

【医学科】

理科問題

2021(令和3)年度

【注意事項】

1. この問題冊子は「理科」である。
2. 理科は2科目を解答すること。試験時間は2科目合計で180分である。
3. 試験開始の合図まで、この問題冊子を開いてはいけない。ただし、表紙はあらかじめよく読んでおくこと。
4. 試験開始後すぐに、以下の5.に記載されていることを確認すること。
5. この問題冊子の印刷は1ページから16ページまであり、解答用紙は問題冊子中央に9枚はさみこんである。

| 科目 | 問題 | 解答用紙 |
|----|--------------|----------------------|
| 物理 | 1ページから6ページ | 3枚(53-1, 53-2, 53-3) |
| 化学 | 7ページから10ページ | 3枚(54-1, 54-2, 54-3) |
| 生物 | 11ページから16ページ | 3枚(55-1, 55-2, 55-3) |

6. 問題冊子に落丁、乱丁、印刷不鮮明な箇所等があった場合および解答用紙が不足している場合は、手をあげて監督者に申し出ること。
7. 試験開始後、解答する科目の解答用紙の所定欄に、受験番号と氏名を記入すること(1枚につき受験番号は2箇所、氏名は1箇所)。
8. 解答は必ず解答用紙の指定された箇所に記入すること。解答用紙の裏面に記入してはいけない。
9. 解答する科目の問題番号に対応した解答用紙に解答していない場合は、採点されない場合もあるので注意すること。
10. 解答する字数に指定がある場合は、句読点も1字として数えること。英数字を記入する場合は、1字分のマス目に2文字まで記入してよい。
11. 問題冊子の中の白紙部分は下書き等に使用してよい。
12. 解答用紙を切り離したり、持ち帰ってはいけない。解答しない科目の解答用紙も提出すること。
13. 試験終了時刻まで退室を認めない。試験中の気分不快やトイレ等、やむを得ない場合には、手をあげて監督者を呼び、指示に従うこと。
14. 試験終了後は問題冊子を持ち帰ること。

53 物理

1 ページから 6 ページ

〔 I 〕 図のように、水平から角度 θ ($0 < \theta < \frac{\pi}{2}$) 傾いたなめらかな斜面に、一端が固定されたばね定数 k の軽いばねがある。ばねの他端には質量 m の小球 A が取り付けられている。また、斜面の途中には、質量 $\frac{m}{4}$ の小球 B が固定されている。斜面に沿って上る向きを正として x 軸をとり、小球 A のつりあいの位置を $x = 0$ とする。運動は全て斜面に沿って起こるものとする。重力加速度の大きさを g 、小球 A と小球 B の間の反発係数を $e = 1$ とし、以下の問いに答えなさい。

はじめに、小球 A を $x = -l$ まで押し下げて静かにはなすと、小球 A は小球 B とぶつかることなく単振動をした。

(1) 小球 A の単振動の周期 T_0 を答えなさい。

(2) 小球 A が $x = 0$ を正方向に通過するときの速度 v_A を求めなさい。

小球 A が $x = -l$ に戻った瞬間に、小球 B の固定を静かに外した。この時刻を $t = 0$ とする。小球 B は斜面を下り、ある時刻 t ($< T_0$) で小球 A と 1 回目の衝突をした。衝突後、小球 A は停止し、小球 B は跳ね返って斜面を上った。

