

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) k を定数とする。座標平面上において、円 $C: x^2 + y^2 - 2x - 6y + 6 = 0$ と直線 $l: y = -x + k$ がある。円 C と直線 l が異なる 2 点で交わる時、 k のとりうる値の範囲は

$$\boxed{\text{ア}} - \boxed{\text{イ}} \sqrt{\boxed{\text{ウ}}} < k < \boxed{\text{エ}} + \boxed{\text{オ}} \sqrt{\boxed{\text{カ}}}$$

である。また、直線 l が円 C によって切り取られてできる線分の長さが $2\sqrt{2}$ となる k の値は 2 つあり、小さい順に $\boxed{\text{キ}}$, $\boxed{\text{ク}}$ である。円 C に内接する長方形のうち、一辺の長さが $2\sqrt{2}$ となる長方形の面積は $\boxed{\text{ケ}}$ である。

- (2) 2006 より大きく 2025 より小さい数のうち、11 を分母とする既約分数は全部で $\boxed{\text{コサシ}}$ 個あり、それらの総和は $\boxed{\text{スセソタチツ}}$ である。

- (3) 円に内接する四角形 ABCD において、 $AB = 2$, $BC = 3$, $CD = 4$,

$DA = 5$ とする。 $\cos \angle BAD = \frac{\boxed{\text{テ}}}{\boxed{\text{トナ}}}$ であり、四角形 ABCD の面積は

$\boxed{\text{ニ}} \sqrt{\boxed{\text{ヌネ}}}$ である。

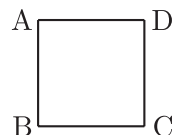
(計 算 用 紙)

II 袋の中に赤と緑と青のさいころが1つずつ入っている。どのさいころも正六面体であり、各面が出る確率は $\frac{1}{6}$ である。それぞれのさいころの各面には以下のように数字が1つずつ書かれている。

赤：0, 0, 0, 0, 3, 4

緑：0, 0, 0, 2, 2, 3

青：0, 0, 1, 1, 1, 2



以下の①, ②を合わせて1回の試行とし、これを繰り返す。

- ① 袋からさいころを1つ取り出し、1回投げて出た面に書かれた数 n を記録し、さいころを袋に戻す。
- ② 上図の正方形 ABCD のいずれかの頂点にあるコマを反時計回りに隣の頂点に n 回動かす。ただし $n = 0$ の場合はコマを動かさない。

1つのコマを頂点 A に置いて、1回目の試行を開始する。

- (1) 1回目の試行後にコマが頂点 A にいる確率は $\frac{\boxed{\text{ア}}}{\boxed{\text{イ}}}$ であり、頂点 B にいる確率は $\frac{\boxed{\text{ウ}}}{\boxed{\text{エ}}}$ であり、頂点 C にいる確率は $\frac{\boxed{\text{オ}}}{\boxed{\text{カ}}}$ である。

- (2) 1回目の試行後のコマの位置から2回目の試行を行う。

- (i) 1回目、2回目どちらの試行においても、赤のさいころが取り出され、かつ2回目の試行後にコマが頂点 A にいる確率は $\frac{\boxed{\text{キク}}}{\boxed{\text{ケコサ}}}$ である。

- (ii) 2回の試行で少なくとも1回は赤のさいころが取り出され、かつ2回目の試行後にコマが頂点 A にいる確率は $\frac{\boxed{\text{シ}}}{\boxed{\text{ス}}}$ である。

- (iii) 1回目、2回目どちらの試行においても、緑または青のさいころが取り出され、かつ2回目の試行後にコマが頂点 A にいる確率は $\frac{\boxed{\text{セソ}}}{\boxed{\text{タチ}}}$ である。

(計 算 用 紙)

III 座標平面上の点 $A(0,0)$, $B(4,0)$ と、第1象限内の点 C を頂点とする $\triangle ABC$ と、 $\triangle ABC$ の内部の点 P について考える。直線 AP が辺 BC と交わる点を D とし、直線 BP が辺 CA と交わる点を E とし、直線 CP が辺 AB と交わる点を F とする。

(1) P が $\triangle ABC$ の重心であるとき、

(i) $\triangle ABC$ の周の長さは、 $\triangle DEF$ の周の長さの $\boxed{\text{ア}}$ 倍である。

(ii) $\triangle ABC$ の面積は、 $\triangle DEF$ の面積の $\boxed{\text{イ}}$ 倍である。

(2) $AC = 2$, $BC = 3$ とする。 P が $\triangle ABC$ の内心であるとき、

(i) C の x 座標は $\frac{\boxed{\text{ウエ}}}{\boxed{\text{オ}}}$ である。

(ii) E の x 座標は $\frac{\boxed{\text{カキ}}}{\boxed{\text{クケ}}}$ であり、 $AE = \frac{\boxed{\text{コ}}}{\boxed{\text{サ}}}$ である。

(iii) P の x 座標は $\frac{\boxed{\text{シ}}}{\boxed{\text{ス}}}$ である。

(iv) D の x 座標は $\frac{\boxed{\text{セ}}}{\boxed{\text{ソ}}}$ であり、 F の x 座標は $\frac{\boxed{\text{タ}}}{\boxed{\text{チ}}}$ である。

(v) $\triangle ABC$ の面積は、 $\triangle DEF$ の面積の $\frac{\boxed{\text{ツテ}}}{\boxed{\text{ト}}}$ 倍である。

(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 $\frac{\text{ク} + \frac{\text{ケ}}{\text{サ}} \sqrt{\text{コ}}}{\text{サ}}$

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) k を定数とする。座標平面上において、円 $C: x^2 + y^2 - 2x - 6y + 6 = 0$ と直線 $l: y = -x + k$ がある。円 C と直線 l が異なる 2 点で交わる時、 k のとりうる値の範囲は

$$\boxed{\text{ア}} - \boxed{\text{イ}} \sqrt{\boxed{\text{ウ}}} < k < \boxed{\text{エ}} + \boxed{\text{オ}} \sqrt{\boxed{\text{カ}}}$$

である。また、直線 l が円 C によって切り取られてできる線分の長さが $2\sqrt{2}$ となる k の値は 2 つあり、小さい順に $\boxed{\text{キ}}$, $\boxed{\text{ク}}$ である。円 C に内接する長方形のうち、一辺の長さが $2\sqrt{2}$ となる長方形の面積は $\boxed{\text{ケ}}$ である。

- (2) 2006 より大きく 2025 より小さい数のうち、11 を分母とする既約分数は全部で $\boxed{\text{コサシ}}$ 個あり、それらの総和は $\boxed{\text{スセソタチツ}}$ である。

- (3) 円に内接する四角形 ABCD において、 $AB = 2$, $BC = 3$, $CD = 4$,

$DA = 5$ とする。 $\cos \angle BAD = \frac{\boxed{\text{テ}}}{\boxed{\text{トナ}}}$ であり、四角形 ABCD の面積は

$\boxed{\text{ニ}} \sqrt{\boxed{\text{ヌネ}}}$ である。

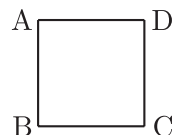
(計 算 用 紙)

II 袋の中に赤と緑と青のさいころが1つずつ入っている。どのさいころも正六面体であり、各面が出る確率は $\frac{1}{6}$ である。それぞれのさいころの各面には以下のように数字が1つずつ書かれている。

赤：0, 0, 0, 0, 3, 4

緑：0, 0, 0, 2, 2, 3

青：0, 0, 1, 1, 1, 2



以下の①, ②を合わせて1回の試行とし、これを繰り返す。

- ① 袋からさいころを1つ取り出し、1回投げて出た面に書かれた数 n を記録し、さいころを袋に戻す。
- ② 上図の正方形 ABCD のいずれかの頂点にあるコマを反時計回りに隣の頂点に n 回動かす。ただし $n = 0$ の場合はコマを動かさない。

1つのコマを頂点 A に置いて、1回目の試行を開始する。

- (1) 1回目の試行後にコマが頂点 A にいる確率は $\frac{\boxed{\text{ア}}}{\boxed{\text{イ}}}$ であり、頂点 B にいる確率は $\frac{\boxed{\text{ウ}}}{\boxed{\text{エ}}}$ であり、頂点 C にいる確率は $\frac{\boxed{\text{オ}}}{\boxed{\text{カ}}}$ である。

(2) 1回目の試行後のコマの位置から2回目の試行を行う。

- (i) 1回目、2回目どちらの試行においても、赤のさいころが取り出され、かつ2回目の試行後にコマが頂点 A にいる確率は $\frac{\boxed{\text{キク}}}{\boxed{\text{ケコサ}}}$ である。

- (ii) 2回の試行で少なくとも1回は赤のさいころが取り出され、かつ2回目の試行後にコマが頂点 A にいる確率は $\frac{\boxed{\text{シ}}}{\boxed{\text{ス}}}$ である。

- (iii) 1回目、2回目どちらの試行においても、緑または青のさいころが取り出され、かつ2回目の試行後にコマが頂点 A にいる確率は $\frac{\boxed{\text{セソ}}}{\boxed{\text{タチ}}}$ である。

(計 算 用 紙)

III i を虚数単位とする。 α, β は方程式 $z^6 = 1$ の解であり、 $\alpha^3 \neq 1$ を満たし、 β の偏角 θ は、 $0 \leq \theta < 2\pi$ の範囲で考えたとき、 $0 < \theta < \frac{\pi}{2}$ を満たす。

