

平成 29 年度入学試験問題（後期日程）

物 理

出 題 意 図

問題 1

上昇物体からの水平投射が斜方投射と本質的に同じ運動になることを中心に構成した問題で、力学の分野の「力と運動」に関する基礎的な学力と理解度を加速度、落体の運動、運動量保存の法則などの観点から問うた。

問題 2

電磁誘導と電気回路に関する問題である。磁場中で運動する導体棒に発生する誘導起電力、その起電力により回路に流れる電流、磁場中の電流に働く力を正しく理解しているかを問うた。また、コンデンサー、コイル、電池を接続した電気回路に関する基本法則を正しく理解しているかどうかを問うた。

問題 3

「熱」の気体の状態変化（熱機関）に関する問題で、状態変化による絶対温度の変化、仕事、熱量、熱効率の基本的な知識と理解度を問うた。

問題 4

「波」に関する問題で、波動の時間と位置に対する依存性が正しく理解されているか、波の重ね合わせが理解できているか、定在波の概念が理解されているかを、グラフの作図を含めて問うた。

平成29年度入学試験問題

物 理

注 意 事 項

1. この問題冊子は、試験開始の合図があるまで開いてはいけません。
2. この問題冊子は、表紙を含めて12ページあります。問題は4ページから10ページにあります。ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、監督者に申し出なさい。
3. 解答用紙は問題冊子とは別になっています。解答は解答用紙の指定されたところに記入なさい。それ以外の場所に記入された解答は、採点の対象となりません。解答用紙は4枚あります。
4. 本学の受験番号をすべての解答用紙の指定されたところへ正しく記入なさい。氏名を書いてはいけません。
5. 問題冊子の余白等は適宜利用してよいが、どのページも切り離してはいけません。
6. この問題冊子は持ち帰ること。

1 乗組員と質量 m [kg] の小球を含めた質量が M [kg] の気球が、地面に静止した状態から最初、加速度 a [m/s²] で、鉛直方向に上昇し始めた。気球が地面からの高さ h [m] に達したときに、気球で立っている乗組員が自分から見て真横の方向に小球を相対的な速さ v [m/s] ですばやく投げ出した。重力加速度の大きさは g [m/s²] で一定とし、気球の大きさおよび空気の抵抗は無視する。また、気球の浮力は小球を投げ出す前後で変化しないものとして、以下の問いに答えよ。

- (a) 気球が上昇を始めてから小球を投げ出す前のある時刻において、小球をキログラム表示のばねはかりにつるすと何 kg を示すか。
- (b) 小球を投げ出した直後における気球の加速度の鉛直成分の大きさと水平成分の大きさを求めよ。
- (c) 小球を投げ出したときから t 秒後における気球の速度の鉛直成分の大きさと水平成分の大きさを求めよ。
- (d) 投げ出された小球の最高点の地面からの高さを求めよ。
- (e) 小球が地面に衝突した位置と気球が出発した位置との距離を求めよ。
- (f) 小球が地面に衝突する直前の速さを求めよ。

2 図1のように、磁束密度の大きさが一定の値 B で鉛直上向きの磁場（磁界）中に、水平面と角度 θ の傾き角をなして2本の十分長い導体のレールが距離 l の間隔で平行に固定されている。2本のレールの上端間には、抵抗値 R の抵抗と、スイッチ S を切り替えることにより、コンデンサー、コイル、電池を接続できるようになっている。この2本のレールの上に、レールと垂直になるように質量 m の導体棒 PQ をのせる。導体棒 PQ はレールの上をレールに対して垂直を保ったままレールから外れることなくめらかに動くことができるが、導体棒には進行方向と反対方向に速さ v に比例する大きさ kv (k は比例定数) の空気の抵抗力が働くものとする。以下の問いに答えよ。ただし、レールと導体棒とコイルの電気抵抗、電池の内部抵抗、レールや導体棒に流れる電流がつくる磁場は無視することができ、重力加速度の大きさを g とする。

