

注 意

問題の文中の ア , イウ などには、特に指示のないかぎり、数値または符号（－）が入る。これらを次の方法で解答用紙の指定欄にマークせよ。

- (1) ア, イ, ウ, …の一つ一つは、それぞれ 0 から 9 までの数字、または－の符号のいずれか一つに対応する。それらをア, イ, ウ, …で示された解答欄にマークする。

〔例〕 アイ に－8 と答えたいとき

ア	☒	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
イ	☐	0	1	2	3	4	5	6	7	☒	9

- (2) 分数形で解答する場合は、既約分数（それ以上約分できない分数）で答える。分数の符号は分子につけ、分母につけてはならない。

〔例〕 $\frac{\text{ウエ}}{\text{オ}}$ に $-\frac{4}{5}$ と答えたいとき

ウ	☒	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
エ	☐	0	1	2	3	☒	5	6	7	8	9
オ	☐	0	1	2	3	4	☒	6	7	8	9

- (3) 根号を含む形で解答する場合は、根号の中に現れる自然数が最小となる形で答える。

例えば、 $\sqrt{\text{カキ}}$ に $4\sqrt{2}$ と答えるところを、 $2\sqrt{8}$ のように答えてはならない。

- (4) 根号を含む分数形で解答する場合は、例えば $\frac{\text{ク} + \text{ケ}}{\text{サ}} \sqrt{\text{コ}}$

に $\frac{3 + 2\sqrt{2}}{2}$ と答えるところを、 $\frac{6 + 4\sqrt{2}}{4}$ や $\frac{6 + 2\sqrt{8}}{4}$ のように答えてはならない。

- (5) 選択肢から一つを選んで、番号を答える場合もある。

- I (1) 座標平面において、原点 O を中心とする半径 1 の円 C と、 2 点 $A(2, 0)$, $B(2, 4)$ がある。点 $P(\cos \theta, \sin \theta)$ は、 $0 < \theta < \pi$ の範囲で円 C の円周上を動く。点 Q を x 軸に関して点 P と対称な点とする。 $t = \sin \theta - \cos \theta$ とすると、 t のとりうる値の範囲は $\boxed{\text{アイ}} < t \leq \sqrt{\boxed{\text{ウ}}}$ である。四角形 $ABPQ$ の面積は、 t を用いて

$$\frac{\boxed{\text{エ}}}{\boxed{\text{オ}}} \left(t + \boxed{\text{カ}} \right)^2 + \frac{\boxed{\text{キ}}}{\boxed{\text{ク}}}$$

と表され、 $t = \sqrt{\boxed{\text{ケ}}}$ で最大値 $\boxed{\text{コ}} \sqrt{\boxed{\text{サ}}} + \frac{\boxed{\text{シ}}}{\boxed{\text{ス}}}$ をとる。

- (2) (i) $x + y + z + w = 10$ を満たす 0 以上の整数 x, y, z, w の組は、全部で $\boxed{\text{セソタ}}$ 個あり、 $x + y + z + w = 10$ を満たす正の整数 x, y, z, w の組は、全部で $\boxed{\text{チツ}}$ 個ある。
- (ii) $1 \leq x < y < z \leq 10$ を満たす整数 x, y, z の組は、全部で $\boxed{\text{テトナ}}$ 個あり、 $0 \leq x \leq y \leq z \leq 10$ を満たす整数 x, y, z の組は、全部で $\boxed{\text{ニヌネ}}$ 個ある。

(計 算 用 紙)

II 数列 $\{a_n\}$ の初項から第 n 項までの和 S_n を考える。

(1) $a_n = n$ の場合を考える。

(i) $S_{10} = \boxed{\text{アイ}}$ である。

(ii) $S_k \geq 496$ を満たす k の最小値は $\boxed{\text{ウエ}}$ である。

(2) $a_n = \frac{1}{n(n+1)}$ の場合を考える。

(i) 定数 a, b に対して、等式 $\frac{1}{k(k+1)} = \frac{a}{k} + \frac{b}{k+1}$ が k についての恒等式

となるとき、 $a = \boxed{\text{オ}}$, $b = \boxed{\text{カキ}}$ である。

(ii) $S_{50} = \frac{\boxed{\text{クケ}}}{\boxed{\text{コサ}}}$ である。

(3) $a_n = \frac{1}{n(n+1)(n+2)(n+3)}$ の場合を考える。

(i) 定数 p, q, r, s に対して、等式

$$\frac{1}{k(k+1)(k+2)(k+3)} = \frac{p}{k} + \frac{q}{k+1} + \frac{r}{k+2} + \frac{s}{k+3} \quad \cdots \cdots \textcircled{1}$$

が k についての恒等式となるとき、 $p = \frac{\boxed{\text{シ}}}{\boxed{\text{ス}}}$ である。さらに、定数 α, β, γ を用いて、等式①の右辺を

$$\alpha \left(\frac{1}{k} - \frac{1}{k+1} \right) + \beta \left(\frac{1}{k+1} - \frac{1}{k+2} \right) + \gamma \left(\frac{1}{k+2} - \frac{1}{k+3} \right)$$

と表したとき、 $\beta = \frac{\boxed{\text{セソ}}}{\boxed{\text{タ}}}$ である。

(ii) $S_{10} = \frac{\boxed{\text{チツ}}}{\boxed{\text{テトナニ}}}$ である。

(計 算 用 紙)

III $\triangle ABC$ の辺 AB を $3:4$ に内分する点を R , 辺 AC を $2:3$ に内分する点を Q ,
線分 BQ と線分 CR の交点を S とする。さらに, 辺 BC の中点を M とする。

(1) $BS : SQ = (1 - s) : s$, $RS : SC = t : (1 - t)$ とおくと, $s = \frac{\boxed{\text{ア}}}{\boxed{\text{イウ}}}$,
 $t = \frac{\boxed{\text{エ}}}{\boxed{\text{オカ}}}$ であり, $\overrightarrow{AS} = \frac{1}{\boxed{\text{キク}}} \left(\boxed{\text{ケ}} \overrightarrow{AB} + \boxed{\text{コ}} \overrightarrow{AC} \right)$ である。

(2) 直線 AS と辺 BC の交点を P とすると, $\overrightarrow{AP} = \frac{\boxed{\text{サシ}}}{\boxed{\text{スセ}}} \overrightarrow{AS}$ であり,

$\overrightarrow{MP} = \frac{1}{\boxed{\text{ソタ}}} (\overrightarrow{AB} - \overrightarrow{AC})$ であり, $\frac{\triangle ASM}{\triangle ABC} = \frac{\boxed{\text{チ}}}{\boxed{\text{ツテ}}}$ である。

(3) 線分 AM と線分 BQ の交点を T , 線分 AM と線分 RC の交点を U とすると,

$\frac{\triangle AST}{\triangle ASM} = \frac{\boxed{\text{ト}}}{\boxed{\text{ナ}}}$ であり, $\frac{\triangle STU}{\triangle ASM} = \frac{\boxed{\text{ニ}}}{\boxed{\text{ヌネ}}}$ である。

(計 算 用 紙)

注 意

問題の文中の ア , イウ などには、特に指示のないかぎり、数値または符号（－）が入る。これらを次の方法で解答用紙の指定欄にマークせよ。

- (1) ア, イ, ウ, …の一つ一つは、それぞれ0から9までの数字、または－の符号のいずれか一つに対応する。それらをア, イ, ウ, …で示された解答欄にマークする。

〔例〕 アイ に－8と答えたいとき

ア	☒	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
イ	☐	0	1	2	3	4	5	6	7	☒	9

- (2) 分数形で解答する場合は、既約分数（それ以上約分できない分数）で答える。分数の符号は分子につけ、分母につけてはならない。

〔例〕 $\frac{\text{ウエ}}{\text{オ}}$ に $-\frac{4}{5}$ と答えたいとき

ウ	☒	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
エ	☐	0	1	2	3	☒	5	6	7	8	9
オ	☐	0	1	2	3	4	☒	6	7	8	9

- (3) 根号を含む形で解答する場合は、根号の中に現れる自然数が最小となる形で答える。

例えば、 $\sqrt{\text{カキ}}$ に $4\sqrt{2}$ と答えるところを、 $2\sqrt{8}$ のように答えてはならない。

- (4) 根号を含む分数形で解答する場合は、例えば $\frac{\text{ク} + \text{ケ}}{\text{サ}} \sqrt{\text{コ}}$

に $\frac{3 + 2\sqrt{2}}{2}$ と答えるところを、 $\frac{6 + 4\sqrt{2}}{4}$ や $\frac{6 + 2\sqrt{8}}{4}$ のように答えてはならない。

- (5) 選択肢から一つを選んで、番号を答える場合もある。

- I (1) 座標平面において、原点 O を中心とする半径 1 の円 C と、 2 点 $A(2, 0)$, $B(2, 4)$ がある。点 $P(\cos \theta, \sin \theta)$ は、 $0 < \theta < \pi$ の範囲で円 C の円周上を動く。点 Q を x 軸に関して点 P と対称な点とする。 $t = \sin \theta - \cos \theta$ とすると、 t のとりうる値の範囲は $\boxed{\text{アイ}} < t \leq \sqrt{\boxed{\text{ウ}}}$ である。四角形 $ABPQ$ の面積は、 t を用いて

$$\frac{\boxed{\text{エ}}}{\boxed{\text{オ}}} \left(t + \boxed{\text{カ}} \right)^2 + \frac{\boxed{\text{キ}}}{\boxed{\text{ク}}}$$

と表され、 $t = \sqrt{\boxed{\text{ケ}}}$ で最大値 $\boxed{\text{コ}} \sqrt{\boxed{\text{サ}}} + \frac{\boxed{\text{シ}}}{\boxed{\text{ス}}}$ をとる。

- (2) (i) $x + y + z + w = 10$ を満たす 0 以上の整数 x, y, z, w の組は、全部で $\boxed{\text{セソタ}}$ 個あり、 $x + y + z + w = 10$ を満たす正の整数 x, y, z, w の組は、全部で $\boxed{\text{チツ}}$ 個ある。
- (ii) $1 \leq x < y < z \leq 10$ を満たす整数 x, y, z の組は、全部で $\boxed{\text{テトナ}}$ 個あり、 $0 \leq x \leq y \leq z \leq 10$ を満たす整数 x, y, z の組は、全部で $\boxed{\text{ニヌネ}}$ 個ある。

(計 算 用 紙)

