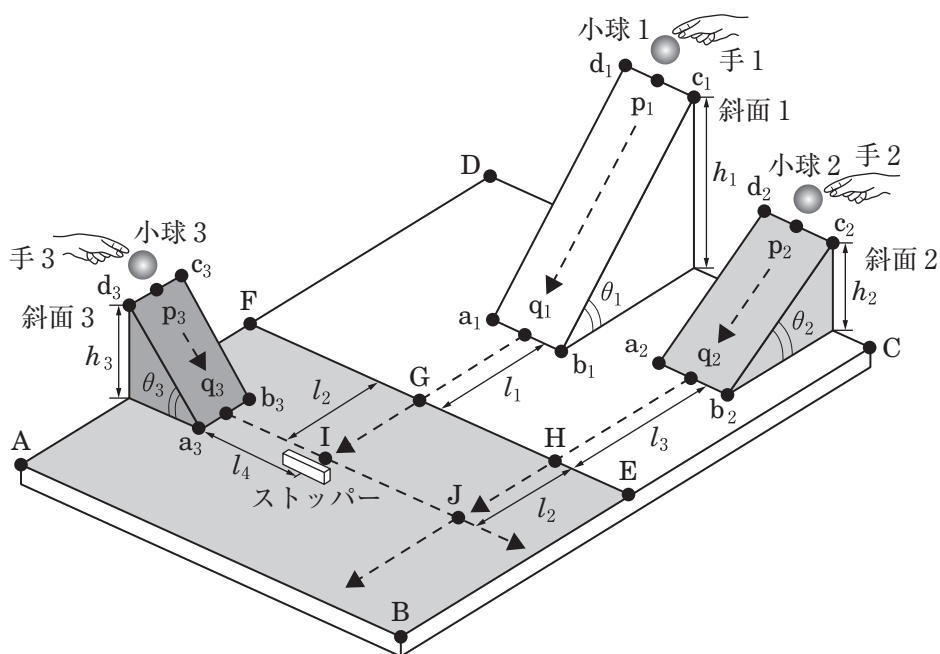


物 理

以下の 1 ～ 24 にあてはまる答えを解答群から1つ選び、解答用紙(マークシート)にマークせよ。ただし、解答が数値の場合は最も近い値を正解とする。また、同じ答えをくりかえし選んでもよい。

I



図に示すように、長方形の水平な床面 $ABCD$ 上に、斜面が3つ設置されている。斜面1では面 $a_1b_1c_1d_1$ が床面 $ABCD$ から角度 $\theta_1 [^\circ]$ だけ傾いている。同様に、斜面2の面 $a_2b_2c_2d_2$ と斜面3の面 $a_3b_3c_3d_3$ では、それぞれ水平から $\theta_2 [^\circ]$ と $\theta_3 [^\circ]$ だけ傾いている。なお、面 $a_1b_1c_1d_1$ 、面 $a_2b_2c_2d_2$ 、面 $a_3b_3c_3d_3$ は長方形であり、これらの面は水平な床面 $ABCD$ となめらかに接続している。面 $a_1b_1c_1d_1$ はなめらかであるが、面 $a_2b_2c_2d_2$ と面 $a_3b_3c_3d_3$ はなめらかではなく粗い。斜面1、斜面2、斜面3の上端の高さは、それぞれ水平な床面 $ABCD$ から $h_1 [\text{m}]$ 、 $h_2 [\text{m}]$ 、 $h_3 [\text{m}]$ である。各斜面上を滑り下っていく小球が準備されており、小球1、小球2、小球3の質量は、それぞれ

m_1 [kg], m_2 [kg], m_3 [kg] である。手 1 でつかまれた小球 1 は、斜面 1 の上端に位置する点 p_1 で静かに離されて、斜面上を滑り下りていく。同じような運動は、手 2 でつかまれた小球 2 や手 3 でつかまれた小球 3 についても行なわれ、各小球は斜面 2 の上端にある点 p_2 や斜面 3 の上端にある点 p_3 から斜面を滑り下りていく。ここで、点 p_1 は辺 c_1d_1 の中点、点 p_2 は辺 c_2d_2 の中点、点 p_3 は辺 c_3d_3 の中点となっている。一方、点 q_1 は辺 a_1b_1 の中点、点 q_2 は辺 a_2b_2 の中点、点 q_3 は辺 a_3b_3 の中点となっている。小球 1、小球 2、小球 3 は、それぞれ線分 p_1q_1 、線分 p_2q_2 、線分 p_3q_3 に沿って斜面を滑り下りていく。また、水平な床面 ABCD は、2 つの長方形の領域に分けられており、面 CDFE はなめらかであるのに対して、面 ABEF はなめらかではなく粗い。面 CDFE と面 ABEF は長方形であり、線分 EF は、辺 a_1b_1 と辺 a_2b_2 と平行である。点 p_1 から斜面 1 を点 q_1 に向かって滑りだした小球 1 は、なめらかな斜面を滑った後、点 q_1 からなめらかな水平面上を点 G まで進み、さらに点 G から先は粗い水平面上を点 I まで進んでいく。ここで、点 G は線分 EF 上に存在する。その後、小球 1 はストッパーによって点 I 上で停止する。なお、点 q_1 、点 G、点 I は同一の直線上に並んでいる。ここで、点 q_1 と点 G の間の距離は l_1 [m]、点 G と点 I の間の距離は l_2 [m] である。また、点 p_2 から点 q_2 に向かって斜面 2 を滑りだした小球 2 は、粗い斜面を滑った後、点 q_2 からなめらかな水平面上を点 H まで進み、さらに点 H から先は粗い水平面上を点 J まで進んでいく。ここで、点 H は線分 EF 上に存在する。その後、小球 2 は点 J を通過し、辺 AB に向かって移動する。なお、点 q_2 、点 H、点 J は同一の直線上に並んでいる。ここで、点 q_2 と点 H の間の距離は l_3 [m]、点 H と点 J の間の距離は l_2 [m] である。さらに、点 p_3 から点 q_3 に向かって斜面 3 を滑りだした小球 3 は、粗い斜面を滑った後、点 q_3 から粗い水平面上を点 I まで進み、点 I で静止していた小球 1 と衝突する。なお、点 q_3 、点 I、点 J は同一の直線上に並んでいる。ここで、点 q_3 と点 I の間の距離は l_4 [m] である。小球 3 が運動する方向 (点 p_3 と点 J を結ぶ線) は、小球 1 が運動する方向 (点 p_1 と点 I を結ぶ線) と直交している。小球 3 と衝突した小球 1 は、点 I から点 J に向かって進んでいく。全ての小球の大きさは考えなくてもよく、小球の運動にともなう空気抵抗についても非常に小さく考慮する必要はない。また、重力加速度の大きさを g [m/s²] として、以上のような小球の運動を考える。

- (1) 斜面 1 の点 p_1 において、小球 1 をつかんでいた手 1 を静かに離すと、小球 1 は点 p_1 から点 q_1 に向かってなめらかな面 $a_1b_1c_1d_1$ を下っていった。点 q_1 の直前での小球 1 の速さ v_1 [m/s] は、 g 、 h_1 を用いて表すと 1 になる。その後、なめらかな水平面 CDFE 上を点 q_1 から点 G へ向かって進んだ小球 1 は、点 G を通過して粗い水平面 ABEF 上を移動していき、ストッパーによって点 I 上で停止した。小球 1 と面 ABEF との間の動摩擦係数は μ_1 であった。小球 1 が点 I に達する直前の速さ v_2 [m/s] は、 v_1 、 g 、 l_2 、 μ_1 を用いて表すと 2 になる。また、小球 1 が点 q_1 を通過してから点 I に到達するまでの時間 t_1 [s] は、 v_1 、 v_2 、 g 、 l_1 、 μ_1 を用いて表すと 3 になる。

1 の解答群

- ① $\sqrt{gh_1}$ ② $\sqrt{\frac{h_1}{g}}$ ③ $\sqrt{\frac{h_1}{2g}}$ ④ $\sqrt{2gh_1}$ ⑤ $\sqrt{\frac{2h_1}{g}}$
 ⑥ $\sqrt{4gh_1}$ ⑦ $2gh_1$ ⑧ $\frac{h_1}{2g}$ ⑨ $4gh_1$

