

# 福島県立医科大学

令和2年度  
医学部前期入学試験問題

## 理 科

〔「物理基礎・物理」「化学基礎・化学」「生物基礎・生物」〕

(時間：2 出題科目で 120 分)

### 注 意 事 項

- 1 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
- 2 出題科目、ページ及び選択方法は、下表のとおりです。

出 題 科 目	ページ	選 択 方 法
「物理基礎・物理」	1～3	左の3出題科目のうちから、あらかじめ届け出た2出題科目について解答しなさい。
「化学基礎・化学」	4～5	
「生物基礎・生物」	6～8	

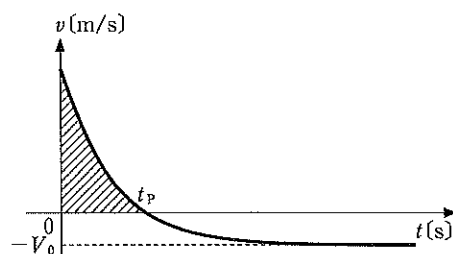
- 3 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
- 4 解答は、すべて解答用紙の所定の欄に記入しなさい。
- 5 問題冊子の余白は計算等に用いて構いません。
- 6 試験終了後、解答用紙のみを回収します。

## 物理基礎・物理

- [1] 風のない空气中を物体が空気抵抗の影響を受けながら鉛直方向に運動するとき、上昇するのに要する時間と落下するのに要する時間を比較してみよう。以下では、物体の運動は鉛直方向のみとし、物体が上昇するときの速度や鉛直上向きに作用する力を正の量で表すこととする。空気の密度を  $\rho_0$  ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )、重力加速度の大きさを  $g$  ( $\text{m}/\text{s}^2$ ) とし、次の文章の空欄 ア ~ エ を適切に埋め、以下の問い(問1~4)に簡潔な説明を付けて答えよ。

密度  $\rho$  ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) ( $> \rho_0$ )、半径  $r$  (m) の球 A の運動について考える。A には重力  $W$  (N)、浮力  $F_1$  (N)、そして A の速度と半径に比例する空気抵抗  $F_2$  (N) (これを「粘性抵抗」という) がはたらく。 $W$  は  $g, r, \rho$  を用いて ア (N) と、 $F_1$  は  $g, r, \rho_0$  を用いて イ (N) と表される。また  $F_2$  の比例定数を  $k$  ( $\text{kg}/(\text{m}\cdot\text{s})$ ) ( $> 0$ )、A の速度を  $v$  (m/s) とすると、 $F_2$  は  $-krv$  と表される。これら 3 つの力がはたらくとき、A の加速度  $a$  ( $\text{m}/\text{s}^2$ ) は  $g, k, r, v, \rho, \rho_0$  を用いて ウ ( $\text{m}/\text{s}^2$ ) と表される。

時刻  $t = 0$  s に A を点 O から鉛直上向きに投げ上げた。それから時間  $t_{\text{OP}}$  (s) 経過した時刻  $t_p$  (s) で、A は O より  $h$  (m) 高い点 P で静止し、その後落下し、しばらくして A は一定の速さ  $V_0$  (m/s) で運動した。 $V_0$  は  $g, k, r, \rho, \rho_0$  を用いて エ (m/s) と表される。図は縦軸を速度  $v$ 、横軸を時刻  $t$  として、O からの A の速度と時刻の関係を示している(以下では、この曲線を「 $v-t$  グラフ 1」と呼ぶこととする)。この図において、 $t$  軸と  $v-t$  グラフ 1 で囲まれた斜線部の面積は、A が  $t = 0$  s から  $t_p$  までに移動した距離  $h$  である。



また、A が O に到達する時刻を  $t_0$  (s) とすると、P から O へ落下するのに要する時間  $t_{\text{PO}}$  (s) は  $t_0 - t_p$  であり、 $t_p$  から後の  $t$  軸と直線  $t = t_0$  および  $v-t$  グラフ 1 で囲まれた部分の面積は A がこの時間で移動した距離  $h$  である。

$t_{\text{OP}}$  と  $t_{\text{PO}}$  を比較するため、空気抵抗がない場合の A の O からの鉛直投げ上げを考える。投げ上げる時刻と初速度は、時刻  $t_p$  で A がちょうど P に達しそこで静止するように調整されている。この場合での、A が O から P まで上昇するのに要する時間を  $t'_{\text{OP}}$  (s) とし、A が P から O へ落下するのに要する時間を  $t'_{\text{PO}}$  (s) とする。 $t_{\text{OP}}$  と  $t'_{\text{OP}}$ 、 $t_{\text{PO}}$  と  $t'_{\text{PO}}$ 、 $t'_{\text{OP}}$  と  $t'_{\text{PO}}$  などの関係を調べることで、 $t_{\text{OP}}$  と  $t_{\text{PO}}$  を比較することができる。

