

令和3年度 入学試験問題訂正等用紙

一般選抜 前期日程

教科・科目等： 物理A

学部・学科等： 教, 理, 工, 農

訂正等種別

(該当する番号を○で囲む)

- | | |
|---|---------|
| 1 | 問題の訂正 |
| 2 | 解答用紙の訂正 |
| ③ | 補足説明 |

補足説明：

- 7ページ ③の13行目の最後に

「コンデンサー以外の電気容量は無視できるものとする。」を追加。

- 10ページ ③の問4

「もとの導体棒の電流の大きさ」と「もとの導体棒の加速度の大きさ」とは、問3(1)で求めたものである。

令和3年度前期日程入学試験問題

物 理 A

教 育 学 部

理 学 部

工 学 部

農 学 部

注 意 事 項

- ① 試験開始の指示があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
- ② 問題冊子は、10ページ(表紙、白紙を除く)です。試験開始後、確認してください。
- ③ 解答は、別紙の解答用紙に記入しなさい。
- ④ 受験番号は、解答用紙の指定の欄に記入しなさい。

1 自然の長さが L_0 で、ばね定数の異なる 2 本のばね(ばね 1, ばね 2)がある。

図 1 のように、それぞれのばねの上端を天井に固定し、もう一方の端に質量 m の小球を取り付けたところ、ばね 1 は a だけ伸びてつり合い、ばね 2 は $2a$ だけ伸びてつり合った。重力加速度の大きさを g とし、ばねの質量、小球の大きさ、空気抵抗は無視できるものとして、次の問に答えよ。なお、解答は導出過程も含めて記述せよ。

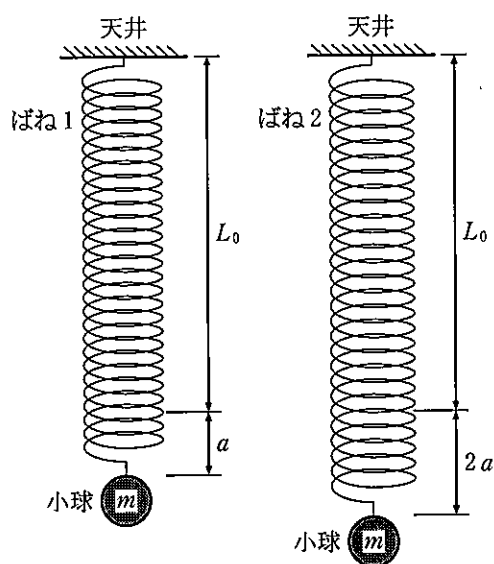


図 1

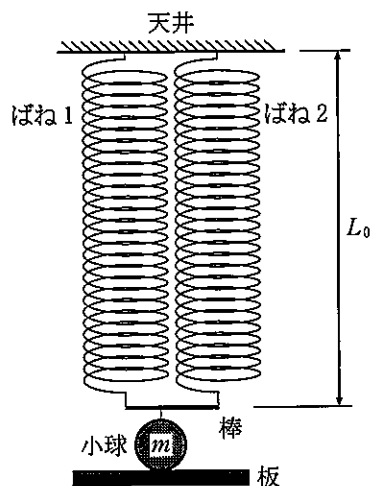


図 2

問 1 図 2 のように、2 本のばねの上端をそれぞれ天井に固定し、変形しない質量の無視できる棒に 2 本のばねを並列につないだ。さらに、棒に質量 m の小球を取り付けた。このとき、小球の取り付け位置は、並列につながれた 2 本のばねの長さが常に同じになるように調整した。そして、両方のばねの長さが自然の長さ L_0 になるように、板を水平に保って小球を支えた。

