

物 理

以下の 1 から 32 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、同じものをくりかえし選んでもよい。数値を選ぶ場合は最も近い値を選ぶものとする。

- I ブランコの運動を考えよう。図1（左）のように、人はブランコの台座に両足を乗せ、ブランコの運動中に台座の上で立ったりしゃがんだりできる。図1（右）のように、ブランコの台座と支点Oをつなぐ鎖の長さは L に等しく、鎖と台座の質量や台座の大きさは無視でき、人は質量 m の質点Aで表せるものとする。支点Oの鉛直下方で人の乗っていない状態におけるブランコの最下点をBとし、水平面から測ったBの高さを h とする。位置エネルギーの基準点を水平面にとり、重力加速度の大きさを g とする。ブランコの振れ角 $\angle BOA$ を θ とし、Oを中心として反時計回りを正とする。以下Aの運動において $|\theta|$ は十分に小さいものとする。必要であれば $\sin\theta \doteq \theta$ 、 $\cos\theta \doteq 1 - \frac{\theta^2}{2}$ の関係式や、 $|x|$ が1より十分小さい数のとき、 $(1+x)^{-1} \doteq 1-x$ 、 $\sqrt{1+x} \doteq 1+x/2$ が成立することをを用いても良い。ただし、空気抵抗の効果は無視でき、鎖はたるまないものとする。

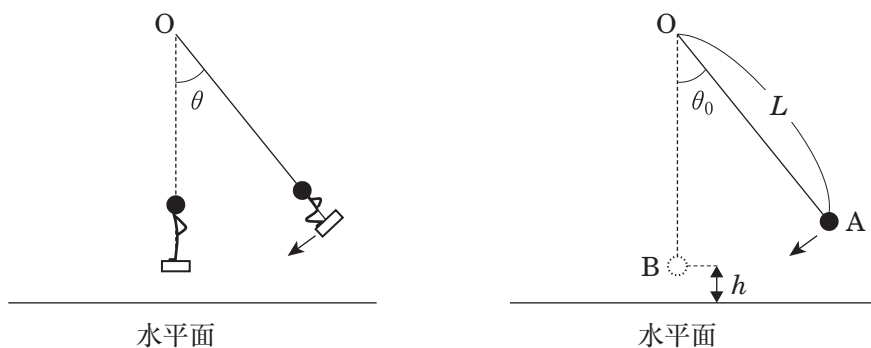


図1

過程1：

質量 m の人が振れ角 $\theta = \theta_0$ (>0)の台座にしゃがんで乗り、時刻 $t=0$ のとき、初速ゼロ ($\dot{\theta} = 0$) で運動をはじめた。このときOAの長さが L であるとすると、 $t=0$ にお

ける鎖の張力の大きさは 1 である。また、 θ_0 が 1 より十分小さいことを考えると、振れ角 θ_0 における A の位置エネルギーは、近似的に $mg \times \left(\text{2} \right)$ と表される。

1 の解答群

- | | | | |
|----------------------|----------------------|------------------|------------------|
| ① $mg \cos \theta_0$ | ② $mg \sin \theta_0$ | ③ $\frac{mg}{2}$ | ④ $2mg$ |
| ⑤ $mg \tan \theta_0$ | ⑥ $mg\theta_0^2$ | ⑦ $mg\theta_0^3$ | ⑧ $mg\theta_0^4$ |

2 の解答群

- | | | |
|---------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| ① L | ② $h + \frac{1}{2}L\theta_0$ | ③ $h - \frac{1}{2}L\theta_0$ |
| ④ $h + L$ | ⑤ $h - L$ | ⑥ $h + L\theta_0^2$ |
| ⑦ $h - L\theta_0^2$ | ⑧ $h + \frac{1}{2}L\theta_0^2$ | ⑨ $h - \frac{1}{2}L\theta_0^2$ |

運動をはじめてから A が B にはじめて到達する時刻を t_1 とすると $t_1 = \text{3}$ であり、そのときの A の速さ v_1 の 2 乗は $(v_1)^2 = \text{4}$ と表せる。ただし、B に到達するまでの間、人は台座上でしゃがんだままであったものとする。これらを過程 1 とする。

3 の解答群

- | | | | |
|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| ① $\pi \sqrt{\frac{g}{L}}$ | ② $\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$ | ③ $\frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{g}{L}}$ | ④ $\frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{L}{g}}$ |
| ⑤ $2\pi \sqrt{\frac{g}{L}}$ | ⑥ $2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$ | ⑦ $\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{L}}$ | ⑧ $\frac{\pi}{4} \sqrt{\frac{L}{g}}$ |

4 の解答群

- | | | | |
|---------|-----------------|-------------------|-------------------|
| ① gL | ② $gL\theta_0$ | ③ $gL\theta_0^2$ | ④ $gL\theta_0^3$ |
| ⑤ $2gL$ | ⑥ $2gL\theta_0$ | ⑦ $2gL\theta_0^2$ | ⑧ $2gL\theta_0^3$ |

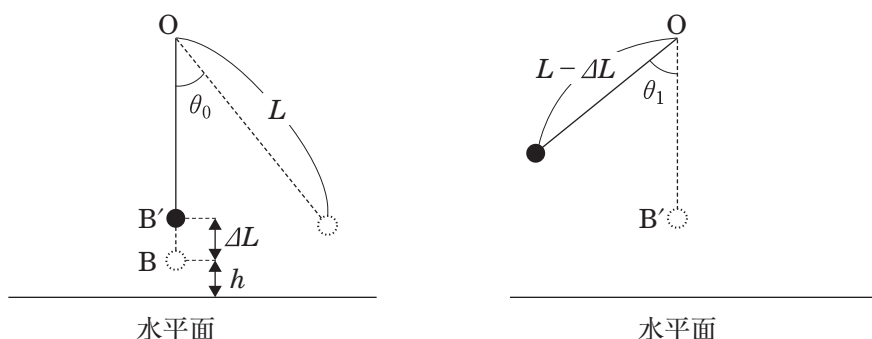


図 2

過程 2 :

A が B に到達した時刻 t_1 の直後、人は瞬時に台座の上で鉛直方向に立ち上がった。このとき、図 2 (左) のように瞬時にブランコの長さ (OA) が ΔL (>0) だけ縮み、 L から $L - \Delta L$ に変化したと考える。 ΔL は L に比べて十分短く、 ΔL の 2 次以上の項は無視できるものとする。このとき、ブランコと共に運動する観測者からみると、人は重力と遠心力に抗して仕事をするため、人の乗ったブランコの力学的エネルギーは立ち上がる直前に比べ増大する。このときの A の位置を B' とすると、力学的エネルギー保存の法則から、B' における A の速さ v_1' の 2 乗は $(v_1')^2 = \boxed{5} \times (v_1)^2$ と表せる。OA の変化の前後では、人と中心 O を結ぶ方向にのみ力がはたらくため、 v_1' は、A の面積速度が OA の変化の前後で一定であるとして求めた値と一致する。

その後、図 2 (右) のように長さ $L - \Delta L$ のままブランコは時計回りに振れていき、A の速さは徐々に減少し、 $\theta = \theta_1$ (<0) のとき、A の速さはゼロになった。この時刻を t_2 とすると $t_2 = \boxed{6} + t_1$ である。これらを過程 2 とする。

$\boxed{5}$ の解答群

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

6 の解答群

- ① $\frac{\pi}{4} \sqrt{\frac{L}{g}}$ ② $\frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{L}{g}}$ ③ $\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$ ④ $2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$
 ⑤ $\frac{\pi}{4} \sqrt{\frac{L-\Delta L}{g}}$ ⑥ $\frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{L-\Delta L}{g}}$ ⑦ $\pi \sqrt{\frac{L-\Delta L}{g}}$ ⑧ $2\pi \sqrt{\frac{L-\Delta L}{g}}$

過程 3 :

t_2 の直後, A は瞬時に台座の上でしゃがんだ。このとき, 瞬時にブランコの長さが L に戻り, しゃがむ直前に比べ, 人の乗ったブランコの運動エネルギーは変化しないものとする。その後, 長さ L のままブランコは反時計回りに振れていき, B に到達するまでの間, A の速さは徐々に増大した。 ΔL の 2 次以上の項を無視すると, B に到達した瞬間の A の速さ v_2 の 2 乗は $(v_2)^2 = \boxed{7} \times (v_1)^2$ と表せる。この時刻を t_3 とすると $t_3 = \boxed{8} + t_2$ である。これらを過程 3 とする。

7 の解答群

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

8 , 9 の解答群

- ① $\pi \sqrt{\frac{L-\Delta L}{g}}$ ② $\frac{1}{2} \sqrt{\frac{L}{g}}$ ③ $\pi \sqrt{\frac{L+\Delta L}{g}}$ ④ $\frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{g}{L}}$
 ⑤ $\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$ ⑥ $2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$ ⑦ $\frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{L-\Delta L}{g}}$ ⑧ $\frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{L}{g}}$

