

## 物 理

以下の 1 から 30 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1のように、なめらかな水平面上に互いに垂直な  $x, y$  軸をとる。質量  $m$  の小球 A が  $x$  軸上の  $x < 0$  の領域を原点 O に向かって運動量  $\vec{p}$  で運動し、原点 O に静止している質量  $M$  の小球 B と弾性衝突する状況を考える。図2のように、衝突後に、小球 A は運動量  $\vec{q}$  で  $y > 0$  の領域を、小球 B は運動量  $\vec{k}$  で  $y < 0$  の領域を運動する。 $\vec{q}$  と  $x$  軸のなす角を  $\phi$  [rad],  $\vec{k}$  と  $x$  軸のなす角を  $\theta$  [rad] とする。ここで、 $0 < \phi < \pi$ ,  $0 < \theta < \frac{\pi}{2}$  である。運動量  $\vec{p}$ ,  $\vec{q}$ ,  $\vec{k}$  の大きさをそれぞれ  $p$ ,  $q$ ,  $k$  とする。

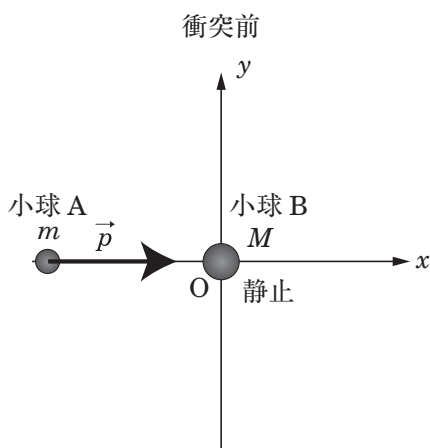


図 1

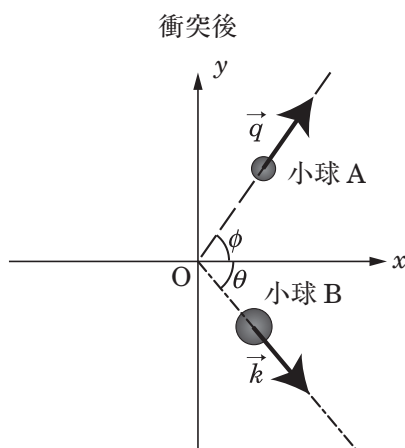


図 2

- (A) 弾性衝突であることから、

$$\frac{p^2}{2m} = \boxed{1} \quad (1)$$

という方程式が成り立つ。また、衝突の前後で A と B の運動量の和は保存している。これを使って、 $p$ ,  $q$ ,  $k$ ,  $\phi$  の関係を方程式で表すと

$$k^2 = \boxed{2} \quad (2)$$

である。一方,  $p, q, k, \theta$  の関係を方程式で表すと

$$q^2 = \boxed{3} \quad (3)$$

である。ここで必要であれば, 三角形の3辺の長さ  $a, b, c$  が満たす関係式  $c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos \gamma$  を用いてよい。 $\gamma$  は長さが  $a, b$  の辺がなす角を表す。

### 1 の解答群

- |                                      |                                      |                                      |
|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| ① $\frac{q^2}{2M} + \frac{k^2}{2m}$  | ② $\frac{Mq^2}{2} + \frac{mk^2}{2}$  | ③ $\frac{q^2}{2m} + \frac{k^2}{2M}$  |
| ④ $\frac{mq^2}{2} + \frac{Mk^2}{2}$  | ⑤ $\frac{q^2}{2M} - \frac{k^2}{2m}$  | ⑥ $\frac{Mq^2}{2} - \frac{mk^2}{2}$  |
| ⑦ $\frac{q^2}{2m} - \frac{k^2}{2M}$  | ⑧ $\frac{mq^2}{2} - \frac{Mk^2}{2}$  | ⑨ $-\frac{q^2}{2M} + \frac{k^2}{2m}$ |
| ⑩ $-\frac{Mq^2}{2} + \frac{mk^2}{2}$ | Ⓐ $-\frac{q^2}{2m} + \frac{k^2}{2M}$ | Ⓑ $-\frac{mq^2}{2} + \frac{Mk^2}{2}$ |

### 2 の解答群

- |                                     |                                     |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| ① $p^2 + q^2 + 2pq \tan \phi$       | ② $p^2 + q^2 - 2pq \tan \phi$       |
| ③ $p^2 - q^2 - 2p(p - q) \tan \phi$ | ④ $p^2 - q^2 + 2p(p - q) \tan \phi$ |
| ⑤ $p^2 + q^2 + 2pq \cos \phi$       | ⑥ $p^2 + q^2 - 2pq \cos \phi$       |
| ⑦ $p^2 - q^2 - 2p(p - q) \cos \phi$ | ⑧ $p^2 - q^2 + 2p(p - q) \cos \phi$ |

### 3 の解答群

- |                                       |                                       |
|---------------------------------------|---------------------------------------|
| ① $p^2 + k^2 + 2pk \tan \theta$       | ② $p^2 + k^2 - 2pk \tan \theta$       |
| ③ $p^2 - k^2 - 2p(p - k) \tan \theta$ | ④ $p^2 - k^2 + 2p(p - k) \tan \theta$ |
| ⑤ $p^2 + k^2 + 2pk \cos \theta$       | ⑥ $p^2 + k^2 - 2pk \cos \theta$       |
| ⑦ $p^2 - k^2 - 2p(p - k) \cos \theta$ | ⑧ $p^2 - k^2 + 2p(p - k) \cos \theta$ |

(B)  $m=M$  の場合を考える。式(1)と式(2)を連立させて解くことで、 $p$ と $\phi$ を用いて  $q$ を表すと

$$q=p\times \boxed{4} \tag{4}$$

である。式(1)と式(3)を連立させて解くことで、 $p$ と $\theta$ を用いて  $q$ を表すと

$$q=p\times \boxed{5} \tag{5}$$

である。式(4)と式(5)を連立させて解くことで、 $\phi$ と $\theta$ の関係式

$$\phi=\boxed{6}\times\theta+\boxed{7} \tag{6}$$

が導かれる。したがって、衝突後の小球AおよびBの軌道としておこりうるものを  $xy$ 平面に描くと、 $\boxed{8}$ のようになる。

$\boxed{4}$  の解答群

- |                        |                        |                        |
|------------------------|------------------------|------------------------|
| ① $\sin\frac{\phi}{2}$ | ② $\cos\frac{\phi}{2}$ | ③ $\tan\frac{\phi}{2}$ |
| ④ $\sin\phi$           | ⑤ $\cos\phi$           | ⑥ $\tan\phi$           |
| ⑦ $\sin(2\phi)$        | ⑧ $\cos(2\phi)$        | ⑨ $\tan(2\phi)$        |

$\boxed{5}$  の解答群

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

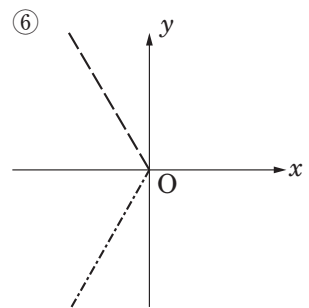
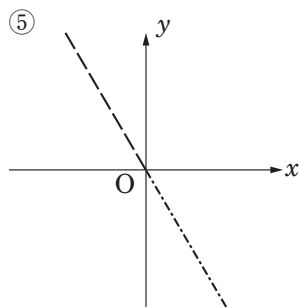
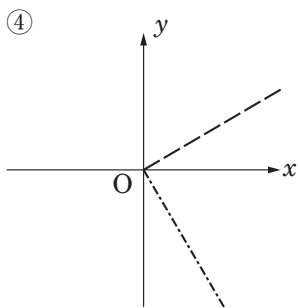
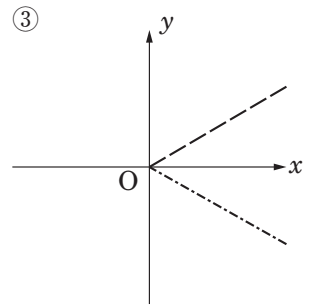
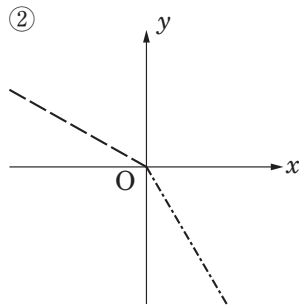
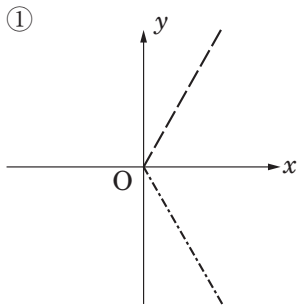
$\boxed{6}$  の解答群

- |                 |     |     |                  |      |      |
|-----------------|-----|-----|------------------|------|------|
| ① $\frac{1}{2}$ | ② 1 | ③ 2 | ④ $-\frac{1}{2}$ | ⑤ -1 | ⑥ -2 |
|-----------------|-----|-----|------------------|------|------|

$\boxed{7}$  の解答群

- |     |                   |                   |                    |         |
|-----|-------------------|-------------------|--------------------|---------|
| ① 0 | ② $\frac{\pi}{4}$ | ③ $\frac{\pi}{2}$ | ④ $\frac{3\pi}{4}$ | ⑤ $\pi$ |
|-----|-------------------|-------------------|--------------------|---------|

小球 A の軌道 -----  
 小球 B の軌道 - - - - -



(C)  $M$  が  $m$  と比べてはるかに大きい場合を考える。このとき、衝突の前後における運動量の大きさの変化分  $\Delta p = p - q$  は  $p$  に比べてはるかに小さくなると考えられる。実際、 $(\Delta p)^2$  と  $\frac{m}{M} \Delta p$  を無視するという前提のもとで、式(1)と式(2)から  $k$  を消去すると、

$$\frac{\Delta p}{p} = \frac{m}{M} \times \boxed{9} \quad (7)$$

と求まり、 $\Delta p$  は  $p$  に比べて十分小さい量であることがわかる。式(7)を導出するにあたって、必要であれば、

$$p^2 - q^2 = (p + q)(p - q) = (p + p - \Delta p)\Delta p \doteq 2p\Delta p$$

という近似式を用いてよい。

$\Delta p$  を無視する近似を用いると、式(2)から  $k$  を  $p$  と  $\phi$  を用いて

$$k = p \times \boxed{10} \quad (8)$$

と表せる。同様に、式(3)から、 $k$  を  $p$  と  $\theta$  を用いて

$$k = p \times \boxed{11} \quad (9)$$

とも表せる。式(8)と式(9)を連立させて解くことで、 $\phi$  と  $\theta$  の関係式

$$\phi = \boxed{12} \times \theta + \boxed{13} \quad (10)$$

が導かれる。必要であれば、 $\boxed{12}$  と  $\boxed{13}$  を求める際に

$$\sin^2 \frac{\alpha}{2} = \frac{1 - \cos \alpha}{2}, \quad \cos^2 \frac{\alpha}{2} = \frac{1 + \cos \alpha}{2}$$