II 数列 $\{a_n\}$ の初項から第 n 項までの和 S_n を考える。

(1) $a_n = n$ の場合を考える。

(i) $S_{10} = \boxed{\text{アイ}}$ である。

(ii) $S_k \geq 496$ を満たす k の最小値は $\boxed{\text{ウエ}}$ である。

(2) $a_n = \frac{1}{n(n+1)}$ の場合を考える。

(i) 定数 a, b に対して、等式 $\frac{1}{k(k+1)} = \frac{a}{k} + \frac{b}{k+1}$ が k についての恒等式

となるとき、 $a = \boxed{\text{オ}}$, $b = \boxed{\text{カキ}}$ である。

(ii) $S_{50} = \frac{\boxed{\text{クケ}}}{\boxed{\text{コサ}}}$ である。

(3) $a_n = \frac{1}{n(n+1)(n+2)(n+3)}$ の場合を考える。

(i) 定数 p, q, r, s に対して、等式

$$\frac{1}{k(k+1)(k+2)(k+3)} = \frac{p}{k} + \frac{q}{k+1} + \frac{r}{k+2} + \frac{s}{k+3} \quad \cdots \cdots \textcircled{1}$$

が k についての恒等式となるとき、 $p = \frac{\boxed{\text{シ}}}{\boxed{\text{ス}}}$ である。さらに、定数 α, β, γ を用いて、等式①の右辺を

$$\alpha \left(\frac{1}{k} - \frac{1}{k+1} \right) + \beta \left(\frac{1}{k+1} - \frac{1}{k+2} \right) + \gamma \left(\frac{1}{k+2} - \frac{1}{k+3} \right)$$

と表したとき、 $\beta = \frac{\boxed{\text{セソ}}}{\boxed{\text{タ}}}$ である。

(ii) $S_{10} = \frac{\boxed{\text{チツ}}}{\boxed{\text{テトナニ}}}$ である。

(計 算 用 紙)

III i を虚数単位として、異なる 3 つの複素数 α, β, γ の間に等式

$$\gamma = \left(1 - \frac{\sqrt{3}}{3}i\right)\alpha + \frac{\sqrt{3}}{3}i\beta$$

が成り立ち、複素数平面上で 3 点 $A(\alpha), B(\beta), C(\gamma)$ は方程式

$$|z - (1 + 2i)| = 2|z - 1|$$

で表される図形上にある。

(1) $\frac{\gamma - \alpha}{\beta - \alpha} = \frac{\sqrt{\boxed{\text{ア}}}}{\boxed{\text{イ}}}i$ である。

(2) $\triangle ABC$ において、 $\angle A = \frac{\pi}{\boxed{\text{ウ}}}$, $\angle B = \frac{\pi}{\boxed{\text{エ}}}$ である。

(3) 線分 BC の中点を表す複素数は $\boxed{\text{オ}} - \frac{\boxed{\text{カ}}}{\boxed{\text{キ}}}i$ であり、線分 BC の長さは $\frac{\boxed{\text{ク}}}{\boxed{\text{ケ}}}$ である。

(4) α が正の実数であるとき、

$$\alpha = \frac{\boxed{\text{コ}} + \boxed{\text{サ}}\sqrt{\boxed{\text{シ}}}}{\boxed{\text{ス}}}$$

$$\beta = \frac{\boxed{\text{セ}} - \boxed{\text{ソ}}\sqrt{\boxed{\text{タ}}}}{\boxed{\text{チ}}}$$

$$\gamma = \frac{\boxed{\text{ツ}} + \boxed{\text{テ}}\sqrt{\boxed{\text{ト}}} - \boxed{\text{ナ}}i}{\boxed{\text{ニ}}}$$

である。

(計 算 用 紙)

物 理

(解答番号

1

 ～

28

)

以下の

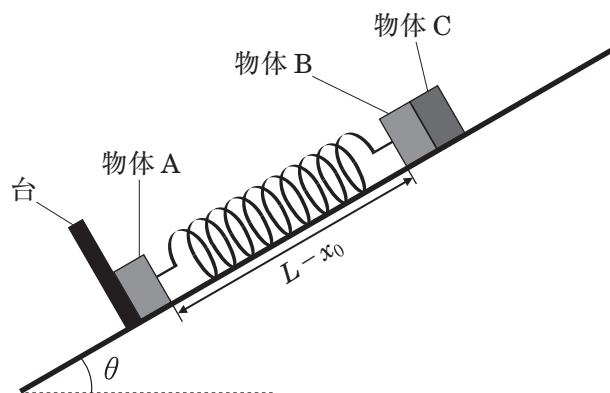
1

 から

28

 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 図のように、水平面とのなす角が θ ($0 < \theta < \frac{\pi}{2}$) のなめらかで十分長い斜面上に台が固定されている。自然長 L 、ばね定数 k で質量が無視できるばねの両端に物体 A と物体 B をつないで、A が台と接するようにばねを斜面上においた。A と B の質量はどちらも m である。さらに、質量 M ($M < m$) の物体 C を B と接するように斜面上に静かにおいたところ、ばねは自然長から x_0 ($0 < x_0 < \frac{L}{4}$) だけ縮んで A, B, C は斜面上に静止した。なお、A, B, C の大きさは無視できる。ここで、重力加速度の大きさを g とし、ばねは斜面に沿って伸び縮みする。また、A, B, C は常に斜面に接しながら運動する。



- (1) 図の状態で、ばねが縮んだ長さ x_0 は $x_0 =$ であり、このとき A が台から受ける力の大きさは である。

の解答群

- | | | |
|----------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| ① $\frac{Mg}{k}$ | ② $\frac{Mg \sin \theta}{k}$ | ③ $\frac{Mg \cos \theta}{k}$ |
| ④ $\frac{(M+m)g}{k}$ | ⑤ $\frac{(M+m)g \sin \theta}{k}$ | ⑥ $\frac{(M+m)g \cos \theta}{k}$ |

の解答群

- | | | |
|-------------|-------------------------|-------------------------|
| ① mg | ② $mg \sin \theta$ | ③ $mg \cos \theta$ |
| ④ $(M+m)g$ | ⑤ $(M+m)g \sin \theta$ | ⑥ $(M+m)g \cos \theta$ |
| ⑦ $(M+2m)g$ | ⑧ $(M+2m)g \sin \theta$ | ⑨ $(M+2m)g \cos \theta$ |

(2) 図の状態から、C に力を加えてばねの長さが $L - x_1$ になるまでばねをゆっくりと縮めて C を静止させた。静止した C から手を静かにはなすと、A は常に台に接したままで、B と C は一体となって単振動した。この単振動の振幅は 3 であり、周期は 4 である。B と C が単振動している状態でばねの長さが最大となったときのばねの長さを $L_{\max}$ とすると、ばねの長さが最大になったときに C が B から受ける抗力の大きさは 5 $\times |L - L_{\max}|$ である。ここで、B と C は一体となって単振動しているので、 x_1 がとり得る範囲は $x_0 < x_1 \leq$ 6 である。

3 の解答群

- | | | |
|----------|----------|------------------|
| ① x_0 | ② x_1 | ③ $x_1 - x_0$ |
| ④ $2x_0$ | ⑤ $2x_1$ | ⑥ $2(x_1 - x_0)$ |

4 の解答群

- | | | |
|---------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
| ① $2\pi \left(\frac{k}{M} \right)$ | ② $2\pi \left(\frac{M}{k} \right)$ | ③ $2\pi \left(\frac{k}{M+m} \right)$ |
| ④ $2\pi \left(\frac{M+m}{k} \right)$ | ⑤ $2\pi \sqrt{\frac{k}{M}}$ | ⑥ $2\pi \sqrt{\frac{M}{k}}$ |
| ⑦ $2\pi \sqrt{\frac{k}{M+m}}$ | ⑧ $2\pi \sqrt{\frac{M+m}{k}}$ | |

5 の解答群

- | | | |
|--------------------|----------------------|----------------------|
| ① $\frac{mk}{M+m}$ | ② $\frac{Mk}{M+m}$ | ③ k |
| ④ $\frac{Mk}{m}$ | ⑤ $\frac{(M+m)k}{m}$ | ⑥ $\frac{(M+m)k}{M}$ |

6 の解答群

- | | | | | | |
|----------|--------------------|----------|--------------------|--------------------|--------------------|
| ① $2x_0$ | ② $\frac{5x_0}{2}$ | ③ $3x_0$ | ④ $\frac{7x_0}{2}$ | ⑤ $\frac{7x_0}{3}$ | ⑥ $\frac{8x_0}{3}$ |
|----------|--------------------|----------|--------------------|--------------------|--------------------|

(計算用紙)

(大問 I (3)は次ページから始まる)

(3) 次に、図の状態から C に力を加えて、ばねの長さが $L - x_2$ になるまでばねをゆっくりと縮めて C を静止させた。静止した C から静かに手をはなすと、はじめ B と C は一体となって運動していたが、ばねの長さが L_C をこえたときに C は B から離れた。ただし、A は常に台と接しているとする。 L_C は、 $L_C = \boxed{7}$ である。B から C が離れた後も B はそのまま斜面をのぼり続け、B はばねの長さが $L + x_{\max}$ となる斜面上の位置まで到達した後に斜面を下った。C が B から離れた直後の B の速さを v とすると、 $x_{\max}$ は

$$x_{\max} = - \left(\boxed{8} \right) + \sqrt{\left(\boxed{8} \right)^2 + \frac{mv^2}{k}}$$

と求まる。また、ばねの長さが $L + x_{\max}$ になったときの A が台から受ける力の大きさを $x_{\max}$ を用いて表すと、 $\boxed{9}$ である。A は常に台と接しているので、 v がとり得る範囲は、 $0 < v \leq \boxed{10}$ である。

$\boxed{7}$ の解答群

- | | | |
|-------------|-----------------------|-----------------------|
| ① $L - x_2$ | ② $L - x_0$ | ③ $L - \frac{x_0}{2}$ |
| ④ L | ⑤ $L + \frac{x_0}{2}$ | ⑥ $L + x_0$ |

$\boxed{8}$ の解答群

- | | | |
|------------------|------------------------------|------------------------------|
| ① mg | ② $mg \sin \theta$ | ③ $mg \cos \theta$ |
| ④ $\frac{mg}{k}$ | ⑤ $\frac{mg \sin \theta}{k}$ | ⑥ $\frac{mg \cos \theta}{k}$ |