(1) α に関して

$$1 + \alpha^{15} + \alpha^{30} + \alpha^{45} + \alpha^{60} + \alpha^{75} = \boxed{\text{ア}}$$

$$1 + \alpha^{12} + \alpha^{18} + \alpha^{24} + \alpha^{30} + \alpha^{36} = \boxed{\text{イ}}$$

である。

(2) β に関して

$$1 + \beta + \beta^2 + \beta^3 = \sqrt{\boxed{\text{ウ}}} i$$

$$\beta^4 - \beta^5 = \boxed{\text{エオ}}$$

$$(4 - \beta)(4 - \beta^2)(4 - \beta^3)(4 - \beta^4)(4 - \beta^5) = \boxed{\text{カキクケ}}$$

$$\beta^5 + 2\beta^4 + 3\beta^3 + 4\beta^2 + 5\beta + 6 = \boxed{\text{コ}} + \boxed{\text{サ}} \sqrt{\boxed{\text{シ}}} i$$

である。

(3) 方程式 $\sqrt{2}z^3 = 1 + i$ の解のうち実部が最大であるものを γ とし、その偏角

の 1 つを θ_0 とすると、 $\tan \theta_0 = \boxed{\text{ス}} - \sqrt{\boxed{\text{セ}}}$ である。複素数平面の

点 $A(\gamma)$ を、点 $B(\beta^4)$ を中心として β の偏角 θ だけ回転した点の実部は

$$\frac{\sqrt{\boxed{\text{ソ}}} - \sqrt{\boxed{\text{タ}}} - \boxed{\text{チ}}}{\boxed{\text{ツ}}}$$

である。

(計 算 用 紙)

物 理

(解答番号 ～)

以下の から に最もよくあてはまる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、同じ番号を繰り返して用いてもよい。
数値を選ぶ場合は最も近い値を選ぶものとする。

I 地球のまわりを回る人工衛星について考える。地球の質量を M 、人工衛星の質量を m 、万有引力定数を G とする。ただし、地球は静止した質点と見なしてよく、地球以外の天体から人工衛星にはたらく万有引力は考えないものとする。また、万有引力の位置エネルギーの基準は無限遠にとるものとする。ケプラーの法則は地球を回る人工衛星にも適用でき、ケプラーの第 1 法則から、人工衛星は地球を 1 つの焦点とするだ円軌道上を運動する。

- (1) 図 1 のような、原点 O を中心とするだ円について考えよう。点 A と点 B をだ円の焦点とする。このだ円上の任意の点は 2 つの焦点からの距離の和が一定となっている。いま、半長軸 OC の長さを a 、半短軸 OD の長さを b 、線分 AE の長さを r 、線分 AC の長さを nr とおく。ただし、 $n > 1$ とする。このとき、 $r = \text{} \times a$ と表される。線分 AD の長さが a であることを考慮して、三角形 AOD に三平方の定理を適用すると $b = \text{} \times a$ と求まる。

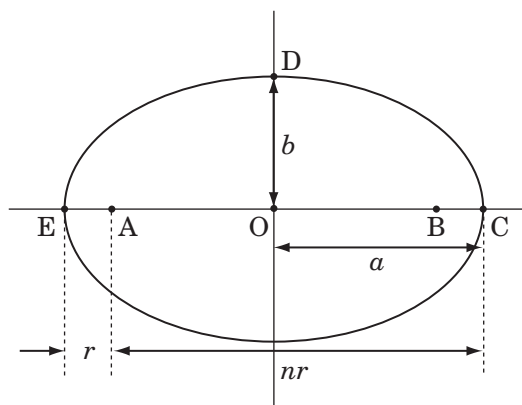


図 1

1 と 2 の解答群

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

- (2) 人工衛星が図 1 の点 A にある地球を焦点とし、最も遠い点が点 C、最も近い点が点 E のだ円軌道をたどるとする。ケプラーの第 2 法則から、地球と人工衛星を結ぶ線分の長さとし線分に垂直な速度の大きさの積の $\frac{1}{2}$ 倍が、線分が単位時間に描く扇型の面積 (面積速度 U) となり、常に一定である。よって、点 C での速さを V 、点 E での速さを v とすれば

$$V = \boxed{3} \times v$$

である。

点 E での人工衛星の力学的エネルギーは $\boxed{4}$ であるが、いま、点 C と点 E での力学的エネルギーは等しいので

$$v = \boxed{5} \times \sqrt{\frac{GM}{a}}$$

である。また、点 D での速度の大きさ u は

$$u = \boxed{6} \times v$$

で与えられる。

$\boxed{3}$, $\boxed{5}$, $\boxed{6}$ の解答群

- | | | | |
|--------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------|
| ① $\frac{1}{n}$ | ② $\frac{1}{\sqrt{n}}$ | ③ $\sqrt{n}$ | ④ n |
| ⑤ $\frac{1}{n+1}$ | ⑥ $\frac{1}{\sqrt{n+1}}$ | ⑦ $\sqrt{n+1}$ | ⑧ $(n+1)$ |
| ⑨ $\frac{2}{n+1}$ | ⑩ $\frac{2}{\sqrt{n+1}}$ | Ⓐ $\frac{\sqrt{n+1}}{2}$ | Ⓑ $\frac{n+1}{2}$ |
| Ⓒ $\frac{2n}{n+1}$ | Ⓓ $\frac{2n}{\sqrt{n+1}}$ | Ⓔ $\frac{\sqrt{n+1}}{2n}$ | Ⓕ $\frac{n+1}{2n}$ |

$$\textcircled{1} \quad mv - G \frac{mM}{r}$$

$$\textcircled{2} \quad mv + G \frac{mM}{r}$$

$$\textcircled{3} \quad mv - G \frac{mM}{r^2}$$

$$\textcircled{4} \quad mv + G \frac{mM}{r^2}$$

$$\textcircled{5} \quad \frac{1}{2}mv^2 - G \frac{mM}{r}$$

$$\textcircled{6} \quad \frac{1}{2}mv^2 + G \frac{mM}{r}$$

$$\textcircled{7} \quad \frac{1}{2}mv^2 - G \frac{mM}{r^2}$$

$$\textcircled{8} \quad \frac{1}{2}mv^2 + G \frac{mM}{r^2}$$

- (3) だ円の面積 S が πab で与えられることを利用すれば、人工衛星がだ円を一周する周期 T は S を面積速度の大きさ $U \left(= \frac{vr}{2} \right)$ で割った

$$T = \frac{S}{U} = \boxed{7}$$

で与えられる。したがって

$$\frac{T^2}{a^3} = \boxed{8} \times \frac{\pi^2}{GM}$$

となる。

$\boxed{7}$ の解答群

- | | | | |
|---|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| ① $\frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{a^3}{GM}}$ | ② $\pi \sqrt{\frac{a^3}{2GM}}$ | ③ $\pi \sqrt{\frac{a^3}{GM}}$ | ④ $\pi \sqrt{\frac{2a^3}{GM}}$ |
| ⑤ $2\pi \sqrt{\frac{a^3}{GM}}$ | ⑥ $2\pi \sqrt{\frac{2a^3}{GM}}$ | ⑦ $4\pi \sqrt{\frac{a^3}{GM}}$ | ⑧ $4\pi \sqrt{\frac{2a^3}{GM}}$ |

$\boxed{8}$ の解答群

- | | | | |
|-----------------|-----------------|-----------------|------|
| ① $\frac{1}{8}$ | ② $\frac{1}{4}$ | ③ $\frac{1}{2}$ | ④ 1 |
| ⑤ 2 | ⑥ 4 | ⑦ 8 | ⑧ 16 |

(計算用紙)

(大問 I (4)は次ページから始まる)

- (4) 人工衛星が点 C を通過するときに瞬間的に速さを変化させたところ、人工衛星の軌道は点 A にある地球を中心とし、線分 AC を半径とする円軌道になった。円軌道にするためには点 C での人工衛星の速さ V' を

$$V' = \boxed{9} \times V$$

にする必要がある。人工衛星がこの円軌道を一周するときの周期を T' とすると

$$\frac{T'^2}{(nr)^3} = \boxed{10} \times \frac{\pi^2}{GM}$$

となる。

$\boxed{9}$ の解答群

- | | | | |
|--------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------|
| ① $\frac{1}{n}$ | ② $\frac{1}{\sqrt{n}}$ | ③ $\sqrt{n}$ | ④ n |
| ⑤ $\frac{2}{n+1}$ | ⑥ $\sqrt{\frac{2}{n+1}}$ | ⑦ $\sqrt{\frac{n+1}{2}}$ | ⑧ $\frac{n+1}{2}$ |
| ⑨ $\frac{2n}{n+1}$ | ⑩ $\sqrt{\frac{2n}{n+1}}$ | Ⓐ $\sqrt{\frac{n+1}{2n}}$ | Ⓑ $\frac{n+1}{2n}$ |

$\boxed{10}$ の解答群

- | | | | |
|-----------------|-----------------|-----------------|--------|
| ① $\frac{1}{8}$ | ② $\frac{1}{4}$ | ③ $\frac{1}{2}$ | ④ 1 |
| ⑤ 2 | ⑥ 4 | ⑦ 8 | ⑧ 16 |

(計算用紙)

(大問Ⅱは次ページから始まる)

