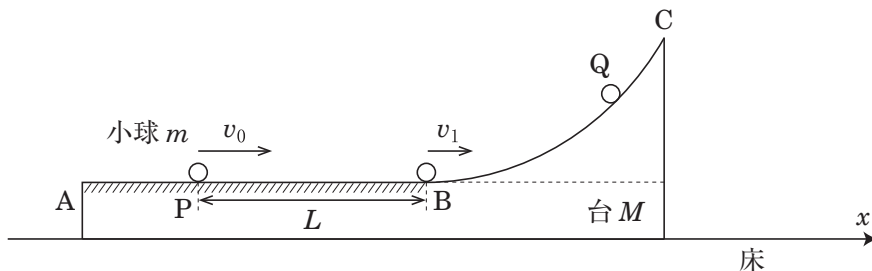


物 理

(解答番号 1 ~ 27)

以下の 1 から 27 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 図のように、あらい水平面 AB となめらかな曲面 BC をもつ質量 M の台が十分広い水平でなめらかな床の上におかれている。水平面 AB と曲面 BC は点 B でなめらかに接続している。台が床に対して静止した状態で、質量 m の小球を水平面 AB 上の点 P に静かにおいた。PB 間の距離を L とし、小球と水平面 AB の間の動摩擦係数を μ' とする。ここで、重力加速度の大きさを g 、空気抵抗はないものとして、小球の運動は紙面内に限るものとする。また、図の床面を x 軸として水平右向きを x 軸の正の向きとし、台は床面から離れることはないものとする。



- (1) 台が床に対して静止した状態で初速度 v_0 ($v_0 > 0$) を小球に与えると、小球が点 P より運動を始めると同時に台も床面を小球と同じ向きに運動を始めた。小球が PB 間を運動しているとき、小球と台の間にはたらく動摩擦力の大きさを F とすると $F =$ 1 であり、小球の台に対する加速度は 2 である。小球が PB 間を運動している間、小球の床に対する速度が v ($v < v_0$) となった瞬間の台の床に対する速度は 3 であり、このときの小球の台に対する速度は 4 である。

1 の解答群

- | | | |
|---|---|--|
| ① $\mu' mg$ | ② $\mu' Mg$ | ③ $\mu' (m+M)g$ |
| ④ $\mu' \left(\frac{m^2}{m+M} \right) g$ | ⑤ $\mu' \left(\frac{M^2}{m+M} \right) g$ | ⑥ $\mu' \left(\frac{mM}{m+M} \right) g$ |

2 の解答群

- | | | |
|--|--|--|
| ① $-\mu' g$ | ② $\mu' g$ | ③ $-\mu' \left(\frac{m+M}{m} \right) g$ |
| ④ $\mu' \left(\frac{m+M}{m} \right) g$ | ⑤ $-\mu' \left(\frac{m+M}{M} \right) g$ | ⑥ $\mu' \left(\frac{m+M}{M} \right) g$ |
| ⑦ $-\mu' \left(\frac{m}{m+M} \right) g$ | ⑧ $\mu' \left(\frac{m}{m+M} \right) g$ | |

3 の解答群

- | | | |
|--------------------------|----------------------------|----------------------------|
| ① $\frac{m(v_0-v)}{M}$ | ② $\frac{(m+M)(v_0-v)}{M}$ | ③ $\frac{M(v_0-v)}{m}$ |
| ④ $\frac{M(v_0-v)}{m+M}$ | ⑤ $\frac{m(v-v_0)}{M}$ | ⑥ $\frac{(m+M)(v-v_0)}{M}$ |
| ⑦ $\frac{M(v-v_0)}{m}$ | ⑧ $\frac{M(v-v_0)}{m+M}$ | |

4 の解答群

- | | | |
|----------------------------|----------------------------|---------------------------|
| ① $\frac{M(v-v_0)}{m}$ | ② $\frac{Mv-(m+M)v_0}{m}$ | ③ $\frac{(m+M)v-Mv_0}{m}$ |
| ④ $\frac{(m+M)(v_0-v)}{m}$ | ⑤ $\frac{m(v-v_0)}{M}$ | ⑥ $\frac{mv-(m+M)v_0}{M}$ |
| ⑦ $\frac{(m+M)v-mv_0}{M}$ | ⑧ $\frac{(m+M)(v-v_0)}{M}$ | |

(2) 初速度 v_0 で点 P より運動を始めた小球が点 B に達した瞬間の小球の床に対する速度を v_1 とすると、この瞬間の台の床に対する速度は $\frac{1}{2}v_1$ であった。 v_1 を v_0 を用いて表すと、 $v_1 = \boxed{5} \times v_0$ である。小球が水平面 AB 上を点 P から点 B まで移動したときの、台の床に対する変位を x とおく。小球が PB 間を運動している間に大きさ F の動摩擦力が台にした仕事は、台の運動エネルギーの変化と等しい。動摩擦力の大きさ F と変位 x の積を m, M, v_0 を用いて表すと、 $Fx = \boxed{6} \times v_0^2$ である。また、この間の小球の床に対する変位は $x+L$ であり、動摩擦力が小球にした仕事は小球の運動エネルギーの変化と等しいので、動摩擦力の大きさ F と小球の床に対する変位 $x+L$ の積も m, M, v_0 を用いて表すことができる。これらより、PB 間の距離 L を m, M, μ', v_0, g を用いて表すと、 $L = \boxed{7} \times \frac{v_0^2}{\mu' g}$ である。

小球は点 B を通過した後に曲面 BC をすべり上がり、曲面 BC 上の点 Q まで到達した後に曲面 BC をすべりおりた。小球が点 Q に達した瞬間の台の床に対する速度は $\boxed{8} \times v_1$ であり、点 Q の高さは水平面 AB を基準とすると $\boxed{9} \times \frac{v_1^2}{g}$ である。

$\boxed{5}$ の解答群

- | | | | |
|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|
| ① $\frac{m}{m+M}$ | ② $\frac{2m}{m+M}$ | ③ $\frac{M}{m+M}$ | ④ $\frac{2M}{m+M}$ |
| ⑤ $\frac{m}{2m+M}$ | ⑥ $\frac{2m}{2m+M}$ | ⑦ $\frac{M}{m+2M}$ | ⑧ $\frac{2M}{m+2M}$ |

$\boxed{6}$ の解答群

- | | | | |
|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| ① $\frac{m^2 M}{(m+M)^2}$ | ② $\frac{m M^2}{(m+M)^2}$ | ③ $\frac{m^2 M}{2(m+M)^2}$ | ④ $\frac{m M^2}{2(m+M)^2}$ |
| ⑤ $\frac{m^2 M}{(2m+M)^2}$ | ⑥ $\frac{m M^2}{(2m+M)^2}$ | ⑦ $\frac{m^2 M}{2(2m+M)^2}$ | ⑧ $\frac{m M^2}{2(2m+M)^2}$ |
| ⑨ $\frac{m^2 M}{(m+2M)^2}$ | ⑩ $\frac{m M^2}{(m+2M)^2}$ | a $\frac{m^2 M}{2(m+2M)^2}$ | b $\frac{m M^2}{2(m+2M)^2}$ |

7 の解答群

- | | | | |
|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| ① $\frac{M}{m+M}$ | ② $\frac{M(3m+M)}{(m+M)^2}$ | ③ $\frac{M}{2(m+M)}$ | ④ $\frac{M(3m+M)}{2(m+M)^2}$ |
| ⑤ $\frac{M(m+M)}{(2m+M)^2}$ | ⑥ $\frac{M(3m+M)}{2(2m+M)^2}$ | ⑦ $\frac{M(m+M)}{(m+2M)^2}$ | ⑧ $\frac{M(3m+M)}{2(m+2M)^2}$ |

8 の解答群

- | | | | |
|----------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|
| ① $\frac{m}{m+M}$ | ② $\frac{M}{m+M}$ | ③ $\frac{2m+M}{m+M}$ | ④ $\frac{m+2M}{m+M}$ |
| ⑤ $\frac{m}{2(m+M)}$ | ⑥ $\frac{M}{2(m+M)}$ | ⑦ $\frac{2m+M}{2(m+M)}$ | ⑧ $\frac{m+2M}{2(m+M)}$ |

9 の解答群

- | | | | |
|--------------------|-------------------|----------------------|----------------------|
| ① $\frac{2m}{m+M}$ | ② $\frac{m}{m+M}$ | ③ $\frac{m}{2(m+M)}$ | ④ $\frac{m}{8(m+M)}$ |
| ⑤ $\frac{2M}{m+M}$ | ⑥ $\frac{M}{m+M}$ | ⑦ $\frac{M}{2(m+M)}$ | ⑧ $\frac{M}{8(m+M)}$ |

(計算用紙)

(計算用紙)

(大問Ⅱは次ページから始まる)

Ⅱ 真空中で、質量 m [kg] で大きさが無視できる金属球 A に $+2q$ [C] ($q > 0$) の電荷をあたえた。そして、長さ l [m] で絶縁体の軽い棒の一端に A を取りつけ、他端を図 1 の点 P に固定した。棒に取り付けた A の最下点の位置を原点 O とし、水平方向に x 軸をとり、鉛直方向に y 軸をとる。A の位置は、 xy 平面にかぎる。また、クーロンの法則の比例定数を k [$\text{N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$]、重力加速度の大きさを g [m/s^2] とする。必要であれば、次の三角関数の公式を用いてもよい。

$$\sin(\alpha \pm \beta) = \sin \alpha \cos \beta \pm \cos \alpha \sin \beta, \quad \cos(\alpha \pm \beta) = \cos \alpha \cos \beta \mp \sin \alpha \sin \beta$$