$\boxed{9}$ の解答群

- | | | |
|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| ① $kx_{\max}$ | ② $kx_{\max} + mg$ | ③ $kx_{\max} + mg \sin \theta$ |
| ④ $kx_{\max} + mg \cos \theta$ | ⑤ $-kx_{\max} + mg \sin \theta$ | ⑥ $-kx_{\max} + mg \cos \theta$ |

10

の解答群

$$\textcircled{1} \quad \sqrt{\frac{mg^2}{k}}$$

$$\textcircled{2} \quad \sqrt{\frac{2mg^2}{k}}$$

$$\textcircled{3} \quad \sqrt{\frac{3mg^2}{k}}$$

$$\textcircled{4} \quad \sqrt{\frac{mg^2 \sin^2 \theta}{k}}$$

$$\textcircled{5} \quad \sqrt{\frac{2mg^2 \sin^2 \theta}{k}}$$

$$\textcircled{6} \quad \sqrt{\frac{3mg^2 \sin^2 \theta}{k}}$$

$$\textcircled{7} \quad \sqrt{\frac{mg^2 \cos^2 \theta}{k}}$$

$$\textcircled{8} \quad \sqrt{\frac{2mg^2 \cos^2 \theta}{k}}$$

$$\textcircled{9} \quad \sqrt{\frac{3mg^2 \cos^2 \theta}{k}}$$

(計算用紙)

(計算用紙)

(大問Ⅱは次ページから始まる)

Ⅱ 一辺の長さが $2L$ [m] である正方形で厚さが無視できる 2 枚の極板 A と極板 B を、 $4d$ [m] の間隔で平行に向かい合わせて平行板コンデンサー AB を作った。この平行板コンデンサー AB の電気容量を C_0 [F] とする。ただし、極板間の距離 $4d$ [m] は $2L$ [m] に比べて十分小さく、極板の端での電場の乱れは無視できるとする。ここで、平行板コンデンサー AB を用いた回路を考える。

- (1) 図 1 のように、平行板コンデンサー AB、起電力 V [V] で内部抵抗が無視できる電池、スイッチと抵抗からなる回路がある。はじめ、平行板コンデンサー AB には電荷が蓄えられてなく、スイッチは開いていた。はじめの状態から、平行板コンデンサー AB に厚さ d [m] で極板と同じ底面の導体板を、極板 A から距離 d [m] 離れた位置に極板 A と極板 B と常に平行を保ちながら左端からまっすぐ挿入した。ただし、導体の端での電場の乱れは無視できるとする。

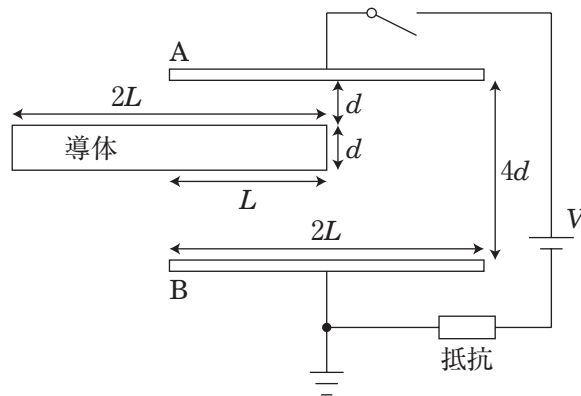


図 1

導体を極板の左端から L [m] の位置まで挿入したとき、この状態の平行板コンデンサー AB の電気容量は 11 $\times C_0$ [F] である。この状態でスイッチを閉じた。スイッチを閉じてから十分時間が経過した後の極板 A と導体の電位差は 12 $\times V$ [V]、極板 B と導体の電位差は 13 $\times V$ [V] である。次に、スイッチを閉じたまま、挿入した導体をゆっくりと左側に引き抜いた。導体を引き抜く前後での平行板コンデンサー AB に蓄えられている静電エネルギーの変化の大きさは、14 $\times C_0 V^2$ [J] である。一方、閉じていたスイッチを開いてから挿入した導体をゆっくりと左側に引き抜いた場合、導体を引き抜いた後の A と B の電位差は 15 $\times V$ [V] となる。

11 ～ 15 の解答群

- | | | | | |
|------------------|-------------------|-----------------|-----------------|-------------------|
| ① $\frac{1}{12}$ | ② $\frac{1}{6}$ | ③ $\frac{1}{4}$ | ④ $\frac{1}{3}$ | ⑤ $\frac{1}{2}$ |
| ⑥ $\frac{5}{12}$ | ⑦ $\frac{5}{6}$ | ⑧ $\frac{2}{3}$ | ⑨ $\frac{3}{4}$ | ⑩ $\frac{11}{12}$ |
| Ⓐ 1 | Ⓑ $\frac{13}{12}$ | Ⓒ $\frac{7}{6}$ | Ⓓ $\frac{4}{3}$ | Ⓔ $\frac{3}{2}$ |
| Ⓕ $\frac{5}{3}$ | Ⓖ $\frac{11}{6}$ | Ⓗ 2 | Ⓙ $\frac{7}{3}$ | Ⓚ $\frac{7}{2}$ |

(2) 図2のように、平行板コンデンサー AB、起電力 $3V$ [V] で内部抵抗が無視できる電池、3つのスイッチ S_1 , S_2 , S_3 と抵抗からなる回路がある。平行板コンデンサー AB には、厚さが d [m] で極板と同じ底面の導体が、極板 A との距離が d [m] である位置に極板 A と極板 B に対して平行で完全に挿入されている。なお、導体の端での電場の乱れは無視できる。はじめ、全てのスイッチは開いていて、平行板コンデンサー AB には電荷が蓄えられてなかったとする。

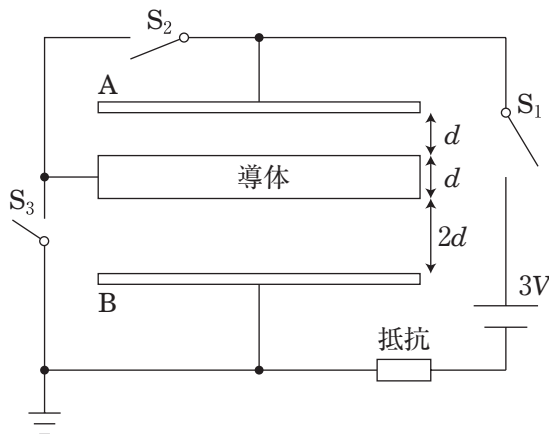


図2

はじめの状態から S_1 を閉じて十分時間が経過した後に、 S_1 を開いてから S_2 を閉じた。 S_2 を閉じてから十分時間が経過した後に、B と導体の電位差は 16 $\times V$ [V] である。この状態から、 S_2 を開いてから S_1 を閉じた。 S_1 を閉じてから十分時間が経過した後に、B と導体の電位差は 17 $\times V$ [V] となる。さらに、この状態から、 S_1 を開いてから S_3 を閉じた。 S_3 を閉じてから十分時間が経過した後、A と B の電位差は 18 $\times V$ [V] である。

16

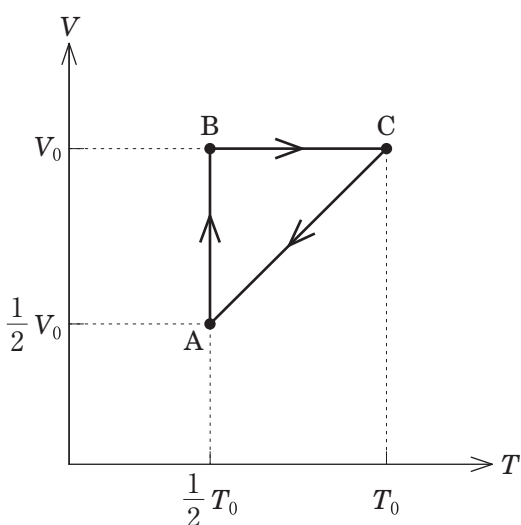
 ~

18

 の解答群

- | | | | | |
|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| ① $\frac{1}{4}$ | ② $\frac{1}{3}$ | ③ $\frac{1}{2}$ | ④ $\frac{2}{3}$ | ⑤ 1 |
| ⑥ $\frac{5}{4}$ | ⑦ $\frac{4}{3}$ | ⑧ $\frac{3}{2}$ | ⑨ $\frac{5}{3}$ | ⑩ $\frac{7}{4}$ |
| ① a 2 | ① b $\frac{9}{4}$ | ① c $\frac{7}{3}$ | ① d $\frac{5}{2}$ | ① e $\frac{8}{3}$ |
| ① f $\frac{11}{4}$ | ① g 3 | ① h $\frac{13}{4}$ | ① i $\frac{10}{3}$ | ① j $\frac{7}{2}$ |

Ⅲ 1 mol の単原子分子の理想気体が、なめらかに動くピストンをもつシリンダー内に閉じ込められている。図はシリンダー内の気体の状態変化を示し、横軸は温度 T [K]、縦軸は体積 V [m³] である。図中の状態 A から状態 B への変化（過程 A → B）、状態 B から状態 C への変化（過程 B → C）、状態 C から状態 A への変化（過程 C → A）は、すべて直線で表される。ここで、気体がされた仕事は気体が外部から仕事をされた場合を正とし、気体が吸収した熱量は気体が外部から熱を受け取る場合を正とする。また、気体定数を R [J/(mol·K)] とする。



図の過程 A → B は ，過程 B → C は ，過程 C → A は する。過程 B → C で、気体がされた仕事は [J]、気体が吸収した熱量は [J] で内部エネルギーの変化は [J] である。また、過程 C → A で、気体がされた仕事は [J]、気体が吸収した熱量は [J] で内部エネルギーの変化は [J] である。

図の状態変化を、過程 A → B → C → A の矢印の向きを考えて横軸を体積 V [m³]、縦軸を圧力 p [Pa] とした図で表すと となる。ただし、状態 A の圧力を p_0 [Pa] とする。

