No.000001

受験番号					

学習能力考査

自 然 科 学

資料及び問題
指示

係りの指示があるまでは絶対に中を開けないこと

0. （アンケートをしたら数学+物理の組み合わせが一番多かったです）
1. この考査は,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になります。
3. いずれの分野も資料と 13 の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。
4. 考査時間は,「考査はじめ」の合図があってから正味 70 分です。
5. 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。
6. 選んだ分野と答えはすべて,解答用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。
7. もしなにか書く必要のあるときには,必ずこの冊子の余白を用い,解答用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。
8. 「考査やめ」の合図があったらただちにやめて,この冊子と解答用カードとを係りが集め終わるまで待ってください。集める前に退場したり用紙をもちだすことは,絶対に許されません。
9. 指示について質問があるときは,係りに聞いてください。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」を解答用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<u>一つだけ</u>選び，解答用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　(14)　a　b　　d

I

2 次方程式

$$x^2 + bx + c = 0 \qquad\qquad (1)$$

は実数 b, c の値によって実数解をもつ場合ともたない場合がある．実数 b, c の値を任意に選んだとき，方程式 (1) が実数解をもつ割合ともたない割合はどちらが大きいだろうか．

方程式 (1) の判別式は $D = b^2 - 4c$ である．横軸に b，縦軸に c をとる座標平面に放物線

$$c = \frac{1}{4}b^2$$

を描く．いま，b, c を $-k \leqq b \leqq k$, $-k \leqq c \leqq k \quad (k > 0)$ の範囲で考えよう．次頁の図 1 で，一辺の長さが $2k$ の正方形 ABCD の面積を S_1，斜線部の面積を S_2 とする．b, c を上の範囲で動かすとき，2 次方程式 (1) が実数解をもつ割合は

$$\frac{S_2}{S_1}$$

と考えられる．図からもわかるように，k の値をどんどん大きくすれば，方程式 (1) が実数解をもつ割合も大きくなっていく．

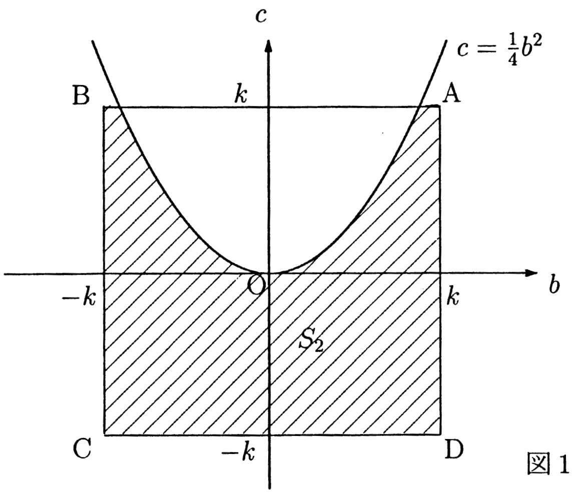


図 1

1. $k \geqq 4$ とする．2 次方程式 (1) が実数解をもつ割合が $\dfrac{5}{6}$ となる k の値は次のどれか．

a. 8

b. 16

c. 32

d. 64

2. $k = 2$ とする．方程式 (1) が実数解をもつ割合 $\dfrac{S_2}{S_1}$ は次のどれか．

a. $\dfrac{3+\sqrt{2}}{3}$

b. $\dfrac{3+\sqrt{2}}{6}$

c. $\dfrac{7}{12}$

d. $\dfrac{7}{10}$

3.　$x^2+bx+c=0\quad(-k \leqq b \leqq k,\ -k \leqq c \leqq k,\ 0<k)$ が実数解をもつ割合 $\dfrac{S_2}{S_1}$ は k の関数 $y=f(k)$ となる．その関数のグラフとして最も適切なのは図 2 のうちのどれか．

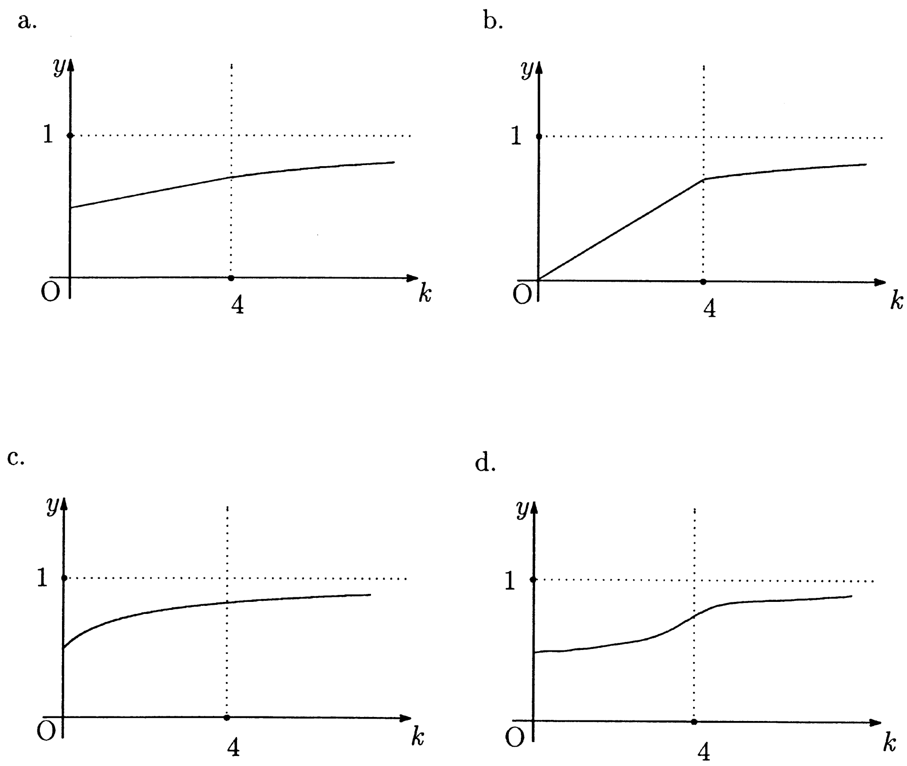


図 2

次に2次関数の接線を使って，平方根 $\sqrt{C}$ (C は正の有理数) を有理数で近似してみよう．2次関数

$$y = f(x) = x^2 - C \qquad (2)$$

のグラフと x 軸との一つの交点の x 座標が $\sqrt{C}$ である．たとえば $\sqrt{C} < x_0$ である有理数 x_0 をとり，放物線 $y = x^2 - C$ 上の点 $(x_0, f(x_0))$ における接線と x 軸との交点の x 座標を x_1 とすると，x_1 は有理数であり，$\sqrt{C} < x_1 < x_0$ をみたす（図 3）．

次に，点 $(x_1, f(x_1))$ における接線をとり，その接線と x 軸との交点の x 座標を x_2 とする．この操作を繰り返していくと $\sqrt{C}$ に近づく有理数の列

$$x_0 > x_1 > x_2 > \cdots > x_n > \cdots$$

が得られる．このように接線を描いて $\sqrt{C}$ の近似値を求めていく方法をニュートン法という．

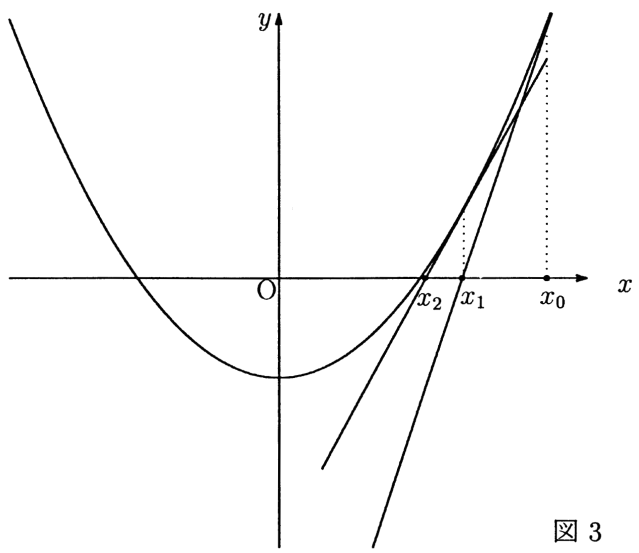


図 3

$\sqrt{C}$ に近づく有理数の列 $x_0, x_1, x_2, \cdots$ は，必ずしも $\sqrt{C} < x_0$ である x_0 から出発しなくてもよい．また，x_0 のとり方によっては上のように単調減少あるいは単調増加の数列とはならない場合もある．

4. 上記のニュートン法によって $\sqrt{5}$ に近づく有理数の列 $x_0, x_1, x_2, \cdots$ を考える．このとき，x_j と x_{j+1} の関係で正しいのは次のどれか．

a. $x_j x_{j+1} = {x_j}^2 + 5$

b. $2x_j x_{j+1} = {x_j}^2 + 5$

c. $x_j x_{j+1} = {x_j}^2 + 10$

d. $2x_j x_{j+1} = {x_j}^2 + 10$

ニュートン法は高次方程式の解の近似値を求めるのにも有効である．実数係数の 3 次方程式

$$ax^3 + bx^2 + cx + d = 0 \quad (a \neq 0) \qquad (3)$$

の実数解の近似値を求めてみよう．

$f(x) = ax^3 + bx^2 + cx + d$ とおく．関数 $y = f(x)$ のグラフの概形は導関数 $f'(x)$ を調べることでわかり，(3) の実数解 α はこのグラフと x 軸との交点の x 座標として与えられる．そこで，平方根 $\sqrt{C}$ の近似値を求めたときと同様に，このグラフ上のある点 $(x_0, f(x_0))$ における接線と x 軸との交点の x 座標を x_1 と名付け，次に点 $(x_1, f(x_1))$ における接線と x 軸との交点の x 座標を x_2 と名付けていく．この操作を繰り返すことで，α に近づく実数の列 $x_0, x_1, x_2, \cdots$ を選ぶことができる．

