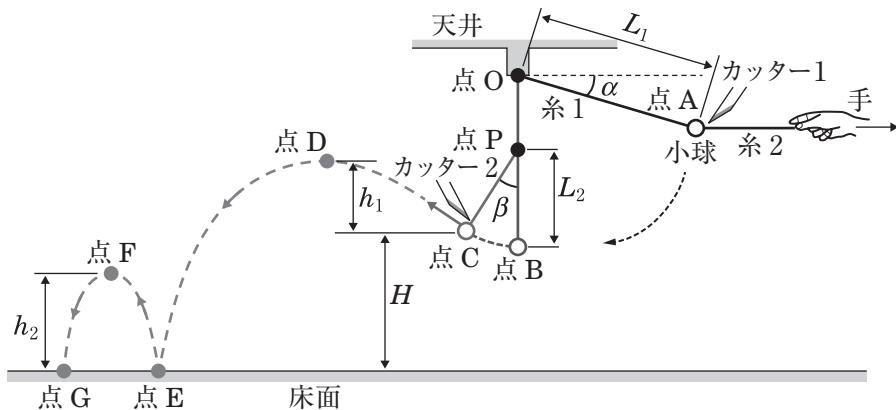


## 物 理

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。以下の問い合わせに答えよ。

I



図に示すように、質量  $m$  [kg] の小球を取り付けた糸 1 が、天井にある点 O に固定されている。糸 1 の長さは  $L_1$  [m] である。また、小球には糸 2 も取り付けられている。糸 1 と糸 2 がたるまないよう、手で糸 2 をつかみ、水平方向のみに力を作用させていく、水平方向から下方に角度  $\alpha$  [°] をなす点 A の位置で小球を静止させる。その後、カッター 1 を用いて小球との付着部で糸 2 を抵抗なく切断すると、糸 1 はたるむことなく、小球は鉛直面内で点 O を中心とする円運動を行う。小球が最下点の位置である点 B を通る瞬間に、糸 1 は点 P にある細い棒と接触する。棒は紙面に垂直な方向に固定されている。糸 1 が棒と接触した結果、小球は点 P を中心とする円運動を行うことになる。点 P は点 B から真上に  $L_2$  [m] のところに位置している。点 P を中心とした円運動を行った小球は、鉛直方向とのなす角が  $\beta$  [°] となる点 C の位置まで上昇する。点 C において、小球と糸 1 の付着部はカッター 2 によって抵抗なく切断され、小球は円運動の接線方向へと投射される。投射された小球は、最高点となる点 D を通り、下方の水平な床面上の点 E に落下する。なお、点 D と点 E は点 C からの鉛直方向の距離

が、それぞれ  $h_1$  [m] と  $H$  [m] となっている。点 E においては床面と小球が斜めに衝突して、小球ははねかえった。床面はなめらかであり、床面と小球の間の反発係数（はねかえり係数）は  $e$  である。小球がはねかえった後の最高点は、鉛直方向に床面から  $h_2$  [m] の位置にある点 F であり、ここを通過して小球は床面上の点 G に落下する。小球の運動にともなう空気抵抗は非常に小さく考慮する必要はない。糸は伸びることはなく、その質量は無視できるものとする。小球の大きさは考えなくてもよい。また、重力加速度の大きさを  $g$  [m/s<sup>2</sup>] とする。以上のような運動を考えるとして、以下 1) から 3) の問い合わせに答えよ。

1) 糸 1 と糸 2 がたるむことなく、手によって水平方向に力が作用した状態で、小球が点 A で静止している。この時、糸 1 の張力の大きさ  $T$  [N] は、 $m$ ,  $g$ ,  $\alpha$  を用いて表すと 1 になる。点 A の位置において、カッター 1 によって糸 2 が切断されると、小球は点 A の位置から最下点の点 B の位置まで下りていった。点 B の直前での小球の速さ  $v_1$  [m/s] は、 $g$ ,  $L_1$ ,  $\alpha$  を用いて表すと 2 になる。その後、糸 1 が点 P にある棒にふれると、小球は点 P を中心とした円運動を行い、点 B から点 C の位置まで上昇した。点 C の直前での小球の速さ  $v_2$  [m/s] は、 $v_1$ ,  $g$ ,  $L_2$ ,  $\beta$  を用いて表すと 3 になる。

### 1 の解答群

- |                              |                              |                            |
|------------------------------|------------------------------|----------------------------|
| ① $mg \sin \alpha$           | ② $2mg \sin \alpha$          | ③ $2mg \cos \alpha$        |
| ④ $\frac{mg \sin \alpha}{2}$ | ⑤ $\frac{mg \cos \alpha}{2}$ | ⑥ $\frac{mg}{\sin \alpha}$ |
| ⑦ $\frac{mg}{\cos \alpha}$   | ⑧ $\frac{\sin \alpha}{mg}$   | ⑨ $\frac{\cos \alpha}{mg}$ |

### 2 の解答群

- |                                    |  |  |
|------------------------------------|--|--|
| ① $\sqrt{gL_1(1 - \sin \alpha)}$   | ② $\sqrt{gL_1(1 - \cos \alpha)}$           | ③ $\sqrt{gL_1(1 - 2 \sin \alpha)}$         |
| ④ $\sqrt{gL_1(1 - 2 \cos \alpha)}$ | ⑤ $\sqrt{2gL_1(1 - \sin \alpha)}$          | ⑥ $\sqrt{2gL_1(1 - \cos \alpha)}$          |
| ⑦ $\sqrt{4gL_1(1 - \sin \alpha)}$  | ⑧ $\sqrt{\frac{gL_1(1 - \sin \alpha)}{2}}$ | ⑨ $\sqrt{\frac{gL_1(1 - \cos \alpha)}{2}}$ |

3 の解答群

①  $\sqrt{v_1^2 - gL_2(1 - \sin\beta)}$

③  $\sqrt{2v_1^2 - gL_2(1 - \sin\beta)}$

⑤  $\sqrt{v_1^2 - gL_2(1 - 2\sin\beta)}$

⑦  $\sqrt{v_1^2 - 2gL_2(1 - \cos\beta)}$

⑨  $\sqrt{v_1^2 - 4gL_2(1 - \sin\beta)}$

②  $\sqrt{v_1^2 - gL_2(1 - \cos\beta)}$

④  $\sqrt{2v_1^2 - gL_2(1 - \cos\beta)}$

⑥  $\sqrt{v_1^2 - gL_2(1 - 2\cos\beta)}$

⑧  $\sqrt{v_1^2 - 2gL_2(1 - \sin\beta)}$

2) 次に、点 C で糸 1 と小球はカッター 2 によって切り離されて、円運動の接線方向に小球は斜方投射運動を開始した。小球が最高点である点 D に達した時、点 C からの鉛直方向の距離  $h_1$  は、 $v_2$ ,  $g$ ,  $\beta$  を用いて表すと 4 になる。その後、小球は放物運動を続けて、床面上の点 E に落下した。点 C において、小球が糸から切り離されてから点 E に落下するまでの時間  $t$  [s] は、 $v_2$ ,  $g$ ,  $\beta$ ,  $H$  を用いて表すと 5 になる。また、点 E に落下する直前の速さ  $v_3$  [m/s] は、 $v_2$ ,  $g$ ,  $H$  を用いて表すと 6 になる。

4 の解答群

①  $gv_2^2 \sin^2 \beta$

②  $gv_2^2 \cos^2 \beta$

③  $2gv_2^2 \sin^2 \beta$

④  $2gv_2^2 \cos^2 \beta$

⑤  $\frac{gv_2^2 \sin^2 \beta}{2}$

⑥  $\frac{gv_2^2 \cos^2 \beta}{2}$

⑦  $\frac{g \sin^2 \beta}{2v_2^2}$

⑧  $\frac{g \cos^2 \beta}{2v_2^2}$

⑨  $\frac{v_2^2 \sin^2 \beta}{2g}$

5

の解答群

$$\textcircled{1} \quad \frac{v_2 \sin \beta + \sqrt{v_2^2 \sin^2 \beta + 2gH}}{g}$$

$$\textcircled{2} \quad \frac{v_2 \cos \beta + \sqrt{v_2^2 \cos^2 \beta + 2gH}}{g}$$

$$\textcircled{3} \quad \frac{2v_2 \sin \beta + \sqrt{v_2^2 \sin^2 \beta + 2gH}}{g}$$

$$\textcircled{4} \quad \frac{2v_2 \cos \beta + \sqrt{v_2^2 \cos^2 \beta + 2gH}}{g}$$

$$\textcircled{5} \quad \frac{v_2 \sin \beta + \sqrt{v_2^2 \sin^2 \beta + 2gH}}{2g}$$

$$\textcircled{6} \quad \frac{v_2 \cos \beta + \sqrt{v_2^2 \cos^2 \beta + 2gH}}{2g}$$

$$\textcircled{7} \quad \frac{v_2 \sin \beta + \sqrt{v_2^2 \sin^2 \beta + 2gH}}{3g}$$

$$\textcircled{8} \quad \frac{v_2 \cos \beta + \sqrt{v_2^2 \cos^2 \beta + 2gH}}{3g}$$

$$\textcircled{9} \quad \frac{v_2 \cos \beta + \sqrt{v_2^2 \cos^2 \beta + 4gH}}{3g}$$

