

物 理

以下の 1 から 29 にあてはまる最も適切な答えを各解答群から1つ選び、解答用紙（マークシート）にマークせよ。ただし、同じものをくり返し選んでもよい。数値を選ぶ場合は最も近い値を選ぶものとする。

- I なめらかで水平な床の上に質量 M の板 A があり、その板 A の上に質量 m の物体 B が置かれている。床と板 A との間には摩擦はなく、板 A と物体 B との間の静止摩擦係数は μ 、動摩擦係数は μ' である。重力加速度の大きさを g とする。水平方向右向きを x 軸の正の向きとし、運動は紙面内に限るものとする。

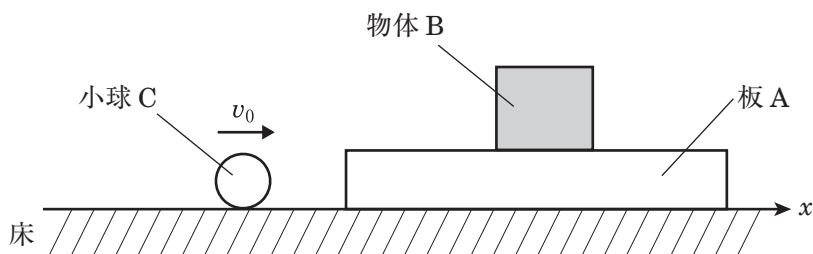


図 1

- (1) 図 1 に示すように、床に対して静止している板 A の左側面に、質量 m の小球 C が x 軸正の向きに床に対して速さ v_0 で弾性衝突した。板 A と物体 B との間の摩擦が十分大きく、衝突後も常に板 A と物体 B が一体となって運動した。衝突前の小球 C の運動量は 1 であり、衝突後における板 A と物体 B と小球 C の運動量の総和と等しい。また、小球 C と板 A との衝突は弾性衝突であることから、衝突前後の相対速度の大きさは等しい。これらの関係から衝突直後の板 A の床に対する速さは 2，小球 C の速さは $\frac{1}{M+2m} \times$ 3 であることがわかる。このとき、衝突後の板 A と物体 B と小球 C の運動エネルギーの総和は 4 である。

1 , 2 , 3 の解答群

- | | | | |
|-----------------------|-----------------------|------------------------|---------------------|
| ① $\frac{1}{2}v_0$ | ② v_0 | ③ $\frac{3}{2}v_0$ | ④ $2v_0$ |
| ⑤ $3v_0$ | ⑥ $\frac{1}{2}mv_0$ | ⑦ mv_0 | ⑧ Mv_0 |
| ⑨ $2mv_0$ | ⑩ $(2m+M)v_0$ | Ⓐ $\frac{m}{M}v_0$ | Ⓑ $\frac{2m}{M}v_0$ |
| Ⓒ $\frac{M+2m}{M}v_0$ | Ⓓ $\frac{m}{M+2m}v_0$ | Ⓔ $\frac{2m}{M+2m}v_0$ | |

4 の解答群

- | | | | |
|----------------------|-------------------------|----------------------|------------|
| ① $\frac{1}{2}v_0^2$ | ② v_0^2 | ③ $\frac{3}{2}v_0^2$ | ④ $2v_0^2$ |
| ⑤ $3v_0^2$ | ⑥ $\frac{1}{2}mv_0^2$ | ⑦ mv_0^2 | ⑧ Mv_0^2 |
| ⑨ $2mv_0^2$ | ⑩ $\frac{2m+M}{2}v_0^2$ | | |

- (2) 図2に示すように板Aの左側面を手で x 軸正の向きに一定の力 F_0 (>0) で押す場合を考える。このとき板Aと物体Bは常に一体となって運動した。板Aが物体Bから受ける静止摩擦力の大きさを f , 板Aの加速度を a とおくと板Aの運動方程式は 5 と表される。物体Bが板Aの上をすべることなく運動する F_0 の大きさの最大値は 6 である。

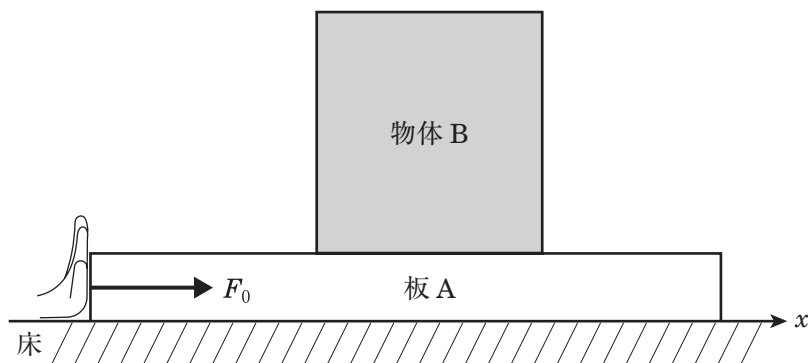


図2

5 の解答群

- | | | |
|-------------------|-------------------|-------------------------|
| ① $ma = F_0 + f$ | ② $Ma = F_0 + f$ | ③ $(M + m)a = F_0 + f$ |
| ④ $ma = F_0 - f$ | ⑤ $Ma = F_0 - f$ | ⑥ $(M + m)a = F_0 - f$ |
| ⑦ $ma = -F_0 - f$ | ⑧ $Ma = -F_0 - f$ | ⑨ $(M + m)a = -F_0 - f$ |

6 の解答群

- | | | | |
|------------|------------------|-------------|-------------------|
| ① μg | ② μmg | ③ $\mu' g$ | ④ $\mu' mg$ |
| ⑤ μMg | ⑥ $\mu (M + m)g$ | ⑦ $\mu' Mg$ | ⑧ $\mu' (M + m)g$ |

(3) 図3に示すように、力 F (≥ 0) を加えながら板 A を運動させる。力 F の大きさを 0 から徐々に大きくしていったところ、ある大きさを越えた直後に物体 B が板 A 上をすべることなく転倒した。ここで、物体 B の左端で板 A と接する点 P を中心として物体 B が回転することを転倒とみなし、転倒の条件について考える。板 A とともに運動している観測者から見て、転倒する直前までは、物体 B は板 A に対して静止しつづけていたことから、点 P のまわりの力のモーメントはつりあっていたと考えられる。このとき、板 A とともに運動している観測者から見ると、物体 B の重心 G に大きさ 7 の慣性力が働いているとみなせる。さらに、点 P から物体 B の底面に沿って L の距離にある作用点 Q に垂直抗力と静止摩擦力が働いているとみなせる。物体 B が高さ h_1 、幅 b_1 ($< h_1$) の長方形断面である直方体のとき、転倒する直前の F は 8 であることがわかる。

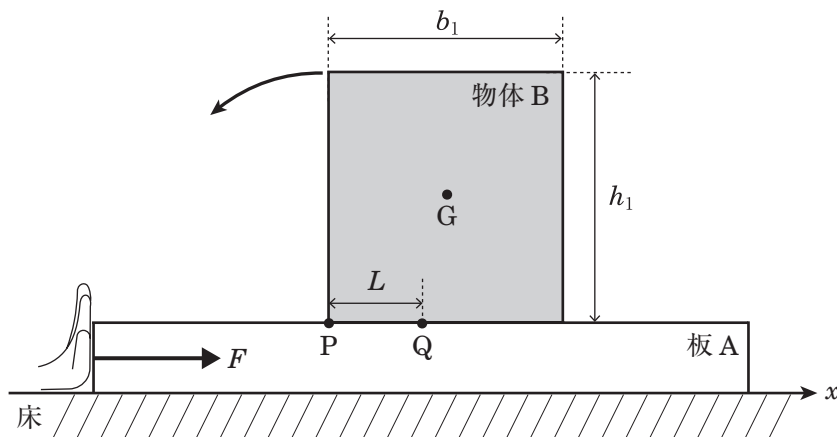


図 3

7 の解答群

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

8

の解答群

(選択肢に解がないため、削除しています)

(4) 物体 B が図 4 に示すような高さ h_2 、幅 b_2 の長方形断面の直方体である場合に、板 A の左側面に力 F (>0) を加えて x 軸正の向きに板 A を運動させる。力 F の大きさを徐々に大きくしていったところ、その大きさが 9 を超えた直後に物体 B は転倒することなく板 A 上をすべりはじめた。

板 A と物体 B との間の静止摩擦係数 μ が 10 を上回る場合には物体 B が板 A 上をすべることなく転倒し、10 を下回る場合には転倒することなく板 A 上をすべる。