ただし，出発の値 x_0 を<u>適切にとらないと</u>実数の列 $x_0, x_1, x_2, \cdots$ が一定の値に近づかなかったり，α でない別の値に近づいていってしまうかもしれない．

5. 3 次方程式 $4x^3 + 6x^2 - 1 = 0$ は異なる 3 つの実数解をもつ．その最大の実数解を α とする．ニュートン法によって α の近似値を確実に求めたいとき，最初の数 x_0 を選ぶ範囲として最も適切なものは次のどれか．

a. $-2 < x_0 < -1$

b. $-1 < x_0 < 0$

c. $-1 < x_0 < 2$

d. $0 < x_0 < 1$

6. 3次方程式　$2x^3 - 3x^2 + 10 = 0$ はただ一つの実数解 α をもつ．ニュートン法により α に近づく実数の列 $x_0, x_1, x_2, \cdots$ を考える．(x_0, x_1, x_2) の組として適切なものは次のどれか．

a. $\left(-2,\ -\dfrac{3}{2},\ -\dfrac{121}{90}\right)$

b. $\left(-2,\ -\dfrac{3}{2},\ -\dfrac{101}{90}\right)$

c. $\left(2,\ \dfrac{3}{2},\ \dfrac{121}{90}\right)$

d. $\left(2,\ \dfrac{3}{2},\ \dfrac{101}{90}\right)$

II

2007年はバーゼル(スイス)生まれの18世紀最大の数学者レオンハルト・オイラー(Leonhard Euler)の生誕300周年であった.

オイラーはロシア科学アカデミー(サンクトペテルブルグ)やベルリン科学アカデミーの会員として研究に従事した. 50歳でほぼ視力を失っても, 精力的な研究は衰えずに続いた. その一生のうちに500以上の書物および論文を出版し, その死後も半世紀間, 彼の論文は刊行され続けた. オイラー全集は75巻に達しようとしているが, 今も未完である.

「人が息をするように, 鷲(わし)が空を舞うように, オイラーは計算した.」(アラゴー) とオイラーを評する言葉が残っている.

$y = \tan x$ $(-\frac{\pi}{2} < x < \frac{\pi}{2})$ のとき, x を y であらわした関数を $x = \arctan y$ と書く.
次はオイラーが導いた数ある公式の一つである.

$$\frac{\pi}{4} = \arctan\frac{1}{2} + \arctan\frac{1}{3}$$

この公式は $\tan x$ についての加法定理

$$\tan(u+v) = \frac{\tan u + \tan v}{1 - \tan u \tan v}$$

から得られる.

7. 次の正接の値の組で正しいのはどれか.

a. $\tan\frac{\pi}{12} = 2 - \sqrt{3}, \quad \tan\frac{\pi}{8} = \sqrt{2} - 1$

b. $\tan\frac{\pi}{12} = 1 - \frac{1}{\sqrt{3}}, \quad \tan\frac{\pi}{8} = \sqrt{2} - 1$

c. $\tan\frac{\pi}{12} = 2 - \sqrt{3}, \quad \tan\frac{\pi}{8} = 1 - \frac{1}{\sqrt{2}}$

d. $\tan\frac{\pi}{12} = 1 - \frac{1}{\sqrt{3}}, \quad \tan\frac{\pi}{8} = 1 - \frac{1}{\sqrt{2}}$

複素数は, 2 次方程式の解を表すために導入された．複素数は $a+bi$ と表されるが，虚数単位を i と書くのもオイラーが使用してから定着したようである．複素数 $a+bi$ を $a+ib$ と記すことがしばしばある．

複素数 $z=x+yi$ (x, y は実数) に対して, x を z の実部, y を z の虚部とよび, それぞれ $\mathrm{Re}\, z$, $\mathrm{Im}\, z$ と記す．$\mathrm{Im}\, z \neq 0$ のとき, z を虚数ということがある．

複素数の加法，減法，乗法は，i を文字のように考えて計算し，i^2 が出てくれば，それを -1 でおきかえる．また, $\bar{z}=x-yi$ を z の共役複素数, $|z|=\sqrt{z\bar{z}}=\sqrt{x^2+y^2}$ を z の絶対値とよぶ. 複素数の除法は分母と共役な複素数を分母と分子にかければよい．

たとえば, $|\cos\theta+i\sin\theta|=1$ である．また, 2 つの複素数 z, w について $|zw|=|z|\cdot|w|$ が成立する．

8. 実数係数の 2 次方程式 $ax^2+bx+c=0$ $(a\neq 0)$ の解と係数に関する次の命題のうち, 誤っているものはどれか.

a. 解が 2 つとも虚数であれば, $\dfrac{c}{a}>0$ が成り立つ.

b. 解が 2 つとも実数であれば, $\dfrac{b^2}{a^2} \geqq \dfrac{4c}{a}$ が成り立つ.

c. $\dfrac{c}{a}<0$ ならば, 実数解をもつ.

d. $\dfrac{b}{a}<0$ ならば, 虚数解をもつ.

9. $z=\dfrac{\sqrt{3}+i}{2}$ とするとき, 正しいのは次のどれか.

a. $\dfrac{1}{z}=\sqrt{3}-i,\quad \overline{z}^2=\dfrac{1-\sqrt{3}i}{2}$

b. $\dfrac{1}{z}=\dfrac{\sqrt{3}-i}{2},\quad \overline{z}^2=\dfrac{1-\sqrt{3}i}{2}$

c. $\dfrac{1}{z}=\sqrt{3}-i,\quad \overline{z}^2=\dfrac{2+\sqrt{3}i}{2}$

d. $\dfrac{1}{z}=\dfrac{\sqrt{3}-i}{2},\quad \overline{z}^2=\dfrac{2+\sqrt{3}i}{2}$

10. $z^2 = -\dfrac{1}{z}$ をみたす複素数 z $(z \neq -1, 0)$ について, 正しいのは次のどれか.

a. $z + \dfrac{1}{z} = 1, \qquad z - \dfrac{1}{z} = 1 \pm \sqrt{3}i$

b. $z + \dfrac{1}{z} = -1, \quad z - \dfrac{1}{z} = 1 \pm \sqrt{3}i$

c. $z + \dfrac{1}{z} = 1, \qquad z - \dfrac{1}{z} = \pm\sqrt{3}i$

d. $z + \dfrac{1}{z} = -1, \quad z - \dfrac{1}{z} = \pm\sqrt{3}i$

11. 複素数 α, z について, $|z| = 1$ であるとき, $|z - \alpha|$ に常に等しいのは次のどれか.

a. $|1 - \alpha\overline{z}|$

b. $|1 - \alpha|$

c. $|1 - \alpha z|$

d. $|1 - \overline{\alpha}|$

実数が数直線上の点と同一視されるように，複素数も平面上の点との1対1対応により幾何学的に理解することができる．複素数を表す平面を複素平面とよぶ．より詳しくは，複素数 $z = x + yi$ は，その実部と虚部の組である平面上の点 (x, y) と同一視される．したがって，実数は x 軸上の点と同一視され，虚数 i は点 $(0, 1)$ と同一視される（図 4）．

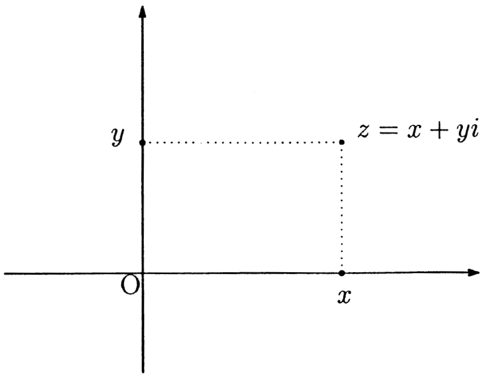


図 4

複素数は，2次方程式や高次方程式の解法の中で，徐々にその実在が明らかになり，複素数を平面上の点と対応させて理解することは，ノルウェーのヴェッセルの論文 (1797年) やスイスのアルガンの小冊子 (1806年) に見られる．しかしながら，複素数の幾何学的解釈が広く普及するのは，ガウスが代数学の基本定理 (すべての1変数の代数方程式には，複素数解が少なくとも一つは存在するという事実) の4通りの証明の中でそれを利用したことによっている．複素平面をしばしばガウス平面とよぶ所以（ゆえん）である．

複素数 α $(\alpha \neq 0)$ と実数 c に対して，

$$\mathrm{Re}(\alpha z) = c$$

をみたす $z = x + yi$ の全体は直線をなすことがわかる．逆に，複素平面上の直線は，この形に表せることが知られている．

12. 複素数 $\alpha = a + bi$ $(a \neq 0, b \neq 0, b \neq \pm a)$ と実数 c 対して, $\mathrm{Re}(\alpha z) = c$ が表す直線 ℓ について正しいのは次のどれか. ただし, $\alpha, \overline{\alpha}$ はそれぞれ平面上の点 P, $\overline{\mathrm{P}}$ に対応するとし, 原点を O とする.

a. 直線 ℓ は, OP に平行である.

b. 直線 ℓ は, $\mathrm{O\overline{P}}$ に平行である.

c. 直線 ℓ は, OP に垂直である.

d. 直線 ℓ は, $\mathrm{O\overline{P}}$ に垂直である.

