

## 物 理

### 「解答上の注意」

問題に単位の指定がない場合、用いられる記号はSI（国際単位系）単位に従っているものとする。各問いに対する解答では { } 内に記号が示されている場合は、その記号のうち必要なものを用いて記せ。示されていない場合は、各問いの指示に従って解答せよ。

### 第1問

図1に示すように、自然の長さが  $h_0$  であり、ばね定数  $k$  のばねの一端を床面に固定する。他端に質量  $m$  のおもり1を取り付けると、ばねは自然の長さより縮んだ状態できりあひ、おもり1は静止した。この状態で質量  $M$  のおもり2をおもり1の真上から静かに離す。重力加速度の大きさを  $g$  とする。ここで、運動は鉛直方向に限られ、ばねの質量、おもりの大きさや空気抵抗は無視できる。以下の問いに答えよ。

- 問1 つりあった状態で静止しているときのおもり1の床面からの高さを  $h_1$  とする。 $h_1$  を求めよ。{ $h_0, m, k, g$ }
- 問2 床面からの高さ  $h_2$  からおもり2を静かに離した。おもり2がおもり1に衝突する直前の速さを求めよ。{ $h_1, h_2, g$ }
- 問3 おもり1とおもり2は衝突後ひとつの物体となって運動した。この物体の衝突直後の速さを求めよ。{ $M, m, h_1, h_2, g$ }
- 問4 衝突後、ひとつになった物体は、単振動の状態となった。この状態で速さが最大となるときのばねの長さを求めよ。{ $M, m, h_0, k, g$ }
- また、導出過程を記述せよ。

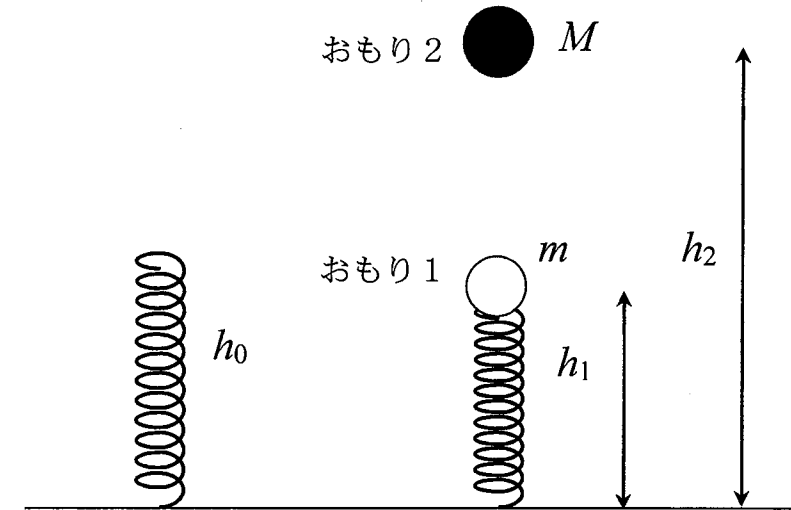


図1

## 第2問

キルヒホッフの法則に関する以下の問いに答えよ。

問1 図2のような直流回路における各部分の電流  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$  を考える。

- (1) キルヒホッフの第1法則（電流に関する法則）から得られる、電流  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$  の間の関係を表す式を書け。
- (2) ABEFA に沿ってキルヒホッフの第2法則（電圧に関する法則）を適用して、電流  $I_1$ ,  $I_2$  の間の関係を表す式を書け。
- (3) ABCDEFA に沿ってキルヒホッフの第2法則（電圧に関する法則）を適用して、電流  $I_1$ ,  $I_3$  の間の関係を表す式を書け。

次に、図3のようにBC間にスイッチを挿入し、BE間にあった抵抗をダイオードに交換した。このダイオードの両端の電圧が  $V_2$  のとき、ダイオードを流れる電流  $I_2$  は図4に示すようになる。