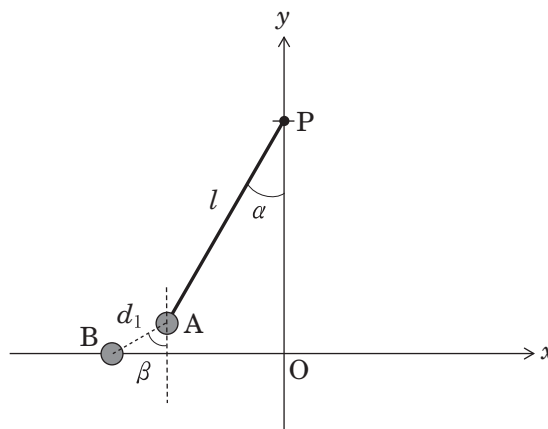


図 1

- (1) 電荷 $-q$ [C] をもつ質量 m [kg] で大きさの無視できる金属球 B を x 軸上のある位置に固定して、図 1 のように棒と鉛直線とのなす角が α ($0^\circ < \alpha < 90^\circ$) となるように A をおくと、A は静止したままであった。このとき、A と B を結んだ直線と鉛直線とのなす角は β ($\alpha < \beta < 90^\circ$) であった。A にはたらくクーロン力の大きさは、AB 間の距離 d_1 [m] を用いて表すと 10 [N] となる。また、A にはたらく力のつり合いを考えると、A にはたらくクーロン力の大きさは m [kg] と g [m/s^2] を用いて 11 $\times mg$ [N] と表される。これより、 q^2 [C^2] と d_1 [m] の関係は、

$$q^2 = \text{12} \times d_1^2 \quad (\text{a})$$

となることがわかる。

10 の解答群

- ① $k \frac{q}{d_1}$ ② $k \frac{2q}{d_1}$ ③ $k \frac{q}{d_1^2}$ ④ $k \frac{2q}{d_1^2}$ ⑤ $k \frac{4q}{d_1^2}$
 ⑥ $k \frac{q^2}{d_1}$ ⑦ $k \frac{2q^2}{d_1}$ ⑧ $k \frac{q^2}{d_1^2}$ ⑨ $k \frac{2q^2}{d_1^2}$ ⑩ $k \frac{4q^2}{d_1^2}$

11 の解答群

- ① $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$ ② $\frac{\sin \beta}{\sin \alpha}$ ③ $\frac{\cos \alpha}{\cos \beta}$ ④ $\frac{\cos \beta}{\cos \alpha}$
 ⑤ $\frac{\sin \alpha}{\sin(\beta - \alpha)}$ ⑥ $\frac{\sin \beta}{\sin(\beta - \alpha)}$ ⑦ $\frac{\cos \alpha}{\cos(\beta - \alpha)}$ ⑧ $\frac{\cos \beta}{\cos(\beta - \alpha)}$
 ⑨ $\frac{\sin \alpha}{\sin(\alpha + \beta)}$ ⑩ $\frac{\sin \beta}{\sin(\alpha + \beta)}$ a $\frac{\cos \alpha}{\cos(\alpha + \beta)}$ b $\frac{\cos \beta}{\cos(\alpha + \beta)}$

12 の解答群

- ① $\frac{mg \sin \alpha}{2k \sin \beta}$ ② $\frac{mg \sin \beta}{2k \sin \alpha}$ ③ $\frac{mg \cos \alpha}{2k \cos \beta}$ ④ $\frac{mg \cos \beta}{2k \cos \alpha}$
 ⑤ $\frac{mg \sin \alpha}{2k \sin(\beta - \alpha)}$ ⑥ $\frac{mg \sin \beta}{2k \sin(\beta - \alpha)}$ ⑦ $\frac{mg \cos \alpha}{2k \cos(\beta - \alpha)}$ ⑧ $\frac{mg \cos \beta}{2k \cos(\beta - \alpha)}$
 ⑨ $\frac{mg \sin \alpha}{2k \sin(\alpha + \beta)}$ ⑩ $\frac{mg \sin \beta}{2k \sin(\alpha + \beta)}$ a $\frac{mg \cos \alpha}{2k \cos(\alpha + \beta)}$ b $\frac{mg \cos \beta}{2k \cos(\alpha + \beta)}$

(2) 次に、金属球 A と金属球 B を接触させてから、B を原点 O に固定した。接触後の A と B の電荷は、ともに $\boxed{13} \times q$ [C] となった。図 2 のように、B を原点 O に固定して、棒と鉛直線とのなす角が 2θ ($0^\circ < 2\theta < 90^\circ$) となるように A をおくと、A は静止したままであった。三角形 PAB は二等辺三角形なので、直線 AB と x 軸とのなす角は $\boxed{14} \times \theta$ となる。このとき、A にはたらく力のつり合いを考えると、A にはたらくクーロン力の大きさは m [kg] と g [m/s²] を用いて $\boxed{15} \times mg$ [N] と表され、棒が A におよぼす力の大きさは m [kg] と g [m/s²] を用いて $\boxed{16} \times mg$ [N] と表される。(1) と同様に考えると、 q^2 [C²] と AB 間の距離 d_2 [m] との関係は、

$$q^2 = \boxed{17} \times d_2^2 \quad (\text{b})$$

となることがわかる。 d_2 [m] は $d_2 = \boxed{18} \times l$ [m] と表される。

もし、 $\alpha = 30^\circ$ で $\beta = 60^\circ$ ならば、(a) 式と (b) 式から $\sin \theta = \boxed{19}$ であることがわかる。

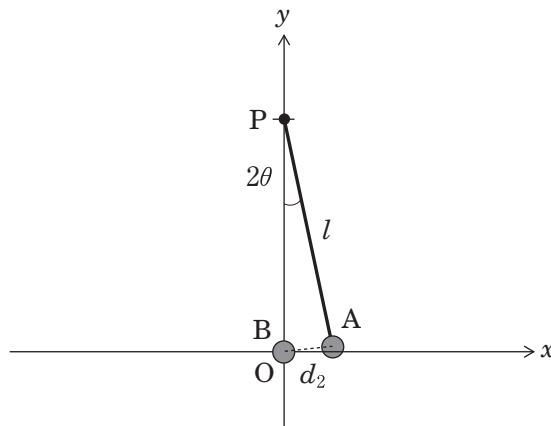


図 2

13 の解答群

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

14 の解答群

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

15 , 16 , 18 の解答群

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

17 の解答群

- ① $\frac{1}{k} mg \sin \theta$ ② $\frac{2}{k} mg \sin \theta$ ③ $\frac{3}{k} mg \sin \theta$ ④ $\frac{4}{k} mg \sin \theta$
 ⑤ $\frac{8}{k} mg \sin \theta$ ⑥ $\frac{1}{k} mg \sin^2 \theta$ ⑦ $\frac{2}{k} mg \sin^2 \theta$ ⑧ $\frac{3}{k} mg \sin^2 \theta$
 ⑨ $\frac{4}{k} mg \sin^2 \theta$ ⑩ $\frac{8}{k} mg \sin^2 \theta$

19 の解答群

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

Ⅲ ある媒質中で x 軸をとり、 x 軸上に沿って一定の速さ v [m/s] で連続して伝わる正弦波について考える。図 1 のように、 x 軸上の原点 O に波源 1 があり、波源 1 が出している正弦波 1 は x 軸の正の向きに速さ v [m/s] で進む減衰しない横波である。この波を x 軸上にある観測点で観測する。時刻 t [s] における波源 1 での媒質の変位 y [m] は

$$y = A \sin(at)$$

と表される。ただし、 A [m] と a [rad/s] は正の定数である。なお、波源 1 は、時刻 $t=0$ よりも十分以前から波を出し続けている。また、観測点での観測による波への影響は生じないものとする。



図 1

- (1) 時刻 t [s] ($t > 0$) における位置 x [m] ($x > 0$) での正弦波 1 の変位を、 y_1 [m] とする。原点の振動が位置 x [m] に伝わるまでにかかる時間 Δt [s] は、 $\Delta t = \frac{x}{v}$ [s] である。時刻 t [s] での位置 x [m] の正弦波 1 の変位 y_1 [m] は時刻 $t - \Delta t$ [s] での原点の変位と同じであるので、 y_1 [m] は

$$y_1 = A \sin \left(\boxed{20} \right)$$

である。

いま、観測点は点 P_1 ($x = L_1$ [m]) で静止しているとする。ただし、 L_1 [m] は正であり、正弦波の波長よりも十分大きいとする。この観測点で観測される波の周期 T_1 [s] は、 $T_1 = \boxed{21}$ [s] である。

20 の解答群

- | | | | |
|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------------|
| ① $at - \frac{x}{v}$ | ② $at - \frac{x}{v} + \pi$ | ③ $at + \frac{x}{v}$ | ④ $at + \frac{x}{v} + \pi$ |
| ⑤ $at - avx$ | ⑥ $at - avx + \pi$ | ⑦ $at + avx$ | ⑧ $at + avx + \pi$ |
| ⑨ $at - \frac{ax}{v}$ | ⑩ $at - \frac{ax}{v} + \pi$ | ㉑ $at + \frac{ax}{v}$ | ㉒ $at + \frac{ax}{v} + \pi$ |

21 の解答群

- | | | | | | |
|------------------|-----------------|-----------------|---------------------|-------------------|--------------------|
| ① $\frac{a}{2}$ | ② a | ③ $2a$ | ④ $\frac{\pi a}{2}$ | ⑤ πa | ⑥ $2\pi a$ |
| ⑦ $\frac{1}{2a}$ | ⑧ $\frac{1}{a}$ | ⑨ $\frac{2}{a}$ | ⑩ $\frac{\pi}{2a}$ | ㉑ $\frac{\pi}{a}$ | ㉒ $\frac{2\pi}{a}$ |

次に、図2のように点 P_1 にある観測点を $t=0$ より x 軸の正の方向に一定の速さ V [m/s] ($V < v$) で移動させた。



図 2

ある時刻 t [s] ($t > 0$) において、移動している観測点で観測した正弦波 1 の変位 y'_1 [m] は

$$y'_1 = A \sin \left\{ \left(\boxed{22} \right) at - \frac{aL_1}{v} \right\}$$

である。よって、移動している観測点で観測される波の周期は、 $\boxed{23} \times T_1$ [s] である。

$\boxed{22}$ と $\boxed{23}$ の解答群

① $\frac{v}{v-V}$

② $\frac{v}{v+V}$

③ $\frac{V}{v-V}$

④ $\frac{V}{v+V}$

⑤ $\frac{v-V}{v}$

⑥ $\frac{v+V}{v}$

⑦ $\frac{v-V}{V}$

⑧ $\frac{v+V}{V}$

(計算用紙)

