

＊ 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. (2007 年度入試までは理系の学生はこの試験が必須でした)
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,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入れること

# 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    ☐a    ☐b    ☒c    ☐d

## I

運動会の玉入れについていろいろと考えてみよう。

最初に、玉の描く軌跡について考える。玉が  $xy$  平面にあるように座標を選び、玉が  $xy$  平面を動く状況を考える(図1)。  $x$  軸の正の向きから角  $\theta$  の方向に速さ  $v$  で点  $(a, b)$  から玉が手を離れるとする(図2)。  $(a, b > 0, 90^\circ < \theta < 180^\circ)$

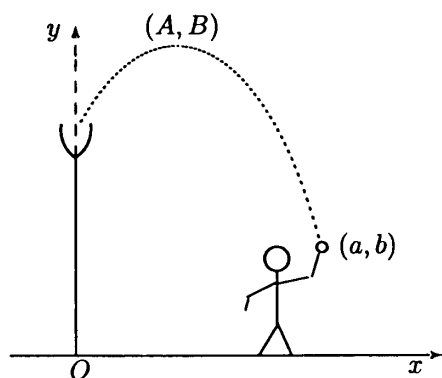


図 1

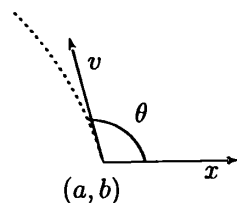


図 2

重力加速度を  $g$  として、玉が手を離れてから  $t$  秒後の速度ベクトルは

$$(v \cos \theta, v \sin \theta - gt)$$

で与えられるから、  $t$  秒後の位置は

$$\begin{cases} x = a + (v \cos \theta)t \\ y = b + (v \sin \theta)t - \frac{1}{2}gt^2 \end{cases}$$

となる。この玉の軌跡上の点  $(x, y)$  がみたす方程式は次式で与えられるとする。

$$y = -p(x - A)^2 + B \tag{1}$$

1. 式(1)の  $p$  を  $v, \theta, g$  を使って表すとどうなるか.

a.  $\frac{g}{2v^2 \sin^2 \theta}$

b.  $\frac{g}{v^2 \sin^2 \theta}$

c.  $\frac{g}{2v^2 \cos^2 \theta}$

d.  $\frac{g}{v^2 \cos^2 \theta}$

2. 式(1)の  $A, B$  を  $a, b, v, \theta, g$  を使って表すとどうなるか.

a.  $(A, B) = \left( a + \frac{v^2 \sin \theta \cos \theta}{g}, b + \frac{v^2 \sin^2 \theta}{2g} \right)$

b.  $(A, B) = \left( a + \frac{v^2 \sin \theta \cos \theta}{2g}, b + \frac{v^2 \sin^2 \theta}{g} \right)$

c.  $(A, B) = \left( a + \frac{v^2 \cos^2 \theta}{g}, b + \frac{v^2 \sin^2 \theta}{2g} \right)$

d.  $(A, B) = \left( a + \frac{v^2 \cos^2 \theta}{2g}, b + \frac{v^2 \sin^2 \theta}{g} \right)$

3. 式(1)で表される放物線の点  $(a, b)$  における接線の傾き  $\tan \theta$  は次のどれか.

a.  $2p(a - A)$

b.  $2p(A - a)$

c.  $2pa$

d.  $-2pa$

玉を投げ入れるかごを, 原点  $(0, 0)$  から  $y$  軸に沿った高さ 3 m のポール先につける.  
かごは, 次式で与えられる放物線の一部を  $y$  軸のまわりに回転させた回転放物面の形であるとする.

$$y = 3 + 8x^2, \quad -0.25 \leq x \leq 0.25$$

次の条件は, 玉がかごに入るための必要条件である.

(#) 玉の軌跡が ( $xy$  平面にあるとして) 線分  $y = 3.5$ ,  $-0.25 < x < 0.25$  と交わる.

ここで, 玉の軌跡は  $xy$  平面にあると仮定して, 玉の大きさとかごの厚さは無視する.

4. 玉がかごに入るための必要十分条件は次のどれか.

