

# 理 科

(1～46ページ)

## 注 意

1. 試験開始の合図があるまで、問題用紙を開いてはいけません。
2. この問題用紙には、次の3科目の問題が収められています。
  - 物 理 (1～9 ページ)
  - 化 学 (10～23ページ)
  - 生 物 (24～46ページ)
3. 3科目の中から、医学部出願者は2科目、その他の出願者は1科目を選択し、解答は解答用紙にマークしてください。解答用紙は3科目共通です。
4. 解答用紙に受験番号・氏名・選択科目を記入してください。  
 受験番号と選択科目は、下記の「受験番号欄記入例」「選択科目欄記入例」に従って正確にマークしてください。
5. 試験時間は **60分** (2科目受験者は1科目につき60分) です。
6. 試験開始後、問題用紙に不備(ページのふぞろい・印刷不鮮明など)があったら申し出てください。
7. 中途退出は認めません。試験終了後、問題用紙は持ち帰ってください。

### 受験番号欄記入例・選択科目欄記入例

アルファベットと数字の位置に注意してマークしてください  
(アルファベットのI・O・Qはありませぬ)

受 験 番 号 欄					
H	5	7	0	9	
(A)	0	0	●	0	
(B)	1	1	1	1	
(C)	2	2	2	2	
(D)	3	3	3	3	
(E)	4	4	4	4	
(F)	●	5	5	5	
(G)	6	6	6	6	
(H)	7	●	7	7	
(J)	8	8	8	8	
(K)	9	9	9	●	
(L)					
(M)					
(N)					
(P)					
(R)					

「物理」を選択した場合

選 択 科 目 欄	
●	物 理
○	化 学
○	生 物

↑  
解答する1科目に  
必ずマークしてください

### マーク式解答欄記入上の注意

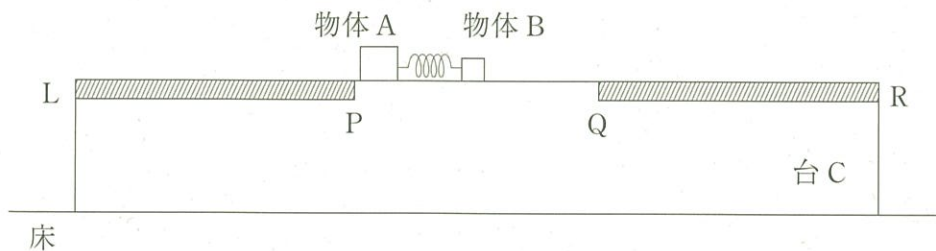
1. 解答は、HBの黒鉛筆を使用して丁寧にマークしてください。  
 《マーク例》  
 良い例 ●  
 悪い例 ⊕ ⊙ ⊗ ○ ○
2. 訂正する場合は、プラスチック消しゴムで、きれいにマークを消し取ってください。
3. 所定の記入欄以外には、何も記入してはいけません。
4. 解答用紙を汚したり、折り曲げたりしてはいけません。

# 物 理

この問題は I から IV まであります。解答用紙には問題番号が  から  までありますが、解答に使用する問題番号は  から  までです。

- I 図のように、なめらかで水平な床面上に、質量  $M$  の台  $C$  が静止している。台  $C$  の上面は十分に長く、点  $P$  と点  $Q$  の間はなめらかな水平面であるが、点  $P$  と左端  $L$  の間、点  $Q$  と右端  $R$  の間はともにあらい水平面となっている。いま、自然長が  $PQ$  間の長さより短いばねの左端に質量  $2m$  の物体  $A$  を、右端に質量  $m$  の物体  $B$  を接触させ、外力を加えてばねを自然長から  $PQ$  間の長さに比べ、十分に短い長さ  $d$  だけ縮めた。ばねの質量は無視でき、ばね定数は  $k$  とする。ばねが  $d$  だけ縮んだ状態から物体  $A$  と物体  $B$  を同時に静かにはなしたところ、ばねが自然長に戻ったときに物体  $A$  と物体  $B$  はばねから同時にはなれ、やがて物体  $A$  と物体  $B$  はそれぞれ点  $P$  と点  $Q$  に同時に到達した。この時刻を時刻  $0$  とする。その後、物体  $B$  が  $QR$  間を台  $C$  に対して右向きにすべっている最中に、物体  $A$  は  $PL$  間で台  $C$  に対して静止した。この時刻を時刻  $t_1$  とする。さらに時間が経過すると、物体  $B$  が  $QR$  間で台  $C$  に対して静止し、物体  $A$ 、物体  $B$ 、台  $C$  の速度は等しくなった。この時刻を時刻  $t_2$  とする。物体  $A$  と  $PL$  間、物体  $B$  と  $QR$  間の動摩擦係数はともに  $\mu$  である。加速度および速度は図の右向きを正の向きとし、重力加速度の大きさを  $g$  とする。また、物体  $A$  と物体  $B$  の大きさおよび空気抵抗の影響は無視でき、物体  $A$ 、物体  $B$ 、台  $C$  は同一鉛直面内を運動するものとする。

次の各問いについて、それぞれの解答群の中から最も適切なものを一つ選び、解答欄の数字にマークしなさい。



- (1) 物体  $A$  が点  $P$  に到達したときの速さ  $v$  を求めよ。

の解答群

- ①  $\frac{d}{3} \sqrt{\frac{k}{m}}$     ②  $d \sqrt{\frac{k}{6m}}$     ③  $d \sqrt{\frac{k}{5m}}$     ④  $d \sqrt{\frac{k}{3m}}$     ⑤  $d \sqrt{\frac{k}{2m}}$

(2) 時刻 0 から時刻  $t_1$  までの間の、台 C の加速度を求めよ。

の解答群

- ① 0                      ②  $\frac{\mu mg}{M}$                       ③  $-\frac{\mu mg}{M}$                       ④  $\mu g$                       ⑤  $-\mu g$

(3) 時刻  $t_1$  を求めよ。

の解答群

- ①  $\frac{Mv}{\mu(M+m)g}$                       ②  $\frac{Mv}{\mu(M-m)g}$                       ③  $\frac{mv}{\mu(M+m)g}$   
 ④  $\frac{(M+m)v}{\mu(M+2m)g}$                       ⑤  $\frac{v}{2\mu g}$

(4) 時刻  $t_1$  から時刻  $t_2$  までの間に、台 C が物体 A に及ぼす摩擦力の大きさを求めよ。

の解答群

- ①  $\frac{\mu m^2 g}{M+2m}$                       ②  $\frac{\mu Mmg}{M+2m}$                       ③  $\frac{2\mu m^2 g}{M+2m}$                       ④  $\frac{2\mu m^2 g}{M+m}$                       ⑤  $\frac{\mu m^2 g}{M+m}$

(5) 時刻  $t_2$  以降の台 C の速度を求めよ。

の解答群

- ① 0                                      ②  $\frac{mv}{M+3m}$                                       ③  $-\frac{mv}{M+3m}$   
 ④  $\frac{2mv}{M+3m}$                                       ⑤  $-\frac{2mv}{M+3m}$

- Ⅱ 図1のように、真空中に、波長 $\lambda$ の光をだす単色光源、スリット $S_0$ をもつ平板A、複スリット $S_1S_2$ をもつ平板Bおよびスクリーンを配置したところ、スクリーンには明暗の縞模様が観測された。平板A、平板B、スクリーンは互いに平行であり、平板Aと平板Bの距離は $l$ 、平板Bとスクリーンの距離は $L$  ( $L > l$ )である。複スリット $S_1S_2$ 間の距離は $d$ であり、スリット $S_0$ およびスクリーン上の点Oは複スリット $S_1S_2$ の垂直二等分線上にある。また、スクリーン上の点Oを原点として図1のような $x$ 座標をとる。ただし、 $l, L$ は $d$ に比べて十分大きく、 $1 \gg |\alpha|$ のとき  $(1 + \alpha)^n \doteq 1 + n\alpha$  の近似を用いよ。

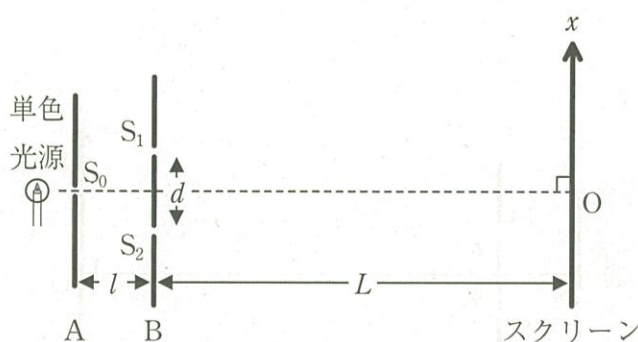


図1

次の各問いについて、それぞれの解答群の中から最も適切なものを選び、解答欄の数字にマークしなさい。

- (1) スリット $S_0$ の役割として最も適切なものはどれか。

の解答群

- ① スリット $S_1$ および $S_2$ に到達する光の振動数をそろえるため。
- ② スリット $S_1$ および $S_2$ に到達する光の位相をそろえるため。
- ③ スリット $S_1$ および $S_2$ に到達する光の強度を上げるため。
- ④ スリット $S_1$ および $S_2$ に到達する光の速さを遅くするため。

- (2) スクリーン上の明線の座標 $x$  ( $|x| \ll l, L$ )を整数 $m$ を用いて求めよ。

の解答群

- |                         |                         |                         |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| ① $\frac{md\lambda}{l}$ | ② $\frac{d\lambda}{mL}$ | ③ $\frac{m\lambda}{d}$  |
| ④ $\frac{mL\lambda}{d}$ | ⑤ $\frac{mld}{\lambda}$ | ⑥ $\frac{Ld}{m\lambda}$ |

- (3) 装置全体を屈折率  $n$  の液体に浸したとき、スクリーン上の明線の間隔は液体に浸す前の何倍となるか求めよ。

の解答群

- ①  $n$                       ②  $n^2$                       ③  $\frac{1}{n}$                       ④  $\frac{1}{n^2}$

次に、装置を元の状態に戻し、図2のように、平板Aを下方方向に動かしていくと、明暗の縞模様全体が上方方向に動いていった。そして、平板Aを距離  $y$  だけ動かしたとき、明暗の縞模様の明線と暗線の位置がはじめて図1と同じ位置になった。

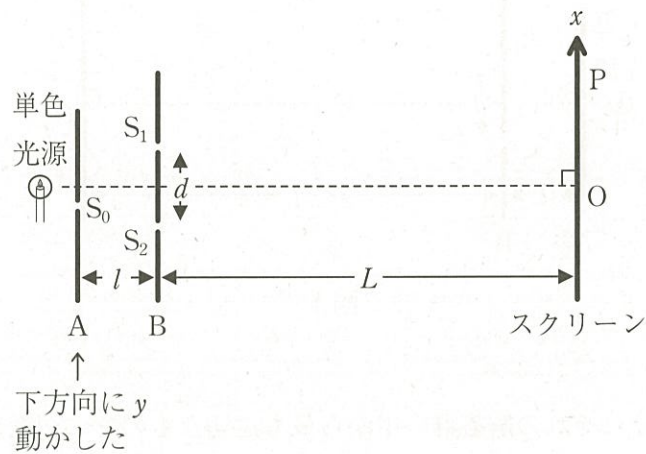


図2

- (4) スクリーン上で座標が  $x'$  ( $|x'| \ll l, L$ ) の点を点Pとすると、 $S_0 \rightarrow S_2 \rightarrow P$  の光路と  $S_0 \rightarrow S_1 \rightarrow P$  の光路の差を求めよ。

の解答群

- ①  $L \left( \frac{x'}{ld} + \frac{y}{ld} \right)$                       ②  $L \left( \frac{x'}{ld} - \frac{y}{ld} \right)$                       ③  $y \left( \frac{x'}{L} + \frac{l}{d} \right)$   
 ④  $y \left( \frac{x'}{L} - \frac{l}{d} \right)$                       ⑤  $d \left( \frac{x'}{L} + \frac{y}{l} \right)$                       ⑥  $d \left( \frac{x'}{L} - \frac{y}{l} \right)$

