

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	<input checked="" type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7	<input type="radio"/> 8	<input type="radio"/> 9
イ	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7	<input checked="" type="radio"/> 8	<input type="radio"/> 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	<input checked="" type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7	<input type="radio"/> 8	<input type="radio"/> 9
エ	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input checked="" type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7	<input type="radio"/> 8	<input type="radio"/> 9
オ	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input checked="" type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7	<input type="radio"/> 8	<input type="radio"/> 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) (i) $(x+1)^{2025}$ を x^2 で割ると、余りは $\boxed{\text{アイウエ}}x+1$ である。
- (ii) x^{2025} を $(x-1)^2$ で割ると、余りは $\boxed{\text{オカキク}}x - \boxed{\text{ケコサシ}}$ である。

(2) $\theta = 2025^\circ$ のとき、

$$\sin \theta \cos \theta + \tan \theta = \frac{\boxed{\text{ス}}}{\boxed{\text{セ}}}$$

$$\left(\frac{1}{\cos \theta} + \sin \theta + \tan \theta \right)^2 = \frac{\boxed{\text{ソタ}}}{\boxed{\text{チ}}} - \boxed{\text{ツ}} \sqrt{\boxed{\text{テ}}}$$

となる。

(3) 鋭角三角形 ABC において、頂点 A から辺 BC に下ろした垂線を AD とする。

$\angle B = 2\angle C$, $BD = 1$, $CD = 7$ のとき、

$$AD = \sqrt{\boxed{\text{トナ}}}, \quad AC = \boxed{\text{ニ}} \sqrt{\boxed{\text{ヌネ}}}$$

である。

(計 算 用 紙)

II k を実数の定数として $f(x) = |x^2 - 2x| + 4$, $g(x) = |x - 2| + k$ とおく。座標平面において関数 $y = f(x)$ と $y = g(x)$ のグラフを考える。

- (1) $y = f(x)$ のグラフは $x \geq 2$ または $x \leq 0$ のときは点 (,) を頂点とする放物線の一部であり、 $0 < x < 2$ のときは点 (,) を頂点とする放物線の一部である。

- (2) 2つのグラフがただ1つの共有点をもつとき、 $k =$ である。

- (3) 2つのグラフが異なる2つの共有点をもつとき、 k のとりうる値の範囲は

$$\text{カ} < k < \text{キ}, \quad \frac{\text{クケ}}{\text{コ}} < k$$

である。

- (4) 2つのグラフが異なる3つの共有点をもつときを考える。

- (i) $0 < x < 2$ の範囲で2つのグラフが接するとき、接点以外の共有点の x 座標は小さい順に

$$\frac{\text{サ} - \sqrt{\text{シス}}}{\text{セ}}, \quad \frac{\text{ソ} + \sqrt{\text{タ}}}{\text{チ}}$$

である。

- (ii) すべての共有点の x 座標が2以下となるとき、2つのグラフで囲まれた

2つの部分の面積の和は $\frac{\text{ツテ}}{\text{ト}}$ である。

(計 算 用 紙)

III (1) $a^2 + b^2 = 3(a + b)$ を満たす整数の組 (a, b) を考える。ただし、組 (a, b) は a, b の順序の違いを考慮し、例えば $(0, 3)$ と $(3, 0)$ は異なる組とみなす。このような組 (a, b) は全部で 個ある。 b の最小値は であり、最大値は である。

(2) $a^2 + b^2 + c^2 = 3(a + b + c)$ を満たす整数の組 (a, b, c) を考える。ただし、組 (a, b, c) は (1) と同様に a, b, c の順序の違いを考慮する。

(i) 組 $(a, b, -1)$ は全部で 個ある。

(ii) 組 (a, b, c) は全部で 個あり、異なる c の値の個数は全部で 個である。

(iii) $a + b + c = t$ とおく。異なる t の値の個数は全部で 個である。 t の最小値は であり、最大値は である。

(iv) $ab + bc + ca$ の最小値は であり、最大値は である。

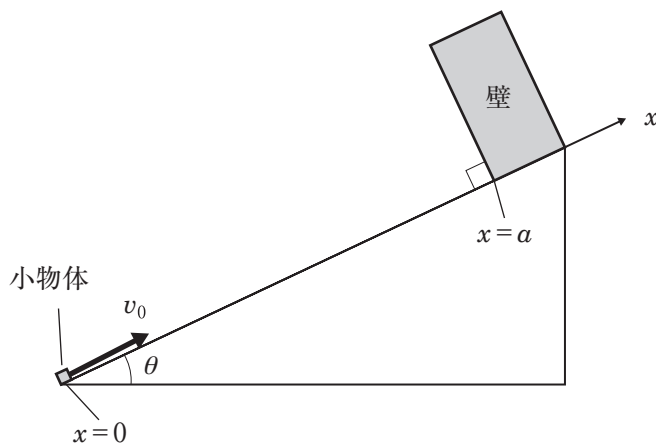
(計 算 用 紙)

物 理

(解答番号 1 ~ 22)

I 次の各問いの答えとして最も適当なものを，それぞれの解答群の中から1つ選びマークせよ。

図のように，水平面と θ の角度をなす，なめらかな斜面がある。斜面に沿って x 軸をとり，斜面右上の向きを正の向きとする。図のように斜面の下端に質量 m の小物体があり，その位置を x 軸の原点 ($x=0$) とする。また， $x=a$ ($a>0$) には斜面に対して垂直な壁がある。時刻 $t=0$ において，小物体を速さ v_0 で x 軸の正の向きに発射した。その後，小物体は速さ v_1 で壁に衝突し， x 軸の負の向きにはね返った。小物体は x 軸上のみで動くとし，重力加速度の大きさを g ，小物体と壁との間の反発係数（はねかえり係数）を e として ($0<e\leq 1$)，以下の問いに答えよ。



(1) 小物体が壁に衝突する時刻と等しいのは次のどれか。

1

① $\frac{v_0 - v_1}{g}$

② $\frac{v_0 + v_1}{g}$

③ $\frac{v_0 - v_1}{g \cos \theta}$

④ $\frac{v_0 + v_1}{g \cos \theta}$

⑤ $\frac{v_0 - v_1}{g \sin \theta}$

⑥ $\frac{v_0 + v_1}{g \sin \theta}$

(2) 小物体が壁に衝突する直前の速さ v_1 と等しいのは次のどれか。

2

- ① $\sqrt{v_0^2 + ag \sin \theta}$ ② $\sqrt{v_0^2 - ag \sin \theta}$ ③ $\sqrt{v_0^2 + 2ag \sin \theta}$
④ $\sqrt{v_0^2 - 2ag \sin \theta}$ ⑤ $\sqrt{v_0^2 + 2ag \cos \theta}$ ⑥ $\sqrt{v_0^2 - 2ag \cos \theta}$

(3) 小物体が壁に衝突した直後の速さと等しいのは次のどれか。

3

- ① ev_0 ② ev_1 ③ $(1-e)v_0$
④ $\frac{v_0}{e}$ ⑤ $(1-e)v_1$ ⑥ $\frac{v_1}{e}$

(4) 小物体が壁に衝突する直前と直後の運動エネルギーの差と等しいのは次のどれか。

4

- ① $\frac{1}{2} me^2 v_0^2$ ② $\frac{1}{2} me^2 v_1^2$ ③ $\frac{1}{2} mv_0^2(1-e)$
④ $\frac{1}{2} mv_1^2(1-e)$ ⑤ $\frac{1}{2} mv_0^2(1-e^2)$ ⑥ $\frac{1}{2} mv_1^2(1-e^2)$

(5) 小物体が壁に衝突した直後から、斜面をすべり降りて原点 ($x=0$) に戻ってくるまでの時間に等しいのは次のどれか。

5

- ① $\frac{2v_0}{g \sin \theta}$ ② $\frac{1}{g \sin \theta} \left(-ev_1 + \sqrt{e^2 v_1^2 + ag \cos \theta} \right)$
③ $\frac{1}{g \sin \theta} \left(-ev_1 + \sqrt{e^2 v_1^2 + 2ag \cos \theta} \right)$ ④ $\frac{1}{g \sin \theta} \left(ev_1 + \sqrt{e^2 v_1^2 + ag \sin \theta} \right)$
⑤ $\frac{1}{g \sin \theta} \left(-ev_1 + \sqrt{e^2 v_1^2 + ag \sin \theta} \right)$ ⑥ $\frac{1}{g \sin \theta} \left(-ev_1 + \sqrt{e^2 v_1^2 + 2ag \sin \theta} \right)$

(6) 原点 ($x=0$) に戻ってきたときの小物体の速さと等しいのは次のどれか。

6

- ① $\sqrt{e^2 v_1^2 + ag \sin \theta}$ ② $\sqrt{e^2 v_1^2 - ag \sin \theta}$ ③ $\sqrt{e^2 v_1^2 + 2ag \sin \theta}$
④ $\sqrt{e^2 v_1^2 - 2ag \sin \theta}$ ⑤ $\sqrt{e^2 v_1^2 + 2ag \cos \theta}$ ⑥ $\sqrt{e^2 v_1^2 - 2ag \cos \theta}$

Ⅱ 次の各問いの答えとして最も適当なものを、それぞれの解答群の中から1つ選びマークせよ。

図1のように、極板の面積が S 、極板の間隔が d 、電気容量が C で、極板間が真空の平行板コンデンサーABと、スイッチと、起電力 V の電池がつながれている。コンデンサーの極板Aから $\frac{d}{2}$ の距離にある極板間の点をPとする。はじめにスイッチを閉じ、十分に時間が経過した後にスイッチを開いた。以下の問いに答えよ。

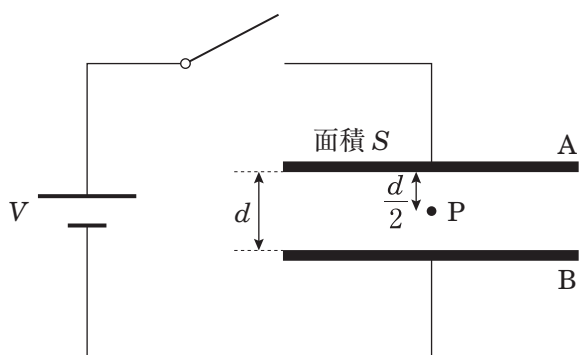


図1

(1) 極板間の点Pの電場(電界)の強さに等しいものは次のどれか。

7

- ① 0 ② $\frac{V}{2d}$ ③ $\frac{V}{d}$ ④ $\frac{2V}{d}$ ⑤ $\frac{Vd}{S}$ ⑥ $\frac{Vd}{2S}$