- (a) はじめに、スイッチ S を切り替えて電気容量 C のコンデンサーを接続し、導体棒を XY の位置からすべらせた。十分に時間が経過した後導体棒の速さが一定値 v_1 になったときについて考える。
- (i) v_1 を求めよ。
 - (ii) 導体棒 PQ の両端で電位が高いのは P と Q のどちらか。
 - (iii) 導体棒 PQ の両端に発生する起電力の大きさを v_1 を用いて表せ。
 - (iv) コンデンサーに蓄えられる静電エネルギーを v_1 を用いて表せ。
 - (v) v_1 ですべっているときに生じる抵抗の両端の電位差を求めよ。
- (b) 次に、スイッチ S を切り替えて自己インダクタンス L のコイルを接続し、導体棒を XY の位置からすべらせた。十分に時間が経過した後導体棒の速さが一定値 v_2 になったときについて考える。
- (i) v_2 を求めよ。
 - (ii) v_2 ですべっているときに抵抗に流れる電流を v_2 を用いて表せ。
 - (iii) コイルに蓄えられるエネルギーを v_2 を用いて表せ。
- (c) 次に、スイッチ S を切り替えて起電力 V の電池を接続し、導体棒を XY の位置からすべらせた。十分に時間が経過した後導体棒の速さが一定値 v_3 になったときについて考える。
- (i) v_3 を求めよ。
 - (ii) v_3 ですべっているときに抵抗で消費される電力を v_3 を用いて表せ。

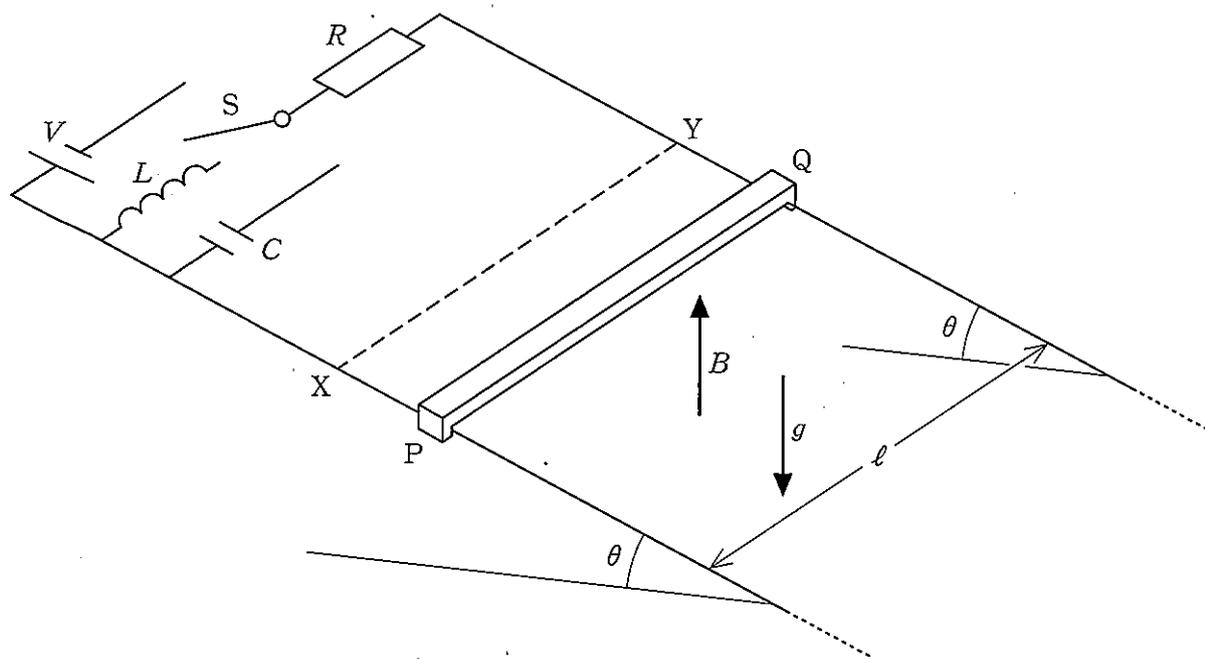


图 1

3 二つの熱機関（熱機関1と熱機関2）に、それぞれ物質質量 n の単原子分子の理想気体（気体定数 R ）を閉じ込め、図1と図2に示すように状態 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ の順に変化させた。状態 B から状態 C は定圧変化、状態 D から状態 A は定積変化である。熱機関1の状態 A から状態 B と、状態 C から状態 D は断熱変化である。熱機関2の状態 A から状態 B は等温変化で、気体と外部のあいだでやりとりする熱量の大きさを $Q_1 (> 0)$ とする。熱機関2の状態 C から状態 D は等温変化で、気体と外部のあいだでやりとりする熱量の大きさを $Q_2 (> 0)$ とする。また、熱機関1と熱機関2について、状態 A の圧力は p 、状態 B の体積と絶対温度はそれぞれ V 、 T_B 、状態 C の体積は $2V$ 、状態 D の圧力は $2p$ である。熱機関1の状態 D の絶対温度は T_D である。

