

* ICU に入学を希望する受験生の学習のために公開している資料です。
ICU 公式の試験問題用紙ではありません。
(This is NOT the official Exam.)

No.000001

受験番号					
------	--	--	--	--	--

学習能力考查

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. (自然科学は「高校で学習したこと」とはっきり書いてあるのですね)
1. この考查は、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、「考查はじめ」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. 「考查やめ」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、もっとも適当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 (2)

I

角 A と角 B が等しい 2 等辺三角形 ABC 内に、図 1 のとおりに 2 つの正方形 DEHG
と EFJI があり、次の条件が満たされているとする。

1. 線分 DE, EF は辺 AB の上にある。
2. 点 G は辺 AC 上にある。
3. 点 J は辺 BC 上にある。

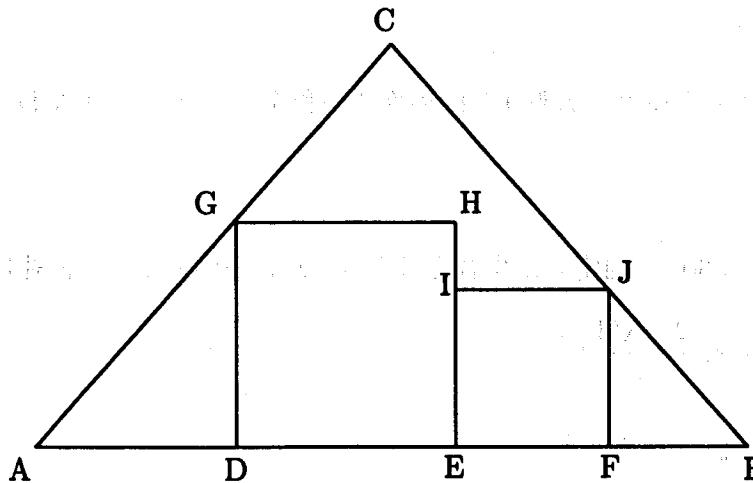


図 1

ここで

$$DE = a, EF = b, AB = L, \angle A = \alpha$$

とする (図 1 は $a > b$ の場合を描いている)。

このとき、線分 AD の長さについて $AD \tan \alpha = a$ が成り立つ。

1. 線分 AB の長さ L および角 A の大きさ α を固定する。そのときの $a+b$ の最大値を M , 最小値を m とすると、次のどの関係が成り立つか。

- a. $M = m$
- b. $M = 2m$
- c. $M = (\tan \alpha + 1)m$
- d. $M = (\cot \alpha + 1)m$

2. 前問と同じく線分 AB の長さ L および角 A の大きさ α を固定する。そのとき、線分 DE の長さ a が最大になるときの a の値は次のどれか。

- a. $\frac{\sin \alpha}{2 \sin \alpha + \cos \alpha} L$
- b. $\frac{\cos \alpha}{2 \sin \alpha + \cos \alpha} L$
- c. $\frac{\sin \alpha}{\sin \alpha + 2 \cos \alpha} L$
- d. $\frac{\cos \alpha}{\sin \alpha + 2 \cos \alpha} L$

正方形 DEHG の面積と正方形 EFJI の面積の和を S とおく。すなわち $S = a^2 + b^2$ である。

3. 今度は、 $\alpha = 60^\circ$ と固定した場合を考える。 S について正しい記述は次のどれか。

- a. S は最小値 $\frac{2 - \sqrt{3}}{4} L^2$ をとる。
- b. S は最小値 $\frac{2 - \sqrt{3}}{2} L^2$ をとる。
- c. S は最小値 $\frac{6 - 3\sqrt{3}}{2} L^2$ をとる。
- d. S は最小値 $\frac{6 - 3\sqrt{3}}{4} L^2$ をとる。

4. $a = b$ である場合を考える。ある正の実数 k について 三角形 ABC の面積が S の k 倍に等しいとき, $\tan \alpha$ の値 x は次のどの 2 次方程式を満たすか。

a. $x^2 + 2(k - 1)x + 1 = 0$

b. $x^2 + 2(1 - k)x + 1 = 0$

c. $x^2 + 2(2k - 1)x + 1 = 0$

d. $x^2 + 2(1 - 2k)x + 1 = 0$

5. $a = b$ である場合を考える。三角形 ABC の面積を S で割った値 k のとる範囲は次のどれか。

a. $k \geq 1$

b. $1 \leq k \leq 2$

c. $k \geq 2$

d. $k \geq 3$

II

a は $0 < a < 1$ を満たす定数とする。原点 P_0 から a だけ右に進んだ点を P_1 , そこで直角に左に曲って a^2 だけ進んだ点を P_2 とし, 以下同様に点 P_{j-1} で直角に左に曲って a^j だけ進んだ点を P_j ($j = 3, 4, 5, \dots$) とする(図2参照)。このとき, 点 P_0, P_1, P_2 の座標はそれぞれ $(0, 0), (a, 0), (a, a^2)$ で与えられる。

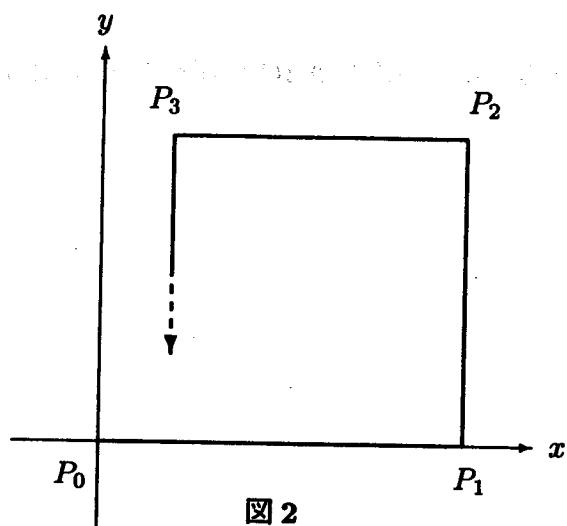


図2

6. 点 P_6 の座標は次のどれか。

- a. $(a + a^2 + a^3 + a^4 + a^5, a^2 + a^3 + a^4 + a^5 + a^6)$
- b. $(a - a^2 + a^3 - a^4 + a^5, a^2 - a^3 + a^4 - a^5 + a^6)$
- c. $(a + a^3 + a^5, a^2 + a^4 + a^6)$
- d. $(a - a^3 + a^5, a^2 - a^4 + a^6)$

7. 点 $P_0, P_1, P_2, P_3, P_4, \dots$ はどのような位置関係にあるか。次のうちから選べ。

- a. 互いに直交しない 2 直線上にある。
- b. 互いに直交する 2 直線上にある。
- c. 2 直線上にあるが、その 2 直線は a の値により直交する場合としない場合がある。
- d. 2 直線上にはない。

8. 点 P_{4k} の x 座標は次のどれか。

a. $\frac{a(1 - a^{4k})(1 - a^{k+1})}{1 - a^4}$

b. $\frac{(a - a^3)(1 - (a - a^3)^k)}{1 - a + a^3}$

c. $\frac{a(1 - a^{4k})}{1 + a^2}$

d. $a(1 - a^{2k})$

9. $a = \frac{1}{2}$ のとき、点 $P_{4k}, P_{4k+1}, P_{4k+2}, \dots$ がすべて、半径 10^{-6} の一つの円の中に入るための必要十分条件は次のどれか。ただし、 $\log_{10} 2 = 0.3010$ として計算せよ。

a. $k \geq 5$

b. $k \geq 10$

c. $k \geq 15$

d. $k \geq 20$

III

平面上の相異なる4点を考える。これら4点の中の相異なる2点を結ぶ線分は全部で ${}_4C_2 = 6$ 本ある。これら6本の線分の長さが2通りとなる4点の配置を調べよう。

最初にウォーミングアップとして、これら6本の線分の長さが1通り、すなわち、6本の線分がみな同じ長さである場合を考える。実はこのような場合は起こらない。

このことを見るために4点をA, B, C, Dと呼ぶことにする。すると、 $\triangle ABC$, $\triangle BCD$ はともに正三角形である。しかし、AとDは異なる点だから $AD \neq BC$ となり、6本の線分の長さがすべて等しいという条件に反する(図3参照)。

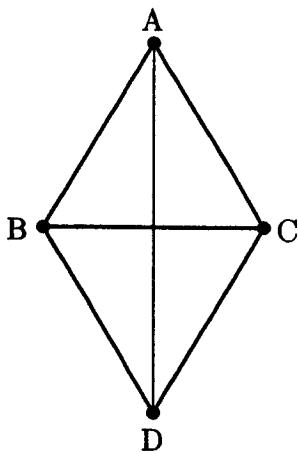


図3

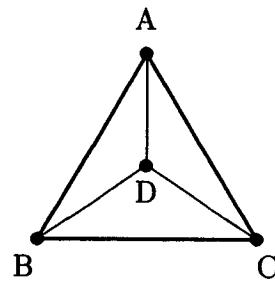


図4

以下でも、4点をA, B, C, Dと呼ぶことにする。

例えばA, B, Cが正三角形をなしDがその重心である場合(図4), $AB = BC = CA$, $AD = BD = CD$ だから、この4点A, B, C, D間を結ぶ6本の線分の長さは2通りである。

