

理 科

【物理】 【化学】 【生物】

（60分 100点）

注意事項

- ① 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
- ② 解答にはHBまたはBの黒鉛筆（シャープペンシルはHBまたはBの芯であれば使用可）を使用しなさい。
- ③ マークシートの解答用紙には、氏名、受験番号、科目を記入する欄と受験番号、解答科目をマークする欄があります。
- ④ 解答方法は、マーク式（解答番号を選択する方式）です。マークシートの解答用紙にマークしなさい。

例えば、10 と表示のある問いに対して③と解答する場合は、次の（例）のように解答番号10の解答欄の③にマークしなさい。

（例）

解答番号	解 答 欄									
10	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩

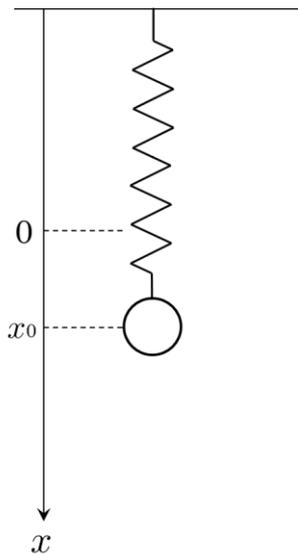
- ⑤ 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、手を高くあげて監督者に知らせなさい。

物 理

受験者は **1** から **4** 全てを解答しなさい。

1

ばね定数 k の軽いばねの上端を天井に固定し、下端に質量が m のおもりをとりつけた。ばねが自然の長さになるときのおもりの位置を原点($x=0$)とする鉛直下向きに x 軸をとると、おもりはつりあいの位置($x=x_0$)で静止した。その後、 $x=x_1(x_1>x_0)$ の位置までおもりを引き下げ、静かにはなすとおもりは振動をはじめた。重力加速度の大きさを g とする。



問1 x_0 として正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 **1**

- ① mg ② kmg ③ $\frac{mg}{k}$ ④ 0 ⑤ \sqrt{kmg} ⑥ $\sqrt{\frac{mg}{k}}$

問2 おもりの位置が x のときの、おもりの加速度を a とする。 a を表す式として正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 **2**

- ① $a = \frac{k}{m}x$ ② $a = -\frac{k}{m}x$ ③ $a = -\frac{k}{m}(x+x_0)$
④ $a = -\frac{k}{m}(x-x_0)$ ⑤ $a = -\frac{k}{m}(x+x_1)$ ⑥ $a = -\frac{k}{m}(x-x_1)$

問3 おもりの振動の角振動数と周期の組み合わせとして正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 3

	①	②	③	④	⑤	⑥
角振動数	$\sqrt{\frac{m}{k}}$	$\sqrt{\frac{m}{k}}$	$\sqrt{\frac{m}{k}}$	$\sqrt{\frac{k}{m}}$	$\sqrt{\frac{k}{m}}$	$\sqrt{\frac{k}{m}}$
周期	$2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$	$2\pi\sqrt{\frac{k}{m}}$	$\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{m}{k}}$	$2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$	$2\pi\sqrt{\frac{k}{m}}$	$\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{m}{k}}$

問4 $x=x_0$ を通過するときのおもりの速さとして正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 4

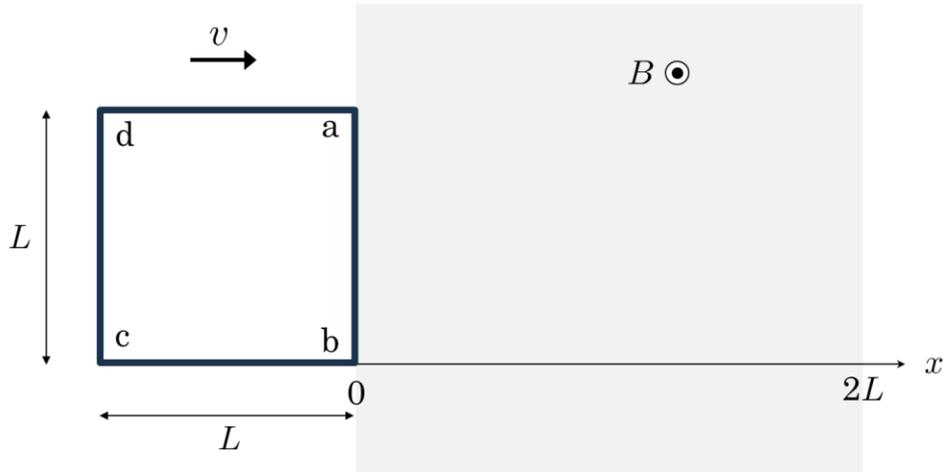
- ① $(x_1-x_0)\sqrt{\frac{k}{m}}$ ② $x_1\sqrt{\frac{k}{m}}$ ③ $x_0\sqrt{\frac{k}{m}}$
- ④ $(x_1-x_0)\sqrt{\frac{m}{k}}$ ⑤ $x_1\sqrt{\frac{m}{k}}$ ⑥ $x_0\sqrt{\frac{m}{k}}$

問5 $x=x_1$ でおもりをはなしたときの時刻を $t=0$ とする。時刻 t におけるおもりの位置 x を表す式として正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 5

- ① $x=x_1\sin\left(\sqrt{\frac{k}{m}}t\right)+x_0$ ② $x=x_1\sin\left(\sqrt{\frac{k}{m}}t+\frac{\pi}{2}\right)+x_0$
- ③ $x=x_1\sin\left(\sqrt{\frac{k}{m}}t-\frac{\pi}{2}\right)+x_0$ ④ $x=(x_1-x_0)\sin\left(\sqrt{\frac{k}{m}}t\right)+x_0$
- ⑤ $x=(x_1-x_0)\sin\left(\sqrt{\frac{k}{m}}t+\frac{\pi}{2}\right)+x_0$ ⑥ $x=(x_1-x_0)\sin\left(\sqrt{\frac{k}{m}}t-\frac{\pi}{2}\right)+x_0$

2

図のように、 $0 \leq x \leq 2L$ に紙面裏から表の向きに磁束密度の大きさ B の一様な磁場が存在する空間がある。そこに、一辺の長さが L の正方形コイル $abcd$ を、 x 軸の正の向きに一定の速さ v で移動させる。コイルは、辺 bc が x 軸上にあり、長さ L あたりの抵抗値が R で、自己誘導は無視できる。コイルの辺 ab が $x=0$ に達する時刻を $t=0$ として、次の問いに答えよ。



問1 $0 < t < \frac{L}{v}$ のときに、コイルに流れる電流を I_1 とする。ただし、 I_1 は、コイルの $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d$ の向きに流れる場合を正とする。 I_1 を表したのちとして正しいものを、次の①～⑦のうちから一つ選びなさい。

6

- ① $\frac{vBL}{R}$ ② $\frac{vBL}{2R}$ ③ $\frac{vBL}{4R}$
 ④ $-\frac{vBL}{R}$ ⑤ $-\frac{vBL}{2R}$ ⑥ $-\frac{vBL}{4R}$ ⑦ 0

問2 $0 < t < \frac{L}{v}$ のときに、コイルが磁場から受ける力の x 成分を F_1 とする。問1の I_1 を用いて F_1 を表したのちとして正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。7

