

**物 理**

以下の 1 から 29 にあてはまる最も適切な答えを各解答群から1つ選び、解答用紙（マークシート）にマークせよ。ただし、同じ番号をくり返し選んでもよい。数値を選ぶ場合は最も近い値を選ぶものとする。

- I 図1のように、あらい水平面上にある垂直な壁に、長さ  $L$  で質量  $m$  の一様で十分細くてかたい棒を立てかけた。棒は点Aで水平面と、点Bで壁と接している。棒と水平面のなす角を  $\theta$ 、水平面と棒との間の静止摩擦係数を  $\mu$  とする。壁はなめらかであり、重力加速度の大きさを  $g$  とし、棒は紙面内でのみ運動する。

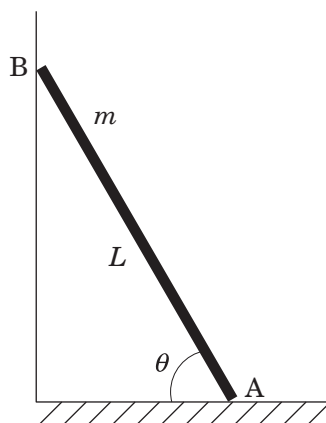


図1

- (1) 図1の状態では棒は静止している。棒の重心の水平面からの高さは、1 である。点Aで棒が水平面から受ける垂直抗力の大きさは 2 で、水平面から受ける静止摩擦力の大きさは 3 である。また、点Bで棒が壁から受ける垂直抗力の大きさは 4 である。棒が静止しているためには、静止摩擦係数  $\mu$  は  $\mu \geq$  5 の条件を満たさなければならない。

1 の解答群

- |                  |                              |                              |                              |
|------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| ① $\frac{1}{2}L$ | ② $\frac{1}{2}L \sin \theta$ | ③ $\frac{1}{2}L \cos \theta$ | ④ $\frac{1}{2}L \tan \theta$ |
| ⑤ $L$            | ⑥ $L \sin \theta$            | ⑦ $L \cos \theta$            | ⑧ $L \tan \theta$            |

2 , 3 , 4 の解答群

- |                   |                               |                               |                               |
|-------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| ① $\frac{1}{2}mg$ | ② $\frac{1}{2}mg \sin \theta$ | ③ $\frac{1}{2}mg \cos \theta$ | ④ $\frac{1}{2}mg \tan \theta$ |
| ⑤ $mg$            | ⑥ $mg \sin \theta$            | ⑦ $mg \cos \theta$            | ⑧ $mg \tan \theta$            |
| ⑨ $2mg$           | ⑩ $\frac{mg}{2 \sin \theta}$  | Ⓐ $\frac{mg}{2 \cos \theta}$  | Ⓑ $\frac{mg}{2 \tan \theta}$  |
| Ⓒ $0$             | Ⓓ $\frac{mg}{\sin \theta}$    | Ⓔ $\frac{mg}{\cos \theta}$    | Ⓕ $\frac{mg}{\tan \theta}$    |

5 の解答群

- |                             |                           |                             |                             |
|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| ① $\sin \theta$             | ② $\cos \theta$           | ③ $\tan \theta$             | ④ $2 \sin \theta$           |
| ⑤ $2 \cos \theta$           | ⑥ $2 \tan \theta$         | ⑦ $\frac{1}{2 \sin \theta}$ | ⑧ $\frac{1}{2 \cos \theta}$ |
| ⑨ $\frac{1}{2 \tan \theta}$ | ⑩ $\frac{1}{\sin \theta}$ | Ⓐ $\frac{1}{\cos \theta}$   | Ⓑ $\frac{1}{\tan \theta}$   |

- (2) 次に、図 2 に示すように、質量  $2m$  で大きさの無視できる物体を棒上に固定する。  
 物体を固定する位置を点 A から点 B にむかって徐々に変化させて、物体を固定した棒が水平面上をすべりだすときの物体の位置を調べる。

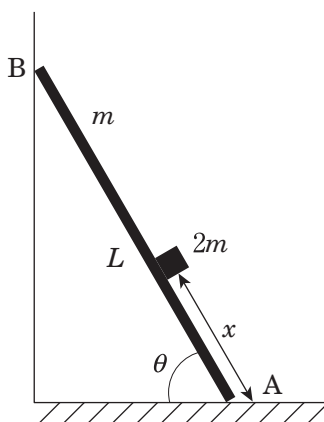


図 2

点 A を原点として、棒に沿って点 A から点 B の方向に  $x$  軸をとる。物体を点 A から距離  $x$  ( $0 \leq x \leq L$ ) の棒上の位置に固定したとき、棒と物体を合わせた重心の  $x$  軸上の位置を点 A からの距離  $x$  を用いて表すと 6 である。物体を点 A からの距離  $x = \frac{3}{4}L$  の棒上の位置に固定したときに棒がはじめて水平面上をすべりだしたとすると、棒と水平面の間の静止摩擦係数  $\mu$  は 7 となる。

さらに、静止摩擦係数  $\mu$  が 7 であるとき、物体を棒上の点 B の位置 ( $x = L$ ) に固定しても棒が水平面上をすべらないように、点 A から距離  $x = \frac{1}{4}L$  の位置に大きさ  $F$  の水平左向きの力を棒にあたえた。このとき、あたえた力の大きさ  $F$  は、8  $\leq F \leq$  9 の条件を満たす。

6 の解答群

- |                    |                    |                    |                    |                    |
|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| ① $\frac{L+x}{2}$  | ② $\frac{L+2x}{3}$ | ③ $\frac{L+3x}{3}$ | ④ $\frac{L+2x}{4}$ | ⑤ $\frac{L+3x}{4}$ |
| ⑥ $\frac{L+4x}{4}$ | ⑦ $\frac{L+2x}{6}$ | ⑧ $\frac{L+3x}{6}$ | ⑨ $\frac{L+4x}{6}$ |                    |

7 の解答群

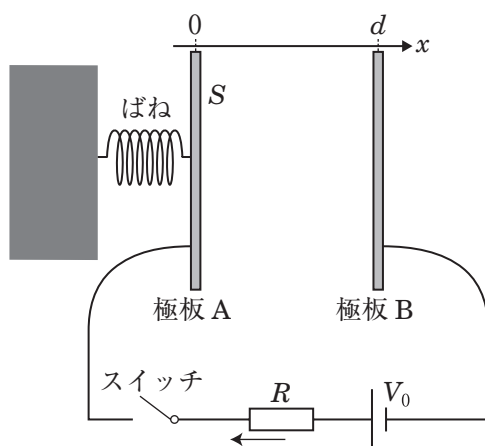
- |                             |                             |                             |                             |                             |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| ① $\frac{1}{3} \sin \theta$ | ② $\frac{1}{3} \cos \theta$ | ③ $\frac{1}{3} \tan \theta$ | ④ $\frac{1}{2} \sin \theta$ | ⑤ $\frac{1}{2} \cos \theta$ |
| ⑥ $\frac{1}{2} \tan \theta$ | ⑦ $\frac{2}{3} \sin \theta$ | ⑧ $\frac{2}{3} \cos \theta$ | ⑨ $\frac{2}{3} \tan \theta$ | ⑩ $\frac{1}{3 \sin \theta}$ |
| Ⓐ $\frac{1}{3 \cos \theta}$ | Ⓑ $\frac{1}{3 \tan \theta}$ | Ⓒ $\frac{1}{2 \sin \theta}$ | Ⓓ $\frac{1}{2 \cos \theta}$ | Ⓔ $\frac{1}{2 \tan \theta}$ |
| Ⓕ $\frac{2}{3 \sin \theta}$ | Ⓖ $\frac{2}{3 \cos \theta}$ | Ⓗ $\frac{2}{3 \tan \theta}$ |                             |                             |

8 と 9 の解答群

- |                               |                              |                              |                               |                               |
|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| ① $\frac{mg}{3 \cos \theta}$  | ② $\frac{mg}{3 \sin \theta}$ | ③ $\frac{mg}{3 \tan \theta}$ | ④ $\frac{2mg}{3 \cos \theta}$ | ⑤ $\frac{2mg}{3 \sin \theta}$ |
| ⑥ $\frac{2mg}{3 \tan \theta}$ | ⑦ $\frac{2mg}{\cos \theta}$  | ⑧ $\frac{2mg}{\sin \theta}$  | ⑨ $\frac{2mg}{\tan \theta}$   | ⑩ $\frac{3mg}{\cos \theta}$   |
| Ⓐ $\frac{3mg}{\sin \theta}$   | Ⓑ $\frac{3mg}{\tan \theta}$  | Ⓒ $\frac{4mg}{\cos \theta}$  | Ⓓ $\frac{4mg}{\sin \theta}$   | Ⓔ $\frac{4mg}{\tan \theta}$   |
| Ⓕ $\frac{6mg}{\cos \theta}$   | Ⓖ $\frac{6mg}{\sin \theta}$  | Ⓗ $\frac{6mg}{\tan \theta}$  |                               |                               |