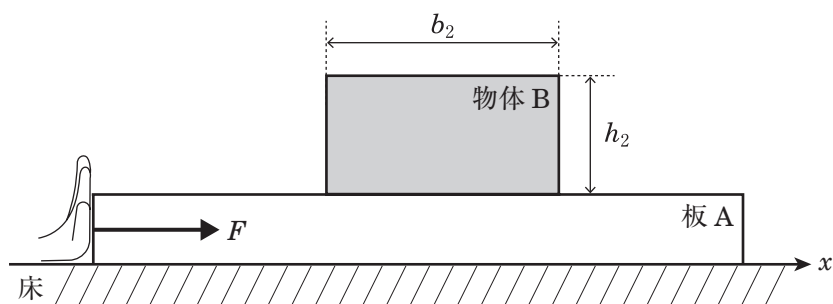


図 4

9 の解答群

- | | | | |
|------------|-------------------|-------------|--------------------|
| ① μmg | ② $\mu (M + m)g$ | ③ $\mu' mg$ | ④ $\mu' (M + m)g$ |
| ⑤ μMg | ⑥ $2\mu (M + m)g$ | ⑦ $\mu' Mg$ | ⑧ $2\mu' (M + m)g$ |

10 の解答群

(選択肢に解がないため、削除しています)

Ⅱ 図1に示すような、 x 軸に平行な長さ l [m] の導線、 y 軸に平行で十分長い2本の導線レール、抵抗 R [Ω] の抵抗器、質量 m [kg]、長さ l [m] の x 軸に平行な細い導体棒をつなぎ、水平面上の電気回路をつくる。このとき、 z 軸正の向きを鉛直上向きとする。導体棒の両端は導線レールに常に接しており、 x 軸に平行なまま y 軸方向に摩擦なくなめらかに動くものとする。この回路を磁束密度の大きさ B [T] の一様な z 軸正の向きの磁界（磁場）中に置く。導体棒の速度と導体棒が受ける力は y 軸正の向きを正とし、電流は点 b から抵抗器を経て点 a に向かう向きを正とする。このとき、抵抗器以外の抵抗と自己インダクタンスは無視できるとし、重力加速度の大きさを g [m/s²] とする。また、空気抵抗の効果、電気回路からの電磁波の放射は無視できるとする。

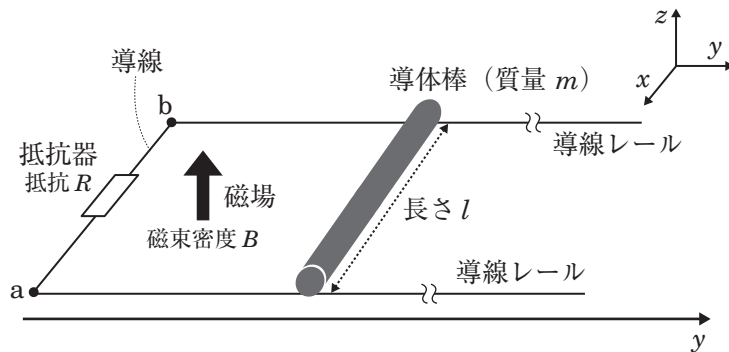


図1

- (1) 時刻 $t=0$ で、導体棒を初速度 v_0 (>0) [m/s] で図の y 軸正の向き（右向き）にすべらせた。最初回路には大きさ $I_0 =$ 11 [A] の電流が流れたが、導体棒の速度が減少するのに伴い回路に流れる電流の大きさも減少していった。ある時刻 t (>0) [s] での導体棒の速度を v [m/s] としたとき、導体棒が磁場から受ける力は 12 [N] と表される。十分時間が経ったのち、導体棒は静止し、回路を流れる電流もゼロになった。この回路を流れる電流の大きさの時間変化として最も適切なものは 13 である。初速度 v_0 の導体棒が持っていた運動エネルギーは、十分時間が経ち導体棒が静止するまでの間に、抵抗器で発生したジュール熱にすべて変換されたとする。このジュール熱は 14 [J] である。

11 の解答群

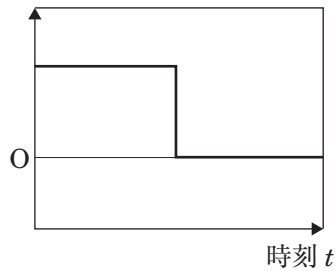
- ① $\frac{v_0 Bl}{R^2}$ ② $\frac{v_0 B^2 l}{R^2}$ ③ $\frac{v_0 Bl^2}{R^2}$ ④ $\frac{v_0 B^2 l^2}{R^2}$
 ⑤ $\frac{v_0 Bl}{R}$ ⑥ $\frac{v_0 B^2 l}{R}$ ⑦ $\frac{v_0 Bl^2}{R}$ ⑧ $\frac{v_0 B^2 l^2}{R}$

12 の解答群

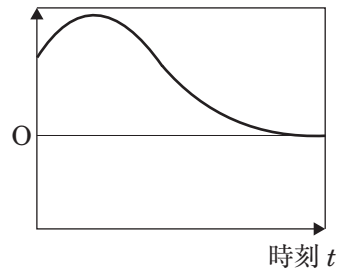
- ① $-\frac{vBl}{R^2}$ ② $-\frac{vB^2 l}{R^2}$ ③ $-\frac{vBl^2}{R^2}$ ④ $-\frac{vB^2 l^2}{R^2}$
 ⑤ $-\frac{vBl}{R}$ ⑥ $-\frac{vB^2 l}{R}$ ⑦ $-\frac{vBl^2}{R}$ ⑧ $-\frac{vB^2 l^2}{R}$

13 の解答群

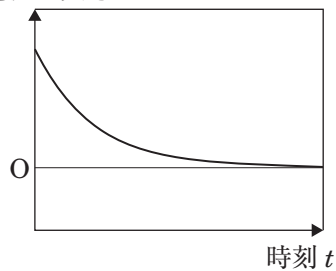
① 電流の大きさ



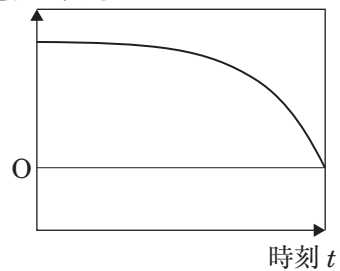
② 電流の大きさ



③ 電流の大きさ



④ 電流の大きさ



14 の解答群

- ① $\frac{m^2 v_0}{2}$ ② $\frac{mv_0^2}{2}$ ③ $\frac{mv_0}{2}$ ④ $m^2 v_0$ ⑤ mv_0^2
 ⑥ mv_0 ⑦ $2m^2 v_0$ ⑧ $2mv_0^2$ ⑨ $2mv_0$

(2) 次に、丈夫で軽い絶縁体の糸と定滑車を用いて、図2のように導体棒と質量 M [kg] の物体Aをつなげる。このとき、糸はたるむことなく、導体棒と物体Aは連動して動くとする。時刻 $t=0$ で、静止させていた導体棒をゆっくりはなすと図2の y 軸正の向き（右向き）に動き始めた。

ある時刻 $t(>0)$ [s] での導体棒の速度を v [m/s]、加速度を a [m/s²] とすると、一体となって動く導体棒と物体Aの運動を表す方程式は $(m+M)a = \boxed{15}$ である。十分時間が経ったのち、一定速度 v_f で導体棒が動くようになった。 v_f は $\boxed{16}$ [m/s] と表される。このとき、抵抗器で消費される電力は、 M , m , g , v_f のうち必要なものを用いて $\boxed{17}$ [W] と表される。ただし、重力が物体Aにする仕事は、抵抗器で発生するジュール熱にすべて変換されるとする。

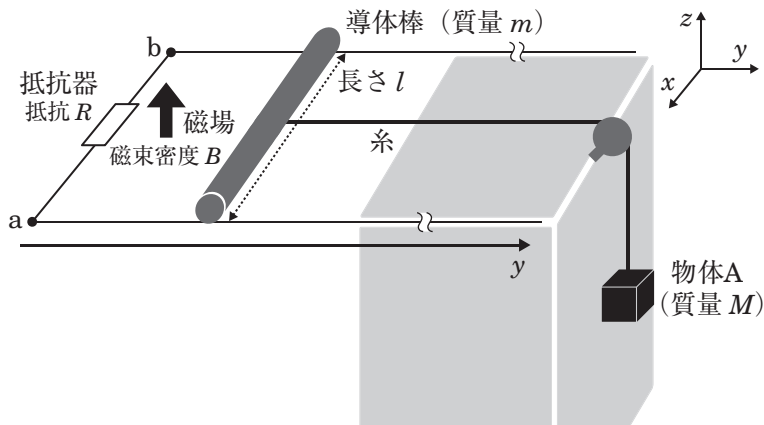


図2

$\boxed{15}$ の解答群

- | | | | |
|--------------------------|------------------------------|----------------------------|--------------------------|
| ① $Mg + \frac{vB^2l}{R}$ | ② $Mg + \frac{vB^2l^2}{R^2}$ | ③ $Mg + \frac{vB^2l^2}{R}$ | ④ $Mg + \frac{vBl^2}{R}$ |
| ⑤ $Mg - \frac{vB^2l}{R}$ | ⑥ $Mg - \frac{vB^2l^2}{R^2}$ | ⑦ $Mg - \frac{vB^2l^2}{R}$ | ⑧ $Mg - \frac{vBl^2}{R}$ |