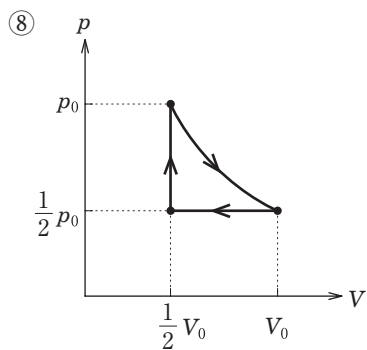
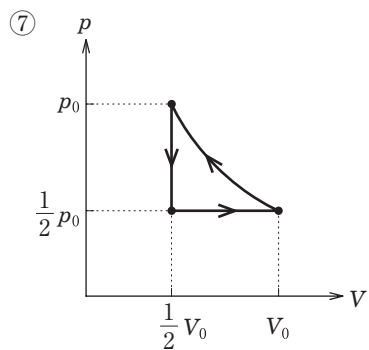
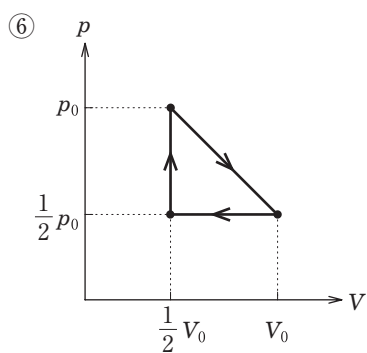
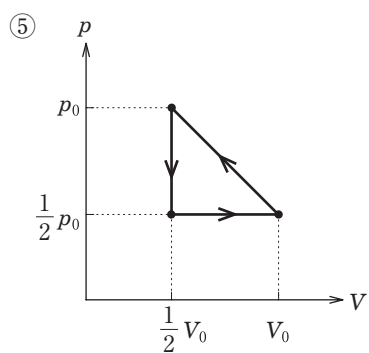
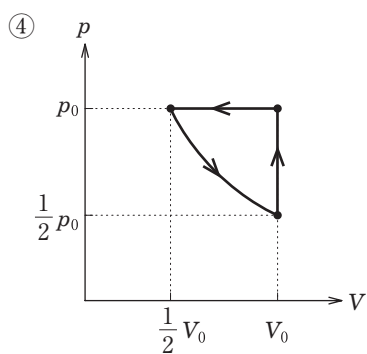
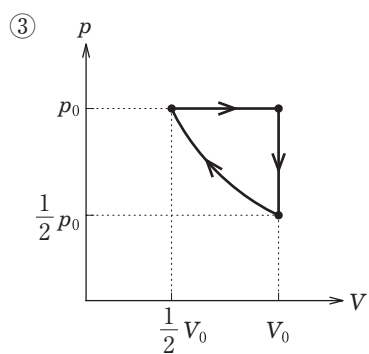
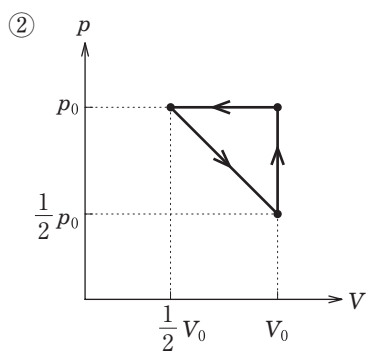
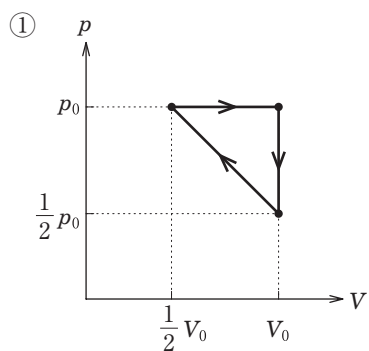
19 ～ 21 の解答群

- | | |
|--------------|--------------|
| ① 等温変化で体積が増加 | ② 等温変化で体積が減少 |
| ③ 断熱変化で体積が増加 | ④ 断熱変化で体積が減少 |
| ⑤ 定積変化で温度が上昇 | ⑥ 定積変化で温度が下降 |
| ⑦ 定圧変化で温度が上昇 | ⑧ 定圧変化で温度が下降 |

22 ～ 27 の解答群

- | | | | |
|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| ① $-3RT_0$ | ② $-\frac{5}{2}RT_0$ | ③ $-2RT_0$ | ④ $-\frac{3}{2}RT_0$ |
| ⑤ $-\frac{5}{4}RT_0$ | ⑥ $-RT_0$ | ⑦ $-\frac{3}{4}RT_0$ | ⑧ $-\frac{1}{2}RT_0$ |
| ⑨ 0 | ⑩ $\frac{1}{2}RT_0$ | Ⓐ $\frac{3}{4}RT_0$ | Ⓑ RT_0 |
| Ⓒ $\frac{5}{4}RT_0$ | Ⓓ $\frac{3}{2}RT_0$ | Ⓔ $2RT_0$ | Ⓕ $\frac{5}{2}RT_0$ |
| Ⓖ $3RT_0$ | | | |

28 の解答群



化 学

(解答番号 ~)

I 次の ~ に入れる最も適当なものを、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、同じものをくり返し選んでもよい。

(1) 塩化ナトリウム、二酸化ケイ素、ヨウ素について考える。これら3つの物質のうち、最も融点が高い の結晶は、 である。2番目に融点が高い の結晶は、 である。最も融点が高い の結晶は、 である。

(2) 図1は、分子からなる物質X、Y、Zの蒸気圧曲線である。これらの物質のうち、 1.0×10^5 Paのもとで最も沸点が高いのは、 である。30℃において、物質X、Y、Zを、それぞれ別々の真空の容器に入れて密封して十分に時間がたつと、いずれの物質も一部が液体として容器内に残った。このとき、内部の圧力が最も低くなるのは、 を入れた容器である。また、X、Y、Zの中で最も分子間力が弱いのは、 である。

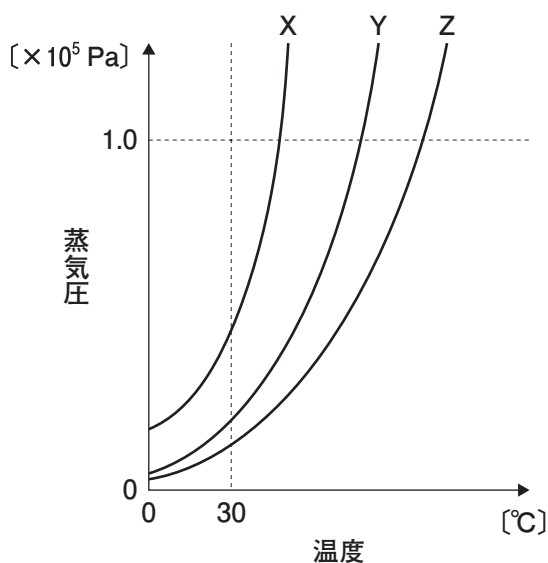


図1

(3) 図2は、分子結晶をつくっている分子量が62の物質M 93 gを加熱したときの、加えた熱量と物質Mの温度の関係を示している。図2のAB間では、物質Mは 10 であり、DE間では 11 である。物質Mの融解熱は 12 [J/mol]、蒸発熱は 13 [J/mol] と表すことができる。

図2から、物質Mの結晶93 gを加熱して温度を1℃上昇させるには、14 [J] が必要になると考えられる。ただし、状態変化は起こらないものとする。

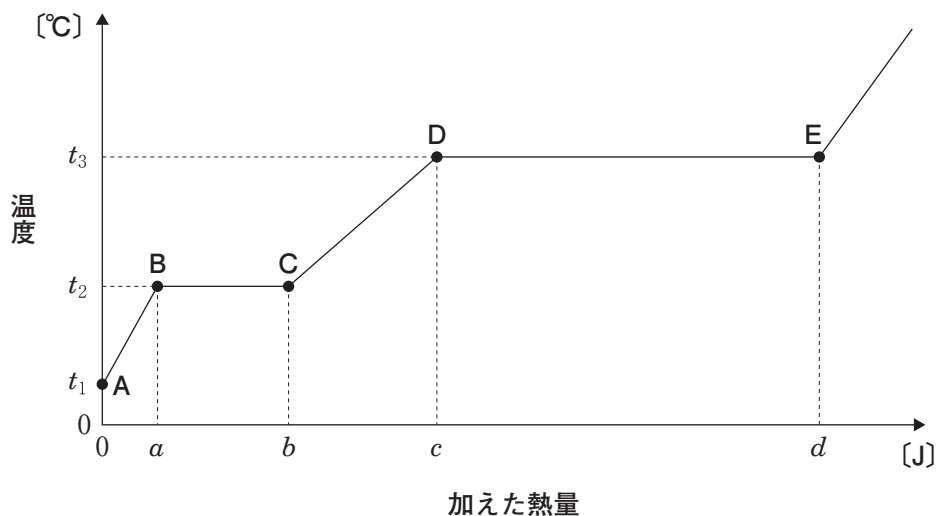


図2

解答群

1 , 3 , 5

- ① 塩化ナトリウム ② 二酸化ケイ素 ③ ヨウ素

2 , 4 , 6

- ① イオン結晶 ② 共有結合の結晶 ③ 金属結晶
④ 錯 塩 ⑤ 不動態 ⑥ 分子結晶

7 , 8 , 9

① X

② Y

③ Z

10 , 11

① 固体の状態

③ 気体の状態

⑤ 液体と気体の共存状態

② 液体の状態

④ 固体と液体の共存状態

⑥ 固体と気体の共存状態

12 ~ 14

① $b - a$

② $c - b$

③ $d - c$

④ $\frac{b - a}{2}$

⑤ $\frac{c - b}{2}$

⑥ $\frac{d - c}{2}$

⑦ $\frac{2(b - a)}{3}$

⑧ $\frac{2(c - b)}{3}$

⑨ $\frac{2(d - c)}{3}$

⑩ $\frac{3(b - a)}{2}$

① $\frac{3(c - b)}{2}$

② $\frac{3(d - c)}{2}$

③ $\frac{a}{t_2 - t_1}$

④ $\frac{b}{t_2 - t_1}$

⑤ $\frac{c}{t_3 - t_2}$

⑥ $\frac{d}{t_3 - t_2}$

⑦ $\frac{2a}{3(t_2 - t_1)}$

⑧ $\frac{2b}{3(t_2 - t_1)}$

⑨ $\frac{2c}{3(t_3 - t_2)}$

⑩ $\frac{2d}{3(t_3 - t_2)}$

(第Ⅱ問は次ページから始まる)

Ⅱ 次の 15 ～ 24 に入れる最も適当なものを、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、同じものをくり返し選んでもよい。原子量は $\text{Al}=27$, $\text{Cu}=63.5$, ファラデー定数は $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ とする。