6

の解答群

$$\textcircled{1} \quad \sqrt{v_2^2 + gH}$$

$$\textcircled{2} \quad \sqrt{v_2^2 - gH}$$

$$\textcircled{3} \quad \sqrt{v_2^2 + 2gH}$$

$$\textcircled{4} \quad \sqrt{v_2^2 - 2gH}$$

$$\textcircled{5} \quad \sqrt{v_2^2 - 3gH}$$

$$\textcircled{6} \quad \sqrt{v_2^2 - 4gH}$$

$$\textcircled{7} \quad \sqrt{2v_2^2 + gH}$$

$$\textcircled{8} \quad \sqrt{2v_2^2 - gH}$$

$$\textcircled{9} \quad \sqrt{2v_2^2 + 3gH}$$

3) 次に、小球は点 E で床面と斜めに衝突して、はねかえった。床面と小球の間の反発係数は  $e$  である。点 E で床面と衝突した直後的小球の速さ  $v_4$  [m/s] は、 $v_2$ ,  $g$ ,  $\beta$ ,  $H$ ,  $e$  を用いて表すと 7 になる。また、小球が床面に衝突して、はねかえった後の最高点である点 F の高さ  $h_2$  は、 $H$ ,  $h_1$ ,  $e$  を用いて表すと 8 になる。

7

の解答群

- ①  $\sqrt{v_2^2(e^2 \sin^2 \beta + \cos^2 \beta) + e^2 g H}$   
 ③  $\sqrt{2v_2^2(e^2 \sin^2 \beta + \cos^2 \beta) + e^2 g H}$   
 ⑤  $\sqrt{v_2^2(e^2 \sin^2 \beta + \cos^2 \beta) + 2e^2 g H}$   
 ⑦  $\sqrt{v_2^2(e^2 \sin^2 \beta + \cos^2 \beta) - 3e^2 g H}$   
 ⑨  $\sqrt{3v_2^2(e^2 \sin^2 \beta + \cos^2 \beta) + 2e^2 g H}$

- ②  $\sqrt{v_2^2(e^2 \sin^2 \beta + \cos^2 \beta) - e^2 g H}$   
 ④  $\sqrt{2v_2^2(e^2 \sin^2 \beta + \cos^2 \beta) - e^2 g H}$   
 ⑥  $\sqrt{v_2^2(e^2 \sin^2 \beta + \cos^2 \beta) - 2e^2 g H}$   
 ⑧  $\sqrt{v_2^2(e^2 \sin^2 \beta + \cos^2 \beta) + 4e^2 g H}$

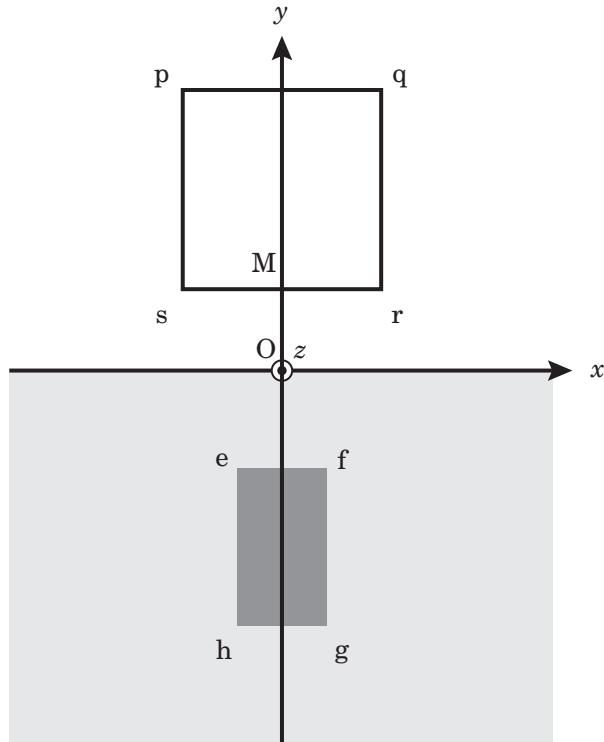
8

の解答群

- |                |                 |                   |
|----------------|-----------------|-------------------|
| ① $eHh_1$      | ② $2eHh_1$      | ③ $4eHh_1$        |
| ④ $e(H + h_1)$ | ⑤ $e(H + 2h_1)$ | ⑥ $e(2H + h_1)$   |
| ⑦ $2e^2 H h_1$ | ⑧ $4e^2 H h_1$  | ⑨ $e^2 (H + h_1)$ |

(大問Ⅱは次ページから始まる)

II 図のような点  $O$  を原点とする直交座標を仮定する。 $z$  軸は紙面に垂直で手前に向く向きをもつ。図に示すような導線の太さが無視できる質量  $m$  [kg], 抵抗  $R$  [ $\Omega$ ] の正方形のコイル  $pqrs$  が  $xy$  平面上におかれている。コイルの一辺の長さは  $a$  [m] であり、導線  $pq$  は  $x$  軸に平行である。点  $M$  は線分  $sr$  の中点であり、 $y$  軸上に存在する。図の  $y > 0$  の領域には磁場はなく、 $y \leq 0$  の領域には磁場が存在する。



$xy$  平面上の長方形  $efgh$  で囲まれた面を断面とし、 $z$  軸方向に無限に伸びた領域には磁束密度の大きさが  $B$  [ $\text{Wb}/\text{m}^2$ ] の磁場が、 $y \leq 0$  のそれ以外の領域には磁束密度の大きさが  $B_0$  [ $\text{Wb}/\text{m}^2$ ] ( $B_0 < B$ ) の磁場が存在し、いずれの磁場も  $+z$  の向きをもつ。長方形の  $x$  軸に平行な辺  $ef$  の中点の座標は  $(0, -0.5a)$  であり、各辺の長さは  $eh = fg = b$  [m],  $ef = hg = c$  [m] ( $0.5a < b < 0.75a$ ,  $c < 0.5a$ ) である。空気抵抗はなく、重力加速度は  $-y$  の向きをもち、大きさは  $g$  [ $\text{m}/\text{s}^2$ ] である。コイルに流れる電流の作用する磁場は無視してよい。また、円周率を  $\pi$  とする。

コイルを、コイル上の点Mが原点と一致する位置に置いた後、外力により下方に速度  $v$  [m/s] で平行移動させた。コイル上の点Mが原点の位置から  $(0, -0.25a)$  の位置まで移動する間、コイルをつらぬく磁束は毎秒 9 [Wb] の割合で増加し、コイルには 10 [A] の大きさの誘導電流が流れた。このとき、コイルが磁場から受ける力の大きさは 11 [N] である。

9 ~ 11 の解答群

- |                       |                         |                     |                     |                       |
|-----------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|
| ① $aB_0^2$            | ② $av^2B_0R$            | ③ $avB_0$           | ④ $avB_0^2R$        | ⑤ $a^2vB_0^2R$        |
| ⑥ $a^2vB_0$           | ⑦ $\frac{vB_0^2}{aR}$   | ⑧ $a^2vB_0R$        | ⑨ $avR$             | ⑩ $\frac{avB_0^2}{R}$ |
| ⑪ $\frac{av^2B_0}{R}$ | ⑫ $\frac{a^2vB_0^2}{R}$ | ⑬ $\frac{avB_0}{R}$ | ⑭ $\frac{vB_0}{aR}$ |                       |