(2) コンデンサーに蓄えられた静電エネルギーに等しいものは次のどれか。

8

- ① $\frac{1}{2}CV$ ② CV ③ $\frac{1}{2}CV^2$ ④ CV^2 ⑤ $\frac{V^2}{2C}$ ⑥ $\frac{V^2}{C}$

次に、図2のようにスイッチを開いたまま極板の間隔を x だけ広げた。

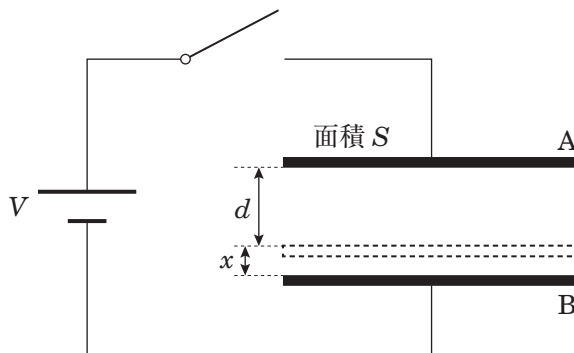


図2

(3) コンデンサーの電気容量に等しいものは次のどれか。

9

- ① $\frac{C(d+x)}{d}$ ② $\frac{C(d+x)^2}{d^2}$ ③ $\frac{Cd}{d+x}$
 ④ $\frac{C(2d+x)}{2d}$ ⑤ $\frac{C(2d+x)^2}{4d^2}$ ⑥ $\frac{2Cd}{2d+x}$

(4) コンデンサーに蓄えられた静電エネルギーに等しいものは次のどれか。

10

- ① $\frac{CV^2(d+x)}{2d}$ ② $\frac{CV^2(d+x)^2}{2d^2}$ ③ $\frac{CV^2d}{2(d+x)}$
 ④ $\frac{CV^2(2d+x)}{4d}$ ⑤ $\frac{CV^2(2d+x)^2}{8d^2}$ ⑥ $\frac{CV^2d}{d+x}$

(5) 極板間にはたらく力の大きさに等しいものは次のどれか。

11

- ① $\frac{CV^2}{d}$ ② $\frac{CV^2}{2d}$ ③ $\frac{CV^2}{4d}$ ④ $\frac{CV^2d}{S}$ ⑤ $\frac{CV^2d}{2S}$ ⑥ $\frac{CV^2d}{4S}$

次に、極板の間隔を d にもとし、図3のように極板間の右半分を比誘電率 ϵ_r の誘電体で満たした。その後スイッチを閉じ、十分に時間が経過した後にスイッチを開いた。コンデンサーの極板 A から $\frac{d}{2}$ の距離にある誘電体内の点を Q とする。

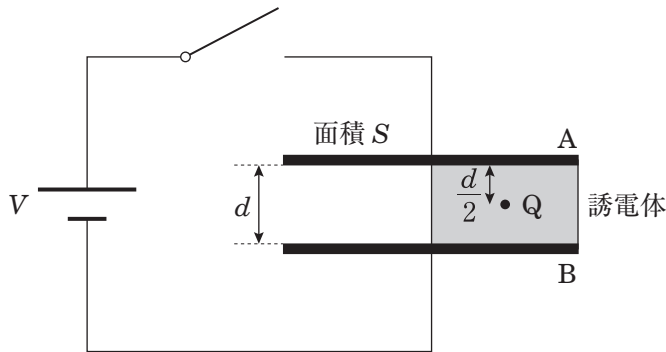


図3

(6) 誘電体内の点 Q の電場の強さに等しいものは次のどれか。

12

- ① $\frac{V}{d}$ ② $\frac{\epsilon_r V}{d}$ ③ $\frac{\epsilon_r V}{2d}$ ④ $\frac{Vd}{S}$ ⑤ $\frac{\epsilon_r Vd}{S}$ ⑥ $\frac{\epsilon_r Vd}{2S}$

(7) コンデンサーに蓄えられた静電エネルギーに等しいものは次のどれか。

13

- ① $\frac{1}{2} \epsilon_r CV^2$ ② $\frac{1}{2} \epsilon_r^2 CV^2$ ③ $\frac{1}{2} (1 + \epsilon_r) CV^2$
 ④ $\frac{1}{2} (1 + \epsilon_r)^2 CV^2$ ⑤ $\frac{1}{4} (1 + \epsilon_r) CV^2$ ⑥ $\frac{1}{4} (1 + \epsilon_r)^2 CV^2$

最後に、スイッチを開いた状態のままコンデンサーから誘電体を引き抜いた。

(8) このときのコンデンサーに蓄えられた静電エネルギーに等しいものは次のどれか。

14

- ① $\frac{1}{2} (1 + \epsilon_r) CV^2$ ② $\frac{1}{4} (1 + \epsilon_r) CV^2$ ③ $\frac{1}{8} (1 + \epsilon_r) CV^2$
 ④ $\frac{1}{2} (1 + \epsilon_r)^2 CV^2$ ⑤ $\frac{1}{4} (1 + \epsilon_r)^2 CV^2$ ⑥ $\frac{1}{8} (1 + \epsilon_r)^2 CV^2$

(第Ⅲ問は次ページから始まる)

Ⅲ 次の各問いの答えとして最も適当なものを、それぞれの解答群の中から1つ選びマークせよ。

図1のように、ピストンとヒーターのついた円筒容器が大気中で水平な床に固定され、容器の内部には単原子分子理想気体が閉じ込められている。容器とピストンは断熱材でできており、ピストンはなめらかに動く。また、ヒーターによって容器内の気体を加熱できる。ピストンの質量は M 、断面積は S 、容器内の気体の物質量は n である。大気圧を p_0 、気体定数を R 、重力加速度の大きさを g とし、ヒーターの体積や熱容量は無視できるものとして、以下の問いに答えよ。

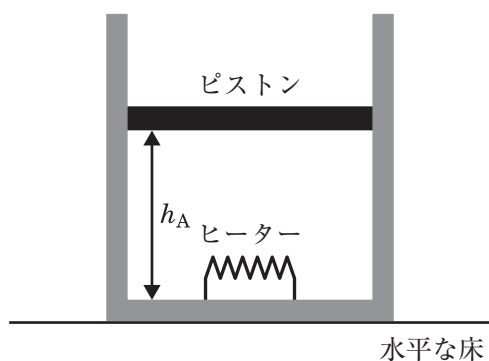


図1

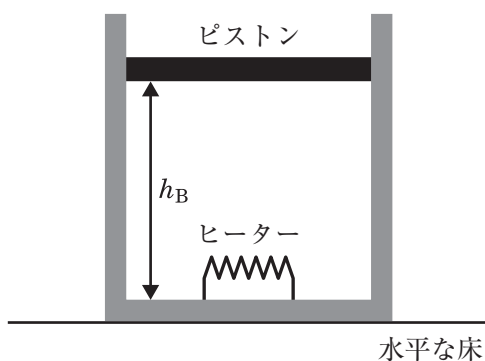


図2

図1のように、ピストンの高さ（容器の底面からピストンの下面までの高さ）が h_A のとき、気体の温度は T_A で、気体の圧力は p_A であった。このときの容器内の気体の状態を A とする。

(1) 状態 A の気体の圧力 p_A に等しいものは次のどれか。

15

- | | | |
|----------------|------------------------|------------------------|
| ① p_0 | ② Mg | ③ $p_0 + Mg$ |
| ④ $p_0 S + Mg$ | ⑤ $p_0 + \frac{Mg}{S}$ | ⑥ $\frac{p_0 + Mg}{S}$ |

(2) ピストンの高さ h_A に等しいものは次のどれか。

16

- ① $\frac{np_AS}{RT_A}$ ② $\frac{p_AS}{nRT_A}$ ③ $\frac{nRT_A}{p_AS}$ ④ $\frac{RT_A}{np_AS}$

状態 A の気体をヒーターで加熱し、熱量 Q を加えると容器内の気体の温度が T_B になり、図 2 のように、ピストンの高さが h_B になった。このときの気体の状態を B とする。

(3) ピストンの高さ h_B に等しいものは次のどれか。

17

- ① $\frac{h_AT_A}{T_B}$ ② $\frac{h_AT_B}{T_A}$ ③ $\frac{h_AT_A}{T_A+T_B}$ ④ $\frac{h_AT_A}{T_A-T_B}$

(4) 状態 A から状態 B への変化における、気体の内部エネルギーの変化（増加量）に等しいものは次のどれか。

18

- ① $nR(T_B-T_A)$ ② $\frac{1}{2}nR(T_B-T_A)$
③ $\frac{3}{2}nR(T_B-T_A)$ ④ $\frac{5}{2}nR(T_B-T_A)$

(5) 状態 A から状態 B への変化において、気体に加えられた熱量 Q に等しいものは次のどれか。

19

- ① $nR(T_B-T_A)$ ② $\frac{1}{2}nR(T_B-T_A)$
③ $\frac{3}{2}nR(T_B-T_A)$ ④ $\frac{5}{2}nR(T_B-T_A)$

気体を図 1 に示した元の状態 A に戻し、今度はピストンの高さを h_A に固定したまま、気体をヒーターで加熱し、状態 A から状態 B に変化させたときと同じ熱量 Q を加えたところ、気体の温度は T_C になり、圧力は p_C になった。このときの気体の状態を C とする。

(6) 気体の圧力 p_C に等しいものは次のどれか。

20

① $\frac{p_A T_C}{T_A}$ ② $\frac{p_A T_A}{T_C}$ ③ $\frac{p_A (T_C + T_A)}{T_A}$ ④ $\frac{p_A (T_C - T_A)}{T_A}$

(7) 気体の温度 T_C に等しいものは次のどれか。

21

① $\frac{3T_B + 5T_A}{2}$ ② $\frac{3T_B - 5T_A}{2}$ ③ $\frac{5T_B + 2T_A}{3}$
 ④ $\frac{5T_B - 2T_A}{3}$ ⑤ $\frac{2T_B + 3T_A}{5}$ ⑥ $\frac{2T_B - 3T_A}{5}$

(8) 状態 A から状態 C への変化における、気体の内部エネルギーの変化（増加量）に等しいものは次のどれか。

22

① $p_A S (h_B - h_A)$ ② $\frac{1}{2} p_A S (h_B - h_A)$
 ③ $\frac{3}{2} p_A S (h_B - h_A)$ ④ $\frac{5}{2} p_A S (h_B - h_A)$

化 学

(解答番号 ～)