- ① $|I_1|BL$ ② $2|I_1|BL$ ③ $4|I_1|BL$
 ④ $-|I_1|BL$ ⑤ $-2|I_1|BL$ ⑥ $-4|I_1|BL$

問3 $\frac{L}{v} < t < \frac{2L}{v}$ のときに、コイルに流れる電流を I_2 とする。ただし、 I_2 は、コイルの $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d$ の向きに流れる場合を正とする。 I_2 を表したのとして正しいものを、次の①～⑦のうちから一つ選びなさい。 8

- ① $\frac{2vBL}{R}$ ② $\frac{vBL}{R}$ ③ $\frac{vBL}{2R}$
- ④ $-\frac{2vBL}{R}$ ⑤ $-\frac{vBL}{R}$ ⑥ $-\frac{vBL}{2R}$ ⑦ 0

問4 $\frac{2L}{v} < t < \frac{3L}{v}$ のときのコイルの様子について正しく述べたものを、次の①～⑧のうちから二つ選びなさい。ただし、解答の順序は問わない。 9・10

- ① コイルには、問1の I_1 と同じ大きさで、同じ向きの電流が流れる。
- ② コイルには、問1の I_1 と同じ大きさで、逆向きの電流が流れる。
- ③ コイルには、問1の I_1 と異なる大きさで、同じ向きの電流が流れる。
- ④ コイルには、問1の I_1 と異なる大きさで、逆向きの電流が流れる。
- ⑤ コイルの x 方向には、問2の F_1 と同じ大きさで、同じ向きの力がはたらく。
- ⑥ コイルの x 方向には、問2の F_1 と同じ大きさで、逆向きの力がはたらく。
- ⑦ コイルの x 方向には、問2の F_1 と異なる大きさで、同じ向きの力がはたらく。
- ⑧ コイルの x 方向には、問2の F_1 と異なる大きさで、逆向きの力がはたらく。

問5 $0 < t < \frac{3L}{v}$ でコイルを一定の速さ v で動かすために、コイルに与える仕事について正しく述べたものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 [11]

① $0 < t < \frac{L}{v}$ と $\frac{2L}{v} < t < \frac{3L}{v}$ で与える仕事の和と、 $\frac{L}{v} < t < \frac{2L}{v}$ で与える仕事は、どちらも 0 である。

よって、 $0 < t < \frac{3L}{v}$ で与える仕事の和は 0 である。

② $0 < t < \frac{L}{v}$ と $\frac{2L}{v} < t < \frac{3L}{v}$ で与える仕事の和と、 $\frac{L}{v} < t < \frac{2L}{v}$ で与える仕事は、どちらも 0 である。

しかし、 $0 < t < \frac{3L}{v}$ で与える仕事の和は 0 ではない。

③ $0 < t < \frac{L}{v}$ と $\frac{2L}{v} < t < \frac{3L}{v}$ で与える仕事の和と、 $\frac{L}{v} < t < \frac{2L}{v}$ で与える仕事は、どちらも 0 ではない。

しかし、 $0 < t < \frac{3L}{v}$ で与える仕事の和は 0 である。

④ $0 < t < \frac{L}{v}$ と $\frac{2L}{v} < t < \frac{3L}{v}$ で与える仕事の和は 0 であるが、 $\frac{L}{v} < t < \frac{2L}{v}$ で与える仕事は 0 ではない。

よって、 $0 < t < \frac{3L}{v}$ で与える仕事の和は 0 ではない。

⑤ $0 < t < \frac{L}{v}$ と $\frac{2L}{v} < t < \frac{3L}{v}$ で与える仕事の和は 0 ではないが、 $\frac{L}{v} < t < \frac{2L}{v}$ で与える仕事は 0 である。

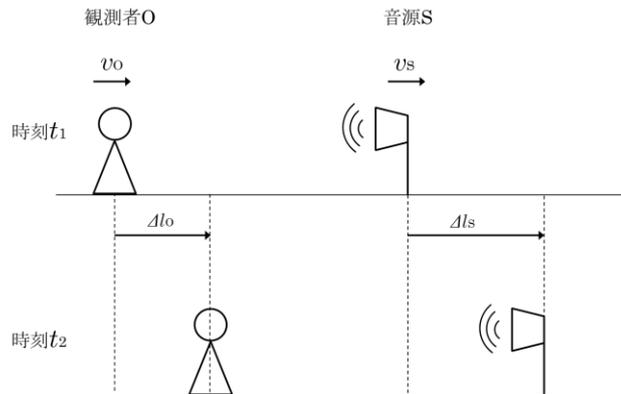
よって、 $0 < t < \frac{3L}{v}$ で与える仕事の和は 0 ではない。

⑥ $0 < t < \frac{L}{v}$ と $\frac{2L}{v} < t < \frac{3L}{v}$ で与える仕事の和と、 $\frac{L}{v} < t < \frac{2L}{v}$ で与える仕事は、どちらも 0 ではない。

よって、 $0 < t < \frac{3L}{v}$ で与える仕事の和は 0 ではない。

3

図のように、振動数 f_0 の音源 S からの音波を観測者 O が観測するとき、振動数がどのように変化するかを考える。いま、観測者 O と音源 S は、それぞれ図の右向きに一定の速さ v_o, v_s で動いているとする。音速を V として、次の問いに答えよ。ただし、 $v_o < V, v_s < V$ である。また、観測者 O は時刻 t_1 以前より、音源 S からの音波を観測していたとする。



音源 S が時刻 t_1 から t_2 の間に進む距離 (Δl_s) は **ア** となる。また、観測者 O の方向に時刻 t_1 に発せられた音波は、時刻 t_2 までに図の左向きに **イ** だけ進んでいる。

時刻 t_1 から t_2 の間に S から発せられた波の数は **ウ** であり、この数の波が長さ **ア** + **イ** の中に存在しているといえる。以上より、 O の方向に向かう波 1 つ分の長さ (波長) λ は、 $\lambda =$ **エ** となる。

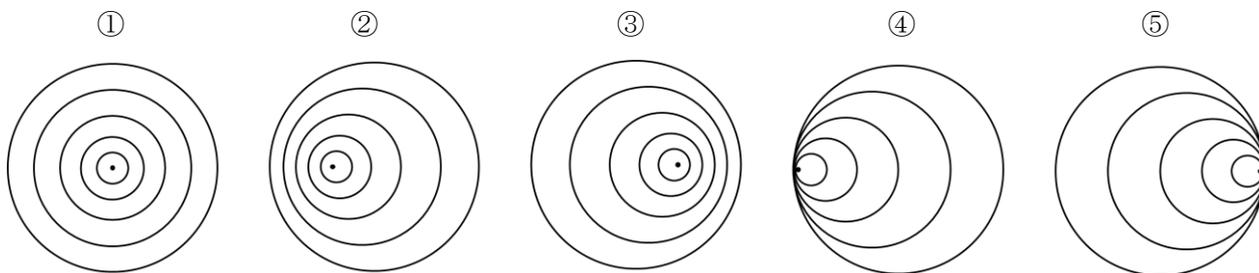
一方、 O が時刻 t_1 から t_2 の間に進む距離 (Δl_o) に注意すると、時刻 t_1 から t_2 の間に波長 λ の音波を長さ **オ** だけ観測するとみなせる。その結果、単位時間あたりに O が受け取る波の個数 (振動数) f は **カ** となる。