(大問Ⅲ(2)は次ページから始まる)

- (2) 図3のように、原点 O にある波源1に加えて x 軸上の点 P_2 ($x=L_2$ [m]) に波源2をおいた。波源2が出している正弦波2は x 軸の負の向きに速さ v [m/s] で進む減衰しない横波であり、波源2は時刻 $t=0$ よりも十分以前から正弦波2を出し続けている。 L_2 [m] は正であり、正弦波1と正弦波2の波長よりも十分大きい。

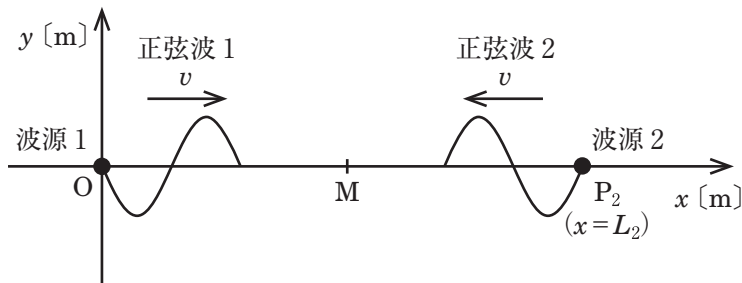


図3

時刻 t [s] ($t>0$) において、波源1の位置での正弦波1の媒質の変位と波源2の位置での正弦波2の媒質の変位は同じで $y=A\sin(at)$ と表される。これより、時刻 t [s] での位置 x [m] ($0<x<L_2$) の正弦波2の変位 y_2 [m] は

$$y_2 = A \sin \left(at + \boxed{24} \right)$$

である。

時刻 t [s] ($t>0$) での位置 x [m] ($0<x<L_2$) の正弦波1と正弦波2の合成波の変位 $y=y_1+y_2$ [m] は、正弦波1と正弦波2の振幅、周期および速さが等しいので、位置 x [m] を変数とする関数 $f(x)$ と時刻 t [s] を変数とする関数 $g(t)$ の積で、

$$y = 2A \times f(x) \times g(t)$$

と表すことができる。ここで、 $f(x) = \boxed{25}$, $g(t) = \boxed{26}$ である。よって、 OP_2 間で正弦波1と正弦波2が重なると、合成波はどちらにも進んでいないように見える定在波(定常波)となることがわかる。 OP_2 の中点を M ($x = \frac{L_2}{2}$ [m]) とすると、点 M では定在波の腹となり、点 M に最も近い節の位置は $x = \frac{L_2}{2} \pm \boxed{27}$ [m] である。なお、必要であれば次の三角関数の公式を用いてもよい。

$$\sin \alpha \pm \sin \beta = 2 \sin \frac{\alpha \pm \beta}{2} \cos \frac{\alpha \mp \beta}{2}$$

24 の解答群

- ① $\frac{ax}{v} - \frac{aL_2}{v}$ ② $\frac{ax}{v} + \frac{aL_2}{v}$ ③ $\frac{ax}{v} - avL_2$ ④ $\frac{ax}{v} + avL_2$
- ⑤ $avx - \frac{aL_2}{v}$ ⑥ $avx + \frac{aL_2}{v}$ ⑦ $avx - avL_2$ ⑧ $avx + avL_2$

25 の解答群

- ① $\sin(ax)$ ② $\sin\left(\frac{ax}{v}\right)$ ③ $\sin(avx)$
- ④ $\sin\left(ax - \frac{aL_2}{2v}\right)$ ⑤ $\sin\left(\frac{ax}{v} - \frac{aL_2}{2v}\right)$ ⑥ $\sin\left(avx - \frac{aL_2}{2v}\right)$
- ⑦ $\cos(ax)$ ⑧ $\cos\left(\frac{ax}{v}\right)$ ⑨ $\cos(avx)$
- ⑩ $\cos\left(ax - \frac{aL_2}{2v}\right)$ a $\cos\left(\frac{ax}{v} - \frac{aL_2}{2v}\right)$ b $\cos\left(avx - \frac{aL_2}{2v}\right)$

26 の解答群

- ① $\sin(at)$ ② $\sin\left(\frac{at}{v}\right)$ ③ $\sin(avt)$
- ④ $\sin\left(at - \frac{aL_2}{2v}\right)$ ⑤ $\sin\left(\frac{at}{v} - \frac{aL_2}{2v}\right)$ ⑥ $\sin\left(avt - \frac{aL_2}{2v}\right)$
- ⑦ $\cos(at)$ ⑧ $\cos\left(\frac{at}{v}\right)$ ⑨ $\cos(avt)$
- ⑩ $\cos\left(at - \frac{aL_2}{2v}\right)$ a $\cos\left(\frac{at}{v} - \frac{aL_2}{2v}\right)$ b $\cos\left(avt - \frac{aL_2}{2v}\right)$

27 の解答群

- ① $\frac{\pi a}{4v}$ ② $\frac{\pi a}{2v}$ ③ $\frac{\pi a}{v}$ ④ $\frac{2\pi a}{v}$
- ⑤ $\frac{\pi v}{4a}$ ⑥ $\frac{\pi v}{2a}$ ⑦ $\frac{\pi v}{a}$ ⑧ $\frac{2\pi v}{a}$

化 学

(解答番号 ~)

I 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。

(1) 圧力 P_1 [Pa]、体積 V_1 [L]、絶対温度 T_1 [K] の理想気体 A と、圧力 $2P_1$ [Pa]、体積 $\frac{V_1}{3}$ [L]、絶対温度 T_1 [K] の理想気体 B がある。A と B を体積 $3V_1$ [L] の一つの容器に入れて絶対温度を $2T_1$ [K] とすると、全圧は と表すことができる。ただし、A と B は化学反応しないものとする。

(2) 絶対温度 T_2 [K] での水の飽和蒸気圧を P_2 [Pa] とする。絶対温度 T_2 [K] でヘリウムと水蒸気を一つの容器に入れ、全圧を $2P_2$ [Pa] としたとき、水蒸気圧は $\frac{P_2}{4}$ [Pa] であった。これを温度一定のまま圧縮し、全圧を $6P_2$ [Pa] にした。全ての気体が理想気体としてふるまうものと仮定すると、圧縮後のヘリウムの分圧は である。この値は飽和蒸気圧より (ア) ため、実在気体として考えた場合、圧縮後の容器内に液体の水は (イ) と考えられる。(ア)、(イ) の正しい組み合わせは である。

(3) 圧力を P 、体積を V 、物質量を n 、気体定数を R 、絶対温度を T としたとき、理想気体では次の式で表される値 Z は常に 1 となる。

$$Z = \frac{PV}{nRT}$$

これに対して、実在気体では Z の値が 1 からずれる。この“ずれ”の大きさは、気体分子の性質、温度、圧力によって変化する。気体分子の性質に関しては、分子量が (ウ)、極性が (エ) 分子からなる気体は、分子間力が (オ) ため、 Z の値のずれが小さい。温度と圧力に関しては、(カ) 温では分子の熱運動が (キ) なるため、分子間

力が無視できるようになり、(ク) 圧では一定体積中の分子の数が (ケ)、分子自身の体積が無視できるようになる。したがって、実在気体でも (カ) 温・(ク) 圧の条件では Z の値のずれが小さい。(ウ), (エ), (オ) の正しい組み合わせは 4, (カ), (キ) の正しい組み合わせは 5, (ク), (ケ) の正しい組み合わせは 6 である。

(4) 温度一定のもとで理想気体の体積を小さくしていくと, 7 の法則に従って圧力が増加する。一方で, 温度一定のもとで実在気体の体積を小さくしていくとき, 体積と圧力の関係を示すグラフは 8 となる。グラフの A 点は実在気体ののはじめの体積と圧力を示し, そこから体積を小さくしていくと 7 の法則に従って圧力が増加し, 圧力が飽和蒸気圧に達すると凝縮が始まる。気体と液体が共存する間は気体の圧力は飽和蒸気圧のまま一定である。やがて全ての気体が液体に変わると, 体積をより小さくできなくなると考えられる。

解答群

1

- | | | | | |
|---------------------|--------------------|--------------------|---------------------|----------|
| ① $\frac{P_1}{9}$ | ② $\frac{P_1}{3}$ | ③ $\frac{2P_1}{3}$ | ④ $\frac{8P_1}{9}$ | ⑤ P_1 |
| ⑥ $\frac{10P_1}{9}$ | ⑦ $\frac{4P_1}{3}$ | ⑧ $\frac{5P_1}{3}$ | ⑨ $\frac{17P_1}{9}$ | ⑩ $2P_1$ |
| Ⓐ $\frac{19P_1}{9}$ | Ⓑ $\frac{7P_1}{3}$ | Ⓒ $\frac{8P_1}{3}$ | Ⓓ $\frac{26P_1}{9}$ | Ⓔ $3P_1$ |

2

- | | | | | |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| ① $\frac{P_2}{4}$ | ② $\frac{3P_2}{4}$ | ③ P_2 | ④ $\frac{5P_2}{4}$ | ⑤ $\frac{7P_2}{4}$ |
| ⑥ $2P_2$ | ⑦ $\frac{9P_2}{4}$ | ⑧ $\frac{11P_2}{4}$ | ⑨ $3P_2$ | ⑩ $\frac{13P_2}{4}$ |
| Ⓐ $\frac{15P_2}{4}$ | Ⓑ $4P_2$ | Ⓒ $\frac{17P_2}{4}$ | Ⓓ $\frac{19P_2}{4}$ | Ⓔ $5P_2$ |
| Ⓕ $\frac{21P_2}{4}$ | Ⓖ $\frac{23P_2}{4}$ | | | |

3

	(ア)	(イ)
①	大きい	存在する
②	大きい	存在しない
③	小さい	存在する
④	小さい	存在しない

4

	(ウ)	(エ)	(オ)
①	大きく	あ る	強 い
②	大きく	あ る	弱 い
③	大きく	な い	強 い
④	大きく	な い	弱 い
⑤	小さく	あ る	強 い
⑥	小さく	あ る	弱 い
⑦	小さく	な い	強 い
⑧	小さく	な い	弱 い