以下で、平面上の相異なる4点でそれらの点を結ぶ6本の線分の長さが2通りであるような点の配置が何種類あるか求めてみよう。ただし、点の名前の違いは無視する。また、相似な点の配置は同じ種類とみなす。(例えば、図4の正三角形を上下反転させ辺の長さを2倍にしたものは元の点の配置と同じとみなす。)

6本の線分の長さが2通りに分かれるので、分かれ方は、5本と1本、4本と2本、3本と3本のいずれかである。したがって同じ長さの線分を3本以上含んでいる。この3本の同じ長さの線分に注目して場合分けをしよう。

(1) まず、正三角形をなすような3本の同じ長さの線分を含む場合を考えよう。この正三角形を $\triangle ABC$ とし、もう一点を D とする。 DA, DB, DC の長さも2通りのうちのいずれかだから、これら3辺のうち少なくとも2辺の長さは等しい。そこで、 $DB = DC$ としよう。このとき D は線分 BC の垂直二等分線上にある(図5参照)。実は、このような D として、この垂直二等分線の BC より上に(点 A のある側に)2箇所、 BC より下に2箇所、合計4箇所の可能な位置がある。

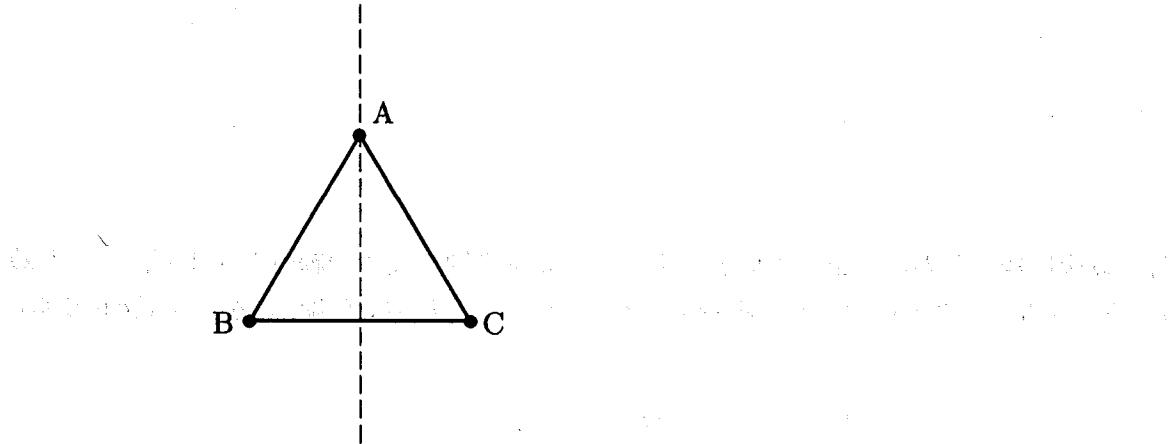


図 5

10. $\triangle ABC$ が正三角形で、 D を BC の垂直二等分線上の点とする。このとき4点 A, B, C, D の相異なる2点を結ぶ線分の長さが2通りとなるような点 D の位置のうち、正三角形の一辺と同じ長さの線分が4本以上存在するものは何箇所あるか。

- a. 1箇所
- b. 2箇所
- c. 3箇所
- d. 4箇所

(2) 次に、同じ長さの線分が 4 本あるが、どの 3 本も正三角形をなさない場合を考える。そのとき、4 本の同じ長さの線分はひし形をなす。

11. この場合、それらのひし形の内角の最小値は次のどれか。

- a. 45°
- b. 60°
- c. 72°
- d. 90°

(3) 最後に残ったのは、正三角形をなすような 3 本の同じ長さの線分を含まず、しかも線分の長さが 3 本と 3 本に分かれる場合である。そのとき、4 点は等脚台形をなす(図 6 参照)。

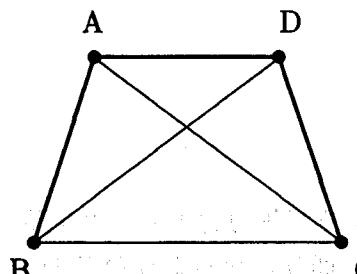


図 6

12. その等脚台形を $ABCD$ と呼び、 $AB = AD = CD$, $AC = BD = BC$ とするとき、次のうち 正しくない 記述はどれか。

- a. $3\angle ABC = 2\angle BAD$
- b. $\angle BAD = 4\angle DAC$
- c. $\angle ABC = 2\angle ADB$
- d. $\angle ACB = \angle ADB$

以上の考察で、平面上の相異なる4点でその2点を結ぶ6本の線分の長さが2通りになる点の配置はすべて尽くされている。6本の線分の長さの2通りへの分かれ方は、5本と1本、4本と2本、3本と3本のいずれかである。そのうち5本と1本に分かれるのは図3のもの1種類である。

13. それ以外の場合について正しいのは次のどれか。

- a. 4本と2本に分かれの場合が3種類、3本と3本に分かれの場合が2種類。
- b. 4本と2本に分かれの場合が3種類、3本と3本に分かれの場合が3種類。
- c. 4本と2本に分かれの場合が2種類、3本と3本に分かれの場合が2種類。
- d. 4本と2本に分かれの場合が2種類、3本と3本に分かれの場合が3種類。

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、もっとも適當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 (第) C_aC C_bC C_cC C_dC

近代科学の祖と言われたガリレオ・ガリレイは 1564 年北イタリアのピサで生まれた。ある時ガリレオはピサの教会で、天井からつり下げるしょく台が、口ウソクに火をつけるために動かされて、ゆらゆらとゆれ始めるのをながめていた。ゆれの幅がしだいに小さくなるにつれて、しょく台の動きは遅くなる。しかも、ひとゆれにかかる時間が短くなっていくように見えた。いったい、次のゆれの時間も短くなるのであろうか？ ガリレオは次のゆれの時間を自分の脈を数えて測ろうと思いついた。すると意外なことに、ゆれの幅が次第に小さくなても、ひとゆれの時間は少しも変わらないことがわかった。彼は帰宅してから、ひもの端に石を結びつけたものを使って同じ実験をくりかえしてみたところ、やはり同じ結果が得られた。さらにまた、ゆれの幅がそれほど大きくなく、ひもの長さが一定なら、重い石を使っても軽い石を使ってもひとゆれの時間は同じであることがわかった。歴史学的研究によれば、ガリレオがピサの教会で行ったと言われるこの実験は、実際には行われず伝説に過ぎないようである。しかし、ガリレオが物体の運動を扱う動力学の第一歩を開いた優れた物理学者であったことは、まぎれもない事実である。

教会でのしょく台のゆれは一種の振動現象であるが、時計の中での水晶の結晶の振動、「おじいさん」の振り子時計の振動、クラリネットやオルガンパイプによってつくり出される音の振動、我々を取り巻く環境の中には、様々な振動現象がある。振動現象は、ある平衡状態からはずれた点から運動を始めた物体が、平衡状態に戻ろうとし、さらに行き過ぎて、また再び戻ろうとする周期的運動と言える。振動現象はどのような物理的量を使って言い表わすことができるであろうか？ 振動現象の物理的理解は、波や音、交流電流や光の物理的性質を知る上でも大切である。