(3) 小球 A と小球 B が衝突した位置を答えなさい。

(4) 小球 B の衝突直前の速度 v_B と衝突直後の速度 v'_B をそれぞれ求めなさい。

(5) $\sin \theta$ を求めなさい。

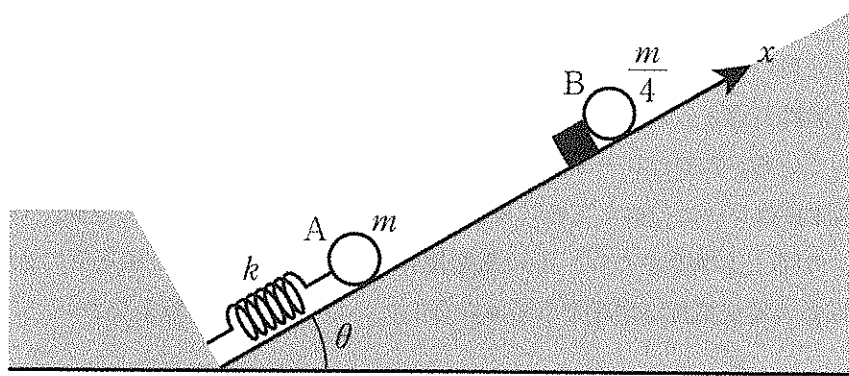
(6) 小球 B をはなした位置 x_0 を求めなさい。

(7) 衝突後に小球 B が達する最高位置 x_1 と、その時刻 t_1 をそれぞれ求めなさい。

その後、小球 B は再び斜面を下り、小球 A と衝突し、斜面を上る運動を繰り返した。

(8) 小球 A と小球 B が n 回目に衝突した直後の小球 A の速度 $v_A(n)$ および小球 B の速度 $v_B(n)$ をそれぞれ求めなさい。

(9) 小球 A と小球 B が 4 回衝突するまでのそれぞれの位置 x_A と x_B を、横軸を時間 t として、同一のグラフに示しなさい。ただし、 x_A は実線、 x_B は破線で表すこと。また、横軸の目盛りの表記に T_0 を用いること。



〔Ⅱ〕 図のように、水平からの角度 θ ($0 < \theta < \frac{\pi}{2}$) を変えることができる斜面に、導体でできた直線状の十分長い2本のレールが間隔 L で固定されており、鉛直上向きに磁束密度の大きさ B の一様な磁場が加えられている。レールには抵抗値 R の抵抗、スイッチ S_1 , S_2 、直流電源が接続されている。2本のレールに接するように、レールに対して垂直に質量 m の導体棒を置いた。導体棒はレールに対して常に垂直を保ちながらレールに沿って運動する。また、導体棒とレールの間には摩擦があり、その動摩擦係数を μ とする。重力加速度の大きさを g とし、抵抗値 R 以外の電気抵抗は無視できるものとして、以下の問いに答えなさい。

はじめに、スイッチ S_1 , S_2 が開いている状態で斜面の傾きを徐々に大きくすると、角度 θ_0 のときに導体棒がすべり始めた。

(1) レールと導体棒の間の静止摩擦係数 μ_0 を求めなさい。

次に、斜面の角度を θ_1 ($< \theta_0$) に保持し、導体棒を静止させた。その後、スイッチ S_1 を閉じ、直流電源の電圧を0から徐々に大きくすると、ある電圧に達したときに導体棒は斜面上方に向かって動き始めた。