I クロムとマンガンに関する次の文章中の空欄 ～ 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、原子量は $H=1.00$, $C=12.0$, $O=16.0$, $K=39.0$, $Mn=55.0$ とする。

遷移元素は周期表の ～ 族の元素で、すべてが金属元素である。これらの元素のほとんどは、最外殻電子の数が 個であり、周期表で横に並んだ元素どうしの性質が似ていることが多い。遷移元素の一つであるクロムの単体は銀白色の硬い金属である。二クロム酸カリウムは、酸化数が のクロムを含み、その水溶液に水酸化カリウムを加えて塩基性になると 色を呈する。また、二クロム酸イオンは酸性溶液中で有機化合物に作用し、酸化数が のクロムイオン(緑色)を生じる。

マンガンも遷移元素の一つであり、その単体も銀白色の金属である。マンガンは、鉄よりもイオン化傾向が 。また、主に酸化数が $+2$, $+4$ または のマンガンの化合物をつくる。酸化マンガン(IV)は、乾電池の として利用される。また、酸化マンガン(IV)を塩素酸カリウムに加えて加熱すると が生じる。過マンガン酸カリウムは酸化数 のマンガンの化合物であり、以下に示すような酸化還元滴定に用いられる。

シュウ酸二水和物 0.378 g をはかり取り、水に溶かして を用いて正確に 50 mL の溶液にする。このシュウ酸水溶液の 10 mL を正確に でコニカルビーカーに移し、希硫酸 10 mL を加えたものを $60\sim 80^{\circ}\text{C}$ に加温する。その後、濃度未知の過マンガン酸カリウム水溶液を から滴下したところ、 8.00 mL 加えた時点で、希硫酸を加えたシュウ酸水溶液は無色からうすい赤紫色に変化した。この実験結果より、滴定に使用した過マンガン酸カリウム水溶液のモル濃度は mol/L であるとわかる。

1 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 |

※ **2** については，選択肢に解が2つあり，削除

3 に対する解答群

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

4 , **6** および **8** に対する解答群

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

5 に対する解答群

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

7 に対する解答群

- | | |
|-------|-------|
| ① 小さい | ② 大きい |
|-------|-------|

9 に対する解答群

- | | | | |
|---------|---------|-------|-------|
| ① 正極活物質 | ② 負極活物質 | ③ 電解質 | ④ 分散質 |
| ⑤ 陽極泥 | ⑥ 界面活性剤 | | |

10 に対する解答群

- | | | | |
|-------|---------|--------|---------|
| ① 水 素 | ② 窒 素 | ③ 酸 素 | ④ 塩 素 |
| ⑤ 水 | ⑥ 過酸化水素 | ⑦ 塩化水素 | ⑧ 次亜塩素酸 |

11

 ～

13

 に対する解答群

- | | | |
|-----------|-----------|------------|
| ① メスフラスコ | ② メスシリンダー | ③ 駒込ピペット |
| ④ メートルグラス | ⑤ 三角フラスコ | ⑥ 分液ろうと |
| ⑦ 枝つきフラスコ | ⑧ ホールピペット | ⑨ コニカルビーカー |
| ⑩ ビュレット | | |

14

 に対する解答群

- | | | | |
|---------|---------|---------|--------|
| ① 0.010 | ② 0.030 | ③ 0.060 | ④ 0.10 |
| ⑤ 0.15 | ⑥ 0.19 | ⑦ 0.30 | ⑧ 0.60 |

(第Ⅱ問は次ページから始まる)

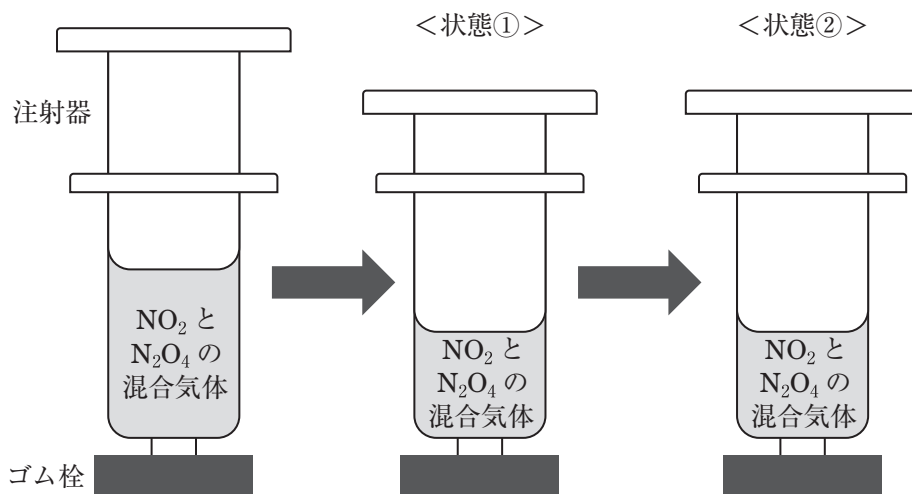
Ⅱ 二酸化窒素に関する次の文章中の空欄 15 ～ 27 にあてはまる最も適切なものを、それぞれの解答群から選び、解答欄にマークせよ。ただし、同じものを何度選んでもよい。なお、原子量は $H=1.00$, $N=14.0$, $O=16.0$ とし、気体定数は $R=8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ とする。また、圧力や温度の変化により容器の体積は変化しないものとし、注射器のピストンはなめらかに移動するものとする。

二酸化窒素は、硝酸の工業的製法である 15 の途中段階で得ることができる。実験室では、二酸化窒素は 16 と 17 を反応させることにより得られる。この反応で、 1.0 mol の 16 が 17 と過不足なく反応すると、18 mol の二酸化窒素が生じる。

二酸化窒素から四酸化二窒素が生じる反応は、19 反応である。これは以下の式(1)で表される可逆反応である。



下図に示すように、温度一定で、二酸化窒素と四酸化二窒素の混合気体が入った注射器のピストンを押して加圧すると、加圧直後の二酸化窒素濃度は 20 ために注射器の側面から見ると混合気体の色は 21 (状態①)。その後、平衡はただちに移動する。このとき、混合気体の色は状態①と比べて 22 (状態②)。



次に、温度および体積一定で、二酸化窒素と四酸化二窒素の混合気体が入った注射器にアルゴンを加えた場合、注射器内の全圧は 23。また、二酸化窒素および四酸化二窒素の濃度と分圧は 24 ので、平衡は 25。

四酸化二窒素 0.25 mol を容積 5.0 L の容器に入れ 67℃ に保ったところ、平衡状態に達し、混合気体の全圧は 2.4×10^5 Pa を示した。したがって、四酸化二窒素の 26 % が二酸化窒素に変化したとわかる。また、式(1)の左向きの反応における圧平衡定数は、 27 Pa である。

15 に対する解答群

- | | | |
|--------------|-----------|-----------|
| ① ハーバー・ボッシュ法 | ② オストワルト法 | ③ モール法 |
| ④ ソルベー法 | ⑤ クメン法 | ⑥ イオン交換膜法 |
| ⑦ 接触法 | | |

16 に対する解答群

- | | | |
|----------|------|----------|
| ① 銅 | ② 鉄 | ③ アルミニウム |
| ④ マグネシウム | ⑤ 白金 | ⑥ カルシウム |
| ⑦ ニッケル | | |

17 に対する解答群

- | | | | |
|-------|-------|-------|-------|
| ① 希硝酸 | ② 濃硝酸 | ③ 希硫酸 | ④ 濃硫酸 |
| ⑤ 希塩酸 | ⑥ 濃塩酸 | | |

18 に対する解答群

- | | | | |
|--------|--------|-------|-------|
| ① 0.10 | ② 0.50 | ③ 1.0 | ④ 1.5 |
| ⑤ 2.0 | ⑥ 2.5 | ⑦ 3.0 | |

19 に対する解答群

- | | |
|------|------|
| ① 発熱 | ② 吸熱 |
|------|------|

20 に対する解答群

- ① 小さくなる ② 変化しない ③ 大きくなる

21 に対する解答群

- ① 薄く見える ② 変化が見られない ③ 濃く見える

22 に対する解答群

- ① 薄くなる ② 変化しない ③ 濃くなる

23 および 24 に対する解答群

- ① 減少する ② 変化しない ③ 増加する

25 に対する解答群

- ① N_2O_4 が生じる方向に移動する ② 移動しない
③ NO_2 が生じる方向に移動する

26 に対する解答群

- ① 45 ② 50 ③ 55 ④ 60
⑤ 65 ⑥ 70 ⑦ 75

27 に対する解答群

- ① 4.6×10^4 ② 6.9×10^4 ③ 8.0×10^4 ④ 9.2×10^4
⑤ 4.6×10^5 ⑥ 6.9×10^5 ⑦ 8.0×10^5 ⑧ 9.2×10^5

(第Ⅲ問は次ページから始まる)

Ⅲ アンモニアに関する次の文章中の空欄 28 ～ 40 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、原子量は $H=1.00$, $N=14.0$, $O=16.0$, $Na=23.0$, $S=32.0$, $Cl=35.5$, $K=39.0$, $Ca=40.0$ とする。また、水のイオン積 $K_w=1.0\times 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{L}^2$, $\log_{10}2.3=0.36$, $\sqrt{2.3}=1.51$ とする。

アンモニアは刺激臭のある無色の気体で、実験室では、装置 28 を用いて発生・捕集することができる。例えば、107 g の塩化アンモニウムと 80.0 g の 29 の両者が過不足なく反応するとき、理論上 30 g のアンモニアが発生し、捕集したアンモニアの物質量を以下の方法で求めることができる。

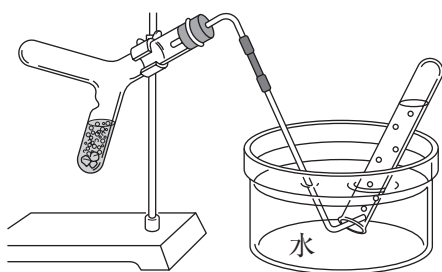
捕集したアンモニアを $a \text{ [mol/L]}$ の硫酸 $b \text{ [mL]}$ とともに密閉容器に入れ、よく振ってアンモニアを完全に硫酸に吸収させる。次いで、この硫酸に pH 指示薬を加え、 $c \text{ [mol/L]}$ の水酸化ナトリウム水溶液を $d \text{ [mL]}$ 加えた時に未反応の硫酸が過不足なく中和されたとする。最初にはかり取った硫酸から生じる水素イオンの物質量は 31 mol であり、アンモニアが受け取る水素イオンと水酸化物イオンが受け取る水素イオンの物質量の和に等しい。したがって、捕集したアンモニアの物質量は 32 mol であると算出できる。