さらに、コイルを同じ向き、同じ速度で平行移動させたところ、点Mが  $(0, -0.5a)$  の位置から  $(0, -0.5(a+b))$  の位置まで移動する間、コイルは磁場から 12 [N] の大きさの力を受けた。

12 の解答群

- |                                   |                                     |                                     |
|-----------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| ① $\frac{v}{R} \{aB + (b-c)B_0\}$ | ② $\frac{v}{R} (aB + cB_0)$         | ③ $\frac{1}{R} \{cB + (a-b)B_0\}^2$ |
| ④ $v(bB_0 + cB)^2$                | ⑤ $\frac{v}{R} \{cB_0 + (a-c)B\}^2$ | ⑥ $\frac{v}{R} \{cB + (a-c)B_0\}^2$ |
| ⑦ $\frac{v}{R} (aB_0 + cB)$       | ⑧ $v\{aB_0 + (b-c)B\}$              | ⑨ $v\{bB_0 + (c-a)B\}$              |

その後、点 M が  $(0, -1.25a)$  の位置になる所でコイルを固定した後、y 軸を回転軸として  $+y$  の向きに見て時計回りに角速度  $\frac{\pi}{6}$  [rad/s] で回転させた。回転開始後 1 秒経過した時点でのコイルをつらぬく磁束の大きさは 13 [Wb] である。 $\Delta x$  が非常に小さいとき、 $\cos p(x + \Delta x) - \cos px \doteq -p\Delta x \sin px$  ( $p$  は定数) という近似が成り立つことを利用して微小時間  $\Delta t$  における磁束の変化を求めることができる。これを用いて、回転開始後 2 秒経過した時点でこのコイルに流れる誘導電流は 14 [A] の大きさをもつことがわかる。

13 の解答群

(掲載しておりません)

14 の解答群

(掲載しておりません)

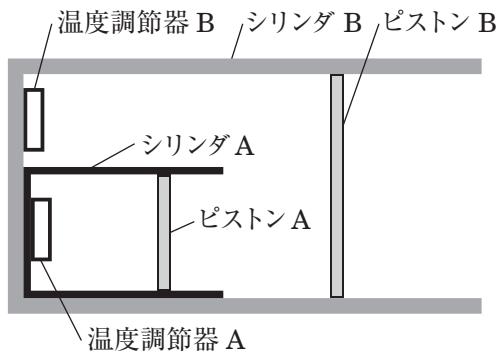
回転開始後 12 秒経過した時点でコイルの回転を停止させ、さらに、点 M の位置が  $(0, -1.6a)$  となる所までコイルを移動させて固定した。この固定する力を取り除いたところ、コイルは  $-y$  の向きに落下しはじめ、点 M が  $(0, -(1.5a+b))$  の位置に来るまでの間に、コイルが磁場から受ける力とコイルに働く重力がつり合い、速さ 15 [m/s] の等速度運動になった。このとき、コイルには 16 [A] の大きな電流が流れる。

15 と 16 の解答群

- |                              |                               |                              |                             |
|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| ① $\frac{R(B-B_0)}{mgc^2}$   | ② $\frac{(B-B_0)^2}{m^2gc^2}$ | ③ $\frac{mg}{c(B-B_0)^2}$    | ④ $\frac{mc}{g(B_0-B)}$     |
| ⑤ $\frac{B_0-B}{mgc}$        | ⑥ $mgR(B-B_0)^2$              | ⑦ $\frac{mgR}{c^2(B-B_0)^2}$ | ⑧ $\frac{mc}{g(B-B_0)}$     |
| ⑨ $\frac{(B-B_0)^2}{mgRc^2}$ | ⑩ $mgc(B-B_0)^2$              | ⑪ $\frac{mg}{c(B-B_0)}$      | ⑫ $\frac{mgc^2}{(B-B_0)^2}$ |
| ⑬ $\frac{mR(B_0-B)}{gc^2}$   |                               |                              |                             |

III 図のようにシリンダ A がシリンダ B の中に入っており、それぞれのシリンダには、なめらかに動くピストン A, B と温度調節器 A, B があ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ものとする。ピストン A, B の面積はそれぞれ  $S$  [ $\text{m}^2$ ] と  $3S$  [ $\text{m}^2$ ] である。

最初の状態では、2つのシリンダの内部には大気圧と同じ圧力  $P_0$  [ $\text{Pa}$ ]、温度  $T_0$  [ $\text{K}$ ] の单原子分子の理想気体が入っており、シリンダ A, B 内の気体の体積はそれぞれ  $V_0$  [ $\text{m}^3$ ] と  $3V_0$  [ $\text{m}^3$ ] である。ただし、シリンダ B 内の気体にはシリンダ A 内の気体は含めないとする。ピストンが動く範囲はそれぞれのシリンダから外れたり他の部分と接触したりしない範囲であるとする。



- (1) 温度調節器 A によって加熱しシリンダ A 内の気体の温度を  $T_1$  [ $\text{K}$ ] としたときシリンダ A 内の気体の体積は 17 [ $\text{m}^3$ ] となる。ただし、ピストン A, B はなめらかに動くのですべての気体の圧力は  $P_0$  のままである。このとき、シリンダ A の気体が外部にした仕事は 18 [ $\text{J}$ ] となり、シリンダ A の気体の内部エネルギーの変化は 19 [ $\text{J}$ ] となる。

17 の解答群

- |                         |                         |                          |                                 |
|-------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------------|
| ① $\frac{P_0 T_1}{T_0}$ | ② $\frac{V_0 T_1}{T_0}$ | ③ $\frac{3V_0 T_1}{T_0}$ | ④ $\frac{V_0 (T_1 - T_0)}{T_0}$ |
| ⑤ $\frac{P_0 T_0}{T_1}$ | ⑥ $\frac{V_0 T_0}{T_1}$ | ⑦ $\frac{3V_0 T_0}{T_1}$ | ⑧ $\frac{V_0 (T_1 - T_0)}{T_1}$ |

18 と 19 の解答群

①  $\frac{P_0 T_1}{T_0}$

②  $\frac{3P_0 V_0 T_1}{2T_0}$

③  $\frac{P_0 V_0 (T_1 - T_0)}{T_0}$

④  $\frac{3P_0 V_0 (T_1 - T_0)}{2T_0}$

⑤  $\frac{P_0 T_0}{T_1}$

⑥  $\frac{3P_0 V_0 T_0}{2T_1}$

⑦  $\frac{P_0 V_0 (T_1 - T_0)}{T_1}$

⑧  $\frac{3P_0 V_0 (T_1 - T_0)}{2T_1}$

- (2) 次に、温度調節器 B によって加熱しシリンド B 内の気体の温度も  $T_1$  [K] としたときシリンド B 内の気体の体積は 20 [ $\text{m}^3$ ] となる。このときシリンド B の気体が外部にした仕事は 21 [J] となる。

20 の解答群

①  $\frac{P_0 T_1}{T_0}$

②  $\frac{V_0 T_1}{T_0}$

③  $\frac{3V_0 T_1}{T_0}$

④  $\frac{V_0 (T_1 - T_0)}{T_0}$

⑤  $\frac{P_0 T_0}{T_1}$

⑥  $\frac{V_0 T_0}{T_1}$

⑦  $\frac{3V_0 T_0}{T_1}$

⑧  $\frac{V_0 (T_1 - T_0)}{T_1}$

21 の解答群

①  $\frac{P_0 T_1}{T_0}$

②  $\frac{P_0 V_0 T_1}{T_0}$

③  $\frac{3P_0 V_0 T_1}{T_0}$

④  $\frac{3P_0 V_0 (T_1 - T_0)}{T_0}$

⑤  $\frac{P_0 T_0}{T_1}$

⑥  $\frac{P_0 V_0 T_0}{T_1}$

⑦  $\frac{3P_0 V_0 T_0}{T_1}$

⑧  $\frac{3P_0 V_0 (T_1 - T_0)}{T_1}$

- (3) ここで、最初の状態と比較すると、シリンド A, B 両方の気体の体積が増加したことによりピストン B は 22 [m] 移動する。

22 の解答群

①  $\frac{V_0 T_1}{ST_0}$

②  $\frac{V_0 (T_1 - T_0)}{ST_0}$

③  $\frac{2V_0 (T_1 - T_0)}{ST_0}$

④  $\frac{4V_0 (T_1 - T_0)}{ST_0}$

⑤  $\frac{V_0 T_1}{3ST_0}$

⑥  $\frac{V_0 (T_1 - T_0)}{3ST_0}$

⑦  $\frac{2V_0 (T_1 - T_0)}{3ST_0}$

⑧  $\frac{4V_0 (T_1 - T_0)}{3ST_0}$

- (4) 続いて、温度調節器 A, B は使用せず断熱状態で、ピストン B に加わっている圧力を増加させて、シリンダ A, B 内の気体の圧力が  $P_0$  から  $P_1$  [Pa] となったときピストン A, B は元の位置まで戻った。このときシリンダ A, B 内の気体の温度は
- 23 [K] となる。このときのシリンダ A 内の気体の内部エネルギーの変化は
- 24 [J] となる。

