

2025年度全学統一入学試験問題

理 科【理工学部】

(2月3日)

開始時刻 午後2時45分

終了時刻 午後3時45分

物 理 1～14ページ

化 学 15～27ページ

生 物 29～48ページ

I 注 意 事 項 (各科目共通)

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. この冊子は48ページです。落丁、乱丁、印刷の不鮮明及び解答用紙の汚れなどがあった場合には申し出てください。
3. 上記の3科目の中から1科目を選択し、該当する解答用紙を切り離して解答してください。2科目以上を解答した場合は、すべて無効となります。
4. 解答用紙には解答欄以外に次の記入欄があるので、監督員の指示に従って、それぞれ正しく記入し、マークしてください。

① 受験番号欄

受験番号を記入し、さらにその下のマーク欄にマークしてください。正しくマークされていない場合は、採点できないことがあります。

② 氏名欄

氏名とフリガナを記入してください。

5. 問題冊子の余白等は適宜利用してもかまいません。
6. 試験終了後、問題冊子は持ち帰ってください。

※ 解答上の注意は、裏表紙に記載してあります。この問題冊子を裏返して必ず読みなさい。

物 理

1 以下の問 1 ～ 5 に答えなさい。(解答番号 1 ～ 6)

図 1 のように、地球を中心とする半径 r の円軌道上を紙面表側から見て反時計回りに周回している大きさの無視できる質量 m の人工衛星がある。この円軌道を軌道 C_1 とする。地球の質量は M 、万有引力定数は G とする。地球は静止しているとして、自転や公転などの運動は無いものとする。また、地球の半径は r より十分小さく、無視できるものとする。さらに、大気の影響、そして他の天体が及ぼす影響などは無視できるものとする。

以下の問では、中心間距離が r だけ離れた質量 m_1 の物体と質量 m_2 の物体の 2 物体間にはたらく万有引力の大きさは $G \frac{m_1 m_2}{r^2}$ と表せることと、質量 m_1 の物体から中心間距離が r だけ離れた質量 m_2 の物体は、無限遠点を基準とした万有引力による位置エネルギー $-G \frac{m_1 m_2}{r}$ をもつことを用いよ。ここでは、地球の質量は地球の中心に集中しているものとして、万有引力の法則を用いよ。また、人工衛星の速さは全て地球上に静止した観測者から見たものとする。

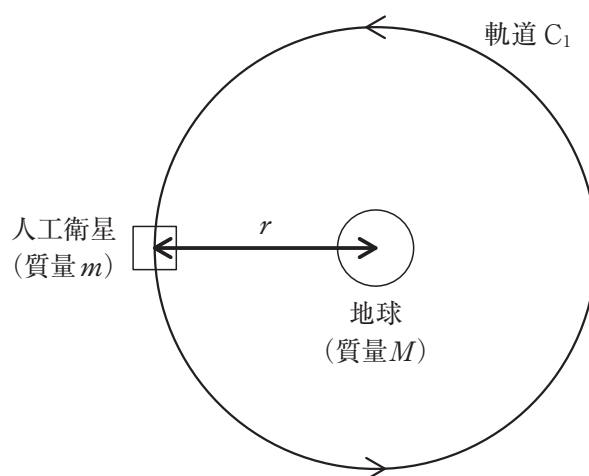


図 1

問 1 人工衛星が軌道 C_1 を周回しているときの速さを v_1 として、最も適切なものを次の選択肢から 1 つ選び、解答欄の記号をマークしなさい。 $v_1 =$ 1

- ① $\sqrt{\frac{GM}{r}}$ ② $\sqrt{\frac{GM}{r^2}}$ ③ $\sqrt{\frac{2GM}{r}}$ ④ $\sqrt{\frac{2GM}{r^2}}$

ある時刻のとき、人工衛星は図2の点Pで噴射を行い、瞬間的に円軌道 C_1 の接線方向に加速した。このときの、噴射により失われる燃料の質量は無視する。

その後、人工衛星は地球を焦点の1つとする楕円軌道 C_2 を反時計回りに周回し始めた。地球の中心の位置を点Oとして、楕円軌道 C_2 のうち地球から最も遠い点を点Qとし、楕円の中心を点O'とする。なお、楕円軌道 C_2 のうち地球から最も近い点は点Pとなる。また、楕円の短軸の両端の点をそれぞれ点S, Tとする。このとき、 $OQ = R (R > r)$ であるとする。また、ケプラーの第二法則は太陽の周りを公転する惑星について成り立つ法則として発見されたが、今回のような状況でも成り立つことが知られている。

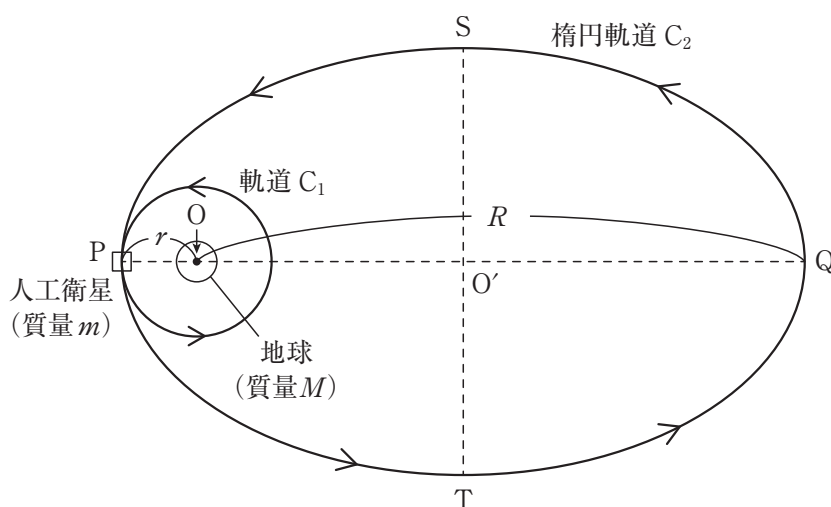


図2

問2 点Pにおける人工衛星の速さを v_2 とするとき、地球と、楕円軌道 C_2 上の人工衛星を結ぶ線分が描く面積速度 h として、最も適切なものを次の選択肢から1つ選び、解答欄の記号をマークしなさい。 $h =$ 2

- ① $\frac{1}{2}rv_2$ ② rv_2 ③ $\frac{v_2}{2r}$ ④ $\frac{v_2}{r}$

問3 点Qにおける人工衛星の速さ v_3 として、最も適切なものを次の選択肢から1つ選び、解答欄の記号をマークしなさい。 $v_3 =$ 3

- ① $\sqrt{\frac{2GM}{R}}$ ② $\sqrt{\frac{2GM}{R+r}}$ ③ $\sqrt{\frac{2GMr}{R(R+r)}}$ ④ $\sqrt{\frac{2GMR}{r(R+r)}}$

以下の問では、必要であれば、楕円の数学的性質より、 $OS = OT = \frac{R+r}{2}$ という関係が成り立つことを用いよ。

問 4 楕円軌道 C_2 について、長半径 a と、短半径 b を図形的に求め、 a と b の値として、最も適切なものを次の選択肢からそれぞれ 1 つずつ選び、解答欄の記号をマークしなさい。ただし、長半径は線分 $O'P$ の長さに等しく、短半径は線分 $O'S$ の長さに等しい。

$$a = \boxed{4} \quad b = \boxed{5}$$

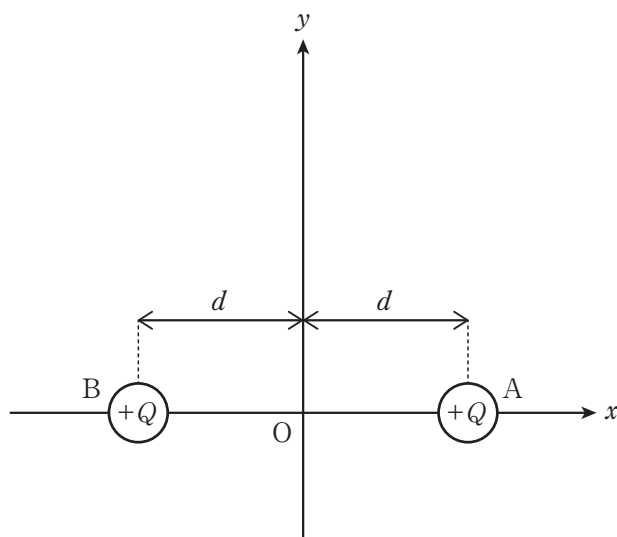
- ① $\frac{R+r}{2}$ ② $\frac{R-r}{2}$ ③ $\frac{\sqrt{Rr}}{2}$ ④ $\sqrt{Rr}$

問 5 人工衛星が楕円軌道 C_2 を 1 周するのにかかる時間 t として、最も適切なものを次の選択肢から 1 つ選び、解答欄の記号をマークしなさい。ただし、人工衛星と地球を結んだ線分は、人工衛星が楕円軌道 C_2 を 1 周する間に楕円軌道 C_2 の内部をすき間なく通過するものとする。また、必要であれば、長半径が a 、短半径が b の楕円の面積は πab と表せることを用いよ。 $t = \boxed{6}$

- ① $2\pi r \sqrt{\frac{r}{GM}}$ ② $2\pi R \sqrt{\frac{R}{GM}}$ ③ $\pi(R+r) \sqrt{\frac{R+r}{2GM}}$
 ④ $\pi(R+r) \sqrt{\frac{R(R+r)}{2GMr}}$ ⑤ $\frac{\pi}{2}(R+r) \sqrt{\frac{R+r}{GM}}$ ⑥ $\frac{\pi}{2}(R+r) \sqrt{\frac{r(R+r)}{GMR}}$

2 以下の問 1 ～ 5 に答えなさい。(解答番号 7 ～ 11)

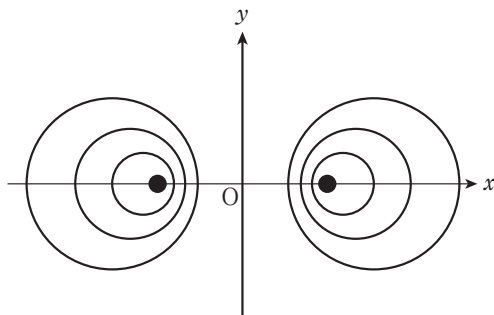
真空中において、図のように、原点を O とする xy 平面上の 2 点 $A(d, 0)$ と $B(-d, 0)$ ($d > 0$) に、それぞれ電気量 $+Q$ ($Q > 0$) の大きさを無視することのできる正電荷が 1 つずつ固定されている。クーロンの法則の比例定数を k_0 とし、電位の基準は無限遠とする。ただし、本問において重力の影響は無視するものとする。



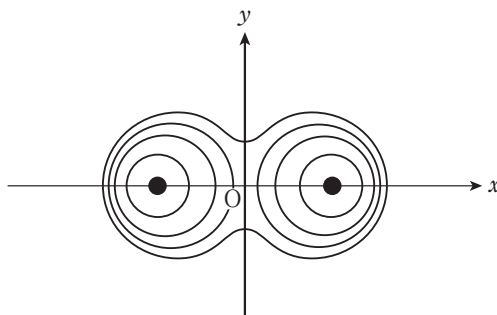
図

問 1 この xy 平面上の等電位線を図にしたものとして、最も適切なものを次の選択肢から 1 つ選び、解答欄の記号をマークしなさい。ただし、選択肢の図中にある実線は一定の電位差の間隔で引いた等電位線を表し、2 つの黒い円が正電荷を表す。 7