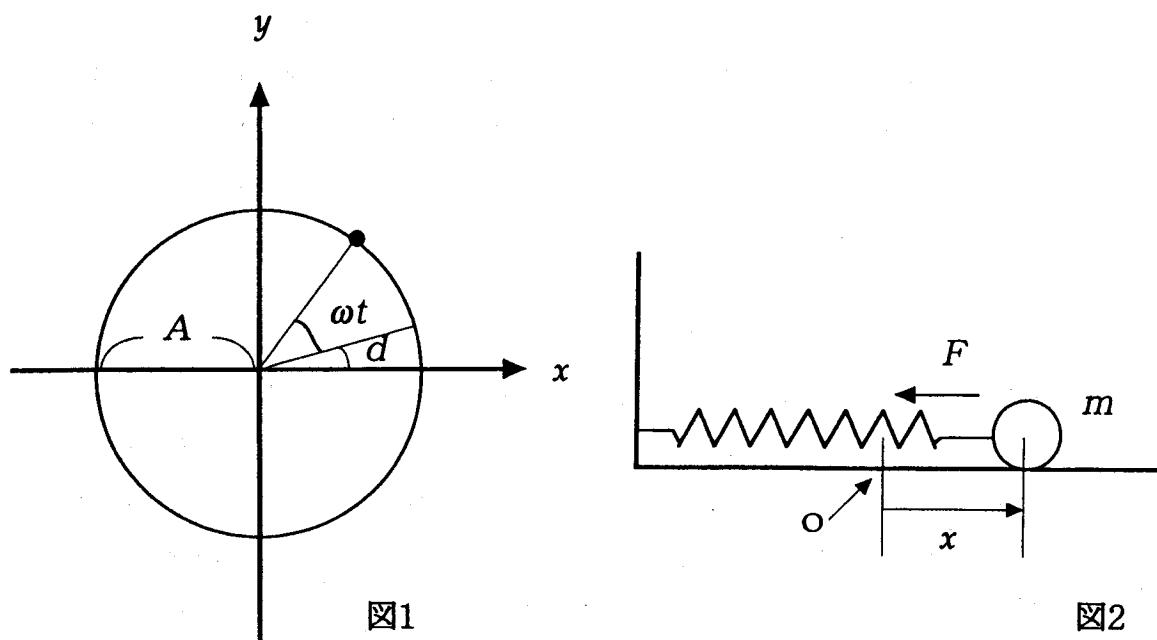
まず単振動について考えてみよう。単振動とは、図1に示すように、原点を中心とする半径 A の円周上を角速度 ω で等速で運動する物体の位置を y 軸上に射影して得られる振動であり、 y は時間 t の関数として、式(1)のように表わされる。

$$y = A \sin(\omega t + d) \quad (1)$$

実際の単振動の簡単な例として、バネに結ばれて振動する質量 m の物体の運動がある。図2に示すように、質量 m の物体は摩擦のない水平な平面の上を動いている。物体は質量が無視できるバネにくついていて、このバネが伸びたり縮んだりする。物体が平衡点 O からずれると、バネの力はこの質点を平衡点に戻そうとする。このような力を復元力 F とよび、振動現象は、この復元力が存在するときに起こるのである。もし、ここに摩擦がなく、この系から力学的エネルギーをとり除くものがなければ、この運動は永遠にくり返される。復元力 F の大きさが、平衡点 O からの変位 x に比例している時、もっとも単純な種類の振動現象である単振動がおこる。図2におけるバネがフックの法則に従うものであれば、この単振動がおこる。フックの法則は、

$$F = -kx \quad (2)$$

で表わされる。 k は復元力 F と変位 x との比例定数で、バネ定数と言われる。



ニュートンの運動の第二法則によれば、力 F は質量 m の物体に加速度 a ($a = \frac{F}{m}$)

を与える。ここで、加速度は物体の速度 v を用いると $a = \frac{dv}{dt}$ 、変位 x を用いると

$a = \frac{d^2x}{dt^2}$ と表わされる。ここで、 $\frac{dv}{dt}$ は v を時間で微分したものであり、きわめて

短い時間 Δt と、その間の速度の変化量 Δv を用いて $\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t}$ と書き表わしたもの

と同じ意味を持つ。 $\frac{d^2x}{dt^2}$ は x を時間で微分しさらにもう一度微分したものである。

従って、上述したバネー物体系の場合は、

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = -kx \quad (3)$$

となる。これは運動方程式と呼ばれるものである。これは x と t の関係を与える方程式で微分係数が含まれるので、微分方程式と呼ばれる。この方程式を解くと、解として時刻 t における変位 x は、

$$x = A \sin(\omega t + d) \quad (4)$$

で与えられる。ただし、 A は最大振幅、 $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$ 、 d は初期条件によって定まる

定数である。これは、先に定義した単振動の式と同じ形をしている。つまり、運動方程式が (3) のように与えられることと、運動が単振動であることとは同じであると言いうことができる。この式から、 $\sqrt{\frac{k}{m}}t$ が 2π だけ進めば、変位 x はもとに戻ること

から、振動の周期が求められることがわかる。振動数は 1 秒間に何回の振動を行うかを示している。また、角振動数とは、単振動を等速円運動の正射影と考えて、振動数を回転角で表わしたものである。

単振り子の振動も単振動とみなせる場合がある。図 3 に示したのは単振り子であるが、長さ r の軽いひもの先端に質量 m のおもりをつけ、他端を O に固定して、鉛直面内で振らせる。支点 O 、鉛直線が円周と交わる点を C 、円周の CP の長さ

を s とする。この時、 $s = r\theta$ である（ただし、 θ の単位は ラジアン (rad) で、 s は向きを考慮して θ が負の時は s も負とする。）。角 θ が 微小角 $d\theta$ だけ変わったときの弧の長さの微小変化 ds は $ds = rd\theta$ である。したがって、質量 m のおもりの弧 s 上での加速度は、 s を時間について二度微分して $r \frac{d^2\theta}{dt^2}$ となる。单振り子において、振動をおこすもとになる復元力は、 $-mg \sin \theta$ であるから、運動方程式は、

$$mr \frac{d^2\theta}{dt^2} = -mg \sin \theta \quad (5)$$

となる。ただし、 g は地球表面における重力加速度で、 9.8 m/sec^2 である。ここで、 θ が小さく $\sin \theta$ が θ で近似できる場合は、(5) 式は、

$$mr \frac{d^2\theta}{dt^2} = -mg\theta \quad (6)$$

したがって、

$$r \frac{d^2\theta}{dt^2} = -g\theta \quad (7)$$

と近似でき、この式は、バネの運動方程式 (3) に対応していることがわかる。

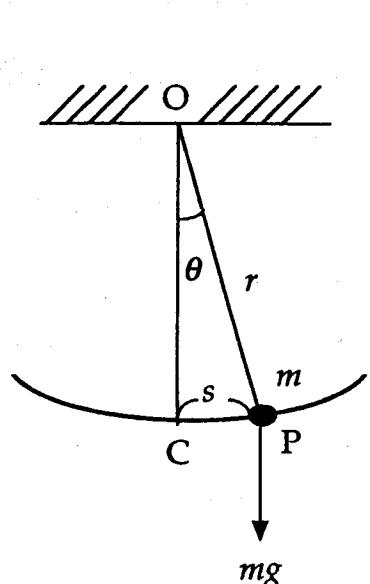
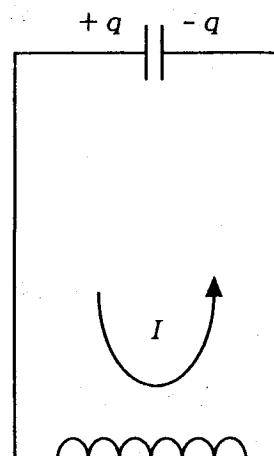


図3

コンデンサー (C)



コイル (L)

図4

振動現象は、電気回路においてもみることができる。図4に示したのは、コンデンサーとコイルによる回路である。コンデンサーに最初に蓄えられている電荷は、コイルを通して平衡状態になろうとし、コイルに電流 I を流す。コイルにおける電流の時間的变化はコイルにおいて起電力 V をつくり出し、これは誘導起電力とよばれる。この起電力は、今度は電荷を逆向きに流すはたらきをする。このようにして、電荷をため込んだコンデンサーとコイルからなる回路では振動現象がうまれる。その振動の微分方程式は、

$$L \frac{d^2q}{dt^2} = -\frac{q}{C} \quad (8)$$

である。 q は電荷、 C はコンデンサーの電気容量である。 L は自己インダクタンスと呼ばれ、次に示すように、誘導起電力と電流の時間的变化率との間の比例定数である。

$$V = -L \frac{dI}{dt} \quad (9)$$

ここで、電流 I が毎秒 1A の割合で変化するときに生ずる誘導起電力 V が 1V であるとき、自己インダクタンス L は 1H (ヘンリー) とよばれる。また、電流は導線のある断面を単位時間あたりに通過する電荷量であると考えると(8)式は容易に理解できる。

(8) で示された電気回路における微分方程式は、(3) や (7) で示されたバネや单振り子の運動方程式に類似した形をもっていることに気付くであろう。上に述べたような振動現象は、様々な物理現象の中に見ることができ、同じ形をした微分方程式で書き表わせる。

21. バネ一物体系におけるフックの法則について、正しくないのは次のどれか。

- a. バネ定数の値が大きいほど、一定の力に対して伸びるバネの変位の大きさは小さくなる。
- b. 物体の変位の大きさが増加するほど、復元力の大きさは増加する。
- c. 復元力の働く方向は、変位が増加する方向に対して逆向きである。
- d. 物体に加わる復元力の大きさが2倍になっているとき、バネ全体の長さも2倍になっている。

22. 変位 x が 10 cm、復元力 F が 3.0 N (ニュートン) の時、バネ定数 k の値としてもっとも適当なものは次のどれか。

- a. 30 N/m
- b. 3.0 N/m
- c. 0.30 N/m
- d. 0.33 N/m

23. 静止しているバネに力 F を加え、伸び x を与えた時、このバネの持つ位置エネルギーを与える式は次のどれか。ただし、 k はバネ定数である。

- a. $\frac{1}{2}k^2x$
- b. $2k^2x$
- c. $\frac{1}{2}kx^2$
- d. $2kx^2$

24. 半径 4.0 m, 周期 6.3 秒の等速円運動をする質量 0.50 kg の物体についての記述の中で正しくないのは次のどれか.

