

受験番号						
------	--	--	--	--	--	--

自然科学

問題冊子

指示

合図があるまでは絶対に中を開けないこと

1. この試験は、高校で学習したことと、与えられている資料を読んで、あなたがその内容をどの程度理解し、分析し、また総合的に判断することができたかを調べるためのものです。
2. この冊子には、数学、物理、化学、生物の4分野の問題が含まれています。その中から2分野だけを選んで解答してください。3分野以上選んで解答すると無効となります。
3. 配点は各分野とも40点満点で、2分野の合計で80点満点です。
4. いずれの分野も資料と問題から成っています(数学：問題1-13、物理：問題21-33、化学：問題41-53、生物：問題61-73)。分野によっては、資料と問題が混在している場合があります。
5. 解答のための時間は、「解答はじめ」の合図があつてから正味70分です。
6. 解答のしかたは、問題の前に指示してあります。答えが指示どおりでないと、たとえそれが正解でも無効になりますから、解答のしかたをよく理解してから始めてください。
7. 選んだ分野と答えは、すべて解答カードの定められたところに指示どおり鉛筆を用いて書き入れてください。一度書いた答えを訂正するには、消しゴムできれいに消してから、あらためて正しい答えを書いてください。
8. もし何か書く必要のあるときには、必ずこの冊子の余白を用い、解答カードには絶対に書きいれないでください。この冊子以外の紙の使用は許されません。
9. 「解答やめ」の合図があつたらただちにやめて、この冊子と解答カードとを監督者が集め終わるまで待ってください。集める前に退室したり用紙をもちだすことは、絶対に許されません。
10. 指示について質問があるときは、監督者に聞いてください。ただし資料と問題の内容に関する質問はいっさい受けません。

「受験番号」を解答カードの定められたところに忘れずに書きいれること

数 学

問題(1 - 13)には、それぞれ a, b, c, d の 4 つの答えが与えてあります。各問題につき、
a, b, c, d の中から、もっとも適切と思う答えを一つだけ選び、解答カードの相当欄にあたる
a, b, c, d のいずれかのわくの中を黒くぬって、あなたの答えを示しなさい。

例

I

正弦関数と余弦関数の加法定理は

$$\begin{aligned}\sin(\alpha + \beta) &= \sin \alpha \cos \beta + \cos \alpha \sin \beta \\ \cos(\alpha + \beta) &= \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta\end{aligned}$$

という形である。

1. 加法定理から、2倍角の公式

$$\sin 2\alpha = 2 \sin \alpha \cos \alpha, \quad \cos 2\alpha = 2 \cos^2 \alpha - 1 = p + q \sin^2 \alpha$$

が得られることはよく知られている。係数の組 (p, q) として正しいものは次のどれか。

- a. $(2, -1)$
- b. $(1, 1)$
- c. $(1, -2)$
- d. $(1, -1)$

加法定理から 3 倍角の公式を導くことができる。正弦関数の 3 倍角の公式は次の形となる。

$$\sin 3\alpha = 3 \sin \alpha - 4 \sin^3 \alpha$$

2. 余弦関数の 3 倍角の公式

$$\cos 3\alpha = r \cos \alpha + s \cos^3 \alpha$$

の係数の組 (r, s) として正しいものは次のどれか。

- a. $(3, 4)$
- b. $(-3, 4)$
- c. $(3, -4)$
- d. $(-3, -4)$

また、 $0 \leq \alpha \leq \pi$ とするとき、不等式 $\sin 2\alpha \leq 2 \sin \alpha$ が成り立つ。実際、

$$2 \sin \alpha - \sin 2\alpha = 2 \sin \alpha - 2 \sin \alpha \cos \alpha = 2 \sin \alpha(1 - \cos \alpha)$$

となる。ところで、 $\cos \alpha \leq 1$ が常に成り立ち、 $0 \leq \alpha \leq \pi$ のとき $\sin \alpha \geq 0$ が成り立つので、右辺は 0 以上である。

3. $0 \leq \alpha \leq \pi$ とするとき、不等式 $\cos 2\alpha \geq 2 \cos \alpha$ が成り立つための α の十分条件は次のどれか。

- a. $0 \leq \alpha \leq \frac{\pi}{3}$
- b. $\frac{\pi}{3} \leq \alpha \leq \frac{\pi}{2}$
- c. $\frac{\pi}{2} \leq \alpha \leq \frac{5\pi}{6}$
- d. $\frac{5\pi}{6} \leq \alpha \leq \pi$

次に, n を 5 以上の整数として, xy 平面の原点 O を中心とする半径 1 の円に内接する正 n 角形 G_n を考える. 正 n 角形 G_n の頂点の一つ P_1 の座標が $(1, 0)$ であるとき, 第 1 象限にある P_1 の隣の頂点を P_2 とする.

4. $\angle P_1OP_2$ の値は次のどれか.

a. $\frac{\pi}{n}$

b. $\frac{2\pi}{n}$

c. $n\pi$

d. $2n\pi$

5. 点 P_2 の座標は次のどれか.

a. $\left(\cos \frac{2\pi}{n}, \sin \frac{2\pi}{n}\right)$

b. $\left(\cos \frac{\pi}{n}, \sin \frac{\pi}{n}\right)$

c. $\left(\sin \frac{2\pi}{n}, \cos \frac{2\pi}{n}\right)$

d. $\left(\sin \frac{\pi}{n}, \cos \frac{\pi}{n}\right)$

6. 正 n 角形 G_n の一边の長さは次のどれか.

- a. $\sin \frac{\pi}{n}$
- b. $\sin \frac{2\pi}{n}$
- c. $2 \sin \frac{\pi}{n}$
- d. $2 \sin \frac{2\pi}{n}$

7. 正 n 角形 G_n の面積は次のどれか.

- a. $n \sin \frac{\pi}{n}$
- b. $n \sin \frac{2\pi}{n}$
- c. $\frac{n}{2} \sin \frac{\pi}{n}$
- d. $\frac{n}{2} \sin \frac{2\pi}{n}$

II

関数の特徴をつかむのに、最大値が有効な指標の1つであることは言うまでもない。例えば、

$$y = -2x^2 + 3 \quad (x \text{ は実数})$$

の最大値を M_1 とする。

8. M_1 の値は次のどれか。

- a. 3
- b. 2
- c. 0
- d. -2

このことを、 $M_1 = \max\{-2x^2 + 3 \mid x \text{ は実数}\}$ と表わすと便利である。

一般に、関数 $y = f(x)$ (x は実数) の最大値を M とするとき、

$$M = \max\{f(x) \mid x \text{ は実数}\}$$

と表わすことにしてよう。

次に、 a, b が実数であるとき、

$$M_2 = \max\{-u^2 + au + b \mid u \text{ は実数}\}$$

とおく。

9. M_2 の値は次のどれか.

- a. $\frac{a^2}{4}$
- b. $\frac{a^2}{4} + b$
- c. $-\frac{a^2}{4}$
- d. $-\frac{a^2}{4} + b$

さて, c, d が実数であるとき, $1 = \max\{-(x-1)(x+1)^2 \mid c \leq x \leq d\}$ であった.

10. 組 (c, d) として正しいものは次のどれか.

- a. $(-2, -1)$
- b. $(-1, 0)$
- c. $(0, 1)$
- d. $(1, 2)$

負の実数の n 乗根を考えよう. n が正の奇数のとき, 負の実数 a に対して, $x^n = a$ を満たす実数 x がただ 1 つある. これを $\sqrt[n]{a}$ で表わす. 例えば, $\sqrt[3]{-8} = \sqrt[3]{(-2)^3} = -2$.

11. n を正の奇数, a を負の実数とするとき, 正しくないものは次のどれか.

- a. $\sqrt[n]{a} = -|\sqrt[n]{a}|$
- b. $\sqrt[n]{a} = |\sqrt[n]{-a}|$
- c. $\sqrt[n]{a} = -\sqrt[n]{|a|}$
- d. $(\sqrt[n]{a})^n = a$

次に, a, b が実数であるとき,

$$M_3 = \max\{-u^4 + au + b \mid u \text{ は実数}\}$$

とおく.