- a. 条件 (#) および  $-p(0.25 - A)^2 + B < 3.5$
- b. 条件 (#) および  $-p(0.25 - A)^2 + B > 3.5$
- c. 条件 (#) および  $-p(0.25 + A)^2 + B < 3.5$
- d. 条件 (#) および  $-p(0.25 + A)^2 + B > 3.5$

直径 5 cm の玉を使うとして, かごに入る玉の数を知るためにかごの体積を調べよう. 単位を cm にして, かごの底の点を原点にとり直したときの原点を通る (鉛直な面による) 断面は

$$u = \frac{2}{25}r^2, \quad -25 \leq r \leq 25$$

で表される. 高さ  $u$  でのかごの (水平な面による) 断面の円の面積を  $S(u)$   $\text{cm}^2$  とすると, かごの体積  $V$   $\text{cm}^3$  は

$$V = \int_0^{50} S(u) du$$

と求められる. 直径 5 cm の玉の体積は  $V_0 = \frac{4}{3} \left( \frac{5}{2} \right)^3 \pi \text{ cm}^3$  であって, かごに入る玉の数は  $\frac{V}{V_0}$  より小さい. ここで,  $\pi$  は円周率 3.14... である.

5. かごの体積  $V$  は次のどれか.

- a.  $\frac{15625}{3} \pi \text{ cm}^3$
- b.  $\frac{15625}{2} \pi \text{ cm}^3$
- c.  $15625 \pi \text{ cm}^3$
- d.  $31250 \pi \text{ cm}^3$

かごに入る玉の概数を求めるために，かごを高さ 5 cm ごとのスライスに分けて，各スライスにはいる玉の概数を足し上げることにする．そこで，各スライスの中央の高さ

$$u_n = 2.5 + 5(n - 1), \quad n = 1, 2, \dots, 10$$

での断面の円の面積  $S_n = S(u_n)$  cm<sup>2</sup> を考え，それを直径 5 cm の玉の中心を通る断面の面積で割った数の 7 割を  $n$  番目のスライスにはいる玉の概数と定める．すなわち，かごに入る玉の概数は次式で与えられる．

$$0.7 \times \sum_{n=1}^{10} \frac{S_n}{\frac{25}{4}\pi}$$

6. かごに入る玉の概数は次のどれに最も近いか．

- a. 350
- b. 400
- c. 450
- d. 500

最後に，かごに入る玉の数の期待値を考えよう．

玉 1 個を 1 回投げたときに玉が入る確率を  $\frac{1}{3}$  とする．どの人が玉を投げるときも同じ確率で玉が入るとする．

7. 1 人が玉を 5 回投げたとき，かごに入る玉の数の期待値は次のどれに最も近いか．

- a. 1.3
- b. 1.5
- c. 1.7
- d. 1.9

8. 次のうち，かごに入る玉の数の期待値が最も大きいのはどれか．

- a. 2 人がそれぞれ 4 回ずつ玉を投げる．
- b. 3 人がそれぞれ 3 回ずつ玉を投げる．
- c. 4 人がそれぞれ 2 回ずつ玉を投げる．
- d. 5 人がそれぞれ 1 回ずつ玉を投げる．

## II

平面のある領域と円の半径が指定されたとき、それらの円で領域のどれだけの部分を占めることができるか、という種類の問題を最密充填(じゅうてん)問題という。無限に広がる3次元空間の場合、同じ半径の球が最も密につめられるのは、面心(しん)立方格子のつめ方である、と1611年にケプラーは予想した。この予想が正しいことは、1998年にコンピュータを利用して確かめられた。以下で平面の場合の関連する問題を取り上げよう。

はじめに、正三角形  $ABC$  の中に3つの円  $A'$ ,  $B'$ ,  $C'$  が図3のように内接している場合を考える。この3つの円の半径を  $a$  とする。

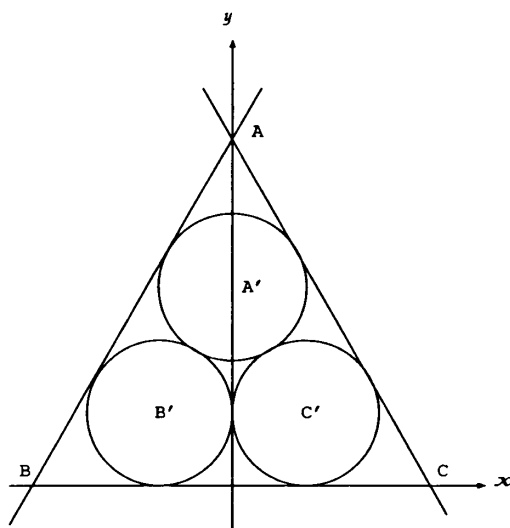


図3

9. 直線  $AB$  の方程式を求めよ。

- a.  $y = \frac{2}{\sqrt{3}}x + \frac{8}{\sqrt{3}}a$
- b.  $y = \frac{2}{\sqrt{3}}x + (3 + \sqrt{3})a$
- c.  $y = \sqrt{3}x + \frac{8}{\sqrt{3}}a$
- d.  $y = \sqrt{3}x + (3 + \sqrt{3})a$