硫酸で酸性にした硫酸銅(Ⅱ)水溶液を、粗銅板を 15 , 純銅板を 16 とし
て電気分解し、銅の電解精錬を行ったところ、17 に銅が 1.0 g 析出した。こ
の間の電気分解にて析出した銅の物質量は 18 mol であり、流れた電子の物質
量は 19 mol となる。よってこの電気分解の間に流れた電気量は少なくとも
20 C であると計算できる。

一方、アルミニウムイオン Al^{3+} を含む水溶液を電気分解した場合は、溶媒である水
が還元されて 21 が発生する。アルミニウムの単体は、工業的にはボーキサイト
から精製した酸化アルミニウム(融点 2054°C)を 22 (融点 1020°C)とともに
溶融塩電解して製造される。22 を加熱して融解させたものに、酸化アルミニ
ウムを溶かす。炭素電極を用いてこれを電気分解すると、23 で融解状態のアル
ミニウムの単体が得られる。この溶融塩電解でアルミニウム 1.0 g を得るために必要な電
気量は、少なくとも 24 C であると計算できる。

解答群

15 ～ 17 , 23

- ① 陽 極 ② 陰 極

18 , 19

- | | | | |
|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| ① 1.1×10^{-3} | ② 1.6×10^{-3} | ③ 3.1×10^{-3} | ④ 3.7×10^{-3} |
| ⑤ 1.1×10^{-2} | ⑥ 1.6×10^{-2} | ⑦ 3.1×10^{-2} | ⑧ 3.7×10^{-2} |
| ⑨ 1.1×10^{-1} | ⑩ 1.6×10^{-1} | ① 3.1×10^{-1} | ② 3.7×10^{-1} |
| ③ 1.1 | ④ 1.6 | ⑤ 3.1 | ⑥ 3.7 |
| ⑦ 11 | ⑧ 16 | ⑨ 31 | ⑩ 37 |

20

24

- | | | | |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| ① 11 | ② 15 | ③ 30 | ④ 36 |
| ⑤ 1.1×10^2 | ⑥ 1.5×10^2 | ⑦ 3.0×10^2 | ⑧ 3.6×10^2 |
| ⑨ 1.1×10^3 | ⑩ 1.5×10^3 | Ⓐ 3.0×10^3 | Ⓑ 3.6×10^3 |
| Ⓒ 1.1×10^4 | Ⓓ 1.5×10^4 | Ⓔ 3.0×10^4 | Ⓕ 3.6×10^4 |
| Ⓖ 1.1×10^5 | Ⓗ 1.5×10^5 | Ⓘ 3.0×10^5 | Ⓢ 3.6×10^5 |

21

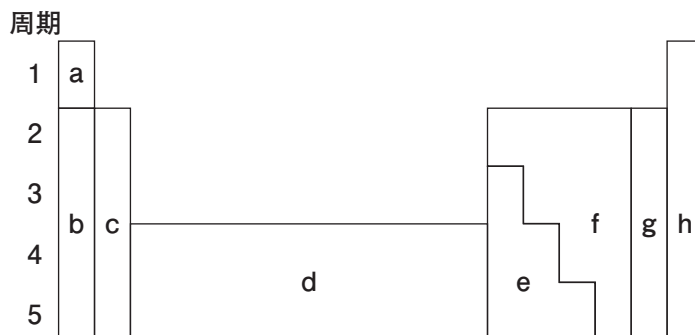
- ① 水 素 ② 酸 素 ③ 塩 素 ④ 二酸化炭素
⑤ 窒 素 ⑥ ヘリウム ⑦ 二酸化窒素 ⑧ 硫化水素

22

- ① 消石灰 ② 石 英 ③ 蛍 石 ④ ノボラック
- ⑤ マンガン銅 ⑥ 水晶石 ⑦ 鉄銅石 ⑧ ソーダ石灰ガラス

Ⅲ 次の 25 ～ 36 に入れる最も適当なものを、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、同じものをくり返し選んでもよい。

図は、元素の周期表の概略を第5周期まで示したものである。ただし a～h は領域を示す記号である。これをもとに以下の各問いに答えよ。



図

- (1) アルカリ金属の領域は 25 , ハロゲンの領域は 26 , 非金属の領域は a, h に加えて領域 27 である。また、図に示された各領域のうち、その領域に含まれるすべての元素の単体が常温で固体として存在するのは、領域 b, d に加えて領域 28 である。両性金属が2つ以上含まれる領域は 29 である。ただし、解答は該当する領域をすべて含むものを一つ選べ。
- (2) Mg, Al, Na, Si, Fe, Sn, Li のうち、図に示された分類で領域 d に入る元素は 30 である。次に、これら7つの元素のうち、周期表でホウ素と同族であるのは 31 である。また、これら7つの元素のうち、価電子を1個もち、単体が灯油中で浮遊するのは 32 である。
- (3) 図中の元素のうち、単体は常温で気体であり、原子は5個の価電子をもつものは 33 である。また、単体の結晶は六方最密構造をとり、冷水とは反応しないが、熱水と反応して水素を発生する元素のうち、最もイオン化傾向の大きいのは 34 である。
- (4) ジュラルミンは 35 に銅やマグネシウムなどを添加した合金である。

35 に希塩酸を加え、発生した水素を全て捕集したところ、水素の物質量は $6.00 \times 10^{-2} \text{ mol}$ であった。反応した 35 の物質量は 36 mol であったと考えられる。

解答群

25 , 26

- | | | | |
|-----|-----|-----|-----|
| ① a | ② b | ③ c | ④ d |
| ⑤ e | ⑥ f | ⑦ g | ⑧ h |

27 ~ 29

- | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|
| ① a のみ | ② b のみ | ③ c のみ | ④ d のみ | ⑤ e のみ |
| ⑥ f のみ | ⑦ g のみ | ⑧ h のみ | ⑨ a, c | ⑩ a, e |
| ⑪ a, f | ⑫ c, e | ⑬ c, f | ⑭ c, g | ⑮ d, e |
| ⑯ e, f | ⑰ e, g | ⑱ e, h | ⑲ f, g | ⑳ f, h |

30 ~ 35

- | | | | | |
|------|------|------|------|------|
| ① Mg | ② Al | ③ Na | ④ Si | ⑤ Fe |
| ⑥ Sn | ⑦ Li | ⑧ B | ⑨ F | ⑩ Ar |
| ⑪ N | ⑫ P | ⑬ Zn | ⑭ As | ⑮ V |
| ⑯ Ti | ⑰ Be | ⑱ Co | ⑲ I | ⑳ He |

36

- | | | | |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| ① 1.00×10^{-3} | ② 1.54×10^{-3} | ③ 2.00×10^{-3} | ④ 2.52×10^{-3} |
| ⑤ 3.00×10^{-3} | ⑥ 3.23×10^{-3} | ⑦ 3.67×10^{-3} | ⑧ 4.00×10^{-3} |
| ⑨ 4.31×10^{-3} | ⑩ 5.33×10^{-3} | ⑪ 5.96×10^{-3} | ⑫ 1.00×10^{-2} |
| ⑬ 1.75×10^{-2} | ⑭ 2.00×10^{-2} | ⑮ 2.23×10^{-2} | ⑯ 2.76×10^{-2} |
| ⑰ 3.00×10^{-2} | ⑱ 3.33×10^{-2} | ⑲ 3.55×10^{-2} | ⑳ 4.00×10^{-2} |

Ⅳ 次の 37 ～ 45 に入れる最も適当なものを、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、同じものをくり返し選んでもよい。原子量は $H=1.0$, $C=12.0$, $O=16.0$ とする。

有機化合物の 37 は、希薄溶液の凝固点降下度、沸点上昇度、浸透圧などを測定することによって求められる。また、 38 を行えば、化合物を構成する元素の割合 (39) が決定できる。 37 と 39 から分子式が決定できる。

炭素、水素、酸素からなる有機化合物 X の 38 を行った。有機化合物 X 5.8 mg を完全燃焼させたところ、 CO_2 が 13.2 mg, H_2O が 5.40 mg 得られた。この結果から、有機化合物 X の 39 は 40 と考えられる。次に、有機化合物 X 0.356 g をシクロヘキサン 100 g に溶解させ、凝固点降下度を測定したところ 1.24 K となった。この結果から、有機化合物 X の 37 は 41 であり、分子式は 42 である。ただし、シクロヘキサンのモル凝固点降下は $20.2\text{ K}\cdot\text{kg/mol}$ とする。

分子式 42 で表される鎖式化合物には、理論上、ヒドロキシ基を有する化合物が 43 種類、ホルミル基を有する化合物が 44 種類、エーテル結合を有する化合物が 45 種類存在する。シーストランス異性体の存在も考慮にいれ、不安定で速やかに構造が変化する（異性化する）化合物もそれぞれ別の化合物として解答せよ。また、鏡像異性体が存在する場合は別々の化合物として解答せよ。

解答群

37 ～ 39

- | | | | |
|---------|--------|---------|--------|
| ① 分子量 | ② 構造式 | ③ 組成式 | ④ 示性式 |
| ⑤ 融点測定 | ⑥ 元素分析 | ⑦ 容量分析 | ⑧ 沸点測定 |
| ⑨ 浸透圧測定 | ⑩ 温度測定 | ① 凝固点測定 | |

40

 ,

42

- | | | | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|
| ① $\text{C}_2\text{H}_5\text{O}$ | ② $\text{C}_2\text{H}_5\text{O}_2$ | ③ $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ | ④ $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}$ |
| ⑤ $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$ | ⑥ $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ | ⑦ $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$ | ⑧ $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ |
| ⑨ $\text{C}_3\text{H}_4\text{O}$ | ⑩ $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}_2$ | Ⓐ $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}_4$ | Ⓑ $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$ |
| Ⓒ $\text{C}_6\text{H}_{16}\text{O}_2$ | Ⓓ $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_4$ | Ⓔ $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ | |

41

- | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|
| ① 32.0 | ② 45.0 | ③ 48.0 | ④ 52.0 | ⑤ 58.0 |
| ⑥ 64.0 | ⑦ 74.0 | ⑧ 88.0 | ⑨ 96.0 | ⑩ 104 |
| Ⓐ 116 | Ⓑ 120 | Ⓒ 128 | Ⓓ 176 | Ⓔ 192 |

43

 ~

45

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

生 物

(解答番号

1

 ~

42

)