過程 4 :

t_3 の直後, 人は瞬時に台座の上で鉛直方向に立ち上がった。このとき, 過程 2 と同様に瞬時にブランコの長さが $L-\Delta L$ に縮んだものと考え, 人の乗ったブランコの力学的エネルギーは立ち上がる直前に比べ増大する。その後, 長さ $L-\Delta L$ のままブランコは

反時計回りに振れていき，A の速さは徐々に減少し， $\theta = \theta_2 (>0)$ のとき，A の速さはゼロになった。この時刻を t_4 とすると $t_4 = \boxed{9} + t_3$ である。 ΔL の 2 次以上の項を無視すると， $\theta_2^2 = \boxed{10} \times \theta_0^2$ と表せる。時刻 t_4 の直後，人は瞬時に台座の上でしゃがんだ。これらを過程 4 とする。

10 の解答群

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

その後，過程 1 から過程 4 を繰り返すとブランコの振れ角の大きさは $\boxed{11}$ 。

11 の解答群

- | | |
|---------------|---------------|
| ① 常に変わらない | ② 次第に小さくなる |
| ③ 一定の大きさで振動する | ④ 次第に大きくなる |
| ⑤ ランダムに変化する | ⑥ あるときからゼロになる |

(大問Ⅱは次ページから始まる)

Ⅱ 以下の問題においてクーロンの法則の比例定数を k とおく。必要であれば x が 1 より十分小さいとき $(1+x)^{-1} \doteq 1-x$ を用いても良い。

(1) 帯電していない半径 R [m] の一様な導体球 S に正の電気量 Q [C] の電荷を与える。

このとき電荷は一様な導体球 S の表面に一様に分布する。いま、図 1 (左) のように、 S の中心 O を中心とする半径 $r > R$ [m] の仮想的な球面 S_+ 上の電場の強さを E_+ [N/C] とする。このとき、 S_+ を貫く電気力線の本数は 12 であり、 S_+ 上の電場の強さは $E_+ =$ 13 [N/C] である。同様に、図 1 (右) のように、 S の中心 O を中心とする半径 $r < R$ [m] の仮想的な球面 S_- 上の電場の強さを E_- [N/C] とする。このとき、 S_- を貫く電気力線の本数は 14 であり、 S_- 上の電場の強さは $E_- =$ 15 [N/C] である。無限遠を電位の基準点にすると、 S の表面 $r = R$ における電位は $V =$ 16 [V] である。 O からの距離 r ($r \geq R$) [m] における S 上の電荷による電位は、仮想的に S の中心にのみ電気量 Q [C] の点電荷があると考えたときの距離 r [m] における電位に等しい。

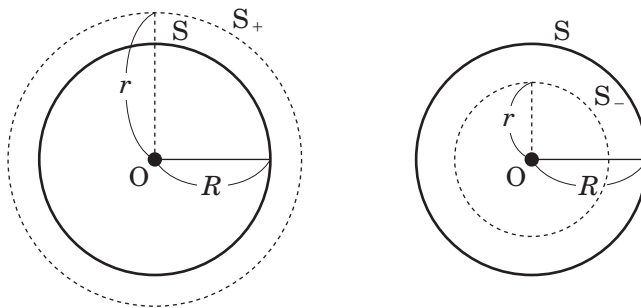


図 1

12 , 14 の解答群

- | | | | |
|------------|-----------------|-------------|-----------------|
| ① kQ/r^2 | ② $4\pi kQ/r^2$ | ③ kQ | ④ $4\pi Q$ |
| ⑤ 0 | ⑥ kQ/r | ⑦ $4\pi kQ$ | ⑧ $4\pi kQ/R^2$ |

13 , 15 の解答群

- | | | | |
|-------------|------------|--------|--------------|
| ① kQ/r | ② kQ/r^2 | ③ 0 | ④ kQ/R^2 |
| ⑤ $4\pi kQ$ | ⑥ Q/r^2 | ⑦ kQ | ⑧ kQ^2/r^2 |

16 の解答群

- | | | | |
|-------------|------------|---------|--------------|
| ① kQ/R | ② kQ/R^2 | ③ 0 | ④ kQ^2/R |
| ⑤ $4\pi kQ$ | ⑥ kQ | ⑦ Q/R | ⑧ kQ^2/R^2 |

(2) 互いに十分離れた半径 R_1 [m], R_2 [m] の一様な導体球 S_1 と S_2 があり, それぞれ Q_1 [C], Q_2 [C] の電気量をもつ。図 2 のように, 導体球 S_1 と導体球 S_2 を十分細い導線 C で接続したところ, それぞれの電気量は Q_1' [C], Q_2' [C] に変化した。この過程で片方の導体球の電荷分布がもう片方の導体球の電荷分布に影響を及ぼすことはほとんどないものとする。また, 導線 C 上の電荷の影響は無視できるものとする。このとき, S_1 と S_2 の電位が同じであることから, $Q_1' = \boxed{17} \times (Q_1 + Q_2)$ [C], $Q_2' = \boxed{18} \times (Q_1 + Q_2)$ [C] と表せる。

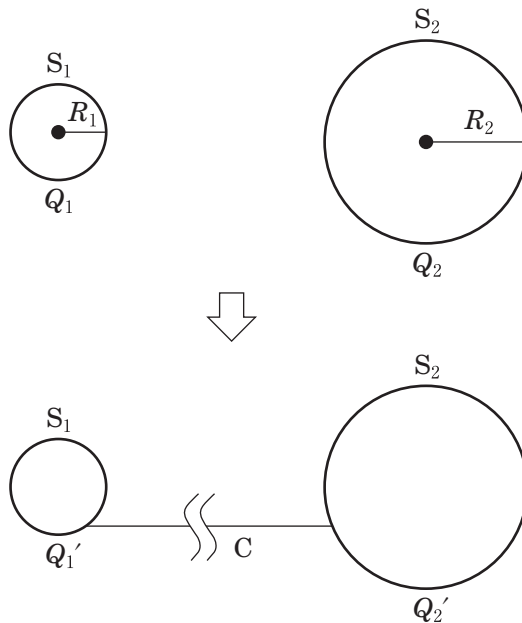


図 2

$\boxed{17}$, $\boxed{18}$ の解答群

- | | | | |
|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| ① $\frac{R_1^2}{R_1^2 + R_2^2}$ | ② $\frac{R_2^2}{R_1^2 + R_2^2}$ | ③ $\frac{R_1}{R_1 - R_2}$ | ④ $\frac{R_2}{R_2 - R_1}$ |
| ⑤ $\frac{R_1}{R_2}$ | ⑥ $\frac{R_2}{R_1}$ | ⑦ $\frac{R_1}{R_1 + R_2}$ | ⑧ $\frac{R_2}{R_1 + R_2}$ |
| ⑨ R_1 | ⑩ R_2 | | |

(3) (2)で S_1 の表面と S_2 の表面の最短距離が D [m] であり, R_2 は D に比べ十分大きい
 が, R_1 は D に比べ十分小さい場合を考える (図3 (左))。このとき, 十分細い長さ
 D [m] の導線 C で導体球 S_1 , S_2 が互いに接続された。接続後, 電荷はそれぞれの球
 面上に一様に分布しているものと近似する。図3 (右) に示すように, 接続後, C と
 S_1 の接点 A における電位 V_A [V] は, 電気量 Q_1' [C] の電荷による寄与と電気量
 Q_2' [C] の電荷による寄与の和になるため, 無限遠を電位の基準点にすると
 $V_A = k \times \left(\boxed{19} \right)$ [V] と表せる。同様に考えると, C と S_2 の接点 B における電
 位は, 無限遠を電位の基準点にすると $V_B = k \times \left(\boxed{20} \right)$ [V] と表せる。ここで A
 と B の間の距離は D [m] である。 $V_A = V_B$ より, 接続後の導体球 S_1 の電気量 Q_1' [C]
 は, R_1 と R_2 に関する条件を用いると, 近似的に $Q_1' = \boxed{21} \times (Q_1 + Q_2)$ [C] と
 表せる。

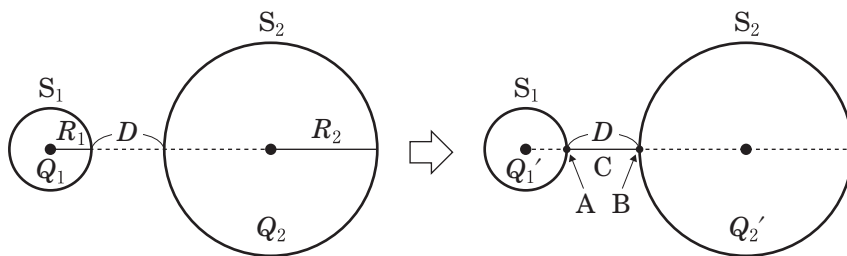


図 3

$\boxed{19}$, $\boxed{20}$ の解答群

- | | | |
|---|---------------------------------------|---|
| ① $\frac{Q_1'}{R_1 + D} + \frac{Q_2'}{R_2}$ | ② $\frac{Q_1' + Q_2'}{R_1 + R_2 + D}$ | ③ $\frac{Q_1'}{R_1} - \frac{Q_2'}{R_2}$ |
| ④ $\frac{Q_1'}{R_1^2} + \frac{Q_2'}{(R_2 + D)^2}$ | ⑤ $\frac{Q_1' + Q_2'}{R_1 + D}$ | ⑥ $\frac{Q_1'}{R_1} + \frac{Q_2'}{R_2 + D}$ |
| ⑦ $\frac{Q_1'}{R_1 + D} - \frac{Q_2'}{R_2 + D}$ | ⑧ $\frac{Q_1'}{R_1}$ | ⑨ $\frac{Q_2'}{R_1}$ |
| ⑩ $\frac{Q_1'}{R_2}$ | ⑪ $\frac{Q_2'}{R_2}$ | |

