

2018 年度一般入学試験(後期)

理 科 (問 題)

注 意

- 1) 理科の問題冊子は全部で 35 ページあり、問題数は、物理 4 問、化学 4 問、生物 5 問である。白紙・余白の部分は計算・下書きに使用してよい。
- 2) 別に解答用紙が 3 枚ある。解答はすべてこの解答用紙の指定欄に記入すること。指定欄以外への記入はすべて無効である。
- 3) 3 枚の解答用紙のすべての所定欄に、それぞれ受験番号を記入すること。氏名を記入してはならない。なお、記入した受験番号が誤っている場合や無記入の場合は、当該科目の試験が無効となる。また、※印の欄には何も記入してはならない。
- 4) 理科は物理・化学・生物のうち 2 科目を選択して解答すること。選択しない科目の解答用紙には(受験番号は忘れず記入の上)用紙全体に大きく×印をつけて、選択しなかったことがはっきりと分かるようにすること。
- 5) 3 科目全部にわたって解答したもの、および解答用紙 3 枚のうち 1 枚に×印のないものは、理科の試験全部が無効となる。
- 6) 問題冊子、解答用紙はともに持ち出してはならない。
- 7) 試験終了時には、問題冊子の上に、解答用紙を裏返して、下から順に物理、化学、生物の解答用紙を重ねて置くこと。解答用紙、問題冊子の回収後、監督者の指示に従い退出すること。

訂正 (理科)

(試験開始時に紙で全員に配布)

物理

5 ページ III 5 行目

誤 長さ 18cm の試験の・・・

↓

正 長さ 18cm の試験管の・・・

生物

25 ページ III 問 5 の選択肢

- 誤 a 問 4 のサンプル 1 で増幅された DNA 断片にはエキソンのみが含まれる。
b 問 4 のサンプル 2 で増幅された DNA 断片にはイントロンのみが含まれる。
c 問 4 のサンプル 1 には、青色遺伝子の cDNA と同じ配列が組み込まれている。
d 問 4 のサンプル 2 には、青色遺伝子の cDNA と同じ配列が組み込まれている。
e ペチュニア用のプライマーセットはペチュニア青色遺伝子のイントロンの配列上にある。
f パンジー用のプライマーセットはパンジー青色遺伝子のエキソンの配列上にある。

↓

- 正 a 問 4 のサンプル 1 から増幅された DNA 断片には、エキソン部分の塩基配列のみが含まれる。
b 問 4 のサンプル 2 から増幅された DNA 断片には、イントロン部分の塩基配列のみが含まれる。
c 問 4 のサンプル 1 には、青色遺伝子の DNA の全長と同じ塩基配列が組み込まれている。
d 問 4 のサンプル 2 には、青色遺伝子の DNA の全長と同じ塩基配列が組み込まれている。
e ペチュニア用の各プライマーと相補的な塩基配列は、ペチュニア青色遺伝子のイントロンの塩基配列の中にある。
f パンジー用の各プライマーと相補的な塩基配列は、パンジー青色遺伝子のエキソンの塩基配列の中にある。

物 理 (後期)

I 水中に、水より密度の大きい球状粒子を分散させて静置すると、球状粒子は沈降を始める。ストークスの法則によれば、半径 r の球状粒子が水中を速さ v で運動するときには、大きさ $6\pi\eta rv$ の力が運動と逆向きに作用する。ここで η は水の粘性率または粘度と呼ばれる量である。以下の問に答えよ。

問 1 水中に分散させてじゅうぶん時間が経過したときの球状粒子の沈降の速さを求めよ。球状粒子の半径を r 、水の密度を ρ_0 、球状粒子の密度を ρ (ただし $\rho > \rho_0$)、重力加速度の大きさを g とする。途中の考え方も記せ。

