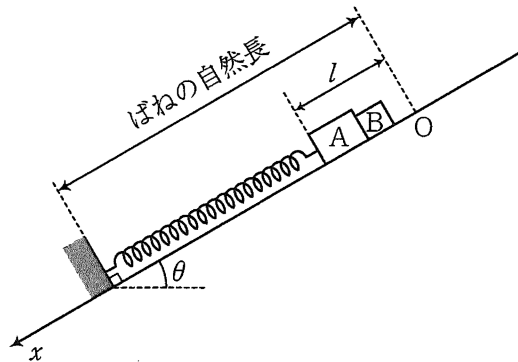


図 1-1

問1 物体Aと物体Bを接触させたまま、ばねをつり合いの状態からわずかに縮めて手を離すと、物体Aと物体Bは一体になり単振動をし続けた。

- (1) つり合いの状態での、自然長からのばねの縮み l [m] を答えよ。
- (2) ばねが自然長から長さ x [m] だけ縮んでいるときの物体Aと物体Bの加速度の大きさを a [m/s²] とする。物体Aが物体Bに及ぼす力の大きさを R [N] とするとき、物体Aと物体Bの斜面方向の運動方程式をそれぞれ示せ。
- (3) (2)で求めた運動方程式から、物体Aと物体Bの加速度の大きさ a と、物体Aが物体Bに及ぼす力の大きさ R を、 x を用いて表せ。
- (4) 物体Aと物体Bが一体となり単振動をし続けたときの周期を答えよ。

問2 次に、図1-2のように、物体Aと物体Bを接触させたまま、ばねをつり合いの状態からさらに縮める。ばねの自然長からの縮み d [m] をある値 d_0 [m] より大きくしたときに手を離すと、少しの間2つの物体は一体になって動いた後、物体Bは物体Aから離れて斜面を上った。

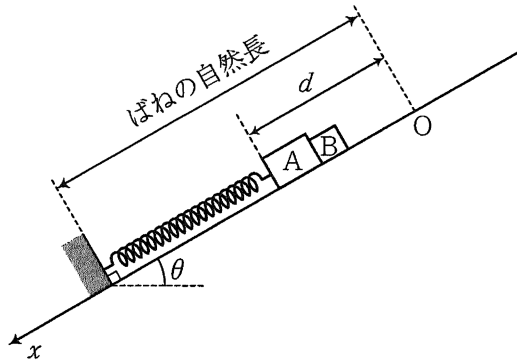


図1-2

- (1) 物体Bが物体Aから離れる瞬間の、自然長からのばねの縮みを答えよ。
- (2) 物体Bが物体Aから離れる瞬間の、物体Bの速さを M , m , g , θ , k , d を用いて表せ。
- (3) d_0 を k , M , m , g , θ を用いて表せ。

問3 今度は、物体Aと物体Bを接触させたまま、ばねを自然長から長さ $2d_0$ [m]だけ縮めて手を離した。すると、少しの間2つの物体は一体になって動いた後、物体Bは物体Aから離れて斜面を上った後に斜面を下った。そして、ちょうど物体Aから離れた位置で、物体Aと衝突した。物体Bが物体Aから離れて衝突するまでの間に、物体Aはばねにより1周期だけ単振動した。

- (1) 物体Bが物体Aから離れた瞬間の、物体Bの速さを V_0 [m/s]とする。物体Bが物体Aから離れてから次に物体Aと衝突するまでの時間を、 V_0 , g , θ を用いて表せ。
- (2) 物体Aのばねによる単振動の1周期を答えよ。
- (3) 物体Bが物体Aから離れた瞬間の物体Bの速さ V_0 を、力学的エネルギー保存の法則を用いて M , m , g , θ , k を用いて表せ。答を導く計算過程も記入せよ。
- (4) 物体Bが物体Aと離れてから物体Aと衝突するまでの時間と、物体Aのばねによる単振動の1周期が等しいことから、2つの物体の質量比 $\frac{M}{m}$ を答えよ。