Ⅱ 誘導電流について考える。

- (1) 図1に示すように、糸でつるされたコイルがある。中心軸を一致させるように一定速度で磁石のN極を近づけた。その瞬間、11。

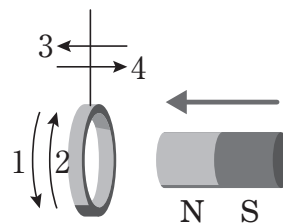


図1

11 の解答群

- ① コイルに1の向きに電流が流れ、コイルは3の向きに動く
- ② コイルに1の向きに電流が流れ、コイルは4の向きに動く
- ③ コイルに2の向きに電流が流れ、コイルは3の向きに動く
- ④ コイルに2の向きに電流が流れ、コイルは4の向きに動く

- (2) 図2のような銅やアルミニウムでできた固定されたパイプの中に円盤状の磁石をS極を上にして落下させると、自由落下と比較して12落ちる。これはパイプに13のように誘導電流が発生するからである。

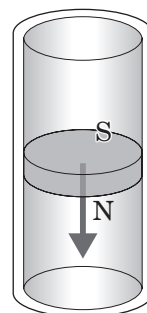
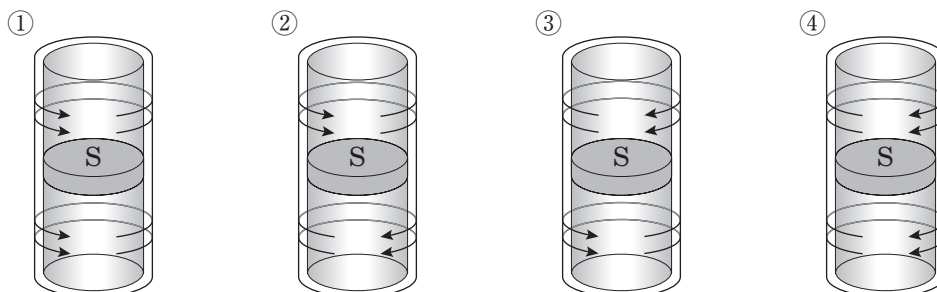


図2

12 の解答群

- ① 速く
- ② 同じ速さで
- ③ ゆっくり

13 の解答群



(3) 図3のように断面積 S [m²] の鉄心に導線を N 回巻いた長さ l [m] のコイル1がある。鉄心の透磁率は μ [N/A²] であり、鉄心の長さは l [m] よりも十分に長い。コイル1には抵抗値 R [Ω] の抵抗、内部抵抗の無視できる起電力 E [V] の電源、およびスイッチが接続されている。いま、スイッチが閉じており、一定の電流 I [A] が流れているとすると、 $I =$ 14 である。このときコイル1内部の磁束密度の大きさは 15 [T] である。

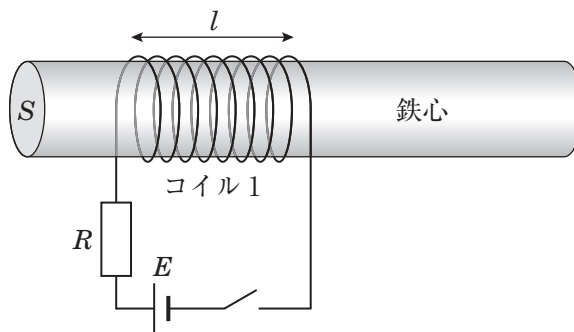
この回路のスイッチをある時点で切ったところ、電流は時間 Δt_1 [s] の間に一定の割合で ΔI_1 [A] 減少した。時間 Δt_1 [s] の間のコイル1内部の磁束 Φ_1 [Wb] は、大きさ $|\Delta \Phi_1| =$ 16 だけ変化する。そのため、コイル1の両端に、誘導起電力 V_1 [V] の電位差が生じる。その大きさは

$$|V_1| = \text{17} \times \left| \frac{\Delta \Phi_1}{\Delta t_1} \right|$$

である。コイルの自己インダクタンス L_1 [H] は電流の時間変化に対する誘導起電力の大きさの比例定数で

$$|V_1| = L_1 \times \left| \frac{\Delta I_1}{\Delta t_1} \right|$$

で定義される。よって、自己インダクタンス L_1 は 18 [H] である。



14 の解答群

- ① $\frac{R}{E}$ ② $\frac{E}{R}$ ③ $\frac{NR}{E}$ ④ $\frac{NE}{R}$ ⑤ $\frac{NR}{lE}$ ⑥ $\frac{NE}{lR}$

15 の解答群

- ① N ② NI ③ μN ④ μNI ⑤ Nl ⑥ NIl
 ⑦ μNl ⑧ μNIl ⑨ $\frac{N}{l}$ ⑩ $\frac{NI}{l}$ a $\frac{\mu N}{l}$ b $\frac{\mu NI}{l}$

16 の解答群

- ① $\frac{N\Delta I_1 S}{l}$ ② $\frac{N\Delta I_1}{lS}$ ③ $N\Delta I_1 Sl$ ④ $\frac{N\Delta I_1 l}{S}$
 ⑤ $\frac{\mu N\Delta I_1 S}{l}$ ⑥ $\frac{\mu N\Delta I_1}{lS}$ ⑦ $\mu N\Delta I_1 Sl$ ⑧ $\frac{\mu N\Delta I_1 l}{S}$

17 の解答群

- ① 1 ② N ③ N^2 ④ S
 ⑤ μ ⑥ μN ⑦ μN^2 ⑧ μS

18 の解答群

- ① N ② NS ③ μNS ④ $\mu N^2 S$
 ⑤ $\frac{N}{l}$ ⑥ $\frac{NS}{l}$ ⑦ $\frac{\mu NS}{l}$ ⑧ $\frac{\mu N^2 S}{l}$

- (4) 次に、鉄心に1巻きのコイル2を図4のように巻き付け、スイッチを閉じコイル1に電流を流したところ、コイル1に流れる電流が時間 Δt_2 [s] の間に ΔI_2 [A] だけ一定の割合で変化した。このとき、コイル2を貫く磁束 Φ_2 [Wb] の変化量は 19 [Wb] である。コイル2の両端 a, b に生じる起電力 V_2 [V] の大きさは

$$|V_2| = \text{20} \times \left| \frac{\Delta I_2}{\Delta t_2} \right|$$

である。

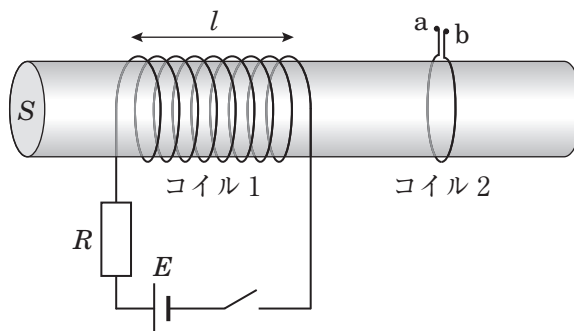


図4

19 の解答群

- | | | | |
|--------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| ① $\frac{N \Delta I_2 S}{l}$ | ② $\frac{N \Delta I_2}{l S}$ | ③ $\frac{\mu N \Delta I_2 S}{l}$ | ④ $\frac{\mu N \Delta I_2}{l S}$ |
| ⑤ $\frac{N^2 \Delta I_2 S}{l}$ | ⑥ $\frac{N^2 \Delta I_2}{l S}$ | ⑦ $\frac{\mu N^2 \Delta I_2 S}{l}$ | ⑧ $\frac{\mu N^2 \Delta I_2}{l S}$ |

20 の解答群

- | | | |
|-----------------|-----------------------|-------------------------|
| ① N | ② $\mu N S$ | ③ $\mu N^2 S$ |
| ④ $\frac{N}{l}$ | ⑤ $\frac{\mu N S}{l}$ | ⑥ $\frac{\mu N^2 S}{l}$ |

Ⅲ 図1のようにシリンダーと滑らかに動くピストンがあり、内部に理想気体が閉じ込められている。シリンダーには冷却装置が取付けてある。シリンダー内には同じ理想気体を閉じ込めた風船も入っている。以下では、シリンダー内の風船外部にある理想気体を気体A、風船内部にある理想気体を気体Bと呼ぶことにする。気体AとBの物質量はそれぞれ、 n_A [mol]、 n_B [mol] である。風船は張力の無視できる断熱膜でつくられており、気体Bの圧力は常に気体Aの圧力と等しいものとする。シリンダーとピストンは断熱材でできており、それらおよび冷却装置の熱容量は無視できる。気体定数を R [J/(mol・K)] とする。

