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61-75）。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」の合図があってから正味**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」の合図があっ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さい。

例　(99)　(a)　(b)　■　(d)

I

自然数 n に対して，条件

$$(x^2-1)^n = 2^n n \int_{-1}^{x} (x-y)^{n-1} P_n(y)\, dy \qquad (*)$$

を満たす多項式 $P_n(x)$ について考えてみよう．すべての自然数 n に対して，

$$\int x^n\, dx = \frac{1}{n+1}x^{n+1} + C \quad (\text{ただし}, C\text{は積分定数})$$

が成立することを用いると，式 $(*)$ の右辺は多項式であり，式 $(*)$ の左辺が次数 $2n$ の多項式であることから，$P_n(x)$ の次数は $2n-(n-1+1)=n$ であることがわかる．例えば，$n=2$ とし，$P_2(x)=ax^2+bx+c$ (ただし，a,b,c は定数) とおく．

$$\begin{aligned}
&\text{式}(*)\text{の右辺} = 2^2\cdot 2\int_{-1}^{x}(x-y)(ay^2+by+c)\,dy\\
=&2^3\int_{-1}^{x}\left\{-ay^3+(ax-b)y^2+(bx-c)y+cx\right\}\,dy\\
=&2^3\left[-\frac{a}{4}y^4+\frac{ax-b}{3}y^3+\frac{bx-c}{2}y^2+cxy\right]_{-1}^{x} = \cdots(\text{詳細は略})\cdots\\
=&\frac{2a}{3}x^4+\frac{4b}{3}x^3+4cx^2+\left(\frac{8a}{3}-4b+8c\right)x+\left(2a-\frac{8b}{3}+4c\right).
\end{aligned}$$

一方，式 $(*)$ の左辺 $=(x^2-1)^2=x^4-2x^2+1$ であるから，

$$1=\frac{2a}{3},\ 0=\frac{4b}{3},\ -2=4c,\ 0=\frac{8a}{3}-4b+8c,\ 1=2a-\frac{8b}{3}+4c.$$

1.　これから，$P_2(x)$ を求めると，$P_2(x)$ に関する記述として最も適切なものは次のどれか．

a.　$P_2(x)=3x^2-1.$

b.　$P_2(x)=\frac{3}{2}x^2-\frac{1}{2}.$

c.　条件を満たす $P_2(x)$ は 1 つには定まらない．

d.　条件を満たす $P_2(x)$ は存在しない．

未知数を $a_0, a_1, \cdots, a_{n-1}, a_n$ として, $P_n(x) = a_0x^n + a_1x^{n-1} + \cdots + a_{n-1}x + a_n$ とおく.

2. この $P_n(x)$ に関する記述として最も適切なものは次のどれか.

a. 未知数の個数と未知数の満たすべき1次方程式の個数が等しく, 多項式 $P_n(x)$ はいつもただ1つ定まる.

b. 未知数の個数が未知数の満たすべき1次方程式の個数よりも多く, 多項式 $P_n(x)$ は1つに定まるとは限らない.

c. 未知数の個数よりも未知数の満たすべき1次方程式の個数が多く, 条件を満たす多項式 $P_n(x)$ がいつも存在するとは限らない.

d. 未知数の個数と未知数の満たすべき1次方程式の個数の関係は n により異なり, 何も予想できない.

3. 同じように, $P_1(x)$ を求めると, $P_1(x)$ に関する記述として最も適切なものは次のどれか. ただし, $(x-y)^0 = 1$ であることを用いて良い.

a. $P_1(x) = \dfrac{1}{2}x$.

b. $P_1(x) = x$.

c. 条件を満たす $P_1(x)$ は1つに定まらない.

d. 条件を満たす $P_1(x)$ は存在しない.

4. 方程式 $P_1(x) = 0$ の解と方程式 $P_2(x) = 0$ の解に関する記述として最も適切なものは次のどれか.

a. 方程式 $P_1(x) = 0$ の解は方程式 $P_2(x) = 0$ を満たす.

b. 方程式 $P_2(x) = 0$ の解は方程式 $P_1(x) = 0$ を満たす.

c. 方程式 $P_2(x) = 0$ の2つの解の間に方程式 $P_1(x) = 0$ の解がある.

d. 方程式 $P_2(x) = 0$ の2つの解の間には方程式 $P_1(x) = 0$ の解はない.

ここで, 0は自然数ではないが, 便宜上, $P_0(x) = 1$ と定めることとしよう. 2つの多項式 $f(x)$ と $g(x)$ に対して,

$$(f(x), g(x)) = \int_{-1}^{1} f(x)g(x)\,dx$$

と定める.

5.　このとき, 正しいものは次のどれか.

a.　$(P_0(x), P_0(x)) = 0,\ (P_0(x), P_1(x)) = 0,\ (P_1(x), P_1(x)) = 0.$

b.　$(P_0(x), P_0(x)) \neq 0, (P_0(x), P_1(x)) \neq 0,\ (P_1(x), P_1(x)) \neq 0.$

c.　$(P_0(x), P_0(x)) \neq 0,\ (P_0(x), P_1(x)) = 0,\ (P_1(x), P_1(x)) \neq 0.$

d.　$(P_0(x), P_0(x)) \neq 0,\ (P_0(x), P_1(x)) = 0,\ (P_1(x), P_1(x)) = 0.$

6.　実数 k, l, m を用いて, $x^2 = kP_2(x) + lP_1(x) + mP_0(x)$ と表わすと, 正しいものは次のどれか.

a.　$k = \dfrac{1}{3},\ l = 1,\ m = \dfrac{1}{3}.$

b.　$k = \dfrac{1}{3},\ l = 0,\ m = \dfrac{1}{3}.$

c.　$k = \dfrac{2}{3},\ l = 0,\ m = \dfrac{2}{3}.$

d.　$k = \dfrac{2}{3},\ l = 0,\ m = \dfrac{1}{3}.$

7.　正しいものは次のどれか.

a. $(x^2, P_2(x)) = \dfrac{2}{3}.$

b. $(x^2, P_2(x)) = \dfrac{4}{15}.$

c. $(x^2, P_2(x)) = \dfrac{2}{5}.$

d. $(x^2, P_2(x)) = 0.$

実は, $P_n(x)$ は, 特殊関数の 1 つであるルジャンドルの多項式であり, 数学を応用する上で大いに活用されている.

II

2つの正の数 m, n の平均値としてよく取り上げられるのは相加平均 $\dfrac{m+n}{2}$ であるが, 2つの数の平均値には他にもさまざまなものがある. 例えば, 2つの正の数 m, n の逆数の相加平均の逆数

$$\left(\frac{\frac{1}{m}+\frac{1}{n}}{2}\right)^{-1} = \frac{2}{\frac{1}{m}+\frac{1}{n}} = \frac{2mn}{m+n}$$

も有用である. これを m と n の調和平均と呼ぶ.

関数 $y = f(x)$ のグラフ上の2点 $P(p, f(p))$ 及び $Q(q, f(q))$ での接線が P, Q とは異なる一点 A で交わるとする. このときできる三角形 ΔPQA を関数 $y = f(x)$ の2点 $P(p, f(p))$, $Q(q, f(q))$ における接線三角形と呼ぼう.