12. M_3 の値は次のどれか.

- a. $\frac{3}{4}a\sqrt[3]{a} + b$
- b. $\frac{3\sqrt[3]{3}}{4}a\sqrt[3]{a} + b$
- c. $\frac{3}{4\sqrt[3]{4}}a\sqrt[3]{a} + b$
- d. $\frac{3\sqrt[3]{3}}{4\sqrt[3]{4}}a\sqrt[3]{a} + b$

関数 $y = f(x)$ に対して, $\widehat{f}(x) = \max\{ux - f(u) \mid u \text{ は実数}\}$ とおく. 例えば, $f(x) = x^2$ とする. このとき, $\widehat{f}(x) = \max\{ux - u^2 \mid u \text{ は実数}\}$ だから, a, b をそれぞれ $x, 0$ としたときの M_2 の値に等しいので, $\widehat{f}(x) = \frac{x^2}{4}$ と求まる.

13. $f(x) = x^4$ のとき, $\widehat{f}(x)$ は次のどれか.

- a. $\frac{3}{4}x\sqrt[3]{x}$
- b. $\frac{3\sqrt[3]{3}}{4}x\sqrt[3]{x}$
- c. $\frac{3}{4\sqrt[3]{4}}x\sqrt[3]{x}$
- d. $\frac{3\sqrt[3]{3}}{4\sqrt[3]{4}}x\sqrt[3]{x}$

実は, 下に凸な連続関数 $f(x)$ に対して定義される $\widehat{f}(x)$ は $f(x)$ のルジヤンドル変換と呼ばれ, $\widehat{\widehat{f}}(x) = f(x)$ が成立することが知られている.

(このページは空白です。)

物 理

問題(21 – 33)には、それぞれ a, b, c, d の 4 つの答えが与えてあります。各問題につき、a, b, c, d の中から、もっとも適切と思う答えを一つだけ選び、解答カードの相当欄にあたる a, b, c, d のいずれかのわくの中を黒くぬって、あなたの答えを示しなさい。

例 ⑤ C_aC C_bC C_cC C_dC

I

エンジンや蒸気機関のように、くり返して動き、熱を仕事に変える装置は熱機関とよばれる。図 1(a) に示すように、熱機関は高温の物体（高温熱源）から熱 Q_1 [J] を与えられ、その一部を外部にする仕事 W [J] に変え、残りの熱 Q_2 [J] を低温の物体（低温熱源）に放出する。

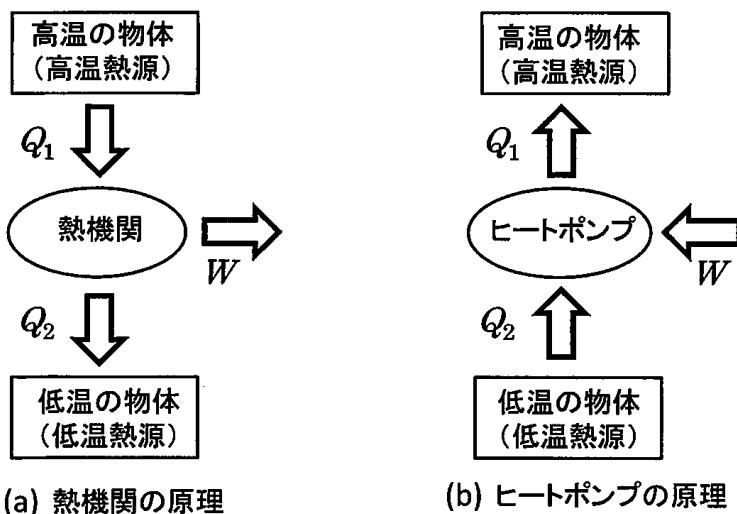


図 1 (a) 热機関 と (b) ヒートポンプの原理

この熱機関を「逆向き」に操作する。つまり、図 1(b) に示すように、外部から仕事 W [J] をすることによって、低温熱源から熱 Q_2 [J] をくみ上げ、高温熱源に熱 Q_1 [J] を放出

する。このような装置はヒートポンプとよばれる^{*}。これは冷房機や冷蔵庫の原理でもある。冷房機では、温度を下げたい室内が低温熱源の役割を果たし、高温の室外が高温熱源の役割を果たす。冷房機を運転する際には、外部から供給される電力を用いて圧縮機（コンプレッサー）を作動させ、冷媒とよばれる気体に対して仕事をする。さらに、圧縮された冷媒の液化、蒸発を行い、冷媒をはじめの状態に戻す。このプロセスの途中で、冷媒は温度変化（最低温度 5°C 程度、最高温度 80°C 程度）して、低温熱源（室内）から熱を奪い、高温熱源（室外）に捨てる。はじめの状態に戻された冷媒は再び圧縮機に通され、以下同じプロセスが繰り返される。

21. 理想気体（ボイルの法則、シャルルの法則が正確に成り立つ気体）を断熱的に圧縮すると、どのような変化が生じるか。正しいものを選べ。

- a. 圧力も温度も変わらない。
- b. 圧力は増加し、温度は上昇する。
- c. 圧力は変わらず、温度は上昇する。
- d. 圧力は増加し、温度は変わらない。

冷房機の性能を表す数字として、エネルギー消費効率あるいは成績係数(COP, Coefficient of Performance)とよばれる量が用いられる。この量は、以下に示すように、冷房能力 q_2 [W] (1秒あたりに低温熱源からくみ出される熱) と消費電力 w [W] (1秒あたりに電気を用いてなされる仕事) の比として定義される。

$$\text{冷房運転時のエネルギー消費効率 } C_{\text{冷}} = \frac{\text{冷房能力}}{\text{消費電力}} = \frac{q_2}{w}$$

一般に $C_{\text{冷}}$ は、外気温や室内気温などに依存する量であるが、ここでは装置に固有の一定値であるとする。また、冷房機の運転に用いられる電力 w [W] は、圧縮機の運転のほかにファンの運転などにも消費されるが、圧縮機の運転以外に用いられる電力は圧縮機の運転に用いられる電力に比べて十分に小さいので無視する。つまり、供給される電力 w [W] はすべて圧縮機を通して、冷媒に対する仕事に用いられるとする。

^{*}実際のヒートポンプは高温熱源から熱をくみ上げ、低温熱源に放出することも可能であるが、ここでは低温熱源から熱をくみ上げ、高温熱源に放出するとする。

22. ヒートポンプ（冷房機）を通す以外に外部との熱の出入りがない部屋がある。この部屋に大型電子計算機を設置して、計算機室として使用する。この電子計算機を運転するために供給される電力は 500W であり、これは最終的にはすべて室内での発熱として消費されるとする。この部屋の温度を一定に保つためには計算機から生じる熱量を冷房機を用いて室外にくみ出す必要がある。エネルギー消費効率 $C_{\text{冷}} = 5$ である冷房機を用いてこの部屋の温度を一定に保つ。このとき、計算機を運転するために必要な電流の大きさを $I_{\text{計算機}} [\text{A}]$ 、冷房機を運転するために必要な電流の大きさを $I_{\text{冷房機}} [\text{A}]$ 、合計の電流の大きさを $I = I_{\text{計算機}} + I_{\text{冷房機}} [\text{A}]$ とする。 I の値として正しいものを選べ。ただし、電源の電圧は 100 V であるとする。

- a. 1
- b. 6
- c. 25
- d. 30

23. 問 22 で求めた電流 $I [\text{A}]$ を 1 日 24 時間供給するために必要なひと月 (30 日)あたりの電気代として正しいものを選べ。ただし、電気代は 1 kWhあたり 20 円とする。また、電源の電圧は 100 V であるとする。

- a. $2 I$ 円
- b. $36 I$ 円
- c. $180 I$ 円
- d. $1440 I$ 円

24. 安静にしている人間が 1 日に摂取する必要があるエネルギーは、およそ 7.2×10^6 J (およそ 1700 kcal) とされている。ここでは、簡単のため、摂取したエネルギーはすべて発熱として消費されるとする。