問1 文中の **ア** ・ **イ** に当てはまる式の組み合わせとして正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 **12**

	①	②	③
ア	$v_s(t_2 - t_1)$	$v_s(t_2 - t_1)$	$v_s(t_2 - t_1)$
イ	$V(t_2 - t_1)$	$(V - v_s)(t_2 - t_1)$	$(V + v_s)(t_2 - t_1)$

	④	⑤	⑥
ア	$(v_s - v_o)(t_2 - t_1)$	$(v_s - v_o)(t_2 - t_1)$	$(v_s - v_o)(t_2 - t_1)$
イ	$V(t_2 - t_1)$	$(V - v_s)(t_2 - t_1)$	$(V + v_s)(t_2 - t_1)$

問2 音源 S から発せられる音波の波面の様子を模式的に表した図として最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選びなさい。ただし、半径の最も大きい円が時刻 t_1 で発せられた音波の波面で、『・』が時刻 t_2 での S の位置を表している。 [13]



問3 文中の『ウ』・『エ』に当てはまる式の組み合わせとして正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 [14]

	①	②	③
ウ	$f_0 t_2$	$f_0 t_2$	$f_0 t_2$
エ	$\frac{V}{f_0}$	$\frac{V+vs}{f_0}$	$\frac{V-vs}{f_0}$

	④	⑤	⑥
ウ	$f_0(t_2-t_1)$	$f_0(t_2-t_1)$	$f_0(t_2-t_1)$
エ	$\frac{V}{f_0}$	$\frac{V+vs}{f_0}$	$\frac{V-vs}{f_0}$

問4 文中の『オ』に当てはまる式として正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 [15]

- ① Vt_2 ② $(V-v_0)t_2$ ③ $(V+v_0)t_2$
 ④ $V(t_2-t_1)$ ⑤ $(V-v_0)(t_2-t_1)$ ⑥ $(V+v_0)(t_2-t_1)$

問5 文中の『カ』に当てはまる式として正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 [16]

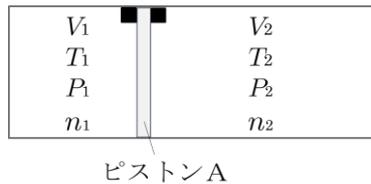
- ① $\frac{V+vs}{V+v_0}f_0$ ② $\frac{V+vs}{V-v_0}f_0$ ③ $\frac{V-vs}{V-v_0}f_0$
 ④ $\frac{V+v_0}{V+vs}f_0$ ⑤ $\frac{V+v_0}{V-vs}f_0$ ⑥ $\frac{V-v_0}{V-vs}f_0$

4 次の文章（I・II）を読み、以下の問いに答えなさい。

I

図のように、断面積が一樣な容器がある。この容器はなめらかに移動することができる質量 m のピストン A によって 2 つの部屋に分けられている。図の左側と右側の部屋には、同種の単原子分子理想気体がそれぞれ物質質量 n_1 、 n_2 だけ閉じ込められている。なお、容器とピストン A は断熱材でできている。

はじめ、ピストン A は、図の左側の気体が体積 V_1 、温度 T_1 、圧力 P_1 に、右側の気体が体積 V_2 、温度 T_2 、圧力 P_2 の状態になるような位置で固定されている。ただし、 $P_1 > P_2$ であった。



問1 はじめの状態のとき、左側の気体がもつ内部エネルギーとして正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。17

- ① $\frac{3P_1V_1}{2}$ ② $\frac{3P_1V_1}{2T_1}$ ③ $\frac{3n_1T_1}{2}$ ④ $\frac{P_1V_1}{2}$ ⑤ $\frac{P_1V_1}{2T_1}$ ⑥ $\frac{n_1T_1}{2}$

問2 続いて、ピストン A の固定を外すと、A が動き始め、あるとき A の速さが最大となった。速さが最大になるときの A について正しく述べたものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。18

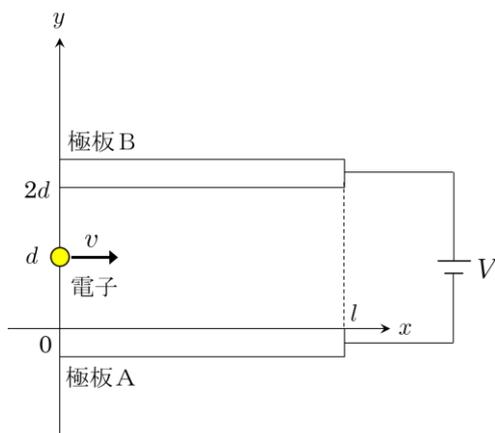
- ① A の速さが最大になるのは、気体の圧力によらず、容器の中央に A が到達したときである。
 ② A の速さが最大になるのは、気体の圧力によらず、A の固定を外した瞬間である。
 ③ A の速さが最大になるのは、2 つの気体の圧力差が最も大きくなり、加速度の大きさが最大となるときである。
 ④ A の速さが最大になるのは、2 つの気体の圧力差が最も大きくなり、加速度の大きさが最小となるときである。
 ⑤ A の速さが最大になるのは、2 つの気体の圧力が等しくなり、加速度の大きさが最大となるときである。
 ⑥ A の速さが最大になるのは、2 つの気体の圧力が等しくなり、加速度の大きさが最小となるときである。

問3 ピストンAのかわりに、熱をよく通す材質でできたピストンBを用いた。問2と同様にBの固定を外すと、Bが動き始めた。十分に時間が経ったときのAとBの様子について正しく述べたものを、次の①～④のうちから一つ選びなさい。[19]

- ① Aは左右の往復運動を繰り返すが、Bは静止する。
- ② Aは静止するが、Bは左右の往復運動を繰り返す。
- ③ AもBも左右の往復運動を繰り返す。
- ④ AもBも静止する。

II

図のように長さ l で厚さの無視できる極板 A と極板 B を用意する。A と B は端が $x=0$ に位置するように、 x 軸と平行に、A が $y=0$ に、B は $y=2d$ におかれている。2 枚の極板の間には、図の向きに電圧 V が加わっている。いま、 $x=0$ 、 $y=d$ の位置から、質量が m 、電荷 $-e$ の電子を x 軸と平行に速さ v で進入させた。次の問いに答えよ。



問1 電子は極板に衝突することなく、 $x=l$ に到達した。このときの電子の y 座標 y_1 として正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。[20]

- ① $y_1 = \frac{eV^2}{mdv^2} + d$ ② $y_1 = \frac{eV^2}{2mdv^2} + d$ ③ $y_1 = \frac{eV^2}{4mdv^2} + d$
 ④ $y_1 = -\frac{eV^2}{mdv^2} + d$ ⑤ $y_1 = -\frac{eV^2}{2mdv^2} + d$ ⑥ $y_1 = -\frac{eV^2}{4mdv^2} + d$

問2 極板間に一様な磁場を加えると、電子は $y=d$ 上を直進した。加えた磁場の向きと、磁束密度の大きさ B の組み合わせとして正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。ただし、磁場の向きは、紙面表から裏の向きを正とする。[21]