5

	(カ)	(キ)
①	高	激しく
②	高	穏やかに
③	低	激しく
④	低	穏やかに

6

	(ク)	(ケ)
①	高	増 え
②	高	減 り
③	低	増 え
④	低	減 り

7

① ヘンリー

② ルシャトリエ

③ ファントホッフ

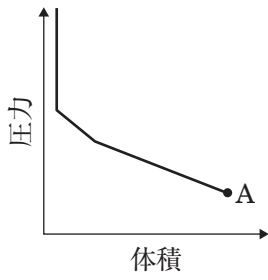
④ ファラデー

⑤ ヘ ス

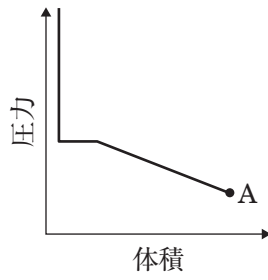
⑥ ボイル

⑦ シャルル

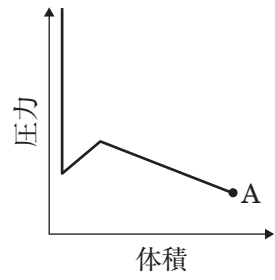
①



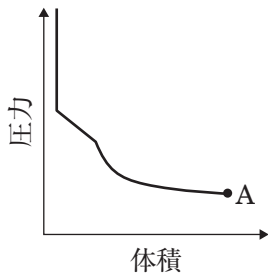
②



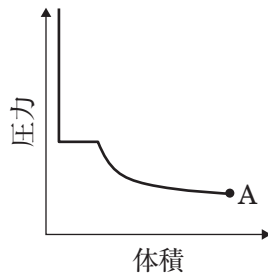
③



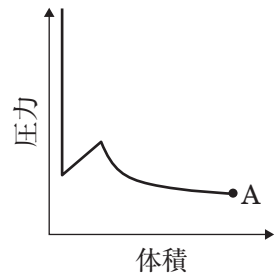
④



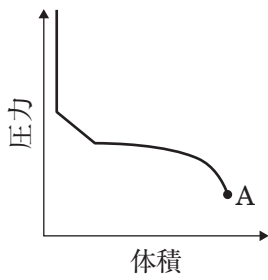
⑤



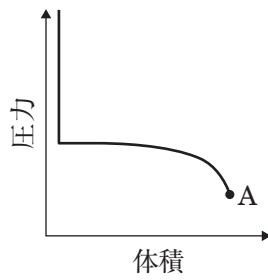
⑥



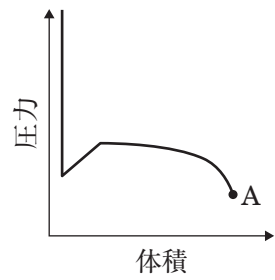
⑦



⑧



⑨



(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。ただし，同じものをくり返し選んでもよい。原子量は $H=1.0$ ， $C=12.0$ ， $O=16.0$ とする。 0°C ， $1.013\times 10^5\text{ Pa}$ で気体 1 mol が占める体積は 22.4 L とする。気体はすべて理想気体として扱う。

メタンハイドレートはメタン CH_4 と水 H_2O とからなる氷状の固体結晶である。高濃度にメタンを蓄える性質から，将来のエネルギー源として期待されている。メタンハイドレートの密度は 0.900 g/cm^3 とする。

- (1) メタンハイドレートの組成式を $4\text{CH}_4 \cdot 23\text{H}_2\text{O}$ とすると，式量は である。
- (2) メタンハイドレート 2.39 m^3 に含まれるメタンガスの 0°C ， $1.013\times 10^5\text{ Pa}$ における体積は m^3 である。
- (3) メタンハイドレート 2.39 m^3 をある体積の真空の密閉容器に入れ，十分な酸素で満たした。容器中のメタンハイドレートを完全燃焼させるのに必要な酸素の物質量は少なくとも mol と考えられる。
- (4) (3)の実験で完全燃焼させたとなると，容器内に存在する水 H_2O の物質量は mol と考えられる。
- (5) CH_4 (気)， CO_2 (気)， H_2O (液)の生成エンタルピーをそれぞれ -75 kJ/mol ， -394 kJ/mol ， -286 kJ/mol とすると CH_4 の燃焼エンタルピーは kJ/mol となる。水分子がつくる網目状構造にメタン分子が取り込まれてメタンハイドレート(固)が生成するときに発生する熱量を $Q\text{ [kJ/mol]}$ とすると，メタンハイドレートの燃焼エンタルピーは [kJ/mol] となる。

解答群

9

- ① 56 ② 123 ③ 227 ④ 362 ⑤ 478
⑥ 553 ⑦ 678 ⑧ 723 ⑨ 846 ⑩ 998

10

- ① 1.23×10^2 ② 2.56×10^2 ③ 3.41×10^2 ④ 4.03×10^2
⑤ 5.22×10^2 ⑥ 6.34×10^2 ⑦ 7.28×10^2 ⑧ 8.56×10^2
⑨ 9.21×10^2 ⑩ 1.01×10^3 ① 1.13×10^3 ② 1.23×10^3

11

- ① 1.56×10^4 ② 2.23×10^4 ③ 3.60×10^4 ④ 4.82×10^4
⑤ 5.56×10^4 ⑥ 6.34×10^4 ⑦ 7.78×10^4 ⑧ 8.88×10^4
⑨ 9.22×10^4 ⑩ 1.05×10^5 ① 1.13×10^5 ② 1.27×10^5

12

- ① 1.05×10^4 ② 2.76×10^4 ③ 3.64×10^4 ④ 4.43×10^4
⑤ 5.77×10^4 ⑥ 6.43×10^4 ⑦ 7.64×10^4 ⑧ 8.22×10^4
⑨ 9.83×10^4 ⑩ 1.40×10^5 ① 2.18×10^5 ② 3.81×10^5

13

- ① -176 ② -224 ③ -378 ④ -445 ⑤ -567
⑥ -652 ⑦ -782 ⑧ -891 ⑨ -972 ⑩ -1000
① -1154 ② -1243

14

- ① $Q - 1982$ ② $Q - 2263$ ③ $Q - 3564$ ④ $Q - 4762$
⑤ $Q - 5872$ ⑥ $Q - 6882$ ⑦ $Q - 7252$ ⑧ $Q - 8912$
⑨ $Q - 9322$ ⑩ $Q - 10023$ ① $Q - 11733$ ② $Q - 12887$

Ⅲ 次の 15 ～ 24 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。

次の反応で発生する10種類の気体 A～J を捕集して、その性質を調べた。ただし、気体は十分に乾燥しており、不純物は含まないものとする。

気体 A：炭酸カルシウムに希塩酸を加える。

気体 B：水酸化カルシウムと塩化アンモニウムを混ぜ合わせて加熱する。

気体 C：亜鉛に希硫酸を加える。

気体 D：塩化ナトリウムに濃硫酸を加えて加熱する。

気体 E：銅に希硝酸を加える。

気体 F：銅に濃硝酸を加える。

気体 G：銅に濃硫酸を加えて加熱する。

気体 H：塩素酸カリウムと酸化マンガン(Ⅳ)を混ぜ合わせて加熱する。

気体 I：酸化マンガン(Ⅳ)に濃塩酸を加えて加熱する。

気体 J：硫化鉄に希硫酸を加えて加熱する。

- (1) 15 は水によく溶け、空気よりも軽いので、上方置換が最適な捕集方法であった。
- (2) 気体 C、気体 H、16 は水に溶けにくいことから水上置換により捕集し、気体 A は水に少し溶けることから下方置換により捕集した。
- (3) 17 を石灰水に通じると、すぐに溶液が白濁した。
- (4) 18 は赤褐色の気体であり、温度を下げると色が薄くなった。
- (5) 19 にはソーダ石灰が最適な乾燥剤であり、濃硫酸や塩化カルシウムは乾燥剤として適さなかった。
- (6) 20 に濃アンモニア水をつけたガラス棒を近づけると、白煙を生じた。
- (7) 無色無臭の気体である 21 で満たした試験管に加熱した酸化銅(Ⅱ)を入れると、銅 Cu に還元された。
- (8) 22 を溶解した溶液に気体 G を通じると、溶液が白濁した。

(9) 気体 A～J のうち、触媒を用いた反応で生じたのは 23 である。

(10) 酸化還元反応を伴わない反応により生成した気体は気体 A, 気体 D, 気体 J,
24 である。

解答群

15 ～ 24

- | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|
| ① 気体 A | ② 気体 B | ③ 気体 C | ④ 気体 D | ⑤ 気体 E |
| ⑥ 気体 F | ⑦ 気体 G | ⑧ 気体 H | ⑨ 気体 I | ⑩ 気体 J |

Ⅳ 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。ただし、同じものをくり返し選んでもよい。原子量は $H=1.0$, $C=12.0$, $O=16.0$ とする。

