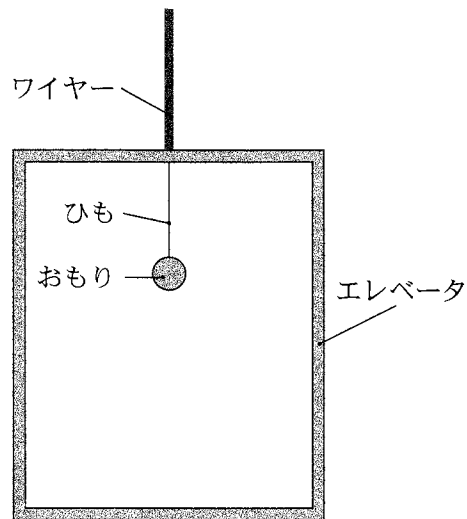


物 理

注 意 事 項

1. 「解答始め」の合図があるまでこの冊子は開かないこと。
2. この冊子は、表紙を除き、8ページである。
3. 「解答始め」の合図があったら、まず、黒板に掲示又は板書してある問題冊子ページ数・解答用紙枚数・下書き用紙枚数が、自分に配付された数と合っているか確認し、もし数が合わない場合は手を高く挙げ申し出ること。次に、解答用紙をミシン目に沿って落ちていて丁寧に別々に切り離し、学部名・受験番号・氏名を必ずすべての解答用紙の指定された箇所に記入してから、解答を始めること。
4. 解答は、必ず解答用紙の指定された箇所に横書きで記入すること。

- 1 図のように、ワイヤーでつり下げられたエレベータの天井中央部に、ひもでおもりをつるした。ワイヤーとひもは同じ鉛直線上にあり、どちらも伸縮することがなく質量は無視できるものとする。エレベータは傾くことがなく、常に水平の状態を保ち続けるものとする。エレベータの質量を M 、おもりの質量を m 、エレベータの床に対するおもりの高さを h 、重力加速度の大きさを g とする。



図

エレベータが静止している時，以下の問 1，問 2 に答えよ。

問 1 次の文章の空欄 ， に当てはまるものを選択肢(ア)～(オ)から一つずつ選んで解答欄に記号で記入せよ。

ひもがおもりを引く力とつり合いの関係にあるのは であり，作用反作用の関係にあるのは である。

【選択肢】

- (ア) エレベータがひもを引く力 (イ) ひもがエレベータを引く力
(ウ) おもりがひもを引く力 (エ) おもりにはたらく重力
(オ) ワイヤーがエレベータを引く力

問 2 ワイヤーがエレベータを引く力の大きさを T_1 ，ひもに作用する張力の大きさを T_2 として，エレベータおよびおもりにはたらく力のつり合いの式をそれぞれ示せ。また， T_1 を M ， m ， g を用いて示せ。

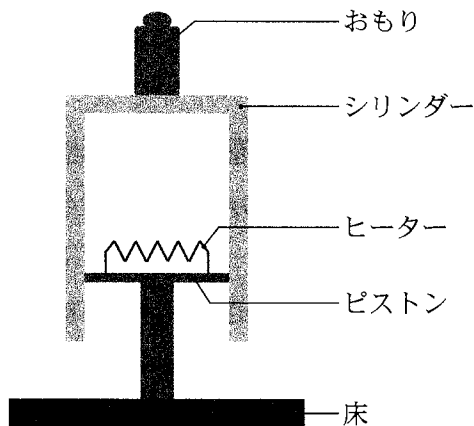
ワイヤーがエレベータを引く力を一定の大きさ T_3 にすると，エレベータは上方に等加速度直線運動した。以下の問 3，問 4 に答えよ。

問 3 エレベータの加速度の大きさを a_1 ，おもりをつるしているひもに作用する張力の大きさを T_4 とする。鉛直上向きを正として，エレベータおよびおもりの運動方程式をそれぞれ示せ。また， a_1 を h ， T_3 ， M ， m ， g のうち必要なものを用いて示せ。