I 生物と環境に関する次の文章を読み、以下の各問いに答えよ。答えは各問いの下
の解答群から最も適切なものを選び、解答欄にマークせよ。

地球上には、現在、190万種もの生物が生育・生息していることが確認されているが、
(A)潜在的にはその10倍以上もの生物種が存在しているとされる。なかでも、植物はさま
ざまな生物を結ぶ起点として重要な役割を果たす。ある場所に生育する植物の集まりは植
生と呼ばれ、植生を構成する植物とそこでみられる動物や微生物を含むすべてのまと
まりをバイオーム（生物群系）という。(B)バイオームを構成する各生物種はさまざまな非生
(C)物的環境と密接に関係しあう。生物と非生物的環境のまとまりである生態系は、(D)さまざ
まな人為的影響を受けている。

問1 下線部（A）に関して，以下の a， b の各問いに答えよ。

a. 下記の生物群の中で，すでに種として記録されている生物種の数^①が最も少ないものはどれか。1つ選べ。 1

1 に対する解答群

- | | |
|-------|--------|
| ① 植 物 | ② 菌 類 |
| ③ 昆虫類 | ④ 脊椎動物 |

b. 生物の種を正式に表すには学名が用いられる。学名の命名は国際命名規約で定められており，現在は^{にめいほう}二名法が採用されている。二名法を確立したのは誰か。1人選べ。 2

2 に対する解答群

- | | | |
|-------|---------|--------------|
| ① ウーズ | ② ミラー | ③ シュペーマン |
| ④ リンネ | ⑤ ダーウィン | ⑥ ボイセン イェンセン |

問2 下線部（B）に関して、以下のa～dの各問いに答えよ。

- a. 図に示すバイオームの分布地図のうち、3 ～ 5 に示す地域に該当するバイオームをそれぞれ1つ選べ。ただし、同じ模様は同じバイオームを示す。

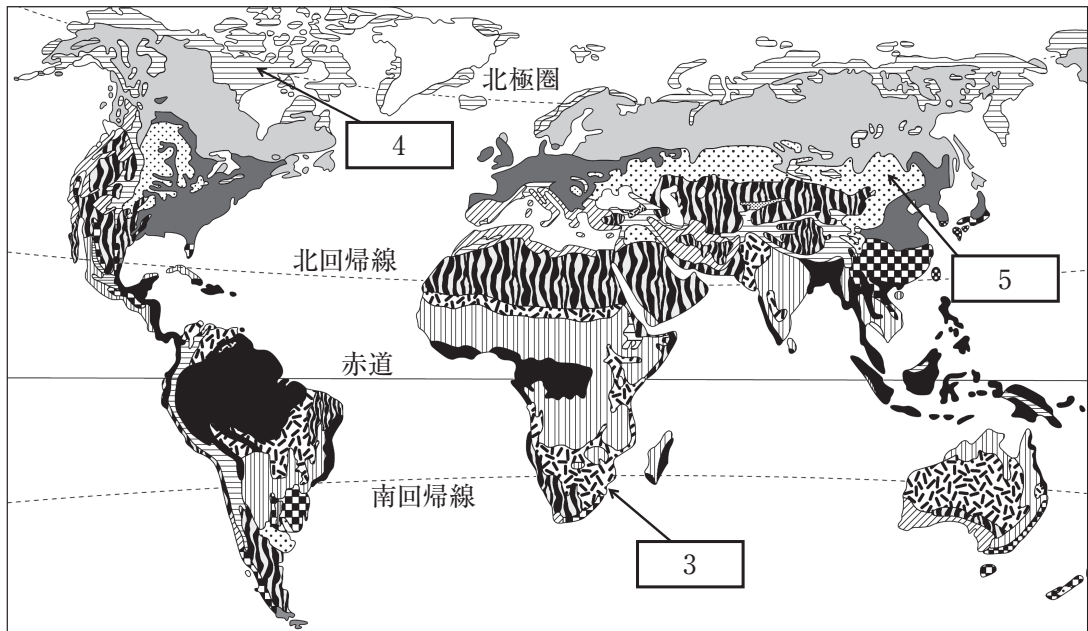


図 バイオームの分布地図

	3
	4
	5

3 ～ 5 に対する解答群

- | | | |
|--------|--------|------------------|
| ① 夏緑樹林 | ② サバンナ | ③ 熱帯・亜熱帯多雨林 |
| ④ 照葉樹林 | ⑤ 針葉樹林 | ⑥ ツンドラ・高山植生 |
| ⑦ ステップ | ⑧ 雨緑樹林 | ⑨ 硬葉樹林 ⑩ 砂漠 |

b. 一般的に、バイオームの分布は気温や降水量などの気候的要因によって規定される。このうち、十分な降水量がある日本では、その場所がどのようなバイオームになるのかは気温によって決まる。両者の関係性を示す指標に、吉良竜夫によって体系化された暖かさの指数（Warmth Index：WI）がある。

これらのことをふまえて、次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

シカの食害が激しい大台ヶ原（奈良県と三重県の県境に位置する台地上の山地）の植生の回復・再生に向けて調査を行うこととなった。事前に、大台ヶ原の最高峰である日出ヶ岳（標高 1695 m）山頂の潜在的な植生の姿を把握すべく、WI を求めたい。そこで、日出ヶ岳から最も近い観測所（上北山観測所：標高 334 m）を起点とするアメダスデータをもとに日出ヶ岳山頂の WI を求めた場合、その値はいくつになるか。最も近い値を選べ。なお、気温^{ていけん}遞減率（高度の上昇にともなう気温の低下の割合）は標高 100 m あたり 0.6℃ とする。また、山頂の気温を求める際は、小数第 1 位までの値を用いて計算せよ。

6

表 上北山観測所における2024年の各月の平均気温（気象庁アメダスデータより）

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
℃	3.5	6.3	6.8	14.8	16.5	20.2	25.7	26.1	23.9	18.5	11.8	4.6

6 に対する解答群

- ① 20.3
- ② 39.7
- ③ 53.3
- ④ 80.3
- ⑤ 120.6
- ⑥ 142.7
- ⑦ 178.7

c. 前問 b の結果をふまえ、日出ヶ岳山頂に成立しうるバイオームとして正しいものを 1 つ選べ。 7

7 に対する解答群

- | | | |
|----------|--------|--------|
| ① 亜熱帯多雨林 | ② 夏緑樹林 | ③ 硬葉樹林 |
| ④ 照葉樹林 | ⑤ ツンドラ | |

d. 次の記述のうち、正しいものはどれか。正しい記述をすべて含む組みあわせを 1 つ選べ。 8

- ア. 日本のバイオームの分布を垂直方向でとらえた場合、各バイオームの分布の境界となる標高 (m) は、高緯度地域では低緯度地域より低くなる傾向にある。
- イ. 富士山には、標高に応じて 5 つのバイオームが分布している。
- ウ. 日本のマングローブが、世界のマングローブ分布の北限である。
- エ. 森林限界を超えた標高であっても樹木は生育できる。

8 に対する解答群

- | | | | |
|---------|---------|-----------|---------|
| ① アのみ | ② イのみ | ③ ウのみ | ④ エのみ |
| ⑤ アとイ | ⑥ アとウ | ⑦ アとエ | ⑧ イとウ |
| ⑨ イとエ | ⑩ ウとエ | ① アとイとウ | ② アとイとエ |
| ③ アとウとエ | ④ イとウとエ | ⑤ アとイとウとエ | |

問3 下線部（C）に関して，以下のa，bの各問いに答えよ。

- a. 生物が非生物的環境に与えるさまざまな影響を何と呼ぶか。正しいものを1つ
選べ。 9

9 に対する解答群

- ① 非競争的阻害 ② 復元力（レジリエンス） ③ 適応度
④ 生物濃縮 ⑤ 環境形成作用 ⑥ 適応放散

- b. 次の記述のうち，正しいものはどれか。正しい記述をすべて含む組みあわせを
1つ選べ。 10

ア. 腐植層（腐食土層）の厚さは，微生物の活動が活発で分解速度が速い熱帯の
森林では薄い。

イ. ネンジュモなどの一部のシアノバクテリアのほか，クロストリジウムなどの
細菌は，大気中に約21%含まれる酸素をオゾンに変えるはたらきをもつ。

ウ. ギャップ（林冠の空所）下では，ギャップの大きさによらず光補償点の低い
陽樹が素早く旺盛に成長し，ギャップを埋める。

エ. 植物プランクトンの光合成量と呼吸量がつり合う水深を補償深度という。

10 に対する解答群

- ① アのみ ② イのみ ③ ウのみ ④ エのみ
⑤ アとイ ⑥ アとウ ⑦ アとエ ⑧ イとウ
⑨ イとエ ⑩ ウとエ a アとイとウ b アとイとエ
c アとウとエ d イとウとエ e アとイとウとエ

問4 下線部（D）に関する次の記述のうち、正しいものはどれか。正しい記述をすべて含む組み合わせを1つ選べ。

11

ア. 1990年から2015年にかけて、主要な温室効果ガスである二酸化炭素における大気中の濃度の上昇は緩やかになっている。

イ. 外来生物のうち、日本の生態系や人間の生活などに特に大きな影響を及ぼす、あるいは及ぼす可能性が高いと予測・評価される生物は、外来生物法において特定外来生物に指定されている。

ウ. 保湿剤や肥料等で使用される尿素は、食物連鎖を通じて生物濃縮される。

エ. 世界の森林面積は農地転換や過剰伐採などにより、近年、減少の一途をたどっているが、増加している地域もある。

11 に対する解答群

- | | | | |
|---------|---------|-----------|---------|
| ① アのみ | ② イのみ | ③ ウのみ | ④ エのみ |
| ⑤ アとイ | ⑥ アとウ | ⑦ アとエ | ⑧ イとウ |
| ⑨ イとエ | ⑩ ウとエ | ㉐ アとイとウ | ㉑ アとイとエ |
| ㉒ アとウとエ | ㉓ イとウとエ | ㉔ アとイとウとエ | |

(第Ⅱ問は次ページから始まる)

Ⅱ 生命の誕生に関する次の文章を読み、以下の各問いに答えよ。答えは各問いの下
の解答群から最も適切なものを選び、解答欄にマークせよ。

地球は、今から約46億年前に誕生した。誕生したばかりの地球は原始地球と呼ばれ、
熱いマグマに覆われていたと推定されている。その後、原始大気が生じ、やがて地球表
面の温度が下がると、大気中の水蒸気が凝縮して大量の水が生じ、原始海洋が形成され、
約40億年前に、生命誕生の条件が整ったと考えられている。