2 の解答群

- ① $\frac{\sqrt{v_1^2 - \mu_1 gl_2}}{2}$ ② $\frac{\sqrt{v_1^2 - \mu_1 gl_2}}{3}$ ③ $\frac{\sqrt{v_1^2 - \mu_1 gl_2}}{4}$
 ④ $\sqrt{v_1^2 - \mu_1 gl_2}$ ⑤ $\sqrt{v_1^2 - 2\mu_1 gl_2}$ ⑥ $\sqrt{2v_1^2 - \mu_1 gl_2}$
 ⑦ $\sqrt{v_1^2 - 4\mu_1 gl_2}$ ⑧ $\sqrt{\frac{v_1^2 - \mu_1 gl_2}{2}}$ ⑨ $\sqrt{\frac{v_1^2 - 3\mu_1 gl_2}{2}}$

3 の解答群

- ① $\frac{\mu_1 gl_1 + v_1^2 - v_1 v_2}{v_1 \mu_1 g}$ ② $\frac{\mu_1 gl_1 + v_1^2 + v_1 v_2}{v_1 \mu_1 g}$ ③ $\frac{\mu_1 gl_1 + v_1^2 - v_1 v_2}{2v_1 \mu_1 g}$
 ④ $\frac{\mu_1 gl_1 + v_1^2 + v_1 v_2}{2v_1 \mu_1 g}$ ⑤ $\frac{2\mu_1 gl_1 + v_1^2 - v_1 v_2}{v_1 \mu_1 g}$ ⑥ $\frac{2\mu_1 gl_1 + v_1^2 + v_1 v_2}{v_1 \mu_1 g}$
 ⑦ $\frac{\mu_1 gl_1 + 2v_1^2 - v_1 v_2}{v_1 \mu_1 g}$ ⑧ $\frac{\mu_1 gl_1 + 2v_1^2 + v_1 v_2}{v_1 \mu_1 g}$ ⑨ $\frac{\mu_1 gl_1 + v_1^2 + 2v_1 v_2}{v_1 \mu_1 g}$

- (2) 斜面 2 の点 p_2 において、小球 2 をつかんでいた手 2 を静かに離すと、小球 2 は点 p_2 から点 q_2 に向かって粗い面 $a_2b_2c_2d_2$ を下っていった。小球 2 と面 $a_2b_2c_2d_2$ との間の動摩擦係数は μ_2 であった。小球 2 が面 $a_2b_2c_2d_2$ を下っていく時の加速度の大きさ a $[\text{m/s}^2]$ は、 g 、 θ_2 、 μ_2 を用いて表すと 4 になる。また、粗い面 $a_2b_2c_2d_2$ を下り終わって、点 q_2 の直前で的小球 2 の速さ v_3 $[\text{m/s}]$ は、 g 、 h_2 、 θ_2 、 μ_2 を用いて表すと 5 になる。次に、なめらかな水平面 CDFE 上を点 q_2 から点 H へ向かって進んだ小球 2 は、点 H を通過して粗い水平面 ABEF 上を移動した後、点 J を通過して辺 AB に向かって進んでいった。小球 2 と面 ABEF との間の動摩擦係数は μ_3 であった。小球 2 が点 q_2 を通過してから点 J に到達するまでの時間 t_2 $[\text{s}]$ は、 v_3 、 g 、 l_2 、 l_3 、 μ_3 を用いて表すと 6 になる。

4 の解答群

- ① $\frac{g(\sin \theta_2 - \mu_2 \cos \theta_2)}{2}$ ② $\frac{g(\sin \theta_2 - \mu_2 \cos \theta_2)}{3}$ ③ $\frac{g(\sin \theta_2 - \mu_2 \cos \theta_2)}{4}$
 ④ $\sqrt{g(\sin \theta_2 - \mu_2 \cos \theta_2)}$ ⑤ $\sqrt{2g(\sin \theta_2 - \mu_2 \cos \theta_2)}$ ⑥ $\sqrt{3g(\sin \theta_2 - \mu_2 \cos \theta_2)}$
 ⑦ $g(\sin \theta_2 - \mu_2 \cos \theta_2)$ ⑧ $2g(\sin \theta_2 - \mu_2 \cos \theta_2)$ ⑨ $3g(\sin \theta_2 - \mu_2 \cos \theta_2)$

5 の解答群

- ① $gh_2 \left(1 - \frac{\mu_2 \cos \theta_2}{\sin \theta_2} \right)$ ② $gh_2 \left(1 - \frac{\mu_2 \cos \theta_2}{2 \sin \theta_2} \right)$
 ③ $gh_2 \left(1 - \frac{2\mu_2 \cos \theta_2}{\sin \theta_2} \right)$ ④ $2gh_2 \left(1 - \frac{\mu_2 \cos \theta_2}{\sin \theta_2} \right)$
 ⑤ $2gh_2 \left(1 - \frac{2\mu_2 \cos \theta_2}{\sin \theta_2} \right)$ ⑥ $\sqrt{gh_2 \left(1 - \frac{\mu_2 \cos \theta_2}{\sin \theta_2} \right)}$
 ⑦ $\sqrt{gh_2 \left(1 - \frac{2\mu_2 \cos \theta_2}{\sin \theta_2} \right)}$ ⑧ $\sqrt{2gh_2 \left(1 - \frac{\mu_2 \cos \theta_2}{\sin \theta_2} \right)}$
 ⑨ $\sqrt{2gh_2 \left(1 - \frac{2\mu_2 \cos \theta_2}{\sin \theta_2} \right)}$

6 の解答群

$$\textcircled{1} \quad \frac{\mu_3 gl_3 - v_3 \sqrt{v_3^2 - \mu_3 gl_2}}{v_3 \mu_3 g}$$

$$\textcircled{2} \quad \frac{\mu_3 gl_3 - 2v_3 \sqrt{v_3^2 - \mu_3 gl_2}}{v_3 \mu_3 g}$$

$$\textcircled{3} \quad \frac{\mu_3 gl_3 - v_3 \sqrt{v_3^2 - 2\mu_3 gl_2}}{2v_3 \mu_3 g}$$

$$\textcircled{4} \quad \frac{\mu_3 gl_3 - 2v_3 \sqrt{v_3^2 - 2\mu_3 gl_2}}{v_3 \mu_3 g}$$

$$\textcircled{5} \quad \frac{\mu_3 gl_3 + v_3^2 - v_3 \sqrt{v_3^2 - \mu_3 gl_2}}{v_3 \mu_3 g}$$

$$\textcircled{6} \quad \frac{\mu_3 gl_3 + v_3^2 - v_3 \sqrt{v_3^2 - \mu_3 gl_2}}{2v_3 \mu_3 g}$$

$$\textcircled{7} \quad \frac{\mu_3 gl_3 + 2v_3^2 - v_3 \sqrt{v_3^2 - \mu_3 gl_2}}{v_3 \mu_3 g}$$

$$\textcircled{8} \quad \frac{\mu_3 gl_3 + v_3^2 - v_3 \sqrt{v_3^2 - 2\mu_3 gl_2}}{v_3 \mu_3 g}$$

$$\textcircled{9} \quad \frac{2\mu_3 gl_3 + v_3^2 - v_3 \sqrt{v_3^2 - 2\mu_3 gl_2}}{v_3 \mu_3 g}$$

