

令和3年度入学試験問題

理 科

注 意 事 項

1. 指示があるまでこの冊子の中を見てはいけません。
2. 生物、物理、化学の中から2科目選択しなさい。
3. 1科目につき1枚の解答用紙を使用しなさい。
4. 解答用紙のマーク数字は、次の「良い例」のように、濃く正しく塗りつぶしなさい。正しく塗りつぶされていない場合、採点できないことがあります。

良い例……………

悪い例……………

5. 各解答用紙には解答欄の他に次の記入欄があるので、正確に記入しなさい。
 - ① 氏名欄……………氏名を漢字とフリガナで記入しなさい。
 - ② 受験番号欄……………6桁の受験番号を算用数字で記入し、マーク欄の数字を正しく塗りつぶしなさい。
 - ③ 解答科目欄……………解答する科目名を記入し、該当科目のマークを塗りつぶしなさい。
6. 解答方法は、問題の解答に対応した解答欄の数字を塗りつぶしなさい。

例えば

 - ・

| |
|---|
| ア |
|---|

 と表示のある解答欄に対して②と解答する場合、解答用紙の解答欄 ア の②を塗りつぶしなさい。
 - ・

| |
|---|
| ア |
|---|

 と表示のある解答欄に対して③⑤⑦と解答する場合、解答用紙の解答欄 ア の③⑤⑦を塗りつぶしなさい。
7. この問題冊子の余白を下書きに用いて構いません。
8. 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などに気がついた場合は、手を上げて申し出なさい。
9. 試験中に質問がある場合は、手を上げて申し出なさい。
10. 試験終了後、この問題冊子は持ち帰りなさい。
11. 途中退場は認めません。
12. この冊子は、全部で27ページです。生物、物理、化学の順になっています。

目 次

| | |
|-----|------------------|
| 生 物 | 1～11 ページ(問題Ⅰ～Ⅳ) |
| 物 理 | 12～17 ページ(問題Ⅰ～Ⅳ) |
| 化 学 | 18～27 ページ(問題Ⅰ～Ⅲ) |

物 理

I にあてはまる最も適当な数字をマークすること。数値で解答する問題には有効数字2桁で答えよ。 ス , ツ , テ , ネ の解答は該当する解答群から最も適当なものの一つ選べ。

(1) ばね定数 19.6 N/m の軽いばねの一端をエレベーターの天井に固定し、他端に質量 50 g のおもりをつるす。以下の(a)~(c)において、エレベーター内から見て物体は静止していたとする。重力加速度の大きさを $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ として以下の問題に答えよ。

(a) エレベーターが静止しているとき、ばねの自然長からの伸びは ア , イ cm である。

(b) 上昇するエレベーターが 5.2 m/s^2 の加速度で加速しているとき、ばねの自然長からの伸びは ウ , エ cm である。

(c) 下降するエレベーターが 4.8 m/s^2 の加速度で加速しているとき、ばねの自然長からの伸びは オ , カ cm である。

(2) 0°C における酸素の気体分子(分子量32)の2乗平均速度 $\sqrt{v^2}$ が $4.6 \times 10^2 \text{ m/s}$ であるとする。 0°C におけるヘリウムの気体分子(分子量4)の2乗平均速度は キ , ク $\times 10^{\text{ケ}}$ m/s である。また、 273°C におけるヘリウムの気体分子の2乗平均速度は コ , サ $\times 10^{\text{シ}}$ m/s である。

(3) 焦点距離 4.0 cm の凹面鏡の前方 2.0 cm の位置に物体を置くと、凹面鏡の ス の セ , ソ cm の位置に倍率 タ , チ の ツ ができる。また、この凹面鏡の前方 5.0 cm の位置に物体を置くと、凹面鏡の テ の トナ cm の位置に倍率 ニ , ノ の ネ ができる。