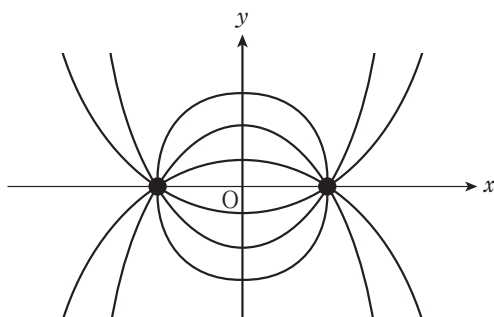
①



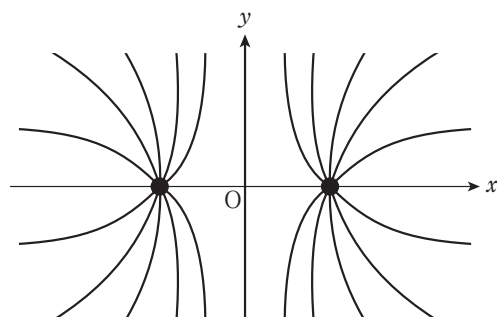
②



③



④



xy 平面上の原点 $O(0, 0)$ に質量 m の大きさを無視できる電気量 $-q$ ($q > 0$) の負電荷を静かに置き、時刻 $t = 0$ において y 軸正の向きに大きさ v_0 の速度を与える。このときの負電荷の運動の様子を v_0 の大小に応じて見ていこう。ただし、負電荷が加速度運動することによる電磁波の放出は無視できるものとする。

まず v_0 が十分に大きいときを考える。

問 2 負電荷が y 軸上の点 $P(0, y)$ ($y > 0$) にいるとき、2 点 A と B にある正電荷から受ける力の合力 $\vec{F}$ を表したものとして、最も適切なものを次の選択肢から 1 つ選び、解答欄の記号をマークしなさい。 $\vec{F} =$ 8

- ① $\left(0, \frac{2k_0Qq}{(y^2+d^2)^{\frac{1}{2}}}y\right)$ ② $\left(0, -\frac{2k_0Qq}{(y^2+d^2)^{\frac{1}{2}}}y\right)$ ③ $\left(\frac{2k_0Qq}{(y^2+d^2)^{\frac{1}{2}}}y, 0\right)$
- ④ $\left(-\frac{2k_0Qq}{(y^2+d^2)^{\frac{1}{2}}}y, 0\right)$ ⑤ $\left(0, \frac{2k_0Qq}{(y^2+d^2)^{\frac{3}{2}}}y\right)$ ⑥ $\left(0, -\frac{2k_0Qq}{(y^2+d^2)^{\frac{3}{2}}}y\right)$
- ⑦ $\left(\frac{2k_0Qq}{(y^2+d^2)^{\frac{3}{2}}}y, 0\right)$ ⑧ $\left(-\frac{2k_0Qq}{(y^2+d^2)^{\frac{3}{2}}}y, 0\right)$

問 3 v_0 がある値 v_1 より大きいとき、負電荷はやがて y 軸上正の向きの無限遠に飛び去る。その値 v_1 を表したものとして、最も適切なものを次の選択肢から 1 つ選び、解答欄の記号をマークしなさい。 $v_1 =$ 9

- ① $\sqrt{\frac{k_0 Q q}{2md}}$ ② $\sqrt{\frac{k_0 Q q}{md}}$ ③ $\sqrt{\frac{3k_0 Q q}{2md}}$ ④ $2\sqrt{\frac{k_0 Q q}{md}}$

続いて、 v_0 が十分に小さいときを考える。このとき、負電荷は原点を中心とする単振動をする。ただし、その振幅は d に比べて十分に小さいものとする。また、以降の間では、 $|y|$ が d に比べて十分に小さいときに成り立つ、以下の近似式を用いること。

$$\frac{y}{(y^2 + d^2)^{\frac{n}{2}}} \doteq \frac{y}{d^n} \quad (n \text{ は任意の自然数})$$

問 4 この単振動の周期 T として、最も適切なものを次の選択肢から 1 つ選び、解答欄の記号をマークしなさい。 $T =$ 10

- ① $2\pi\sqrt{\frac{m}{k_0 Q q}}$ ② $2\pi\sqrt{\frac{m}{2k_0 Q q}}$ ③ $2\pi\sqrt{\frac{md}{k_0 Q q}}$
 ④ $2\pi\sqrt{\frac{md}{2k_0 Q q}}$ ⑤ $2\pi\sqrt{\frac{md^3}{k_0 Q q}}$ ⑥ $2\pi\sqrt{\frac{md^3}{2k_0 Q q}}$

問 5 時刻 $t = 0$ において負電荷に速度を与えた後、初めて静止したときの負電荷の y 座標を y_1 とする。この y_1 を、単振動の周期 T と v_0 を用いて表したものとして、最も適切なものを次の選択肢から 1 つ選び、解答欄の記号をマークしなさい。 $y_1 =$ 11

- ① $\frac{v_0 T}{2\pi}$ ② $\frac{v_0 T}{\pi}$ ③ $\pi v_0 T$ ④ $2\pi v_0 T$

3 以下の問 1 ～ 5 に答えなさい。(解答番号 12 ～ 17)

図 1 のように、断面積 S で、質量や厚さが無視でき、水平を保ってなめらかに動くピストンを含む、高さ $3h$ のシリンダーを水平な床に鉛直に設置した。ピストンの下の空間には、単原子分子理想気体が封入されており、この気体はシリンダー底に取り付けられている体積と熱容量の無視できるヒーターによって温度調節されるものとする。初め、ヒーターの電源は作動しておらず、ピストンは床からの高さ H ($h < H < 2h$) の位置で静止していた。本問では、大気圧を p_0 、重力加速度の大きさを g とする。ただし、大気圧は常に一定であるとしてよい。また、ピストンとシリンダーは断熱材でできており、ピストンとシリンダーの間にすき間はなく、気体や液体がもれることはない。さらに、気体分子にはたらく重力の影響は無視できるものとする。

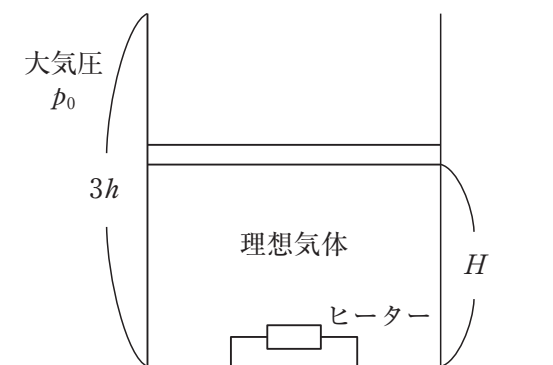


図 1

問 1 ピストンが床からの高さ H の位置で静止していたときの、シリンダー内の気体の圧力 p_1 として、最も適切なものを次の選択肢から 1 つ選び、解答欄の記号をマークしなさい。

$p_1 =$ 12

- ① p_0 ② $\frac{3}{2} p_0$ ③ $2p_0$ ④ $\frac{5}{2} p_0$ ⑤ $3p_0$

ピストンが床からの高さ H の位置で静止していた状態で、シリンダー上部に体積が Sh 、密度 ρ の液体をゆっくり注ぎ込んだところ、ピストンは床からの高さ h の位置までゆっくりと移動した。この過程において、ヒーターは作動していなかった。以降の問で、液体の蒸発は考えないものとする。

問 2 ピストンが床からの高さ h の位置にあるときの気体の圧力 p_2 を p_0 と ρ の両方を用いて表したものとして、最も適切なものを次の選択肢から 1 つ選び、解答欄の記号をマークしなさい。 $p_2 =$ 13

- ① $\frac{1}{2} p_0 + \rho h g$ ② $p_0 + \rho h g$ ③ $\frac{1}{2} p_0 + 2 \rho h g$ ④ $p_0 + 2 \rho h g$

その後ヒーターを作動させ、気体に熱を加えたところ、ピストンはゆっくりと上に向かって動き始めた。ここで、図 2 のように、 x 軸を床からの高さ h の位置を原点に、鉛直上向きを正としてとる。

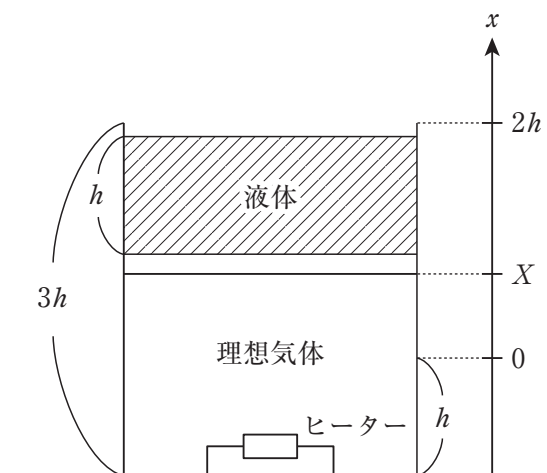


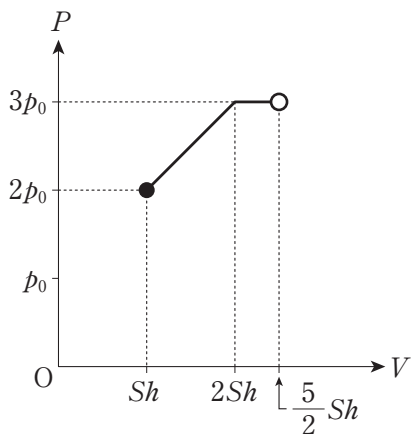
図 2

図 2 の x 軸において、ピストンの位置を表す x 座標を X とおく。このとき、 $0 \leq X < \frac{3}{2} h$ における液体を加えた後のシリンダーとピストンの様子を観察した。ピストンの位置が、 $X = h$ を超えると、ピストンの上にある液体があふれ出すことに注意せよ。また、以降の間では $\rho = \frac{p_0}{hg}$ とせよ。

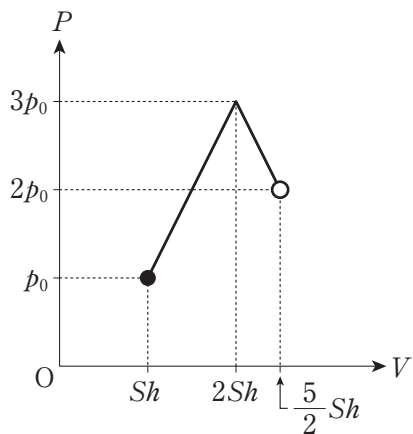
問 3 $0 \leq X < \frac{3}{2}h$ の範囲における、ピストン上部に液体を加えた後のシリンダー内の気体の圧力を P 、体積を V とするとき、その P - V グラフとして、最も適切なものを次の選択肢から 1 つ選び、解答欄の記号をマークしなさい。ただし、 $X = 0$ のときの気体の体積は Sh であることに注意せよ。

