

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。

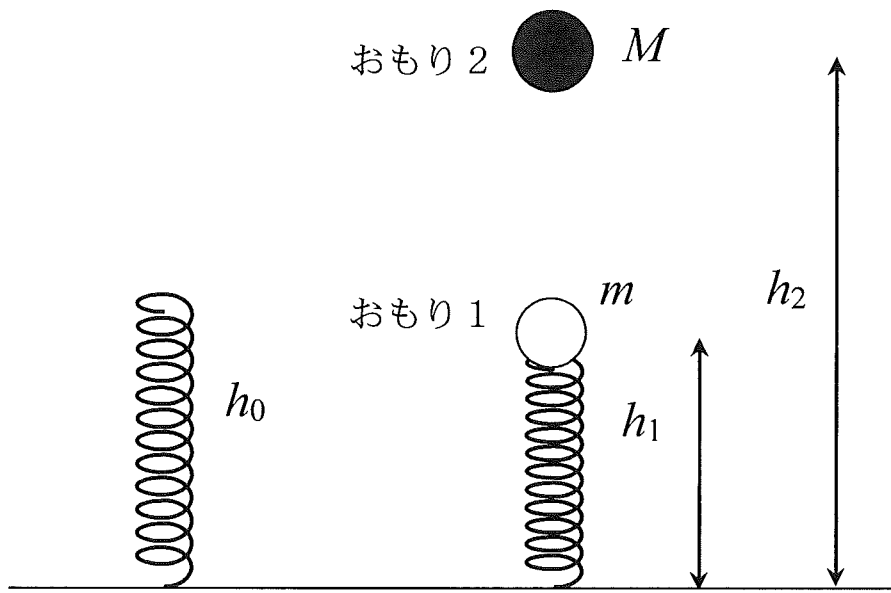


図 1

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。

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。

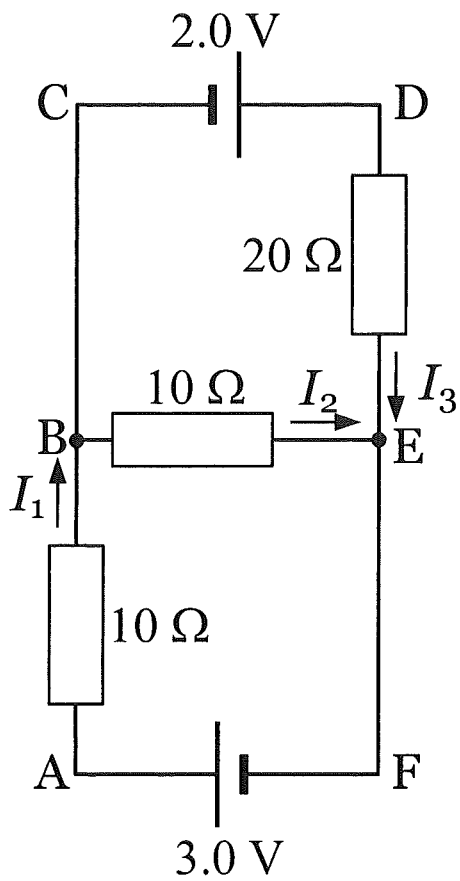


图 2

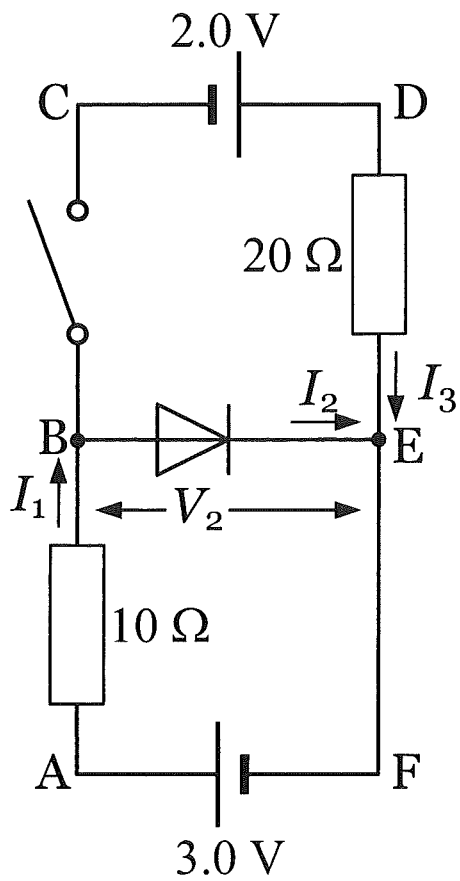


图 3

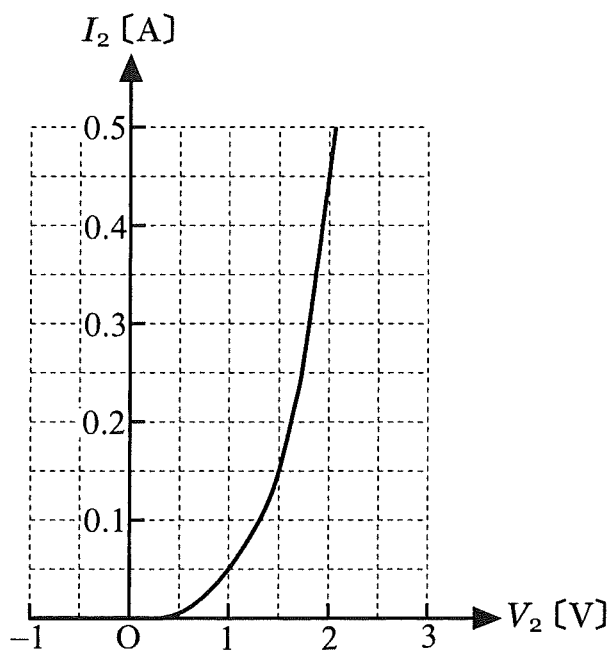


图 4

第3問

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 λ 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 