16 の解答群

- | | | | |
|----------------------------|--------------------------------|------------------------------|----------------------------|
| ① $\frac{MgR}{B^2l}$ | ② $\frac{MgR^2}{B^2l^2}$ | ③ $\frac{MgR}{B^2l^2}$ | ④ $\frac{MgR}{Bl^2}$ |
| ⑤ $\frac{M^2gR}{B^2l}$ | ⑥ $\frac{M^2gR^2}{B^2l^2}$ | ⑦ $\frac{M^2gR}{B^2l^2}$ | ⑧ $\frac{M^2gR}{Bl^2}$ |
| ⑨ $\frac{(M+m)gR}{B^2l}$ | ⑩ $\frac{(M+m)gR^2}{B^2l^2}$ | ① $\frac{(M+m)gR}{B^2l^2}$ | ② $\frac{(M+m)gR}{Bl^2}$ |
| ③ $\frac{(M+m)^2gR}{B^2l}$ | ④ $\frac{(M+m)^2gR^2}{B^2l^2}$ | ⑤ $\frac{(M+m)^2gR}{B^2l^2}$ | ⑥ $\frac{(M+m)^2gR}{Bl^2}$ |

17 の解答群

- | | | | |
|-----------------|------------------|------------------|-----------------|
| ① Mgv_f | ② Mv_f^2 | ③ $2Mgv_f$ | ④ $2Mv_f$ |
| ⑤ M^2gv_f | ⑥ $M^2v_f^2$ | ⑦ $2M^2gv_f$ | ⑧ $2M^2v_f$ |
| ⑨ $(M+m)gv_f$ | ⑩ $(M+m)v_f^2$ | ① $2(M+m)gv_f$ | ② $2(M+m)v_f$ |
| ③ $(M+m)^2gv_f$ | ④ $(M+m)^2v_f^2$ | ⑤ $2(M+m)^2gv_f$ | ⑥ $2(M+m)^2v_f$ |

(3) 図3のように y 軸に平行な軽い絶縁体のばね（ばね定数 k [N/m]）を導体棒につなぐ。ただし、ばねの右端は図3のように壁に固定されているとし、ばねの弾性力はフックの法則にしたがうとする。すると、ばねの伸び縮みに連動して導体棒が y 軸方向になめらかに動くようになる。ばねが自然長のときの導体棒の位置を $y=0$ とし、時刻 $t=0$ でばねを自然長から $y_0 (>0)$ [m] だけ縮めて（導体棒を正の向きに y_0 動かして）からゆっくり手をはなすと、導体棒は y 軸上を振動しながら、徐々にその振幅を小さくしていった。その後、十分時間が経ったのち、導体棒は静止した。

導体棒が静止する前のある時刻 $t (>0)$ [s] において、導体棒の速度を v [m/s]、加速度を a [m/s²] とすると、導体棒の運動を表す方程式は $ma =$ 18 である。電流の向きは点 b から抵抗器を経て点 a に向かう向きを正とすると、この回路に流れる電流の時間変化を符号も含めて最も適切に表した図は 19 である。時刻 $t=0$ でばねが蓄えていた弾性エネルギーは、十分時間が経ち導体棒が静止するまでの間に、抵抗器で発生したジュール熱にすべて変換されたとする。このジュール熱は 20 [J] である。

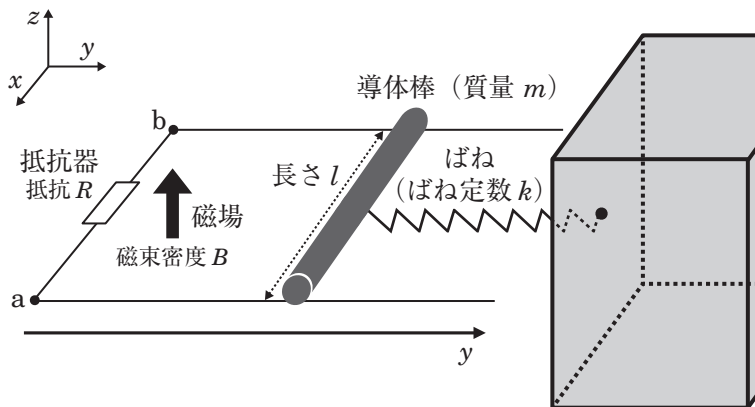


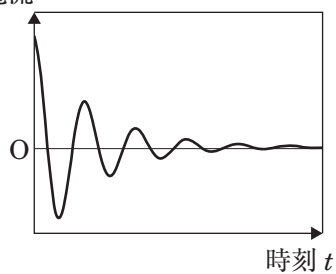
図3

18 の解答群

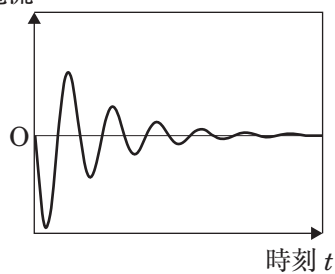
- ① $-ky - \frac{vB^2l}{R}$ ② $-ky - \frac{vB^2l^2}{R^2}$ ③ $-ky - \frac{vB^2l^2}{R}$ ④ $-ky - \frac{vBl^2}{R}$
 ⑤ $-ky + \frac{vB^2l}{R}$ ⑥ $-ky + \frac{vB^2l^2}{R^2}$ ⑦ $-ky + \frac{vB^2l^2}{R}$ ⑧ $-ky + \frac{vBl^2}{R}$

19 の解答群

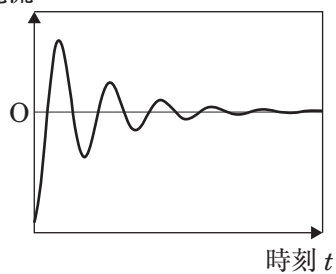
① 電流



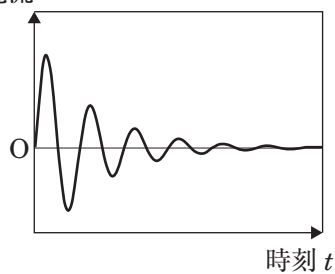
② 電流



③ 電流



④ 電流



20 の解答群

- ① ky_0B^2 ② $\frac{ky_0B^2}{2}$ ③ $2ky_0B^2$ ④ $4ky_0B^2$
 ⑤ ky_0^2 ⑥ $\frac{ky_0^2}{2}$ ⑦ $2ky_0^2$ ⑧ $4ky_0^2$

Ⅲ 気体だけでなく，物体に力を加えたり吸熱や放熱をさせた場合の現象も熱力学に基づいて理解できる。そこで，気体の熱力学を復習した後，ゴムひもの伸縮と温度変化を熱力学に基づいて調べる。気体定数を R [$\text{J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$] とし，ゴムひもの温度は一樣であるとする。