13. 複素数 $\alpha = \cos\theta + i\sin\theta$, $\beta = \cos\varphi + i\sin\varphi$ が, 平面上の点 P, Q にそれぞれ対応するとする. また, β の共役複素数 $\overline{\beta}$ に対応する点を $\overline{\mathrm{Q}}$, 原点を O とする. また, 線分 PQ の長さを同じ PQ で記すことにする. このとき, θ, φ の選び方によらず, 値 $\mathrm{Re}(\alpha\overline{\beta})$ と等しいのは次のどれか.

a. PQ

b. $\mathrm{P\overline{Q}}$

c. $\cos\angle\mathrm{POQ}$

d. $\cos\angle\mathrm{PO\overline{Q}}$

参考文献：

E. ハイラー, G. ワナー著, 蟹江幸博訳, 「解析教程」上, シュプリンガー・フェアラーク東京 (1997).

V.J. カッツ 著, 上野健爾・三浦伸夫 監訳, 「カッツ数学の歴史」, 共立出版 (2005).

吉田武 著,「オイラーの贈物」, 筑摩書房 (2004)

（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，解答用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　(34)　⊂a⊃　⊂b⊃　■　⊂d⊃

I

ガリレオ (1564-1642) が寺院の天井からつり下げられている灯の振動をみて，その周期が一定であること（「振り子の等時性」）を発見したとき，自分の脈拍を使ってその周期を調べたといわれている．しかし，当時すでに音の「うなり」現象を用いて，周期あるいは振動数のもっと精度の良い測定法がとられていた．

21.　振動数 440Hz のおんさ（音叉）と振動数不明のおんさとがあるとき，両者を同時に振動させると，1 秒間に 2 回のうなりを生じたとする．振動数不明のおんさにおもりを貼付けると，うなりの回数が減少した．このおんさのもともとの振動数に最も近いものは次のどれか．

a.　220 Hz
b.　438 Hz
c.　442 Hz
d.　880 Hz

今日では，空気の影響が無視できれば，物体はその質量に関係なく同じ速さで落下することは誰でも知っている．しかしながら，ガリレオの時代には，重い物体ほど速く落下する，というアリストテレス学派の考え方が優勢であった．ガリレオは以下のような議論でアリストテレス学派の考え方が誤っていることを指摘した．すなわち，アリストテレス学派の考え方によれば，図1のように，重い物体を下に，軽い物体を上にしてひもで連結すると，それぞれの落下速度が質量に応じて異なるので，下の重い物体は上の軽い物体に引っ張られて速さが小さくなり，上の軽い物体は下の重い物体に引っ張られて速さが大きくなる．したがって全体では(　ア　)落下するはずである．しかし，この連結された物体を一つのかたまりと見なすと，質量が加算されるので，アリストテレス学派の考え方によれば，そのかたまりは(　イ　)落下する．このようにして，論理的に導かれた結果が矛盾していることを示し，その前提が誤っていることを指摘したのである．

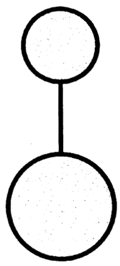


図1

22.　文中の(　ア　)と(　イ　)に入る語句の組み合わせとして適切なものは次のどれか．

a.　(ア) それぞれを単独に落としたときの速さの中間の速さで
　　(イ) それぞれを単独で落としたときの速さと比べ，もっと速く

b.　(ア) それぞれを単独に落としたときの速さの中間の速さで
　　(イ) それぞれを単独に落としたときの速さと比べ，もっと遅く

c.　(ア) それぞれを単独に落としたときの速さと比べ，もっと遅く
　　(イ) それぞれを単独に落としたときの速さと比べ，もっと速く

d.　(ア) それぞれを単独に落としたときの速さと比べ，もっと速く
　　(イ) それぞれを単独に落としたときの速さの中間の速さで

23.　ガリレオは，実際にピサの斜塔で物体の落下実験を行ったといわれている．44m の高さから物体を静かに落下させたとき，空気の抵抗を無視すれば，地面に落ちるまでにかかる時間に最も近いものは次のどれか．

a.　2秒

b.　3秒

c.　4秒

d.　5秒

II

ここで，てこの釣り合い (図 2) とシリンダー中の液体の釣り合い (図 4) とを，仕事という観点から考察する．

まず，物体の位置の変化を「変位」と呼ぶ。物体が力の作用のもとにあって，力の方向に変位したとき，その力の大きさと変位の大きさをかけたものが仕事であり，この仕事によって物体は変位の方向に加速する．もし，力の方向と変位が逆向きである場合には，力の大きさと変位の大きさをかけたものに負号をつけたものが仕事であり，物体は変位の方向には減速する．

物体が大きさをもっているときには，物体が力を受ける点（これを「作用点」と呼ぶ）の変位と力によって仕事を定義する．すなわち，力の方向に作用点が変位したならば，その力の大きさと変位の大きさをかけたものが仕事である．力の方向と作用点の変位が逆向きならば負号をつける．

いくつかの力の作用のもとにあって静止している物体をわずかに動かしたときに，それぞれの力による仕事の総和がゼロであれば，物体は加速も減速もしない．さらに，そのわずかな物体の動きを限りなく小さくした場合を考えると，結局物体は動かないことになり，物体に作用している力は釣り合っていると結論づけることができる．この考え方を用いて，２つの場合について考察する．

まず，てこの釣り合い（図 2）を考える．以下では，棒の質量は無視できるものとする．また重力加速度を g とする．左端に質量 m_1 のおもり A，右端に質量 m_2 のおもり B がつりさげられていて，棒は水平に静止しているとする．左端と支点との距離は l_1，右端と支点との距離は l_2 である．

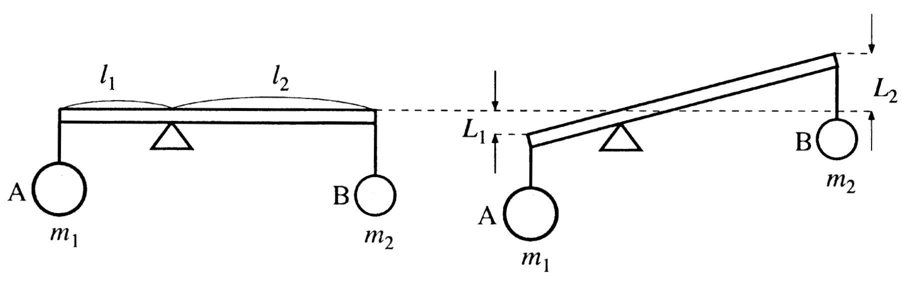


図 2　　　　図 3

24.　図3のように，棒をわずかに傾かせた結果，左端が微小距離 L_1 だけ下方に変位したとする．おもりAの重さと左端の変位によって棒が受けた仕事 W_1 を表すものとして最も適切なものは次のどれか．

a. $W_1 = m_1 g L_1$

b. $W_1 = m_1 L_1$

c. $W_1 = m_1 g l_1$

d. $W_1 = m_1 l_1$

棒が完全に固い棒であるとすると，問24の状態にあるとき棒の右端は上方に変位している．おもりBの重さと右端の変位によって棒が受けた仕事 W_2 も同じように求められる．棒のわずかな傾きによって全体として受けた仕事がゼロ（すなわち $W_1 + W_2 = 0$）となる条件が満たされているならば，上で述べた考え方から，2つのおもりAとBは釣り合うことになる．この条件から「てこの原理」$m_1 l_1 = m_2 l_2$ が導かれるのである．

次に，液体の入った容器における釣り合い（図4）を考察する．断面積S_1，S_2 ($S_1 < S_2$) のピストンのついた2つのシリンダーに液体を入れてパイプでつなぐ．左右のピストンの上には，それぞれ質量m_1のおもりAと質量m_2のおもりBがのって静止している．以下ではおもりの質量に比べて，ピストンならびに液体の質量は無視できるものとする．図5のように，左のピストンを微小距離L_1だけ下方に変位させたとする．左のピストンが下方に変位したことによって容器内の液体は右方のシリンダーに移動し，その結果右のピストンはL_2だけ上方に変位する．ただし，液体は伸び縮みせず密度は変わらないものとする．