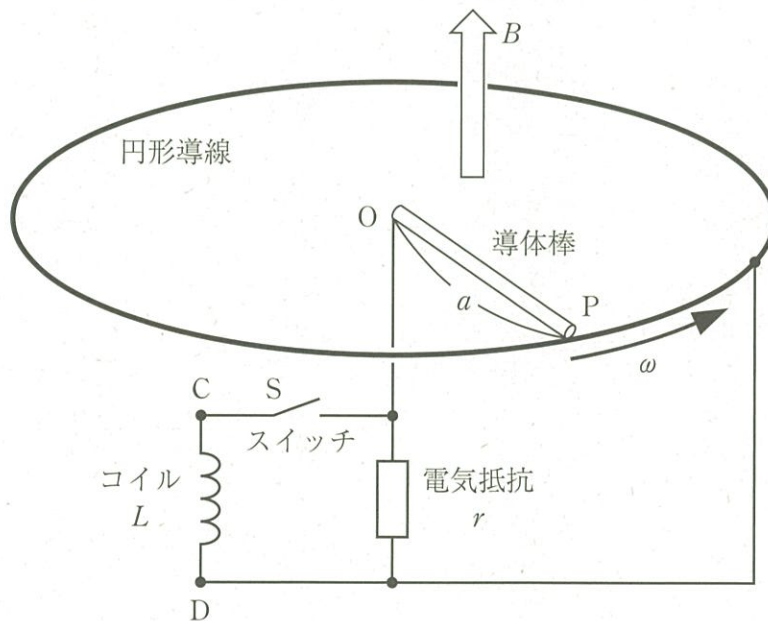
- (5) 下方方向に動かした距離  $y$  を求めよ。

の解答群

- ①  $\frac{l-d}{L}$                       ②  $\frac{l+d}{L}$                       ③  $\frac{dL}{l}$   
 ④  $\frac{Ll}{d}$                       ⑤  $\frac{l\lambda}{d}$                       ⑥  $\frac{L\lambda}{d}$

- Ⅲ 図のように、磁束密度の大きさが  $B$  の一様磁場が鉛直上向きに存在する空間において、点  $O$  を中心とする半径  $a$  の円形導線を水平に設置する。点  $O$  と円形導線は抵抗値  $r$  の電気抵抗を介して導線で接続されており、スイッチ  $S$  を閉じれば電気抵抗は自己インダクタンス  $L$  のコイルと並列に接続できるようになっている。はじめスイッチ  $S$  は開いており、コイルについては、スイッチ  $S$  側の端子を点  $C$ 、円形導線側の端子を点  $D$  とする。いま、長さ  $a$  の導体棒を点  $O$  と円形導線に接するように置き、電気的絶縁を保ちながら導体棒に外力を加えて点  $O$  を中心に一定の角速度  $\omega$  で回転させる。導体棒は細く質量は無視でき、電気抵抗は  $R$  である。円形導線とその他の導線、コイルの電気抵抗は無視できるものとし、導体棒は円形導線の上を摩擦なく回転するものとする。

次の各問いについて、それぞれの解答群の中から最も適切なものを一つ選び、解答欄の数字にマークしなさい。



- (1) ファラデーの電磁誘導の法則より、導体棒に生じる誘導起電力の大きさは、導体棒が単位時間に横切る磁束に等しい。扇形の面積が  $\frac{1}{2} \times (\text{半径}) \times (\text{弧の長さ})$  であることを用いて、導体棒を一定の角速度  $\omega$  で回転させているときに生じる  $OP$  間の誘導起電力の大きさ  $V$  を求めよ。

の解答群

- ①  $\frac{1}{2} Ba^2\omega$                       ②  $\frac{1}{2} Ba\omega^2$                       ③  $\frac{1}{2} B^2 a^3\omega$   
 ④  $\frac{1}{2} Ba\omega$                       ⑤  $2Ba\omega$                       ⑥  $Ba\omega^2$

(2) 導体棒を一定の角速度  $\omega$  で回転させているとき、外力の仕事率を求めよ。 12

12 の解答群

①  $\frac{V^2}{r}$

②  $\frac{V^2}{R}$

③  $\frac{V^2}{R+r}$

④  $\frac{rV^2}{(R+r)^2}$

⑤  $\frac{RV^2}{(R+r)^2}$

⑥  $\frac{(R+r)V^2}{r^2}$

(3) 導体棒を一定の角速度  $\omega$  で回転させながらスイッチ S を閉じた。ただし、スイッチ S を閉じた後も導体棒の角速度が変化しないよう外力を調整する。スイッチ S を閉じた直後にコイルに生じる自己誘導起電力の大きさを求めよ。 13

13 の解答群

① 0

②  $V$

③  $\frac{r}{R}V$

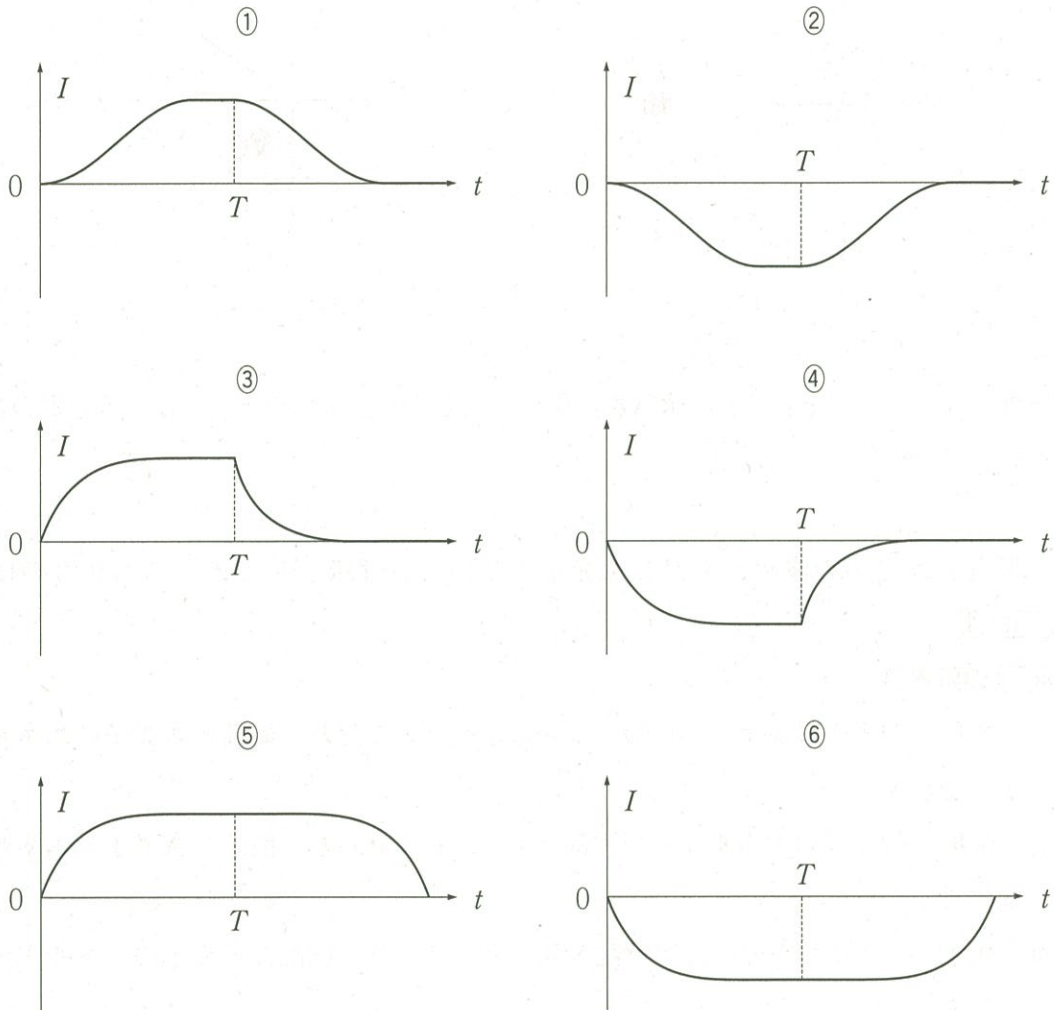
④  $\frac{R}{r}V$

⑤  $\frac{R}{R+r}V$

⑥  $\frac{r}{R+r}V$

- (4) スイッチ S を閉じて十分に時間が経過してから、一定の角速度  $\omega$  で回転させている導体棒を瞬時に静止させた。スイッチ S を閉じた時刻を  $t = 0$  とし、導体棒を静止させた時刻を  $t = T$  とするとき、コイルを流れる電流  $I$  の時間変化を表すグラフの概形として正しいものはどれか。ただし、電流は点 C から点 D に流れる向きを正とする。 14

14 の解答群



- (5) 導体棒を静止させてから十分に時間が経過するまでの間に、抵抗値  $r$  の電気抵抗で発生したジュール熱の合計を求めよ。 15

15 の解答群

- ①  $\frac{LV^2}{2Rr}$                       ②  $\frac{LrV^2}{2R^3}$                       ③  $\frac{LrV^2}{2(R+r)^3}$   
 ④  $\frac{LRV^2}{2(R+r)^3}$                       ⑤  $\frac{LV^2}{2(R+r)R}$                       ⑥  $\frac{LrV^2}{2(R+r)R^2}$



IV 図1のように、波長 $\lambda$ の入射X線光子を静止した質量 $m$ の電子に衝突させると、図2のように、X線は $xy$ 平面内において $x$ 軸から $\theta$  ( $0^\circ < \theta \leq 180^\circ$ )の方向に散乱され、波長は $\lambda$ から僅かに伸びて $\lambda'$ となった。一方、電子は $xy$ 平面内において $x$ 軸から角度 $\phi$  ( $0^\circ < \phi \leq 90^\circ$ )の方向に速さ $v$ で跳ね飛ばされた。ただし、光速は $c$ 、プランク定数は $h$ を用いよ。

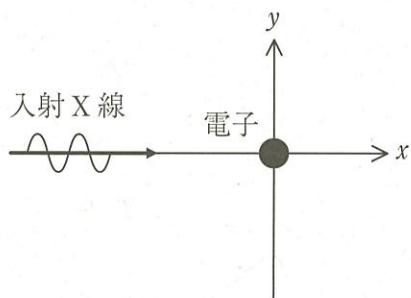


図1

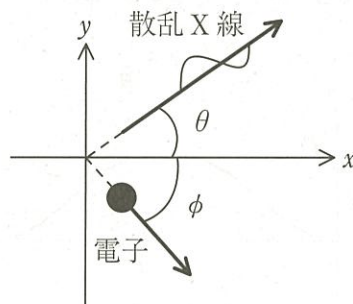


図2

次の各問いについて、それぞれの解答群の中から最も適切なものを一つ選び、解答欄の数字にマークしなさい。

(1) 散乱X線光子の波長が入射X線光子より伸びる理由として最も適切なものはどれか。

16

16 の解答群

- ① 入射X線光子のエネルギーの一部が電子へと与えられ、散乱X線光子のエネルギーが減少するから。
- ② 入射X線光子のエネルギーの一部が電子へと与えられ、散乱X線光子のエネルギーが増加するから。
- ③ 電子のエネルギーの一部が散乱X線へと与えられ、散乱X線光子のエネルギーが増加するから。
- ④ 電子のエネルギーの一部が散乱X線へと与えられ、散乱X線光子のエネルギーが減少するから。

(2) 衝突の前後でのエネルギー保存の法則の式を求めよ。 17

17 の解答群

- |  |  |
|--|--|
| ① $\frac{hc}{\lambda} = \frac{hc}{\lambda'} + \frac{1}{2}mv^2$                         | ② $\frac{hc}{\lambda} = \frac{hc}{\lambda'} \cos \theta + \frac{1}{2}m(v \cos \phi)^2$ |
| ③ $\frac{h}{\lambda} = \frac{h}{\lambda'} + \frac{1}{2}mv^2$                           | ④ $\frac{h}{\lambda} = \frac{h}{\lambda'} \cos \theta + \frac{1}{2}m(v \cos \phi)^2$   |
| ⑤ $\frac{hc}{\lambda} = \frac{hc}{\lambda'} \sin \theta + \frac{1}{2}m(v \sin \phi)^2$ | ⑥ $\frac{hc}{\lambda} = \frac{hc}{\lambda'} \sin \theta - \frac{1}{2}m(v \sin \phi)^2$ |

(3) 衝突の前後での  $x$  軸および  $y$  軸方向の運動量保存の法則の式を求めよ。 18

18 の解答群

①  $x$  軸 :  $\frac{hc}{\lambda} = \frac{hc}{\lambda'} + mv$

$y$  軸 :  $\frac{h}{\lambda} = \frac{h}{\lambda'} + mv$

③  $x$  軸 :  $\frac{h}{\lambda} = \frac{h}{\lambda'} + mv$

$y$  軸 :  $0 = \frac{hc}{\lambda'} \sin \theta - mv \sin \phi$

⑤  $x$  軸 :  $\frac{h}{\lambda} = \frac{h}{\lambda'} \cos \theta - mv \cos \phi$

$y$  軸 :  $0 = \frac{hc}{\lambda'} \sin \theta - mv \cos \phi$

②  $x$  軸 :  $\frac{hc}{\lambda} = \frac{hc}{\lambda'} \cos \theta + mv \cos \phi$