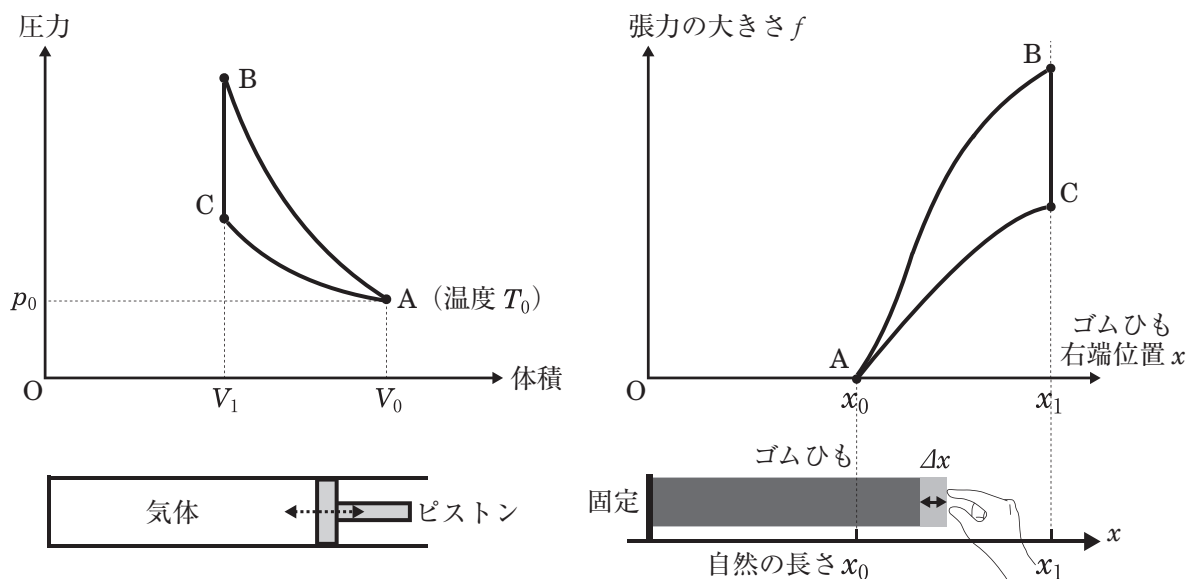


図 1

- (1) 図 1 左のように，単原子分子理想気体 1 mol を温度 T_0 [K]，圧力 p_0 [Pa]，体積 V_0 [m^3] の状態 A から，体積 V_1 [m^3] まで断熱圧縮した状態を B，体積 V_1 まで等温圧縮した状態を C とする。状態 B と状態 C は定積過程でつながる。このとき，状態 B の気体の温度は $T_B = \boxed{21} \times T_0$ ，状態 C の気体の圧力は $p_C = \boxed{22} \times p_0$ と表される。ただし，断熱変化においては，気体の圧力を p [Pa]，気体の体積を V [m^3] として， $pV^{\frac{5}{3}} = \text{一定}$ が成り立つ。

一般に，気体の内部エネルギー変化を ΔU [J]，気体が受け取る熱量を ΔQ [J]，気体が外部にする仕事を ΔW [J]，気体の圧力を p [Pa]，気体の体積変化を ΔV [m^3] として，熱力学第一法則は

$$\Delta U = \Delta Q - \Delta W = \Delta Q - p\Delta V$$

と書ける。この熱力学第一法則の帰結として、図1左の過程 $A \rightarrow B$ において気体が外部からされる仕事 W_{AB} は内部エネルギー変化に等しくなるため、 $W_{AB} =$ 23 と表される。一方、過程 $C \rightarrow A$ において気体が外部にする仕事を W_{CA} と表す。すると、熱機関 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$ において、気体が外部からされる正味の仕事は 24 となる。

21 と 22 の解答群

- | | | | |
|---------------------|--|--|--|
| ① $\frac{V_1}{V_0}$ | ② $\left(\frac{V_1}{V_0}\right)^{2/3}$ | ③ $\left(\frac{V_1}{V_0}\right)^{3/2}$ | ④ $\left(\frac{V_1}{V_0}\right)^{5/3}$ |
| ⑤ $\frac{V_0}{V_1}$ | ⑥ $\left(\frac{V_0}{V_1}\right)^{2/3}$ | ⑦ $\left(\frac{V_0}{V_1}\right)^{3/2}$ | ⑧ $\left(\frac{V_0}{V_1}\right)^{5/3}$ |

23 の解答群

- | | | | |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| ① $\frac{5}{3}R(T_B - T_0)$ | ② $\frac{5}{3}R(T_0 - T_B)$ | ③ $\frac{3}{2}R(T_B - T_0)$ | ④ $\frac{3}{2}R(T_0 - T_B)$ |
| ⑤ $R(T_B - T_0)$ | ⑥ $R(T_0 - T_B)$ | ⑦ $\frac{1}{2}R(T_B - T_0)$ | ⑧ $\frac{1}{2}R(T_0 - T_B)$ |

24 の解答群

- | | | | |
|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|
| ① W_{AB} | ② $-W_{AB}$ | ③ W_{CA} | ④ $-W_{CA}$ |
| ⑤ $W_{CA} - W_{AB}$ | ⑥ $W_{AB} + W_{CA}$ | ⑦ $W_{AB} - W_{CA}$ | ⑧ $-W_{AB} - W_{CA}$ |

- (2) 図1右のように、ゴムひもの左端を固定した上で、右向きを正とする x 座標をとってゴムひもの右端の位置を x [m] で表す。ゴムひものが自然の長さであるとき $x = x_0$ であった。 $x_0 < x < x_1$ の範囲でゴムひものが1次的に伸び縮みする場合を考え、ゴムひもの右端位置の微小変位を Δx [m] と表す。 $\Delta x > 0$ の場合が伸び、 $\Delta x < 0$ の場合が縮みに対応する。このとき、ゴムひものに張力とつりあう力を加えて伸ばし、 x と張力の大きさ f [N] を測定すると図1右の結果が得られた。

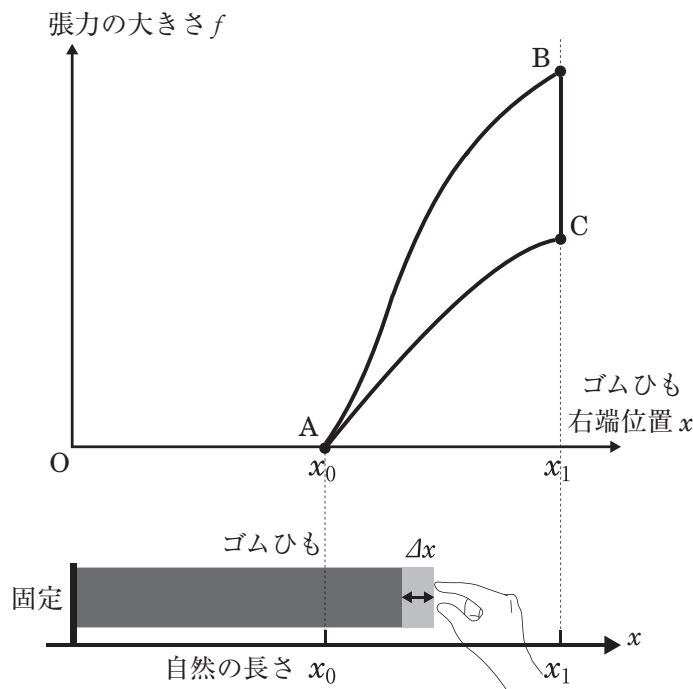


図1右再掲

過程 $A \rightarrow B$ ではゴムひものをすばやく伸ばしており、熱がゴムから外部へ移動する時間がないため断熱変化とみなすことができる。一方、過程 $A \rightarrow C$ ではゴムひものが室温と等しくなるようにゆっくり伸ばしており、等温変化とみなすことができる。したがって、図1左の気体の状態 A, B, C がそれぞれ図1右におけるゴムひもの状態 25 に対応する。右端位置が $x (> x_0)$ にあるゴムひものに大きさ f の張力とつりあう力を加えながら、 x から $x + \Delta x$ ($\Delta x > 0$) まで伸ばした際に、ゴムひものが外部からされる仕事 $-\Delta W$ [J] は 26 である。このとき、ゴムひもの内部エネルギー

U [J] は、ゴムひもを構成する分子の運動エネルギーと分子間の相互作用による位置エネルギーとの和で与えられる。熱力学第一法則は、ゴムひもの微小な内部エネルギー変化を ΔU 、ゴムひもが吸収した微小な熱量を ΔQ 、張力の大きさを f として、

$$\Delta U = \Delta Q - \Delta W = \Delta Q + \boxed{26}$$

と書ける。この法則は $x_0 < x < x_1$ の範囲で、ゴムひもが縮む場合 ($\Delta x < 0$) にも成り立つ。

このとき、気体の断熱圧縮がゴムひもの断熱伸長に対応するため、ゴムひもをすばやく伸ばすと温度が上昇する。また、過程 $B \rightarrow C$ と過程 $C \rightarrow B$ は、それぞれ気体における $\boxed{27}$ に対応する。図 1 右において、熱機関 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$ は $\boxed{28}$ 。A, B, C でのゴムひもの温度をそれぞれ T_A , T_B , T_C [K] とすると、その大小関係は $\boxed{29}$ となる。

$\boxed{25}$ の解答群

- | | | |
|-----------|-----------|-----------|
| ① A, B, C | ② A, C, B | ③ B, A, C |
| ④ B, C, A | ⑤ C, A, B | ⑥ C, B, A |

$\boxed{26}$ の解答群

- | | | | |
|--------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| ① $\frac{1}{2}f\Delta x$ | ② $\frac{1}{2}f\Delta x^2$ | ③ $\frac{1}{2}f\Delta x^3$ | ④ $\frac{1}{2}f\Delta x^4$ |
| ⑤ $f\Delta x$ | ⑥ $f^2\Delta x$ | ⑦ $f^3\Delta x$ | ⑧ $f^4\Delta x$ |

$\boxed{27}$ の解答群

- ① 定圧膨張と定圧圧縮
- ② 定圧圧縮と定圧膨張
- ③ 定積変化(温度上昇)と定積変化(温度低下)
- ④ 定積変化(温度低下)と定積変化(温度上昇)
- ⑤ 等温膨張と等温圧縮
- ⑥ 断熱圧縮と断熱膨張