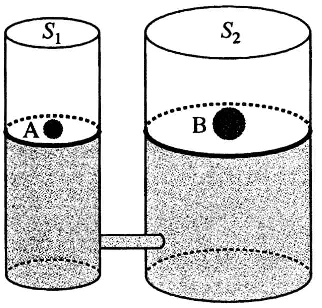


図4

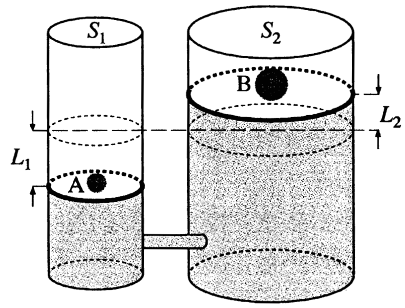


図5

25.　このとき，L_1，L_2，S_1，S_2の間の関係について，正しいものは次のどれか．

a. $S_1L_1 = S_2L_2$

b. $S_2L_1 = S_1L_2$

c. $L_1L_2 = S_1S_2$

d. $L_1 = L_2$

左のピストンの変位によって液体が受けた仕事を W_1，右のピストンの変位によって液体が受けた仕事を W_2 とすると，液体の移動を伴って左右のピストンがわずかに変位したことによって，全体が受けた仕事がゼロ（すなわち $W_1 + W_2 = 0$）となる条件が満たされているならば，2つのおもりAとBは釣り合うことになる．

26.　AとBが釣り合っているとき，以下の言明のうち正しいものはどれか．

a. 両方のピストンにかかる圧力は同じだから $m_1 = m_2$ である．

b. 左の細いシリンダーにおける圧力のほうが，右の太いシリンダーにかかる圧力よりも大きいから，$m_1 > m_2$ である．

c. $m_1 S_1 = m_2 S_2$ が釣り合いを与える．

d. $\dfrac{m_1}{S_1} = \dfrac{m_2}{S_2}$ が釣り合いを与える．

III

導線を電流が流れるとき，電流 I は電源電圧 V に比例し，その比例定数 $R = \dfrac{V}{I}$ を電気抵抗と呼ぶ．一般に電気抵抗をもつ素子を抵抗と呼ぶ．いくつかの抵抗を接続することによって，さまざまな抵抗値をもつ合成抵抗を作ることができる．

27. 図6のように同じ抵抗値 r をもつ抵抗を５つ接続して作成した合成抵抗の値として正しいものは次のどれか．

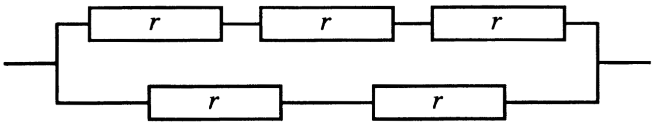


図6

a. $\dfrac{5r}{6}$

b. $\dfrac{2r}{3}$

c. $\dfrac{3r}{2}$

d. $\dfrac{6r}{5}$

図7のような物体の電気抵抗は，材質，長さ，断面積，温度などによって異なる．材質や温度が同じものであれば，電気抵抗 R は，長さ L に比例し，断面積 S に反比例するので，$R=\rho\dfrac{L}{S}$ という関係式で表される．ρ は導線の材質や温度のみに依存する量であり，抵抗率と呼ばれている．

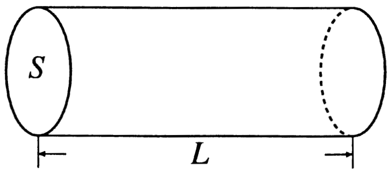


図7

この関係式の意味を理解するために，図8のように，物体は多数の抵抗をたばねたものと考える．まず物体の長さの方向に抵抗値 r の抵抗を直列に N 個並べる．この数 N が物体の長さに対応する．このように抵抗を直列にならべたものを M 個たばねる．この数 M が物体の断面積に対応する．

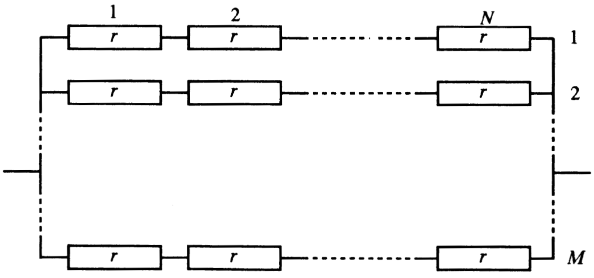


図8

28.　図8の合成抵抗の値 R として正しいものは次のどれか．

a.　$R=\dfrac{rN}{M}$

b.　$R=rMN$

c.　$R=\dfrac{rM}{N}$

d.　$R=\dfrac{r}{MN}$

つぎに抵抗率の意味を，電子の運動という観点から考察する．図9のように長さ L，断面積 S の物体の中での電子の運動を考えてみよう．

物体の左端は電源の負極につながれ，右端は正極につながれている．電子は負極側から正極側に向かって電源による力 F を受けて加速されるが，物体を構成する原子から電子の速さに比例する抵抗を受けるので，次第に終端速度 v をもって運動するようになる．この終端速度 v は力 F に比例し，$v=\dfrac{F}{k}$ という関係になる．ここで k は速さに比例する抵抗を表す比例係数である．物体の中には，この終端速度で負極側から正極側に流れている電子が多数あり，その流れが電流として観測される．

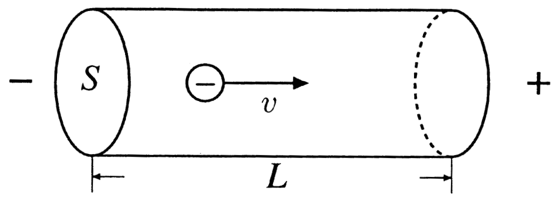


図9

以下で，実際に抵抗率が物体固有の量を用いて $\rho=\dfrac{k}{e^2n}$ と表されることを導く．ここで，e は電気素量であり，n は物体中の単位体積あたりの電子の数（正確には伝導に関与する電子の数）である．この抵抗率の式から分かるように，電子の運動に対する抵抗の比例係数 k が大きければ，抵抗率 ρ は大きく，伝導に関与する電子の数が多ければ抵抗率は小さくなる．

電子の終端速度 $v=\dfrac{F}{k}$ が実現した状況で，物体を流れる電流の大きさを求めよう．微小時間 t の間に電子が進む距離（変位）は vt であるから，これに断面積 S をかけて得られる体積 vtS の中に含まれる電子の数だけ，微小時間 t の間に負の電荷が負極側から正極側に流れると考えてよい．

そうすると電流は $I=($　ア　$)$ で与えられる．一方，この時間の間に vt だけ変位する1個の電子が，電源による力 F によって受ける仕事は $F\times vt$ であるから，物体の N 個の電子全体が受ける仕事は $FvtN$ となる．

消費電力Pというのは，単位時間に電源がする仕事であるから，$P = FvN =$（　イ　）と表される（ここで，SLが物体の全体積であり，物体の単位体積あたりの電子数nを用いて電子の総数が$N = nSL$と表されること，および終端速度の条件$F = kv$を用いよ）．

物質の抵抗値をRとすると，消費電力と抵抗値と電流の間には，$P = RI^2$という関係がある．これに$I =$(　ア　)と$P =$(　イ　)を代入してRを求めると，上記の抵抗率の式が得られるのである．

29.　上の(　ア　)に入る適当な式は次のどれか．

a. evn
b. $evnS$
c. $evnL$
d. evS

30.　上の(　イ　)に入る適当な式は次のどれか．

a. kv^2nSL
b. $kvnSL$
c. k^2vnSL
d. kv^2S/L

IV

物理量は全て基準となる量（単位）の何倍か，という形で表される．長さの単位 (cm, m などを一般に L と表す)，質量の単位 (g，kg などを一般に M と表す)，時間の単位 (秒，分などを一般に T と表す) を基本単位と呼び，一般の物理量の単位はこれらの組み合わせで表され，組立単位と呼ばれる．ある物理量の単位が基本単位のどのような組み合わせになっているかを表すのが次元である．

例えば，速さ v は単位時間あたりに進む距離であるから，距離の単位 L に時間の単位 T の逆数を掛けたもの，すなわち LT^{-1} が速さ v の単位となる．この関係を $[v] = \mathrm{LT}^{-1}$ と表す．

物理量に関する等式があるときには，その両辺の物理量の次元は同じでなければならない．そのことを使って，物理法則にまで立ち入らなくても，物理量の間の関係式を導くことができる．これを次元解析と呼ぶ．

例えば，重力加速度のもとに自由落下する物体の変位 ℓ と時間 t との関係は運動方程式を解けば得られる．しかしながら，変位の単位については $[\ell]$ =L，重力加速度の単位については $[g] = \mathrm{LT}^{-2}$ であることを用いると，運動方程式を解かなくても，変位が時間の何乗に比例するかを推定できるのである．

実際に，変位が重力加速度と時間の組み合わせだけで決まると仮定すると，それらの量の単位の間には，$[\ell] = [g]^x[t]^y$ という関係があると考えられる．そこで，$[\ell]$ =L，$[g] = \mathrm{LT}^{-2}$，$[t]$ =T を代入すると，L= $(\mathrm{LT}^{-2})^x\mathrm{T}^y$ となり，両辺の次元が等しいという条件から，両辺の基本単位にかかる指数を比較してみると，L の指数については $1 = x$, T の指数については $0 = -2x + y$ が得られる．これより $x = 1$ と $y = 2$ が導かれる．つまり $[\ell] = [g][t]^2$，すなわち $[\ell]$ の単位と $[gt^2]$ の単位が同じであるということである．これより変位 ℓ が gt^2 に比例することが分かる．