問 2 粘性率の単位として誤りでないものを以下のア～ケのうちからすべて選び、記号で答えよ。適切なものがなければ「該当なし」とせよ。

ア $\text{Pa}\cdot\text{s}$	イ $\text{kg}/(\text{m}\cdot\text{s})$	ウ $\text{kg}\cdot\text{s}/\text{m}^2$
エ $\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s}$	オ $\text{N}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$	カ Pa/s
キ $\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$	ク $\text{kg}/(\text{m}\cdot\text{s}^3)$	ケ $\text{kg}\cdot\text{s}/\text{m}$

液中に分散した微粒子に遠心力を与える遠心分離法は、静置しただけでは分離しにくい微小な粒子を分離したり、性質の異なる粒子を沈降の速さの差で選別したりすることが可能なため、生化学の分析などでよく用いられる。

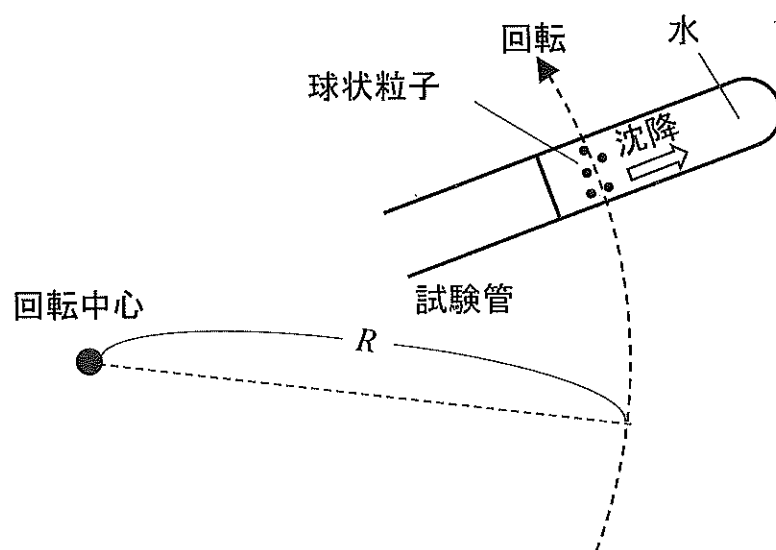
問 1 の球状粒子を、試験管中の水に分散させ、図のように角速度 ω で回転させる。回転を開始してじゅうぶん時間が経過した状態で、球状粒子が試験管の底に向かって沈降する運動を考える。沈降による回転半径の変化と、重力の影響は、ともに無視できるとする。

問 3 回転中心から R の距離にある球状粒子の沈降の速さを求めよ。途中の考え方も記せ。

問 4 タンパク質の分析などに用いられる超遠心分離機と呼ばれる装置では、回転速度が毎分 100000 回転に達するものがある。この回転速度で $R = 10 \text{ cm}$ のとき、問 3 で求めた沈降の速さは重力によるその何倍になるか。 $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ とせよ。途中の考え方も記せ。

問 5 遠心分離法に関する以下の①～⑧の文のうち、誤っているものをすべて選び記号で答えよ。誤っているものがなければ「該当なし」とせよ。

- ① 回転速度を上げれば、球状粒子は速く移動する。
- ② 沈降の速さに差のない球状粒子の集団は、粒径も密度も均一だと言える。
- ③ 密度の異なる物質でできた、同じ大きさの球状粒子同士は、遠心分離法で選別できる。
- ④ 同じ物質でできた、大きさの異なる球状粒子同士は、遠心分離法で選別することができない。
- ⑤ 複数種類の球状粒子からなる集団が、水中での遠心分離法で選別できなくても、媒質の密度を変えれば選別できる可能性がある。
- ⑥ 遠心分離法は密度の差より粒子の大きさの差に対して感度が高い。
- ⑦ 溶媒より密度の小さい物質でできた球状粒子は遠心分離できない。
- ⑧ 溶媒と密度の等しい物質でできた球状粒子は遠心分離できない。



