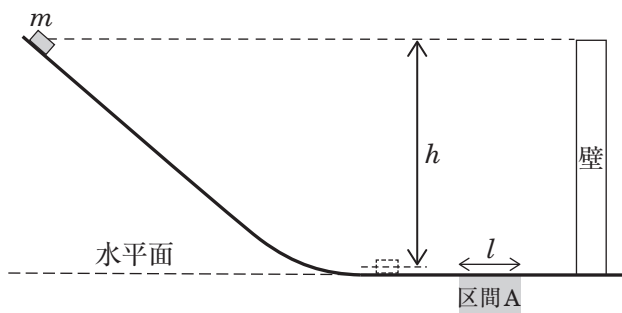


物 理

以下の 1 から 31 にあてはまる最も適切な答えを各解答群から1つ選び、解答用紙(マークシート)にマークせよ。ただし、同じ番号をくり返し選んでもよい。数値を選ぶ場合は最も近い値を選ぶものとする。

- I 図のような斜面があり、水平面と滑らかにつながっている。斜面に質量 m の小物体を置き、静かに放した。このときを時刻 $t=0$ とする。放したときの小物体の高さは、小物体が水平面にあるときよりも h だけ高い ($h>0$)。斜面および水平面は、一部の区間 A を除いて滑らかで摩擦は無視できる。区間 A の長さは l であり、その動摩擦係数は μ' である。区間 A の右側には水平面に固定された壁があり、壁と小物体と間のはね返り係数は $\frac{1}{2}$ である。重力加速度の大きさを g とする。小物体の運動は紙面内に限定されている。



小物体が斜面をすべり降り水平面に到達した。区間 A に入る直前の速さ v_1 は、 $\sqrt{2g \left(\text{ } \boxed{1} \text{ } \right)}$ である。区間 A の途中で停止せずに区間 A を通過した。摩擦力が小物体にした仕事の大きさは、 $\left(\text{ } \boxed{2} \text{ } \right) \times mg$ である。通過直後の速さ v_2 は、 $\sqrt{2g \left(\text{ } \boxed{3} \text{ } \right)}$ である。

壁に衝突後、小物体ははね返り、再び区間 A を通過した。区間 A に入る直前の速さ v_3 は、 $\sqrt{2g \left(\text{ } \boxed{4} \text{ } \right)}$ である。区間 A の途中で小物体が停止しない条件は、

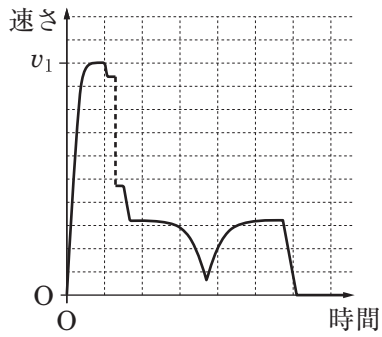
$h > \boxed{5}$ である。再び区間 A を通過した直後の速さ v_4 は、 $\sqrt{2g \left(\boxed{6} \right)}$ であり、その後、水平面からの高さ $\boxed{7}$ まで斜面を登った。

再度、小物体は斜面を滑り降りた。水平面に達したあと区間 A の途中で小物体が停止した。このことから、 $\boxed{5} < h < \boxed{8}$ であることがわかる。最初に小物体が滑り始めてから止まるまでの速さの時間変化を図に示したものは $\boxed{9}$ で、水平面からの高さの時間変化を図に示したものは $\boxed{10}$ である。

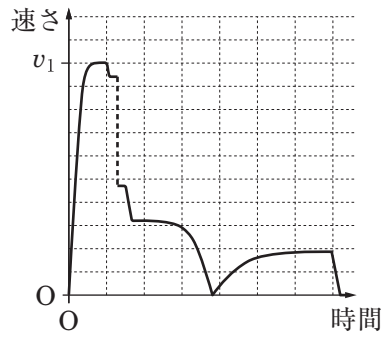
$\boxed{1} \sim \boxed{8}$ の解答群

- | | | | |
|------------------|------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| ① $\frac{1}{4}h$ | ② $\mu'l$ | ③ $\frac{1}{4}h + \frac{1}{4}\mu'l$ | ④ $\frac{1}{4}h - \frac{1}{4}\mu'l$ |
| ⑤ $\frac{1}{2}h$ | ⑥ $3\mu'l$ | ⑦ $\frac{1}{2}h + \frac{1}{2}\mu'l$ | ⑧ $\frac{1}{2}h - \frac{1}{2}\mu'l$ |
| ⑨ h | ⑩ $5\mu'l$ | Ⓐ $h + \mu'l$ | Ⓑ $h - \mu'l$ |
| Ⓒ $\frac{5}{4}h$ | Ⓓ $7\mu'l$ | Ⓔ $\frac{1}{4}h + \frac{5}{4}\mu'l$ | Ⓕ $\frac{1}{4}h - \frac{5}{4}\mu'l$ |
| Ⓖ $2h$ | Ⓗ $9\mu'l$ | Ⓖ $\frac{5}{4}h + \frac{5}{4}\mu'l$ | Ⓙ $\frac{5}{4}h - \frac{5}{4}\mu'l$ |

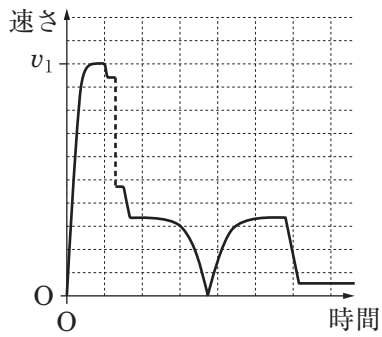
①



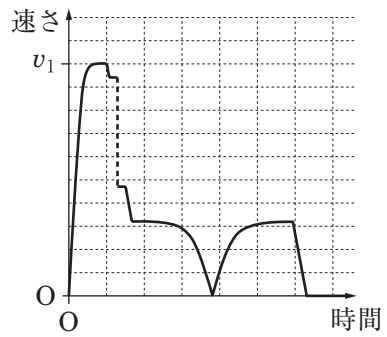
②



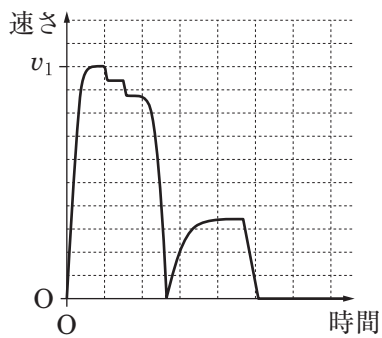
③



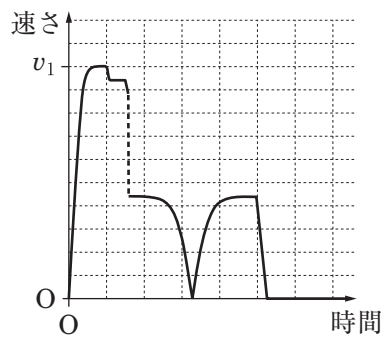
④



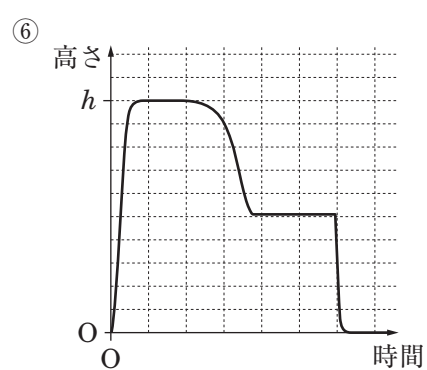
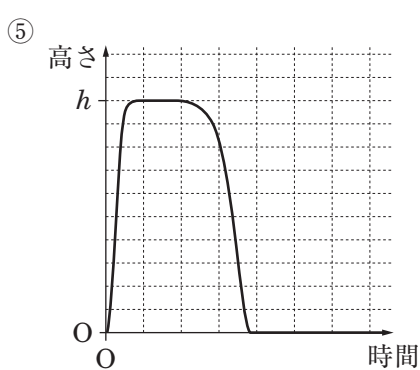
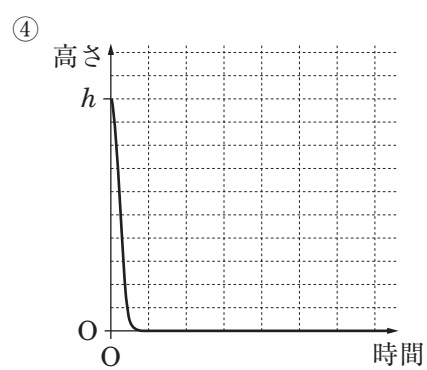
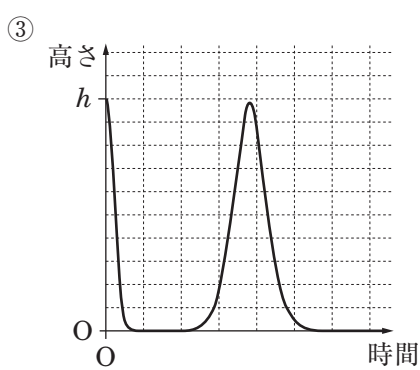
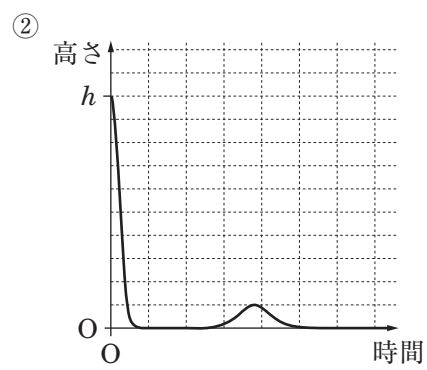
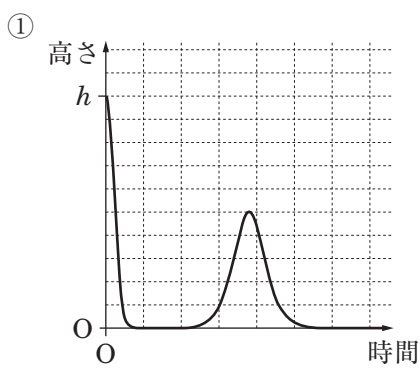
⑤



⑥



10

 の解答群


II 電荷 q [C] (q は正) を持った質量 m [kg] の粒子 (荷電粒子) の運動を考える。ただし、重力は無視する。

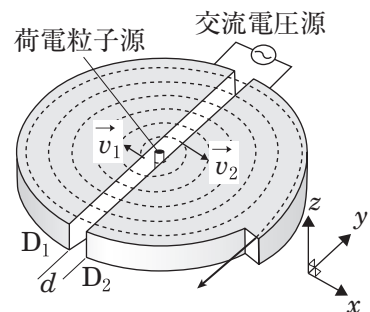
- (1) 磁束密度の大きさが B [T] の一様な静磁場に対して直交する向きに、荷電粒子が速さ v [m/s] で動いている。静磁場に対して静止した観測者が観測すると、その荷電粒子には大きさが 11 [N] の力がはたらく。その力の向きは磁場と速度の両方に垂直である。したがって、荷電粒子は半径 r [m] の等速円運動を行う。荷電粒子と一緒に動く観測者が見れば、荷電粒子にはみかけの力 12 [N] もはたらく。このみかけの力は 11 とつりあっているので、等速円運動の半径は 13 [m] で、周期は 14 [s] となることがわかる。