その比例定数自体は運動方程式を解かないと決められない．しかし，次元解析の利点は，物理量の間のおおよその関係を簡単に知ることができるところである．この考え方に基づき，以下の振り子とバネの例について考察しよう．

31.　質量 m の物体が長さ ℓ のひもに釣ってある振り子を考える．もし，この振り子の周期 t がひもの長さ ℓ と重力加速度 g と物体の質量 m で決まるとすると，どのようになるかを次元解析で求めてみる．$[t]=[\ell]^x[g]^y[m]^z$ とおいて，x，y，z についての方程式のうち正しいものは次のどれか．

a.　$x+y=0,\quad -2y=1,\quad z=0$

b.　$x=2,\quad 2x+y=0,\quad z=1$

c.　$x=1,\quad -x+y=0,\quad z=0$

d.　$x=2,\quad -x+y=0,\quad z=1$

32.　バネの伸び ℓ と弾性力 F の大きさとの間には，$F=K\ell$ という関係があり，K をバネ定数と呼ぶ．K の次元として正しいものは次のどれか．

a.　$[K]=\mathrm{MLT}^{-2}$

b.　$[K]=\mathrm{T}^{-2}$

c.　$[K]=\mathrm{MT}^{-2}$

d.　$[K]=\mathrm{ML}^{-1}\mathrm{T}^{-1}$

33.　バネの弾性エネルギー U がバネ定数 K と伸び ℓ で表されるとして，$[U]=[K]^x[\ell]^y$ とおくとき，x と y の正しい組み合わせは次のどれか．

a.　$x=1,\quad y=1$

b.　$x=2,\quad y=1$

c.　$x=1,\quad y=2$

d.　$x=1,\quad y=\dfrac{1}{2}$

（このページは空白です）

化　学

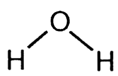
問題(41―53)には，それぞれa, b, c, dの4つの答えが与えてあります。各問題につき，a, b, c, dの中から，もっとも適切と思う答えを一つだけ選び，解答用カードの相当欄にあたるa, b, c, dのいずれかのわくの中を黒くぬって，あなたの答えを示しなさい。

例　(54)　⊂a⊃　⊂b⊃　▬　⊂d⊃

I

異なった種類の原子が共有結合を作る際，原子によって相対的に電子を引きつける能力に差が生じる．この能力の尺度を電気陰性度という．電気陰性度が高いほど電子を引きつけやすく，電気陰性度の差が大きいほど結合の電荷にかたよりが大きくなる．電気陰性度の大きさはO > Cℓ > C > Hの順である．

電荷にかたよりのある結合は「極性を持つ」という．分子内に極性を持つ結合を有し，立体的にも正負の電荷の中心が一致しない分子を極性分子とよぶ．たとえばCO_2はCとO間に電荷のかたよりがあるが，3原子が直線上に対称に並んでいるため分子全体としては極性がない．一方H_2Oは折れ線型をしているため，分子全体として極性を有する．

CO_2:　O=C=O　　H_2O: 

一般的に極性の大きい分子は極性の大きい溶媒に，極性の小さい分子は極性の小さい溶媒に溶けやすい．

結合をつくる原子間の電気陰性度の差がかなり大きくなると，一方の原子がもう一方の原子の電子を取り込みイオン化し，イオン結合を生じる．イオン結合を持つ化合物は，水溶液中でイオンに分かれる．これを解離という．解離したイオンがH^+やOH^-であれば塩基や酸で中和することができる．水溶液中で完全に解離する化合物もあるが一部しか解離しない，あるいは全く解離しない化合物もある．

41. 酢酸 (A)，硫酸 (B)，水酸化ナトリウム (C)，ショ糖 (D)をそれぞれ 0.1 mol/ℓの溶液になるように蒸留水に溶かした．これらの溶液の電気伝導性を調べるために図 1 の実験を行なった．この実験で得られた電球の明るさの結果とその説明を述べた下記の文章のうち最も適切なものの組み合わせはどれか．

ア． B は強酸なので C より明るい．
イ． C は強塩基なので A より明るい．
ウ． A はカルボン酸なので B より暗い．
エ． D は中性なので一番暗い．

a. アとエ
b. イとウ
c. アとイとウ
d. すべて

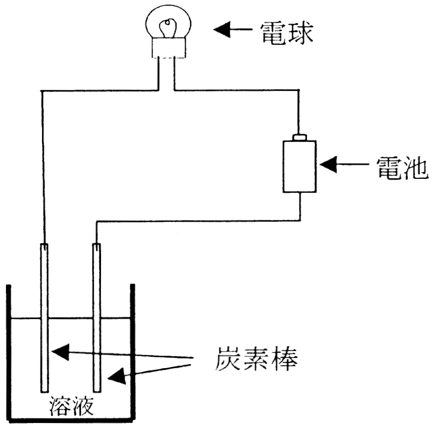
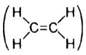
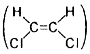


図 1

42. 以下の反応で原料と生成物の極性を比較した．

ア．エチレン（）の臭素化反応
イ．エチルアルコール（CH_3CH_2OH）の縮合反応
ウ．アセチレン（ H−C≡C−H ）の鉄存在下での重合反応
エ．シス−1,2−ジクロロエチレン（）の水素付加反応

上の反応に関する以下の記述のうち，正しいものはどれか．

a. 極性が変化する反応は イとエ，ほとんど変化しない反応は アとウ
b. 極性が変化する反応は イ，ほとんど変化しない反応は アとウとエ
c. 極性が変化する反応は ア，ほとんど変化しない反応は イとウとエ
d. 極性が変化する反応は ウとエ，ほとんど変化しない反応は アとイ

43. 0.1 mol/ℓ 酢酸 10 mℓを 0.1 mol/ℓ NaOH 水溶液で滴定した際の滴定曲線を図２に示す.

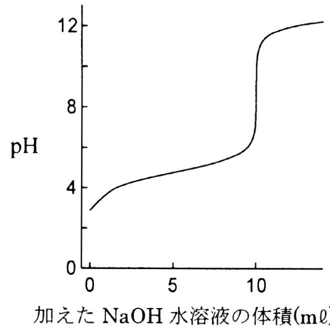
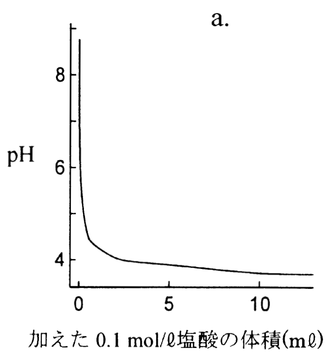
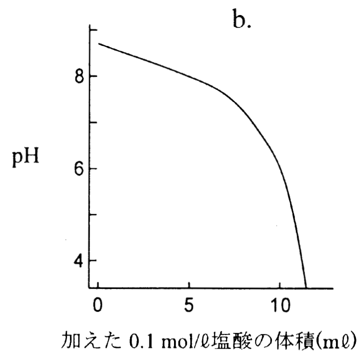
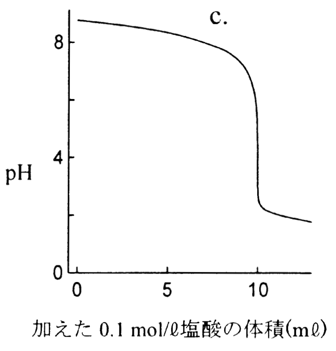


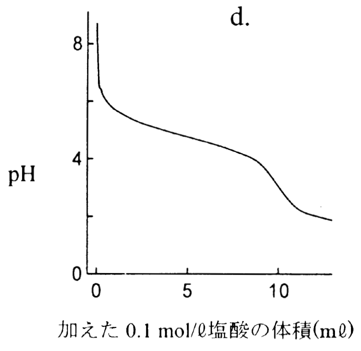
図２

0.1 mol/ℓ 酢酸ナトリウム水溶液 10 mℓに 0.1 mol/ℓ 塩酸を加えて滴定した際の滴定曲線は下のどの図に対応するか.









44. 安息香酸とナフタレンの混合物に含まれている安息香酸の量をできるだけ精密に定量したい．最も適当な方法は次のどれか.

a. 一定量の混合物を一定量の有機溶媒に溶かした後，分液ロートに入れ一定量の 1 mol/ℓの NaOH 水溶液を加えてよくふり，水相と有機相を分離する．その水相から一定量の水溶液を精密に量り取り 1 mol/ℓの塩酸で滴定する.

b. 一定量の混合物を取り，含まれているナフタレンを V_2O_5 触媒下で完全に酸化する．その後 a の操作を行う.

c. 一定量の混合物に一定量の水を加え，素早く 1 mol/ℓの NaOH 水溶液で滴定する.

d. 一定量の混合物を一定量の有機溶媒に溶かした後，ろ紙の端に付け，クロマトグラフィーの原理を用いて安息香酸とナフタレンを分ける．その後，安息香酸の部分を切取ったろ紙をビーカーに移す．一定量の水を加え，1 mol/ℓの NaOH 水溶液で滴定する.