ス , テ の解答群
 ① 前方 ② 後方

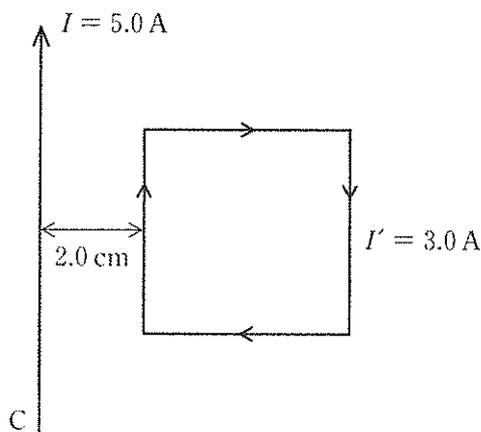
ツ , ネ の解答群
 ① 正立の実像 ② 正立の虚像 ③ 倒立の実像 ④ 倒立の虚像

II にあてはまる最も適当な数字をマークすること。整数以外の数値で解答する問題には有効数字2桁で答えよ。 の解答は該当する解答群から最も適当なものを一つ選べ。

(1) 図のように、直線状の導線Cに大きさ $I = 5.0 \text{ A}$ の電流を矢印の向きに流す。導線Cから 2.0 cm 離れた位置に一辺の長さが 4.0 cm の正方形のコイルを、導線Cに近い辺が導線Cと平行になるように置き、矢印の向きに大きさ $I' = 3.0 \text{ A}$ の電流を流す。コイルが全体として受ける力の大きさは ア イ $\times 10^{-\text{ク}}$ N、向きは エ となる。ただし、真空の透磁率を $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ N/A}^2$ とし、コイルと電流 I は同一平面内にあるとする。

エ の解答群

- | | |
|-----------------|-------------------|
| ① 電流 I の方向 | ② 電流 I と逆向きの方向 |
| ③ 電流 I に近づく方向 | ④ 電流 I から遠ざかる方向 |
| ⑤ 紙面の表から裏に向かう方向 | ⑥ 紙面の裏から表に向かう方向 |



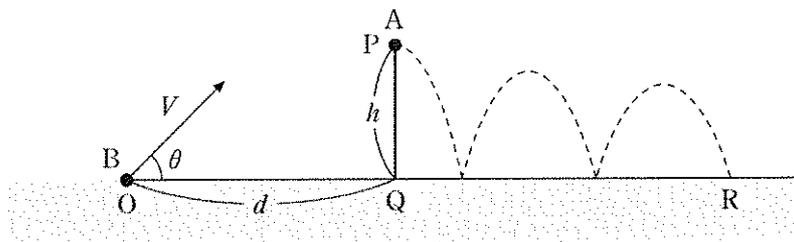
(2) (a) 核分裂反応 ${}^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n} \rightarrow \text{X} + {}^{139}_{53}\text{I} + 2{}^1_0\text{n}$ で得られる原子核 X の質量数 A と原子番号 Z はそれぞれ オカ と キク である。

(b) ${}^{131}_{53}\text{I}$ の半減期は 8 日である。 ${}^{131}_{53}\text{I}$ の量は ケコ 日後に $\frac{1}{8}$ になる。

III にあてはまる最も適当なものを対応する解答群から一つずつ選べ。

ただし、 ケ ~ チ については、最も適当な数字をマークすること。分数で解答する問題には既約分数(それ以上約分できない分数)で答えよ。

水平な床に対して垂直に固定された棒 PQ 上の点 P に質量 m の小物体 A が置かれている。時刻 $t = 0$ において床にある点 O から、水平面に対する仰角 θ 、速さ V で質量 rm の小物体 B を投げ上げたところ、物体 B は速さ u_0 で物体 A と水平方向から衝突し、物体 A は水平方向に飛び出した。PQ = h 、OQ = d とし、重力加速度の大きさを g とする。床および棒と物体の摩擦は考えないとする。



(a) 物体 B が物体 A に衝突した時刻は $t =$ ア であり、 $h =$ イ , $\frac{h}{d} =$ ウ の関係がある。

ア の解答群

- ① $\frac{V \cos \theta}{g}$ ② $\frac{V \sin \theta}{g}$ ③ $\frac{V \tan \theta}{g}$ ④ $\frac{V \cos \theta}{2g}$ ⑤ $\frac{V \sin \theta}{2g}$ ⑥ $\frac{V \tan \theta}{2g}$