- (2) 図のように、真空中で D 字型の中空電極 D_1 と D_2 を、向かい合うように幅 d [m] の小さな隙間 (すきま) をあけて水平におき、磁束密度の大きさが B [T] の一様な静磁場をかける。図のように水平面に平行に xy 平面をとり、 z 軸を鉛直上向きにとる。 y 軸は隙間に平行にとる。

交流電圧源の発生する時刻 t [s] の電圧は $V_0 \sin(2\pi ft)$ [V] である。周波数 f [Hz] を適切に調整すると、図の破線のように荷電粒子源から出た荷電粒子は十分小さな隙間を何度も通過する度に毎回少しずつ加速される。

まず、隙間で荷電粒子が加速される原理について考えよう。荷電粒子が x 軸の負の向きの速

度 $\vec{v}_1$ [m/s] で電極 D_1 に入射した。荷電粒子は図のように、電極 D_1 の中空部分では円の半分を描くように運動した。一様な磁場の向きは 15 である。このとき、荷電粒子が電極 D_1 に入射してから出るまでの時間は、16 [s] である。幅 d の隙間が十分に小さく、荷電粒子が電極 D_1 を出て D_2 に入るまでの時間は十分に短いとしよう。したがって、その間は大きさ V [V] の一定の電圧がかかっていると近似することができる。ただし、この電圧による電場は荷電粒子を加速する向きである。荷電粒子が電極 D_2 に入射するときの速度を $\vec{v}_2$ とする。 $\vec{v}_1$ と $\vec{v}_2$ の大きさをそれぞれ



v_1 と v_2 とすると, $\frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 =$ 17 の関係がある。

荷電粒子が隙間で毎回加速されるためには, 周波数 f は適切な値でなければならない。その適切な値のうちで, もっとも低い周波数は, 18 [Hz] で, 2 番目に低い周波数は 19 [Hz] である。

この荷電粒子の軌道半径が R [m] に達すると, 荷電粒子がこの加速装置から出ていく。出ていくときの荷電粒子が持つ運動エネルギーは, 20 [J] となる。

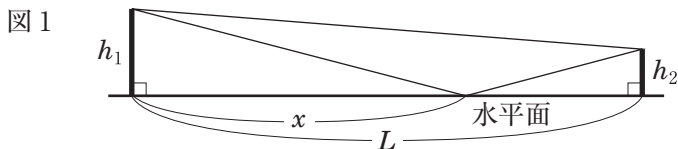
11 ~ 14 , 16 ~ 20 の解答群

- | | | | | |
|----------|--------------------|------------------------|----------------------------|------------------------|
| ① v | ② mv | ③ $\frac{mv}{qB}$ | ④ $\frac{m}{qB}$ | ⑤ $\frac{qB}{m}$ |
| ⑥ qV | ⑦ $\frac{m}{r}$ | ⑧ $\frac{\pi mv}{qB}$ | ⑨ $\frac{\pi m}{qB}$ | ⑩ $\frac{qB}{2\pi m}$ |
| ⑪ qv^2 | ⑫ $\frac{mv}{r}$ | ⑬ $\frac{2\pi mv}{qB}$ | ⑭ $\frac{2\pi m}{qB}$ | ⑮ $\frac{qB}{\pi m}$ |
| ⑯ qvB | ⑰ $\frac{mv^2}{r}$ | ⑱ $\frac{3\pi mv}{qB}$ | ⑲ $\frac{q^2 B^2 R^2}{2m}$ | ⑳ $\frac{3qB}{2\pi m}$ |

15 の解答群

- | | | |
|--------------|--------------|--------------|
| ① x 軸の正の向き | ② y 軸の正の向き | ③ z 軸の正の向き |
| ④ x 軸の負の向き | ⑤ y 軸の負の向き | ⑥ z 軸の負の向き |

Ⅲ 図1のように波長 λ の波が水平面から h_1 だけ高いところから出て、水平面から h_2 だけ高いところの観測者に届く。 h_1 と h_2 は正である。直接観測者に届く波（直接波）と一度水平面に反射して届く波（間接波）の干渉を考える。波源と観測者の位置関係は図の通りである。ただし、 L は h_1 と h_2 に比べて十分大きく、 $h_1 > h_2$ とする。以下では、経路に沿って波が伝搬する距離を経路長と呼ぶ。



- (1) 直接波の経路長 l_1 は 21 である。反射波が水平面で反射する場所までの距離 x は 22 で、間接波の経路長 l_2 は 23 である。

21 ～ 23 の解答群

- ① h_1 ② h_2 ③ $\sqrt{L^2 + (h_1 + h_2)^2}$ ④ $\sqrt{L^2 + (h_1 - h_2)^2}$
 ⑤ $L + h_1$ ⑥ $L + h_2$ ⑦ $\sqrt{L^2 - (h_1 + h_2)^2}$ ⑧ $\sqrt{L^2 - (h_1 - h_2)^2}$
 ⑨ $\frac{h_1 L}{h_1 + h_2}$ ⑩ $\frac{h_2 L}{h_1 + h_2}$ a $\frac{h_1 L}{h_1 - h_2}$ b $\frac{h_2 L}{h_1 - h_2}$

- (2) いくつかの Δ の値に対して、 $\sqrt{1+\Delta}$ を計算して小数点以下4桁を示すと、以下の表が得られた。

Δ	-0.0500	-0.0100	-0.0050	0.0000	0.0050	0.0100	0.0500
$\sqrt{1+\Delta}$	0.9747	0.9950	0.9975	1.0000	1.0025	1.0050	1.0247

$|\Delta|$ が1より十分小さい場合には、 $\sqrt{1+\Delta} \doteq 1 + \text{24} \times \Delta$ と近似できることがわかる。したがって、経路長の差 $l_2 - l_1$ は 25 $\times \frac{h_1 h_2}{L}$ と近似できる。

水平面で反射するときに、波の強さは変化せず、位相だけが π ラジアン変化する場合を考える。自然数 n をもちいると、 h_2 が 26 $\times \frac{\lambda L}{h_1}$ のときに直接波と間接

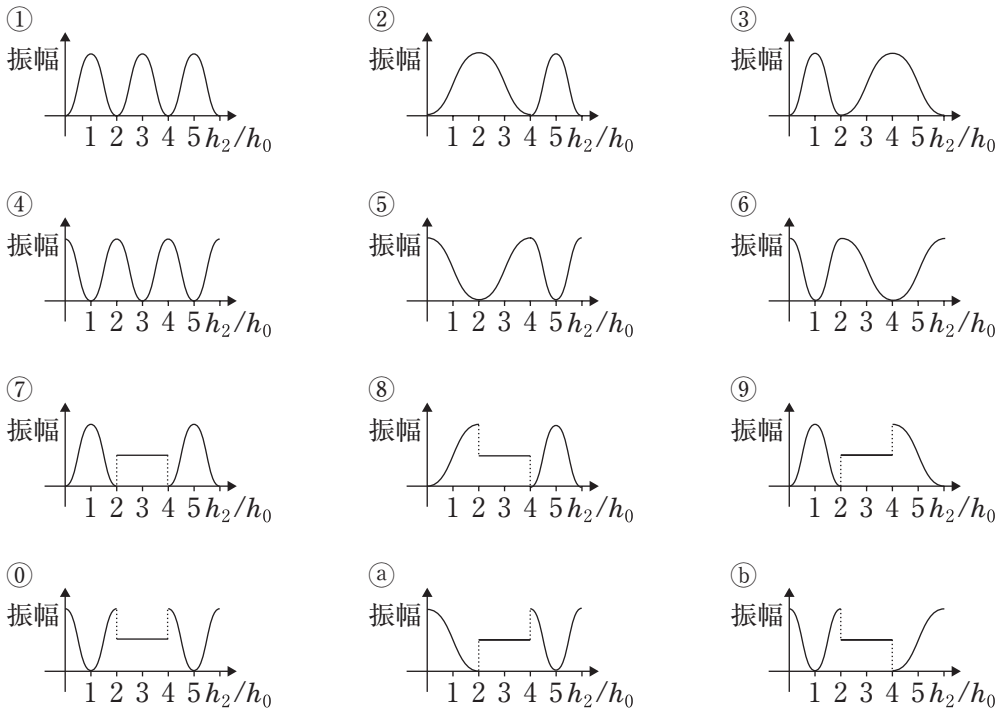
波は強め合う。

具体的に、 $L=2000\text{ m}$, $h_1=100\text{ m}$ で $\lambda=2\text{ m}$ の場合を考える。直接波と間接波が強め合うもっとも小さな h_2 は、27 m である。この高さを h_0 と呼ぶことにする。観測者の高さ h_2 が変化するとき、観測者の場所における直接波と間接波の合成波の振幅の変化を表しているグラフは 28 である。

24 ~ 27 の解答群

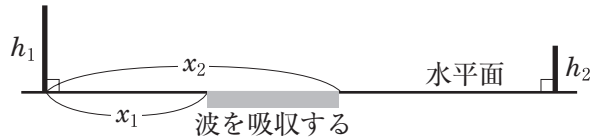
- | | | | | |
|-----------------|-----------------|------|----------------------------------|---|
| ① $\frac{1}{8}$ | ② $\frac{3}{2}$ | ③ 5 | ④ n | ⑤ $\frac{n}{2}$ |
| ⑥ $\frac{1}{4}$ | ⑦ 2 | ⑧ 10 | ⑨ $\left(n - \frac{1}{4}\right)$ | ⑩ $\frac{1}{2}\left(n - \frac{1}{4}\right)$ |
| Ⓐ $\frac{1}{2}$ | Ⓑ 3 | Ⓒ 20 | Ⓓ $\left(n - \frac{1}{2}\right)$ | Ⓔ $\frac{1}{2}\left(n - \frac{1}{2}\right)$ |
| Ⓕ 1 | Ⓖ 4 | Ⓗ 30 | Ⓙ $(n-1)$ | Ⓚ $\frac{1}{2}(n-1)$ |

28 , 31 の解答群



- (3) 図2のように、波源からの水平距離が x_1 以上で、かつ x_2 以下である水平面は、波を完全に吸収する場合を考えよう。この場合、観測者が高さ 29 以上で、かつ 30 以下にいる場合には、反射波は観測者には届かない。

図2



具体的に、 $x_1 = 1430 \text{ m}$ 、 $x_2 = 1665 \text{ m}$ の場合を考える。ただし、他の条件は、小問(2)の具体例と同じである。観測者の高さ h_2 が変化するとき、観測者の場所における直接波と間接波の合成波の振幅の変化を表しているグラフは 31 である。