II

油脂は，脂肪酸とグリセリンがエステル結合したトリグリセリドと呼ばれる化合物である．脂肪酸には飽和のものと C=C 二重結合をもつ不飽和脂肪酸が存在する．例えば，炭素数が 18 で二重結合を 1 個含むオレイン酸を C18:1 と表す（表 1）．飽和脂肪酸からなる油脂は常温で固体のものが多く，不飽和脂肪酸からなる油脂は常温で液体のものが多い．不飽和脂肪酸を含む油脂を，触媒を用いて水素化すると固体に変わる．これを硬化油という．

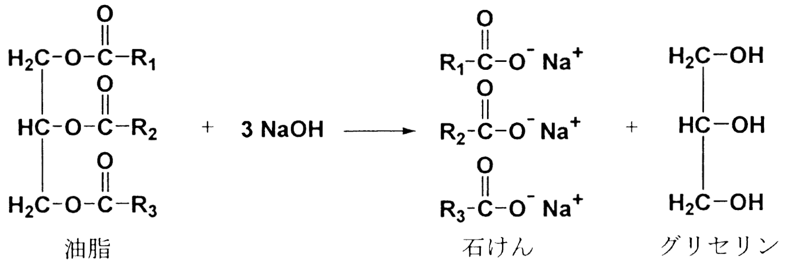
表 1　油脂の脂肪酸組成（重量%）

脂肪酸 (分子量)	C12:0 (200)	C14:0 (228)	C16:0 (256)	C18:0 (284)	C18:1 (282)	C18:2 (280)	C18:3 (278)
牛脂	-	6	30	14	45	5	-
ヤシ油*	47	18	10	3	7	0.5	-
オリーブ油	-	-	10	3	77	10	-
大豆油	-	1	10	4	25	51	9

*ヤシ油には炭素数が 11 以下の脂肪酸も 14.5%含まれる．

石けんは，油脂のケン化によってつくられる高級脂肪酸のナトリウム塩で，弱塩基性を示す．原料に用いる油脂により溶解性，泡立ちやすさなどが異なる石けんとなる．たとえば，牛脂からつくる石けんは溶解性が低いが，ヤシ油を 20%加えると泡立ちのよい化粧用石けんとなる．石けんつくりは比較的簡単である．まず，油脂にエタノールと 6 mol/ℓの NaOH 水溶液を加え，60℃で 1 時間加熱する．そこに食塩を加えると石けんが塩析するので，ガーゼ等でろ過すればできあがる．

ケン化反応



R_1, R_2, R_3 は炭化水素基

45. 大豆油からつくった硬化油 140 g から石けんをつくるのに水酸化ナトリウムは何 g 必要か．次の中から最も近い値を選べ．ただし原子量は，H:1，C:12，O:16，N:14，Na:23 である．

a. 48 g
b. 20 g
c. 16 g
d. 7 g

46. オリーブ油からつくった石けん液の化学的性質として<u>誤っている記述</u>はどれか．

a. 臭素の四塩化炭素溶液を加えると臭素の赤い色が消える．
b. 酸性の過マンガン酸カリウム溶液を加えると紫色が消える．
c. フェノールフタレイン指示薬を加えても色の変化はない．
d. メチルオレンジ指示薬を加えると黄色を示す．

石けんは，疎水性の長鎖炭化水素基 R–と親水性の$–COO^{-}$ Na^{+}からなる両親媒性分子である．石けんを水に入れると，石けん分子は水の表面で疎水基を空気の側に出して平面上に広がり，水中では球状のミセルという集合体をつくる．ミセルは，疎水基を内側に向け，親水基を外側に向けて分散する．これを乳化という．石けんのもつ問題として，飽和脂肪酸石けんは，２族元素の金属塩によって石けんカス（金属石けん）をつくりやすく，不飽和脂肪酸石けんは，繊維に残ると空気中の酸素で酸化され黄変を起こすことがある．

合成洗剤は，疎水性の長鎖炭化水素基と親水性の$–SO_3^{-}$ Na^{+}等をもつ両親媒性分子からなり，金属石けんをつくらないという特性をもつ．しかし，石けんと違って環境中で分解し難いという欠点があるため，近年，天然の油脂を原料とした石けんが見直されている．

47.　次の中で<u>誤っている記述</u>はどれか.

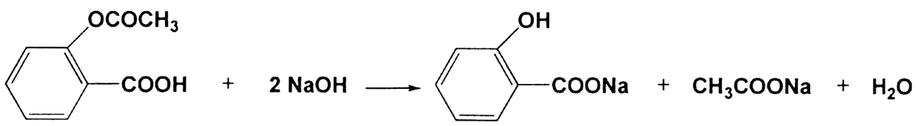
a.　飽和食塩水を油脂のケン化反応液に加えると白い沈殿が生じるが, 酢酸エチルのケン化反応液に加えても白濁しない.

b.　油脂をケン化した後に生成するグリセリンは反応溶液に溶けているが, エーテル抽出することにより大部分回収できる.

c.　石けん液に塩化カルシウム水溶液を入れると白濁するが, スルホン酸塩型の合成洗剤液に加えても白濁しない.

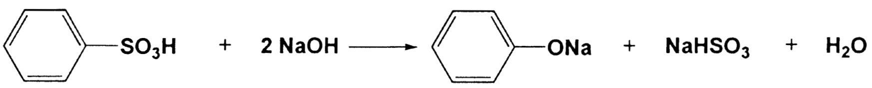
d.　石けんが油性のよごれを落とす力があるのは, 水中でミセルを作り, 油分を取り囲んでしまうためである.

48.　ケン化と同種の反応は次の中のどれか.

a.


b. $H_3C-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-CH_3 + 3\,I_2 + 4\,NaOH \longrightarrow 3\,CHI_3 + 3\,NaI + CH_3COONa + 3\,H_2O$

c.


d.


Ⅲ

多くの化学反応は，酸化還元反応とみることができる．酸化還元反応では，原子が電子を放出したり受容したりして酸化数が変化する．

49. 次の反応で還元剤として働いている物質のみの組合わせは以下のどれか．

$Fe + IO_4^- + 2H^+ \rightarrow IO_3^- + H_2O + Fe^{2+}$
$NaHCO_3 + HCl \rightarrow CO_2 + NaCl + H_2O$
$2H_2S + SO_2 \rightarrow 3S + 2H_2O$

a. H^+, SO_2
b. IO_4^-, $NaHCO_3$, H_2S
c. Fe, H_2S
d. Fe, HCl, SO_2

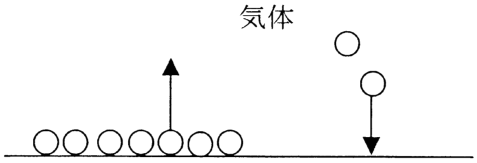
50. 酸性条件下で起こる下記の反応の反応式の正しい係数の組合せはどれか．

$a\,MnO_4^- + b\,H^+ + c\,H_2O_2 \rightarrow d\,O_2 + e\,H_2O + f\,Mn^{2+}$
$g\,MnO_4^- + h\,H_2C_2O_4 + i\,H^+ \rightarrow j\,Mn^{2+} + k\,CO_2 + l\,H_2O$

a. $a = 2$, $d = 3$, $g = 1$, $k = 4$
b. $a = 1$, $d = 3$, $g = 1$, $k = 2$
c. $a = 1$, $d = 5$, $g = 2$, $k = 5$
d. $a = 2$, $d = 5$, $g = 2$, $k = 10$

IV

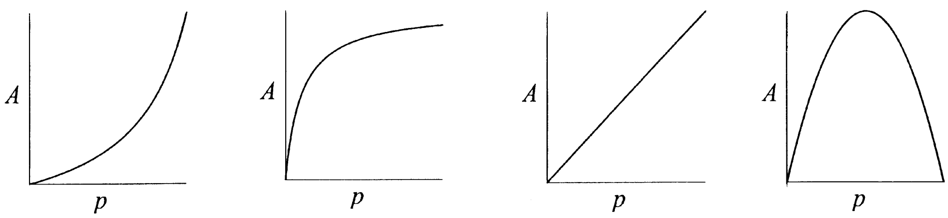
シリカゲルや活性炭のような固体粒子には多数の穴があいていて，微細な空間が多数ある．そのため単位質量に対する表面積がきわめて大きく，また表面に気体や色素が強く結合することが知られている．ここでいう「単位質量に対する表面積」はいったいどのようにしたら測定できるのだろうか．これらの物質は粉末で，大きさを測定することはできるが，粒子の穴の中の空間の大きさまで直接測定することは難しい．じつは気体分子の吸着量を調べることによって，「単位質量に対する表面積」を測定することができ，それは比表面積と呼ばれている．気体分子が粒子表面を覆って吸着したときに，分子の面積と吸着した分子数の積として表面積が算出できる．



固体の表面には，分子が吸着しているところと，吸着していないところがある．吸着している分子の中には脱離していく（脱着）分子があり，逆に気体から固体表面に吸着していく分子もある．一定温度で固体を気体にさらしたときに，十分時間が経過すると，単位時間内で脱着していく分子数と吸着していく分子数が等しくなって，気体の圧力は一定になる．逆に気体の圧力が一定なら単位時間に吸着していく分子と脱着していく分子の数は等しい．この状態を吸着平衡と呼ぶ．

51. 気体にさらされている固体の表面積を S とする．単位時間に脱着する分子の数 u は，固体に吸着している分子の数，つまり分子が固体を覆っている面積 A に比例する．比例定数を k とすると，$u = kA$ となる．逆に単位時間に気体から固体に吸着してくる分子の数を考えると，それは分子に覆われていない固体の面積 $S - A$ に比例し，また同時に気体の圧力 p にも比例するので，それらの積に比例することになる．吸着平衡状態では，単位時間に吸着する分子数と脱着する分子数が等しくなる．分子が覆っている部分の面積 A と気体の圧力 p の関係を最もよく表した図は次のどれか．

a.　　b.　　c.　　d.