Ⅱ 図のように、質量  $m$  [kg]、面積  $S$  [m<sup>2</sup>] で厚さの無視できる 2 枚の極板 A と極板 B を向かい合わせ、極板 A にばね定数  $k$  [N/m] の軽いばねを接続する。図の水平方向に  $x$  軸をとり、ばねが自然長のときの極板 A の位置を  $x$  軸の原点とする。極板 B を  $x=d$  [m] の位置で固定する。極板 A は、極板 B に対して常に平行を保ちながら  $x$  軸方向になめらかに動くようにする。ここで、原点の位置にある極板 A と極板 B からなる平行板コンデンサーの電気容量を  $C_0$  [F] とする。極板の面積  $S$  [m<sup>2</sup>] は十分に大きく、極板間隔  $d$  [m] は十分小さく、極板の端部での電場の乱れは無視できるとする。

図に示した回路は、極板 A と極板 B からなる平行板コンデンサー、起電力  $V_0$  [V] で内部抵抗が無視できる電池、抵抗値  $R$  [ $\Omega$ ] の抵抗、スイッチからなる。導線は軽いのので極板 A の動きに影響せず、ばねは極板 A と絶縁されているのでコンデンサーの電気容量に影響しないとする。回路の持つ自己インダクタンスと空気抵抗は無視する。また、回路を流れる電流の向きは、図中の矢印の向きを正とする。



- (1) 最初、スイッチは開いた状態でコンデンサーの電荷は 0 であったとする。次に極板 A を原点の位置に固定し、スイッチを閉じた。スイッチを閉じた後、コンデンサーに蓄えられている電荷が  $Q_1$  [C] になった瞬間に抵抗を流れる電流は、 $C_0$ ,  $V_0$ ,  $Q_1$ ,  $R$  を用いて 10 [A] と表される。スイッチを閉じてから十分に時間が経過した後、コンデンサーに蓄えられている電荷は 11 [C] で、静電エネルギーは 12 [J] となる。

10 の解答群

- |                                 |                             |                             |                         |
|---------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| ① $\frac{C_0 V_0 + Q_1}{C_0 R}$ | ② $\frac{V_0 + Q_1}{C_0 R}$ | ③ $\frac{C_0 V_0 + Q_1}{R}$ | ④ $\frac{V_0 + Q_1}{R}$ |
| ⑤ $\frac{C_0 V_0 - Q_1}{C_0 R}$ | ⑥ $\frac{V_0 - Q_1}{C_0 R}$ | ⑦ $\frac{C_0 V_0 - Q_1}{R}$ | ⑧ $\frac{V_0 - Q_1}{R}$ |

11 の解答群

- |                      |                      |                         |                                |
|----------------------|----------------------|-------------------------|--------------------------------|
| ① $\frac{C_0}{V_0}$  | ② $\frac{V_0}{C_0}$  | ③ $C_0 V_0$             | ④ $\sqrt{C_0 V_0}$             |
| ⑤ $\frac{C_0}{2V_0}$ | ⑥ $\frac{V_0}{2C_0}$ | ⑦ $\frac{1}{2} C_0 V_0$ | ⑧ $\frac{1}{2} \sqrt{C_0 V_0}$ |

12 の解答群

- |                        |                        |                           |                           |
|------------------------|------------------------|---------------------------|---------------------------|
| ① $\frac{C_0}{V_0^2}$  | ② $\frac{V_0^2}{C_0}$  | ③ $C_0 V_0^2$             | ④ $C_0^2 V_0^2$           |
| ⑤ $\frac{C_0}{2V_0^2}$ | ⑥ $\frac{V_0^2}{2C_0}$ | ⑦ $\frac{1}{2} C_0 V_0^2$ | ⑧ $\frac{1}{2} C_0^2 V_0$ |

(2) (1) の操作を終えて十分に時間が経過した後、スイッチを開いてから極板 A を自由に動けるようにすると、極板 A は  $x$  軸の正の方向に動きはじめ、その後  $x$  軸に沿って振動した。極板 A は極板 B に衝突しない範囲で動くものとする。極板 A の位置が  $x$  [m] ( $x < d$ ) のとき、コンデンサーの電気容量は 13  $\times C_0$  [F] である。振動している極板 A の運動方程式は、ある位置  $x$  [m] での極板 A の加速度を  $a$  [m/s<sup>2</sup>] とすると、 $ma =$  14 と表される。

極板 A の位置が  $X$  [m] ( $X < d$ ) のとき、コンデンサーの静電エネルギーは極板 A が動き始める前に比べて 15 [J] だけ減少している。極板 A が最も極板 B に近づいたとき、コンデンサーの静電エネルギーは極板 A が動き始める前に比べて 16 [J] だけ減少している。ただし、コンデンサーの静電エネルギー、ばねの位置エネルギーと極板 A の運動エネルギーの和は保存される。

### 13 の解答群

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

### 14 の解答群

- |                                    |                                    |
|------------------------------------|------------------------------------|
| ① $-k(x-d) + \frac{C_0 V_0^2}{2S}$ | ② $-k(x-d) - \frac{C_0 V_0^2}{2S}$ |
| ③ $-2k(x-d) + \frac{C_0 V_0}{2S}$  | ④ $-2k(x-d) - \frac{C_0 V_0}{2S}$  |
| ⑤ $-kx + \frac{C_0 V_0^2}{2d}$     | ⑥ $-kx - \frac{C_0 V_0^2}{2d}$     |
| ⑦ $-2kx + \frac{C_0 V_0}{2d}$      | ⑧ $-2kx - \frac{C_0 V_0}{2d}$      |

15 の解答群

- |                          |                         |                          |                          |
|--------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|
| ① $\frac{2dC_0V_0^2}{X}$ | ② $\frac{dC_0V_0^2}{X}$ | ③ $\frac{dC_0V_0^2}{2X}$ | ④ $\frac{dC_0V_0^2}{4X}$ |
| ⑤ $\frac{2XC_0V_0^2}{d}$ | ⑥ $\frac{XC_0V_0^2}{d}$ | ⑦ $\frac{XC_0V_0^2}{2d}$ | ⑧ $\frac{XC_0V_0^2}{4d}$ |

16 の解答群

- |                             |                            |                           |                              |
|-----------------------------|----------------------------|---------------------------|------------------------------|
| ① $\frac{C_0^2V_0^4}{kd^2}$ | ② $\frac{C_0^2V_0^4}{2kd}$ | ③ $\frac{C_0^2V_0^4}{kd}$ | ④ $\frac{C_0^2V_0^4}{2kd^2}$ |
| ⑤ $C_0V_0^2$                | ⑥ $\frac{C_0V_0^2}{2}$     | ⑦ $\frac{C_0V_0^2}{4}$    | ⑧ $\frac{C_0V_0^2}{8}$       |



- (3) (1) の操作を終えて十分に時間が経過した後、スイッチを閉じたままにして、極板 A を自由に動けるようにした。ある時刻において、電池の起電力  $V_0$  [V]、コンデンサーに蓄えられている電荷  $Q$  [C]、抵抗を流れる電流  $I$  [A]、極板 A の位置  $x$  [m] には 17 という関係がある。また、ある位置  $x$  [m] における極板 A の加速度を  $a$  [m/s<sup>2</sup>]、そのときにコンデンサーに蓄えられている電荷を  $Q$  [C] とすると、極板 A の運動方程式は  $ma =$  18 と表される。なお、スイッチを閉じたまま極板 A を自由に動けるようにした直後は、 19

17 の解答群

- |                                    |                                    |                                     |
|------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| ① $V_0 = -IR - \frac{Q}{C_0}$      | ② $V_0 = -IR + \frac{Q}{C_0}$      | ③ $V_0 = IR - \frac{Q}{C_0}$        |
| ④ $V_0 = IR + \frac{Q}{C_0}$       | ⑤ $V_0 = IR - \frac{d-x}{C_0 d} Q$ | ⑥ $V_0 = -IR + \frac{d-x}{C_0 d} Q$ |
| ⑦ $V_0 = IR + \frac{d+x}{C_0 d} Q$ | ⑧ $V_0 = IR + \frac{d-x}{C_0 d} Q$ |                                     |

18 の解答群

- |                                  |                                 |                                  |
|----------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| ① $-k(x-d) + \frac{Q^2}{2C_0 d}$ | ② $-k(x-d) + \frac{Q^2}{C_0 d}$ | ③ $-k(x-d) + \frac{2Q^2}{C_0 d}$ |
| ④ $-k(x-d) + \frac{4Q^2}{C_0 d}$ | ⑤ $-kx + \frac{Q^2}{2C_0 d}$    | ⑥ $-kx + \frac{Q^2}{C_0 d}$      |
| ⑦ $-kx + \frac{2Q^2}{C_0 d}$     | ⑧ $-kx + \frac{4Q^2}{C_0 d}$    |                                  |