29 ,

30 の解答群

- | | | | |
|---------|-----------------------|--|--|
| ① x_1 | ② $\frac{h_1 L}{x_1}$ | ③ $h_1 \left(\frac{L}{x_1} + 1 \right)$ | ④ $h_1 \left(\frac{L}{x_1} - 1 \right)$ |
| ⑤ x_2 | ⑥ $\frac{h_1 L}{x_2}$ | ⑦ $h_1 \left(\frac{L}{x_2} + 1 \right)$ | ⑧ $h_1 \left(\frac{L}{x_2} - 1 \right)$ |

化 学

(解答番号 ～)

I 滴定に関する次の文章 [1], [2] を読み, 空欄 ～ にあてはまる最も適切なものを, それぞれの解答群から一つ選び, 解答欄にマークせよ。ただし, 同じものを繰り返し選んでもよい。原子量は, $H=1.00$, $C=12.0$, $O=16.0$ とする。

[1] 次の滴定(1)～(4)を行った。

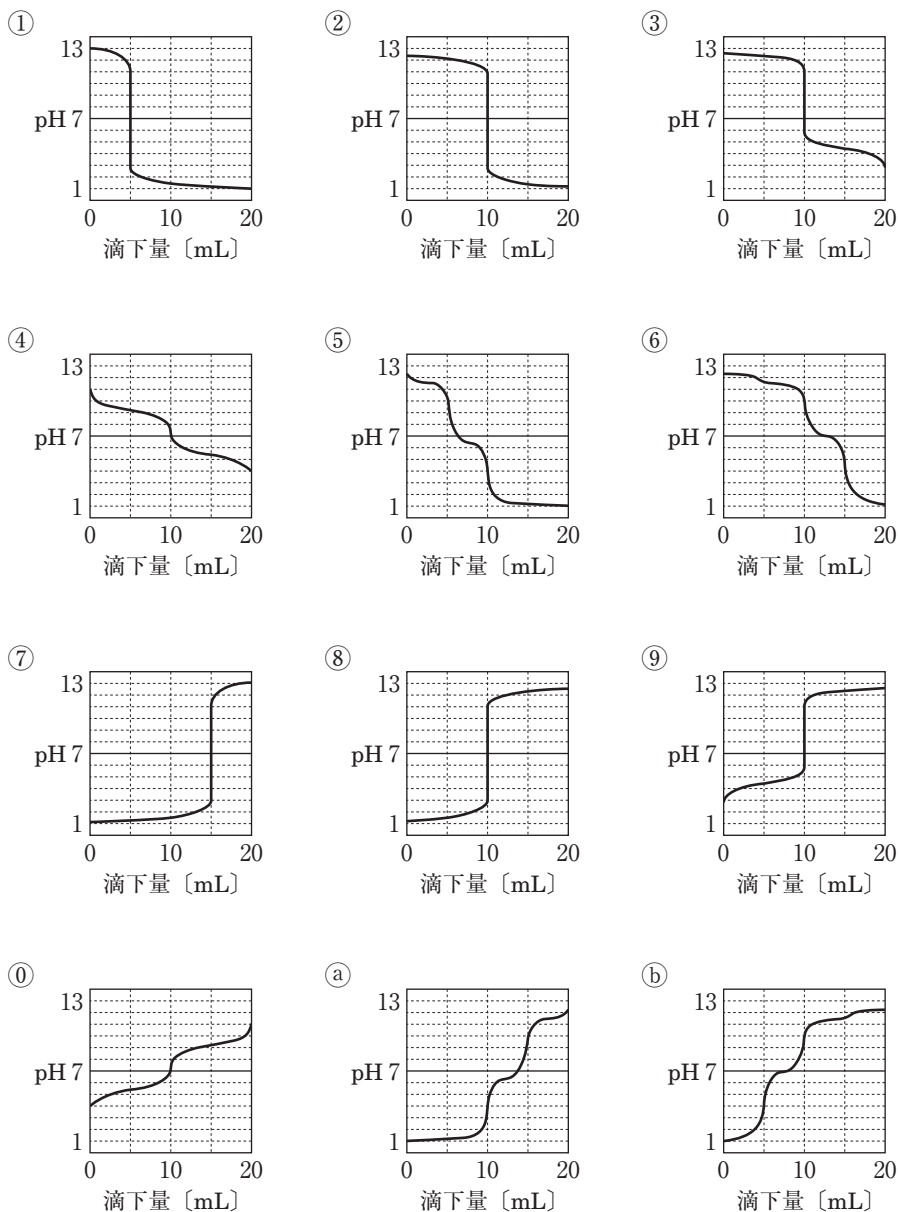
滴定(1) 0.10 mol/L の酢酸水溶液 10 mL に, 0.10 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液を滴下したときの滴定曲線は であった。指示薬に を使用すると, 中和点付近で溶液は無色から赤色へ変化した。

滴定(2) 0.10 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 10 mL に, 0.10 mol/L の硫酸を滴下したときの滴定曲線は であった。指示薬に を使用すると, 中和点付近で溶液は赤色から へ変化した。

滴定(3) 0.10 mol/L の炭酸ナトリウム水溶液 5.0 mL を, 0.10 mol/L の塩酸で滴定したときの滴定曲線は であった。指示薬に を使用すると, 塩酸の滴下量が 10 mL 付近で溶液の色は から赤色へ変化した。

滴定(4) 0.10 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 5.0 mL と 0.10 mol/L の炭酸ナトリウム水溶液 5.0 mL を混合して, 0.10 mol/L の塩酸で滴定したときの滴定曲線は であった。塩酸の滴下量が 15 mL のときでは の反応が主に進行した。

1 , 3 , 6 および 9 に対する解答群



2 , 4 および 7 に対する解答群

- ① ヨウ化カリウム ② クロム酸カリウム ③ フェノールフタレイン
 ④ メチルオレンジ ⑤ チオ硫酸ナトリウム ⑥ 硫酸マグネシウム

5 および 8 に対する解答群

- | | | |
|-------|-------|-------|
| ① 赤 色 | ② 黄 色 | ③ 緑 色 |
| ④ 青 色 | ⑤ 紫 色 | ⑥ 無 色 |

10 に対する解答群

- ① $\text{NaOH} + \text{HCl} \longrightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$
- ② $2\text{NaOH} + \text{CO}_2 \longrightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
- ③ $\text{NaHCO}_3 + \text{HCl} \longrightarrow \text{NaCl} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- ④ $2\text{NaHCO}_3 \longrightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- ⑤ $\text{NaHCO}_3 + \text{NaOH} \longrightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
- ⑥ $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{HCl} \longrightarrow \text{NaCl} + \text{NaHCO}_3$

[2] 食酢中の酢酸の濃度を求めるため、次のような**実験 A ～ C**を行った。食酢中の酸は酢酸のみとする。

実験 A シュウ酸二水和物 $(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ の結晶 3.15 g を水に溶解し、500 mL のシュウ酸標準溶液を調製した。このとき、シュウ酸二水和物を用いた理由は、

11 である。

実験 B **実験 A**で調製したシュウ酸標準溶液 20.0 mL にフェノールフタレインを 1 滴加え、濃度未知の水酸化ナトリウム水溶液で中和滴定を行い、第二中和点で滴定を終了した。このときまでに滴下した水酸化ナトリウム水溶液は 25.0 mL であったので、この水酸化ナトリウム水溶液の濃度は 12 mol/L と算出できる。

実験 C 食酢 10.0 mL を 100 mL のメスフラスコに入れ、水を標線まで加えてよく振り混ぜた。これを 20.0 mL とり、**実験 B**で濃度が 12 mol/L と決定された水酸化ナトリウム水溶液を用いて中和滴定を行ったところ、中和に必要な量は 18.7 mL であった。このことから、食酢中の酢酸の濃度は 13 mol/L であると算出できる。

11 に対する解答群

- ① 弱塩基性を示すため
- ② 揮発性があるため
- ③ 吸湿性があるため
- ④ 潮解性があるため
- ⑤ 質量や成分が安定しているため
- ⑥ 空気中の水分や二酸化炭素を吸収するため

12 に対する解答群

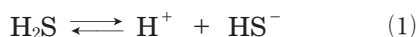
- ① 4.0×10^{-2}
- ② 6.0×10^{-2}
- ③ 8.0×10^{-2}
- ④ 9.2×10^{-2}
- ⑤ 4.0×10^{-1}
- ⑥ 6.0×10^{-1}
- ⑦ 8.0×10^{-1}
- ⑧ 9.2×10^{-1}

13 に対する解答群

- ① 5.6×10^{-2}
- ② 6.3×10^{-2}
- ③ 7.5×10^{-2}
- ④ 9.8×10^{-2}
- ⑤ 5.6×10^{-1}
- ⑥ 6.3×10^{-1}
- ⑦ 7.5×10^{-1}
- ⑧ 9.8×10^{-1}

Ⅱ 硫化水素の電離平衡に関する次の文章を読み、空欄 14 ～ 22 にあてはまる最も適切なものを、それぞれの解答群から一つ選び、解答欄にマークせよ。ただし、同じものを繰り返し選んでもよい。

硫化水素 H_2S は、水溶液中で(1)式、(2)式のように2段階に電離する。



したがって、水溶液中の硫化物イオン S^{2-} の濃度 $[\text{S}^{2-}]$ は、水溶液中の水素イオン H^+ の濃度 $[\text{H}^+]$ によって変化する。溶液を酸性にすると、 H_2S の電離平衡は 14 。

この2段階の電離において、1段階目の左から右への反応の電離定数を K_1 、2段階目の左から右への反応の電離定数を K_2 とすると、 K_1 、 K_2 は、 $[\text{H}^+]$ 、 $[\text{S}^{2-}]$ 、硫化水素イオン HS^- の濃度 $[\text{HS}^-]$ 、および硫化水素 H_2S の濃度 $[\text{H}_2\text{S}]$ を用いて、それぞれ(3)式、(4)式で表すことができる。

$$K_1 = \frac{\text{15}}{\text{16}} \quad (3)$$

$$K_2 = \frac{\text{16}}{\text{17}} \quad (4)$$

(3)式、(4)式から $[\text{HS}^-]$ を消去すると、 $[\text{S}^{2-}]$ は、 K_1 、 K_2 、 $[\text{H}_2\text{S}]$ 、および $[\text{H}^+]$ を用いて、(5)式で表すことができる。

$$[\text{S}^{2-}] = \frac{\text{17}}{\text{18}} \quad (5)$$

25℃において、水素イオン濃度 $[\text{H}^+]$ が 0.40 mol/L に調整されている、0.20 mol/L の亜鉛イオン Zn^{2+} を含む水溶液 A と、0.20 mol/L の銅(Ⅱ)イオン Cu^{2+} を含む水溶液 B がある。25℃において、硫化水素の飽和水溶液における硫化水素の濃度 $[\text{H}_2\text{S}]$ は、0.10 mol/L である。また、25℃における電離定数 K_1 、 K_2 は、 $K_1 = 9.5 \times 10^{-8}$ mol/L、 $K_2 = 1.3 \times 10^{-14}$ mol/L であり、 CuS の溶解度積は 6.5×10^{-30} (mol/L)²、 ZnS の溶解度積は 2.2×10^{-18} (mol/L)² である。水溶液 A と水溶液 B それぞれに硫化水素を飽和させ、いずれの水溶液についても $[\text{H}_2\text{S}]$ を 0.10 mol/L、 $[\text{H}^+]$ を 0.40 mol/L に保ったとき、 $[\text{S}^{2-}] = \frac{\text{18}}{\text{19}}$ mol/L となるから、19 。