28 の解答群

- ① 外部に放熱し，外部に正の仕事をする
- ② 外部に放熱し，外部から正仕事をされる
- ③ 外部から吸熱し，外部に正の仕事をする
- ④ 外部から吸熱し，外部から正仕事をされる

29 の解答群

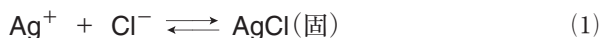
- ① $T_A = T_B = T_C$
- ② $T_B = T_A < T_C$
- ③ $T_C = T_B < T_A$
- ④ $T_A = T_C < T_B$
- ⑤ $T_B < T_A < T_C$
- ⑥ $T_A < T_C < T_B$
- ⑦ $T_C < T_B < T_A$
- ⑧ $T_C < T_A < T_B$

化 学

(解答番号 ~)

I 塩化ナトリウム水溶液に関する次の文章を読み、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。また、25℃における塩化銀、クロム酸銀の溶解度積をそれぞれ $K_{\text{sp}}(\text{AgCl}) = 1.8 \times 10^{-10} \text{ (mol/L)}^2$ 、 $K_{\text{sp}}(\text{Ag}_2\text{CrO}_4) = 3.6 \times 10^{-12} \text{ (mol/L)}^3$ とする。必要があれば $\sqrt{2} = 1.41$ 、 $\sqrt{3} = 1.73$ 、 $\sqrt{5} = 2.24$ を用いよ。

塩化ナトリウム NaCl 水溶液中の塩化物イオン Cl^- 濃度は 法とよばれる沈殿滴定により決定される。この方法では、クロム酸カリウム K_2CrO_4 を指示薬とし、塩化銀 AgCl とクロム酸銀 Ag_2CrO_4 の溶解度積の差を利用している。AgCl と Ag_2CrO_4 の沈殿生成の反応式は次のようになる。



この沈殿滴定では、少量の K_2CrO_4 水溶液を加えた NaCl 水溶液に、濃度既知の硝酸銀 AgNO_3 水溶液を滴下すると、まず(1)式が進行するため、AgCl の 沈殿が生成する。さらに、 AgNO_3 水溶液を滴下していくと、AgCl の生成により Cl^- 濃度が減少し、 $K_{\text{sp}}(\text{AgCl})$ は一定のため、溶解できる銀イオン Ag^+ 濃度が増加していく。やがて、(2)式より Ag^+ はクロム酸イオン CrO_4^{2-} と反応し、 Ag_2CrO_4 の 沈殿が生成する。このとき、溶液中の Cl^- 濃度は非常に小さくなっており、この点が滴定の終点とみなされる。そのため、終点までに滴下した AgNO_3 水溶液の体積から、滴定前の溶液中の Cl^- 濃度を求めることができる。

いま、25℃において少量の K_2CrO_4 水溶液を加えた NaCl 水溶液（試料溶液 A）を 10 mL 用意し、沈殿滴定を行った。 CrO_4^{2-} 濃度は $4.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ とした。試料溶液 A に、 $2.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ の AgNO_3 水溶液を 30 mL 滴下したところ、終点に達した。こ

の結果より，滴定前の試料溶液 A の Cl^- 濃度を求めると 4 mol/L である。また， Ag_2CrO_4 の生成量は非常に少ないので無視すると，終点における溶液中の CrO_4^{2-} 濃度は 5 mol/L， Ag^+ 濃度は 6 mol/L， Cl^- 濃度は 7 mol/L である。

1 に対する解答群

- ① ソルベール ② ハーバー・ボッシュ ③ クメン
④ オストワルト ⑤ モール

2 および 3 に対する解答群

- ① 白 色 ② 黒 色 ③ 深青色 ④ 赤褐色
⑤ 黄 色 ⑥ 淡緑色

4 ～ 7 に対する解答群

- ① 3.0×10^{-6} ② 6.0×10^{-6} ③ 1.0×10^{-5} ④ 1.3×10^{-5}
⑤ 3.0×10^{-5} ⑥ 6.0×10^{-5} ⑦ 1.0×10^{-4} ⑧ 1.3×10^{-4}
⑨ 3.0×10^{-4} ⑩ 4.0×10^{-4} ① 6.0×10^{-4} ② 1.0×10^{-3}
③ 1.5×10^{-3} ④ 3.0×10^{-3} ⑤ 4.0×10^{-3} ⑥ 6.0×10^{-3}
⑦ 1.5×10^{-2} ⑧ 3.0×10^{-2} ⑨ 4.0×10^{-2} ⑩ 6.0×10^{-2}

Ⅱ イオン交換膜を用いた電気分解に関する次の文章を読み、(1)～(4)の空欄 8 ～ 13 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、 $R=8.31\times 10^3\text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ ，ファラデー定数は、 $F=9.65\times 10^4\text{ C/mol}$ ， 27°C での水のイオン積は、 $K_w=1.74\times 10^{-14}\text{ (mol/L)}^2$ とし、必要があれば、 $\log_{10}1.74=0.241$ ， $\log_{10}5.80=0.763$ ， $\log_{10}8.75=0.942$ を用いよ。

イオン交換膜法は、一般的に炭素電極を陽極とし、鉄電極を陰極として海水の淡水化や食塩の製造に利用されている。下図のように、㉖～㉙に2枚の陽イオン交換膜および2枚の陰イオン交換膜が設置された電解槽があり、仕切られたA～Eの5槽には 0.500 mol/L の NaCl 水溶液が 1.00 L ずつ入っている。この電解槽を 5.0 時間電気分解したところ、 NaCl の濃度はC槽で最も高くなり、D槽では初期よりも低下した。また、E槽より無臭の気体が発生し、その気体の体積は 27°C ， $1.00\times 10^5\text{ Pa}$ で 3.74 L であった。なお、各槽の体積変化と発生する気体の水溶液への溶解は無視できるものとする。

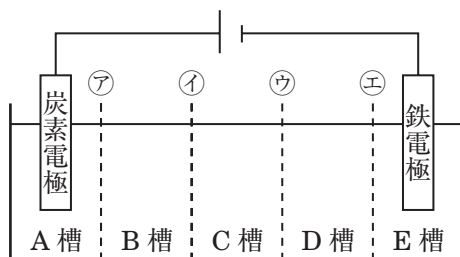


図 電解槽

- (1) 電解槽内の㉖～㉙のうち、2枚の陽イオン交換膜に該当するものは 8 であり、2枚の陰イオン交換膜に該当するものは 9 である。
- (2) 電解槽に流れた電流は 10 A である。
- (3) 電気分解後のB槽の NaCl のモル濃度は 11 mol/L である。
- (4) 電気分解後、最も NaOH のモル濃度が高いのは 12 であり、12 の水溶液のpHは 13 である。

8 および **9** に対する解答群

- ① アとイ ② アとウ ③ アとエ ④ イとウ ⑤ イとエ
⑥ ウとエ

10 に対する解答群

- ① 0.25 ② 0.51 ③ 1.1 ④ 1.6 ⑤ 1.9
⑥ 2.2 ⑦ 2.8 ⑧ 3.1 ⑨ 3.5 ⑩ 4.5

11 に対する解答群

- ① 0.100 ② 0.150 ③ 0.200 ④ 0.250 ⑤ 0.300
⑥ 0.350 ⑦ 0.400 ⑧ 0.450 ⑨ 0.500 ⑩ 0.550

12 に対する解答群

- ① A 槽 ② B 槽 ③ C 槽 ④ D 槽 ⑤ E 槽

13 に対する解答群

- ① 9.03 ② 9.86 ③ 10.2 ④ 10.8 ⑤ 11.1
⑥ 11.6 ⑦ 12.1 ⑧ 12.8 ⑨ 13.2 ⑩ 13.8

Ⅲ 次の文章〔1〕～〔4〕を読み、空欄 14 ～ 25 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。なお、原子量は、 $H=1.00$ 、 $C=12.0$ 、 $O=16.0$ 、 $Na=23.0$ とする。

〔1〕一般に、化学反応は大気圧など一定圧力下で起こることが多く、一定圧力下で化学反応に伴って放出・吸収する熱量を反応エンタルピーという。反応物がもつエンタルピーの総和が、生成物がもつエンタルピーの総和より 14 場合、発熱反応となる。物質が変化するときの反応エンタルピーは、変化の前後の物質と状態だけで決まり、変化の経路や方法には関係しない。この法則は、15 の法則とよばれる。

〔2〕物質 1 mol が完全燃焼するときの反応熱を、燃焼エンタルピーという。例えば、1 mol の炭素（黒鉛）が完全燃焼して二酸化炭素（気体）に変化したときの燃焼エンタルピーは、 -394 kJ であり、1 mol の一酸化炭素（気体）から二酸化炭素（気体）へ変化したときの燃焼エンタルピーは、 -283 kJ である。このとき、1 mol の炭素（黒鉛）から一酸化炭素（気体）へ変化したときの反応エンタルピーは、16 kJ と計算できる。