23 の解答群

- ①  $\frac{P_1 T_0}{P_0}$       ②  $\frac{P_1 T_1}{P_0}$       ③  $\frac{(P_1 - P_0) T_0}{P_0}$       ④  $\frac{(P_1 - P_0) T_1}{P_0}$   
 ⑤  $\frac{P_0 T_0}{P_1}$       ⑥  $\frac{P_0 T_1}{P_1}$       ⑦  $\frac{(P_1 - P_0) T_0}{P_1}$       ⑧  $\frac{(P_1 - P_0) T_1}{P_1}$

24 の解答群

- ①  $\frac{V_0 T_1 (P_1 - P_0)}{T_0}$       ②  $\frac{V_0 (P_1 T_0 - P_0 T_1)}{T_0}$       ③  $\frac{P_0 V_0 T_1 (P_0 - P_1)}{P_1 T_0}$   
 ④  $\frac{3V_0 T_1 (P_1 - P_0)}{2T_0}$       ⑤  $\frac{3V_0 (P_1 T_0 - P_0 T_1)}{2T_0}$       ⑥  $\frac{3P_0 V_0 T_1 (P_0 - P_1)}{2P_1 T_0}$   
 ⑦  $\frac{4V_0 T_1 (P_1 - P_0)}{3T_0}$       ⑧  $\frac{4V_0 (P_1 T_0 - P_0 T_1)}{3T_0}$       ⑨  $\frac{4P_0 V_0 T_1 (P_0 - P_1)}{3P_1 T_0}$

# 化 学

(解答番号 1 ~ 45 )

I 次の文 (1) ~ (5) の空欄 1 ~ 11 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。なお、同じものを何度も選んでもよい。ただし、原子量は、H = 1.00, C = 12.0, O = 16.0, Cl = 35.5, Ca = 40.0 とする。また、気体定数  $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ 、水のイオン積  $K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = 1.00 \times 10^{-14} (\text{mol}/\text{L})^2$ 、水のモル凝固点降下を  $1.85 \text{ K} \cdot \text{kg}/\text{mol}$  とする。なお、気体は理想気体としてふるまうものとする。

(1) 酢酸分子が有するすべての電子の数（総電子数）は 1 で、酢酸イオンの総電子数は 2 である。また、ギ酸メチル  $\text{HCOOCH}_3$  の総電子数は 3 である。なお、酢酸イオンが有する非共有電子対は 4 組で、酢酸イオンが有する共有電子対は 5 組である。

1 ~ 3 に対する解答群

- |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|
| ① 28 | ② 29 | ③ 30 | ④ 31 | ⑤ 32 |
| ⑥ 33 | ⑦ 34 | ⑧ 35 | ⑨ 36 | ⑩ 37 |

4 , 5 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 |     |

(2) 質量パーセント濃度が 24.0% のエタノール水溶液 120 g に濃度が不明のエタノール水溶液 80.0 g を加えて混合すると、モル濃度が 4.35 mol/L で密度が 0.966 g/cm<sup>3</sup> のエタノール水溶液が 6 mL できた。したがって、加えたエタノール水溶液の質量モル濃度は 7 mol/kg とわかる。

6 に対する解答群

- ① 190      ② 193      ③ 200      ④ 207      ⑤ 210

7 に対する解答群

- ① 3.15      ② 3.32      ③ 3.43      ④ 4.07      ⑤ 4.35      ⑥ 5.22

(3) pH=12 の水酸化ナトリウム水溶液 30.0 mL と pH=11 の水酸化ナトリウム水溶液 60.0 mL を混合した水溶液の体積は 90.0 mL であった。このとき、pH は 8 である。ただし、水溶液中の水酸化ナトリウムの電離度は 1.0 とする。また、必要であれば  $\log_{10} 2 = 0.300$ ,  $\log_{10} 3 = 0.477$ ,  $\log_{10} 7 = 0.845$  を用いよ。

8 に対する解答群

- ① 11.1
- ② 11.2
- ③ 11.3
- ④ 11.4
- ⑤ 11.5
- ⑥ 11.6
- ⑦ 11.7
- ⑧ 11.8
- ⑨ 11.9

(4) 塩化カルシウム  $\text{CaCl}_2$  0.888 g を水 800 g で溶解させた溶液がある。この水溶液の塩化カルシウムの質量モル濃度は 9 mol/kg である。この水溶液の凝固点を測定すると、 $-0.046^\circ\text{C}$  であったので、塩化カルシウムの電離度は 10 であることがわかる。ただし、 $\text{CaCl}^+$  は存在しないものとする。

9 に対する解答群

- ①  $1.00 \times 10^{-4}$       ②  $1.18 \times 10^{-4}$       ③  $1.00 \times 10^{-3}$       ④  $1.18 \times 10^{-3}$   
⑤  $1.00 \times 10^{-2}$       ⑥  $1.18 \times 10^{-2}$       ⑦ 0.100      ⑧ 0.118

10 に対する解答群

- ① 0.074      ② 0.10      ③ 0.50      ④ 0.74      ⑤ 1.48

(5) 真空にした 800 mL の容器に、分子量が 11 のある液体の化合物 0.300 g を入れて、 $47^\circ\text{C}$  で完全に蒸発させたところ、16.6 kPa の圧力を示した。

11 に対する解答群

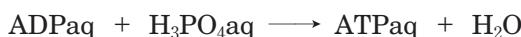
- ① 8.8      ② 48      ③ 60      ④ 75      ⑤ 87

II 次の文の空欄 12 ~ 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。また、原子量は、H=1.00, C=12.0, O=16.0とする。

食物に含まれる栄養分の指標として、熱量がある。これはその食物が体内で代謝されるときに生じる熱量（エネルギー）を kJ/g の単位で表したものである。例えば、炭水化物は約 17 kJ/g と換算される。この熱量を、化学的に食物を燃焼させたときに生じる熱量と比較してみる。炭水化物のひとつであるグルコースの燃焼反応は以下の式で表される。



グルコース、二酸化炭素、水の生成エンタルピーをそれぞれ -1271 kJ/mol, -394 kJ/mol, -286 kJ/mol とすると、上記の燃焼反応は 15 kJ の発熱反応とわかる。この発熱量をグルコース 1 g あたりに換算すると 16 kJ/g となり、おもね上記の値とあう。しかし、生体内では化学反応で生じた熱エネルギーをすべて利用して体内に蓄えられない。体内ではグルコース 1 分子の代謝に伴い、以下の反応にもとづいて、ATP という物質が 38 分子生じるとする。

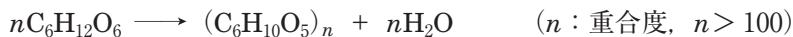


この反応を 20.0 kJ の吸熱反応とし、グルコースの代謝で生じた熱がこの ATP 合成で吸収されるとすると、17 % の熱が体外に放出されることとなり、グルコース 1 g あたり 18 kJ 分が体内に残る、と考えることができる。

同じ炭水化物でも、物質により 1 mol が燃焼する際に生じる熱量は異なる。マルトースは 2 分子のグルコースが 19 結合でつながった二糖である。マルトースの生成エンタルピーを -2223 kJ/mol とすると、この 19 結合が 1 mol できる反応は 20 kJ の 21 反応だとわかる。そして、マルトース 1 mol の完全な燃焼は 22 kJ の発熱反応だとわかる。

また、デンプンの成分であるアミロースは以下の反応にしたがい、マルトースと同じ

19 結合でグルコースが直鎖状につながった高分子である。



すると、アミロース 1 g の完全な燃焼は 23 kJ の発熱反応になると計算される。

さらに、異なる炭水化物にセルロースがある。セルロースもアミロースとは異なる種類の 19 結合でグルコースが直鎖状につながった高分子である。よって、セルロースの燃焼もアミロースと同程度の反応熱が生じると予測される。しかし、ヒトの体内にはアミロースの分解を触媒するアミラーゼはあるものの、セルロースの分解を触媒するセルラーゼはない。よって、ヒトの体内では 24 ので、食物に含まれる栄養分の指標としての熱量は 0 kJ/g とされる。