また、先の条件では沈殿を生じなかった水溶液 20 について、 $[\text{H}_2\text{S}]$ を 0.10 mol/L に保った状態で 21 の沈殿を生じさせるためには、 $[\text{S}^{2-}] > \text{ 22 mol/L}$ となるように $[\text{H}^+]$ を調整する必要がある。

14 に対する解答群

- ① 左向きに移動し、 $[\text{S}^{2-}]$ は大きくなる
- ② 左向きに移動し、 $[\text{S}^{2-}]$ は小さくなる
- ③ 右向きに移動し、 $[\text{S}^{2-}]$ は大きくなる
- ④ 右向きに移動し、 $[\text{S}^{2-}]$ は小さくなる

15 および 16 に対する解答群

- | | | |
|--|--|--|
| ① $\frac{[\text{H}_2\text{S}]}{[\text{H}^+][\text{HS}^-]}$ | ② $\frac{[\text{H}_2\text{S}]}{[\text{H}^+][\text{S}^{2-}]}$ | ③ $\frac{[\text{HS}^-]}{[\text{H}_2\text{S}][\text{H}^+]}$ |
| ④ $\frac{[\text{HS}^-]}{[\text{H}^+][\text{S}^{2-}]}$ | ⑤ $\frac{[\text{S}^{2-}]}{[\text{H}_2\text{S}][\text{H}^+]}$ | ⑥ $\frac{[\text{S}^{2-}]}{[\text{H}^+][\text{HS}^-]}$ |
| ⑦ $\frac{[\text{H}^+][\text{HS}^-]}{[\text{H}_2\text{S}]}$ | ⑧ $\frac{[\text{H}^+][\text{S}^{2-}]}{[\text{H}_2\text{S}]}$ | ⑨ $\frac{[\text{H}_2\text{S}][\text{H}^+]}{[\text{HS}^-]}$ |
| ⑩ $\frac{[\text{H}^+][\text{S}^{2-}]}{[\text{HS}^-]}$ | a $\frac{[\text{H}_2\text{S}][\text{H}^+]}{[\text{S}^{2-}]}$ | b $\frac{[\text{H}^+][\text{HS}^-]}{[\text{S}^{2-}]}$ |

17 に対する解答群

- | | | |
|---|---|---|
| ① $K_1 K_2 [\text{H}_2\text{S}] [\text{H}^+]$ | ② $K_1 K_2 [\text{H}_2\text{S}] [\text{H}^+]^2$ | |
| ③ $\frac{K_2 [\text{H}_2\text{S}] [\text{H}^+]}{K_1}$ | ④ $\frac{K_2 [\text{H}_2\text{S}] [\text{H}^+]^2}{K_1}$ | ⑤ $\frac{K_1 [\text{H}_2\text{S}] [\text{H}^+]}{K_2}$ |
| ⑥ $\frac{K_1 [\text{H}_2\text{S}] [\text{H}^+]^2}{K_2}$ | ⑦ $\frac{K_1 K_2 [\text{H}^+]}{[\text{H}_2\text{S}]}$ | ⑧ $\frac{K_1 K_2 [\text{H}^+]^2}{[\text{H}_2\text{S}]}$ |
| ⑨ $\frac{K_1 K_2 [\text{H}_2\text{S}]}{[\text{H}^+]}$ | ⑩ $\frac{K_1 K_2 [\text{H}_2\text{S}]}{[\text{H}^+]^2}$ | |

18 に対する解答群

- ① 2.0×10^{-23} ② 4.9×10^{-23} ③ 3.1×10^{-22} ④ 7.7×10^{-22}
⑤ 2.0×10^{-21} ⑥ 4.9×10^{-21} ⑦ 2.2×10^{-9} ⑧ 5.5×10^{-9}
⑨ 1.2×10^5 ⑩ 2.9×10^5

19 に対する解答群

- ① CuS の赤色沈殿が生じ, ZnS の沈殿は生じない
② CuS の青色沈殿が生じ, ZnS の沈殿は生じない
③ CuS の黒色沈殿が生じ, ZnS の沈殿は生じない
④ CuS の白色沈殿が生じ, ZnS の沈殿は生じない
⑤ ZnS の赤色沈殿が生じ, CuS の沈殿は生じない
⑥ ZnS の青色沈殿が生じ, CuS の沈殿は生じない
⑦ ZnS の黒色沈殿が生じ, CuS の沈殿は生じない
⑧ ZnS の白色沈殿が生じ, CuS の沈殿は生じない

20 に対する解答群

- ① A ② B

21 に対する解答群

- ① CuS ② ZnS

22 に対する解答群

- ① 1.1×10^{-19} ② 2.2×10^{-19} ③ 4.4×10^{-19}
④ 1.1×10^{-18} ⑤ 2.2×10^{-18} ⑥ 4.4×10^{-18}
⑦ 1.1×10^{-17} ⑧ 2.2×10^{-17} ⑨ 4.4×10^{-17}

(第Ⅲ問は次ページから始まる)

Ⅲ 銅とその化合物に関する次の文章〔1〕,〔2〕を読み、空欄 23 ～ 34 にあてはまる最も適切なものを、それぞれの解答群から一つ選び、解答欄にマークせよ。ただし、同じものを繰り返し選んでもよい。原子量は、Ni=59.0, Cu=64.0, Ag=108, ファラデー定数は、 $F=9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ とする。

〔1〕銅は、塩酸や希硫酸とは反応しないが、酸化作用の強い濃硝酸や希硝酸には反応して溶ける。濃硝酸との反応では 23 が発生し、希硝酸との反応では 24 が発生する。また、銅を空気中で加熱すると、黒色の 25 が生成する。25 を希硫酸に溶かして得られる水溶液を濃縮すると、青色の結晶 26 が析出する。26 の水和水のうち、27 個は銅(Ⅱ)イオンと 28 によって結びついている。

〔2〕銅は、単体として天然にも存在するが、多くは黄銅鉱（主成分： CuFeS_2 ）などの化合物として産出する。溶鉱炉に黄銅鉱、ケイ砂、石灰石、コークスを入れて強熱すると、29 が得られる。この 29 を転炉に移し、空気を吹き込みながら加熱すると、金、銀、鉄、亜鉛、ニッケルなどの不純物を含んだ純度が99%程度の粗銅が得られる。粗銅を精錬するには、陰極に純銅板、陽極に粗銅板、電解液に硫酸銅(Ⅱ)の硫酸酸性溶液を用いて、0.2～0.5 V の低い電圧で電気分解を行う。このとき、粗銅には不純物として、金、銀、鉄、亜鉛のみが含まれていたとすると、これらの不純物のうち、30 が陽イオンとなって水溶液中に溶解し、31 はイオンにならずに沈殿する。また、溶液中に溶けている銅(Ⅱ)イオンが還元されて、陰極に純度 99.99%以上の純銅が析出する。このように電気分解を利用して、不純物を含んだ金属から純粋な金属を取り出す方法を 32 という。

いま、不純物として銀とニッケルのみを含む粗銅 100.0 g と純銅を用いて、上記の 32 を行った。9.65 A の直流電流を 200 分間流したところ、粗銅の質量が 60.0 g となり、33 が 2.00 g 沈殿した。粗銅の組成は変化しないものとし、粗銅中に含まれる銅の質量の割合（質量パーセント）を整数で求めると、34 % となる。

23 および 24 に対する解答群

- | | | |
|---------|---------|----------|
| ① 水素 | ② 塩素 | ③ 塩化水素 |
| ④ 酸素 | ⑤ オゾン | ⑥ 硫化水素 |
| ⑦ 二酸化硫黄 | ⑧ 三酸化硫黄 | ⑨ 窒素 |
| ⑩ 一酸化窒素 | ① 二酸化窒素 | ② 一酸化二窒素 |
| ③ 一酸化炭素 | ④ 二酸化炭素 | |

25 および 26 に対する解答群

- | | | |
|---|--|---|
| ① Cu_2O | ② CuO | ③ Cu_2S |
| ④ CuS | ⑤ $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ | ⑥ $\text{Cu}(\text{OH})_2$ |
| ⑦ CuSO_4 | ⑧ $\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ | ⑨ $\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ |
| ⑩ $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ | ① $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ | ② $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$ |

27 に対する解答群

- | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| ① 1 | ② 2 | ③ 3 | ④ 4 | ⑤ 5 |
| ⑥ 6 | ⑦ 7 | ⑧ 8 | ⑨ 9 | |

28 に対する解答群

- | | | |
|----------|-----------|---------|
| ① イオン結合 | ② 金属結合 | ③ 配位結合 |
| ④ 水素結合 | ⑤ 分子間力 | ⑥ アミド結合 |
| ⑦ エーテル結合 | ⑧ グリコシド結合 | |

29 に対する解答群

- | | | | | |
|---------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|
| ① Cu_2O | ② CuO | ③ Cu_2S | ④ CuS | ⑤ FeO |
| ⑥ Fe_2O_3 | ⑦ Fe_3O_4 | ⑧ FeS | ⑨ Ag_2S | ⑩ ZnS |
| ① NiS | | | | |

30 および **31** に対する解答群

- | | | |
|----------|----------|----------|
| ① 金 | ② 銀 | ③ 鉄 |
| ④ 亜鉛 | ⑤ 金と銀 | ⑥ 金と鉄 |
| ⑦ 金と亜鉛 | ⑧ 銀と鉄 | ⑨ 銀と亜鉛 |
| ⑩ 鉄と亜鉛 | ① 金と銀と鉄 | ② 金と銀と亜鉛 |
| ③ 金と鉄と亜鉛 | ④ 銀と鉄と亜鉛 | |

32 に対する解答群

- | | | |
|---------------------|--------|--------------|
| ① イオン交換膜法 | ② 電解精錬 | ③ テルミット法 |
| ④ アンモニアソーダ法 (ソルベー法) | | ⑤ ハーバー・ボッシュ法 |
| ⑥ オストワルト法 | ⑦ 分留 | ⑧ クメン法 |
| ⑨ モール法 | | |

33 に対する解答群

- | | | | |
|---------|----------|------|-------|
| ① 不動態 | ② 錯塩 | ③ 複塩 | ④ 陽極泥 |
| ⑤ 両性酸化物 | ⑥ 両性水酸化物 | | |