一方、アンモニア水の濃度測定には、中和滴定がよく用いられる。例えば、 0.1 mol/L のアンモニア水 10 mL に 0.1 mol/L の塩酸を加えたときの滴定曲線は 33 のようになり、中和点での水溶液は 34 を示す。この場合、指示薬としては 35 が用いられる。アンモニア水中では、アンモニアは一部しか電離しておらず、電離平衡の状態にある。アンモニアのモル濃度を $[\text{NH}_3]$ 、アンモニウムイオンのモル濃度を $[\text{NH}_4^+]$ 、水酸化物イオンのモル濃度を $[\text{OH}^-]$ とすれば、アンモニアの電離定数 $K_b \text{ [mol/L]}$ は 36 で表される。アンモニアの電離前のモル濃度を $e \text{ [mol/L]}$ とし、電離度 α が十分小さいとすると電離度 α は 37 で表すことができる。

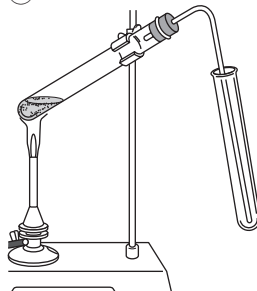
水中でのアンモニアの電離定数 $K_b=2.3\times 10^{-5} \text{ mol/L}$ とすると、 0.23 mol/L のアンモニア水の $[\text{OH}^-]$ は 38 $\times 10^{39}$ mol/L であり、このアンモニア水は $\text{pH}=40$ となる。

28 に対する解答群

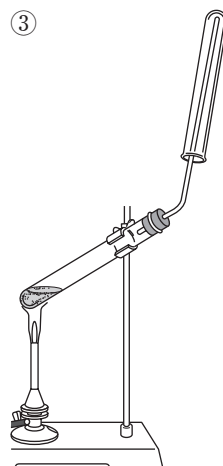
①



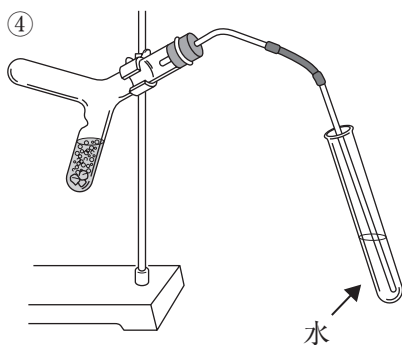
②



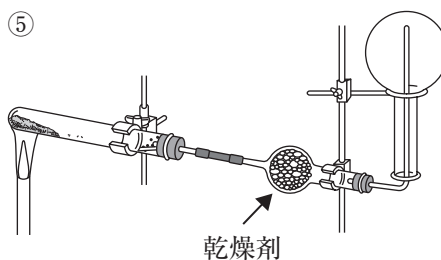
③



④



⑤



乾燥剤

29 に対する解答群

- | | | |
|-----------|-----------|------------|
| ① 塩化ナトリウム | ② 硫酸ナトリウム | ③ 水酸化ナトリウム |
| ④ 塩化カリウム | ⑤ 硫酸カリウム | ⑥ 水酸化カリウム |
| ⑦ 塩化カルシウム | ⑧ 硫酸カルシウム | ⑨ 水酸化カルシウム |

30 に対する解答群

- | | | | |
|--------|--------|--------|--------|
| ① 17.0 | ② 18.4 | ③ 24.3 | ④ 25.5 |
| ⑤ 34.0 | ⑥ 35.7 | ⑦ 51.0 | ⑧ 68.0 |

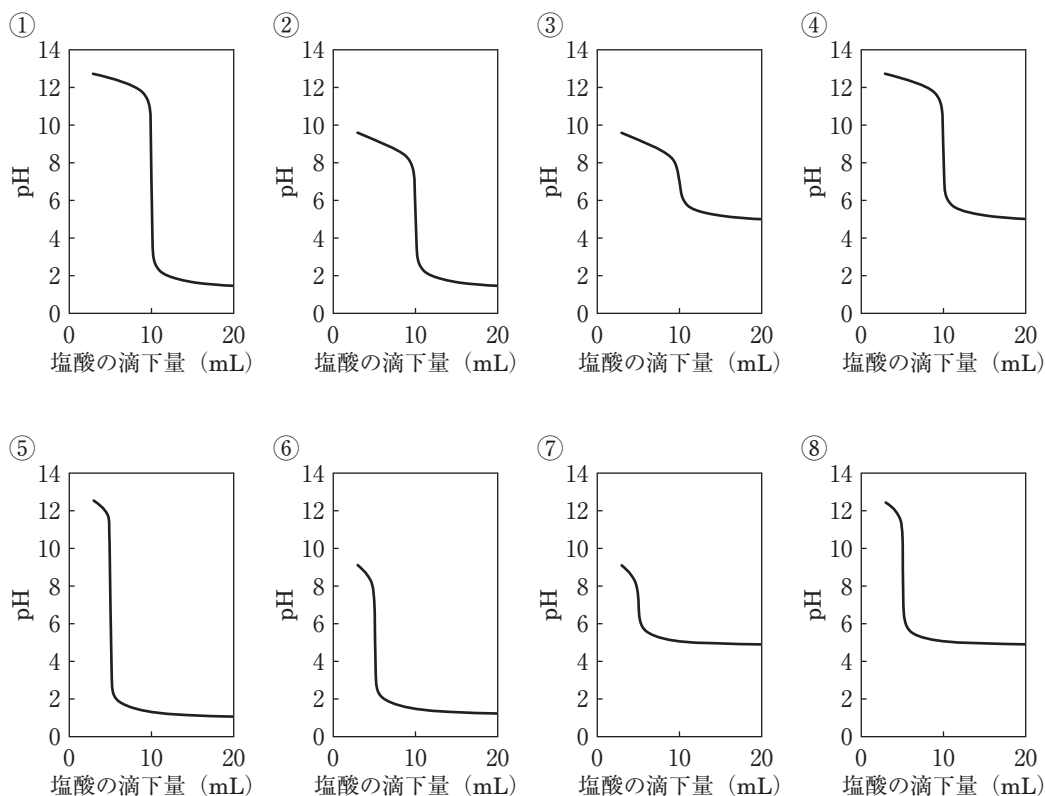
31 に対する解答群

- ① $ab \times 10^{-3}$ ② $2ab \times 10^{-3}$ ③ ab ④ $2ab$
 ⑤ $ab \times 10^3$ ⑥ $2ab \times 10^3$

32 に対する解答群

- ① $(ab - cd) \times 10^{-3}$ ② $(2ab - cd) \times 10^{-3}$ ③ $(ab - 2cd) \times 10^{-3}$
 ④ $ab - cd$ ⑤ $2ab - cd$ ⑥ $ab - 2cd$
 ⑦ $(ab - cd) \times 10^3$ ⑧ $(2ab - cd) \times 10^3$ ⑨ $(ab - 2cd) \times 10^3$

33 に対する解答群



34 に対する解答群

- ① 強い酸性 ② 弱い酸性 ③ 中 性
④ 弱い塩基性 ⑤ 強い塩基性

35 に対する解答群

- ① フェノールフタレイン ② メチルオレンジ
③ フェノールフタレインまたはメチルオレンジ

36 に対する解答群

- ① $\frac{[\text{NH}_4^+]}{[\text{NH}_3]}$ ② $\frac{[\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]}$ ③ $\frac{[\text{OH}^-]}{[\text{NH}_4^+]}$
④ $\frac{[\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+]}$ ⑤ $\frac{[\text{NH}_3]}{[\text{OH}^-]}$ ⑥ $\frac{[\text{NH}_4^+]}{[\text{OH}^-]}$
⑦ $\frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]}$ ⑧ $\frac{[\text{NH}_3][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_4^+]}$ ⑨ $\frac{[\text{NH}_3][\text{NH}_4^+]}{[\text{OH}^-]}$
⑩ $\frac{[\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}$ a $\frac{[\text{NH}_4^+]}{[\text{NH}_3][\text{OH}^-]}$ b $\frac{[\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3][\text{NH}_4^+]}$

37 に対する解答群

- ① eK_b ② $\frac{e}{K_b}$ ③ $\frac{K_b}{e}$ ④ $\sqrt{eK_b}$ ⑤ $\sqrt{\frac{e}{K_b}}$ ⑥ $\sqrt{\frac{K_b}{e}}$