	①	②	③	④	⑤	⑥
磁場の向き	正	正	正	負	負	負
B	$\frac{V}{2d}$	$\frac{V}{2dv}$	$\frac{V}{dv}$	$\frac{V}{2d}$	$\frac{V}{2dv}$	$\frac{V}{dv}$

問3 電子の比電荷を，問1の y_1 ，問2の B を用いて表した式として正しいものを，次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。22

① $\frac{e}{m} = \frac{(y_1 - d)V}{Bl d}$

② $\frac{e}{m} = \frac{(y_1 - d)V}{B^2 l d}$

③ $\frac{e}{m} = \frac{(y_1 - d)V}{Bl^2 d}$

④ $\frac{e}{m} = \frac{(y_1 - d)V}{B^2 l^2 d}$

⑤ $\frac{e}{m} = \frac{(y_1 - d)V}{Bl^2 d^2}$

⑥ $\frac{e}{m} = \frac{(y_1 - d)V}{B^2 l^2 d^2}$

(余 白)

化 学

必要があれば、次の値を使うこと。

原子量 H 1.0 C 12 N 14 O 16 S 32 Cu 64

気体定数 $8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$

水のイオン積 $1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$

ファラデー定数 $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

$\log_{10} 2 = 0.30$

気体は、実在気体とことわりがない限り、理想気体として扱うものとする。

1 各問いに答えよ。

問1 次の各記述に関連する分離の方法として最も適当なものを、解答群から一つずつ選べ。

- a 海水から水を取り出す。 1
- b 少量の塩化ナトリウムを含む硝酸カリウムから、硝酸カリウムの結晶だけを取り出す。 2
- c お茶の葉に熱水を加えて、色素やカフェインなどを溶かしだす。 3
- d 砂を含む水から砂を取り除く。 4
- e ガラスの破片が混じったヨウ素からヨウ素だけを取り出す。 5
- ① ろ過 ② 蒸留 ③ 分留 ④ 再結晶 ⑤ 昇華法 ⑥ 抽出

問2 次の結晶の中で分子結晶はどれか。最も適するものを解答群から一つ選べ。 6

- ① 塩化アンモニウム ② 銀 ③ ダイヤモンド ④ ヨウ素
⑤ 硫酸マグネシウム

問3 臭化物イオン Br^- の電子の数は 36 個である。質量数 79 の臭素原子に含まれる中性子の数として最も適当な数値を解答群から一つ選べ。 7

- ① 39 ② 40 ③ 41 ④ 42 ⑤ 43 ⑥ 44

問4 無水硫酸銅(II)の溶解度 (g/100g 水) は 20°C で 20、 60°C で 40 である。 60°C の硫酸銅(II)飽和水溶液 140g を 20°C まで冷却すると、析出する硫酸銅(II)五水和物の結晶は何 g か。最も適当な数値を解答群から一つ選べ。 8 g

- ① 13 ② 20 ③ 26 ④ 31 ⑤ 35 ⑥ 42

問5 白金電極を用いて、 0.10mol/L の硫酸銅(II)水溶液 500mL に電流を流して電気分解したところ、陰極の質量が 0.128g 増加した。各問いに答えよ。ただし、電気分解による水溶液の体積変化はなく、陰極から気体の発生はなかったものとする。

a この電気分解によって陽極から発生した気体の体積は、標準状態で何 mL か。最も適当な数値を解答群から一つ選べ。ただし、発生した気体の水への溶解は無視できるものとする。 mL

- ① 11.2 ② 22.4 ③ 44.8 ④ 112 ⑤ 224 ⑥ 448

b この電気分解後の水溶液の pH はいくらか。最も適当な数値を解答群から一つ選べ。

- ① 0.70 ② 1.80 ③ 2.10 ④ 2.70 ⑤ 3.00 ⑥ 7.00

2 各問いに答えよ。

問1 物質の状態に関する各記述について、正しい場合は①を、誤りを含む場合は②を選べ。

a 三重点とは、気体、液体、固体の三態が共存する温度、圧力のことである。

11

b 結晶は構成粒子が規則正しく配列した固体であり、粒子は運動をしていない。

12

c 水を冷却していくと、 0°C 以下でも氷にならないことがある。この状態を過冷却という。

13

d 実在気体は、高温・低圧にするほど理想気体のふるまいに近づく。

14

問2 温度が調節できる容器Aと容器BがコックCで連結されており、はじめコックCは閉じられている。容器Aの体積は1.0L、容器Bの体積は4.0Lであり、容器Aには気体の炭化水素0.16gが、容器Bには酸素が入っている。各問いに答えよ。ただし、容器Bには点火装置がついており、点火装置およびコックCの体積は無視できるものとする。

a 容器全体を 27°C に保ったところ、容器A内の圧力は $2.5 \times 10^4 \text{Pa}$ であった。容器A内の炭化水素の分子式はどれか。最も適当なものを解答群から一つ選べ。

15

① CH_4 ② C_2H_2 ③ C_2H_4 ④ C_2H_6 ⑤ C_3H_8

b 温度を 27°C に保ったままコックCを開き、十分な時間気体を混合させると、容器内の圧力が $1.7 \times 10^4 \text{Pa}$ となった。このときの酸素の分圧は何Paか。最も適当な数値を解答群から一つ選べ。

16 Pa

① 5.0×10^3 ② 8.5×10^3 ③ 1.2×10^4 ④ 1.7×10^4 ⑤ 2.1×10^5

c 点火装置を用いて容器内の炭化水素を完全燃焼させた。その後、容器全体を 27°C に保ったところ、容器内の圧力は $1.06 \times 10^4 \text{Pa}$ となった。 27°C における水の飽和蒸気圧は何Paか。最も適当な数値を解答群から一つ選べ。

17 Pa

① 1.6×10^3 ② 3.6×10^3 ③ 5.6×10^3 ④ 8.6×10^3 ⑤ 1.1×10^4

問3 凝固点降下について、各問いに答えよ。ただし、電解質は水溶液中で完全に電離しているものとする。

a 質量モル濃度 0.10mol/kg の水溶液にしたとき、その凝固点が最も低くなる物質はどれか。最も適当なものを解答群から一つ選べ。 18

- ① 硫酸アルミニウム ② グルコース ③ 硝酸カリウム
④ 塩化カルシウム ⑤ 塩化ナトリウム

b 水 200g に塩化ナトリウム 0.010mol 溶かした溶液の凝固点は -0.185°C であった。水のモル凝固点降下は何 $\text{K} \cdot \text{kg/mol}$ か。最も適当な数値を解答群から一つ選べ。

19

- ① 0.185 ② 0.370 ③ 1.23 ④ 1.85 ⑤ 3.70

c 水 200g に塩化ナトリウム 0.010mol 溶かした溶液を -0.40°C まで冷却した。このとき生じている氷は何 g か。最も適当な数値を解答群から一つ選べ。 20