- (3) 斜面 3 の点 p_3 において、小球 3 をつかんでいた手 3 を静かに離すと、小球 3 は点 p_3 から点 q_3 に向かって粗い面 $a_3b_3c_3d_3$ を下っていった。さらに、点 q_3 を通過した小球 3 は、粗い水平面 ABEF 上を移動した後、点 I にまで達した。小球 3 と面 $a_3b_3c_3d_3$ との間の動摩擦係数 μ_4 であった。一方、小球 3 と水平面 ABEF との間の動摩擦係数 μ_5 であった。点 I の直前での小球 3 の速さ v_4 [m/s] は、 g , h_3 , l_4 , θ_3 , μ_4 , μ_5 を用いて表すと 7 になる。さらに、点 I には小球 1 が静止しており、小球 3 は速さ v_4 で小球 1 に衝突した。衝突前の小球 3 の運動の向きを正とすると、小球 3 と小球 1 は衝突後に、ともに正の方向への運動を行った。その後、小球 1 は点 J に向かって粗い面 ABEF 上を進んでいった。小球 3 と小球 1 との間の反発係数 (はねかえり係数) は e であった。小球 3 と衝突した直後の小球 1 の速さ v_5 [m/s] は、 m_1 , m_3 , v_4 , e を用いて表すと 8 になる。なお、ストッパーは小球 1 と小球 3 の衝突運動に影響を及ぼすことはなかった。

7 の解答群

- $$\begin{array}{ll} \textcircled{1} \quad \sqrt{g \left\{ h_3 \left(1 - \frac{\mu_4 \cos \theta_3}{\sin \theta_3} \right) - \mu_5 l_4 \right\}} & \textcircled{2} \quad \sqrt{g \left\{ 2h_3 \left(1 - \frac{\mu_4 \cos \theta_3}{\sin \theta_3} \right) - \mu_5 l_4 \right\}} \\ \textcircled{3} \quad \sqrt{g \left\{ h_3 \left(1 - \frac{\mu_4 \cos \theta_3}{2 \sin \theta_3} \right) - \mu_5 l_4 \right\}} & \textcircled{4} \quad \sqrt{g \left\{ h_3 \left(1 - \frac{2\mu_4 \cos \theta_3}{\sin \theta_3} \right) - \mu_5 l_4 \right\}} \\ \textcircled{5} \quad \sqrt{g \left\{ h_3 \left(1 - \frac{\mu_4 \cos \theta_3}{\sin \theta_3} \right) - 2\mu_5 l_4 \right\}} & \textcircled{6} \quad \sqrt{g \left\{ h_3 \left(1 - \frac{\mu_4 \cos \theta_3}{\sin \theta_3} \right) - 4\mu_5 l_4 \right\}} \\ \textcircled{7} \quad \sqrt{2g \left\{ h_3 \left(1 - \frac{\mu_4 \cos \theta_3}{\sin \theta_3} \right) - \mu_5 l_4 \right\}} & \textcircled{8} \quad \sqrt{2g \left\{ h_3 \left(1 - \frac{\mu_4 \cos \theta_3}{3 \sin \theta_3} \right) - \mu_5 l_4 \right\}} \\ \textcircled{9} \quad \sqrt{2g \left\{ h_3 \left(1 - \frac{\mu_4 \cos \theta_3}{\sin \theta_3} \right) - 4\mu_5 l_4 \right\}} & \end{array}$$

8 の解答群

- $$\begin{array}{lll} \textcircled{1} \quad m_1 m_3 e v_4 & \textcircled{2} \quad m_1 m_3 (1+e) v_4 & \textcircled{3} \quad \frac{m_1 (1+e) v_4}{m_3} \\ \textcircled{4} \quad \frac{m_3 (1+e) v_4}{m_1} & \textcircled{5} \quad \sqrt{m_1 m_3 e v_4} & \textcircled{6} \quad \sqrt{m_1 m_3 (1+e) v_4} \\ \textcircled{7} \quad \sqrt{\frac{m_3 (1+e) v_4}{m_1}} & \textcircled{8} \quad \frac{m_3 (1+e) v_4}{m_1 + m_3} & \textcircled{9} \quad \frac{2m_3 (1+e) v_4}{m_1 + m_3} \end{array}$$

II

- (1) 図1のような、半径 a [m] の円形断面をもち、長さ l_0 [m] の一様な材質でできた抵抗率 ρ [$\Omega \cdot \text{m}$] の円柱状の導線がある。円周率を π とすると、この導線の抵抗は $R_0 = \boxed{9}$ [Ω]、単位長さ当たりの抵抗は $r_0 = \boxed{10}$ [Ω/m] である。この導線を、材質を一様に保ち、抵抗率、体積を変えずに $3l_0$ [m] の長さに伸ばすと、導線の抵抗は $\boxed{11} \times R_0$ [Ω] となる。ただし、導線の断面形状は円形のままとする。

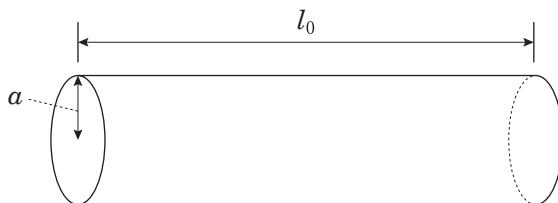


図1

$\boxed{9} \sim \boxed{10}$ の解答群

- | | | | | |
|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|----------------------------|------------------------------|
| ① $\frac{\rho l_0}{a}$ | ② $\frac{\rho \pi a^2}{l_0^2}$ | ③ $\frac{\rho \pi a^2}{l_0}$ | ④ $\frac{\pi}{\rho a^2}$ | ⑤ $\frac{\rho l_0}{\pi a^2}$ |
| ⑥ $\frac{\rho a}{\pi l_0^3}$ | ⑦ $\frac{\rho l_0^2}{a}$ | ⑧ $\frac{\pi l_0}{\rho a^2}$ | ⑨ $\frac{1}{\rho \pi a^2}$ | ⑩ $\frac{\rho}{\pi a^2}$ |

$\boxed{11}$ の解答群

- | | | | | |
|-----------------|-----------------|------|-----------------|------------------|
| ① 1 | ② $\frac{1}{9}$ | ③ 3 | ④ $\frac{1}{6}$ | ⑤ $\frac{1}{27}$ |
| ⑥ $\frac{1}{3}$ | ⑦ 6 | ⑧ 27 | ⑨ 9 | ⑩ 18 |

(2) 抵抗をもつ導線を用いた図2のような回路を考える。図において、導線ACは単位長さ当たりの抵抗が r [Ω/m] の長さ L [m] の導線であり、他の導線は抵抗の無視できる導線である。点Eと点Fの間に R [Ω] ($R \neq r$) の抵抗がつながれている。最初、この抵抗の位置は $AE=BF=l$ [m] ($l < L$) であった。また、端子A-Bと端子C-Dは、最初、開放の状態であった。各端子間の電圧は、それぞれ、端子Bより端子A、端子Dより端子Cの方が電位が高い場合（図の上向きの矢印）を正とし、各端子における電流は、それぞれ、端子Aから点Eに、端子Cから点Eに向かう向き（図の左右方向の矢印の向き）を正とする。

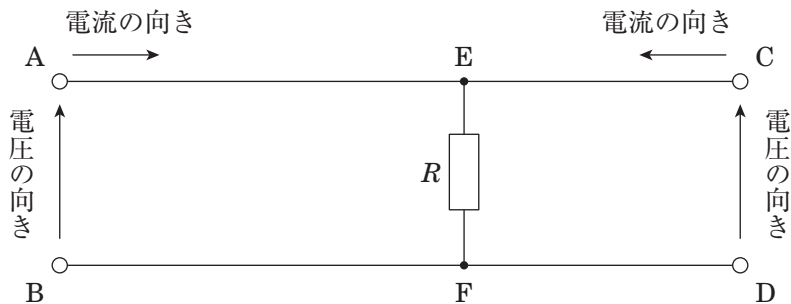


図2

端子A-B間に V_1 [V] ($V_1 > 0$) の電圧を加えたところ、端子A, Cにそれぞれ I_{A1} [A], I_{C1} [A] ($I_{A1} \geq 0$, $I_{C1} \geq 0$) の電流が流れ、端子C-D間の電圧が V [V] ($V \geq 0$) になった。このときの、回路の各部の電流、電圧の関係は次式のように表される。

$$V_1 = r l I_{A1} + V \quad (\text{A})$$

ここで、電圧 V は 12 に等しくなる。その後、端子A-Bを開放の状態にして端子C-D間に V_2 [V] ($V_2 > 0$) の電圧を加えたところ、端子A, Cにそれぞれ I_{A2} [A], I_{C2} [A] ($I_{A2} \geq 0$, $I_{C2} \geq 0$) の電流が流れ、端子A-B間の電圧は上記と同じ V [V] になった。このときの、回路の各部の電流、電圧の関係は次式により表される。

$$V_2 = \text{ 13 } \quad (\text{B})$$

電流 I_{A1} と I_{C2} の関係、及び、開放電圧と電圧降下の関係を考慮して方程式 (A), (B) を解くことにより $R [\Omega]$ の抵抗の位置を求めることができる。抵抗の位置 ($AE=BF=l [\text{m}]$) は、 L, V_1, V_2, V を用いて $l = \boxed{14} \times L [\text{m}]$ と表される。