終日計算機を運転している計算機室に人間がひとり入って、1 日あたり 8 時間デスクワークをする。このため、 $C_{\text{冷}} = 5$ の冷房機を用いて部屋の温度を一定に保つためには、余分な電力が必要となる。必要なひと月 (30 日)あたりの電気代の 増加分 として適切なものを選べ。なお、電気代は 1 kWhあたり 20 円とする。

- a. 1 円
- b. 10 円
- c. 80 円
- d. 640 円

25. 終日冷房運転中に 1 秒あたりに室外に捨てられる熱量を q_1 [W] とする。これを有効利用するために、この熱を利用して、25°C の水を温めて 40°C の温水にすることを考える。この熱量 q_1 [W] のうち 30 %を水を温めるために利用できるとする。このとき、1 日あたり 25°C の水何リットルを 40°C まで温めることができるか。もつとも近いものを選べ。ただし、水の比熱は $4.2 \text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ 、密度は $1 \text{ g}/\text{cm}^3$ とする。

- a. $4 \times 10^{-2} q_1$ リットル
- b. $4 \times 10^{-1} q_1$ リットル
- c. $4 q_1$ リットル
- d. $4 \times 10 q_1$ リットル

26. 冷房機として用いるときは逆に、室外を低温熱源とし、室内を高温熱源とすることによって、同じ装置を暖房機として使用することもできる。すなわち、同じ装置に電力 w [W] を供給することによって、1秒あたりに、低温熱源である室外から熱量 q_2 [W] をくみ上げ、熱量 q_1 [W] を高温熱源である室内に供給し、室内を暖めることができる。このとき、以下のように、冷房機として用いるときと同様に、暖房機として用いるときのエネルギー消費効率を考えることができる。

$$\text{暖房運転時のエネルギー消費効率 } C_{\text{暖}} = \frac{\text{暖房能力}}{\text{消費電力}} = \frac{q_1}{w}$$

同じ装置を冷房機として用いるときのエネルギー消費効率 $C_{\text{冷}}$ と暖房機として用いるときのエネルギー消費効率 $C_{\text{暖}}$ の間にはどのような関係があるか。

- a. $C_{\text{冷}} - C_{\text{暖}} = -1$
- b. $C_{\text{冷}} - C_{\text{暖}} = 0$
- c. $C_{\text{冷}} - C_{\text{暖}} = 1$
- d. $C_{\text{冷}} + C_{\text{暖}} = 1$

なお、現在は、COP そのものではなく、実際の利用状況をよりよく反映するように考慮された通年エネルギー消費効率 (APF, Anual Performance Factor) とよばれる数値が用いられることが多い。

II

静止している観測者と、動いている観測者とでは、同じ物体の運動でも異なって見える。たとえば、立ち止まって眺めているときには、まっすぐ真下にむかって雨が降っているように見えても、歩き始めると雨の落下方向は傾いて見える。図2のように、静止している人から見ると鉛直下向きに速さ c_r で落下している雨の中を、速度 v で水平な地面を歩く人から見た場合を考えよう。歩いている人からは、雨のしづくは角度 α だけ鉛直方向から傾いて [ア] から降るように見える。このとき α , c_r , v の間には、[イ] の関係式が成り立つ。

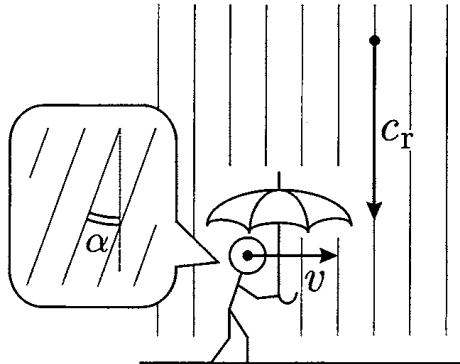


図2

27. 文中の ア, イ に入る適切な語句、式として正しい組み合わせを選べ。

- | | |
|----------|----------------------------------|
| a. ア: 前方 | イ: $\tan \alpha = \frac{v}{c_r}$ |
| b. ア: 後方 | イ: $\tan \alpha = \frac{v}{c_r}$ |
| c. ア: 前方 | イ: $\tan \alpha = \frac{c_r}{v}$ |
| d. ア: 後方 | イ: $\tan \alpha = \frac{c_r}{v}$ |

これと同様なことは、光についても起こる。光速度 c は人の歩く速度に比べてはるかに速いので、日常生活の中では光の進む方向が傾いて見えることはないであろう。しかし、太陽の周りを回る地球の速度 v_E との比較であれば、観測結果に影響が現れる。

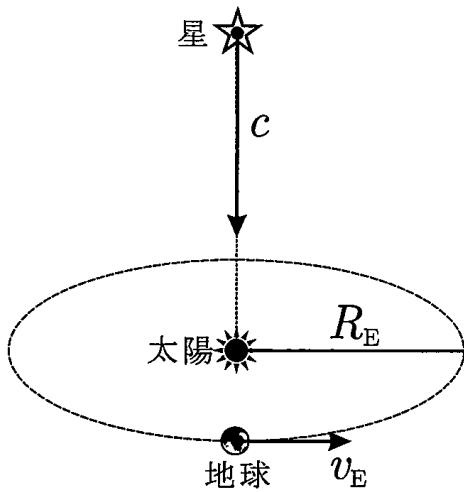


図 3

図 3 のように、地球の軌道面に垂直な方向にある星からやってくる光を考える。星は十分遠くにあるので、太陽から見れば、地球は常に星の光の進行方向に対して垂直な方向に運動していることになる。このとき、雨の中を歩くときに雨が傾いて降るように見えることと同様に、地球からは星の光が傾いて見える。これを「光行差（こうこうさ）」という。光行差を測定することで、実際に星の光は常に $\alpha = (5.7 \times 10^{-3})^\circ$ だけ、地球からは傾いて見えていることがわかる。この光行差を利用して、太陽と地球の距離 R_E を測ることができる。

28. 地球の軌道は円に近い橙円形であることが知られている。そこで簡単のため、地球は一定の速さ v_E で、半径 R_E の円軌道を描いているとしよう。つまり、1年間で地球が移動する距離は、この円の円周に相当する。これより、太陽の周りを1周する時間（つまり1年間）を P_E とすれば、 R_E はどのような式で与えられるか。正しいものを選べ。

a. $\frac{2\pi v_E}{P_E}$

b. $\frac{P_E}{2\pi v_E}$

c. $\frac{2\pi}{v_E P_E}$

d. $\frac{v_E P_E}{2\pi}$

地球が太陽の周りを運動する速さ v_E を、光行差 α と光速度 c から求めるには、正確には相対性理論が必要である。しかし、近似的には問27で求めた関係式と同様な関係式を用いることができる。

29. 光速度を $c = 3.0 \times 10^8$ m/s とすれば、太陽と地球の距離 R_E はいくらになるか。もっとも近い値を選べ。ただし、必要ならば

$$\tan(5.7 \times 10^{-3})^\circ = 1.0 \times 10^{-4}$$

$$P_E = 1 \text{ 年} = 3.2 \times 10^7 \text{ s}$$

としてよい。

a. 1.5×10^8 m

b. 1.5×10^{11} m

c. 1.5×10^{14} m

d. 1.5×10^{17} m

このように光行差と光速度を利用して、太陽までの距離 R_E を測定することが可能である。それでは、光速度はどのようにして測定されるようになったのだろうか。光速度を最初に測定する試みは、17世紀後半、パリ天文台の レーマー (Rømer) によって行われた。

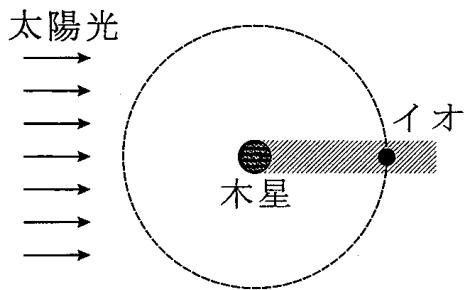


図 4 木星によるイオの食

1610年にガリレオ (Galileo) が発見した木星の4つの衛星のうち、もっとも木星に近いものがイオ (Io) である。イオは太陽光を反射して光って見えるが、図 4 のように木星の影の中に入ると見えなくなる。この現象を食 (しょく) という。イオは木星の周りを周期 $P_I = 1.77$ 日で1周するので、1周毎に定期的に食が起きる。レーマーはイオの食の観測を続け、その観測周期が1年間のうちにわずかながら変化することを見出し、その結果から光速度が有限であると結論した。ここではレーマーが行った観測を簡略化して考察する。