21 の解答群

- ① $\frac{R_1}{R_2}$ ② $\frac{R_1 D}{R_2}$ ③ $\frac{R_1 D}{R_2^2}$ ④ $\frac{R_1}{R_1 + R_2}$ ⑤ $\frac{R_2 D}{R_1^2}$
 ⑥ $\frac{D^2}{R_1 R_2}$ ⑦ $\frac{D}{R_2}$ ⑧ $\frac{R_1}{D}$ ⑨ $\frac{R_2}{R_1}$ ⑩ D

- (4) (3)で地球を半径 R_2 [m] の一様な導体球と考え、接続前の地球の表面の電荷を Q_2 [C], R_2 [m] に比べ十分小さい半径 R_1 [m] の導体球 S_1 の電荷を Q_1 [C] とする。導体球 S_1 を D [m] に比べ十分細い導線 C で地球と接続 (アース) した後, S_1 の電荷は Q_1' [C] になった。この過程で空気中のイオンの影響は無視できるものとする。
- (3)の 結 果 か ら, $Q_1 = -5 \times 10^{-6}$ C, $Q_2 = -5 \times 10^5$ C, $D = 1 \times 10^2$ m, $R_1 = 1$ m, $R_2 = 6 \times 10^6$ m のとき, 接続後の電荷 Q_1' [C] は, 1桁の有効数字で表すと $Q_1' = \boxed{22}$ C となることがわかる。 $Q_1 < 0$ のとき, $|Q_1|$ が $|Q_2|$ より十分小さく, $|Q_1|$ が $\boxed{21} \times |Q_2|$ [C] より十分大きい場合は, S_1 をアースした後, S_1 $\boxed{23}$ 。

22 の解答群

- ① -1×10^{-9} ② -1×10^{-8} ③ -1×10^{-7} ④ -1×10^{-6}
 ⑤ -1×10^{-5} ⑥ -1×10^{-4} ⑦ -1×10^{-3} ⑧ -1×10^{-2}
 ⑨ -1×10^{-1} ⑩ -1

23 の解答群

- ① 内の自由電子はほとんど変化しない
 ② 内のほとんどの自由電子が地球に流れる
 ③ 内に地球から自由電子がさらに流れ込む
 ④ 内の自由電子は地球と S_1 の間を行ったり来たりする
 ⑤ 内の自由電子は大気中に飛び出す
 ⑥ 内の自由電子は S_1 の中心部に移動する

(大問Ⅲは次ページから始まる)

Ⅲ 私たちの身の回りにある電化製品には、過剰な電流が流れた際に回路を保護するために「ヒューズ」が組み込まれている。ヒューズは、ある一定以上の電流が流れつづけると、内部の金属線（ヒューズ線）が発熱し、その温度が融点に達すると溶けて回路を切断する仕組みになっている。

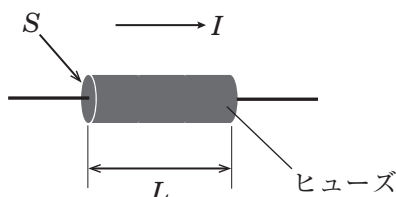


図 1

図 1 に示すように、断面積 S [m^2], 長さ L [m] の一様な円柱状のヒューズ線があるとする。このヒューズ線は、抵抗率 ρ [$\Omega \cdot \text{m}$], 質量 m [g], 比熱 c [$\text{J}/(\text{g} \cdot \text{K})$] の金属でできており、ヒューズ線の抵抗値は 24 と表せる。また、ヒューズ線は周囲の環境と熱のやり取りがない、すなわち断熱されているものとする。

24 の解答群

- | | | | |
|-----------------------|---------------------|----------------------|----------------------|
| ① $\frac{\rho}{LS}$ | ② ρLS | ③ $\frac{\rho L}{S}$ | ④ $\rho \frac{S}{L}$ |
| ⑤ $\frac{1}{\rho LS}$ | ⑥ $\frac{LS}{\rho}$ | ⑦ $\frac{L}{\rho S}$ | ⑧ $\frac{S}{\rho L}$ |

- (1) はじめに抵抗率が温度によらず一定の場合を考える。ヒューズ線の両端に電源を接続し、大きさ I [A] の一定の電流を流したとき、単位時間あたりにヒューズ線全体で発生するジュール熱（電力） P [W] は 25 と表せる。このとき、電流の大きさが十分に大きく、発生したジュール熱がすべてヒューズ線の温度上昇に使われるとみなせる場合を考える。ヒューズ線の温度が場所によらず一様であり、時間 Δt [s] の間に ΔT [K] だけ上昇したとすると、 ΔT は 26 と表される。ここでヒューズ線の融点を T_f [K] とする。時刻 $t=0$ で温度 T_0 [K] のヒューズ線に電流を流しつづけると、ヒューズ線の温度が融点に達した直後に溶けて切れる。この場合、 $t=0$ か

らヒューズ線が切れるまでの時間 t_f [s] は, T_f , T_0 , ρ , S , L , m , c , I の中から必要なものを用いて表すと 27 となる。回路を流れる電流が2倍になると t_f は 28 。

25 の解答群

- | | | | |
|-----------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|
| ① $\frac{\rho LI}{S}$ | ② $\frac{\rho LI^2}{S}$ | ③ $\frac{\rho L}{SI}$ | ④ $\frac{\rho L}{SI^2}$ |
| ⑤ $\frac{SI}{\rho L}$ | ⑥ $\frac{SI^2}{\rho L}$ | ⑦ $\frac{S}{\rho LI}$ | ⑧ $\frac{S}{\rho LI^2}$ |

26 の解答群

- | | | | |
|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| ① $\frac{\rho LI^2}{mc} \Delta t$ | ② $\frac{\rho I^2}{mc} \Delta t$ | ③ $\frac{\rho SI^2}{mLc} \Delta t$ | ④ $\frac{\rho LI^2}{mSc} \Delta t$ |
| ⑤ $\frac{mSc}{\rho LI^2} \Delta t$ | ⑥ $\frac{mLc}{\rho SI^2} \Delta t$ | ⑦ $\frac{mc}{\rho I^2} \Delta t$ | ⑧ $\frac{mc}{\rho LSI^2} \Delta t$ |

27 の解答群

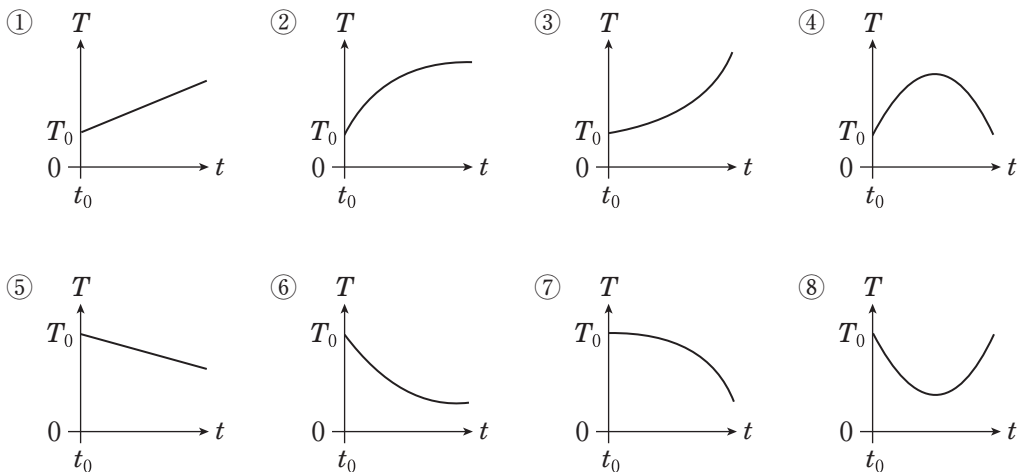
- | | | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|
| ① $\frac{(T_f - T_0) \rho I}{mc}$ | ② $\frac{(T_f - T_0) \rho I^2}{mc}$ | ③ $\frac{(T_f - T_0) \rho LI}{mSc}$ |
| ④ $\frac{(T_f - T_0) \rho LI^2}{mSc}$ | ⑤ $\frac{(T_f - T_0) mc}{\rho I}$ | ⑥ $\frac{(T_f - T_0) mc}{\rho I^2}$ |
| ⑦ $\frac{(T_f - T_0) mSc}{\rho LI}$ | ⑧ $\frac{(T_f - T_0) mSc}{\rho LI^2}$ | |