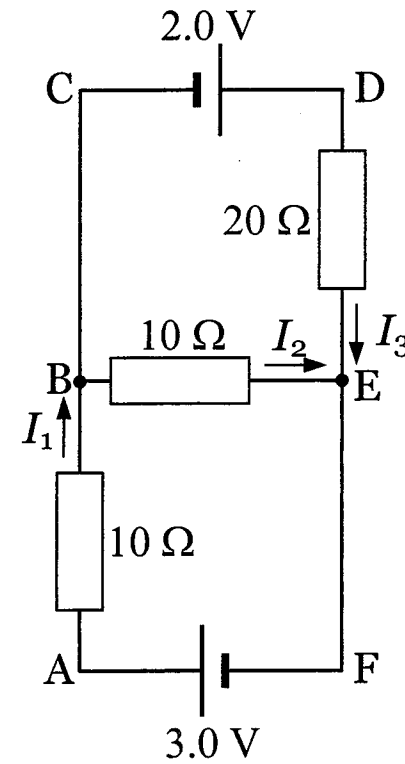


図2

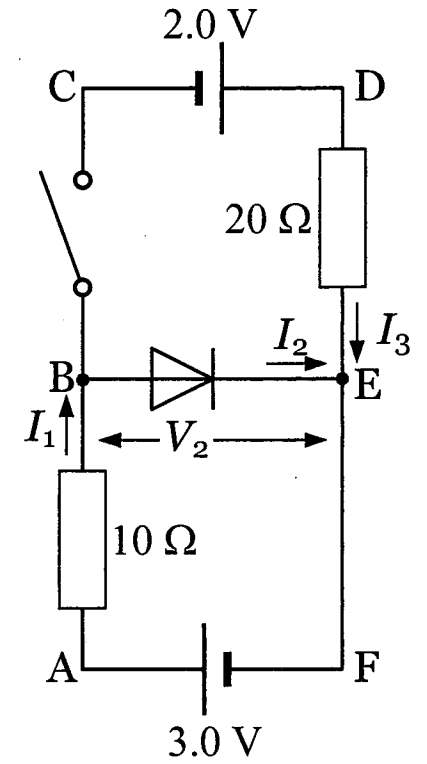


図3

問2 スイッチを開いた状態とする。

- (1) キルヒホッフの法則を適用して、電圧  $V_2$  と電流  $I_2$  の関係式を求めるとともに、解答用紙にある図にその関係を作図せよ。
- (2) (1)の作図からダイオードに流れる電流  $I_2$  の値を求めよ。

問3 図3のBC間のスイッチを閉じた。

- (1) キルヒホッフの法則を適用して、電圧  $V_2$  と電流  $I_2$  の関係式を求めるとともに、解答用紙にある図にその関係を作図せよ。
- (2) 回路の各部分の電流  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$  の値を求めよ。

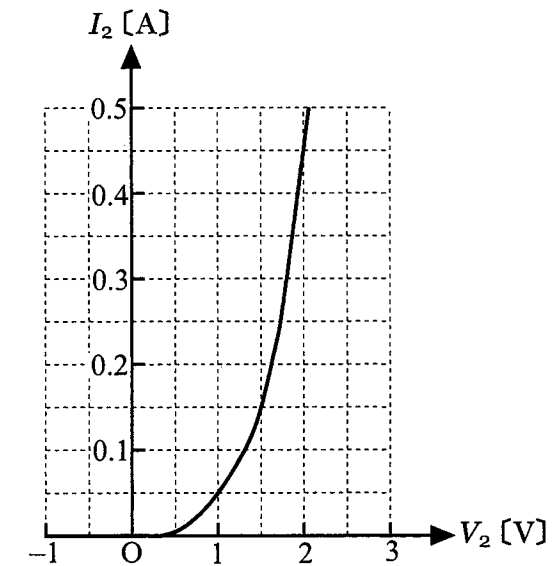


図4

### 第3問

(次のページにも問題があります。)

水面の波は、発生した瞬間に発生源から進み出す。発生源と観測者が静止しているときの波の速さを  $V$ 、波長を  $\lambda$  とする。以下の問いに答えよ。なお  $x$  軸の正方向に伝わる波を  $x$  軸の正の領域で観測する。

問1 波の発生源が速さ  $v_s$  で  $x$  軸の正方向に移動するとき、波の1周期の間に波が進む距離および発生源が進む距離を書け。ただし  $v_s < V$  とする。  $\{\lambda, V, v_s\}$

問2 問1の条件において、静止している観測者から見た波の速さと波長を求めよ。  
 $\{\lambda, V, v_s\}$

問3 問2で観測者が観測する振動数を求めよ。  $\{\lambda, V, v_s\}$

問4 波の発生源が静止し、観測者が速さ  $v_o$  で  $x$  軸の正方向に移動するとき、観測者から見た波の速さと波長を求めよ。ただし  $v_o < V$  とする。  $\{\lambda, V, v_o\}$

問5 問4で観測者が観測する振動数を求めよ。  $\{\lambda, V, v_o\}$

#### 第4問

図5のように、断熱材でできた断面積の等しい円筒容器 A と B が細管でつながれ、鉛直に固定されている。容器の中には液体が入っている。容器 A 内には、ヒーターと断熱材でできたなめらかに動くピストンがあり、単原子分子の理想気体が閉じ込められている。容器 B の上端は大気に開放されている。容器の断面積を  $S$ 、大気圧を  $p_0$ 、液体の密度を  $\rho$ 、重力加速度の大きさを  $g$  とする。ピストンの厚みと質量および細管の影響は無視できる。以下の問いに答えよ。