2 以下の設問の答を解答欄に記入せよ。

問1 図2-1に示すように、2本の平行な導体レールを間隔 l [m] で水平におく。レールの左側に、起電力 V_0 [V] の電池、抵抗値 R_0 [Ω] の抵抗、接点 A または B に切り替え可能なスイッチからなる回路を接続し、レール上に抵抗値 R_1 [Ω] で質量 m [kg] の導体棒を配置した。導体棒と導体レールの接触抵抗は無視できるとし、導体棒はレールと垂直を保ちながらなめらかに運動できるとする。また、レールの電気抵抗、導体棒が移動する際の空気抵抗、回路を流れる電流により発生する磁場は無視できるとする。以下の問に答えよ。

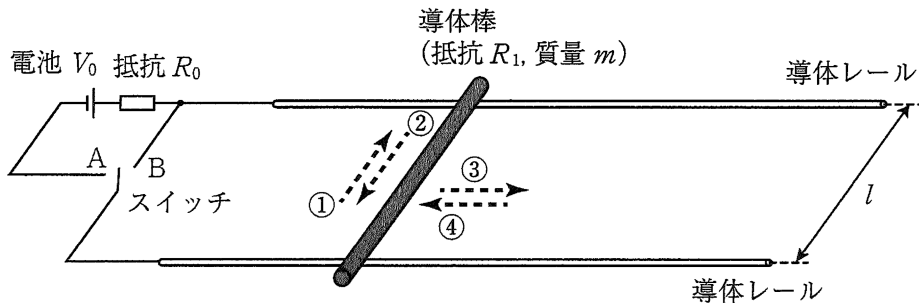


図2-1

- (1) スイッチを A に接続した際に、導体棒に流れる電流の向きと大きさを答えよ。ただし、電流の向きは図2-1中の①、②から選んで答えよ。
- (2) スイッチを A に接続した際に、時間 t [s] の間に導体棒で発生するジュール熱を答えよ。
- (3) 水平面に対して鉛直上向きに磁束密度の大きさ B_0 [T] の一様な磁場をかけた状態でスイッチを A に接続したところ、導体棒が動き出した。スイッチを A に接続した瞬間に導体棒が受ける力の向きと大きさを答えよ。ただし、スイッチを接続した瞬間に(1)で求めた大きさの電流が回路に流れるとする。また、力の向きは図2-1中の①～④から選んで答えよ。

問2 次に、導体棒が静止している状態でスイッチをBに接続し、鉛直上向きに磁束密度 B_0 [T] の一様な磁場をかける。図2-2のように導体棒にひもをつけて右方向に一定の速さ v_0 [m/s] で動かす。

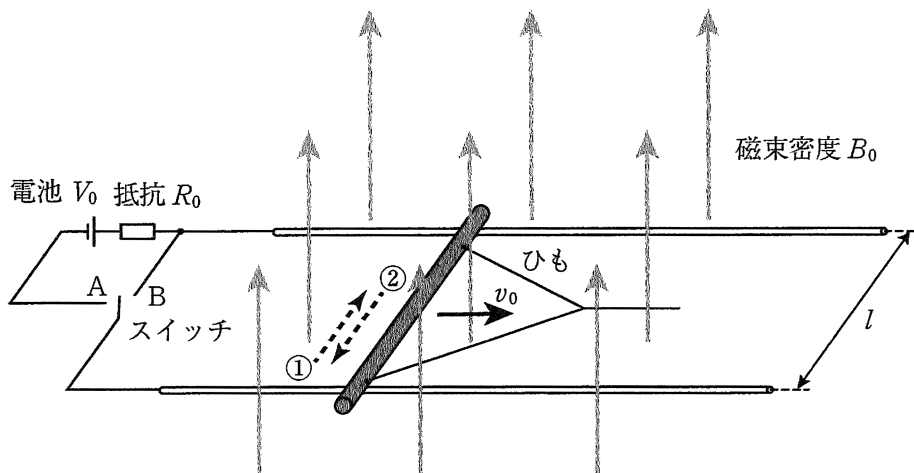


図2-2

- (1) このとき、導体棒に流れる電流の向きと大きさを答えよ。ただし、電流の向きは図2-2中の①、②から選んで答えよ。また、答を導く計算過程も記入せよ。
- (2) 一定の速度 v_0 で導体棒を引っ張るために必要な力の大きさを答えよ。