28 の解答群

- | | | |
|--------------|--------------|--------------|
| ① 変わらない | ② 2 倍になる | ③ 3 倍になる |
| ④ 4 倍になる | ⑤ ゼロになる | ⑥ 2 分の 1 になる |
| ⑦ 3 分の 1 になる | ⑧ 4 分の 1 になる | |

- (2) 一般にヒューズ線によく用いられる金属は、温度 T [K] の上昇とともに抵抗率が上昇することが知られている。仮に、時刻 $t=t_0$ [s] で温度 T_0 [K] であったヒューズ線の抵抗率を ρ_0 [$\Omega \cdot \text{m}$] とすると、温度 T [K] におけるヒューズ線の抵抗率は $\rho' = \rho_0 + \alpha(T - T_0)$ と表すことができる。このとき、抵抗率の温度係数 α [$\Omega \cdot \text{m}/\text{K}$] は温度によらない正の定数である。ヒューズ線に流れる電流の大きさ I [A] が十分大きい場合、微小時間 Δt [s] の間におけるヒューズ線の微小な温度上昇量 ΔT [K] は 26 の ρ を ρ' に置き換えたものに等しいとみなせる。したがって、ヒューズ線の温度の時間変化は 29 のようなグラフになり、抵抗率が温度に依存しないとみなした場合の予測に比べ、30 ことがわかる。

29 の解答群



30 の解答群

- ① より急激に温度が上昇し、より短い時間でヒューズ線が切れる
- ② より急激に温度が上昇し、より長い時間でヒューズ線が切れる
- ③ より急激に温度が上昇するが、ヒューズ線が切れるまでに要する時間は変わらない
- ④ 温度上昇がゆるやかになり、より短い時間でヒューズ線が切れる
- ⑤ 温度上昇がゆるやかになり、より長い時間でヒューズ線が切れる
- ⑥ 温度上昇がゆるやかになるが、ヒューズ線が切れるまでに要する時間は変わらない

このような温度依存性をもつヒューズ線を、図2に示すような一定電圧 V_0 [V] の電源と抵抗 R_0 [Ω] の抵抗器に直列に接続した回路を考える。このとき回路を流れる電流の大きさはヒューズ線の抵抗を R [Ω] とすると 31 と表され、ヒューズ線が切れるまでは、ヒューズ線の温度は 32 ことがわかる。

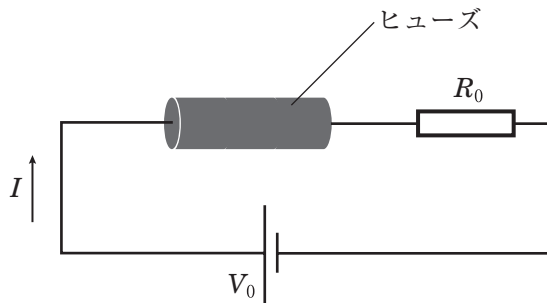


図 2

31 の解答群

- | | | | |
|---------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| ① $\frac{V_0}{R_0}$ | ② $\frac{V_0}{R - R_0}$ | ③ $\frac{V_0}{R_0 - R}$ | ④ $\frac{V_0}{R + R_0}$ |
| ⑤ $\frac{R_0}{V_0}$ | ⑥ $\frac{R - R_0}{V_0}$ | ⑦ $\frac{R_0 - R}{V_0}$ | ⑧ $\frac{R + R_0}{V_0}$ |

32 の解答群

- ① 低下し、電流の大きさは変化しない
- ② 低下し、電流の大きさは小さくなる
- ③ 低下し、電流の大きさは大きくなる
- ④ 低下し、電流がある時刻から逆向きに流れる
- ⑤ 上昇し、電流の大きさは変化しない
- ⑥ 上昇し、電流の大きさは小さくなる
- ⑦ 上昇し、電流の大きさは大きくなる
- ⑧ 上昇し、電流がある時刻から逆向きに流れる

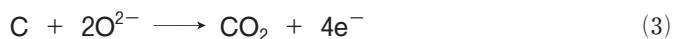
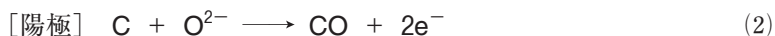
化 学

(解答番号 1 ~ 50)

I アルミニウムとその化合物に関する次の文章 [1], [2] を読み, 空欄 1 ~ 12 にあてはまる最も適切なものを, 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, 同じものを繰り返し選んでもよい。原子量は, C=12, O=16, Al=27, 気体定数は, $R=8.3\times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ とする。

[1] アルミニウムの単体は, 塩酸などの酸とも, 水酸化ナトリウム水溶液などの強塩基にも溶けて 1 を発生する。このような性質を示す金属を 2 という。また, アルミニウムを主成分に銅, マグネシウム, マンガンなどを溶かし合わせると, 3 という軽くて強い合金が得られ, 航空機や自動車の部品などに利用されている。アルミニウムの粉末は, 空気中や酸素中で点火すると光を放って燃え, 多量の熱が発生する。そのため, 酸化鉄(Ⅲ)の粉末とアルミニウムの粉末とを混合して点火すると, 多量の熱が発生して, 鉄の酸化物が還元され, 融解した鉄の単体を得られる。このようにアルミニウムの還元力を利用して金属の単体を得る方法を 4 とよぶ。

[2] アルミニウムは, 地球上の地殻に含まれる元素の中では酸素, 5 に次いで3番目に多い。アルミニウム原子は 6 価の陽イオンになりやすく, アルミニウムの結晶構造は単位格子となる立方体の各頂点と各面中央に原子が存在する 7 である。アルミニウムの単体は, アルミニウムの鉱石から精製した酸化アルミニウム (8) を電気分解してつくられる。酸化アルミニウムの融点は 2054°C と非常に高いため, 単純に融解させることは難しい。そこで, 氷晶石 (Na_3AlF_6) を加熱・融解し, これに酸化アルミニウムを溶解させる工夫がなされている。電極に炭素を用いて, この溶液を電気分解すると, 陰極にアルミニウムが析出し, 陽極では一酸化炭素や二酸化炭素が生じる ((1)~(3)式)。



一般に、アルミニウムやアルカリ金属などのイオン化傾向の大きい金属の単体は、それらの塩化物、水酸化物や酸化物を加熱・融解して液体にし、水を含まない状態で電気分解して単体を得ている。このようにして、金属の単体を得る操作を 9 という。

いま、上記の酸化アルミニウムの 9 を行ったところ、発生した一酸化炭素と二酸化炭素の混合気体の質量は 3.12 g であり、300 K、 1.0×10^5 Pa における混合気体の体積は 2.49 L であった。発生した一酸化炭素と二酸化炭素は、すべて電気分解によって生じ、酸素は発生していなかったとすると、陽極で減少した炭素の質量は 10 g、発生した二酸化炭素の物質量は 11 mol、陰極で生成したアルミニウムの質量は 12 g である。

1 に対する解答群

- | | | |
|---------|---------|----------|
| ① 水 素 | ② 塩 素 | ③ 塩化水素 |
| ④ 酸 素 | ⑤ オゾン | ⑥ 硫化水素 |
| ⑦ 二酸化硫黄 | ⑧ 三酸化硫黄 | ⑨ 窒 素 |
| ⑩ 一酸化窒素 | Ⓐ 二酸化窒素 | Ⓑ 一酸化二窒素 |
| Ⓒ 一酸化炭素 | Ⓓ 二酸化炭素 | |

2 に対する解答群

- | | | |
|----------|---------|----------|
| ① 典型元素 | ② 遷移元素 | ③ 非金属元素 |
| ④ 両性金属 | ⑤ 両性酸化物 | ⑥ 両性水酸化物 |
| ⑦ アルカリ金属 | ⑧ 不動態 | ⑨ 錯 塩 |
| ⑩ 複 塩 | Ⓐ 陽極泥 | |

3 に対する解答群

- | | | |
|------------|------------|----------|
| ① 青銅（ブロンズ） | ② 黄銅（真ちゅう） | ③ ステンレス鋼 |
| ④ テルミット | ⑤ ジュラルミン | ⑥ アルマイト |
| ⑦ アマルガム | ⑧ プリキ | ⑨ トタン |
| ⑩ はんだ | | |

4 および 9 に対する解答群

- | | | |
|--------------|--------------------|--------|
| ① イオン交換膜法 | ② 溶融塩電解（融解塩電解） | |
| ③ テルミット法 | ④ アンモニアソーダ法（ソルバー法） | |
| ⑤ ハーバー・ボッシュ法 | ⑥ オストワルト法 | |
| ⑦ 分 留 | ⑧ クメン法 | ⑨ モール法 |