52. 固体の表面に吸着した気体の分子が占める面積はどのくらいだろうか．固体の窒素の密度は−252℃で 1.0 g/cm^3 なので，1.0 mol の固体窒素の体積は 28 cm^3 である．それが，立方体だとすると一辺の長さは約 3.0 cm である．アボガドロ数が 6.0×10^{23} なので，一辺には 8.4×10^7 個の分子が並んでいることになる．このことから，1.0 mol の窒素分子が平面を埋め尽くしたときに占める面積に最も近いのは次のどれか．

a.　2.5×10^4 m^2
b.　7.6×10^4 m^2
c.　2.5 m^2
d.　7.6 m^2

53. 固体に気体が吸着する場合には，実際は吸着した分子の上にさらに分子が吸着することも起こり．これを考慮に入れると，気体の圧力と吸着量の関係は少し複雑になる．1938 年に Brunauer と Emett，Teller は気体の吸着量から固体の表面積を実験的に求める方法を示した．彼らによると，温度を気体の沸点に保って実験したとき，吸着量と圧力の関係式は近似的に，

$$v_m = v(1-x)$$

と表せる．ここで v_m は飽和吸着量と呼ばれ，分子が固体表面を覆いつくしたときの分子の量であり，v は気体の圧力が x の時の吸着量であって気体の圧力と吸着量の関係は，問 51 の場合とは異なった形を描く．

あるシリカゲル 0.70g に窒素を吸着する実験を行ったところ，$x = 0.3$ のときに，吸着量 v は 70mℓ (標準状態)であった．このシリカゲルの 1g あたりの表面積に最も近いのは以下のどれか．ただし，標準状態の気体 1.0 mol の体積は 22.4 ℓとする．

a. $32\ m^2/g$
b. $3.4 \times 10^2\ m^2/g$
c. $96\ m^2/g$
d. $2.4 \times 10^2\ m^2/g$

（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，解答用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　(74)　a　b　■　d

I

生物の親と子はよく似ているが，その特徴（形質という）はどのように子に伝わるのであろうか. **1865** 年にチェコのメンデルはこのしくみを初めて明らかにした. メンデルによる遺伝法則の発見は，時代を先取りしていて発見当時には注目されなかったが，メンデルの法則として遺伝学の基礎となっている. メンデルはウィーン大学在学中に2人の科学者に大きな影響をうけたとみられる. 一人は物理学者のドップラーであり，彼からは自然現象を理解するには数学が重要であることを学んだ. もう一人は植物学者のアンガーであり，植物に変異を引き起こす原因についての講義がメンデルの興味を引きつけた. メンデルのこれらの経験は，遺伝法則の発見に大きく関わっていると推察されている.

生物の遺伝に関して，メンデル以前の説明の一つとして，「ブレンド説」というのがある. これによると，絵の具の青色と黄色を混ぜると緑色を呈するように，両親の形質が子において混ざり合うと考えられていた. しかし，両親の形質が子には現れず孫に出現することがあるなど，この考えでは説明できない現象が数多くみられた. メンデルはエンドウの栽培実験から，親の形質は「ブレンド説」のように単に混ざり合うのではなく，「現れたり隠れたりして」子に伝わるのであることを明らかにした. メンデルの法則は，優性の法則，分離の法則，独立の法則からなる.

日本においても江戸時代に花弁の数や形，色彩，葉の形などが変異した「変わりアサガオ」の栽培が盛んとなった. 栽培家はそのような系統の発見と育成に夢中となったが，メンデルの法則のような一般法則が発見されることはなかった.

61. メンデルの遺伝法則について，次の記述のうちで正しいものの組み合わせはどれか．

ア．分離の法則は1遺伝子雑種においてのみあてはまる．
イ．独立の法則は2遺伝子雑種にあてはまる．
ウ．優性の法則は1遺伝子雑種において雑種第2代目で初めてあてはまる．
エ．分離の法則とは対立遺伝子が異なる配偶子に入ることである．

a. ア，ウは正しいが，エは誤りである．
b. イ，エは正しいが，ウは誤りである．
c. ア，エは正しいが，イは誤りである．
d. イ，ウは正しいが，アは誤りである．

メンデルが用いたエンドウには種子の形について丸（優性）としわ（劣性）がある．その後の研究により以下のことが明らかになっている．しわとなる特徴は，光合成により作られたブドウ糖をでんぷんに変化させるための酵素の 1 種を持たないことが原因で生じる．その結果，細胞質にブドウ糖が余分に蓄積することになる．そのために細胞質内の（　ア　）が（　イ　）し，たくさんの（　ウ　）が吸収されるが，種子の成熟に伴い内部の（　エ　）が失われ種子の皮がしわになる．

62. 上記の空欄に当てはまる用語の適当な組み合わせはどれか．

a. ア．浸透圧，　イ．上昇，　ウ．水，　エ．水
b. ア．浸透圧，　イ．減少，　ウ．水，　エ．ブドウ糖
c. ア．膨圧，　イ．上昇，　ウ．水，　エ．水
d. ア．膨圧，　イ．減少，　ウ．ブドウ糖，　エ．水

メンデルの2遺伝子雑種においては，優性ホモの遺伝子型（*AABB*）をもつ個体を片方の親として，もう一方の親を劣性ホモの遺伝子型（*aabb*）をもつ個体とすると，F_1 には優性形質のみが発現する．さらにその雑種第1代（F_1）を自家受精させて雑種第2代（F_2）を作ったところ，さまざまな形質をもった個体が出現した．その分離比は $[AB]:[Ab]:[aB]:[ab] = 9:3:3:1$ となった．しかし，すべての形質がこのような分離比を示すわけではなく，異なる遺伝子どうしの働きあいが起こる例が数多く知られるようになった．1対の対立遺伝子が関与する遺伝については，不完全優性，致死遺伝子や複対立遺伝子などの存在が知られている．また2対の対立遺伝子が関与

する遺伝については，独立遺伝する4種の遺伝子の存在がよく知られている．2対の対立遺伝子の一方が他方に補足的に働いて1つの形質を発現させる補足遺伝子，一方が単独で働いてもう一方は前者の存在を条件として新しい形質を発現する条件遺伝子，一方の優性遺伝子が他方の優性遺伝子の働きを抑えてしまう抑制遺伝子，2対の優性遺伝子のうち1つでも存在すれば特定の形質を発現する同義遺伝子などである．

63. ある植物において，赤花個体（*RR*）と白花個体（*rr*）を純系どうしで交雑したところ，F_1ではすべてがピンク色の花（*Rr*）となった．また，その種子の色には緑色と黄色があり，その純系どうし（P）の交雑はすべて緑色（F_1）となり，F_2は緑色：黄色＝3:1の分離比を示した．この場合，純系の緑色種子・白花個体に，黄色種子・赤花個体を交雑させて生じたF_1の種子の色と花の色はどうなるか．

a. すべての種子は黄色で，花は白色
b. すべての種子は黄色で，花はピンク色
c. すべての種子は緑色で，花はピンク色
d. すべての種子は緑色で，花は赤色

64. 前問の交雑実験においてF_1を自家受精して生じたF_2の分離比，
（緑・赤）:（緑・ピンク）:（緑・白）:（黄・赤）:（黄・ピンク）:（黄・白）
の割合はどうなるか．
ここでは，種子が緑色で花が赤色の個体は（緑・赤）と表す．

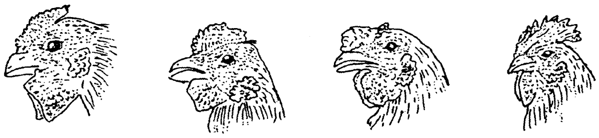
a. 3 : 3 : 6 : 1 : 2 : 1
b. 6 : 3 : 3 : 2 : 1 : 1
c. 6 : 3 : 6 : 1 : 1 : 2
d. 3 : 6 : 3 : 1 : 2 : 1

65. ２遺伝子雑種の F_1（$AaBb$）を自家受精させて生じるそれぞれの F_2 の形質の分離比は次のようになった．この結果を説明する遺伝子どうしの働きあいのうちで正しいものの組み合せはどれか．

ア. $[AB]:[Ab]+[aB]+[ab] = 9:7$
イ. $[AB]+[Ab]+[aB]:[ab] = 15:1$
ウ. $[AB]+[Ab]+[ab]:[aB] = 13:3$
エ. $[AB]:[Ab]:[aB]+[ab] = 9:3:4$

a. アは補足遺伝子　エは条件遺伝子
b. ウは抑制遺伝子　イは条件遺伝子
c. イは同義遺伝子　アは抑制遺伝子
d. エは同義遺伝子　ウは補足遺伝子

ニワトリのとさか（鶏冠）の形は４種類（図参照）のものがある．いま，「バラ冠」の雌に「マメ冠」の雄を交雑したところ（逆の交雑でもよい），F_1 はすべて「クルミ冠」となった．さらに F_2 では，「クルミ冠」，「バラ冠」，「マメ冠」，「単冠」の４種が生じ，その割合は 9：3：3：1 となった．バラ冠を現す優性対立遺伝子 R とマメ冠を現す劣性対立遺伝子 p がホモの組み合わせでは，「バラ冠」が現れる．「マメ冠」の優性対立遺伝子 P と「バラ冠」の劣性対立遺伝子 r の組み合わせでは，「マメ冠」となる．両者の優性ホモでは「クルミ冠」となり，劣性ホモでは「単冠」となる．