12 の解答群

- | | | |
|----------------------------|----------------------------|------------------------|
| ① $RI_{A1} + r(L-l)I_{C1}$ | ② $RI_{A1} + rLI_{C1}$ | ③ $RI_{A1} + rLI_{C1}$ |
| ④ RI_{A1} | ⑤ $rI_{A1} + R(L-l)I_{C1}$ | ⑥ $rI_{C1} + rLI_{C1}$ |
| ⑦ $rLI_{A1} + rLI_{C1}$ | ⑧ $rI_{A1} + RLI_{A1}$ | ⑨ rI_{A1} |
| ⑩ $RI_{A1} + R(L-l)I_{C1}$ | Ⓐ $rI_{A1} + r(L-l)I_{C1}$ | Ⓑ RLI_{C1} |

13 の解答群

- | | | |
|-----------------------|-----------------------|----------------------|
| ① $rLI_{C2} + RV$ | ② $R(L-l)I_{C2} + V$ | ③ $rLI_{C2} + V$ |
| ④ $R(L-l)I_{A2} + rV$ | ⑤ $r(L-l)I_{A2} + RV$ | ⑥ rLI_{C2} |
| ⑦ rLI_{A2} | ⑧ $R(L-l)I_{A2}$ | ⑨ $r(L-l)I_{C2} + V$ |
| ⑩ $r(L-l)I_{A2} + rV$ | Ⓐ $rLI_{C2} + V$ | Ⓑ $RLI_{C2} + V$ |

14 の解答群

- | | | |
|--|--|--------------------------------------|
| ① $\frac{2(V_1 + V_2) - V}{V_1 + V_2 + V}$ | ② $\frac{V_2 - V_1}{V_1 + V_2 - V}$ | ③ $\frac{3V - V_1}{V_1 + V_2}$ |
| ④ $\frac{V_1 + V_2 + V}{V_1 + V_2}$ | ⑤ $\frac{2(V_1 + V_2) + V}{V_1 + V_2}$ | ⑥ $\frac{V_1}{V_1 + V_2 - V}$ |
| ⑦ $\frac{V_1 + 2V}{V_1 + V_2}$ | ⑧ $\frac{V_2 + V}{V_2 + V_1}$ | ⑨ $\frac{2V_1 + V}{2V_1 + V_2 - V}$ |
| ⑩ $\frac{V_2 + V}{V_1 + V_2 + V}$ | Ⓐ $\frac{V_1 - V}{V_1 + V_2 - 2V}$ | Ⓑ $\frac{V_1 + V_2 + 2V}{V_1 + V_2}$ |

(3) 次に、端子 C-D を開放の状態にし、抵抗の位置を $AE=BF=l' \text{ [m]}$ ($l'<L$) に変更した。ここで、前記の(2)で用いたものと同じ $V_1 \text{ [V]}$, $V_2 \text{ [V]}$ の電圧を用いる。端子 A-B 間に $V_1 \text{ [V]}$ の電圧を加えたところ、端子 A, C にそれぞれ $I'_{A1} \text{ [A]}$, $I'_{C1} \text{ [A]}$ ($I'_{A1} \geq 0$, $I'_{C1} \geq 0$) の電流が流れ、端子 C-D 間の電圧が $V' \text{ [V]}$ ($V' \geq 0$) になった。その後、端子 A-B を開放の状態にして端子 C-D 間に $V_2 \text{ [V]}$ の電圧を加えると、端子 A には $I'_{A2} \text{ [A]}$ ($I'_{A2} \geq 0$) の電流が流れ、端子 C には $I'_{C2}=sI'_{A1} \text{ [A]}$ ($s \geq 0$)、すなわち、 $I'_{A1} \text{ [A]}$ の s 倍の電流が流れた。このときの回路の各部の電流、電圧の関係は次式により表される。

$$V_2 = \boxed{15} \quad (C)$$

回路に $V_1 \text{ [V]}$ の電圧を加えた場合の回路の各部の電流、電圧の関係式と方程式(C)を連立させて、電流 I'_{A1} , I'_{C2} の関係、及び、開放電圧と電圧降下の関係を考慮して解くことにより $R \text{ [}\Omega\text{]}$ の抵抗の位置を求めることができる。抵抗の位置 ($AE=BF=l' \text{ [m]}$) は、 L , V_1 , V_2 , V' , s を用いて $l' = \boxed{16} \times L \text{ [m]}$ と表される。

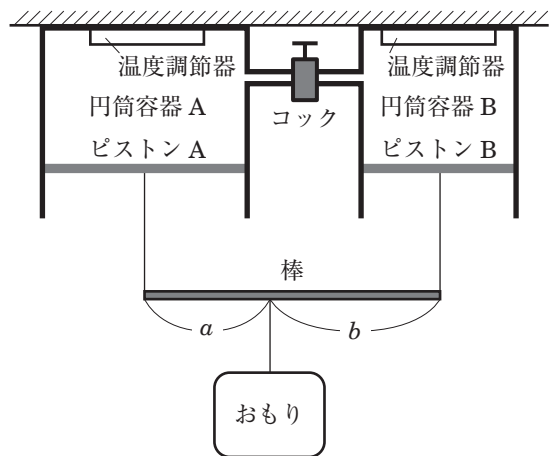
$\boxed{15}$ の解答群

- | | | |
|-------------------------|------------------------|-----------------------|
| ① $r(L-l')sI'_{A1}+sV'$ | ② $s^2rLI'_{A1}V'$ | ③ $rLsI'_{A1}+sV'$ |
| ④ $RLsI'_{A1}+V'$ | ⑤ $R(L-l')I'_{A1}+sV'$ | ⑥ $RL'sI'_{A1}+sV'$ |
| ⑦ $rI'sI'_{A1}+sV'$ | ⑧ $RL'sI'_{A1}$ | ⑨ $r(L-l')I'_{A1}+V'$ |
| ⑩ $rLI'_{A1}+sV'$ | ⑪ $r(L-l')sI'_{A1}+V'$ | ⑫ $rI'sI'_{A1}$ |

$\boxed{16}$ の解答群

- | | | |
|-----------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| ① $\frac{s(V_1+V')}{V_1+V_2+V'}$ | ② $\frac{s(V_1+V')}{s(V_1+V_2)-V'}$ | ③ $\frac{s(V_1+V_2)}{V_1-sV_2+V'}$ |
| ④ $\frac{V'}{sV_1+V_2+V'}$ | ⑤ $\frac{sV_1V'}{s(V_1+V')+V_2}$ | ⑥ $\frac{V_1+V'}{V_1+V_2+sV'}$ |
| ⑦ $\frac{s(V_1+V')}{V_1+V_2-sV'}$ | ⑧ $\frac{s^2(V_1+V')}{V_1+V_2+V'}$ | ⑨ $\frac{V'}{V_1+V_2+sV'}$ |
| ⑩ $\frac{sV_1V_2}{s(V_1+V_2)+V'}$ | ⑪ $\frac{V_1-V'}{s(V_1-V')+V_2}$ | ⑫ $\frac{s(V_1-V')}{s(V_1-2V')+V_2}$ |

Ⅲ 図のように円筒容器 A, B は天井に固定され、なめらかに動くピストンが下側についており、ピストンの中央に付けられた糸は下方の棒の両端につながっている。この棒を $a:b$ に分割する位置におもりをつるすことができる。円筒容器 A, B はコックのついた細管でつながれており、容器内には単原子分子理想気体が閉じ込められている。円筒容器