という三角関数に関する公式を用いてよい。

$\boxed{9}$  ,  $\boxed{10}$  の解答群

- |                        |                             |                             |
|------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| ① $\cos \phi$          | ② $(1 + \cos \phi)$         | ③ $(1 - \cos \phi)$         |
| ④ $2 \cos \phi$        | ⑤ $2(1 + \cos \phi)$        | ⑥ $2(1 - \cos \phi)$        |
| ⑦ $\sqrt{\cos \phi}$   | ⑧ $\sqrt{1 + \cos \phi}$    | ⑨ $\sqrt{1 - \cos \phi}$    |
| ⑩ $\sqrt{2 \cos \phi}$ | Ⓐ $\sqrt{2(1 + \cos \phi)}$ | Ⓑ $\sqrt{2(1 - \cos \phi)}$ |

11 の解答群

- |                          |                               |                               |
|--------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| ① $\cos \theta$          | ② $(1 + \cos \theta)$         | ③ $(1 - \cos \theta)$         |
| ④ $2 \cos \theta$        | ⑤ $2(1 + \cos \theta)$        | ⑥ $2(1 - \cos \theta)$        |
| ⑦ $\sqrt{\cos \theta}$   | ⑧ $\sqrt{1 + \cos \theta}$    | ⑨ $\sqrt{1 - \cos \theta}$    |
| ⑩ $\sqrt{2 \cos \theta}$ | ㉑ $\sqrt{2(1 + \cos \theta)}$ | ㉒ $\sqrt{2(1 - \cos \theta)}$ |

12 の解答群

- |                 |     |     |                  |      |      |
|-----------------|-----|-----|------------------|------|------|
| ① $\frac{1}{2}$ | ② 1 | ③ 2 | ④ $-\frac{1}{2}$ | ⑤ -1 | ⑥ -2 |
|-----------------|-----|-----|------------------|------|------|

13 の解答群

- |     |                   |                   |                    |         |
|-----|-------------------|-------------------|--------------------|---------|
| ① 0 | ② $\frac{\pi}{4}$ | ③ $\frac{\pi}{2}$ | ④ $\frac{3\pi}{4}$ | ⑤ $\pi$ |
|-----|-------------------|-------------------|--------------------|---------|

Ⅱ 図1のように、水平に置かれたなめらかな板の上に  $x$  軸および  $y$  軸、鉛直上向きに  $z$  軸をとる。長さ  $r$  [m] の軽くて十分に丈夫な糸の一端を原点  $O$  に固定して、他端に電荷  $q$  [C] ( $q > 0$ ) を帯びた質量  $m$  [kg] の小球  $A$  を取り付けて板の上に置く。ただし、板と糸は絶縁体でできているとする。  $A$  を図1の矢印の向きに速さ  $v_0$  [m/s] で等速円運動をさせた後、磁束密度の大きさが  $z$  軸からの距離のみに依存する磁場を  $z$  軸の正の向きにかけて、その大きさをゆっくりと変化させたときの  $A$  の運動を考える。  $A$  の運動は  $xy$  平面内に限られるものとする。また、  $A$  の電気量は変化せず、  $A$  の運動にともなう電磁波の放射は無視できるものとする。

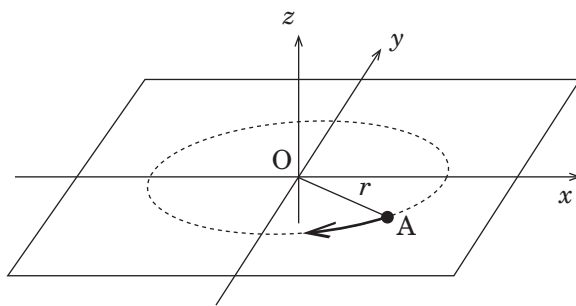


図1

- (1) 半径  $r$  [m] の軌道に沿った  $A$  の円運動を、円運動の軌跡に沿った1回巻きの円形コイルを流れる電流とみなす。ただし、この電流が作る磁場は無視できるものとする。  $z$  軸の正の向きにかけた磁場を変化させると、円形コイルを貫く磁束が変化してコイルには誘導起電力が生じる。今、ある時刻  $t$  [s] での円の内部の磁束密度の大きさの平均を  $\bar{B}(t)$  [T] として、微小時間  $\Delta t$  [s] の間にその大きさの平均を  $\Delta \bar{B}$  [T] ( $\Delta \bar{B} > 0$ ) だけ増加させた。この微小時間  $\Delta t$  の間に円形コイルを貫く磁束の変化  $\Delta \Phi$  [Wb] は、  $\Delta \Phi = \pi r^2 \Delta \bar{B}$  である。このことより、コイルに生じる誘導起電力の大きさ  $V$  [V] は、  $V = \boxed{14}$  である。また、コイルに生じる電場はコイルの接線方向を向き、その強さはコイル上どこでも同じであった。この電場の強さ  $E$  [V/m] は、  $E = \boxed{15}$  である。

図1のように、実際にコイルが存在せずに  $A$  を円運動させながら磁場の大きさを変化させた場合でも、上記と同様な誘導起電力および電場が生じて、  $A$  はこの電場に

よって加速される。微小時間  $\Delta t$  [s] の間に円軌道内の磁束密度の大きさの平均を  $\Delta \bar{B}$  [T] だけ増加させたときの A の速さの変化量を  $\Delta v$  [m/s] とすると、  
 $\Delta v = \boxed{16} \times \Delta \bar{B}$  である。

$\boxed{14}$  ,  $\boxed{15}$  の解答群

- |                                       |   |  |  |
|---------------------------------------|---|--|--|
| ① $\frac{r\Delta \bar{B}}{2}$         | ② $2\pi r\Delta \bar{B}$                  | ③ $\pi r^2\Delta \bar{B}$                  | ④ $\frac{r^2\Delta \bar{B}}{4\pi}$         |
| ⑤ $\frac{r\Delta \bar{B}}{2\Delta t}$ | ⑥ $\frac{2\pi r\Delta \bar{B}}{\Delta t}$ | ⑦ $\frac{\pi r^2\Delta \bar{B}}{\Delta t}$ | ⑧ $\frac{r^2\Delta \bar{B}}{4\pi\Delta t}$ |

$\boxed{16}$  の解答群

- |                    |                     |                        |                         |
|--------------------|---------------------|------------------------|-------------------------|
| ① $\frac{qr}{m}$   | ② $\frac{qr}{2m}$   | ③ $\frac{\pi qr}{m}$   | ④ $\frac{4\pi qr}{m}$   |
| ⑤ $\frac{qr^2}{m}$ | ⑥ $\frac{qr^2}{2m}$ | ⑦ $\frac{\pi qr^2}{m}$ | ⑧ $\frac{4\pi qr^2}{m}$ |



- (2) 図1において、円軌道内の磁束密度の大きさの平均  $\overline{B}(t)$  [T] を図2のように一定の割合  $b$  [T/s] で増加させた。このとき、半径  $r$  [m] の円軌道付近の領域 (円軌道上を含む) の磁束密度の大きさ  $B_r(t)$  [T] は  $B_r(t) = a\overline{B}(t)$  となるように変化したとする。ただし、 $a$ 、 $b$  は正の定数である。時刻  $t=0$  s での A の速さを  $v_0$  [m/s]、 $\overline{B}(0)=0$  とする。

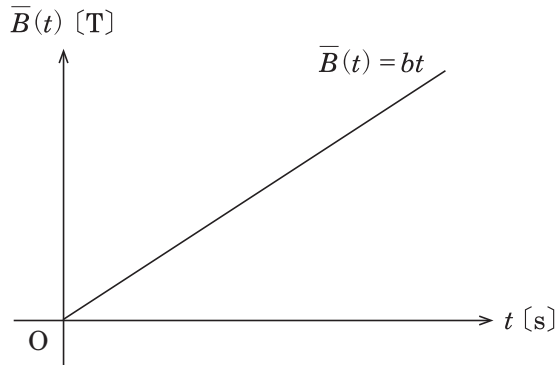


図2

A が半径  $r$  [m] の円軌道上を運動しているときの、時刻  $t$  [s] での A の速さを  $v(t)$  [m/s] とすると、 $v(t) = \boxed{17}$  である。また、A の速さが  $v$  [m/s]、円軌道上の磁束密度の大きさが  $B_r$  [T] であるときの糸の張力の大きさ  $T$  [N] は、 $T = \boxed{18}$  である。図2のように  $\overline{B}(t)$  を変化させたとき、 $a \leq \boxed{19}$  であれば、十分に時間がたった後でも糸がたるむことなく A は半径  $r$  [m] の円運動を続ける。このとき、A が円軌道を1周したときの運動エネルギーの増加量は  $\boxed{20}$  [J] である。また、 $a > \boxed{19}$  であれば、ある時刻  $t=t_1$  [s] を過ぎたときに糸がたるみ、A は半径  $r$  [m] の円軌道をそれる。時刻  $t=t_1$  [s] での円の内部の磁束密度の大きさの平均は、 $\overline{B}(t_1) = \boxed{21} \times \frac{mv_0}{qr}$  である。

17 の解答群

- ①  $v_0 - \frac{bqr}{2m}t$       ②  $v_0 - \frac{bqr}{m}t$       ③  $v_0 - \frac{\pi bqr}{m}t$       ④  $v_0 - \frac{2\pi bqr}{m}t$   
 ⑤  $v_0 + \frac{bqr}{2m}t$       ⑥  $v_0 + \frac{bqr}{m}t$       ⑦  $v_0 + \frac{\pi bqr}{m}t$       ⑧  $v_0 + \frac{2\pi bqr}{m}t$

18 の解答群

- ①  $mr v^2 + qvB_r$       ②  $-mr v^2 + qvB_r$       ③  $mr v^2 - qvB_r$   
 ④  $m \frac{v^2}{r} + qvB_r$       ⑤  $-m \frac{v^2}{r} + qvB_r$       ⑥  $m \frac{v^2}{r} - qvB_r$