問 1  $t'_{\text{OP}}$  を  $g, h, \rho, \rho_0$  を用いて表せ。

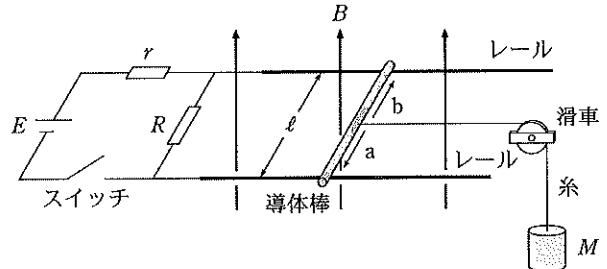
問 2 空気抵抗がない場合の A の速度と時刻の関係(これを「 $v-t$  グラフ 2」と呼ぶこととする)を解答欄の図に示せ。さらに、図の斜線部の面積が  $h$  であることを用いて  $t_{\text{OP}}$  と  $t'_{\text{OP}}$  の大小関係を示せ。ただし、解答欄の図にあらかじめ示されている曲線は  $v-t$  グラフ 1 である。

問 3 解答欄に示されている  $v-t$  グラフ 1 の図を用いて  $t_{\text{PO}}$  と  $t'_{\text{PO}}$  の大小関係を示せ。

問 4  $t_{\text{OP}}$  と  $t_{\text{PO}}$  の大小関係を示せ。

[2] 図のように、鉛直上向きで磁束密度  $B$ (T)の時間変化しない一様な磁場(磁界)中に、2本の導電性のレールを間隔  $l$ (m)で水平に設置した。導体棒をレールに直角になるように乗せ、導体棒には伸びない糸を張り、滑車を通して他端に質量  $M$ (kg)のおもりをつり下げ、手で支えた。レールに内部抵抗の無視できる起電力  $E$ (V)の電池、抵抗値  $R$ ( $\Omega$ )と  $r$ ( $\Omega$ )の抵抗、およびスイッチを接続した。ただし、 $R$ ( $\Omega$ )と  $r$ ( $\Omega$ )の抵抗以外の電気抵抗、導体棒と糸と滑車の質量、レールと導体棒の間の摩擦、空気抵抗、および自己誘導の影響は無視でき、導体棒は常にレールと直角を保ちながら動くものとする。重力加速度の大きさを  $g$ ( $m/s^2$ )として、次の文章の空欄 [ア] ~ [エ] を適切に埋め、問い(問1~6)に簡潔な説明を付けて答えよ。

スイッチを開いた状態で静かに手をはなすと、おもりは下降し始め、しばらくするとおもりと導体棒は一定の速さ  $v$ (m/s)で運動した。おもりと導体棒の速さが  $v$ であるときの回路における電磁誘導について考える。導体棒が動くことで時間  $\Delta t$ (s)の間に回路を貫く磁束が  $\Delta\Phi$ (Wb)だけ増加する。 $\Delta\Phi$ は  $l$ ,  $v$ ,  $B$ ,  $\Delta t$ を用いて [ア] (Wb)と表される。したがって、回路に発生する誘導起電力の大きさは  $l$ ,  $v$ ,  $B$ を用いて [イ] (V)と表される。また、誘導電流は導体棒では [ウ] (図中の矢印 a, b から選べ)の向きに流れる。



- 問1 おもりと導体棒の速さが  $v$ であるとき、導体棒に流れる電流の大きさ  $i$ (A)を  $g$ ,  $l$ ,  $B$ ,  $M$ を用いて表せ。  
 問2  $v$ を  $g$ ,  $l$ ,  $B$ ,  $M$ ,  $R$ を用いて表せ。  
 問3 おもりと導体棒の速さが  $v$ であるとき、糸が導体棒を引く力の仕事率  $P$ (W)を  $g$ ,  $l$ ,  $B$ ,  $M$ ,  $R$ を用いて表せ。

次に、導体棒を押さえて導体棒とおもりを完全に静止させ、おもりを手で支えた。つづけて、スイッチを入れて電池に接続すると同時に静かに手をはなすと、おもりは上昇し始め、しばらくするとおもりと導体棒は一定の速さ  $V$ (m/s)で運動した。スイッチを入れた直後、導体棒に流れる電流の大きさは  $r$ ,  $E$ を用いて [エ] (A)と表される。また、その時おもりが上昇し始めるためには、 $r$ はどのような値でも良いわけではなく、ある値  $r_1$ より小さい必要がある。