**12** ~ **14** に対する解答群

- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5 ⑥ 6

**15** , **20** , **22** に対する解答群

- ① 33 ② 124 ③ 319 ④ 605 ⑤ 1112 ⑥ 1271  
⑦ 2809 ⑧ 3269 ⑨ 4222 ⑩ 5351 ⑪ 5651 ⑫ 5937

**16** ~ **18** , **23** に対する解答群

- ① 3.90 ② 4.22 ③ 7.60 ④ 11.2 ⑤ 15.6 ⑥ 15.8  
⑦ 16.4 ⑧ 16.9 ⑨ 17.5 ⑩ 27.1 ⑪ 35.6 ⑫ 54.2  
⑬ 72.9 ⑭ 89.2

**19** に対する解答群

- ① アミド ② エステル ③ グリコシド  
④ 二重 ⑤ 配位

**21** に対する解答群

- ① 吸熱 ② 発熱

**24** に対する解答群

- ① アミロースから生じるグルコースは燃焼できるがセルロースから生じるグルコースは燃焼できない  
② アミロースからグルコースを生じさせることはできるが、セルロースからグルコースを生じさせることができない  
③ セルロースは分子どうしが水素結合で強く結びついているので、燃焼反応を示さない  
④ セルロースからグルコースを生じる際に、グルコースの燃焼熱と同程度の熱エネルギーが吸収される

(第Ⅲ問は次ページから始まる)

### III 次の文（1）および（2）を読み、問い合わせに答えよ。

（1）塩化銀とクロム酸銀の沈殿の生成を利用して、水溶液中の塩化物イオンの濃度を測定することができる。そこで、次の実験を行い、示すような結果が得られた。

濃度未知の塩化ナトリウム水溶液を正確に  $10.0\text{ mL}$  はかり取り、ビーカーに入れた。はかり取った水溶液に、少量のクロム酸カリウム水溶液を加えた。ビュレットに  $0.040\text{ mol/L}$  の硝酸銀水溶液を入れた。硝酸銀水溶液を少しづつ滴下すると、 $12.0\text{ mL}$  加えたところまでは塩化銀が沈殿したが、その後はクロム酸銀が沈殿した。

この結果から、 $10.0\text{ mL}$  の塩化ナトリウム水溶液中には 25 mol の塩化物イオンが含まれていたと計算され、この塩化ナトリウム水溶液の質量パーセント濃度は 26 % であったことがわかる。

（2）銀イオン以外に、クロム酸イオンと反応して沈殿を生じる金属イオンが知られている。27 イオンは 28 色の沈殿を生じ、29 イオンは 30 色の沈殿を生じる。27 イオンは塩化物イオンとは沈殿を生じない。29 イオンは塩化物イオンとも反応して沈殿するが、溶液中のこの沈殿は 31 と溶解する。

問1 文中の空欄 25 ~ 31 にあてはまる最も適切なものをそれぞれの解答群から選び、解答欄にマークせよ。ただし、同じものを何度選んでもよい。なお、原子量は、 $\text{Na} = 23.0$ 、 $\text{Cl} = 35.5$  とし、塩化ナトリウム水溶液の密度は、 $1.00\text{ g/cm}^3$  とする。また、硝酸銀水溶液を  $12.0\text{ mL}$  加えたときのビーカー内の水溶液中には塩化物イオンは含まれていないものとする。

#### 25 に対する解答群

- |                        |                        |                        |
|------------------------|------------------------|------------------------|
| ① $1.2 \times 10^{-4}$ | ② $2.4 \times 10^{-4}$ | ③ $4.8 \times 10^{-4}$ |
| ④ $1.2 \times 10^{-2}$ | ⑤ $2.4 \times 10^{-2}$ | ⑥ $4.8 \times 10^{-2}$ |

26 に対する解答群

- ① 0.24 ② 0.28 ③ 0.31 ④ 0.36 ⑤ 0.39 ⑥ 0.48

27 , 29 に対する解答群

- ① Ba ② Pb

28 , 30 に対する解答群

- |       |       |     |     |       |
|-------|-------|-----|-----|-------|
| ① 赤 紫 | ② 青 紫 | ③ 黄 | ④ 黒 | ⑤ 青 白 |
| ⑥ 赤 褐 | ⑦ 茶 褐 | ⑧ 白 | ⑨ 桃 | ⑩ 緑 白 |

31 に対する解答群

- |              |                 |
|--------------|-----------------|
| ① 加熱する       | ② セッケンを加える      |
| ③ 二酸化炭素をふきこむ | ④ 過剰のアンモニア水を加える |
| ⑤ よく振り混ぜる    |                 |

問2 下線部アについて、用いる器具として最も適切なものを解答群から選び、解答欄

32 にマークせよ。

32 に対する解答群

- |            |            |       |
|------------|------------|-------|
| ① コニカルビーカー | ② こまごめピペット | ③ 注射器 |
| ④ ホールピペット  | ⑤ メスシリンダー  |       |

問3 下線部イについて、この実験で用いるビュレットの説明として最も適切なものを  
解答群から選び、解答欄 33 にマークせよ。

33 に対する解答群

- ① 発熱して体積が変化するのを防ぐためビュレットを氷で冷やす。
- ② 硝酸銀が分解するのを防ぐため褐色のビュレットを用いる。
- ③ 空気中の水分を吸収するのを防ぐためビュレットに脱脂綿をかぶせる。
- ④ ガラスが溶けるのを防ぐためポリエチレン製のビュレットを用いる。
- ⑤ 1滴の滴下量を少なくするためビュレットを斜めにセットする。

問4 下線部ウについて、生じる沈殿が塩化銀からクロム酸銀に変わったことがわかる  
理由として最も適切なものを解答群から選び、解答欄 34 にマークせよ。

34 に対する解答群

- ① 黒色沈殿に黄色沈殿が加わったため。
- ② 黒色沈殿に暗赤色沈殿が加わったため。
- ③ 白色沈殿に黄色沈殿が加わったため。
- ④ 白色沈殿に暗赤色沈殿が加わったため。
- ⑤ 白色沈殿に黒色沈殿が加わったため。

(第IV問は次ページから始まる)

## IV 次の文を読み、問い合わせに答えよ。

分子式  $C_4H_{10}O$  で表され、互いに構造異性体の関係にある化合物 A～G がある。A～G を金属ナトリウムと反応させたところ、A, B, C, D は水素を生じたが、E, F, G は反応しなかった。A～C に硫酸酸性二クロム酸カリウム水溶液を加えて加熱したところ、A からは中性の化合物 H が、B からは中性の化合物 I が、C からは中性の化合物 J が生じた。一方、同じ操作を D に対して行ったところ、D は反応しなかった。H～J にアンモニア性硝酸銀溶液を加えて加熱したところ、H と I では銀が析出したが、J では析出しなかった。A～D に濃硫酸を加えて加熱したところ、A と D からは不飽和化合物 K が、B からは不飽和化合物 L が、C からは L と不飽和化合物 M が生じた。E, F, G はアルコールの脱水縮合によって得られる。E はアルコール O を脱水縮合して得られた。F はアルコール P とアルコール Q の脱水縮合で得られ、G は P とアルコール R の脱水縮合で得られた。アルコール O～R にヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱したところ、O と Q では黄色沈殿が生じたが、P と R では生じなかった。

問1 化合物 A～G 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 :

B :

C :

D :

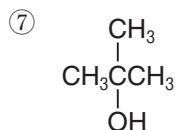
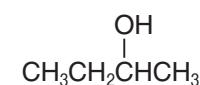
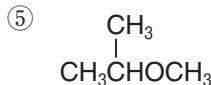
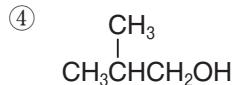
E :

F :

G :

~  に対する解答群

- ①  $CH_3CH_2CH_2CH_2OH$     ②  $CH_3CH_2OCH_2CH_3$     ③  $CH_3CH_2CH_2OCH_3$



問2 化合物 A～G のうち、不斉炭素原子をもつ化合物の数として最も適切なものを  
解答群から選び、解答欄 42 にマークせよ。

42 に対する解答群

- ① 1                    ② 2                    ③ 3                    ④ 4  
⑤ 5                    ⑥ 6                    ⑦ 7