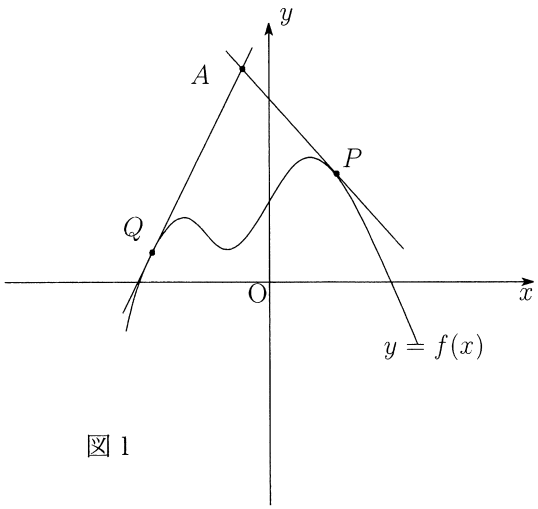


図 1

8.　関数 $y = f(x)$ のグラフが $x = \pm 1$ で x 軸と交わり, $-1 < x < 1$ で $f(x) > 0$ とする. このとき, 2 点 $P(1, 0)$, $Q(-1, 0)$ における接線三角形 ΔPQA の面積 S はある 2 つの正の数 m, n の調和平均として与えられる. m, n の組 (m, n) は次のどれか.

a.　$(f'(-1),\ f'(1))$

b.　$(-f'(-1),\ -f'(1))$

c.　$(-f'(-1),\ f'(1))$

d.　$(f'(-1),\ -f'(1))$

9.　2 次関数 $f(x) = a(x^2 - 1)$ (ただし $a < 0$) に対して, 2 点 $P(1, 0)$, $Q(-1, 0)$ における接線三角形 ΔPQA の面積 S の値は次のどれか.

a.　a

b.　$-a$

c.　$2a$

d.　$-2a$

10.　2 次関数 $f(x) = a(x^2 - 1)$ (ただし $a < -\dfrac{1}{2}$) に対して, 2 点 $P(1, 0)$, $Q(-1, 0)$ における接線三角形 ΔPQA の角 $\angle PAQ$ を θ とするとき, 正しい関係式は次のどれか.

a.　$\tan\theta = \dfrac{2a}{1 - 4a^2}$.

b.　$\tan\theta = \dfrac{-2a}{1 - 4a^2}$.

c.　$\tan\theta = \dfrac{4a}{1 - 4a^2}$.

d.　$\tan\theta = \dfrac{-4a}{1 - 4a^2}$.

11.　3 次関数 $f(x) = ax^3 + bx^2 + cx + d$ (ただし $a \neq 0$) を考える. 点 $P(1, f(1))$, $Q(-1, f(-1))$ における接線三角形ができる関数 $f(x)$ は次のどれか.

a.　$f(x) = 2x^3 - 2x$.

b.　$f(x) = x^3 - x^2 - x + 1$.

c.　$f(x) = x^3 + x^2 - x$.

d.　$f(x) = x^3 + 2x^2 - x - 2$.

関数 $y = f(x)$ が「$f(x_1) = f(x_2)$ ならば $x_1 = x_2$」を満たすとき, $y = f(x)$ は 1 対 1 関数であるという. 例えば $f(x) = 2x + 1$ は, $2x_1 + 1 = 2x_2 + 1$ とすると $x_1 = x_2$ でなくてはならず, 1 対 1 関数である. しかし, 関数 $f(x) = x^2$ は, $f(1) = f(-1)$ であるが $1 \neq -1$ であり, 1 対 1 関数ではない.

さて, $y = f(x)$ を 1 対 1 関数とすると, 2 つの正の数 m, n に対して

$$f\left(M_f(m,n)\right) = \frac{f(m) + f(n)}{2}$$

となる値 $M_f(m,n)$ がただ一つ定まる. この値は相加平均, 調和平均を拡張した「一般化された平均」と考えられる. 実際, 1 対 1 関数 $f_1(x) = x$, $f_2(x) = \dfrac{1}{x}$ を考えると

$$M_{f_1}(m,n) = \frac{m+n}{2}, \qquad M_{f_2}(m,n) = \frac{2mn}{m+n}$$

となっていることは容易に確かめられる.

12. $f_3(x) = \log_2 x$ とする. このとき, $\dfrac{f_3(m) + f_3(n)}{2}$ の値は次のどれか.

a. $\log_2 \dfrac{mn}{2}$

b. $\log_2 \sqrt{m+n}$

c. $\log_2 \sqrt{mn}$

d. $\log_2(\sqrt{m} + \sqrt{n}\ )$

13. $f_3(x) = \log_2 x$ とする. $M_{f_3}(m,n)$ は次のどれか.

a. $\dfrac{mn}{2}$

b. $\sqrt{m+n}$

c. $\sqrt{mn}$

d. $\sqrt{m} + \sqrt{n}$

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　(99)　⊂a⊃　⊂b⊃　■　⊂d⊃

I

図 1(a) のように，二つの等しい直方体を接合した形状の物体がある．物体は均質な材質でできており，物体全体の質量は M である．図 1(b) に示すように，この物体の重心を通り，L 字型の側面に平行な面で切断した断面は，辺の長さ a, b $(a > b)$ の長方形の長辺の上に，等しい長方形が短辺で接着された形状をなす．この物体の重心 G から，辺 QR までの距離を c, 辺 PQ までの距離を d とする．以下では，二つの長方形の接合部分は十分に強く固定され，物体に加わる外力によって接合部分がずれたり，はずれたりすることは無いものとする．また，重力加速度は g とする．

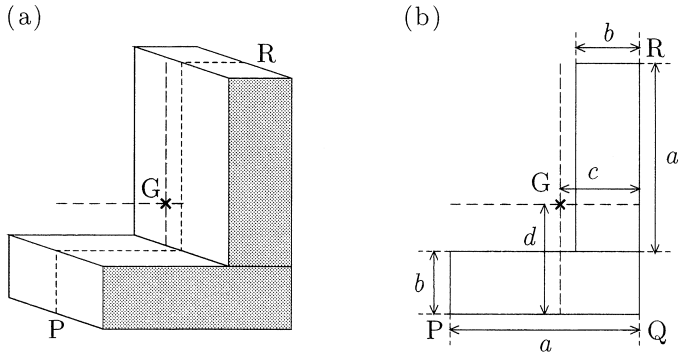


図 1

21.　$b = \frac{1}{3}a$ であるとき，c, d の値として正しいものを以下より選べ．

a.　$c = \frac{1}{3}a, \quad d = \frac{1}{2}a$

b.　$c = \frac{1}{3}a, \quad d = \frac{2}{3}a$

c.　$c = \frac{1}{2}a, \quad d = \frac{1}{2}a$

d.　$c = \frac{1}{2}a, \quad d = \frac{2}{3}a$

つぎに，問 21 で扱った物体を床の上に置き，図 2 のように床に水平な方向から，物体の重心よりも高い位置に力 F を加えた．力を加えた位置から床までの距離を h (ただし，$h > d$) とする．

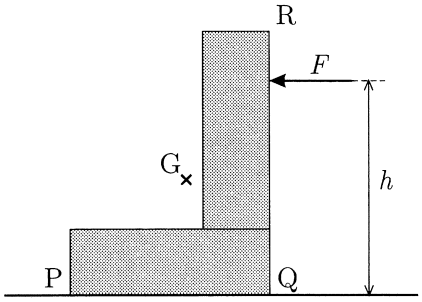


図 2

22.　力 F を加えたところ，物体は転がらずに床の上を滑り始めたとする．床がなめらかであるならば，F の最大値として正しい値を以下より選べ．

a.　$F = \frac{Mga}{2h}$

b.　$F = \frac{Mga}{3h}$

c.　$F = \frac{2Mga}{3h}$

d.　F がいかなる大きさでも転がることはない．

今度は，この物体を粗い床の上に置き，やはり図 2 のように，物体の右側から重心よりも高い位置 $(h > d)$ に少しずつ力を加えていったところ，あるところで物体が動き始めた．このときの床と角柱との間の静止摩擦係数を 0.50, 動摩擦係数を 0.20 として，以下の問に答えよ．

23. 物体を転がさずに滑り出させるためには，どのような位置に力を加えなければならないか．正しいものを以下より選べ．

a. どの位置に力を加えても，物体は転がらずに滑り出す．

b. $h \leqq a$ の位置に力を加える必要がある．

c. $h \leqq \frac{2}{3}a$ の位置に力を加える必要がある．

d. 重心より高い位置 $(h > d)$ では，滑り出す前に物体は転がってしまう．

24.　今度は図 3 のように，逆の方向から物体に少しずつ力を加えていったとする．この場合は，問 23 のときよりも，容易に物体が転がってしまうことが想像できる．問 22, 23 と同様の方法で計算すると，物体が転がらずに滑り出すようにするには，どのような位置に力を加えなければならないか．正しいものを以下より選べ．

a.　どの位置に力を加えても，物体は転がらずに滑り出す．

b.　$h \leqq a$ の位置に力を加える必要がある．

c.　$h \leqq \frac{2}{3}a$ の位置に力を加える必要がある．

d.　重心より高い位置 $(h > d)$ では，滑り出す前に物体は転がってしまう．

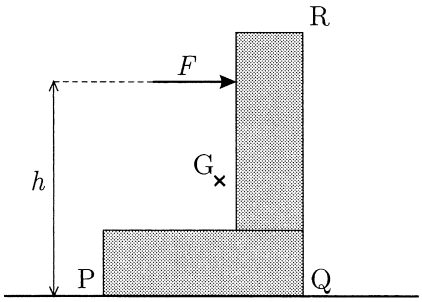


図 3

自然長 L, ばね定数 k のばねがある．図 4 のように，問 23, 24 と同じ床の上に置いた物体にこのばねを取りつけ，ばねのもう一端を壁に固定した．ばねを取りつける位置は，図 1 (b) の断面内にあるものとし，その位置と床との距離を H とする．ばねは水平方向にのみ伸び縮みするものとして，以下の問に答えよ．