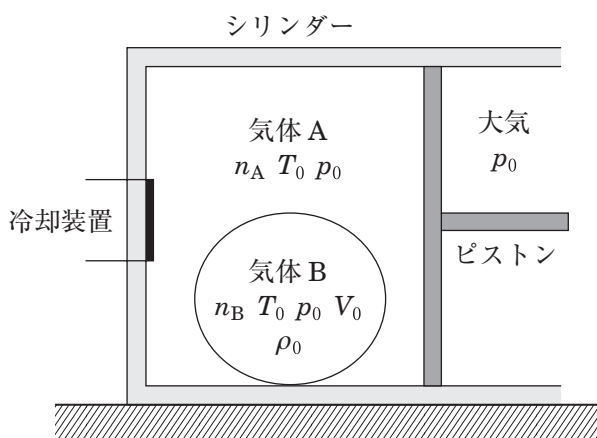


図1

- (1) はじめに気体 A, B とともに, 温度は T_0 [K], 圧力はシリンダー外部の大気圧 p_0 [Pa] と同じであった。また, 気体 B の体積は V_0 [m³], その密度は ρ_0 [kg/m³] であった。はじめの状態における気体 A の体積 V_{A0} [m³] は

$$V_{A0} = \boxed{21} \times V_0$$

であり, 気体 A の密度 ρ_{A0} [kg/m³] は

$$\rho_{A0} = \boxed{22} \times \rho_0$$

である。

$\boxed{21}$ と $\boxed{22}$ の解答群

- | | | | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| ① $\frac{n_A}{n_B}$ | ② $\frac{n_B}{n_A}$ | ③ $\left(\frac{n_A}{n_B}\right)^2$ | ④ $\left(\frac{n_B}{n_A}\right)^2$ |
| ⑤ $\left(1 - \frac{n_A}{n_B}\right)$ | ⑥ $\left(1 - \frac{n_B}{n_A}\right)$ | ⑦ $\frac{1}{2}$ | ⑧ 1 |

(2) はじめの状態では、風船は図1のようにシリンダーの底面に接していた。この状態から冷却装置により気体Aをゆっくり冷却していくと、気体Aの温度が T_1 [K]になったとき、シリンダー内の風船が浮き始めた。ただし、以下では風船の断熱膜の質量を m [kg]、重力加速度の大きさを g [m/s²]とする。

気体Aの温度が T_1 のときの気体AとB、それぞれの体積を V_A [m³]、 V_B [m³]とすると

$$V_A = \boxed{23} \times V_0, \quad V_B = \boxed{24} \times V_0$$

である。また、気体AとB、それぞれの密度を ρ_A [kg/m³]、 ρ_B [kg/m³]とすると

$$\rho_A = \boxed{25} \times \rho_0, \quad \rho_B = \boxed{26} \times \rho_0$$

である。このとき、風船および気体Bにはたらく浮力の大きさ F [N]は、アルキメデスの原理より

$$F = \boxed{27} \times \rho_0 V_0 g$$

である。したがって、 $T_1 = \boxed{28} \times T_0$ であることが分かる。

$\boxed{23} \sim \boxed{27}$ の解答群

- | | | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| ① $\frac{n_A}{n_B}$ | ② $\frac{n_B}{n_A}$ | ③ $\left(\frac{n_A}{n_B}\right)^2$ | ④ $\left(\frac{n_B}{n_A}\right)^2$ |
| ⑤ $\frac{n_A}{n_B} \frac{T_1}{T_0}$ | ⑥ $\frac{n_B}{n_A} \frac{T_1}{T_0}$ | ⑦ $\frac{n_A}{n_B} \frac{T_0}{T_1}$ | ⑧ $\frac{n_B}{n_A} \frac{T_0}{T_1}$ |
| ⑨ $\frac{T_1}{T_0}$ | ⑩ $\frac{T_0}{T_1}$ | ① a $\frac{1}{2}$ | ① b 1 |

$\boxed{28}$ の解答群

- | | | |
|---|---|--|
| ① $\frac{\rho_0 V_0}{m}$ | ② $\frac{m}{\rho_0 V_0}$ | ③ $\frac{\rho_0 V_0}{m + \rho_0 V_0}$ |
| ④ $\frac{m + \rho_0 V_0}{\rho_0 V_0}$ | ⑤ $\frac{\rho_0 V_0}{m} \frac{n_A}{n_B}$ | ⑥ $\frac{m}{\rho_0 V_0} \frac{n_B}{n_A}$ |
| ⑦ $\frac{\rho_0 V_0}{(m + \rho_0 V_0)} \frac{n_A}{n_B}$ | ⑧ $\frac{(m + \rho_0 V_0)}{\rho_0 V_0} \frac{n_B}{n_A}$ | |

化 学

(解答番号 ～)

- I 以下の文章を読み、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。同じものを繰り返し選んでもよい。混合溶液の体積は、混合前の溶液の体積の和で表されるとして計算せよ。必要があれば、次の値を用いよ。25℃における酢酸の電離定数

$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = 2.7 \times 10^{-5} \text{ mol/L},$$

水のイオン積 $K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{L}^2$ ，原子量：H=1，C=12，O=16，Na=23， $\log_{10}2=0.30$ ， $\log_{10}3=0.48$ ， $\log_{10}5=0.70$ ， $\log_{10}7=0.85$

水溶液に酸や塩基を加えても、水素イオン濃度が大きく変化せず、pH がほぼ一定に保たれる性質を、 という。たとえば、 に塩化アンモニウムを加えた水溶液 A は を示す。この水溶液 A に、水酸化物イオンを含む塩基を加えると、次の反応により OH^- が中和される。

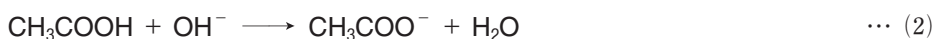


一般に水中では、 H^+ が OH^- を中和して を生成する。反応式(1)は、 H^+ の代わりに、 が OH^- の中和を担うことを示している。よって、水溶液 A に OH^- を加えても、水素イオン濃度が大きく減少せず、pH はほぼ一定に保たれる。

いま、酢酸 0.10 mol と酢酸ナトリウム 0.10 mol を含む水溶液 1.0 L を調製し、これを水溶液 B とする。酢酸の電離度は小さい一方、酢酸ナトリウムは完全に電離するため、 CH_3COOH と CH_3COO^- のモル濃度は、それぞれ、水溶液 B に含まれる酢酸と酢酸ナトリウムのモル濃度に一致すると考えてよい。このとき、25℃における水溶液 B の水素イオン濃度は、酢酸の電離定数 K_a を用いて $[\text{H}^+] = \text{}$ と表され、水素

イオン指数の値は、 $\text{pH} = \boxed{7}$ となる。

水溶液 **B** の $\boxed{1}$ を調べる実験を考える。まず、水酸化ナトリウム 2.0 g を含む水溶液 100 mL を調製し、これを水溶液 **C** とする。この水溶液 **C** のモル濃度は $\boxed{8}$ mol/L である。さて、25℃における水の pH は $\boxed{9}$ である。水 98.0 mL に水溶液 **C** を 2.0 mL 加えると、25℃における pH は $\boxed{10}$ に変化する。一方、水溶液 **B** に水溶液 **C** を加えると、次の反応により OH^- が中和される。



反応式(2)が示すように、水溶液 **B** に由来する CH_3COOH は、水溶液 **C** に由来する OH^- と同じ物質質量だけ減少し、 CH_3COO^- は、それと同じ物質質量だけ増加すると考えられる。たとえば、90.0 mL の水溶液 **B** に水溶液 **C** を 10.0 mL 加えると、混合後の水溶液の pH は 25℃において $\boxed{11}$ となる。このように、水溶液 **B** の pH $\boxed{7}$ から pH $\boxed{11}$ への変化は、水の pH $\boxed{9}$ から pH $\boxed{10}$ への変化より小さいことから、水溶液 **B** の $\boxed{1}$ が確かめられる。

$\boxed{1}$ の解答群

- | | | |
|-------|--------|--------------|
| ① 潮 解 | ② 緩衝作用 | ③ 共通イオン効果 |
| ④ 水 和 | ⑤ 電離作用 | ⑥ ファントホッフの法則 |

$\boxed{2}$ の解答群

- | | |
|--------------|---------------|
| ① 塩 酸 | ② アンモニア水 |
| ③ 塩化ナトリウム水溶液 | ④ 水酸化ナトリウム水溶液 |

$\boxed{3}$, $\boxed{4}$, $\boxed{5}$ の解答群

- | | | | |
|------------------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| ① HCl | ② NH_3 | ③ NaCl | ④ NaOH |
| ⑤ H_2O | ⑥ H^+ | ⑦ NH_4^+ | ⑧ Na^+ |
| ⑨ Cl^- | ⑩ OH^- | | |

6 の解答群

- | | | | |
|--------------------------|-------------------|----------------|--------------------|
| ① K_a | ② K_a^2 | ③ $\sqrt{K_a}$ | ④ $\frac{1}{2}K_a$ |
| ⑤ $\frac{1}{K_a^2}$ | ⑥ $\frac{1}{K_a}$ | ⑦ $0.10K_a$ | ⑧ $0.010K_a$ |
| ⑨ $\frac{1}{\sqrt{K_a}}$ | ⑩ $\frac{2}{K_a}$ | Ⓐ $10K_a$ | Ⓑ $100K_a$ |

7 , 11 の解答群

- | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| ① 3.1 | ② 3.6 | ③ 4.1 | ④ 4.6 | ⑤ 5.1 |
| ⑥ 5.6 | ⑦ 6.1 | ⑧ 6.6 | ⑨ 7.1 | ⑩ 7.6 |
| Ⓐ 8.1 | Ⓑ 8.6 | | | |

8 の解答群

- | | | | | |
|---------|---------|---------|--------|--------|
| ① 0.010 | ② 0.020 | ③ 0.050 | ④ 0.10 | ⑤ 0.20 |
| ⑥ 0.50 | ⑦ 1.0 | ⑧ 2.0 | ⑨ 5.0 | |

