

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 互いに直交する x 軸と y 軸と z 軸を、 xy 平面が水平面になり、 z 軸が鉛直上向きになるようにとる。重力加速度の大きさを g とする。

- (1) 図1のような、円錐(えんすい)の側面の形状をした面の上にのせられた質量 m の小物体の運動を考える。円錐の頂点が原点 O 、円錐底面の中心が $z > 0$ の z 軸上に位置するように、面が固定されている。図2では xz 平面で切った断面が描かれており、原点 O と円錐底面の円周上の一点をつなぐ直線と水平面のなす角を θ [rad] とする。ここで、 $0 < \theta < \frac{\pi}{2}$ である。面と小物体の間の摩擦は無視できる。

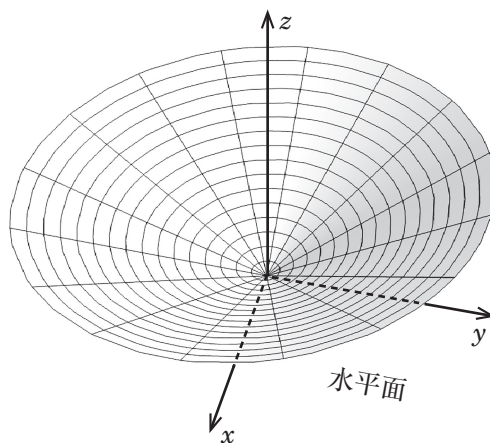


図1

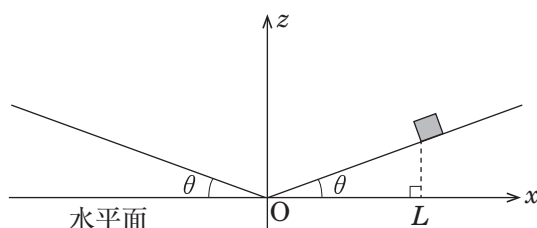


図 2

時刻 $t=0$ において、図 2 のように小物体が xz 平面上において $x=L$ (>0) である面上の位置にあり、速さが 0 である。このとき、小物体は重力と垂直抗力の合力として、大きさ $mg \times$ 1 の力を斜面に沿った向きに受ける。この合力の x 成分 F_x は $-mg \times$ 2 と表せる。 θ が 1 に比べて十分に小さい場合、つまり円錐側面の作る斜面が非常に緩やかである場合、 $\sin \theta \doteq \theta$ 、 $\cos \theta \doteq 1$ という近似式が成り立つので、 $F_x \doteq -mg\theta$ と近似的に表せる。

引き続き θ が 1 に比べて十分に小さい状況を考える。 $t=0$ の直後に、小物体にある大きさの撃力を y 軸の正の向きに加えたところ、小物体は半径 L 、速さ v の等速円運動を始めた。このときに撃力が小物体に加えた力積の大きさは、3 である。等速円運動する小物体とともに運動する観測者からみると、小物体には大きさ 4 の遠心力が加わる。等速円運動の速さを求めると、5 となる。また、等速円運動の周期を求めると 6 となる。

θ が 1 に比べて十分に小さい場合、斜面の傾き b は $b = \tan \theta \doteq \theta$ と与えられる。したがって、 $F_x \doteq -mgb$ と近似的に表せる。この近似式を次の小問 (2) で利用する。

1 , 2 の解答群

- | | | | |
|---------------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| ① 1 | ② $\sin \theta$ | ③ $\cos \theta$ | ④ $\tan \theta$ |
| ⑤ $\sin \theta \cos \theta$ | ⑥ $\frac{1}{\sin \theta}$ | ⑦ $\frac{1}{\cos \theta}$ | ⑧ $\frac{1}{\tan \theta}$ |
| ⑨ $\frac{1}{\sin \theta \cos \theta}$ | ⑩ 0 | | |

3 の解答群

- ① $\frac{1}{2}mg$ ② mg ③ $2mg$ ④ $\frac{1}{2}mv$ ⑤ mv
- ⑥ $2mv$ ⑦ $\frac{1}{2}m\sqrt{gL}$ ⑧ $m\sqrt{gL}$ ⑨ $2m\sqrt{gL}$

4 の解答群

- ① mLv ② mLv^2 ③ mL^2v ④ mL^2v^2
- ⑤ $\frac{mL}{v}$ ⑥ $\frac{mL}{v^2}$ ⑦ $\frac{mL^2}{v}$ ⑧ $\frac{mL^2}{v^2}$
- ⑨ $\frac{mv}{L}$ ⑩ $\frac{mv^2}{L}$ a $\frac{mv}{L^2}$ b $\frac{mv^2}{L^2}$

5 の解答群

- ① gL ② $\sqrt{gL}$ ③ $(gL)^2$ ④ $gL\theta$ ⑤ $\sqrt{gL\theta}$
- ⑥ $(gL\theta)^2$ ⑦ $gL\theta^2$ ⑧ $\sqrt{gL\theta^2}$ ⑨ $(gL\theta^2)^2$ ⑩ $\frac{gL}{\theta}$
- a $\sqrt{\frac{gL}{\theta}}$ b $\left(\frac{gL}{\theta}\right)^2$ c $\frac{gL}{\theta^2}$ d $\sqrt{\frac{gL}{\theta^2}}$ e $\left(\frac{gL}{\theta^2}\right)^2$

6 の解答群

- ① $\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ ② $\pi\sqrt{gL}$ ③ $\pi\sqrt{\frac{L\theta}{g}}$ ④ $\pi\sqrt{gL\theta}$
- ⑤ $\pi\sqrt{\frac{L}{g\theta}}$ ⑥ $\pi\sqrt{\frac{gL}{\theta}}$ ⑦ $\pi\theta\sqrt{\frac{L}{g}}$ ⑧ $\pi\theta\sqrt{gL}$
- ⑨ $\frac{\pi}{\theta}\sqrt{\frac{L}{g}}$ ⑩ $\frac{\pi}{\theta}\sqrt{gL}$ a $2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ b $2\pi\sqrt{gL}$
- c $2\pi\sqrt{\frac{L\theta}{g}}$ d $2\pi\sqrt{gL\theta}$ e $2\pi\sqrt{\frac{L}{g\theta}}$ f $2\pi\sqrt{\frac{gL}{\theta}}$
- g $2\pi\theta\sqrt{\frac{L}{g}}$ h $2\pi\theta\sqrt{gL}$ i $\frac{2\pi}{\theta}\sqrt{\frac{L}{g}}$ j $\frac{2\pi}{\theta}\sqrt{gL}$

- (2) 図1の円錐の側面の形状をした面を，図3で示す概形をした面に取り替える。図4は xz 平面で切った断面を描いている。 $z > 0$ の領域においてこの面の水平面からの高さ z を原点 O からの水平距離 $r = \sqrt{x^2 + y^2}$ の関数として表すと，

$$z = -\frac{C}{r^n} + D$$

である。ここで， n は自然数， C と D は正の定数である。この面の上にのせられた質量 m の小物体の運動を考える。面と小物体の間の摩擦は無視できる。

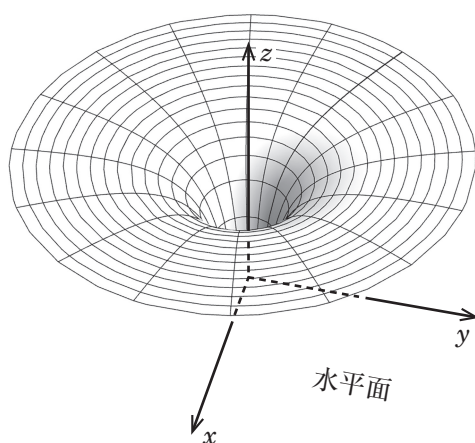


図3

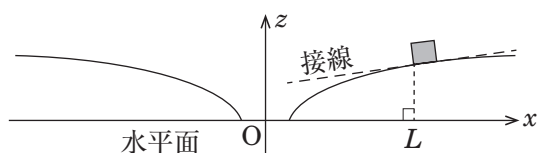


図 4

時刻 $t=0$ において、図 4 のように小物体が xz 平面上において $x=L (>0)$, $z>0$ である面上の位置にあり、速さが 0 である。 xz 平面上では $y=0$ なので、原点 O からの水平距離は $r=|x|$ である。この位置において斜面の xz 平面上の接線を考え、この接線の x 軸に対する傾きを β とする。 β を求めるために、まず、 xz 平面上の $x=L+\Delta x$ の位置における z 座標を求めると、7 となる。 xz 平面上の座標 $\left(L, 0, -\frac{C}{L^n} + D\right)$ と $\left(L+\Delta x, 0, \text{7}\right)$ を結ぶ直線の傾きは、 Δx が非常に小さい場合に、 β と近似的に一致する。このようにして β を求めると、8 となる。必要であれば、 β を求めるときに、実数 α の絶対値が 1 に比べて十分に小さい場合に成り立つ近似式 $\frac{1}{(1+\alpha)^n} \doteq 1 - n\alpha$ を使ってよい。

β が 1 に比べて十分に小さい状況を考える。このとき、小問 (1) の場合と同様に、小物体に働く重力と垂直抗力の合力の x 成分は $F_x \doteq -mg\beta$ と近似できる。 $t=0$ の直後に、小物体にある大きさの撃力を y 軸の正の向きに加えたところ、小物体は半径 L の等速円運動を始めた。等速円運動の周期を求めると 9 となる。したがって、 $n=1$ の場合、等速円運動の周期の 2 乗は等速円運動の半径の 10 乗に比例する。

7 の解答群

- | | | |
|------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|
| ① D | ② L | ③ Δx |
| ④ $L + \Delta x$ | ⑤ D^n | ⑥ L^n |
| ⑦ $(\Delta x)^n$ | ⑧ $(L + \Delta x)^n$ | ⑨ $-\frac{C}{D^n} + D$ |
| ⑩ $-\frac{C}{L^n} + D$ | Ⓐ $-\frac{C}{(\Delta x)^n} + D$ | Ⓑ $-\frac{C}{(L + \Delta x)^n} + D$ |
| Ⓒ 0 | | |