10. 3つの円  $A'$ ,  $B'$ ,  $C'$  の内部を合わせた領域（境界を含む）を表す不等式を求めよ

- a.  $(x^2 + (y - (2\sqrt{3} - 1)a)^2 - a^2)((x + a)^2 + (y - a)^2 - a^2)((x - a)^2 + (y - a)^2 - a^2) \geq 0$
- b.  $(x^2 + (y - (2\sqrt{3} - 1)a)^2 - a^2)((x + a)^2 + (y - a)^2 - a^2)((x - a)^2 + (y - a)^2 - a^2) \leq 0$
- c.  $(x^2 + (y - (1 + \sqrt{3})a)^2 - a^2)((x + a)^2 + (y - a)^2 - a^2)((x - a)^2 + (y - a)^2 - a^2) \geq 0$
- d.  $(x^2 + (y - (1 + \sqrt{3})a)^2 - a^2)((x + a)^2 + (y - a)^2 - a^2)((x - a)^2 + (y - a)^2 - a^2) \leq 0$

11. 三角形  $ABC$  の中で, 円  $A'$ ,  $B'$ ,  $C'$  が占める部分の割合は次のどれか.

- a.  $\frac{1}{3\sqrt{2}}\pi$
- b.  $(2 - \sqrt{3})\pi$
- c.  $\frac{9}{13\sqrt{3} + 12}\pi$
- d.  $\frac{2\sqrt{3} - 3}{2}\pi$

12. 3つの円  $A'$ ,  $B'$ ,  $C'$  に外接する円の方程式を求めよ.

- a.  $x^2 + (y - (1 + \frac{1}{\sqrt{3}})a)^2 = (1 + \frac{2}{\sqrt{3}})^2 a^2$
- b.  $x^2 + (y - \sqrt{3}a)^2 = (1 + \frac{2}{\sqrt{3}})^2 a^2$
- c.  $x^2 + (y - (1 + \frac{1}{\sqrt{3}})a)^2 = (2 + \frac{1}{\sqrt{3}})^2 a^2$
- d.  $x^2 + (y - \sqrt{3}a)^2 = (2 + \frac{1}{\sqrt{3}})^2 a^2$

13. 前問の方程式が表す円の中で, 円  $A'$ ,  $B'$ ,  $C'$  が占める部分の割合は次のどれか.

- a.  $\frac{3(6 - \sqrt{3})}{11}$
- b.  $3(2\sqrt{3} - 3)$
- c.  $(\frac{3}{2 + \sqrt{3}})^2$
- d.  $(\frac{3}{2\sqrt{3} + 1})^2$

## 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     (a)     C a D   C b D      C c D

### I

ランフォード (1753-1814) は、熱の本性がエネルギーであることに気づいた物理学史上最初の人である、と言われている。当時、熱は、氷と結合して水を生じたり、さまざまな燃焼過程で放出されたりする、一種の物質(熱素)であると考えられていた。彼は、このような考えに強い疑問を抱いた。なぜなら、熱は摩擦現象においてよく見られ、このことは化学反応とは何の関係もなく無から生じるように見えるからである。彼はミュンヘンの兵器工場で、砲身に孔をあける作業中に、砲身の鋳物が熱くなるのを見て不思議に思った。特に孔をあける機械の刃がにぶった時に、なぜこうも熱くなるのかと考えた。彼は、1個の金属塊と、それと同じ重さの削りくずとの熱容量を綿密に測定した。その結果、それらはかなりの精度で等しいことがわかった。さらに彼は、熱い物体の重さを、その物体が冷たくなった時の重さと比較することで、逃げ出す熱素の重さを測定しようとした。しかし、実験の結果、逃げ出す熱素の重さは測定できなかった。これらのことから彼は、熱は普通の物質ではありえず、一種の運動であるに違いないという結論に達した。