炭素（黒鉛）を燃焼させたとき、酸素の供給量が十分な場合は二酸化炭素（気体）を生じる完全燃焼となるが、酸素の供給量が不足している場合は、一酸化炭素（気体）を生じる不完全燃焼となる。いま、 30.0 g の黒鉛を燃焼させたところ、二酸化炭素（気体）と一酸化炭素（気体）のみを生じ、その反応エンタルピーは -702 kJ であった。このとき、完全燃焼により二酸化炭素（気体）を生じた黒鉛の割合は 17 % である。

〔3〕溶質 1 mol が多量の水に溶解するときに入り出る熱量を 18 といい、 25.0°C における固体の水酸化ナトリウムの 18 は -44.5 kJ である。いま、 25.0°C において固体の水酸化ナトリウム 1.20 g を水 200 mL に溶解させた。このときに生じた熱のすべてがこの溶液の温度上昇に用いられたとすると、この溶液の温度は 19 $^\circ\text{C}$ まで上昇する。なお、この溶液 1 mL を 1°C 上昇させるのに必要な熱量は 4.20 J であり、この操作の前後で溶液の体積は変化しないものとする。

[4] 1 mol のイオン結晶のイオン結合を切断して、気体状態のばらばらのイオンにするのに必要なエネルギーを格子エネルギーという。格子エネルギーは、そのイオン結晶が安定かどうかの目安になる。格子エネルギーは直接測定することはできないが、

15 の法則を用いて間接的に計算することができる。



ここで、 ΔH_1 は固体の塩化ナトリウム NaCl の 20 を表し、 ΔH_2 は固体の Na から気体の Na への 21 を表す。 ΔH_3 は気体の塩素分子 Cl_2 の 22 の半分を表し、 ΔH_4 は気体の Na の 23 を表す。また、 $-\Delta H_5$ は塩素原子 Cl の 24 を表す。(6)式の ΔH_6 が固体の NaCl の格子エネルギーであり、(1)式から(5)式の値を用いて、格子エネルギー ΔH_6 は、 $Q = +$ 25 kJ と求めることができる。

14 に対する解答群

- ① 大きい ② 小さい

15 に対する解答群

- ① アレニウス ② シャルル ③ ファントホッフ
④ ヘ ス ⑤ ボイル ⑥ ラウール

16 に対する解答群

- ① -788 ② -677 ③ -566 ④ -222 ⑤ -111
⑥ +111 ⑦ +222 ⑧ +566 ⑨ +677 ⑩ +788

17 に対する解答群

- | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|
| ① 5.00 | ② 10.0 | ③ 15.0 | ④ 20.0 | ⑤ 25.0 |
| ⑥ 30.0 | ⑦ 35.0 | ⑧ 40.0 | ⑨ 45.0 | ⑩ 50.0 |
| ① 55.0 | ② 60.0 | ③ 65.0 | ④ 70.0 | ⑤ 75.0 |
| ⑥ 80.0 | ⑦ 85.0 | ⑧ 90.0 | ⑨ 95.0 | |

18 , **20** ~ **24** に対する解答群

- | | | |
|-------------|------------|------------|
| ① イオン化エネルギー | ② 結合エネルギー | ③ 内部エネルギー |
| ④ 昇華エンタルピー | ⑤ 生成エンタルピー | ⑥ 中和エンタルピー |
| ⑦ 溶解エンタルピー | ⑧ 浸透圧 | ⑨ 比 熱 |
| ⑩ 電子親和力 | | |

19 に対する解答群

- | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|
| ① 25.4 | ② 25.8 | ③ 26.2 | ④ 26.6 | ⑤ 27.0 |
| ⑥ 27.4 | ⑦ 27.8 | ⑧ 28.2 | ⑨ 28.6 | ⑩ 29.0 |

25 に対する解答群

- | | | | | |
|-------|--------|--------|--------|--------|
| ① 344 | ② 478 | ③ 528 | ④ 588 | ⑤ 648 |
| ⑥ 772 | ⑦ 1042 | ⑧ 1226 | ⑨ 1286 | ⑩ 1470 |

(第Ⅳ問は次ページから始まる)

Ⅳ 分子式 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_2$ で表されるエステル X, エステル Y, エステル Z に関する次の文章 [1] ~ [7] を読み, 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一つ選び, 解答欄にマークせよ。なお, 同じものを繰り返し選んでもよい。ただし, エステル X, エステル Y, エステル Z は, ギ酸のエステルではないことがわかっている。また, 原子量は, $\text{C}=12.0$, $\text{H}=1.00$, $\text{O}=16.0$, 気体定数は, $R=8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$ とする。

[1] エステル X を 5.80 mg 取り, 元素分析の装置の中の白金ボート上に, この試料を入れた。乾燥した酸素 O_2 を装置の中に送り, ガスバーナーで試料を完全燃焼させたところ, 二酸化炭素 CO_2 mg と水 H_2O mg が得られた。ここで用いたガスバーナーについて, 正しい使い方の手順は, → → → → → の順である。また, ガスバーナーを使用するとき, 炎の色は で使用する。

[2] エステル X に希塩酸を加えて加熱したところ, 化合物 A と化合物 B が生じ, 化合物 A は室温で水 100 mL に約 20 g 溶け, 水溶液は中性であった。また, 化合物 A は非電解質であることがわかったので, 27°C で, 化合物 A 1.30 g を溶解した水溶液 100 mL の浸透圧を測定したところ, $4.38 \times 10^5 \text{ Pa}$ であった。このことから化合物 A の分子式は C H O であることがわかった。また, 化合物 A は, 単体のナトリウムと反応し, 水素を発生することがわかった。さらに, 化合物 A に, ヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて反応させたところ, 特有の臭気をもつ黄色沈殿が生じた。この反応は, である。以上の結果から, 化合物 A の構造式は , 化合物 B の構造式は である。

[3] 分子式 C H O をもつ化合物には, 化合物 A 以外に 種類の構造異性体が存在する。その中で化合物 A と同様, 単体のナトリウムと反応し, 水素を発生するものは, 化合物 A 以外には, 種類存在する。また, 化合物 A は, 硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液で酸化され, が生じ

る。一方、分子式 $\text{C}_{35}\text{H}_{36}\text{O}_{37}$ をもつ化合物のうち、このように二クロム酸カリウム水溶液で酸化される構造異性体は、化合物 A の他には 44 種類存在する。

[4] 化合物 B は水に溶け、45 を示す。また、脱水剤を加えて加熱すると、46 を生じる。化合物 B から生じる 46 は、水に溶けにくく、45 を示さない。

[5] エステル Y に希塩酸を加えて加熱したところ、化合物 C と化合物 D が生じた。化合物 C を酸化すると、まず、化合物 E が生じ、さらに酸化されて化合物 D となった。以上の結果から、化合物 C の構造式は 47、化合物 D の構造式は 48 である。

[6] 化合物 E をフェーリング液に加えて加熱すると赤色沈殿を生じた。これは化合物 E が 49 であり、50 を示すためである。

[7] エステル Z に希塩酸を加えて加熱したところ、化合物 F と化合物 G が生じた。化合物 F を酸化すると、最終的に化合物 B が得られることがわかった。このことから、化合物 F の構造式は 51 であり、化合物 G の構造異性体のうち、化合物 G と同じ官能基をもつものは、化合物 G を含め、52 種類存在する。

26 に対する解答群

- | | | | | |
|----------|----------|----------|----------|----------|
| ① 4.40 | ② 8.80 | ③ 13.2 | ④ 22.0 | ⑤ 26.4 |
| ⑥ 30.8 | ⑦ 35.2 | ⑧ 39.6 | ⑨ 44.0 | ⑩ 48.4 |
| ① a 52.8 | ② b 57.2 | ③ c 61.6 | ④ d 66.0 | ⑤ e 70.4 |

27 に対する解答群

- | | | | | |
|----------|----------|----------|----------|----------|
| ① 1.80 | ② 3.60 | ③ 5.40 | ④ 7.20 | ⑤ 10.8 |
| ⑥ 12.6 | ⑦ 14.4 | ⑧ 16.2 | ⑨ 18.0 | ⑩ 19.8 |
| ① a 21.6 | ② b 23.4 | ③ c 25.2 | ④ d 27.0 | ⑤ e 28.8 |

28 ～ **33** に対する解答群

- ① 空気調節ねじを開く
- ② 火をガスバーナーの口に近づけガス調節ねじを開いて点火させる
- ③ ガスの元栓を開く
- ④ ガス調節ねじと空気調節ねじが閉まっていることを確認する
- ⑤ ガス調節ねじで炎の大きさを調節する
- ⑥ 炎の色を調節する