A, B にはそれぞれ温度調節器がついており容器内部の温度を変更できる。温度調節器以外の部分での熱の出入りは無いとする。

最初の状態では、コックは閉じており、棒は水平でありおもりをつるしていない状態で、2つの容器内の気体の圧力は大気圧と同じ $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、温度は 300 K である。円筒容器 A, B 内の気体の体積はそれぞれ 0.020 m^3 , 0.010 m^3 であり、ピストンの断面積はそれぞれ 0.098 m^2 , 0.049 m^2 である。重力加速度の大きさは 9.8 m/s^2 、ピストンの質量と棒の質量および太さと細管内の体積は無視できるほど小さいとする。小問(2), (3)では棒が傾くが、その角度は小さいため、ピストンと棒の間の糸は鉛直であるとみなしてよいものとする。

- (1) コックを閉じたまま容器内の気体の温度を一定に保った状態で、棒の中央 ($a:b=1:1$) に 80 kg のおもりをつるしたときの円筒容器 A 内の気体の圧力は 17 Pa, 体積は 18 m^3 となる。

17 の解答群

- ① 9.0×10^4 ② 9.2×10^4 ③ 9.4×10^4 ④ 9.6×10^4 ⑤ 9.8×10^4
⑥ 1.0×10^5 ⑦ 1.2×10^5 ⑧ 1.4×10^5 ⑨ 1.6×10^5 ⑩ 1.8×10^5

18 の解答群

- ① 0.017 ② 0.019 ③ 0.021 ④ 0.023 ⑤ 0.025
⑥ 0.027 ⑦ 0.029 ⑧ 0.031 ⑨ 0.033 ⑩ 0.035

- (2) 次に、コックを閉じたままで温度調節器により円筒容器 B 内の気体の温度を 19 K にすると、円筒容器 B 内の気体の体積は最初の状態にもどった。このとき、円筒容器 B 内の気体の圧力は 20 Pa, 内部エネルギーの変化は 21 J である。

19 の解答群

- ① 200 ② 222 ③ 254 ④ 276 ⑤ 288
⑥ 300 ⑦ 322 ⑧ 354 ⑨ 376 ⑩ 388

20 の解答群

- ① 9.0×10^4 ② 9.2×10^4 ③ 9.4×10^4 ④ 9.6×10^4 ⑤ 9.8×10^4
⑥ 1.0×10^5 ⑦ 1.2×10^5 ⑧ 1.4×10^5 ⑨ 1.6×10^5 ⑩ 1.8×10^5

21 の解答群

(複数解のため、選択肢を削除しています)

- (3) このときのピストンの位置を固定し温度調節器を停止しすべての熱の出入りが無い状態で、コックを静かに開け気体が混合し平衡状態に達したとき、容器内の気体の温度は 22 K, 圧力は 23 Pa となる。この後、固定を外してもピストンが移動しないようにするためにはおもりをつるす位置を $a : b =$ 24 とすればよい。

22 の解答群

- | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| ① 200 | ② 222 | ③ 254 | ④ 276 | ⑤ 282 |
| ⑥ 288 | ⑦ 292 | ⑧ 300 | ⑨ 326 | ⑩ 354 |

23 の解答群

- | | | | | |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| ① 8.0×10^4 | ② 8.5×10^4 | ③ 8.8×10^4 | ④ 9.0×10^4 | ⑤ 9.2×10^4 |
| ⑥ 9.5×10^4 | ⑦ 9.8×10^4 | ⑧ 1.0×10^5 | ⑨ 1.3×10^5 | ⑩ 1.5×10^5 |

24 の解答群

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

化 学

(解答番号 ~)

I 次の文 (1) から (6) 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、原子量は、 $H=1.0$, $C=12.0$, $N=14.0$, $O=16.0$, $Na=23.0$, $Cl=35.5$, $Ca=40.1$ とする。

(1) 質量パーセント濃度が 26% の $NaCl$ 水溶液 (密度 1.16 g/cm^3) を mL とり、この水溶液を水で希釈して 100 mL にすると、モル濃度が 1.83 mol/L の $NaCl$ 水溶液になる。

に対する解答群

- ① 20.8 ② 22.3 ③ 35.5 ④ 63.0 ⑤ 64.8

(2) ステアリン酸 $\text{C}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_2$ 1.42 mg をシクロヘキサンに溶かして、全量 50 mL の均一な溶液をつくった。この溶液から 0.250 mL とり、水面に滴下すると、親水基を水側、疎水基を空気側に向けて、一層に隙間なくならんだステアリン酸の単分子膜が形成された。この膜面積は 36.0 cm^2 であったので、ステアリン酸 1 分子が占める面積は 2 cm^2 とわかる。ただし、アボガドロ定数を $6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$ とする。

2 に対する解答群

- ① 2.4×10^{-18} ② 1.8×10^{-15} ③ 2.4×10^{-15}
④ 4.8×10^{-15} ⑤ 9.6×10^{-15}

(3) 0.320 mol/L の NH_3 水溶液 100 mL と、 0.160 mol/L の NH_4Cl 水溶液 100 mL を混合した 200 mL の水溶液の pH は 3 になる。ただし、アンモニアの電離定数 $K_b = 2.00 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ 、水のイオン積 $K_w = 1.00 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$ とする。また、必要であれば $\log_{10} 2 = 0.301$, $\log_{10} 3 = 0.477$, $\log_{10} 7 = 0.845$ を使用せよ。

3 に対する解答群

- ① 7.50 ② 8.20 ③ 9.60 ④ 9.98 ⑤ 10.2

(4) CaC_2 を主な成分とするカルシウムカーバイド 29.0 g がある。これに、水を加えると 0°C 、 $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ で、8.96 L のアセチレンガスが発生した。このことから、カルシウムカーバイド中の CaC_2 の含有率（質量％）は % とわかる。ただし、気体は理想気体としてふるまうものとし、気体定数を $8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$ とする。また、アセチレンは CaC_2 のみから発生したものとする。

に対する解答群

- ① 69.0 ② 72.8 ③ 82.6 ④ 88.4 ⑤ 95.2

(5) プロパン C_3H_8 とプロペン C_3H_6 の混合気体がある。この気体を完全燃焼させたところ、二酸化炭素 6.60 g と水 3.06 g を生じた。このことから、この混合気体中のプロパンの物質量は mol で、プロペンの物質量は mol であることがわかる。

, に対する解答群

- ① 2.00×10^{-2} ② 2.33×10^{-2} ③ 2.50×10^{-2}
④ 3.00×10^{-2} ⑤ 3.50×10^{-2}

(6) 原子量が 7 のある金属元素 M の単体 3.91 g を完全に酸化したところ、組成式が M_2O_3 であらわされる金属酸化物が 5.59 g 得られた。

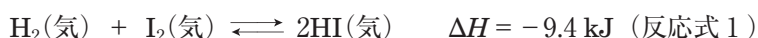
7 に対する解答群

- ① 24.3 ② 27.0 ③ 55.9 ④ 63.6 ⑤ 72.6

(第Ⅱ問は次ページから始まる)

Ⅱ 次の文の空欄 ～ 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。

水素 H_2 とヨウ素 I_2 からヨウ化水素 HI が生成する次の反応について考える。



27℃において容積 10 L の容器 A に H_2 0.50 mol と I_2 0.50 mol を入れたところ、反応式 1 の正反応が起こり、0.20 秒間で HI が $3.2 \times 10^{-3} \text{ mol}$ 生成した。この 0.20 秒間における HI の生成速度は $\text{mol}/(\text{L} \cdot \text{s})$ となり、 H_2 の減少速度は $\text{mol}/(\text{L} \cdot \text{s})$ となる。

続いて、27℃において容積 10 L の容器 B に、 HI 1.0 mol を入れたところ、反応式 1 の逆反応が起こり、0.20 秒間で I_2 が $1.0 \times 10^{-4} \text{ mol}$ 生成した。この 0.20 秒間における HI の減少速度は $\text{mol}/(\text{L} \cdot \text{s})$ となり、 H_2 の生成速度は $\text{mol}/(\text{L} \cdot \text{s})$ となる。