(2) 直流電源の陽極は、図の a, b のどちらか答えなさい。

(3) 導体棒が動き始める直前に、導体棒が磁場から受ける力 F_1 の大きさを求めなさい。

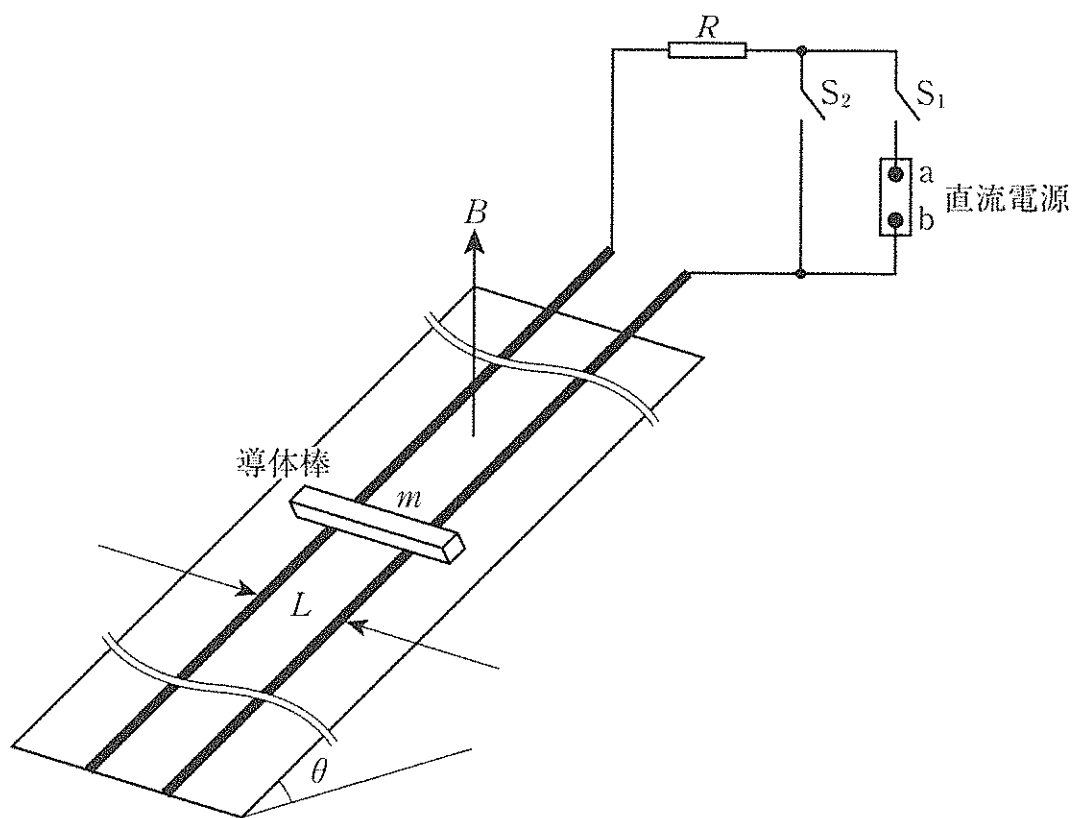
(4) 導体棒が動き始める直前の電圧 V_1 を求めなさい。

次に、スイッチ S_1 を開き、導体棒を静止させた。その後、スイッチ S_2 を閉じ、斜面の角度を θ_2 ($> \theta_0$) にした。導体棒は斜面下方にすべり始め、十分時間が経つと、導体棒の速さは一定になった。

(5) 十分時間が経ったときの導体棒の速さを v_T とし、導体棒に生じる誘導起電力 V_2 と導体棒が磁場から受ける力 F_2 の大きさをそれぞれ求めなさい。

(6) このときの導体棒の速さ v_T を求めなさい。

(7) 導体棒が速さ v_T に達したあとの、単位時間当たりの動摩擦力による仕事 w 、抵抗による消費電力 P 、および、単位時間当たりの導体棒の位置エネルギーの変化量 Δu をそれぞれ計算し、これら3つの物理量の関係を示しなさい。



〔Ⅲ〕 断熱材でできた直方体の箱 A に 1 モルの単原子分子理想気体が封入されている(図 1(a))。箱 A の左側の壁の内側には電熱線が取り付けられていて、右側の壁 X は左右になめらかに動くことができる。最初の状態では、左右の壁の間の距離は L_0 、気体の温度は T_0 であった。大気圧を P_0 、気体定数を R とする。箱は床に固定されている。以下、操作中に気体の出入りは起こらないとする。

電熱線に電流を流して気体を加熱したところ、壁 X が右に $\frac{1}{2}L_0$ 動いた(図 1(b))。

- (1) 気体の圧力 P_1 と温度 T_1 を求めなさい。
- (2) 気体が外部にした仕事 W を求めなさい。
- (3) 電熱線が気体に与えた熱量 Q を求めなさい。

次に、箱 A に加えて、1 モルの単原子分子理想気体が封入されている箱 B を考える(図 2(a))。箱 B も断熱材でできており、床に固定されている。右側の壁 Y は左右になめらかに動くことができる。箱 B の内部には、一端が固定されているばね定数 k のばねがある。ばねの他端には球体取り付けられていて、球体は箱 B の左側の壁を貫く固い棒を介して壁 X と接している。棒は箱 B に対してなめらかに動くことができる。最初の状態では、両箱とも、左右の壁の間の距離は L_0 、内部の気体の温度は T_0 であった。また、ばねは自然長であった。棒、ばね、球体の熱容量および棒を介した熱の移動は無視できる。