$y$  軸 :  $0 = \frac{hc}{\lambda'} \sin \theta - mv \sin \phi$

④  $x$  軸 :  $\frac{h}{\lambda} = \frac{h}{\lambda'} \cos \theta + mv \cos \phi$

$y$  軸 :  $0 = \frac{hc}{\lambda'} \sin \theta + mv \sin \phi$

⑥  $x$  軸 :  $\frac{h}{\lambda} = \frac{h}{\lambda'} \cos \theta + mv \cos \phi$

$y$  軸 :  $0 = \frac{h}{\lambda'} \sin \theta - mv \sin \phi$

(4)  $\frac{\lambda'}{\lambda} + \frac{\lambda}{\lambda'} \approx 2$  の近似を用いて, X線光子の波長の伸び  $\lambda' - \lambda$  を求めよ。 19

19 の解答群

①  $\frac{h}{mc} (1 + \sin \theta)$

②  $\frac{h}{mc} (1 - \cos \theta)$

③  $\frac{h}{mc} (1 + \cos \theta)$

④  $\frac{h}{mc} (1 + \cos^2 \theta)$

⑤  $\frac{h}{mc} (1 - \sin \theta)$

⑥  $\frac{h}{mc} (1 + \sin^2 \theta)$

(5)  $m = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$ ,  $c = 3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$ ,  $h = 6.6 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ ,  $\theta = 90^\circ$  のとき, (4) の X線光子の波長の伸び  $\lambda' - \lambda$  を求めよ。 20

20 の解答群

①  $1.2 \times 10^{-12} \text{ m}$

②  $2.4 \times 10^{-12} \text{ m}$

③  $4.8 \times 10^{-12} \text{ m}$

④  $0 \text{ m}$

⑤  $2.4 \times 10^{-10} \text{ m}$

⑥  $4.8 \times 10^{-10} \text{ m}$

物理の問題はここまでです

# 化 学

この問題は I から VI まであります。解答用紙には問題番号が  から  までありますが、解答に使用する問題番号は  から  までです。

原子量 H : 1.00, C : 12.0, N : 14.0, O : 16.0, S : 32.0, Cl : 35.5, Cu : 63.5, Pb : 207

標準状態における気体のモル体積 22.4 L/mol

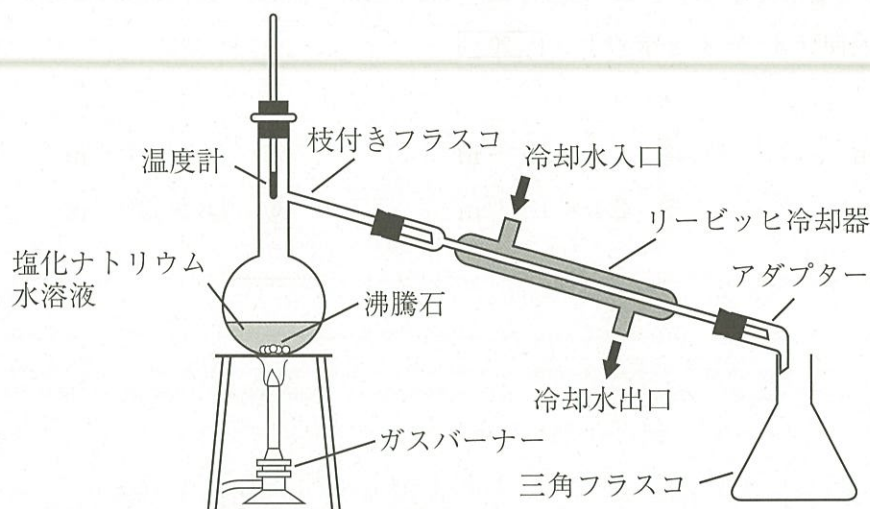
ファラデー定数  $F : 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

I 物質の構成と化学結合に関する、次の  ~  に答えなさい。

次の①~⑥の中で、ともに化合物である組合せを1つ選びなさい。

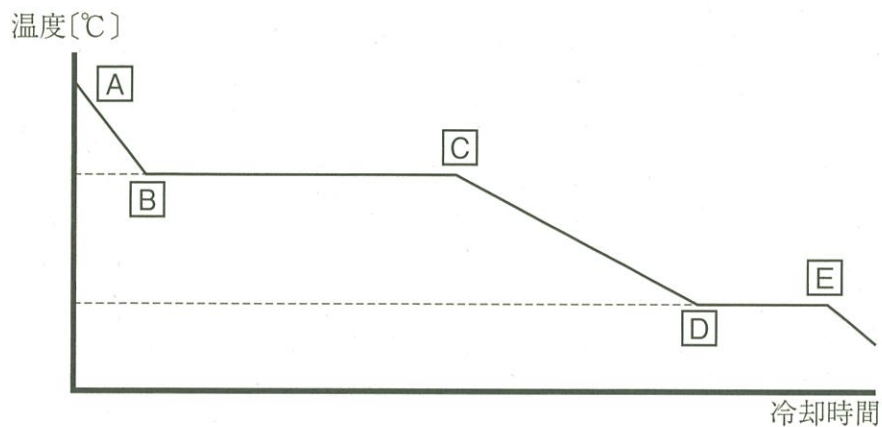
- |                |           |              |
|----------------|-----------|--------------|
| ① 黄リンと赤リン      | ② 過酸化水素と水 | ③ 塩素と塩化カルシウム |
| ④ ダイヤモンドとフラーレン | ⑤ 黒鉛と亜鉛   | ⑥ スズと鉛       |

塩化ナトリウム水溶液の蒸留を、次のような実験装置を用いて行った。この実験装置に関する以下の記述のうち、実験操作として**不適切なもの**を、下の①~⑥の中から1つ選びなさい。



- ① 温度計の下端部を枝付きフラスコの枝の位置に合わせている。
- ② ガスバーナーの空気量を調節し、青色の炎としている。
- ③ 突沸を防ぐために沸騰石を入れている。
- ④ 枝付きフラスコの容積の半分以下の液量の水溶液を入れている。
- ⑤ 冷却水を上側から下側に流している。
- ⑥ 三角フラスコの上部をゴム栓などで密栓していない。

- 3 次の図は、Aにおいて気体である純物質を冷却していったときの温度変化を表している。D - Eの領域では、物質はどのような状態で存在しているか。最も適するものを、下の①～⑥の中から1つ選びなさい。



- |         |         |         |
|---------|---------|---------|
| ① 固体のみ  | ② 液体のみ  | ③ 気体のみ  |
| ④ 固体と液体 | ⑤ 液体と気体 | ⑥ 固体と気体 |

4 次の文章中の空欄 (A) ~ (C) にあてはまる数値と語句の組合せとして最も適するものを、下の①~⑧の中から1つ選びなさい。

陽子1個の質量は中性子1個の質量の約 (A) 倍であり、また、陽子1個の質量は電子1個の質量の約 (B) 倍である。原子核に含まれる陽子と中性子の数の和を (C) という。

	(A)	(B)	(C)
①	1	1840	原子番号
②	1	1840	質量数
③	1	12	原子番号
④	1	12	質量数
⑤	2	1840	原子番号
⑥	2	1840	質量数
⑦	2	12	原子番号
⑧	2	12	質量数

5 次の①~⑥の中で、最外殻電子の数が等しい原子の組合せを1つ選びなさい。

- ① H と F                                      ② He と Be                                      ③ C と S  
 ④ N と Cl                                      ⑤ O と Ar                                      ⑥ K と Ca

6 次の①~⑥の中で、直線形の分子構造をもつ分子を1つ選びなさい。

- ① メタン                                      ② アンモニア                                      ③ 二酸化炭素  
 ④ オゾン                                      ⑤ 水                                      ⑥ 四塩化炭素

II 物質の変化と酸・塩基に関する、次の 7 ~ 10 に答えなさい。

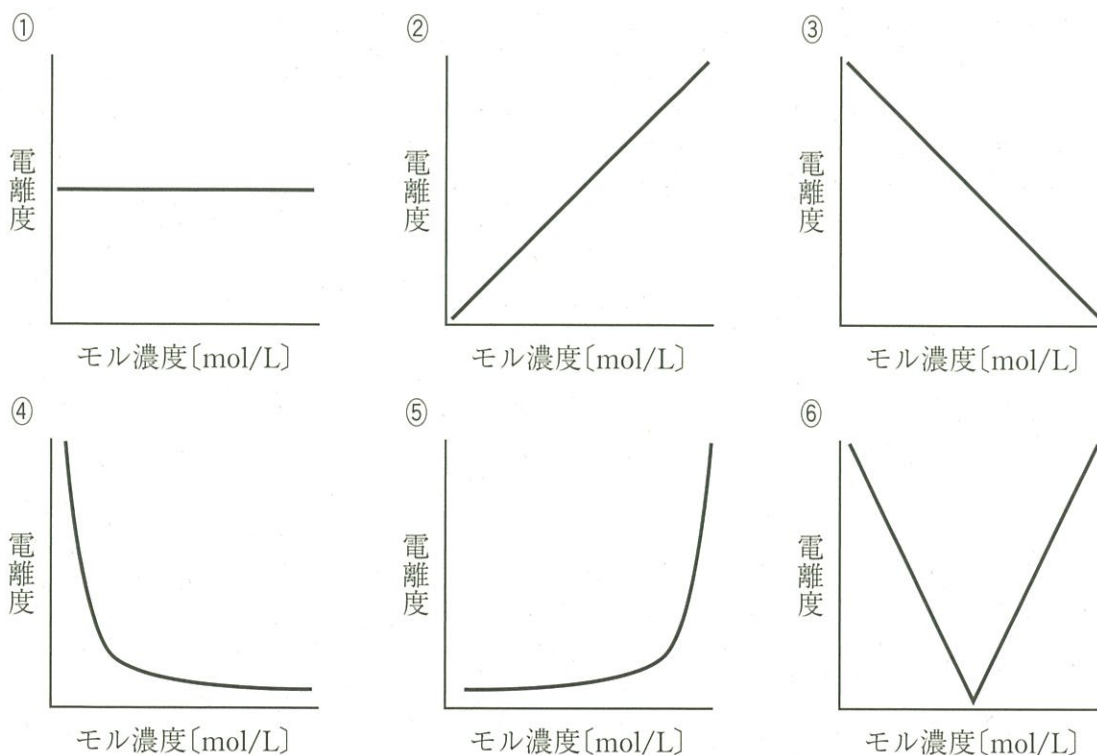
7 下線部の物質がブレンステッド・ローリーの定義による塩基としてはたらいっている化学反応式を、次の①~⑥の中から1つ選びなさい。

- ①  $\underline{\text{CH}_3\text{COOH}} + \text{NaOH} \longrightarrow \text{CH}_3\text{COONa} + \text{H}_2\text{O}$   
 ②  $\underline{\text{HCl}} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$   
 ③  $\underline{\text{H}_2\text{S}} + 2\text{NaOH} \longrightarrow \text{Na}_2\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$   
 ④  $\text{CO}_3^{2-} + \underline{\text{H}_2\text{O}} \rightleftharpoons \text{HCO}_3^- + \text{OH}^-$   
 ⑤  $\underline{\text{CH}_3\text{COO}^-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOH} + \text{OH}^-$   
 ⑥  $\underline{\text{HSO}_4^-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{SO}_4^{2-} + \text{H}_3\text{O}^+$

8 ある量のアンモニアを 0.100 mol/L の希硫酸 100 mL に完全に吸収させた。この溶液を 0.500 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液で滴定すると、中和点までに 14.0 mL を要した。吸収されたアンモニアの体積は標準状態で何 mL か。最も近いものを、次の①~⑥の中から1つ選びなさい。

- ① 33.6 mL                      ② 67.2 mL                      ③ 134 mL  
 ④ 146 mL                      ⑤ 218 mL                      ⑥ 291 mL

9 ある弱酸のモル濃度と電離度の関係を表したグラフとして最も適するものを、次の①~⑥の中から1つ選びなさい。



10 25℃において、酢酸と酢酸ナトリウムの混合水溶液のpHが4.0のとき、この混合水溶液中の酢酸イオンのモル濃度 $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$ は酢酸のモル濃度 $[\text{CH}_3\text{COOH}]$ の何倍か。最も近いものを、次の①～⑥の中から1つ選びなさい。ただし、25℃における酢酸の電離定数は $K_a = 2.7 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ とする。

