

## 2021年度入学試験問題

# 理 科

## 物理・化学・生物

### 注 意

- 1 問題冊子は1冊，解答用紙は物理4枚，化学4枚，生物4枚，下書き用紙は4枚です。
- 2 出題科目，ページおよび選択方法は，下表のとおりです。

| 出 題 科 目 | ページ   | 選 択 方 法   |
|---------|-------|---|
| 物 理     | 1～7   | 左記科目のうちから志望する学部，学科等が指定する数（1または2）の科目を選択し，解答しなさい。 |
| 化 学     | 8～21  |   |
| 生 物     | 22～30 |   |

- 3 試験中に問題冊子の印刷不鮮明，ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚れ等により解答できない場合は，手を高く挙げて監督者に知らせなさい。
- 4 選択する科目の解答用紙は上記1に示す枚数を回収するので，選択する科目の解答用紙と下書き用紙を切り取り，選択する科目すべての解答用紙に，それぞれ2箇所受験番号を記入しなさい。選択しない科目の解答用紙には受験番号を記入する必要はありません。
- 5 選択しなかった科目の解答用紙は，試験時間中に監督者が回収するので，大きく×印をして機の通路側に重ねて置きなさい。
- 6 解答は，すべて解答用紙の指定されたところに書きなさい。
- 7 試験終了後，問題冊子と下書き用紙は必ず持ち帰りなさい。