(1) 並列につながれた 2 本のばねを、一つのばねと見なしたときのばね定数が $\frac{3mg}{2a}$ となることを示せ。

以降の(2)から(5)は、並列につながれた2本のばねを一つのばねと見なしたときのばね定数が $\frac{3mg}{2a}$ となることを用いて答えよ。

- (2) 板を水平に保ったまま、小球と板が離れないようにゆっくりと板を下げたところ、ばねの長さが x となった。このとき板から小球に働く垂直抗力を、 L_0 , m , a , g , x を用いて表せ。ただし、力の向きは鉛直上向きを正とする。
- (3) 板を水平に保ったまま、さらに、小球と板が離れないようにゆっくりと板を下げていくと、ばねの長さが L を超えるところで板と小球が離れた。そのようなばねの長さ L を求めよ。
- (4) 板を水平に保ったまま、小球と板が離れないようにゆっくりと板を下げていくとき、ばねの長さが自然の長さ L_0 から、はじめて板と小球が離れる(ばねの長さが L となる)までの間に、板が小球におよぼす力がした仕事を求めよ。
- (5) 板を水平に保ったまま、ばねの長さが自然の長さ L_0 になるように板で小球を支えているときに、小球に速度を与えずに板を瞬間的に取り去ったところ、小球は単振動を始めた。小球が最下点に到達したときのばねの長さを求めよ。

問 2 図 3 のように、2 本のばねを直列につなぎ、ばねの上端を天井に固定し、下端に質量 m の小球を取り付け、鉛直線とばねのなす角が θ となるように水平面内で等速円運動させたところ、小球の速さは v 、2 本のばねの合計の伸びは ΔL であった。なお、小球は、ばねに沿った方向には振動しないものとする。