34 に対する解答群

- | | | | |
|-------|-------|-------|-------|
| ① 青 色 | ② 黄 色 | ③ 赤 色 | ④ 白 色 |
|-------|-------|-------|-------|

35 ～ **37** に対する解答群

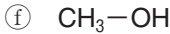
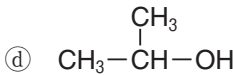
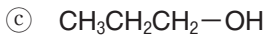
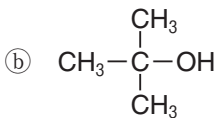
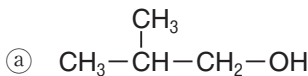
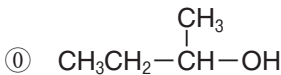
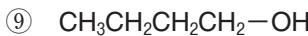
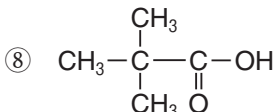
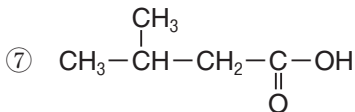
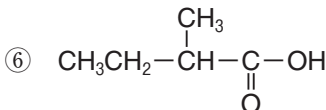
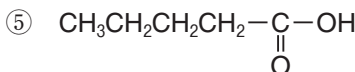
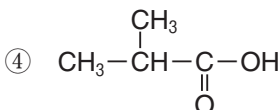
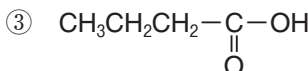
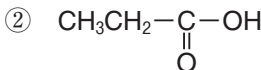
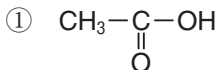
(解答が, 例えば, CH_4O の場合には, $\text{C}_1\text{H}_4\text{O}_1$ としてマークせよ。)

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

38

- #### ④ ヨードホルム反応

39



41 , 42 , 44 および 52 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 0 |

43 , 46 および 49 に対する解答群

- | | | |
|---------|---------|-------|
| ① アルコール | ② アルデヒド | ③ ケトン |
| ④ 酸無水物 | ⑤ エーテル | ⑥ アミン |

45 および 50 に対する解答群

- | | | | |
|------|-------|-------|------|
| ① 酸性 | ② 塩基性 | ③ 還元性 | ④ 両性 |
|------|-------|-------|------|

生 物

(解答番号 ～)

I 恒常性維持に関する次の文を読み、以下の各問いに答えよ。

ヒトでは体液の状態の変化を感知し調節することで、体内環境が一定の範囲内に維持される。例えば、食物中のデンプンは消化されると となり、小腸で吸収され、肝 をへて へ運ばれる。食後に血液中の 濃度が一時的に上昇すると、 からホルモンの一つである が分泌され、、、 組織への の取り込みを促進する。 と では はグリコーゲンとして貯蔵される一方、 と 組織では の合成に利用される。

血中の 濃度が著しく低下すると、視床下部は 神経をへて副腎 を刺激し が分泌される。 は、 から の分泌を促すことで、 のグリコーゲンを分解し、血中 濃度が上昇する。

問1 上の文中の に当てはまる最も適切な語を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 アドレナリン | ② アセチルコリン | ③ インスリン | ④ グルカゴン |
| ⑤ グルコース | ⑥ チロキシン | ⑦ アミノ酸 | ⑧ 脂 肪 |
| ⑨ すい臓 | ⑩ 筋 肉 | Ⓐ 腎 臓 | Ⓑ 肝 臓 |
| Ⓒ 髓 質 | Ⓓ 皮 質 | Ⓔ 交 感 | Ⓕ 副交感 |
| Ⓖ 動 脈 | Ⓖ 静 脈 | Ⓖ 門 脈 | |

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。

12

- A 副甲状腺から分泌されるパラトルモンは、血中カルシウムイオンの上昇を引き起こす。
- B 副腎皮質から分泌される鉱質コルチコイドは、腎臓でのナトリウムイオンの再吸収とカリウムイオンの排出を促進する。
- C 脳下垂体前葉から放出される甲状腺刺激ホルモンは、チロキシンの分泌促進を起こす。
- D 脳下垂体後葉から分泌される成長ホルモンは、腎臓での水の再吸収を促進する。

〔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 | | |

問3 ヒトのホルモンによる情報伝達のしくみに関する次のAからDの記述のうち、正しいもの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。

13

- A 水溶性ホルモンは、細胞膜を通過せず細胞膜上に存在する受容体に結合して作用する。
- B 脂溶性ホルモンは、細胞膜を通過して細胞内に入り、細胞内の受容体に結合する。
- C 核内受容体と呼ばれるホルモン受容体は、遺伝子発現を調節する。
- D ホルモンの働きが過剰になると、負のフィードバックによりホルモンの分泌量が減るように調節されることがある。

〔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 | | |

(第Ⅱ問は次ページから始まる)

Ⅱ 被子植物の配偶子形成に関する次の文を読み、以下の各問いに答えよ。

被子植物の花のおしべの先端の葯（やく）の中では、1個の花粉母細胞が減数分裂をして1個の ができる。この細胞が分離して未熟な花粉が形成される。花粉が成熟する過程では、不均等な体細胞分裂によって大小2つの細胞が生じ、 が の中に取り込まれる。

一方、めしべの子房の中では胚のう細胞が形成される。多くの被子植物では、胚のう細胞の核分裂によって、8個の核をもつ となる。続いて細胞質も分裂し、1個の ，2個の ，3個の と、2個の核をもつ1個の が形成される。

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。 ～

〔解答群〕

- | | | |
|--------|---------|---------|
| ① 花 粉 | ② 花粉四分子 | ③ 精原細胞 |
| ④ 精細胞 | ⑤ 雄原細胞 | ⑥ 花粉管細胞 |
| ⑦ 助細胞 | ⑧ 卵細胞 | ⑨ 受精卵 |
| ⑩ 中央細胞 | Ⓐ 胚乳細胞 | Ⓑ 反足細胞 |
| Ⓒ 胚のう | Ⓓ 卵原細胞 | Ⓔ 精 子 |

問2 被子植物の受精に関する次の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 花粉管は、卵細胞から放出される物質に導かれて胚のうに達する。
- B 胚のうに達した花粉管からは2個の雄性配偶子が放出される。
- C 受精後の胚乳核の核相は $3n$ となる。
- D 胚のう内の反足細胞は、受精後は種皮の一部となる。

〔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3 シロイヌナズナの受精の後の胚発生に関する次の文中の 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当てはまる。 23 ～ 25

受精卵の体細胞分裂によって、頂端細胞と基部細胞になる。頂端細胞からはやがて 23 が形成され、基部細胞からは 24 が形成される。23 のうち 24 に接する部分に 25 が形成される。

〔解答群〕

- | | | |
|-------|-------|-------|
| ① 胚 葉 | ② 胚 柄 | ③ 胚 軸 |
| ④ 胚 芽 | ⑤ 胚 球 | ⑥ 胚 珠 |
| ⑦ 幼 芽 | ⑧ 幼 根 | ⑨ 子 葉 |

問4 種子の成熟の過程では、発芽に必要な養分を胚乳に貯蔵する有胚乳種子と、子葉に貯蔵する無胚乳種子の、植物種によって異なる2つのタイプの種子が形成される。次のAからDの植物のうち、無胚乳種子を形成する植物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。

26

A ソラマメ B トウモロコシ C カキ D シロイヌナズナ

〔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 該当する植物はない | | |

(第Ⅲ問は次ページから始まる)

Ⅲ DNA 複製に関する次の文を読み、以下の各問いに答えよ。

DNA 複製が開始する際には、まず によって特定の領域の塩基対の 結合が切断されて、二重らせん構造がほどけ、部分的に 1 本鎖になる。このように、DNA 複製の開始の起点となる領域を という。

DNA 複製では、もととなる 2 本のヌクレオチド鎖がそれぞれ鋳型（鋳型鎖）となり、新しいヌクレオチド鎖（新生鎖）が合成される。DNA 複製に働く は、新しい鎖を から の一方向にしか合成できない。

新生鎖の一方は、二重らせんがほどけていく方向に連続して伸長していく。この鎖を という。もう一方の新生鎖を という。

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。 ～

〔解答群〕

- | | | |
|--------------|-----------|--------------|
| ① アンチセンス鎖 | ② 複製起点 | ③ 5' 末端 |
| ④ DNA ポリメラーゼ | ⑤ 共有 | ⑥ 3' 末端 |
| ⑦ C 末端 | ⑧ リーディング鎖 | ⑨ 水素 |
| ⑩ DNA ヘリカーゼ | ⑪ プロモーター | ⑫ RNA ポリメラーゼ |
| ⑬ ラギング鎖 | ⑭ N 末端 | ⑮ センス鎖 |