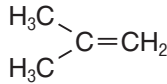
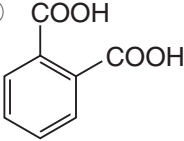
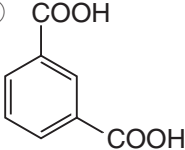
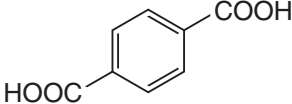
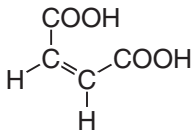
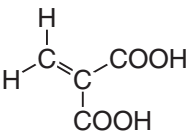
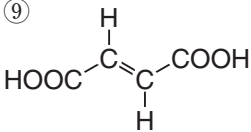
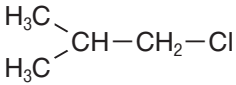
- (1) 分子中の炭素原子間に二重結合を 1 つもち、ほかはすべて単結合の鎖式炭化水素はアルケンとよばれ、炭素の数を n 個としたとき一般式 C_nH_{2n} ($n \geq 2$) で表すことができる。シス・トランス異性体を考慮すると、 C_4H_8 で表される鎖式アルケンには 種類の異性体が存在する。 C_4H_8 で表される鎖式アルケンである化合物 A は、シス・トランス異性体が存在するため、化合物 A は であるとわかる。 C_4H_8 で表される鎖式アルケンである化合物 B に塩化水素を付加させると、 に従い、不斉炭素原子をもつ化合物 D が主生成物として得られ、化合物 E が副生成物として少量得られた。また、化合物 B の二重結合を形成していた炭素原子間結合距離は、塩化水素の付加により 。化合物 B は , 化合物 D は である。化合物 D の鏡像異性体の生成比率は、特殊な触媒を用いなければ、ほぼ : 1 になる。
- (2) シクロヘキセンに臭素を付加させると、主生成物として化合物 F が得られる。化合物 F は、1 組の鏡像異性体からなる である。一方、化合物 F のジアステレオ異性体である化合物 G は、シクロヘキセンへの臭素の付加反応ではほとんど生じない。化合物 G は、不斉炭素原子をもつが鏡像異性体どうしが同一である である。
- (3) 炭素原子間に二重結合を 1 つ有する炭素原子、水素原子、酸素原子のみからなる化合物 H について調べた。化合物 H の元素分析を行ったところ、その組成は質量百分率で炭素 : 41.39%, 水素 : 3.47%, 酸素 : 55.14% であることがわかった。化合物 H はマレイン酸の構造異性体であるが、シス・トランス異性体が存在しない鎖式化合物である。したがって、化合物 H の分子式は , 構造は である。

解答群

25 , 31

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

26 , 29 , 30 , 35

- ① $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ ② $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$ ③ 
- ④  ⑤  ⑥ 
- ⑦  ⑧  ⑨ 
- ⑩ $\text{CH}_2(\text{Cl})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ ⑪ $\text{CH}_3-\underset{\text{Cl}}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ ⑫ 

27

- ① ヘンリーの法則 ② ザイツェフ則 ③ マルコフニコフ則

28

- ① 長くなる ② 短くなる ③ 変わらない

32

- ① 配糖体 ② ラセミ体 ③ 重合体 ④ 同族体

33

- ① 高分子化合物 ② 芳香族化合物 ③ アゾ化合物 ④ メソ化合物

34

- ① $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_2$ ② $\text{C}_3\text{H}_3\text{O}_3$ ③ $\text{C}_4\text{H}_3\text{O}_2$ ④ $\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4$ ⑤ $\text{C}_8\text{H}_6\text{O}_4$

生 物

(解答番号 ～)

I 有性生殖を行う動物の生殖と種分化に関する次の文章を読み、以下の各問いに答えよ。
答えは各問いの下の解答群から最も適当なものを選び、解答欄にマークせよ。

有性生殖を行う動物では、生殖のための特別な細胞である生殖細胞の減数分裂によっ
て、精子や卵と呼ばれる に染色体が分配される。雄と雌が交配することによ
(A)
(B) どうしが合体することで新たな染色体の組みあわせをもつ個体が誕生す
る。これらのプロセスは、個体ごとに多様な遺伝子の組みあわせと多様な形質を生じさ
せている。

生物の集団の間で交配できない、あるいは、交配しても生殖能力をもたない子が生じ
る状態を という。また、 により新しい種が生じることを種分化と
いう。集団が地理的に隔離された状態では、それぞれの集団に遺伝的な変化が蓄積し、
 につながることが多い。このようにして新たな種が生まれることを
種分化という。地理的な隔離がなくても が生じて種分化する例も知られてい
る。種分化には突然変異、自然選択、遺伝的浮動などの進化のしくみが大きな役割を果
(C)
たしている。

問1 文中の に当てはまるものをそれぞれ1つ選べ。ただし、同じ番号は同じものを示す。

1 ~ 3 に対する解答群

- | | | |
|---------|--------|---------|
| ① 異所的 | ② 同所的 | ③ 生殖的隔離 |
| ④ 競争的排除 | ⑤ 配偶子 | ⑥ 胞子 |
| ⑦ 接合子 | ⑧ 片利共生 | ⑨ 相利共生 |
| ⑩ 種間競争 | Ⓐ 種内競争 | Ⓑ 形質置換 |

問2 下線部（A）に関する次の文章を読み、以下の a， b の各問いに答えよ。

大部分の動物では、成長すると雄の精巣で精子が、雌の卵巣で卵がつくられる。雌では、細胞が発生初期に出現し、未分化な卵巣に入りやがて細胞になる。胎児期に卵巣内では細胞が体細胞分裂を繰り返して増殖する。その後、細胞は栄養分などを蓄えて大型の一次細胞になり減数分裂を行う。第一分裂では、一次細胞が不均等に分裂して、大きな二次細胞と小さな細胞である第一極体になる。続く第二分裂でも、二次細胞は不均等に分裂し、大きな卵と第二極体になる。なお、2種類の極体は後に消失する。

a. 文中のに当てはまるものをそれぞれ1つ選べ。ただし、同じ番号は同じものを示す。

～ に対する解答群

- | | | | |
|--------|------|------|------|
| ① 卵黄 | ② 卵母 | ③ 卵割 | ④ 卵原 |
| ⑤ 始原生殖 | ⑥ 反足 | ⑦ 中央 | ⑧ 雄原 |

b. 減数分裂第一分裂の文中の過程で起こる染色体の乗換えに関して、以下の問いに答えよ。

性染色体上にはない遺伝子 A と B , a と b がそれぞれ連鎖していても、第一分裂での染色体の乗換えにより Ab や aB のような遺伝子の組みあわせも生じる。遺伝子型が $AABB$ の雌と $aabb$ の雄を交配して得られた F_1 の雌と $aabb$ の雄を交配して得られた子の遺伝子型の出現比が $AaBb : Aabb : aaBb : aabb = 7 : 1 : 1 : 7$ であった。 F_1 の雌の卵巣内の第一分裂において、2つの遺伝子の中で染色体の乗換えが起こった細胞の数の割合(%)はいくらか。ただし、このとき2つの遺伝子の中で二重乗換えはなかったものとする。

乗換えが起こった細胞の数の割合： %

に対する解答群

- | | | | |
|------|------|--------|--------|
| ① 0 | ② 1 | ③ 6.25 | ④ 12.5 |
| ⑤ 25 | ⑥ 50 | ⑦ 75 | ⑧ 100 |

問3 下線部（B）に関する次の文章を読み、以下の a， b の各問いに答えよ。

有性生殖を行う動物には、性染色体の組みあわせによって性が決定されるものがある。ヒトの場合、性染色体には X 染色体と Y 染色体の 2 種類があり、女性は X 染色体を 2 本もち、男性は X 染色体と Y 染色体をそれぞれ 1 本ずつもっている。X 染色体と Y 染色体は形や大きさが異なるが、減数分裂の際に対合するため、お互いに 8 とみなされる。

a. 文中の に当てはまるものを 1 つ選べ。

8 に対する解答群

- ① 常染色体 ② 相同染色体 ③ 異数体 ④ 二価染色体

b. 性染色体上に存在する遺伝子の表現型に関する以下の文中の に当てはまる数値はどれか。1 つ選べ。

ヒトの X 染色体上には、色覚に関係する遺伝子があり、多くのヒトがもつ顕性の対立遺伝子 R に対して、赤と緑の色が識別しにくい赤緑色覚多様性の表現型をもたらす潜性の対立遺伝子 r が一定の頻度で集団中に存在する。男性では、 r をもつ X 染色体を母親から受け取ると、Y 染色体上にはこの遺伝子が存在しないため、必ず赤緑色覚多様性の表現型が現れる。ある集団の男性で 36 人に 1 人の割合で赤緑色覚多様性の表現型が現れる場合、同じ集団の女性には、9 人に 1 人の割合でその表現型が現れることになる。

9 に対する解答群

- ① 3 ② 6 ③ 12 ④ 18
⑤ 36 ⑥ 72 ⑦ 108 ⑧ 216
⑨ 324 ⑩ 432 ① 648 ② 1296

問4 下線部(C)に関して、次の記述のうち正しいものはどれか。正しい記述をすべて含む組み合わせを1つ選べ。

10

ア. 集団が小さくなると、遺伝的浮動の影響は大きくなりやすい。

イ. DNAの塩基配列やタンパク質のアミノ酸配列の変化はすべて、その個体に作用する自然選択に対して影響を及ぼす。

ウ. 個体がある場の環境でどれだけ生き残れるかを表す尺度を、適応度という。

エ. 体細胞に生じた突然変異は、次世代に受け継がれない。

10 に対する解答群

- | | | | |
|---------|---------|-----------|---------|
| ① アのみ | ② イのみ | ③ ウのみ | ④ エのみ |
| ⑤ アとイ | ⑥ アとウ | ⑦ アとエ | ⑧ イとウ |
| ⑨ イとエ | ⑩ ウとエ | Ⓐ アとイとウ | Ⓑ アとイとエ |
| Ⓒ アとウとエ | Ⓓ イとウとエ | Ⓔ アとイとウとエ | |

Ⅱ 細胞を構成する物質とその代謝に関する次の文章を読み、以下の各問いに答えよ。答えは各問いの下解答群から最も適当なものを選び、解答欄にマークせよ。

(A) 細胞を構成している物質は、多くの生物で共通している。それらの物質には、炭水化物、核酸、脂質、タンパク質などの有機物と、ナトリウム、カリウムなどの無機塩類と、水が含まれている。炭水化物は、主に生命活動のエネルギー源になる。核酸は、遺伝情報(B)を担っている。脂質は、エネルギー源や細胞に欠かせない構成成分となる。タンパク質は、非常に多くの種類があり、細胞への物質の出入りを調節したり、酵素として生体の化学反応を促進したりする。このように、これらの有機物がもつ特徴やはたらきが、細胞の構造や機能において重要な役割を果たしている。

原核細胞や真核細胞の細胞膜と、真核細胞で発達している細胞小器官の膜は、基本的に同じ構造をしており、これらの膜をまとめて 11 という。細胞は、 11 によって細胞の内部が外部から隔てられており、さらに真核細胞では小胞体やゴルジ体などの細胞小器官の内部に、 11 によってサイトゾル（細胞質基質）から隔てられた空間が作られている。