8 の解答群

- | | | | |
|-----------------------|----------------------------|------------------------|----------------------------|
| ① $\frac{C}{L^{n-1}}$ | ② $\frac{(n-1)C}{L^{n-1}}$ | ③ $\frac{nC}{L^{n-1}}$ | ④ $\frac{(n+1)C}{L^{n-1}}$ |
| ⑤ $\frac{C}{L^n}$ | ⑥ $\frac{(n-1)C}{L^n}$ | ⑦ $\frac{nC}{L^n}$ | ⑧ $\frac{(n+1)C}{L^n}$ |
| ⑨ $\frac{C}{L^{n+1}}$ | ⑩ $\frac{(n-1)C}{L^{n+1}}$ | Ⓐ $\frac{nC}{L^{n+1}}$ | Ⓑ $\frac{(n+1)C}{L^{n+1}}$ |

9 の解答群

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

10 の解答群

- | | | | | |
|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| ① $-\frac{9}{2}$ | ② -4 | ③ $-\frac{7}{2}$ | ④ -3 | ⑤ $-\frac{5}{2}$ |
| ⑥ -2 | ⑦ $-\frac{3}{2}$ | ⑧ -1 | ⑨ $-\frac{1}{2}$ | ⑩ 0 |
| Ⓐ $\frac{1}{2}$ | Ⓑ 1 | Ⓒ $\frac{3}{2}$ | Ⓓ 2 | Ⓔ $\frac{5}{2}$ |
| Ⓕ 3 | Ⓖ $\frac{7}{2}$ | Ⓗ 4 | Ⓘ $\frac{9}{2}$ | |

II

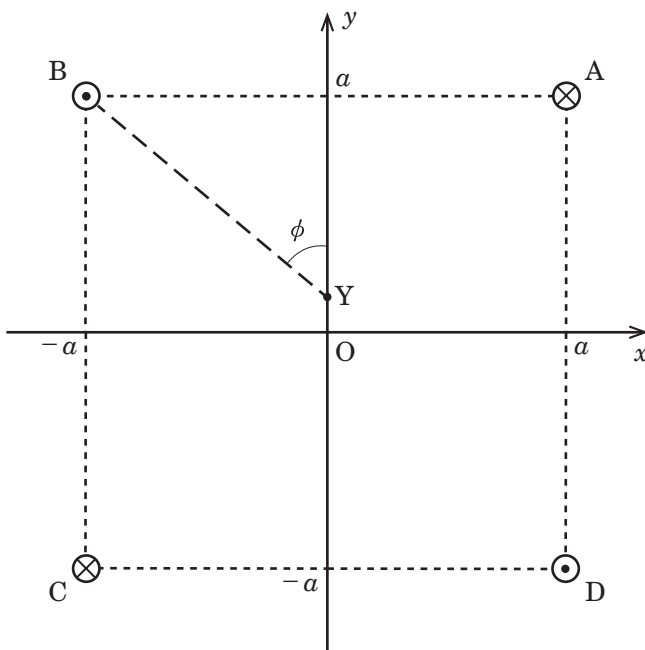


図 1

- (1) 図 1 のように、真空中に xy 平面上の 4 点 $A(a, a)$, $B(-a, a)$, $C(-a, -a)$, $D(a, -a)$ を通り、 xy 平面に垂直になるように十分に長い直線状の導線を配置し、それぞれを導線 A, B, C, D と呼ぶ。ここで、 a [m] は正の定数である。導線 A, B, C, D にはそれぞれ紙面表から裏、裏から表、表から裏、裏から表の向きに大きさ I [A] の電流が流れている。導線 A, B, C, D を流れる電流がそれぞれ原点 O に作る磁場は互いに打ち消し、それらのベクトル和は $\vec{0}$ A/m である。また、導線 B, C, D に流れる電流が作る磁場が導線 A の長さ L [m] の部分に加える力の大きさは $\frac{\mu_0 I^2 L}{\pi a} \times \boxed{11}$ [N] であり、力の向きを図で表すと $\boxed{12}$ である。ここで、 μ_0 [N/A²] は真空の透磁率である。

次に、導線 A, B, C, D を流れる電流がそれぞれ y 軸上のある点 Y (0, y) に作る磁場のベクトル和 $\vec{H}$ [A/m] を以下のようにして求める。図 1 で示すように、直線 BY と y 軸のなす角を ϕ とおく。 $\sin \phi$ を a と y を用いて表すと $\boxed{13}$ である。導線 B を流れる電流が点 Y に作る磁場の x 成分は、 $\frac{I}{2\pi a} \cos \phi \times \boxed{13}$, y 成分

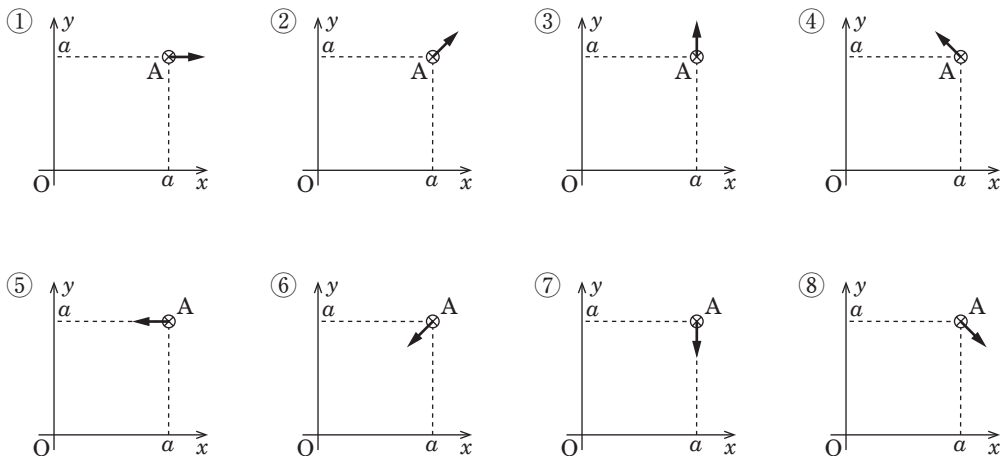
は $\frac{I}{2\pi a} \sin\phi \times \boxed{13}$, z 成分は 0 と表せる。同じようにして、導線 A, C, D を流れる電流が点 Y に作る磁場を求め、導線 B を流れる電流が点 Y に作る磁場とそれらを足し合わせることで $\vec{H}$ を求めると、その x 成分 H_x [A/m] は $\frac{I}{2\pi a} \times \boxed{14}$, y 成分 H_y [A/m] は $\frac{I}{2\pi a} \times \left(\boxed{15} - \boxed{16} \right)$, z 成分 H_z [A/m] は 0 となる。 y が a に比べて十分に小さいという条件のもとで、 H_y の近似式を求めると、 $\frac{I}{2\pi a} \times \boxed{17}$ となる。必要であれば、 $\boxed{17}$ を求めるときに、実数 a の絶対値が 1 に比べて十分に小さい場合に成り立つ近似式 $\frac{1}{1+a} \doteq 1-a$ を使ってよい。

11 の解答群

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

12 の解答群

矢印 $\rightarrow$ は力の向きを表す。



13

～

16

の解答群

① $\frac{(a-y)^2}{a^2+(a-y)^2}$

② $\frac{a-y}{\sqrt{a^2+(a-y)^2}}$

③ $\frac{a^2}{a^2+(a-y)^2}$

④ $\frac{a}{\sqrt{a^2+(a-y)^2}}$

⑤ $\frac{(a+y)^2}{a^2+(a+y)^2}$

⑥ $\frac{a+y}{\sqrt{a^2+(a+y)^2}}$

⑦ $\frac{a^2}{a^2+(a+y)^2}$

⑧ $\frac{a}{\sqrt{a^2+(a+y)^2}}$

⑨ $\frac{2(a-y)^2}{a^2+(a-y)^2}$

⑩ $\frac{2(a-y)}{\sqrt{a^2+(a-y)^2}}$

a $\frac{2a^2}{a^2+(a-y)^2}$

b $\frac{2a}{\sqrt{a^2+(a-y)^2}}$

c $\frac{2(a+y)^2}{a^2+(a+y)^2}$

d $\frac{2(a+y)}{\sqrt{a^2+(a+y)^2}}$

e $\frac{2a^2}{a^2+(a+y)^2}$

f $\frac{2a}{\sqrt{a^2+(a+y)^2}}$

g 1

h 0

17

の解答群

① $\frac{y}{a}$

② $\frac{a}{y}$

③ $\frac{y^2}{a^2}$

④ $\frac{a^2}{y^2}$

⑤ $\frac{2y}{a}$

⑥ $\frac{2a}{y}$

⑦ $\frac{2y^2}{a^2}$

⑧ $\frac{2a^2}{y^2}$

⑨ $\frac{3y}{a}$

⑩ $\frac{3a}{y}$

a $\frac{3y^2}{a^2}$

b $\frac{3a^2}{y^2}$

c $\frac{4y}{a}$

d $\frac{4a}{y}$

e $\frac{4y^2}{a^2}$

f $\frac{4a^2}{y^2}$

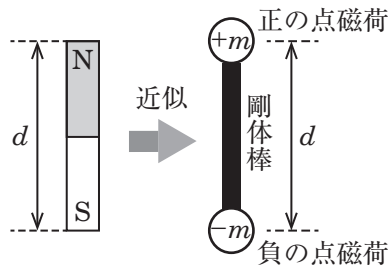


図 2

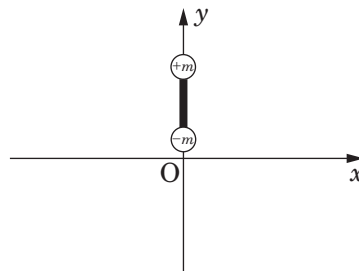


図 3

(2) 図 2 で示すように、長さ d [m] の細い棒磁石を、一つの端に正の点磁荷 m [Wb]、もう一つの端に負の点磁荷 $-m$ [Wb] を持つ長さ d の剛体棒とみなす。棒磁石に加わる重力は無視できる。

大きさ H_0 [A/m] の一様な磁場が y 軸の正の向きに加わっている。 y 軸上かつ $y > 0$ の領域に図 2 の棒磁石を、図 3 のように棒磁石が y 軸と平行になるように置いたとき、図 2 の棒磁石が磁場から受ける合力の 18 である。