- ① 0.027倍                      ② 0.037倍                      ③ 0.27倍  
④ 0.37倍                        ⑤ 2.7倍                         ⑥ 3.7倍

### Ⅲ 物質の変化と電気化学に関する、次の(1)および(2)に答えなさい。

(1) 電池に関する、次の  ～  に答えなさい。

次の文章中の空欄  ～  にあてはまる語句の組合せとして最も適するものを、下の①～⑧の中から1つ選びなさい。

亜鉛板を硫酸亜鉛水溶液に浸したものと、銅板を硫酸銅(Ⅱ)水溶液に浸したものをセロハンなどで仕切り、亜鉛板と銅板を導線で結んだ電池を  電池という。この電池では、 板が正極となり、起電力は約 1.1V である。また、電流を長く流し続けるには、 水溶液の濃度を高くするとよい。

	<input type="text" value="(A)"/>	<input type="text" value="(B)"/>	<input type="text" value="(C)"/>
①	ボルタ	亜鉛	硫酸亜鉛
②	ボルタ	亜鉛	硫酸銅(Ⅱ)
③	ボルタ	銅	硫酸亜鉛
④	ボルタ	銅	硫酸銅(Ⅱ)
⑤	ダニエル	亜鉛	硫酸亜鉛
⑥	ダニエル	亜鉛	硫酸銅(Ⅱ)
⑦	ダニエル	銅	硫酸亜鉛
⑧	ダニエル	銅	硫酸銅(Ⅱ)

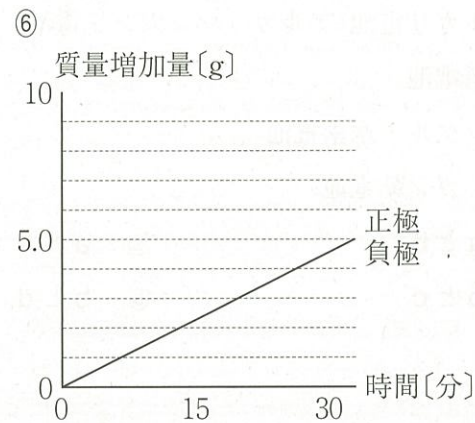
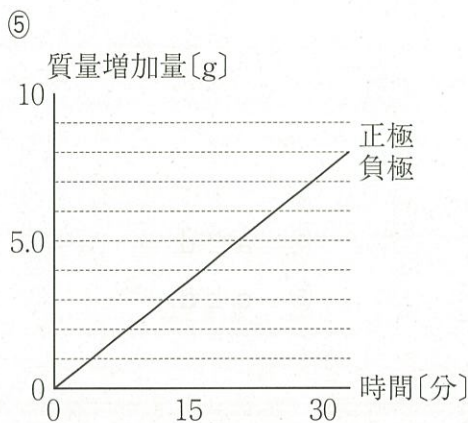
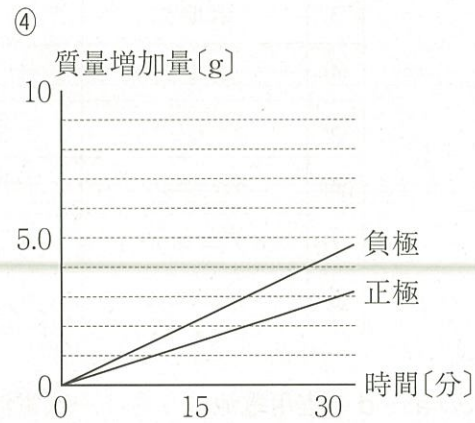
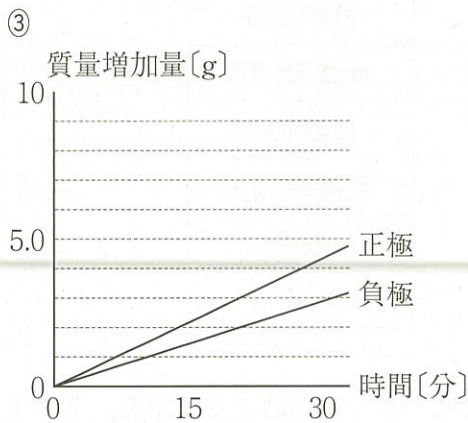
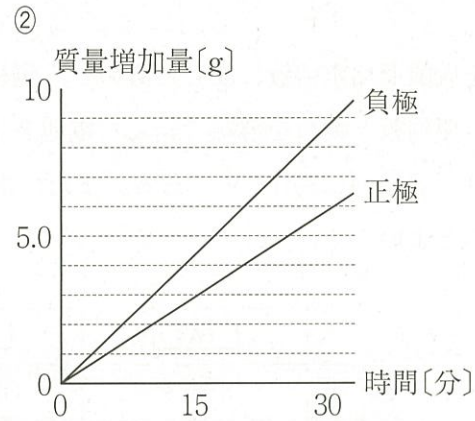
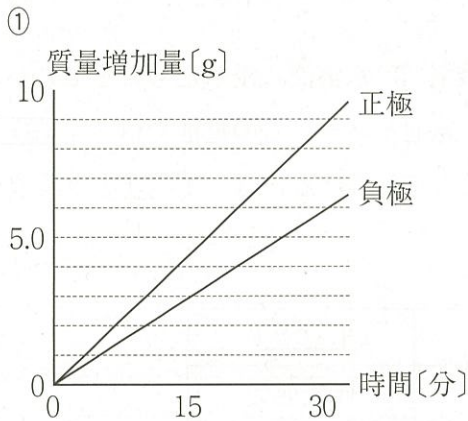
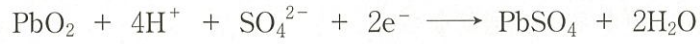
次の a～d の実用電池のうち、一次電池の組合せとして最も適するものを、下の①～⑥の中から1つ選びなさい。

- a アルカリ電池(アルカリマンガン乾電池)
- b 燃料電池
- c ニッケル - 水素電池
- d マンガン乾電池

- ① a と b
- ② a と c
- ③ a と d
- ④ b と c
- ⑤ b と d
- ⑥ c と d



13 鉛蓄電池は電解液に希硫酸、電極に鉛と酸化鉛(IV)を用いた二次電池である。鉛蓄電池を 5.0 A の電流で 32 分 10 秒間放電させたとき、放電時間と正極および負極の質量増加量の関係を表したグラフとして最も適するものを、下の①～⑥の中から 1 つ選びなさい。ただし、電極である鉛と酸化鉛(IV)は、それぞれ次のように反応する。



(2) 電気分解に関する次の文章を読み、下の 14 に答えなさい。

銅の単体は工業的には電気分解を利用して製造されている。黄銅鉱を溶鉱炉で空気とともに加熱して、鉄や硫黄分を除くと、純度 99 % 程度の粗銅が得られる。粗銅板を陽極、純銅板を陰極に用いて約 0.4 V の低電圧で硫酸銅(II)水溶液を電気分解すると、純度 99.99 % 以上の純銅が得られる。この操作を銅の電解精錬という。

14 銅の電解精錬において、粗銅に含まれる金属のうち、陽イオンにならずに粗銅板の下に陽極泥として沈殿する可能性のある金属の組合せとして最も適するものを、次の①～⑥の中から1つ選びなさい。

① Zn・Fe

② Zn・Fe・Pb

③ Fe・Pb・Ag

④ Zn・Ag

⑤ Fe・Ag・Au

⑥ Ag・Au

IV 無機物質に関する，次の 15 ～ 19 に答えなさい。

15 次の酸化物のうち，水酸化ナトリウム水溶液と反応して溶けるものはいくつあるか。最も適するものを，下の①～⑥の中から1つ選びなさい。

	CuO	ZnO	Ag <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
①	1		②	2		③	3
④	4		⑤	5		⑥	6

16 次の①～⑥の中で，上方置換で捕集する気体として最も適するものを1つ選びなさい。

- |         |         |        |
|---------|---------|--------|
| ① アンモニア | ② 二酸化炭素 | ③ 水素   |
| ④ 一酸化窒素 | ⑤ 塩素    | ⑥ 硫化水素 |

17 17族元素に関する記述として正しいものを，次の①～⑥の中から1つ選びなさい。

- ① フッ化水素の水溶液は強酸性を示す。
- ② フッ化水素の水溶液は褐色のガラス容器で保存する。
- ③ 次亜塩素酸は還元力が強く，殺菌・漂白作用がある。
- ④ 臭素は常温常圧下で固体として存在する。
- ⑤ ヨウ化カリウム水溶液に塩素を通じると I<sub>2</sub> が生成される。
- ⑥ ヨウ素は常温常圧下で淡黄色の固体である。

- 18 硫酸の工業的製法に関する次の文章中の空欄 (A) ~ (C) にあてはまる語句の組合せとして最も適するものを、下の①~⑧の中から1つ選びなさい。

硫酸は、工業的には石油の脱硫によって得た硫黄から製造される。硫黄を燃焼して生じた (A) を、 (B) を触媒として酸化し、濃硫酸に吸収させると発煙硫酸が得られる。これを希硫酸で希釈して製造している。この方法を (C) 法という。

	(A)	(B)	(C)
①	二酸化硫黄	塩化パラジウム(II)	ハーバー
②	二酸化硫黄	塩化パラジウム(II)	オストワルト
③	二酸化硫黄	酸化バナジウム(V)	接触
④	二酸化硫黄	酸化バナジウム(V)	ソルベー
⑤	三酸化硫黄	塩化パラジウム(II)	ハーバー
⑥	三酸化硫黄	塩化パラジウム(II)	オストワルト
⑦	三酸化硫黄	酸化バナジウム(V)	接触
⑧	三酸化硫黄	酸化バナジウム(V)	ソルベー

- 19 硫酸バリウムの飽和水溶液における、硫酸バリウムのモル濃度に最も近い数値を、次の①~⑥の中から1つ選びなさい。ただし、硫酸バリウムの溶解度積は  $K_{sp} = 8.1 \times 10^{-11} \text{ mol}^2/\text{L}^2$  とする。

- ①  $8.1 \times 10^{-11} \text{ mol/L}$       ②  $9.0 \times 10^{-11} \text{ mol/L}$       ③  $1.6 \times 10^{-10} \text{ mol/L}$   
 ④  $8.1 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$       ⑤  $9.0 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$       ⑥  $1.6 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$

V 有機化合物および合成高分子の性質と反応に関する、次の(1)および(2)に答えなさい。

(1) エステルとその加水分解生成物に関する次の文章を読み、下の  に答えなさい。

低分子のエステルは芳香をもつものが多い。例えば、ギ酸エチルはラズベリーのような香りのするエステルであり、ギ酸エチルを加水分解するとギ酸とエタノールが得られる。

ギ酸エチルおよびその加水分解生成物に関する記述として正しいものを、次の①～⑥の中から1つ選びなさい。

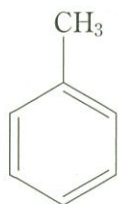
- ① ギ酸エチルの分子式は  $C_3H_5O_2$  である。
- ② 酢酸エチルはギ酸エチルの構造異性体である。
- ③ ギ酸はフェーリング液を還元する。
- ④ ギ酸の酸性は炭酸水より弱い。
- ⑤ エタノールはヨードホルム反応を示さない。
- ⑥ エタノールに濃硫酸を加えて  $130^\circ\text{C}$  で加熱すると、エタノールの脱水により主にエチレンが得られる。

(2) 芳香族化合物 X に関する次の文章を読み、下の 21 に答えなさい。

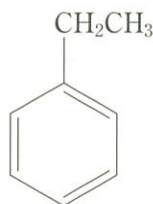
芳香族化合物 X を触媒を用いて酸化すると、芳香族化合物 Y が得られた。この芳香族化合物 Y とエチレングリコールを縮合重合させると、ポリエチレンテレフタレート (PET) が得られた。

21 化合物 X は何か。最も適するものを、次の①～⑥の中から1つ選びなさい。

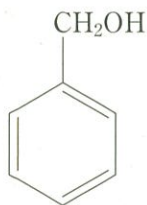
①



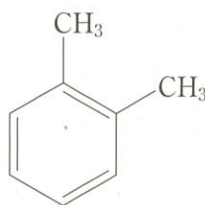
②



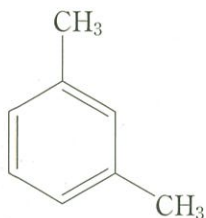
③



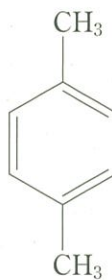
④



⑤



⑥



VI 天然有機化合物および天然高分子化合物の性質と反応に関する、次の(1)および(2)に答えなさい。

(1) セルロースに関する次の文章を読み、下の 22 および 23 に答えなさい。

セルロースは、 $\beta$ -グルコースが縮合重合した高分子化合物で、天然に存在する炭水化物としては最も多い。セルロースに、無水酢酸と氷酢酸、少量の濃硫酸を作用させてセルロースのヒドロキシ基をすべてアセチル化した後、エステル結合の一部を加水分解し、これをアセトンで処理するとアセテート繊維が得られる。