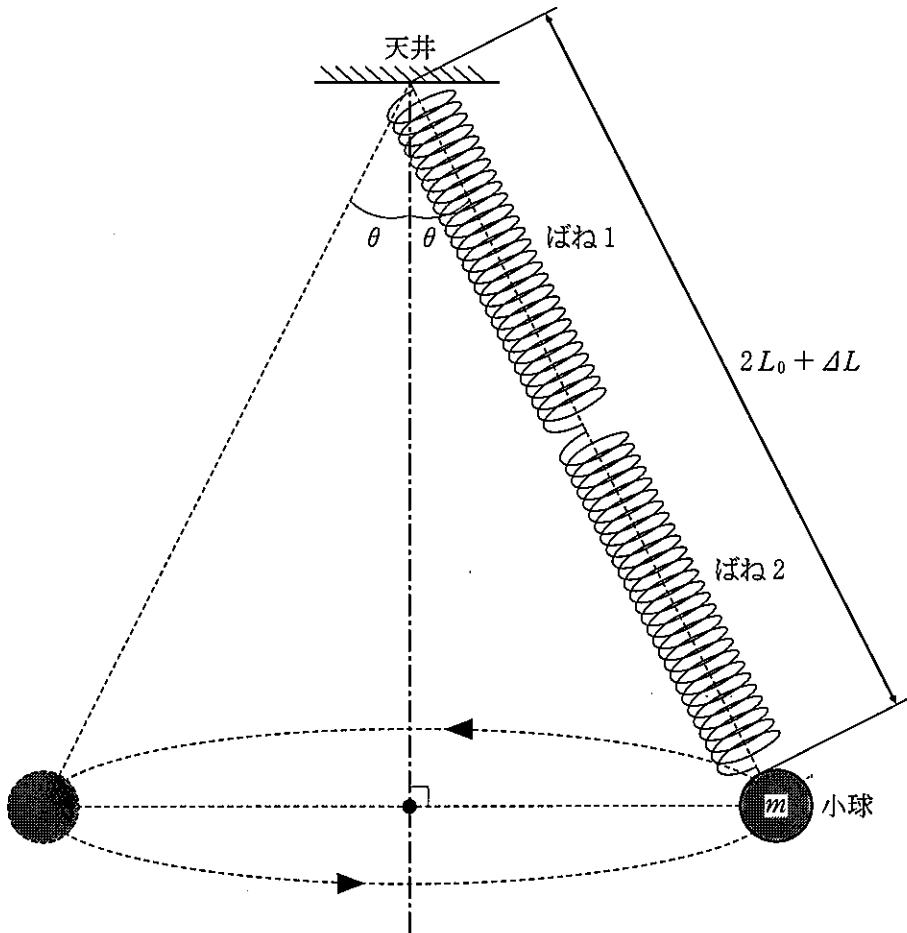


図 3

- (1) 直列につながれた 2 本のばねを、一つのばねと見なしたときのばね定数が $\frac{mg}{3a}$ となることを示せ。

以降の(2)から(4)は、直列につながれた2本のばねを一つのばねと見なしたときのばね定数が $\frac{mg}{3a}$ となることを用いて答えよ。

- (2) 小球に働く力の水平方向のつり合いの式を、 L_0 , m , a , g , v , θ , ΔL を用いて表せ。
- (3) 小球に働く力の鉛直方向のつり合いの式から、直列につながれた2本のばねの合計の伸び ΔL を求めよ。
- (4) 小球の速さ v を、 L_0 , a , g , θ を用いて表せ。

2 図4のような内部に体積 V_b [m³] の空気を含む球体を持つ気球を、球体内部の空気を加熱して上昇させる。球体は、厚さが無視でき、かつ伸び縮みしない断熱素材でできており、球体の下端の空気の入りは自由であり、球体の外部と内部の圧力は等しい。球体の下部に取り付けられたゴンドラには内部の空気を加熱するヒーターが備わっている。気球全体(球体、内部の空気、細い支柱、ヒーター、ゴンドラ、乗員)から球体内部にある空気の質量を除いた残りの部分の質量は M (kg) である。ヒーターの使用の有無と関係なく球体は常に図のように球形を保っている。球体内部の空気の温度は一様で、ヒーターにより制御できる。また球体内部の空気の体積に比べて他の部分の体積は十分小さいものとする。空気は理想気体として取り扱い、重力加速度の大きさを g (m/s²)、気体定数を R (J/(mol·K)) とする。以下の問に答えよ。解答は導出過程も含めて記述せよ。

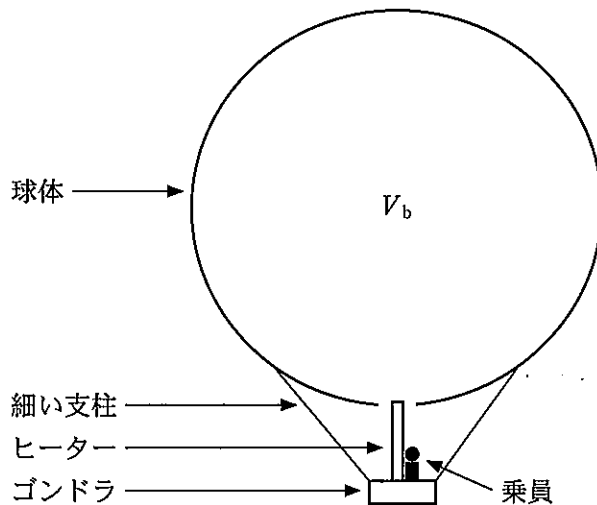


図4

最初、気球は地表に置かれており、ヒーターは働いていなかった。地表での空気の温度は T_0 [K]、大気圧は p_0 [Pa]、空気の密度は d_0 [kg/m³] であった。

問 1 空気 1 モルの質量を m_A [kg] とする。 p_0 を、 d_0 、 m_A 、 T_0 、 R を用いて表せ。

問 2 気球が地表で受ける浮力の大きさを、 d_0 、 V_b 、 M 、 g 、 T_0 のうち必要なものを用いて表せ。

球体内部の空気をヒーターで加熱したところ、球体内部の空気の温度が T_1 [K] になったとき、気球は今にも地表を離れようとする状態になった。

問 3 このときの球体内部の圧力は大気圧 p_0 と等しいが、球体内部の空気の密度は d_1 [kg/m³] であった。

(1) d_1 を d_0 、 T_0 、 T_1 を用いて表せ。

(2) T_1 を d_0 、 V_b 、 M 、 g 、 T_0 のうち必要なものを用いて表せ。

問 4 $V_b = 2.00 \times 10^3 \text{ m}^3$ 、 $T_0 = 300 \text{ K}$ 、 $d_0 = 1.20 \text{ kg/m}^3$ 、気球全体から球体内部にある空気の質量と乗員の質量を除いた残りの部分の質量を 300 kg とする。