(A)
生物を構成しているのは、タンパク質や炭水化物をはじめとするさまざまな
12 である。そのため、生物が誕生するにあたっては、材料となる 12 が
必要であった。1953年に、ミラーは、原始地球の大気を想定した混合気体に放電するこ
(B)
とで、タンパク質を構成するアミノ酸などの 12 が生成されることを報告してい
る。現在では、原始地球の大気の主成分はミラーの実験で使われた気体とは異なると考
えられているが、現在考えられている原始地球の大気や海底の熱水噴出孔付近を想定し
た条件でも 12 が合成されることが示されている。このような生物が出現する前
の、 13 から単純な構造の 12 を経て複雑な 12 が生成されていっ
た過程を 14 という。このほかに、隕石などによって 12 がもたらされた
可能性も考えられている。

地球上の生物には、 13 から 12 を合成することができる独立栄養生物
(C)
と合成することができない従属栄養生物が存在するが、初期の生物がどちらであったか
は明らかではない。初期の生物が誕生した後、多量に存在する水と 13 である
15 を利用して、酸素発生型の光合成を行う 16 が出現し、繁栄すること
になる。

問1 文中の に当てはまるものをそれぞれ1つ選べ。ただし、同じ番号は同じものを示す。

12 ~ 16 に対する解答群

- | | | |
|---------|---------------|------------|
| ① 化学進化 | ② 自然選択 | ③ シアノバクテリア |
| ④ 好気性細菌 | ⑤ バクテリオクロロフィル | ⑥ 無機物 |
| ⑦ 有機物 | ⑧ 硫化水素 | ⑨ 一酸化炭素 |
| ⑩ 二酸化炭素 | | |

問2 下線部（A）に関して，初期の生命に関する仮説についての次の文章を読み，文中の ア ～ エ および オ ～ キ に当てはまる用語の組みあわせとして正しいものをそれぞれ1つ選べ。ただし，同じ文字は同じものを示す。

現在，地球上に存在する生物は ア に イ を保持しているが，最初の生命では ウ に イ が保持されていたと考えられている。その理由は， ウ には イ をもつとともに，化学反応の エ をもつもの（ オ ）もあることが明らかになったからである。しかし，現在の地球上に存在する生物では， イ を保持する ア の配列は カ に転写され，その配列情報をもとにアミノ酸が並べられ， キ が合成される。 ア は ウ に比べて安定した物質であるため，重要な イ を蓄えるにはより適した分子である。また，化学反応の エ も ウ よりも キ の方がより効率的に行うことができる。そのため， ウ が イ の保持と エ の両方を担っていた ウ ワールドから，それぞれの役割を ア と キ に明け渡した ア ワールドへ移行したと推定されている。

ア ～ エ : 17

17 に対する解答群

	ア	イ	ウ	エ
①	DNA	遺伝情報	RNA	触媒作用
②	DNA	触媒作用	RNA	遺伝情報
③	RNA	遺伝情報	DNA	触媒作用
④	RNA	触媒作用	DNA	遺伝情報

オ ～ キ : 18

18 に対する解答群

	オ	カ	キ
①	リボザイム	mRNA	タンパク質
②	リボザイム	mRNA	補酵素
③	リボザイム	rRNA	タンパク質
④	リボザイム	rRNA	補酵素
⑤	ポリメラーゼ	mRNA	タンパク質
⑥	ポリメラーゼ	mRNA	補酵素
⑦	ポリメラーゼ	rRNA	タンパク質
⑧	ポリメラーゼ	rRNA	補酵素

問3 下線部（B）に関して，ミラーが実験で使用した原始地球の大気の成分（気体）として正しいものはどれか。正しいものをすべて含む組みあわせを1つ選べ。

19

ア．アンモニア

イ．水蒸気

ウ．水 素

エ．メタン

19 に対する解答群

- | | | | |
|---------|---------|-----------|---------|
| ① アのみ | ② イのみ | ③ ウのみ | ④ エのみ |
| ⑤ アとイ | ⑥ アとウ | ⑦ アとエ | ⑧ イとウ |
| ⑨ イとエ | ⑩ ウとエ | Ⓐ アとイとウ | Ⓑ アとイとエ |
| Ⓒ アとウとエ | Ⓓ イとウとエ | Ⓔ アとイとウとエ | |

問4 下線部（C）に分類される生物として正しいものはどれか。正しいものをすべて含む組みあわせを1つ選べ。

20

ア．緑色硫黄細菌

イ．硫黄細菌

ウ．亜硝酸菌

エ．硝酸菌

20 に対する解答群

- | | | | |
|---------|---------|-----------|---------|
| ① アのみ | ② イのみ | ③ ウのみ | ④ エのみ |
| ⑤ アとイ | ⑥ アとウ | ⑦ アとエ | ⑧ イとウ |
| ⑨ イとエ | ⑩ ウとエ | Ⓐ アとイとウ | Ⓑ アとイとエ |
| Ⓒ アとウとエ | Ⓓ イとウとエ | Ⓔ アとイとウとエ | |

(第Ⅲ問は次ページから始まる)

Ⅲ 光合成に関する次の文章を読み、以下の各問いに答えよ。答えは各問いの下の解答群から最も適当なものを選び、解答欄にマークせよ。

光合成は の一例であり、植物や藻類の光合成の場は葉緑体である。葉緑体は、直径 $5 \sim 10 \mu\text{m}$ 、厚さ $2 \sim 3 \mu\text{m}$ の凸レンズの形をした である。

光合成の反応は、光エネルギーを用いた反応と、光エネルギーが直接関係しない反応の大きく2つに分けられる。光エネルギーを用いた反応には2つの 系が関与し、電子のやり取りを介して連動している。光エネルギーによってクロロフィルが活性化され、電子が放出される。放出された電子は、最終的に NADP^+ に渡され、高いエネルギーと強い 力をもつ NADPH が生じる。また、この光エネルギーを利用して ATP も生産される。一方、光エネルギーが直接関係しない反応では、 NADPH と ATP を用いて、二酸化炭素 (CO_2) が固定され、有機物が合成される。 CO_2 固定をカルビン回路だけで行う植物を C_3 植物という。これに対して、いったん CO_2 を C_3 化合物と結合させて C_4 化合物を合成したあとに、これを分解して CO_2 を取り出し、カルビン回路で固定して有機物を合成する植物を C_4 植物という。

問1 文中の に当てはまるものをそれぞれ1つ選べ。

21 に対する解答群

- ① 同 化 ② 異 化 ③ 呼 吸

22 , 23 に対する解答群

- ① 細胞質 ② 細胞小器官 ③ 酵 素
④ 細胞膜 ⑤ 組 織 ⑥ 光化学

24 に対する解答群

- ① 酸 化 ② 還 元

問2 下線部（A）に関する次の記述のうち、正しいものはどれか。正しい記述をすべて含む組み合わせを1つ選べ。 25

- ア．内膜と外膜があり、独自の DNA をもつ。
- イ．内部には、へん平な袋状の構造であるチラコイドが存在する。
- ウ．チラコイドが積み重なった構造は、ストロマと呼ばれる。
- エ．シアノバクテリアが細胞内に共生して生じたと考えられている。

25 に対する解答群

- | | | | |
|---------|---------|-----------|---------|
| ① アのみ | ② イのみ | ③ ウのみ | ④ エのみ |
| ⑤ アとイ | ⑥ アとウ | ⑦ アとエ | ⑧ イとウ |
| ⑨ イとエ | ⑩ ウとエ | Ⓐ アとイとウ | Ⓑ アとイとエ |
| Ⓒ アとウとエ | Ⓓ イとウとエ | Ⓔ アとイとウとエ | |

問3 光合成における下線部（B）に関する次の記述のうち、正しいものはどれか。正しい記述をすべて含む組み合わせを1つ選べ。 26

- ア．光エネルギーを用いて生産された ATP は、主として植物の呼吸に用いられる。
- イ．ヒルによる実験では、光合成の光反応において水が分解され、二酸化炭素が発生することが示された。
- ウ．光を吸収する光合成色素は、葉緑体の中のチラコイド膜に含まれる。
- エ．クロロフィルは青色と赤色の光を、カロテノイドは青色の光を強く吸収する。

26 に対する解答群

- | | | | |
|---------|---------|-----------|---------|
| ① アのみ | ② イのみ | ③ ウのみ | ④ エのみ |
| ⑤ アとイ | ⑥ アとウ | ⑦ アとエ | ⑧ イとウ |
| ⑨ イとエ | ⑩ ウとエ | Ⓐ アとイとウ | Ⓑ アとイとエ |
| Ⓒ アとウとエ | Ⓓ イとウとエ | Ⓔ アとイとウとエ | |

問4 光合成における下線部（C）に関する次の記述のうち、正しいものはどれか。正しい記述をすべて含む組み合わせを1つ選べ。

27

ア. リブローズ 1,5-ビスリン酸（RuBP）カルボキシラーゼ/オキシゲナーゼ（ルビスコ）は、 CO_2 を固定する酵素である。

イ. カルビン回路では、ホスホグリセリン酸が還元される。

ウ. カルビン回路では、1分子の CO_2 が固定されて、1分子のグリセルアルデヒド-3-リン酸（GAP）が生成される。

エ. カルビン回路で合成されたGAPから、デンプンや糖などの有機物がつくられる。

27 に対する解答群

- | | | | |
|---------|---------|-----------|---------|
| ① アのみ | ② イのみ | ③ ウのみ | ④ エのみ |
| ⑤ アとイ | ⑥ アとウ | ⑦ アとエ | ⑧ イとウ |
| ⑨ イとエ | ⑩ ウとエ | Ⓐ アとイとウ | Ⓑ アとイとエ |
| Ⓒ アとウとエ | Ⓓ イとウとエ | Ⓔ アとイとウとエ | |

問5 下線部（D）に関する次の記述のうち、正しいものはどれか。正しい記述をすべて含む組み合わせを1つ選べ。

28

ア. ATP は、アデニンとリボースが結合したアデノシンに3個のリン酸が結合した化合物である。

イ. チラコイド内腔に濃縮された H^+ が、濃度勾配に従って ATP 合成酵素を通過して移動する時のエネルギーを利用して、ATP 合成酵素が ADP をリン酸化して ATP を生産する。