いま簡単のため、地球 (Earth) も木星 (Jupiter) もイオも、太陽 (Sun) の周りの同一平面上を、それぞれ一定の速さで円運動しているとする。木星軌道の半径 (太陽と木星の距離) R_J は地球軌道の半径 R_E の 5.2 倍である。地球と木星はそれぞれの軌道上を同一の方向に周回し、1周にかかる時間は、地球は $P_E = 1$ 年 = 365 日、木星は $P_J = 12P_E$ である。図 5 のように、太陽-地球-木星がこの順番で一列に並んだ状態を「衝 (じょう)」という。S, E_0 , J_0 は、このときの太陽、地球、木星の位置を示す。この位置を起点とする。

地球と木星はそれぞれ異なる速さで軌道上を移動するので、衝の状態から時間と共に各惑星の位置がずれていき、やがて図 6 のように、地球-太陽-木星の順番で一列に並ぶ。これを「合 (ごう)」という。 E_1 , J_1 は、このときの地球と木星の位置を示す。その後さらに惑星の位置はずれていくが、やがて再び衝の状態となる。

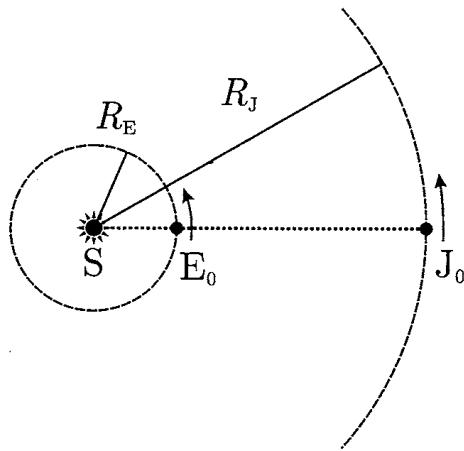


図 5 衝（しょう）の状態

30. 衝の状態となった後、次に合の状態になるまでの日数 D はいくらであろうか。もつとも近い値を選べ。ただし、 $P_E = 1\text{年} = 365\text{日}$ 、 $P_J = 12P_E$ とし、1日の長さは地球における時間を基準とする。
- a. 170 日
 - b. 185 日
 - c. 200 日
 - d. 215 日
31. いま、地球と木星がそれぞれ図 5 の E_0 , J_0 にあって、衝の状態であるとする。このとき、木星でイオの食が起こった時刻を t_{J0} とする。もし光が無限に速ければ、この食は地球上でも同時に（時刻 t_{J0} に）観測される。しかし、光速度 c が有限ならば、この食を地球で観測する時刻 t_{E0} は t_{J0} とは一致しない。地球での観測時刻 t_{E0} と、食が起こった時刻 t_{J0} の差 $T_0 = t_{E0} - t_{J0}$ として正しいものを選べ。
- a. $\frac{R_E}{c}$
 - b. $\frac{R_J}{c}$
 - c. $\frac{R_J - R_E}{c}$
 - d. $\frac{R_J + R_E}{c}$

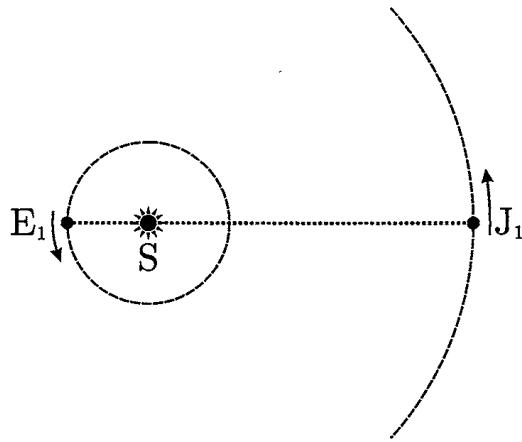


図 6 合(ごう)の状態

32. 次に、地球と木星がそれぞれ図 6 の E_1 , J_1 にあって、合の状態であるとする。このとき、木星でイオの食が起こった時刻を t_{J1} とする。実際には、合のときには木星とイオは太陽に隠れて地球から観測できない。しかし、仮に合の状態においてもイオの食を地球から観測することが可能であるとする。前問と同様に、光速度 c が有限であるとすると、この食を地球で観測する時刻 t_{E1} は t_{J1} とは一致しない。地球での観測時刻 t_{E1} と、食が起こった時刻 t_{J1} の差 $T_1 = t_{E1} - t_{J1}$ として正しいものを選べ。

- a. $\frac{R_E}{c}$
- b. $\frac{R_J}{c}$
- c. $\frac{R_J - R_E}{c}$
- d. $\frac{R_J + R_E}{c}$

衝から合までの時間 D とイオが木星を周回する周期 P_I から、合における食が、衝における食から数えて何回目の食であるかを知ることができる。これから衝において食が起きる時刻 t_{J0} と、合において食が起きる時刻 t_{J1} の間隔 $T_J = t_{J1} - t_{J0}$ を、正確に計算することができる。

一方、観測結果から、地球での観測時刻の間隔 $T_E = t_{E1} - t_{E0}$ を決定することができる。その結果、レーマーは T_J と T_E は一致せず、

$$T_E - T_J = 22 \text{ 分}$$

となることを見出した。

33. この観測結果から得られる光速度の値としてもっとも近い値を選べ。

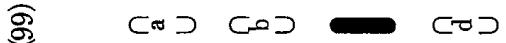
- a. $2.3 \times 10^8 \text{ m/s}$
- b. $3.3 \times 10^8 \text{ m/s}$
- c. $4.3 \times 10^8 \text{ m/s}$
- d. $5.3 \times 10^8 \text{ m/s}$

現在は、地球で観測される食の間隔のずれは約 17 分であることが知られている。また、当時は R_E の測定値の誤差も大きかった。そのため、レーマーの測定から得られた光速度の値と現在の測定値 $c = 2.99792458 \times 10^8 \text{ m/s}$ （真空中の光速度）との間にはくい違いがある。しかしながら、17世紀という時代に光速度の桁数が正確に決定されたことは、驚くべきことである。

(このページは空白です。)

化 学

問題(41 - 53)には、それぞれ a, b, c, d の 4 つの答えが与えてあります。各問題につき、a, b, c, d の中から、もっとも適切と思う答えを一つだけ選び、解答カードの相当欄にあたる a, b, c, d のいずれかのわくの中を黒くぬって、あなたの答えを示しなさい。

例 

必要であれば次のデータを用いなさい。

原子量 炭素 : 12 水素 : 1 酸素 : 16 アルミニウム : 27 鉄 : 56

I

41. 組成式が C_2H_4O の化合物 11 g を完全燃焼させるのに必要な酸素の質量 (g) と生成する水の質量 (g) として、もっとも近い組み合わせは次のうちどれか。

(酸素の質量) (水の質量)

- | | | |
|----|------|-------|
| a. | 20 g | 4.5 g |
| b. | 11 g | 9.0 g |
| c. | 20 g | 9.0 g |
| d. | 11 g | 4.5 g |

42. 気体の温度、圧力、物質量、体積の間には(式1)のような関係が成り立つ。
また、この式に厳密に従う気体を理想気体という。

$$PV = nRT \quad (\text{式1})$$

P : 圧力, V : 体積, T : 絶対温度 ($0^\circ\text{C} = 273\text{ K}$),

n : 物質量, R : 気体定数 ($0.082\text{ L}\cdot\text{atm}/(\text{K}\cdot\text{mol})$)

黒鉛と水蒸気を反応させると、(式2)の化学反応が進行する。



黒鉛 18 g から得られる水素の体積 (L) として、もっとも近いのは次のうちどれか。ただし、水素は理想気体とみなし、1 atm, 127°C の条件下で集められたものとする。