II 低い抵抗値の抵抗 X の抵抗値の測定について、以下の問に答えよ。

抵抗 X の抵抗値を、図 1 のような同じ電流計 (内部抵抗 r_A) と同じ電圧計 (内部抵抗 r_V) で構成された 2 つの回路で測定した。電圧計の指示値が V になるように可変抵抗を調整したところ、回路(1)の電流計の指示値は I_1 、回路(2)の電流計の指示値は I_2 であった。

問 1 回路(1)と回路(2)で測定したとき、抵抗 X の真の抵抗値はそれぞれどのように表されるか。

一般的には、電流計の指示値 I と電圧計の指示値 V から抵抗値 $R = \frac{V}{I}$ を求めるので、これが真の抵抗値に近い回路を用いた方法の方がより正確な測定といえる。

問 2 回路(1)と回路(2)のそれぞれでより正確な測定を実現するための、 r_A と r_V の条件として最も適当なものを選択肢からそれぞれ選び記号で答えよ。

ア できるだけ大きい イ できるだけ小さい ウ 条件無し

問 3 問 2 の条件を満たす回路(1)と回路(2)において、抵抗 X の抵抗値が、 r_A や r_V に比べ非常に小さいとき、より正確に測定できる回路はどちらか。理由とともに答えよ。

2 つの導体を互いに接触させて電流を流すとその接触部に電圧降下が生じる。これは接触部に抵抗が生じたためであり、この抵抗のことを接触抵抗という。低い抵抗値の測定では、接触抵抗や導線の抵抗のため正確な測定が困難である。

抵抗 X の抵抗値を測定するため、図 2 のような抵抗値 P , Q , R , S , T の抵抗で構成された回路を用いた。この回路では、端子 p_1 および端子 p_2 と抵抗 X の間の接触抵抗は、それぞれ Q と T に含まれる。端子 c_1 と抵抗 X の間の接触抵抗は、抵抗 X と可変抵抗を接続する導線の抵抗値 U に含まれる。端子 c_2 と抵抗 X の間の接触抵抗は、電源の内部抵抗に含まれる。

問 4 検流計 G の触れがゼロになるように可変抵抗を調整した。抵抗 X の抵抗値を求めよ。途中の考え方も記せ。

P, Q, R, S, T は任意に選択できるので、大きな抵抗値を選べば、それぞれの端子の接触抵抗は無視することができる。

問 5 P, Q, S, T がある関係式を満たすとき、導線の抵抗 U の影響を消すことができる。その関係式を示し、抵抗 X の抵抗値を求めよ。途中の考え方も記せ。