38 に対する解答群

- ① 1.0 ② 1.6 ③ 2.3 ④ 2.5 ⑤ 3.0

39 に対する解答群

- ① - 4 ② - 3 ③ - 2 ④ - 1 ⑤ 0
⑥ 1 ⑦ 2 ⑧ 3 ⑨ 4

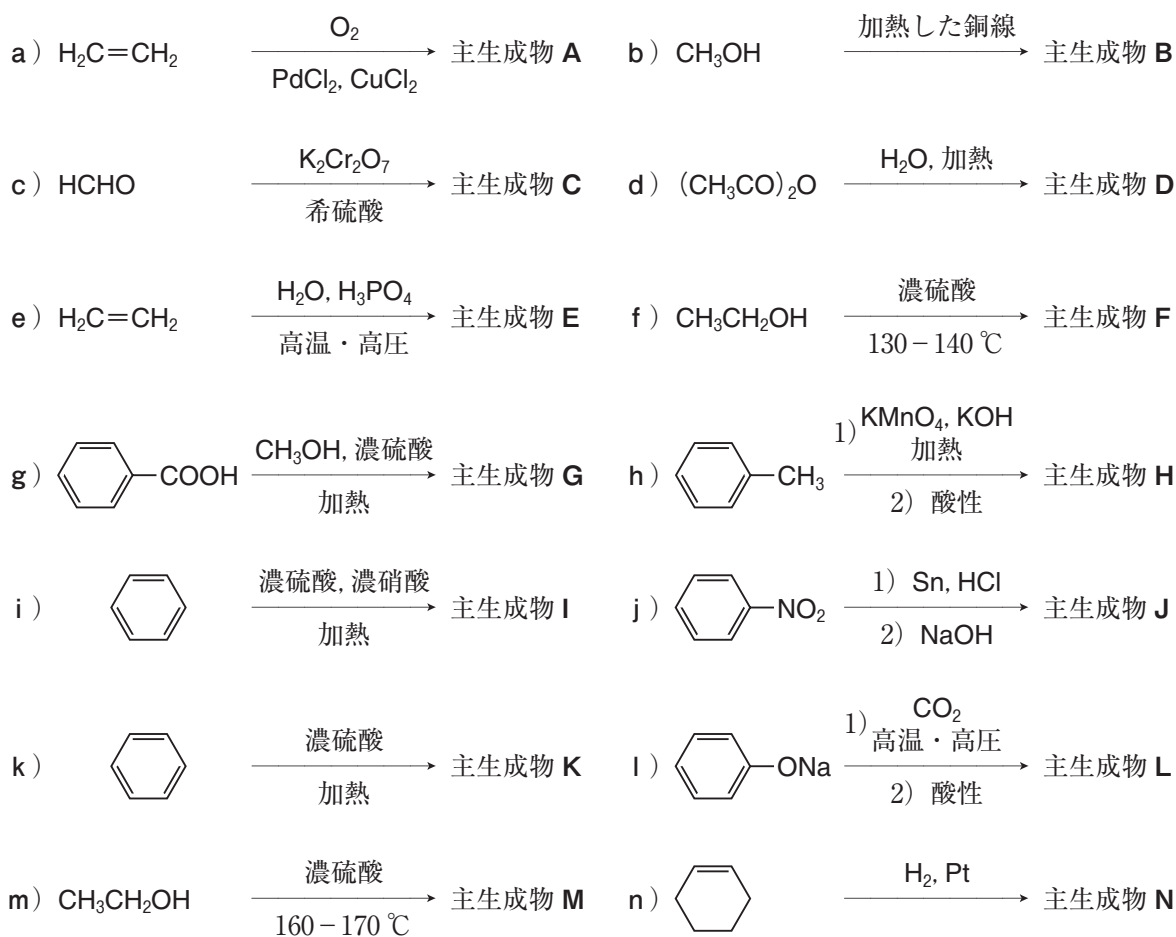
40

に対する解答群

- | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|
| ① 10.4 | ② 10.6 | ③ 10.8 | ④ 11.4 | ⑤ 11.6 |
| ⑥ 11.8 | ⑦ 12.4 | ⑧ 12.6 | ⑨ 12.8 | |

(第Ⅳ問は次ページから始まる)

Ⅳ 次の反応 a) ～ n) の主生成物 A～N に関して，表に示した各組の生成物を化学反応を使って区別するために必要な試薬 41 ～ 47 および問 1 ～ 3 の空欄 48 ～ 50 として最も適切なものを，解答群から選び，解答欄にマークせよ。ただし，41 ～ 47 の解答として，同じものを 2 度選んではいけない。



表

主生成物	区別に必要な試薬	主生成物	区別に必要な試薬
A と B	<div>41</div>	C と D	<div>42</div>
E と F	<div>43</div>	G と H	<div>44</div>
I と J	<div>45</div>	K と L	<div>46</div>
M と N	<div>47</div>		

問 1 主生成物 **A**～**N** のうち、芳香族化合物に分類され、その水溶液の酸性が最も強いものは生成物

48

 である。

問 2 反応 **a)** ～ **n)** のうち付加反応に分類されるものは

49

 個ある。

問 3 反応 **a)** ～ **n)** のうち酸化反応に分類されるものは

50

 個ある。

41

 ～

47

 に対する解答群

- | | |
|----------------|--------------------|
| ① さらし粉水溶液 | ② 臭素水 |
| ③ 塩化鉄(Ⅲ)水溶液 | ④ 水酸化ナトリウム水溶液, ヨウ素 |
| ⑤ 炭酸水素ナトリウム水溶液 | ⑥ デンプン水溶液 |
| ⑦ 金属ナトリウム | ⑧ 二酸化炭素 |
| ⑨ 硫酸ナトリウム水溶液 | ⑩ アンモニア性硝酸銀溶液 |

48

 に対する解答群

- | | | | | | | |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| ① A | ② B | ③ C | ④ D | ⑤ E | ⑥ F | ⑦ G |
| ⑧ H | ⑨ I | ⑩ J | ⑪ K | ⑫ L | ⑬ M | ⑭ N |

49

 および

50

 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 | Ⓑ | 12 | Ⓒ | 13 | Ⓓ | 14 |

生 物

(解答番号 ～)

I バイオテクノロジーに関する以下の文章中の ～ に最も適切なものを解答群から選び、その番号を解答欄にマークせよ。ただし、異なる番号の に同じものを繰り返し選んでもよい。

1) ヒトゲノム計画は、約 塩基対あるヒトゲノムの解読を目的として1990年に始まった。塩基配列の解析にはサンガー法が利用され、ヒトゲノム解読には約13年かかったが、その後、高速シーケンサーの登場によりヒト1人のゲノムを数時間で解読することが可能となった。現在では、土壌などに生息する微生物群の DNA をまとめて抽出し、抽出されたすべての DNA の塩基配列を高速シーケンサーで解析することで、微生物群のゲノムを調べる研究も行われている。このような生物群のゲノムを網羅的に解析する手法を といい、それまで存在が確認されていなかった微生物が、環境中で重要なはたらきをもつことなどが明らかになってきている。

ヒトゲノムの塩基配列情報を利用してゲノム編集が行われている。従来の遺伝子組換え技術と比べて、簡便に短時間でできる CRISPR-Cas9 という手法が現在の主流となっている。CRISPR-Cas9 では、編集したい DNA 上の場所を指定する RNA と である Cas9 が用いられる。

に対する解答群

- ① 3×10^4 ② 3×10^6 ③ 3×10^9
- ④ 3×10^{12} ⑤ 3×10^{15}

に対する解答群

- ① 電気泳動法 ② テーラーメイド医療 ③ RNA 干渉
- ④ メタゲノム解析 ⑤ DNA 型鑑定

3 に対する解答群

- ① DNA リガーゼ ② DNA ポリメラーゼ ③ DNA 分解酵素
④ RNA 分解酵素 ⑤ RNA ポリメラーゼ ⑥ ガイド RNA

サンガー法に関する以下の記述A～Cのうち、正しいものは **4** である。

- A 塩基配列を解析したい DNA を鋳型にして、相補的な配列をもつ DNA を合成する工程がある。
B 反応溶液には、ジデオキシリボース骨格をもつ特殊なヌクレオチドを適切な濃度で加えておく必要がある。
C 合成された DNA 鎖を長さの違いで分離する工程がある。

4 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

PCR 法に関する以下の記述D～Fのうち、正しいものは **5** である。

- D PCR には、鋳型 DNA に加えて耐熱性 DNA ポリメラーゼ、デオキシリボヌクレオチド、プライマーが必要である。
E ある DNA 領域に対して PCR を15サイクル行った後に得られる増幅産物の分子数は、5 サイクル終了時の10000倍を超える。
F PCR を行うことで RNA を増幅することができる。

5 に対する解答群

- ① D のみ ② E のみ ③ F のみ ④ D, E のみ
⑤ D, F のみ ⑥ E, F のみ ⑦ D, E, F

遺伝子組換え技術に関する以下の記述 G～I のうち、正しいものは 6 である。

G 制限酵素は、二本鎖 DNA のある特定の塩基配列を認識して切断する。

H プラスミドとは、大腸菌内で独立して増殖する一本鎖 DNA のことである。

I 大腸菌内でヒト由来の遺伝子を発現させることはできない。

6 に対する解答群

- | | | | |
|----------|----------|-----------|----------|
| ① Gのみ | ② Hのみ | ③ Iのみ | ④ G, Hのみ |
| ⑤ G, Iのみ | ⑥ H, Iのみ | ⑦ G, H, I | |

2) 抗生物質に対する耐性遺伝子を有する図 I のようなプラスミド DNA を用いて、大腸菌への遺伝子導入実験を実施する。アンピシリンは大腸菌の生育を阻害する抗生物質であり、大腸菌は培地にアンピシリンが存在すると生育できない。しかし、このプラスミドが導入されると、大腸菌はアンピシリン耐性遺伝子を発現し、アンピシリン存在下でも生育可能となる。また、このプラスミドには AraC の遺伝子も組み込まれている。AraC の遺伝子は、本来は大腸菌のアラビノースオペロンの発現を調節する調節遺伝子である。この遺伝子からつくられる AraC タンパク質は、GFP の遺伝子のプロモーター X に結合する。培地にアラビノースが存在しない場合は、AraC タンパク質がプロモーター X からの転写を抑制しており、GFP の遺伝子が発現しない。しかし、培地にアラビノースが存在する場合は、アラビノースが AraC タンパク質に結合することで、プロモーター X からの転写抑制が解除され、GFP の遺伝子が発現する。このプラスミドを本来大腸菌がもつ AraC の遺伝子を欠損した大腸菌株に導入した場合、アンピシリン耐性遺伝子が常に発現するのに対し、GFP の遺伝子はアラビノース存在下でのみ発現する。

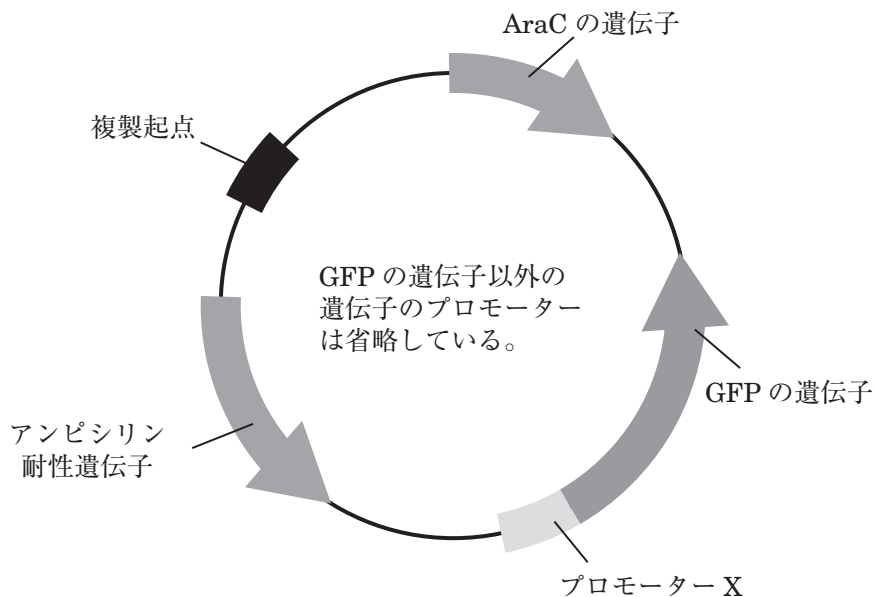


図 I

下線部のアンピシリン耐性遺伝子から発現するタンパク質は 7 である。

7 に対する解答群

- ① β ラクタマーゼ ② β ガラクトシダーゼ ③ β チューブリン
④ β カテニン ⑤ γ アミノ酪酸

AraC の遺伝子を欠損した大腸菌にこのプラスミドを導入する操作を施し、下の表 I に示す条件のグルコースを含まない寒天培地 a～d 上で、一晚培養した。その結果、すべての寒天培地で大腸菌のコロニーが確認された。ここに、寒天培地 a～d に対して紫外線を照射し大腸菌の様子を観察した。GFP は紫外線照射によって緑色蛍光を発するため、GFP の遺伝子が発現した場合は、大腸菌のコロニーが紫外線照射により緑色に光る。このとき、寒天培地 b では紫外線照射によって 8 が観察され、寒天培地 c では紫外線照射によって 9 が観察され、寒天培地 d では紫外線照射によって 10 が観察された。