次に、小問 (1) で考えた図 1 で示されている状況を再び考える。導線 A, B, C, D を流れる大きさ I [A] の電流が作る磁場が真空中に加わっている状況のもとで、図 2 の棒磁石を図 3 のように原点 O 付近の y 軸上に置いて静かに放し、棒磁石が y 軸上のみを運動する場合を考える。ここで運動中の棒磁石の midpoint の y 座標を y_1 [m] とし、正磁荷と負磁荷の y 座標がそれぞれ $y_1 + \frac{d}{2}$ [m] と $y_1 - \frac{d}{2}$ [m] になるように棒磁石の向きを固定する。ここで、 y_1 と d は a に比べて十分に小さい。この棒磁石が受ける合力の y 成分は $\frac{Im}{\pi a} \times$ 19 [N] である。したがって、この棒磁石は原点 O 付近の領域において 20 する。

18 の解答群

- ① 大きさは 0
- ② 大きさは mH_0 で向きは y 軸の正の向き
- ③ 大きさは mH_0 で向きは y 軸の負の向き
- ④ 大きさは $2mH_0$ で向きは y 軸の正の向き
- ⑤ 大きさは $2mH_0$ で向きは y 軸の負の向き
- ⑥ 大きさは $\frac{H_0}{m}$ で向きは y 軸の正の向き
- ⑦ 大きさは $\frac{H_0}{m}$ で向きは y 軸の負の向き
- ⑧ 大きさは $\frac{2H_0}{m}$ で向きは y 軸の正の向き
- ⑨ 大きさは $\frac{2H_0}{m}$ で向きは y 軸の負の向き

19 の解答群

- | | | | |
|--------------------|--------------------|------------------|------------------|
| ① $\frac{y_1}{a}$ | ② $\frac{a}{y_1}$ | ③ $\frac{d}{a}$ | ④ $\frac{a}{d}$ |
| ⑤ $\frac{2y_1}{a}$ | ⑥ $\frac{2a}{y_1}$ | ⑦ $\frac{2d}{a}$ | ⑧ $\frac{2a}{d}$ |
| ⑨ $\frac{3y_1}{a}$ | ⑩ $\frac{3a}{y_1}$ | ㉑ $\frac{3d}{a}$ | ㉒ $\frac{3a}{d}$ |
| ㉓ $\frac{4y_1}{a}$ | ㉔ $\frac{4a}{y_1}$ | ㉕ $\frac{4d}{a}$ | ㉖ $\frac{4a}{d}$ |

20 の解答群

- | | | |
|----------|----------|---------|
| ① 静止 | ② 等速直線運動 | ③ 単振動 |
| ④ 等加速度運動 | ⑤ 等速円運動 | ⑥ らせん運動 |

Ⅲ 理想気体 1 mol のゆっくりとした状態変化について、下記の設問に答えよ。気体の比熱比を $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$ ，気体定数を R とする。ここで、 C_p は気体の定圧モル比熱， C_v は気体の定積モル比熱である。また、断熱変化の場合は $pV^\gamma = \text{一定}$ の関係が成り立つ。ここで p は圧力， V は体積である。

(1) 気体の絶対温度 T と体積 V を用いて圧力 p を表すと、 $p = R \times \boxed{21}$ となるので、定圧変化においては $\boxed{21} = \text{一定}$ となる。状態 A における絶対温度を T_A ，状態 B における絶対温度を T_B とすると、状態 A から状態 B への定圧変化において気体が受け取った熱量は $\boxed{22}$ となり、気体が外部にする仕事は $\boxed{23}$ となる。

(2) 圧力 p_0 ，絶対温度 T_0 の気体が圧力 $p_1 (< p_0)$ まで断熱で膨張する。膨張後の絶対温度 T_1 は $\boxed{24} \times T_0$ となる。次に、この気体が定圧で Q の熱を吸収する。この加熱後の絶対温度 T_2 は $\boxed{25} \times Q + T_1$ となる。さらに、この気体が断熱で元の圧力 p_0 まで圧縮される。圧縮後の絶対温度 T_3 は $\boxed{26} \times T_2$ となる。これらの式を整理すると $T_3 = \boxed{27} \times Q + T_0$ となる。

(3) 小問(2)で考えた変化について具体例を考えよう。 $R = 8.3 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ ， $p_0 = 0.10 \text{ MPa}$ ， $T_0 = 3.0 \times 10^2 \text{ K}$ ， $\Delta p = -2.0 \times 10^{-2} \text{ MPa}$ ， $Q = 2.8 \times 10^2 \text{ J}$ とする。ここで、 $\Delta p = p_1 - p_0$ である。気体が二原子分子理想気体であるとして、 $\gamma = \frac{7}{5}$ とする。最終温度 T_3 の数値を計算するために以下の考察を行う。 $\boxed{27}$ において $\frac{p_1}{p_0} = \frac{p_0 + \Delta p}{p_0} = 1 + \frac{\Delta p}{p_0}$ となるので、 $(1 + \alpha)^\beta \approx 1 + \alpha\beta$ の近似が $|\alpha| < 0.5$ で成り立つとして $\boxed{27}$ を γ ， R ， Δp ， p をもちいて表すと、近似式 $\boxed{28}$ が得られる。ここで、必要であれば $C_p - C_v = R$ の関係をもちいてよい。この式に上記の数値を代入すると、最終温度 T_3 は $\boxed{29} \text{ K}$ と計算される。

この一連の変化は、地表付近の空気が山の斜面に沿って山頂付近まで上昇することによる断熱膨張、山頂付近での雲の発生にともなった定圧加熱、空気が山の反対側斜面に沿って最初の標高まで下降することによる断熱圧縮と対応させることができ、フェーン現象による気温上昇のモデルとできる。

21 の解答群

- ① $\frac{p}{T}$ ② $\frac{T}{V}$ ③ $\frac{R}{V}$ ④ pT ⑤ TV ⑥ $\overline{RV}$

22 , 23 の解答群

- ① $R(T_B - T_A)$ ② $R(T_A - T_B)$ ③ $C_V(T_B - T_A)$ ④ $C_V(T_A - T_B)$
 ⑤ $C_p(T_B - T_A)$ ⑥ $C_p(T_A - T_B)$ ⑦ $\gamma(T_B - T_A)$ ⑧ $\gamma(T_A - T_B)$

24 , 26 の解答群

- ① $\left(\frac{p_0}{p_1}\right)^{\frac{\gamma}{1-\gamma}}$ ② $\left(\frac{p_0}{p_1}\right)^{\frac{1}{1-\gamma}}$ ③ $\left(\frac{p_0}{p_1}\right)^{\frac{1}{\gamma}}$ ④ $\left(\frac{p_0}{p_1}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$
 ⑤ $\left(\frac{p_1}{p_0}\right)^{\frac{\gamma}{1-\gamma}}$ ⑥ $\left(\frac{p_1}{p_0}\right)^{\frac{1}{1-\gamma}}$ ⑦ $\left(\frac{p_1}{p_0}\right)^{\frac{1}{\gamma}}$ ⑧ $\left(\frac{p_1}{p_0}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$

25 の解答群

- ① $-\frac{1}{R}$ ② $\frac{1}{R}$ ③ $-\frac{1}{C_V}$ ④ $\frac{1}{C_V}$
 ⑤ $-\frac{1}{C_p}$ ⑥ $\frac{1}{C_p}$ ⑦ $-\frac{1}{\gamma}$ ⑧ $\frac{1}{\gamma}$

27 の解答群

- ① $\frac{1}{R} \left(\frac{p_1}{p_0}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$ ② $\frac{1}{R} \left(\frac{p_1}{p_0}\right)^{\frac{\gamma}{1-\gamma}}$ ③ $\frac{1}{R} \left(\frac{p_1}{p_0}\right)^{\frac{1}{1-\gamma}}$ ④ $\frac{1}{R} \left(\frac{p_1}{p_0}\right)^{\frac{1}{\gamma}}$
 ⑤ $\frac{1}{C_V} \left(\frac{p_1}{p_0}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$ ⑥ $\frac{1}{C_V} \left(\frac{p_1}{p_0}\right)^{\frac{\gamma}{1-\gamma}}$ ⑦ $\frac{1}{C_V} \left(\frac{p_1}{p_0}\right)^{\frac{1}{1-\gamma}}$ ⑧ $\frac{1}{C_V} \left(\frac{p_1}{p_0}\right)^{\frac{1}{\gamma}}$
 ⑨ $\frac{1}{C_p} \left(\frac{p_1}{p_0}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$ ⑩ $\frac{1}{C_p} \left(\frac{p_1}{p_0}\right)^{\frac{\gamma}{1-\gamma}}$ a $\frac{1}{C_p} \left(\frac{p_1}{p_0}\right)^{\frac{1}{1-\gamma}}$ b $\frac{1}{C_p} \left(\frac{p_1}{p_0}\right)^{\frac{1}{\gamma}}$
 c $\frac{1}{\gamma} \left(\frac{p_1}{p_0}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$ d $\frac{1}{\gamma} \left(\frac{p_1}{p_0}\right)^{\frac{\gamma}{1-\gamma}}$ e $\frac{1}{\gamma} \left(\frac{p_1}{p_0}\right)^{\frac{1}{1-\gamma}}$ f $\frac{1}{\gamma} \left(\frac{p_1}{p_0}\right)^{\frac{1}{\gamma}}$