34 に対する解答群

- | | | | | |
|------|------|------|------|------|
| ① 12 | ② 18 | ③ 30 | ④ 31 | ⑤ 41 |
| ⑥ 43 | ⑦ 58 | ⑧ 60 | ⑨ 83 | ⑩ 88 |

(第Ⅳ問は次ページから始まる)

Ⅳ 分子式 C_8H_{10} で表される芳香族炭化水素 X および芳香族炭化水素 Y に関する次の文章 [1] ～ [3] を読み、空欄 35 ～ 50 にあてはまる最も適切なものを、それぞれの解答群から一つ選び、解答欄にマークせよ。ただし、同じものを繰り返し選んでもよい。

[1] 芳香族炭化水素 X を過マンガン酸カリウム水溶液に加え、長時間加熱したところ、化合物 A が生じた。化合物 A はわずかに水に溶け、水溶液は弱酸性を示した。これは、化合物 A が 35 をもっているためである。一方、化合物 A は、以下のようにトルエンを段階的に酸化することによっても得られることがわかった。すなわち、トルエンを穏やかな条件下で酸化したところ、まず、化合物 B が生じた。試験管にアンモニア性硝酸銀水溶液を入れ、化合物 B を加えて温めたところ、試験管の内壁に銀が生じた。これは、化合物 B が 36 をもつことを示している。

次に、化合物 B をさらに酸化したところ、化合物 A が生じた。逆に、化合物 B を還元したところ、化合物 C が生じた。化合物 C は、37 をもつため、単体のナトリウム（金属ナトリウム）と反応し、水素が発生した。ここで用いた単体のナトリウムを実験室で保管する最も適切な方法は、38 である。

一方、化合物 C と同じ分子式をもつ芳香族化合物には、37 をもつ構造異性体が、化合物 C の他に 39 種類存在し、これらの水溶液はすべて弱い 40 を示すが、化合物 C にはそのような性質はない。以上の結果から、化合物 A は 41、化合物 B は 42、化合物 C は 43 であり、芳香族炭化水素 X の構造式は 44 である。

[2] 芳香族炭化水素 Y を酸化したところ、化合物 D が生じ、化合物 D を加熱すると、分子内で容易に脱水縮合して、化合物 E が生じた。化合物 E は、工業的には、芳香族炭化水素 Y 以外の芳香族炭化水素である化合物 F を、酸化バナジウム(V)などを触媒に用いて酸化することによってもつくられ、染料や合成樹脂の原料に用いられる。

以上の結果から、化合物 D は 45、化合物 E は 46、化合物 F は 47 であり、芳香族炭化水素 Y の構造式は 48 である。

[3] 芳香族炭化水素 X の水素原子の 1 個を，塩素原子 1 個に置き換えることで生じる化合物 $\text{C}_8\text{H}_9\text{Cl}$ には，49 種類の構造異性体が存在する。また，この 49 種類の構造異性体のベンゼン環の水素原子の 1 個を，塩素原子 1 個に置き換えることで生じる化合物 $\text{C}_8\text{H}_8\text{Cl}_2$ には，50 種類の構造異性体が存在する。

ただし，[3] では不斉炭素原子や鏡像異性体は無視するものとする。また，すべての水素の反応性は同じものとする。

35 ～ 37 に対する解答群

- ① ヒドロキシ基 ② ホルミル基（アルデヒド基） ③ カルボキシ基
④ アミノ基 ⑤ スルホ基 ⑥ ニトロ基

38 に対する解答群

- ① 塩酸中に保存する方法
② エタノール中に保存する方法
③ 石油（灯油）中に保存する方法
④ 水酸化ナトリウム水溶液中に保存する方法
⑤ 乾燥した砂で満たしたガラス瓶の中で保存する方法
⑥ 特に危険性は無いため，塩化ナトリウムのような試薬の保管と同様の方法

39 に対する解答群

- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5
⑥ 6 ⑦ 7 ⑧ 8 ⑨ 9 ⑩ 10

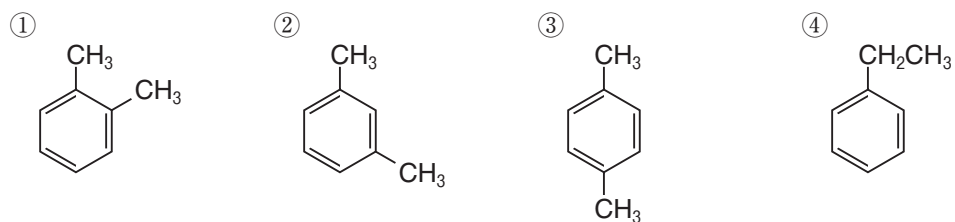
40 に対する解答群

- ① 酸性 ② 塩基性

41 ～ 43 および 45 ～ 47 に対する解答群

- | | | |
|-------------------|-------------------|-------------------|
| ① ナフタレン | ② フェノール | ③ <i>o</i> -クレゾール |
| ④ <i>m</i> -クレゾール | ⑤ <i>p</i> -クレゾール | ⑥ ベンジルアルコール |
| ⑦ 安息香酸 | ⑧ フマル酸 | ⑨ マレイン酸 |
| ⑩ 無水マレイン酸 | ⑪ フタル酸 | ⑫ イソフタル酸 |
| ⑬ テレフタル酸 | ⑭ 無水フタル酸 | ⑮ サリチル酸 |
| ⑯ アセチルサリチル酸 | ⑰ サリチル酸メチル | ⑱ ベンズアルデヒド |
| ⑲ アセトアニリド | | |

44 および 48 に対する解答群



49 および 50 に対する解答群

- | | | | | |
|------|------|------|------|------|
| ① 3 | ② 4 | ③ 5 | ④ 6 | ⑤ 7 |
| ⑥ 8 | ⑦ 9 | ⑧ 10 | ⑨ 11 | ⑩ 12 |
| ⑪ 13 | ⑫ 14 | ⑬ 15 | ⑭ 16 | ⑮ 17 |
| ⑯ 18 | ⑰ 19 | ⑱ 20 | ⑲ 21 | ⑳ 22 |

生 物

(解答番号 ～)

I ヒトの受容器および神経系に関する以下の文章中の、 ～ に最も適切なものを解答群から選び、その番号を解答欄にマークせよ。ただし、異なる番号の に同じものを繰り返し選んでもよい。

- 1) 感覚の受容は刺激の種類に応じて別々の受容器で行われる。からだの回転は（ア）で、からだの傾きは（イ）で受け取られる。また、高い温度は皮膚の温点で受け取られるが、強い熱や強い圧力は皮膚の（ウ）で受け取られる。ここで、（ア）～（ウ）の正しい組み合わせは である。

に対する解答群

	（ア）	（イ）	（ウ）
①	コルチ器	うずまき管	圧 点
②	コルチ器	うずまき管	痛 点
③	コルチ器	前 庭	圧 点
④	コルチ器	前 庭	痛 点
⑤	半規管	うずまき管	圧 点
⑥	半規管	うずまき管	痛 点
⑦	半規管	前 庭	圧 点
⑧	半規管	前 庭	痛 点

2) 網膜には、 細胞と 細胞という 2 種類の視細胞がある。

細胞はうす暗い場所ではよくはたらくが、色の区別には関与しない。

細胞では、ロドプシンとよばれる視物質が光を吸収する。ロドプシンは、

とよばれるタンパク質と の一種であるレチナールが結合したもの

のである。ロドプシンが光を吸収すると、レチナールの構造が変化して から遊離し、光を受容したという情報が視神経に伝わる。明るいところから暗いところ

へ入ると、最初はものがよく見えないが、ロドプシンが蓄積されると 細胞の感度が(エ)し、見えるようになる。このような現象を(オ)という。また、虹彩は、暗所では瞳孔を(カ)することにより、網膜に達する光量を調節している。

細胞はおもに明るい場所ではたらく、色の区別に関与する。 細胞は、 とよばれる網膜の中央部に、特に多く分布している。

眼は、物体までの距離に応じて水晶体の厚さを変え、焦点の位置を調節して網膜に鮮明な像を結ばせる遠近調節のしくみをもつ。遠くのものを見るとき、毛様筋(毛様体)が(キ)ことで、チン小帯は(ク)、それによって水晶体は(ケ)なる。ここで、(エ)～(カ)の正しい組み合わせは , (キ)～(ケ)の正しい組み合わせは である。

および に対する解答群

- | | | |
|-------|------|------|
| ① グリア | ② 有毛 | ③ 桿体 |
| ④ 上皮 | ⑤ 色素 | ⑥ 錐体 |
| ⑦ 樹状 | ⑧ 鞭毛 | ⑨ 食 |

に対する解答群

- | | |
|----------|----------|
| ① アクアポリン | ② オプシン |
| ③ オペロン | ④ キネシン |
| ⑤ シャペロン | ⑥ ダイニン |
| ⑦ チューブリン | ⑧ フォトプシン |
| ⑨ ペクチン | ⑩ ミオグロビン |

5 に対する解答群

- ① アミノ酸 ② 脂肪酸 ③ ステロイドホルモン
④ ビタミン A ⑤ ビタミン D ⑥ ペプチドホルモン

6 に対する解答群

- ① 暗 帯 ② 終 板 ③ 黄 斑 ④ 中心柱
⑤ 形成層 ⑥ 明 帯 ⑦ 側 板

7 に対する解答群

	(エ)	(オ)	(カ)
①	上 昇	明順応	縮 小
②	上 昇	明順応	拡 大
③	上 昇	暗順応	縮 小
④	上 昇	暗順応	拡 大
⑤	低 下	明順応	縮 小
⑥	低 下	明順応	拡 大
⑦	低 下	暗順応	縮 小
⑧	低 下	暗順応	拡 大

	(キ)	(ク)	(ケ)
①	収縮する	緊張し	薄 く
②	収縮する	緊張し	厚 く
③	収縮する	ゆるみ	薄 く
④	収縮する	ゆるみ	厚 く
⑤	ゆるむ	緊張し	薄 く
⑥	ゆるむ	緊張し	厚 く
⑦	ゆるむ	ゆるみ	薄 く
⑧	ゆるむ	ゆるみ	厚 く

3) 中枢神経系は脳と脊髄から構成される。脊髄は、脊椎骨の中を通っている円柱状の神経組織であり、その一端は呼吸運動や血液循環の中樞がある 9 に直接つながっている。脊髄の横断面において、その中心部には神経細胞体が集まっている(コ)が、周辺部には神経繊維が集まっている(サ)が観察される。脊髄からは、(シ)対の脊髄神経が左右対称にでており、中枢神経と末梢器官との間で情報を伝える役割を果たしている。このうち、痛みや触覚を伝える感覚神経は脊髄の(ス)を、骨格筋の収縮を指令する運動神経は脊髄の(セ)を通る。