- a. この等速円運動における角速度は 約 1.0 rad/sec である.
- b. この等速円運動の角振動数は、約 1.0 rad/sec である.
- c. この等速円運動における加速度は 約 8.0 m/sec² である.
- d. この等速円運動をする物体が円の中心に向かって受ける力は、約 2.0 N である.

25. バネにとりつけられている物体の周期的運動に関して記述した以下の文章の中で正しくないのは次のどれか.

- a. バネ定数が大きいほど、物体はゆっくり振動する.
- b. 物体の質量が大きいほど、ゆっくり振動する.
- c. 物体は変位が最大のところで最小の速さを持つ.
- d. 物体は変位が最大のところで最大の加速度の大きさを持つ.

26. 6.0 N の力で 3.0 cm 伸びるバネがある。このバネを摩擦のない平面の上に水平にとりつけて、0.50 kg の物体をとりつけ、2.0 cm 引っ張って手をはなした。このバネは単振動を行うが、この時バネの振動の周期としてもっとも適当なものは次のどれか。

- a. 6.2 sec
- b. 3.1 sec
- c. 0.62 sec
- d. 0.31 sec

27. 問題 26 と同じバネで、振動数 f と角振動数 ω の組み合わせが、もっとも適当なものは次のどれか。

- a. $f = 6.4 \text{ Hz}$, $\omega = 40 \text{ rad/sec}$
- b. $f = 3.2 \text{ Hz}$, $\omega = 20 \text{ rad/sec}$
- c. $f = 0.64 \text{ Hz}$, $\omega = 4.0 \text{ rad/sec}$
- d. $f = 0.32 \text{ Hz}$, $\omega = 2.0 \text{ rad/sec}$

28. ガリレオの見たしょく台の周期が脈拍の数で数えて 12 であったとする。教会の天井から吊り下げられた吊りヒモの長さを見積もると、もっとも適当な値は次のどれか。ただし、ガリレオの脈拍の数は 每分 80 だったと仮定する。

- a. 30 m
- b. 20 m
- c. 10 m
- d. 5 m

29. 単振り子の振動において、力学的エネルギー保存則が成り立つとする。振り子は最初、最下点から h の高さから、初速 v_0 で振りおろされるとすると、振り子の最下点における速さは、次のどれか。

- a. $\sqrt{gh + 2v_0^2}$
- b. $\sqrt{gh + v_0^2}$
- c. $\sqrt{2gh + 2v_0^2}$
- d. $\sqrt{2gh + v_0^2}$

30. バネの運動方程式（3）と单振り子の運動方程式（7）の比較から、どのようなことが言えるか。この中で、正しくないのは次のどれか。

- a. バネの振動も、单振り子の振動も、ともに復元力がもとになっておこる。
- b. バネの振動における $\frac{m}{k}$ と、单振り子の振動における $\frac{l}{g}$ の次元は [T] である。
- c. バネの振動においてバネ定数が大きいことは、单振り子の振動においてひもが短いことに対応する。
- d. バネの振動における変位 x は、单振り子の振動における角変化 θ に対応していると考えることができる。

31. 3種類の单振動（A, B, C）について振幅と時間の関係を図5に示した。以下の記述の中でもっとも適当なものは次のどれか。

- a. 单振動 A と单振動 C の周期は等しい。
- b. 单振動 C の周期は 約 0.40×10^{-5} 秒である。
- c. 单振動 A と单振動 B は初期位相が等しい。
- d. 单振動 B の周期は 約 0.10×10^{-5} 秒である。

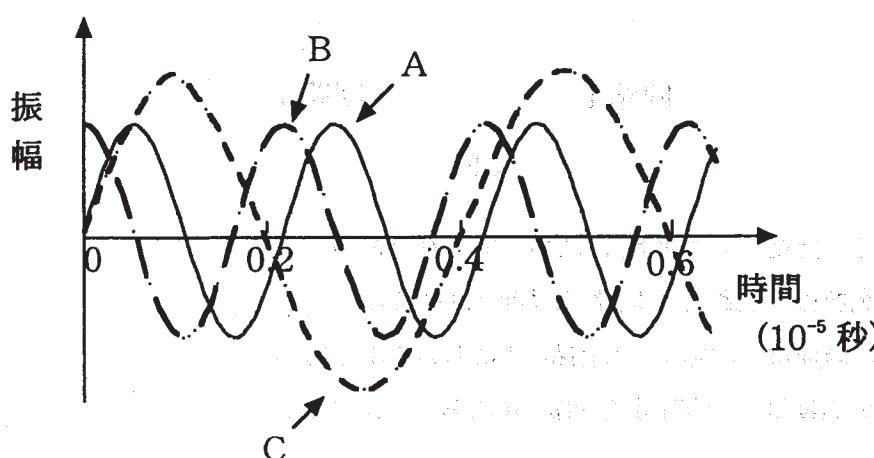


図5

32. 自己インダクタンス 20 H のコイルに流れる電流が 0.10 秒間に一様に 0.30 A 減少した。このとき生じる誘導起電力の大きさとして適当なものは次のどれか。

- a. 15 V
- b. 20 V
- c. 30 V
- d. 60 V

33. 二つの振動している LC 回路を図 6 に示した。回路 I のコンデンサーの電気容量 C_1 と回路 II の電気容量 C_2 は等しいが、回路 I のコイルの自己インダクタンス L_1 は回路 II の自己インダクタンス L_2 より大きい。回路 I と回路 II の振動の時間変化に関して最もっとも適当と思われる記述は次のどれか。ただし、最初にコンデンサーに蓄えられていた電荷の量は、回路 I も II も同じであるとする。

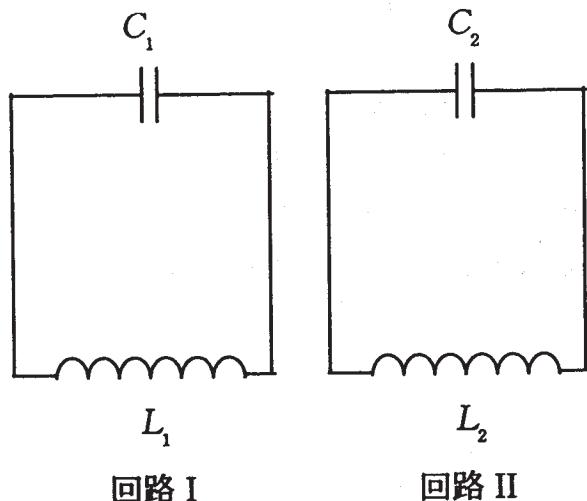


図6

- a. 振幅は、回路 I より回路 II においてより小さい。
- b. 角振動数は、回路 I も回路 II も変わらない。
- c. 振動の周期は、回路 I より回路 II においてより短い。
- d. 振動の周期は、回路 I より回路 II においてより長い。

参考文献

- 1, ガモフ全集 “物理の伝記”, George Gamow 著, 鎮目恭夫訳, 白揚社.
- 2, University Physics, H. D. Young & R. A. Freedman 著, Addison-Wesley Pub. Company.

化 学

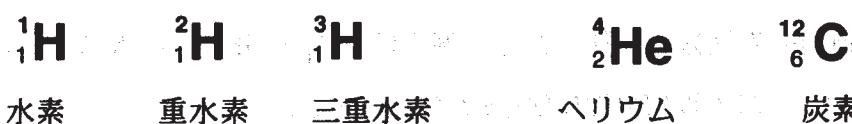
問題(41-53)には、それぞれ a, b, c, d の 4 つの答えが与えてあります。各問題につき、a, b, c, d の中から、もっとも適当と思う答えを 一つだけ 選び、解答用カードの相当欄にあたる a, b, c, d のいずれかのわくの中を黒くぬって、あなたの答えを示しなさい。

例 (問)

C₆H₆ C₆H₅CO C₆H₅CO₂

自然はどのようにして生じたのか？これは人間がこの地球上に生存し始めた時からの根本的な疑問であったに違いない。しかし、それを意識的に考えたのは古代ギリシャ人であった。「万物の根元は何か？」このテーゼに対して様々な意見が提唱され議論が行われた。ターレスは「万物の根元は水である」と唱え、デモクリトスは「万物はそれ以上不可分な原子からなる」と唱えた。では、現代科学は、万物の根元をどのように考えているのだろうか？物質の最小単位はクオークをはじめとする数種の素粒子であるというのが現代物理学の到達している結論であるが、分子を対象とする化学では、陽子、中性子、電子を原子の最小構成要素と考えて物質の構造と性質、反応という自然現象を考える。すなわち、多様な物質からなる宇宙、地球、物質系、生命体の本質を原子・分子のレベルで探ることが化学の役割である。