28 の解答群

$$\textcircled{1} \quad \frac{1}{R} \left(1 + \frac{4p}{p_0} \frac{1-\gamma}{\gamma} \right)$$

$$\textcircled{2} \quad \frac{1}{R} \left(1 + \frac{4p}{p_0} \frac{\gamma}{1-\gamma} \right)$$

$$\textcircled{3} \quad \frac{1}{R} \left(1 + \frac{4p}{p_0} \frac{1}{1-\gamma} \right)$$

$$\textcircled{4} \quad \frac{1}{R} \left(1 + \frac{4p}{p_0} \frac{1}{\gamma} \right)$$

$$\textcircled{5} \quad \frac{\gamma-1}{R} \left(1 + \frac{4p}{p_0} \frac{1-\gamma}{\gamma} \right)$$

$$\textcircled{6} \quad \frac{\gamma-1}{R} \left(1 + \frac{4p}{p_0} \frac{\gamma}{1-\gamma} \right)$$

$$\textcircled{7} \quad \frac{\gamma-1}{R} \left(1 + \frac{4p}{p_0} \frac{1}{1-\gamma} \right)$$

$$\textcircled{8} \quad \frac{\gamma-1}{R} \left(1 + \frac{4p}{p_0} \frac{1}{\gamma} \right)$$

$$\textcircled{9} \quad \frac{\gamma-1}{\gamma R} \left(1 + \frac{4p}{p_0} \frac{1-\gamma}{\gamma} \right)$$

$$\textcircled{0} \quad \frac{\gamma-1}{\gamma R} \left(1 + \frac{4p}{p_0} \frac{\gamma}{1-\gamma} \right)$$

$$\textcircled{a} \quad \frac{\gamma-1}{\gamma R} \left(1 + \frac{4p}{p_0} \frac{1}{1-\gamma} \right)$$

$$\textcircled{b} \quad \frac{\gamma-1}{\gamma R} \left(1 + \frac{4p}{p_0} \frac{1}{\gamma} \right)$$

29 の解答群

$$\textcircled{1} \quad 280$$

$$\textcircled{2} \quad 290$$

$$\textcircled{3} \quad 300$$

$$\textcircled{4} \quad 310$$

$$\textcircled{5} \quad 320$$

$$\textcircled{6} \quad 330$$

$$\textcircled{7} \quad 340$$

$$\textcircled{8} \quad 350$$

化 学

(解答番号 ～)

I 元素 A～D に関する次の文章 1) ～ 5) 中の空欄 ～ にあてはまる最も適切なものを、それぞれの解答群から選び、解答欄にマークせよ。ただし、同じものを何度選んでもよい。

- 1) 元素 A の硝酸塩の水溶液に塩化カリウムの水溶液を加えると、白色沈殿が生成する。白色沈殿は の水溶液に溶け、元素 A を含む 3 価の負電荷をもつ錯イオンの溶液に変化する。なお、この白色沈殿は光によって次第に黒色物質に変化する。
- 2) 元素 B の塩化物の水溶液は黄褐色である。この水溶液にヘキサシアニド鉄(Ⅱ)酸カリウムの水溶液を加えると濃青色沈殿が生じるが、一方で の水溶液を加えると、溶液は血赤色を呈する。
- 3) 元素 C の硫酸塩の水溶液は青色である。この水溶液に水酸化ナトリウムの水溶液を加えると、青白色沈殿が生じる。この沈殿に過剰のアンモニア水を加えると、沈殿は溶けて イオンを含む深青色水溶液になる。
- 4) 元素 A, B, C のイオンを含む水溶液がある。この水溶液から元素 A, B, C のイオンを分離するための操作を a ～ gの中から選び の順に行うと、最後の操作で元素 B は の赤褐色沈殿として得られる。
 - a. 混合水溶液に希塩酸を加え、生成した沈殿をろ過して分離する。
 - b. 混合水溶液に硫化水素を通じ、生成した沈殿をろ過して分離する。
 - c. 混合水溶液に希硝酸を加える。さらに、アンモニア水を加えて生成した沈殿をろ過して分離する。
 - d. ろ液に希塩酸を加え、生成した沈殿をろ過して分離する。
 - e. ろ液に硫化水素を通じ、生成した沈殿をろ過して分離する。
 - f. ろ液を煮沸した後、希硝酸を加える。さらに、アンモニア水を加えて生成した沈殿をろ過して分離する。
 - g. ろ液を煮沸した後、希塩酸を加える。さらに、アンモニア水を加えて生成した沈

殿をろ過して分離する。

5) 元素 D を含む多原子イオンのカリウム塩 (X) の水溶液に、希硫酸を加えた溶液は 6 色である。カリウム塩 (X) 1 モルは、硫酸酸性水溶液中で 3 モルの過酸化水素と反応して 3 モルの酸素が発生する。その際、元素 D の酸化数は 7 から 8 に変化する。また、カリウム塩 (X) 1 モルは硫酸酸性で 9 モルの元素 B の硫酸塩と過不足なく反応し、10 モルの元素 B の硫酸塩を生成する。一方、カリウム塩 (X) の水溶液を塩基性になると、黄色の溶液に変化する。この黄色水溶液中の陰イオンに存在する元素 D の酸化数は 11 で、元素 D の原子には 12 個の酸素原子が結合している。

1 に対する解答群

- | | | |
|-----------|------------|-------------|
| ① アンモニア | ② 硫酸アンモニウム | ③ 酢酸アンモニウム |
| ④ 硫酸ナトリウム | ⑤ 塩化ナトリウム | ⑥ チオ硫酸ナトリウム |

2 に対する解答群

- | | |
|--------------|--------------------|
| ① 過マンガン酸カリウム | ② ヘキサシアニド鉄(Ⅲ)酸カリウム |
| ③ チオシアン酸カリウム | ④ 水酸化カリウム |

3 に対する解答群

- | | |
|------------------|------------------|
| ① テトラアンミン銅(Ⅱ) | ② テトラアンミン銅(Ⅰ) |
| ③ テトラヒドロキシド銅(Ⅱ)酸 | ④ テトラヒドロキシド銅(Ⅰ)酸 |
| ⑤ ヘキサヒドロキシド銅(Ⅱ)酸 | ⑥ ヘキサヒドロキシド銅(Ⅰ)酸 |

4 に対する解答群

- | | | |
|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| ① $a \rightarrow e \rightarrow f$ | ② $a \rightarrow e \rightarrow g$ | ③ $a \rightarrow f \rightarrow e$ |
| ④ $a \rightarrow g \rightarrow e$ | ⑤ $b \rightarrow d \rightarrow f$ | ⑥ $b \rightarrow d \rightarrow g$ |
| ⑦ $b \rightarrow f \rightarrow d$ | ⑧ $b \rightarrow g \rightarrow d$ | ⑨ $c \rightarrow d \rightarrow e$ |
| ⑩ $c \rightarrow d \rightarrow f$ | ⑪ $c \rightarrow e \rightarrow d$ | ⑫ $c \rightarrow e \rightarrow f$ |

5

- #### ④ 硫化物

6

- ⑤ 淡 緑

7

- $$\textcircled{6} + 6$$

9

- ⑥ 6

- Ⓐ $1/5$

(計算用紙)

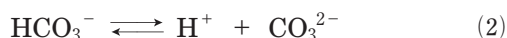
(第Ⅱ問は次ページから始まる)

Ⅱ 次の文章中の空欄 13 ～ 26 にあてはまる最も適切なものを、それぞれの解答群から選び、解答欄にマークせよ。ただし、同じものを何度選んでもよい。なお、 $\log_{10}2=0.30$ とする。

二酸化炭素 CO_2 が水に溶解すると、一部が電離して水溶液中に炭酸 H_2CO_3 が生成する。 H_2CO_3 は式(1)および式(2)のように2段階で電離し、 H_2CO_3 、 HCO_3^- および CO_3^{2-} が平衡状態で共存する。そのときの電離定数 K_1 および K_2 は以下のとおりである。



$$K_1 = \frac{\text{13}}{\text{14}} = 4.0 \times 10^{-7} \text{ [mol/L]}$$



$$K_2 = \frac{\text{15}}{\text{16}} = 5.0 \times 10^{-11} \text{ [mol/L]}$$

水溶液中に溶解している H_2CO_3 に関連した化学種の全濃度を $C \text{ [mol/L]} = [\text{H}_2\text{CO}_3] + [\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_3^{2-}]$ とすると、全濃度 C に対する H_2CO_3 、 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} の濃度は、

$$\frac{[\text{H}_2\text{CO}_3]}{C} = \frac{\text{17}}{[\text{H}^+]^2 + K_1[\text{H}^+] + K_1K_2}$$

$$\frac{[\text{HCO}_3^-]}{C} = \frac{\text{18}}{[\text{H}^+]^2 + K_1[\text{H}^+] + K_1K_2}$$

$$\frac{[\text{CO}_3^{2-}]}{C} = \frac{\text{19}}{[\text{H}^+]^2 + K_1[\text{H}^+] + K_1K_2}$$

で表すことができるので、pH 6.0 における各化学種の濃度比率 $[\text{H}_2\text{CO}_3] : [\text{HCO}_3^-] : [\text{CO}_3^{2-}]$ は $1 : \text{20} \times 10^{\text{21}} : \text{22} \times 10^{\text{23}}$ となる。

図Ⅱは、様々な pH における $[\text{H}_2\text{CO}_3]$ 、 $[\text{HCO}_3^-]$ 、 $[\text{CO}_3^{2-}]$ のモル百分率を示している。曲線ア～ウで示される化学種の組合せは 24 である。したがって、炭酸水中の点 A での pH は 25，点 B での pH は 26 となる。

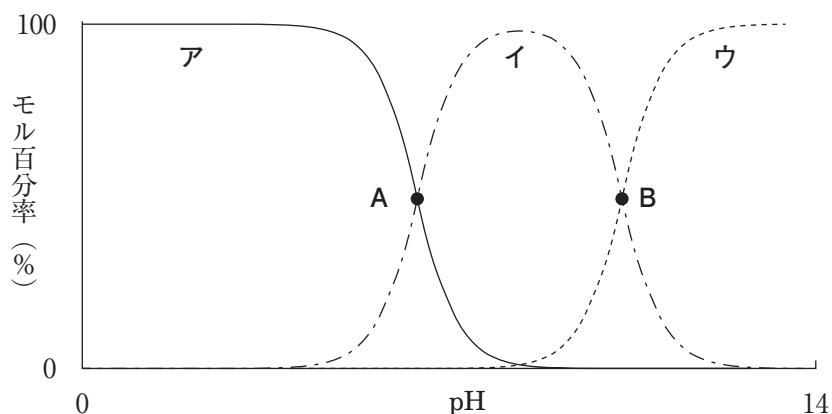


図 II

点 A では、曲線 A と I で示される化学種の濃度が等しく、曲線 U で示される化学種はほとんど存在していないので濃度は無視できる。また、点 B では曲線 I と U で示される化学種の濃度が等しく、曲線 A で示される化学種はほとんど存在していないので濃度は無視できる。