特定の刺激に対して無意識に起こる反応を反射という。瞳孔反射の中樞は 10 にある。また、膝蓋腱反射の中樞は 11 にある。ここで、(コ)～(セ)の正しい組み合わせは 12 である。

9 ～ 11 に対する解答群

- ① 大 脳 ② 視 床 ③ 視床下部 ④ 中 脳
⑤ 小 脳 ⑥ 延 髄 ⑦ 脊 髄

12 に対する解答群

	(コ)	(サ)	(シ)	(ス)	(セ)
①	灰白質	白 質	12	背 根	腹 根
②	灰白質	白 質	12	腹 根	背 根
③	灰白質	白 質	31	背 根	腹 根
④	灰白質	白 質	31	腹 根	背 根
⑤	白 質	灰白質	12	背 根	腹 根
⑥	白 質	灰白質	12	腹 根	背 根
⑦	白 質	灰白質	31	背 根	腹 根
⑧	白 質	灰白質	31	腹 根	背 根

以下の反射行動に関する a ～ c の記述のうち、反射中枢が膝蓋腱反射と同じである反射は、

13

 である。

- a 食べものを口に入れると、唾液がでる。
- b 食べものが気管に入ると、せきがでる。
- c 指先に炎が誤って触れると、すばやく手を引っ込める。

13

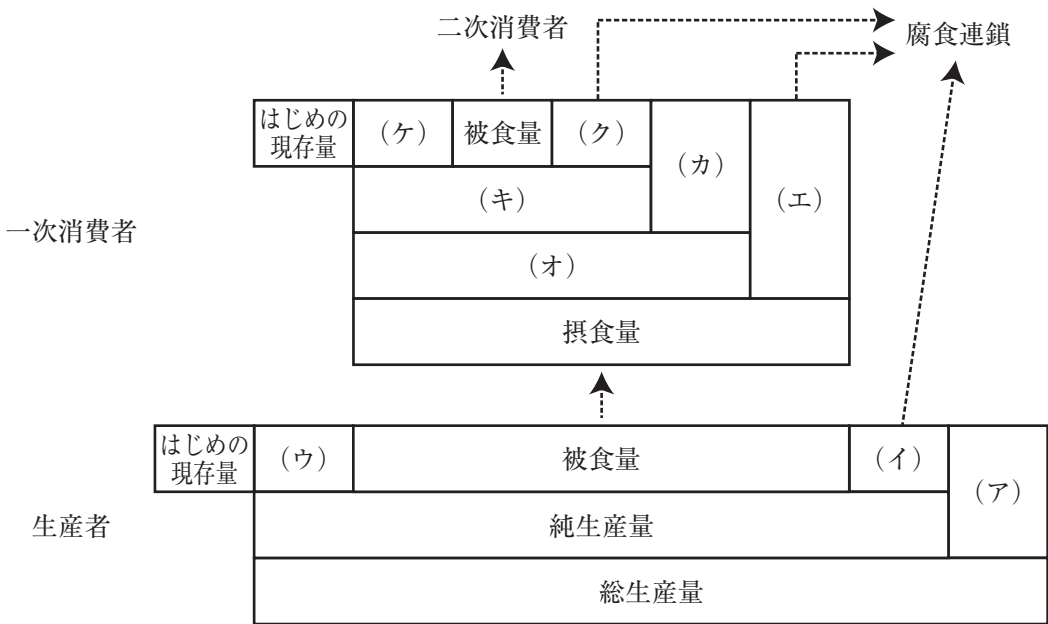
 に対する解答群

- ① a のみ ② b のみ ③ c のみ ④ a, b のみ
- ⑤ a, c のみ ⑥ b, c のみ ⑦ a, b, c

(第Ⅱ問は次ページから始まる)

Ⅱ 生態系の物質生産と消費に関する以下の文章中の 14 ～ 24 に最も適切なものを解答群から選び、その番号または記号を解答欄にマークせよ。ただし、異なる番号の に同じものを繰り返し選んでもよい。

1) 図Ⅱ－1はある森林生態系の一定期間の物質収支を模式的に示したものである。ただし、図中の枠の大きさが、各項目の実際の量や比を表すものではない。また、はじめの現存量はこの期間における最初の生物体の有機物量である。生産者が一定期間内に生産した有機物の総量は総生産量とよばれる。この総生産量から(ア)を差し引いたものは、純生産量とよばれる。純生産量から被食量と(イ)を差し引いたものは、(ウ)となる。一次消費者の栄養段階において、摂食量から(エ)を差し引いたものは、(オ)となり、(オ)から(カ)を差し引いたものは、(キ)となる。(キ)から被食量と(ク)を差し引いたものは、(ケ)となる。ここで、(ア)～(ウ)の正しい組み合わせは 14，(エ)～(カ)の正しい組み合わせは 15，(キ)～(ケ)の正しい組み合わせは 16 である。



図Ⅱ－1

14

に対する解答群

	(ア)	(イ)	(ウ)
①	光合成量	枯死量	生産量
②	光合成量	枯死量	成長量
③	光合成量	同化量	生産量
④	光合成量	同化量	成長量
⑤	呼吸量	枯死量	生産量
⑥	呼吸量	枯死量	成長量
⑦	呼吸量	同化量	生産量
⑧	呼吸量	同化量	成長量

15

に対する解答群

	(エ)	(オ)	(カ)
①	死滅量	生産量	成長量
②	死滅量	生産量	呼吸量
③	死滅量	同化量	成長量
④	死滅量	同化量	呼吸量
⑤	不消化排出量	生産量	成長量
⑥	不消化排出量	生産量	呼吸量
⑦	不消化排出量	同化量	成長量
⑧	不消化排出量	同化量	呼吸量

16

に対する解答群

	(キ)	(ク)	(ケ)
①	生産量	死滅量	成長量
②	生産量	死滅量	呼吸量
③	生産量	不消化排出量	成長量
④	生産量	不消化排出量	呼吸量
⑤	同化量	死滅量	成長量
⑥	同化量	死滅量	呼吸量
⑦	同化量	不消化排出量	成長量
⑧	同化量	不消化排出量	呼吸量

純生産量を生産者の現存量で割った値を回転率という。回転率を陸上生態系と水界生態系で比べると、水界生態系の回転率は陸上生態系より大きい。

水界生態系において、単位面積あたりの純生産量は、一般に（コ）域より（サ）域のほうが大きい。これは、（コ）域では（シ）が不足しているためであるが、鉛直混合が起こる海域では、（コ）域でも単位面積あたりの純生産量は大きくなる。ここで、（コ）～（シ）の正しい組み合わせは

17

 である。

17

 に対する解答群

	（コ）	（サ）	（シ）
①	沿 岸	外 洋	栄養塩類
②	沿 岸	外 洋	酸 素
③	沿 岸	外 洋	二酸化炭素
④	沿 岸	外 洋	日照量
⑤	外 洋	沿 岸	栄養塩類
⑥	外 洋	沿 岸	酸 素
⑦	外 洋	沿 岸	二酸化炭素
⑧	外 洋	沿 岸	日照量

下線部の主な理由は、

18

 からである。

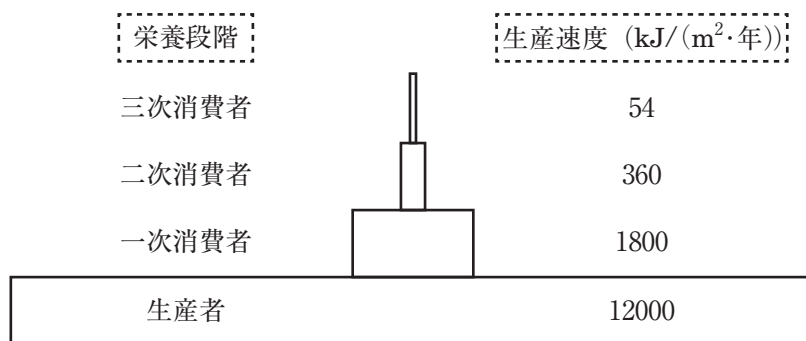
18

 に対する解答群

- ① 海洋が地球の面積の約70%を占める
- ② 乾燥による成長の制限が水界生態系では見られない
- ③ 温暖で湿潤な気候ほど純生産量が大きくなる
- ④ 陸上生態系の純生産量は降水量と気温の影響を受ける
- ⑤ 非同化器官が水生植物や植物プランクトンにはほとんどない

個体数，生物量，生産速度などを栄養段階ごとに帯状に表し積み重ねたものを生態ピラミッドという。生態ピラミッドは，一般には，栄養段階の上位のものほど帯の幅が狭くなり，全体の形がピラミッド状になる。個体数ピラミッド，生物量ピラミッド，生産速度ピラミッドのうち，栄養段階の上位と下位の帯の幅の逆転が見られることのあるピラミッドは 19 である。

図Ⅱ－２は，ある生態系の生産速度ピラミッドを示している。図Ⅱ－２において，二次消費者のエネルギー効率 20 %であることがわかる。



図Ⅱ－２

19 に対する解答群

- ① 個体数ピラミッドのみ ② 生物量ピラミッドのみ
- ③ 生産速度ピラミッドのみ ④ 個体数ピラミッドと生物量ピラミッド
- ⑤ 個体数ピラミッドと生産速度ピラミッド
- ⑥ 生物量ピラミッドと生産速度ピラミッド

20 に対する解答群

- ① 0.03 ② 0.15 ③ 0.2 ④ 1.5 ⑤ 2 ⑥ 3
- ⑦ 5 ⑧ 7 ⑨ 15 ⑩ 20 ⑪ a 30 ⑫ b 40

2) 炭素は光合成や呼吸、食物連鎖などを通じて生態系内を循環している。しかし、長い年月をかけてサンゴの骨格などが堆積し、石灰岩や大理石が生成されたりすると、これらに 21 のかたちとして含まれる炭素は、生物間のつながりを介した炭素の循環から外れる。

窒素も炭素と同様に生態系内を循環している。生物の遺骸や排泄物に含まれる有機窒素化合物は分解者により NH_4^+ に分解される。 NH_4^+ は（ス）により酸化されて NO_2^- となり、 NO_2^- は（セ）により酸化されて NO_3^- となる。 NO_2^- や NO_3^- は脱窒素細菌により還元されて N_2 として大気中に放出される。大気中の N_2 は（ソ）などの窒素固定細菌により還元され、 NH_4^+ となる。

土壌中の NO_3^- や NH_4^+ などの無機窒素化合物は、植物の根から吸収される。根から吸収された NO_3^- は葉で還元され NH_4^+ となる。 NH_4^+ は（タ）合成酵素により（チ）と結合し、（タ）が合成される。（タ）のアミノ基は（チ）合成酵素により（ツ）に転移され、（ツ）は（チ）になる。ここで、（ス）～（ソ）の正しい組み合わせは 22 , （タ）～（ツ）の正しい組み合わせは 23 である。