11 は、 12 と呼ばれる分子が多数集まってできている。12 は、分子内に水に馴染みやすい親水性の部分と水に馴染みにくい疎水性の部分がある。

11 においては、 12 分子は疎水性の部分が膜の 13 側に、親水性の部分が膜の 14 側に向いた状態で 15 層に並んだ膜構造を形成する。このように 11 は水を通しにくくなっており、水を主成分とする細胞の内側と外側の環境を仕切ることができる。

問1 文中の に当てはまるものをそれぞれ1つ選べ。ただし、同じ番号は同じものを示す。

11 , 12 に対する解答群

- | | | |
|----------|--------|----------|
| ① コルチコイド | ② リン脂質 | ③ ホルモン |
| ④ グルコース | ⑤ チャネル | ⑥ アドレナリン |
| ⑦ 脂 肪 | ⑧ 角 膜 | ⑨ 核 膜 |
| ⑩ 生体膜 | ⑪ 網 膜 | |

13 , 14 に対する解答群

- | | |
|-----|-----|
| ① 内 | ② 外 |
|-----|-----|

15 に対する解答群

- | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| ① 1 | ② 2 | ③ 3 | ④ 4 | ⑤ 5 |
|-----|-----|-----|-----|-----|

問2 下線部（A）に関して，以下のa，bの各問いに答えよ。

- a. 図1は動物細胞において，細胞を構成する物質を示したものである。図中に示す物質ア～エの組み合わせとして正しいものはどれか。正しい組み合わせを1つ選べ。

16

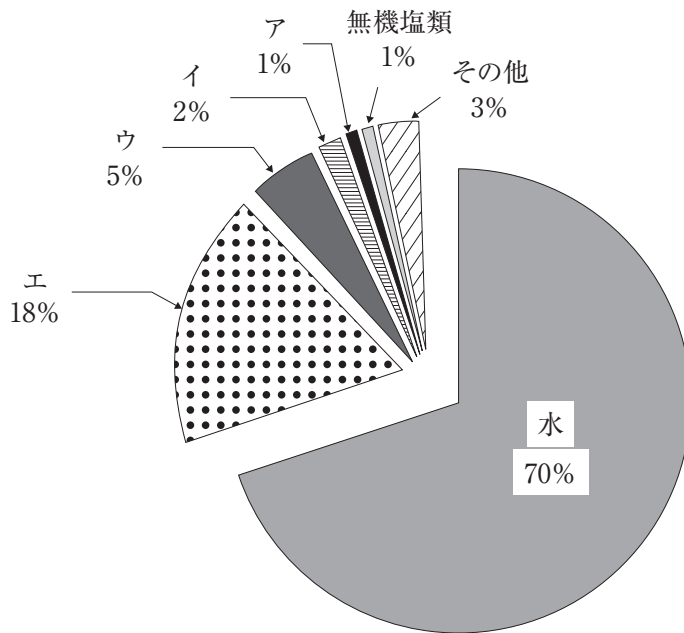


図1 細胞を構成する物質の割合

	ア	イ	ウ	エ
①	脂 質	タンパク質	炭水化物	核 酸
②	脂 質	タンパク質	核 酸	炭水化物
③	脂 質	炭水化物	タンパク質	核 酸
④	脂 質	炭水化物	核 酸	タンパク質
⑤	脂 質	核 酸	タンパク質	炭水化物
⑥	脂 質	核 酸	炭水化物	タンパク質
⑦	炭水化物	タンパク質	脂 質	核 酸
⑧	炭水化物	タンパク質	核 酸	脂 質
⑨	炭水化物	脂 質	タンパク質	核 酸
⑩	炭水化物	脂 質	核 酸	タンパク質
㉑	炭水化物	核 酸	タンパク質	脂 質
㉒	炭水化物	核 酸	脂 質	タンパク質
㉓	核 酸	タンパク質	脂 質	炭水化物
㉔	核 酸	タンパク質	炭水化物	脂 質
㉕	核 酸	脂 質	タンパク質	炭水化物
㉖	核 酸	脂 質	炭水化物	タンパク質
㉗	核 酸	炭水化物	タンパク質	脂 質
㉘	核 酸	炭水化物	脂 質	タンパク質

- b. 表は、細胞を構成する物質と代表的な構成元素を示したものである。表中に示す物質あ～えに該当する物質の組み合わせとして正しいものはどれか。正しい組み合わせを1つ選べ。

17

表 細胞を構成する物質と構成元素

物質	構成元素
あ	C, H, O
い	C, H, O, P
う	C, H, O, N, P
え	C, H, O, N, S

	あ	い	う	え
①	脂 質	タンパク質	炭水化物	核 酸
②	脂 質	タンパク質	核 酸	炭水化物
③	脂 質	炭水化物	タンパク質	核 酸
④	脂 質	炭水化物	核 酸	タンパク質
⑤	脂 質	核 酸	タンパク質	炭水化物
⑥	脂 質	核 酸	炭水化物	タンパク質
⑦	炭水化物	タンパク質	脂 質	核 酸
⑧	炭水化物	タンパク質	核 酸	脂 質
⑨	炭水化物	脂 質	タンパク質	核 酸
⑩	炭水化物	脂 質	核 酸	タンパク質
㉑	炭水化物	核 酸	タンパク質	脂 質
㉒	炭水化物	核 酸	脂 質	タンパク質
㉓	タンパク質	脂 質	炭水化物	核 酸
㉔	タンパク質	脂 質	核 酸	炭水化物
㉕	タンパク質	炭水化物	脂 質	核 酸
㉖	タンパク質	炭水化物	核 酸	脂 質
㉗	タンパク質	核 酸	脂 質	炭水化物
㉘	タンパク質	核 酸	炭水化物	脂 質

問3 下線部（B）に関する次の文章を読み、以下の a, b の各問いに答えよ。

生物は炭水化物などの有機物の分解にともなって放出されるエネルギーを用いて ATP を合成し、さまざまな生命活動を営んでいる。図2は、ATP が合成される過程の概略を示したものである。なお、図2中の の前の数字は、係数をあらわす。

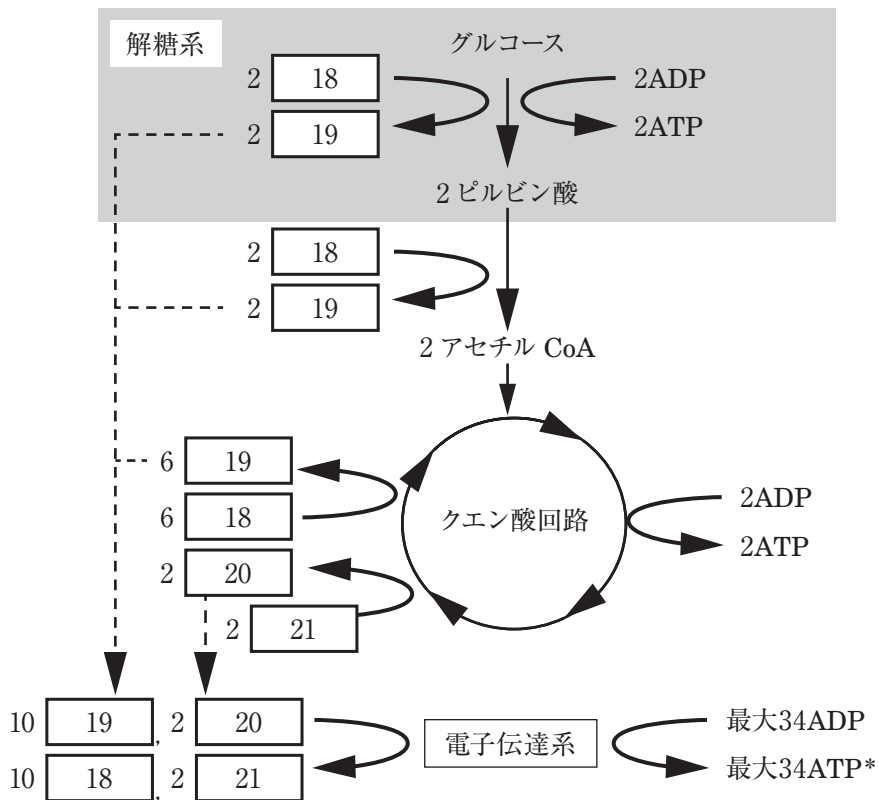


図2 ATP 合成に関わる物質の移動の模式図

*かつては、理論的に最大34分子の ATP が生じるとされていた。しかし研究が進むにつれ、実際に生じる ATP は34分子よりも少なく、26～28 分子となることがわかってきた。

a. 図2中の に当てはまるものをそれぞれ1つ選べ。ただし、同じ番号は同じものを示す。

18 ～ 21 に対する解答群

- | | | |
|---------------------|----------|-------------------|
| ① リンゴ酸 | ② オキサロ酢酸 | ③ コハク酸 |
| ④ α -ケトグルタル酸 | ⑤ FAD | ⑥ FADH_2 |
| ⑦ 乳酸 | ⑧ 酢酸 | ⑨ NADH |
| ⑩ NAD^+ | | |

b. グルコースを基質とする解糖系において、行われる反応に関する記述として正しいものはどれか。正しい記述をすべて含む組みあわせを1つ選べ。 22

ア. ATP を合成する反応だけでなく、ATP を消費する反応もおこる。

イ. 脱水素反応がおこる。

ウ. ATP 合成酵素による ATP 合成反応がおこる。

エ. この反応経路では酸素 (O_2) は必要としない。

22 に対する解答群

- | | | | |
|---------|---------|-----------|---------|
| ① アのみ | ② イのみ | ③ ウのみ | ④ エのみ |
| ⑤ アとイ | ⑥ アとウ | ⑦ アとエ | ⑧ イとウ |
| ⑨ イとエ | ⑩ ウとエ | Ⓐ アとイとウ | Ⓑ アとイとエ |
| Ⓒ アとウとエ | Ⓓ イとウとエ | Ⓔ アとイとウとエ | |