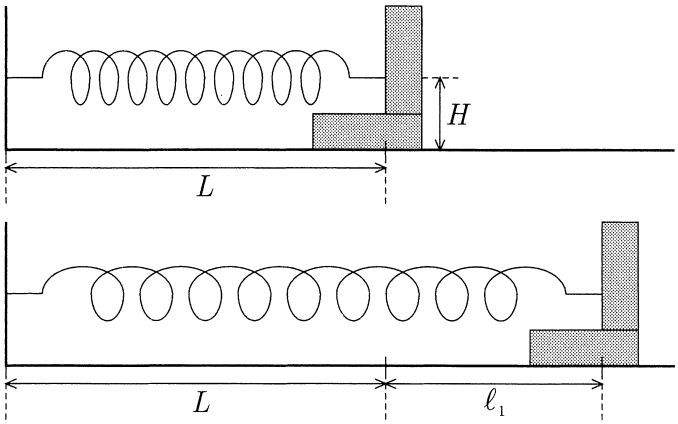


図 4

25. いま，ばねを $H = \frac{3}{5}a$ の位置に取り付け，ばねを自然長から ℓ_1 だけのばして，静かに手を離した．物体が，ばねの縮む方向に転がらずに運動し始めるためには，ℓ_1 の値はどのような範囲になければならないか．適切なものを以下より選べ．

a. $\frac{1}{2}\frac{Mg}{k} < \ell_1 \leqq \frac{5}{9}\frac{Mg}{k}$

b. $\frac{1}{2}\frac{Mg}{k} < \ell_1 \leqq \frac{10}{9}\frac{Mg}{k}$

c. $\frac{1}{5}\frac{Mg}{k} < \ell_1 \leqq \frac{5}{9}\frac{Mg}{k}$

d. $\frac{1}{5}\frac{Mg}{k} < \ell_1 \leqq \frac{10}{9}\frac{Mg}{k}$

26.　手を離した後，物体はばねが縮む方向に運動し続け，図 5 に示すように，ばねが自然長から ℓ_2 だけ縮んだところで運動の方向が逆転した．$\ell_1 - \ell_2$ の値として正しいものを以下より選べ．

a.　$\ell_1 - \ell_2 = \dfrac{1}{9}\dfrac{Mg}{k}$

b.　$\ell_1 - \ell_2 = \dfrac{2}{9}\dfrac{Mg}{k}$

c.　$\ell_1 - \ell_2 = \dfrac{1}{5}\dfrac{Mg}{k}$

d.　$\ell_1 - \ell_2 = \dfrac{2}{5}\dfrac{Mg}{k}$

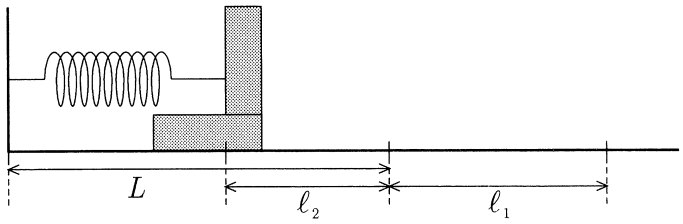


図 5

27.　物体が ℓ_2 の位置から，ばねの伸びる方向に転がらずに運動し始めることができれば，その後はもう転がることはなく，振幅を徐々に小さくしながら振動運動を続け，やがて停止する．物体が転がらずに振動運動を続けるためには，最初にばねを伸ばす長さ ℓ_1 の最大値はいくらになるか．最も適切な値を，以下より選べ．

a.　$\dfrac{5}{9}\dfrac{Mg}{k}$

b.　$\dfrac{34}{45}\dfrac{Mg}{k}$

c.　$\dfrac{7}{9}\dfrac{Mg}{k}$

d.　$\dfrac{43}{45}\dfrac{Mg}{k}$

II

虹がどのようにできるのかを考えてみたい．空気中に浮かんでいる多くの水滴によって，太陽光が 2 回 (ア) するときに，水滴がプリズムの役割をして光が分解する．図 1 において，点 A に入射した光は一部が反射し，一部が屈折して水滴の中に入る．この光が水滴の反対側の表面の点 B で反射して，再び屈折して点 C から空気中に出て行く．これにより，ある特定の角度に光が戻って来て目に入る．

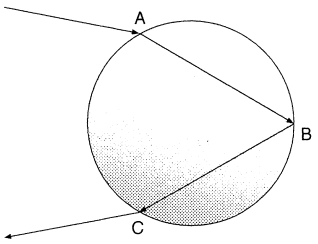


図 1

虹が複数の色に分かれて見えるのは，入射角に対する屈折角が，入射光の波長によって変わるためである．この現象を (イ) という．

28. 文中の (ア) , (イ) に入る語句として正しいものを選べ．

a. (ア) 反射　(イ) 回折

b. (ア) 反射　(イ) 散乱

c. (ア) 屈折　(イ) 分散

d. (ア) 屈折　(イ) 散乱

赤色と青色の光線が入射したとき, 図 2 の a と b のように, 波長によって異なった角度で水滴から射出する. 波長の長い赤色光は, 波長の短い青色光に比べて屈折する角度が小さい. したがって, 図 2 の a の光線が (ウ) 光で, b の光線が (エ) 光に対応する. 水滴の観察者からの角度によって, 図 3 のように, 別々の光が目に入るから, 色の帯が見える. 図 3 より, 虹のリングの外側が (オ), 内側が (カ) の色が見えることが理解される.

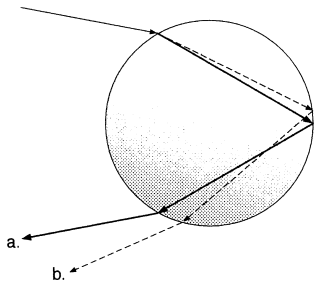


図 2

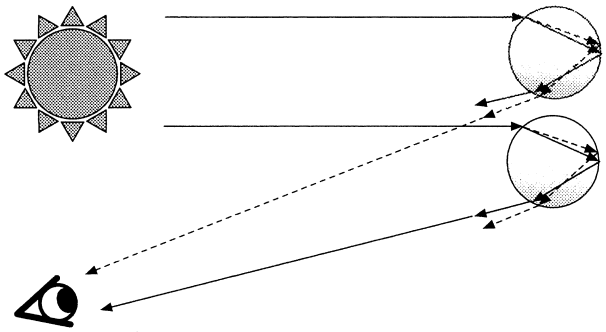


図 3

29. 文中の (ウ), (エ), (オ), (カ) に入る語句として正しいものを選べ.

a.	(ウ) 青色	(エ) 赤色	(オ) 赤	(カ) 青
b.	(ウ) 青色	(エ) 赤色	(オ) 青	(カ) 赤
c.	(ウ) 赤色	(エ) 青色	(オ) 赤	(カ) 青
d.	(ウ) 赤色	(エ) 青色	(オ) 青	(カ) 赤

上記が, 一般的な虹の説明であるが, 実はこれでは虹を十分に説明したことにならない. 図 2 では一本の光線だけを取り上げて図を描いているが, 図 4 に示すように, 光の戻ってくる方向は入射位置によって変わる. これではさまざまな色の光は再び混ざってしまって結局もとの白い光になってしまうように思える. いったいなぜ, 虹はさまざまな色に分かれた帯に見えるのであろうか.

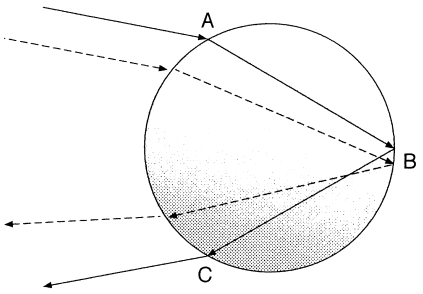


図 4

今, 図 5 に示すように, 点 A と点 C においての入射角と屈折角をそれぞれ, i_A と r_A, i_C と r_C, また, 点 B における入射角と反射角を i_B と j_B とする. 三角形の対称性により, $r_A = i_B$, $i_C = j_B$, さらに反射の法則より $i_B = j_B$ が成り立つ. ここで, i_A と r_A, i_C と r_C は, 空気の屈折率を 1 , 水の屈折率を n とすると, (キ) のように関係づけられる.