5 に対する解答群

- | | | | |
|----------|--------|---------|---------|
| ① ホウ素 | ② 炭 素 | ③ 窒 素 | ④ ナトリウム |
| ⑤ マグネシウム | ⑥ ケイ素 | ⑦ リ ン | ⑧ 硫 黄 |
| ⑨ 塩 素 | ⑩ カリウム | a カルシウム | b クロム |
| c マンガン | d 鉄 | e コバルト | f ニッケル |
| g 銅 | h 亜 鉛 | | |

6 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 | |

7 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 |
|----------|----------|----------|

8 に対する解答群

- | | | | |
|---------|----------|---------|---------|
| ① 鉄鉱石 | ② 銑 鉄 | ③ 黄銅鉱 | ④ 粗 銅 |
| ⑤ 陽極泥 | ⑥ ボーキサイト | ⑦ アルミナ | ⑧ アルマイト |
| ⑨ ミョウバン | ⑩ ジュラルミン | ⑨ テルミット | ⑩ アマルガム |

10 に対する解答群

- | | | | |
|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| ① 1.2×10^{-2} | ② 2.8×10^{-2} | ③ 4.4×10^{-2} | ④ 7.2×10^{-2} |
| ⑤ 0.12 | ⑥ 0.28 | ⑦ 0.44 | ⑧ 0.72 |
| ⑨ 1.2 | ⑩ 2.8 | ⑨ 4.4 | ⑩ 7.2 |

11 に対する解答群

- | | | | |
|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| ① 2.0×10^{-3} | ② 4.0×10^{-3} | ③ 2.0×10^{-2} | ④ 3.7×10^{-2} |
| ⑤ 6.3×10^{-2} | ⑥ 8.0×10^{-2} | ⑦ 9.6×10^{-2} | ⑧ 9.8×10^{-2} |

12 に対する解答群

- | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| ① 1.6 | ② 1.9 | ③ 2.2 | ④ 2.5 | ⑤ 2.9 |
| ⑥ 3.2 | ⑦ 3.5 | ⑧ 4.9 | | |

Ⅱ 窒素酸化物に関する次の文章を読み、空欄 13 ～ 24 にあてはまる最も適切なものを、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、同じものを繰り返し選んでもよい。気体定数は、 $R=8.3\times 10^3\text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ とし、気体は理想気体としてふるまうものとする。

窒素は酸素とさまざまな割合で酸化物を生成する。一酸化窒素 NO や二酸化窒素 NO₂ などの窒素酸化物は光化学スモッグや酸性雨の原因物質である。

NO は銅と 13 との反応により生成し、14 ため、15 で捕集される。一方、NO₂ は銅と 16 との反応により生成し、17 ため、18 で捕集される。

NO₂ は容易に四酸化二窒素 N₂O₄ となり、(1)式のように平衡状態になっている。



(1)式に関して、図のような反応容器を使用し、以下の実験を行った。



図 反応容器

はじめに、気体が入っていない容器に対して、コックを開き、ガス供給口から容器に 0.50 mol の NO₂ を入れ、コックを閉じた。その後、 $1.0\times 10^5\text{ Pa}$ 、300 K において、十分に時間が経過し、平衡状態に到達すると、ピストンが停止し、混合気体の体積は 7.47 L となった。このとき、NO₂ が 19 mol、N₂O₄ が 20 mol 存在し、(1)式の濃度平衡定数の値は 21 であり、単位は 22 。

次に、上記と同じ温度で NO₂ と N₂O₄ の物質量を等しくするために、ピストンを動かし、再び平衡状態に到達させ、ピストンを固定した。このとき、NO₂ および N₂O₄ の物質量はともに 23 mol であり、混合気体の体積は 24 L である。

13 および **16** に対する解答群

- ① 希塩酸 ② 濃塩酸 ③ 希硝酸 ④ 濃硝酸
⑤ 希硫酸 ⑥ 濃硫酸 ⑦ アンモニア水

14 および **17** に対する解答群

- ① 水に溶けにくい ② 空気より重い ③ 空気より軽い

15 および **18** に対する解答群

- ① 上方置換 ② 下方置換 ③ 水上置換

19 , **20** および **23** に対する解答群

- ① 2.0×10^{-2} ② 5.0×10^{-2} ③ 7.0×10^{-2} ④ 0.10
⑤ 0.12 ⑥ 0.15 ⑦ 0.17 ⑧ 0.20
⑨ 0.22 ⑩ 0.25 ① 0.27 ② 0.30
③ 0.32 ④ 0.35 ⑤ 0.37 ⑥ 0.40

21 に対する解答群

- ① 6.7×10^{-3} ② 1.5×10^{-2} ③ 2.0×10^{-2} ④ 5.0×10^{-2}
⑤ 5.3×10^{-2} ⑥ 6.7×10^{-2} ⑦ 0.15 ⑧ 0.20
⑨ 0.50 ⑩ 0.53 ① 0.67 ② 1.5
③ 2.0 ④ 5.0 ⑤ 5.3 ⑥ 15
⑦ 20 ⑧ 50 ⑨ 1.5×10^2 ⑩ 2.0×10^2

22 に対する解答群

- ① mol^{-1} である ② $(\text{mol/L})^{-1}$ である ③ mol である
④ mol/L である ⑤ な い

24

に対する解答群

① 0.33

② 0.50

③ 0.75

④ 0.84

⑤ 1.0

⑥ 2.5

⑦ 3.3

⑧ 5.0

⑨ 7.5

⑩ 8.4

① 10

② 25

③ 33

④ 50

⑤ 75

⑥ 84

⑦ 1.0×10^2 ⑧ 2.5×10^2 ⑨ 3.3×10^2 ⑩ 5.0×10^2

(第Ⅲ問は次ページから始まる)

Ⅲ アミノ酸の電離平衡に関する次の文章を読み、空欄 25 ～ 37 にあてはまる最も適切なものを、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、同じものを繰り返し選んでもよい。

アミノ酸は、分子中に酸性の 25 基と塩基性の 26 基をもつ。例えば、アミノ酸の 1 種であるアラニンは、結晶中や中性の水溶液中では、 27 のような構造をとる。このようなイオンを 28 イオンという。これにより、アミノ酸には 29 ものが多い。

アラニンには水溶液中で図のような電離平衡があり、溶液の pH により各イオンの割合が変化する。水溶液の pH を小さくすると 30 のような構造をとり、pH を大きくすると 31 のような構造をとる。

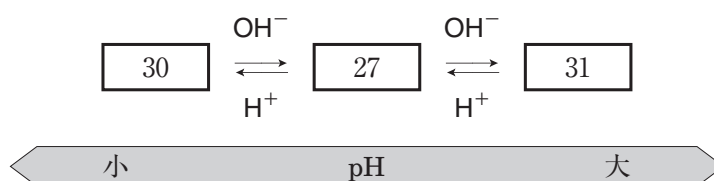


図 水溶液中のアラニンの電離平衡

ここで、 27 のモル濃度を[A]、 30 のモル濃度を[B]、 31 のモル濃度を[C]とし、 30 から 27 への反応の電離定数を K_1 、および 27 から 31 への反応の電離定数を K_2 とする。 K_1 、 K_2 は、[A]、[B]、[C]、および水素イオン濃度 $[\text{H}^+]$ を用いて、 $K_1 = 32$ 、 $K_2 = 33$ と表すことができる。

アミノ酸の水溶液が特定の pH になると、アミノ酸全体としての電荷の総和が 0 になる。このような pH の値をそのアミノ酸の 34 という。 34 では、アラニン全体の電荷の総和は 0 であるから、 $[\text{B}] = [\text{C}]$ となる。25℃において、 $K_1 = 5.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ 、 $K_2 = 2.0 \times 10^{-10} \text{ mol/L}$ であるとする。このとき、 $K_1 = 32$ 、 $K_2 = 33$ より導かれる 2 種類の $[\text{H}^+]$ についてこれらの積をとると、 $[\text{H}^+]^2 = 35 (\text{mol/L})^2$ と計算でき、pH は 36 となる。このとき、[A]、[B]、および[C]の中で濃度が最大となるのは、 37 である。

25 および 26 に対する解答群

- ① アセチル ② アミノ ③ アミド ④ カルボキシ
⑤ カルボニル ⑥ スルホ ⑦ フェニル ⑧ ヒドロキシ

27 , 30 および 31 に対する解答群

- ① $\begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{COOH} \\ | \\ \text{H} \end{array}$ ② $\begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{COO}^- \\ | \\ \text{H} \end{array}$ ③ $\begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{COO}^- \\ | \\ \text{H} \end{array}$ ④ $\begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{COOH} \\ | \\ \text{H} \end{array}$
- ⑤ $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ | \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{COOH} \\ | \\ \text{H} \end{array}$ ⑥ $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ | \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{COO}^- \\ | \\ \text{H} \end{array}$ ⑦ $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ | \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{COO}^- \\ | \\ \text{H} \end{array}$ ⑧ $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ | \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{COOH} \\ | \\ \text{H} \end{array}$
- ⑨ $\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{OH} \\ | \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{COOH} \\ | \\ \text{H} \end{array}$ ⑩ $\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{OH} \\ | \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{COO}^- \\ | \\ \text{H} \end{array}$ a $\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{OH} \\ | \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{COO}^- \\ | \\ \text{H} \end{array}$ b $\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{OH} \\ | \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{COOH} \\ | \\ \text{H} \end{array}$
- c $\begin{array}{c} \text{C}_6\text{H}_5 \\ | \\ \text{CH}_2 \\ | \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{COOH} \\ | \\ \text{H} \end{array}$ d $\begin{array}{c} \text{C}_6\text{H}_5 \\ | \\ \text{CH}_2 \\ | \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{COO}^- \\ | \\ \text{H} \end{array}$ e $\begin{array}{c} \text{C}_6\text{H}_5 \\ | \\ \text{CH}_2 \\ | \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{COO}^- \\ | \\ \text{H} \end{array}$ f $\begin{array}{c} \text{C}_6\text{H}_5 \\ | \\ \text{CH}_2 \\ | \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{COOH} \\ | \\ \text{H} \end{array}$