22 セルロースに関する記述として正しいものを、次の①～⑥の中から1つ選びなさい。

- ① セルロースはらせん状の構造をもつ。
- ② セルロースは分子間で水素結合を形成している。
- ③ セルロースは分子内にヒドロキシ基を多くもつため、水によく溶ける。
- ④ セルロースはアミラーゼで加水分解することができる。
- ⑤ セルロースをシュワイツァー(シュバイツァー)試薬に溶かした後、希硫酸で処理するとビスコースレーヨンが得られる。
- ⑥ セルロースから得られたアセテート繊維は再生繊維に分類される。

23 セルロース  $[C_6H_7O_2(OH)_3]_n$  をアセチル化すると、トリアセチルセルロース  $[C_6H_7O_2(OCOCH_3)_3]_n$  が得られる。このトリアセチルセルロースを穏やかに加水分解するとジアセチルセルロース  $[C_6H_7O_2(OH)(OCOCH_3)_2]_n$  が得られる。

上記反応を用いてセルロース 10.0 g からジアセチルセルロースを得た。セルロースが全てジアセチルセルロースに変化したとすると、生成したジアセチルセルロースの質量として最も近いものを、次の①～⑥の中から1つ選びなさい。

- |          |          |          |
|----------|----------|----------|
| ① 12.3 g | ② 12.6 g | ③ 14.6 g |
| ④ 15.2 g | ⑤ 17.0 g | ⑥ 17.8 g |

(2) アミノ酸とペプチドに関する次の文章を読み、下の 24 および 25 に答えなさい。

タンパク質を加水分解すると、酸性を示すカルボキシ基と塩基性を示すアミノ基が同一の炭素原子に結合した $\alpha$ -アミノ酸や、 $\alpha$ -アミノ酸が脱水縮合した構造をもつペプチドが得られる。アミノ酸が脱水縮合して生じたアミド結合を特にペプチド結合という。タンパク質を加水分解して得られる $\alpha$ -アミノ酸には、アラニンやグリシンなど、様々なものがあり、構成アミノ酸の組合せや配列順序によって、タンパク質は特有の構造や性質をもつ。

24 タンパク質を加水分解して得られる $\alpha$ -アミノ酸に関する記述として正しいものを、次の

①～⑥の中から1つ選びなさい。

- ① タンパク質を加水分解して得られる $\alpha$ -アミノ酸は、およそ100種類が知られている。
- ② タンパク質を加水分解して得られる $\alpha$ -アミノ酸は、すべて不斉炭素原子をもつ。
- ③ アミノ酸は両性電解質であり、水溶液はすべて中性を示す。
- ④ アラニンを酸性水溶液中で電気泳動すると、アラニンは陽極側に移動する。
- ⑤ ビウレット反応はベンゼン環をもつアミノ酸がニトロ化されることによる呈色反応である。
- ⑥ アミノ酸にニンヒドリン溶液を加えて温めると、赤紫～青紫色に呈色する。

25 1分子のアラニンと2分子のグリシンからなる鎖状トリペプチドとして考えられるものは、立体異性体も含めると何種類が考えられるか。最も適するものを、次の①～⑥の中から1つ選びなさい。

- |       |       |        |
|-------|-------|--------|
| ① 2種類 | ② 3種類 | ③ 4種類  |
| ④ 6種類 | ⑤ 8種類 | ⑥ 12種類 |

化学の問題はここまでです



# 生 物

この問題はⅠからⅦまであります。解答用紙には問題番号が  から  までありますが、解答に使用する問題番号は  から  までです。

Ⅰ 光合成に関する次の文を読んで、問1～問4に答えなさい。

チラコイドで合成された NADPH や ATP は、ストロマで行われるカルビン・ベンソン回路において二酸化炭素を固定・還元して有機物を合成する反応に使われる。二酸化炭素が炭素数5のリブロースビスリン酸(RuBP)と結合して炭素数3のホスホグリセリン酸(PGA)ができる。その後PGAは、炭素数3のグリセルアルデヒドリン酸(GAP)になる。GAPの一部は炭水化物に変換され、残りはRuBPに再生される。この過程を図1に示してある。

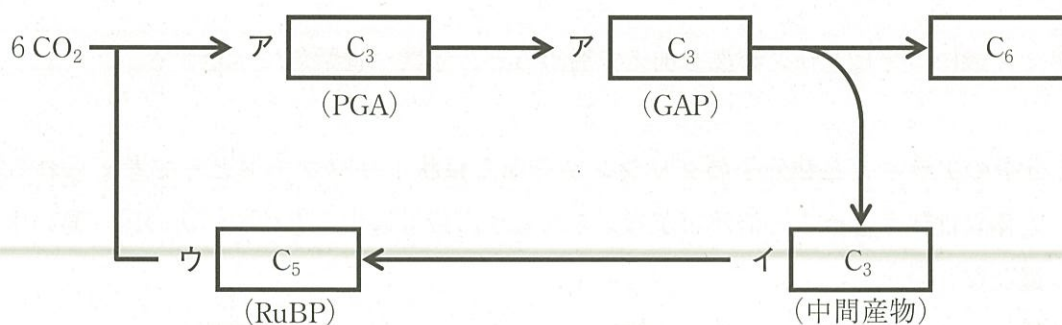


図1

問1 図1は、カルビン・ベンソン回路で1分子のグルコースができる際の反応を表している。図中の $C_3$ は炭素数3の物質を、 $C_5$ は炭素数5の物質を表し、またその前のア～ウはその物質の分子数を表している。ア～ウに入る数値はいくらか。次の①～⑧のうちから最も適当なものを一つ選びなさい。

1

	ア	イ	ウ
①	6	3	4
②	6	3	6
③	6	6	4
④	6	6	6
⑤	12	6	6
⑥	12	6	10
⑦	12	10	6
⑧	12	10	10

問2 以下のa～cの過程のうち、チラコイドで合成されたATPが消費されるのはどれか。次の①～⑦のうちから最も適当なものを一つ選びなさい。

2

a PGA → GAP の過程      b GAP → RuBP の過程      c RuBP → PGA の過程

- ① aのみ      ② bのみ      ③ cのみ      ④ a, b  
 ⑤ a, c      ⑥ b, c      ⑦ a, b, c

問3 多くの植物では、二酸化炭素は図1のようにC<sub>3</sub>化合物であるPGAに取り込まれる。しかし、ある特殊な反応経路をもつ植物では、二酸化炭素がまずC<sub>4</sub>化合物として取り込まれる。このような植物にはC<sub>4</sub>植物とCAM植物という二種類が知られており、共に取り込まれた二酸化炭素からC<sub>4</sub>化合物であるリンゴ酸が作られることが知られている。このようなある植物Xの葉に含まれるリンゴ酸量(実線)と、カルビン・ベンソン回路で合成される多糖類量(点線)の一日の経時的な変化を調べたところ、図2のような変化を示した。この植物Xは、C<sub>4</sub>植物とCAM植物のどちらであると考えられるか。また、このような植物はどのような環境での生育に適していると考えられるか。次の①～⑧のうちから最も適当なものを一つ選びなさい。

3

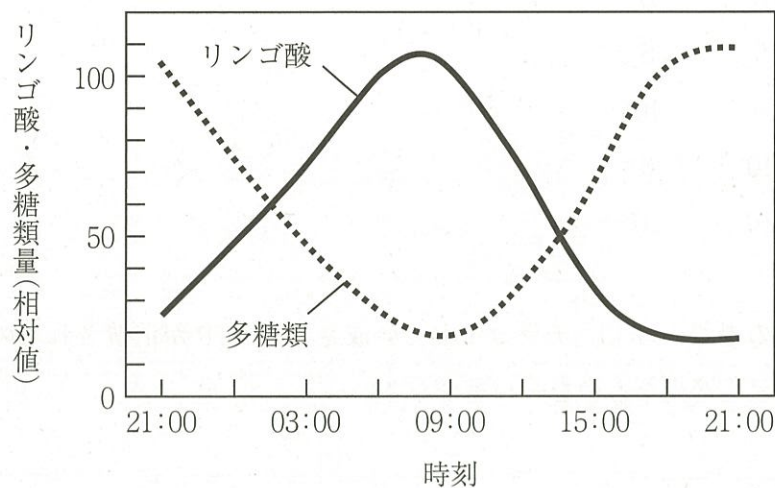


図2

植物Xの名称	適している生育環境
① C <sub>4</sub> 植物	光量が少ない温帯地方の森林の林床
② C <sub>4</sub> 植物	雨量が少ない乾燥した地域
③ C <sub>4</sub> 植物	光量が多いが、気温の低い亜寒帯地方
④ C <sub>4</sub> 植物	年間通して気温が高く、降水量の多い熱帯地方
⑤ CAM植物	光量が少ない温帯地方の森林の林床
⑥ CAM植物	雨量が少ない乾燥した地域
⑦ CAM植物	光量が多いが、気温の低い亜寒帯地方
⑧ CAM植物	年間通して気温が高く、降水量の多い熱帯地方

問4 植物は光合成をするために必要な  $\text{CO}_2$  を気孔より取り入れる。光合成を行うために気孔を日中開くことは、植物の体内から水分が蒸散によって失われることを伴う。ある植物の葉で大気中の  $\text{CO}_2$  を 2.2 g 取り込み同化する過程で、光合成と蒸散によって水分を合計 180 g 消費していた。この消費される水全体のうち、光合成によって消費される水分の割合は何%となるか。次の①～⑩のうちから最も適当なものを一つ選びなさい。ただし、原子量は  $\text{H} = 1$ 、 $\text{C} = 12$ 、 $\text{O} = 16$  とする。

4

- ① 0.1 %      ② 0.5 %      ③ 2.2 %      ④ 4.4 %      ⑤ 5.6 %  
 ⑥ 6.4 %      ⑦ 7.5 %      ⑧ 8.8 %      ⑨ 9.3 %      ⑩ 10.7 %



Ⅱ 遺伝子に関する次の文章(A・B)を読んで、問1～問4に答えなさい。

A

ある生物の特定の遺伝子を切り出す場合には、制限酵素を利用する。制限酵素は、特定の塩基配列を認識して切断する酵素である。何種類かの制限酵素を用いることで、試験管内でさまざまな大きさのDNA断片を得ることができる。

6.0 kbp(6000塩基対)の大きさの環状DNAを3種類の制限酵素X、Y、Zを用いて以下の実験1～3のように処理し、生じた断片の大きさ(塩基対)を電気泳動で調べると、図1のような結果が得られた。