13 ～ 16 に対する解答群

- | | | |
|---|---|---|
| ① $[\text{H}_2\text{CO}_3]$ | ② $[\text{HCO}_3^-]$ | ③ $[\text{CO}_3^{2-}]$ |
| ④ $[\text{H}^+]$ | ⑤ $[\text{H}_2\text{CO}_3]^2$ | ⑥ $[\text{H}_2\text{CO}_3][\text{HCO}_3^-]$ |
| ⑦ $[\text{H}_2\text{CO}_3][\text{CO}_3^{2-}]$ | ⑧ $[\text{H}^+][\text{H}_2\text{CO}_3]$ | ⑨ $[\text{HCO}_3^-]^2$ |
| ⑩ $[\text{HCO}_3^-][\text{CO}_3^{2-}]$ | a $[\text{H}^+][\text{HCO}_3^-]$ | b $[\text{CO}_3^{2-}]^2$ |
| c $[\text{H}^+][\text{CO}_3^{2-}]$ | d $[\text{H}^+]^2$ | |

17 ～ 19 に対する解答群

- | | | | |
|--------------------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------|
| ① $[\text{H}_2\text{CO}_3]$ | ② $[\text{HCO}_3^-]$ | ③ $[\text{CO}_3^{2-}]$ | ④ $[\text{H}^+]$ |
| ⑤ $[\text{H}^+]^2$ | ⑥ K_1 | ⑦ K_2 | ⑧ K_1K_2 |
| ⑨ $K_1[\text{H}_2\text{CO}_3]$ | ⑩ $K_1[\text{HCO}_3^-]$ | a $K_1[\text{CO}_3^{2-}]$ | b $K_1[\text{H}^+]$ |
| c $K_2[\text{H}_2\text{CO}_3]$ | d $K_2[\text{HCO}_3^-]$ | e $K_2[\text{CO}_3^{2-}]$ | f $K_2[\text{H}^+]$ |

20 , 22 , 25 および 26 に対する解答群

- ① 1.0 ② 2.0 ③ 2.5 ④ 4.0 ⑤ 5.0 ⑥ 6.4
⑦ 6.7 ⑧ 7.0 ⑨ 7.3 ⑩ 7.6 a 10.3 b 10.7
c 11.3 d 11.7

21 および 23 に対する解答群

- ① - 1 ② - 2 ③ - 3 ④ - 4 ⑤ - 5 ⑥ - 6
⑦ - 7 ⑧ - 8 ⑨ - 9 ⑩ - 10 a - 11 b 0

24 に対する解答群

	$[\text{H}_2\text{CO}_3]$	$[\text{HCO}_3^-]$	$[\text{CO}_3^{2-}]$
①	ア	イ	ウ
②	ア	ウ	イ
③	イ	ア	ウ
④	イ	ウ	ア
⑤	ウ	ア	イ
⑥	ウ	イ	ア

(計算用紙)

(第Ⅲ問は次ページから始まる)

Ⅲ 銅に関する次の文章中の空欄 27 ～ 40 にあてはまる最も適切なものを、それぞれの解答群から選び、解答欄にマークせよ。ただし、同じものを何度選んでもよい。なお、原子量は $\text{Cu}=64$ 、アボガドロ定数は $N_A=6.0\times 10^{23}/\text{mol}$ とする。

銅の結晶は 27 の構造で、単位格子の一辺の長さは $3.6\times 10^{-8}\text{ cm}$ である。このときの銅の密度は、およそ 28 g/cm^3 である。また、銅は塩酸や希硫酸とは反応しないが、希硝酸と反応すると 29 が発生する。発生した 29 の捕集は 30 で行われる。

銅は幅広い分野で利用されており、電線などの電気材料、鍋などの家庭用品として用いられるほか、さまざまな合金の材料としても使われている。例えば、31 との合金を黄銅、32 との合金を白銅という。また、銅イオンは、ダニエル電池の 33 や 34 反応によるタンパク質の検出に利用されている。

硫酸銅(Ⅱ)五水和物の水分子のうち、35 分子は銅イオンに 36 しており、残りの水分子は銅イオンに 36 している水分子と硫酸イオンとの間で 37 によって結びついている。

溶鉱炉に黄銅鉱、ケイ砂、石灰石、コークスを入れて強熱すると、硫化銅(Ⅰ)が得られる。硫化銅(Ⅰ)を転炉に移し、空気を吹きこみながら加熱すると、純度が99%程度の粗銅が得られる。粗銅には、不純物として金、銀、鉄、ニッケル、亜鉛が含まれていることがある。粗銅板を陽極、純銅板を陰極、硫酸酸性の硫酸銅(Ⅱ)水溶液を電解液にして、電解精錬により純度99.99%以上の純銅を得ることができる。このとき、陰極では 38 の変化が起こる。また、陽極泥として 39 や 40 は、単体のまま陽極の下に堆積する。

27 に対する解答群

- ① 体心立方格子 ② 面心立方格子 ③ 六方最密構造

28 に対する解答群

- | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|
| ① 1 | ② 2 | ③ 3 | ④ 4 | ⑤ 5 |
| ⑥ 6 | ⑦ 7 | ⑧ 8 | ⑨ 9 | ⑩ 10 |
| ① a 11 | ② b 12 | ③ c 13 | ④ d 14 | ⑤ e 15 |
| ⑥ f 16 | ⑦ g 17 | ⑧ h 18 | ⑨ i 19 | ⑩ j 20 |

29 に対する解答群

- | | | | |
|---------|---------|---------|---------|
| ① 一酸化窒素 | ② 二酸化窒素 | ③ 二酸化硫黄 | ④ 三酸化硫黄 |
| ⑤ 一酸化炭素 | ⑥ 二酸化炭素 | ⑦ 酸素 | ⑧ 窒素 |
| ⑨ 水素 | ⑩ 塩素 | | |

30 に対する解答群

- | | | |
|--------|--------|--------|
| ① 水上置換 | ② 上方置換 | ③ 下方置換 |
|--------|--------|--------|

31 , **32** , **39** および **40** に対する解答群

- | | | | | |
|-----|-----|-----|--------|------|
| ① 金 | ② 銀 | ③ 鉄 | ④ ニッケル | ⑤ 亜鉛 |
|-----|-----|-----|--------|------|

33 に対する解答群

- | | | |
|-------|---------|---------|
| ① 電極 | ② 分散質 | ③ 触媒 |
| ④ 還元剤 | ⑤ 正極活物質 | ⑥ 負極活物質 |

34 に対する解答群

- | | | |
|-------------|-----------|----------|
| ① キサントプロテイン | ② 銀鏡 | ③ ニンヒドリン |
| ④ ビウレット | ⑤ ヨウ素デンプン | ⑥ ルミノール |

35 に対する解答群

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

36 および 37 に対する解答群

- ① 金属結合 ② イオン結合 ③ 共有結合
④ 水素結合 ⑤ 配位結合

38 に対する解答群

- ① $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Cu}$ ② $\text{Cu} \longrightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^-$
③ $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$ ④ $2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$
⑤ $\text{H}_2 + 2\text{OH}^- \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^-$ ⑥ $\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O}$

(計算用紙)

(第IV問は次ページから始まる)

Ⅳ アミノ酸、ペプチドおよびタンパク質に関する次の文章中の空欄 41 ～

53 および問 1～3 中の空欄 54 ～ 56 にあてはまる最も適切なものを、それぞれの解答群から選び、解答欄にマークせよ。ただし、同じものを何度選んでもよい。なお、原子量は H=1.0, C=12.0, N=14.0, O=16.0 とする。

アミノ酸のうち、カルボキシ基とアミノ基が同じ炭素原子に結合しているものは α -アミノ酸とよばれ、41 以外の α -アミノ酸には、_(ア)鏡像異性体が存在する。天然に存在する α -アミノ酸の多くは 42 型の立体配置をもつ。結晶中のアミノ酸分子どうしは 43 で強く引きつけあっているので、一般の有機化合物に比べて 44 ものが多い。また、アミノ酸の水溶液に直流電圧を加える電気泳動を行った場合、ほとんどのアミノ酸は 45 。

アミノ酸のカルボキシ基と別のアミノ酸のアミノ基の間で 46 が起きますと、アミド結合が形成される。このようにして複数のアミノ酸が 46 したものをペプチドという。

ペプチド (A) を構成するアミノ酸は、グリシン (分子量 75.0)、グルタミン酸 (分子量 147.0)、リシン (分子量 146.0) であり、ペプチド (A) の分子量は 389.0 である。したがって、ペプチド (A) は、グリシン 47 分子、グルタミン酸 48 分子、そしてリシン 49 分子から構成されていると考えられる。

_(イ)酵素は、100～1000 個程度のアミノ酸がつながってできたタンパク質を主体とした高分子化合物で、生体内の化学反応の触媒として働き、反応速度を大きくする。

タンパク質は、さまざまな呈色反応を示す。例えば、タンパク質水溶液は、濃硝酸を加えて加熱すると黄色を呈する。この溶液に、さらにアンモニア水を加えて塩基性になると橙黄色になる。この一連の色調の変化は、タンパク質を構成するアミノ酸に 50 されやすいベンゼン環をもつアミノ酸が含まれている場合にみられる。また、タンパク質水溶液に水酸化ナトリウムを加えて加熱した後、酢酸鉛(Ⅱ)水溶液を加えると、_(ウ)黒色沈殿が生じることがある。

毛髪の主成分はケラチンという 51 タンパク質である。パーマネントウェーブでは、まず 52 を含む溶液で毛髪を処理する。この際、ケラチン分子間のジスルフィド結合が切断されチオール基が生成する。次に、毛髪に特定の形をつけた後で、

53 を含む溶液で処理すると、チオール基はもとのジスルフィド結合とは異なる位置でジスルフィド結合を再生するので、毛髪が任意の形に固定される。

問1 下線部（ア）は、 **54** 。

問2 下線部（イ）は、 **55** ので触媒作用を示す。

問3 下線部（ウ）の化学式は、 **56** である。

41 に対する解答群

- | | | |
|------------|-----------|---------|
| ① セリン | ② システイン | ③ メチオニン |
| ④ グルタミン酸 | ⑤ リシン | ⑥ グリシン |
| ⑦ アラニン | ⑧ アスパラギン酸 | ⑨ チロシン |
| ⑩ フェニルアラニン | | |