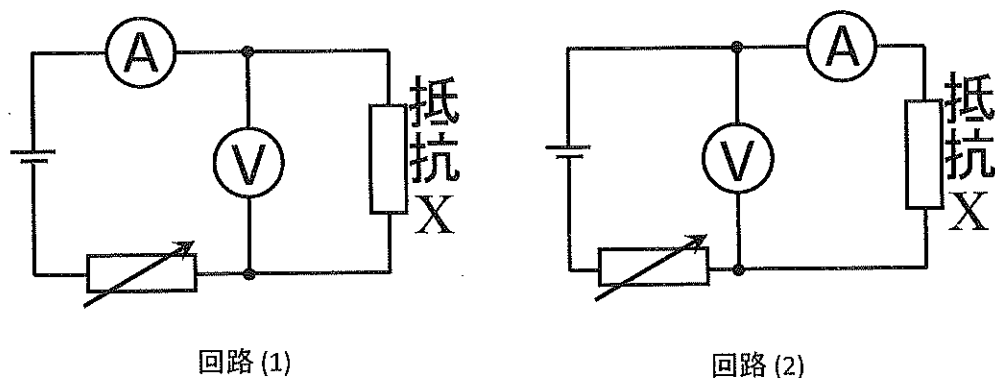


図 1

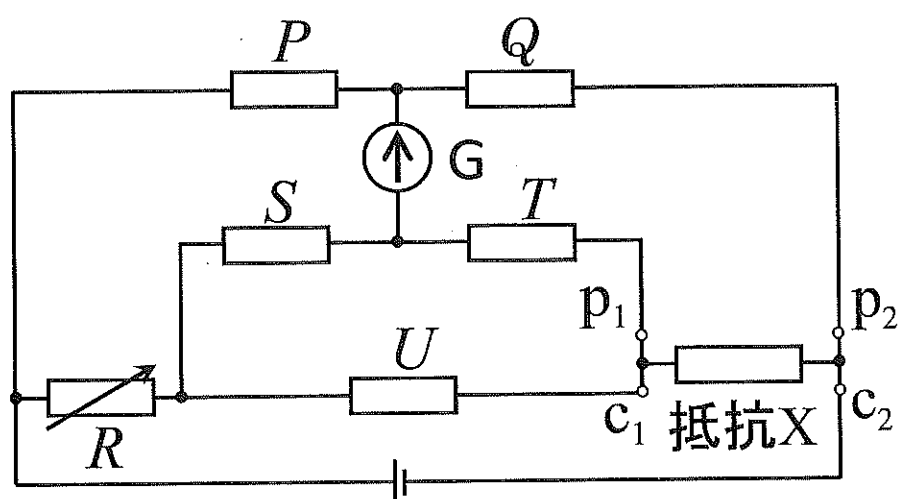


図 2

Ⅲ 試験管やビンのような、一端が閉じた閉管の開口の部分に息を吹きかけると、その管に特有の音が鳴る。以下の問いに答えよ。開口端補正は無視できる。

問 1 一様な太さの閉管の開口部に息を吹きかけると音が鳴る理由を 30 字以内で述べよ。

長さ 18 cm の試験の開口部に息を吹きかけたときに発生する音の振動数を調べたところ、最も低い音(振動数 f_1)とその次に低い音(振動数 f_2)の 2 つの振動数成分が検出された。

問 2 振動数が f_2 の音について、空気の密度変化が極大の位置と極小の位置を、開口からの距離で全て答えよ。

同じ長さでも、太さが一様な管と太さが一様でないビンでは、息を吹きかけて鳴る音の高さは異なる。ビンに息を吹きかけて音が鳴るのはヘルムホルツ共鳴によるものである。

図 1 のような、長さ l 、断面積 S の首と、首の部分の体積を除いた体積 V の容器からなるビンを考える。ビンに空気を吹き込むと、首の部分にある空気(密度 ρ)のかたまり(気塊)は押し下げられ、容器内の空気を圧縮する(図 2 ①)。続いて、この圧縮された空気は気塊を押し上げるが、慣性により気塊は元の位置より少し外側に出る(図 2 ②)。これにより容器内の圧力は低下し、気塊は再びビンに引き込まれる。気塊の体積変化や気塊とビンの表面の摩擦は無視できるとすると、気塊は、バネの上のおもりのように振動することになる。これは断熱変化であり、この過程においてビンの外部と内部の間に熱のやり取りはない。

図 2 のように、ビンの口を原点とし、鉛直上向きに x 軸を取る。空気をビンに吹き込んだときの気塊の微小変位を x とすると、容器内の体積は微小体積 ア だけ変化する。これにより、圧力は微小圧力 Δp だけ変化したとする。

断熱過程の場合、定圧モル比熱と定積モル比熱の比である比熱比 γ を用いると

$$(\text{圧力}) \times (\text{体積})^\gamma = (\text{一定})$$

という関係が成り立つ。大気圧を p_0 とすると、次式が得られる。

$$p_0 \times V^{\gamma} = (p_0 + \Delta p) \times (\text{イ})^{\gamma}$$

$|a|$ が 1 に比べじゅうぶん小さく、 n があまり大きくない実数であるとき、

$$(1 + a)^n \approx 1 + na$$

と近似できる。ア と Δp の積はじゅうぶん小さいので無視できるとすると、

$$\Delta p = (\text{ウ}) \times x$$

が導き出される。

この圧力変化による大きさ エ の力で、質量 オ の気塊が振動していると考え、この運動はバネ定数 カ のバネに取り付けられた質量 オ の物体の運動と等価とみなせる。これは単振動であり、このバネの振動数 キ と等しい振動数の音が生成される。大気圧 p_0 の容器内での音速 c は