<実験1> 制限酵素Xで切断した。

<実験2> 制限酵素Xと制限酵素Yの組み合わせで切断した。

<実験3> 制限酵素Xと制限酵素Zの組み合わせで切断した。

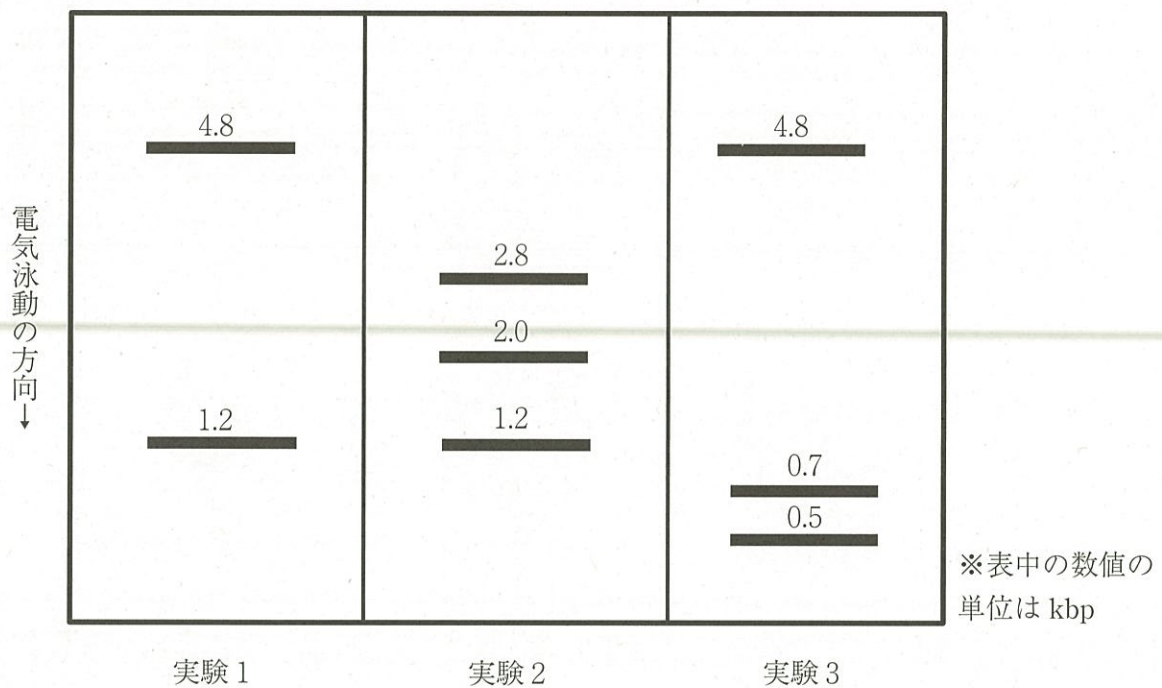


図1

問1 制限酵素に関する以下のa～eの記述のうち正しいものはどれか。次の①～⑩のうちから最も適当なものを一つ選びなさい。

5

- a PCR法で人工的に増幅したDNAは、制限酵素で切断することはできない。
- b 非常に長いDNAに、特定の4塩基を認識して切断する制限酵素を作用させると、約4000塩基対の断片が得られる。
- c 制限酵素は、本来細菌がもつ酵素であり、ウイルスなどの感染を防ぐ機能があると考えられている。
- d 制限酵素で切断した断片は、DNAポリメラーゼを用いることで再びつなぐことができる。
- e ある制限酵素で処理したDNA断片を、異なる制限酵素で処理するためには、一度高温処理を行い、二本鎖を一本鎖にする必要がある。

- |           |           |        |           |
|-----------|-----------|--------|-----------|
| ① bのみ     | ② cのみ     | ③ a, c | ④ a, d    |
| ⑤ b, d    | ⑥ b, e    | ⑦ c, d | ⑧ a, c, e |
| ⑨ b, c, e | ⑩ c, d, e |        |           |

問2 実験で用いた6.0 kbpの環状DNAを制限酵素Yと制限酵素Zの組み合わせで切断した場合、出現するDNA断片の大きさはいくらか。次の①～⑧のうちから最も適当なものを一つ選びなさい。

6

- ① 2.8 kbp と 3.2 kbp
- ② 4.0 kbp と 2.0 kbp
- ③ 1.9 kbp と 4.1 kbp
- ④ 0.5 kbp, 0.7 kbp, 2.0 kbp, 2.8 kbp
- ⑤ 0.7 kbp, 2.5 kbp, 2.8 kbp
- ⑥ 2.2 kbp と 3.8 kbp または 4.2 kbp と 1.8 kbp
- ⑦ 2.5 kbp と 3.5 kbp または 2.7 kbp と 3.3 kbp
- ⑧ 2.8 kbp と 3.2 kbp または 2.6 kbp と 3.4 kbp

B

真核生物では、DNA の遺伝情報は RNA ポリメラーゼにより転写されて mRNA の前駆体ができる。mRNA の前駆体にはイントロンとエキソンが含まれている。この mRNA の前駆体からイントロン部分が除かれて、完成した mRNA となる。ある遺伝子は、3 個のエキソン(エキソン 1～エキソン 3)と 2 個のイントロン(イントロン 1 とイントロン 2)からなる(図 2)。各エキソンとイントロンに含まれる塩基対数は表 1 の通りであり、合計で 1013 塩基対である。

この遺伝子は、3 つのエキソンすべてが用いられてタンパク質が合成される。エキソン 1 の最初から 50 塩基の中に開始コドンがあり、エキソン 3 の最後の 50 塩基の中に終止コドンが存在する。図 3 にはその部分のセンス鎖(鋳型鎖とならない側の DNA 鎖)の配列を示してある。

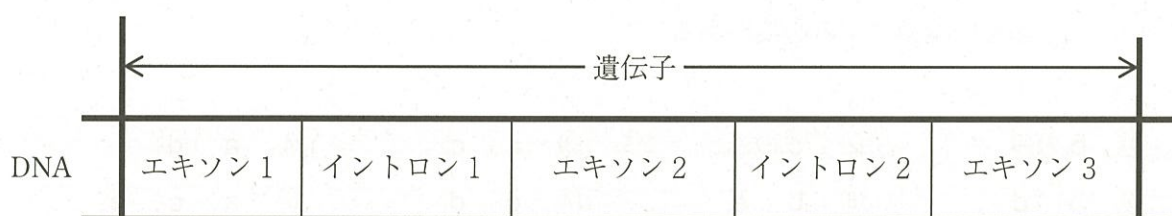


図 2

表 1

エキソン 1	イントロン 1	エキソン 2	イントロン 2	エキソン 3
174 塩基対	378 塩基対	90 塩基対	240 塩基対	131 塩基対

エキソン 1 最初の 50 塩基(センス鎖)

5' -TGCTGGCGCT GCTGGCCCTC TGATGGCCCT GTGGAAGCGC CTCCTGCCCC-3'

エキソン 3 最後の 50 塩基(センス鎖)

5' -TACCAGCTGG AGTAACTACT GCAACTAGTA CCAGCATCTG CTCCTGCGGG-3'

図 3

問3 図3のエキソン1の下線部の塩基TがAに置換する突然変異が起こった。この場合、Tがコドンとして含まれるアミノ酸はどのように変化するか。コドン表を参考にして、次の①～⑧のうちから最も適当なものを一つ選びなさい。

7

- ① システイン→バリン
- ② トレオニン→アルギニン
- ③ トレオニン→セリン
- ④ ヒスチジン→ロイシン
- ⑤ グルタミン酸→バリン
- ⑥ バリン→グルタミン酸
- ⑦ トリプトファン→セリン
- ⑧ トリプトファン→アルギニン

mRNA のコドン表

		コドンの2番目の塩基				
		U	C	A	G	
コドンの1番目の塩基	U	フェニルアラニン	セリン	チロシン	システイン	U
		フェニルアラニン	セリン	チロシン	システイン	C
		ロイシン	セリン	終止	終止	A
		ロイシン	セリン	終止	トリプトファン	G
	C	ロイシン	プロリン	ヒスチジン	アルギニン	U
		ロイシン	プロリン	ヒスチジン	アルギニン	C
		ロイシン	プロリン	グルタミン	アルギニン	A
		ロイシン	プロリン	グルタミン	アルギニン	G
	A	イソロイシン	トレオニン	アスパラギン	セリン	U
		イソロイシン	トレオニン	アスパラギン	セリン	C
		イソロイシン	トレオニン	リシン	アルギニン	A
		メチオニン(開始)	トレオニン	リシン	アルギニン	G
	G	バリン	アラニン	アスパラギン酸	グリシン	U
		バリン	アラニン	アスパラギン酸	グリシン	C
		バリン	アラニン	グルタミン酸	グリシン	A
		バリン	アラニン	グルタミン酸	グリシン	G

コドンの3番目の塩基



問4 完成した mRNA から作られるタンパク質のアミノ酸数として最も適当なものを次の①～⑩のうちから一つ選びなさい。ただし、翻訳開始から終了まですべての塩基がアミノ酸に翻訳されるものとする。

8

- |       |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| ① 86  | ② 87  | ③ 88  | ④ 110 | ⑤ 112 |
| ⑥ 113 | ⑦ 116 | ⑧ 117 | ⑨ 131 | ⑩ 132 |

### Ⅲ 免疫に関する次の文章を読んで、問1～問4に答えなさい。

リンパ球の一種であるB細胞が産生する抗体は  というタンパク質からなる。抗体は、H鎖とL鎖の2種類のポリペプチドがS-S結合でつながり、Y字形の構造をしている。H鎖とL鎖の先端部は抗体の種類ごとにアミノ酸配列が異なり、立体構造が異なる部分がある。この部分を可変部といい、どの種類の抗体でも同じ構造の部分を定常部という。

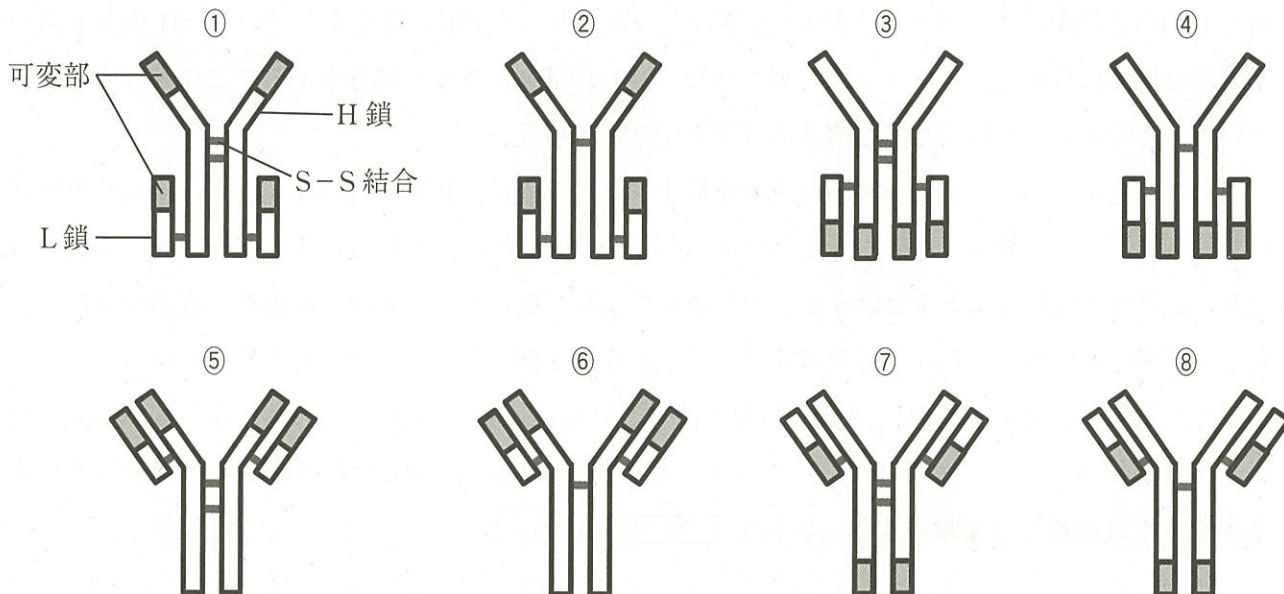
限られた遺伝情報から膨大な種類の抗体を産生するしくみは、1970年代に  によって解明された。例えばヒトの場合、抗体のH鎖の可変部を指定する遺伝子はV、D、Jという3つの領域からなり、L鎖の可変部はVとJという2つの領域からなる。それらの各領域には複数の遺伝子断片が存在し、B細胞が成熟する際に、各領域から遺伝子断片が1個ずつ任意に選ばれて組み合わせられる。その結果、遺伝子が再編成され、遺伝子の数をはるかに超える種類の抗体を産生することが可能となる。抗原が体内に侵入した場合には、このような仕組みで生じる多様なB細胞から、特定の抗体を産生できるB細胞だけが増殖する。これを  という。

問1 文中の空欄  ～  に入る語句はどれか。次の①～⑧のうちから最も適当なものの一つを選びなさい。

	<input type="text" value="ア"/>	<input type="text" value="イ"/>	<input type="text" value="ウ"/>
①	アルブミン	岡崎令治	クローン選択説
②	アルブミン	岡崎令治	免疫寛容
③	アルブミン	利根川進	クローン選択説
④	アルブミン	利根川進	免疫寛容
⑤	グロブリン	岡崎令治	クローン選択説
⑥	グロブリン	岡崎令治	免疫寛容
⑦	グロブリン	利根川進	クローン選択説
⑧	グロブリン	利根川進	免疫寛容

問2 抗体を構成するH鎖とL鎖の位置、及びS-S結合の位置や数を示した模式図として最も適当なものを次の①～⑧のうちから一つ選びなさい。

10



問3 抗体を用いた生体防御に関する以下のa～eの記述のうち正しいものはどれか。次の①～⑩のうちから最も適当なものを一つ選びなさい。

11

- a 抗体が結合した異物は、マクロファージなどによって認識されやすくなり、食作用が促進される。
- b ワクチンによる予防は細胞性免疫の仕組みを利用したものであり、ワクチン接種によって抗体が産生されることは無い。
- c 抗体は、B細胞から分泌されるので、胸腺で成熟するリンパ球であるT細胞が無くても抗体は問題なく産生される。
- d 二次応答で産生される抗体量は、最初に異物が侵入した際に産生される抗体量よりも二倍程度多くなるのが一般的である。
- e B細胞の細胞膜には異物と結合する受容体タンパク質があり、抗原情報を受容することができる。