最初、図5のように、容器 A と容器 B の液面の高さは同じであり、容器 A 内の理想気体の圧力は  $p_0$ 、体積は  $V_0$  であった。この状態を状態 0 とする。

問1 容器 A 内にある理想気体の内部エネルギーを求めよ。 $\{p_0, V_0\}$

状態 0 からヒーターで理想気体をゆっくり加熱すると、図6に示すように、理想気体の体積が  $\Delta V$  だけ増加した。この状態を状態 1 とする。

問2 容器 A と容器 B の液面差を答えよ。 $\{\Delta V, S\}$

問3 液面差を考慮して、理想気体の圧力を求めよ。 $\{p_0, \Delta V, \rho, S, g\}$

問4 状態 0 から状態 1 への過程を解答用紙のグラフに描け。グラフの横軸と縦軸に、状態 0 と状態 1 における理想気体の体積と圧力を記入せよ。また、変化の方向をグラフ上に矢印で示せ。

問5 状態 0 から状態 1 への過程において、理想気体がした仕事を求めよ。 $\{p_0, \Delta V, \rho, S, g\}$

問6 状態 0 から状態 1 への過程における液体の位置エネルギーの変化を求めよ。 $\{\Delta V, \rho, S, g\}$  また、導出過程を記述せよ。

問7 問5で求めた仕事と問6で求めた位置エネルギーの変化は等しくない。この理由を簡潔に述べよ。

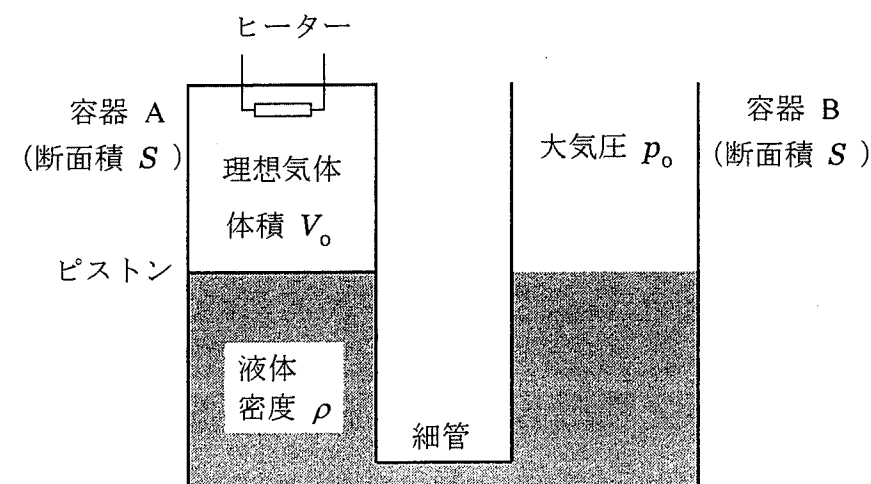


図5 状態 0

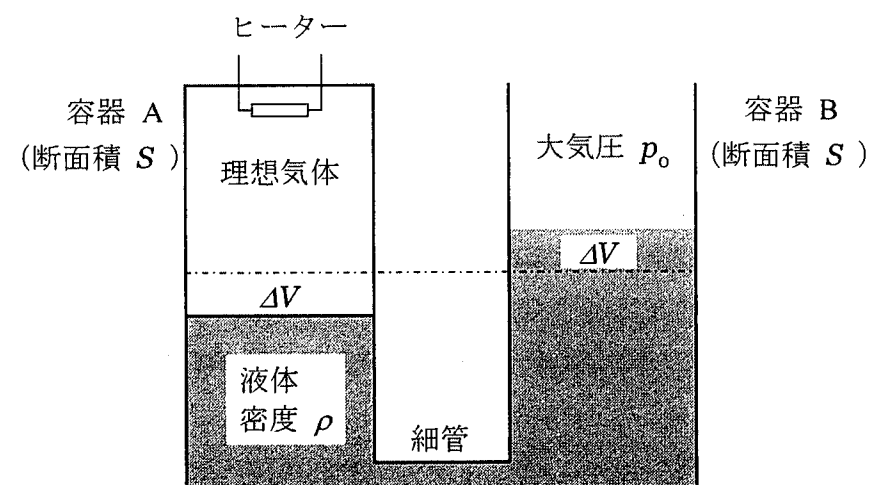


図6 状態 1