(1) ゴンドラに質量 50.0 kg の乗員が 2 名乗っている場合、気球が地表を離れようとする状態のときの温度 T_1 [K] を有効数字 3 桁で求めよ。

(2) 球体内部の空気の温度は 420 K まで加熱できるものとする。気球が浮き上がるための乗員の人数の最大値を求めよ。ただし、乗員 1 名あたりの質量を 50.0 kg とする。

3 磁場(磁界)中に置かれた電気回路に関する次の文章を読んで、問1から問4に答えよ。問1から問3の解答は導出過程も含めて記述せよ。

図5から図7の各々に示すように、鉛直上向きを z 軸の正の向きとする直角座標系をとり、鉛直上向きに磁束密度 B ($B > 0$ とする)の時間変化しない一様な磁場がかかっている。水平な xy 平面上に固定された太さの無視できる2本の導体のレールPとレールQは x 軸に平行で十分長く、レールの間隔は L である。導体棒は y 軸に平行を保ちながらレール上をスライドして x 軸の正および負の向きに摩擦なく動くことができる。導体棒の質量は M 、長さはレールの間隔と等しい L である。また断面は一辺 a の正方形で a は L に比べて十分小さいとし、導体棒の電気抵抗は R である。ただし、レールと回路の導線、およびスイッチ S_1 、 S_2 の電気抵抗と、起電力 E の電池の内部抵抗は無視できるものとする。電気容量 C のコンデンサーに電荷は蓄えられていないものとする。回路を流れる電流がつくる磁場や、回路の自己インダクタンスは無視できるものとする。

問1 図5のように、スイッチ S_1 、 S_2 はどこにも接続されていないものとする。

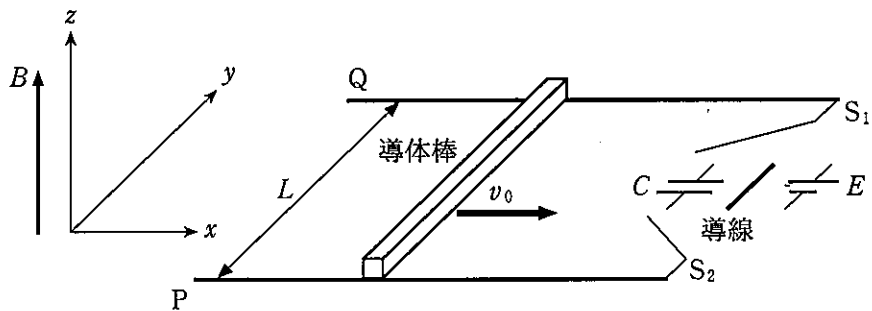


図5

(1) 導体棒を一定の速さ v_0 で x 軸の正の向きに動かしているとき、レールPとレールQの間に生じる電位差の大きさを求めよ。

- (2) 導体棒を一定の速さ v_0 で x 軸の正の向きに動かしながら、図5のスイッチ S_1 , S_2 をコンデンサーに同時に接続した。接続した瞬間に導体棒に流れる電流の大きさを求めよ。
- (3) その後、十分に時間が経つとコンデンサーには電荷が蓄えられていた。蓄えられた電気量を求めよ。

問 2 図6のように、スイッチ S_1 , S_2 が導線に接続されている状態で、導体棒に力を加え一定の速さ v_0 で x 軸の正の向きに動かし続けた。このとき、導体棒に加えている力の大きさとその力の仕事率を求めよ。