自然界には約 100 種の元素が存在する。原子の違いは構成要素である陽子、中性子、電子の数の違いによる。水素には下に示す 3 種の同位体が存在する（陽子と中性子の数の和である質量数を元素記号の左肩上に、陽子数をその下に書く）。



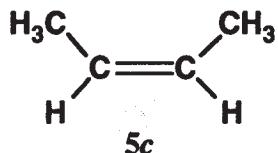
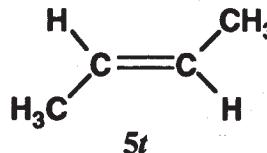
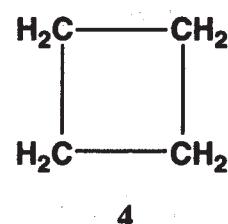
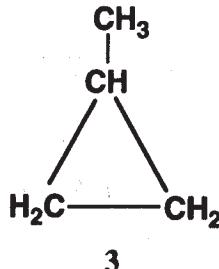
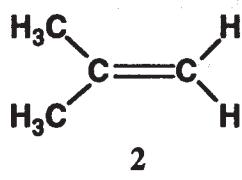
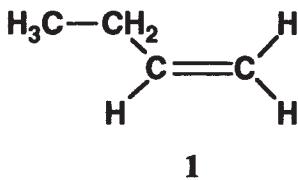
元素の種類は原子に含まれる陽子数によって決まる。ヘリウムは陽子を 2 個、炭素は陽子 6 個を含む。宇宙物理学によれば、これらの構成要素は約 150 億年前ビッグバンと

呼ばれる大爆発によって創成され、数千万度を越える超高温状態で構成要素がさまざまに組み合わされ（核融合）、現存する元素ができあがったと考えられている。恒星の中では今も核融合により新しい元素が造られている。

今から46億年前の原始地球上では、 H_2O の他に NH_3 , H_2S , HCl , CO , CO_2 などの気体分子が地表を覆い、絶えず状態変化を繰り返していた。原始地球上にも宇宙の主成分である水素ガスやヘリウムが存在していたはずだが、それらは比重が小さいために大部分は引力圈外に飛散してしまったと考えられている。

一方、原始地球上には有機化合物としてはメタン(CH_4), ホルムアルデヒド($HCHO$)やシアノ化水素($HC\equiv N$)などの単純なもの以外は存在していなかった。では、生命体形成に必要なアミノ酸、糖、核酸などはどういうように形成されたのだろうか？この問いに答える実験が1953年にミラーによって行われた。すなわち、原始地球では太陽熱により水が絶えず蒸発して雨となり、そこに H_2 , CH_4 , NH_3 の気体分子が溶け雷光や太陽からの強い紫外線を受けながら地表に落ちていったと考えて、水が蒸発循環する装置の中で放電実験を行った。数週間後フラスコに溜まった茶色の溶液を分析したところ、多種類のアミノ酸や糖類の他に、アデニンという核酸構成分子が検出された。この実験は地球になぜ有機化合物が存在するのかという問い合わせ一つの答えを提示するものとして世界中の化学者の注目をあびた。

ところで、我々の世界では石炭、石油から取り出された有機化合物が様々に変換され、生活用品、医薬品などに用いられている。有機化合物の構造は非常に多様であるが、その基本は炭素化合物が多様な分子構造を取り得ることにある。例えば、 $C_4H_{10}O$ という組成をもつ分子には、 C_4H_9OH で表されるアルコール類（4つの構造異性体と一組の光学異性体）とエーテル類（3つの構造異性体）が存在する。分子内に二重結合をもつ分子ではさらに別な種類の異性体も可能である。例えば、 C_4H_8 分子には次のような5つの構造異性体（1~5）と一組の幾何異性体（5f, 5c）が存在する。



トランス-2-ブテン

シス-2-ブテン

これらの異性体の安定性の違いは反応熱の測定によって知ることができる。例えば、トランス-およびシス-2-ブテンは水素の付加反応によりどちらもブタンを生成するので、それぞれの反応熱（115 および 119 kJ/mol. ただし 25°C, 1 atm における気体状態の値。）の差 4 kJ/mol だけトランス型の方が安定であることが分かる。ベンゼンの水素の付加反応の反応熱は結合エネルギーから予想される値よりも 150 kJ/mol も小さい。これはベンゼン環が安定であることを示しており、不飽和結合を含むにもかかわらず KMnO₄ のような強い酸化剤によっても酸化を受けず、また置換反応をはじめとする特徴的な反応性を示す理由となっている。ベンゼン環を含む化合物は様々な材料や医薬品に使われているが、天然アミノ酸であるフェニルアラニンや性ホルモン分子にもベンゼン環が含まれる。

このように多様な分子の構造と物理・化学的性質、反応性、生体機能との関係を追求することも自然科学における化学の基本課題である。

以下の問題では、元素の原子量として次の値を用いよ。

水素：1.0 炭素：12.0 酸素：16.0 銅：63.5

41. 次の4種の原子（仮の元素記号を A, B, C, D とする）について正しくない記述はどれか。



- a. A は水素原子と結合し安定な四原子分子を形成する。
- b. B は水素原子と結合し安定な三原子分子を形成する。
- c. A と B はどちらも同一原⼦どうしで二原子分子を形成する。
- d. C と D は单原子分子として安定に存在する。

42. 次の中でデモクリトスの考え方と一致するのはどれか。

- A. 水は蒸発により空気の原子と土（器の底に残る粉末）の原子に変化する。
- B. 水は水の原子が集合したものである。
- C. 自由にかたち（気体、液体、固体）を変えることができるものが原子である。
- D. 万物には共通の原子が含まれる。
- E. 実験によりもはやそれ以上分解できないものが原子である。
- F. 金をどこまでも細かく碎いていくと金の原子になる。

- a. A と E
- b. C と D
- c. B と E
- d. B と F

43. アボガドロ数を求める方法はいくつかあるが、X線による測定からも求められる。ある金属原子は体心立方格子をもつ結晶となる。その単位格子の1辺の長さを a 、その結晶の密度を d 、この物質のモル質量を M とした時のアボガドロ数 N を表わす正しい式は次のどれか。

a. $N = \frac{M}{a^3 \cdot d}$

b. $N = \frac{2M}{a^3 \cdot d}$

c. $N = \frac{4M}{a^3 \cdot d}$

d. $N = \frac{a^3 \cdot d}{M}$

44. ベルセリウスは沢山の酸化物を分析して酸素の原子量をもとに多くの元素の原子量と組成式を定めた。たとえば、銅の酸化物 A は質量で銅 80%，酸素 20%を含み、銅の酸化物 B は銅 89%，酸素 11%を含む。銅の酸化物 B の組成式は次のどれか。



45. 有機化合物の組成式は実験的に次のようにして求めることができる。化合物 A は炭素、水素、酸素の化合物であることがわかっている。A を 5.8 mg 計り、酸素気流中で完全に燃やし、出てきた気体を先ず塩化カルシウムを詰めた管 B に通し、次にソーダ石灰を詰めた管 C に吸収させたところ、B の質量は 5.4 mg、C の質量は 13.2 mg 増えていた。化合物 A の組成式は次のどれか。

- a. CH_2O
- b. $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$
- c. $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$
- d. $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$

46. ある面心立方格子の金属結晶において、単位格子の一辺の長さを a とし、金属原子の半径を r とすると r/a は次のどれか。

- a. $\frac{1}{2\sqrt{2}}$
- b. $\frac{1}{\sqrt{2}}$
- c. $\sqrt{2}-1$
- d. $1-\frac{1}{\sqrt{2}}$

47. 分子の立体構造を推定する上で異性体の数は重要な実験的証拠となった。例えばメタン (CH_4) を平面構造であると仮定した場合の異性体の数を N_1 、炭素を頂点とする四角錐と仮定した場合の異性体の数を N_2 、正四面体構造とした場合の異性体の数を N_3 とする。メタンの場合には各構造に可能な異性体は 1 つずつで、その数を $(N_1, N_2, N_3) = (1, 1, 1)$ と表わすとすると、 CH_2Cl_2 , CH_2ClBr , CHFClBr 分子の (N_1, N_2, N_3) として正しいのは次のどれか。

- a. CH_2Cl_2 は $(2, 2, 1)$, CH_2ClBr は $(2, 3, 1)$, CHFClBr は $(3, 6, 2)$
- b. CH_2Cl_2 は $(2, 2, 1)$, CH_2ClBr は $(2, 2, 2)$, CHFClBr は $(3, 3, 1)$
- c. CH_2Cl_2 は $(2, 2, 1)$, CH_2ClBr は $(2, 2, 2)$, CHFClBr は $(3, 3, 2)$
- d. CH_2Cl_2 は $(2, 2, 1)$, CH_2ClBr は $(2, 3, 1)$, CHFClBr は $(3, 6, 1)$