14

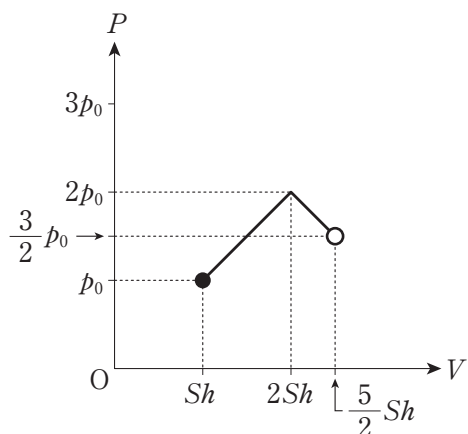
①



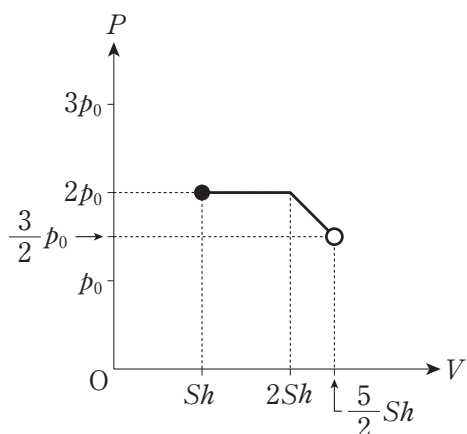
②



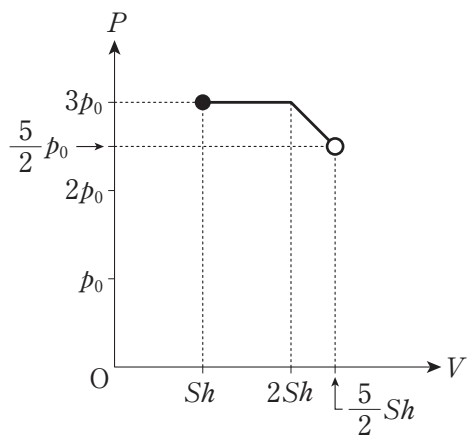
③



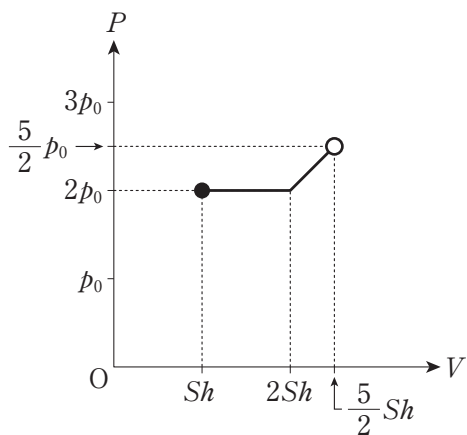
④



⑤



⑥



問 4 シリンダー内の気体について、ピストンが $x = X$ の位置にあるときの圧力を X の関数

$p(X)$ で表す。 $h < X < \frac{3}{2}h$ の範囲における $p(X)$ を表したものとして、最も適切なものを

を次の選択肢から 1 つ選び、解答欄の記号をマークしなさい。 $p(X) = \boxed{15}$

- ① $3p_0$ ② $p_0\left(1 + \frac{X}{h}\right)$ ③ $p_0\left(3 - \frac{X}{h}\right)$ ④ $p_0\left(4 - \frac{X}{h}\right)$ ⑤ $p_0\left(5 - \frac{2X}{h}\right)$

問 5 シリンダー内の気体について、ピストンが $x = 0$ から $x = X$ ($h < X < \frac{3}{2}h$) の位置ま

で移動する間の内部エネルギーの変化量 $\Delta U(X)$ と、気体がヒーターから吸収した熱量 $Q(X)$ を表したものとして、最も適切なものを次の選択肢からそれぞれ 1 つずつ選び、解答欄の記号をマークしなさい。ただし、必要であればシリンダー内の気体がした仕事は、 $P-V$ グラフの面積に等しいことを用いよ。また、必要であれば、容器内の気体は単原子分子理想気体であり、その定積熱容量 C_V は $C_V = \frac{3}{2}R$ (R は気体定数) と表せることを用いよ。

$\Delta U(X) = \boxed{16}$ $Q(X) = \boxed{17}$

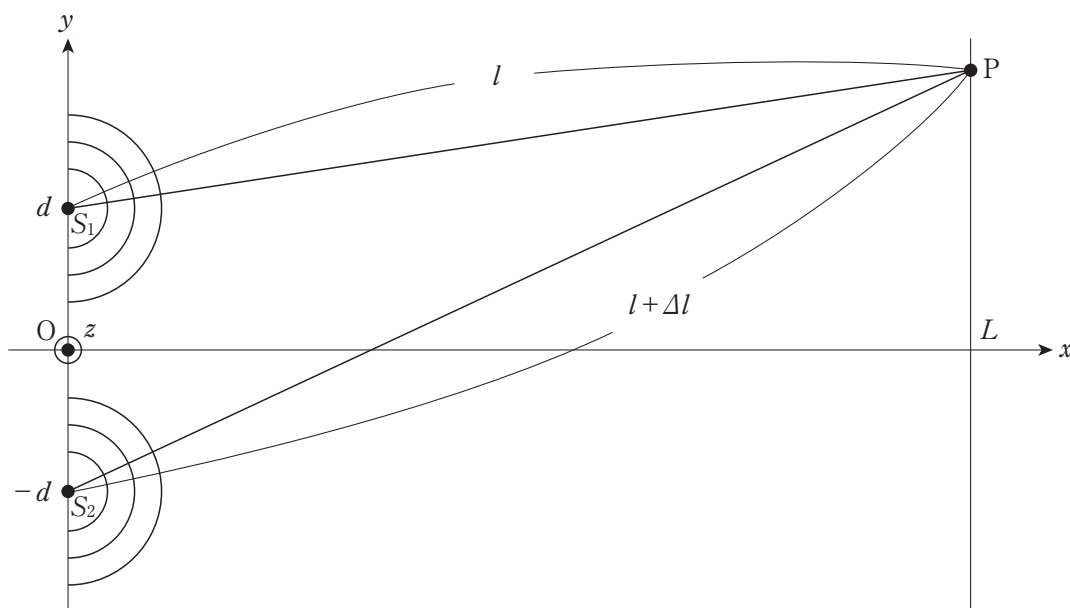
- ① $\frac{p_0 S}{h} \left(-\frac{1}{2}X^2 + 3hX - \frac{5}{2}h^2 \right)$ ② $\frac{p_0 S}{h} \left(-\frac{3}{2}X^2 + 3hX + \frac{3}{2}h^2 \right)$
 ③ $\frac{p_0 S}{h} \left(\frac{1}{2}X^2 - 3hX + \frac{9}{2}h^2 \right)$ ④ $\frac{p_0 S}{h} \left(3X^2 + 6hX - 5h^2 \right)$
 ⑤ $\frac{p_0 S}{h} \left(-2X^2 + 6hX + h^2 \right)$ ⑥ $\frac{p_0 S}{h} \left(-X^2 + hX - 2h^2 \right)$
 ⑦ $\frac{p_0 S}{h} \left(3X^2 - 9hX + 6h^2 \right)$ ⑧ $\frac{p_0 S}{h} \left(X^2 - 2hX + h^2 \right)$

4 以下の問 1 ～ 5 に答えなさい。(解答番号 18 ～ 23)

図のように、水面上に xy 平面をとり、紙面の裏から表に向かう向きに z 軸をとる。 y 軸上の点 $S_1(0, d, 0)$ と点 $S_2(0, -d, 0)$ ($d > 0$) にそれぞれ大きさの無視できる振動子を置き、時刻 $t = 0$ から同位相・同振幅の波を送り出す。このとき、2 点 S_1, S_2 からは波長 λ ，振動数 f の波がそれぞれの点を中心に同心円状に広がっていった。ここで、 xy 平面上の直線 $x = L$ ($L > 0$) 上で 2 つの波源からの水面波を観測したときのことを考えよう。ただし、 L は d や λ よりも十分に大きいものとする。また、 d は λ よりも十分に大きいものとする。なお、以下の問では、時刻 t のとき、2 点 S_1, S_2 での水面の変位 $z_1(t), z_2(t)$ はいずれも

$$z_1(t) = z_2(t) = A \sin(2\pi ft) \quad (A: \text{振幅})$$

と表され、水面を伝わる波は正弦波とみなすことができるものとし、これらの波は水面を進む途中に減衰したり、波長が変化したりすることはない。また、水深は変化せず、水面は十分に広いものとする。図では x 軸の負の向きに伝わる波を省略している。



図

点 S_1 からの距離が l ，点 S_2 からの距離が $l + \Delta l$ ($l > 0, 0 < \Delta l < 2d$) である xy 平面上の直線 $x = L$ 上の点 P で水面の変位を観測した。

問 1 点 S_1, S_2 から伝わった波による点 P での水面の変位をそれぞれ $z_{1P}(t), z_{2P}(t)$ とする。

点 P での水面の変位 $z_P(t)$ として、最も適切なものを次の選択肢から 1 つ選び、解答欄の記号をマークしなさい。 $z_P(t) =$ 18

- ① $z_{1P}(t) + z_{2P}(t)$ ② $z_{1P}(t) - z_{2P}(t)$ ③ $-z_{1P}(t) + z_{2P}(t)$ ④ $z_{1P}(t) z_{2P}(t)$

問 2 $z_{1P}(t)$, $z_{2P}(t)$ を, それぞれ A , f , t , λ , l , Δl のうち必要なものを用いて表した式として, 最も適切なものを次の選択肢からそれぞれ 1 つずつ選び, 解答欄の記号をマークしなさい。 $z_{1P}(t) = \boxed{19}$ $z_{2P}(t) = \boxed{20}$

- | | |
|---|---|
| ① $A \sin \left\{ 2\pi \left(ft + \frac{l}{\lambda} \right) \right\}$ | ② $A \sin \left\{ 2\pi \left(ft - \frac{l}{\lambda} \right) \right\}$ |
| ③ $A \cos \left\{ 2\pi \left(ft + \frac{l}{\lambda} \right) \right\}$ | ④ $A \cos \left\{ 2\pi \left(ft - \frac{l}{\lambda} \right) \right\}$ |
| ⑤ $A \sin \left\{ 2\pi \left(ft + \frac{l + \Delta l}{\lambda} \right) \right\}$ | ⑥ $A \sin \left\{ 2\pi \left(ft - \frac{l + \Delta l}{\lambda} \right) \right\}$ |
| ⑦ $A \cos \left\{ 2\pi \left(ft + \frac{l + \Delta l}{\lambda} \right) \right\}$ | ⑧ $A \cos \left\{ 2\pi \left(ft - \frac{l + \Delta l}{\lambda} \right) \right\}$ |

問 3 点 P での水面の変位 $z_P(t)$ を, A , f , t , λ , l , Δl のうち必要なものを用いて表した式として, 最も適切なものを次の選択肢からそれぞれ 1 つずつ選び, 解答欄の記号をマークしなさい。なお, 必要であれば選択肢の下にある三角関数の和と積に関する公式 (a) ~ (d) を用いてよい。 $z_P(t) = \boxed{21}$

- ① $2A \sin \left\{ 2\pi \left(ft + \frac{l}{\lambda} \right) \right\} \cos \left\{ 2\pi \left(ft + \frac{l}{\lambda} \right) \right\}$
- ② $2A \sin \left\{ 2\pi \left(ft - \frac{l}{\lambda} \right) \right\} \cos \left\{ 2\pi \left(ft - \frac{l}{\lambda} \right) \right\}$
- ③ $2A \sin \left\{ 2\pi \left(ft + \frac{l}{\lambda} \right) \right\} \cos \left\{ 2\pi \left(ft - \frac{l}{\lambda} \right) \right\}$
- ④ $2A \sin \left\{ 2\pi \left(ft - \frac{l}{\lambda} \right) \right\} \cos \left\{ 2\pi \left(ft + \frac{l}{\lambda} \right) \right\}$
- ⑤ $2A \sin \left\{ 2\pi \left(ft - \frac{l + \frac{\Delta l}{2}}{\lambda} \right) \right\} \cos \left(\pi \frac{\Delta l}{\lambda} \right)$
- ⑥ $2A \cos \left\{ 2\pi \left(ft - \frac{l + \frac{\Delta l}{2}}{\lambda} \right) \right\} \sin \left(\pi \frac{\Delta l}{\lambda} \right)$

三角関数の和と積に関する公式

- (a) $\sin a + \sin \beta = 2 \sin \left(\frac{a + \beta}{2} \right) \cos \left(\frac{a - \beta}{2} \right)$
- (b) $\sin a - \sin \beta = 2 \cos \left(\frac{a + \beta}{2} \right) \sin \left(\frac{a - \beta}{2} \right)$
- (c) $\cos a + \cos \beta = 2 \cos \left(\frac{a + \beta}{2} \right) \cos \left(\frac{a - \beta}{2} \right)$
- (d) $\cos a - \cos \beta = -2 \sin \left(\frac{a + \beta}{2} \right) \sin \left(\frac{a - \beta}{2} \right)$

問 4 xy 平面上の直線 $x = L$ 上では, 2つの波源から伝わってきた波が強め合ったり弱め合ったりする様子を観察することができる。この, 波に関する現象の名前として, 最も適切なものを次の選択肢から 1つ選び, 解答欄の記号をマークしなさい。