9 , 10 の解答群

- | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|
| ① 1.0 | ② 2.0 | ③ 3.0 | ④ 4.0 | ⑤ 5.0 |
| ⑥ 6.0 | ⑦ 7.0 | ⑧ 8.0 | ⑨ 9.0 | ⑩ 10.0 |
| Ⓐ 11.0 | Ⓑ 12.0 | Ⓒ 13.0 | Ⓓ 14.0 | |

Ⅱ 以下の文章を読み、空欄 12 ～ 24 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。同じものを繰り返し選んでもよい。必要があれば、次の値を用いよ。原子量：H=1, O=16, S=32, Cu=64

硫酸銅(Ⅱ) CuSO_4 水溶液から結晶を析出させると、12 色の硫酸銅(Ⅱ)五水和物 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ が得られる。13 g の $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ を空气中で 120°C まで加熱すると、35.6 g の硫酸銅(Ⅱ)一水和物 $\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ になり、さらに加熱すると、14 g の硫酸銅(Ⅱ)無水塩 CuSO_4 になる。

CuSO_4 の水に対する溶解度曲線は、図のようになる。

- (1) $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ は 60°C の水 100 g に最大で 15 g 溶ける。このとき、 CuSO_4 の質量パーセント濃度は 16 % である。
- (2) 60°C の水 100 g に CuSO_4 を 40 g 溶かした水溶液を 20°C まで冷却すると、 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ の結晶が 17 g 析出する。

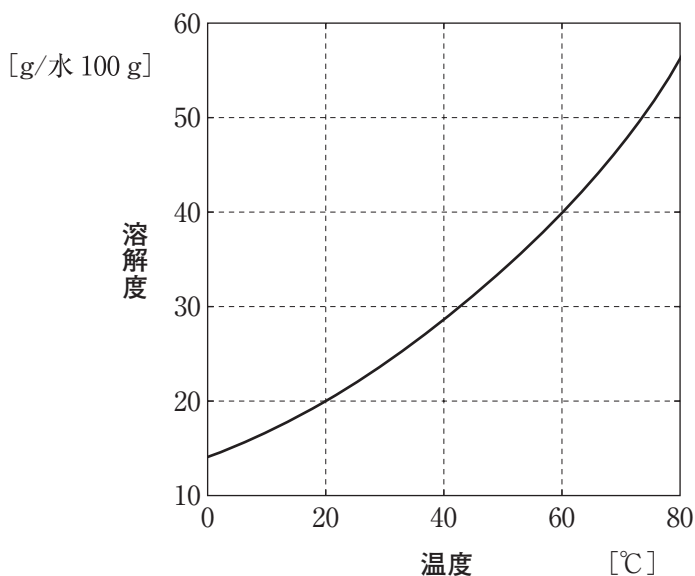


図 CuSO_4 の水に対する溶解度.

銅 Cu 電極を用いて CuSO_4 水溶液の電気分解を行うと、陽極で 18，陰極で Cu が析出する。0.500 A の電流を 1 時間 4 分 20 秒間通電すると、流れた電気量は 19 C である。電子 1 個がもつ電気量の絶対値は 1.602×10^{-19} C である。電子 1 mol の電気量の絶対値は、この値に 20 をかけた 9.65×10^4 C/mol である。したがって、19 C の電気量は、電子 21 mol に相当する。これより、陰極で析出する Cu は、22 g となる。

陽極を少量の鉄 Fe（1 % 以下）を含む粗銅にかえて、低い電圧（約 0.3 V）で電気分解を行うと、陽極で 23，陰極で高純度（99.99 % 以上）の Cu が析出する。このように、水溶液の電気分解を利用して金属の単体を得る操作を 24 という。

12 の解答群

- | | | | |
|-----|-----|-----|-----|
| ① 白 | ② 黒 | ③ 黄 | ④ 緑 |
| ⑤ 赤 | ⑥ 茶 | ⑦ 青 | ⑧ 紫 |

13，14 の解答群

- | | | | |
|--------|--------|--------|--------|
| ① 8.80 | ② 16.0 | ③ 17.6 | ④ 25.0 |
| ⑤ 32.0 | ⑥ 50.0 | ⑦ 53.8 | ⑧ 108 |

15，16，17 の解答群

- | | | | |
|------|------|------|------|
| ① 20 | ② 29 | ③ 31 | ④ 35 |
| ⑤ 40 | ⑥ 45 | ⑦ 63 | ⑧ 81 |

18 の解答群

- | | | |
|------------------------|--|----------------------------------|
| ① 電極の Cu が溶け | ② Cu が析出し | ③ 硫化水素 H_2S が発生し |
| ④ 硫黄 S が析出し | ⑤ 水素 H_2 が発生し | ⑥ 酸素 O_2 が発生し |
| ⑦ CuSO_4 が析出し | ⑧ $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ が析出し | |

19 の解答群

- | | | | |
|--------|--------|--------|--------|
| ① 32.2 | ② 64.4 | ③ 193 | ④ 386 |
| ⑤ 772 | ⑥ 1930 | ⑦ 3860 | ⑧ 7720 |

20 の解答群

- | | | |
|----------|-----------|---------|
| ① 気体定数 | ② アボガドロ定数 | ③ 電子の質量 |
| ④ 電子の物質量 | ⑤ ファラデー定数 | ⑥ 電離定数 |

21 の解答群

- | | | | |
|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| ① 0.0100 | ② 0.0200 | ③ 0.0400 | ④ 0.0800 |
| ⑤ 9.30×10^7 | ⑥ 1.86×10^8 | ⑦ 3.69×10^8 | ⑧ 7.38×10^8 |

22 の解答群

- | | | | |
|---------|---------|----------------------|----------------------|
| ① 0.160 | ② 0.320 | ③ 0.640 | ④ 1.28 |
| ⑤ 400 | ⑥ 800 | ⑦ 1.60×10^3 | ⑧ 3.20×10^3 |

23 の解答群

- | | |
|----------------------------|----------------------------|
| ① 何も起こらず | ② Cu と Fe がイオンになって溶け出し |
| ③ Fe が陽極泥として沈殿し | ④ Fe が陰極泥として沈殿し |
| ⑤ FeSO_4 が電極上に析出し | ⑥ CuSO_4 が電極上に析出し |
| ⑦ H_2 が発生し | ⑧ O_2 が発生し |

24 の解答群

- | | | | |
|--------|---------|---------|----------|
| ① 電気泳動 | ② 熔融塩電解 | ③ 接触法 | ④ 電解精錬 |
| ⑤ ソルベ法 | ⑥ テルミット | ⑦ アマルガム | ⑧ イオン交換法 |

Ⅲ 以下の文章を読み、空欄 25 ～ 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一つ選び、解答欄にマークせよ。同じものを繰り返し選んでもよい。空欄 40 には、解答群の中から正しくないものを一つ選んでマークせよ。気体は、理想気体として扱うものとする。必要があれば、次の値を用いよ。気体定数 $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$ ，原子量：H = 1，C = 12，O = 16

炭素、水素、酸素からなる有機化合物 **A** と **B** がある。これらは、圧力 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ ，温度 300 K のもとで液体であり、分子式は、25，26 の解答群に示す 4 種類のうちのいずれかであることがわかっている。化合物 **A** と **B** の構造を明らかにするために、次の実験(i)～(iv)を行った。

- (i) **A** と **B** をそれぞれ 1.0 g ずつ別の容器に入れ、圧力 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ ，温度 420 K に保ったところ、いずれもすべて蒸発して気体となった。このときの気体の体積は、**A** が 580 mL ，**B** が 470 mL であった。
- (ii) **A** と **B** をそれぞれ 2.0 mL ずつ別の試験管に入れ、濃硫酸 4.0 mL を加えて温度 410 K でおだやかに加熱したところ、それぞれ、もとの **A**，**B** より分子量の大きい化合物が生成した。
- (iii) 2 本の試験管にそれぞれ 1.0 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液を 4.0 mL はかりとり、ヨウ素を 0.50 g ずつ溶解した。試験管の一方に **A** を、他方に **B** を各 1.0 mL ずつ加えてしばらく加熱した。その結果、**A** を加えた試験管には黄色沈殿が生じたが、**B** を加えた試験管には沈殿は認められなかった。
- (iv) 2 本の試験管にそれぞれ二クロム酸カリウムの飽和水溶液 3.0 mL と希硫酸 2.0 mL をはかりとって混合した。試験管の一方に **A** を、他方に **B** を各 0.10 mL ずつ加えて加熱した。その結果、**A** を入れた試験管には、新たに化合物 **C** が生成した。一方、**B** を入れた試験管には、新たに化合物 **D** と化合物 **E** が生成し、さらに長時間加熱を続けると、ほぼ **E** のみとなった。

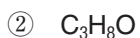
以上の結果から、**A** の分子式は 25 , **B** の分子式は 26 である。また、**A** と **B** はともに 27 である。**A** の分子式で表される 27 の異性体は、立体異性体を含めて 28 種類ある。**B** の分子式で表される 27 の異性体は、立体異性体を含めて 29 種類ある。さらに、実験(iii)と(iv)の結果から、**A** は第 30 級、**B** は第 31 級の 27 であることがわかる。実験(ii)の反応は、濃硫酸による 32 であり、実験(iv)の反応は 33 である。よって、化合物 **C** は 34 , **D** は 35 , **E** は 36 であることがわかる。以上により、化合物 **A** は、28 種類の異性体のうち、1種類に特定される。また、化合物 **B** は、29 種類の異性体のうち、37 。