48. 分子の形を決める大きな要素は電子対と電子対の間の反発である。分子を電子式で表わし、ひとつの原子のまわりの電子対の間の反発を考えると、共有電子対と共有電子対の間の反発 < 共有電子対と非共有電子対の間の反発 < 非共有電子対と非共有電子対の間の反発 の順に反発が大きい。例えばメタンでは正四面体構造をとるが、それは4組の共有電子対の間の反発を最小にした形になっている。この原則を適用して予想される分子の形は次のどれか。



- a. V字型；三角錐；直線型；V字型
- b. V字型；三角錐；V字型；直線型
- c. V字型；平面型；直線型；直線型
- d. V字型；平面型；V字型；V字型

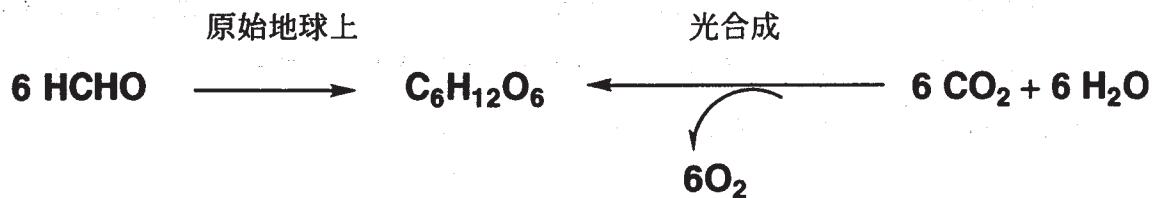
49. アンモニア NH_3 は三塩化ホウ素 BCl_3 と N-B の間に配位結合をつくり、 NH_3BCl_3 の分子となる。問題 48 に記された原則を適用すると、化合物 NH_3BCl_3 の中の H-N-H の結合角と Cl-B-Cl の結合角は化合する前と比べてどうなるか。正しい記述を選べ。

- a. H-N-H も Cl-B-Cl も共に結合角は小さくなる。
- b. H-N-H も Cl-B-Cl も共に結合角は大きくなる。
- c. H-N-H の結合角は小さくなるが Cl-B-Cl の結合角は大きくなる。
- d. H-N-H の結合角は大きくなるが Cl-B-Cl の結合角は小さくなる。

50. プタンの生成熱は 126 kJ/mol である。トランス-2-ブテンの水素の付加反応の反応熱を用いてトランス-2-ブテンの生成熱を求めよ。

- a. -11 kJ/mol
- b. 11 kJ/mol
- c. 122 kJ/mol
- d. 241 kJ/mol

51. 原始地球上で起こったと考えられるブドウ糖分子($C_6H_{12}O_6$)の生成反応と、今地球上で行われている光合成によるブドウ糖分子の生成反応を下に示す。



以下の A, B, C, D について正しい記述の組合せは次のどれか。

- A. ホルムアルデヒドもブドウ糖もフェーリング液を還元する。
- B. ブドウ糖には光学異性体が存在する。
- C. 光合成は二酸化炭素の還元反応である。
- D. 光合成は無機化合物を有機化合物に変換する反応である。
 - a. A と B は正しいが C と D は誤りである。
 - b. A, B, D は正しいが C は誤りである。
 - c. B, C, D は正しいが A は誤りである。
 - d. A, B, C, D すべて正しい。

52. トルエンとシクロヘキセンについて正しくない記述は次のどれか。

- a. トルエンは鉄粉触媒の存在下で臭素と付加反応を起こす。
- b. シクロヘキセンは臭素と容易に付加反応を起こす。
- c. シクロヘキセンは白金触媒の存在下で水素を付加するが、トルエンでは高圧下で白金触媒を用いなければ水素の付加は起こらない。
- d. シクロヘキセンはシクロヘキサノールに濃硫酸を加えて高温に加熱すると生成する。

53. $C_4H_{10}O$ なる分子式をもつ 2 種の有機化合物 (A と B) の反応性を調べたところ以下のようないくつかの結果が得られた。

- イ. ヨードホルム反応を行ったところ, A は反応を起こし, B は反応しなかった。
- ロ. 硫酸で酸性にした二クロム酸カリウム水溶液により酸化反応を行ったところ, A はケトンを生成したが B は変化を受けなかった。
- ハ. 金属ナトリウムを加えたところ, A は水素を発生したが B は水素を発生しなかった。
- 二. ナトリウムエトキシドとヨウ化エチルとの反応によって B が生成した。

A と B について正しい記述は次のどれか。

- a. A は 1-ブタノール, B はジエチルエーテル。
- b. A は 2-ブタノール, B は 2-メチル-2-プロパノール。
- c. A は 2-ブタノール, B はジエチルエーテル。
- d. A は 1-ブタノール, B は 2-メチル-1-プロパノール。

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、もっとも適當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のいづ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 (♂) C_aC C_bC C_cC

I

1830年代に、ドイツの生理学者ミュラーは、神経が信号を伝える速さを測定することは不可能だろうと考えた。彼は、神経の興奮は電気的な現象だから、光の速度 (3×10^8 m/秒) に近い速度で伝わるに違いないと推論したのである。しかし、それから15年も経たないうちに、彼の弟子であったヘルムホルツは、単純な実験によって、神経の伝導速度を測定することに成功し、それがミュラーが考えていたよりもはるかに小さいものであることを示した。

図1は、ヘルムホルツが行った実験を再現したものである。まず、カエルの脚の筋肉に神経をつけたまま取りだす。神経に電気刺激を与えると、刺激からわずかに遅れて筋肉が収縮する。刺激を与えてから筋肉が収縮し始めるまでの時間を反応時間と呼び、 t で表すことにする。 t は、伝導距離 l 、すなわち刺激点から筋肉までの神経の長さによって変わり、 l が大きいほど t も大きくなる。神経の2点について測定した場合の t の差を Δt 、 l の差(すなわち2点間の距離)を Δl とすると、伝導速度 v は

$$v = \frac{\Delta l}{\Delta t}$$

で求められる。

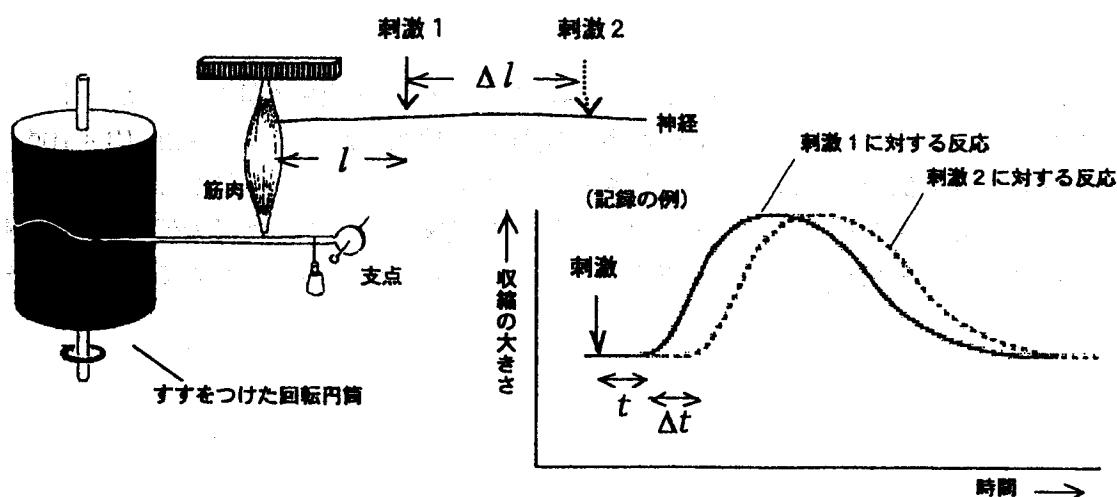


図1 神経の伝導速度を求める実験の模式図

61. 単純に、1箇所だけを刺激して反応時間 t を求め、それで伝導距離 l を割れば、伝導速度を求められそうに思えるが、これでは、正確な値を求めることは出来ない。その理由としてもっとも適当なものは次のどれか。

- a. 神経の長さをいろいろ変えて平均値を求める必要があるから。
- b. 反応時間には、神経の伝導以外にも、神経から筋肉への興奮の伝達や筋肉細胞内での反応に要する時間が含まれているから。
- c. 神経の伝導速度は一様ではなく、筋肉からの距離によって変化するから。
- d. 神経は細かく枝分かれして筋肉の中に入り込んでいるため、正確に長さを知ることが難しいから。