22

- ① 屈折 ② 回折 ③ 干渉 ④ 反射

問 5 点 P での波が弱め合うときの Δl を, 任意の正の整数 m を用いて表したものとして, 最も適切なものを次の選択肢から 1つ選び, 解答欄の記号をマークしなさい。 $\Delta l =$

23

- ① $\left(m - \frac{1}{2}\right)\lambda$ ② $m\lambda$ ③ $2m\lambda$ ④ $(2m-1)\lambda$

化 学

1 以下の問 1～7 に答えなさい。(解答番号 **1** ～ **7**)

問 1 油脂に水酸化ナトリウムを加えてけん化によって得られたもののうち、高級脂肪酸のナトリウム塩をセッケンという。油脂 2.1 mol を完全にけん化するために必要な水酸化ナトリウムの物質質量として、最も適切なものを次の選択肢から 1 つ選びなさい。 **1**

- ① 0.7 mol ② 1.4 mol ③ 2.1 mol
④ 4.2 mol ⑤ 6.3 mol ⑥ 8.4 mol

問 2 以下のイオンのなかで、最もイオン半径の大きいものを次の選択肢から 1 つ選びなさい。

2

- ① Li^+ ② Be^{2+} ③ O^{2-} ④ Na^+ ⑤ Al^{3+}

問 3 ダニエル電池が 2.0 A の電流を 1 時間 20 分 25 秒流したとき正極の質量の変化として最も適切なものを次の選択肢から 1 つ選びなさい。 **3**

- ① 3.2 g 増加 ② 6.4 g 増加 ③ 変化しない
④ 3.2 g 減少 ⑤ 6.4 g 減少

問 4 以下の物質のなかで最も多くの酸素原子を含むものを次の選択肢から 1 つ選びなさい。

4

- ① 酢酸 2 mol ② 炭酸カルシウム 3 mol
③ 水酸化ナトリウム 5 mol ④ オゾン 2 mol
⑤ 二酸化炭素 2 mol

問 5 酸化還元反応をおこなったとき、酸化剤、還元剤の組合せとして、最も適切なものを次の選択肢から1つ選びなさい。ただし、反応は硫酸酸性条件下で行ったものとする。

5

	酸化剤	還元剤
①	二クロム酸カリウム	過マンガン酸カリウム
②	二クロム酸カリウム	過酸化水素
③	二クロム酸カリウム	オゾン
④	ヨウ化カリウム	過マンガン酸カリウム
⑤	ヨウ化カリウム	過酸化水素
⑥	ヨウ化カリウム	オゾン

問 6 窒素、リン、カリウムは肥料の三要素と呼ばれる植物の成長に必要なものである。それらを構成元素として含む物質に関する説明として、最も適切なものを次の選択肢から1つ選びなさい。

6

- ① アンモニアは下方置換で捕集する。
- ② カリウムは炎色反応を示し、その色は黄色になる。
- ③ リン酸はマッチ箱の側薬に使われている。
- ④ 黄リンは水中で保存する。
- ⑤ カリウムは空気中で酸化されにくい。

問 7 単糖類の水溶液は銀鏡反応を示すが、二糖類のなかには銀鏡反応を示さないものがある。銀鏡反応を示さない二糖と、その加水分解により生じた2つの単糖の組合せとして、最も適切なものを次の選択肢から一つ選びなさい。

7

	二糖類	構成単糖類
①	マルトース	グルコースとガラクトース
②	ラクトース	グルコースとガラクトース
③	スクロース	グルコースとフルクトース
④	マルトース	グルコースとフルクトース
⑤	ラクトース	グルコース 2 分子
⑥	スクロース	グルコース 2 分子

2 次の文章を読んで、問1～5に答えなさい。(解答番号 8 ～ 13)

日常生活のなかには化学反応を用いているものがさまざまある。例えばカイロがその一つである。これは鉄が酸化されるときに発生する熱を用いて温めているものである。

このような反応を用いたものの他の例として、ひもを引っ張ると温くなる加熱式弁当は、酸化カルシウムと水の発熱反応を利用していることなどが挙げられる。

化学反応を用いれば、温めるだけでなく逆に冷やすことも可能であり、叩くと冷たくなるクールパックなどがその例として挙げられる。クールパックには硝酸アンモニウム(NH_4NO_3)が用いられている。1 mol の硝酸アンモニウムを、十分な量の水に溶解させると 25.9 kJ の熱量が吸収される。よって、 3.2×10^2 g の硝酸アンモニウムが十分な量の水に溶解すると ア kJ の熱量が吸収される。また、硝酸アンモニウムの溶解度は水 100 g に対して、0℃では 118 [g/100g 水]、60℃では 418 [g/100g 水]である。60℃において 70 g の水に硝酸アンモニウムを加えて飽和水溶液にしたあと、0℃まで冷やすと硝酸アンモニウムは イ g だけ析出する。

このように化学反応はさまざまな用途で用いられている。元素やイオンを同定することもまた化学においては重要であり、⁽¹⁾沈殿や⁽²⁾試薬を用いた方法がある。また、日常生活においては他にも高分子化合物などが用いられている。高分子化合物は分子量の小さいモノマー(単量体)を重合してポリマー(重合体)として用いている。

問1 ある金属について、単位格子が一辺の長さ 3.17×10^{-8} cm の体心立方格子をとり、密度 19.3 g/cm^3 の金属結晶がある。この金属結晶を構成している元素の原子量として、最も適切なものを次の選択肢から一つ選びなさい。ただし、必要であれば $3.17^3 = 31.9$ としてよい。

8

- ① 40 ② 20 ③ 59 ④ 185 ⑤ 108

問2 文章中の硝酸アンモニウムの説明について次の問いに答えなさい。

(1) 文章中の空欄 ア にあてはまる数値として、最も適切なものを次の選択肢から1つ選びなさい。 9

- ① 60 ② 80 ③ 1.0×10^2
④ 1.3×10^2 ⑤ 1.5×10^2

(2) 文章中の空欄 イ にあてはまる数値として、最も適切なものを次の選択肢から1つ選びなさい。 10

- ① 88 ② 118 ③ 210 ④ 300 ⑤ 320

問 3 下線部(1)について、水酸化ナトリウム水溶液およびアンモニア水をそれぞれ少量加えると沈殿が生成し、さらにそれぞれ過剰に加えるといずれにおいても沈殿が溶解するイオンとして、最も適切なものを次の選択肢から 1 つ選びなさい。 11

- ① Al^{3+} ② Pb^{2+} ③ Zn^{2+} ④ Cu^{2+} ⑤ Ag^+

問 4 下線部(2)について、ある純物質の液体を白色の硫酸銅(Ⅱ)につけたところ、青色の硫酸銅(Ⅱ)五水和物となった。この液体を構成している元素として、最も適切なものを次の選択肢から 1 つ選びなさい。 12

- ① H ② Li ③ C ④ Na ⑤ Cl

問 5 高分子化合物のうち、開環重合によって形成されるものとして、最も適切なものを次の選択肢から 1 つ選びなさい。 13

- ① ナイロン 66 ② ナイロン 6 ③ ポリエチレンテレフタレート
④ ポリエチレン ⑤ ポリ酢酸ビニル

3 次の文章を読んで、問 1 ～ 6 に答えなさい。(解答番号 14 ～ 19)

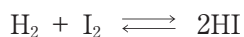
化学反応には反応の速度の概念がある。

過酸化水素から水と酸素が発生する反応では反応速度 v と過酸化水素の平均の濃度 $[\text{H}_2\text{O}_2]$ の関係は反応速度定数 k を用いて、 $v = k[\text{H}_2\text{O}_2]$ と表される。ただし、平均の濃度とは、時刻 t_1 における濃度を C_1 、時刻 t_2 における濃度を C_2 としたとき、 $\frac{C_1 + C_2}{2}$ と求めるものとする。温度を一定として実験を行ったところ、その結果は次のようになった。なお、表における時間は、実験開始から経過した時間を表す。

時間 [min]	$[\text{H}_2\text{O}_2]$ [mol/L]
0	0.831
2	0.697
4	0.587
6	0.493
8	0.414
10	0.348

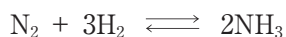
反応速度は触媒の有無や反応物の濃度、および温度によって変化する。

また、化学反応には一方向にのみ反応が進む不可逆反応の他に、両方の向きに反応が進む可逆反応もある。正反応と逆反応の反応速度が一致しているとき、見かけ上反応が起こらない。この状態を平衡状態と呼ぶ。



例えば、上の化学反応において、正反応の反応速度 v_1 は反応速度定数を k_1 として $v_1 = k_1 [\text{H}_2][\text{I}_2]$ 、逆反応の反応速度 v_2 は反応速度定数を k_2 として $v_2 = k_2 [\text{HI}]^2$ と表されることが知られている。これをもとにすると、この可逆反応の平衡定数 K は、 k_1 と k_2 を用いて $K =$ ア と表せる。

触媒を用いて、窒素と水素からアンモニアを高温・高圧で工業的に製造する方法を イ 法と呼び、その化学反応式は次のように表される。



この可逆反応における平衡状態について考えてみる。例えば、平衡状態において、温度と容積を一定にしてアルゴンを加えると平衡は ウ 。また、もとの平衡状態において温度を一定にして容積を小さくすると平衡は エ 。なお、平衡定数を実際に求めることもできる。

問 1 下線部(1)について、表のうち 2 分から 4 分までの化学反応の結果をもとに過酸化水素の分解反応の反応速度定数を求める。この値について、最も適切なものを次の選択肢から 1 つ選びなさい。 14

- ① $3.4 \times 10^{-2}/\text{min}$ ② $6.7 \times 10^{-2}/\text{min}$ ③ $8.6 \times 10^{-2}/\text{min}$
 ④ $3.4 \times 10^{-3}/\text{min}$ ⑤ $6.7 \times 10^{-3}/\text{min}$ ⑥ $8.6 \times 10^{-3}/\text{min}$

問 2 下線部(2)について、ある化学反応では反応させるときの温度を 10 K 上げると、反応速度が 4 倍になる。このとき、温度を 30 K 上げたときに反応速度が何倍になるかについて、最も適切なものを次の選択肢から 1 つ選びなさい。 15

- ① 4 倍 ② 8 倍 ③ 12 倍
 ④ 16 倍 ⑤ 32 倍 ⑥ 64 倍

問 3 文章中の ア にあてはまる最も適切な式を次の選択肢から 1 つ選びなさい。
16

- ① $k_1 k_2$ ② $\frac{k_1}{k_2}$ ③ $\frac{k_2}{k_1}$
 ④ $(k_1)^2 k_2$ ⑤ $k_1 (k_2)^2$ ⑥ $\sqrt{k_1 k_2}$

問 4 文章中の イ にあてはまる最も適切な語句を次の選択肢から 1 つ選びなさい。
17

- ① ハーバー・ボッシュ ② オストワルト ③ 接触
 ④ アンモニアソーダ ⑤ ルブラン

問 5 文章中の ウ ・ エ にあてはまる文章の組合せとして、最も適切なものを次の選択肢から 1 つ選びなさい。 18

	ウ	エ
①	右に移動する	右に移動する
②	右に移動する	左に移動する
③	左に移動する	右に移動する
④	左に移動する	左に移動する
⑤	変わらない	右に移動する
⑥	変わらない	左に移動する

問 6 窒素 6.0 mol, 水素 16.0 mol を容積 2.0 L で温度一定の容器に入れるとやがて, アンモニアが 8.0 mol 生成し平衡状態となった。この反応の平衡定数として, 最も適切なものを次の選択肢から 1 つ選びなさい。