電熱線に電流を流して気体を加熱したところ、壁 X が右に $\frac{1}{2}L_0$ 動いた(図 2(b))。

- (4) 箱 A の内部の気体の圧力 P_2 を求めなさい。
- (5) 箱 A の内部の気体の温度 T_2 を求めなさい。

電熱線が箱 A の内部の気体に与えた熱量は $\frac{5}{2}RT_0$ であった。

- (6) このときのばね定数 k を求めなさい。

その後、棒を球体から取り外すと、球体は箱 B の内部でしばらく運動を続けたあと静止し、ばねは自然長に戻った(図 2(c))。

- (7) 箱 B の内部の気体の温度 T_3 を求めなさい。
- (8) 壁 Y は左右どちらにどれだけ動いたかを答えなさい。

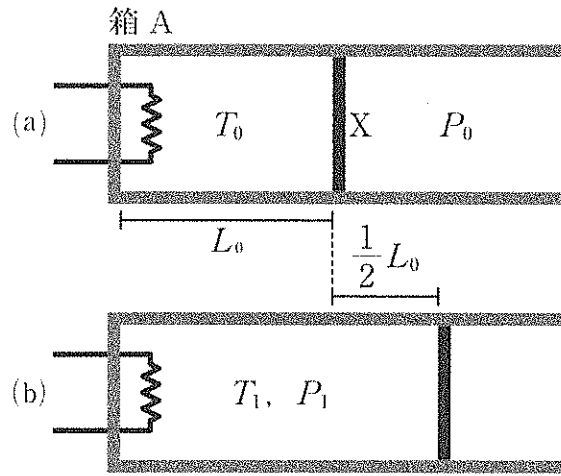


图1

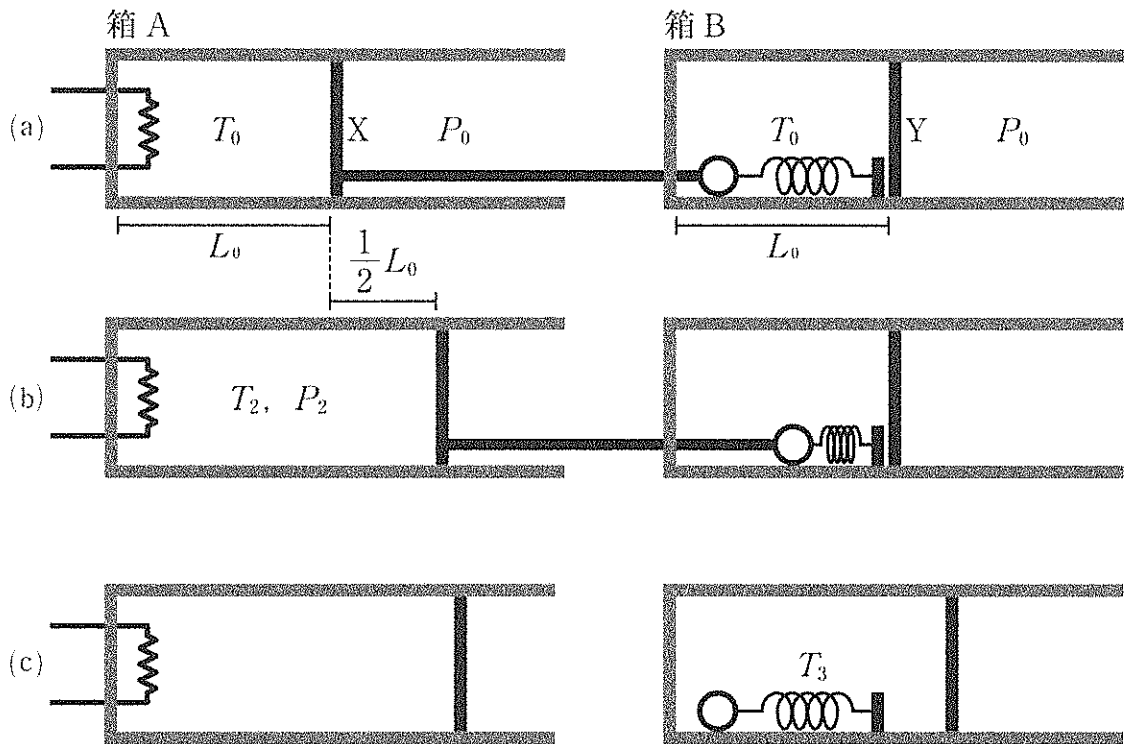


图2