- ① 46 ② 93 ③ 108 ④ 154 ⑤ 200

3 各問いに答えよ。

問1 リンに関する各記述について、正しい場合は①を、誤りを含む場合は②を選べ。

- a リンの同素体には黄リンと赤リンがあり、黄リンは二硫化炭素に溶解するが赤リンは溶解しない。 21
- b 黄リンは空气中で自然発火するため、石油中に保存する。 22
- c 十酸化四リンは乾燥剤として利用されるが、酸性の気体の乾燥には適していない。 23
- d リン酸は強い酸化作用があるので、漂白・殺菌剤に利用される。 24
- e 過リン酸石灰(リン酸二水素カルシウムと硫酸カルシウムの混合物)は肥料として用いられる。 25

問2 ケイ素に関する各記述について、正しい場合は①を、誤りを含む場合は②を選べ。

- a ケイ素の単体は天然には存在しない。 26
- b 二酸化ケイ素は直線形の分子である。 27
- c 二酸化ケイ素を融解し、透明度の高い繊維としたものは、光ファイバーとして利用される。 28
- d ケイ酸ナトリウムに水を加えて煮沸すると、粘性の大きな液体である水ガラスになる。 29
- e シリカゲルは乾燥剤として利用されるが、塩化コバルト(Ⅱ)を含ませておくと、色の変化により水の吸収の程度を知ることができる。 30

問3 ナトリウムに関する各記述について、正しい場合は①を、誤りを含む場合は②を選べ。

- a ナトリウムの単体は酸やアルコールと反応し、水素を発生する。 31
- b ナトリウムイオンを含む水溶液の炎色反応は橙色を示す。 32
- c 水酸化ナトリウムは、塩化ナトリウム水溶液を電気分解することによってつくられている。 33
- d 水酸化ナトリウムの固体を加熱すると、分解して酸化物となる。 34
- e 炭酸ナトリウム十水和物は空气中に放置すると、水和水が失われて一水和物となる。この現象を風解という。 35

問4 スズおよび鉛に関する各記述について、正しい場合は①を、誤りを含む場合は②を選べ。

a スズの単体は合金やめっきとして、はんだや青銅、トタンなどに利用されている。

36

b 鉛の単体は鉛蓄電池の負極や X 線の遮蔽板に用いられる。 37

c スズ(II)イオンは電子を放出してスズ(IV)イオンに変化しやすいため、還元剤として用いられる。 38

d 鉛(II)イオンを含む水溶液に塩化物イオンを加えると白色沈殿を生じるが、加熱すると沈殿は溶解する。 39

e 酢酸鉛(II)を浸みこませた試験紙は、硫化水素の検出に用いられる。 40

4 各問いに答えよ。

問1 炭化水素に関する各記述について、正しい場合は①を、誤りを含む場合は②を選べ。

- a メタンのすべての水素原子は同一平面上に存在する。 41
- b エチレンのすべての水素原子は同一平面上に存在する。 42
- c プロパンのすべての炭素原子は同一直線上に存在する。 43
- d プロペン（プロピレン）のすべての水素原子は同一平面上に存在する。 44
- e プロピン（メチルアセチレン）のすべての炭素原子は同一直線上に存在する。 45

問2 アルコールに関する各記述について、正しい場合は①を、誤りを含む場合は②を選べ。

- a 1価アルコールの水への溶解性は、高級になるほど小さくなる。 46
- b 160~170℃に加熱した濃硫酸にエタノールを加えると、2分子間で脱水反応が起こり、ジエチルエーテルが生成する。 47
- c メタノールは無色、有毒な液体である。 48
- d エタノールはアルコール飲料の成分でもあり、グルコースを原料としてアルコール発酵によりつくられる。 49
- e 2価アルコールであるエチレングリコールは、不凍液や合成繊維の原料として用いられる。 50

問3 油脂に関する各記述について、正しい場合は①を、誤りを含む場合は②を選べ。

- a グリセリンと高級脂肪酸とのエステルを油脂という。 51
- b 油脂を構成する脂肪酸として、不飽和脂肪酸の割合が多い油脂ほど常温で固体のものが多い。 52
- c 常温で液体の油脂に、ニッケルを触媒として水素を付加すると固体になる。このようにして生じた油脂を乾性油という。 53
- d 油脂 1mol を完全にけん化するのに必要な水酸化カリウムは 1mol である。 54
- e 油脂 100g に付加するヨウ素の質量 [g] をヨウ素価という。ヨウ素価は油脂に含まれる不飽和結合の程度を知る目安となる。 55

問4 フェノールに関する各記述について、正しい場合は①を、誤りを含む場合は②を選べ。

- a フェノールはベンゼンスルホン酸ナトリウムに固体の水酸化ナトリウムを混合し、強熱して融解させた後、酸を加えることで生成する。 56
- b フェノールに炭酸水素ナトリウム水溶液を加えると、二酸化炭素が発生する。
57
- c フェノールに水酸化ナトリウム水溶液を加えると、水素が発生する。 58
- d フェノールに無水酢酸を加えて加熱すると、酢酸フェニルが生成する。 59
- e フェノールの水溶液に臭素水を加えると、黄色のピクリン酸が生成する。 60

問5 多糖類に関する各記述について、正しい場合は①を、誤りを含む場合は②を選べ。

- a デンプンは直鎖状構造をもつアミロペクチンと枝分かれ構造をもつアミロースで構成されている。 61
- b ヨウ素デンプン反応はデンプン分子のらせん構造内にヨウ素分子が入り込むことで呈色する。 62
- c デンプンに酵素アミラーゼを作用させると、最終的にグルコースになる。 63
- d セルロースは植物の細胞壁の主成分である。 64
- e セルロースに濃硝酸と濃硫酸の混合物を反応させると、火薬として用いられるトリニトロセルロースを生じる。 65

問6 ゴムに関する各記述について、正しい場合は①を、誤りを含む場合は②を選べ。

- a ゴムノキの樹皮に傷をつけると、白色の乳濁液が採取できる。この乳濁液をラテックスという。 66
- b 天然ゴムは、ポリイソプレン分子がシス形の構造をとるが、ポリイソプレン分子がトランス型の構造をとるものはエボナイトという。 67
- c 天然ゴムに数%の硫黄を加えて加熱すると、架橋構造が生じて弾性が大きくなる。この操作を加硫といい、生じたゴムを弾性ゴムという。 68
- d スチレンと 1,3-ブタジエンを縮合重合させると、スチレン-ブタジエンゴムができる。 69
- e シリコーンゴムは、ケイ素を主成分としており、耐熱性、耐寒性、電気絶縁性などに優れ、人体に影響が少ないので医療分野でも用いられている。 70

(余 白)

生 物

II ミトコンドリアや葉緑体における ATP 合成のしくみが十分に明らかでなかった 1961 年に、ミッチェルは新たな考え方である化学浸透説を提唱した。当初は仮説の域を出なかったものの、ヤーゲンドルフが葉緑体を用いて行った実験を契機として、多くの研究者が化学浸透説を支持するようになった。次の図 1 は、葉緑体において実際に行われている ATP 合成のようすを模式的に示したものである。