- | | |
|----|------|
| a. | 10 L |
| b. | 16 L |
| c. | 32 L |
| d. | 50 L |

43. 人口 20 万人のある都市では、年間 2×10^{12} kJ のエネルギーを消費している。この都市で使われている燃料は石油で、成分はすべてオクタン (C_8H_{18}) とする。この都市で年間消費されている石油の質量 (g) として、オクタンの燃焼熱から求められるもっとも近い値は次のうちどれか。オクタン、二酸化炭素、水蒸気の生成熱は表の値を用いなさい。

物質(状態)	生成熱 (kJ/mol)
C_8H_{18} (液)	250
CO_2 (気)	394
H_2O (気)	242

- a. 2.5×10^{10} g
- b. 4.5×10^{10} g
- c. 2.5×10^{13} g
- d. 4.5×10^{13} g

II

単体金属を対象として実験を行った結果について間に答えよ。

アルミニウム粉末と鉄粉の混合物 (M) がある。これに以下のような実験を行った。

(実験ア) M を 1.1 g 取り、十分な量の 1.0 mol/L 塩酸と反応させると、M は完全に溶解し、0.04 mol の気体が発生した。

(実験イ) M を 1.1 g 取り、1.0 mol/L NaOH 水溶液と反応させると、0.03 mol の気体が発生した。1.0 mol/L NaOH 水溶液を十分に加えても、それ以上気体は発生せず、M の一部が溶けずに残った。

(実験ア) で得られた溶液について、以下の実験を行った。

(実験ウ) この溶液に硫化水素を吹き込んだ。

(実験エ) この溶液に、十分よくかくはんしながらアンモニア水を加えた。

44. (実験ウ) と (実験エ) のそれぞれの実験結果として正しいものはどれか。

- a. (実験ウ) では沈殿が生成した。(実験エ) では、はじめ沈殿が生成し、さらにアンモニア水を過剰に加えると沈殿は溶解した。
- b. (実験ウ) では沈殿が生成した。(実験エ) では、はじめ沈殿が生成し、さらにアンモニア水を過剰に加えても沈殿は溶解しなかった。
- c. (実験ウ) では沈殿が生成しなかった。(実験エ) では、はじめ沈殿が生成し、さらにアンモニア水を過剰に加えると沈殿は溶解した。
- d. (実験ウ) では沈殿が生成しなかった。(実験エ) では、はじめ沈殿が生成し、さらにアンモニア水を過剰に加えても沈殿は溶解しなかった。

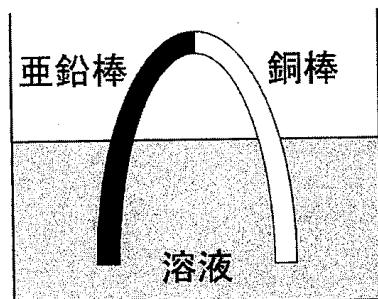
45. M に含まれるアルミニウムと鉄の原子数の比にもっとも近いのは、どれか。

- a. 3:1
- b. 2:1
- c. 1:1
- d. 1:2

亜鉛棒と銅棒を接続し、その両端を溶液に浸す実験を行った（図1）。

（実験才）1.0 mol/L $ZnSO_4$ 水溶液に浸した。

（実験力）1.0 mol/L $CuSO_4$ 水溶液に浸した。



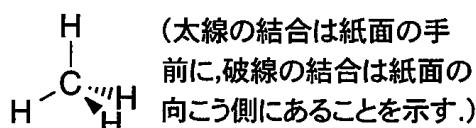
（図1）実験装置

46. （実験才）と（実験力）のそれぞれの実験結果として正しいものはどれか。

- a. （実験才）では、一方の金属棒から気体が発生したが、他方の金属棒では変化は見られなかった。
- b. （実験力）では、一方の金属棒から気体が発生し、他方の金属棒では金属の析出が見られた。
- c. （実験才）では、一方の金属棒の金属が溶けるとともに、別種の金属の析出が起つたが、他方の金属棒では変化は見られなかった。
- d. （実験力）では、一方の金属棒の金属が溶け、他方の金属棒では金属の析出が見られた。

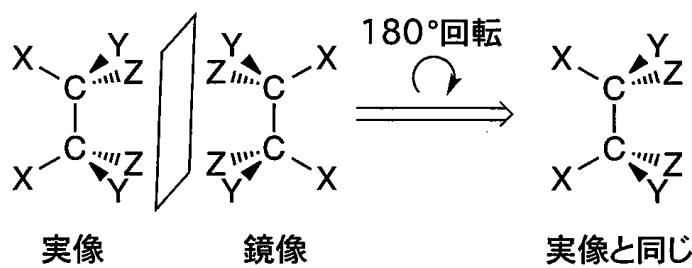
III

飽和炭化水素に含まれる炭素原子は正四面体構造をしている（図2）。そのため、飽和炭素原子に結合する4個の置換基がすべて異なるとき、そのような炭素原子を不斉炭素原子といい、空間的配列が異なる1対の光学異性体（鏡像異性体、エナンチオマーともいう）が存在する。光学異性体は実像と鏡像の関係にあるが、言い換えると、ある分子の実像と鏡像とが重ね合わせることができないときに、光学異性という関係が成り立つといえる。



(図2) メタンの正四面体構造

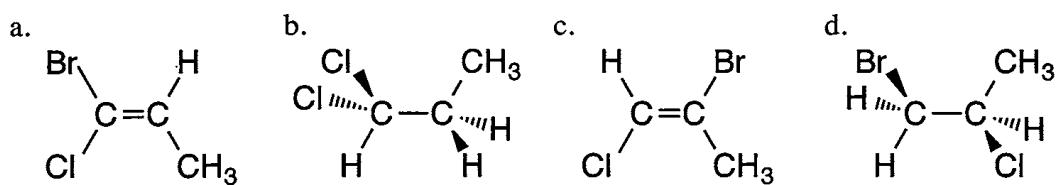
不斉炭素原子が1つのみ存在する場合、置換基の配列のしかたは2通り存在し、これらが一对の光学異性体となる。一方、不斉炭素原子が2つ存在する場合、それぞれの不斉炭素原子につき、2通りの配列が存在するため、 $2 \times 2 = 4$ 個の異性体が存在する。しかし、不斉炭素原子が存在しても光学異性体が存在しない場合がある。例えば、図3に示した例の場合、置換基X, Y, Zがそれぞれ異なるとき、2つの不斉炭素原子が存在する。しかしこの化合物の鏡像を上下方向に 180° 回転させると、実像と全く同じになり、実像と鏡像が重なるため、両者は光学異性体の関係にはならない。



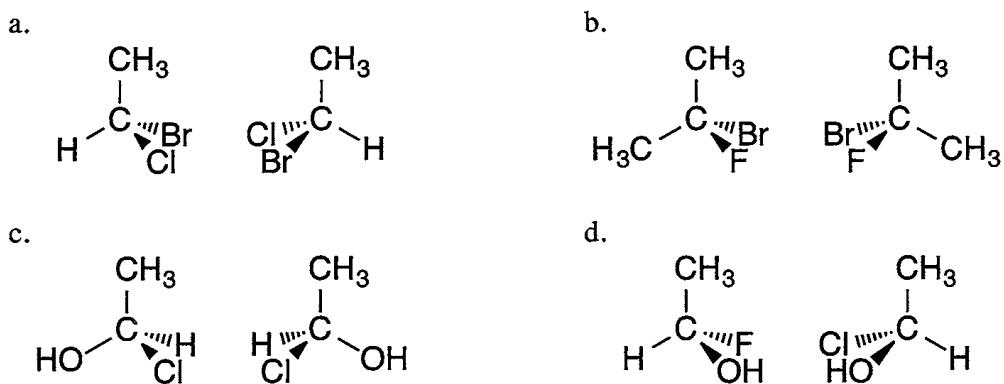
(図3) 実像と鏡像が重なる例

このような光学異性体は、生体への作用が異なる場合が多いため、光学異性といふ現象は医薬の分野では大変重要な役割を担っており、光学異性体を人工的に作り分ける方法の開発に対し、2001年にノーベル化学賞が授与されている（野依良治、W. S. Knowles, B. Sharpless）。