42 に対する解答群

- | | | | |
|-----|-----|------------|------------|
| ① D | ② L | ③ <i>d</i> | ④ <i>l</i> |
|-----|-----|------------|------------|

43 に対する解答群

- | | | |
|----------|--------|--------------|
| ① 静電氣的引力 | ② 水素結合 | ③ 配位結合 |
| ④ 共有結合 | ⑤ 金属結合 | ⑥ ファンデルワールス力 |

44 に対する解答群

- | |
|------------------------|
| ① 融点が高く、有機溶媒よりも水に溶けやすい |
| ② 融点が高く、水よりも有機溶媒に溶けやすい |
| ③ 融点が低く、有機溶媒よりも水に溶けやすい |
| ④ 融点が低く、水よりも有機溶媒に溶けやすい |

45 に対する解答群

- ① 酸性水溶液中で陽極側に移動し，塩基性水溶液中でも陽極側に移動する
- ② 酸性水溶液中では陽極側に移動し，塩基性水溶液中では陰極側に移動する
- ③ 酸性水溶液中では陽極側に移動するが，塩基性水溶液中では移動しない
- ④ 酸性水溶液中で陰極側に移動し，塩基性水溶液中でも陰極側に移動する
- ⑤ 酸性水溶液中では陰極側に移動し，塩基性水溶液中では陽極側に移動する
- ⑥ 酸性水溶液中では陰極側に移動するが，塩基性水溶液中では移動しない
- ⑦ 酸性水溶液中では移動しないが，塩基性水溶液中では陽極側に移動する
- ⑧ 酸性水溶液中では移動しないが，塩基性水溶液中では陰極側に移動する
- ⑨ 酸性水溶液中，塩基性水溶液中のどちらでも移動しない

46 に対する解答群

- ① 重 合 ② 付 加 ③ 脱 離 ④ 置 換
- ⑤ 酸 化 ⑥ 還 元 ⑦ 中 和 ⑧ 縮 合

47 ~ 49 に対する解答群

- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5
- ⑥ 6 ⑦ 7 ⑧ 8 ⑨ 9 ⑩ 10

50 に対する解答群

- ① スルホン化 ② 塩素化 ③ 臭素化 ④ ニトロ化
- ⑤ アルキル化 ⑥ ジアゾ化 ⑦ 水素化 ⑧ アセチル化

51 に対する解答群

- ① 複 合 ② 球 状 ③ 繊維状 ④ 再生繊維
- ⑤ 半合成繊維 ⑥ コロイド ⑦ コラーゲン ⑧ フィブロイン

52 および 53 に対する解答群

- ① 中和剤 ② 還元剤 ③ 酸化剤 ④ 中性乾燥剤
⑤ 乳化剤 ⑥ ポリマー剤 ⑦ カタラーゼ ⑧ 形状記憶合金

54 に対する解答群

- ① 異性体間で味覚や嗅覚などの生理作用が同じである
② 異性体間で融点異なる
③ 異性体間で密度異なる
④ 異性体間で光に対する性質異なる

55 に対する解答群

- ① 粒子の衝突回数を増加させる
② 活性化エネルギーを小さくする
③ 反応物と均一に混じり合わず、その表面で作用する
④ 反応エンタルピーを変化させる

56 に対する解答群

- ① $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}$ ② PbCl_2 ③ PbSO_3 ④ PbSO_4
⑤ $\text{Na}_2[\text{Pb}(\text{OH})_4]$ ⑥ PbS ⑦ $\text{Pb}(\text{OH})_2$ ⑧ PbO_2

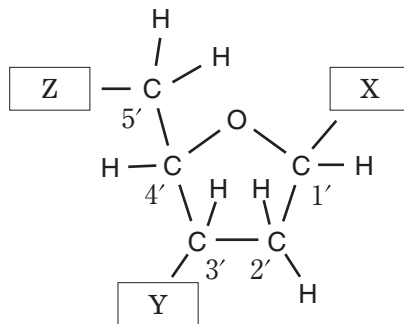
生 物

(解答番号 ～)

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

- 1) DNA の二重らせん構造では、2本のヌクレオチド鎖が互いに向かいあい、塩基どうしが水素結合を形成している。このとき、DNA を構成するヌクレオチドにより形成される塩基対のうち、3つの水素結合を形成する塩基の組み合わせはグアニンと（ア）で、2つの水素結合を形成する塩基の組み合わせはアデニンと（イ）である

DNA を構成するヌクレオチドは、糖としてデオキシリボースをもつ。図Ⅰはヌクレオチド鎖中のデオキシリボース部分の分子構造を示している。図Ⅰ中の1'の位置の炭素に結合するXは , 3'の位置の炭素に結合するYは , 5'の位置の炭素に結合するZは である。ここで、（ア）と（イ）の正しい組み合わせは である。



図Ⅰ

1

 ~

3

 に対する解答群

- ① H

② OH

③ CH₃

④ NH₂

⑤ リン酸

⑥ 塩基

4

 に対する解答群

	(ア)	(イ)
①	シトシン	チミン
②	シトシン	ウラシル
③	チミン	シトシン
④	チミン	ウラシル
⑤	ウラシル	シトシン
⑥	ウラシル	チミン

2) DNA の複製時には、DNA の特定の部分が複製の起点（複製起点）となり、この起点で、相補的に結合している塩基間の水素結合が切れる。その起点に という酵素が結合すると、二重らせん構造がほどかれる。DNA 上で複製反応が進んでいる部分を複製フォークという。原核生物の場合、複製起点は1本の DNA あたり（ウ）か所であり、複製起点あたりの複製フォークの数は（エ）である。一方、真核生物の場合、1本の核 DNA あたりの複製起点は（オ）か所であり、複製起点あたりの複製フォークの数は（カ）である。

DNA 複製の開始時にはまず、鋳型となるヌクレオチド鎖に対して相補的な短い が合成され、 を起点として新生鎖が合成される。このとき、ヌクレオチド鎖の合成反応を担う酵素は である。 によるヌクレオチド鎖の合成反応の方向が決まっているため、開いた DNA 二重らせんの片方のヌクレオチド鎖を鋳型とする反応では連続的に DNA の複製が進む。もう片方のヌクレオチド鎖を鋳型とする反応では、短い DNA 断片が断続的に合成されたあと、 という酵素によってつなぎ合わされる。

真核生物の核 DNA は、複製のたびに DNA の末端が短くなる。生殖細胞などでは短くなった末端を修復するために、 という酵素がはたらく。ここで、（ウ）～（カ）の正しい組み合わせは である。

および ～ に対する解答群

- | | | |
|--------------|--------------|--------------|
| ① テロメラーゼ | ② DNA ポリメラーゼ | ③ RNA ポリメラーゼ |
| ④ DNA プライマーゼ | ⑤ 逆転写酵素 | ⑥ DNA 分解酵素 |
| ⑦ RNA 分解酵素 | ⑧ DNA ヘリカーゼ | ⑨ DNA リガーゼ |

に対する解答群

- | | | |
|-------------|-------------|------------|
| ① DNA マーカー | ② ガイド RNA | ③ マイクロ RNA |
| ④ RNA プライマー | ⑤ DNA プライマー | |

	(ウ)	(エ)	(オ)	(カ)
①	1	1	1	1
②	1	1	1	2
③	1	1	複 数	1
④	1	1	複 数	2
⑤	1	2	1	1
⑥	1	2	1	2
⑦	1	2	複 数	1
⑧	1	2	複 数	2
⑨	複 数	1	1	1
⑩	複 数	1	1	2
㉑	複 数	1	複 数	1
㉒	複 数	1	複 数	2
㉓	複 数	2	1	1
㉔	複 数	2	1	2
㉕	複 数	2	複 数	1
㉖	複 数	2	複 数	2

3) ある1つの細胞がもつ、1本鎖 (α 鎖) および、 α 鎖の相補鎖である1本鎖 (β 鎖) で構成された2本鎖 DNA のみを抽出し、そこに含まれる核酸の構成を調べた。その結果、抽出した2本鎖 DNA の塩基全体に対するアデニンの割合は32%であることがわかった。 α 鎖において、 α 鎖 DNA の塩基全体に対するアデニンの割合は28%、グアニンの割合は14%であることもわかった。この結果から、 β 鎖における、 β 鎖 DNA の塩基全体に対するアデニンの割合は 11 %であり、グアニンの割合は 12 %であると算出できる。

11 および 12 に対する解答群

- | | | | |
|------|------|------|------|
| ① 4 | ② 8 | ③ 14 | ④ 18 |
| ⑤ 22 | ⑥ 24 | ⑦ 28 | ⑧ 32 |
| ⑨ 36 | ⑩ 40 | Ⓐ 44 | Ⓑ 48 |

4) 真核細胞の間期では、DNA は（キ）という塩基性の球状タンパク質に巻き付いて（ク）を形成している。（ク）は、さらに折りたたまれて（ケ）とよばれる構造を形成している。（ケ）が小さく折りたたまれた状態では、転写をおこなう酵素である **13** が DNA に近づくことができない。このため、転写がおこなわれるためには（ケ）がほどけた状態になる必要がある。ここで、（キ）～（ケ）の正しい組み合わせは **14** である。

13 に対する解答群

- | | | |
|--------------|--------------|--------------|
| ① テロメラーゼ | ② DNA ポリメラーゼ | ③ RNA ポリメラーゼ |
| ④ DNA プライマーゼ | ⑤ 逆転写酵素 | ⑥ DNA 分解酵素 |
| ⑦ RNA 分解酵素 | ⑧ DNA ヘリカーゼ | ⑨ DNA リガーゼ |

14 に対する解答群

	（キ）	（ク）	（ケ）
①	クロマチン	ヒストン	ヌクレオソーム
②	クロマチン	ヌクレオソーム	ヒストン
③	ヒストン	クロマチン	ヌクレオソーム
④	ヒストン	ヌクレオソーム	クロマチン
⑤	ヌクレオソーム	クロマチン	ヒストン
⑥	ヌクレオソーム	ヒストン	クロマチン