# 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。

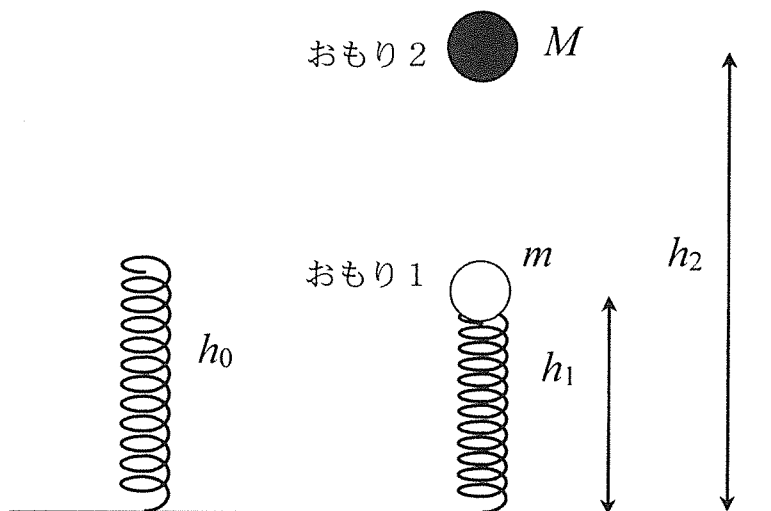


図 1

## 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。

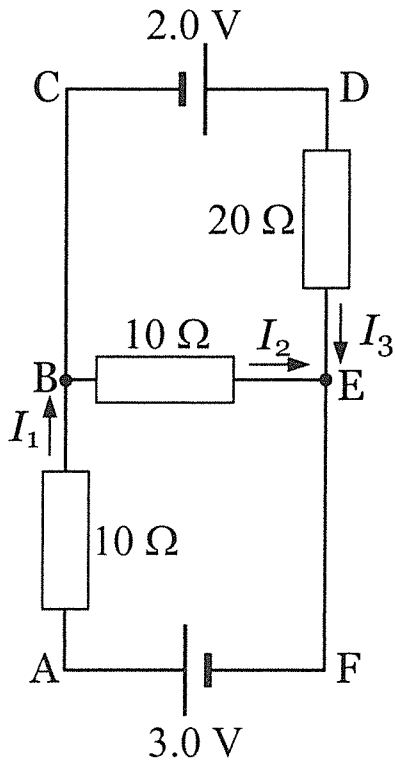


图 2

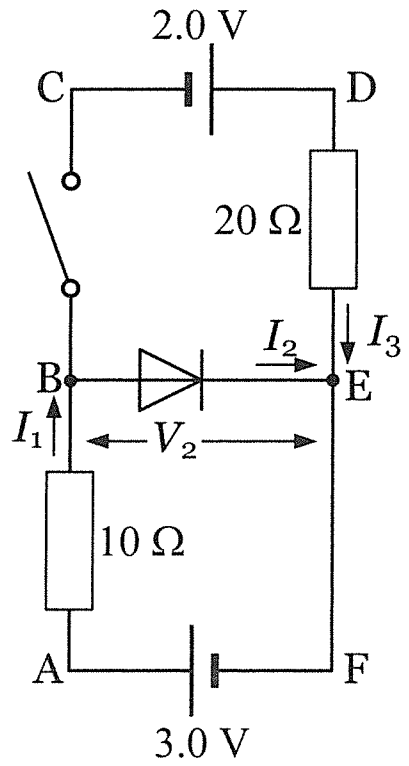


图 3

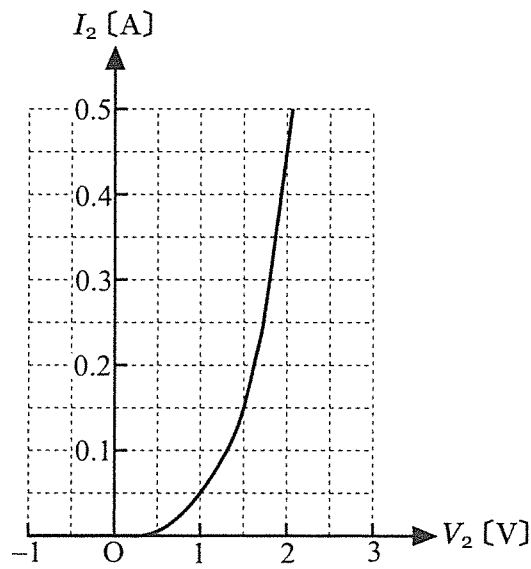


图 4

### 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  $\lambda$  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。

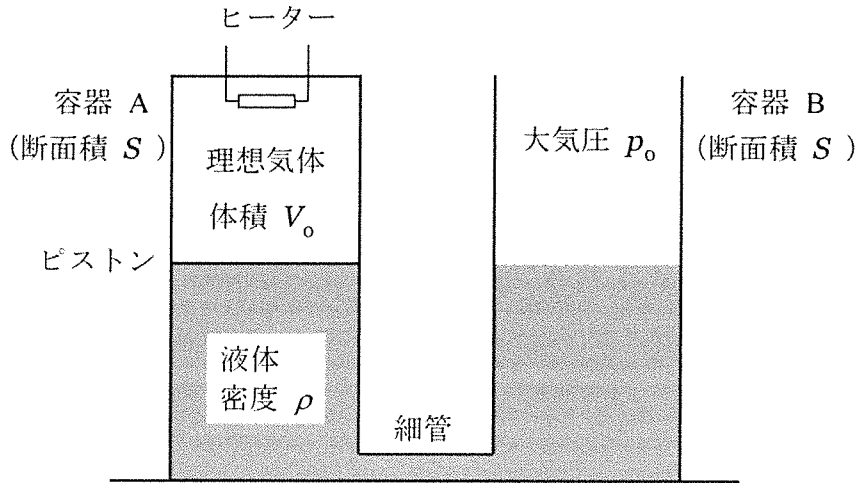


図5 状態0

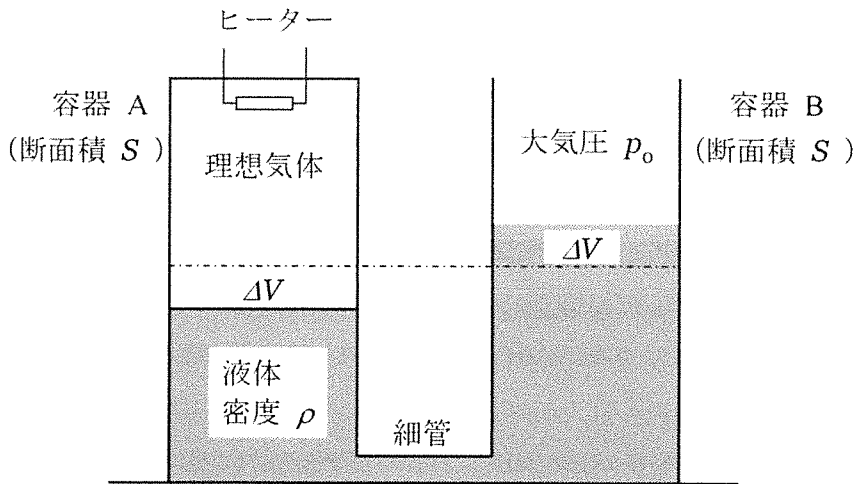


図6 状態1