47. 次に示す分子のうち、光学異性体が存在するものを選べ。

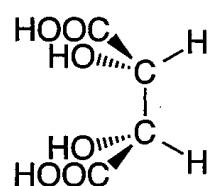
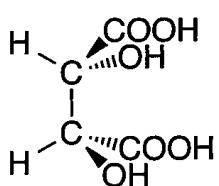


48. 次に示す4つの分子の組み合わせのうち、光学異性体の関係にあるものを選べ。

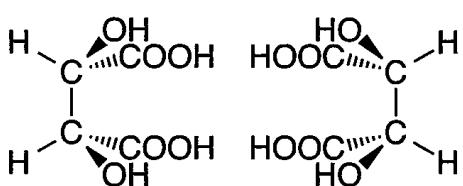


49. 酒石酸の構造式は $\text{HOCH}(\text{COOH})-\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$ である。したがって、酒石酸には不斉炭素原子は2つあることになる。以下に示す酒石酸の異性体の組み合わせのうち、光学異性体の関係にあるものを選べ。

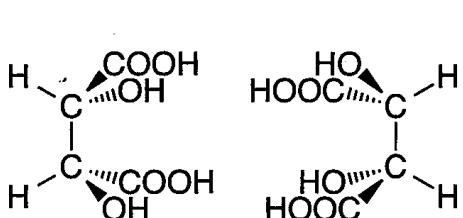
a.



b.



d.



50. カルボン酸に関する以下の記述のうち、間違っているものの組み合わせを選べ。

ア. 酒石酸はヨードホルム反応を示す。

イ. テレフタル酸と1,2-エタンジオールを縮合させると、高分子が得られる。

ウ. 酢酸とアンモニア性硝酸銀水溶液を混合すると、銀鏡反応を示す。

エ. 高級脂肪酸のカルシウム塩は、セッケンとして使用できない。

a. アとウ

b. アとエ

c. イとウ

d. イとエ

IV

電気陰性度は分子中の原子が、電子を引き寄せる強さを数値で表したものである。電気陰性度は原子番号と、一番外側の電子殻と原子核の距離に関連し、一般的に周期表の右上の元素ほど強くなる傾向がある。すなわち、フッ素の電気陰性度はすべての元素中で最も大きく、その値は 4.0 であり、周期表の左下に位置するフランシウムは最も小さく、0.7 である。

結合の性質は結合に関与する元素の電気陰性度に大きく依存する。イオン結合は電気陰性度が大きく異なる元素間で結合が形成された場合に見られる。すなわち、一方の原子（主に金属元素）から結合している他方の原子（主に非金属元素）へ、完全に電子が移動するために起こる。一方、共有結合は 2 つの非金属元素間で結合を形成する場合に見られ、結合電子対を結合している 2 つの原子間で共有している。結合する原子同士の電気陰性度が全く同じ場合、その結合は共有結合性が最も高いといえる。しかし、共有結合を形成する 2 つの元素間の電気陰性度の差が大きい場合、電気的な偏りが発生し、極性をもった共有結合が形成されることになる。このような結合の電気的な偏りが生じることを分極というが、結合の分極の度合いは、直接結合している原子の電気陰性度だけでなく、それぞれの原子にさらに結合している原子の種類や数にも影響を受ける。また、化合物中のそれぞれの結合が極性をもっていても、分子全体として極性を打ち消し、分子全体としては無極性になることがある。

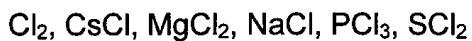
このような結合や分子の極性の度合いは、結合の、または分子の「イオン性」という言葉で議論される。

51. 次に示す元素を、電気陰性度が小さい順に左から並べたものを選べ。

アルミニウム、ストロンチウム、ホウ素、セシウム、カルシウム、炭素、フッ素

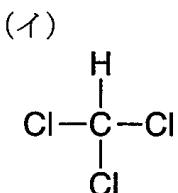
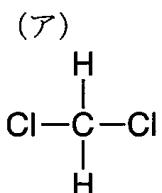
- a. Al, Sr, Ca, Cs, C, B, F
- b. Cs, B, Sr, Ca, Al, C, F
- c. F, C, Al, Ca, Sr, B, Cs
- d. Cs, Sr, Ca, Al, B, C, F

52. 次に示す物質を、結合の共有結合性が高い順に左から並べたものを選べ。



- a. CsCl, NaCl, MgCl₂, PCl₃, SCl₂, Cl₂
- b. Cl₂, SCl₂, PCl₃, NaCl, CsCl, MgCl₂
- c. Cl₂, SCl₂, PCl₃, MgCl₂, NaCl, CsCl
- d. MgCl₂, CsCl, NaCl, PCl₃, SCl₂, Cl₂

53. (ア) ジクロロメタンと(イ) クロロホルムの構造式を以下に示す。



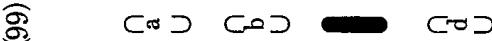
以下の記述のうち、正しいものを選べ。

- a. (ア) は極性分子であり、(イ) は無極性分子である。
- b. どちらの分子も無極性分子である。
- c. どちらの分子も極性分子である。
- d. (ア) は無極性分子であり、(イ) は極性分子である。

(このページは空白です。)

生 物

問題(61 - 73)には、それぞれ a, b, c, d の 4 つの答えが与えてあります。各問題につき、a, b, c, d の中から、もっとも適切と思う答えを一つだけ選び、解答カードの相当欄にあたる a, b, c, d のいずれかのわくの中を黒くぬって、あなたの答えを示しなさい。

例 

I

以下の文章は、生物の環境への応答性、構造、発生についての記述である。

(ア) 気温の高い夏でも、低い冬でも、ヒトの体温はほぼ 37°C であり、ほとんど変化しない。このように外部環境が変化しても、体内の機能や状態を一定に保つ性質を慣性という。

(イ) 中脳には、筋運動を調節し、からだの平衡を保つ中枢がある。中脳は、鳥類や魚類のように、空中や水中で運動する動物でよく発達している。

(ウ) ホヤやツノガイの卵のように、分離した割球からでも完全な胚を生じる卵を調節卵という。

(エ) ヒトの眼は、カメラに似た構造であると言われている。眼に入る光は絞りに相当する虹彩で光の量が調節され、瞳孔から入り、レンズに相当する水晶体で屈折され、フィルム（デジタルカメラでは CCD）に相当する網膜の上に像が結ばれる。

61. 上記の(ア)～(エ)の中で、文章全体が正しい記述はいくつあるか、下記の中から選べ。

- a. 1
- b. 2
- c. 3
- d. 4

II

遺伝に関する以下の文章を読み、問い合わせに答えよ。

<文章1>

ある植物には、黄色い花弁（花びら）をつくる系統と白い花弁をつくる系統がある。黄色い花弁をつくる親系統（遺伝子型、 $vvWW$ ）と白い花弁をつくる親系統（遺伝子型、 $VVww$ ）を交配した。得られた雑種第一世代（ F_1 ）は全て白い花弁をついた。この F_1 個体の自家受粉により得られた雑種第二世代（ F_2 ）では、白色の花弁をもつ個体：黄色の花弁をもつ個体が 13:3 の比に分離した。

この結果は、黄色を発現する遺伝子を W 、色の発現を（ア）する遺伝子を V として、黄色を発現する遺伝子が優性（ W ）で、色の発現を（ア）する遺伝子が劣性（ v ）のときだけ、黄色い花弁をつくると考えるとうまく説明できる。

なお、 V 遺伝子と W 遺伝子は別の染色体上に存在することが分かっている。

62. 上記の<文章1>中の（ア）に入れる適切な語を下記の中から選べ。

- a. 補足
- b. 抑制
- c. 増強
- d. 中和

<文章2>

上記の<文章1>中の遺伝子 V の発現や機能を（ア）する変異が見つかつた。その変異とは、遺伝子 X 内に 1 塩基の置換がおこり、1 アミノ酸の置換が生じたことが原因であった。正常型遺伝子 X に対して、変異型遺伝子 X_m は優性に働くことが分かった。なお、正常型遺伝子 X は、遺伝子 V と W の発現や機能に影響しない。