19 の解答群

- ①  $\frac{1}{4}$       ②  $\frac{1}{2}$       ③  $\frac{3}{4}$       ④  $\frac{1}{3}$       ⑤  $\frac{2}{3}$       ⑥ 1      ⑦ 2      ⑧ 3

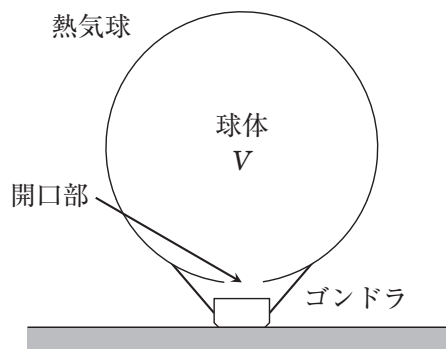
20 の解答群

- ①  $\frac{1}{2} bqr^2$       ②  $bqr^2$       ③  $\pi bqr^2$       ④  $2\pi bqr^2$   
 ⑤  $\pi^2 bqr^2$       ⑥  $4\pi^2 bqr^2$       ⑦  $\pi^2 bqr^3$       ⑧  $4\pi^2 bqr^3$

21 の解答群

- ①  $\frac{1}{a}$       ②  $\frac{2}{a}$       ③  $\frac{1}{a-1}$       ④  $\frac{2}{a-1}$   
 ⑤  $\frac{1}{a-2}$       ⑥  $\frac{2}{a-2}$       ⑦  $\frac{1}{2a-1}$       ⑧  $\frac{2}{2a-1}$

Ⅲ 図のように、地上に球体とゴンドラからなる熱気球が置かれ静止している。球体内には小さな温度調節器があり、球体内の空気の温度を調節することで浮上する事ができるようになっている。球体の体積を  $V$  [ $\text{m}^3$ ]、空気の質量を除いた熱気球の質量を  $M$  [ $\text{kg}$ ] とする。また、外気の温度を  $T_0$  [ $\text{K}$ ] とする。球体の開口部は常に開放されており、球体の内外で空気の圧力は等しいとする。球体は断熱性が高い素材で作られ、変形しないものとする。重力加速度の大きさは  $g$  [ $\text{m/s}^2$ ]、気体定数を  $R$  [ $\text{J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ ] とする。



- (1) 球体の中に理想気体とみなせる空気が入っている。その空気の圧力が  $P_0$  [ $\text{Pa}$ ]、温度が  $T_0$  [ $\text{K}$ ] であり、空気 1 mol あたりの質量を  $m$  [ $\text{kg/mol}$ ] とすると、空気の密度  $\rho_0$  [ $\text{kg/m}^3$ ] は、 $\rho_0 = \boxed{22}$  である。

球体の内部の空気の温度が  $T_0$  のまま、その空気の圧力が  $P_1$  [ $\text{Pa}$ ] であったとき、球体内の空気の密度  $\rho_1$  [ $\text{kg/m}^3$ ] は、 $\rho_1 = \boxed{23} \times \rho_0$  と表せる。

22 の解答群

- |                    |                    |                      |                       |
|--------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|
| ① $mP_0$           | ② $\frac{mP_0}{R}$ | ③ $\frac{mP_0}{T_0}$ | ④ $\frac{mP_0}{RT_0}$ |
| ⑤ $\frac{1}{mP_0}$ | ⑥ $\frac{R}{mP_0}$ | ⑦ $\frac{T_0}{mP_0}$ | ⑧ $\frac{RT_0}{mP_0}$ |

23 の解答群

- |                 |                     |                            |                                |                                |
|-----------------|---------------------|----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| ① 1             | ② $\frac{P_0}{P_1}$ | ③ $\sqrt{\frac{P_0}{P_1}}$ | ④ $\sqrt{\frac{P_0+P_1}{P_0}}$ | ⑤ $\sqrt{\frac{P_0}{P_0+P_1}}$ |
| ⑥ $\frac{1}{2}$ | ⑦ $\frac{P_1}{P_0}$ | ⑧ $\sqrt{\frac{P_1}{P_0}}$ | ⑨ $\sqrt{\frac{P_0+P_1}{P_1}}$ | ⑩ $\sqrt{\frac{P_1}{P_0+P_1}}$ |

$T_0 = 3.0 \times 10^2 \text{ K}$ ,  $\rho_0 = 1.2 \text{ kg/m}^3$ ,  $V = 1.0 \times 10^3 \text{ m}^3$ ,  $M = 3.0 \times 10^2 \text{ kg}$  であったとき、熱気球が浮きはじめる温度  $T_f$  は 30 K である。

$$\begin{array}{ccccc} \textcircled{1} & 1 & \textcircled{2} & \frac{T_0}{T_2} & \textcircled{3} & \sqrt{\frac{T_0}{T_2}} & \textcircled{4} & \sqrt{\frac{T_0+T_2}{T_0}} & \textcircled{5} & \sqrt{\frac{T_0}{T_0+T_2}} \\ \textcircled{6} & \frac{1}{2} & \textcircled{7} & \frac{T_2}{T_0} & \textcircled{8} & \sqrt{\frac{T_2}{T_0}} & \textcircled{9} & \sqrt{\frac{T_0+T_2}{T_2}} & \textcircled{0} & \sqrt{\frac{T_2}{T_0+T_2}} \end{array}$$

① $\rho_0 V$	② $\rho_0 Vg$	③ $(\rho_0 - \rho_2)V$	④ $(\rho_0 - \rho_2)Vg$
⑤ $\rho_2 V$	⑥ $\rho_2 Vg$	⑦ $(\rho_2 - \rho_0)V$	⑧ $(\rho_2 - \rho_0)Vg$

$$\begin{array}{llll} \textcircled{1} & \frac{\rho_0 V}{\rho_0 V - M} & \textcircled{2} & \frac{\rho_0 T_0 V}{\rho_0 V - M} & \textcircled{3} & \frac{\rho_2 T_0 V}{\rho_0 V - M} & \textcircled{4} & \frac{\rho_2 T_0 V}{\rho_2 V - M} \\ \textcircled{5} & \frac{\rho_0 V}{\rho_0 V + M} & \textcircled{6} & \frac{\rho_0 T_0 V}{\rho_0 V + M} & \textcircled{7} & \frac{\rho_2 T_0 V}{\rho_0 V + M} & \textcircled{8} & \frac{\rho_2 T_0 V}{\rho_2 V + M} \end{array}$$

① 高くなる                      ② 変わらない                      ③ 低くなる

30 の解答群

①  $3.0 \times 10$

②  $4.0 \times 10$

③  $5.0 \times 10$

④  $3.0 \times 10^2$

⑤  $4.0 \times 10^2$

⑥  $5.0 \times 10^2$

⑦  $3.0 \times 10^3$

⑧  $4.0 \times 10^3$

⑨  $5.0 \times 10^3$

# 化 学

( 解答番号  ～  )

I 次の文章 1) ～ 3) の空欄  ～  にあてはまる最も適切なものを、それぞれの解答群から選び、解答欄にマークせよ。ただし、同じものを何度選んでもよい。なお、気体定数は  $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{mol} \cdot \text{K})$  とし、気体はすべて理想気体とする。

1) ドライアイスは、二酸化炭素の分子が弱い  で引きあって規則正しく配列した  結晶である。また、常温・常圧で  結晶の  もある。  
ダイヤモンドは、炭素原子がもつ 4 個の  を使って、次々にほかの炭素原子と  結合してできた結晶である。また、 も  結合の結晶である。

2) 亜鉛は、酸の水溶液にも強塩基の水溶液にも  を発生して溶ける。また、亜鉛イオンを含む水溶液にアンモニア水を加えると  色の沈殿が生じる。さらに、アンモニア水を過剰に加えると  色の溶液になる。このとき生じる錯イオンは亜鉛イオンを中心とした  形構造になっている。

3) 窒素 1.0 mol と水素 3.0 mol を容積が変化しない 3.0 L の容器に入れ、207℃で反応させた。この反応は以下の式(1)で表される可逆反応である。



この化学平衡の平衡定数  $K$  は各物質のモル濃度を使って次のように表される。

$$K = \frac{\boxed{11}}{\boxed{12}}$$

この可逆反応が平衡状態に達して、混合気体中のアンモニアの割合が体積百分率で 60% になったとき、アンモニアのモル濃度は 13 mol/L と算出される。また、この平衡状態での容器内の全圧は 14  $\times 10^6$  Pa となる。

1 に対する解答群

- ① 電子親和力      ② クーロン力      ③ 反発力      ④ 分子間力

## 2 に対する解答群

- ① イオン                      ② 分 子                      ③ 金 属  
④ 共有結合                  ⑤ 無定形

3	および	6	に対する解答群
---	-----	---	---------

- ① アルミニウム                      ② 水 素                      ③ 塩化ナトリウム  
④ ヨウ素                      ⑤ 二酸化ケイ素                      ⑥ タングステン

#### 4 に対する解答群

- ① 自由電子      ② 価電子      ③ 共有電子対      ④ 非共有電子対

## 5 に対する解答群

- ① イオン                  ② 水 素                  ③ 金 属  
④ 共 有                  ⑤ 配 位

## 7 に対する解答群

- ① 酸 素                      ② 水 素                      ③ 窒 素
- ④ 塩 素                      ⑤ 硫化水素                      ⑥ 二酸化炭素



**8** および **9** に対する解答群

- |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|
| ① 白   | ② 黒   | ③ 淡 緑 | ④ 黄 褐 |
| ⑤ 青 白 | ⑥ 緑 白 | ⑦ 赤 褐 | ⑧ 無   |

**10** に対する解答群

- |        |       |        |
|--------|-------|--------|
| ① 正八面体 | ② 正 方 | ③ 正四面体 |
| ④ 折れ線  | ⑤ 正六角 | ⑥ 直 線  |

**11** および **12** に対する解答群

- |                                 |                                 |                                 |
|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| ① $[\text{NH}_3]$               | ② $[\text{N}_2]$                | ③ $[\text{H}_2]$                |
| ④ $[\text{NH}_3]^2$             | ⑤ $[\text{N}_2]^2$              | ⑥ $[\text{H}_2]^2$              |
| ⑦ $[\text{NH}_3]^3$             | ⑧ $[\text{N}_2]^3$              | ⑨ $[\text{H}_2]^3$              |
| ⑩ $[\text{N}_2]^3[\text{H}_2]$  | a $[\text{N}_2][\text{H}_2]^3$  | b $[\text{NH}_3]^3[\text{H}_2]$ |
| c $[\text{NH}_3][\text{H}_2]^3$ | d $[\text{NH}_3]^3[\text{N}_2]$ | e $[\text{NH}_3][\text{N}_2]^3$ |