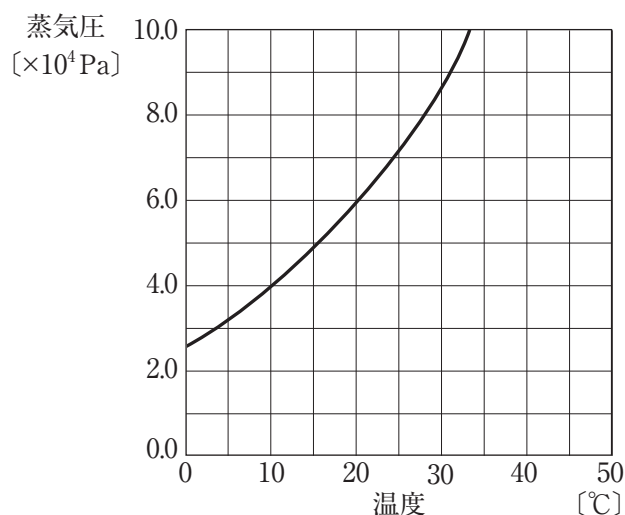
19

- | | | |
|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| ① $0.50 (\text{mol/L})^{-2}$ | ② $1.0 (\text{mol/L})^{-2}$ | ③ $1.5 (\text{mol/L})^{-2}$ |
| ④ $2.0 (\text{mol/L})^{-2}$ | ⑤ $4.0 (\text{mol/L})^{-2}$ | ⑥ $8.0 (\text{mol/L})^{-2}$ |

4 次の文章を読んで，〔Ⅰ〕，〔Ⅱ〕に答えなさい。（解答番号 20 ～ 25 ）

〔Ⅰ〕 一般に物質の沸点は，その物質の分子量が ア ほど高くなる。しかし，分子量がほぼ同じであっても沸点が大きく異なることがあり，プロパン，ジメチルエーテル，エタノールであれば イ が最も沸点が高い。

以下は，ジエチルエーテルの蒸気圧曲線である。

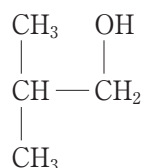


8.0×10^4 Pa におけるジエチルエーテルの沸点は ウ ℃となる。また，14.8 g のジエチルエーテルを容積 8.31 L の容器の中に封入し，温度を 0 ℃から上げたところ，エ ℃からすべてが気体となった。

問 1 文章中の ア にあてはまる語句，および イ にあてはまる物質の組合せとして，最も適切なものを次の選択肢から 1 つ選びなさい。 20

	ア	イ
①	大きい	プロパン
②	大きい	ジメチルエーテル
③	大きい	エタノール
④	小さい	プロパン
⑤	小さい	ジメチルエーテル
⑥	小さい	エタノール

問 2 下線部について，ジエチルエーテルの構造異性体である次の構造式で表された物質の名称として，最も適切なものを下の選択肢から 1 つ選びなさい。 21



- | | |
|---------------------|------------------|
| ① 1-ブタノール | ② 2-ブタノール |
| ③ 1,1-ジメチル-1-プロパノール | ④ 2,2-ジメチルプロパノール |
| ⑤ 2-メチル-1-プロパノール | ⑥ 2-メチル-2-プロパノール |

問 3 文章中の ウ にあてはまる最も適切な数値を次の選択肢から 1 つ選びなさい。

22

- | | | |
|------|------|------|
| ① 8 | ② 14 | ③ 16 |
| ④ 20 | ⑤ 28 | ⑥ 34 |

問 4 ジエチルエーテルの蒸気圧曲線を参考に，文章中の エ にあてはまる最も適切な数値を次の選択肢から 1 つ選びなさい。ただし，気体状態のジエチルエーテルは理想気体の状態方程式に従うとする。 23

- | | | |
|------|------|------|
| ① 0 | ② 10 | ③ 20 |
| ④ 30 | ⑤ 40 | ⑥ 50 |

〔Ⅱ〕 混合気体の圧力について考えてみる。0℃に保たれたピストンのついた容器の中に水素が 1.0 mol，酸素が 2.5 mol，アルゴンが 0.50 mol 封入されている。はじめ，これらの気体同士は反応しないものとする。ピストンが混合気体に加えている圧力が $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ であるとき，水素の分圧は オ Pa である。ここで，水素と酸素を一方がなくなるまで反応させたところ，液体状態の水が生成した。容器全体を 0℃に保ちながら，ピストンが気体に加える圧力を $3.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ にしたところ，生成した水にアルゴンは カ mol だけ溶解した。

問 5 文章中の オ にあてはまる最も適切な数値を次の選択肢から 1 つ選びなさい。ただし，気体はすべて理想気体であるとする。 24

- | | | |
|---------------------|---------------------|---------------------|
| ① 1.3×10^4 | ② 2.5×10^4 | ③ 3.4×10^4 |
| ④ 4.5×10^4 | ⑤ 5.2×10^4 | ⑥ 6.3×10^4 |

問 5 文章中の カ にあてはまる最も適切な数値を次の選択肢から 1 つ選びなさい。ただし、気体はすべて理想気体であるとし、アルゴンの水への溶解ではヘンリーの法則が成り立ち、 0°C 、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ において 1.0 L の水に $1.4 \times 10^{-2} \text{ mol}$ だけ溶ける。また、水の密度は 1.0 g/cm^3 とし、水の蒸気圧および、水素と酸素のうち反応後に容器内に残った物質の水への溶解は無視する。水は 0°C であっても凝固しない。アルゴンは他の気体と反応せず、生成された水の体積による気体の占める体積の変化は無視する。 25

- | | | |
|------------------------|------------------------|------------------------|
| ① 1.5×10^{-4} | ② 2.2×10^{-4} | ③ 6.8×10^{-4} |
| ④ 1.5×10^{-5} | ⑤ 2.2×10^{-5} | ⑥ 6.8×10^{-5} |

5 次の文章を読んで、問 1 ～ 7 に答えなさい。(解答番号 26 ～ 32)

有機化合物は炭素、水素、酸素、窒素をはじめとする限られた元素の組合せにより成り立っている。そのため、分子式が同じであっても結合の仕方によって複数の物質が考えられる。また、有機化合物は立体構造に注目することもできる。

有機化合物のうち、ベンゼン環をもつものを芳香族化合物と呼ぶ。芳香族化合物は一般的に水に溶けにくい、有機溶媒には溶けやすい。しかし、芳香族化合物が酸や塩基である場合、中和によって水に溶かすことができるようになる。このような性質があるため、芳香族化合物は **ア** を利用した抽出を行うことができる。芳香族化合物をエーテルやヘキサンなどの有機溶媒に溶かしたものと酸、塩基の水溶液を **ア** に順次加え、上下に振る。適度に振ったら **ア** のコックの部分を上に向け、コックを **イ**。この作業を数度繰り返す。

ここで、芳香族化合物であるアニリン、安息香酸、トルエン、フェノールの 4 種類の物質が混じったジエチルエーテル溶液からそれぞれの物質を分離させる方法を考える。この混合液に塩酸を加え、振り混ぜるとエーテル層 1 と水層 2 にわかれた。水層 2 をビーカーに移し、**ウ** を加えると化合物 A を取り出すことができた。次にエーテル層 1 に **エ** を加え、振り混ぜるとエーテル層 3 と水層 4 にわかれた。水層 4 をビーカーに移し、塩酸を加えると化合物 B を取り出すことができた。エーテル層 3 に水酸化ナトリウム水溶液を加え、振り混ぜるとエーテル層 5 と水層 6 にわかれた。水層 6 をビーカーに移し、塩酸を加えたところ化合物 C を取り出すことができた。またエーテル層 5 には化合物 D のみが含まれていた。化合物 A ～ D はアニリン、安息香酸、トルエン、フェノールのいずれかである。また、化合物の抽出はすべて理想的に進むものとする。

分子式 $C_{13}H_{16}O_3$ で表される、ベンゼン環を 1 つもち、他には環状構造をもたない化合物 E がある。化合物 E に希硫酸を加えて加水分解するとカルボン酸 F とアルコール G が得られた。カルボン酸 F と無水酢酸を反応させると解熱鎮痛剤として用いられる化合物 H が得られた。化合物 H はアスピリンとも呼ばれている。

またアルコール G はヨードホルム反応を示すが、シス・トランス異性体は存在しない。また、アルコール G に含まれるすべての炭素原子のうち、1 つ以外は常に同一平面上に存在する。

問 1 分子式 C_4H_8 で表される化合物の異性体の数として、最も適切なものを次の選択肢から 1 つ選びなさい。ただし、シス・トランス異性体は区別して考えるものとする。 26

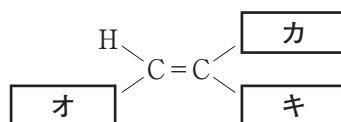
- | | | |
|-----|-----|-----|
| ① 2 | ② 3 | ③ 4 |
| ④ 5 | ⑤ 6 | ⑥ 7 |

問 6 カルボン酸 F の名称と化合物 H に塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えたときの反応の組合せとして、最も適切なものを次の選択肢から一つ選びなさい。 31

	名称	反応
①	安息香酸	呈色する
②	安息香酸	反応しない
③	サリチル酸	呈色する
④	サリチル酸	反応しない
⑤	フェノール	呈色する
⑥	フェノール	反応しない

問 7 アルコール G の構造式を表した下の図中の オ ・ カ ・ キ にあてはまる構造式の組合せとして、最も適切なものを下の選択肢から一つ選びなさい。

32



	オ	カ	キ
①	H	CH ₂ —CH ₃	$ \begin{array}{c} \text{CH}—\text{OH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} $
②	CH ₃	CH ₂ —CH ₃	$ \begin{array}{c} \text{CH}—\text{OH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} $
③	$ \begin{array}{c} \text{HO}—\text{CH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} $	CH ₂ —CH ₃	H
④	$ \begin{array}{c} \text{HO}—\text{CH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} $	CH ₃	CH ₃
⑤	$ \begin{array}{c} \text{HO}—\text{CH}—\text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} $	H	CH ₃
⑥	H	CH ₃	$ \begin{array}{c} \text{CH}_2—\text{CH}—\text{OH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} $

生 物

1 生物の進化に関する次の問 1 ～ 5 に答えなさい。(解答番号 **1** ～ **5**)

現在の地球では、さまざまな種類の植物や動物が陸上で生活している。これだけの生物が陸上で生活することができる要因として、大気圏上層にあるオゾン層がある。オゾン層はいまから約 4 億 5 千万年前までに、シアノバクテリアなどの光合成生物が放出した大量の酸素により形成されたと考えられている。⁽¹⁾オゾン層が形成される以前の生物は、海水中に存在していた。現生する動物門⁽²⁾は、生物が海水中に生息していた頃にほぼすべて出そろっていたと考えられており、カナダのロッキー山脈中にある約 5 億年前のバージェス頁岩層から見つかるバージェス動物群⁽³⁾はその証拠の一つである。バージェス動物群には、かたい殻や肢をもつ動物、大型の捕食者など、多種多様な生物が確認されている。

現在、地球上で確認できる生物はこれらの生物が進化してきたものである。生物の進化には遺伝子頻度の変化が密接に関わっており、突然変異や遺伝的浮動・遺伝子の流入や流出によって⁽⁴⁾その頻度は常に変動が起きている。これらの遺伝子頻度の変化をもたらす要因が、進化の原動力となっている。

問 1 下線部(1)に関連して、シアノバクテリアと同じドメインに分類されている生物として、最も適切なものを次の選択肢から 1 つ選びなさい。 **1**

- ① 酵母 ② メタン菌 ③ ミドリムシ
- ④ コケ植物 ⑤ 緑色硫黄細菌

問 2 下線部(2)に関連して、二胚葉動物が所属する門として、最も適切なものを次の選択肢から 1 つ選びなさい。 **2**

- ① 脊索動物門 ② 棘皮動物門 ③ 節足動物門
- ④ 線形動物門 ⑤ 刺胞動物門 ⑥ 環形動物門
- ⑦ 海綿動物門 ⑧ 軟体動物門 ⑨ 扁形動物門

問 3 下線部(3)に関連して、バージェス動物群が繁栄したカンブリア紀の生態系について説明した次の文章中の空欄 **A** ～ **C** に入る語句の組み合わせとして、最も適切なものを下の選択肢から 1 つ選びなさい。 **3**