19 の解答群

- ① 極板間の距離が減少し電気容量が増加するため、電流は正の向きに流れる。
- ② 極板間の距離が増加し電気容量が増加するため、電流は正の向きに流れる。
- ③ 極板間の距離が減少し電気容量が減少するため、電流は正の向きに流れる。
- ④ 極板間の距離が増加し電気容量が減少するため、電流は正の向きに流れる。
- ⑤ 極板間の距離が減少し電気容量が増加するため、電流は負の向きに流れる。
- ⑥ 極板間の距離が増加し電気容量が増加するため、電流は負の向きに流れる。
- ⑦ 極板間の距離が減少し電気容量が減少するため、電流は負の向きに流れる。
- ⑧ 極板間の距離が増加し電気容量が減少するため、電流は負の向きに流れる。

Ⅲ X線の性質について考える。なお、数値を計算する場合は、真空中の光速 $c$ 〔m/s〕は $c=3.0\times 10^8$  m/s, プランク定数 $h$ 〔J・s〕は $h=6.6\times 10^{-34}$  J・s, 電気素量 $e$ 〔C〕は $e=1.6\times 10^{-19}$  C, 静止している電子の質量 $m$ 〔kg〕は $m=9.1\times 10^{-31}$  kgを用いてもよい。

- (1) 図1にX線の発生装置を示す。真空のガラス管内にある陰極と陽極の間に高電圧をかける。陰極を熱すると電子が放出され、放出された電子は電極間の高電圧 $V$ 〔V〕で加速される。加速した電子が陽極に衝突すると、陽極からX線が発生する。陰極から放出された直後の電子の速さを0とすると、陽極に衝突する直前の電子の運動エネルギーは 20 〔J〕となる。陽極に衝突した1個の電子のエネルギー全てが、そのとき発生した1個のX線光子のエネルギーに変わったときにX線の波長は最も短くなり、その波長は 21 〔m〕となる。例えば、 $V=4.0\times 10^4$  Vのとき、最も短いX線の波長は 22 mとなる。

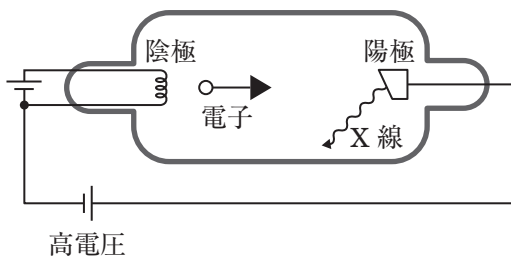


図1

20 の解答群

- |        |                   |                   |                   |
|--------|-------------------|-------------------|-------------------|
| ① 0    | ② $\frac{1}{8}eV$ | ③ $\frac{1}{4}eV$ | ④ $\frac{1}{2}eV$ |
| ⑤ $eV$ | ⑥ $2eV$           | ⑦ $4eV$           | ⑧ $8eV$           |

21 の解答群

- |                    |                    |                    |                    |
|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| ① 0                | ② $\frac{hc}{2eV}$ | ③ $\frac{hc}{eV}$  | ④ $\frac{2hc}{eV}$ |
| ⑤ $\frac{eV}{2hc}$ | ⑥ $\frac{eV}{hc}$  | ⑦ $\frac{2eV}{hc}$ | ⑧ $\frac{4eV}{hc}$ |

22 の解答群

- |                         |                         |                         |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| ① $1.6 \times 10^{-12}$ | ② $3.1 \times 10^{-12}$ | ③ $6.2 \times 10^{-12}$ |
| ④ $1.6 \times 10^{-11}$ | ⑤ $3.1 \times 10^{-11}$ | ⑥ $6.2 \times 10^{-11}$ |
| ⑦ $1.6 \times 10^{-10}$ | ⑧ $3.1 \times 10^{-10}$ | ⑨ $6.2 \times 10^{-10}$ |

(2) X線の波動性が現れる現象として、X線のブラッグ反射がある。図2に示す原子が間隔  $d$  [m] で規則正しく配列した結晶格子を考える。波長  $\lambda$  [m] のX線は、格子面（結晶面）に対して角  $\theta$  [°] で入射して、同じ角  $\theta$  [°] で反射した。ここで、隣りあう格子面で散乱された反射X線が干渉して強めあうのは、反射の法則を満たす方向で、かつ、両者が同位相である場合である。したがって、図2の反射X線Aと反射X線Bが強めあうのは、AとBの経路差 23 [m] が  $n\lambda =$  23 の場合である（ただし、 $n=1, 2, 3, \dots$  とする）。

間隔  $d=2.0 \times 10^{-10}$  m で原子が規則正しく配列している結晶格子にX線を入射させた。入射X線の入射角  $\theta$  [°] を0から徐々に大きくしていくと、反射X線が2番目に強めあった角度は  $\theta=30^\circ$  であった。このとき、入射X線の波長は 24 m である。

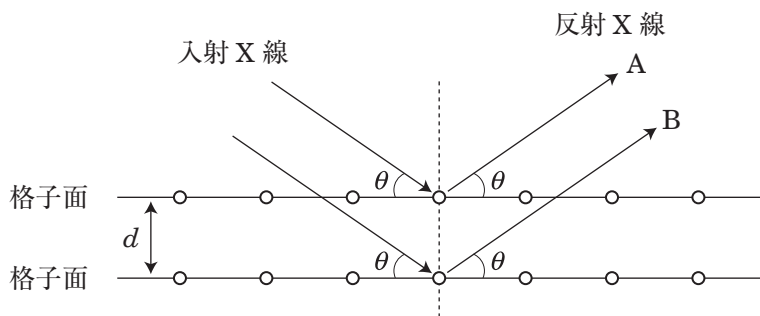


図 2

23 の解答群

①  $d \sin \theta$

②  $d \cos \theta$

③  $d \tan \theta$

④  $2d \sin \theta$

⑤  $2d \cos \theta$

⑥  $2d \tan \theta$

⑦  $3d \sin \theta$

⑧  $3d \cos \theta$

⑨  $3d \tan \theta$

24 の解答群

①  $1.0 \times 10^{-11}$

②  $2.0 \times 10^{-11}$

③  $5.0 \times 10^{-11}$

④  $1.0 \times 10^{-10}$

⑤  $2.0 \times 10^{-10}$

⑥  $5.0 \times 10^{-10}$

⑦  $1.0 \times 10^{-9}$

⑧  $2.0 \times 10^{-9}$

⑨  $5.0 \times 10^{-9}$

(3) X線の粒子性が現れる現象として、X線のコンプトン効果がある。図3に示すように紙面上に $x$ 軸と $y$ 軸をとり、波長 $\lambda$  [m]のX線が $x$ 軸に沿って入射して、原点Oで静止している電子によって散乱されたとする。散乱後のX線の波長は $\lambda'$  [m]となり、 $x$ 軸に対して角 $\theta$  [°]で進んだ。また、電子はX線との衝突によって、 $x$ 軸に対して角 $\phi$  [°]の方向に速度の大きさ $v$  [m/s]で動いた。散乱X線と電子はどちらも $xy$ 平面内でのみ運動したとすると、 $x$ 軸方向の運動量保存の法則を表す式は 25 となり、 $y$ 軸方向の運動量保存の法則を表す式は 26 となる。また、衝突前後のエネルギーは保存するので、 $\frac{hc}{\lambda} =$  27 [J] が成り立つ。これらの関係式から、散乱前と散乱後のX線の波長の差 $\lambda' - \lambda$  [m]は

$$\lambda' - \lambda = \frac{h}{2mc} \left( \frac{\lambda'}{\lambda} + \frac{\lambda}{\lambda'} - \text{28} \right)$$

となる。ここで、散乱前と散乱後のX線の波長の差 $\lambda' - \lambda$  [m]が $\lambda$  [m]に比べて十分小さいとすれば $\lambda' \div \lambda$  [m]となり、 $\frac{\lambda'}{\lambda} + \frac{\lambda}{\lambda'} \div 2$ と近似できる。もし、散乱X線が $x$ 軸に対して $\theta = 90^\circ$ の角度で進んだとすると、散乱前と散乱後のX線の波長の差 $\lambda' - \lambda$  [m]は 29 mとなる。