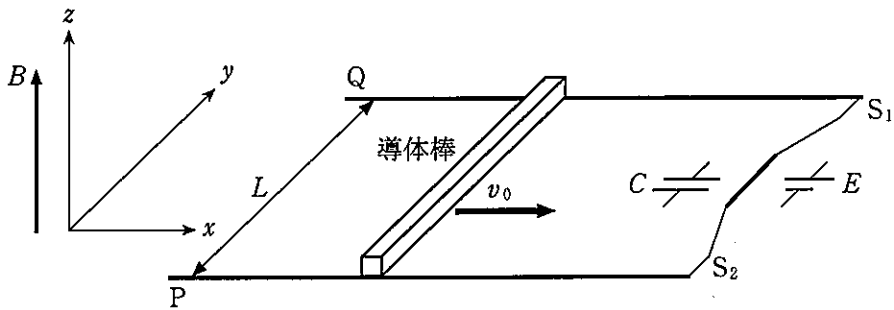


図6

問 3 図 7 で導体棒は静止しているとする。スイッチ S_1 , S_2 を電池に同時に接続したところ導体棒は動き出した。

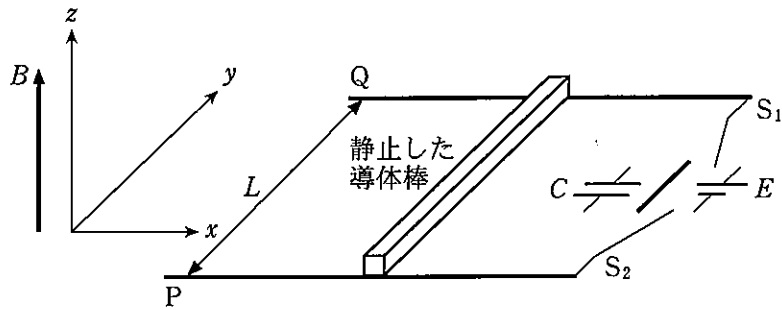


図 7

- (1) 動き始めた瞬間の、導体棒に流れる電流の大きさと導体棒の加速度の大きさを求めよ。
- (2) 動き出した後、加速途中の導体棒の速さが v になった瞬間の、導体棒に流れる電流の大きさと導体棒の加速度の大きさを求めよ。
- (3) その後、十分に時間が経過すると導体棒の速さは一定の値に近づいた。この一定の値を求めよ。

問 4 図 8 は、図 7 の状態から導体棒を取り去り、密度と抵抗率が同じ材質でできた断面が一辺 $2a$ の正方形で長さが L の新しい導体棒に置き換えて、静止させたものである。以下の空欄 (ア) から (エ) に適切な数値を入れよ。

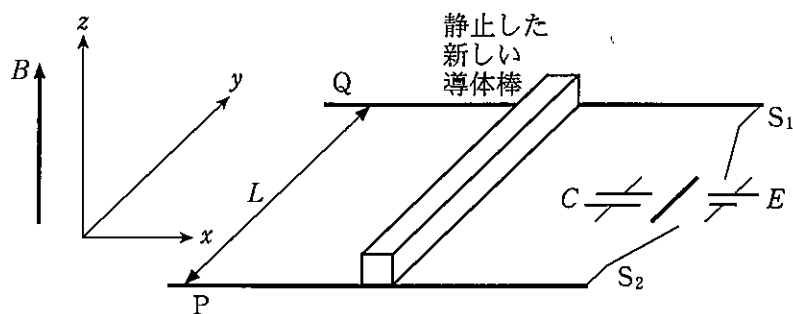


図 8

新しい導体棒の抵抗の大きさは、もとの導体棒の抵抗の (ア) 倍である。スイッチ S_1 , S_2 を電池に接続したところ、新しい導体棒を流れる電流の大きさは、もとの導体棒の電流の大きさの (イ) 倍になった。このときの新しい導体棒の加速度の大きさは、もとの導体棒の加速度の大きさの (ウ) 倍である。その後、十分に時間が経過すると新しい導体棒の速さは、問 3 (3) の値の (エ) 倍になった。