62. カエルの神経と筋肉とを用いた実験の結果、 Δt は0.001秒であり、神経の伝導速度は30 m/秒であると計算された。また、刺激した2点のうち、筋肉に近い点は筋肉から2 cmの距離にあった。もう一方の刺激点は筋肉からどれだけ離れた点にあったか。次のなかから正しいものを選べ。

- a. 3 cm
- b. 4 cm
- c. 5 cm
- d. 6 cm

63. この実験の場合、神経を刺激してから筋肉が収縮するまでに起る一連のできごとに含まれないものは次の記述のどれか。

- a. 筋原繊維の縞模様が変化する。
- b. 神経伝達物質が放出される。
- c. 反射中枢が興奮する。
- d. 活動電位が生じる。

64. 実験で用いた神経の構造やはたらきは、ヒトを含めて他の脊つい動物の骨格筋につながっている神経のものと基本的に同じである。この神経について正しくない記述は次のどれか。

- a. 多数の神経繊維が束になったものである。
- b. 神経細胞(ニューロン)の核を含む部分(細胞体)は脊髄内に存在する。
- c. それぞれの神経繊維の興奮は「全か無かの法則」に従う。
- d. 隨しようのない神経繊維からできている。

II

遺伝の現象は、古代から人々の興味を引き、家畜や作物の品種改良などに応用されてきた。遺伝現象の科学的な研究は19世紀のメンデルに始まった。メンデルは、エンドウの様々な形質について詳細な交配実験を行い、優性、分離、独立の3法則を見出した。彼が着目した多数の形質の中には3法則に合わないものもあったが、法則に合った7つの形質は、後にそれらがエンドウの7本の別々の染色体上の遺伝子によって決定されていることが確かめられた。法則に合致しなかった形質については、メンデルの時代には原理がわからなかつたが、20世紀に入って詳細な研究がなされ、例えば、異なった対立形質でも連鎖している場合には独立の法則に従わないことが現在では明らかになっている。キイロショウジョウバエの眼の色を、赤色または紫色に決める遺伝子と、はねの形を正常ばね型またはこん跡ばね型に決める遺伝子は連鎖の一例である。

ところで、遺伝子が存在する染色体の数は、種によって大きく異なっている。ヒトでは23対、イヌでは39対、キイロショウジョウバエでは4対、などと種によって様々であるが、性を持つ多くの種では、雌雄で相同な常染色体と、相同になっていない性染色体の二つに分けることができる。性染色体は、存在の形式によって雄ヘテロ型と雌ヘテロ型があり、ヒトやキイロショウジョウバエでは、雄がXYで雌がXXの雄ヘテロ型、ハトやカイコガでは雄がZZで雌がZWの雌ヘテロ型であることが知られている。

65. キイロショウジョウバエの赤色眼・正常ばねの優性ホモの個体と紫色眼・こん跡ばねの劣性ホモの個体を交配して得られたF₁を検定交雑した場合、得られた子の表現型の比は、どのようになるか。下記から正しい記号を選べ。ただし、組換えは起こらないものとする。

- a. 赤色眼・正常ばね：紫色眼・こん跡ばね が 1:1 となる。
- b. 赤色眼・正常ばね：赤色眼・こん跡ばね：紫色眼・正常ばね：紫色眼・こん跡ばね が 9:1:1:9 となる。
- c. すべて 赤色眼・正常ばね となる。
- d. 赤色眼・正常ばね：赤色眼・こん跡ばね：紫色眼・正常ばね：紫色眼・こん跡ばね が 1:1:1:1 となる。

カイコガには、皮膚が不透明な正常型の品種と、半透明な油蚕（あぶらこ）型の品種があることが知られている。実験的に正常型の雄と油蚕型の雌とをかけ合わせ、 F_1 、 F_2 を得たところ、下表のような結果を得た。ただし、表中では、正常型を“正”，油蚕型を“油”と表記する。

表1 F_1 の形質の比

$\frac{\text{♀親の形質}}{\text{♂親の形質}}$	正 ♀	油 ♀
正 ♂	A 正♂ : 油♂ : 正♀ : 油♀ 1 : 0 : 1 : 0	B 正♂ : 油♂ : 正♀ : 油♀ 1 : 0 : 1 : 0
油 ♂	C 正♂ : 油♂ : 正♀ : 油♀ 1 : 0 : 0 : 1	D 正♂ : 油♂ : 正♀ : 油♀ 0 : 1 : 0 : 1

次に表1の中の F_1 、A～Dを、それぞれの F_1 どうしでかけ合わせて F_2 を作ったところ、表2のような比で F_2 が得られた。

表2 F_2 の形質の比

Aの F_2 正♂ : 油♂ : 正♀ : 油♀ 1 : 0 : 1 : 0	Bの F_2 正♂ : 油♂ : 正♀ : 油♀ 2 : 0 : 1 : 1
Cの F_2 正♂ : 油♂ : 正♀ : 油♀ 1 : 1 : 1 : 1	Dの F_2 正♂ : 油♂ : 正♀ : 油♀ 0 : 1 : 0 : 1

66. この形質の遺伝形式に対する解釈として、正しいものの組合せは次のどれか。

- A. 正常型の遺伝子は、油蚕型に対して優性の対立遺伝子である。
 - B. 正常型の遺伝子は、雄のZ染色体にある。
 - C. 油蚕型の遺伝子は、伴性遺伝をしている。
 - D. 油蚕型の遺伝子は、雌のW染色体にある。
-
- a. A, B, Dは正しいが、Cは誤り。
 - b. A, B, Cは正しいが、Dは誤り。
 - c. AとCは正しいが、BとDは誤り。
 - d. すべて正しい。

67. 上記の実験に用いた F_1 の中から表1のBの雄とDの雌を交配すると、子の表現型の比は次のどれになるか。

- a. 正♂ : 油♂ : 正♀ : 油♀ = 1 : 0 : 1 : 0
- b. 正♂ : 油♂ : 正♀ : 油♀ = 2 : 0 : 1 : 1
- c. 正♂ : 油♂ : 正♀ : 油♀ = 0 : 1 : 0 : 1
- d. 正♂ : 油♂ : 正♀ : 油♀ = 1 : 1 : 1 : 1

III

個体としての寿命が限られている生物が種族を残していくためには、生殖により新しい個体をつくり出す必要がある。多くの動物では、雌雄の性が分化しており、雄と雌は配偶行動を通じて異性を発見・識別して、交尾に至る。そして雄の配偶子が雌に受け渡され、卵が受精する。ここでは寄生性昆虫の一種である、アオムシコマユバチについての実験から、その配偶行動を考察してみよう。

アオムシコマユバチは黒褐色で、その体長約3mmである。雌は主としてモンシロチョウの幼虫の体内に産卵する。ふ化した幼虫は、モンシロチョウの幼虫の組織を食べて成長する。モンシロチョウの幼虫が蛹（さなぎ）になる直前に、成長したハチの幼虫は寄主の皮膚を食い破って体外にはい出してくる。はい出したハチの幼虫は繭（まゆ）をつくって蛹となる。羽化した雄成虫は、飛び回って雌を探すが、雌を発見すると近寄り、はばたき行動をしながら雌に定位する。そして雌に後方より接近して交尾する。

このハチの雄はどのようにして同じ種の雌を探しあてるのだろうか。飼育して得たハチを材料として、いくつかの実験を行なった。実験にはいずれも羽化して数日後の未交尾のハチを用いた。雄は同種の雌を視覚によって確認しているのか、きゅう覚によっているのか。それとも両者を併用しているのか。併用の場合は、両者をどう使い分けているのか、などを検討した。

（実験1）図2のように2つの透明なガラスリング（直径2cm、高さ0.5cm）を組み合せてそれらの間に仕切りとしてカバーガラスを使用したものとティシュペーパー（白色）を用いたものを作った。そして上下の部屋にそれぞれ雄ハチと雌ハチを1個体ずつ入れて雄の行動を観察した（表3）

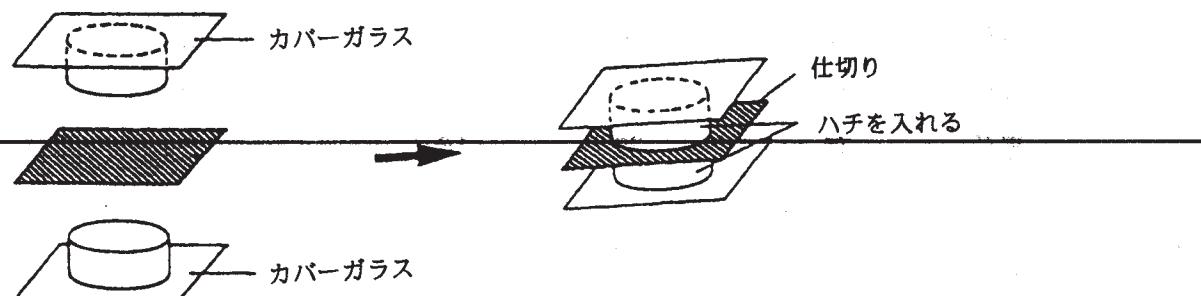


図2 行動観察の装置

表3 アオムシコマユバチ雄の配偶行動の解析

雌雄の隔離に用いたもの	実験数	観察された行動		
		はばたき行動	定位・交尾の試み	
カバーガラス	10	0		0
ティッシュペーパー	15	11		0

(実験2) 雌を小さなガラス管に入れておき、数日後ガラス管内の空気を、雄を入れたガラス管に導入したところ、雄ははばたき行動を示した。一方、雄を入れておいたガラス管の空気にはそのような効果はなかった。