21 に対する解答群

- | | | |
|------|-----------|-----------|
| ① 石炭 | ② 炭酸カルシウム | ③ 炭酸水素イオン |
| ④ 泥炭 | ⑤ 二酸化炭素 | |

22

に対する解答群

	(ス)	(セ)	(ソ)
①	亜硝酸菌	硝酸菌	アグロバクテリウム
②	亜硝酸菌	硝酸菌	アゾトバクター
③	亜硝酸菌	硝酸菌	枯草菌
④	亜硝酸菌	硝酸菌	緑色硫黄細菌
⑤	硝酸菌	亜硝酸菌	アグロバクテリウム
⑥	硝酸菌	亜硝酸菌	アゾトバクター
⑦	硝酸菌	亜硝酸菌	枯草菌
⑧	硝酸菌	亜硝酸菌	緑色硫黄細菌

23

に対する解答群

	(タ)	(チ)	(ツ)
①	グルタミン	グルタミン酸	ケトグルタル酸
②	グルタミン	ケトグルタル酸	グルタミン酸
③	グルタミン酸	グルタミン	ケトグルタル酸
④	グルタミン酸	ケトグルタル酸	グルタミン
⑤	ケトグルタル酸	グルタミン	グルタミン酸
⑥	ケトグルタル酸	グルタミン酸	グルタミン

以下の a ～ d のうち有機窒素化合物に該当するものは 24 である。

a アクチン b RNA c セルロース d デンプン

24 に対する解答群

- | | | |
|----------------|----------------|----------------|
| ① a のみ | ② b のみ | ③ c のみ |
| ④ d のみ | ⑤ a, b のみ | ⑥ a, c のみ |
| ⑦ a, d のみ | ⑧ b, c のみ | ⑨ b, d のみ |
| ⑩ c, d のみ | Ⓐ a, b, c のみ | Ⓑ a, b, d のみ |
| Ⓒ a, c, d のみ | Ⓓ b, c, d のみ | Ⓔ a, b, c, d |

(第Ⅲ問は次ページから始まる)

Ⅲ 植物の環境応答や成長の制御と植物ホルモンに関する以下の文章中の 25 ～
36 に最も適切なものを解答群から選び、その番号を解答欄にマークせよ。ただし、異なる番号の に同じものを繰り返し選んでもよい。

- 1) 植物は周囲の環境の変化に対する応答や防御を行うしくみをもっている。植物が外界の乾燥を感知すると、25 が合成される。25 は孔辺細胞に作用して、カリウムイオンの(ア)を促す。これにより、細胞の浸透圧が(イ)し、水が(ウ)することで細胞の体積が(エ)し、気孔が閉じる。一方、26 が青色光を受容すると、孔辺細胞におけるカリウムイオンの(オ)が促され、最終的に気孔が開く。

外界の温度が低下すると、細胞内で糖やアミノ酸の合成が(カ)される。これにより、凝固点が(キ)し、細胞が凍結しにくくなる。また、このとき、生体膜において膜の流動性を高める脂質の割合が(ク)することも知られている。

25 には、植物の種子を休眠状態にする作用もある。この時 25 は、種子の発芽を促すはたらきをもつ 27 と拮抗的にはたらく。オオムギの種子の糊粉層において、27 は 28 の遺伝子の転写を促進させる。産生された 28 により、胚乳中の(ケ)が、(コ)などに分解される。(コ)は最終的に(サ)に分解され、これが胚に栄養分として供給されると、種子の発芽が促進される。ここで、(ア)～(オ)の正しい組み合わせは 29 , (カ)～(ク)の正しい組み合わせは 30 , (ケ)～(サ)の正しい組み合わせは 31 である。

25 および 27 に対する解答群

- | | | |
|---------|----------|---------|
| ① エチレン | ② バソプレシン | ③ ジベレリン |
| ④ フロリゲン | ⑤ アブシシン酸 | ⑥ チロキシン |

26 に対する解答群

- | | | |
|-----------|----------|-----------|
| ① フォトプシン | ② ロドプシン | ③ フォトリポシン |
| ④ プロトロンビン | ⑤ フィトクロム | ⑥ クリプトクロム |

28 に対する解答群

- ① カタラーゼ ② マルターゼ ③ スクラーゼ
④ ラクターゼ ⑤ セルラーゼ ⑥ アミラーゼ

29 に対する解答群

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
①	流 入	上 昇	流 入	増 加	流 出
②	流 入	上 昇	流 出	減 少	流 出
③	流 入	低 下	流 入	増 加	流 出
④	流 入	低 下	流 出	減 少	流 出
⑤	流 出	上 昇	流 入	増 加	流 入
⑥	流 出	上 昇	流 出	減 少	流 入
⑦	流 出	低 下	流 入	増 加	流 入
⑧	流 出	低 下	流 出	減 少	流 入

30 に対する解答群

	(カ)	(キ)	(ク)
①	促 進	上 昇	増 加
②	促 進	上 昇	減 少
③	促 進	低 下	増 加
④	促 進	低 下	減 少
⑤	抑 制	上 昇	増 加
⑥	抑 制	上 昇	減 少
⑦	抑 制	低 下	増 加
⑧	抑 制	低 下	減 少

	(ケ)	(コ)	(サ)
①	グルコース	マルトース	デンプン
②	グルコース	デンプン	マルトース
③	マルトース	グルコース	デンプン
④	マルトース	デンプン	グルコース
⑤	デンプン	グルコース	マルトース
⑥	デンプン	マルトース	グルコース

(第Ⅲ問 2)は次ページから始まる)

2) 茎の成長にかかわるオーキシンは、主に成長している茎の（シ）で合成される。茎の細胞では、オーキシンの排出輸送体が（ス）側の細胞（セ）に集中しているため、オーキシンは茎の中を極性移動する。

オーキシンは、植物が光のあたった方向へ屈曲する現象にもかかわっている。マカ
ラスムギなどの幼葉鞘に光があたると、その刺激は 32 によって受け取られる。
これにより、オーキシンの排出輸送体の細胞（セ）上での分布が変化し、オーキシンの
分布が変わることで、屈曲がおこる。

屈曲のメカニズムを解明するため、さまざまな実験がおこなわれてきた。図Ⅲの A～C は、19 世紀末にイギリスの科学者であるダーウィンがクサヨシの幼葉鞘をもちいておこなった実験を示している。A の実験により、幼葉鞘に片側から光をあてると、幼葉鞘は光の方向に屈曲することがわかった。また、B と C の実験から屈曲には幼葉鞘に先端部が必要なことと、先端部に光があたる必要があることがわかった。

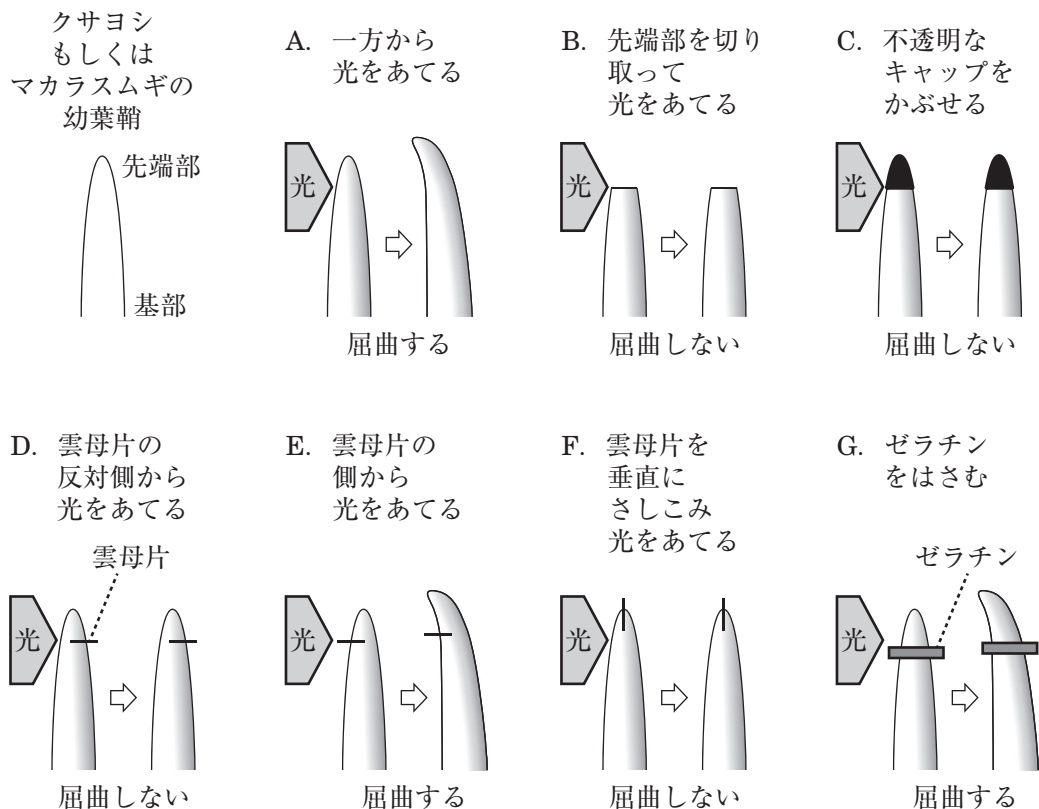


图 III

図Ⅲの D～G は、20世紀の初めにデンマークの科学者であるボーイセン イェンセンがマカラスムギの幼葉鞘をもちいておこなった実験を示している。この実験において、雲母片は物質を通さない。ゼラチンは水溶性の物質を通し、脂溶性の物質を通さない。D～G の実験結果から、光があたったという情報は、幼葉鞘の（ソ）で作られた（タ）の物質が、光の（チ）側に移動し、その後、光の（チ）側の（ツ）方向へ移動することによって伝えられることが考えられた。ここで、（シ）～（セ）の正しい組み合わせは 33 , （ソ）～（ツ）の正しい組み合わせは 34 である。

32 に対する解答群

- | | | |
|-----------|----------|-----------|
| ① フォトプシン | ② ロドプシン | ③ フォトリポピン |
| ④ プロトロンビン | ⑤ フィトクロム | ⑥ クリプトクロム |

33 に対する解答群

	（シ）	（ス）	（セ）
①	先端部	先端部	壁
②	先端部	先端部	膜
③	先端部	基 部	壁
④	先端部	基 部	膜
⑤	基 部	先端部	壁
⑥	基 部	先端部	膜
⑦	基 部	基 部	壁
⑧	基 部	基 部	膜

Ⅳ 酵素に関する以下の文章中の 37 ～ 48 に最も適切なものを解答群から選び、その番号または記号を解答欄にマークせよ。ただし、異なる番号の に同じものを繰り返し選んでもよい。

- 1) 化学反応が起こるためには、物質は反応の途中で一時的に反応しやすい状態（遷移状態）になる必要がある。反応前の初期状態と遷移状態とのエネルギー差を（ア）エネルギーという。酵素などの触媒があると反応が進みやすくなるのは、酵素が（ア）エネルギーを（イ）させるからである。ここで、（ア）と（イ）の正しい組み合わせは 37 である。