真核生物の細胞における転写の調節に関する以下の記述 a～dのうち、正しいものは

15

 である。

- a DNA の転写調節領域に転写調節因子が結合する。
- b プロモーターに基本転写因子が結合する。
- c DNA 中のシトシンのメチル化により調節される。
- d DNA が巻き付いている球状タンパク質のアセチル化により調節される。

15

 に対する解答群

- | | | |
|--------------|--------------|--------------|
| ① a のみ | ② b のみ | ③ c のみ |
| ④ d のみ | ⑤ a, b のみ | ⑥ a, c のみ |
| ⑦ a, d のみ | ⑧ b, c のみ | ⑨ b, d のみ |
| ⑩ c, d のみ | Ⓐ a, b, c のみ | Ⓑ a, b, d のみ |
| Ⓒ a, c, d のみ | Ⓓ b, c, d のみ | Ⓔ a, b, c, d |

(第Ⅱ問は次ページから始まる)

Ⅱ 被子植物の生殖と発生に関する以下の文章中の 16 ～ 28 に最も適切なものを解答群から選び、その番号または記号を解答欄にマークせよ。ただし、異なる番号の に同じものを繰り返し選んでもよい。

- 1) 若い子房の胚珠の内部では、核相（ア）の胚のう母細胞が形成される。1 個の胚のう母細胞から減数分裂の第一分裂により核相（イ）の細胞が 2 個生じ、その 2 個の細胞から第二分裂により核相 n の細胞が 4 個生じる。そのうち（ウ）個の細胞は退化し、（エ）個の細胞が胚のう細胞となる。胚のう細胞では核の分裂が連続して 3 回起こり、8 個の核をもつ胚のうが生じる。8 個の核のうち 6 個の核のまわりがそれぞれ細胞膜で仕切られ、核相 n である 1 個の 16 と 2 個の 17 , 3 個の 18 が生じる。ここで、（ア）～（エ）の正しい組み合わせは 19 である。

16 ～ 18 に対する解答群

- | | |
|----------|----------|
| ① 一次卵母細胞 | ② 始原生殖細胞 |
| ③ 助細胞 | ④ 第一極体 |
| ⑤ 第二極体 | ⑥ 中央細胞 |
| ⑦ 二次卵母細胞 | ⑧ 反足細胞 |
| ⑨ 卵原細胞 | ⑩ 卵細胞 |

19

に対する解答群

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
①	$2n$	n	1	3
②	$2n$	n	2	2
③	$2n$	n	3	1
④	$2n$	$2n$	1	3
⑤	$2n$	$2n$	2	2
⑥	$2n$	$2n$	3	1
⑦	$3n$	n	1	3
⑧	$3n$	n	2	2
⑨	$3n$	n	3	1
⑩	$3n$	$2n$	1	3
Ⓐ	$3n$	$2n$	2	2
Ⓑ	$3n$	$2n$	3	1

2) 花粉の形成過程では、おしべの先端の葯（やく）の中にある 20 が減数分裂し、4 個の未熟花粉ができる。未熟花粉が成熟する過程で（オ）な体細胞分裂が起こり、分裂によって生じた 2 個の細胞のうち 1 個の細胞は、もう 1 個の細胞に取り込まれる。取り込まれた細胞は 21，取り込んだ細胞は 22 とよばれる。

21 は体細胞分裂を（カ）回行い、1 個の 21 から（キ）個の精細胞ができる。ここで、（オ）～（キ）の正しい組み合わせは 23 である。

20 ～ 22 に対する解答群

- | | | |
|----------|---------|----------|
| ① 一次精母細胞 | ② 花粉管細胞 | ③ 花粉四分子 |
| ④ 花粉母細胞 | ⑤ 精原細胞 | ⑥ 二次精母細胞 |
| ⑦ 雄原細胞 | ⑧ 雄性配偶子 | |

23 に対する解答群

	（オ）	（カ）	（キ）
①	均 等	1	2
②	均 等	2	4
③	均 等	3	8
④	不均等	1	2
⑤	不均等	2	4
⑥	不均等	3	8

下線部において、40個の細胞が減数分裂を開始し、そのうち25%の細胞で染色体上の1か所に乗換えが生じたとする。このとき、減数分裂してできたすべての未熟花粉のうち、乗換えが起きた染色体を持つ未熟花粉は、24 個である。ただし、乗換えは対をなす相同染色体間でのみ生じたものとする。

24 に対する解答群

- | | | | | | |
|------|------|------|-------|-------|------|
| ① 10 | ② 20 | ③ 30 | ④ 40 | ⑤ 50 | ⑥ 60 |
| ⑦ 70 | ⑧ 80 | ⑨ 90 | ⑩ 100 | Ⓐ 120 | |

3) シロイヌナズナでは、重複受精後に受精卵は最初の分裂で大小の2個の細胞になる。大きい細胞は体細胞分裂を繰り返し、25 となるが、種子が成熟する過程で25 は消失する。一方、小さい細胞は体細胞分裂を繰り返し、26 となり、さらに発達して胚となる。

25 および 26 に対する解答群

- | | | |
|-----------|----------|------|
| ① 茎頂分裂組織 | ② 根端分裂組織 | ③ 子葉 |
| ④ 胚球（球状胚） | ⑤ 胚軸 | ⑥ 胚柄 |
| ⑦ 幼芽 | ⑧ 幼根 | |

果実の胚乳、種皮、果皮のうち、胚と同一の胚の母細胞由来のものは 27 である。また、胚の核相が $2n$ のとき、胚乳、種皮、果皮のうち、核相 $2n$ のものは 28 である。

27 および 28 に対する解答群

- | | | |
|------------|-----------|-----------|
| ① 胚乳のみ | ② 種皮のみ | ③ 果皮のみ |
| ④ 胚乳と種皮のみ | ⑤ 胚乳と果皮のみ | ⑥ 種皮と果皮のみ |
| ⑦ 胚乳と種皮と果皮 | | |

(第Ⅲ問は次ページから始まる)

Ⅲ 真核細胞における細胞小器官の構造とはたらきに関する以下の文章中の 29 ～ 41 に最も適切なものを解答群から選び、その番号または記号を解答欄にマークせよ。ただし、異なる番号の 〇〇〇〇 に同じものを繰り返し選んでもよい。

1) 核内に存在する 29 は、リボソーム RNA (rRNA) の転写に関与する。rRNA とリボソームタンパク質から構成されるリボソームのうち、30 に付着して存在するリボソームでは、主に細胞外や (ア) に輸送されるタンパク質の合成がおこなわれる。ここで合成されたタンパク質は、30 から主に 31 に送られ、(イ) の付加などの修飾を受ける。

細胞内では、不要になったタンパク質や細胞小器官を膜で包んで 32 へ輸送し、分解するしくみがある。32 は、分解酵素を含む小胞が 31 から出芽したのち、成熟することで形成される。ここで、(ア) と (イ) の正しい組み合わせは 33 である。

29 ～ 32 に対する解答群

- | | | |
|--------|---------|-----------|
| ① ゴルジ体 | ② 核小体 | ③ ミトコンドリア |
| ④ 小胞体 | ⑤ 中心体 | ⑥ 細胞膜 |
| ⑦ 染色体 | ⑧ 細胞質基質 | ⑨ 核 |
| ⑩ 核 膜 | ㉑ リソソーム | |

33 に対する解答群

	(ア)	(イ)
①	細胞質基質	糖鎖
②	細胞質基質	キャップ構造
③	細胞質基質	ポリ A テイル
④	核内	糖鎖
⑤	核内	キャップ構造
⑥	核内	ポリ A テイル
⑦	細胞膜	糖鎖
⑧	細胞膜	キャップ構造
⑨	細胞膜	ポリ A テイル

細胞小器官に関する以下の記述 a～d のうち、正しいものは 34 である。

- a 中心体は、アクチンフィラメントの形成の起点となる。
- b ミトコンドリアは、タンパク質をコードする DNA を持つ。
- c 植物の液胞は、代謝産物や不要物の貯蔵に関与する。
- d 小胞体は、核内で転写された mRNA をリボソームへ運ぶ。

34 に対する解答群

- ① a のみ ② b のみ ③ c のみ
- ④ d のみ ⑤ a, b のみ ⑥ a, c のみ
- ⑦ a, d のみ ⑧ b, c のみ ⑨ b, d のみ
- ⑩ c, d のみ ⑪ a, b, c のみ ⑫ a, b, d のみ
- ⑬ a, c, d のみ ⑭ b, c, d のみ ⑮ a, b, c, d

2) 細胞膜や細胞小器官の生体膜は、主に 35 の二重層から構成されている。

35 の二重層のみからなる構造の物理的な性質として、(ウ)の分子を比較的通しやすい一方で、極性分子やイオンの通過を制限することがあげられる。そのため、生体膜には、物質を細胞内外に移動させるさまざまな輸送機構が存在する。エネルギーを使わずに、物質が(エ)に従って移動する輸送は、受動輸送とよばれる。受動輸送により運ばれるイオンなどは 36 とよばれる膜タンパク質を通して輸送される。一方、グルコースやアミノ酸のような大きな極性分子の受動輸送は、37 によっておこなわれる。エネルギーを使って物質を細胞の内外へ輸送するしくみは能動輸送とよばれ、分子を特定の方向に運ぶ特徴を持つ。この輸送を担う膜タンパク質は 38 とよばれ、(オ)を分解して得られるエネルギーを利用している。さらに細胞には、個々の分子だけではなく、比較的大きな粒子や液体をまるごと取り込む機構も備わっている。39 は、細胞が細胞膜の包み込みによって小胞をつくり、細胞外の物質を取り込むしくみである。ここで、(ウ)～(オ)の正しい組み合わせは 40 である。

35 に対する解答群

- | | | |
|-----------|--------|---------|
| ① 中性脂肪 | ② 脂肪酸 | ③ リン脂質 |
| ④ コレステロール | ⑤ 炭水化物 | ⑥ グリセリン |
| ⑦ タンパク質 | ⑧ 核 酸 | |

36 ～ 38 に対する解答群

- | | |
|------------|--------------|
| ① インテグリン | ② 抗 体 |
| ③ ヘモグロビン | ④ チャネル |
| ⑤ 担体 (輸送体) | ⑥ 微小管 |
| ⑦ カドヘリン | ⑧ ミオシンフィラメント |
| ⑨ ポンプ | ⑨ ロドプシン |