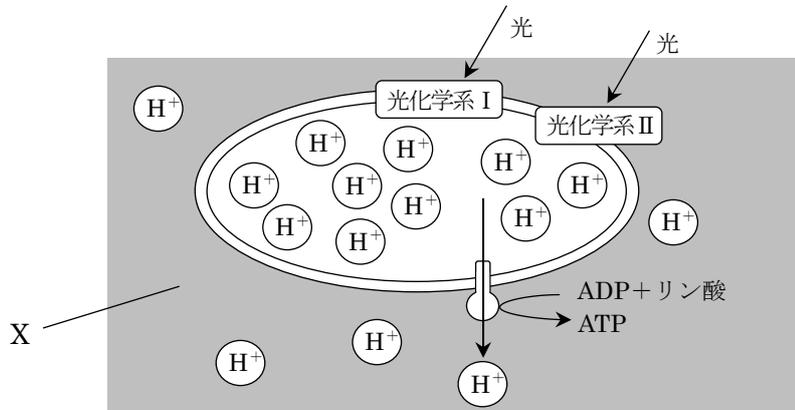


図 1

問 6 図 1 中の X(網掛けの ■ 部分)は、葉緑体のある部分領域を示している。その部分の名称として最も適当なものを、次の中から一つ選べ。 6

- ① クリステ ② チラコイド ③ マトリックス ④ ストロマ

問 7 図 1 中の光化学系 I と光化学系 II において、光エネルギーが吸収されることで生じる反応について述べた記述として最も適当なものを、次の中から一つ選べ。 7

- ① 光化学系 I では酸素が発生し、光化学系 II では NADPH が生成される。
 ② 光化学系 I では酸素が発生し、光化学系 II では NADPH が分解される。
 ③ 光化学系 I では NADPH が生成され、光化学系 II では酸素が発生する。
 ④ 光化学系 I では NADPH が分解され、光化学系 II では酸素が発生する。

問 8 文章中の下線部力に関して、ヤーゲンドルフが行った実験は、次のようなものである。

【実験】 ADP とリン酸を含まない溶液に葉緑体を浸して光を十分に与え、その後、光を与えない条件にして ADP とリン酸を加えると、ATP が合成された。

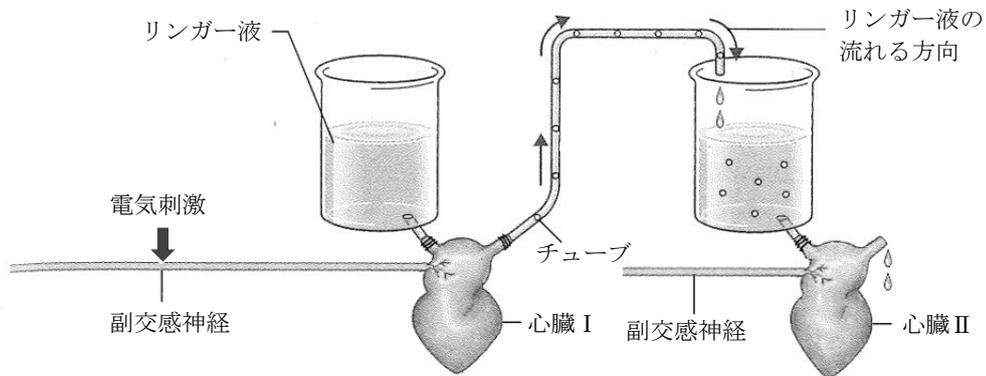
上記の【実験】に対して、 H^+ が生体膜を自由に通過できるようにする薬品を加えて同様の操作を行うと、結果はどのようになると考えられるか。最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。ただし、加える薬品は生体膜にのみ作用し、他の生体反応には影響を与えないものとする。 8

- ① 水素イオンの濃度勾配が形成されやすくなり、合成される ATP の量が増加する。
 ② 水素イオンの濃度勾配が形成されやすくなり、合成される ATP の量が減少する。
 ③ 水素イオンの濃度勾配が形成されにくくなり、合成される ATP の量が増加する。
 ④ 水素イオンの濃度勾配が形成されにくくなり、合成される ATP の量が減少する。

2 自律神経系に関する次の文章を読み、下の問い（問1～6）に答えよ。

ヒトの体内環境は、自律神経系と内分泌系が協調してはたらくことによって一定の範囲の状態に維持されており、自律神経系と内分泌系の主な中枢は間脳の視床下部にある。体温の調節などのように、自律神経系とホルモンが協調的にはたらいっている場合もある。自律神経系には交感神経と副交感神経があり、これらは同じ器官に分布していることが多く、互いに拮抗的に作用する。自律神経系による心臓の拍動の調節について調べるために、次の実験を行った。

実験 2 匹のカエルから心臓を取り出し（心臓Ⅰ、心臓Ⅱとする）、チューブやビーカーを取り付けて、リンガー液（体液に近い組成をもつ液体）が心臓Ⅰから心臓Ⅱに流れる装置を作製した。なお、心臓Ⅰ、心臓Ⅱにつながる副交感神経はそのまま残されている。心臓Ⅰにつながる副交感神経に電気刺激を与えると、心臓Ⅰの拍動数が減少し、少し遅れて心臓Ⅱの拍動数も減少した。



問1 下線部アについて、自律神経系（交感神経、副交感神経）のはたらきとして、最も適当なものを次の中から一つ選べ。 9

- ① 瞳孔は交感神経のはたらきで縮小し、副交感神経のはたらきで拡大する。
- ② 気管支は交感神経のはたらきで拡張し、副交感神経のはたらきで収縮する。
- ③ 立毛筋は交感神経のはたらきで収縮し、副交感神経のはたらきで弛緩する。
- ④ 胃腸のぜん動は交感神経のはたらきで促進され、副交感神経のはたらきで抑制される。

問2 心臓に分布する（1）交感神経と（2）副交感神経は、中枢神経系のどの部分から出ているか。最も適当なものを次の中からそれぞれ一つずつ選べ。

（1）交感神経 10

（2）副交感神経 11

- ① 間脳
- ② 中脳
- ③ 延髄
- ④ 脊髄

問 3 下線部イに関連して、体温が低下したときの体温調節に関する記述として最も適当なものを、次の中から一つ選べ。 **12**

- ① 立毛筋に分布している副交感神経が興奮して、立毛筋が収縮する。
- ② 皮膚の血管に分布している交感神経が興奮して、皮膚の血管が収縮する。
- ③ 脳下垂体後葉から甲状腺刺激ホルモンが分泌され、肝臓や筋肉の活動を促進する。
- ④ 副腎髄質から糖質コルチコイドが分泌され、心臓の拍動を促進して、血液の熱を全身に伝える。
- ⑤ 副腎皮質からアドレナリンが分泌され、心臓の拍動を促進して、血液の熱を全身に伝える。

問 4 この実験から、副交感神経の末端から分泌される化学物質によって、心臓の拍動が調節されることが明らかになった。下線部ウのように、心臓Ⅰにつながる副交感神経に電気刺激を与えると、心臓Ⅰの拍動数が減少してから少し遅れて心臓Ⅱの拍動数が減少した。その理由として最も適当なものを、次の中から一つ選べ。 **13**

- ① 心臓Ⅰに放出された化学物質が、神経によって心臓Ⅱに運ばれて作用したため。
- ② 心臓Ⅰに放出された化学物質が、リンガー液によって心臓Ⅱに運ばれて作用したため。
- ③ 心臓Ⅱに放出された化学物質が、神経によって心臓Ⅰに運ばれて作用したため。
- ④ 心臓Ⅱに放出された化学物質が、リンガー液によって心臓Ⅰに運ばれて作用したため。