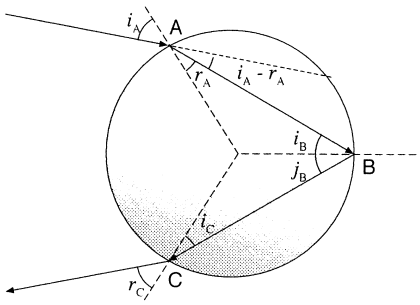


図 5

30. 文中の (キ) に入る適切な式として正しいものを選べ.

a. $n\sin i_{\mathrm{A}} = \sin r_{\mathrm{A}}$, $\sin i_{\mathrm{C}} = n\sin r_{\mathrm{A}}$

b. $n\sin i_{\mathrm{A}} = \sin r_{\mathrm{A}}$, $n\sin i_{\mathrm{C}} = \sin r_{\mathrm{A}}$

c. $\sin i_{\mathrm{A}} = n\sin r_{\mathrm{A}}$, $\sin r_{\mathrm{C}} = n\sin i_{\mathrm{C}}$

d. $\sin i_{\mathrm{A}} = n\sin r_{\mathrm{A}}$, $n\sin i_{\mathrm{C}} = \sin r_{\mathrm{A}}$

次に, 光が水滴に入射する前の角度と, 水滴から射出した後の角度の差 D を図 5 を使って計算してみよう. まず, 点 A では, $i_{\mathrm{A}} - r_{\mathrm{A}}$ だけ, 光線の方向は右回りに回転する. 同様に点 B での右回りの回転, 点 C での右回りの回転を考えて 3 つを合計すると D として (ク) が得られる. 今, 水滴から射出する光線の角度を, 入射光の方向の正反対に進む光線を基準にして測ることにして, それを観測角度 θ と呼ぶことにすると, $\theta =$ (ケ) である. このようにすると, 太陽を背にして, 自分の影の方向からの虹が見える方向を表すことができる. 得られた式に, 問 30 で求められた式を代入すると, 入射角 i_{A} だけの関数を得ることができる. 今, 三角関数 sin の逆関数を arcsin と書くと, 例えば, $\arcsin\left(\frac{1}{2}\right) = 30^\circ$ である. この関数を使うと, 観測角度 $\theta =$ (コ) と表せる.

31. 文中の (ク), (ケ), (コ) に入る適切な式として正しいものを選べ.

a. (ク) $D = 2i_{\mathrm{A}} - 4r_{\mathrm{A}} + 180^\circ$ (ケ) $2i_{\mathrm{A}} - 4r_{\mathrm{A}}$ (コ) $4\arcsin\left(\frac{\sin i_{\mathrm{A}}}{n}\right) - 2i_{\mathrm{A}}$

b. (ク) $D = 2i_{\mathrm{A}} - 2r_{\mathrm{A}} + 180^\circ$ (ケ) $2i_{\mathrm{A}} - 2r_{\mathrm{A}}$ (コ) $2i_{\mathrm{A}} - 4\arcsin\left(\frac{\sin i_{\mathrm{A}}}{n}\right) + 180^\circ$

c. (ク) $D = 2i_{\mathrm{A}} - 4r_{\mathrm{A}} + 270^\circ$ (ケ) $2i_{\mathrm{A}} - 4r_{\mathrm{A}} + 90^\circ$ (コ) $2i_{\mathrm{A}} - 4\arcsin\left(\frac{\sin i_{\mathrm{A}}}{n}\right)$

d. (ク) $D = 2i_{\mathrm{A}} - 2r_{\mathrm{A}} + 270^\circ$ (ケ) $2i_{\mathrm{A}} - 2r_{\mathrm{A}} + 90^\circ$ (コ) $2i_{\mathrm{A}} - 2\arcsin\left(\frac{\sin i_{\mathrm{A}}}{n}\right)$

光線が水滴に入射したとき, その入射位置によって入射角 i_A は異なる. 図 6 の S に示すように水滴の中心に向かって光が入射したとき入射角 i_A は (サ). 一方, T に示すように水滴の端に光が入射するときには入射角 i_A は (シ). したがって, 入射角 i_A を 0° から 90° まで考えれば, 水滴に入射するすべての光について考えることができる.

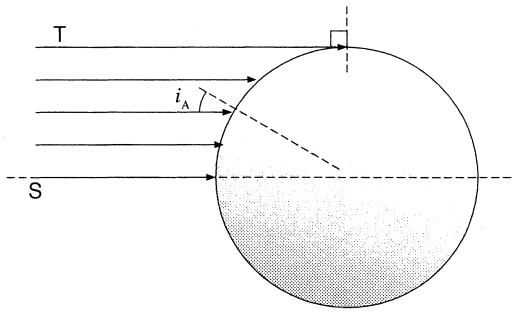


図 6

上で求められた観測角度 $\theta =$ (コ) の式を入射角 $0° \leqq i_A < 90°$ に対してプロットしたものが図 7 である. このグラフの特徴は極大が存在することであり, これより, 光は観測角度の極大値 θ_{max} より (ス) には戻って来ないこと, また広い入射角の範囲で光が θ_{max} の近傍で射出されるため θ_{max} の近傍には光が多く集まり, リングを形成することがわかる.

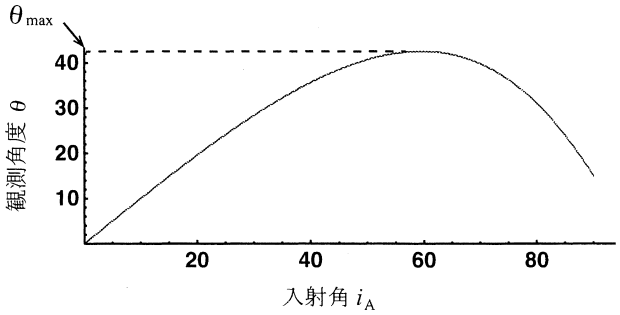


図 7

最大の観測角度 θ_{max} は波長に応じて 41° ～ 42° となり, これはみなさんが実際に虹を観察してみれば, たしかにそのようになっていることを確かめることができる. 屈折率は光の波長によって異なるから, 色によって違う角度にリングが形成され, これによって, 我々がよく知っているような光のアーチができる. 上記の事情が虹の本質である.

32. 文中の (サ), (シ), (ス) に入る語句として正しいものを選べ.

a. (サ) 90° に近くなる　(シ) 0° となる　(ス) 大きい角度

b. (サ) 90° に近くなる　(シ) 0° となる　(ス) 小さい角度

c. (サ) 0° となる　(シ) 90° に近くなる　(ス) 大きい角度

d. (サ) 0° となる　(シ) 90° に近くなる　(ス) 小さい角度

33. 次の記述のうち正しいものはどれか.

a. 虹が見えているとき, 目に入ってきている赤い光と青い光は, それぞれ違う水滴から来たものである.

b. 虹が半円なのは地面からは太陽光線が来ないからであり, したがって地面方向に虹が見えることはなく, 空にしか虹が生じることはない.

c. 虹は太陽の方向を向いて, およそ 42° の角度の方向に見える.

d. 庭先で虹を観察しようとしたら, 太陽の方向に向かって散水するとよい.