その後、ジュール (1818-1889) は、仕事や力学的エネルギーと熱は、本質が同じものではないかと考えて実験を行った。彼は、羽根車をまわして水をかきまわし、水の温度を上げる装置を作り、水に加えた仕事  $W$  が、水の温度上昇のための熱量  $Q$  に比例することを示した。つまり、

$$W = CQ \quad (1)$$

となり、力学的エネルギー量  $W$  [J] は熱量  $Q$  [cal] と比例することがわかった。(1) 式における  $C$  は比例定数で熱の仕事当量といわれ、その値は、約 4.19J/cal であることも明らかになった。

今日われわれは、どんな形のエネルギーも質量に換算することができることを知っているが、その値はアインシュタインの有名な関係式 (2) により表される。

$$E = mc^2 \quad (2)$$

ここで、 $E$  はエネルギー [J]、 $m$  は質量 [kg]、 $c$  は光の速度 [m/s] である。



21. 物体の熱容量とは、その物体の温度を単位温度だけ上昇させるのに必要な熱量である。500g の鉄の温度を 10K あげるのに必要な熱量として最も適切なものを選べ。

ただし、鉄のモル比熱は  $24.3\text{J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$  で、鉄原子の原子量は 55.8 として計算せよ。

- a.  $6.8 \times 10^2\text{J}$
- b.  $6.8 \times 10^3\text{J}$
- c.  $2.2 \times 10^2\text{J}$
- d.  $2.2 \times 10^3\text{J}$

22. アインシュタイン の関係式 (2) を用いて 1cal の熱量を質量に換算すると、どれほどになるか、適切なものを選べ。

ただし、光の速度を  $3.0 \times 10^8\text{m/s}$  とする。

- a.  $4.7 \times 10^{-17}\text{kg}$
- b.  $2.7 \times 10^{-18}\text{kg}$
- c.  $4.7 \times 10^{-20}\text{kg}$
- d.  $2.7 \times 10^{-21}\text{kg}$

23. 鉄でできた砲身のくり抜き加工をする時の、砲身の温度上昇を見積もってみよう。この時用いる中ぐり機械は、回転式の機械であるとして、 $20\text{Nm}$  のトルクをかけて加工するとする。これは、1m の棒の先に、20N の力を加えた時のトルクである。これを、1秒に2回転させて、作業に1時間かかったとする。この時の砲身の温度上昇として最も適切なものを選べ。ただし、鉄材は周囲から熱的に絶縁されていて、仕事の50%が鉄材の温度上昇に使われるものとする。砲身の質量は20kgとし、鉄のモル比熱は  $24.3\text{J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$  で、鉄原子の原子量は 55.8 として計算せよ。回転運動による仕事は、トルクと回転角度(ラジアン)の積として与えられる。

- a. 約 25 K
- b. 約 50 K
- c. 約 100 K
- d. 約 200 K

24. ボイラーの中の水は、熱によって温度があがり、水は液体の状態から気体の状態に変化する。物質の状態が変化するとき、エネルギーの放出か吸収がおこる。潜熱（蒸発熱や融解熱など）とは、単に物質の状態を変化させるために費やされる熱をいう。10gの水を  $0^{\circ}\text{C}$  の氷から  $100^{\circ}\text{C}$  の水蒸気にまで変化させるのに必要な熱量として最も適切なものを選べ。

ただし、水の蒸発熱は  $2.26 \times 10^6 \text{ J/kg}$  ( $100^{\circ}\text{C}$ )、氷の融解熱は  $3.33 \times 10^5 \text{ J/kg}$  ( $0^{\circ}\text{C}$ )、水の比熱は  $4.19 \times 10^3 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)}$  として求めよ。

- a. 約  $1.0 \times 10^3 \text{ J}$
- b. 約  $1.0 \times 10^4 \text{ J}$
- c. 約  $3.0 \times 10^3 \text{ J}$
- d. 約  $3.0 \times 10^4 \text{ J}$

25. 熱力学第一法則を一言で言えば、熱はエネルギーの一種で仕事と熱量を合計したエネルギーは不変であるということである。以下の文章の中で、熱力学第一法則で説明できる現象はどれか、最も適切なものを選べ。

- a. 水の中に青インクを一滴たらしたら、インクは広がり、水の色はうすく青色になる。
- b. 高温の物体と低温の物体を、他の物体から切り離して接触させておくと、いずれ同じ温度になる。
- c. 水をよくかくはんすると、水の温度が上がる。
- d. 圧力の高い酸素ガスと圧力の低い酸素ガスを一定の体積の中で混ぜたら、均一の圧力で平衡状態になる。