ρ 、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 ΔV 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。{ ΔV , S }

問3 液面差を考慮して、理想気体の圧力を求めよ。{ p_0 , ΔV , ρ , 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 , ΔV , ρ , 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。
{ ΔV , ρ , 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。

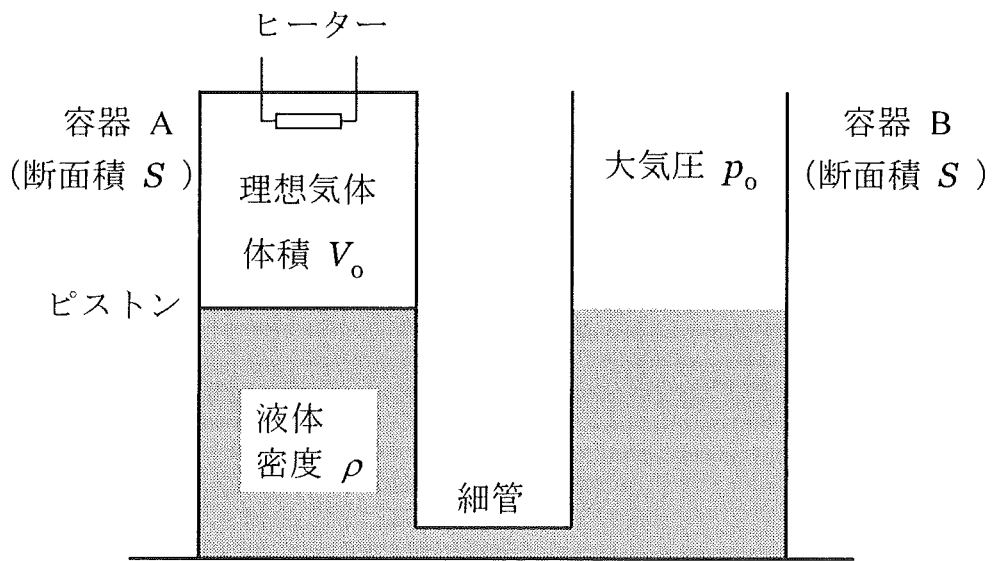


図5 状態0

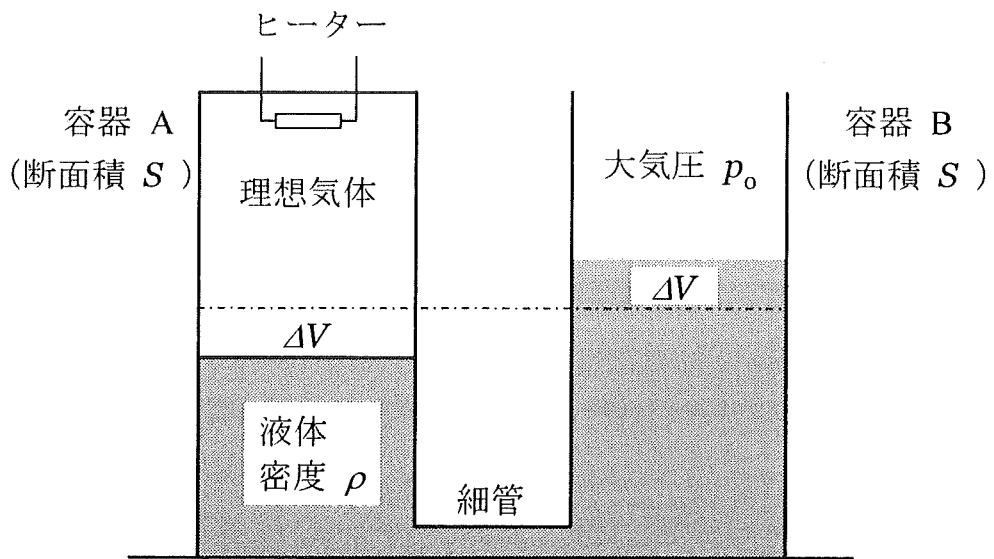


図6 状態1