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　(66)　(a)　(b)　■　(d)

I

ボイルとシャルルは気体の性質について，一定量の気体の体積は圧力に反比例し，絶対温度に比例することを発見して，ボイル・シャルルの法則（式 1）を導いた．

$$\frac{PV}{T} = c \qquad (1)$$

(P：圧力，V：体積，T：絶対温度，c：物質量によって決まる定数)

さらに，この法則にアボガドロの法則を適用すると，任意の温度，圧力における物質量と気体の体積の関係は（式 2）で表され，これを気体の状態方程式という．

$$PV = nRT \qquad (2)$$

(n：物質量, R：気体定数)

$R = 8.31 \times 10^3$ Pa・L/(K・mol) = 0.082 L・atm/(K・mol)

1 atm = 1.0×10^5 Pa = 760 mmHg

また，ドルトンは同温・同容積の容器内の混合気体について，混合気体の全圧は気体の分圧の和に等しいことを発見した．温度 T において，容積 V の容器に気体 A だけを入れたときの圧力を P_A とし，同じく気体 B だけを入れたときの圧力を P_B とする．これらを容器に入れて混合したとき，混合気体が示す圧力を P_{Total} だとすると，（式 3）の関係がなりたつ．

$$P_{Total} = P_A + P_B \qquad (3)$$

ここで，P_{Total} を混合気体の全圧，P_A と P_B をそれぞれ気体 A，気体 B の分圧という．また，P_A と P_B は気体 A, B それぞれの物質量に比例する．こうした気体の性質に関わる法則を利用し，次の問いに答えよ．

41. ある潜水士が水深 70 m のところで半径 2.0 cm の球形の泡を作った．その泡が上昇し水面に近くなったとき，この球形の泡の半径はどれくらいになったか．もっとも近いものは次のうちどれか．ただし，温度は 25℃，水深 70 m での圧力は大気圧を含めて 8 atm とする．

a. 1.0 cm
b. 2.0 cm
c. 4.0 cm
d. 8.0 cm

42. 自転車のタイヤに入っている空気を 27℃で水上置換によりすべて集めた．捕集した気体の体積が 6.00 L で，全圧が 745 mmHg だったとすると，自転車のタイヤには何モルの酸素が入っていたか．もっとも近いものは次のうちどれか．ただし，気体中の水蒸気は無視し，空気に含まれる酸素のモル比は 20% とする．

a. 0.05 mol
b. 0.10 mol
c. 0.15 mol
d. 0.20 mol

43. 密閉容器に気体 A を 1.5 L，気体 B を 2.0 L 入れ，次のような反応を行った．

$$A\,(気) + 2\,B\,(気) \rightarrow 2\,C\,(気)$$

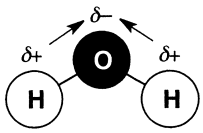
反応終了後の圧力は反応開始前に比べどの程度変化したか．もっとも近いものは次のうちどれか．ただし，混合気体の体積や温度は一定であるとする．

a. 29 % 減少
b. 43 % 増加
c. 57 % 減少
d. 71 % 増加

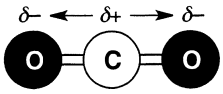
II

分子の挙動を考える場合，分子間に働く力（分子間力）を考慮に入れなければならない．分子間力にはさまざまなものがあり，水素結合のような比較的強い分子間力や，極性分子同士に働く双極子–双極子相互作用とよばれるもの，ファンデルワールス力などがある．これらの分子間力の強さは物質の沸点や融点に大きく影響を及ぼし，メタンの沸点が −161°C であるのに対し，同程度の分子量を持つ水の沸点は 100°C であり，この差はそれぞれの分子の間に働く分子間力の強さの違いに起因する．

また分子の極性は，構造に依存し，水分子は折れ曲がった構造をしているため，分子全体としても電気的な偏りを示す．一方，直線構造を持つ二酸化炭素は C=O の間の結合に極性があるが，分子内でその極性が打ち消し合っているため，分子全体では無極性になっている．



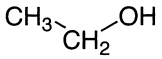
水（折れ線型）

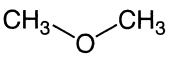


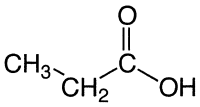
二酸化炭素（直線型）

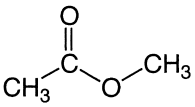
一般に分子間力の強さは水素結合＞双極子−双極子相互作用＞ファンデルワールス力の順となるため，水素結合の有無，分子の極性，分子を構成する結合の極性を考慮することで，物質の沸点をある程度予測することが可能である．

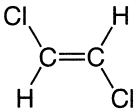
44.　以下の不等号は沸点の高低の関係を示している．

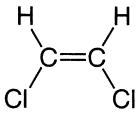
ア． 

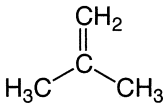
＞


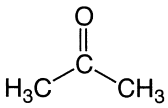
イ． 

＜


ウ． 

＞


エ． 

＜


沸点の高低の関係を正しく表しているものは次のうちどれか．

a.　アとウ
b.　アとエ
c.　イとウ
d.　イとエ

同一分子の間に働く分子間力を考慮することによって，物質の沸点や融点を予測することが可能であるが，異種の分子の間にも分子間力が働くことを考慮すれば，物質の特定の溶媒に対する溶解性を理解することが出来る．

45. 以下の文章は溶解に関連する現象についての記述である．

ア．セッケンは高級脂肪酸の塩であり，水分子とセッケンとの間に大きな分子間力が働くため，水に溶解すると一つ一つの分子がバラバラになり，多くの水分子に取り囲まれている．

イ．塩化ナトリウムが水に溶解するときは，それぞれの原子と水分子との間に大きな静電気的な引力が働いて電離する．

ウ．エタノール（CH_3CH_2OH）もドデカノール（$CH_3(CH_2)_{11}OH$）も，水への溶解度は同程度である．

エ．物質が溶解することによって，分子間力が働く分子の組み合わせが変化するため，発熱や吸熱がみられる．

正しい記述の組み合わせは次のうちどれか．

a. アとイ
b. イとエ
c. アとウ
d. アとエ

化合物を混合溶媒（複数の溶媒の均一な混合物）に溶解させる場合，溶解する量は混合溶媒の比率に大きく左右される．この特性を使って，物質を精製する方法に再沈殿法と呼ばれるものがある．すなわち，化合物Xをよく溶かす溶媒Aに飽和に近くなるまで溶解させ，次にこの溶液に化合物Xをあまり溶かさない溶媒Bを加える．すると溶解度が変化し，溶解していた化合物Xが析出する．

25℃における溶媒A，溶媒B，化合物Xからなる飽和溶液中の各成分の重量比(%) を表1に示す．

表1.　飽和溶液中の各成分の重量比(%)

溶媒 A	溶媒 B	化合物 X
80.0	0.0	20.0
75.0	15.0	10.0
60.0	35.0	5.0
49.5	49.5	1.0
39.5	60.0	0.5

46.　表1の値を用い，溶媒A 100 gに化合物Xを飽和させた溶液に，溶媒Bを100 g加えたときに析出する化合物Xの重量に最も近いものは次のうちどれか．

a.　17 g
b.　19 g
c.　23 g
d.　25 g

III

物質が水に溶解した時，電離したものの割合を電離度という．強酸・強塩基は電離度が大きく，弱酸・弱塩基は電離度が小さい．従って，pH を測定する以外にも水溶液中で動きやすく電気を伝えやすい H^+の量は，電気の伝えやすさ（電導率）を測定することで知る事ができる．また，溶液の電導率は溶液中に存在するイオンの種類と数に依存するため，溶液の電導率を測定することにより，酸・塩基だけでなく広くイオン性物質の定量に応用することができる．この原理を用いた滴定手法を電導度滴定といい，横軸に滴下した溶液の体積，縦軸に電導率をとったグラフが得られる．

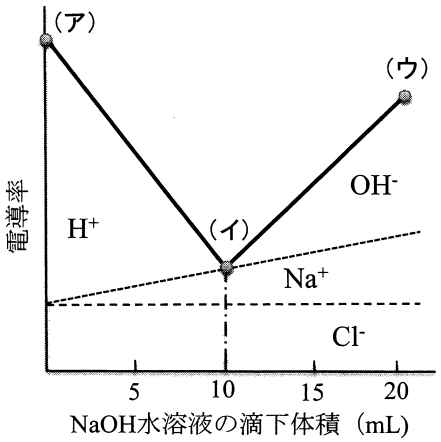
0.1 M の塩酸 100 mL を 1 M の NaOH 水溶液で電導度滴定した結果は，体積の増加を無視できると仮定すると，図 1 のグラフになる．線（ア）－（イ）－（ウ）は溶液の電導率の変化を示し，点（イ）が中和点であり，グラフには各イオンの電導率の寄与も示してある．中和点で，すべての H^+ は加えた OH^-と反応して中性の H_2O になるので，溶液の電導率に対する H^+と OH^-の寄与はなく，Na^+と Cl^-のみが寄与していることがわかる．この時，Na^+と Cl^-の濃度は等しいが，表 2 からもわかるように，電導率の寄与は Cl^-の方が大きい．

表 2.　水素イオンを 100 とした場合の各イオンの電導率に対する寄与

(参考：化学便覧より改変)

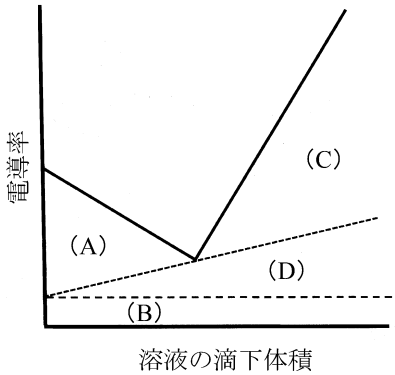
イオン	H^+	Na^+	Ag^+	Ba^{2+}	OH^-	Cl^-	NO_3^-	CH_3COO^-	SO_4^{2-}
比電導率	100	14	18	37	57	22	20	12	46

図 1.