表 I

	寒天培地 a	寒天培地 b	寒天培地 c	寒天培地 d
アンピシリン	含まない	含まない	含む	含む
アラビノース	含まない	含む	含まない	含む

8 ～ 10 に対する解答群

- ① 緑色に光らないコロニーのみ
② 緑色に光るコロニーのみ
③ 緑色に光らないコロニーと光るコロニー

Ⅱ 哺乳類の生体防御に関する以下の文章中の 11 ～ 22 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て選んでもよい。

- 1) ヒトの生体には、体内への異物侵入を阻止するための、(ア)的防御と(イ)的防御のしくみが備わっている。(ア)的防御の例として、皮膚の角質は、病原体などの異物が体内に侵入するのを防ぐはたらきを持つ。また、汗や唾液、涙に含まれる(ウ)は細菌の細胞壁を分解する酵素であり、(イ)的防御として機能する。ここで、(ア)～(ウ)の正しい組み合わせは 11 である。

11 に対する解答群

	(ア)	(イ)	(ウ)
①	化 学	物 理	ノイラミニダーゼ
②	化 学	物 理	リゾチーム
③	化 学	物 理	ディフェンシン
④	物 理	化 学	ノイラミニダーゼ
⑤	物 理	化 学	リゾチーム
⑥	物 理	化 学	ディフェンシン

体内に侵入した病原体などの異物は、免疫のしくみによって非自己物質として認識され、除去される。免疫細胞によって異物として認識された物質のことを抗原という。

免疫は自然免疫と獲得免疫に分けられる。自然免疫は病原体に共通する特徴を幅広く認識し、食作用などによって病原体を排除するしくみである。血液から組織に移動してきた 12 から分化したマクロファージは、侵入してきた病原体を食作用により取り込み、処理する。一方、獲得免疫は侵入した病原体由来の抗原を特異的に認識して、同じ病原体が侵入すると強く反応するしくみである。13 は病原体を取り込んだ後に、近くのリンパ節へと移動し、獲得免疫応答の誘導にかかわる。

獲得免疫は主に B 細胞が関与する 14 性免疫とキラー T 細胞が関与する 15 性免疫に分けられる。14 性免疫は、病原体を取り込んだ 13 が、ヘルパー T 細胞に 16 することで開始される。このヘルパー T 細胞は抗原特異的に B 細胞を刺激する。刺激を受け活性化した B 細胞は、病原体に対する抗体を分泌できるようになる。

12 および 13 に対する解答群

- | | | |
|---------|--------|--------------|
| ① 好中球 | ② リンパ球 | ③ 形質細胞 |
| ④ マスト細胞 | ⑤ 樹状細胞 | ⑥ ナチュラルキラー細胞 |
| ⑦ 単 球 | ⑧ 上皮細胞 | ⑨ 赤血球 |
| ⑩ 血小板 | | |

14 および 15 に対する解答群

- | | | |
|-------|--------|-------|
| ① 血 清 | ② 細 胞 | ③ 粘 液 |
| ④ 体 液 | ⑤ 組織液 | ⑥ 血 液 |
| ⑦ 代 謝 | ⑧ リンパ液 | ⑨ 捕 食 |

16 に対する解答群

- | | | |
|--------|----------|--------|
| ① 転 写 | ② 抗原抗体反応 | ③ 抗原提示 |
| ④ 形質転換 | ⑤ 同 化 | |

獲得免疫は病原体を排除することで感染症を防ぐが、獲得免疫が病気の原因となることもある。通常、生体の自己成分に対しては、獲得免疫の反応が起こらない。このように、ある抗原に対して獲得免疫の反応が見られない状態のことを 17 という。一方、何らかの要因によって免疫応答が過剰に起こり、身体が不都合な状態になることがある。この症状のことを 18 という。

獲得免疫がかかわる病気の例として、(a) 花粉症、(b) ぜんそく、(c) 1型糖尿病、および (d) 関節リウマチがよく知られている。これらの病気のうち、主に非自己物質に対する免疫反応によって症状が現れる病気は、19 であり、主に自己成分に対する免疫反応によって症状が現れる病気は、20 である。

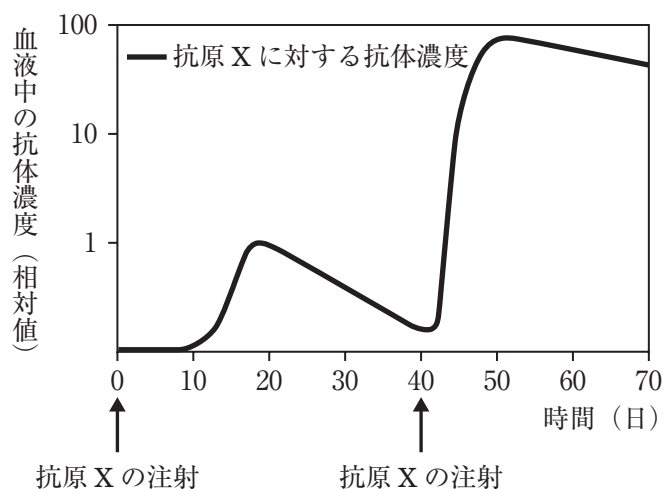
17 および 18 に対する解答群

- | | | |
|-----------|---------|---------|
| ① ヒスタミン | ② アレルゲン | ③ アレルギー |
| ④ フィードバック | ⑤ 免疫寛容 | ⑥ 再吸収 |
| ⑦ 解毒作用 | ⑧ 免疫記憶 | ⑨ 線 溶 |

19 および 20 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) | | Ⓑ (a), (b), (d) | |
| Ⓒ (a), (c), (d) | | Ⓓ (b), (c), (d) | |

2) 獲得免疫のはたらきは、次のような実験で調べることができる。健常なマウスに対して、抗原 X を注射し、初回の注射から40日後に同量の抗原 X を、同一部位に注射した。抗原 X に対する血液中の抗体濃度を経日的に測定したところ、図Ⅱの結果が得られた。2回目の注射で血液中の抗体濃度が初回よりも速やかに大きく上昇したのは、1回目の注射の後に、21 ためである。さらに、2回目の注射で抗原 X に加え、抗原 Y も同時に注射した。このとき、抗原 X および抗原 Y に対する血液中の抗体濃度の変化を表すグラフとして想定されるのは 22 である。ただし、抗原 X と抗原 Y には、お互いに異なるエпитープ（抗体が結合する抗原上の部位）が一つのみ存在する。また、この実験に使用したマウスは、抗原 X と抗原 Y とともにこれまで体内に侵入したことはないものとする。



図Ⅱ

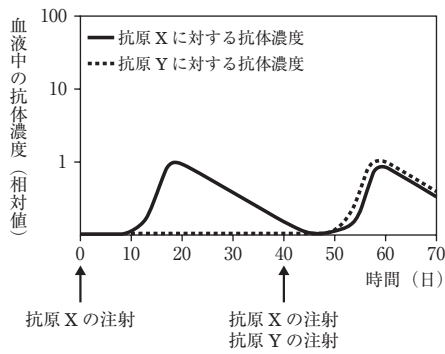
21 に対する解答群

- ① つくられた抗体がそのまま残っていた
- ② 抗原 X を取り込んだマクロファージが記憶細胞として残っていた
- ③ T 細胞の活性化が抑制された
- ④ 抗原 X の抗原情報を記憶した B 細胞が残っていた

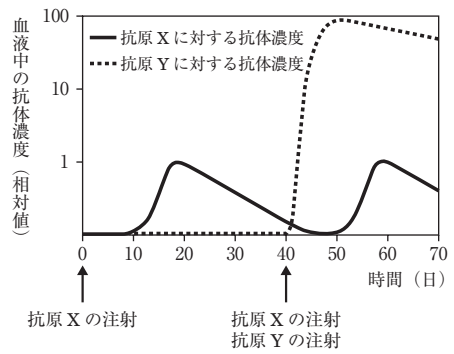
22

に対する解答群

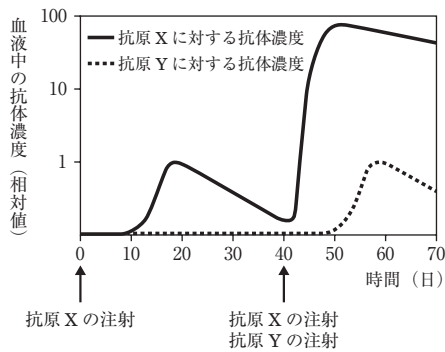
①



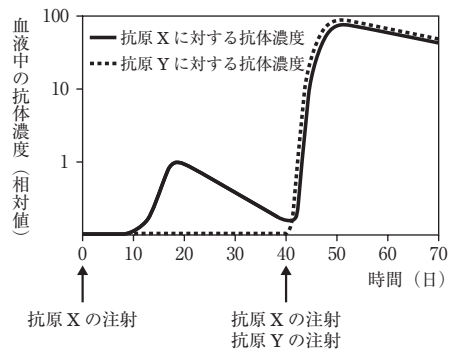
②



③



④



Ⅲ 植物に対する光刺激と応答のしくみに関する以下の文章中の 23 ～ 34 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) 被子植物では、明期と暗期の長さの違いが花芽形成に影響することが知られており、花芽形成には花成ホルモン（フロリゲン）とよばれる物質がかかわっている。フロリゲンの実体はタンパク質であり、イネの場合は、 23 タンパク質がフロリゲンとしてはたらくことが知られている。

ある短日植物における花芽形成における明期と暗期の長さの違いによる影響を調べるため、以下の〔実験1〕～〔実験4〕を行った。なお、いずれの実験の場合も24時間を1サイクルとして、数サイクル繰り返した。また、光照射を施さない時間は連続した暗期であるものとする。