問3 化合物 K～M のうち、シス-トランス異性体が存在す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 43 にマークせよ。

43 に対する解答群

- ① K                    ② L                    ③ M                    ④ K と L  
⑤ K と M              ⑥ L と M              ⑦ すべて

問4 下線部アの反応において、生じた H, I, J のうち反応物よりも沸点が低い化合  
物として最も適切なものを解答群から選び、解答欄 44 にマークせよ。

44 に対する解答群

- ① H                    ② I                    ③ J                    ④ H と I  
⑤ H と J              ⑥ I と J              ⑦ すべて

問5 下線部イの反応において、反応物よりも沸点が低い生成物を生じる化合物として  
最も適切なものを解答群から選び、解答欄 45 にマークせよ。

45 に対する解答群

- ① A                    ② B                    ③ C                    ④ D  
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 すべて

# 生 物

(解答番号 1 ~ 56 )

## I 生体防御と免疫に関する次の文を読み、以下の各問いに答えよ。

生体には、病原体などの異物の侵入を防ぎ、また侵入した異物を除去するしくみがある。例えば、ヒトの体内に異物が侵入した場合、その排除のために最初に作用する細胞が 1 の一種である 2 , 3 , 4 である。

2 や、単球から分化した 3 はエンドサイトーシスにより異物を取り込む。 1 に取りこまれた細菌などの異物は、細胞内で生じた不要な物質などを分解する働きをもつ細胞内小器官である 5 に由来する酵素で分解される。また、3 は異物の断片（ペプチド）を自己の MHC 分子と共に細胞表面に出現させる6 をおこなう。特に 4 は、異物の断片と自己の MHC 分子からなる複合体を特異的に認識する受容体をもつ 7 に対して 6 をおこない、7 を活性化させる。 2 , 3 , 4 は、自己の成分として体内には存在しない物質のパターンを認識する 8 により異物を認識する。これらが異物を認識して活性化している部位では、腫れや痛みなどを伴う 9 がおこる。異物の侵入に反応して即座にはたらくこのような生体防御のしくみを 10 という。

問1 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。

1 ~  10

[解答群]

- |           |              |          |
|-----------|--------------|----------|
| ① アレルギー   | ② 液性免疫       | ③ NK 細胞  |
| ④ 炎症      | ⑤ 獲得免疫（適応免疫） | ⑥ 抗原提示   |
| ⑦ 好中球     | ⑧ 細胞性免疫      | ⑨ 自然免疫   |
| ⑩ 樹状細胞    | ⑩ 食細胞        | ⑪ トル様受容体 |
| ⑪ T 細胞    | ⑫ T 細胞受容体    | ⑬ B 細胞   |
| ⑭ 免疫グロブリン | ⑮ マクロファージ    | ⑯ マスト細胞  |
| ⑯ リソソーム   | ⑰ リボソーム      |          |

問2  10 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。  11

- A  1 は脊椎動物だけでなく、昆虫にも存在している。
- B  10 に関する個々の細胞が認識する異物の種類は1種類のみである。
- C 同じ異物が再度体内に侵入すれば、初回侵入時に比べて速やかに反応する。
- D  8 の多様性は遺伝子再編成により生じる。

[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      | ⑩ AとBとC | ⑪ AとBとD   |
| ⑫ AとCとD    | ⑫ BとCとD | ⑬ AとBとCとD |
| ⑯ 正しい記述はない |         |           |

問3 10 に関わる細胞で、リンパ球に分類されるものとして最も適切なものを  
下の解答群より選び、マークせよ。 12

〔解答群〕

- |         |           |         |
|---------|-----------|---------|
| ① NK 細胞 | ② 血小板     | ③ 好塩基球  |
| ④ 好酸球   | ⑤ 好中球     | ⑥ 樹状細胞  |
| ⑦ 赤血球   | ⑧ 単球      | ⑨ T 細胞  |
| ⑩ B 細胞  | ⑪ マクロファージ | ⑫ マスト細胞 |

問4 エンドサイトーシスに関する次のAからCの記述のうち、正しい記述またはその組み合わせとして最も適切なものを下の解答群から選び、マークせよ。 13

- A 細胞膜の陥入に引き続いて細胞膜が融合し、細胞内の小胞が形成される。
- B 飲作用では、液体やそれに溶けた溶質などの小さな分子を取り込む。
- C 脂溶性ホルモンが作用するには、エンドサイトーシスにより細胞内に取り込まれることが必須である。

〔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 |

(第Ⅱ問は次ページから始まる)

## II 植物の炭素同化に関する以下の各問い合わせよ。

問1 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。

14 ~ 20

多くの植物にとって生存することが厳しい 14 ・ 15 環境に適応した光合成様式をもつ代表的な植物として『 X 』、『 Y 』がある。

『 X 』などは、夜間に気孔を開き、取り込んだ二酸化炭素を固定した 16 からリンゴ酸（有機酸）に変え、17 に蓄える。そして、15 環境になる昼間は気孔を閉じて蒸散を抑え、蓄えた有機酸から生成した二酸化炭素を固定した 18 を使い光合成する。

一方、熱帯やサバンナの強光・14 環境に成育する『 Y 』などでは、葉内の二酸化炭素濃度が光合成を制限する要因になる。そこで、低い二酸化炭素濃度でも高い活性を示す酵素を使い、まず、19 細胞で二酸化炭素を固定した 16 にする。次に、20 細胞で 16 より生成した有機酸から二酸化炭素を取りだして固定した 18 を使い光合成する。

### [解答群]

- |                            |                      |
|----------------------------|----------------------|
| ① 低 温                      | ② 高 温                |
| ③ 乾 燥                      | ④ 多 湿                |
| ⑤ オキサロ酢酸 (OAA)             | ⑥ ホスホエノールピルビン酸 (PEP) |
| ⑦ ホスホグリセリン酸 (PGA)          | ⑧ リブロース二リン酸 (RuBP)   |
| ⑨ クエン酸                     | ⑩ ルビスコ               |
| Ⓐ ミトコンドリア                  | Ⓑ 表 皮                |
| Ⓒ 維管束 <small>しょう</small> 鞘 | Ⓓ 孔 迂                |
| Ⓔ 葉 肉                      | Ⓕ 液 胞                |

問2 問1の文中の『 X 』と『 Y 』に当てはまる最も適切な植物の写真を下の解答群から選び、マークせよ。 21 , 22

『 X 』 : 21

『 Y 』 : 22

[解答群]

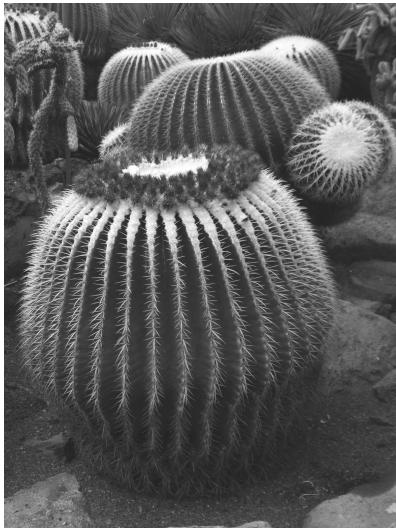
①



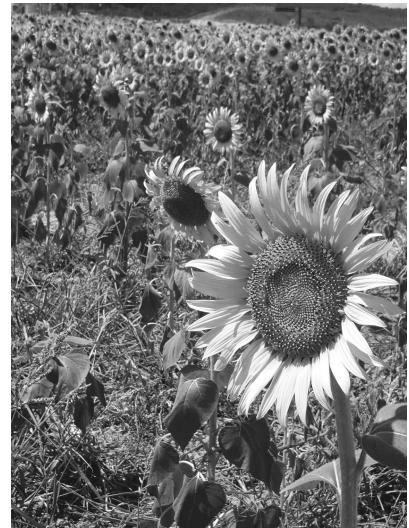
②



③



④



問3 ヒマワリを使い、晴天日の朝におこなった下図の実験について、次の文中の  
□に当てはまる最も適切な語を右上の解答群から選び、マークせよ。図の  
【手順3】と【手順4】で切り取った葉の切片は、面積を求めてすぐに65℃の乾燥  
機に入れ、1週間後に乾燥重量をはかった。なお、他の葉や茎の切除はせず、植え  
たままの成育状態で実験したが、わかりやすくするため、図では不要な茎葉は省略  
した。また、実験中の葉に当たった光の強さと、切り取った葉の厚さは、どの部分  
でもほぼ均一であった。 23 ~ 25