28 に対する解答群

- ① 共通 ② 金属 ③ 酸性
④ 水酸化物 ⑤ 水素 ⑥ 双性

29 に対する解答群

- ① 水にもジエチルエーテルにも溶けやすい
- ② 水にもジエチルエーテルにも溶けにくい
- ③ 水に溶けやすく，ジエチルエーテルに溶けにくい
- ④ 水に溶けにくく，ジエチルエーテルに溶けやすい

32 および 33 に対する解答群

- | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| ① $\frac{[A]}{[B][H^+]}$ | ② $\frac{[A]}{[C][H^+]}$ | ③ $\frac{[B]}{[A][H^+]}$ | ④ $\frac{[B]}{[C][H^+]}$ |
| ⑤ $\frac{[C]}{[A][H^+]}$ | ⑥ $\frac{[C]}{[B][H^+]}$ | ⑦ $\frac{[B][H^+]}{[A]}$ | ⑧ $\frac{[C][H^+]}{[A]}$ |
| ⑨ $\frac{[A][H^+]}{[B]}$ | ⑩ $\frac{[C][H^+]}{[B]}$ | a $\frac{[A][H^+]}{[C]}$ | b $\frac{[B][H^+]}{[C]}$ |

34 に対する解答群

- | | | |
|-------|-------|-------|
| ① 三重点 | ② 軟化点 | ③ 等電点 |
| ④ 沸点 | ⑤ 変性 | ⑥ 融点 |

35 に対する解答群

- | | | | |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| ① 1.0×10^{-14} | ② 1.0×10^{-13} | ③ 1.0×10^{-12} | ④ 1.0×10^{-11} |
| ⑤ 1.0×10^{-10} | ⑥ 1.0×10^{-9} | ⑦ 1.0×10^{-8} | ⑧ 1.0×10^{-7} |
| ⑨ 1.0×10^{-6} | ⑩ 1.0×10^{-5} | a 1.0×10^{-4} | b 1.0×10^{-3} |
| c 1.0×10^{-2} | d 1.0×10^{-1} | | |

36 に対する解答群

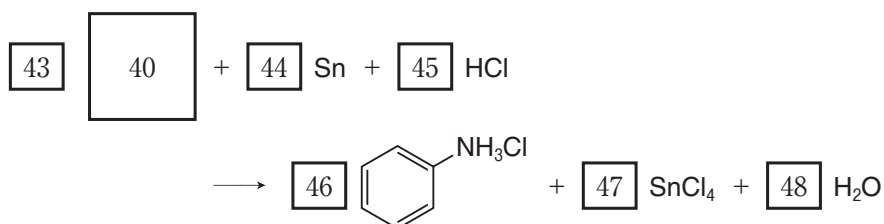
- | | | | | |
|------|------|------|------|------|
| ① 1 | ② 2 | ③ 3 | ④ 4 | ⑤ 5 |
| ⑥ 6 | ⑦ 7 | ⑧ 8 | ⑨ 9 | ⑩ 10 |
| a 11 | b 12 | c 13 | d 14 | |

37 に対する解答群

- | | | |
|-------------|-------------|-------------|
| ① [A] | ② [B] | ③ [C] |
| ④ [A]および[B] | ⑤ [A]および[C] | ⑥ [B]および[C] |

Ⅳ ベンゼンの反応に関する次の文章を読み、空欄 38 ～ 50 にあてはまる最も適切なものを、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、同じものを繰り返し選んでもよい。

ベンゼンに 38 の混合物である混酸を加えて、反応させると、39（構造式：40）が生じる。39 は、無色～41 色の液体で、水よりも42。39（構造式：40）を、スズと塩酸で還元すると、アニリン塩酸塩が生じる。この反応は、適切な係数43 ～ 48 を入れると、次式で書くことができる。



このアニリン塩酸塩に水酸化ナトリウム水溶液を加えると、油状のアニリンが遊離する。このアニリンを硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液で酸化すると、49 色の50 になった。

38 に対する解答群

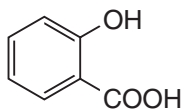
- | | | |
|-----------|-----------|-----------|
| ① 濃硫酸と濃塩酸 | ② 濃硫酸と濃硝酸 | ③ 濃硫酸と氷酢酸 |
| ④ 濃硫酸と希塩酸 | ⑤ 濃硫酸と希硝酸 | ⑥ 濃硫酸と酢酸 |
| ⑦ 希硫酸と濃塩酸 | ⑧ 希硫酸と濃硝酸 | ⑨ 希硫酸と氷酢酸 |

39 に対する解答群

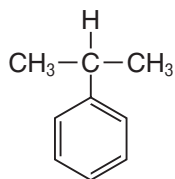
- | | | |
|-------------|-----------|-----------|
| ① ベンゼンスルホン酸 | ② ピクリン酸 | ③ 安息香酸 |
| ④ フェノール | ⑤ ニトロベンゼン | ⑥ クロロベンゼン |
| ⑦ ベンジルアルコール | ⑧ サリチル酸 | ⑨ クメン |

40 に対する解答群

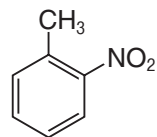
①



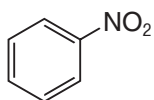
②



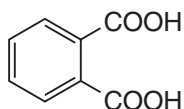
③



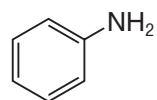
④



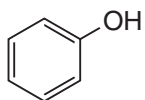
⑤



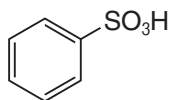
⑥



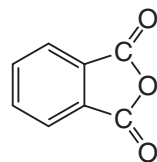
⑦



⑧



⑨



41 および **49** に対する解答群

- ① 赤 褐 ② 青 ③ 紫 ④ 淡 黄 ⑤ 白 ⑥ 黒

42 に対する解答群

- ① 重く、水に溶けにくい
② 重く、水に溶けやすい
③ 軽く、水に溶けにくい
④ 軽く、水に溶けやすい

43 ～ **48** に対する解答群

(係数に1があてはまるときは、省略せずに1とマークせよ。)

- | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|
| 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 |

- | | |
|------------|-------------------------|
| ① アニリン塩酸塩 | ② 塩化ベンゼンジアゾニウム |
| ③ アニリンブラック | ④ さらし粉 |
| ⑤ アセトアニリド | ⑥ <i>p</i> -ヒドロキシアゾベンゼン |
| ⑦ メチルオレンジ | ⑧ フェノール |

生 物

(解答番号 ～)

I 動物の発生に関する次の文を読み、以下の各問いに答えよ。

動物の卵形成の過程では、胚の初期発生に必要な遺伝子由来の物質である が、卵子の細胞質に蓄えられる。 のひとつである VegT mRNA は、カエルの受精卵において 側にかたよって分布し、それから翻訳された VegT タンパク質をもつ割球は、 への分化に必要な遺伝子を発現した予定 となる。一方、VegT タンパク質からの影響を受けない 側の割球は、予定 となる。さらに発生が進むと、予定 は予定 に働きかけて中胚葉を誘導し、そして を含む複数の因子の働きにより形成された領域^イが、形成体^ウを誘導する。

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あてはまる。

～

〔解答群〕

- | | | | |
|-------|-----------|--------|-------|
| ① 極 体 | ② 母性効果遺伝子 | ③ 外胚葉 | ④ 植物極 |
| ⑤ 内胚葉 | ⑥ 神 経 | ⑦ 前 方 | ⑧ 後 方 |
| ⑨ 表 皮 | ⑩ 分泌因子 | a 母性因子 | b 前 口 |
| c 原 口 | d 受精膜 | e 動物極 | f 脊 索 |

問2 下線部アについて説明した次の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。 6

- A 中胚葉の誘導は胞胚期におこる。
B 中胚葉としての区別が明確になるのは原腸胚期からである。
C 中胚葉を誘導する因子の一つにコーディンがある。

〔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3 下線部イの形成について説明した次の文中の 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あてはまる。2 には問1と同じ語があてはまる。