**13** に対する解答群

- |         |         |         |        |        |
|---------|---------|---------|--------|--------|
| ① 0.050 | ② 0.060 | ③ 0.075 | ④ 0.50 | ⑤ 0.60 |
| ⑥ 0.75  | ⑦ 1.5   | ⑧ 5.0   | ⑨ 6.0  | ⑩ 7.5  |

**14** に対する解答群

- |       |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| ① 1.4 | ② 2.0 | ③ 3.3 | ④ 4.7 | ⑤ 5.8 |
| ⑥ 6.7 | ⑦ 7.4 | ⑧ 8.3 | ⑨ 9.2 |       |

(第Ⅱ問は次ページから始まる)

Ⅱ  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  の 6 種類の金属イオンを含む水溶液がある。

この溶液を用いて次の操作を行なった。次の文章中の空欄 15 ～ 20 および問 1 ～ 5 の空欄 21 ～ 29 にあてはまる最も適切なものを、それぞれの解答群から選び、解答欄にマークせよ。ただし、同じものを何度選んでもよい。なお、原子量は  $\text{H}=1.00$ ,  $\text{Cl}=35.5$  とする。

操作 1 : 溶液に<sub>(i)</sub>希塩酸を加えて生成した白色の沈殿 A を 15 により分離した。  
沈殿 A にアンモニア水を加えると、沈殿 A は溶解して 16 色の溶液になった。

操作 2 : 沈殿 A を分離して得た溶液に、<sub>(ii)</sub>硫化水素を通じると黒色の沈殿 B が生じた。  
15 により分離した沈殿 B に希硝酸を加えて加熱した溶液に、アンモニア水を加えると 17 色の沈殿が生じ、さらにアンモニア水を加えていくと 18 色の溶液になった。

操作 3 : 沈殿 B を分離して得た溶液を煮沸して硫化水素を除き、<sub>(iii)</sub>希硝酸を加えて加熱した。さらに、この溶液にアンモニア水を過剰に加えると、赤褐色の沈殿 C が生じた。

操作 4 : 沈殿 C を分離して得た溶液に、硫化水素を通じると白色の沈殿 D が生じた。

操作 5 : 沈殿 D を分離して得た溶液に、炭酸アンモニウム水溶液を加えると 19 色の沈殿 E が生じた。また、沈殿 E を分離して得た溶液には<sub>(iv)</sub>金属イオン 20 が含まれていた。

問 1 上記の操作 1 ～ 5 により得られた沈殿 A ～ E に含まれる金属イオンは、沈殿 A : 21 , 沈殿 B : 22 , 沈殿 C : 23 , 沈殿 D : 24 , 沈殿 E : 25 であった。

問 2 下線部 (i) の希塩酸には、濃塩酸 (密度  $1.20 \text{ g/cm}^3$ , モル濃度  $12.0 \text{ mol/L}$ ) 26 mL を水で希釈して正確に  $100 \text{ mL}$  とした質量パーセント濃度  $10\%$  の塩酸 (密度  $1.05 \text{ g/cm}^3$ ) を使用した。

問 3 下線部 (ii) の硫化水素には、27 に希硫酸を加えて発生させたものを使用した。

問 4 下線部 (iii) において、希硝酸は 28 としてはたらく。

問 5 下線部 (iv) の金属イオンは炎色反応で 29 色を呈した。

15 に対する解答群

- |       |       |             |
|-------|-------|-------------|
| ① 再結晶 | ② 昇 華 | ③ クロマトグラフィー |
| ④ 蒸 留 | ⑤ 抽 出 | ⑥ ろ 過       |

16 ~ 19 に対する解答群

- |       |     |     |     |       |
|-------|-----|-----|-----|-------|
| ① 赤   | ② 橙 | ③ 黄 | ④ 緑 | ⑤ 青 白 |
| ⑥ 深 青 | ⑦ 紫 | ⑧ 白 | ⑨ 無 |       |

20 ~ 25 に対する解答群

- |                 |                    |                    |                    |                |                    |
|-----------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|--------------------|
| ① $\text{Ag}^+$ | ② $\text{Ba}^{2+}$ | ③ $\text{Cu}^{2+}$ | ④ $\text{Fe}^{3+}$ | ⑤ $\text{K}^+$ | ⑥ $\text{Zn}^{2+}$ |
|-----------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|--------------------|

26 に対する解答群

- |        |        |        |        |        |
|--------|--------|--------|--------|--------|
| ① 7.26 | ② 8.80 | ③ 12.0 | ④ 14.4 | ⑤ 22.8 |
| ⑥ 24.0 | ⑦ 27.4 | ⑧ 28.8 | ⑨ 43.8 | ⑩ 69.4 |

27 に対する解答群

- |                    |                            |                   |                   |
|--------------------|----------------------------|-------------------|-------------------|
| ① $\text{NaHSO}_3$ | ② $\text{Na}_2\text{SO}_4$ | ③ $\text{FeSO}_4$ | ④ $\text{FeSO}_3$ |
| ⑤ $\text{FeS}$     | ⑥ $\text{H}_2\text{SO}_3$  | ⑦ S               |                   |

28 に対する解答群

- ① 酸化剤                      ② 還元剤                      ③ 酸                      ④ 塩 基

29 に対する解答群

- ① 赤                      ② 橙                      ③ 黄                      ④ 青  
⑤ 黄 緑                      ⑥ 青 緑                      ⑦ 赤 紫

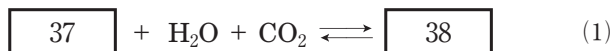
(第Ⅲ問は次ページから始まる)

Ⅲ カルシウムの単体と化合物に関する次の文章中の空欄 [ 30 ] ～ [ 38 ] および問 1 および問 2 の空欄 [ 39 ] ～ [ 41 ] にあてはまる最も適切なものを、それぞれの解答群から選び、解答欄にマークせよ。ただし、同じものを何度選んでもよい。なお、原子量は  $H=1.00$ ,  $C=12.0$ ,  $O=16.0$ ,  $Ca=40.0$  とする。

カルシウムは周期表の [ 30 ] 族に属する。 [ 30 ] 族の元素は [ 31 ] とよばれており、カルシウムのほかに [ 32 ] がある。また、 [ 31 ] の原子は陽イオンになりやすく、例えば、カルシウムイオンは [ 33 ] と同じ電子配置をもつ。カルシウムは天然には単体として存在せず、(A) 工業的に塩化カルシウムを熔融塩電解することによって製造される。

石灰石を熱分解することで得られる [ 34 ] は、水と反応すると多量の熱を発生することから、お弁当の加熱剤として利用されている。(B) この反応の生成物は [ 35 ] で、反応エンタルピーは  $\Delta H = -63 \text{ kJ/mol}$  である。 [ 35 ] は [ 36 ] とよばれ、しっくい、の原料や酸性土壌・河川の中和剤としても利用されている。

鍾乳洞では、二酸化炭素を含んだ水が石灰岩を溶かす反応と石灰岩を溶かした地下水から二酸化炭素が放出されることにより鍾乳石などが形成される反応が起こっている。この一連の反応を化学式で示すと次の式(1)のようになる。つまり、この反応は可逆であることを示しており、 [ 37 ] から [ 38 ] への化学変化の際、二酸化炭素を多くすると [ 38 ] の生成が促進される。この現象を利用した二酸化炭素の削減が計画されている。



問 1 下線部 (A) において、陽極および陰極での変化は次のように表される。

陽極： [ 39 ]

陰極： [ 40 ]

問2 下線部 (B) の反応を利用して、比熱  $0.50 \text{ J/(g}\cdot\text{K)}$  の食品  $90 \text{ g}$  を  $25^\circ\text{C}$  から  $65^\circ\text{C}$  に温めるのに必要な 34 の量は 41  $\text{g}$  である。ただし、発生した熱はすべて温度変化に使われるものとし、食品中の水分は反応には使用されないものとする。

30 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 | ⑪ 11 | ⑫ 12 |
| ⑬ 13 | ⑭ 14 | ⑮ 15 | ⑯ 16 | ⑰ 17 | ⑱ 18 |

31 に対する解答群

- |          |             |
|----------|-------------|
| ① アルカリ金属 | ② アルカリ土類金属  |
| ③ ハロゲン   | ④ 貴ガス (希ガス) |

32 および 33 に対する解答群

- |          |         |           |
|----------|---------|-----------|
| ① リチウム   | ② ナトリウム | ③ カリウム    |
| ④ アルミニウム | ⑤ セシウム  | ⑥ ストロンチウム |
| ⑦ ホウ素    | ⑧ ルビジウム | ⑨ アルゴン    |
| ⑩ ネオン    |         |           |

34 , 35 , 37 および 38 に対する解答群

- |                   |                     |                        |
|-------------------|---------------------|------------------------|
| ① $\text{CaO}$    | ② $\text{Ca(OH)}_2$ | ③ $\text{CaSO}_4$      |
| ④ $\text{CaCl}_2$ | ⑤ $\text{CaCO}_3$   | ⑥ $\text{Ca(HCO}_3)_2$ |

36 に対する解答群

- |       |       |       |         |
|-------|-------|-------|---------|
| ① 消石灰 | ② 生石灰 | ③ 石灰水 | ④ ソーダ石灰 |
|-------|-------|-------|---------|



39 および 40 に対する解答群

- |  |   |
|--|---|
| ① $\text{C} + \text{O}^{2-} \longrightarrow \text{CO} + 2\text{e}^-$ | ② $\text{C} + 2\text{O}^{2-} \longrightarrow \text{CO}_2 + 4\text{e}^-$ |
| ③ $\text{Ca} \longrightarrow \text{Ca}^+ + \text{e}^-$               | ④ $\text{Ca} \longrightarrow \text{Ca}^{2+} + 2\text{e}^-$              |
| ⑤ $\text{Ca}^{2+} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Ca}$           | ⑥ $\text{Ca}^+ + \text{e}^- \longrightarrow \text{Ca}$                  |
| ⑦ $\text{Cl}^- \longrightarrow \text{Cl} + \text{e}^-$               | ⑧ $2\text{Cl}^- \longrightarrow \text{Cl}_2 + 2\text{e}^-$              |