ウ. カルビン回路では、1分子の CO_2 を固定するときに、6分子の ATP のエネルギーを消費する。

エ. ATP は、カルビン回路で合成された GAP を RuBP に再生する過程でも用いられる。

28 に対する解答群

- | | | | |
|---------|---------|-----------|---------|
| ① アのみ | ② イのみ | ③ ウのみ | ④ エのみ |
| ⑤ アとイ | ⑥ アとウ | ⑦ アとエ | ⑧ イとウ |
| ⑨ イとエ | ⑩ ウとエ | ㉑ アとイとウ | ㉒ アとイとエ |
| ㉓ アとウとエ | ㉔ イとウとエ | ㉕ アとイとウとエ | |

問6 下線部(E)に関して、以下のa, bの各問いに答えよ。

a. C_4 植物をすべて含む組みあわせを1つ選べ。

29

ア. イ ネ

イ. トウモロコシ

ウ. ダイズ

エ. サトウキビ

29 に対する解答群

- | | | | |
|---------|---------|-----------|---------|
| ① アのみ | ② イのみ | ③ ウのみ | ④ エのみ |
| ⑤ アとイ | ⑥ アとウ | ⑦ アとエ | ⑧ イとウ |
| ⑨ イとエ | ⑩ ウとエ | Ⓐ アとイとウ | Ⓑ アとイとエ |
| Ⓒ アとウとエ | Ⓓ イとウとエ | Ⓔ アとイとウとエ | |

b. C_4 植物がもつ性質に関する次の記述のうち、正しいものはどれか。正しい記述をすべて含む組みあわせを1つ選べ。

30

ア. 強光下での光合成速度は小さく、光飽和点も低い。

イ. CO_2 が固定されて最初に生成される物質はリンゴ酸である。

ウ. カルビン回路は維管束鞘細胞に存在している。

エ. 高温で乾燥しやすい環境での光合成に適したしくみをもっている。

30 に対する解答群

- | | | | |
|---------|---------|-----------|---------|
| ① アのみ | ② イのみ | ③ ウのみ | ④ エのみ |
| ⑤ アとイ | ⑥ アとウ | ⑦ アとエ | ⑧ イとウ |
| ⑨ イとエ | ⑩ ウとエ | Ⓐ アとイとウ | Ⓑ アとイとエ |
| Ⓒ アとウとエ | Ⓓ イとウとエ | Ⓔ アとイとウとエ | |

Ⅳ DNA の複製に関する次の文章を読み、以下の各問いに答えよ。答えは各問いの下の解答群から最も適当なものを選び、解答欄にマークせよ。

(A) 真核生物のゲノムを構成する DNA は、核内で複数の線状 DNA として存在する。一方、原核生物のゲノムを構成する DNA の多くは、環状である。真核生物も原核生物も細胞周期の間期に、母細胞に含まれるもとの DNA と同じ配列をもつ DNA がもう 1 組つくられ、細胞あたりの DNA 量は 2 倍になる。もとの DNA と同じ配列をもつ DNA がつくられることを DNA の複製 という。

(B) DNA の複製では、まず、 と呼ばれる DNA 上の特定の領域で、塩基間の水素結合が切れる。そこへ という酵素が結合して DNA の二重らせん構造がほどかれる。一本鎖になったヌクレオチド鎖の塩基に、相補的な塩基をもつヌクレオチドが塩基の部分で弱く結合する。そして、DNA ポリメラーゼが隣り合ったヌクレオチドどうしを連結し、新しいヌクレオチド鎖が形成される。 や DNA ポリメラーゼが鋳型となるヌクレオチド鎖の上を 末端側から 末端側方向へ移動しながら、これらの反応を繰り返すことで、新しいヌクレオチド鎖が伸長していく。

問 1 文中の に当てはまるものをそれぞれ 1 つ選べ。ただし、同じ番号は同じものを示す。

, に対する解答群

- | | |
|----------------|---------------|
| ① プロモーター | ② DNA リガーゼ |
| ③ 転写調節領域 | ④ 一塩基多型 (SNP) |
| ⑤ 複製起点 (複製開始点) | ⑥ リプレッサー |
| ⑦ DNA ヘリカーゼ | ⑧ オペロン |
| ⑨ RNA ポリメラーゼ | |

, に対する解答群

- | | | |
|------|------|------|
| ① 1' | ② 2' | ③ 3' |
| ④ 4' | ⑤ 5' | |

問2 下線部（A）に関する次の記述のうち、正しいものはどれか。正しい記述をすべて含む組み合わせを1つ選べ。

35

ア. 真核生物のDNAはミオシンと呼ばれるタンパク質に巻きついて、ヌクレオソームを形成している。

イ. ヌクレオソームは、折りたたまれてクロマチン（クロマチン繊維）と呼ばれる高次構造を形成する。

ウ. 遺伝子の転写が行われている領域では、クロマチン繊維の高次構造が緩んでいる。

エ. 真核生物の染色体の末端にはテロメアと呼ばれる構造があり、特定の塩基配列が繰り返されている。

35 に対する解答群

- | | | | |
|---------|---------|-----------|---------|
| ① アのみ | ② イのみ | ③ ウのみ | ④ エのみ |
| ⑤ アとイ | ⑥ アとウ | ⑦ アとエ | ⑧ イとウ |
| ⑨ イとエ | ⑩ ウとエ | Ⓐ アとイとウ | Ⓑ アとイとエ |
| Ⓒ アとウとエ | Ⓓ イとウとエ | Ⓔ アとイとウとエ | |

問3 下線部（B）に関する次の文章を読み、以下のa～cの各問いに答えよ。

DNAは 36 複製と呼ばれるしくみで複製される。DNAの 36 複製は、1958年、37 と 38 による以下の実験によって証明された。

37 と 38 は、窒素（N）をふつうの窒素 ^{14}N よりも質量が大きい同位体 ^{15}N に置き換えた塩化アンモニウム（ $^{15}\text{NH}_4\text{Cl}$ ）を含む培地で大腸菌を何世代も培養し、そのDNA中の窒素をすべて ^{15}N に置き換えた。その後、この大腸菌を $^{14}\text{NH}_4\text{Cl}$ のみを含む培地に移して培養し、1回、2回、…と分裂のたびに大腸菌からDNAを抽出し、遠心分離によってその比重を調べた。

その結果、以下の図のとおり、比重の大きいDNA（重いDNA）、比重の中間のDNA（中間のDNA）、および比重の小さいDNA（軽いDNA）の3種類がみられた。すなわち、もとの大腸菌のDNAは重いものだけ、1回分裂した大腸菌のDNAは中間のものだけ、2回分裂した大腸菌のDNAは中間のものと軽いものが1:1であった。なお、重いDNAはDNA中の窒素がすべて ^{15}N であり、軽いDNAはDNA中の窒素がすべて ^{14}N であった。また、この実験で得られたDNAはすべて分解されていない二本鎖であった。

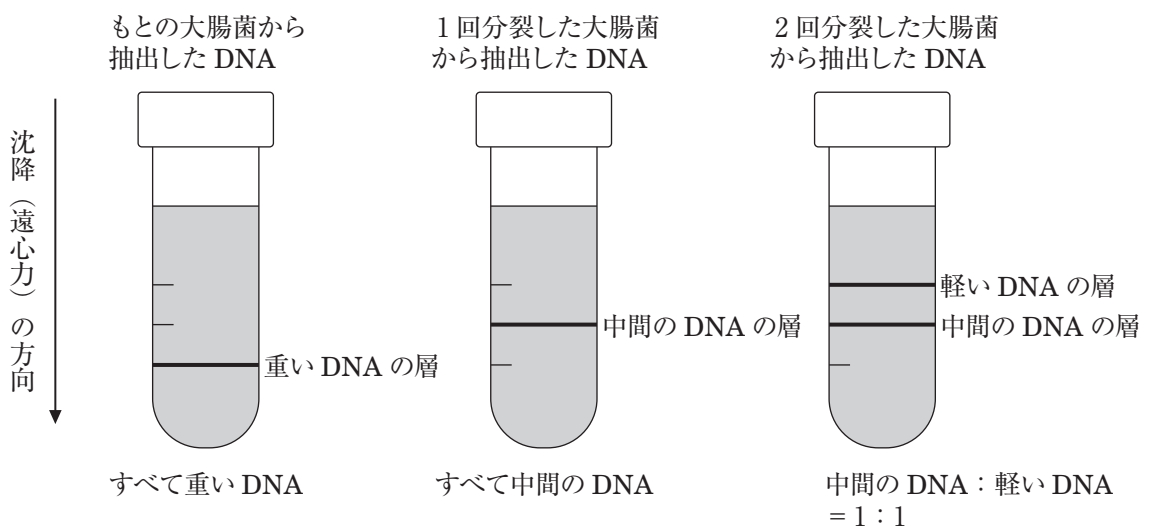


図 大腸菌から抽出した DNA を遠心分離した実験結果

a. 文中の に当てはまるものをそれぞれ1つ選べ。ただし、同じ番号は同じものを示す。また、 37 と 38 の解答の順序は問わない。

36 に対する解答群

- ① 選択的 ② 保存的 ③ 半保存的 ④ 分散的

37 , 38 に対する解答群

- ① クリック ② チェイス ③ ガードン
④ フランクリン ⑤ メセルソン ⑥ ウィルキンス
⑦ グリフィス ⑧ メンデル ⑨ エイブリー
⑩ ハーシー ⑩ a ワトソン ⑩ b スタール

b. 大腸菌を $^{14}\text{NH}_4\text{Cl}$ のみを含む培地に移した後、4回分裂した大腸菌から抽出した DNA には、それぞれどのような比重の DNA がどのような割合で含まれると考えられるか。もっとも小さい整数比で答えよ。

重い DNA : 中間の DNA : 軽い DNA = 39 : 40 : 41

39 ~ 41 に対する解答群

- ① 0 ② 1 ③ 2 ④ 3
⑤ 4 ⑥ 5 ⑦ 6 ⑧ 7
⑨ 8 ⑩ 9 ⑩ a 10 ⑩ b 12

c. 大腸菌のゲノム DNA の複製には、始まってから完了するまでに、おおよそ45分かかる。大腸菌の DNA ポリメラーゼの DNA 合成速度が850ヌクレオチド/秒とすると、大腸菌のゲノム DNA はおおよそ何塩基対か。1つ選べ。ただし、複製の間、DNA の合成速度は一定であるものとする。

おおよそ 塩基対

に対する解答群

- | | | | |
|-------|--------|--------|--------|
| ① 4万 | ② 8万 | ③ 12万 | ④ 23万 |
| ⑤ 46万 | ⑥ 115万 | ⑦ 230万 | ⑧ 460万 |