〔実験1〕 連続する10.5時間だけ光照射を施すと、茎頂部で花芽形成を起こした。

〔実験2〕 連続する12.5時間だけ光照射を施すと、茎頂部で花芽形成を起こさなかった。

〔実験3〕 連続する15.5時間だけ光照射を施すと、茎頂部で花芽形成を起こさなかった。

〔実験4〕 連続する10.5時間だけ光照射を施したのち、その後の連続する暗期のちょうど中間の時間に1時間だけ光照射を施すと、茎頂部で花芽形成を起こさなかった。

〔実験1〕～〔実験4〕の結果から、この短日植物が花芽形成するためには、24 であることがわかる。また、〔実験4〕のような処理を（ア）といい、（ア）により花芽形成を起こさなくなる短日植物の例として（イ）や（ウ）が知られている。ここで、（ア）～（ウ）の正しい組み合わせは 25 である。

23 に対する解答群

- ① BMP ② CAM ③ FT ④ Hd3a ⑤ HLA ⑥ TLR

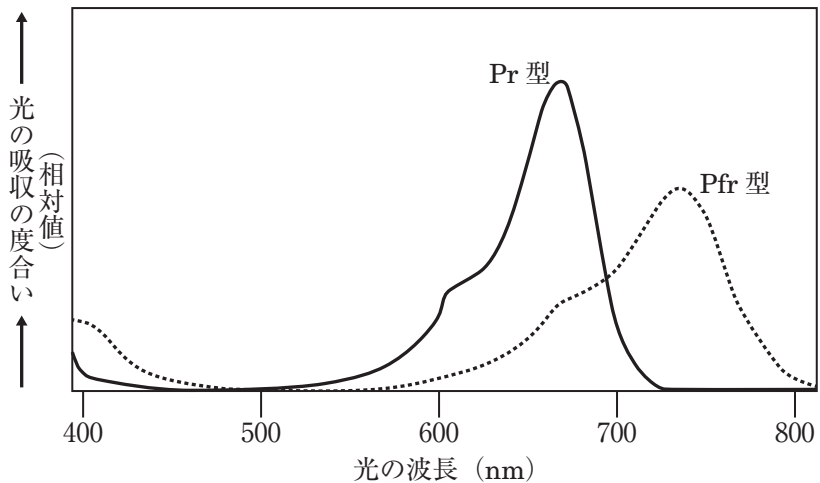
24 に対する解答群

- ① 明期よりも長い，連続した暗期が必要
- ② 明期よりも短い，連続した暗期が必要
- ③ 暗期よりも長い，連続した明期が必要

25 に対する解答群

	(ア)	(イ)	(ウ)
①	光阻害	アブラナ	アサガオ
②	光阻害	アブラナ	オナモミ
③	光阻害	アブラナ	ダイコン
④	光阻害	アサガオ	オナモミ
⑤	光阻害	アサガオ	ダイコン
⑥	光中断	アブラナ	アサガオ
⑦	光中断	アブラナ	オナモミ
⑧	光中断	アブラナ	ダイコン
⑨	光中断	アサガオ	オナモミ
⑩	光中断	アサガオ	ダイコン

短日植物の花芽形成が、明期と暗期の長さの違いの影響を受けるしくみには、フィトクロムという光受容体タンパク質が重要な役割を担っている。フィトクロムには、Pr 型と Pfr 型があり、それぞれのフィトクロムの型は図Ⅲに示すような光の吸収特性をもつ。[実験4] のように短日植物の暗期に光照射を施し、花芽形成を起こさなくするためには、赤色光の照射が最も有効であり、(エ) 付近の光の照射により (オ) 型から (カ) 型へと変化することで、花芽形成が起こらなくなる。ここで、(エ) ～ (カ) の正しい組み合わせは 26 である。



図Ⅲ

26 に対する解答群

	(エ)	(オ)	(カ)
①	660 nm	Pr	Pfr
②	660 nm	Pfr	Pr
③	730 nm	Pr	Pfr
④	730 nm	Pfr	Pr
⑤	800 nm	Pr	Pfr
⑥	800 nm	Pfr	Pr

2) 光発芽種子である植物 X の種子を用いて、種子の発芽率とフィトクロムとの関係を調べた。適切な条件下、赤色光と遠赤色光を表Ⅲに示す組み合わせと順番で照射し、実験に用いた全ての種子の発芽率とフィトクロムの Pfr 型の割合を調べたところ、表Ⅲに示す結果となった。なお、フィトクロムの Pfr 型の割合は、以下の式で算出した。

$$\text{Pfr 型の割合 (\%)} = \frac{\text{Pfr 型}}{\text{Pr 型} + \text{Pfr 型}} \times 100$$

表Ⅲ

処理	光の照射条件	発芽率 (%)	Pfr 型の割合 (%)
1	赤色光, 遠赤色光のいずれも照射しない	9	15
2	遠赤色光のみ	2	9
3	遠赤色光→赤色光	98	98
4	遠赤色光→赤色光→遠赤色光	4	A
5	遠赤色光→赤色光→遠赤色光→赤色光	94	89
6	遠赤色光→赤色光→遠赤色光→赤色光→遠赤色光	1	6
7	遠赤色光→赤色光→遠赤色光→赤色光→遠赤色光→赤色光	98	B

→は光の照射が連続していることを示している

〔処理 1〕～〔処理 7〕の実験結果から、光発芽種子は（キ）光により発芽が誘導され、（ク）光により発芽が抑制されることがわかる。また、〔処理 4〕を行った場合の Pfr 型フィトクロムの割合（表Ⅲ中の A）は〔処理 3〕に比べて（ケ）、〔処理 7〕を行った場合の Pfr 型フィトクロムの割合（表Ⅲ中の B）は〔処理 3〕に比べて（コ）ことがわかった。

表Ⅲのある植物 X のように、光に応答し発芽が促進される植物の例として、（サ）が知られている。ここで、（キ）と（ク）と（サ）の正しい組み合わせは 27 であり、（ケ）と（コ）の正しい組み合わせは 28 である。

27 に対する解答群

	(キ)	(ク)	(サ)
①	赤 色	遠赤色	ケイトウ
②	赤 色	遠赤色	キュウリ
③	赤 色	遠赤色	レタス
④	赤 色	遠赤色	スイカ
⑤	遠赤色	赤 色	ケイトウ
⑥	遠赤色	赤 色	キュウリ
⑦	遠赤色	赤 色	レタス
⑧	遠赤色	赤 色	スイカ

28 に対する解答群

	(ケ)	(コ)
①	高 く	違いがない
②	高 く	高 い
③	高 く	低 い
④	違いがなく	違いがない
⑤	違いがなく	高 い
⑥	違いがなく	低 い
⑦	低 く	違いがない
⑧	低 く	高 い
⑨	低 く	低 い

青色光や赤色光は植物中の（シ）などにより吸収されやすく、遠赤色光は（シ）などによりあまり吸収されない。一方、種子の中には、青色光や赤色光では発芽が（ス）されない種子があり、このような種子を暗発芽種子という。このような暗発芽種子の例として

 が知られている。ここで、（シ）と（ス）の正しい組み合わせは

 である。

に対する解答群

- | | | |
|--------|--------|-------|
| ① イチジク | ② カボチャ | ③ ゴボウ |
| ④ シ ソ | ⑤ タバコ | |

に対する解答群

	（シ）	（ス）
①	クロロフィル	促 進
②	クロロフィル	抑 制
③	フィコビルリン	促 進
④	フィコビルリン	抑 制

3) 葉にある気孔の開閉には、31 と 32 が関わっている。孔辺細胞の 31 が(セ) 光を受光すると、孔辺細胞への(ソ) の流入が促進され、続いて孔辺細胞内の浸透圧が(タ) し、水分子が流入して気孔が開く。一方、植物が乾燥状態におかれると、32 が急速に合成される。孔辺細胞の受容体に 32 が結合すると、孔辺細胞から(ソ) の流出が促進され、孔辺細胞内の浸透圧が(チ) し、続いて水分子が流出して気孔が閉じる。このようにして、気孔が閉じるのは、気孔を構成する孔辺細胞の気孔側の細胞壁が気孔とは反対側の細胞壁に比べて(ツ)、孔辺細胞の体積が(テ) なることで、気孔とは反対側の細胞壁が(ト) ためである。ここで、(セ) ～ (チ) の正しい組み合わせは 33 であり、(ツ) ～ (ト) の正しい組み合わせは 34 である。

31 および 32 に対する解答群

- | | | |
|-------------|----------|-----------|
| ① アブシシン酸 | ② エチレン | ③ オーキシン |
| ④ サイトカイニン | ⑤ ジャスモン酸 | ⑥ フォトリポリン |
| ⑦ ブラシノステロイド | | |

33 に対する解答群

	(セ)	(ソ)	(タ)	(チ)
①	赤 色	H ⁺	上 昇	低 下
②	赤 色	H ⁺	低 下	上 昇
③	赤 色	K ⁺	上 昇	低 下
④	赤 色	K ⁺	低 下	上 昇
⑤	赤 色	Na ⁺	上 昇	低 下
⑥	赤 色	Na ⁺	低 下	上 昇
⑦	青 色	H ⁺	上 昇	低 下
⑧	青 色	H ⁺	低 下	上 昇
⑨	青 色	K ⁺	上 昇	低 下
⑩	青 色	K ⁺	低 下	上 昇
⑪	青 色	Na ⁺	上 昇	低 下
⑫	青 色	Na ⁺	低 下	上 昇

	(ツ)	(テ)	(ト)
①	厚 く	大きく	伸びる
②	厚 く	大きく	縮 む
③	厚 く	小さく	伸びる
④	厚 く	小さく	縮 む
⑤	薄 く	大きく	伸びる
⑥	薄 く	大きく	縮 む
⑦	薄 く	小さく	伸びる
⑧	薄 く	小さく	縮 む

(第Ⅳ問は次ページから始まる)

IV 個体群に関する以下の文章中の 35 ～ 46 に最も適切なものを解答群から選び、その番号または記号を解答欄にマークせよ。ただし、異なる番号の に同じものを繰り返し選んでもよい。

1) 図Ⅳ－１の x～z は個体群内の個体の分布の様式を示したものである。タンポポやススキは、図Ⅳ－１の 35 のような分布となる。一方、タンポポやススキとは異なり、アフリカゾウや、巣をつくるアリは、図Ⅳ－１の 36 のような分布になる。35 のような分布になる要因は、37 と考えられ、36 のような分布になる要因は、38 と考えられている。