Ⅲ 発芽の調節と花芽の形成に関する次の文章を読み、以下の各問いに答えよ。答えは各問いの下解答群から最も適当なものを選び、解答欄にマークせよ。

休眠状態の種子は発芽する能力を保持して、発芽のタイミングをまっている。水、適切な温度、および酸素は種子の発芽の前提条件として必須である。植物によっては、光も発芽を調節する重要な環境要因となっている。他の植物によって光がさえぎられる環境では、他の植物の葉に大部分の光が吸収され、相対的に 色光の割合が高くなり、光発芽種子の発芽は抑制される。環境要因のなかでも、いくつかの光受容体が光の感知にはたっていることが明らかになっている。たとえば、ダイコンの芽生えに側面から青色光を当てると茎は光源に向かって屈曲する。植物が刺激の方向に対して一定の方向に屈曲する性質を、屈性という。

花芽の形成には、明期の長さ（日長）ではなく連続した暗期の長さが影響している。
 植物では、連続暗期の長さが一定以上になると花芽が形成され、 植物では、連続暗期の長さが一定以下になると花芽が形成される。連続した暗期の長さを感じた葉がフロリゲンをつくり、これが を通って へ移動し、花芽の形成を誘導すると考えられている。また、シロイヌナズナでは、植物ホルモンで あるジベレリンが増えることも花芽の形成に関わる。

問1 文中の に当てはまるものをそれぞれ1つ選べ。

23 に対する解答群

- ① 青 ② 緑 ③ 赤 ④ 遠 赤

24 , 25 に対する解答群

- ① 短 日 ② 長 日

26 , 27 に対する解答群

- ① 篩 管 ② 道 管 ③ 根 冠 ④ 形成層
⑤ 茎頂分裂組織 ⑥ 根端分裂組織 ⑦ 胚 乳

問2 下線部（A）に関する次の文章を読み、以下の実験1・2の各問いに答えよ。

図に示すように、外皮を取り除いたイネの種子から胚を含む半種子（ア）と胚を含まない半種子（イ）を用意した。さらに、外皮と糊粉層^{こふんそう}を取り除いた種子から胚を含む半種子（ウ）と胚を含まない半種子（エ）を用意した。その後、種子の発芽機構を調べるために次の実験1と2を行った。

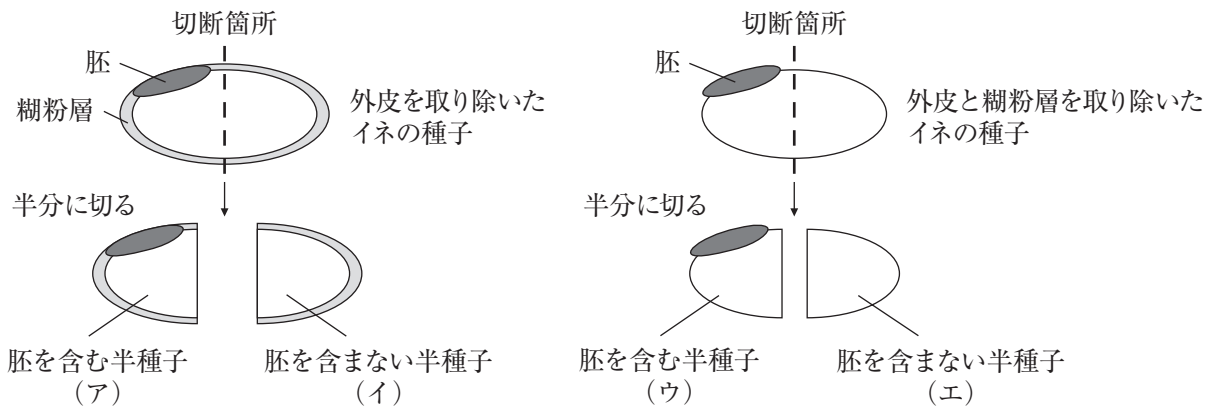


図 イネの半種子の作製

実験1

半種子（ア）～（エ）の切断面を下にして水を寒天で固めた培地（以下、寒天培地）に置き、その直後とふたをして室温で3日間培養した各半種子内の貯蔵デンプンの含有量を測定した。この時、寒天培地に置いた直後の半種子より貯蔵デンプンの含有量が減少した半種子（ア）～（エ）はどれか。正しいものをすべて含む組み合わせを1つ選べ。ただし、種子を半分に切る作業は半種子内のアミラーゼ活性や貯蔵デンプン含有量に影響を与えないものとする。

28

28 に対する解答群

- | | | | |
|---------|---------|-----------|---------|
| ① アのみ | ② イのみ | ③ ウのみ | ④ エのみ |
| ⑤ アとイ | ⑥ アとウ | ⑦ アとエ | ⑧ イとウ |
| ⑨ イとエ | ⑩ ウとエ | Ⓐ アとイとウ | Ⓑ アとイとエ |
| Ⓒ アとウとエ | Ⓓ イとウとエ | Ⓔ アとイとウとエ | |

実験2

半種子（ア）～（エ）の切断面を下にしてデンプンとジベレリンの入った寒天培地に置き、ふたをして室温で3日間培養した。3日後に半種子を取り除き、デンプンとジベレリンの入った寒天培地上にヨウ素溶液を霧吹きで吹きかけて、寒天培地上の半種子の切断面が接していた場所でヨウ素デンプン反応が起こるかを観察した。半種子の切断面が接していた場所が青紫色に呈色する半種子（ア）～（エ）として、正しいものはどれか。正しいものをすべて含む組みあわせを1つ選べ。ただし、半種子内でアミラーゼが合成された場合、その半種子の切断面が接している寒天培地のデンプンはすべて分解されるものとする。また、デンプンはヨウ素液で青紫色に呈色し、デンプンが分解された部分は呈色しない。

29

29 に対する解答群

- | | | | |
|---------|---------|-----------|---------|
| ① アのみ | ② イのみ | ③ ウのみ | ④ エのみ |
| ⑤ アとイ | ⑥ アとウ | ⑦ アとエ | ⑧ イとウ |
| ⑨ イとエ | ⑩ ウとエ | Ⓐ アとイとウ | Ⓑ アとイとエ |
| Ⓒ アとウとエ | Ⓓ イとウとエ | Ⓔ アとイとウとエ | |

問3 下線部（B）に関する次の記述のうち、正しいものはどれか。正しい記述をすべて含む組み合わせを1つ選べ。

30

ア．フォトリボリンは、750 nm 付近の波長の光を受容する。

イ．クリプトクロムは、茎の成長抑制に関与する。

ウ．フィトクロムは、花芽の形成を制御する。

エ．フォトリボリンは、気孔の開口に関与する。

30 に対する解答群

- | | | | |
|---------|---------|-----------|---------|
| ① アのみ | ② イのみ | ③ ウのみ | ④ エのみ |
| ⑤ アとイ | ⑥ アとウ | ⑦ アとエ | ⑧ イとウ |
| ⑨ イとエ | ⑩ ウとエ | Ⓐ アとイとウ | Ⓑ アとイとエ |
| Ⓒ アとウとエ | Ⓓ イとウとエ | Ⓔ アとイとウとエ | |

問4 次の記述のうち、下線部（C）に当てはまるものはどれか。正しい記述をすべて含む組みあわせを1つ選べ。

31

ア. マカラスムギの根は、重力の方向に伸びる。

イ. キュウリの巻きひげが支柱に接触すると、巻きひげは支柱に巻き付く。

ウ. 手でオジギソウの葉に触れると、葉が閉じる。

エ. 温度が高くなると、チューリップの花が開く。

31 に対する解答群

- | | | | |
|---------|---------|-----------|---------|
| ① アのみ | ② イのみ | ③ ウのみ | ④ エのみ |
| ⑤ アとイ | ⑥ アとウ | ⑦ アとエ | ⑧ イとウ |
| ⑨ イとエ | ⑩ ウとエ | Ⓐ アとイとウ | Ⓑ アとイとエ |
| Ⓒ アとウとエ | Ⓓ イとウとエ | Ⓔ アとイとウとエ | |

問5 下線部（D）に関する次の記述のうち、正しいものはどれか。正しい記述をすべて含む組み合わせを1つ選べ。

32

ア．ジベレリンは、受粉していないブドウの胚珠の成長を促す。

イ．エチレンは、リンゴの果実の成熟を促す。

ウ．アブシシン酸は、乾燥状態におかれた葉の気孔の閉鎖を促す。

エ．エチレンは、落葉を抑制する。

32 に対する解答群

- | | | | |
|---------|---------|-----------|---------|
| ① アのみ | ② イのみ | ③ ウのみ | ④ エのみ |
| ⑤ アとイ | ⑥ アとウ | ⑦ アとエ | ⑧ イとウ |
| ⑨ イとエ | ⑩ ウとエ | ㉑ アとイとウ | ㉒ アとイとエ |
| ㉓ アとウとエ | ㉔ イとウとエ | ㉕ アとイとウとエ | |

Ⅳ 遺伝子を扱う技術とその応用に関する次の文章を読み、以下の各問いに答えよ。答えは各問いの下の解答群から最も適当なものを選び、解答欄にマークせよ。

細胞や遺伝子を操作し、生物の機能を利用する技術は、バイオテクノロジーと呼ばれ
(A)
る。このうち、ある生物の特定の遺伝子を含む DNA 断片を別の生物の DNA に人工的に組み込む技術は、遺伝子組換え技術と呼ばれる。たとえば、酵母や大腸菌にヒトのインスリンを生産させる場合、まず、ヒトのインスリン遺伝子を含む DNA とプラスミドを同じ種類の で切断して混合し、そこに、 を作用させると、DNA 断片どうしが連結し、ヒトのインスリン遺伝子を含むプラスミドができる。その後、このプラスミドを酵母や大腸菌に形質転換し、ヒトのインスリン遺伝子の発現を誘導することで、ヒトのインスリンが得られる。

DNA の塩基配列に存在する遺伝情報を解析する際には、解析したい目的の DNA を
(B) 増幅する技術や、目的の DNA を大きさごとに分離する技術が利用される。これらの技術は、DNA の塩基配列を解析するサンガー法に应用されている。サンガー法では、DNA 断片を増幅する際に、塩基ごとに異なる蛍光色素をつけた を少量加える。 は、DNA に取り込まれるが、次の伸長反応がおこらない。そのため、 がランダムに DNA に取り込まれることで、さまざまな大きさの DNA 断片ができる。緩衝液中でウェル（寒天ゲルの穴）に DNA 断片を入れて電圧をかけると DNA 断片が 方向に移動する性質を利用した電気泳動法により、DNA 断片を大きさごとに分離する。電気泳動したあと、順番に並んだ DNA 断片の末端に結合させた蛍光色素の種類を順に読み取ることで、塩基配列を決定したい 1 本鎖の DNA の塩基配列がわかる。