イ の解答群

- ① $\frac{V^2 \cos^2 \theta}{2g}$ ② $\frac{V^2 \sin^2 \theta}{2g}$ ③ $\frac{V^2 \sin \theta \cos \theta}{2g}$
 ④ $\frac{V^2 \cos^2 \theta}{g}$ ⑤ $\frac{V^2 \sin^2 \theta}{g}$ ⑥ $\frac{V^2 \sin \theta \cos \theta}{g}$

ウ の解答群

- ① $\sin \theta$ ② $\cos \theta$ ③ $\tan \theta$ ④ $\frac{\sin \theta}{2}$ ⑤ $\frac{\cos \theta}{2}$
 ⑥ $\frac{\tan \theta}{2}$ ⑦ $2 \sin \theta$ ⑧ $2 \cos \theta$ ⑨ $2 \tan \theta$

(b) 物体 A, B の衝突における反発係数を e とする。衝突直後の A, B の速度(右向きを正とする)

をそれぞれ v, u とすると, $v = \frac{\text{エ}}{\text{オ}} \times u_0, u = \frac{\text{カ}}{\text{キ}} \times u_0$ である。

$r = \frac{2}{3}$ のとき, 衝突後に物体 B が左向きにはね返るための条件は $e \frac{\text{ク}}{\frac{\text{ケ}}{\text{コ}}}$ で

ある。

$\text{エ} \sim \text{キ}$ の解答群

- ① $1 + e$ ② $1 - e$ ③ $r(1 + e)$ ④ $r(1 - e)$ ⑤ $1 + r$
 ⑥ $1 - r$ ⑦ $r + e$ ⑧ $r - e$ ⑨ $1 + re$ ⑩ $1 - re$

ク の解答群

- ① $<$ ② $=$ ③ $>$

(c) 物体 A は物体 B と衝突した後, 水平な床との衝突を繰り返した。物体 A と床との反発係数を

$\frac{2}{3}$ とすると, 初めて床と衝突した後の物体 A の最高点は $\frac{\text{サ}}{\text{シ}} \times h$ であり, 物体 A と床

との 1 回目の衝突から 2 回目の衝突までにかかる時間は $\frac{\text{ス}}{\text{セ}} \times \sqrt{\frac{2h}{g}}$ である。また, 物

体 A が床と 3 回目に衝突する点を R とするとき, 点 Q と点 R の距離は $\frac{\text{ソタ}}{\text{チ}} \times v \sqrt{\frac{2h}{g}}$

である。

IV にあてはまる最も適当なものを対応する解答群の中から一つずつ選べ。

断面積 S 、長さ L の一様な導体の両端に一定の電圧 V をかけたときの電気伝導について、導体中の自由電子の運動をモデル化して考える。導体には、質量 m 、電荷 $-e$ の自由電子が、単位体積あたり n 個分布しているものとして、以下の問いに答えよ。

(a) 導体内部に生じる電場の強さは $E =$ **ア** であり、1 個の自由電子はこの電場から大きさ $F_E =$ **イ** の力を受ける。自由電子には電場からの力のみがかかると仮定すると、導体内での自由電子の運動は **ウ** となる。したがって、この仮定が正しいとすると、導体の一端に静止していた自由電子が、他端まで移動するのに要する時間は $T_a =$ **エ** と表される。

ア , **イ** の解答群

- ① mV ② eV ③ SV ④ LV ⑤ $\frac{V}{m}$
 ⑥ $\frac{V}{L}$ ⑦ $\frac{V}{S}$ ⑧ $\frac{eV}{L}$ ⑨ $\frac{eV}{S}$