化合物 **D** と同じ 35 のうち、分子量が最小の化合物 **F** は高分子化合物の合成に有用である。たとえば、ポリビニルアルコールの側鎖にあるヒドロキシ基を **F** によって 38 することで、合成繊維の一種であるビニロンが合成される。また、フェノールと **F** からフェノール樹脂が合成される。フェノール分子に **F** が結合しながら水分子を失って重合するため、フェノール樹脂の一連の合成過程は 39 とよばれる。フェノール樹脂の説明として、正しくないものは 40 である。

化合物 **E** と同じ 36 のうち、分子量が最小の化合物 **G** に関する次の説明(a)～(d)のうち、正しいものの組み合わせは 41 である。

- (a) **G** はアンモニアより弱い塩基性を示す
- (b) **G** は炭酸より強い酸性を示す
- (c) 炭酸水素ナトリウム水溶液に **G** を加えると気泡が発生する
- (d) アンモニア性硝酸銀水溶液に **G** を加えて加熱すると銀が析出する

25 , 26 の解答群



27 , 34 , 35 , 36 の解答群

- | | | | |
|--------|---------|--------|---------|
| ① アルカン | ② アルケン | ③ アルキン | ④ アルコール |
| ⑤ エーテル | ⑥ アルデヒド | ⑦ ケトン | ⑧ カルボン酸 |
| ⑨ エステル | ⑩ アミン | | |

28 , 29 , 30 , 31 の解答群

- | | | | | | |
|-----|-----|-----|------|--------|--------|
| ① 1 | ② 2 | ③ 3 | ④ 4 | ⑤ 5 | ⑥ 6 |
| ⑦ 7 | ⑧ 8 | ⑨ 9 | ⑩ 10 | ⑪ a 11 | ⑫ b 12 |

32 , 33 , 38 , 39 の解答群

- | | | |
|--------|----------|--------|
| ① 酸化反応 | ② 脱水縮合 | ③ 加水分解 |
| ④ 付加縮合 | ⑤ アセタール化 | |

37 の解答群

- ① 1 種類の化合物に特定される
- ② 融点と同じ, 2 種類の化合物に絞られる
- ③ 融点異なる, 2 種類の化合物に絞られる
- ④ 融点異なる, 3 種類の化合物に絞られる
- ⑤ 融点と同じ 2 種類の化合物と, 別の融点の 1 種類の化合物に絞られる

40 の解答群: 次の①～⑥のうち, 正しくないものを一つ選んでマークせよ。

- ① 酸性条件下で生成する中間生成物は, ノボラックとよばれる
- ② 塩基性条件下で生成する中間生成物は, レゾールとよばれる
- ③ ノボラックの熱硬化には, 硬化剤が必要である
- ④ レゾールは硬化剤を加えなくても, 熱硬化する
- ⑤ フェノール樹脂のような高分子化合物は, 熱可塑性樹脂とよばれる
- ⑥ フェノール樹脂は, バークライトともよばれる

41 の解答群

- ① (a)
- ② (b)
- ③ (c)
- ④ (d)
- ⑤ (a)と(b)
- ⑥ (a)と(c)
- ⑦ (a)と(d)
- ⑧ (b)と(c)
- ⑨ (b)と(d)
- ⑩ (c)と(d)
- ㉑ (a)と(b)と(c)
- ㉒ (a)と(b)と(d)
- ㉓ (a)と(c)と(d)
- ㉔ (b)と(c)と(d)
- ㉕ (a)～(d)のすべて
- ㉖ いずれも正しくない

生 物

(解答番号 ～)

I 遺伝情報の分配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。

生物の形質を決め、親から子へ伝えられる情報を遺伝情報といい、遺伝情報の物質として^(A)の本体は DNA である。DNA は、2 本のヌクレオチド鎖が互いに向かいあい、内側に突き出た塩基どうしが 結合して全体にねじれた二重らせん構造をしている。ヌクレオチド鎖の構成単位はヌクレオチドであり、ヌクレオチドは、 と糖と塩基からなる。DNA を構成するヌクレオチドの糖は、 である。また、DNA の塩基には、アデニン、チミン、グアニン、シトシンの 4 種類がある。DNA の塩基のアデニンとチミンの間には つの 結合を、グアニンとシトシンの間には つの 結合を形成して塩基対をつくっており、ヌクレオチド鎖の一方の塩基が決まると、もう一方も自動的に決まる相補的な関係にある。DNA は、細胞分裂^(B)に先立って複製^(C)され、細胞分裂によって生じる新しい細胞へ均等に分配される。

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。

1 ～ 3 に対する解答群

- | | | |
|----------|----------|------------|
| ① カルボキシ基 | ② 共 有 | ③ デオキシリボース |
| ④ ジスルフィド | ⑤ アラビノース | ⑥ アミノ酸 |
| ⑦ ラクトース | ⑧ 炭 素 | ⑨ 水 素 |
| ⑩ リボース | ① a ペプチド | ② b リン酸 |

4 , 5 に対する解答群

- | | | | |
|-----|-----|-----|-----|
| ① 1 | ② 2 | ③ 3 | ④ 4 |
|-----|-----|-----|-----|

問2 下線部(A)に関して、DNAが遺伝情報の物質としての本体であることの証明に貢献した研究として適当なものを、次の記述の研究のうちから2つ選べ。ただし、解答の順序は問わない。なお、次の記述の研究は、ワトソン、クリック、ウィルキンスの3人の研究者が、DNAの立体構造解明の業績によって、ノーベル生理学・医学賞を受賞した1962年までに行われたものである。

 ,

,

 に対する解答群

- ① エンドウの種子の形や子葉の色などの形質に着目した実験を行い、これらの形質の遺伝には規則性があることを示した。
- ② 病原性のない肺炎双球菌に、病原性のある肺炎双球菌をすりつぶして得た抽出液（病原性菌抽出液）を混ぜて培養すると病原性のある菌が出現するが、DNA分解酵素で処理した病原性菌抽出液を混ぜて培養すると病原性のある菌は出現しないことを示した。
- ③ 生物によってDNAに含まれる塩基の数の割合は異なるものの、どの生物のDNAでもアデニンとチミン、グアニンとシトシンの数の割合は等しいことを示した。
- ④ バクテリオファージ（T2ファージ）を大腸菌に感染させた際、バクテリオファージのDNAだけが大腸菌内に注入され、新たなバクテリオファージがつくられることを示した。

問3 下線部（B）に関する次の文章を読み、以下の a， b の各問いに答えよ。

細胞分裂が行われる期間を分裂期（M 期）と呼び、細胞分裂が終了してから次の細胞分裂が始まるまでを間期と呼ぶ。細胞は、M 期と間期を周期的にくり返すことで増殖しており、この周期のことを細胞周期と呼ぶ。細胞周期において、間期はさらに G₁ 期、S 期、G₂ 期に分けられる。G₁ 期は DNA を複製するための準備期間、S 期は DNA が複製される期間、G₂ 期は分裂の準備をする期間である。また、真核生物の M 期は、前期、中期、後期、終期に分けられる。

a. 増殖中のヒト培養細胞の集団を用いて、1 細胞あたりの DNA 量と細胞数の関係を調べたところ、以下の図の結果が得られた。図中の A に含まれる細胞の細胞周期はどれか。1 つ選べ。

8

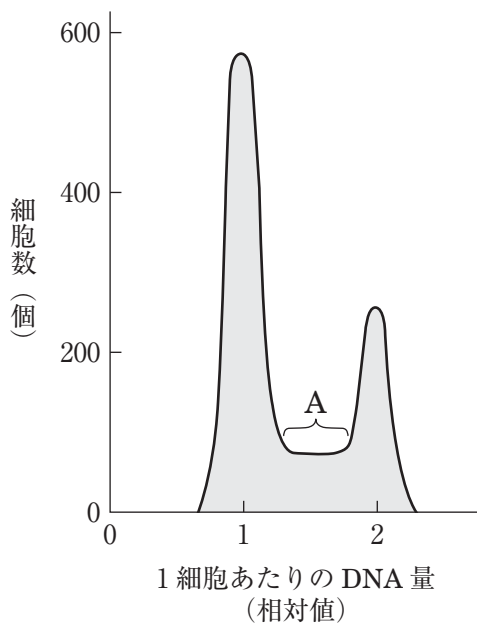


図 1 細胞あたりの DNA 量と細胞数

8 に対する解答群

① G₁ 期

② S 期

③ G₂ 期

④ M 期

b. 細胞周期の各時期にかかる時間は、各時期の細胞数を数えることで推定できる。

タマネギの根の先端部分（根端）のプレパラートをつくり、細胞周期の各時期の細胞数を数えたところ、以下の表の結果を得た。タマネギの根端では細胞の間期が16時間であるとする、細胞周期全体の長さ、M期の長さはそれぞれ何時間になるか。それぞれ1つ選べ。

表 タマネギの根端で観察された細胞の数

間期の細胞	240個
前期の細胞	30個
中期の細胞	15個
後期の細胞	6個
終期の細胞	9個

細胞周期全体の長さ： 時間

M期の長さ： 時間

, に対する解答群

- | | | | |
|------|------|------|------|
| ① 2 | ② 4 | ③ 6 | ④ 8 |
| ⑤ 10 | ⑥ 12 | ⑦ 14 | ⑧ 16 |
| ⑨ 18 | ⑩ 20 | ㉑ 24 | ㉒ 26 |