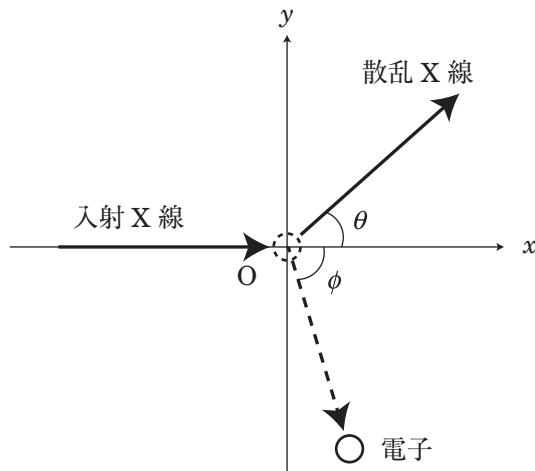


図3

25 と 26 の解答群

- |   |   |
|---|---|
| ① $\frac{h}{\lambda} = \frac{h}{\lambda'} \sin \theta + mv \sin \phi$ | ② $\frac{h}{\lambda} = \frac{h}{\lambda'} \cos \theta + mv \sin \phi$ |
| ③ $\frac{h}{\lambda} = \frac{h}{\lambda'} \sin \theta + mv \cos \phi$ | ④ $\frac{h}{\lambda} = \frac{h}{\lambda'} \cos \theta + mv \cos \phi$ |
| ⑤ $0 = \frac{h}{\lambda'} \sin \theta - mv \sin \phi$                 | ⑥ $0 = \frac{h}{\lambda'} \cos \theta - mv \sin \phi$                 |
| ⑦ $0 = \frac{h}{\lambda'} \sin \theta - mv \cos \phi$                 | ⑧ $0 = \frac{h}{\lambda'} \cos \theta - mv \cos \phi$                 |

27 の解答群

- |   |   |   |   |
|---|---|---|---|
| ① $\frac{hc}{\lambda'} + \frac{1}{2}mv^2$ | ② $\frac{hc}{\lambda'} - \frac{1}{2}mv^2$ | ③ $\frac{hc}{\lambda'} + \frac{1}{2}mc^2$ | ④ $\frac{hc}{\lambda'} - \frac{1}{2}mc^2$ |
| ⑤ $\frac{hc}{\lambda} + \frac{1}{2}mv^2$  | ⑥ $\frac{hc}{\lambda} - \frac{1}{2}mv^2$  | ⑦ $\frac{hc}{\lambda} + \frac{1}{2}mc^2$  | ⑧ $\frac{hc}{\lambda} - \frac{1}{2}mc^2$  |

28 の解答群

- |                           |                           |                           |                           |
|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| ① $\sin \theta$           | ② $\cos \theta$           | ③ $\tan \theta$           | ④ $2 \sin \theta$         |
| ⑤ $2 \cos \theta$         | ⑥ $2 \tan \theta$         | ⑦ $\frac{1}{\sin \theta}$ | ⑧ $\frac{1}{\cos \theta}$ |
| ⑨ $\frac{1}{\tan \theta}$ | ⑩ $\frac{2}{\sin \theta}$ | ⑨ $\frac{2}{\cos \theta}$ | ⑩ $\frac{2}{\tan \theta}$ |

29 の解答群

- |                         |                         |                         |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| ① $2.4 \times 10^{-13}$ | ② $4.8 \times 10^{-13}$ | ③ $7.2 \times 10^{-13}$ |
| ④ $2.4 \times 10^{-12}$ | ⑤ $4.8 \times 10^{-12}$ | ⑥ $7.2 \times 10^{-12}$ |
| ⑦ $2.4 \times 10^{-11}$ | ⑧ $4.8 \times 10^{-11}$ | ⑨ $7.2 \times 10^{-11}$ |



# 化 学

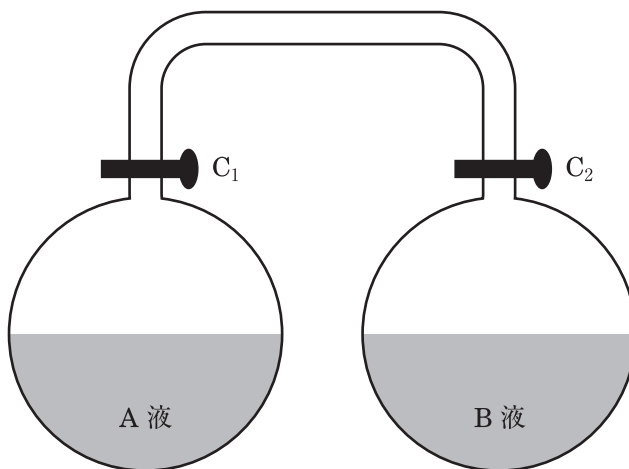
( 解答番号  ～  )

I 次の  ～  に入れる最も適当なものを，解答群からそれぞれ一つ選び，解答欄にマークせよ。ただし，同じものをくり返し選んでもよい。原子量は  $H=1.0$ ， $C=12.0$ ， $N=14.0$ ， $O=16.0$  とする。

一般に，揮発性の溶媒  $n_1$  [mol] に少量の不揮発性物質  $n$  [mol] を溶解させると，蒸気圧が低下する。身近な例では， で濡れた衣服に比べて  で濡れた衣服が乾きにくいのは，純水の蒸気圧に比べて海水の蒸気圧が低くなっているからである。この現象を蒸気圧降下とよび，このとき溶液の蒸気圧  $P_1$  は，純溶媒の蒸気圧  $P_0$  と，溶液中の溶媒のモル分率  $x_1 = \frac{n_1}{n_1 + n}$  を用いて， $P_1 = x_1 P_0$  と表される。この関係をラウールの法則と呼ぶ。

水  $H_2O$  180 g に尿素  $CO(NH_2)_2$  6.00 g を溶解した溶液を A 液，水 180 g にショ糖  $C_{12}H_{22}O_{11}$  6.84 g を溶解した溶液を B 液とする。A 液の水のモル分率は  ，B 液の水のモル分率は  と算出される。さらに，25℃における水の飽和蒸気圧は  $3.13 \times 10^3$  Pa であることから，25℃における A 液の水蒸気圧は  Pa，B 液の水蒸気圧は  Pa と算出される。

図のような装置がある。あらかじめ容器内および連結管内を真空にしておき，コック  $C_1$ ， $C_2$  を閉じた状態で A 液と B 液をそれぞれ別々にすべて入れた。その後，コック  $C_1$ ， $C_2$  を開いて蒸気が自由に混じり合うようにした。一般に，蒸気は蒸気圧の  い方の溶液から蒸気圧の  い方の溶液側へと移動するが，両方の溶液の蒸気圧が等しくなると見かけ上は水の移動が止まり，平衡状態となる。図の装置では，平衡状態となるまでに移動する水の物質量は  mol と計算できる。ただし，装置内にある蒸発した水の物質量は無視できるものとする。



図

解答群

,

- ① 純 水                      ② 海 水

,

- |                         |                         |                         |                         |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| ① $2.00 \times 10^{-3}$ | ② $9.90 \times 10^{-3}$ | ③ $9.95 \times 10^{-3}$ | ④ $9.98 \times 10^{-3}$ |
| ⑤ $1.01 \times 10^{-2}$ | ⑥ $1.02 \times 10^{-2}$ | ⑦ $2.00 \times 10^{-2}$ | ⑧ $9.90 \times 10^{-2}$ |
| ⑨ $9.95 \times 10^{-2}$ | ⑩ $9.98 \times 10^{-2}$ | a $1.01 \times 10^{-1}$ | b $1.02 \times 10^{-1}$ |
| c $2.00 \times 10^{-1}$ | d $9.90 \times 10^{-1}$ | e $9.95 \times 10^{-1}$ | f $9.98 \times 10^{-1}$ |
| g 1.01                  | h 1.02                  |                         |                         |

,

- |                      |                      |                      |                      |
|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| ① 62.6               | ② $3.10 \times 10^2$ | ③ $3.12 \times 10^2$ | ④ $3.14 \times 10^2$ |
| ⑤ $3.16 \times 10^2$ | ⑥ $3.19 \times 10^2$ | ⑦ $6.20 \times 10^2$ | ⑧ $3.10 \times 10^3$ |
| ⑨ $3.12 \times 10^3$ | ⑩ $3.14 \times 10^3$ | a $3.16 \times 10^3$ | b $3.19 \times 10^3$ |
| c $6.20 \times 10^3$ | d $3.10 \times 10^4$ | e $3.12 \times 10^4$ | f $3.14 \times 10^4$ |
| g $3.16 \times 10^4$ | h $3.19 \times 10^4$ | i $6.20 \times 10^4$ |                      |

7

,

8

① 高

② 低

9

①  $1.33 \times 10^{-1}$

②  $2.22 \times 10^{-1}$

③  $3.33 \times 10^{-1}$

④  $4.44 \times 10^{-1}$

⑤  $5.56 \times 10^{-1}$

⑥  $6.67 \times 10^{-1}$

⑦  $7.78 \times 10^{-1}$

⑧  $8.89 \times 10^{-1}$

⑨  $9.83 \times 10^{-1}$

⑩ 1.33

Ⓐ 2.22

Ⓑ 3.33

Ⓒ 4.44

Ⓓ 5.56

Ⓔ 6.67

Ⓕ 7.78

Ⓖ 8.89

Ⓗ 9.83

(第Ⅱ問は次ページから始まる)

Ⅱ 次の  ～  に入れる最も適当なものを、それぞれの解答群から一つ選び、解答欄にマークせよ。なお、すべての気体は理想気体であると仮定する。必要であれば、 $\log_{10} 2 = 0.30$  を用いること。