47.　NaOH 水溶液を硝酸で電導度滴定したと推測できるグラフが図 2 である.（A）から（D）に当てはまるイオンは次のうちどれか.

図 2.



a.　（A）は OH^-,　（B）は Na^+,　（C）は NO_3^-,　（D）は H^+

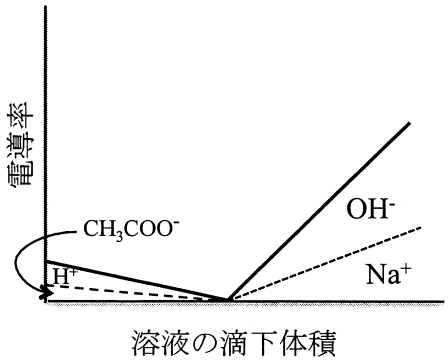
b.　（A）は OH^-,　（B）は Na^+,　（C）は H^+,　（D）は NO_3^-

c.　（A）は H^+,　（B）は NO_3^-,　（C）は OH^-,　（D）は NO_3^-

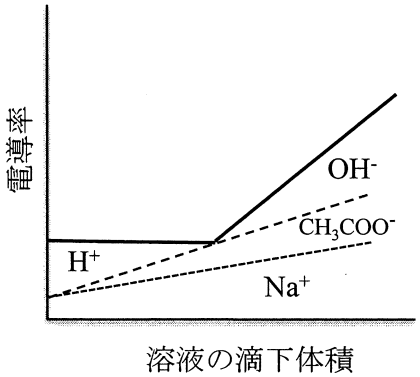
d.　（A）は H^+,　（B）は NO_3^-,　（C）は Na^+,　（D）は OH^-

48.　図1と同様に酢酸水溶液をNaOH水溶液で電導度滴定した結果にもっとも近いと推測できるグラフは次のうちどれか.

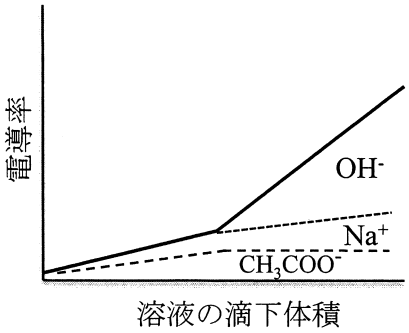
a.



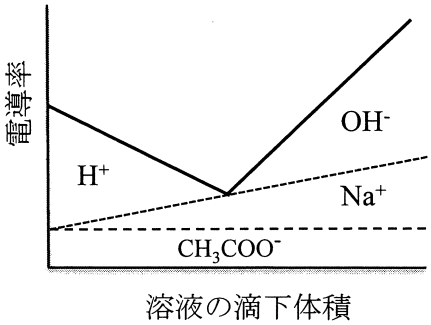
b.



c.



d.



49.　下記の水溶液中の反応のうち，電導度滴定ができる反応は次のうちどれか.

ア.　$Ba(OH)_2$ と Na_2SO_4
イ.　NH_4Cl と NaOH
ウ.　$CH_3(CH_2)_{14}COONa$ と HCl
エ.　$BaCl_2$ と $AgNO_3$

a.　イのみ
b.　イとウのみ
c.　アとエのみ
d.　アとイとウとエ

ナトリウム，マグネシウム，銀，バリウムのそれぞれの硝酸塩を 0.05 mol/Lずつ含む 4 種類の金属イオンの混合水溶液 200 mL について以下のような実験を行った(図 3).

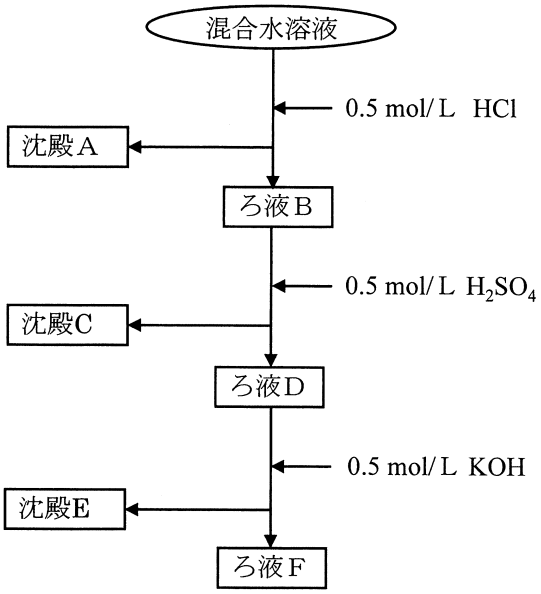
操作１ 溶液をかくはんしながら 0.5 mol/L HCl を加えていくと沈殿Aが生成した．新たな沈殿が生成しなくなるまで HCl を加え，沈殿Aをろ過して，ろ液 B を得た.

操作２ ろ液 B をかくはんしながら 0.5 mol/L H_2SO_4 を加えていくと沈殿Cが生成した．新たな沈殿が生成しなくなるまで H_2SO_4 を加え，沈殿Cをろ過して，ろ液Dを得た.

操作３ ろ液 D をかくはんしながら 0.5 mol/L KOH 水溶液を加えていくと沈殿 E が生成した．新たな沈殿が生成しなくなるまで KOH 水溶液を加え，沈殿 E をろ過して，ろ液 F を得た.

なお,「新たな沈殿が生成しなくなる」ことを確認するために必要な溶液の量は無視してよい.

図 3.



50. ろ液Ｂを蒸留水で希釈して 500 mL にした場合，この溶液中の硝酸イオンの濃度にもっとも近いのは次のうちどれか.

a. 0.05 mol/ L
b. 0.08 mol/ L
c. 0.12 mol/ L
d. 0.30 mol/ L

51. 操作３で使用した 0.5 mol/L KOH 水溶液の量にもっとも近いのは次のうちどれか.

a. 40 mL
b. 60 mL
c. 80 mL
d. 100 mL

52. 金属イオンの種類を１つだけ入れ替えて同様の実験を行ったとする．以下の記述のうち正しいものはどれか.

a. 銀の代りに鉛 (Pb^{2+}) を用いると，沈殿Ａは鉛を含む２種類の金属塩の沈殿になる.
b. バリウムの代りに亜鉛を用いると，実験操作１～３を通じて亜鉛は沈殿しない.
c. ナトリウムの代りに鉄 (Fe^{3+}) を用いると，ろ液Ｆ中に金属イオンは残らない.
d. マグネシウムの代りにカルシウムを用いると，操作２で必要な H_2SO_4 の量が増える.

1.0 M の硫酸銅水溶液 100 mL に白金電極を入れ, 2 A の電流で電気分解すると, 金属銅が析出し, 酸素が発生した. 析出した銅の半分を取って過剰の酸素存在下で燃焼すると 1.6 g の黒い固体が得られた.
（Cu の原子量 = 64, O の原子量 = 16, ファラデー定数 $F = 96500$ C/mol とする）

53. 電流を流した時間と電気分解後の硫酸銅水溶液の濃度の正しい組み合わせは次のうちどれか.

a. 64 分 20 秒と 0.6 M
b. 64 分 20 秒と 1.2 M
c. 128 分 40 秒と 0.8 M
d. 128 分 40 秒と 1.6 M

生　物

問題(61 − 75)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　(99)　⊂a⊃　⊂b⊃　■　⊂d⊃

I

遺伝子本体の解明や DNA 構造，突然変異などについての以下の文章を読み，問いに答えよ．

メンデルがエンドウ豆の交配実験から導きだしたエレメント（のちに遺伝子）は，その後，サットン，モーガンらによって染色体に存在することが明らかになった．そして次なる疑問，すなわち遺伝子とはどんな物質か，どんなはたらきをもつのか，を明らかにしようと，研究者たちが取り組んだ．