- |           |           |           |           |
|-----------|-----------|-----------|-----------|
| ① aのみ     | ② dのみ     | ③ a, b    | ④ a, e    |
| ⑤ b, d    | ⑥ d, e    | ⑦ a, b, c | ⑧ a, c, e |
| ⑨ b, d, e | ⑩ c, d, e |           |           |

問4 H鎖のV, D, Jの各領域にはそれぞれ, 50個, 30個, 6個の遺伝子断片が含まれ, L鎖のV, Jの各領域には, 60個, 5個の遺伝子断片が含まれているとする。この時, 作ることができる抗体の種類数として最も適当なものを, 次の①~⑧のうちから一つ選びなさい。

12

- |                        |                        |                        |
|------------------------|------------------------|------------------------|
| ① $1.5 \times 10^2$ 種類 | ② $3.0 \times 10^2$ 種類 | ③ $3.0 \times 10^3$ 種類 |
| ④ $9.0 \times 10^3$ 種類 | ⑤ $1.5 \times 10^4$ 種類 | ⑥ $2.7 \times 10^5$ 種類 |
| ⑦ $9.0 \times 10^5$ 種類 | ⑧ $2.7 \times 10^6$ 種類 |                        |

IV 染色体上の遺伝子に関する次の文章を読んで、問1～問4に答えなさい。

体細胞の染色体数が  $2n = 4$  の生物において、個体 X の体細胞では3組の対立遺伝子  $L$  と  $l$ 、 $M$  と  $m$ 、 $N$  と  $n$  が図1のように存在していたとする。ただし、同じ色の染色体は同じ親から受け継いだ染色体であるとする。

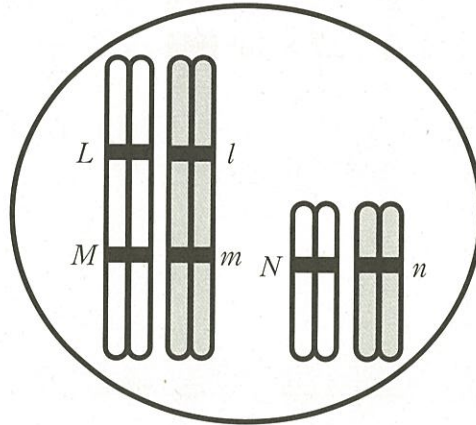


図1

問1 以下の a～f の交配のうち、個体 X の両親の遺伝子型として可能性のあるものはどれか。次の①～⑩のうちから最も適当なものを一つ選びなさい。

13

- a  $LLMMNN \times llmmnn$       b  $LLMmNn \times llMMNn$       c  $LlMmNn \times LlMmNn$   
 d  $LLMMnn \times llmmNN$       e  $LlmmNn \times LLMMnn$       f  $LlMmNn \times llMMnn$

- ① aのみ                      ② dのみ                      ③ a, c                      ④ a, d  
 ⑤ b, f                      ⑥ d, e                      ⑦ a, b, f                      ⑧ a, c, e  
 ⑨ b, d, f                      ⑩ c, d, e

問2 注目している3つの遺伝子において、個体Xの減数分裂で作られる配偶子の遺伝子型は最大何種類になるか。減数分裂時に乗換えが $L(l)$ と $M(m)$ の間で1回起こる場合と、起こらない場合の種類数として最も適当なものを、次の①～⑨のうちから一つ選びなさい。

14

	乗換えが起こる場合	乗換えが起こらない場合
①	4種類	4種類
②	4種類	8種類
③	4種類	16種類
④	8種類	4種類
⑤	8種類	8種類
⑥	8種類	16種類
⑦	16種類	4種類
⑧	16種類	8種類
⑨	16種類	16種類

問3 個体Xが作る配偶子の中で、遺伝子型が $LMN$ の配偶子の割合はどれか。次の①～⑧のうちから最も適当なものを一つ選びなさい。ただし、遺伝子 $L(l)$ と $M(m)$ の組換え価は10%とする。

15

- |          |          |          |          |
|----------|----------|----------|----------|
| ① 2.5 %  | ② 5.0 %  | ③ 10.0 % | ④ 22.5 % |
| ⑤ 30.0 % | ⑥ 45.0 % | ⑦ 67.5 % | ⑧ 90.0 % |

問4 個体 X が減数分裂して配偶子が作られる際の、遺伝子の分配に関する以下の a ~ e の記述のうち正しいものはどれか。次の①~⑩のうちから最も適当なものを一つ選びなさい。

16

- a 乗換えの起こる場所や回数によっては、1つの母細胞から生じる4つの娘細胞の中に、遺伝子型が  $LMN$  という細胞が含まれない場合もある。
- b 相同染色体の乗換えによって、 $N$  と  $m$  の位置が入れ替わる可能性もある。
- c 乗換えが起こった場合、最終的に生じる1つの娘細胞内に、 $L$  と  $l$  が同じ細胞に入る可能性もある。
- d  $L(l)$  と  $M(m)$  に関して組換えが起こるためには、この2つの遺伝子間で最低1回は乗換えが起こる必要がある。
- e この個体を作る配偶子全体の中で、遺伝子型が  $LMN$  の配偶子は、 $Lmn$  の配偶子よりも数が多くなると考えられる。

- ① bのみ                      ② cのみ                      ③ a, e                      ④ b, e
- ⑤ c, d                      ⑥ d, e                      ⑦ a, b, c                      ⑧ a, d, e
- ⑨ b, c, e                      ⑩ c, d, e

V 植物の環境応答に関する次の文章を読んで、問1～問3に答えなさい。

植物は、光などの環境条件が適切な場合は、茎を伸ばして葉を茂らせることで成長していく。これは栄養成長と呼ばれるが、その一方で、環境条件の変化や、ある一定の成長段階に達すると、植物は花芽を形成し種子を作る生殖成長を行う。

多くの植物は、これらの成長の切り替えのタイミングを決めるシグナルとして、季節に伴う日長の変化を利用している。日長が長くなると花芽を形成する植物を長日植物、日長が短くなると花芽を形成する植物を短日植物という。このように、生物の生理現象が明暗の周期に反応して起こる性質を光周性と呼ぶ。また、日長に関係なく、一定の大きさに生育すると花芽を形成する植物もあり、そのような植物を中性植物という。

問1 下線部(1)について、植物がもつ光受容タンパク質と、そのタンパク質がよく吸収する光の波長の色、及びそのタンパク質が関与する植物の反応はどれか。次の①～⑨のうちから最も適当なものを一つ選びなさい。

17

	光受容タンパク質	吸収する光の波長の色	関与する植物の反応
①	フォトトロピン	赤色光, 遠赤色光	気孔の開閉
②	フォトトロピン	赤色光, 青紫色光	光合成
③	フォトトロピン	青色光	光発芽
④	フロリゲン	赤色光, 遠赤色光	光合成
⑤	フロリゲン	赤色光, 青紫色光	光発芽
⑥	フロリゲン	青色光	気孔の開閉
⑦	フィトクロム	赤色光, 遠赤色光	光発芽
⑧	フィトクロム	赤色光, 青紫色光	光合成
⑨	フィトクロム	青色光	気孔の開閉



問2 植物を長日植物，短日植物，中性植物に分けた場合，以下の a～f の植物はどれか。次の①～⑨のうちから最も適当なものを一つ選びなさい。

18

- |      |        |       |
|------|--------|-------|
| a キク | b アブラナ | c トマト |
| d イネ | e エンドウ | f コムギ |

	長日植物	短日植物	中性植物
①	a, b	c, d	e, f
②	a, c	b, e	d, f
③	a, d	b, e	c, f
④	b, d	a, f	c, e
⑤	b, f	a, d	c, e
⑥	c, d	b, e	a, f
⑦	c, e	d, f	a, b
⑧	d, e	a, f	b, c
⑨	e, f	b, d	a, c

問3 下線部(2)について、2種類の植物Aと植物Bを条件I～VIの明暗周期で育てたところ(図1)、花芽の形成は図1の右に示す結果となった。光周性に関わる以下のa～fの特性のうち、植物Aと植物Bにそれぞれ当てはまるものはどれか。次の①～⑩のうちから最も適当なものを一つ選びなさい。

19

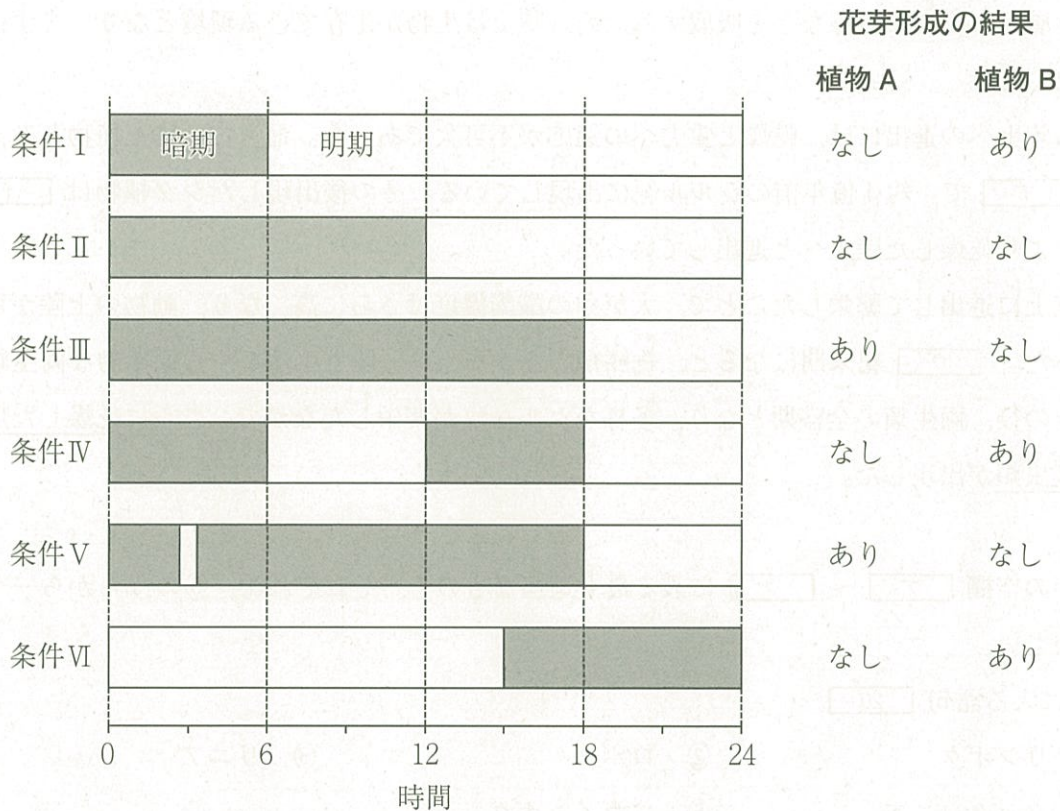


図1

- a 長日植物であり、限界暗期は6～9時間の間である。
- b 長日植物であり、限界暗期は9～12時間の間である。
- c 長日植物であり、限界暗期は12～15時間の間である。
- d 短日植物であり、限界暗期は9～12時間の間である。
- e 短日植物であり、限界暗期は12～15時間の間である。
- f 短日植物であり、限界暗期は15～18時間の間である。

	植物A	植物B		植物A	植物B
①	a	d	⑥	d	a
②	a	e	⑦	e	a
③	b	d	⑧	e	b
④	b	f	⑨	f	b
⑤	c	e	⑩	f	c

## VI 生物の陸上進出に関する次の文章を読んで、問1～問3に答えなさい。

地球上にシアノバクテリアが出現する以前は、オゾン層が存在せず、DNAや細胞に損傷を与える紫外線や宇宙線が地表に直接届くため、陸上に進出できる生物はいなかった。しかし、シアノバクテリアによって大量の酸素が放出されるようになると、酸素が大気中に蓄積し、オゾン層が形成された。オゾン層は有害な紫外線などを吸収するため、陸上は生物が生存できる環境となり、まず植物が陸上に進出した。

水中から陸上への進出には、乾燥と重力への適応が不可欠であった。最も古い陸上植物と考えられる化石は  で、約4億年前のシルル紀に出現している。その後出現したシダ植物は  を発達させ、より乾燥した陸上へと進出していった。