- 問4  $r_1$ を  $g$ ,  $l$ ,  $B$ ,  $E$ ,  $M$ を用いて表せ。  
 問5 おもりと導体棒の速さが  $V$ であるとき、 $R$ ( $\Omega$ )の抵抗に流れる電流の大きさ  $I$ (A)を  $g$ ,  $l$ ,  $r$ ,  $B$ ,  $E$ ,  $M$ ,  $R$ を用いて表せ。  
 問6  $V$ を  $g$ ,  $l$ ,  $r$ ,  $B$ ,  $E$ ,  $M$ ,  $R$ を用いて表せ。

〔3〕 単原子分子理想気体と二原子分子理想気体の性質の違いを理解するために次の実験を行った。

断面積  $S(\text{m}^2)$ 、質量  $m(\text{kg})$  のピストンがついたシリンダーの中に  $1 \text{ mol}$  の理想気体を封入した。ピストンは任意の位置に固定することができるが固定を外すとシリンダー内をなめらかに動くことができる。シリンダー内には体積や熱容量が無視できる加熱器があり、内部の気体を加熱することができる。ピストンとシリンダーは熱を通さず、それらの熱容量は無視できるものとする。ピストンが固定されていない状態で図1のようにシリンダーを垂直に立てたら、ピストンは底から  $l_0(\text{m})$  の位置で静止し、気体の温度は  $T_0(\text{K})$  であった。次の(A)~(C)の各操作を、内部の気体が単原子分子理想気体の場合と、二原子分子理想気体の場合でそれぞれ行った。

(A) 図1の状態から、ピストンを  $l_0$  の位置で固定し、内部の気体の温度が  $T_1(\text{K})$  になるまで加熱した(図2)。

(B) 図1の状態から、ピストンの固定を外したまま内部の気体の温度が  $T_1$  になるまで加熱した(図3)。

(C) 図1の状態から、ゆっくりと図4のようにシリンダーを水平にした。

大気圧を  $p_0(\text{Pa})$ 、重力加速度の大きさを  $g(\text{m/s}^2)$ 、気体定数を  $R(\text{J}/(\text{mol}\cdot\text{K}))$  として以下の問い(問1~6)に答えよ。ただし、問3~6には簡潔な説明を付けること。なお、必要に応じて、理想気体の断熱変化では気体の圧力  $p$  と体積  $V$  との間には比熱比  $\gamma$  を用いて  $[pV^\gamma = \text{一定}]$  の関係が成り立つことを用いよ。ここで、 $\gamma$  は定圧モル比熱  $C_p(\text{J}/(\text{mol}\cdot\text{K}))$  と定積モル比熱  $C_v(\text{J}/(\text{mol}\cdot\text{K}))$  を用いて  $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$  で与えられる。

まず、内部の気体を単原子分子理想気体として実験を行った。

問1  $l_0$  を  $g, m, p_0, R, S, T_0$  を用いて表せ。

問2 操作(A)で気体に加えた熱量  $Q_A(\text{J})$  を  $R, T_0, T_1$  を用いて表せ。

問3 操作(B)により、ピストンは  $l_1(\text{m})$  の位置まで移動して静止した。ピストンの変位  $l_1 - l_0$  を  $g, m, p_0, R, S, T_0, T_1$  を用いて表せ。また、操作(B)で気体を与えた熱量  $Q_B(\text{J})$  を  $R, T_0, T_1$  を用いて表せ。

問4 操作(C)により、ピストンは  $l_2(\text{m})$  の位置まで移動して静止し、気体の温度は  $T_2(\text{K})$  になった。 $l_2$  を  $g, l_0, m, p_0, S$  を用いて表せ。

次に、内部の気体を二原子分子理想気体として実験を行った。

問5 操作(A)で気体を与えた熱量  $Q'_A(\text{J})$  は  $Q'_A = \frac{5}{3} Q_A$  であった。操作(B)で気体を与えた熱量  $Q'_B(\text{J})$  を  $Q_B$  を用いて表せ。

問6 操作(C)により、ピストンは  $l'_2(\text{m})$  の位置まで移動して静止し、気体の温度は  $T'_2(\text{K})$  になった。 $l_2$  と  $l'_2$  の大小関係と  $T_2$  と  $T'_2$  の大小関係をそれぞれ示せ。

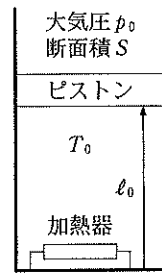


図1

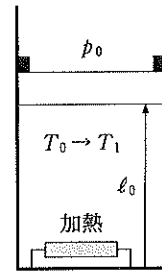


図2

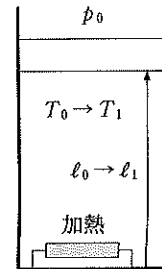


図3

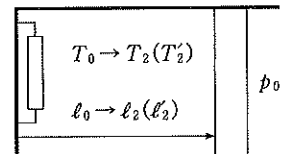


図4