問 5 この実験と同じ装置を用いて、心臓Ⅱにつながる副交感神経に電気刺激を与えた場合に予想される結果として最も適当なものを、次の中から一つ選べ。 **14**

- ① 心臓Ⅰの拍動数が減少し、少し遅れて心臓Ⅱの拍動数も減少する。
- ② 心臓Ⅱの拍動数が減少し、少し遅れて心臓Ⅰの拍動数が増加する。
- ③ 心臓Ⅱの拍動数が減少するが、心臓Ⅰの拍動数は変化しない。
- ④ 心臓Ⅰの拍動数も心臓Ⅱの拍動数も変化しない。

問 6 重度の心臓病の患者に、脳死した他人の心臓を移植する治療法がある。心臓移植を受けた患者が運動すると、移植された心臓には自律神経がつながっていないにもかかわらず、ゆっくりとではあるが心臓の拍動数が増加する。心臓移植を受けた患者において、運動時に心臓の拍動数が増加する理由として最も適当なものを、次の中から一つ選べ。 **15**

- ① すい臓から分泌されたグルカゴンが血液を介して心臓に作用するから。
- ② 脳下垂体から分泌されたバソプレシンが血液を介して心臓に作用するから。
- ③ 副腎から分泌されたアドレナリンが血液を介して心臓に作用するから。
- ④ 副甲状腺から分泌されたパラトルモンが血液を介して心臓に作用するから。
- ⑤ 甲状腺から分泌されたアセチルコリンが血液を介して心臓に作用するから。

3 バイオームの分布に関する次の文章を読み、下の問い（問1～7）に答えよ。

I ある地域の植生の相観を中心とした区分をバイオーム(生物群系)という。図1は、世界の植生と気温や降水量との関係を示したものである。

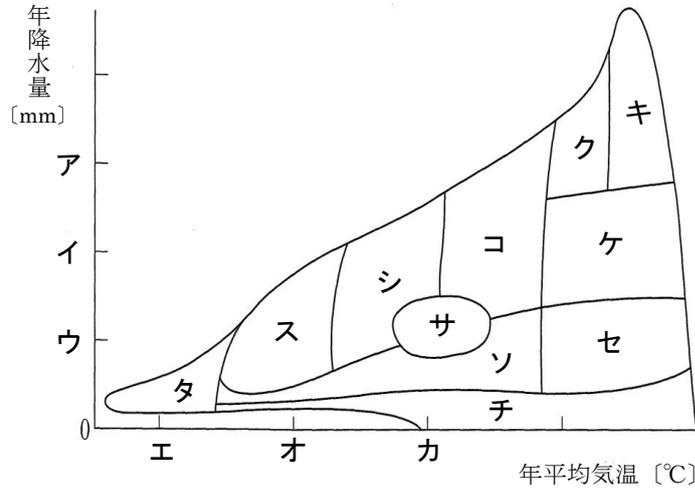


図1

問1 図1のア～カのうち、年降水量1000mmと年平均気温0°Cを示している目盛りの組み合わせとして最も適当なものを、次の中から一つ選べ。 16

- | | 年降水量 1000mm | 年平均気温 0°C | | 年降水量 1000mm | 年平均気温 0°C |
|---|-------------|-----------|---|-------------|-----------|
| ① | イ | オ | ② | イ | カ |
| ③ | ウ | エ | ④ | ウ | オ |
| ⑤ | ア | オ | ⑥ | ア | カ |

問2 図1のケとソに該当するバイオームの説明として最も適当なものを、次の中から一つずつ選べ。
ケ 17 ・ ソ 18

- ① 主に常緑広葉樹からなる森林で、階層構造が発達している。植物の種類数が非常に多い。
- ② 比較的暖かい暖温帯のち、葉の表面に厚いクチクラ層をもつ常緑広葉樹からなる森林である。
- ③ 面積は広大だが、森林を構成する樹種が少ない。主に常緑針葉樹からなるが、落葉性のものもある。
- ④ 熱帯や亜熱帯のうち、雨季と乾季がはっきりと分かれており、主に乾季に落葉する広葉樹からなる。
- ⑤ 乾燥する熱帯や亜熱帯に分布し、イネ科草本が優占するが、木本類も散在している。
- ⑥ 乾燥する温帯に分布し、イネのなかまの草本が中心の草原で、木本はほとんどない。
- ⑦ 熱帯や温帯で降水量が極端に少ない地域で、乾燥に適応した多肉植物が散在する。

問3 図1中のサで囲った領域で見られる植生が分布する地域として最も適当なものを、次の中から一つ選べ。 19

- | | |
|----------------|----------------|
| ① 南アメリカの頭部の沿岸域 | ② 北アメリカの東部の沿岸域 |
| ③ 東南アジアの沿岸域 | ④ 地中海の沿岸域 |

II 日本列島は南北に細長く、地域によってさまざまな気候がみられる。一般的に日本列島は十分な降水量があり、特に気温の違いによって、緯度に応じた多様なバイオームがみられる。また、日本に分布するバイオームは標高に応じた変化もみられ、このような標高に応じた分布を「ツ」という。

本州中部の極相状態にある広葉樹林の中に特定の面積の調査区を設け、春(4月上旬)、夏(7月下旬)、秋～初冬(10月中旬)の3回、季節ごとに調査区の林床の照度を測定した。また、それぞれの調査日から1カ月間の調査区内の落葉量を調べた。次の表1は、この調査の結果を示したものである。

表1

調査区の季節	P	Q	R
林床の照度*1	48 %	6 %	71 %
落葉・落枝量*2	56 %	5 %	0 %

*1: 表中の照度は、林冠より上部の照度を100としたときの相対照度で表す。

*2: 表中の落葉・落枝量は、年間の落葉・落枝量の総量を100としたときの相対値で表す。

問4 文中の空欄「ツ」に当てはまる語として最も適当なものを、次の中から一つ選べ。 20

- ① 水平分布 ② 階層構造 ③ 垂直分布 ④ 生産構造

問5 表1のような森林内でみられる可能性のある植物の組み合わせとして最も適当なものを、次の中から一つ選べ。 21

- ① ハイマツ、コケモモ ② ビロウ、ヘゴ ③ ブナ、カタクリ
④ コメツガ、トウヒ ⑤ ツバキ、タブノキ ⑥ オリーブ、コルクガシ

問6 本州中部の地域において、表1のような極相林がみられる場所のおよそ標高と「ツ」の名称の組み合わせとして最も適当なものを、次の中から一つ選べ。 22

- ① 標高約 2500m 以上－高山帯 ② 標高約 2500～1500m－亜高山帯
③ 標高約 1500～500m－山地帯 ④ 標高約 500m 以下－丘陵帯

問7 この森林内の調査区の季節P、QおよびRの結果(表1)から判断できることとして、誤っているものを次の中から一つ選べ、 23

- ① この調査区の森林内では、林床の明るさが季節的に変化すると考えられる。
② この調査区のバイオームは夏緑樹林で、日本での生育の場合、晩秋から初冬にかけて落葉し、春から初夏にかけて葉を広げる。
③ 調査が行われた森林の季節QではP、Rに比べて林床照度が著しく低く、季節PではQ、Rに比べて多量の落葉・落枝量もみられることから、落葉広葉樹だと推定できる。
④ P、Q、Rの調査結果は、Pが秋～初冬の11月、まだ葉が展開していないQが春の3月、Rは葉が展開して林冠を覆う夏の7月だと判断できる。