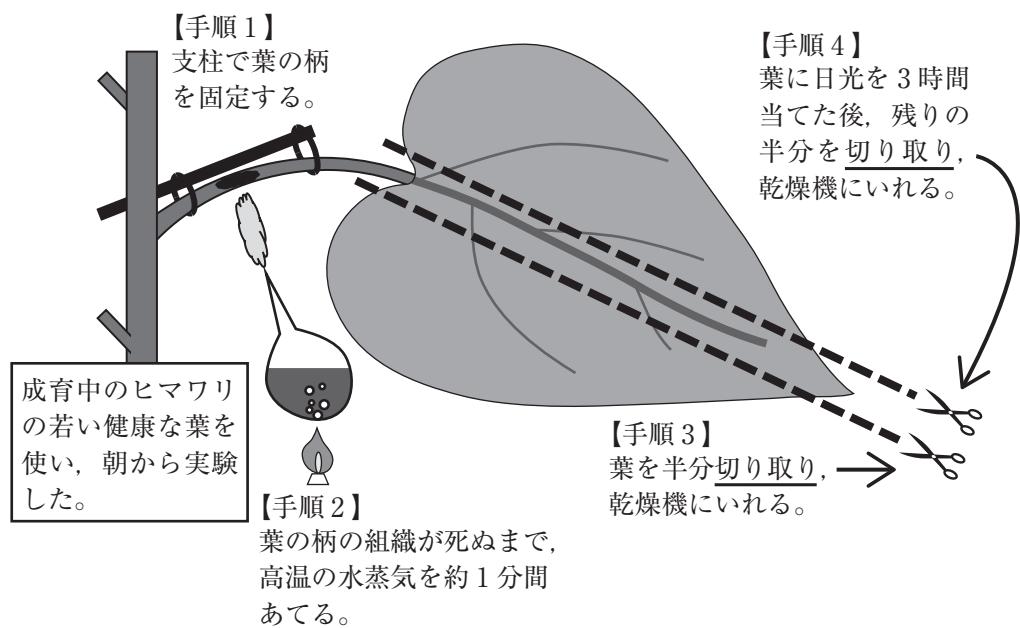


図 ヒマワリの光合成を調べる実験

図の【手順2】の処理は、オナモミの花芽形成の実験において花芽形成を促進す  
る物質の移動を阻害する 23 と同じ目的でおこなわれている。すなわち、  
24 の物質輸送を阻害するためである。図の実験では、この処理で葉からの  
25 を阻止する。

- 23, 24, 25 の [解答群]
- |        |         |      |        |
|--------|---------|------|--------|
| ① 暗黒処理 | ② 短日処理  | ③ 接木 | ④ 環状除皮 |
| ⑤ 形成層  | ⑥ 木部    | ⑦ 師部 | ⑧ 道管   |
| ⑨ 蒸散   | ⑩ フロリゲン | ⑪ 転流 | ⑫ 蒸発   |

問4 問3でおこなった実験の結果と考察について、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。ただし、[ ] の中の同じ番号には同じ語が当てはまる。 26 ~ 28

図の【手順3】の葉の切片の面積は約  $220 \text{ cm}^2$ 、乾燥重量は  $1100 \text{ mg}$ 、図の【手順4】の葉の切片の面積は約  $200 \text{ cm}^2$ 、乾燥重量は  $1036 \text{ mg}$  だった。これらの結果から、3時間後に切り取った図の【手順4】の葉の切片は、図の【手順3】の葉の切片と比べて、葉面積  $100 \text{ cm}^2$ あたりの乾燥重量で約 [ ]  $\text{mg}$  増えたことになる。乾燥重量の増加量は、3時間分の光合成産物（同化デンプン）のおよその生成量を示している。

もし、図の【手順2】の処理をしなければ、葉面積  $100 \text{ cm}^2$ あたりの乾燥重量の増加量は、[ ]  $\text{mg}$  の増加量と比べて [ ] と考えられる。

また、可視光の波長範囲で、波長  $500\text{~}600 \text{ nm}$  の光しか通さない色セロハンのフィルター（56F）と、波長  $600\text{~}700 \text{ nm}$  の光しか通さない色セロハンのフィルター（67F）を用意する。56Fと67Fを、同じような2枚の葉の表面にそれぞれかぶせて図の実験をしたとする。その結果、各葉の面積  $100 \text{ cm}^2$ あたりの乾燥重量の増加量は、[ ] をかぶせた方がより大きくなると考えられる。

- 26, 27, 28 の [解答群]
- |       |         |         |        |
|-------|---------|---------|--------|
| ① 18  | ② 29    | ③ 32    | ④ 34   |
| ⑤ 64  | ⑥ 少なくなる | ⑦ 変わらない | ⑧ 多くなる |
| ⑨ 56F | ⑩ 67F   |         |        |

### III 細胞の進化に関する次の会話文を読み、以下の各問いに答えよ。

先生：生物は無機物から有機物を合成する能力の有無により 29 栄養生物と  
30 栄養生物に分類されます。また、核膜や細胞小器官の有無によって  
31 生物と 32 生物に分類されます。これらの分類の仕方によれば、  
私たちヒトはどのように分類されるでしょうか？

生徒：私たちは、ミトコンドリアという細胞小器官内で、他の生物が作った有機物を、  
酸素を用いて 33 して、エネルギーを取り出す生物ですから、30  
栄養生物です。また、ミトコンドリアのような細胞小器官をもっているので  
31 生物であるともいえます。

先生：そうですね。正確に言うと、ミトコンドリアは、有機物を 33 してエネルギー  
を取り出す過程の一部を担う細胞小器官ですね。ところで、このミトコンドリアは、もともとは呼吸を行う 32 生物、つまり 34 性細菌であつたという話を聞いたことはあるでしょうか？

生徒：授業で習った気はしますが、よく覚えていません。説明していただけますか？

先生：では、地球上で生命が生まれ、進化していった歴史から説明します。最初の生物は、約40億年前に海中で誕生したと考えられています。当時の大気には  $O_2$  がほとんど存在しなかったため、初期の生物は、発酵の  $O_2$  を利用しないエネルギーの取得方法を用いていたと考えられています。34 性細菌が海中で繁栄していた時期は明確ではありませんが、35 という 32 生物が出現した時期よりも後であることは間違いないでしょう。

生徒：それはなぜでしょうか？

先生：35 が、36 を分解して  $O_2$  を発生するタイプの光合成をおこなう  
29 栄養生物であったからです。35 は、27億から25億年前に、地球の広い地域の浅海で繁栄し、大量の  $O_2$  を環境中に放出しました。 $O_2$  は当時の生物にとって極めて有毒であったため、多くの生物は絶滅したり、37 的な環境に追いやられたりしました。しかし、一部の生物は  $O_2$  を利用する方法を得て、34 性細菌として繁栄していったと考えられるのです。

生徒：そこから、ミトコンドリアはどのように生じたのですか？

先生：ミトコンドリアをもった 31 生物が出現した時期についてははっきりとはわかつていませんが、ミトコンドリアは、34 性細菌が他の単細胞生物の細胞内で38 することにより形成されていったという説があります。

生徒：異なる二つの生物が38 するうちに、一つの新しい生物になったというこ  
とでしょうか。すぐには信じられない気持ちです。

先生：ミトコンドリアがもともと34 性細菌であったという説の根拠として、  
ミトコンドリアが外膜と内膜という2つの生体膜をもつことがあげられることが  
多いです。他にも、『X』なども根拠としてあげられています。

生徒：わかりました。それは説得力がありますね。

問1 会話文中の      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。

29 ~ 38

〔解答群〕

- |                        |                        |                 |
|------------------------|------------------------|-----------------|
| ① 嫌 気                  | ② 還 元                  | ③ 好 気           |
| ④ 酸 化                  | ⑤ 従 属                  | ⑥ 独 立           |
| ⑦ 共 生                  | ⑧ 原 核                  | ⑨ 真 核           |
| ⑩ 寄 生                  | ⑪ 糖                    | ⑫ $\text{CO}_2$ |
| ⑬ $\text{H}_2\text{O}$ | ⑭ $\text{H}_2\text{S}$ | ⑮ アーキア          |
| ⑯ 亜硝酸菌                 | ⑰ 紅色硫黃細菌               | ⑱ シアノバクテリア      |
| ⑰ 硝酸菌                  | ⑲ 緑色硫黃細菌               |                 |