問 4 おもりをつるしているひもを切断すると，おもりはエレベータの床に向かって鉛直落下した。ひもを切断してからおもりがエレベータの床に達するまでの時間 t を h ， T_3 ， M ， m ， g のうち必要なものを用いて示せ。答えの導出過程も示すこと。

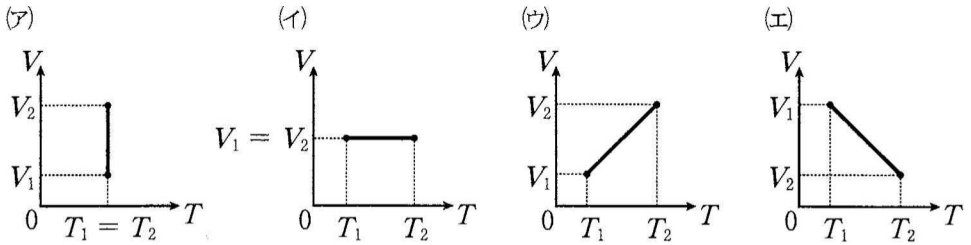
2

図のように、なめらかに動くピストンがついたシリンダーに物質質量 n の単原子理想気体を封入し、シリンダーにおもりを乗せたうえで鉛直下向きに重力がはたらいている真空中に設置した。ピストンは床に固定されており、シリンダーは床に接触していないとする。ピストンにはヒーターがついており、気体を温めることができる。シリンダーの質量を m 、おもりの質量を M とする。十分に時間が経った後、気体の圧力、体積、温度はそれぞれ p_1 、 V_1 、 T_1 であった。ここで、ヒーターを用いて気体を熱した。ヒーターを止め、十分に時間が経った後、過程 A 気体の圧力、体積、温度はそれぞれ p_2 、 V_2 、 T_2 であった。次に、過程 B おもりをシリンダーから取り除いた。この操作において、おもりをシリンダーから取り除く力は気体に対し仕事をせず、気体は十分ゆっくり状態が変化し、温度が T_3 になった。ピストンとシリンダーは熱を通さないとする。シリンダーの上面は常に水平を保っているとする。気体定数を R とする。以下の問いに答えよ。

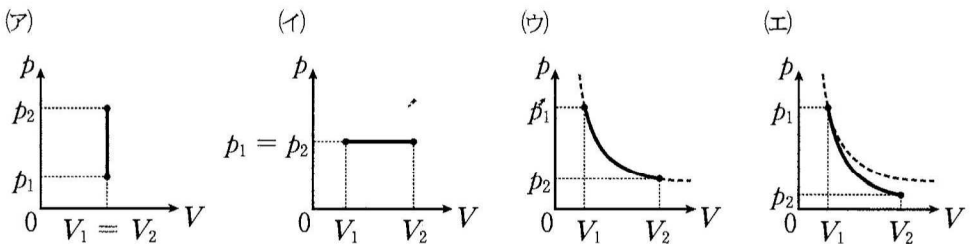


図

問 1 過程 A における気体の状態変化を表す V - T グラフとして最も適当なものを次の選択肢(ア)~(エ)から選べ。



問 2 過程 A における気体の状態変化を表す p - V グラフとして最も適当なものを次の選択肢(ア)~(エ)から選べ。ただし(ウ), (エ)における破線上では, p は V に反比例するものとする。



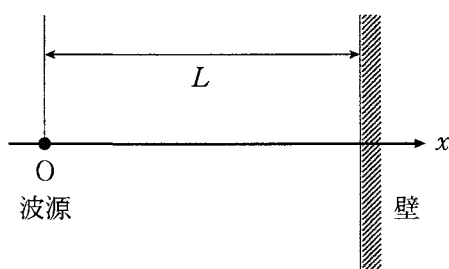
問 3 過程 A の前後では電気エネルギーが別のエネルギーに変換される。何エネルギーに変換されるか答えよ。なお, 複数の種類のエネルギーに変換される場合はそれらを全て書け。