41 に対する解答群

- |        |        |        |        |        |
|--------|--------|--------|--------|--------|
| ① 0.11 | ② 0.16 | ③ 0.32 | ④ 0.39 | ⑤ 0.46 |
| ⑥ 1.1  | ⑦ 1.6  | ⑧ 3.2  | ⑨ 3.9  | ⑩ 4.6  |

(第Ⅳ問は次ページから始まる)

Ⅳ 糖類に関する次の文章中の空欄 42 ～ 52 にあてはまる最も適切なものを、それぞれの解答群から選び、解答欄にマークせよ。ただし、同じものを何度選んでもよい。なお、原子量は  $H=1.00$ ,  $C=12.0$ ,  $O=16.0$  とする。

デンプンやセルロースなどの多糖は、多数の単糖が 42 反応により連結した構造をもつ高分子化合物である。

デンプンは植物の果実、種子、茎、根に蓄えられている。デンプンには、 $\alpha$ -グルコースが  $\alpha$ -1,4-グリコシド結合で連なった直鎖状分子の 43 と、 $\alpha$ -1,4-グリコシド結合のほかに  $\alpha$ -1,6-グリコシド結合によって枝分かれした分子構造をもつ 44 がある。また、デンプンは 45 という酵素により加水分解され、デキストリンを経て 46 を生じる。さらに、46 は別の酵素によりグルコースに分解される。グルコースは、デンプンに 47 を加えて加熱することによっても得られる。グルコースや 46 の 48 構造がホルミル基に変化できるため、グルコースや 46 の水溶液は還元作用を示す。この作用は 49 反応を用いると確認できる。一方、スクロース  $C_{12}H_{22}O_{11}$  はインベルターゼという酵素により加水分解され、グルコースとフルクトースの等量混合物が生成する。この反応は 50 とよばれる。続いて、この単糖類を酵母によりアルコール発酵させるとエタノールと二酸化炭素が生成する。したがって、スクロース 85.5 g を加水分解して得た単糖類をアルコール発酵させるとき、すべての反応が完全に進行すれば 51 g のエタノールが生成する。

セルロース  $[C_6H_7O_2(OH)_3]_n$  は、植物の細胞壁の成分として広く存在し、衣類や紙類の原料として大量に用いられている。セルロースに無水酢酸、酢酸、濃硫酸の混合物を十分に反応させるとヒドロキシ基がアセチル化され、トリアセチルセルロースが得られる。トリアセチルセルロースを 14.4 g 得るためには、セルロースが少なくとも 52 g 必要である。

42 に対する解答群

- |        |        |        |        |
|--------|--------|--------|--------|
| ① 加水分解 | ② 付加縮合 | ③ 付加重合 | ④ 縮合重合 |
| ⑤ 脱離   | ⑥ 置換   | ⑦ 酸化   | ⑧ 還元   |

43 および 44 に対する解答群

- |           |           |          |
|-----------|-----------|----------|
| ① ケラチン    | ② アミロイド   | ③ アミロース  |
| ④ コラーゲン   | ⑤ アミロペクチン | ⑥ グリコーゲン |
| ⑦ セロビオース  | ⑧ ラクトース   | ⑨ トレハロース |
| ⑩ アスパルテーム |           |          |

45 に対する解答群

- |            |         |          |
|------------|---------|----------|
| ① ペプシン     | ② リパーゼ  | ③ カタラーゼ  |
| ④ セルラーゼ    | ⑤ ラクターゼ | ⑥ アミラーゼ  |
| ⑦ セロビアーゼ   | ⑧ ウレアーゼ | ⑨ オキシダーゼ |
| ⑩ DNA リガーゼ |         |          |

46 に対する解答群

- |          |          |            |
|----------|----------|------------|
| ① フルクトース | ② マルトース  | ③ ガラクトース   |
| ④ スクロース  | ⑤ リボース   | ⑥ グルテニン    |
| ⑦ カゼイン   | ⑧ ソルビトール | ⑨ ニトロセルロース |

47 に対する解答群

- |              |          |               |
|--------------|----------|---------------|
| ① 水 素        | ② 希硫酸    | ③ 水酸化ナトリウム水溶液 |
| ④ 塩化ナトリウム水溶液 | ⑤ アンモニア水 |               |

48 に対する解答群

- |           |          |         |
|-----------|----------|---------|
| ① エステル    | ② ケトン    | ③ アルデヒド |
| ④ ヘミアセタール | ⑤ アルコール  | ⑥ カルボン酸 |
| ⑦ エーテル    | ⑧ ジスルフィド |         |

49 に対する解答群

- ① さらし粉水溶液を加えると，赤紫色を呈する
- ② 塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えると，青紫～赤紫色を呈する
- ③ アンモニア性硝酸銀水溶液を加えて加熱すると，銀が析出する
- ④ 水酸化ナトリウムの固体と加熱したのち酢酸鉛(Ⅱ)水溶液を加えると，黒色沈殿が生じる
- ⑤ 塩基性の水溶液中でヨウ素と反応させると，特異臭をもつ黄色沈殿が生じる

50 に対する解答群

- ① 転 化                      ② イオン交換                      ③ 糖 化
- ④ 変 性                      ⑤ 生分解                      ⑥ 軟 化

51 に対する解答群

- ① 1.15              ② 2.30              ③ 4.60              ④ 9.20              ⑤ 11.5
- ⑥ 23.0              ⑦ 46.0              ⑧ 92.0              ⑨ 115              ⑩ 230
- ① a 460              ② b 920

52 に対する解答群

- ① 0.405              ② 0.810              ③ 1.62              ④ 4.05              ⑤ 8.10
- ⑥ 16.2              ⑦ 40.5              ⑧ 81.0              ⑨ 162

# 生 物

( 解答番号  ～  )

I 代謝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) 真核生物では、グルコースが解糖系を経てピルビン酸になり、クエン酸回路に入り、種々の有機酸へと変換される。NADH と  は、ミトコンドリアの(ア)に存在する電子伝達系に電子を渡し酸化される。電子伝達系で電子が受け渡されるのと同時に、 がミトコンドリアの(イ)から(ウ)に輸送される。この輸送によって生じた  の濃度勾配に従い、 が  を通って(ウ)から(イ)に戻るとき、アデノシン三リン酸が合成される。これら一連の反応は  とよばれる。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

- |                    |         |                     |
|--------------------|---------|---------------------|
| ① NAD <sup>+</sup> | ② AMP   | ③ FADH <sub>2</sub> |
| ④ FAD              | ⑤ NADPH | ⑥ NADP <sup>+</sup> |

に対する解答群

- ① OH<sup>-</sup>    ② H<sup>+</sup>    ③ Cl<sup>-</sup>    ④ Na<sup>+</sup>    ⑤ K<sup>+</sup>    ⑥ Mg<sup>2+</sup>

に対する解答群

- |            |                      |
|------------|----------------------|
| ① シャペロン    | ② 光化学系 I             |
| ③ アクアポリン   | ④ ナトリウム-カリウム ATP アーゼ |
| ⑤ ATP 合成酵素 | ⑥ グルコース輸送体           |

4 に対する解答群

- ① 脱アミノ化                      ② 酸化のリン酸化                      ③  $\beta$  酸化  
④ オルニチン回路                      ⑤ 窒素同化

5 に対する解答群

	(ア)	(イ)	(ウ)
①	外 膜	サイトゾル	膜間腔
②	外 膜	サイトゾル	マトリックス
③	外 膜	膜間腔	サイトゾル
④	外 膜	膜間腔	マトリックス
⑤	外 膜	マトリックス	サイトゾル
⑥	外 膜	マトリックス	膜間腔
⑦	内 膜	サイトゾル	膜間腔
⑧	内 膜	サイトゾル	マトリックス
⑨	内 膜	膜間腔	サイトゾル
⑩	内 膜	膜間腔	マトリックス
a	内 膜	マトリックス	サイトゾル
b	内 膜	マトリックス	膜間腔

図 I はピルビン酸の分解およびクエン酸回路を示している。図 I 中の (エ) ～ (カ) に入る化合物の正しい組み合わせは 6 である。

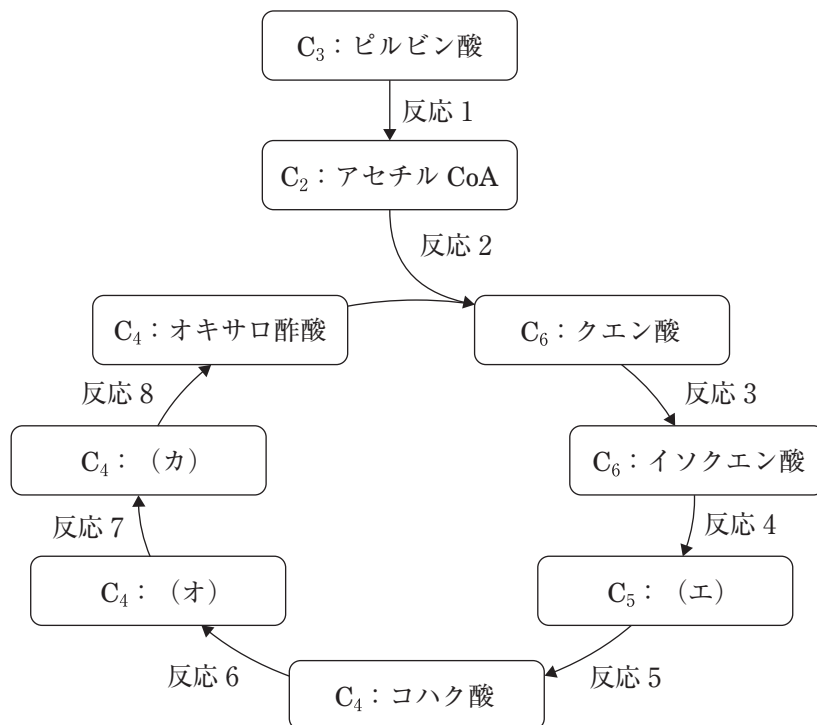


図 I

6 に対する解答群

	(エ)	(オ)	(カ)
①	フマル酸	$\alpha$ -ケトグルタル酸	リンゴ酸
②	フマル酸	リンゴ酸	$\alpha$ -ケトグルタル酸
③	$\alpha$ -ケトグルタル酸	フマル酸	リンゴ酸
④	$\alpha$ -ケトグルタル酸	リンゴ酸	フマル酸
⑤	リンゴ酸	フマル酸	$\alpha$ -ケトグルタル酸
⑥	リンゴ酸	$\alpha$ -ケトグルタル酸	フマル酸