反応式 1 の正反応における HI の生成速度を $v_{1, \text{HI}}$ 、反応速度定数を k_1 とする。同様に、反応式 1 の逆反応における HI の減少速度を $v_{2, \text{HI}}$ 、反応速度定数を k_2 とする。すると、次の式が成り立つ。

$$v_{1, \text{HI}} = k_1 [\text{H}_2] [\text{I}_2], \quad v_{2, \text{HI}} = k_2 [\text{HI}]^2$$

上記の 0.20 秒間の反応において、容器 A の逆反応、容器 B の正反応を無視できると考えた場合、 k_1 は $\text{L}/(\text{mol} \cdot \text{s})$ と計算され、 k_2 は $\text{L}/(\text{mol} \cdot \text{s})$ と計算される。よって、反応式 1 の平衡定数は と計算される。長時間放置すると H_2 、 I_2 、 HI の物質量はいずれも容器 A 内と容器 B 内とで同じになると考えられるが、反応式 1 の平衡定数の値から、その時の H_2 、 HI の物質量はそれぞれ mol, mol になると計算される。

ここで容器の温度を 87℃に上げると、平衡は移動し、 HI の物質量は 。その理由は、温度を上げた直後に $v_{1, \text{HI}}$ と $v_{2, \text{HI}}$ が変化するからであり、その変化は と説明される。

8 ～ **11** に対する解答群

- | | | | |
|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| ① 5.0×10^{-5} | ② 1.0×10^{-4} | ③ 2.0×10^{-4} | ④ 4.0×10^{-4} |
| ⑤ 5.0×10^{-4} | ⑥ 8.0×10^{-4} | ⑦ 1.0×10^{-3} | ⑧ 1.6×10^{-3} |
| ⑨ 2.0×10^{-3} | ⑩ 4.0×10^{-3} | Ⓐ 5.0×10^{-3} | Ⓑ 8.0×10^{-3} |

12 , **13** , **15** , **16** に対する解答群

- | | | | |
|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| ① 1.0×10^{-2} | ② 2.0×10^{-2} | ③ 4.0×10^{-2} | ④ 8.0×10^{-2} |
| ⑤ 1.0×10^{-1} | ⑥ 1.6×10^{-1} | ⑦ 2.0×10^{-1} | ⑧ 3.2×10^{-1} |
| ⑨ 4.0×10^{-1} | ⑩ 6.4×10^{-1} | Ⓐ 8.0×10^{-1} | Ⓑ 1.0×10^0 |
| Ⓒ 1.6×10^0 | Ⓓ 2.0×10^0 | Ⓔ 3.2×10^0 | Ⓕ 4.0×10^0 |
| Ⓖ 6.4×10^0 | Ⓗ 8.0×10^0 | | |

14 に対する解答群

- | | | | |
|-------|-------|-------|-------|
| ① 1.0 | ② 2.0 | ③ 4.0 | ④ 8.0 |
| ⑤ 16 | ⑥ 32 | ⑦ 64 | ⑧ 128 |

17 に対する解答群

- | | |
|--------|--------|
| ① 増加する | ② 減少する |
|--------|--------|

18 に対する解答群

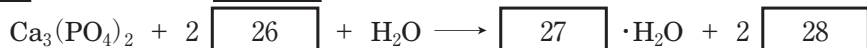
- | |
|---|
| ① $v_{1, \text{HI}}$ は大きくなり, $v_{2, \text{HI}}$ は小さくなる |
| ② $v_{1, \text{HI}}$ は小さくなり, $v_{2, \text{HI}}$ は大きくなる |
| ③ $v_{1, \text{HI}}$ も $v_{2, \text{HI}}$ も大きくなるが, $v_{1, \text{HI}}$ の増加割合の方が大きい |
| ④ $v_{1, \text{HI}}$ も $v_{2, \text{HI}}$ も大きくなるが, $v_{2, \text{HI}}$ の増加割合の方が大きい |
| ⑤ $v_{1, \text{HI}}$ も $v_{2, \text{HI}}$ も小さくなるが, $v_{1, \text{HI}}$ の減少割合の方が大きい |
| ⑥ $v_{1, \text{HI}}$ も $v_{2, \text{HI}}$ も小さくなるが, $v_{2, \text{HI}}$ の減少割合の方が大きい |

Ⅲ 次の文の空欄 19 ～ 29 にあてはまる最も適切なものを解答群から選び、解答欄にマークせよ。必要なら、原子量として、H=1.0, C=12.0, O=16.0, P=31.0, S=32.1, Cl=35.5, Ca=40.1 を用いよ。

単体のリンは、リン酸カルシウムを主成分とするリン鉱石にけい砂とコークスを混ぜて強熱すると得られる。このときに得られるリンは 19 とよばれる。19 を空気を絶って約 250℃で加熱すると 20 が得られる。赤リンは 21 が、一方、黄リンは 22。赤リンと黄リンのように、同じ元素からできているが性質が異なる単体どうしを、互いに 23 であるという。なお、黄リンは 24。

リンを空気中で燃やすと白色の十酸化四リンが得られる。十酸化四リンはその性質から強力な 25 として用いられる。十酸化四リンを水に加えて加熱するとリン酸が得られる。

リン酸カルシウムを 26 と反応させると、次の化学反応式で表されるように、27 の一水和物と 28 の混合物が得られる。



この混合物は過リン酸石灰とよばれ、肥料に用いられる。たとえば、 $1.00 \times 10^3 \text{ g}$ のリン酸カルシウムを 26 と完全に反応させると 29 $\times 10^3 \text{ g}$ の過リン酸石灰が得られる。

19 , 20 に対する解答群

- ① 黄リン ② 赤リン

21 , 22 に対する解答群

- ① 毒性が強い ② 毒性が弱い

23 に対する解答群

- ① 異性体 ② 単原子分子 ③ 同位体
④ 同族体 ⑤ 同素体

24 に対する解答群

- ① 光と熱で分解するため褐色瓶に入れて冷暗所に保存する
- ② ガラスを溶かすためポリエチレン容器で保存する
- ③ 空気中の酸素と容易に反応するため石油中に保存する
- ④ 空気中で自然発火するため水中に保存する
- ⑤ 空気中の水蒸気を吸収して溶けるため乾燥剤とともに保存する

25 に対する解答群

- ① 乾燥剤 ② 酸化剤 ③ 除菌剤 ④ 助燃剤 ⑤ 脱臭剤

26 ~ 28 に対する解答群

- ① H_2O_2 ② HCl ③ H_2CO_3 ④ $\text{Ca}(\text{OH})_2$
- ⑤ H_2SO_4 ⑥ CaCO_3 ⑦ CaCl_2 ⑧ CaSO_4
- ⑨ $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ ⑩ $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$

29 に対する解答群

- ① 1.25 ② 1.31 ③ 1.37 ④ 1.55 ⑤ 1.69

Ⅳ 次の文 (1) ～ (9) を読み、問いに答えよ。

- (1) フェノールに希硝酸を反応させると、*p*-位の水素が置換した A と *o*-位の水素が置換した B の 2 種の異性体が生じた。
- (2) フェノールに濃硫酸と濃硝酸の混合物 (混酸) を加えて加熱すると、C が生じた。
- (3) A と B に混酸を加えて加熱すると、C が生じた。
- (4) A にスズと濃塩酸を作用させて還元すると、D が生じた。
- (5) D に水酸化ナトリウム水溶液を加えると、E が遊離した。
- (6) E に無水酢酸を作用させると、主に F が生じた。
- (7) E に酸性条件下で無水酢酸を作用させると、F の異性体である G が主に生じた。
- (8) F と G に塩化鉄(Ⅲ)を作用させると、F は紫色を呈したが、G は呈色しなかった。
- (9) E を酢酸で中和すると、主に H が生じた。