ウ の解答群

- ① 等速運動 ② 等加速度運動 ③ 円運動
 ④ 単振動 ⑤ ブラウン運動

エ の解答群

- ① $\frac{L}{V}$ ② $\frac{L}{mV}$ ③ $\frac{eV}{L}$ ④ $\frac{eV}{mL}$ ⑤ $\frac{eV}{mLS}$
 ⑥ $L\sqrt{\frac{2m}{eV}}$ ⑦ $2\sqrt{\frac{mV}{eL}}$ ⑧ $m\sqrt{\frac{2L}{eV}}$ ⑨ $V\sqrt{\frac{eL}{2m}}$

(b) 自由電子は、電場の力により動きはじめると、導体内で熱振動している陽イオンと繰り返し衝突し、その運動が妨げられる。この衝突による影響を、落下する雨滴にはたらく空気の抵抗力と同様に扱い、自由電子にはその速さ v に比例した大きさ $F_v = kv$ の抵抗力がはたらくものと考えよう。

自由電子は、電場の力によって加速されるが、抵抗力を受けることにより、やがて力がつりあい一定の速さ $\bar{v} =$ **オ** で移動するようになる。

設問(a)で仮定したように、自由電子が電場の力のみを受けて運動する場合、導体内で静止していた自由電子が速さ \bar{v} となるまでに要する時間は $T_b =$ **カ** と表される。

オ , **カ** の解答群

- ① mkV ② keV ③ $\frac{m}{k}$ ④ $\frac{SV}{k}$ ⑤ $\frac{eLV}{k}$
 ⑥ $\frac{kV}{m}$ ⑦ $\frac{kV}{eL}$ ⑧ $\frac{eV}{kS}$ ⑨ $\frac{eV}{kL}$

(c) 設問(b)でみたように、自由電子は導体中を一定の速さ \bar{v} で移動するものと考え、導体中のある断面を時間 Δt の間に通過する自由電子は、体積 **キ** の領域に含まれており、その個数は **ク** と表される。よって、導体を流れる電流は $I =$ **ケ** と表される。

この電流の式と設問(b)の結果を用いると、導体にかけた電圧と電流との関係を表す **コ** の法則が導かれ、導体の抵抗は $R =$ **サ** となることがわかる。また、 $R =$ **シ** で定義される抵抗率 ρ を、設問(b)で求めた T_b を用いて表すと、 $\rho =$ **ス** となる。

キ ~ **ケ** の解答群

- ① SL ② $S\bar{v}$ ③ nSL ④ $enSL$ ⑤ $nS\bar{v}$
 ⑥ $enS\bar{v}$ ⑦ $S\bar{v}\Delta t$ ⑧ $nS\bar{v}\Delta t$ ⑨ $enS\bar{v}\Delta t$

コ の解答群

- ① キルヒホッフ ② クーロン ③ ローレンツ
 ④ オーム ⑤ ヘルツ ⑥ レンツ
 ⑦ ボルト ⑧ ファラデー ⑨ アンペール

サ の解答群

- ① $\frac{enSL}{k}$ ② $\frac{enL}{Sk}$ ③ $\frac{enS}{kL}$ ④ $\frac{e^2nL}{Sk}$ ⑤ $\frac{e^2nS}{kL}$
 ⑥ $\frac{k}{enSL}$ ⑦ $\frac{Sk}{enL}$ ⑧ $\frac{kL}{enS}$ ⑨ $\frac{kL}{e^2nS}$

シ の解答群

- ① ρSL ② $\rho \frac{L}{S}$ ③ $\rho \frac{S}{L}$ ④ $\frac{\rho}{SL}$ ⑤ $\frac{L}{\rho S}$
 ⑥ $\frac{S}{\rho L}$ ⑦ $\frac{1}{\rho SL}$ ⑧ $\frac{nL}{\rho S}$ ⑨ $\rho \frac{nS}{L}$

ス の解答群

- ① $\frac{enT_b}{m}$ ② $\frac{enm}{T_b}$ ③ $\frac{en}{mT_b}$ ④ $\frac{e^2nm}{T_b}$ ⑤ $\frac{e^2nT_b}{m}$
 ⑥ $\frac{T_b}{enm}$ ⑦ $\frac{m}{enT_b}$ ⑧ $\frac{T_b}{e^2nm}$ ⑨ $\frac{m}{e^2nT_b}$