親系統 1 (遺伝子型, VVWWX_mX_m) と親系統 2 (遺伝子型, vvvvXX) を交配した。得られた F₁ 個体の自家受粉により得られた F₂ 世代では、白色の花弁をもつ個体：黄色の花弁をもつ個体が、ある比に分離した。

なお、V 遺伝子、W 遺伝子、X 遺伝子はすべて別の染色体上に存在することが分かっている。

63. 上記の<文章 2>中の親系統 1 と親系統 2 の花弁の色の正しい組み合わせを下記の中から選べ。

- a. 親系統 1-白色、親系統 2-白色
- b. 親系統 1-白色、親系統 2-黄色
- c. 親系統 1-黄色、親系統 2-白色
- d. 親系統 1-黄色、親系統 2-黄色

64. 上記の<文章 2>中の F₂ 世代における花弁の色の分離比を、下記の中から選べ。

- a. 白色：黄色 = 7:9
- b. 白色：黄色 = 3:13
- c. 白色：黄色 = 23:41
- d. 白色：黄色 = 25:39

<文章3>

上記の<文章1>中の遺伝子 W が黄色を発現するのに必要な、別の遺伝子 Y が見つかった。例えば、遺伝子型 (WWYY や WWYy) の個体の花弁は黄色であるが、遺伝子型 (WWyy) の個体の花弁は白色である。変異 y は、遺伝子 Y 内に 1 塩基の置換がおこり、終止コドンが生じた（翻訳によるタンパク質合成が途中で停止した）ことが原因であった。正常型遺伝子 Y に対して、変異型遺伝子 y は劣性に働くことが分かった。なお、変異型遺伝子 w と変異型遺伝子 y は、遺伝子 V の発現や機能に影響しない。

親系統3（遺伝子型、VVwwYY）と親系統4（遺伝子型、vvWWyy）を交配した。得られた F₁ 個体の自家受粉により得られた F₂ 世代では、白色の花弁をもつ個体：黄色の花弁をもつ個体が、ある比に分離した。

なお、V 遺伝子、W 遺伝子、Y 遺伝子はすべて別の染色体上に存在することが分かっている。

65. 上記の<文章3>中の F₂ 世代における花弁の色の分離比を、下記の中から選べ。

- a. 白色：黄色 = 9:7
- b. 白色：黄色 = 13:3
- c. 白色：黄色 = 55:9
- d. 白色：黄色 = 53:11

III

以下の文章を読み、問い合わせよ。

植物の一生は主に、種子発芽の時期、葉をつくる成長期、そして花芽形成と結実の時期の3つに大別される。移動の自由のない植物は、動物と異なり、より生育に適した場所に移動したり、不適な場所を避けることはできない。

例えば、水分や生育温度が適切であっても、レタスの種子発芽は、暗所ではほとんど起きない。しかし、赤色光を照射すると発芽は誘導される。赤色光照射の後に、遠赤色光を照射すると、発芽は阻害される。赤色光と遠赤色光の照射を順番に繰り返した場合、最後に赤色光を照射した場合は発芽が誘導され、遠赤色光を照射した場合はその直前の赤色光照射の効果がなくなり、発芽は抑制される。このような光による発芽の制御で、光を受容する際に中心的な役割を果たしているのは（ア）である。多くの植物種子の成熟期には、内生の植物ホルモン（イ）の働きにより、種子発芽は抑制されている。十分に発達したレタス種子の場合、赤色光が照射されると、（イ）に対してきっと抗的に働く植物ホルモン（ウ）の量が増加して、発芽が誘導される。

発芽後の植物は、光合成器官である葉を形成して成長する。生育環境の光強度と温度は、植物の成長に大きな影響を及ぼす。アブラナやアサガオ等の多くの植物は、十分量の葉を形成しても、生育環境の明暗周期が適切でなければ、花芽を形成しない。このように、種子発芽、葉の形成、花芽分化などの植物の主要な成長過程の多くが、外界環境の影響を強く受けている。

66. 上記の文章中の（ア）と（ウ）に入る用語の適切な組み合わせを、下記の中から1つ選べ。

- a. (ア) クロロフィル (ウ) ジベレリン
- b. (ア) クロロフィル (ウ) サイトカイニン
- c. (ア) フイトクローム (ウ) ジベレリン
- d. (ア) フイトクローム (ウ) サイトカイニン

67. 上記の文章中の（イ）の植物ホルモンは、発芽の抑制以外の働きも担っている。（イ）の主な機能として適切なものを、下記の中から1つ選べ。

- a. 果実の成熟
- b. 根の重力屈性
- c. 頂芽優勢
- d. 気孔の閉鎖

あるアブラナ科植物を用いて、下記の実験1～3を行った。

（実験1）1日の中で、12時間連続して光をあて、12時間連続して光を消して植物を栽培した（12時間明期／12時間暗期）が、3ヶ月経過しても花芽は形成されなかった。一方、1日の中で、15時間連続して光をあて、9時間連続して光を消して植物を栽培した（15時間明期／9時間暗期）ところ、1ヶ月経過したときに花芽が形成された。なお、栽培時の明暗周期の長さ以外の条件は、この植物の花芽形成に最適な条件であった。

（実験2）明暗周期を15時間明期／9時間暗期、室温を24°Cに設定した栽培室で種子をまき、植物を栽培した場合、3ヶ月経過しても花芽は形成されなかった。一方、発芽後に本葉が形成された後に、4°Cの低温条件で3週間栽培し、明暗周期を15時間明期／9時間暗期、室温を24°Cに設定した栽培室に移動させて栽培を継続したところ、1ヶ月経過したときに花芽が形成された。上記の低温条件のかわりに、32°Cの高温条件を試してみたが、3ヶ月経過しても花芽は形成されなかった。なお、本葉形成後の3週間の栽培時における温度以外の条件は、この植物の花芽形成に最適な条件であった。

（実験3）栽培時の光強度を変化させ、この植物の光合成速度と光強度の関係を調べ、光飽和点と補償点を測定した。補償点は500ルクスであった。なお、この植物の光飽和点と補償点は、明暗周期を15時間明期／9時間暗期、室温を24°Cに設定した栽培室で測定した。

以下の文章は、上記の実験1～3で用いた植物について、新たな実験を行う場合の結果の予想に関する記述である。

(ア) 光強度を400ルクスに設定して、この植物を栽培すると、成長は著しく遅延して、花芽を形成する植物はほとんどない。なお、栽培時の光強度以外の条件は、この植物の花芽形成に最適な条件とする。

(イ) 春化処理は行わずに、明期長を18時間に延長した明暗周期(18時間明期／6時間暗期)のもとで栽培すると、1ヶ月程度経過したときに花芽が形成される。なお、栽培時の光強度と室温は、この植物の花芽形成に最適な条件とする。

(ウ) 明暗周期(14時間明期／10時間暗期)に設定して、この植物を栽培する。毎日、暗期開始から2時間後に強光を15分間、この植物に照射することを繰り返すと、1ヶ月程度経過したときに花芽が形成される。なお、栽培時の明暗周期以外の条件は、この植物の花芽形成に最適な条件とする。

(エ) 明暗周期(17時間明期／7時間暗期)に設定して、この植物を栽培すると、3ヶ月程度経過しても花芽は形成されない。なお、栽培時の明暗周期以外の条件は、この植物の花芽形成に最適な条件とする。

68. 上記の(ア)～(エ)の中で、正しい記述はいくつあるか、下記の中から選べ。

- a. 1
- b. 2
- c. 3
- d. 4

花器官は、がく、花弁（花びら）、おしべ（雄ずい）、めしべ（雌ずい）の4つの部分からなる。異なる植物種では、これらの器官の数や配置が異なっていることがある。これまでの研究から、多くの花器官の形成は、ABCモデルで説明できることが分かっている。なお、ABCモデルのポイントは、下記の1)～9)のとおりである。