植物が陸上に進出して繁栄したことで、大気中の酸素濃度はさらに高くなり、動物の上陸が可能な状態となった。 紀末期になると、<sup>そうき</sup> 総鱗類のなかまから、陸上生活をする原始的な両生類が進化した。その後、両生類の全盛期となり、多様なグループが繁栄したなかで、<sup>(2)</sup> さらに乾燥した環境へ適応した<sup>はちゅう</sup> 爬虫類が出現した。

問1 文中の空欄  ～  に入る最も適当なものを、それぞれ①～⑤のうちから一つずつ選びなさい。

に入る語句

- |          |          |       |
|----------|----------|-------|
| ① リンボク   | ② ロボク    | ③ リニア |
| ④ クックソニア | ⑤ フウインボク |       |

に入る語句

- |       |      |      |
|-------|------|------|
| ① 子房  | ② 種子 | ③ 孢子 |
| ④ 維管束 | ⑤ 花粉 |      |

に入る語句

- |         |       |      |
|---------|-------|------|
| ① オルドビス | ② ペルム | ③ 石炭 |
| ④ デボン   | ⑤ シルル |      |

問2 下線部(1)のシアノバクテリアについて、以下のa～eの記述のうち正しいものはどれか。次の①～⑩のうちから最も適当なものを一つ選びなさい。

23

- a シアノバクテリアの痕跡は、46億年前の地層にあるストロマトライトという層状構造をもつ岩石から発見された。
- b シアノバクテリアの光合成によって、海水中の鉄分が沈殿し縞状鉄鋼層が形成された。
- c シアノバクテリアは、硫化水素を分解して生じた電子を利用して二酸化炭素を還元する。
- d シアノバクテリアは真核生物であり、クロロフィルaをもつ発達した葉緑体が存在する。
- e シアノバクテリアは、地球上に最初に出現した独立栄養生物であると考えられている。

- ① aのみ                      ② bのみ                      ③ a, b                      ④ b, c
- ⑤ b, e                      ⑥ c, e                      ⑦ a, b, c                      ⑧ a, c, e
- ⑨ b, d, e                      ⑩ c, d, e

問3 下線部(2)に関して、両生類から爬虫類に進化する過程で初めて獲得した形質として正しいものはどれか。以下のa～eの記述のうち最も適当なものを、次の①～⑩のうちから一つ選びなさい。

24

- a 呼吸器官として肺を発達させた。
- b 陸上で歩行するための四肢を発達させた。
- c 皮膚を覆う角質化した鱗<sup>うろこ</sup>を発達させた。
- d 胚を包む胚膜と硬い卵殻を発達させた。
- e アンモニアを尿素に変えて排出するようになった。

- ① bのみ                      ② dのみ                      ③ a, b                      ④ b, e
- ⑤ c, d                      ⑥ d, e                      ⑦ a, b, c                      ⑧ a, c, e
- ⑨ b, d, e                      ⑩ c, d, e

VII 捕食・被食の関係に関する次の文章を読んで、問1～問3に答えなさい。

生態系内の個体群の間にはさまざまな相互作用が見られるが、そのなかでも、一方が他方を食べる捕食・被食の関係は最も基本的な種間関係である。植物を動物が食べ、その動物を動物が食べるというように、捕食・被食の関係が一連に続くことを食物連鎖といい、生産者である植物を第一段階とした食物連鎖の各段階を栄養段階という。実際の生態系内では、多くの生物はいろいろな植物や動物を捕食し、いろいろな動物に被食されるため、食物連鎖は複雑に絡み合って食物網を形成している。この食物網を通して、生態系内ではエネルギーと物質の移動が起きている。

生態系内において、捕食者と被食者の個体数は相互に関係しあっており、捕食者と被食者の個体数は図1のように一定の周期で変動することもある。また、直接的な捕食・被食の関係が、間接的に他の生物の個体数の増減に影響を与える場合もあり、このような作用は間接効果と呼ばれる。

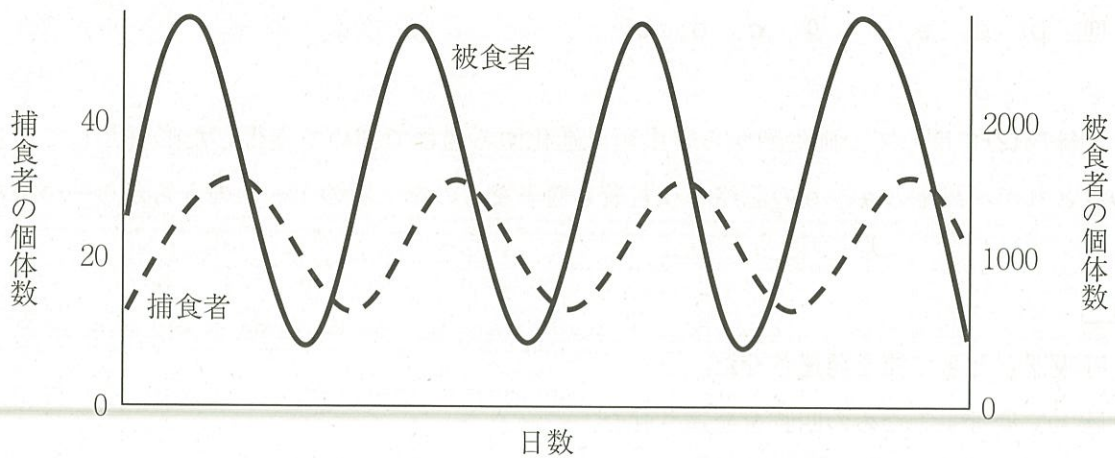


図1

問1 下線部(1)のエネルギーと物質の移動について、以下のa～eの記述のうち正しいものはどれか。次の①～⑩のうちから最も適当なものを一つ選びなさい。

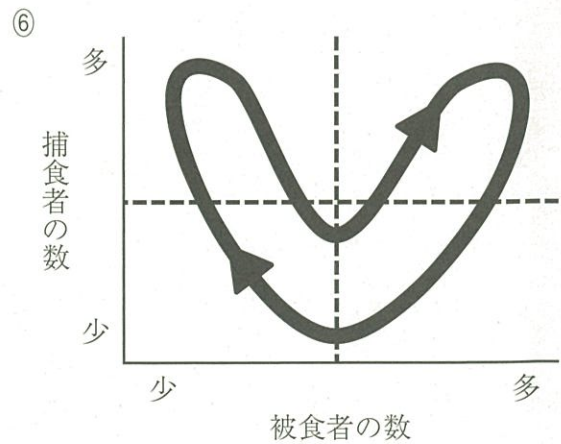
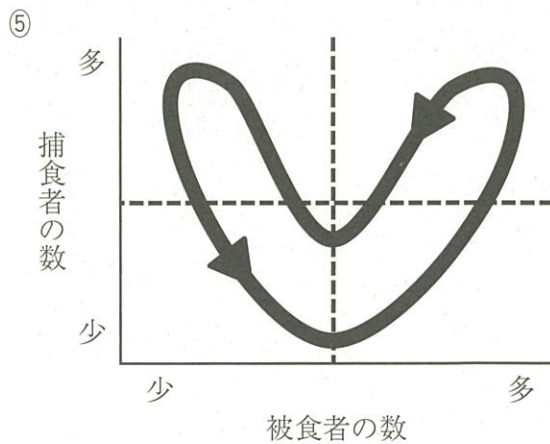
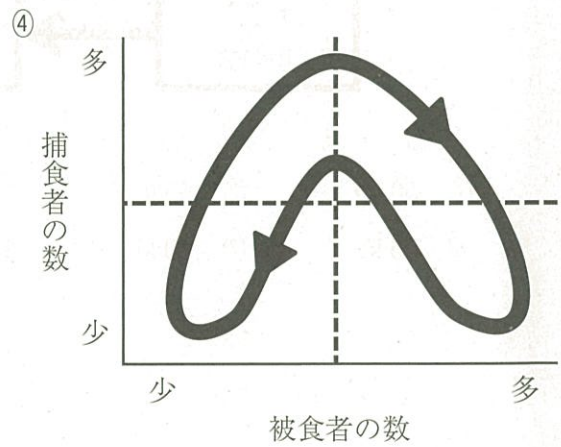
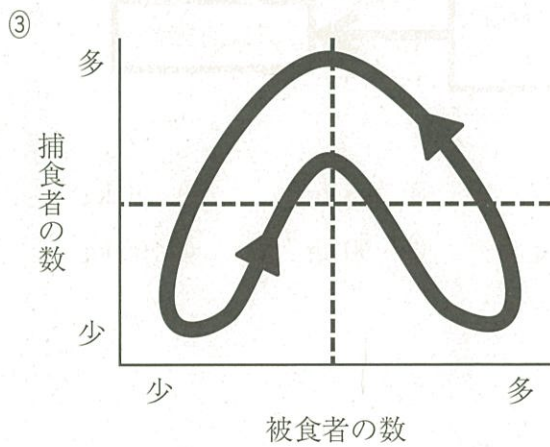
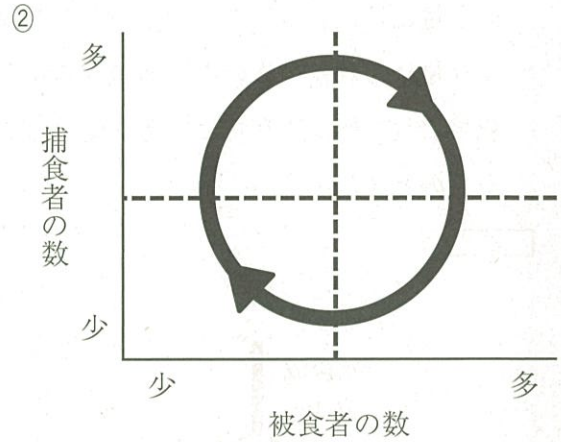
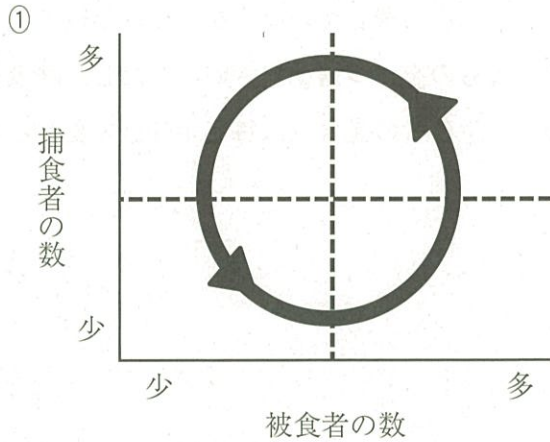
25

- a エネルギーは主に熱エネルギーとして、それぞれの生物間を移動する。
- b エネルギーは生態系内を循環する。
- c 物質は生態系内を循環する。
- d 移動するエネルギーの総量は、高次の栄養段階ほど少なくなる。
- e 移動する物質の総量は、高次の栄養段階ほど多くなる。

- ① aのみ                      ② cのみ                      ③ a, b                      ④ b, c
- ⑤ b, e                      ⑥ c, d                      ⑦ a, b, c                      ⑧ a, c, e
- ⑨ b, d, e                      ⑩ c, d, e

問2 捕食者と被食者の個体数の変動は、捕食者の数と被食者の数をそれぞれ縦軸と横軸においたグラフにおける点の移動としても表現することができる。時間経過に伴う捕食者と被食者の個体数の変動を表す軌跡は、どのような形状になると考えられるか。図1を参考にし、次の①～⑥のうちから最も適当なものを一つ選びなさい。

26



問3 下線部(2)に関連した単純なモデルを以下のように考えることにする。ある生態系では、生産者の現存量は100 kgであり、毎年10 kgの有機物が光合成により合成され、10 kgが一次消費者に食べられている。また、一次消費者の現存量は10 kgであり、毎年1 kgが二次消費者に食べられている。このような状態で、この生態系は長年安定していた。しかし、ある年から二次消費者がいなくなり、一次消費者の現存量が毎年1 kgずつ増加したとする。その現存量の増加と同じ量だけ摂食量が増加していったと仮定すると、二次消費者がいなくなって5年後の生産者の現存量はどれか。次の①～⑧のうちから最も適当なものを一つ選びなさい。ただし、呼吸量や枯死量(死亡量)は現存量に影響を受けることはなく、生産者の光合成は毎年10 kgで変わらなかったものとする。

27



- ① 50 kg      ② 55 kg      ③ 60 kg      ④ 65 kg      ⑤ 70 kg  
 ⑥ 75 kg      ⑦ 80 kg      ⑧ 85 kg      ⑨ 90 kg      ⑩ 95 kg

生物の問題はここまでです