$$c = \sqrt{\gamma \frac{p_0}{\rho}}$$

と与えられるので、このビンから鳴る音の振動数は、音速 c とビンの形状で決まる値だけで表すことができ、ク として求まる。

問 3 文中のア～クの空欄に最も適した文字式をそれぞれの解答欄に記入せよ。ただし、文字式に Δp を用いてはならない。

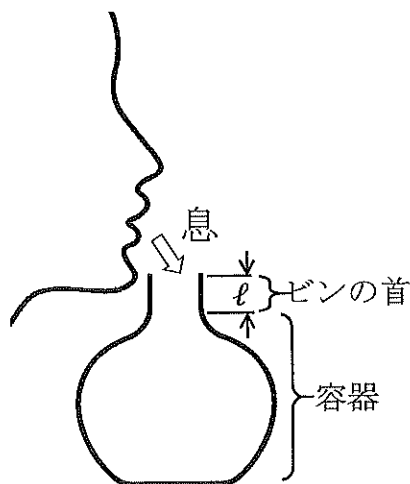


図 1

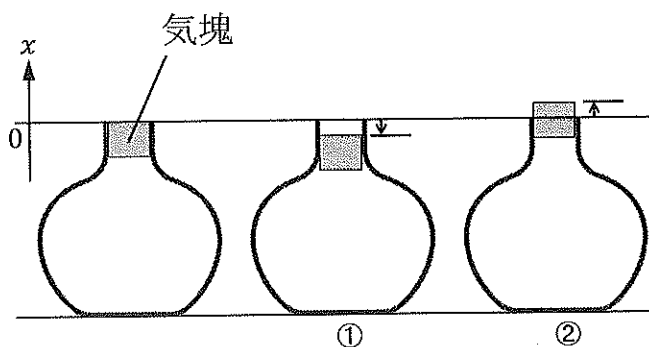


図 2

IV 加速電圧 V で加速された電子を結晶に当てて、散乱または透過した電子線の強度を記録面上で観察したところ、X 線を結晶に当てて得られた干渉模様(ラウエ斑点)と同じような斑点模様が生じた。以下の問に答えよ。電子の質量を m 、電気素量を e 、プランク定数を h とする。

問 1 図 1 のように格子面間隔 d の結晶に、波長 λ の X 線を格子面と角度 θ をなして入射したとき干渉模様(ラウエ斑点)が得られる条件を示せ。

問 2 この電子のド・ブローイ波長はいくらか。途中の考え方も記せ。

電子線が格子面と角度 θ をなして入射する場合、実際の測定では、 θ を計測するのではなく、記録面上に現れた斑点の位置を計測する。図 2 は、直進した電子線と試料から L 離れた位置にある記録面上の交点 O の近くに出現した斑点のうち、点 O に最も近い斑点 P のみを表したものである。斑点 P は点 O から距離 R 離れていた。

問 3 R を L と θ を用いて表せ。途中の考え方も記せ。

問 4 格子面の間隔を θ を用いずに表せ。小さい角度 ϕ では、 $\tan \phi \doteq \sin \phi$ 、 $\cos \phi \doteq 1$ という近似が成立つ。途中の考え方も記せ。

問 5 加速電圧 5 kV であるとき、 $L = 13.5 \text{ cm}$ 、 $R = 12 \text{ mm}$ であった。格子面の間隔に最も近い値を回答群から選び記号で答えよ。 $m = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$ 、 $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ 、 $h = 6.6 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ である。