問2 下線部アに関する次のAからCの記述のうち正しい記述またはその組み合わせとして最も適切なものを下の解答群から選び、マークせよ。 39

- A グルコースがピルビン酸に変わる一連の反応はミトコンドリア内で起こる。
- B ピルビン酸の脱炭酸反応はミトコンドリア内で起こる。
- C 脂肪の分解によって生じたグリセリンはミトコンドリア内に入る。

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

- A アルコール発酵では、1分子のグルコースから最大で2分子のCO<sub>2</sub>が產生される。
- B アルコール発酵では、ピルビン酸がエタノールに変わる過程で、NAD<sup>+</sup>がNADHに変換される。
- C 乳酸発酵では、1分子のピルビン酸が乳酸に変わる過程で1分子のATPが合成される。

〔解答群〕

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

問4 下線部ウの根拠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

〔解答群〕

- ① 当時の地層から現生の 35 と似た塩基配列の DNA が発見された。
- ② 当時の地層からクロロフィル a が検出された。
- ③ 当時の地層から大量の石炭が発見された。
- ④ 当時の地層から大量の石灰石が発見された。
- ⑤ 当時の地層からストロマトライトという岩石が発見された。
- ⑥ 当時の地層からバクテリオクロロフィルが検出された。

問5 下線部エに関する次の記述のうち、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。

42

- A 電子伝達系は内膜に存在する。
- B 内膜がひだ状に入り組んだ構造をチラコイドと呼ぶ。
- C ATP 合成酵素が ATP を合成する際に、水素イオンは内膜の内側から、外膜と内膜の間の領域に移動する。

〔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6 会話文中の『 X 』に当てはまる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。 43

[解答群]

- ① ミトコンドリアが細胞内に一つだけ存在すること
- ② ミトコンドリア内で機能するタンパク質の遺伝子は、全てミトコンドリア  
DNA に存在すること
- ③ ミトコンドリアの DNA が、核内の DNA と似た塩基配列を持つこと
- ④ ミトコンドリアの DNA を包む核膜のような構造が存在すること
- ⑤ ミトコンドリアが細胞内で独自に増殖できること
- ⑥ ミトコンドリアを細胞外に取り出して培養できること

## IV 生物における遺伝子の組換えに関する次の文を読み、以下の各問い合わせよ。

1本の染色体には、互いに連鎖する複数の遺伝子がある。連鎖する遺伝子の間に距離があると、減数分裂の 44 における染色体の乗換えによって遺伝子の組合せが変わり次世代における遺伝的多様性は増加する。通常、この乗換えは相同染色体の相同部分の間で起こるが、まれに乗換えが起こる場所がずれると、45 が生じる場合がある。45 した種の維持に不可欠な遺伝子の一方に生じた 46 は、他方の遺伝子が本来の形質を正常に発現することで生存に影響を及ぼさないため、次世代に伝達されやすく、遺伝的多様性の増大につながる。一方、パンコムギに典型的に見られるように、まれに起こる異種間の 47 と 48 も遺伝的多様性の増大につながる。48 が起こると、全ての遺伝子が 45 することになる。

問1 上の文中の 44 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、44 の中の同じ番号には同じ語が当てはまる。

44 ~ 48

### 〔解答群〕

- |          |          |          |
|----------|----------|----------|
| ① 間 期    | ② 第一分裂前期 | ③ 第一分裂中期 |
| ④ 第一分裂終期 | ⑤ 第二分裂前期 | ⑥ 第二分裂中期 |
| ⑦ 欠 失    | ⑧ 逆 位    | ⑨ 遺伝子重複  |
| ⑩ 転 座    | ⑪ 転 移    | ⑫ 突然変異   |
| ⑬ 細胞融合   | ⑭ 雜種形成   | ⑮ 遺伝子組換え |
| ⑯ クローン   | ⑰ ゲノム編集  | ⑱ 倍数化    |

問2 キイロショウジョウバエの交配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右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。 49 ~ 56

キイロショウジョウバエは、3対の常染色体と1対の性染色体をもつXY型の性決定を行う生物である。ここで、下図に示すような2種の純系AとBがあるとする。常染色体にはG遺伝子座が、X染色体上には20%の組換え率で連鎖するX1遺伝子座とX2遺伝子座とがあり、純系Aでは、G遺伝子座にGaをもち、X1遺伝子座にX1aをX2遺伝子座にX2aをもつ。純系Bでは、G遺伝子座にGbをもち、X1遺伝子座にX1bをX2遺伝子座にX2bをもつ。なお、これらの遺伝子の遺伝子型によって個体の生存率や配偶子の生産性、生殖行動には差はなく、交配実験で多数の個体が得られるものとする。また、乗換えは相同部分においてのみ起こるものとする。

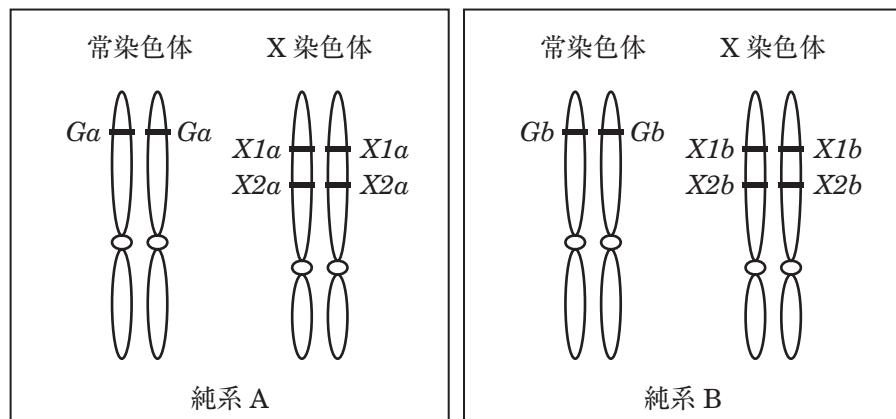


図 純系 A および純系 B の雌個体の遺伝子型の模式図

(あと 2 対の常染色体は省略している。)

純系 A の雄個体と純系 B の雌個体との交配で得られる雑種第一代の遺伝子型は雄個体, 雌個体ともに 1 種類である。雄個体では, X 染色体の乗換えが起こらないため, 雜種第一代の雄個体から生じる配偶子の遺伝子型は 49 種類, 雌個体から生じる配偶子の遺伝子型は 50 種類となる。このため, 雜種第一代の雄個体と雌個体とを交配して得られる雑種第二代における遺伝子型は, 雄個体で最大 51 種類となる。雑種第二代の雄個体のうち,  $Ga$ ,  $Gb$ ,  $X1a$ ,  $X2b$  の遺伝子を全てもつ個体の頻度は 52 %になると考えられる。雑種第二代の雌個体は, 雜種第一代の雄個体から遺伝子 53 を必ず受け継ぐ, このため, 雜種第二代の雌個体のうち,  $Ga$ ,  $Gb$ ,  $X1a$ ,  $X1b$ ,  $X2a$ ,  $X2b$  の遺伝子を全てもつ個体の頻度は 54 %になると考えられる。

雑種第二代に出現した全ての雌個体から同じ数の多数の配偶子が形成されるとすると, 雜種第二代の雌個体の配偶子で  $GaX1aX2a$  の遺伝子型をもつ配偶子の頻度は 55 %になると考えられる。雑種第二代の全ての雄個体と全ての雌個体との間で自由に交配させて得られた雑種第三代における遺伝子型の種類は, 雄個体で最大 56 種類となる。

#### [解答群]

- |                 |      |                 |      |      |
|-----------------|------|-----------------|------|------|
| ① 1             | ② 2  | ③ 3             | ④ 4  | ⑤ 5  |
| ⑥ 6             | ⑦ 7  | ⑧ 8             | ⑨ 9  | ⑩ 10 |
| Ⓐ 12            | Ⓑ 14 | Ⓒ 16            | Ⓓ 20 | Ⓔ 32 |
| Ⓕ $X1a$ と $X2a$ |      | Ⓖ $X1a$ と $X2b$ |      |      |
| Ⓗ $X1b$ と $X2a$ |      | Ⓘ $X1b$ と $X2b$ |      |      |