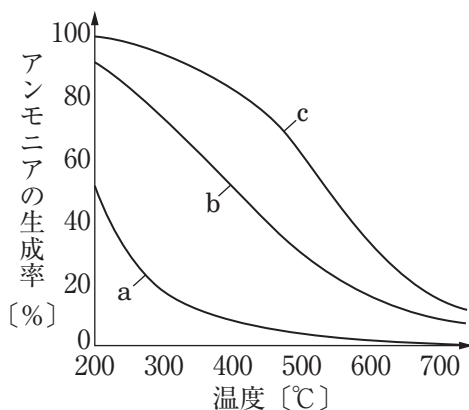
アンモニアの工業的合成法は、窒素と水素を原料とした次の化学反応を用いている。



この化学反応は可逆反応であり、一定の圧力の密閉容器内で(1)式の化学反応が平衡状態に達した時の  $\text{N}_2$ 、 $\text{H}_2$ 、 $\text{NH}_3$  のモル濃度をそれぞれ  $[\text{N}_2]$ 、 $[\text{H}_2]$ 、 $[\text{NH}_3]$ 、濃度平衡定数を  $K_c$  とすると、 $K_c =$   と表される。また、同じ平衡状態における  $\text{N}_2$ 、 $\text{H}_2$ 、 $\text{NH}_3$  の分圧をそれぞれ  $P_{\text{N}_2} [\text{Pa}]$ 、 $P_{\text{H}_2} [\text{Pa}]$ 、 $P_{\text{NH}_3} [\text{Pa}]$ 、圧平衡定数を  $K_p$  とすると、 $K_p =$   と表される。さらに、気体定数を  $R [\text{Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})]$ 、密閉容器内の絶対温度を  $T [\text{K}]$  とすると、 $K_c$  と  $K_p$  の関係は、 $K_p =$   と表すことができる。

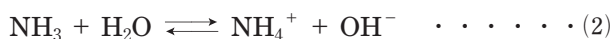
図は、a、b、c の異なる圧力下で(1)式の化学反応が平衡状態に達した時のアンモニアの生成率（平衡時の  $\text{NH}_3$  の体積百分率）と温度の関係を示したグラフである。

より、このグラフは(1)式の化学反応が  反応であることを示している。また、a、b、c の中で最も圧力が高いのは  である。したがって、アンモニアの生成率を高めるためには、 の条件が適していることがわかる。実際の工業的アンモニア合成においては、反応を速やかに進行させる目的で触媒を用いた方法が採用されている。触媒の使用によって、(1)式の化学反応の平衡定数の値は  。



図

アンモニアを水に溶解すると、次の電離平衡が成立する。



ある温度におけるモル濃度  $c$  のアンモニア水溶液の電離度を  $\alpha$  ( $0 < \alpha < 1$ ) として、 $\text{H}_2\text{O}$  の濃度は平衡に到達する前後で一定であると仮定すると、(2)式の化学反応の電離定数  $K_b$  は、 $K_b = \boxed{18}$  と表される。ここで、 $K_b$  を  $2.5 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ 、水のイオン積を  $1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$  とすると、 $1.5 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$  のアンモニア水溶液の pH は  $\boxed{19}$  と求められる。

# 解答群

10

- |  |  |  |
|--|--|--|
| ① $\frac{[\text{N}_2][\text{H}_2]}{[\text{NH}_3]}$ | ② $\frac{3[\text{N}_2][\text{H}_2]}{2[\text{NH}_3]}$ | ③ $\frac{[\text{N}_2][\text{H}_2]^3}{[\text{NH}_3]^2}$ |
| ④ $\frac{[\text{NH}_3]}{[\text{N}_2][\text{H}_2]}$ | ⑤ $\frac{2[\text{NH}_3]}{3[\text{N}_2][\text{H}_2]}$ | ⑥ $\frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2][\text{H}_2]^3}$ |

11

- |  |  |  |
|--|--|--|
| ① $\frac{P_{\text{N}_2}P_{\text{H}_2}}{P_{\text{NH}_3}}$ | ② $\frac{3P_{\text{N}_2}P_{\text{H}_2}}{2P_{\text{NH}_3}}$ | ③ $\frac{P_{\text{N}_2}P_{\text{H}_2}^3}{P_{\text{NH}_3}^2}$ |
| ④ $\frac{P_{\text{NH}_3}}{P_{\text{N}_2}P_{\text{H}_2}}$ | ⑤ $\frac{2P_{\text{NH}_3}}{3P_{\text{N}_2}P_{\text{H}_2}}$ | ⑥ $\frac{P_{\text{NH}_3}^2}{P_{\text{N}_2}P_{\text{H}_2}^3}$ |

12

- ①  $K_c$       ②  $\frac{K_c}{RT}$       ③  $\frac{K_c}{(RT)^2}$       ④  $\frac{K_c^2}{RT}$       ⑤  $\frac{K_c^2}{(RT)^2}$   
 ⑥  $RTK_c$       ⑦  $(RT)^2K_c$       ⑧  $RTK_c^2$       ⑨  $(RT)^2K_c^2$

13

- ① ボイル・シャルルの法則      ② ヘンリーの法則  
 ③ ルシャトリエの原理      ④ ファラデーの法則  
 ⑤ ヘスの法則

14

- ① 発熱      ② 吸熱      ③ 発熱・吸熱を伴わない

15

- ① a      ② b      ③ c

16

- ① 高温・高圧      ② 高温・低圧      ③ 低温・高圧      ④ 低温・低圧

17

- ① 大きくなる      ② 小さくなる      ③ 変化しない

18

- ①  $c\alpha$       ②  $c\alpha^2$       ③  $c^2\alpha$       ④  $(c\alpha)^2$   
 ⑤  $\frac{c\alpha}{1-\alpha}$       ⑥  $\frac{c\alpha^2}{1-\alpha}$       ⑦  $\frac{c^2\alpha}{1-\alpha}$       ⑧  $\frac{(c\alpha)^2}{1-\alpha}$

19

- ① 8.7      ② 9.0      ③ 9.3      ④ 9.7      ⑤ 10.0  
 ⑥ 10.3      ⑦ 10.7      ⑧ 11.0      ⑨ 11.3

(第Ⅲ問は次ページから始まる)



Ⅲ 次の 20 ～ 27 に入れる最も適当なものを、解答群からそれぞれ一つ選び、解答欄にマークせよ。

以下は気体 A～H の性質をまとめたものである。

- (1) A～H のうち、有色は B と G だけで、他の気体は無色である。
- (2) A, H だけが無臭であり、D は腐卵臭、他は刺激臭を有する。
- (3) A は水上置換で捕集し、F は上方置換、B, C, D, E, G, H は下方置換で捕集する。
- (4) C, G の水溶液は強酸性を示し、D, E, H の水溶液は弱酸性を示す。
- (5) D は酢酸鉛(Ⅱ)水溶液をしみこませたろ紙を黒変させる。
- (6) B は湿ったヨウ化カリウムデンプン紙を青変させる。
- (7) A はすべての気体の中で最も密度が小さい。

したがって、気体 A は 20 , 気体 B は 21 , 気体 C は 22 , 気体 D は 23 , 気体 E は 24 , 気体 F は 25 , 気体 G は 26 , 気体 H は 27 である。

解答群

20 ～ 27

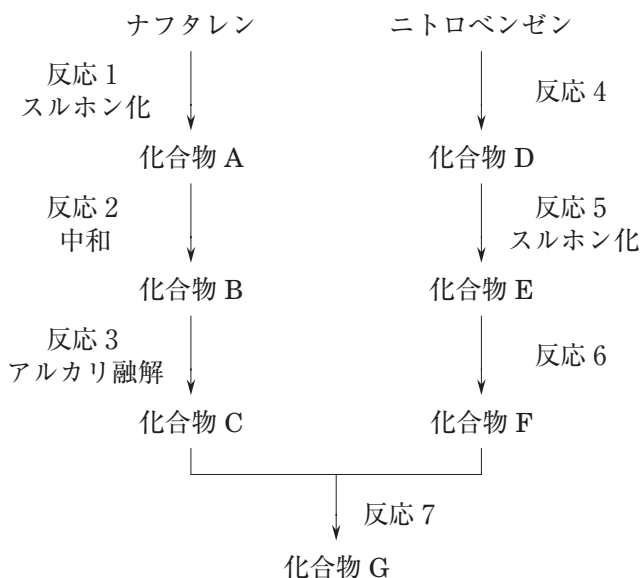
- |         |         |         |         |
|---------|---------|---------|---------|
| ① 二酸化炭素 | ② アンモニア | ③ 水 素   | ④ 硫化水素  |
| ⑤ 塩化水素  | ⑥ 塩 素   | ⑦ 二酸化硫黄 | ⑧ 二酸化窒素 |

(第Ⅳ問は次ページから始まる)