37 に対する解答群

	（ア）	（イ）
①	活性化	増 加
②	活性化	低 下
③	反 応	増 加
④	反 応	低 下

2) 光合成ではたらく脱水素酵素には 38 を補酵素とするものがある。
38 は 39 を成分とする有機化合物である。この脱水素酵素により、その基質から水素が取り除かれる反応では、脱水素酵素の 38 が 40 される。

38 および 39 に対する解答群

- | | | |
|-----------------------|-------------------|----------|
| ① FAD | ② NADP^+ | ③ ビタミン A |
| ④ ビタミン B ₂ | ⑤ ビタミン C | ⑥ ニコチン酸 |
| ⑦ ピルビン酸 | ⑧ マロン酸 | |

40 に対する解答群

- | | | | |
|------|------|--------|---------|
| ① 酸化 | ② 還元 | ③ リン酸化 | ④ アセチル化 |
|------|------|--------|---------|

3) プタの肝臓などに含まれるカタラーゼは、2分子の過酸化水素を分解して（ウ）分子の水と（エ）分子の酸素を生成する。この酵素は（オ）酵素に分類される。ここで、（ウ）～（オ）の正しい組み合わせは

41

 である。

41

 に対する解答群

	（ウ）	（エ）	（オ）
①	1	1	加水分解
②	1	1	酸化還元
③	1	1	脱 離
④	1	2	加水分解
⑤	1	2	酸化還元
⑥	1	2	脱 離
⑦	2	1	加水分解
⑧	2	1	酸化還元
⑨	2	1	脱 離
⑩	2	2	加水分解
㉑	2	2	酸化還元
㉒	2	2	脱 離

- 4) 酵素 X, 触媒 Y の酵素反応を調べるために, 以下の一連の実験を行った。表Ⅳには, 実験に用いた補酵素 A, 基質 B, 酵素 X, 触媒 Y の性質を示した。

表Ⅳ

	性質
補酵素 A	・ 100℃で 5 分間熱しても, 全く影響を受けない。
基質 B	・ 100℃で 5 分間熱しても, 全く影響を受けない。
酵素 X	・ 補酵素 A の存在下で基質 B と反応し, 水に不溶の気体 C を生成する。 ・ 補酵素 A がないと活性をもたない。 ・ 溶液中の補酵素 A の濃度が 0.01%以上で完全な活性をもつ。 ・ 100℃で 5 分間熱すると, 完全に失活する。
触媒 Y	・ 基質 B と反応し, 水に不溶の気体 C を生成する。 ・ 補酵素 A の有無によって活性に影響はない。 ・ 100℃で 5 分間熱しても, 活性に全く影響しない。

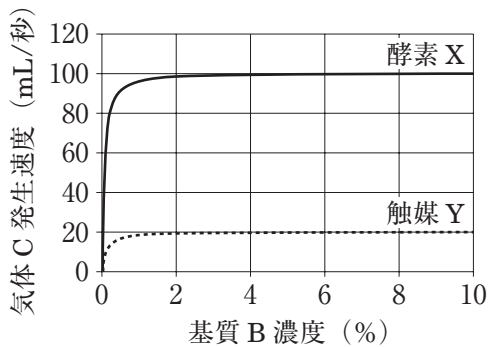
なお, 酵素 X と触媒 Y は, お互いの活性に影響を及ぼさない。酵素 X または触媒 Y の反応は室温で測定し, また, 酵素 X, 触媒 Y, 補酵素 A や基質 B を溶かした溶液には, 全て pH7 の緩衝液を用いた。溶液の混合などにより pH は変化せず, さらに, 100℃で 5 分間熱したときに溶液の量に変化は生じないものとする。

酵素 X の濃度 0.1 mg/mL, 補酵素 A の濃度 0.01%である反応溶液 1 mL において, 基質 B 濃度 (%) を変化させたとき, 反応開始直後の 1 秒間にどのくらいの気体 C が発生するかを測定した。また, 触媒 Y の濃度 0.1 mg/mL, 補酵素 A の濃度 0.01%である反応溶液 1 mL において, 基質 B 濃度 (%) を変化させたとき, 反応開始直後の 1 秒間にどのくらいの気体 C が発生するかを測定した。その結果, 図Ⅳ－1 が得られた。図Ⅳ－1 に示しているように, 基質 B 濃度が 4 %以上の条件では, 酵素 X と触媒 Y のいずれも気体 C の発生速度は一定となった。

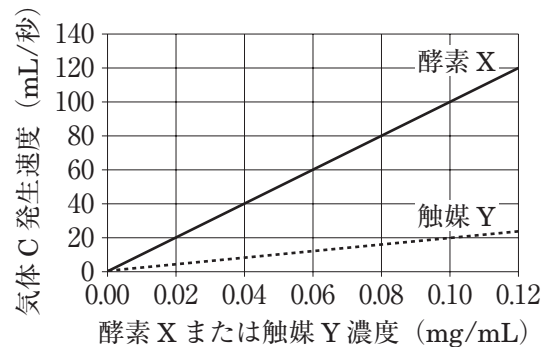
基質 B の濃度 6 %, 補酵素 A の濃度 0.01%である反応溶液 1 mL において, 酵素 X または触媒 Y の濃度 (mg/mL) を変化させたとき, 反応開始直後の 1 秒間にどのくらいの気体 C が発生するかを測定したところ, 図Ⅳ－2 が得られた。

上記の実験結果から、基質B濃度5%，補酵素A濃度0.01%，酵素X濃度0.02 mg/mLである反応溶液10 mLから、反応開始直後の1秒間に 42 mLの気体Cが発生すると算出できる。また、基質B濃度5%，触媒Y濃度0.02 mg/mLである反応溶液10 mLから、反応開始直後の1秒間に 43 mLの気体Cが発生すると算出できる。

酵素X濃度0.06 mg/mL，基質B濃度18%の溶液0.5 mLと酵素X濃度0.06 mg/mL，補酵素A濃度0.03%の溶液1.0 mLを混合して反応溶液1.5 mLをつくった。この反応溶液1.5 mLから、反応開始直後の1秒間に 44 mLの気体Cが発生すると算出できる。



図Ⅳ－1



図Ⅳ－2

42 ～ 44 に対する解答群

- | | | | | | |
|-------|-------|------|------|-------|-------|
| ① 2 | ② 4 | ③ 6 | ④ 8 | ⑤ 10 | ⑥ 12 |
| ⑦ 16 | ⑧ 20 | ⑨ 24 | ⑩ 30 | Ⓐ 40 | Ⓑ 50 |
| Ⓒ 60 | Ⓓ 70 | Ⓔ 80 | Ⓕ 90 | Ⓖ 100 | Ⓗ 120 |
| Ⓙ 200 | Ⓚ 240 | | | | |

次に以下のように試料の入った 8 本の試験管を用意した。

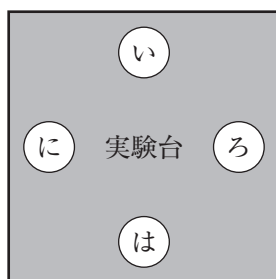
[試料]

- ・ 0.10 mg/mL の酵素 X 溶液が 10 mL 入った試験管（試験管 X）を 2 本
- ・ 0.50 mg/mL の触媒 Y 溶液が 10 mL 入った試験管（試験管 Y）を 2 本
- ・ 補酵素 A 濃度 0.06% の溶液が 10 mL 入った試験管（試験管 A）を 2 本
- ・ 基質 B 濃度 24% の溶液が 10 mL 入った試験管（試験管 B）を 2 本

さらに、図Ⅳ－3 のように座席①，②，③，④を配置した実験台を用意した。

まず、上記の 8 本の中から、座席①に試験管 X を 1 本、座席②に試験管 Y を 1 本、座席③に試験管 A を 1 本、座席④に試験管 B を 1 本置いて、それぞれ既知試料とした。

次に、残り 4 本（試験管 X，Y，A，B それぞれ 1 本ずつ）を誰がどの試験管を持っているか分からないように、太郎，花子，次郎，三郎にそれぞれ 1 本ずつ未知試料として配布した。その後、4 人には座席①，②，③，④に、自由に 1 人ずつ座ってもらった。各座席の「右隣」「左隣」は、その人が実験台に向かって座ったときの右手側，左手側に座る人を指す。



図Ⅳ－3

以下の実験を行い、気体 C の発生の有無を調べた。

[実験 1]

全員が、それぞれの自分の座席に置いてある既知試料と自分の持つ未知試料から 1 mL ずつ取り、混合したところ、次郎の混合液だけ気体 C が発生した。

[実験 2]

太郎の持っている未知試料 1 mL を、太郎の左隣に座っている人の未知試料 1 mL と混合したところ、気体 C が発生した。この結果から、太郎の持っている未知試料と太郎の左隣に座っている人の未知試料の組み合わせは、「(カ) と (キ)」または「(キ) と (カ)」であることがわかる。

[実験 3]

太郎の持っている未知試料 1 mL と、太郎の正面に座っている人の既知試料と未知試料からそれぞれ 1 mL とり、3 つを混合したところ、気体 C が発生した。

[実験 4]

花子の持っている未知試料 1 mL と、花子の左隣と右隣に座っている人の未知試料からそれぞれ 1 mL ずつもらい、3 つを混合したところ、気体 C が発生した。

[実験 5]

花子の持っている未知試料 1 mL と、花子の左隣と右隣に座っている人の未知試料からそれぞれ 1 mL ずつもらい、それぞれを別々に 100℃ で 5 分間熱した後、溶液が冷めるのを待って、3 つを混合したところ、気体 C は発生しなかった。

[実験 4] と [実験 5] の結果から、花子の正面に座っている人の未知試料は

45 であることがわかる。

[実験 1] ～ [実験 5] の結果から、以下のことがわかる。太郎の未知試料と太郎の右隣の人の未知試料を混合すると気体 C は発生 (ク)。花子と花子の右隣の人の未知試料を混合すると気体 C は発生 (ケ)。太郎が持っている未知試料は 46 である。ここで、(カ) と (キ) の正しい組み合わせは 47 , (ク) と (ケ) の正しい組み合わせは 48 である。

45 および 46 に対する解答群

- ① 酵素 X 溶液 ② 触媒 Y 溶液 ③ 補酵素 A 溶液 ④ 基質 B 溶液

47 に対する解答群

	(カ)	(キ)
①	補酵素 A 溶液	基質 B 溶液
②	補酵素 A 溶液	酵素 X 溶液
③	補酵素 A 溶液	触媒 Y 溶液
④	基質 B 溶液	酵素 X 溶液
⑤	基質 B 溶液	触媒 Y 溶液
⑥	酵素 X 溶液	触媒 Y 溶液

48 に対する解答群

	(ク)	(ケ)
①	する	する
②	する	しない
③	しない	する
④	しない	しない