遺伝子を扱う技術は、個体の識別にも利用されている。同一の種であっても、ゲノム DNA の配列には個体差があり、これを判別する方法は DNA 型鑑定と呼ばれる。
(D)

問1 文中の に当てはまるものをそれぞれ1つ選べ。ただし、同じ番号は同じものを示す。

33 , 34 に対する解答群

- | | | |
|------------|--------------|-------------|
| ① アクアポリン | ② ATP 合成酵素 | ③ 化学合成 |
| ④ リソソーム | ⑤ cDNA | ⑥ 制限酵素 |
| ⑦ アセチル CoA | ⑧ テロメラーゼ | ⑨ DNA ヘリカーゼ |
| ⑩ DNA リガーゼ | ⑪ RNA ポリメラーゼ | |

35 に対する解答群

- | | | |
|---------|--------|---------------------|
| ① ペプチド | ② ケラチン | ③ デオキシリボヌクレオチド三リン酸 |
| ④ メチオニン | ⑤ ストロマ | ⑥ ジデオキシリボヌクレオチド三リン酸 |

36 に対する解答群

- | | |
|-------|-------|
| ① 陰 極 | ② 陽 極 |
|-------|-------|

問2 下線部（A）に関する次の記述のうち、正しいものはどれか。正しい記述をすべて含む組み合わせを1つ選べ。

37

ア. その生物にはない外来遺伝子を導入した生物を，トランスジェニック生物という。

イ. ゲノム編集技術には，Cas 9 と呼ばれる DNA 合成酵素が利用される。

ウ. iPS 細胞は，体細胞からつくられる。

エ. 遺伝子組換え植物をつくる際に，真菌であるアグロバクテリウムが利用される。

37 に対する解答群

- | | | | |
|---------|---------|-----------|---------|
| ① アのみ | ② イのみ | ③ ウのみ | ④ エのみ |
| ⑤ アとイ | ⑥ アとウ | ⑦ アとエ | ⑧ イとウ |
| ⑨ イとエ | ⑩ ウとエ | ㉑ アとイとウ | ㉒ アとイとエ |
| ㉓ アとウとエ | ㉔ イとウとエ | ㉕ アとイとウとエ | |

問3 下線部（B）に関連する次の記述のうち、正しいものはどれか。正しい記述をすべて含む組み合わせを1つ選べ。

38

- ア. ヒトのゲノムのうち、タンパク質に翻訳される部分は約20%である。
- イ. 環境中の微生物群を培養することなく、微生物群の遺伝子情報をまとめて解析する手法をメタゲノム解析という。
- ウ. DNA 上の塩基配列の特定の位置で、同じ種の個体間で1塩基対の置換が見られるとき、これを一塩基多型（SNP）という。
- エ. 個体ごとの遺伝子の転写量の違いを解析し、病気の原因やリスクを調べることを遺伝子診断という。

38 に対する解答群

- | | | | |
|---------|---------|-----------|---------|
| ① アのみ | ② イのみ | ③ ウのみ | ④ エのみ |
| ⑤ アとイ | ⑥ アとウ | ⑦ アとエ | ⑧ イとウ |
| ⑨ イとエ | ⑩ ウとエ | Ⓐ アとイとウ | Ⓑ アとイとエ |
| Ⓒ アとウとエ | Ⓓ イとウとエ | Ⓔ アとイとウとエ | |

問4 下線部（C）に関する次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

PCR法は、わずかなDNAをもとに同じ塩基配列をもつDNA断片を大量に複製する方法である。PCR法の原理（図1）は次のようなものである。

もととなるDNAを ℃に加熱すると2本鎖のDNAの相補的な塩基どうしの水素結合が切れて、DNAは1本鎖になる。 ℃にすると、プライマー（短い1本鎖のDNA）が鋳型DNAの相補的な配列に結合する。プライマーは新生鎖が伸長を開始する起点となる。 ℃にして、耐熱性のポリメラーゼをはたらかせると、それぞれの1本鎖のDNAが鋳型となり、A、T、G、Cの塩基をもつ4種類のヌクレオチドを材料にして2本鎖のDNAが増幅される。これらの操作を繰り返すことで、プライマーが結合する部分に挟まれた領域が増幅される。これらの操作のサイクルを4回繰り返すと2本鎖のDNAは理論上 倍に増幅される。また、そのうち、増幅したい領域だけからなる2本鎖のDNAは %になる。

文中および図1中の に当てはまるものをそれぞれ1つ選べ。ただし、同じ番号は同じものを示す。

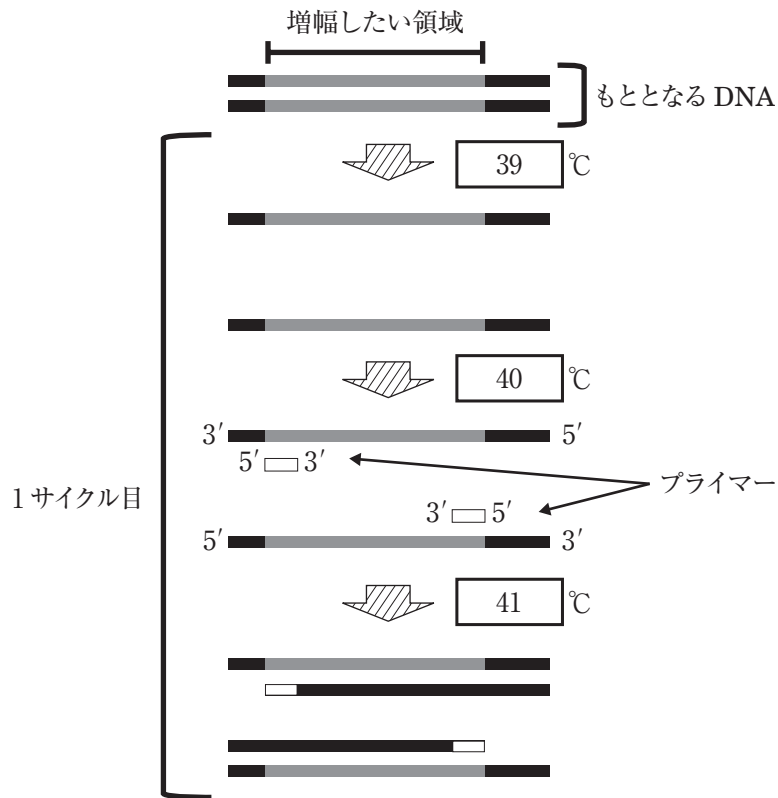


図1 PCR 法の原理

39 ~ 41 に対する解答群

- | | | |
|-----------|-----------|-----------|
| ① 0 ~ 10 | ② 28 ~ 32 | ③ 32 ~ 38 |
| ④ 50 ~ 60 | ⑤ 68 ~ 72 | ⑥ 92 ~ 98 |

42 に対する解答群

- | | | | | |
|----------|----------|----------|----------|----------|
| ① 4 | ② 8 | ③ 16 | ④ 32 | ⑤ 10^2 |
| ⑥ 10^3 | ⑦ 10^4 | ⑧ 10^5 | ⑨ 10^6 | |

43 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 | |

問5 下線部（D）に関する次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

DNA 型鑑定の 1 つに、真核生物のゲノムに存在する塩基配列が繰り返されている領域（反復配列）を調べるものがある。反復配列はゲノム中に複数存在し、各反復配列中の塩基配列の反復回数には多様性がある。この反復配列をマイクロサテライトという。各個体の相同染色体の同じ位置に存在するマイクロサテライトの塩基配列の繰り返し数は多様であるため、親子鑑定などに利用されている。

複数のマウスから DNA を抽出し、ある遺伝子座に存在するマイクロサテライトの領域を PCR 法にて増幅した後、その増幅産物の DNA 断片の長さを電気泳動で検出した。図 2 は増幅された DNA 断片の泳動位置を示している。オス A とメス B の交配で産まれたマウスとして正しいものはア～エのどれか。正しいものをすべて含む組みあわせを 1 つ選べ。ただし、図中の黒い線は DNA 断片のバンドを示す。また、このマイクロサテライトの領域には、突然変異は生じないものとする。

44

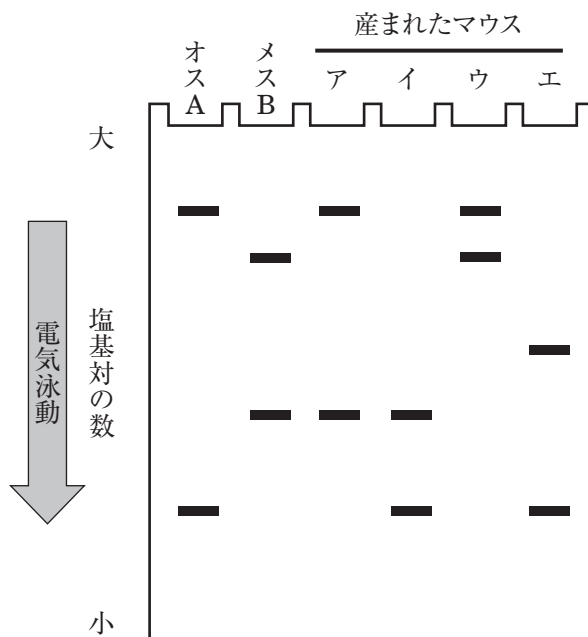


図2 電気泳動の結果

44 に対する解答群

- | | | | |
|---------|---------|-----------|---------|
| ① アのみ | ② イのみ | ③ ウのみ | ④ エのみ |
| ⑤ アとイ | ⑥ アとウ | ⑦ アとエ | ⑧ イとウ |
| ⑨ イとエ | ⑩ ウとエ | ㉐ アとイとウ | ㉑ アとイとエ |
| ㉒ アとウとエ | ㉓ イとウとエ | ㉔ アとイとウとエ | |