Ⅳ 次の 28 ～ 34 に入れる最も適当なものを，解答群からそれぞれ一つ選び，解答欄にマークせよ。

下の図はアゾ染料であるオレンジⅡを合成するための1つの反応経路を示したものである。この経路は，ナフタレンとニトロベンゼンを出発原料として反応1～7の7つの反応からなり，各反応の生成物はそれぞれ順にA～Fの6種類の化合物と，化合物Cと化合物Fがカップリングしたアゾ化合物Gである。特に記載がない場合は，酸や塩基から塩が生成する反応や，塩から酸や塩基が遊離する反応は1つの独立した反応として扱わず，関連する前後いずれかの反応に含める。ただし，化合物Aから化合物Bへの反応2は中和反応であり，化合物Bから化合物Cへの反応3はアルカリ融解である。また，反応1と反応5はスルホン化反応である。

したがって，化合物Aは 28 ，化合物Bは 29 ，化合物Cは 30 ，化合物Dは 31 ，化合物Eは 32 ，化合物Fは 33 ，化合物Gは 34 である。



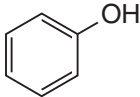
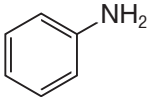
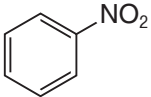
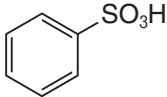
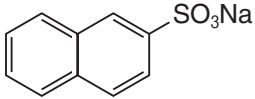
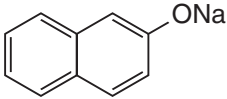
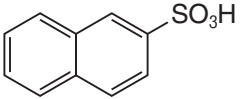
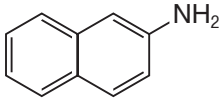
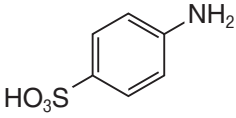
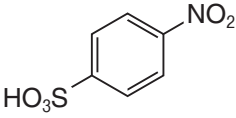
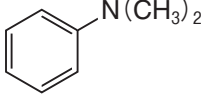
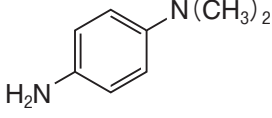
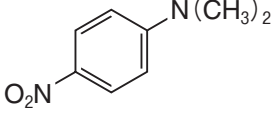
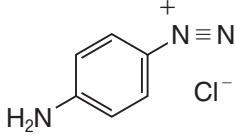
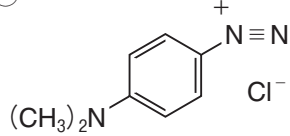
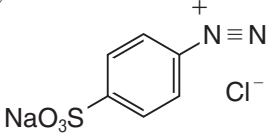
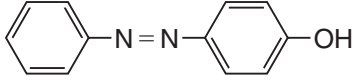
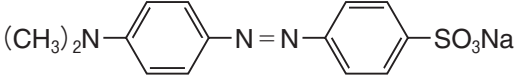
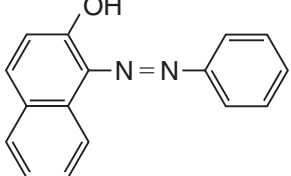
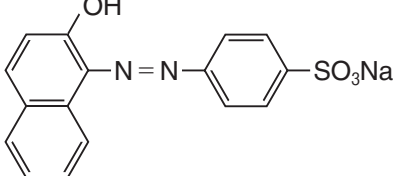
図

解答群

28

~

34

① 	② 	③ 	④ 
⑤ 	⑥ 	⑦ 	
⑧ 	⑨ 	⑩ 	
a 	b 	c 	
d 	e 	f 	
g 	h 		
i 	j 		

# 生 物

( 解答番号  ~  )

I 生態系に関する次の文を読み、以下の各問いに答えよ。

2種の個体群間に『食う—食われる』の関係があるとき、食われる側を  , 食う側を  という。図は、そのような関係がある2種の生物(生物a, 生物b)の個体数の変動を表している。この図からわかるように、これら2種の生物の個体数は  に変動している。一般に、  の個体数が  より  変動するようになっている。このことから、図に表した生態系の生物aは  であるとわかる。

実際の生態系においては、  はさらに高次の生物に食われるというように、食う食われるの関係は鎖状につながっており、これを  という。  を構成する生物のうち、独立栄養生物を  , 従属栄養生物を  とよび、それぞれの栄養段階に分けたエネルギー収支の観点から生態系を考えることができる。

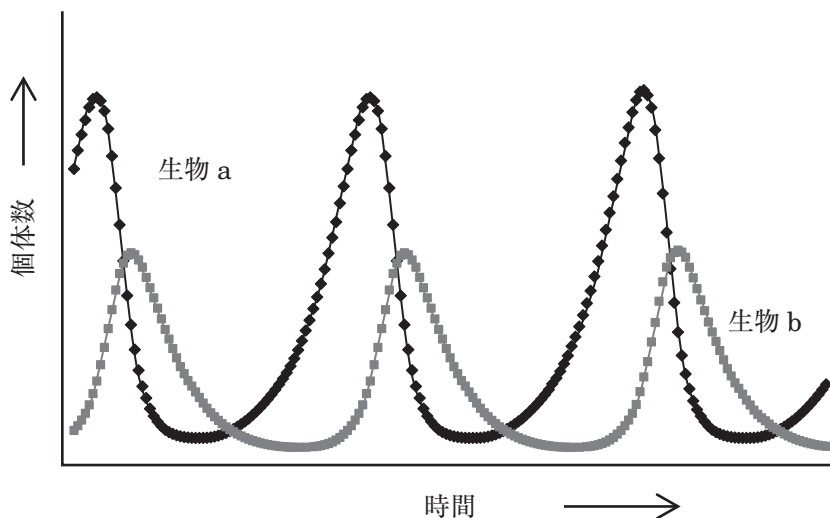


図 2種の生物(生物a, 生物b)の個体数の変動

問1 左の文中の  に当てはまる最も適切な語を下の解答群から選び、マークせよ。ただし、 の中の同じ番号には同じ語が当てはまる。同じ語を繰り返し選んでもよい。  1  ～  8

〔解答群〕

- |        |        |        |        |
|--------|--------|--------|--------|
| ① 捕食者  | ② 被食者  | ③ 生産者  | ④ 消費者  |
| ⑤ 食物連鎖 | ⑥ 片利共生 | ⑦ 相利共生 | ⑧ 競争排除 |
| ⑨ 周期的  | ⑩ 一様   | Ⓐ ランダム | Ⓑ 少ない  |
| Ⓒ 多い   | Ⓓ 遅れて  | Ⓔ 先行して | Ⓕ 同時に  |

問2 下線部アに関して、次の表の  に当てはまる最も適切な数値を下の解答群から選び、マークせよ。ただし、同じ数値を繰り返し選んでもよい。

9  ～  13

表 生態系におけるエネルギー収支（単位  $\text{J}/(\text{cm}^2 \cdot \text{年})$ ）

	総生産量・ 同化量 <sup>注)</sup>	成長量	被食量	死亡・ 枯死量	呼吸量	不消化 排出量
生産者	135	<input type="text"/> 9	78	10	20	—
一次消費者	<input type="text"/> 10	17	<input type="text"/> 11	4	13	16
二次消費者	23	10	8	2	<input type="text"/> 12	<input type="text"/> 13

注) 生産者では総生産量を、消費者では同化量を示した。

〔解答群〕

- |      |      |      |      |
|------|------|------|------|
| ① 1  | ② 2  | ③ 3  | ④ 4  |
| ⑤ 5  | ⑥ 11 | ⑦ 12 | ⑧ 13 |
| ⑨ 14 | ⑩ 15 | Ⓐ 16 | Ⓑ 17 |
| Ⓒ 20 | Ⓓ 21 | Ⓔ 23 | Ⓕ 27 |
| Ⓖ 28 | Ⓗ 62 | Ⓖ 73 | Ⓙ 90 |

## Ⅱ 輸送タンパク質に関する次の会話文を読み、以下の各問いに答えよ。

生徒：物質の性質によって、生体膜を通過しやすい物質と、通過しにくい物質があり、  
通過しにくい物質は生体膜にある輸送タンパク質によって膜の内外を出入りして  
いると習いました。しかし、いろいろな種類の輸送タンパク質があるので理解が  
大変です。

先生：確かに輸送タンパク質の違いを理解するのは大変です。これらを理解する上で、  
まず、その輸送タンパク質が、 輸送をするのか、 輸送を  
するのかに注目することが大事です。 輸送は、生体膜を挟んで、濃度が  
 側から濃度が  側へ拡散によって物質を輸送することをいい  
ます。 輸送は、逆に濃度が  側から濃度が  側へと  
エネルギーを使って物質を輸送することをいいます。

生徒：何か具体的な例で説明していただけますか？

先生： 輸送と  輸送を組み合わせて利用している例として、ニュー  
ロンにおいて静止電位が発生するしくみがあげられます。刺激を受けていない  
ニューロンの膜電位は細胞の外側を基準として内側が  となっています  
が、この静止電位の発生には、 輸送を行う  と、  
輸送を行う  が関与しています。ここで、 は  イオ  
ンの、 は  イオンと  イオンの輸送に関わり、  
『 X 』といった機構で静止電位が発生します。