- | | | |
|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| ア $1.2 \times 10^{-11} \text{ m}$ | イ $1.9 \times 10^{-11} \text{ m}$ | ウ $3.6 \times 10^{-11} \text{ m}$ |
| エ $9.7 \times 10^{-11} \text{ m}$ | オ $1.2 \times 10^{-10} \text{ m}$ | カ $1.9 \times 10^{-10} \text{ m}$ |
| キ $3.6 \times 10^{-10} \text{ m}$ | ク $9.7 \times 10^{-10} \text{ m}$ | ケ $1.2 \times 10^{-9} \text{ m}$ |
| コ $1.9 \times 10^{-9} \text{ m}$ | サ $3.6 \times 10^{-9} \text{ m}$ | シ $9.7 \times 10^{-9} \text{ m}$ |
| ス $1.2 \times 10^{-8} \text{ m}$ | セ $1.9 \times 10^{-8} \text{ m}$ | ソ $3.6 \times 10^{-8} \text{ m}$ |

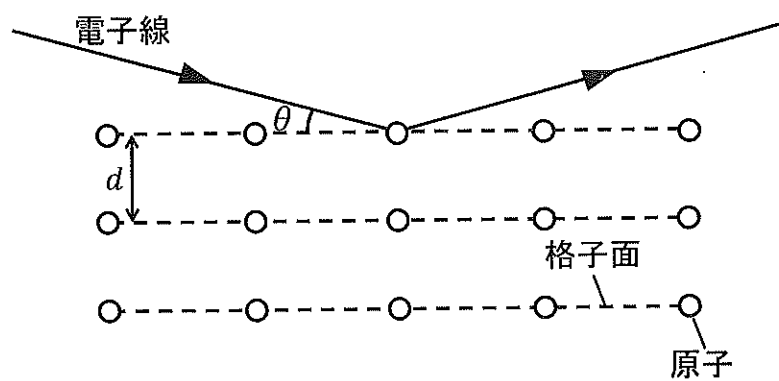


図 1

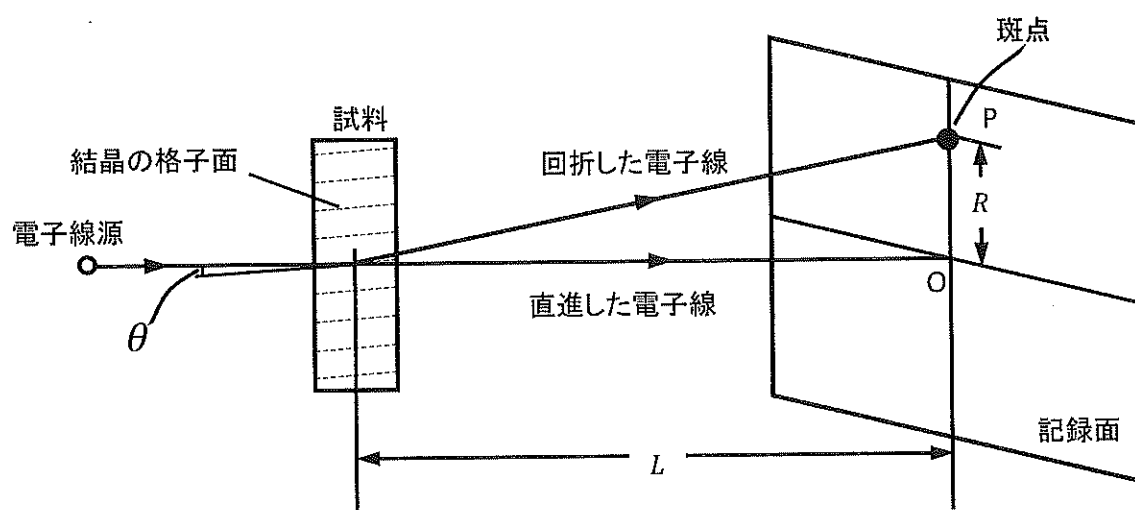


図 2