4 遺伝子の調節に関する次の文章を読み、下の問い（問1～5）に答えよ。

真核生物の転写調節配列の機能について、転写の調節に関わる DNA 領域を調べる方法として、レポーターアッセイという実験方法がある。真核生物では遺伝子の転写は核内で行われる。遺伝子の転写開始部位の近くには、転写の開始に関与する **ア** と呼ばれる領域が存在し、基本転写因子と呼ばれる複数のタンパク質がここに結合する。転写は、**イ** が基本転写因子を認識して DNA に結合し、それらの複合体が形成されることで開始される。転写の時期や量は、遺伝子の周辺にある転写調節配列と、それに結合する転写調節タンパク質によって制御されている。

レポーターアッセイでは、調べたいある遺伝子 X について、図1のようにその遺伝子上流領域を分け、さまざまな長さでレポーター遺伝子（発現を定量するために用いる遺伝子）の上流に配置した DNA1～5 を用意する。今回の実験では、レポーター遺伝子として、緑色の蛍光を発するタンパク質である GFP の遺伝子を用いる。GFP の量と傾向の強さが正の相関を示すことから、蛍光の強さを測定することでタンパク質の量を調べることができる。

これらの DNA を1種類ずつ、培養した神経細胞と表皮細胞に導入する。これらの細胞で、導入した DNA から GFP がつくられると発光が起こる。DNA1～DNA5 が導入された細胞の発光量をそれぞれ測定し、GFP の転写量を調べたところ、以下の表のような結果が得られた。ただし、この実験では、表皮細胞と神経細胞への DNA への導入効率、および DNA1～DNA5 がそれぞれ細胞に導入される効率は同じものとする。

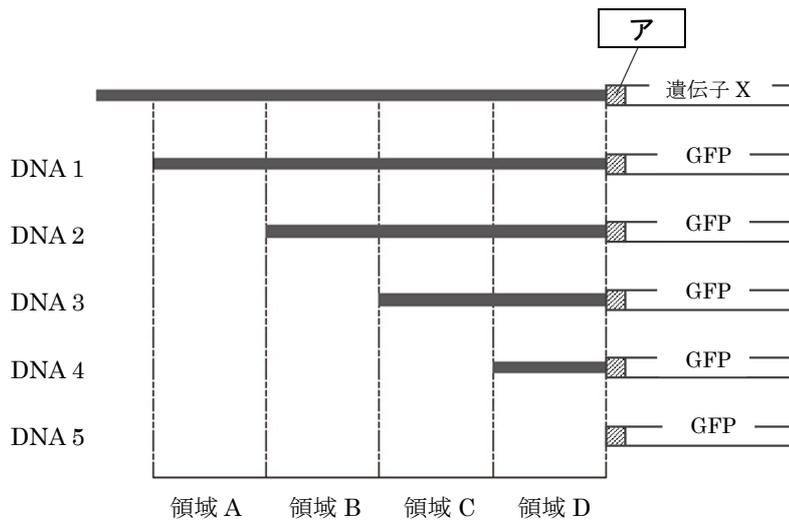


図1

神経細胞		表皮細胞	
導入した DNA	GFP 発光量 (相対値)	導入した DNA	GFP 発光量 (相対値)
DNA 1	0.1	DNA 1	10.0
DNA 2	0.1	DNA 2	7.4
DNA 3	6.2	DNA 3	5.6
DNA 4	3.5	DNA 4	5.6
DNA 5	0.2	DNA 5	0.2

問1 文中の空欄 **ア**・**イ** に当てはまる語句の組み合わせとして最も適当なものを、次の中から一つ選べ。 **24**

- | | ア | イ | | ア | イ |
|---|--------|------------|---|--------|------------|
| ① | オペロン | DNA ポリメラーゼ | ② | オペロン | RNA ポリメラーゼ |
| ③ | プロモーター | DNA ポリメラーゼ | ④ | プロモーター | RNA ポリメラーゼ |

問2 遺伝子の発現調節と分化に関する記述として最も適当なものを、次の中から一つ選べ。 **25**

- ① 真核生物では、基本転写因子がなくても転写が起こる。
- ② 細胞の種類に応じて遺伝子の発現が調節され、細胞の分化が起こる。
- ③ 分化した神経細胞と表皮細胞において、ともに発現している遺伝子は存在しない。
- ④ 多細胞生物における細胞の分化は、細胞ごとにゲノムが異なることによって起こる。

問3 以下の文章は、図1および表の結果から、神経細胞における遺伝子 X の上流領域の転写の作用について説明したものである。〔説明文〕の空欄に当てはまる語や短文として適当なものを、〔選択肢〕の中から一つずつ選べ。ただし、同じ選択肢を繰り返し用いてもよい。ウ **26** エ **27** オ **28**

〔説明文〕 神経細胞について、図1および表のデータを検討すると、DNA1 と 2 の比較から、領域 A の有無によって差が認められないため、発現を **ウ** 領域である。DNA2 と 3 の比較から、領域 B をもたない DNA3 導入時の方で発光量が大きいため、領域 B は発現を **エ** 領域であることがわかる。また、DNA3 と 4 および 4 と 5 の比較から、領域 C と D は発現を **オ** 領域であると考えられる。

〔選択肢〕 ① 促進する ② 抑制する ③ 促進する、抑制するとはどちらともいえない

問4 図1および表の結果から、表皮細胞における遺伝子 X の上流領域 A~D のうち、転写の促進に作用を及ぼすと考えられる部分は、どの領域と考えられるか。その領域を上流領域 A~D の中から過不足なく選んだとき、最も適当なものを次の中から一つ選べ。 **29**

- ① 領域 A と領域 B
- ② 領域 B と領域 C
- ③ 領域 A と領域 C
- ④ 領域 A と領域 B と領域 C
- ⑤ 領域 A と領域 B と領域 D
- ⑥ 領域 B と領域 C と領域 D

問5 図1および表の結果から、遺伝子 X の転写調節領域の働きについてどのようなことが考えられるか。転写調節領域の働きに関する次の記述のうち、最も適当なものを、次の中から一つ選べ。 **30**

- ① 遺伝子 X の転写調節領域は細胞の種類によらず、作用は基本的に同じで、表皮細胞においても、神経細胞においても促進的に働く。
- ② 遺伝子 X の転写調節領域は細胞の種類によらず、作用は基本的に同じで、表皮細胞においても、神経細胞においても抑制的に働く。
- ③ 遺伝子 X の転写調節領域は細胞の種類によって作用が異なり、促進的に働くこともあれば抑制的にも働くこともある。
- ④ 遺伝子 X の転写調節領域は細胞の種類によって作用が異なるが、表皮細胞、神経細胞のどちらの細胞においても転写調節領域に関係なく、転写をある程度、効率的に行うことができる。