7 ～ 10

カエルでは受精の際に精子が卵に進入すると卵細胞の表面に近い部分が、その内側の細胞質に対して約30度回転する 7 が起こり、その結果、精子進入点の反対側に 8 ができる。このとき、2 側にかたよって分布していたディシェベルドが移動し、このタンパク質の作用により 9 が将来の背側に多く蓄積するようになる。VegT タンパク質と 9 を持つ割球は、より高い濃度の 10 を分泌する領域を形成し、形成体とよばれる特別な働きをもつ背側の中胚葉を誘導する。

〔解答群〕

- ① Hox ② 灰色三日月環 ③ 陥入
④ ビコイド ⑤ 表層粒 ⑥ 帯域
⑦ 表層回転 ⑧ β カテニン ⑨ 卵黄
⑩ ノーダル a 誘導 b ナノス

問4 下線部ウに関するAからD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。ただし、2には問1と同じ語があてはまる。11

- A 原口背唇（部）とも呼ばれ、調和のとれた胚の構造を誘導できる。
- B 原腸胚の赤道面のやや2側の細胞が胚の内部に入り込む。その部分のすぐ上側に形成される。
- C 原腸陥入によって背側の外胚葉を裏打ちし、予定外胚葉域に働きかけてその領域を神経に分化させる。
- D 脊索は、背側の形成体の細胞から分化する。

〔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 | ① AとBとC | ② AとBとD |
| ③ AとCとD | ④ BとCとD | ⑤ AとBとCとD |
| ⑥ 正しい記述はない | | |

問5 下線部ウが神経を誘導するしくみについての、AからD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。

12

- A 神経誘導の過程では、BMP およびノギンといったタンパク質が関与する。
- B BMP およびノギンといったタンパク質は原腸胚期から発現する。
- C 形成体から BMP と受容体の結合を阻害するタンパク質が分泌される。
- D ノギンは BMP 受容体に結合する。

〔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 | | |

Ⅱ 植物の気孔の開閉に関する次の文を読み、以下の各問いに答えよ。

葉の表皮を光学顕微鏡で観察すると、2個の 細胞で囲まれた気孔を見ることができる。 細胞では、周囲の表皮細胞では見られない、細胞小器官である が発達している。 細胞は、細胞壁^アの厚みが不均一で、気孔に面する細胞壁が外側と比較して い。そのため、気孔が開くときには、 側の細胞壁が伸びて、細胞全体が湾曲する。

植物の葉に光が当たると、植物は気孔を開く。 細胞では、 が 光を受容し、 細胞への イオンの流入を促進することで、気孔の開口が誘導される。

一方、植物が水不足の状態になると、気孔の閉鎖^イが誘導され、その結果、気孔からの水の が抑制される。この気孔の閉鎖は、植物ホルモンの が増加することで誘導される。

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。

~

〔解答群〕

- | | | |
|----------|----------|-----------|
| ① 葉肉 | ② 孔辺 | ③ 葉緑体 |
| ④ 液胞 | ⑤ 薄 | ⑥ 厚 |
| ⑦ 内 | ⑧ 外 | ⑨ 青色 |
| ⑩ 赤色 | a フィトクロム | b クリプトクロム |
| c フォトリピン | d カリウム | e カルシウム |
| f 吸水 | g 蒸散 | h インドール酢酸 |
| i ジベレリン | j アブシシン酸 | |

問2 下線部アに関する次の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。

22

- A 細胞膜の外側に存在する構造である。
- B 植物の細胞壁の主成分は、セルロースである。
- C 水や一部の溶質は浸透するが、ほとんどの溶質は浸透しない全透性の性質をもつ。
- D 細胞の保護や、細胞の形の保持に機能している。

〔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 | | |

問3 下線部イに関して、次のAからDの記述のうち、気孔が閉鎖する際に 13
細胞内で起こる現象を3つ選択し、それらが起こる順に並べたもの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。 23

- A 13 細胞内の膨圧が低下する。
 B 13 細胞内の浸透圧が高まる。
 C 13 細胞内の浸透圧が低下する。
 D 13 細胞内から水が流出する。

〔解答群〕

- ① A→B→D ② A→C→D ③ A→D→B ④ A→D→C
 ⑤ B→A→C ⑥ B→A→D ⑦ B→D→A ⑧ B→D→C
 ⑨ C→A→B ⑩ C→A→D ① C→D→A ② C→D→B
 ③ D→A→B ④ D→A→C ⑤ D→B→A ⑥ D→C→A

問4 植物ホルモンが関わる現象に関する次の 24 から 26 の下に示す記述AからC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それぞれ下の解答群から選び、マークせよ。ただし、同じものを繰り返し選んでもよい。 24 ～ 26

24

- A イネの幼葉鞘に側面から光を照射すると、オーキシンが、幼葉鞘の光が当たっていない陰側から、光が当たっている側に移動して下降する。
 B オーキシンには、細胞壁のゆるみを引き起こし、細胞の伸長成長を促進するはたらきがある。
 C オーキシンの極性移動には、細胞壁に存在するオーキシン取り込み輸送体のPINタンパク質が関わっている。

25

- A 葉が老化して落葉が起こるとき、エチレンのはたらきで離層を構成する細胞の細胞壁の構造が緩くなり、細胞が切り離される。
- B 若く、活発に光合成を行っている葉では、葉でつくられたオーキシンが落葉を抑制している。
- C 葉が老化すると、エチレン生成量が増加すると同時に、オーキシン生成量が減少して、落葉が誘導される。

26

- A 種子が成熟するときには、ジベレリン濃度が上昇し、胚の成長を停止して、貯蔵物質を蓄積した後、休眠に入る。
- B 発芽能力をもった種子が吸水すると、胚でジベレリンが合成される。
- C 発芽時につくられたジベレリンが、胚乳の細胞に作用してアミラーゼの産生を誘導し、糊粉層のデンプンを糖に分解する。

〔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

Ⅲ 生物の種に関する次の文を読み、以下の各問いに答えよ。

現生する生物のうち、約190万種の生物には名前がつけられている。これらの中で約 %に相当する約31万種は陸上植物であり、約 %に相当する約1万種は原核生物である。原核生物のDNAは、真核生物の核のDNAとは異なり で、細胞質基質の中に存在する。原核生物はミトコンドリアや葉緑体をもたないが、真核生物ではこれらの細胞小器官をもっている。ミトコンドリアと葉緑体は、それぞれ と におけるエネルギー変換を行う重要なはたらきをもつ。ミトコンドリアは、酸素を使い有機物を分解してエネルギーを利用できる細菌がアーキアに取り込まれて生じたと考えられている。さらに、葉緑体はシアノバクテリアが取り込まれて生じたと考えられている。現在のところ、これらの は、有力な説となっている。

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。 ～

〔解答群〕

- | | | | |
|---------|--------|---------|---------|
| ① 直鎖状 | ② 環状 | ③ らせん状 | ④ 核小体 |
| ⑤ 細胞内共生 | ⑥ 細胞分化 | ⑦ 呼吸 | ⑧ 代謝 |
| ⑨ 発酵 | ⑩ 光合成 | ① a 0.1 | ① b 0.5 |
| ① c 1 | ① d 6 | ① e 10 | ① f 16 |
| ① g 18 | ① h 20 | | |

問2 次のAからCの記述のうち、32 の根拠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。33

- A ミトコンドリアと葉緑体は、それぞれ核のDNAとは異なる独自のDNAをもつ。
- B ミトコンドリアと葉緑体は、それぞれ独自に分裂・増殖する。
- C ミトコンドリアと葉緑体は、二重の膜構造をもつ。

〔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3 生物の系統に関する次の文および図中の 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。 34 ~ 39

生物がもつ共通性からグループ分けをすることを 34 という。このうち、生物の進化の道筋に沿った類縁関係にもとづくものを特に 35 と呼び、系統樹の作成にはそれが用いられる。 35 のうち、脊椎動物は、さらに、 36 , 37 , 38 , 39 などの形質をもつものに分けられ、それにもとづく系統樹は図1となる。

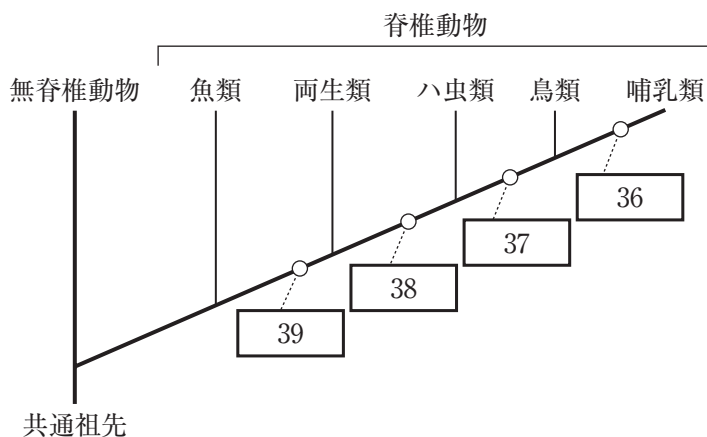


図1 形質にもとづく生物の系統樹

〔解答群〕

- | | | | |
|------|--------|--------|--------|
| ① 分類 | ② 系統分類 | ③ 人為分類 | ④ 分子時計 |
| ⑤ 脊椎 | ⑥ 羊膜 | ⑦ 胎盤 | ⑧ 変温 |
| ⑨ 恒温 | ⑩ 翼 | a 尾 | b 歯 |
| c 四肢 | | | |