問4 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。

11

ア. DNAの複製において、新生鎖の一方は、DNAの二重らせんがほどけていく方向に合成される。この鎖をリーディング鎖という。

イ. DNAを複製するDNAポリメラーゼは、新しいヌクレオチド鎖を3'末端から5'末端の一方向に合成する。

ウ. DNAの複製の開始時には、まず、プライマーと呼ばれる短いRNA鎖がDNAポリメラーゼとは別の酵素によって合成される。

エ. DNAの複製の過程で生じる、岡崎フラグメントと呼ばれる短いヌクレオチド鎖の断片は、DNAヘリカーゼという酵素によってつなぎ合わされる。

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 | |

Ⅱ 動物の代謝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。

細胞内での代謝におけるエネルギーのやり取りは ATP (アデノシン三リン酸) を介して行われる。^(A)酸素が存在する条件下において、グルコースなどの有機物が二酸化炭素と水に分解される過程で ATP が合成される反応を呼吸という。呼吸の過程は、解糖系、クエン酸回路、^(B)電子伝達系^(C)に分けられる。好氣的条件下における解糖系では、いくつかの段階を経て、1 分子のグルコースから最終的に 分子の が生じる。解糖系ではグルコース 1 分子あたり 分子の ATP が消費されるが、 分子の ATP が合成されるため、差し引き 分子の ATP が合成されることになる。解糖系の一連の反応は で行われる。

呼吸で利用される呼吸基質には、グルコースなどの炭水化物のほかに脂肪やタンパク質なども用いられ、その動物が使用した呼吸基質の割合は呼吸商^(D)を調べることで推定できる。

問1 文中の に当てはまるものをそれぞれ1つ選べ。また, 12 ,
14 ~ 16 は同じ番号を繰り返し選んでも良い。

12 , 14 ~ 16 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 | ① 11 | ② 12 |

13 に対する解答群

- | | | |
|---------|---------|------------|
| ① アンモニア | ② 二酸化炭素 | ③ アセチル CoA |
| ④ リンゴ酸 | ⑤ エタノール | ⑥ 尿 素 |
| ⑦ コハク酸 | ⑧ ピルビン酸 | |

17 に対する解答群

- | | | |
|-----------|---------|---------|
| ① ミトコンドリア | ② 細胞質基質 | ③ リソソーム |
| ④ リボソーム | ⑤ 粗面小胞体 | ⑥ 滑面小胞体 |
| ⑦ ゴルジ体 | ⑧ 細胞膜 | |

問2 下線部（A）に関する以下の文中の ア ～ エ に当てはまる組み合わせとして正しいものはどれか。1つ選べ。 18

代謝のうち、複雑な物質を単純な物質に分解する過程を ア といい、一般的にエネルギーを イ する反応である。一方、単純な物質から複雑な物質を合成する過程を ウ といい、この過程は一般的にはエネルギーを エ する反応である。

18 に対する解答群

	ア	イ	ウ	エ
①	同 化	吸 収	異 化	放 出
②	同 化	放 出	異 化	吸 収
③	異 化	吸 収	同 化	放 出
④	異 化	放 出	同 化	吸 収

問3 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。 19

- ア. 動物のみに存在する経路であり、植物には存在しない。
- イ. 何段階もの反応を経てクエン酸がグルコースに戻る。
- ウ. この回路の反応の過程で NADH や FADH_2 が生じる。
- エ. オキサロ酢酸とクエン酸に含まれる炭素原子の数はいずれも4である。

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
- 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（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。

20

ア．電子伝達系の複数のタンパク質複合体の間を次々に受け渡された電子は、最終的に酸素の還元に使われて、水を生じる。

イ．電子の伝達には、内膜に埋め込まれた複数の α -ケトグルタル酸が関与する。

ウ．グルコース1分子あたり最大で2分子のATPが合成される。

エ．電子伝達系でNADHやFADH₂が酸化されて、水素イオン（H⁺）の濃度勾配ができ、ATP合成酵素によりATPが合成される過程は酸化的リン酸化と呼ばれる。

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 | |

問5 下線部（D）を説明した以下の オ ～ キ に当てはまる組み合わせとして正しいものはどれか。1つ選べ。 21

呼吸商の値は、以下の計算式で求められる。

$$\text{呼吸商} = \frac{\text{呼吸で } \boxed{\text{オ}}}{\text{呼吸で } \boxed{\text{カ}}}$$

呼吸商の値は呼吸基質の種類によって異なり、グルコースの場合は キ になる。

21 に対する解答群

	オ	カ	キ
①	発生した二酸化炭素の体積	吸収した酸素の体積	0.7
②	吸収した二酸化炭素の体積	発生した酸素の体積	0.7
③	発生した二酸化炭素の体積	吸収した酸素の体積	0.8
④	吸収した二酸化炭素の体積	発生した酸素の体積	0.8
⑤	発生した二酸化炭素の体積	吸収した酸素の体積	1.0
⑥	吸収した二酸化炭素の体積	発生した酸素の体積	1.0
⑦	吸収した酸素の体積	発生した二酸化炭素の体積	0.7
⑧	発生した酸素の体積	吸収した二酸化炭素の体積	0.7
⑨	吸収した酸素の体積	発生した二酸化炭素の体積	0.8
⑩	発生した酸素の体積	吸収した二酸化炭素の体積	0.8
㉑	吸収した酸素の体積	発生した二酸化炭素の体積	1.0
㉒	発生した酸素の体積	吸収した二酸化炭素の体積	1.0

(第Ⅲ問は次ページから始まる)

Ⅲ 植物細胞の成長と植物の組織に関する次の文章を読み、以下の各問いに答えよ。答えは各問いの下解答群から最も適当なものを選び、解答欄にマークせよ。

植物細胞には、細胞膜の周りに丈夫な細胞壁がある。細胞壁の主要な骨格はセルロース繊維とそれらをつなぐ細い繊維からなる。光屈性における茎や根の屈曲に関与し、細胞壁の構造をゆるめて植物の成長を促進する植物ホルモンとして がある。

の作用によって、細胞壁がやわらかくなって膨圧に抵抗する力が弱まり、細胞は吸水によって体積を増加させる。細胞の成長方向は、細胞壁のセルロース繊維の配向で決まる。セルロース繊維の配向には、 と が関与する。

が作用する場合は、セルロース繊維が頂端－基部軸と直交する横方向に並ぶので、細胞壁は横に伸びにくく、縦に伸びやすくなる。 が作用する場合は、セルロース繊維が頂端－基部軸方向に並ぶので細胞壁は横に伸びやすく、縦に伸びにくくなる。細胞壁は全透性の性質をもつのに対し、細胞膜は半透性に近い性質をもっている。植物細胞を低張液に浸すと、細胞の中に水が移動するため、細胞壁に膨圧が加わる。膨圧は植物のからだを支えるのに重要な役割を果たしている。植物内の膨圧と浸透圧が等しくなると、見かけ上は水の移動がなくなり、細胞内への吸水が止まる。

(A)
被子植物の器官は、動物と同じようにさまざまな組織が集まってできている。これらの組織は、器官によらず、表皮系、維管束系、基本組織系の3つの組織系から成り立っている。表皮系は表皮とそれに付随する細胞群からなる。葉の表皮には気孔が存在する。
(B)
維管束系は、木部や師部の組織が含まれる。双子葉植物であるホウセンカの茎の断面図をみると、外側から表皮細胞、 ，形成層、 の順に存在する。また、ホウセンカの葉では、葉の表側の方に が、葉の裏側の方に がある。各組織系はそれぞれ器官を超えてつながり、植物体が全体として協調して機能することを可能にしている。

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。また、 25 ～ 28 は同じものをくり返し選んでもよい。

22 ～ 24 に対する解答群

- | | | |
|----------|-----------|----------|
| ① フィトクロム | ② セロトニン | ③ アミラーゼ |
| ④ フロリゲン | ⑤ エチレン | ⑥ アブシシン酸 |
| ⑦ オーキシシン | ⑧ ストロマ | ⑨ ジベレリン |
| ⑩ グルタミン酸 | ⑩ a チラコイド | ⑩ b リン脂質 |