(実験3) 雄ハチの体から抽出した匂い物質を満たした空間において、さまざまな色彩の紙片(1×1mm)を雄ハチに提示して雄の行動を観察した(表4)。

表4 いろいろな色の紙片に対するアオムシコマユバチ雄の配偶行動

紙片の色	雌の匂いの有無	雄数	観察された行動		
			はばたき	定位	交尾の試み
白色	有	20	12	0	0
灰色	有	20	12	4	2
黒色	有	20	18	16	8
赤色	有	20	16	13	10
黄色	有	20	7	0	0
緑色	有	20	13	8	2
青色	有	20	16	3	1
黒色	無	10	0	0	0

これらの実験結果をもとにして次の間に答えよ。

68. 実験1と実験2の結果から考えて、正しくないものは次のどれか。

- a. 雄は雌の匂いに反応して、はばたき行動を引き起こす。
- b. 雄は雌を視覚により確認して、はばたき行動をおこす。
- c. 雄がはばたき行動をおこす物質は空気中を伝わる。
- d. 雄がはばたき行動をおこすには雌に触れなくともよい。

69. 実験3の結果を考えて、正しくないものは次のどれか。

- a. 雌の匂いがあれば、提示した紙片の色にかかわらずはばたき行動は生じる。
- b. 黒色の紙片だけでは、はばたき行動は引き起こされない。
- c. 定位行動を引き起こすのに有効なのは黒色の紙片のみである。
- d. 黄色や白色の紙片を提示した時には定位行動はみられない。

70. これらの実験から雄ハチの配偶行動について正しくないものは次のどれか。

- a. 雌の出す匂い物質は性フェロモンといえる。
- b. 雄は雌の匂いがあっても灰色の紙片にはまったくはばたき行動を示さない。
- c. 雄は、雌の匂いがある条件下ではハチの体色とは異なる紙片にも定位する。
- d. 雄が交尾の試みに至るにはきゅう覚および視覚の両方の信号刺激が必要である。

IV

ある一定の場所に注目したとき、そこに存在する生物群集がつぎつぎに別の群集にかわり、比較的安定な状態に向かって変化してゆくことがみられる。この変化していく現象を遷移といい、最終的に到達する安定な状態を極相とよぶ。

遷移の現象は、古くから陸上植物のものを中心に研究されてきた。遷移は基本的に、単に環境の変化に応じて群集が変化するものではなく、ある時期に存在する群集によって環境が変化し、その変化した環境が新しい群集の形成をうながす。

栄養環境が通常の状態から富栄養状態に変化した場合、生物の生産量が増大する。これにともない、環境を構成している動植物や微生物の種類に変化が生じる。生産者である植物の種類や量におこった遷移は、つぎつぎに他の生物の種類と量の変化を誘発することになる。

遷移がどのようにしておこるかを、もっと具体的に考えてみよう。採取した海水を入れた三角フラスコを恒温器内におき、たとえば16時間明・8時間暗の条件のもとで放置しておくと、時間がたつにしたがって生物の種類や量などがどう変化していくかを調べることができる。このような実験を、一般にミクロコズム実験とよぶ。図3は、この培養過程を追いかながら、1次総生産量(P)、呼吸量(R)、生物現存量(B)を測定したものである。

図3では独立栄養生物がまず増殖し、ついで従属栄養生物の増殖が顕著に見られ、最終的に安定した極相に到達した。この現象は自然界でも一般的にみられている。通常の海水はわずかしか有機物を含まないが、もしミクロコズム実験をはじめる時に、多量の有機栄養物質を加えて培養をすると、まず従属栄養生物の増殖がはじまり、最終的に極相に達するのが観察できる。このように、栄養の状態はどのような過程をへて生態系が安定するかを決める重要な鍵になっている。秋に多量の落葉が地面に積み重なる場合のように、一つの生態系に有機物というエネルギー源が入った場合には、その有機物を分解する微生物群集に分解者遷移という現象がみられる。この場合にはエネルギー源は時間経過にともなって減少の一途をたどり、最終的に消費し尽くされる。このような場合には極相はあらわれず、群集構造は単純になってしまう。

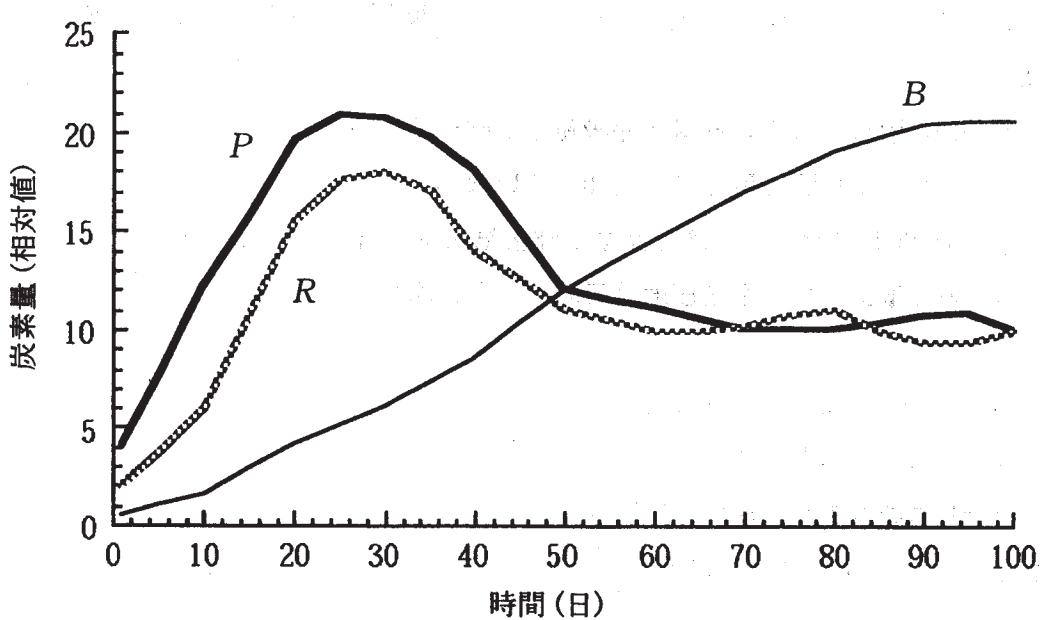


図3 海水を三角フラスコに入れて16時間明・8時間暗の条件で培養したミクロコズム内の変化 P =総生産量； R =呼吸量； B =生物現存量

71. 遷移の現象の説明として、正しい記述の組み合わせは次のどれか。

- A. 作用と反作用のはたらきにより進行する。
- B. 遷移の進行により、現存量は増大し群集の安定性が高まる。
- C. 極相に近づくと、現存量あたりの生産速度は低下する。

- a. A, B, C はすべて正しい。
- b. AとC は正しいが、Bは誤り。
- c. A は誤りだが、BとCは正しい。
- d. A, B, C はすべて誤り。

72. 図3のミクロコズムでの遷移の説明として、正しく現象を述べている記述の組み合はせは次のどれか。

- A. 60日頃までは光合成量が呼吸量を上回っている。
 - B. 初めの60日間に現存量は増加していない。
 - C. 60-80日になると、総生産量も呼吸量もほぼ値が一定になった。
 - D. 現存量あたりの生産速度は時間とともに増加した。
-
- a. A, B, C, Dはすべて正しい。
 - b. AとCは正しいが、BとDは誤り。
 - c. AとDは誤りだが、BとCは正しい。
 - d. A, B, C, Dはすべて誤り。

73. 上述のミクロコズム実験において、あらかじめ多量の有機栄養物質を加えて培養をした場合に予想されることがらとして、正しい記述は次のどれか。

- a. 最初に藻類が圧倒的に増殖するが、すぐに死滅する。
- b. 最初に従属栄養生物が増殖し、この生態系での優占種となる。
- c. 最初に加えた有機物が分解し尽くされ、すべての生物が死滅する。
- d. 最初に加えた有機物が分解されたあと、一次遷移が起こる。

参考文献

越田豊・北野日出男・岩沢久彰・長井幸史 「性の生物学 1：♂と♀のはなし」

培風館、東京。 (1985)

Odum, H.T. Fundamentals of Ecology, Saunders Co., Philadelphia & London.
(1971)