- 1) 花器官の外側から内側に向かって、4つの領域（第1～4領域）がある。
- 2) 花器官形成の制御に関わる3タイプの遺伝子（A, B, C遺伝子）がある。
- 3) 正常型では、A遺伝子は第1と第2領域、B遺伝子は第2と第3領域、C遺伝子は第3と第4領域で働くている。
- 4) A遺伝子のみが働くと、がくが形成される。
- 5) A遺伝子とB遺伝子のみが同じ領域で働くと、花弁が形成される。
- 6) B遺伝子とC遺伝子のみが同じ領域で働くと、おしべが形成される。
- 7) C遺伝子のみが働くと、めしべが形成される。
- 8) A遺伝子が機能を失うと、第1と第2領域でもC遺伝子が働くようになる。
逆に、C遺伝子が機能を失うと、第3と第4領域でもA遺伝子が働くようになる。
- 9) B遺伝子が機能を失っても、A遺伝子とC遺伝子が働く領域は変化しない。
また、A遺伝子またはC遺伝子が機能を失っても、B遺伝子が働く領域は変化しない。

以下の文章は、A, B, C遺伝子の変異による機能欠損や働く領域の変化と、花器官形成の変化に関する記述である。

(ア) B遺伝子内に変異がおこり機能を失うと、がくとめしべのみからなる花器官が形成される。

(イ) A遺伝子内に変異がおこり機能を失うと、めしべとおしべのみからなる花器官が形成される。

(ウ) 第1～4領域のすべてで、A遺伝子とB遺伝子のみを働かせると、花弁のみからなる花器官が形成される。

(エ) C 遺伝子内に変異がおこり機能を失うと、花弁のみからなる花器官が形成される。

69. 上記の(ア)～(エ)の中で、正しい記述はいくつあるか、下記の中から選べ。

- a. 1
- b. 2
- c. 3
- d. 4

IV

動物とは何だろうか。身近なイヌやネコを思い浮かべる人が多いと思うが、生物の分類学では、非常に多様な生物が動物に分類される。動物の定義は、学者によって異なるが、ここではひとまず「他の生物、あるいは、その生産物を食べて生きる多細胞生物」と定義しよう。この定義によると、小さな昆虫やミミズはもちろん、移動の自由のないものが多いイソギンチャクなども動物の仲間に入る。

動物の特徴はいろいろあるが、筋肉と神経細胞をもつことが特徴の一つである。多くの動物はえさをとるために移動することが求められるため、移動に必要な体の仕組みを身につけていると理解することができる。筋肉は、その働き方によっていくつかの種類に分類される。骨格筋のように運動を担う（ア）は、細長い多核の細胞である（イ）が規則正しく並んでいる。もう一つの種類の（ウ）は、主に内臓の筋肉を構成している。これらの筋肉に刺激を伝えて必要な運動を引き起こすのが、神経である。神経は、眼や耳、鼻などの（エ）から刺激を受け取ると、その情報を脳に送り、必要に応じて（オ）をとおして筋肉などの（カ）へ刺激を伝える。

70. 上記の文章中の（ア）、（イ）、（ウ）に入る用語の適切な組み合わせを、下記の中から1つ選べ。

- a. (ア) 横紋筋 (イ) 筋繊維 (ウ) 平滑筋
- b. (ア) 横紋筋 (イ) 筋原纖維 (ウ) 平滑筋
- c. (ア) 平滑筋 (イ) 筋繊維 (ウ) 横紋筋
- d. (ア) 平滑筋 (イ) 筋原纖維 (ウ) 横紋筋

71. 上記の文章中の（エ），（オ），（カ）に入る用語の適切な組み合
わせを，下記の中から1つ選べ。

- a. (エ) 受容器 (オ) 感覚ニューロン (カ) 効果器
- b. (エ) 効果器 (オ) 運動ニューロン (カ) 受容器
- c. (エ) 受容器 (オ) 運動ニューロン (カ) 効果器
- d. (エ) 効果器 (オ) 感覚ニューロン (カ) 受容器

動物は，環境の刺激を受け取って情報を処理し，適切な行動をとることで環境に適応して生きている。動物の行動は，（キ）と（ク）に分けられる。

魚のサケが，海で成長して生まれた川に帰って来る行動は，（キ）と考えられていたが，研究によってふ化後に生まれた川の水の化学成分を記憶して，その成分の川に戻ってくることが分かり，（ク）の一つの（ケ）であることが明らかになった。

72. 上記の文章中の（キ），（ク），（ケ）に入る用語の適切な組み合
わせを，下記の中から1つ選べ。

- a. (キ) 生得的行動 (ク) 習得的行動 (ケ) 刷込み
- b. (キ) 生得的行動 (ク) 習得的行動 (ケ) 知能行動
- c. (キ) 習得的行動 (ク) 生得的行動 (ケ) 本能行動
- d. (キ) 習得的行動 (ク) 生得的行動 (ケ) 条件反射

多様な外界の認識方法を示す一つの例として、普段は光の届かない木材の中に暮らしているシロアリで、同種の認識に関連する興味深い研究結果がある。シロアリは、ミツバチのような社会性昆虫の一種であり、女王アリ、働きアリ、雄アリと、その他に、巣の防衛にあたる兵アリがある。兵アリは、大きなアゴをもち、侵入者にかみつき、排除する役割がある。同種の認識がどのように行われているかを明らかにするために、下記の（実験1）と（実験2）を実施した。そして、表1と表2のような実験結果を得た。

（実験1）AとBの2種のシロアリを用い、どちらか一方の種の兵アリを、1匹ずつ小さな容器に入れた。兵アリが1匹入った容器に、同種、または別種の働きアリを1匹加えた。兵アリが、後から加えた働きアリをかむ回数を測り、かんだ回数が多いほど、別種の侵入者と認識していると判定した。

表1 同種、別種の働きアリに対する兵アリの攻撃反応

	A種兵アリ	B種兵アリ
A種 働きアリ	0	12.1
B種 働きアリ	14.9	0

（実験は、シロアリを別個体に替えて10回実験を行った。

数字は、1時間あたりのかんだ回数の平均値を示す。）

(実験2) A, B 2種の働きアリのそれぞれの体表の成分を溶媒で洗い流し、体表成分を含んだ溶液を回収した。新たな無処理の働きアリ個体に、別種の働きアリの体表成分を含んだ溶液、または、体表成分を含まない溶媒のみを塗布した。塗布処理をした働きアリを、(実験1)と同様に、兵アリの入った容器に入れ、兵アリがかみつく回数を測った。

表2 体表成分塗布処理を行った働きアリに対する兵アリの攻撃反応

	A種兵アリ	B種兵アリ
A種働きアリ + B種体表成分	8.3	0
A種働きアリ + 溶媒のみ	0	10.1
B種働きアリ + A種体表成分	0	5.3
B種働きアリ + 溶媒のみ	12.9	0

(実験は、シロアリを別個体に替えて10回実験を行った。

数字は、1時間あたりのかみだ回数の平均値を示す。)

以下の文章は、上記の(実験1)と(実験2)に関する記述である。

(ア) A種、B種の兵アリを一緒にすると、A種の兵アリの方が、B種の兵アリにより多くかみつく。

(イ) A種、B種の働きアリを一緒にすると、お互いに侵入者とは認識しない。

(ウ) A種の兵アリは、B種の働きアリを侵入者と認識してかみつく。

(エ) A種、B種とも、兵アリは同種の働きアリを攻撃しない。

(オ) A種、B種とも、兵アリは働きアリに塗布した溶媒を認識してかみつく。

(カ) A種、B種とも、兵アリは別種の働きアリの体表成分を認識してかみつく。

73. 上記の(ア)～(カ)の中で、(実験1)と(実験2)の結果から正しいと判断できる記述はいくつあるか、下記の中から選べ。

- a. 1
- b. 2
- c. 3
- d. 4

(参考資料)

S. Takahashi and A. Gossa (1995) *J. Chemical Ecology*, 21:1837–1845
を一部改変。