問 1 化合物 A～H の構造として最も適切なものを解答群からそれぞれ選び、解答欄にマークせよ。

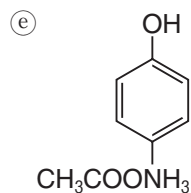
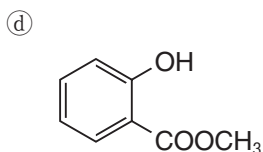
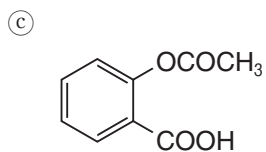
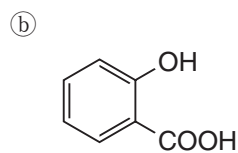
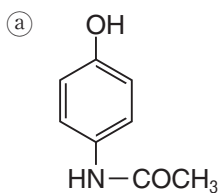
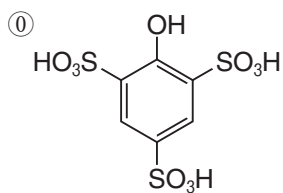
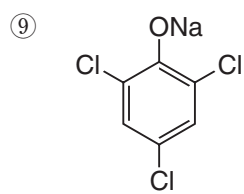
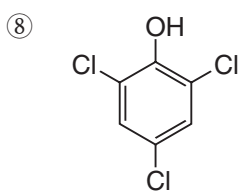
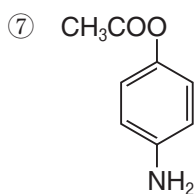
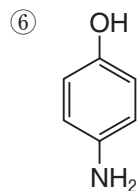
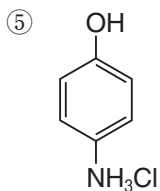
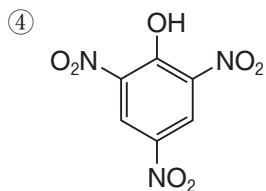
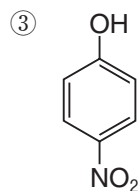
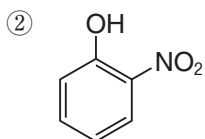
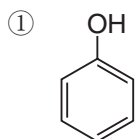
A :	30	B :	31	C :	32	D :	33
E :	34	F :	35	G :	36	H :	37

問 2 E～G に水とエーテルを加えて振り混ぜて、主にエーテル層に抽出される化合物として最も適切なものを解答群から選び、解答欄 にマークせよ。

問 3 E～G に希塩酸とエーテルを加えて振り混ぜて、主にエーテル層に抽出される化合物として最も適切なものを解答群から選び、解答欄 にマークせよ。

問 4 E～G に 1 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液とエーテルを加えて振り混ぜて、主にエーテル層に抽出される化合物として最も適切なものを解答群から選び、解答欄 にマークせよ。

30 ~ 37 に対する解答群



38 ~ 40 に対する解答群

① E

② F

③ G

④ E と F

⑤ E と G

⑥ F と G

⑦ すべて

⑧ な し

生 物

(解答番号 ~)

I 細胞の膜構造と機能に関する次の文を読み、以下の各問いに答えよ。

細胞の内部は、細胞膜により外部と隔てられており、細胞小器官も基本的に同じ膜構造をもっている。これらの膜をまとめて とよび、 とよばれる分子が、 性の部分を外側に向けた状態で、二層に並んだ構造をしている。

細胞には、核やその他の細胞小器官が存在する。一方、 細胞は、ミトコンドリアや葉緑体などの細胞小器官をもたないが、 はもつ。このミトコンドリアと葉緑体は、もともと 生物だったものが、別の細胞に取りこまれ、共生することで形成されたとする説があり、ミトコンドリアは が共生してきたと考えられている。

は、生体膜が薄い袋状になった構造の細胞小器官で、核膜の外側の膜とつながっている。 には、 が付着しているものと、付着していないものがある。 は、細胞内で不要になった物質を取りこんで分解する細胞小器官で、 から分離してつくられる。

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 全透膜 | ② 生体膜 | ③ グルコース | ④ リン脂質 |
| ⑤ 疎水 | ⑥ 親水 | ⑦ 無核 | ⑧ 原核 |
| ⑨ 真核 | ⑩ リボソーム | a リソソーム | b ゴルジ体 |
| c 中心体 | d 小胞体 | e 核小体 | f 嫌気性細菌 |
| g 好気性細菌 | h シアノバクテリア | | |

問2 の二重層を透過しやすい物質を下の解答群から2つ選び、マークせよ。
ただし、解答の順序は問わない。 ,

〔解答群〕

- | | | |
|------------------------|------------|------------|
| ① カリウムイオン | ② ナトリウムイオン | ③ 水素イオン |
| ④ 酸素 (O ₂) | ⑤ スクロース | ⑥ デンプン |
| ⑦ グリコーゲン | ⑧ インスリン | ⑨ 糖質コルチコイド |

問3 細胞膜に関する次のAからC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。

- A 細胞膜を構成する は、膜内を比較的自由に移動することができる。
- B エキソサイトーシスが生じるときには、細胞膜は分泌小胞と融合する。
- C 細胞膜が選択的に物質を透過させる性質を、流動モザイクモデルという。

〔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 膜に存在する輸送タンパク質について述べた次のAからC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。

14

- A カルシウムチャネルは、ATP をもちいてカルシウムイオンを能動輸送する。
- B 輸送体（担体）は、ふつう運搬する分子と結合すると立体構造が変化して、膜の一方から反対側へとその分子を運ぶ。
- C 動物の細胞膜で働くナトリウムポンプは、ナトリウムイオンを細胞内に取りこみ、カリウムイオンを細胞外に排出する。

〔解答群〕

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

問5 ヒトの腎臓の集合管にある膜タンパク質のアクアポリンは、体液濃度の調節に関わっている。次のAからDの記述のうち、ヒトの体液の塩分濃度が上昇したときに起こる現象を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。

15

- A 腎臓の集合管の細胞膜にあるアクアポリンの数が増加する。
- B 腎臓の集合管外から、集合管内への水の移動が促進される。
- C 腎臓の集合管内から、集合管外への水の移動が促進される。
- D 脳下垂体後葉からのバソプレシンの分泌が促進される。

〔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 | ⓐ C→D→A | ⓑ C→D→B |
| ⓒ D→A→B | ⓓ D→A→C | ⓒ D→B→A |
| ⓕ D→C→A | | |

Ⅱ 動物の知覚と行動に関する次の文を読み、以下の各問いに答えよ。

ヒトの眼においてはおよそ 380 nm～760 nm の波長の可視光が [16] であるが、ミツバチにおいては [17] を含む波長へとずれている。受容器で受け取った視覚情報は、ニューロンによって脳へと伝えられる。

ニューロンは核のある [18] と、そこから伸びる枝わかれした多数の [19] ，細長く伸びた [20] からなる。通常 1 つのニューロンの [18] や [19] に対して複数のニューロンからの [20] の終末が [21] を形成している。[21] で複雑に組み合わさった複数のニューロンにより神経回路が形成され、様々な情報処理が行われている。ミツバチでは [22] 器で感知した花の色と、[23] 器で感知した蜜という 2 つの刺激が、ニューロンにおいて関連付けられ、記憶される。

ミツバチは同種の個体が集まって [24] と呼ばれる個体群を形成して生活しており、明確な分業が見られるため社会性昆虫と呼ばれる。ミツバチは蜜のある花を見つけると、巣に戻って仲間にエサ場の情報を伝える。ミツバチにおいて雌は生殖を行う [25] と生殖能力を持たない [26] と呼ばれる雌に分かれている。このように同じ遺伝情報をもつにも関わらず、幼虫時に食べた食物の違いによって形質が変わる現象は [27] と呼ばれる。

問 1 上の文中の [16] から [23] 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。

[16] ～ [23]

〔解答群〕

- | | | | |
|-------|--------|-------|----------|
| ① 効 果 | ② 受 容 | ③ 適刺激 | ④ 赤色光 |
| ⑤ 紫外線 | ⑥ 赤外線 | ⑦ 細胞体 | ⑧ 樹状突起 |
| ⑨ 軸 索 | ⑩ シナプス | Ⓐ 髓 鞘 | Ⓑ ランビエ絞輪 |
| Ⓒ 触 覚 | Ⓓ 聴 覚 | Ⓔ 視 覚 | Ⓕ 味 覚 |