25 ～ 28 に対する解答群

- | | |
|-------|-------|
| ① 道 管 | ② 師 管 |
|-------|-------|

問2 下線部（A）に関する次の文章を読み、以下のa～cの各問いに答えよ。

ある植物細胞を蒸留水に浸した際の膨圧と浸透圧の変化と細胞（原形質）の体積の変化を計測したところ、図のようなグラフを作成することができた。

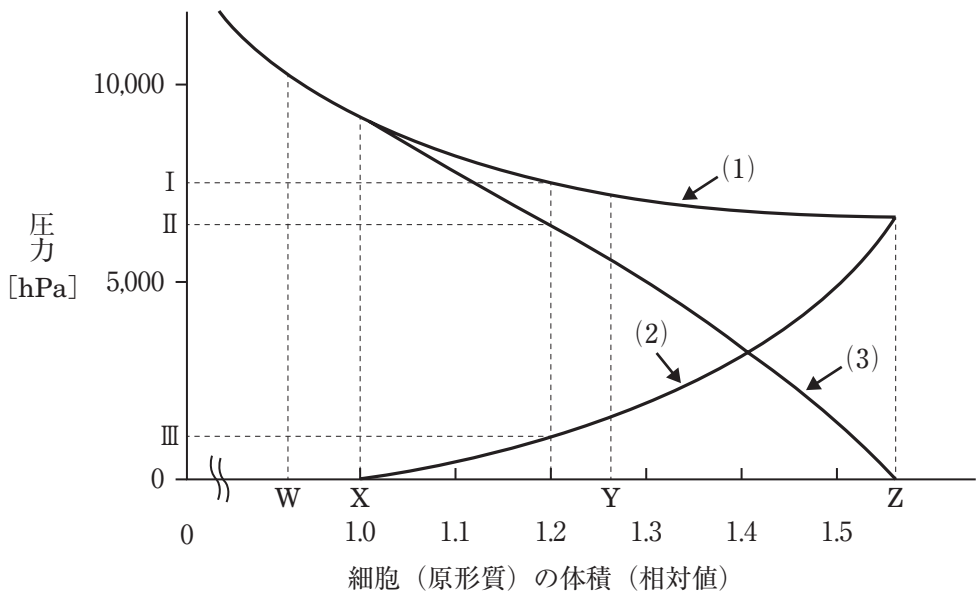


図 植物細胞の吸水力，浸透圧，膨圧の関係

a. 図の曲線(1)，(2)，(3)が示す組みあわせとして適切なものはどれか。1つ選べ。

29

29 に対する解答群

	(1)	(2)	(3)
①	膨 圧	吸水力	浸透圧
②	膨 圧	浸透圧	吸水力
③	吸水力	膨 圧	浸透圧
④	吸水力	浸透圧	膨 圧
⑤	浸透圧	膨 圧	吸水力
⑥	浸透圧	吸水力	膨 圧

- b. 図で細胞（原形質）の体積が W～Z の時、細胞はそれぞれどのような状態になっていると考えられるか。正しい記述をすべて含む組みあわせを 1 つ選べ。

30

ア. W の時、原形質は収縮し、細胞膜の一部が細胞壁から離れている状態である。

イ. X の時、原形質は細胞壁から分離するかもしれない状態である。

ウ. Y の時、原形質は細胞壁から分離するかもしれない状態である。

エ. Z の時、原形質は収縮し、細胞膜の一部が細胞壁から離れている状態である。

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 | |

- c. 図で細胞の体積（相対値）が 1.2 の時の細胞の吸水力を表す式として正しいものはどれか。1 つ選べ。

31

31 に対する解答群

- | | | |
|------------|-----------|------------|
| ① I - II | ② I - III | ③ II - I |
| ④ II - III | ⑤ III - I | ⑥ III - II |

問3 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。 32

ア．孔辺細胞の細胞壁は内側（気孔側）が薄く，外側が厚いため，気孔は開閉できる。

イ．光の刺激を受容して気孔が開くときは，孔辺細胞内のカリウムイオンの濃度上昇が観察される。

ウ．乾燥状態におかれた葉で気孔が閉じるときは，アブシシン酸が関与する。

エ．孔辺細胞のフィトクロムが光の刺激を受容すると，気孔が開く。

32 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 | |

Ⅳ 個体群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。

生態系では多くの生物が生活しており、生物どうしは、縄張りなどのさまざまな種内関係と、被食と捕食や共生などの種間関係を保ちながら生活している。このような生物間にみられるはたらきあいには と呼ばれる。個体群（ある一定の地域に生息する同種の個体の集まり）を構成する 個体の分布 や 個体群の大きさ は、非生物的環境だけでなく、その生物の個体間の や種間関係を反映している。

動物の個体群内では、個体どうしが集まって、互いにさまざまな影響をおよぼしあいながら、 な行動をとることがある。このような集団を 群れ 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。ただし、同じ番号は同じものを示す。

, に対する解答群

- | | | |
|----------|--------|-----------|
| ① 栄養段階 | ② 群生相 | ③ 作用スペクトル |
| ④ 自然選択 | ⑤ 生産構造 | ⑥ 相互作用 |
| ⑦ 相利共生関係 | ⑧ 統一的 | ⑨ 同化 |
| ⑩ ランダム | | |

問2 下線部（A）に関して、以下のa，bの各問いに答えよ。

図1は、個体群内における個体の3種類の分布様式を表している。

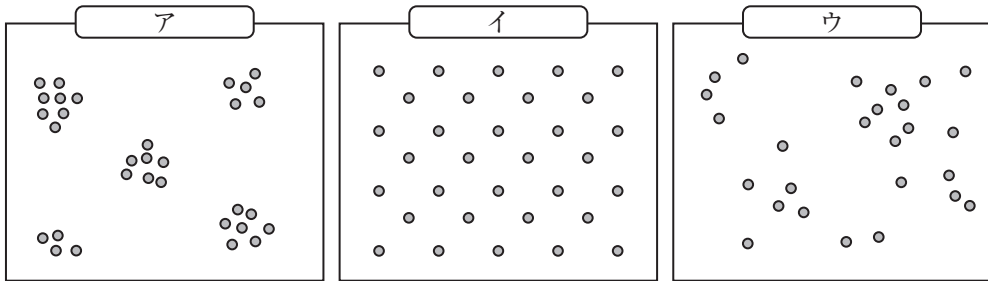


図1 個体群内の個体の分布様式。丸い点は個体の位置を表す。

a. ア ～ ウ の分布様式の名称として正しい組みあわせはどれか。
1つ選べ。 35

35 に対する解答群

	ア	イ	ウ
①	一様分布	集中分布	ランダム分布
②	一様分布	ランダム分布	集中分布
③	集中分布	一様分布	ランダム分布
④	集中分布	ランダム分布	一様分布
⑤	ランダム分布	集中分布	一様分布
⑥	ランダム分布	一様分布	集中分布

- b. ～ の分布様式を示す例（表）として当てはまるものはどれか。それぞれ1つ選べ。 ～

表 個体群内の個体の分布様式とその分布を示す例の対応表

分布様式	各分布を示す例
ア	36
イ	37
ウ	38

～ に対する解答群

- ① アユのように、縄張りが形成されるときに生じる。
- ② マイワシのように、群れをつくる動物などでみられる。
- ③ タンポポのように、風で種子が散布される植物の個体群などで生じる。

問3 下線部（B）に関する次の実験について、以下の問いに答えよ。

ある池で、標識再捕獲法によりフナ^{とあみ}の個体数を推定するために、投網を使ってフナを100個体捕獲し、それぞれに標識を付けてその場で放流した。3日後、同じ池で投網を使って120個体のフナを捕獲したところ、15個体に標識が認められた。この結果から推定されるこの池のフナの総個体数として正しいものはどれか。1つ選べ。なお、この実験の間に、この池の外からのフナの流入や外への流出がなく、死亡した個体はいないものとし、標識個体と未標識個体が均一に混ざりあったものとする。

39 個体

39 に対する解答群

- | | | | |
|---------|---------|---------|---------|
| ① 100 | ② 120 | ③ 135 | ④ 235 |
| ⑤ 300 | ⑥ 335 | ⑦ 500 | ⑧ 800 |
| ⑨ 835 | ⑩ 1,200 | ① 1,350 | ② 2,350 |
| ③ 3,000 | ④ 3,350 | ⑤ 5,000 | ⑥ 8,000 |

問4 下線部（C）に関して、以下の問いに答えよ。

群れの大きさは、利益と不利益のバランスで決まる。図2のような、群れの中の個体がそれぞれの行動に使う時間と群れの大きさの関係から、最適な群れの大きさの決め方がわかる。

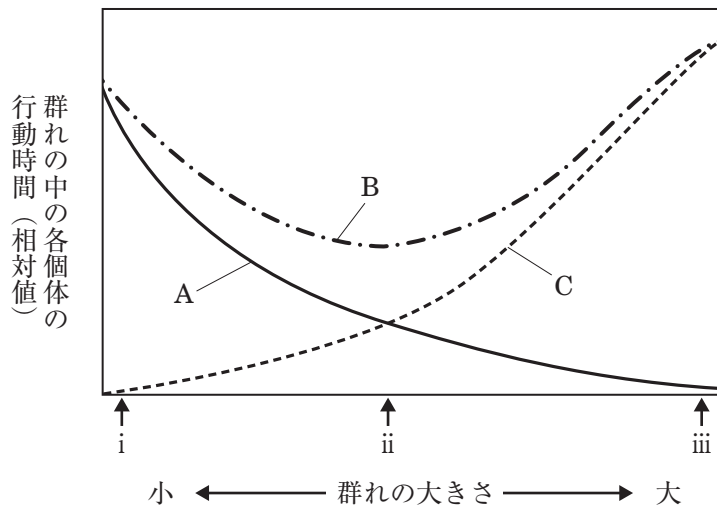


図2 群れの中の各個体の行動時間と群れの大きさの決め方

図2では、群れの中で食物を奪いあうなどの争いの時間を のグラフ、群れの外に対する見張りなどの周囲を警戒する時間を のグラフで表している。このような2つのグラフの関係がみられるとき、最適な群れの大きさは i ~ iii の中では となる。 に当てはまるものとして正しいものはどれか。それぞれ1つ選べ。

, に対する解答群

- ① A ② B ③ C

に対する解答群

- ① i ② ii ③ iii