カンブリア紀に起こったカンブリア大爆発は、世界規模で発生したことがわかっており **A** 動物群からも同時代の化石が見つっている。カンブリア中期の地層からは原始的な脊椎動物とされる化石が見つかっており、カンブリア紀の後期には **B** が出現した。現在も生息している **C** は **B** に分類される生物の一種である。

	A	B	C
①	澄江 チェンジャン	硬骨魚類	シーラカンス
②	澄江 チェンジャン	硬骨魚類	ヤツメウナギ
③	澄江 チェンジャン	無顎類	シーラカンス
④	澄江 チェンジャン	無顎類	ヤツメウナギ
⑤	エディアカラ	硬骨魚類	シーラカンス
⑥	エディアカラ	硬骨魚類	ヤツメウナギ
⑦	エディアカラ	無顎類	シーラカンス
⑧	エディアカラ	無顎類	ヤツメウナギ

問 4 下線部(4)に関して、ある集団における対立遺伝子 A と a に関する遺伝子型を調べたところ、遺伝子型 AA の個体が 200 匹、 Aa の個体が 200 匹、 aa の個体が 100 匹いた。この集団における対立遺伝子 A の遺伝子頻度として、最も適切なものを下の選択肢から 1 つ選びなさい。 **4**

- ① 0.1 ② 0.2 ③ 0.3 ④ 0.4 ⑤ 0.5
⑥ 0.6 ⑦ 0.7 ⑧ 0.8 ⑨ 1.0

問 5 下線部(4)に関して、ある集団における対立遺伝子 A と a に関する遺伝子型を調べたところ、遺伝子型 AA の個体は全体の 50% であった。また、対立遺伝子 A の遺伝子頻度は 0.55、対立遺伝子 a の遺伝子頻度は 0.45 であった。この集団における遺伝子型 Aa の個体が占める割合として、最も適切なものを下の選択肢から 1 つ選びなさい。 **5**

- ① 5% ② 10% ③ 15%
④ 20% ⑤ 25% ⑥ 30%

2 生命現象とタンパク質に関する次の問1～5に答えなさい。(解答番号 **6** ～ **10**)

ヒトの体内で起こっているさまざまな生命現象には、タンパク質が深く関わっている。タンパク質は多数の(1)アミノ酸が(2)ア結合により連結した物質であり、アミノ酸の種類や並び順によって、ヒトの体内では20種類のアミノ酸から、約10万種類ものタンパク質が作られていると考えられている。

タンパク質のはたらきの一つとして、(3)細胞接着がある。多細胞生物の細胞は互いに接着したり、細胞外基質と接着したりすることで組織を構成している。特に上皮細胞に接する細胞外基質を基底膜とよび、細胞と基底膜はイという構造によって結合している。その際にはたらくタンパク質としてウがあり、細胞の表面に存在し基底膜と結合する。

問1 文章中の ア ～ ウ に入る語句の組み合わせとして、最も適切なものを次の選択肢から1つ選びなさい。 **6**

	ア	イ	ウ
①	水素	デスモソーム	カドヘリン
②	水素	ヘミデスモソーム	カドヘリン
③	水素	デスモソーム	インテグリン
④	水素	ヘミデスモソーム	インテグリン
⑤	ペプチド	デスモソーム	カドヘリン
⑥	ペプチド	ヘミデスモソーム	カドヘリン
⑦	ペプチド	デスモソーム	インテグリン
⑧	ペプチド	ヘミデスモソーム	インテグリン

問 2 下線部(1)に関連して、ヒトの体内で生じている免疫に関する記述について、最も適切なものを次の選択肢から1つ選びなさい。 7

- ① 他人の臓器を移植したとき、移植された組織が非自己と認識されて、NK細胞などによる攻撃をうけてしまうことを、自己免疫疾患とよぶ。
- ② マクロファージはエキソサイトーシスにより異物を取り込み、サイトカインとよばれるタンパク質を分泌して炎症を引き起こす。
- ③ 好中球は自然免疫を担う細胞であり、細菌やウイルスなどに共通する特徴を認識して食作用を行うことで、体内に侵入した異物を除去する。
- ④ 抗原情報を認識したキラーT細胞は、ヘルパーT細胞により活性化されて抗体産生細胞となり、大量の抗体を産生する。
- ⑤ 1つの抗体産生細胞によりさまざまな種類の抗体が産生されることで、ヒトの体内に侵入した異物を除去することができる。

問 3 ヒトの細胞膜にはいろいろな種類のタンパク質が存在しており、物質の輸送に関わっている。物質の輸送にATPを直接用いるものとして、最も適切なものを次の選択肢から1つ選びなさい。 8

- | | |
|----------------|------------|
| ① 電位依存性イオンチャネル | ② ナトリウムポンプ |
| ③ アクアポリン | ④ カドヘリン |

問 4 下線部(2)について、ヒトの体内で必要量を合成することができないものとして、最も適切なものを次の選択肢から1つ選びなさい。 9

- | | | |
|---------|--------|------------|
| ① アラニン | ② プロリン | ③ フェニルアラニン |
| ④ グルタミン | ⑤ セリン | ⑥ アスパラギン酸 |

問 5 下線部(3)に関して、適切でないものを次の選択肢から 1 つ選びなさい。

10

- ① 細胞外基質の主な構成成分は、コラーゲンである。
- ② 細胞選別に関わるカドヘリンは、カルシウムイオンの存在下ではたらく。
- ③ 固定結合には、接着結合、デスモソーム、ヘミデスモソームがある。
- ④ 密着結合は、隣り合った細胞どうしでイオンの移動を行うことができる。
- ⑤ 接着結合は、隣り合う細胞どうしのアクチンフィラメントの束をつなぐ。

3 生殖と発生に関する次の問1～5に答えなさい。(解答番号 11 ～ 15)

種子植物は、栄養器官と生殖器官からなり、根、茎、葉などが栄養器官とよばれる。花は植物の生殖器官であり、通常外側から内側にむかって、図1のようにがく片、花弁、おしべ、めしべが同心円状に配置されている。これらの花器官の形成には、A、B、Cの3つのクラスの遺伝子が関与している。これらの遺伝子のうちの一部が機能を失うと、花の形態に異常をきたすホメオティック突然変異が起きることがわかった。花弁の領域にがく片が分化し、おしべの領域にめしべが分化した個体や、おしべの領域に花弁が分化し、めしべの領域にがく片が分化した個体など、さまざまな個体が確認されている。

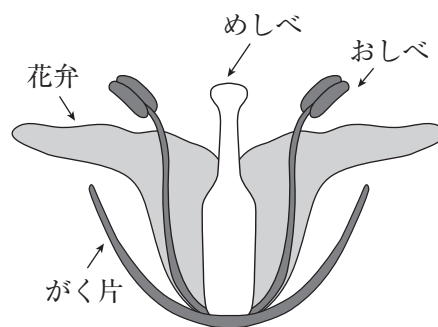


図1

問1 ある有性生殖を行う個体がつくった1000個の配偶子のうち、30個の配偶子に組換えが起こったとする。このとき、組換え価(%)として、最も適切なものを次の選択肢から1つ選びなさい。 11

- | | | |
|--------|-------|-------|
| ① 1.5% | ② 3% | ③ 6% |
| ④ 15% | ⑤ 30% | ⑥ 60% |

問2 下線部(1)に関連して、木部と師部の間に存在する肥大に関する分裂組織として、最も適切なものを次の選択肢から1つ選びなさい。 12

- | | |
|----------|----------|
| ① 形成層 | ② 茎頂分裂組織 |
| ③ 根端分裂組織 | ④ 細胞分裂帯 |

問 3 下線部(2)に関連した，被子植物の生殖に関する記述として，最も適切なものを次の選択肢から1つ選びなさい。 13

- ① 花粉四分子は，成熟する過程で減数分裂を行い，1つの雄原細胞と1つの花粉管細胞を生じる。
- ② 花粉管が胚のうに達すると，花粉管の中にある片方の精核が卵核と融合して，核相が $3n$ の受精卵の核となる。
- ③ 胚のう内に存在する反足細胞は珠孔の近くに形成され，花粉管を誘引する物質を分泌して花粉管を胚のうへと導く。
- ④ イチョウは，花粉がめしべの柱頭についた際に花粉管を伸長し，花粉管の中で雄原細胞が分裂して2個の精細胞をつくる。
- ⑤ 胚のう細胞は3回の核分裂を行うことで8個の核を持つ胚のうを形成し，これらの核のうちの2つは中央細胞の極核となる。

問 4 下線部(3)に関連した，ショウジョウバエと Hox 遺伝子に関する記述として，最も適切なものを次の選択肢から1つ選びなさい。 14

- ① Hox 遺伝子群は，限られた一部の動物にのみ存在する遺伝子群である。
- ② アンテナペディア遺伝子複合体は，後胸部，腹部，尾部の構造をつくる。
- ③ 後胸が中胸にかわり，翅が4枚となったショウジョウバエの個体を，バイソラックス突然変異体とよぶ。
- ④ Hox 遺伝子から，ビコイドタンパク質とナノスタンパク質とよばれる2種類のタンパク質がつくられる。
- ⑤ Hox 遺伝子は，母性効果遺伝子である。

問 5 下線部(4)に関して、図2のように花卉の領域にがく片が、おしべの領域にめしべが分化した個体はBクラスの遺伝子が欠損していると考えられている。また図3のようにおしべの領域に花卉が、めしべの領域にがく片が分化した個体はCクラスの遺伝子が欠損していると考えられている。このとき、図4の個体で発現している遺伝子のクラスとして、最も適切なものを次の選択肢から1つ選びなさい。

15

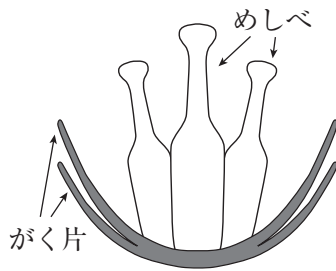


図2

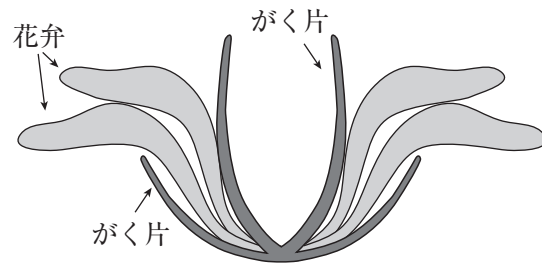


図3

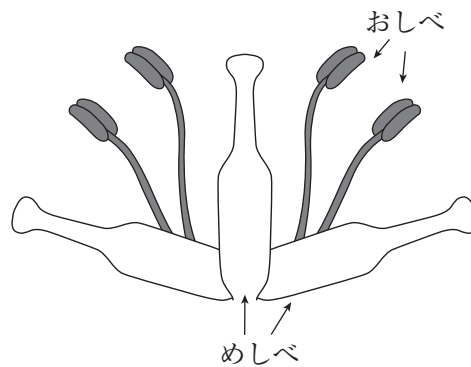


図4

- | | | | |
|---------|---------|---------|---------|
| ① Aのみ | ② Bのみ | ③ Cのみ | ④ AとBのみ |
| ⑤ AとCのみ | ⑥ BとCのみ | ⑦ AとBとC | |

4

生物の環境応答に関する次の問1～7に答えなさい。(解答番号

16

～

22

)

動物は、刺激に応じてさまざまな反応を示す。その際にはたらくものを効果器とよび、⁽¹⁾筋肉や繊毛、べん毛などさまざまな効果器が存在する。汗腺やだ液腺といった外分泌腺や、⁽²⁾ホルモンを分泌する内分泌腺も効果器である。

効果器がはたらくためには、刺激を受容し、効果器に伝えなければならない。その際にはたらくものが、⁽³⁾受容器と神経系である。受容器は、外界にある光や音、温度などといったさまざまな刺激を受容するために特殊化している。⁽⁴⁾受容器が受け取った刺激は神経系を通じて処理され、効果器に信号が伝わることで、効果器が適切にはたらくことができる。特に、効果器により生じた動きが、その個体の生存や繁殖などに意味づけられている場合、それを⁽⁵⁾行動という。たとえば、プラナリアは脳で2つの単眼から入ってくる刺激を比較することで、⁽⁶⁾光刺激から離れていくように進む。