1869 年，細胞の成分を研究していた（ ア ）は，膿に含まれる細胞の核に，タンパク質ではない新しい物質を発見し，ヌクレインと名付けた．のちのデオキシリボ核酸（DNA）である．その後，この物質が腎臓や肝臓，精巣にも含まれることを見いだした．染色体のおもな成分がタンパク質と DNA であることから，そのどちらかが遺伝子の本体であると考えられた．

1928 年，（ イ ）は興味深い研究結果を得た．遺伝子の本体の解明は，肺炎の病原菌，肺炎双球菌の研究が糸口となった．肺炎双球菌には，被膜をもたない R 型と被膜をもつ S 型がある．この２つは遺伝的形質であり，通常，R 型から S 型，S 型から R 型に変わることはない．また R 型菌には病原性が（ カ ）が，S 型には病原性が（ キ ）．（ ク ）型菌を煮沸殺菌し注射しても，ネズミは発病しないが，これを生きた（ ケ ）型菌とまぜた後に注射すると発病した．このネズミの体内で増殖した菌を調べると（ コ ）型菌が見つかった．これは生きている（ サ ）型菌が，煮

沸殺菌により死んだ（ ク ）型菌から何らかの影響を受け，形質が変化したものと考えた．

その後，（ ク ）型菌の抽出物を（ ケ ）型菌に加えるだけで菌の形質が変化することが分かった．そこで（ ウ ）は1944年，（ ク ）型菌の抽出物を分析し，さらに遺伝物質の本体を突き止めようとした．DNA分解酵素やタンパク質分解酵素を処理した（ ク ）型菌の抽出物を（ ケ ）型菌に加えると，（ シ ）で処理したものは（ ク ） 型菌の形質が出現せず，（ ス ）で処理したものは形質が出現して，その形質は代々遺伝した．この結果から，菌の遺伝形質を変化させたものはDNAであると結論した．このような細菌の遺伝的形質の変化は（ セ ）といわれる．

さらに1952年，（ エ ）と（ オ ）が細菌に感染するウィルスであるバクテリオファージを用いた実験により，やはり遺伝物質がDNAであることを示し，ようやくDNAこそが遺伝子の本体であることが広く受け入れられるようになった．

以上のような多くの研究者の努力により，遺伝子の本体がDNAであることが明らかとなった．次に研究者たちが注目したのはDNAの構造や機能である．その代表が1953年にワトソンとクリックの提唱したDNAの2重らせんモデルである．DNAはどの生物でも共通の構造をもつ．塩基とデオキシリボースとリン酸がヌクレオチドと呼ばれる単位となり，それが多数繋がって鎖を形成し，その鎖2本がらせん状にねじれている．らせんの中央部では一方の鎖の塩基がもう一方の鎖の塩基と相補塩基対をなすことで2重らせんとなる．塩基はA, C, G, Tの4種類であるが，それらの並び方や数により多くの組み合わせが可能で，遺伝子と呼ばれる多数の遺伝情報単位を形成する．ヒトの体細胞DNAは約60億もの塩基対が2万〜3万種もの遺伝子を形成し，それぞれの遺伝子の塩基配列がヒトとして生きるのに必要なあらゆるタンパク質をつくるための情報となる．ある一つの遺伝子は特定のタンパク質を作る情報である．従って遺伝子の4つの塩基の配列が乱れると，特定のタンパク質が作れなくなったり，異常なタンパク質をつくることになる．これが突然変異である．

61.　文章中に書かれている遺伝子の本体を探る研究を行った研究者名（ ア ）～（ オ ）として，適切な人名の組み合わせ（順不同）は次のうちどれか.

a. アベリー (エイブリー)，グリフィス，チェイス，ハーシー，ミーシャー
b. グリフィス，チェイス，ハーシー，フランクリン，ミュラー
c. アベリー (エイブリー)，グリフィス，チェイス，フック，ミュラー
d. アベリー (エイブリー)，チェイス，ハーシー，フック，ミーシャー

62.　文章中の（ カ ），（ キ ），（ シ ），（ ス ）に入る語句として，最も適切な組み合わせは次のうちのどれか.

a.（ カ ）ある（ キ ）ない（ シ ）DNA 分解酵素（ ス ）タンパク質分解酵素
b.（ カ ）ない（ キ ）ある（ シ ）DNA 分解酵素（ ス ）タンパク質分解酵素
c.（ カ ）ある（ キ ）ない（ シ ）タンパク質分解酵素（ ス ）DNA 分解酵素
d.（ カ ）ない（ キ ）ある（ シ ）タンパク質分解酵素（ ス ）DNA 分解酵素

63.　文章中の（ ク ），（ ケ ），（ コ ），（ サ ），（ セ ）に入る語句として，最も適切な組み合わせは次のうちのどれか.

a.（ ク ） S （ ケ ） R （ コ ） S （ サ ） R （ セ ）形質転換
b.（ ク ） R （ ケ ） S （ コ ） S （ サ ） R （ セ ）形質転換
c.（ ク ） S （ ケ ） R （ コ ） R （ サ ） S （ セ ）形質発現
d.（ ク ） R （ ケ ） S （ コ ） R （ サ ） S （ セ ）形質発現

64. さまざまな生き物の DNA には A，C，G，T の塩基があるモル数の割合で含まれる．その割合がほぼ 1 になるのは次のうちどれか.

a. $\frac{G+C}{A+T}$　b. $\frac{A}{G}$　c. $\frac{C+T}{A+G}$　d. $\frac{A}{C}$

DNA の塩基対間の距離は 0.34 nm（1 nm = 10^{-9} m）であり，ヌクレオチドの平均分子量（分子量は分子の重さ）は約 300 である．大腸菌 DNA は分子量 2.4×10^{9} の環状分子であり，1 遺伝子の平均塩基対数が 1000 塩基対程度だといわれている.

65. 大腸菌はおよそ何個の遺伝子をもつことになるか．また大腸菌の DNA が直鎖状だとすると全長はどの程度に相当するか，最も近い値の組み合わせは次のうちどれか.

a. 遺伝子数　4000　全長の長さ　0.0015 m
b. 遺伝子数　8000　全長の長さ　0.003 m
c. 遺伝子数　4000　全長の長さ　0.15 m
d. 遺伝子数　8000　全長の長さ　2 m

大腸菌の細胞は栄養を含む寒天培地上で増殖を繰り返し，コロニーとよばれる細胞集団を形成する．培養液を薄めて栄養寒天培地上に広げ，生じたコロニーを数えれば，培養液中の生細胞数を知ることができる．一方，栄養を含む寒天培地にストレプトマイシン（以下，Sm とする）という抗生物質を加えるとほとんどの細胞は Sm の作用により死ぬが，なかには増殖しコロニーを形成するものがある．これが突然変異細胞のコロニーである．これらの操作により，培養液 1 mL あたりの生細胞数と突然変異細胞数が算出でき，突然変異細胞数を生細胞数で割ることで突然変異頻度が算出できる．

紫外線には殺菌作用があることが知られている．この殺菌作用は紫外線エネルギーが DNA に吸収されて塩基に傷害を与え，細胞が死ぬことによる．また生き残った細胞にも，この塩基の傷害が原因で突然変異が生じることがある．以下は大腸菌に紫外線を照射し，生細胞数と突然変異細胞数，突然変異頻度の変化を調べた実験である．

紫外線非照射の大腸菌の培養液 1 mL から 0.1 mL をとって生理食塩水 9.9 mL と混ぜ，よくかくはんした後にそのうちの 0.1 mL を更に新しい生理食塩水 9.9 mL に混合した．さらにその 0.5 mL を生理食塩水 4.5 mL と混ぜ，かくはんの後，そのうちの 0.1 mL を栄養寒天培地上に塗り広げた．また，紫外線非照射の培養液から直接 0.5 mL をとり，これを Sm 含有栄養寒天培地上に塗り広げた．それらの培地を 37°C で培養したところ，栄養寒天培地上に 260 個のコロニーが，Sm 含有栄養寒天培地上には 13 個のコロニーが生じた．紫外線を照射した大腸菌の培養液についても同様の操作を行ったところ，栄養寒天培地上に 64 個のコロニーが，Sm 含有栄養寒天培地上には 1472 個のコロニーが生じた．

66. この結果から，紫外線非照射の培養液 1 mL あたりに何個の生細胞と突然変異細胞がいたことになるか，最も適切な細胞数の組み合わせは次のうちどれか．

a. 生細胞数 2.6×10^{5} 突然変異細胞数 26
b. 生細胞数 2.6×10^{6} 突然変異細胞数 13
c. 生細胞数 2.6×10^{7} 突然変異細胞数 13
d. 生細胞数 2.6×10^{8} 突然変異細胞数 26