26. 抵抗に電流を流したとき，抵抗で発生する熱をジュール熱という．これは，導体に電流を流すときには避けられない現象である． $R$  [オーム] の抵抗に  $I$  [A] の電流が  $t$  秒間流れると，抵抗で消費されるエネルギー  $W$  [J] は，どのようになるか．正しいものを選び．

- a.  $RI^2t$
- b.  $R^2It$
- c.  $RIt^2$
- d.  $R^2I^2t^2$

## II

熱は、すべての物体を構成している分子という微小粒子の運動エネルギーであるという考えは、19世紀の最後の四半世紀に、主として、ボルツマン、マクスウェル、ギブスらによって確立された。物体を構成する分子の運動を考えると、粒子の数は非常に多くまた複雑な運動をするので、個々の粒子の軌道を正確に追うことは不可能である。知りたいことは、種々の物理的条件のもとでの分子の平均の行動であり、そのため統計学の法則を利用する。

統計的考察は、気体の場合は比較的容易である。気体では液体や固体の場合と違って分子が空間を自由にとびまわり、お互い同士や容器の壁と衝突している。気体を入れた容器の壁は、ぶつかって跳ね返る分子によってたえず衝撃を受け、その平均的な力が気体の圧力として測定される。理想気体の分子の運動が、どのように温度と関係しているかを、ニュートンの運動の法則を用いて考えていこう。

理想気体では、気体分子はたがいに衝突する以外は力を及ぼしあわず、また容器の壁に衝突する以外は他から力を受けないものと仮定する。これらの衝突は完全弾性衝突である。分子が壁に衝突するありさまを図1に示す。

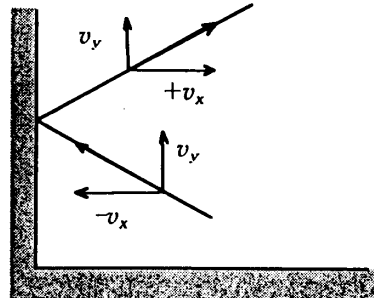


図 1

まず、ここで、ある1個の気体分子が距離  $L$  を隔てた壁の間を往復運動するとする。衝突前の気体分子の速度の  $x$  成分を  $-v_x$  としよう。図1に示すように、気体分子が壁とぶつかることで、分子の速度は大きさを変えないで方向を反転する。左の壁に衝突するとき、速度の  $x$  成分は  $-v_x$  から  $+v_x$  に変化する。分子の質量を  $m$  とすると、分子の運動量は、 $-mv_x$  から  $+mv_x$  に変化し、運動量の  $x$  成分の変化は合計で  $2mv_x$  となる。このような衝突は  $\frac{2L}{v_x}$  秒に1回おこる。もし、たくさんの分子 ( $N$  個) が同じように運動し

ていれば、単位時間に  $\frac{Nv_x}{2L}$  回の衝突がおこり、それぞれの衝突で運動量変化が  $2mv_x$  だけおこることになる。したがって、壁との衝突で気体分子に生ずる運動量変化は単位時間あたり、

$$\frac{Nv_x}{2L} \cdot (2mv_x) = \frac{Nmv_x^2}{L} \quad (3)$$

ということになる。さらに、気体分子の速度にばらつきがある場合は、

$$\frac{Nmv_x^2}{L} = \frac{Nm(v_x^2)_{av}}{L} \quad (4)$$

である。ここで、 $(v_x^2)_{av}$  は、すべての分子についての平均値を意味する。

ニュートンの運動の第二法則によれば、運動量の単位時間あたりの増加分は、壁 A が気体分子に与える力にほかならない。また、ニュートンの運動の第三法則によれば、この力は、気体分子が壁に与える力に対して、大きさが等しく逆向きの力である。圧力  $p$  は、単位面積当たりの壁に与えられる平均的な力  $F$  と考えて、壁の面積  $A$  の部分に衝突するものとすれば（図 2 参照）、