問1 下線部(1)に関連して、骨格筋が収縮をするとき、筋小胞体から放出されるイオンとして、最も適切なものを次の選択肢から1つ選びなさい。

16

- ① ナトリウムイオン ② カリウムイオン ③ カルシウムイオン
④ マグネシウムイオン ⑤ 塩化物イオン

問2 次の図1は、神経筋標本を用いて作成した単収縮曲線である。領域ア～エのうち、サルコメアが徐々に短くなっていく領域として、最も適切なものを次の選択肢から1つ選び答えなさい。

17

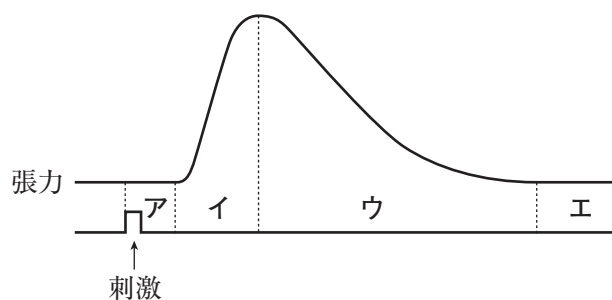


図1

- ① ア ② イ ③ ウ ④ エ
⑤ アとイ ⑥ イとウ ⑦ ウとエ ⑧ アとエ

問 3 下線部(2)に関連して、甲状腺から分泌されるチロキシンの濃度が上昇した際に、ホルモン分泌が抑制されると考えられる内分泌腺として、最も適切なものを次の選択肢から1つ選びなさい。 18

- | | |
|-----------------|-----------------|
| ① ランゲルハンス島 A 細胞 | ② 下垂体前葉 |
| ③ 副甲状腺 | ④ ランゲルハンス島 B 細胞 |
| ⑤ 下垂体後葉 | ⑥ 汗腺 |

問 4 下線部(3)に関連して、ヒトの耳の構造やはたらきについて説明した次の文章中の空欄 A ～ D に入る語句の組み合わせとして、最も適切なものを下の選択肢から1つ選びなさい。 19

ヒトの耳は、聴覚を司る感覚器官である。音は外耳で集められ、鼓膜を振動させる。その振動は、 A によって増幅され、内耳の B へ伝わっていく。 B にある聴細胞は音の周波数に応じて、特定の場所にあるものが興奮する仕組みになっており、この仕組みにより音の高さを区別することができる。

また、耳は平衡覚の感覚器官であり、体が傾くと C にある平衡石がずれることで体の傾きを受容する。体が回転すると、 D 内のリンパ液が動き、それによって感覚毛が刺激をうけることで体の回転を受容する。

	A	B	C	D
①	耳殻	うずまき管	半規管	前庭
②	耳殻	耳管	半規管	前庭
③	耳殻	うずまき管	前庭	半規管
④	耳殻	耳管	前庭	半規管
⑤	耳小骨	うずまき管	半規管	前庭
⑥	耳小骨	耳管	半規管	前庭
⑦	耳小骨	うずまき管	前庭	半規管
⑧	耳小骨	耳管	前庭	半規管

問 5 下線部(4)に関連して、ヒトの屈筋反射の経路について、最も適切なものを次の選択肢から 1 つ選びなさい。 20

- ① 受容器 → 感覚神経 → 介在神経 → 運動神経 → 効果器
- ② 受容器 → 感覚神経 → 脳 → 運動神経 → 効果器
- ③ 受容器 → 感覚神経 → 介在神経 → 脳 → 運動神経 → 効果器
- ④ 受容器 → 筋紡錘 → 感覚神経 → 運動神経 → 効果器
- ⑤ 受容器 → 介在神経 → 感覚神経 → 運動神経 → 効果器

問 6 下線部(5)に関連して、イトヨは春になると性ホルモンのはたらきにより雄の腹部が赤くなる。また、川や池の深いところに巣をつくり、同種の別の雄が近づくと、攻撃して追い払う生得的行動をしめすことがわかっている。この攻撃行動について行なった以下の 4 つの実験から考察される、攻撃行動のかぎ刺激として、最も適切なものを次の選択肢から 1 つ選びなさい。 21

実験Ⅰ：雄のイトヨの見た目を精巧に真似した模型には、攻撃行動をしめさなかった。ただし、この模型は赤く着色されていない。

実験Ⅱ：雄のイトヨの見た目を精巧に真似した模型の背中を赤く着色したところ、攻撃行動をしめさなかった。

実験Ⅲ：雄のイトヨの見た目を精巧に真似した模型の腹部を赤く着色したところ、攻撃行動をしめした。

実験Ⅳ：雄のイトヨとは全く見た目の違う模型の腹部を赤く着色したところ、攻撃行動をしめした。

- ① 他の生物が巣に近づくこと
- ② イトヨの腹部が赤色であること
- ③ 腹部が赤色であること
- ④ 体の半分が赤色であること
- ⑤ イトヨの雄であること

問 7 下線部(6)に関連して、刺激とは逆の方向へ移動する行動を意味する語句として、最も適切なものを次の選択肢から 1 つ選びなさい。 22

- ① 道しるべフェロモン ② 正の走性 ③ 負の走性
- ④ 太陽コンパス ⑤ 慣れ ⑥ 古典的条件付け

5 生態と環境に関する次の問 1 ～ 4 に答えなさい。(解答番号 23 ～ 26)

自然界に存在する生物をよく観察すると、ある一定の地域に同種個体の集まりがあることがわかる。このような集団を個体群とよび、個体群を構成する個体の分布は、非生物的環境や生物の⁽²⁾個体間の相互作用などさまざまな関係を反映している。⁽¹⁾

個体群の分布の様式は、主に 3 つある。個体間の競争が激しかったり、それぞれの個体が一定空間を占有する傾向があったりするときは **ア** 分布となり、1 個体の存在が他個体の存在位置に影響を与えていないときは、**イ** 分布となる。また、個体どうしが引きつけあったり、微小な非生物的環境にむらがあったりするときは **ウ** 分布となり、この分布は最もよく見られるものである。⁽³⁾

問 1 文章中の **ア** ～ **ウ** に入る語句の組み合わせとして、最も適切なものを次の選択肢から 1 つ選びなさい。 23

	ア	イ	ウ
①	一様	集中	ランダム
②	一様	ランダム	集中
③	ランダム	集中	一様
④	ランダム	一様	集中
⑤	集中	ランダム	一様
⑥	集中	一様	ランダム

問 2 下線部(1)に関して、個体群は成長するにつれて次第に出生数が減り、死亡数が増えていくことがわかっている。この理由として、適切でないものを次の選択肢から 1 つ選びなさい。

24

- ① 食物を巡った種内競争が激しくなるから。
- ② 病気が広がりやすくなるから。
- ③ ふんの増加や蓄積により、生活環境が悪化するから。
- ④ 捕食者に発見されるリスクが高まるから。
- ⑤ 捕食者を発見できる距離が短くなるから。

問 3 下線部(2)に関して、異なる種類の生物が密接なつながりを持って生活し、互いに利益を享受しながら生活している場合がある。そのような関係性の名称と、そのような関係性がみられる生物の例として、最も適切なものを次の選択肢から1つ選びなさい。

25

	名称	生物の例
①	相利共生	サメとコバンザメ
②	片利共生	サメとコバンザメ
③	相利共生	ヒトとダニ
④	片利共生	ヒトとダニ
⑤	相利共生	アリとアブラムシ
⑥	片利共生	アリとアブラムシ

問 4 下線部(3)に関して、ある種の生物は食物などを効率よく確保するために縄張りをつくって生活している。この縄張りの大きさが最適であるときの説明として、最も適切なものを次の選択肢から1つ選びなさい。

26

- ① 縄張りを維持するために生じる労力に関わらず、縄張りにより得られる利益が最大となっている。
- ② 縄張りにより得られる利益が縄張りを維持するために生じる労力を上回っており、利益と労力の差が最大となっている。
- ③ 縄張りにより得られる利益が縄張りを維持するために生じる労力を上回っており、利益と労力の差が最小となっている。
- ④ 縄張りにより得られる利益に関わらず、縄張りを維持するために生じる労力が最小となっている。

6 代謝と呼吸に関する次の問 1 ～ 4 に答えなさい。(解答番号 27 ～ 30)

生物は、物質を分解したり合成したりする代謝⁽¹⁾において、エネルギーの受け渡しを行っている。代謝には異化と同化があり、エネルギーの受け渡しとしては主に ATP⁽²⁾が利用されている。

呼吸は異化の一例であり、解糖系、クエン酸回路、電子伝達系の 3 つの反応過程からなる。解糖系では、グルコース 1 分子当たり ア 分子の ATP が合成され、2 分子の ATP が消費される。クエン酸回路はミトコンドリアの イ で生じる反応であり、2 分子の ATP が合成される。電子伝達系では、ATP 合成酵素によって水素イオンの濃度勾配を利用して ATP が合成される。電子伝達系における ATP 合成の過程は ウ とよばれ、解糖系、クエン酸回路とは ATP の合成過程が異なっている。また、呼吸では分解される物質によって、呼吸商⁽³⁾という値を求めることができる。

問 1 下線部(1)に関して、植物は窒素化合物を利用して種々の代謝を行う。窒素化合物を利用する反応について、最も適切なものを次の選択肢から 1 つ選びなさい。 27

- ① 根粒菌などは大気中の N_2 を NH_4^+ に酸化することができ、そのはたらきは窒素固定と呼ばれる。
- ② 体内に取り入れた窒素化合物から有機窒素化合物を合成するはたらきを脱窒という。
- ③ ケトグルタル酸はアミノ基をもたないが、グルタミン酸合成酵素によりアミノ基をもつグルタミン酸になる。
- ④ 亜硝酸菌は NO_2^- を NO_3^- に変えるはたらきをもつ。

問 2 下線部(2)に関して、ATP 1 分子に含まれる高エネルギーリン酸結合の数として最も適切なものを次の選択肢から 1 つ選びなさい。 28

- ① 1 個 ② 2 個 ③ 3 個 ④ 4 個

問 3 文章中の ア ～ ウ にあてはまる語句や数字の組み合わせとして、最も適切なものを次の選択肢から 1 つ選びなさい。 29

	ア	イ	ウ
①	2	マトリックス	酸化リン酸化
②	2	マトリックス	基質レベルのリン酸化
③	2	クリステ	酸化リン酸化
④	2	クリステ	基質レベルのリン酸化
⑤	4	マトリックス	酸化リン酸化
⑥	4	マトリックス	基質レベルのリン酸化
⑦	4	クリステ	酸化リン酸化
⑧	4	クリステ	基質レベルのリン酸化

問 4 下線部(3)に関する記述として、適切でないものを次の選択肢から 1 つ選びなさい。

30

- ① 呼吸によって分解される物質は呼吸基質と呼ばれる。
- ② 同温・同圧下で測定した場合に、気体の体積比と分子数の比が一致しないために呼吸商を求めることができる。
- ③ $C_{55}H_{100}O_6 + 77O_2 \rightarrow 55CO_2 + 50H_2O$ という化学反応式からは、呼吸商が約 0.7 と求まる。
- ④ ある物質の呼吸商が 0.81 であったとき、その物質はタンパク質であることが推測される。

[文章1]

特定の DNA 領域を増幅したいとき、PCR 法という手技を用いることがある。この方法はごくわずかな試料から、多量の DNA を増幅することができる。この方法によって遺伝子組換えなどの分野が飛躍的に進歩した。以下に、PCR 法の手順を記す。(図1)