39

に対する解答群

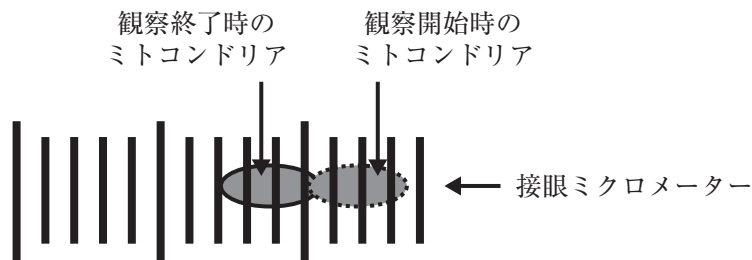
- ① 浸 透
- ② アポトーシス
- ③ エキソサイトーシス
- ④ エンドサイトーシス
- ⑤ 拡 散
- ⑥ オートファジー
- ⑦ 誘 導

40

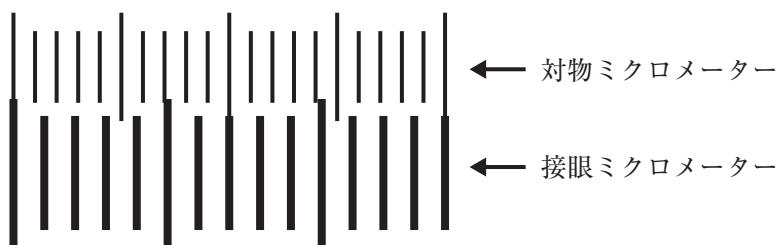
に対する解答群

	(ウ)	(エ)	(オ)
①	脂溶性	浸透圧	NADH
②	脂溶性	浸透圧	ATP
③	脂溶性	濃度勾配	NADH
④	脂溶性	濃度勾配	ATP
⑤	水溶性	浸透圧	NADH
⑥	水溶性	浸透圧	ATP
⑦	水溶性	濃度勾配	NADH
⑧	水溶性	濃度勾配	ATP

3) 動物培養細胞のミトコンドリア全体を蛍光試薬で染色し、その動きを特殊な蛍光顕微鏡により観察した。その結果、図Ⅲ－1のように、あるミトコンドリアの直線的な動きを記録できた。そこで、接眼マイクロメーターで測定すると、このミトコンドリアは20秒かけて、一定の速度で直線的に3目盛り分移動した。一方、このとき、同じ倍率で接眼マイクロメーターと対物マイクロメーターを測定の視野の中で重ねると、図Ⅲ－2の状態であった。この対物マイクロメーターには、1 mmを100等分した目盛りが刻まれていることから、このときのミトコンドリアの移動速度を解析すると、およそ 41 μm /秒の速さで移動していたことがわかった。なお、解答は小数点第2位以下を四捨五入した値とする。



図Ⅲ－1



図Ⅲ－2

41 に対する解答群

- | | | | | | |
|--------|--------|---------|--------|--------|--------|
| ① 0.1 | ② 0.2 | ③ 0.7 | ④ 1.2 | ⑤ 1.8 | ⑥ 2.1 |
| ⑦ 3.5 | ⑧ 4.0 | ⑨ 7.5 | ⑩ 10.1 | Ⓐ 14.3 | Ⓑ 21.4 |
| Ⓒ 42.9 | Ⓓ 45.0 | Ⓔ 100.0 | | | |

(第Ⅳ問は次ページから始まる)

Ⅳ タンパク質に関する以下の文章中の 42 ～ 51 に最も適切なものを解答群から選び、その番号または記号を解答欄にマークせよ。ただし、異なる番号の に同じものを繰り返し選んでもよい。

- 1) タンパク質は、いずれもアミノ酸が 42 結合によって鎖状につながったポリペプチドからなる。ヒトのタンパク質を構成する20種類のアミノ酸は、いずれも水素原子、炭素原子、酸素原子、窒素原子によって構成され、メチオニンなどの一部のアミノ酸は 43 原子も含む。

ポリペプチドは、アミノ酸どうしの相互作用によって部分的に折りたたまれ、特有の立体構造をもつ。立体構造の一部に見られる α ヘリックス構造や β シート構造といった構造のことを 44 という。タンパク質の中には、何本かのポリペプチドが集まってはたらきが十分に発揮されるものがあり、このような特有の立体構造をもった複数のポリペプチドが集まってできる構造を 45 という。

42 に対する解答群

- ① イオン ② ペプチド ③ 水素 ④ 配位 ⑤ S-S

43 に対する解答群

- ① 硫黄 ② リン ③ ヨウ素 ④ ケイ素

44 および 45 に対する解答群

- ① 一次構造 ② 二次構造 ③ 三次構造 ④ 四次構造

タンパク質を構成する20種類のアミノ酸の中から，3個のアミノ酸を 42 結合によって直鎖状につなげたペプチドを考える。この3個が全て異なる種類のアミノ酸である場合，理論上 46 種類のアミノ酸配列が考えられる。なお，側鎖間の結合を考えないものとする。

46 に対する解答群

- | | | | | | |
|--------|--------------|--------|--------|--------|--------|
| ① 3 | ② 9 | ③ 12 | ④ 20 | ⑤ 60 | ⑥ 114 |
| ⑦ 342 | ⑧ 1024 | ⑨ 1140 | ⑩ 2280 | Ⓐ 3420 | Ⓑ 6840 |
| Ⓒ 8000 | Ⓓ 3486784401 | | | | |

78個のアミノ酸から構成された1本の直鎖状のポリペプチドからなるタンパク質Pがある。タンパク質Pはシステインをもたない。タンパク質Pには、メチオニンが1個のみ存在し、アミノ基末端側から1番目にある。また、チロシンが1個のみ存在し、アミノ基末端側から46番目にある。アルギニンまたはリシンのカルボキシ基末端側の 42 結合のみを切断する酵素W、アルギニンのカルボキシ基末端側の 42 結合のみを切断する酵素X、リシンのカルボキシ基末端側の 42 結合のみを切断する酵素Y、チロシンのカルボキシ基末端側の 42 結合のみを切断する酵素Zを使って以下の処理をおこなった。

タンパク質Pは、リシンとアルギニンを合計で9個もっており、酵素Wで処理すると、10本のペプチドが生じた。いずれのペプチドも4個以上のアミノ酸から構成されていた。

タンパク質Pを酵素Zで処理すると46個のアミノ酸からなるペプチドAと32個のアミノ酸からなるペプチドBが生じた。また、ペプチドAを酵素Xで処理すると2つのペプチドが生じた。このとき生じたペプチドの片方は、41個のアミノ酸からなるペプチドで、メチオニンが含まれていなかった。

タンパク質Pを酵素Xで処理すると、5個のアミノ酸からなるペプチドC、12個のアミノ酸からなるペプチドD、18個のアミノ酸からなるペプチドE、43個のアミノ酸からなるペプチドFが生じた。ペプチドDを酵素Yで処理すると2本のペプチドが生じ、ペプチドEを酵素Yで処理すると2本のペプチドが生じた。一方で、ペプチドCを酵素Yで処理しても切断されなかった。このことから、ペプチドFを酵素Yで処理すると 47 本のペプチドが生じることがわかる。また、ペプチドFには、メチオニンは(ア)、また、チロシンは(イ)。ここで、(ア)と(イ)の正しい組み合わせは 48 である。

47 に対する解答群

- | | | | | | |
|-----|-----|-----|------|-----|-----|
| ① 1 | ② 2 | ③ 3 | ④ 4 | ⑤ 5 | ⑥ 6 |
| ⑦ 7 | ⑧ 8 | ⑨ 9 | ⑩ 10 | | |

48

に対する解答群

	(ア)	(イ)
①	含まれている	含まれている
②	含まれている	含まれていない
③	含まれていない	含まれている
④	含まれていない	含まれていない

2) タンパク質に関する以下の記述 a～d のうち、正しいものは 49 である。

- a インスリンは 2 本のポリペプチドでできている。
- b ウシのインスリンとヒトのインスリンは、一次構造が同じである。
- c 正常型プリオンと異常型プリオンの一次構造は同じである。
- d ヒトの免疫グロブリンは、2 本のポリペプチドからなる Y 字形の分子である。

49

に対する解答群

- | | | |
|---------------------|---------------------|-----------------------|
| ① a のみ | ② b のみ | ③ c のみ |
| ④ d のみ | ⑤ a, b のみ | ⑥ a, c のみ |
| ⑦ a, d のみ | ⑧ b, c のみ | ⑨ b, d のみ |
| ⑩ c, d のみ | Ⓐ a, b, c のみ | Ⓑ a, b, d のみ |
| Ⓒ a, c, d のみ | Ⓓ b, c, d のみ | Ⓔ a, b, c, d |

3) ヘモグロビンとミオグロビンに関する以下の記述 e～h のうち、正しいものは

50 である。

e ヘモグロビン 1 分子は、1 分子のヘムをもつ。

f ヘモグロビンは、4 本の同じアミノ酸配列からなるポリペプチドの複合体である。

g ミオグロビン 1 分子は、1 分子のヘムをもつ。

h ミオグロビンは、2 本の同じアミノ酸配列からなるポリペプチドの複合体である。

50 に対する解答群

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

4) 変性とフォールディングに関する以下の記述 i～l のうち、正しいものは

51 である。

i タンパク質は pH を変えると変性することがある。

j タンパク質が立体構造を形成する過程をフォールディングという。

k シャペロンにはポリペプチドに結合するものがある。

l シャペロンには ATP のエネルギーを使うものがある。

51 に対する解答群

- | | | |
|--------------|--------------|--------------|
| ① i のみ | ② j のみ | ③ k のみ |
| ④ l のみ | ⑤ i, j のみ | ⑥ i, k のみ |
| ⑦ i, l のみ | ⑧ j, k のみ | ⑨ j, l のみ |
| ⑩ k, l のみ | Ⓐ i, j, k のみ | Ⓑ i, j, l のみ |
| Ⓒ i, k, l のみ | Ⓓ j, k, l のみ | Ⓔ i, j, k, l |