問3 次に、図2-3のように導体レールおよび回路の端を持ち上げ、導体レールが水平面から θ [rad]傾いた状態にする。さらに、鉛直上向きに磁束密度 B_0 [T]の一様な磁場をかける。最初は導体棒にストッパーをつけレールに固定する。

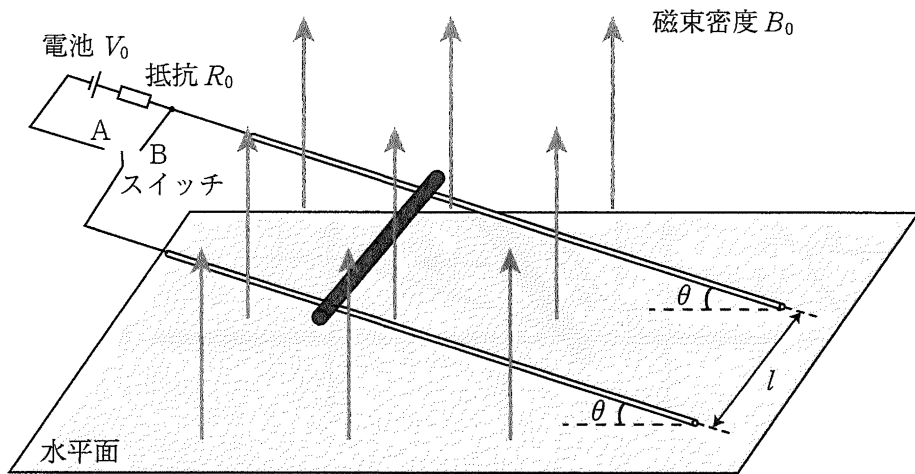


図2-3

- (1) スイッチをBに接続した状態でストッパーを外すと導体棒はレールに沿って滑り落ち始め、しばらくすると導体棒は一定の速さとなった。このときの速さを答えよ。また、答を導く計算過程も記入せよ。なお、重力加速度を g [m/s²]とする。さらに、導体レールは十分な長さがあるとし、導体棒が水平面に到達することは考えなくて良い。
- (2) スイッチをAに接続した状態でストッパーを外したところ、導体棒は移動することなく元の位置に静止した。そこで、ストッパーをつけた状態で電池を起電力 $2V_0$ [V]のものに取り替え、スイッチをAに接続した。この状態でストッパーを外すと導体棒はどのような運動をするか、解答欄の選択肢①～③の中から一つ選び、それに○をつけよ。またそのような運動をする理由を説明せよ。

3 以下の設問の答を解答欄に記入せよ。

問1 水の比熱を $4.2 \text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$, 0°C の氷の比熱を $2.1 \text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$, 氷の融解熱を $3.3 \times 10^2 \text{ J/g}$, 水の蒸発熱を $2.3 \times 10^3 \text{ J/g}$ として以下の問に有効数字2桁で答えよ。ただし, 断熱容器の熱容量は無視でき, 水蒸気は外部に逃げるものとする。

(1) 断熱容器の中に 20°C の水 100 g がある。ここに 80°C の水 200 g を加えてゆっくりかき混ぜ, 熱平衡状態にした。かき混ぜた後の水の温度 $T_1[^\circ\text{C}]$ を答えよ。なお, 答を導く計算過程も記入せよ。