問2 前の文中の 24 から 27 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。 24 ~ 27

〔解答群〕

- | | | |
|---------------|---------|-----------|
| ① コロニー | ② 相利共生 | ③ 地位（ニッチ） |
| ④ 食物連鎖 | ⑤ 片利共生 | ⑥ ワーカー |
| ⑦ 女王バチ | ⑧ 血縁個体 | ⑨ 順位性 |
| ⑩ エピジェネティック制御 | ⑪ 生物多様性 | |
| ⑫ アリー効果 | ⑬ 刷込み | |

問3 前の文中の 21 に関する次の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。

28

- A 興奮性 21 で使われる神経伝達物質には、アセチルコリンや γ -アミノ酪酸などがある。
- B 神経伝達物質により 21 後細胞に Cl^- イオンが流入すると、興奮性 21 後電位が起こる。
- C 21 の伝達効率の変化を跳躍伝導と呼ぶ。
- D 21 の伝達効率の変化が長期間維持されることを、全か無かの法則と呼ぶ。

〔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4 下線部アのミツバチの行動を示す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。

29

- A えさ場が近い時は、8の字ダンスによりえさ場の情報を伝える。
- B 8の字ダンスでは、太陽の方向を使ってえさ場のある方向を伝える。
- C 8の字ダンスでは、8の字の大きさでえさ場までの距離を伝える。

〔解答群〕

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

(第Ⅲ問は次ページから始まる)

Ⅲ 窒素循環に関する次の文を読み、以下の各問いに答えよ。

植物は、根から水とともに [30] と [31] を吸収する。^ア [31] は、植物体内で [32] となり、その後は [30] となる。 [30] は [33] と結合して [34] となる。 [34] の [35] は酵素により [36] に転移され [33] になる。その後、 [33] の [35] は他の有機酸に転移され様々なアミノ酸がつくられる。

一部の細菌は、大気中の窒素分子を [30] に変換する。この反応は [37] と呼ばれる。大気中の窒素分子から合成された [30] は、 [38] により [32] に、さらに [39] により [31] に変えられる。

問1 上の文中の [30] から [36] 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。
[30] ~ [36]

〔解答群〕

- | | | | |
|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|
| ① グルタミン | ② グルタミン酸 | ③ グルコース | ④ 酸化マンガン |
| ⑤ α -ケトグルタル酸 | | ⑥ オキサロ酢酸 | |
| ⑦ クエン酸 | ⑧ $-\text{NH}_2$ | ⑨ $-\text{COOH}$ | ⑩ $-\text{CH}_3$ |
| a NO_3^- | b NO_2^- | c NH_4^+ | |

問2 上の文中の [37] から [39] 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。 [37] ~ [39]

〔解答群〕

- | | | | |
|--------|----------|--------|--------|
| ① 窒素固定 | ② 脱 窒 | ③ 硝 化 | ④ 炭酸同化 |
| ⑤ 異 化 | ⑥ 硝酸菌 | ⑦ 亜硝酸菌 | ⑧ 大腸菌 |
| ⑨ 硫黄細菌 | ⑩ 紅色硫黄細菌 | | |

問 3 前の文中の 30 からアミノ酸がつくられる一連の反応に関する A から C 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。 40

- A 窒素同化は、この一連の反応を含む。
- B この一連の反応では、植物が獲得した無機窒素化合物が、タンパク質などの有機窒素化合物の生合成に使われる。
- C この一連の反応は、根のみで起こる。

〔解答群〕

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

問 4 下線部アに関する 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。 41

- A 31 から 32 への反応は、還元である。
- B 32 から 30 への反応は、還元である。
- C 31 から 32 への反応は、酸化である。
- D 32 から 30 への反応は、酸化である。

〔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 A と B と C ⑫ b A と B と D
- ⑬ c A と C と D ⑭ d B と C と D ⑮ e A と B と C と D
- ⑯ f 正しい記述はない

問5 前の文中の または に関するAからC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。

- A は、ネンジュモやアゾトバクターも行っている。
- B には、ATP のエネルギーを必要とする。
- C から生じた の一部は、別の細菌のはたらきにより窒素分子に変換され、大気中に戻る。

〔解答群〕

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

(第Ⅳ問は次ページから始まる)

Ⅳ 花の色の遺伝に関する次の文を読み、以下の各問いに答えよ。

ある2倍体の植物の花(花卉)の色には、白、赤、紫および青の4色がある。この花の色は、互いに独立に遺伝する3対の対立遺伝子によって支配されている。まず、遺伝子Cは、色素のもととなる分子を作るが、対立遺伝子cはこの分子を作ることができない。遺伝子Rは、色素のもととなる分子を赤色に発色させるが、対立遺伝子rはこの機能をもたない。また、遺伝子Bは、色素のもととなる分子を青色に発色させるが、対立遺伝子bはこの機能をもたない。色素のもととなる分子が作られないか、色素のもととなる分子が作られても発色させられない場合に白色花となる。紫色花は、遺伝子C、遺伝子Rおよび遺伝子Bが全て発現することによって生じる。これら3対の対立遺伝子は、いずれも大文字で記した遺伝子が小文字で記した遺伝子に対して顕性である。また、これらの遺伝子の遺伝子型によって、この植物の生育、受精、種子の発芽性などは全く変わらないものとする。

いま、白色花の純系1と赤色花の純系2を交配したところ、雑種第一代は全て赤色花となったが、雑種第一代の自家受精によって得た雑種第二代では、赤色花：白色花が9：7の比に分離した。また、別の白色花の純系3と紫色花の純系4を交配したところ、雑種第一代は全て紫色花となったが、雑種第一代の自家受精によって得た雑種第二代では、紫色花：青色花：赤色花：白色花が9：3：3：1の比に分離した。さらに、この白色花の純系3と別の白色花の純系5を交配したところ、雑種第一代は全て青色花となったが、雑種第一代の自家受精によって得た雑種第二代では、青色花：白色花が9：7の比に分離した。

これらの実験の結果から、純系1の遺伝子型は 43、純系2の遺伝子型は 44、純系3の遺伝子型は 45、純系4の遺伝子型は 46、純系5の遺伝子型は 47 と考えられる。

問1 前の文中の 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。 43 ~ 47

〔解答群〕

- | | | | |
|----------|----------|----------|----------|
| ① ccrrbb | ② ccRRbb | ③ ccrrBB | ④ ccRRBB |
| ⑤ CCrrbb | ⑥ CCRrbb | ⑦ CCrrBB | ⑧ CCRRBB |

問2 前の文の実験に続いて行う実験に関する次の文中の、 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。 48 ~ 53

前の文の実験の純系1と純系2の交配で得られた雑種第二代のなかから選んだ1個体の赤色花の個体Xと純系1とを交配した結果、雑種第一代が全て赤色花になれば選んだ個体Xの遺伝子型は 48 であることがわかる。もし、雑種第一代で赤色花：白色花が 49 の比になれば、選んだ個体Xの遺伝子型は 50 であることがわかる。しかし、雑種第一代で赤色花：白色花が 51 の比になれば、選んだ個体Xの遺伝子型には2つの可能性が残って確定できない。そこでさらに、この個体Xと純系3とを交配し、その雑種第一代が全て赤色花になれば選んだ個体Xの遺伝子型は 52 であることがわかり、雑種第一代において赤色花：白色花が1：1の比になれば、選んだ個体Xの遺伝子型は 53 であることがわかる。

〔解答群〕

- | | | | |
|----------|----------|----------|----------|
| ① ccrrbb | ② ccRrbb | ③ ccRRbb | ④ Ccrrbb |
| ⑤ CcRrbb | ⑥ CcRRbb | ⑦ CCrrbb | ⑧ CCRrbb |
| ⑨ CCRRbb | ⑩ 1：1 | ⑪ 3：1 | ⑫ 1：3 |
| ⑬ 7：9 | ⑭ 9：7 | ⑮ 1：15 | ⑯ 15：1 |