生徒：具体例で示してくださったのでよくわかりました。ところで、 輸送を  
行う際に使われるエネルギーはどこから得られるのでしょうか？

先生： の場合には、 が分解される際に生じるエネルギーが使用さ  
れます。しかし、それ以外の方法で得たエネルギーを使用して物質を輸送する例  
も存在します。

生徒：他に理解しておいた方が良いことはあるでしょうか？

先生：そうですね。 輸送を行う輸送タンパク質の中には、特定の刺激によっ  
て開閉するものがあり、このしくみを上手く利用した例としてシナプスでの情報  
伝達などがあげられます。

生徒：分かりました。物質輸送に注目してシナプスでの情報伝達を勉強したいと思います。

問1 会話文中の  に当てはまる最も適切なものを下の解答群から選び、マークせよ。ただし、 の中の同じ番号には同じ語が当てはまる。

14 ~  23

〔解答群〕

- |                  |                   |
|------------------|-------------------|
| ① ADP            | ② ATP             |
| ③ NADH           | ④ NADPH           |
| ⑤ カリウム           | ⑥ カルシウム           |
| ⑦ クロライド          | ⑧ ナトリウム           |
| ⑨ マグネシウム         | ⑩ 受 動             |
| Ⓐ 能 動            | ⓑ 正 (+)           |
| ⓒ 負 (-)          | Ⓓ 高 い             |
| Ⓔ 低 い            | Ⓕ カルシウムポンプ        |
| Ⓖ ナトリウムポンプ       | Ⓖ 電位依存性カリウムチャネル   |
| Ⓙ 電位依存性ナトリウムチャネル | Ⓙ 常にかいているカリウムチャネル |

問2 下線部アに当てはまる物質の組み合わせとして最も適切なものを下の解答群から選び、マークせよ。  24

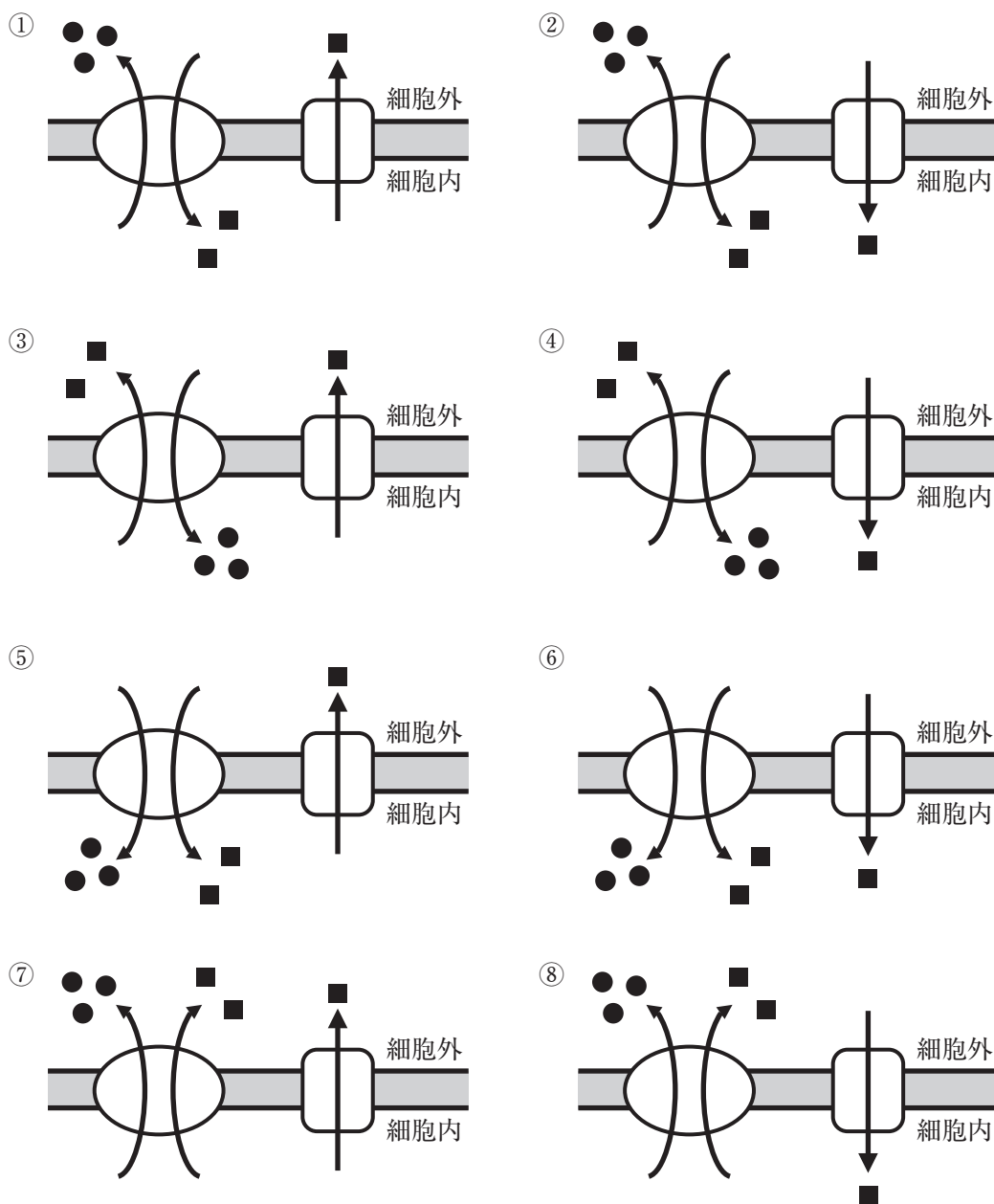
〔解答群〕

- |   |   |
|---|---|
| ① CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , インスリン  | ② CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , 糖質コルチコイド |
| ③ CO <sub>2</sub> , H <sup>+</sup> , グルコース  | ④ CO <sub>2</sub> , H <sup>+</sup> , グルタミン酸   |
| ⑤ H <sub>2</sub> O, O <sub>2</sub> , インスリン  | ⑥ H <sub>2</sub> O, O <sub>2</sub> , グルコース    |
| ⑦ H <sub>2</sub> O, H <sup>+</sup> , グルタミン酸 | ⑧ H <sub>2</sub> O, H <sup>+</sup> , 糖質コルチコイド |



問3 会話文中の『 X 』を示す模式図として、最も適切なものを下の解答群から選び、マークせよ。ただし、図内の■は 21 イオンを、●は 22 イオンを示す。 25

〔解答群〕



問4 下線部イに当てはまる例として、最も適切なものを下の解答群から選び、マークせよ。

26

〔解答群〕

- ① 小腸上皮細胞に存在するグルコース輸送体の一部は、GTP が分解される際に生じるエネルギーを使ってグルコースを輸送する。
- ② 小腸上皮細胞に存在するグルコース輸送体の一部は、濃度勾配に従ってナトリウムイオンが細胞内に輸送される流れをエネルギー源としてグルコースを輸送する。
- ③ アクアポリンは、GTP が分解される際に生じるエネルギーを使って水分子を輸送する。
- ④ アクアポリンは、濃度勾配に従ってナトリウムイオンが細胞内に輸送される流れをエネルギー源として水を輸送する。
- ⑤ ATP 合成酵素は、GTP が分解される際に生じるエネルギーを使ってATP を合成する。
- ⑥ ATP 合成酵素は、濃度勾配に従って  $H^+$  が細胞内に輸送される流れをエネルギー源としてATP を合成する。

問5 下線部ウに関する次のAからCの記述のうち、正しい記述またはその組み合わせとして最も適切なものを下の解答群から選び、マークせよ。 

27
----

- A シナプス前細胞の神経終末に興奮が伝わると、神経終末内にカルシウムイオンが流入する。
- B シナプス後細胞の細胞膜には、ナトリウムイオンをリガンドとする輸送タンパク質が存在する。
- C 神経伝達物質がシナプス後細胞に到達すると、シナプス後細胞内にナトリウムイオンなどのイオンが流入する。

〔解答群〕

- |       |       |         |            |
|-------|-------|---------|------------|
| ① Aのみ | ② Bのみ | ③ Cのみ   | ④ AとB      |
| ⑤ AとC | ⑥ BとC | ⑦ AとBとC | ⑧ 正しい記述はない |

(第Ⅲ問は次ページから始まる)