問2 29 に関連した事柄について説明した次の文中の 35 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。なお 29 , 30 , 33 , 34 には、問1と同じ語が当てはまる。 35 ~ 37

大腸菌のゲノム DNA は環状で約460万塩基対であり、複製は1か所の 29 から始まる。DNA 複製は40分で完了するとした場合、個々の 30 が DNA を合成する速度は、計算上約 35 塩基/秒となる。また、ヒトのゲノム DNA は線状で、その長さは約 36 塩基対であり、複数の 29 から複製が開始される。仮にゲノム全体で1600の 29 が存在するとし、ヒトゲノムの DNA 複製は8時間で完了するとした場合、個々の 30 が DNA を合成する速度は、計算上約 37 塩基/秒となる。なお、各々の 29 は、互いに十分に離れ、またテロメアとも十分に離れて存在し、 33 と 34 での複製の速さは変わらないものとする。

〔解答群〕

- | | | | |
|---------|---------|----------|---------|
| ① 16 | ② 17 | ③ 33 | ④ 46 |
| ⑤ 65 | ⑥ 479 | ⑦ 958 | ⑧ 1,278 |
| ⑨ 1,917 | ⑩ 1,980 | ㉑ 57,480 | ㉒ 30億 |
| ㉓ 40億 | ㉔ 60億 | | |

問3 真核生物のゲノム DNA は線状であって、その末端にはテロメアと呼ばれる特殊な構造がある。このテロメアについて説明した次の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。

38

- A 大腸菌のゲノム DNA は、テロメアを持たない。
- B テロメアは、特定の塩基配列のくり返しを持つ。
- C ヒトの体細胞では、複製のたびにテロメアが短くなる。
- D テロメアが一定の長さまで短くなると細胞分裂が起こらなくなる。

〔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 | | |

(第Ⅳ問は次ページから始まる)

Ⅳ 光合成に関する次の文を読み、以下の各問いに答えよ。

植物や 39 は、光エネルギーを利用する光合成によって、水と 40 から有機物を合成する。このような反応は一般的に 41 化といわれる。

葉緑体の 42 には、光化学系Ⅰと光化学系Ⅱの2種類の反応系があり、これらの反応系はそれぞれクロロフィルなどの光合成色素とタンパク質が集まってできている。葉に光が当たると、これらの光合成色素が光を吸収して、43 とよばれる特殊なクロロフィルに光エネルギーが集められる。この光エネルギーを受けとって活性化した 43 のクロロフィルが電子を放出した後、いくつかの過程をへて、ATP などがつくられる。光合成における ATP 合成反応は 44 リン酸化とよばれ、呼吸の過程で起こる 45 リン酸化といくつかの共通点がある。

植物の光合成の一連の反応は、光の強さに依存して起こる。また、生息する場所の光の強さの違いにより、生息する植物種が異なる。日なたでよく生育する植物種は46植物とよばれ、光の弱い環境で生育する植物種とは光合成などの特性が異なる。

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。ただし、 の中の同じ番号には同じものが当てはまる。

39

～

46

〔解答群〕

- | | | |
|------------------------|------------|----------|
| ① 紅色硫黄細菌 | ② シアノバクテリア | ③ 二酸化炭素 |
| ④ 酸素 (O ₂) | ⑤ 酸化的 | ⑥ 光 |
| ⑦ 異 | ⑧ 同 | ⑨ ストロマ |
| ⑩ クリステ | ⑪ マトリックス | ⑫ チラコイド膜 |
| ⑬ 中心体 | ⑭ 反応中心 | ⑮ 陽 生 |
| ⑯ 長 日 | | |

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。 47

A 水の分解により生じた電子は、最初に光化学系Ⅰに受け渡される。

B 2つの反応系の間を電子が移動するとき、 42 をはさんで水素イオンの輸送が起こる。

C 光化学系Ⅰから放出された電子は、最終的に NADP^+ に渡り、 NADPH がつくられる。

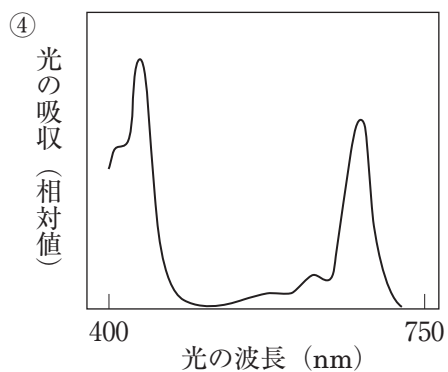
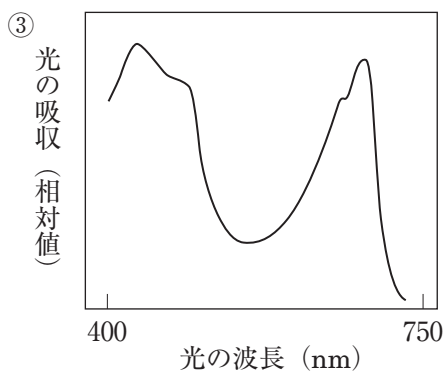
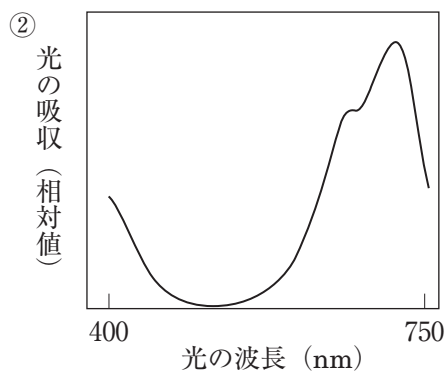
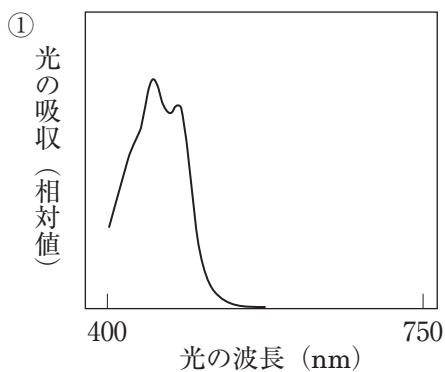
〔解答群〕

- | | | | |
|-------|-------|---------|------------|
| 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3 下線部イに関して，クロロフィル a の吸収スペクトルとして最も適切なグラフ
を下の解答群から選び，マークせよ。

48

〔解答群〕



問4 下線部ウに関して、光合成と呼吸のATP合成反応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。

49

- A どちらのATP合成反応も、細胞小器官の二重膜の外膜で起こる。
- B どちらのATP合成反応も、水素イオンの濃度勾配が必要である。
- C どちらのATP合成反応も、ATP合成酵素がATPを合成する。

〔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 下線部エに関して、ある植物 A の光強度と光合成速度との関係を明らかにするために、光強度を変えることができる装置に植物 A を入れたのち、光強度を変えて二酸化炭素吸収速度を測定する実験を行ったところ、下の表に示す結果が得られた。実験に用いた植物 A の光補償点と光飽和点の光強度（ルクス）として最も適切な数値を下の解答群からそれぞれ選び、マークせよ。ただし、同じ数値を繰り返し選んでもよい。なお、呼吸量は光強度に関係なく一定で、光合成速度は光飽和点まで光強度に依存して直線的に増加するものとする。また、この実験で発生する二酸化炭素は植物 A 由来のもののみとする。

50

51

表 植物 A が受けた光強度と二酸化炭素吸収速度の関係

光強度 (ルクス)	二酸化炭素吸収速度 (mg/葉面積 100 cm ² /時間)
0	-2.5
1,500	-1.0
4,000	1.5
7,000	4.5
10,000	7.5
15,000	11.5
20,000	11.5

光補償点： 50 ルクス

光飽和点： 51 ルクス

〔解答群〕

- | | | | | |
|----------|----------|----------|----------|----------|
| ① 0 | ② 1,500 | ③ 1,750 | ④ 2,000 | ⑤ 2,250 |
| ⑥ 2,500 | ⑦ 2,750 | ⑧ 3,000 | ⑨ 3,250 | ⑩ 3,500 |
| Ⓐ 3,750 | Ⓑ 4,000 | Ⓒ 7,000 | Ⓓ 10,000 | Ⓔ 11,000 |
| Ⓕ 12,000 | Ⓖ 13,000 | Ⓗ 14,000 | Ⓘ 15,000 | Ⓙ 20,000 |

問6 下線部オに関する次の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。 52

- A 46 植物は、光の弱い環境で生育する植物と比較して、光補償点が低い。
- B 46 植物は、光の弱い環境で生育する植物と比較して、光飽和点が低い。
- C 46 植物は、光の弱い環境で生育する植物と比較して、最大光合成速度が低い。
- D 46 植物は、光の弱い環境で生育する植物と比較して、呼吸速度は変わらない。

〔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 | | |