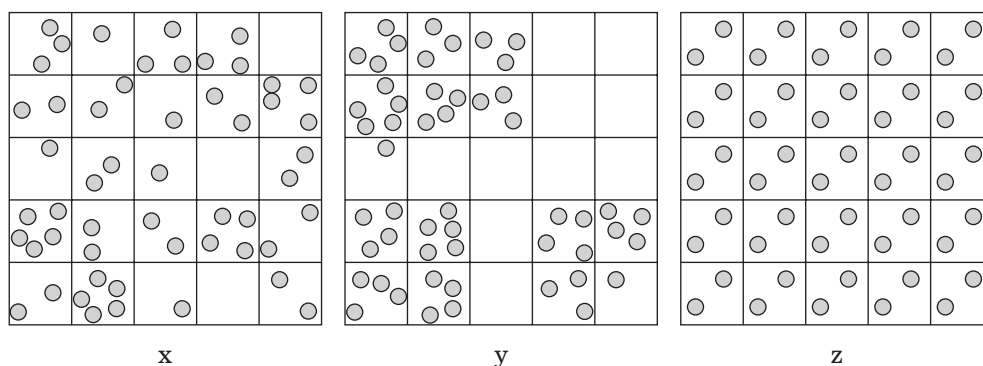


图 IV - 1

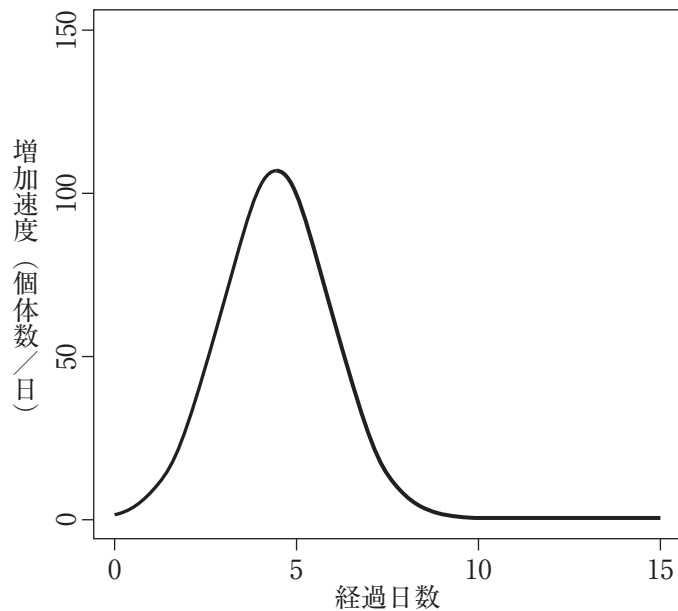
35 および 36 に対する解答群

- ① x ② y ③ z

37 および 38 に対する解答群

- ① 競争などによって他個体を避ける性質を持っているため
- ② 個体どうしに生殖や防衛などの共通目的があるため
- ③ 1 個体の存在が他個体の存在位置に影響を与えていないため
- ④ それぞれの個体が一定空間を占有する傾向があるため

2) 密度効果を調べるためにゾウリムシを飼育びんの中で飼育し、解析したところ、図Ⅳ－2の結果が得られた。ここで、グラフの縦軸は、1日あたりに増加した個体数を増加速度として表しており、横軸は経過日数を表している。

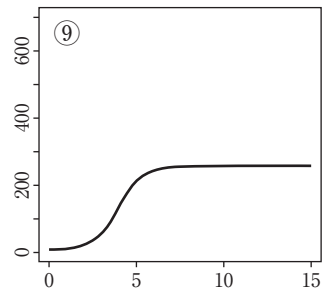
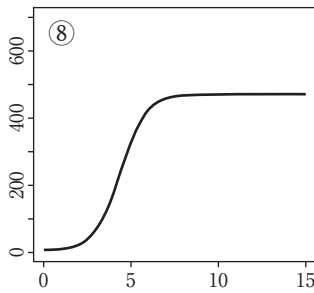
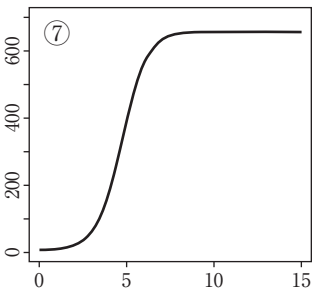
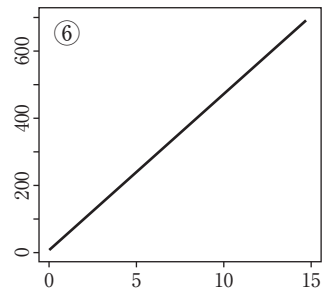
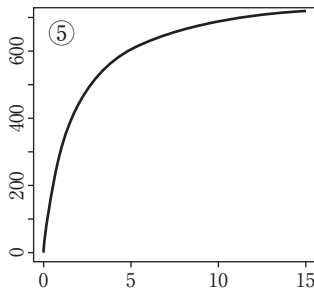
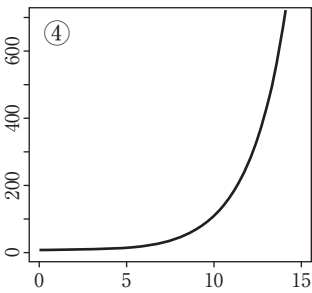
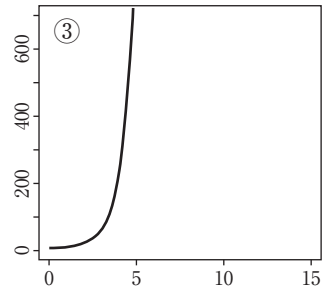
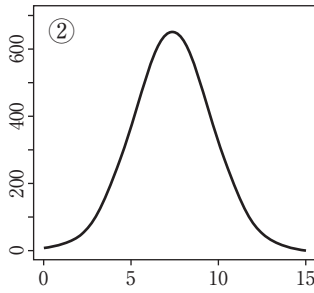
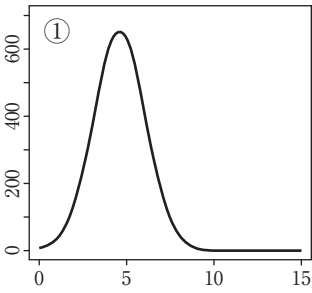


図Ⅳ－2

前述の図Ⅳ－2で得られた結果に対して、ゾウリムシの個体数を縦軸とし、経過日数を横軸としてグラフ化した場合、ゾウリムシの成長曲線は のようになる。ゾウリムシの成長曲線が のようになる場合の環境収容力は と考えられる。一方、密度効果がない条件で飼育した場合、ゾウリムシの成長曲線は のようになると推察される。

39 および 41 に対する解答群

個
体
数



経過日数

40 に対する解答群

- | | | |
|--------------|--------------|--------------|
| ① 0 以上100未満 | ② 100以上200未満 | ③ 200以上300未満 |
| ④ 300以上400未満 | ⑤ 400以上500未満 | ⑥ 500以上600未満 |
| ⑦ 600以上 | | |

以下の記述 a～dのうち，図Ⅳ－2のような密度効果が認められた原因の説明として正しいものは 42 である。

- a 食い分けやすみ分けが成立したため
- b 生態的地位の重なりが小さかったため
- c 資源をめぐる競争がはげしくなったため
- d 競争的排除が起こったため

42 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 |

3) 面積が 2.0 km^2 の池 P の中に生息するコイの個体群密度を推定することになった。
事前調査により、標識再捕法を用いる際に必要な条件を満たすことが確認できたため、
以下の調査 1 ～ 3 を実施した。

【調査 1】 1 回目の捕獲を行ったところ、600 個体のコイが網にかかった。そこで、
600 個体のうち、400 個体に標識を付けてその場で放流し、残りの 200 個体には
標識を付けずにその場で放流した。

【調査 2】 5 日後、同様にして 2 回目の捕獲を行ったところ、660 個体のコイが網に
かかった。

【調査 3】 660 個体の標識を確認したところ、627 個体には標識が付されていなかった
が、33 個体には標識が付されていた。

以上の調査から得られたデータを用いて、池 P の中に生息するコイの個体数を推
定するのに、以下のような関係式が利用できる。

$$\frac{\boxed{43}}{\text{池 P の中に生息するコイの個体数}} = \frac{\boxed{44}}{2 \text{ 回目に捕獲された全個体数}}$$

$\boxed{43}$ および $\boxed{44}$ に対する解答群

- ① 1 回目に捕獲された全個体のうち、標識を付けて放した個体数
- ② 1 回目に捕獲された全個体のうち、標識を付けずに放した個体数
- ③ 2 回目に捕獲された全個体のうち、標識が付されていた個体数
- ④ 2 回目に捕獲された全個体のうち、標識が付されていなかった個体数

以上の情報を用いたとき、この池 P の中に生息するコイの個体群密度は 45
(個体数/m²) と推定できる。

45 に対する解答群

- | | | | | |
|------------------------|------------------------|-------|---------------------|---------------------|
| ① 1.2×10^{-4} | ② 1.2×10^{-3} | ③ 1.2 | ④ 1.2×10^3 | ⑤ 1.2×10^4 |
| ⑥ 2.0×10^{-4} | ⑦ 2.0×10^{-3} | ⑧ 2.0 | ⑨ 2.0×10^3 | ⑩ 2.0×10^4 |
| Ⓐ 4.0×10^{-4} | Ⓑ 4.0×10^{-3} | Ⓒ 4.0 | Ⓓ 4.0×10^3 | Ⓔ 4.0×10^4 |
| Ⓕ 8.0×10^{-4} | Ⓖ 8.0×10^{-3} | Ⓗ 8.0 | Ⓙ 8.0×10^3 | Ⓚ 8.0×10^4 |

また、下線部について、以下の記述 e ～ h のうち、正しいものは 46 である。

- e 調査期間中は、調査地での個体の移入や移出が起こらない。
- f 標識された個体とされていない個体が均一に混ざり合う。
- g 1 回目の捕獲と 2 回目の捕獲は、同じ方法、同じ時間帯、同じ場所で行う。
- h 標識の有無が個体数に影響を与えない。

46 に対する解答群

- | | | |
|--------------|--------------|--------------|
| ① e のみ | ② f のみ | ③ g のみ |
| ④ h のみ | ⑤ e, f のみ | ⑥ e, g のみ |
| ⑦ e, h のみ | ⑧ f, g のみ | ⑨ f, h のみ |
| ⑩ g, h のみ | Ⓐ e, f, g のみ | Ⓑ e, f, h のみ |
| Ⓒ e, g, h のみ | Ⓓ f, g, h のみ | Ⓔ e, f, g, h |