<準備するもの>

鋳型 DNA, 2 種類のプライマー, DNA ポリメラーゼ, 4 種類(アデニン・グアニン・シトシン・チミン)の塩基のヌクレオチドを含んだ反応液

<反応1>

2 本鎖 DNA の相補的な塩基どうしの結合を切断し、DNA を 1 本鎖にする。

<反応2>

反応1の反応液の温度を下げて1分ほど保つ。この過程で、プライマーがはたらく。

<反応3>

DNA ポリメラーゼがはたらき、プライマー末端に相補的な塩基をもつヌクレオチドが次々と足されていくことで半保存的複製が生じる。

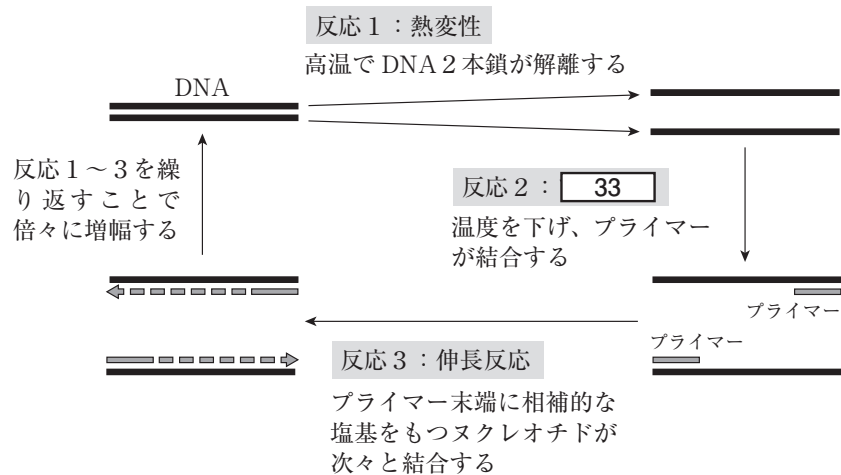


図1

問1 下線部(1)に関して、プライマーの役割についての説明として最も適切なものを次の選択肢から1つ選びなさい。 31

- ① DNA の末端どうしをつなぐ酵素
- ② DNA 合成の出発点となる短いヌクレオチド鎖
- ③ 二本鎖 DNA を一本鎖に切り離す酵素
- ④ 染色体の DNA から独立して存在する DNA 分子

問 2 下線部(2)に関して、PCR 法で用いられる DNA ポリメラーゼの特徴として最も適切なものを次の選択肢から 1 つ選びなさい。 32

- ① pH2.0 といった酸性条件下でもはたらくことができる。
- ② 1 サイクルごとに自身の配列が変化する。
- ③ 80℃ といった高熱条件下でもはたらくことができる。
- ④ ヒト由来の DNA ポリメラーゼである。

問 3 <反応 2>に関して、この過程を何というか。最も適切なものを次の選択肢から 1 つ選びなさい。 33

- ① スプライシング
- ② ノックアウト
- ③ シークエンサー
- ④ アニールリング

問 4 PCR 法を用いることで、SNP(一塩基多型)を調べることができる。SNP に関する記述として、適切なでないものを次の選択肢から 1 つ選びなさい。 34

- ① 異なる 2 種間における、ある一定の範囲内での塩基配列のうち 1 塩基が異なることを指す。
- ② 遺伝的多様性の原因として挙げられる。
- ③ SNP を調べることで病気の予測といった遺伝子診断を行うことができる。
- ④ SNP の違いによって薬剤の効果の個人差が生じうる。

[文章Ⅱ]

バイオテクノロジーにおいて、DNA 断片の分離法として、電気泳動という手法がある。DNA は ア の電荷を帯びていることから、電極間で電圧をかけると DNA は イ 極側に向かって寒天ゲル中を移動する。このとき、塩基数と移動距離の関係から、塩基数を推定することができる。

問 5 文章中の ア ・ イ にあてはまる語句の組み合わせとして、最も適切なものを次の選択肢から一つ選びなさい。 35

	ア	イ
①	正	正
②	正	負
③	負	正
④	負	負

問 6 塩基対数不明な DNA 断片を電気泳動したところ、図 2 のような結果が得られた。レーン (1) は、事前に塩基数が分かっている DNA 断片をマーカーとして電気泳動したものである。また、図 3 はバンドの移動距離と塩基対数の関係を対数グラフとして表したものである。レーン (2) のバンド㉞までの移動距離が 48 mm のとき、このバンド㉞の塩基対数はいくつと推定されるか。最も適切なものを次の選択肢から 1 つ選びなさい。

36

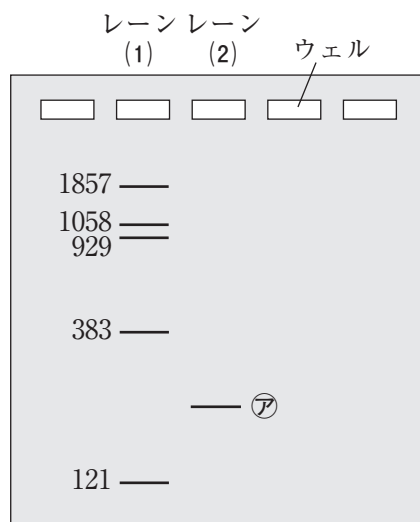


図 2

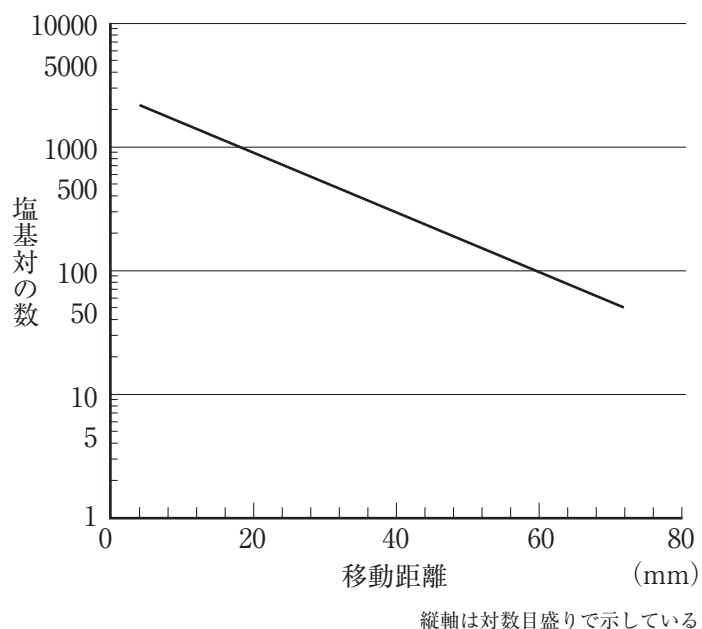


図 3

- ① 300 塩基対 ② 240 塩基対 ③ 190 塩基対 ④ 110 塩基対

42 |)

ヒトは、腎臓において老廃物などを尿として排出することで体液量と体液中の塩類濃度の調節を行っている。ヒトの腎臓は左右に1対ある。腎臓において、尿を生成する基本単位構造は

ア

 といい、左右合わせて約

イ

 個の

ア

 がある。

る。バソプレシンは腎臓に働きかけ、水の⁽¹⁾再吸収を促すことで尿量を減少させる作用を持ち、⁽²⁾体液の塩類濃度の上昇により分泌される。体液の塩類濃度の上昇を感知すると、バソプレシンが分泌されることで水の再吸収が行われる。反対に体液の塩類濃度が減少した場合は、バソプレシンの分泌が抑制されることで水の再吸収は減少する。この働きにより、ヒトの体液量や塩類濃度はほぼ一定に保たれている。

なものを次の選択肢から 1 つ選びなさい。

	ア	イ
①	ネフロン	100 万
②	腎小体	100 万
③	ネフロン	200 万
④	腎小体	200 万

質はどれか。最も適切なものを次の選択肢から1つ選びなさい。

- ① グルコース ② タンパク質
③ ナトリウムイオン ④ 尿素

から1つ選びなさい。

- ① 大腦 ② 中腦 ③ 間腦
④ 小腦 ⑤ 延髓 ⑥ 脊髓

問 4 次の図 1 は、腎臓で行われるろ過と吸収の様子を模式的に表したものである。図 1 において、尿素の濃度が最も高いと考えられる部位として、最も適切なものを次の選択肢から 1 つ選びなさい。

40

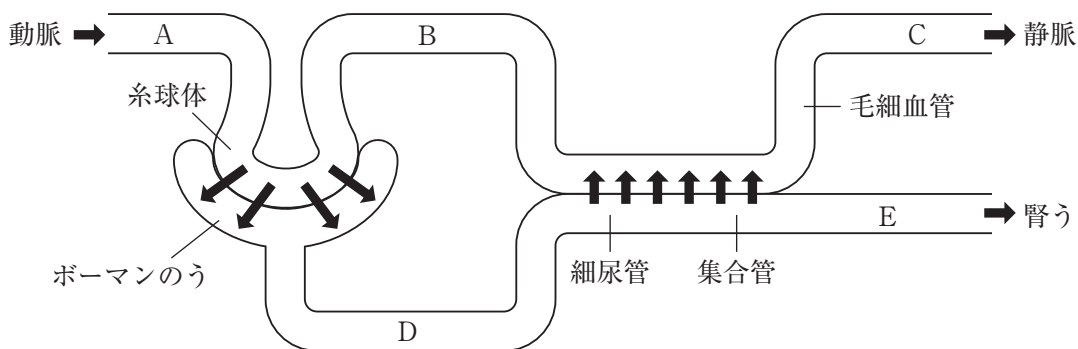


図 1

- ① A ② B ③ C ④ D ⑤ E

問 5 バソプレシンが主に働きかける腎臓の部位として、最も適切なものを次の選択肢から 1 つ選びなさい。

41

- ① 腎う ② 糸球体 ③ ボーマンのう
④ 細尿管 ⑤ 集合管

問 6 イヌリンはヒトの体内で生成されず、再吸収もされない物質である。イヌリンを健康なヒトに投与し、その後血しょう中と採取された尿中のイヌリンの質量パーセント濃度を調べたところ、血しょう中に 0.1%，尿中に 12% 含まれていた。このヒトから 100mL の尿が生成されたとき、原尿から再吸収された水は何 mL か。最も適切なものを次の選択肢から 1 つ選びなさい。

42

- ① 1190mL ② 1200mL ③ 11900mL ④ 12000mL

II 解答上の注意

1. 解答は解答用紙の解答欄にマークしてください。例えば、

10

と表示のある問いに対して③と解答する場合は、次の(例)のように解答記号 10 の解答欄の③にマークしてください。

(例)

10	①	②	③	④	⑤
----	---	---	---	---	---

2. 必要があれば、以下の数値と元素の周期表を使いなさい。

標準状態(0℃, 1.01 × 10⁵Pa)における 1mol の気体の体積は 22.4L とする。

気体定数：8.31 × 10³Pa・L(mol・K)

ファラデー定数； $F = 9.65 \times 10^4 \text{C/mol}$

水のイオン積(25℃)； $1.00 \times 10^{-14} \text{mol}^2/\text{L}^2$

水のモル凝固点降下；1.85K・kg/mol

$\log_{10}2 = 0.30$, $\log_{10}3 = 0.48$ とする。

1 H 1.0																	2 He 4.0
3 Li 6.9	4 Be 9.0											5 B 10.8	6 C 12.0	7 N 14.0	8 O 16.0	9 F 19.0	10 Ne 20.2
11 Na 23.0	12 Mg 24.3											13 Al 27.0	14 Si 28.1	15 P 31.0	16 S 32.1	17 Cl 35.5	18 Ar 40.0
19 K 39.1	20 Ca 40.1	21 Sc 45.0	22 Ti 47.9	23 V 50.9	24 Cr 52.0	25 Mn 54.9	26 Fe 55.9	27 Co 58.9	28 Ni 58.7	29 Cu 63.5	30 Zn 65.4	31 Ga 69.7	32 Ge 72.6	33 As 74.9	34 Se 79.0	35 Br 79.9	36 Kr 83.8

01	←原子番号
H	←元素記号
1.0	←原子量