図 I において、NADH と二酸化炭素が生じる。図 I 中の反応 1 ～反応 8 のうち、NADH を生じる反応は、全部で  ケ所であり、また、二酸化炭素が生じる反応は、全部で  ケ所である。

および  に対する解答群

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

2) 微生物が嫌氣的に有機物を分解し、その過程で ATP を合成する反応を発酵という。

嫌氣的条件において、酵母は解糖系で生じたピルビン酸から脱炭酸酵素によって、(キ)を生成する。さらに、(キ)は NADH によって還元され、最終的にエタノールとなる。このような発酵をアルコール発酵という。アルコール発酵で生じたエタノールと(ク)は細胞外に排出される。乳酸発酵を行う乳酸菌は、嫌氣的条件において、グルコースを乳酸に分解して ATP を生成する。このとき、グルコース 1 分子あたり(ケ)分子の ATP が使われ、(コ)分子の ATP が新たに作られるため、差し引き(サ)分子の ATP が得られる。また、グルコース 1 分子から(シ)分子のピルビン酸が合成され、最終的にピルビン酸は乳酸へと変換される。ここで、(キ)と(ク)の正しい組み合わせは 

9
---

 であり、(ケ)～(シ)の正しい組み合わせは 

10
----

 である。

9

 に対する解答群

	(キ)	(ク)
①	酢 酸	二酸化炭素
②	酢 酸	尿 素
③	酢 酸	アセトン
④	アセトアルデヒド	二酸化炭素
⑤	アセトアルデヒド	尿 素
⑥	アセトアルデヒド	アセトン
⑦	尿 酸	二酸化炭素
⑧	尿 酸	尿 素
⑨	尿 酸	アセトン

10

に対する解答群

	(ケ)	(コ)	(サ)	(シ)
①	1	2	1	1
②	1	2	1	2
③	1	3	2	1
④	1	3	2	2
⑤	2	3	1	1
⑥	2	3	1	2
⑦	2	4	2	1
⑧	2	4	2	2
⑨	3	4	1	1
⑩	3	4	1	2
㉐	3	5	2	1
㉑	3	5	2	2
㉒	4	5	1	1
㉓	4	5	1	2
㉔	4	6	2	1
㉕	4	6	2	2

3) 真核生物が現れる前の地球上には、酸素を使わずに有機物を分解する原核生物や、酸素を使って有機物を分解する原核生物、(ス)を行う原核生物などが存在したと考えられている。原始的な真核生物の誕生の過程として、(セ)が別の単細胞生物に取り込まれて共生することでミトコンドリアになったと考えられている。また、(ス)を行うことができる(ソ)は、別の単細胞生物に取り込まれて、葉緑体となったと考えられている。この考えは、

11
----

 説として知られている。ここで、(ス)～(ソ)の正しい組み合わせは 

12
----

 である。

11
----

 に対する解答群

- |       |        |          |
|-------|--------|----------|
| ① 適 応 | ② 共同繁殖 | ③ 細胞内共生  |
| ④ 中 立 | ⑤ 同 化  | ⑥ 種間相互作用 |

12
----

 に対する解答群

	(ス)	(セ)	(ソ)
①	硝 化	好気性細菌	硝酸菌
②	硝 化	嫌気性細菌	硝酸菌
③	窒素固定	好気性細菌	根粒菌
④	窒素固定	嫌気性細菌	根粒菌
⑤	窒素固定	好気性細菌	アゾトバクター
⑥	窒素固定	嫌気性細菌	アゾトバクター
⑦	光合成	好気性細菌	緑色硫黄細菌
⑧	光合成	嫌気性細菌	緑色硫黄細菌
⑨	光合成	好気性細菌	シアノバクテリア
⑩	光合成	嫌気性細菌	シアノバクテリア
①a	化学合成	好気性細菌	化学合成菌
①b	化学合成	嫌気性細菌	化学合成菌

Ⅱ バイオテクノロジーに関する以下の文章中の 13 ～ 25 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 18 に同じものを繰り返し選んでもよい。

1) 生物の遺伝情報は、核酸を分離する方法、DNA の一部を増幅する方法、発現する遺伝子の種類と量を解析する方法などで調べることができる。

13 は、アガロースでできたゲル中で核酸の断片を分離する方法である。この方法では、2本の電極の間を(ア)で満たし、その中にゲルを置く。続けて、核酸を含む試料をゲルのくぼみに注入し、電圧をかけると、核酸を構成する 14 部位が電荷をもつため、核酸は(イ)極の方向に向かって移動する。このとき、(ウ)核酸断片ほどゆっくりと移動する。

PCR法では、増幅したい領域を含む鋳型DNA、DNAポリメラーゼ、4種類のヌクレオチド、および2種類のプライマーを含んだ混合液の中で、DNA鎖の一部を増幅する。プライマーは、増幅したい領域のDNA鎖の、(エ)末端側の塩基配列に相補的な(オ)本鎖DNAである。この混合液を i) 約95℃に加熱したのち、ii) 50～60℃に下げ、さらに iii) 約72℃に加熱するというサイクルを複数回繰り返すと、4種類のヌクレオチドを材料にして増幅された(カ)本鎖DNAが得られる。

15 は、細胞や組織に発現する遺伝子の発現量と種類を解析する方法である。この方法では、細胞や組織から(キ)を抽出し、(ク)を用いて、(キ)に相補的な塩基配列をもつ(ケ)を合成する。15 では、合成されたすべての(ケ)の塩基配列を高速シーケンサーによって読み取る。

ここで、(ア)～(ウ)の正しい組み合わせは 16 であり、(エ)～(カ)の正しい組み合わせは 17 であり、(キ)～(ケ)の正しい組み合わせは 18 である。

13 および 15 に対する解答群

- ① DNA マイクロアレイ解析                      ② アグロバクテリウム法
- ③ 電気泳動法                                      ④ RNA シーケンシング解析
- ⑤ パーティクルガン法                          ⑥ クローニング
- ⑦ ゲノム編集                                      ⑧ メタゲノム解析

14 に対する解答群

- ① デオキシリボース                      ② リボース                      ③ リン酸
- ④ アデニン                                  ⑤ グアニン                      ⑥ チミン
- ⑦ ウラシル                                  ⑧ シトシン

16 に対する解答群

	(ア)	(イ)	(ウ)
①	蒸留水	陽	長 い
②	蒸留水	陽	短 い
③	蒸留水	陰	長 い
④	蒸留水	陰	短 い
⑤	生理食塩水	陽	長 い
⑥	生理食塩水	陽	短 い
⑦	生理食塩水	陰	長 い
⑧	生理食塩水	陰	短 い
⑨	緩衝液	陽	長 い
⑩	緩衝液	陽	短 い
a	緩衝液	陰	長 い
b	緩衝液	陰	短 い

17

に対する解答群

	(エ)	(オ)	(カ)
①	5′	1	1
②	5′	1	2
③	5′	2	1
④	5′	2	2
⑤	3′	1	1
⑥	3′	1	2
⑦	3′	2	1
⑧	3′	2	2

	(キ)	(ク)	(ケ)
①	マイクロサテライト	RNA ポリメラーゼ	ベクター
②	マイクロサテライト	RNA ポリメラーゼ	cDNA
③	マイクロサテライト	RNA ポリメラーゼ	ゲノムライブラリー
④	マイクロサテライト	逆転写酵素	ベクター
⑤	マイクロサテライト	逆転写酵素	cDNA
⑥	マイクロサテライト	逆転写酵素	ゲノムライブラリー
⑦	mRNA	RNA ポリメラーゼ	ベクター
⑧	mRNA	RNA ポリメラーゼ	cDNA
⑨	mRNA	RNA ポリメラーゼ	ゲノムライブラリー
⑩	mRNA	逆転写酵素	ベクター
Ⓐ	mRNA	逆転写酵素	cDNA
Ⓑ	mRNA	逆転写酵素	ゲノムライブラリー
Ⓒ	SNP	RNA ポリメラーゼ	ベクター
Ⓓ	SNP	RNA ポリメラーゼ	cDNA
Ⓔ	SNP	RNA ポリメラーゼ	ゲノムライブラリー
Ⓕ	SNP	逆転写酵素	ベクター
Ⓖ	SNP	逆転写酵素	cDNA
Ⓗ	SNP	逆転写酵素	ゲノムライブラリー



下線部 i) の手順をおこなう目的は 19 ためであり、下線部 ii) の手順をおこなう目的は 20 ためである。

19 および 20 に対する解答群

- ① DNA ポリメラーゼを失活させ、増幅したい DNA 領域だけを複製させる
- ② DNA ポリメラーゼを反応させ、増幅したい DNA 領域だけを複製させる
- ③ DNA の塩基どうしの水素結合を切断し、1 本鎖 DNA に分ける
- ④ 増幅したい DNA 領域の末端に DNA ポリメラーゼを結合させる
- ⑤ 増幅したい DNA 領域の末端にプライマーを結合させる
- ⑥ DNA ポリメラーゼを反応させ、増幅したい DNA 領域の末端から 2 本鎖 DNA をほどく

下線部 iii) に関する以下の記述 a ~ c のうち、正しいものは 21 である。

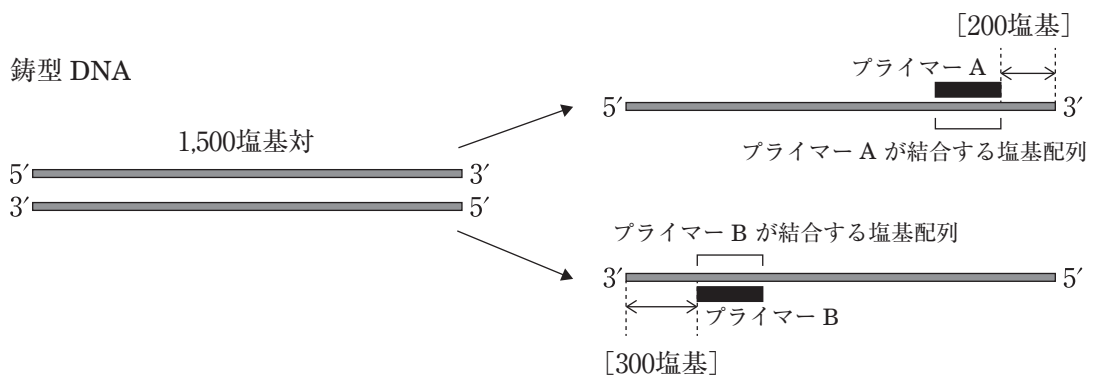
- a 第 1 サイクルが終わった時点では、2 種類のプライマーをどちらも含む 2 本鎖 DNA 断片は得られない。
- b 増幅された DNA の 5' 末端には、プライマー由来のヌクレオチドが含まれる。
- c PCR で用いられる DNA ポリメラーゼは、72℃ 前後において DNA 鎖の増幅効率が最も高い。