(2) 断熱容器内にある 30°C の水 300 g を, 600 W のヒーターを用いて 60°C にしたい。ヒーターが水に与える熱量 $Q_1[\text{J}]$ および水の温度が 60°C に達するまでの時間 $t[\text{s}]$ を答えよ。ただし, 水の温度が 60°C になるまでに水の蒸発はないものとする。なお, 答を導く計算過程も記入せよ。

(3) 断熱容器の中に 90°C の水 300 g がある。ここに, 600°C に熱した 178 g の金属球を入れてかき混ぜ, 100°C の熱平衡状態にしたとき, 蒸発により水の質量が小さくなった。水の蒸発する温度と蒸発した水蒸気の温度をそれぞれ 100°C , 金属球の比熱を $0.40 \text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ とした場合, 蒸発した水の質量 $M_1[\text{g}]$ を答えよ。なお, 答を導く計算過程も記入せよ。

(4) 断熱容器の中に 90°C の水 220 g がある。ここに 0°C の氷 30 g を入れてかき混ぜたところ, 氷が全て融けて水となった。このとき, 水の温度 $T_2[^\circ\text{C}]$ を答えよ。なお, 答を導く計算過程も記入せよ。

(5) 断熱容器の中に 66°C の水 200 g がある。ここに 0°C の氷 200 g を入れてかき混ぜた。熱平衡状態に達したとき, 全体の温度は 0°C であった。このとき, 融けた氷の質量 $M_2[\text{g}]$ を答えよ。なお, 答を導く計算過程も記入せよ。

問2 図3-1は熱量計を用いたジュールの実験装置である。熱量計の中には水が満たされ、なめらかに回転する滑車に軽い糸が巻かれており、糸につるしたおもりが落下すると、羽根車が回転する。羽根車が回転することで水がかきまわされ、羽根車と水の摩擦によって熱が発生し、水の温度が上昇する。水の温度の上昇から、発生した熱量を求めることができる。重力加速度の大きさを $g[\text{m/s}^2]$ 、水の比熱を $4.2 \text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ とする。なお、熱量計から熱は逃げないものとする。

- (1) 質量 $m[\text{kg}]$ のおもりが静止の状態から $h[\text{m}]$ 落下したときに速さが $v[\text{m/s}]$ となった。おもりが静止の状態から h 落下する間に熱量計に発生する熱量 $Q_2[\text{J}]$ を、 m 、 h 、 v 、 g を用いて表せ。ただし、羽根車が水にした仕事はすべて熱に変わるものとする。
- (2) 熱量計の中にある水の質量を 50 g 、おもりの質量を 2.8 kg 、重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とする。おもりが静止の状態から 10 m 落下したとき、おもりの速さは 1.0 m/s であった。羽根車が水にした仕事による水の温度上昇 $\Delta T[\text{K}]$ を有効数字2桁で答えよ。なお、答を導く計算過程も記入せよ。ただし、熱量計の中は熱平衡状態にあるものとする。また、熱量計(容器、羽根車および温度計)の熱容量は無視できるものとする。

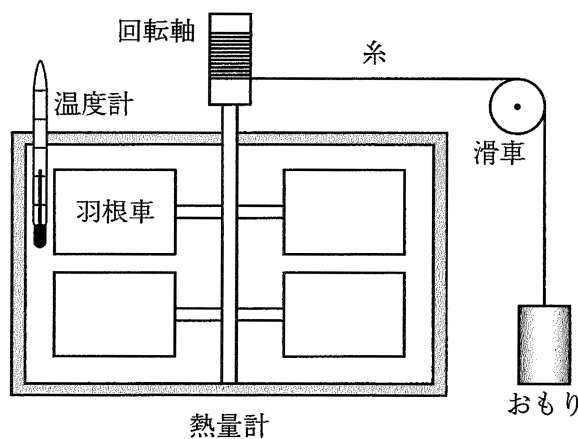


図3-1