Ⅲ 哺乳類の恒常性に関する次の文を読み、以下の各問いに答えよ。

哺乳類の恒常性に関わる自律神経系と内分泌系の中樞は、28 に存在する 29 である。例えば、29 が血液の温度の低下を感知した場合、自律神経の 30 の興奮により皮膚血管の収縮や立毛筋の収縮がおり、放熱の抑制がおりる。さらに、30 は副腎 31 を刺激して 32 の分泌を促す。この 32 が Gタンパク質共役型受容体 に結合すると心臓の拍動数を増し、代謝を促進させることにより発熱量を増加させる。29 は 33 を分泌して 34 を刺激し 35 の分泌を促す。35 は チロキシンの分泌 を促し、全身の代謝を促進させることにより発熱量を増加させる。一方、体液の塩分濃度が上昇した場合、29 に存在する神経分泌細胞は 36 を産生し 37 から分泌させる。36 は腎臓の集合管からの水の再吸収を促進させることにより、体液の塩分濃度を低下させる。

問1 上の文中の    に当てはまる最も適切な語を下の解答群から選び、マークせよ。ただし、   の中の同じ番号には同じ語が当てはまる。

28 ~ 37

〔解答群〕

- |                   |              |             |
|-------------------|--------------|-------------|
| ① アセチルコリン         | ② アドレナリン     | ③ 延 髄       |
| ④ 間 脳             | ⑤ 交感神経       | ⑥ 甲状腺刺激ホルモン |
| ⑦ 甲状腺刺激ホルモン放出ホルモン | ⑧ 視 床        |             |
| ⑨ 視床下部            | ⑩ 髄 質        | a 糖質コルチコイド  |
| b 中 脳             | c 脳下垂体後葉     | d 脳下垂体前葉    |
| e パソプレシン          | f パラトルモン     | g 皮 質       |
| h 副交感神経           | i 副腎皮質刺激ホルモン | j プロトンビン    |

問2 下線部アに関して、次のAからDの記述のうち、30 の興奮が引き起こす現象として、正しい記述またはその組み合わせとして最も適切なものを下の解答群から選び、マークせよ。38

- A 瞳孔が拡大する。
- B 気管支が拡張する。
- C 排尿が抑制される。
- D 消化管のぜん動が抑制される。

〔解答群〕

- |            |         |           |
|------------|---------|-----------|
| ① Aのみ      | ② Bのみ   | ③ Cのみ     |
| ④ Dのみ      | ⑤ AとB   | ⑥ AとC     |
| ⑦ AとD      | ⑧ BとC   | ⑨ BとD     |
| ⑩ CとD      | Ⓐ AとBとC | Ⓑ AとBとD   |
| Ⓒ AとCとD    | Ⓓ BとCとD | Ⓔ AとBとCとD |
| Ⓕ 正しい記述はない |         |           |

問3 下線部イに関する次のAからCの記述のうち、正しい記述またはその組み合わせとして最も適切なものを下の解答群から選び、マークせよ。39

- A Gタンパク質共役型受容体は細胞表面に存在する。
- B Gタンパク質共役型受容体にシグナル分子が結合すると、Gタンパク質に結合していたGTPがGDPに置き換わり、Gタンパク質が活性化する。
- C 活性化したGタンパク質は、Gタンパク質共役型受容体からはずれ、他の酵素の働きを調節する。

〔解答群〕

- |       |       |         |            |
|-------|-------|---------|------------|
| ① Aのみ | ② Bのみ | ③ Cのみ   | ④ AとB      |
| ⑤ AとC | ⑥ BとC | ⑦ AとBとC | ⑧ 正しい記述はない |

問4 下線部ウに関する次のAからCの記述のうち、正しい記述またはその組み合わせとして最も適切なものを下の解答群から選び、マークせよ。 40

- A チロキシンの濃度が下がると 29 における 33 分泌の抑制が<sup>かいじょ</sup>解除される。
- B チロキシンは濃度が高くなると 33 と 35 の分泌を抑制する。
- C チロキシンの濃度は正のフィードバックによって調整されている。

〔解答群〕

- |       |       |         |            |
|-------|-------|---------|------------|
| ① Aのみ | ② Bのみ | ③ Cのみ   | ④ AとB      |
| ⑤ AとC | ⑥ BとC | ⑦ AとBとC | ⑧ 正しい記述はない |

(第Ⅳ問は次ページから始まる)



Ⅳ 形態形成にかかわる遺伝子に関する次の文を読み、以下の各問いに答えよ。

母親の体内で合成され、卵内に蓄積される mRNA やタンパク質を [ 41 ] とよぶ。ショウジョウバエの発生では、[ 41 ] である [ 42 ] タンパク質と [ 43 ] タンパク質が胚の前後軸の形成において重要な役割を果たしている。[ 42 ] 遺伝子の mRNA は卵の前端にかたよって存在しており、受精後に [ 44 ] される [ 42 ] タンパク質の濃度は胚の前端で最も高くなる。一方、[ 43 ] タンパク質は胚の後端で高濃度となる。そして、前後軸にそって [ 45 ] という連続する区切られた構造が生じる。それぞれの [ 45 ] の性質の決定には、[ 46 ] 遺伝子群がかかわっている。[ 46 ] 遺伝子は、[ 47 ] とよばれる塩基配列をもつ。[ 46 ] 遺伝子群と類似した遺伝子群は脊椎動物にも存在し、ショウジョウバエのものも総称して *Hox* 遺伝子群とよばれる。ショウジョウバエの [ 46 ] 遺伝子群は [ 48 ] 組であるが、哺乳類は [ 49 ] 組の *Hox* 遺伝子群をもつ。

問 1 上の文中の [ ] に当てはまる最も適切なものを下の解答群から選び、マークせよ。ただし、[ ] の中の同じ番号には同じものが当てはまる。

[ 41 ] ~ [ 49 ]

〔解答群〕

- |           |           |           |
|-----------|-----------|-----------|
| ① 1       | ② 2       | ③ 3       |
| ④ 4       | ⑤ オーガナイザー | ⑥ 基本転写因子  |
| ⑦ 形成体     | ⑧ 体 軸     | ⑨ 体 節     |
| ⑩ 中央部     | ① 転 写     | ② ディシェベルド |
| ③ ナノス     | ④ ノーダル    | ⑤ ビコイド    |
| ⑥ 母性因子    | ⑦ ホメオティック | ⑧ ホメオドメイン |
| ⑨ ホメオボックス | ⑩ 翻 訳     |           |

問2 下線部アの過程では、分節遺伝子とよばれる遺伝子群が重要な役割を果たす。

ショウジョウバエの分節遺伝子群に分類される3つの遺伝子群をそれらの発現時期順に並べたものを下の解答群から選び、マークせよ。

50

〔解答群〕

	1 番目に発現	2 番目に発現	3 番目に発現
①	ギャップ遺伝子群	セグメントポラリティ遺伝子群	ペアルール遺伝子群
②	ギャップ遺伝子群	ペアルール遺伝子群	セグメントポラリティ遺伝子群
③	セグメントポラリティ遺伝子群	ギャップ遺伝子群	ペアルール遺伝子群
④	セグメントポラリティ遺伝子群	ペアルール遺伝子群	ギャップ遺伝子群
⑤	ペアルール遺伝子群	ギャップ遺伝子群	セグメントポラリティ遺伝子群
⑥	ペアルール遺伝子群	セグメントポラリティ遺伝子群	ギャップ遺伝子群

問3 次のAからDの記述のうち、正しい記述あるいはその組み合わせとして最も適切なものを下の解答群から選び、マークせよ。

51

A ショウジョウバエの *Hox* 遺伝子の染色体上の並び順は、それらの発現領域の並び順とほぼ一致する。

B からだのある部分の性質が別の部分の性質に置き換わる突然変異を

46

突然変異という。

C ショウジョウバエの

46

突然変異体には、翅の枚数が増えるものがある。

D

46

突然変異体は、動物のみに存在する。

〔解答群〕

① Aのみ

② Bのみ

③ Cのみ

④ Dのみ

⑤ AとB

⑥ AとC

⑦ AとD

⑧ BとC

⑨ BとD

⑩ CとD

Ⓐ AとBとC

Ⓑ AとBとD

Ⓒ AとCとD

Ⓓ BとCとD

Ⓔ AとBとCとD

Ⓕ 正しい記述はない

問4 カエルの形態形成に関する次のAからDの記述のうち、正しい記述あるいはその組み合わせとして最も適切なものを下の解答群から選び、マークせよ。 52

- A 分節遺伝子としてアンテナペディア遺伝子群とバイソラックス遺伝子群がある。
- B 前後軸は形成されない。
- C 背腹軸の形成には 41 が関わっている。
- D 受精前に左右軸が形成されている。

〔解答群〕

- |            |         |           |
|------------|---------|-----------|
| ① Aのみ      | ② Bのみ   | ③ Cのみ     |
| ④ Dのみ      | ⑤ AとB   | ⑥ AとC     |
| ⑦ AとD      | ⑧ BとC   | ⑨ BとD     |
| ⑩ CとD      | Ⓐ AとBとC | Ⓑ AとBとD   |
| Ⓒ AとCとD    | Ⓓ BとCとD | Ⓔ AとBとCとD |
| Ⓕ 正しい記述はない |         |           |