問 4 生物の進化とともに DNA の塩基配列やタンパク質のアミノ酸配列は変化する。

下に示す表は、「タンパク質 X」の生物種 A から E の間で異なるアミノ酸の数を示している。表に示すそれぞれの数値を使用し、図 2 に示す系統樹を作成した。なお系統樹の枝の長さは、異なるアミノ酸の数に比例する。図 2 の空欄（i から v）に入る生物種 A から E の並び順の組み合わせとして最も適切なものを次ページの解答群から選び、マークせよ。

40

表 各生物種 A から E における「タンパク質 X」を構成するアミノ酸配列を比較した場合の異なるアミノ酸数

	A	B	C	D
B	58			
C	63	25		
D	95	73	78	
E	114	92	97	89

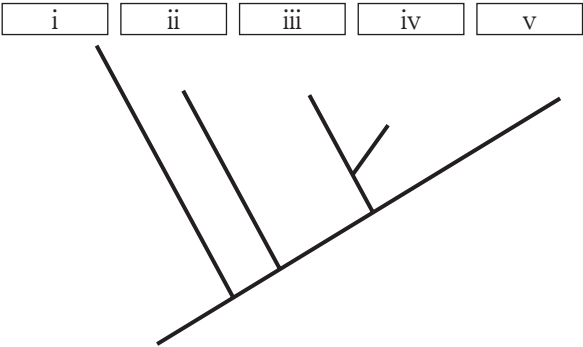


図 2 「タンパク質 X」のアミノ酸配列の違いをもとにした生物種 A から E の系統樹

〔解答群〕

- | | | |
|-------------|-------------|-------------|
| ① E-D-C-B-A | ② E-D-B-C-A | ③ E-C-D-B-A |
| ④ E-D-C-A-B | ⑤ D-E-C-B-A | ⑥ E-B-D-C-A |
| ⑦ A-B-C-D-E | ⑧ A-E-D-C-B | ⑨ A-C-D-E-B |
| ⑩ A-D-E-C-B | Ⓐ A-B-D-C-E | Ⓑ A-C-B-D-E |
| Ⓒ A-D-C-E-B | | |

(第Ⅳ問は次ページから始まる)

IV 細胞周期に関する次の文を読み、以下の各問いに答えよ。

体細胞分裂を観察するために、ある動物由来のがん細胞を培養し、固定したのち酢酸オルセインで染色して光学顕微鏡で観察した。200個の細胞を観察したところ、細胞周期の各期の細胞数は下の表のとおりであった。

表 観察された細胞周期の各期の細胞数

間期	前期	中期	後期	終期
160	20	10	4	6

このがん細胞は盛んに細胞分裂しており、細胞周期は30時間である。それぞれの時期の細胞数は、その時期にかかる時間の長さに比例すると仮定すると、分裂期の時間は

41

 時間と推定できる。

次に、同じがん細胞を同じ時間培養し、細胞膜を通過して DNA に定量的に結合する蛍光色素で染色すると、1細胞あたりの蛍光強度と細胞数の関係は右の図のとおりであった。グラフ内の数字は、全細胞のうち、破線で仕切られた各範囲に含まれる細胞数の割合(%)を示す。この結果から、このがん細胞が DNA の複製に要する時間は

42

 時間と推定できる。

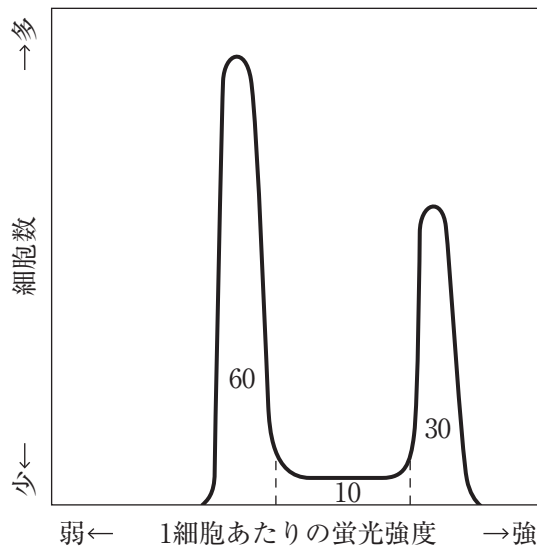


図 1 細胞あたりの蛍光強度と細胞数

DNA の複製時には、DNA の 2 本鎖は開裂し、それぞれ同時に複製されていくが、片方は連続的に合成される 鎖で、もう片方は不連続的に合成される 鎖である。後者では、一定の間隔でプライマーが結合し、それを起点に岡崎フラグメントと呼ばれる短い断片が によりいくつも合成される。プライマーが取り除かれたのち、 により連結される。

問 1 前の文中の と に当てはまる最も適切な数を下の解答群から選び、マークせよ。 ,

〔解答群〕

- | | | | |
|-----|------|------|------|
| ① 1 | ② 2 | ③ 3 | ④ 4 |
| ⑤ 5 | ⑥ 6 | ⑦ 7 | ⑧ 8 |
| ⑨ 9 | ⑩ 10 | a 12 | b 24 |

問2 前の文中の 43 から 46 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。 43 ～ 46

〔解答群〕

- | | | |
|-------------|--------------|--------------|
| ① イントロン | ② エキソン | ③ スプライシング |
| ④ テロメア | ⑤ センス | ⑥ アンチセンス |
| ⑦ ラギング | ⑧ リーディング | ⑨ DNA リガーゼ |
| ⑩ DNA ヘリカーゼ | ⑪ DNA ポリメラーゼ | ⑫ RNA ポリメラーゼ |

問3 次のAからCの記述のうち、下線部アの光学顕微鏡についての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。

47

- A しぼりを絞ると視野は暗くなるが、上下のピントが合う範囲（深度）は広くなる。
- B 低倍率の対物レンズでピントを合わせ観察に適した部分を探し、拡大したい場合には、調節ねじを回して対物レンズを試料から遠ざけてからレボルバーを回して高倍率のレンズにする。
- C 高倍率の対物レンズで観察する場合、低倍率の対物レンズで観察するよりも視野は暗くなる。

〔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 次のAからDの記述のうち、体細胞分裂中期の説明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。

48

- A 染色体が細胞の赤道面に集まっている。
- B 相同染色体が並んで接着している。
- C 核膜が消失している。
- D 紡錘体が形成されている。

〔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 | ⑪ AとBとC | ⑫ AとBとD |
| ⑬ AとCとD | ⑭ BとCとD | ⑮ AとBとCとD |
| ⑯ 正しい記述はない | | |

問5 下線部イのプライマーに含まれない構成成分を下の解答群から2つ選び、マークせよ。ただし、解答の順序は問わない。

49

50

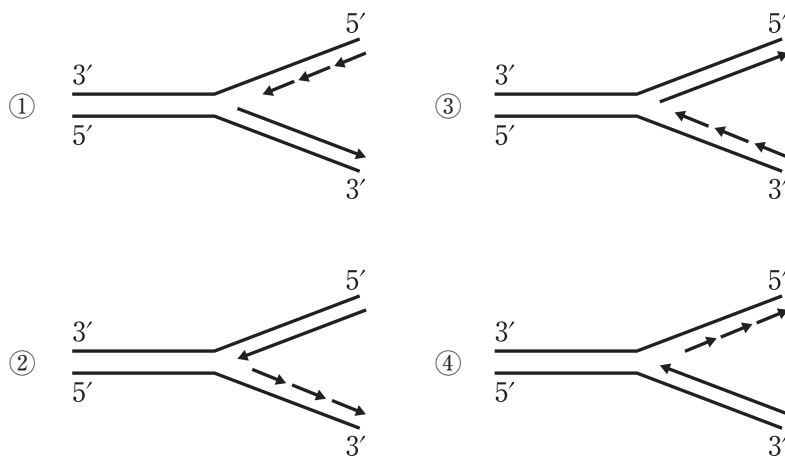
〔解答群〕

- | | | |
|--------|------------|--------|
| ① リボース | ② デオキシリボース | ③ アデニン |
| ④ シトシン | ⑤ チミン | ⑥ グアニン |
| ⑦ ウラシル | ⑧ リン酸 | |

問 6 43 鎖と 44 鎖を正しく表した図を選び、マークせよ。ただし矢印は新たに合成されている DNA の鎖を、矢印の向きは DNA の合成方向を示す。

51

〔解答群〕



問 7 このがん細胞の DNA を構成する 4 種類の塩基の割合を調べたところ、グアニンが 20% であった。アデニンの割合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

〔解答群〕

- | | | | |
|-------|-------|-------|-------|
| ① 10% | ② 20% | ③ 30% | ④ 40% |
| ⑤ 50% | ⑥ 60% | ⑦ 70% | ⑧ 80% |