バラ冠　　マメ冠　　クルミ冠　　単冠

66. 上記の F_2 における「クルミ冠」の遺伝子型は（　ア　）種類あり，「バラ冠」の遺伝子型は（　イ　）種類，「マメ冠」の遺伝子型は（　ウ　）種類ある．カッコ内の数字は次のいずれが正しいか．

a.　ア. 5,　イ. 3,　ウ. 3
b.　ア. 5,　イ. 3,　ウ. 1
c.　ア. 4,　イ. 2,　ウ. 2
d.　ア. 4,　イ. 3.　ウ. 1

67. 上記のF_1の雄に「単冠」の雌を交雑すると，その子の表現型の種類と割合は次のいずれが正しいか．

a.「クルミ冠」:「バラ冠」:「マメ冠」:「単冠」＝ 9 : 3 : 3 : 1
b.「クルミ冠」:「バラ冠」:「マメ冠」:「単冠」＝ 3 : 1 : 1 : 3
c.「クルミ冠」:「バラ冠」:「マメ冠」:「単冠」＝ 1 : 1 : 1 : 1
d.「クルミ冠」:「バラ冠」:「マメ冠」:「単冠」＝ 3 : 0 : 0 : 1

II

20 世紀に入り，細胞分裂や染色体の行動が知られるようになると，メンデルが仮定した「遺伝因子」は遺伝子とよばれ，染色体上の特定の位置に存在することが明らかとなった．この発見に貢献したのが遺伝学者のモーガンである．彼の研究グループは，新たな実験材料としてキイロショウジョウバエを用いて，綿密な交雑実験を行い，染色体説を確立した．このハエは小形で，一度に多数の個体を飼育でき，しかも 1 世代期間もほぼ 2 週間と短いために，遺伝の研究にはうってつけであった．彼の実験室は「ハエ部屋」として有名となった．翅（はね）についてのキイロショウジョウバエの野生個体（正常なサイズの翅を持つ正常翅型）に，翅が少し小さい劣性突然変異個体（小形翅型）を交雑したところ，F_1はすべて正常翅型であった．ところが，F_2では正常翅型と小形翅型が生じ，その分離比が性により異なっていた．

68. 上述の交雑実験の結果からみて正しいと判断される組み合わせはどれか．

ア．正常翅型遺伝子は優性であり，X 染色体上にある．
イ．正常翅型遺伝子は優性であり，Y 染色体上にある．
ウ．小形翅型遺伝子は劣性であり，Y 染色体上にある．
エ．小形翅型遺伝子は劣性であり，X 染色体上にある．

a. ア，イは正しいが，ウ，エは間違いである．
b. ア，エは正しいが，イ，ウは間違いである．
c. エは正しいが，他は間違いである．
d. イは正しいが，他は間違いである．

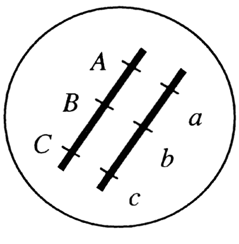
モーガンはさらに実験を続け，灰色体色で正常翅を持つ野生個体に対して，黒体色（b）で痕跡翅（vg）を示す突然変異体のハエを得た．これらの遺伝子（b あるいは vg）はいずれも野生個体のもつ遺伝子に対して劣性であり，性染色体上にはなかった．彼は灰色体色・正常翅と黒体色・痕跡翅をホモにもつ個体を交雑し，野生個体と同じ表現型を示す F_1 を得た．さらに，この F_1 のハエを交雑し，F_2 を得たところ，親と同じ形質である，灰色体色で正常翅の個体や黒体色で痕跡翅の個体を多く得た．しかしその他に，親にはない組み合わせである，灰色体色で痕跡翅の個体，黒体色で正常翅の個体を少数得た．この実験結果は何を意味するのであろうか．野生個体（または変異個体）の遺伝子同士は同一の染色体上にあり，なんらかの原因により相同染色体の一部に交叉（乗換え）が起こり，遺伝子の組換えが起こったとの結論にモーガンらは達した．

ある生物において，3 対の対立遺伝子，A と a，B と b，C と c に関して優性ホモの個体と劣性ホモの個体を交雑して F_1 を得た．この F_1 を劣性ホモの個体と検定交雑して以下の結果を得た．

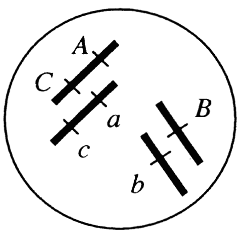
$[AB]:[Ab]:[aB]:[ab]=1:1:1:1$
$[AC]:[Ac]:[aC]:[ac]=8:1:1:8$
$[BC]:[Bc]:[bC]:[bc]=1:1:1:1$

69. 上記の実験において F_1 の体細胞における 3 対の対立遺伝子は染色体上にどのように配列しているか．

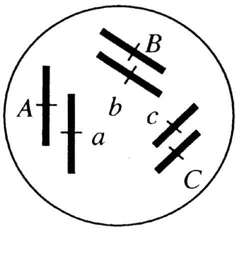
a.



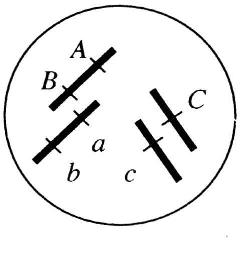
b.



c.



d.



70. 上記の検定交雑において F_1 が作る配偶子は何種類か.

a.　4
b.　8
c.　12
d.　16

71. キイロショウジョウバエの染色体数は（　ア　）本であり，（　イ　）に相当するが，このハエの唾液腺細胞の染色体数は（　ウ　）本である. それゆえ，キイロショウジョウバエでは性染色体を考慮すると（　エ　）つの連鎖群が存在する. 文中の空欄に入る適切なものの組み合わせはどれか.

	ア	イ	ウ	エ
a.	8	2n	4	4
b.	16	2n	8	3
c.	8	4n	8	3
d.	16	4n	4	4

III

メンデル，モーガンらの研究から遺伝子は染色体上に存在することが明らかになったが，遺伝子の本体は何であろうか. タンパク質であろうか，それとも DNA であろうか. 生物の形質はきわめて多種多様であるので，遺伝子の本体は，構造が複雑で種類も多いタンパク質であろうという考えが研究の初期には有力であった. しかし，グリフィスやエイブリーら，さらにはハーシーとチェイスの研究によりその予想はくつがえされ，遺伝子の本体は DNA であることが証明された. その後，ワトソンとクリックらの研究により，DNA は二重らせん構造を示すことが明らかにされ，現在では生物の遺伝子は DNA 中の 4 種の構成成分（A, T, G, C）からなり，その配列が遺伝情報となることが知られるまでになった.

72. 肺炎双球菌にはS型菌とR型菌がある. グリフィスはこの２種の菌をネズミに注射する実験を行なった. その結果, S 型菌を注射するとネズミは肺炎を起こして死ぬが, R 型菌を注射しても死ななかった. また加熱して殺した S 型菌を注射したネズミも肺炎を起こさなかった. ところが, 加熱した S 型菌を生きた R 型菌と一緒に注射したところ, ネズミは肺炎を起こして死んでしまった. この現象は形質転換とよばれる. また, エイブリーらは肺炎双球菌を用いて別の実験を行ない, 以下の結果を得た. すなわち, （　ア　）をすりつぶして作成した抽出液を（　イ　）分解酵素処理したものをR型菌の培地に加えたところ, 興味深いことにS型菌が一部生じたが, （　ウ　）分解酵素処理をしたものを R 型菌の培地に加えても S 型菌は生じなかった. 文中の空欄に入る適当な用語の組み合わせはどれか.

a. ア. S 型菌,　イ. DNA,　ウ. タンパク質
b. ア. R 型菌,　イ. タンパク質,　ウ. DNA
c. ア. R 型菌,　イ. DNA,　ウ. タンパク質
d. ア. S 型菌,　イ. タンパク質,　ウ. DNA

73. 真核生物の細胞核中の DNA について述べた以下の文のうちで, 正しいものの組み合わせはどれか.

ア. 遺伝子の構成成分である A と T の数は必ず等しく, G と C の数も等しい.
イ. A と T の合計数と G と C の合計数は必ず等しい.
ウ. 染色体を構成するものは DNA のみである.
エ. DNA には細胞自身が生きてゆくための働きもある.

a. イとウが正しいが, 他は誤りである.
b. イとエが正しいが, 他は誤りである.
c. アとウが正しいが, 他は誤りである.
d. アとエが正しいが, 他は誤りである.

参考文献

N. A. Cambell and J. B. Reece, BIOLOGY (7^{th} ed.), Pearson Education Publishers (2005).