21 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

2) 図Ⅱに示すような1,500塩基対の2本鎖の鋳型 DNA、長さ20塩基からなるプライマー A とプライマー B、4 種類のヌクレオチドおよび DNA ポリメラーゼを用いて PCR をおこなうことにした。なお、この PCR は適切な条件下でおこなわれ、反応液中の2種類のプライマーと4種類のヌクレオチドは枯渇せず、酵素は十分量存在し失活しないものとする。鋳型 DNA の片方のヌクレオチド鎖には、3'末端から数えて201番目から220番目の位置にプライマー A が結合する塩基配列が存在し、もう片方のヌクレオチド鎖には、3'末端から数えて301番目から320番目の位置にプライマー B が結合する塩基配列が存在する。図Ⅱには、この PCR の第1サイクルの途中までの様子と、鋳型となる2本鎖 DNA の内部にあるプライマー A もしくはプライマー B が結合する塩基配列の位置が示されている。

第1サイクルが終了した時点の反応液中には、理論上、鋳型 DNA から (コ) 塩基の長さをもつ DNA 鎖、およびこれより短い (サ) 塩基の長さをもつ DNA 鎖が新たに合成される。



図Ⅱ

第2サイクルが終了した時点の反応液中には、理論上、最初に存在した鋳型 DNA である2本鎖 DNA の1分子に対して、(コ)塩基の長さをもつ DNA 鎖は、1本鎖を1分子として数えると(シ)分子存在し、(サ)塩基の長さをもつ DNA 鎖は、1本鎖を1分子として数えると(ス)分子存在することになる。また、これら以外に、1本鎖を1分子として数えると、(セ)塩基の長さをもつ DNA 鎖が(ソ)分子新たに生じることになる。また、上記にならって考えると、このPCRにおいて第nサイクルが終了した時点の反応液中には、理論上、鋳型 DNA 1分子に対して、(セ)塩基の長さをもつ DNA 鎖が、1本鎖を1分子として数えると 22 分子存在することになる。ここで、(コ)と(サ)の正しい組み合わせは 23 であり、(シ)と(ス)の正しい組み合わせは 24 であり、(セ)と(ソ)の正しい組み合わせは 25 である。

22 に対する解答群

- |                 |                  |                      |
|-----------------|------------------|----------------------|
| ① $2n$          | ② $2^n$          | ③ $2^{n+1}$          |
| ④ $2^n - 2$     | ⑤ $2^n - 2n$     | ⑥ $2^n - 2n - 2$     |
| ⑦ $2^{n+1} - 2$ | ⑧ $2^{n+1} - 2n$ | ⑨ $2^{n+1} - 2n - 2$ |

23 に対する解答群

	(コ)	(サ)
①	1, 500	1, 300
②	1, 500	1, 200
③	1, 500	1, 000
④	1, 500	500
⑤	1, 300	1, 200
⑥	1, 300	1, 000
⑦	1, 300	500
⑧	1, 200	1, 000
⑨	1, 000	500

24

に対する解答群

	(シ)	(ス)
①	4	4
②	4	2
③	4	1
④	2	4
⑤	2	2
⑥	2	1
⑦	1	4
⑧	1	2
⑨	1	1

	(セ)	(ソ)
①	1, 500	4
②	1, 500	2
③	1, 500	1
④	1, 300	4
⑤	1, 300	2
⑥	1, 300	1
⑦	1, 200	4
⑧	1, 200	2
⑨	1, 200	1
⑩	1, 000	4
Ⓐ	1, 000	2
Ⓑ	1, 000	1
Ⓒ	500	4
Ⓓ	500	2
Ⓔ	500	1

(第Ⅲ問は次ページから始まる)

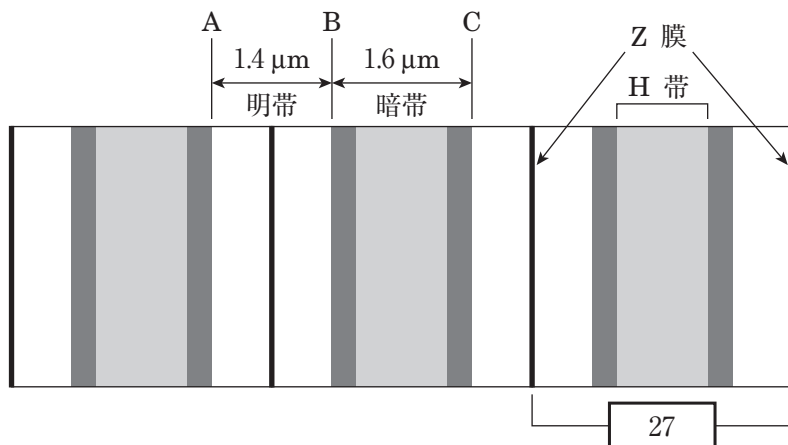
Ⅲ 骨格筋に関する以下の文章中の 26 ～ 37 に最も適切なものを解答群から選び、その番号または記号を解答欄にマークせよ。ただし、異なる番号の   に同じものを繰り返し選んでもよい。

- 1) 脊ついで動物の筋肉は、明暗の規則的な縞模様が見られる横紋筋と、縞模様の見られない平滑筋に分けられる。横紋筋のうち、骨格筋は（ア）核の細胞で構成され、一般に平滑筋に比べ（イ）な収縮をする。また、骨格筋は（ウ）神経に支配されている。ここで、（ア）～（ウ）の正しい組み合わせは 26 である。

26 に対する解答群

	（ア）	（イ）	（ウ）
①	単	緩やか	運動
②	単	緩やか	自律
③	単	急速	運動
④	単	急速	自律
⑤	多	緩やか	運動
⑥	多	緩やか	自律
⑦	多	急速	運動
⑧	多	急速	自律

2) 図Ⅲは骨格筋の筋原繊維の模式図である。筋原繊維には暗く見える暗帯と明るく見える明帯が交互に配列しており、明帯の中央はZ膜で仕切られている。このZ膜とZ膜との間を 27 という。また暗帯の中央にはH帯というやや明るく見える部分がある。筋原繊維は太いフィラメントと細いフィラメントが規則正しく平行に並んだ構造をしている。太いフィラメントは、 28 というタンパク質が束になったものである。細いフィラメントは、 29 というタンパク質が多数つながったものである。暗帯、明帯、H帯では存在するフィラメントが異なり、H帯を除く暗帯には(エ)、明帯には(オ)、H帯には(カ)が存在する。ここで、(エ)～(カ)の正しい組み合わせは 30 である。



図Ⅲ

27 に対する解答群

- |        |          |         |         |
|--------|----------|---------|---------|
| ① キアズマ | ② クリステ   | ③ クロマチン | ④ サルコメア |
| ⑤ シナプス | ⑥ セントロメア | ⑦ テロメア  |         |

28 および 29 に対する解答群

- |          |        |                 |        |
|----------|--------|-----------------|--------|
| ① アクチン   | ② オプシン | ③ カドヘリン         | ④ ケラチン |
| ⑤ チューブリン | ⑥ ヒストン | ⑦ $\beta$ -カテニン | ⑧ ミオシン |



**30 に対する解答群**

	(エ)	(オ)	(カ)
①	太いフィラメント	細いフィラメント	太いフィラメントと 細いフィラメント
②	太いフィラメント	太いフィラメントと 細いフィラメント	細いフィラメント
③	細いフィラメント	太いフィラメント	太いフィラメントと 細いフィラメント
④	細いフィラメント	太いフィラメントと 細いフィラメント	太いフィラメント
⑤	太いフィラメントと 細いフィラメント	太いフィラメント	細いフィラメント
⑥	太いフィラメントと 細いフィラメント	細いフィラメント	太いフィラメント

図Ⅲの **27** が500個つながってできている筋原繊維があり、その全長が 1.5 mm であるとする。この筋原繊維が収縮し、全長が 1.1 mm となった。図Ⅲが収縮前の状態であるとする、収縮後の明帯 AB 間の距離は **31**  $\mu\text{m}$ 、暗帯 BC 間の距離は **32**  $\mu\text{m}$  になると算出できる。ただし、この筋原線維におけるすべての Z 膜間の距離は、同時に等しく変化し、収縮が完了するものとする。

**31 および 32 に対する解答群**

- |       |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| ① 0.3 | ② 0.4 | ③ 0.5 | ④ 0.6 | ⑤ 0.7 |
| ⑥ 0.8 | ⑦ 0.9 | ⑧ 1.0 | ⑨ 1.1 | ⑩ 1.2 |
| Ⓐ 1.3 | Ⓑ 1.4 | Ⓒ 1.5 | Ⓓ 1.6 | Ⓔ 1.7 |

3) (ウ) 神経終末から分泌された 33 が、終板の筋繊維側にある 33 受容体に結合すると、筋繊維に (キ) が発生する。筋原繊維は筋小胞体に囲まれており、(キ) が発生すると筋小胞体から 34 が細胞質基質中に放出される。細いフィラメントである 29 フィラメントには (ク) と (ケ) というタンパク質が結合しており、細胞質基質中の 34 濃度が低いときには、(ケ) により 29 フィラメントへの 28 頭部の結合が阻害されている。筋小胞体から 34 が放出され、34 濃度が高くなると、34 と結合した (ク) が (ケ) の形を変え、29 フィラメントと 28 頭部が結合できるようになり、滑り運動が引き起こされ、筋収縮が起こる。筋繊維の興奮が終わると、放出された 34 は筋小胞体に (コ) 輸送され、再び 29 フィラメントは不活性状態になり、その結果、収縮が完了する。関節を曲げたときに収縮した筋繊維は、関節を伸ばすときに (サ)、収縮前の元の長さに戻る。ここで、(キ) ~ (ケ) の正しい組み合わせは 35 であり、(コ) と (サ) の正しい組み合わせは 36 である。

33 に対する解答群

- |           |            |          |
|-----------|------------|----------|
| ① アセチルコリン | ② アドレナリン   | ③ インスリン  |
| ④ チロキシン   | ⑤ ノルアドレナリン | ⑥ バソプレシン |