問 4 過程 A で気体に与えられた熱量 Q を, n , R , T_1 , T_2 を用いて表せ。答えの導出過程も示すこと。

問 5 過程 B 後の気体の圧力 p_3 と体積 V_3 をそれぞれ, m , M , p_2 , n , R , T_2 , T_3 から必要なものを用いて表せ。答えの導出過程も示すこと。

* 条件設定が不十分であり、正解が複数存在する。

- 3 図のように、 x 軸上の原点 O に波源が静止しており、位置 $x = L$ には x 軸に垂直な壁が固定されている。波源から振幅 A ($A > 0$)、振動数 f 、波長 λ の波が出ており、波は x 軸の正の向きと負の向きにそれぞれ同位相で伝わるものとする。壁は x 軸の正の向きに伝わる波を完全に反射し、反射の際に波の位相が π だけ変化する。波源での反射や波の減衰はないものとして、以下の問いに答えよ。ただし、時刻 t に波源から出ている波の変位は $A \sin 2\pi ft$ で表されるものとする。



図

問 1 この波の伝わる速さを求めよ。

問 2 次の文章の空欄 ~ に入れる適切な数式を、次のページの選択肢㉗~㉙から一つずつ選んで解答欄に記入せよ。

- (a) 波源から直接出て x 軸の正の向きに伝わる波の、時刻 t における位置 x ($0 < x < L$) での変位は と表せる。
- (b) 波源から直接出て x 軸の負の向きに伝わる波の、時刻 t における位置 x ($x < 0$) での変位は と表せる。
- (c) 壁で反射されて x 軸の負の向きに伝わる波の、時刻 t における位置 x ($0 < x < L$) での変位は と表せる。

【選択肢】

- | | |
|--|---|
| ㉞ $A \sin 2\pi f \left(t + \frac{x}{f\lambda} \right)$ | ㉠ $A \sin 2\pi f \left(t - \frac{x}{f\lambda} \right)$ |
| ㉟ $A \sin 2\pi f \left(t + \frac{2x}{f\lambda} \right)$ | ㉡ $A \sin 2\pi f \left(t - \frac{2x}{f\lambda} \right)$ |
| ㊱ $-A \sin 2\pi f \left(t + \frac{x}{f\lambda} \right)$ | ㊳ $-A \sin 2\pi f \left(t - \frac{x}{f\lambda} \right)$ |
| ㊲ $-A \sin 2\pi f \left(t + \frac{2x}{f\lambda} \right)$ | ㊴ $-A \sin 2\pi f \left(t - \frac{2x}{f\lambda} \right)$ |
| ㊵ $A \sin 2\pi f \left(t + \frac{x - 2L}{f\lambda} \right)$ | ㊶ $-A \sin 2\pi f \left(t + \frac{x - 2L}{f\lambda} \right)$ |
| ㊷ $A \sin 2\pi f \left(t + \frac{2L - x}{f\lambda} \right)$ | ㊸ $-A \sin 2\pi f \left(t + \frac{2L - x}{f\lambda} \right)$ |

問 3 $0 < x < L$ を満たすある位置 x で媒質は振動しなかった。このとき、 x の満たす条件を L , λ を用いて表せ。ただし、正の整数として n を用いてもよい。答えの導出過程も示すこと。

問 4 $x < 0$ を満たすすべての位置 x で媒質は振動しなかった。このとき、波長 λ の満たす条件を L を用いて表せ。ただし、正の整数として n を用いてもよい。答えの導出過程も示すこと。

4 図1のように、鉛直上向きの一様な磁束密度 B (T) の磁場内に、十分に長い導体レール ab と cd を距離 l (m) を隔てて水平面(紙面)に置き、導体レールの a 点と c 点の間に、起電力 E (V) の電池、スイッチ S 、抵抗値 R (Ω) の抵抗を接続する。スイッチ S を開いた状態で、質量 m (kg) の導体棒 PQ を導体レールの中央に導体棒と導体レールが垂直になるように置く。スイッチ S を①側に入れたところ、導体棒 PQ が動き出した。導体棒は導体レールと垂直を保ちながら、なめらかに動くものとする。このとき以下の問いに答えよ。