67. 実験で用いた照射線量の紫外線により，大腸菌の突然変異頻度は非照射の場合に比べて約何倍高くなったか，最も適切なものは次のうちどれか.

a. 46 倍
b. 100 倍
c. 460 倍
d. 1000 倍

II

生物が生きていくためには外部から何らかの物質を体内に取り入れる必要がある．それらの物質は，生きていくためのエネルギー源となるもの，体の構成成分となるもの，体のはたらきを調節するものなどである．基本的にヒトが取り入れる食物は他の生物であるが，他の生物の物質をそのまますぐに利用できるわけではない．その理由のひとつは，口から消化管に入った食物のうち，大きな分子は消化管の細胞の細胞膜を通過することができないということである．そのため食物は消化管内で小さな分子に分解される．分解された小さな分子は消化管の細胞膜を通過して細胞内に入る．さらに細胞から外に出て血管内に入り，血液の流れによって全身に運ばれる．また仮に大きな分子のまま血管内に入ったとしても，他の生物の構成分子とヒトの構成分子では構造が異なるため，その分子をそのまま利用することはできない．たとえばウシの肉を食べた際，ウシの筋肉に含まれるタンパク質の構造はヒトの筋肉のタンパク質の構造とは若干異なり，ヒトの筋肉をウシの筋肉のタンパク質で置き換えて筋肉をはたらかせることはできない．食物として消化管に入ったタンパク質は，消化酵素によりアミノ酸に分解され，消化管の細胞内に吸収される．さらにアミノ酸は細胞を通り抜けて毛細血管内に入る．血液中に入ったアミノ酸は全身をめぐり，必要に応じて体の細胞内に取り込まれ，アミノ酸どうしが結合してタンパク質を合成するのに使われる．主なアミノ酸は20種類あり，アミノ酸の種類，数，並び方によってタンパク質の種類が決まる．どの細胞でどのような種類のタンパク質が合成されるかは，DNAの塩基配列に基づいて行われる．

また食物の消化は，神経系により促される．食物が胃に入ると，胃はその情報を脳に伝え，脳は（ A ）の（ B ）を介して胃のぜんどう運動を促進する．この場合，意思とは無関係に（ B ）がはたらき，胃の中の食物の消化を促進する．

食物に含まれる炭水化物（糖類）は，消化管でブドウ糖等の単糖に分解され，消化管の細胞に吸収され，毛細血管へと入る．血液中のブドウ糖の量（血糖値）は，いろいろなホルモンや自律神経系の協調により，通常0.1%になるように調節されている．

68.　ヒトの消化酵素のうち，タンパク質，炭水化物，脂肪を分解する消化酵素をひとつずつ含む組み合わせは次のうちどれか.

a.　アミラーゼ，ラクターゼ，リパーゼ
b.　ペプシン，　ペプチダーゼ，マルターゼ
c.　スクラーゼ，リパーゼ，カタラーゼ
d.　アミラーゼ，リパーゼ，トリプシン

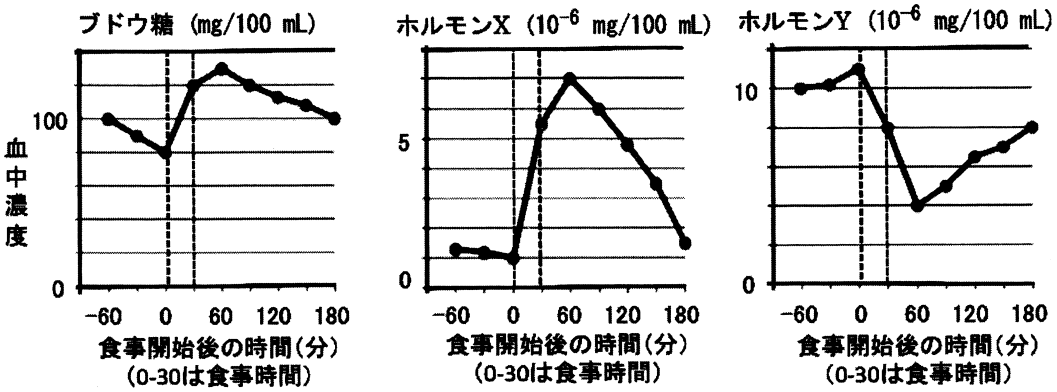
69.（ A ），（ B ）に入る適切な語の組み合わせは次のうちどれか.

a.（ A ）中枢神経　（ B ）運動神経
b.（ A ）自律神経　（ B ）反射神経
c.（ A ）自律神経　（ B ）副交感神経
d.（ A ）末梢神経　（ B ）交感神経

70.　血糖値の調節には複数のホルモンが関与している．血糖値の調節に関わるホルモンの組み合わせとして<u>適切でないもの</u>は次のうちどれか.

a.　インスリン，成長ホルモン
b.　グルカゴン，アドレナリン
c.　グルカゴン，糖質コルチコイド
d.　チロキシン，アセチルコリン

下図は，食事前後の約４時間にわたって測定された血中のブドウ糖濃度と血糖値の調節に関わるホルモンX，ホルモンYの血中濃度を示したグラフである．空腹時に減少した血糖値は 30 分間の食事により食事開始後 60 分まで上昇し，その後，2 時間にわたり減少し，通常の血糖値にもどる．この血糖値の調節にはホルモンX，ホルモンYなどの分泌が重要なはたらきを担う．



血糖値の調節に関わる中枢は（ C ）に存在する．食事の後，血糖値が上昇した血液が（ C ）に流入すると，血糖値の変化が（ B ）を介して，（ D ）のランゲルハンス島を刺激し，ホルモンXの分泌が促進される．このはたらきによって，ブドウ糖の細胞内への取り込みが促進され，エネルギー源として活用される．またホルモンXは，肝臓，筋肉においてブドウ糖を（ E ）に変える．その結果，血糖値は低下する．

71. このホルモンXとして最も適切な名称は次のうちのどれか．

a. グルカゴン
b. 成長ホルモン
c. インスリン
d. グリコーゲン

72. （ C ），（ D ），（ E ）に入る適切な語の組み合わせは次のうちどれか.

a. （ C ）脳下垂体　（ D ）副腎髄質　（ E ）グリコーゲン
b. （ C ）脳下垂体　（ D ）すい臓　　（ E ）乳酸
c. （ C ）視床下部　（ D ）副腎皮質　（ E ）脂肪
d. （ C ）視床下部　（ D ）すい臓　　（ E ）グリコーゲン

73. 図中のホルモンＹは交感神経系を経て血糖値の情報が伝えられ，ホルモンＸとは異なる器官の内分泌腺から分泌される．ホルモンＹとして最も適切な名称は次のうちのどれか.

a. アドレナリン
b. アセチルコリン
c. グルカゴン
d. チロキシン

糖尿病は，いくつかの原因によって起こる病気であるが，発症すると血液中のブドウ糖の濃度が高い状態に維持される．そしてその濃度が腎臓でのブドウ糖の再吸収の能力を超えると，結果的に尿中にブドウ糖が排出されるようになる．このような，体でホルモンが十分にできないとき起こる病気の治療方法のひとつとして，患者にホルモンを投与して外部から補う方法がある．以下はタンパク質ホルモンをヒトの病気の治療に使う際の説明である．

（１）ウシやブタのホルモンのアミノ酸配列は，ヒトのホルモンのアミノ酸配列と多少異なっていても，受容体に結合すれば効果がある．
（２）しかしウシ，ブタなどのホルモンを長期間使用すると抗原抗体反応による副作用が出ることがある．それはこれらのホルモンが異物と認識され，抗原となるためである．
（３）ヒトのホルモンの遺伝子を大腸菌内に組み込み，遺伝子工学的につくった組換えホルモンは，そのアミノ酸配列がヒトのホルモンのアミノ酸配列と同じであるので吸収されやすく，口から飲んでも効果がある．
（４）遺伝子工学的にタンパク質を作る場合，遺伝子を組み込む生物によって，できるタンパク質の性質も異なってくる．大腸菌，昆虫の培養細胞，ほ乳類の培養細胞などの真核生物を活用することによって複雑な構造のタンパク質の合成が可能となる．

74. タンパク質ホルモンをヒトの病気の治療に使う際の説明として，誤っているものの組み合わせは次のうちどれか．

a. （１）と（２）
b. （２）と（３）
c. （３）と（４）
d. （２）と（４）

75.　削除