(a) 熱機関1について以下の問いに答えよ。

- (i) 状態 A の絶対温度を求めよ。
- (ii) 状態 C の絶対温度を求めよ。
- (iii) 状態 B から状態 C で気体が吸収した熱量を求めよ。
- (iv) 状態 C から状態 D で気体が外部にした仕事を求めよ。
- (v) 状態 D から状態 A で気体が放出した熱量を求めよ。
- (vi) 熱効率を求めよ。

(b) 熱機関2について以下の問いに答えよ。

- (i) 状態 A から状態 B で気体は熱を放出したか、吸収したか。
- (ii) 状態 C から状態 D で気体は熱を放出したか、吸収したか。
- (iii) 状態 C から状態 D で気体が外部にした仕事を求めよ。
- (iv) 熱効率を求めよ。

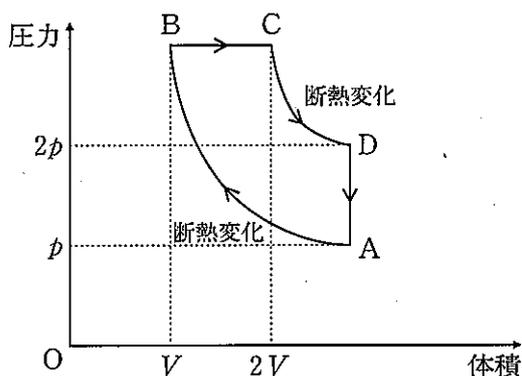


図1 熱機関1

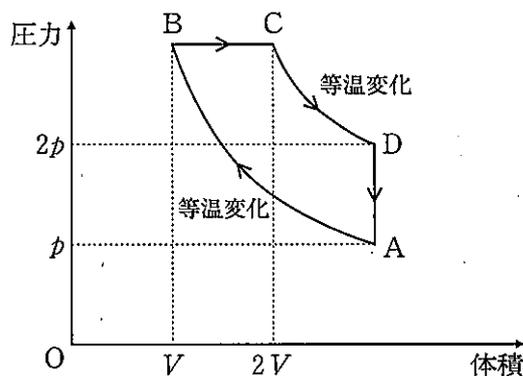


図2 熱機関2

4 媒質中を x 軸に沿って伝わる波 (波 I) の、時刻 t 、位置 x での媒質の変位 y が、 A 、 T 、 λ を定数として、 $y = A \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$ で与えられるものとする。以下の問いに答えよ。

(a) 波 I の振幅、周期、波長を答えよ。また位置 $x = 0$ における y の時間変化を、 $0 \leq t \leq T$ の範囲で解答用紙に図示せよ。

(b) 波 I の伝わる方向は x 軸の正の向きか負の向きか。また、波 I の伝わる速さを求めよ。

(c) 波 I と同じ周期、波長、振幅で逆向きに伝わる波 (波 II) の時刻 t 、位置 x での y の式は、

$$t = 0, x = 0 \text{ で } y = -A \text{ とするとき, } y = \boxed{\text{ア}} \cos 2\pi \left(\boxed{\text{イ}} + \frac{2n+1}{2} \right) \text{ と書ける。ここ}$$

で n は整数である。空欄を埋めよ。

(d) 波 I と波 II を重ね合わせてできる合成波 (波 III) の y の式は、 $n = 0$ の場合

$$y = \boxed{\text{ウ}} \cos 2\pi \left(\boxed{\text{エ}} \right) \cos 2\pi \left(\boxed{\text{オ}} \right)$$

と書ける。空欄を埋めよ。必要なら以下の公式を使用してよい。

$$\cos a + \cos b = 2 \cos \frac{a+b}{2} \cos \frac{a-b}{2}$$

(e) (d) の波 III は定常波とよばれる。 $0 \leq x \leq \lambda$ の範囲における波 III の波形を、時刻 $t = \frac{1}{4}T$ については破線 (----) で、時刻 $t = \frac{3}{4}T$ については実線 (——) で、解答用紙に図示せよ。

この図の範囲で、波 III の腹と節の位置 (x 座標) をすべて書け。また、波 III の y の振幅の最大値を求めよ。

(f) $0 \leq t \leq T$ の範囲で、 $x = \frac{\lambda}{4}$ における波 III の y の時間変化を図示せよ。

平成29年度 個別学力検査（後期日程）
問題訂正
「物 理」

【問題冊子】

10 ページ 4 2行目

(誤) 「定数として」

(正) 「正の定数として」