問1 次の文章の空欄 (ア) ~ (オ) に入る最もふさわしいものを下の選択肢①~⑫の中から選べ。

スイッチ S を①側に入れると導体棒 PQ 上を (ア) の向きに電流が流れる。この電流は磁場から力を受け、導体棒は (イ) の向きに動く。導体棒 PQ を流れる電流の大きさ I (A) は、スイッチ S を①側に入れた直後は $I =$ (ウ) である。十分に時間が経過すると $I =$ (エ) となり、導体棒 PQ の (オ) となる。

【選択肢】

- | | | | |
|-----------------|----------|----------|-----------------|
| ① P から Q | ② Q から P | ③ a から b | ④ b から a |
| ⑤ 0 | ⑥ E | ⑦ R | ⑧ $\frac{E}{R}$ |
| ⑨ $\frac{R}{E}$ | ⑩ 速さは 0 | ⑪ 速さは一定 | |

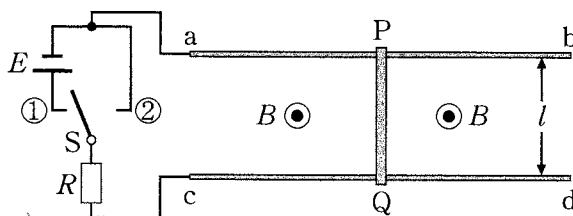


図1

次に、導体棒 PQ を導体レールから取り外し、図 2 に示すように、導体レール ab と cd を平行に保ちながら水平面から θ の角をなすように設置した。スイッチ S を②側に入れた状態で、導体棒 PQ を導体レールの中央に導体棒と導体レールが垂直になるように再び置き、動かさないように固定した。十分に時間が経った後、導体棒の固定を静かに外したところ、導体棒 PQ は下方に滑り始めた。しばらくして、導体棒の速さは一定となった。ここでも、導体棒は導体レールと垂直を保ちながら、なめらかに動くものとする。このとき以下の各問いに答えよ。

問 2 導体棒 PQ が受ける重力の、導体レールに平行な成分の大きさ F [N] を答えよ。ただし、重力加速度を g [m/s²] とする。答えの導出過程も示すこと。

問 3 滑り始めた後、導体棒 PQ が一定の速さ v [m/s] で動いているとする。このときの導体棒 PQ に流れる電流の大きさ I [A] を答えよ。答えの導出過程も示すこと。

* 条件設定が不十分であり、正解が複数存在する。

問 4 磁束密度を $B = \sqrt{2}$ T, 導体レールの間隔を $l = 0.20$ m, 導体レールの傾きを $\theta = 45^\circ$, 抵抗の抵抗値を $R = 0.30 \Omega$, 導体棒 PQ が受ける重力の導体レールに平行な成分の大きさを $F = 0.98$ N とする。導体棒 PQ の速さが一定となったときに流れる電流の大きさ I [A] および回路全体で消費される電力 P [W] はいくらになるか有効数字 2 桁で答えよ。答えの導出過程も示すこと。

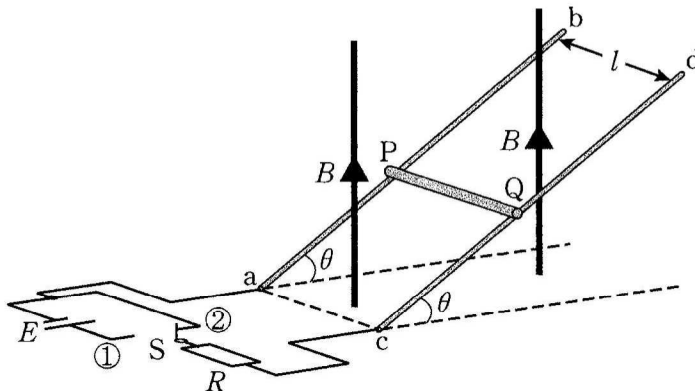


図 2