34 に対する解答群

- |                    |                 |                   |                   |
|--------------------|-----------------|-------------------|-------------------|
| ① $\text{Ca}^{2+}$ | ② $\text{Cl}^-$ | ③ $\text{H}^+$    | ④ $\text{K}^+$    |
| ⑤ $\text{Mg}^{2+}$ | ⑥ $\text{Na}^+$ | ⑦ $\text{NH}_4^+$ | ⑧ $\text{NO}_2^-$ |

**35** に対する解答群

	(キ)	(ク)	(ケ)
①	活動電位	キネシン	ダイニン
②	活動電位	ダイニン	キネシン
③	活動電位	トロポニン	トロポミオシン
④	活動電位	トロポミオシン	トロポニン
⑤	跳躍伝導	キネシン	ダイニン
⑥	跳躍伝導	ダイニン	キネシン
⑦	跳躍伝導	トロポニン	トロポミオシン
⑧	跳躍伝導	トロポミオシン	トロポニン

**36** に対する解答群

	(コ)	(サ)
①	受 動	収縮とは逆の方向へと力を出して、能動的に筋を伸ばして
②	受 動	拮抗するほかの筋肉の収縮によって、受動的に伸ばされて
③	能 動	収縮とは逆の方向へと力を出して、能動的に筋を伸ばして
④	能 動	拮抗するほかの筋肉の収縮によって、受動的に伸ばされて

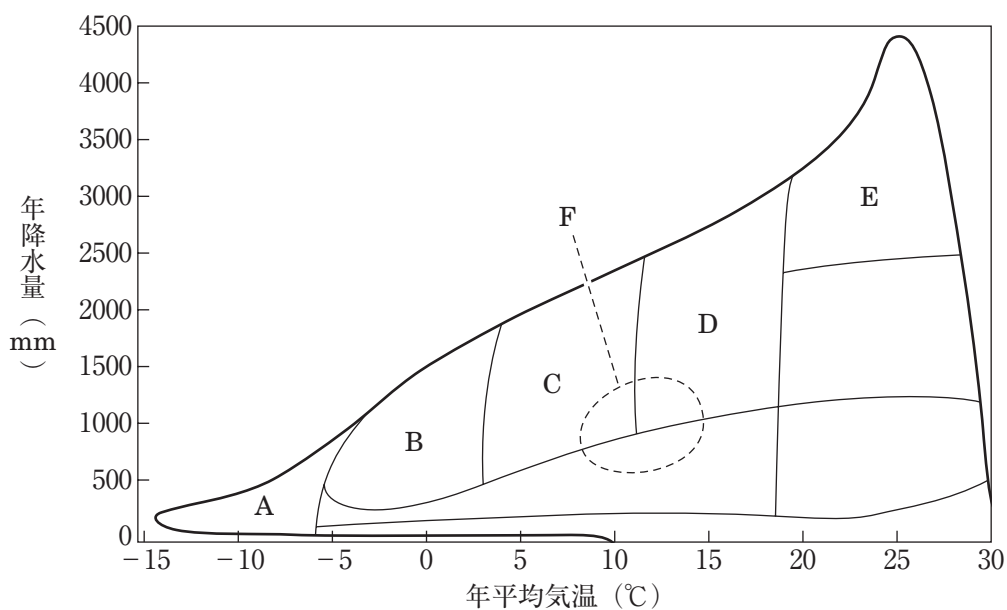
筋繊維内に含まれる ATP は、数秒間の筋収縮で消費されてしまう量しか存在せず、様々な反応経路から供給される。瞬発的な激しい運動で ATP が必要なときは、最も速い反応経路において、**37** を消費し、ATP が供給される。消費された **37** は、呼吸や解糖により得られた ATP を使って再生される。

**37** に対する解答群

- ① グリコーゲン                      ② グルコース                      ③ グリセリン
- ④ グルタミン                      ⑤ グルタミン酸                      ⑥ クレアチン
- ⑦ クレアチンリン酸                      ⑧ トリステアリン

Ⅳ 陸上で見られる動植物の分布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) 地球上の地域ごとの植生とそこに生息する動物などを含めた生物種のまとまりを  という。地域ごとの植生は長い時間をかけて安定した状態となっており、この状態を  という。陸上の  はおもに、  に至った植生の相観に基づいて分類される。図Ⅳは年平均気温および年降水量と  との関係を示しており、A～Fはそれぞれの  を示す。Bは（ア）などに広く分布し、森林を構成する樹木の種類は（イ）。Cの森林に含まれる代表的な樹木は  類であり、Dの森林に含まれる代表的な樹木は  類である。Eは（ウ）などに分布し、樹木の種類は（エ）。ここで、（ア）～（エ）の正しい組み合わせは  である。



図Ⅳ

**38** に対する解答群

- ① テリトリー                      ② 生物多様性                      ③ バイオーム
- ④ 生態ピラミッド                ⑤ 食物網                            ⑥ コロニー

**39** に対する解答群

- ① 適 応                              ② 遷 移                              ③ 飽 和
- ④ 混 交                              ⑤ 優 占                              ⑥ 極 相

**40** および **41** に対する解答群

- ① チーク                      ② モ ミ                      ③ カエデ                      ④ トウヒ
- ⑤ シ イ                      ⑥ アカシア                      ⑦ カラマツ

**42** に対する解答群

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
①	東南アジア	少ない	北アメリカ大陸北部	少ない
②	東南アジア	少ない	北アメリカ大陸北部	多 い
③	東南アジア	多 い	北アメリカ大陸北部	少ない
④	東南アジア	多 い	北アメリカ大陸北部	多 い
⑤	北アメリカ大陸北部	少ない	東南アジア	少ない
⑥	北アメリカ大陸北部	少ない	東南アジア	多 い
⑦	北アメリカ大陸北部	多 い	東南アジア	少ない
⑧	北アメリカ大陸北部	多 い	東南アジア	多 い

以下の植物種 a～d のうち、図Ⅳ中の A においてみられる代表的な植物種は、

43 である。

a 地衣類      b サボテン類      c コケ類      d 木生シダ類

43 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 |

図Ⅳ中の D と F においてはおもに（オ）広葉樹に分類される植物群がみられ，葉の表面には発達した（カ）層がみられる。これらの植物群は，他の植物群と比べていくつかの特徴をもつ。ここで，（オ）と（カ）の正しい組み合わせは 44 である。

44 に対する解答群

	（オ）	（カ）
①	落 葉	クチクラ
②	落 葉	チラコイド
③	落 葉	コラーゲン
④	常 緑	クチクラ
⑤	常 緑	チラコイド
⑥	常 緑	コラーゲン

下線部に関する以下の記述 e ～ g のうち，正しいものは 45 である。

e これらの植物群の葉は乾燥に耐える能力が高いものが多い。

f D における植物群の葉には光沢がみられるものが多い。

g F における植物群の葉は大型で硬いものが多い。

45 に対する解答群

- ① e のみ                      ② f のみ                      ③ g のみ                      ④ e, f のみ  
 ⑤ e, g のみ                      ⑥ f, g のみ                      ⑦ e, f, g

図Ⅳの A～E の分類は、A は（キ）であり、B は（ク）であり、C は（ケ）であり、D は（コ）あり、E は（サ）である。また、アナウサギ、シマウマ、ツキノワグマ、トナカイ、ヒグマのうち、おもに A に生息している動物は 46 であり、おもに B に生息している動物は 47 である。ここで、（キ）～（サ）の正しい組み合わせは 48 である。

46 および 47 に対する解答群

- ① アナウサギ                      ② シマウマ                      ③ ツキノワグマ  
④ トナカイ                      ⑤ ヒグマ

48 に対する解答群

	（キ）	（ク）	（ケ）	（コ）	（サ）
①	サバンナ	針葉樹林	雨緑樹林	照葉樹林	熱帯多雨林
②	サバンナ	針葉樹林	雨緑樹林	熱帯多雨林	照葉樹林
③	サバンナ	針葉樹林	夏緑樹林	照葉樹林	熱帯多雨林
④	サバンナ	針葉樹林	夏緑樹林	熱帯多雨林	照葉樹林
⑤	サバンナ	硬葉樹林	雨緑樹林	照葉樹林	熱帯多雨林
⑥	サバンナ	硬葉樹林	雨緑樹林	熱帯多雨林	照葉樹林
⑦	サバンナ	硬葉樹林	夏緑樹林	照葉樹林	熱帯多雨林
⑧	サバンナ	硬葉樹林	夏緑樹林	熱帯多雨林	照葉樹林
⑨	ツンドラ	針葉樹林	雨緑樹林	照葉樹林	熱帯多雨林
⑩	ツンドラ	針葉樹林	雨緑樹林	熱帯多雨林	照葉樹林
①	ツンドラ	針葉樹林	夏緑樹林	照葉樹林	熱帯多雨林
②	ツンドラ	針葉樹林	夏緑樹林	熱帯多雨林	照葉樹林
③	ツンドラ	硬葉樹林	雨緑樹林	照葉樹林	熱帯多雨林
④	ツンドラ	硬葉樹林	雨緑樹林	熱帯多雨林	照葉樹林
⑤	ツンドラ	硬葉樹林	夏緑樹林	照葉樹林	熱帯多雨林
⑥	ツンドラ	硬葉樹林	夏緑樹林	熱帯多雨林	照葉樹林



2) 植物はそれぞれの生活環境に応じた光合成能力をもっている。植物にあたる光が強くなると、光合成速度が上がり、 $\text{CO}_2$  吸収速度が増える。光を強くしても  $\text{CO}_2$  吸収速度が増えなくなるときの光の強さを (シ) といい、(シ) が高い植物を (ス) 植物、低い植物を (セ) 植物という。森林の地面付近では光が届きにくく、(ソ) 植物が多くみられる。ここで、(シ) ~ (ソ) の正しい組み合わせは 

49
----

 である。

49
----

 に対する解答群

	(シ)	(ス)	(セ)	(ソ)
①	光補償点	陽 生	陰 生	陽 生
②	光補償点	陽 生	陰 生	陰 生
③	光補償点	陰 生	陽 生	陽 生
④	光補償点	陰 生	陽 生	陰 生
⑤	光飽和点	陽 生	陰 生	陽 生
⑥	光飽和点	陽 生	陰 生	陰 生
⑦	光飽和点	陰 生	陽 生	陽 生
⑧	光飽和点	陰 生	陽 生	陰 生