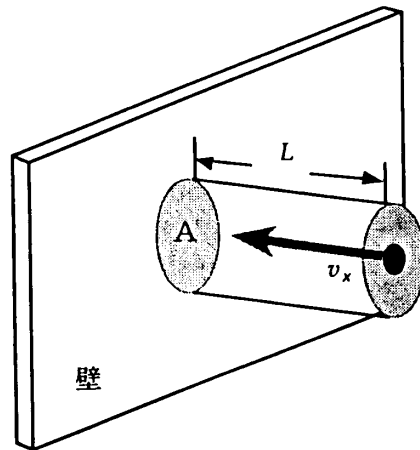


図 2

$$p = \frac{F}{A} = \frac{Nm(v_x^2)_{av}}{V} \quad (5)$$

となる。ここで、 $V$  は  $A$  と  $L$  の積で表される体積である。気体分子の運動は乱雑であり、平均すればどの方向にも同じであると考えたと  $(v_x^2)_{av} = \frac{1}{3}(v^2)_{av}$  となる。ただし、 $v$  は気体分子の速さである。これを用いると (5) 式は

$$pV = \frac{1}{3}Nm(v^2)_{av} \quad (6)$$

となる。ここで、 $\frac{1}{2}m(v^2)_{av}$  は一個の分子の平均の並進運動エネルギーであるので、 $N$  個の分子の合計の並進運動エネルギーを  $E_{tr}$  と表すと、(6) 式はさらに

$$pV = \frac{2}{3}E_{tr} \quad (7)$$

と書き直すことができる。この式は、力学的な議論の結果得られたものである。これを、ボイル・シャルルの実験から得られた  $n$  モルの理想気体の状態方程式

$$pV = nRT \quad (8)$$

と比べてみると、(7) 式の右辺は温度に比例していることがわかる。(8) 式はボイル・シャルルの法則とよばれる。 $R$  は気体定数と呼ばれる普遍定数 ( $8.31 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ ) で、 $T$  は絶対温度である。(7) と(8) 式より

$$E_{tr} = \frac{3}{2}nRT \quad (9)$$

となる。

27. アボガドロ定数  $N_A$  とは、1 モルの物質の中に含まれる原子や分子の数である。(9) 式より、絶対温度  $T$  [K] の理想気体分子 1 個あたりの並進運動エネルギーを  $N_A$  を用いて表すとどうなるか。正しいものを選び。

- a.  $\frac{3RT}{2N_A}$
- b.  $\frac{2RT}{3N_A}$
- c.  $\frac{3N_A T}{2R}$
- d.  $\frac{2N_A T}{3R}$

28. 普遍定数とは、基本法則を表す式において、これに関与する対象の個々の種類および状態に関係なく、つねに一定の値を持つ定数をいう。

以下にあげるものの中で 普遍定数でないもの はどれか。

- a. 光速
- b. 摩擦係数
- c. アボガドロ定数
- d. 電気素量

29. 容器の壁と気体分子は、それぞれ質量  $M$  と  $m$  の物体の衝突問題としてとらえることができる。運動量保存則と運動エネルギー保存則を用いると、衝突後の壁の速度  $v$  はどのように表すことができるか。以下の中から正しいものを選べ。

ただし、壁は最初静止しているとする。衝突前、気体分子は速さ  $v_1$  で運動し、その後、壁と衝突して  $v_2$  の速さを得る。

- a.  $v = \frac{2mv_1}{M - m}$
- b.  $v = \frac{2mv_1}{M + m}$
- c.  $v = \frac{mv_2}{M - m}$
- d.  $v = \frac{mv_2}{M + m}$

30. 圧力、力積、運動量の次元を質量の単位  $\text{kg}$ 、長さの単位  $\text{m}$ 、時間の単位  $\text{s}$  を用いて表したとき、それぞれを順番に並べると、次のうちどれが正しいか。

- a.  $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ ,  $\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ,  $\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$
- b.  $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$ ,  $\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,  $\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$
- c.  $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ ,  $\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ,  $\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
- d.  $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$ ,  $\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,  $\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

31. 最初静止していた 1kg の物体が 油の中を重力によって 鉛直方向 に 7m 落下した. 7m 落下した地点で, 物体の速さは 11m/s であった. 油と物体との摩擦によって力学的エネルギーがすべて熱に変換するとすれば, この落下運動の間に生じた熱はどれほどか. 重力加速度を  $9.8\text{m/s}^2$  として計算せよ.

- a. 約 1.9J
- b. 約 8.1J
- c. 約  $1.9 \times 10^3\text{J}$
- d. 約  $8.1 \times 10^3\text{J}$

32.  $27^\circ\text{C}$  の温度の部屋に閉じ込められたヘリウムの気体原子は, 高速で部屋の中を飛びまわっている. ヘリウム原子の平均の速さを求めよ. ただし, ヘリウム原子 の原子量は 4.00 とする.

- a. 約  $1.4 \times 10^3\text{m/s}$
- b. 約  $1.4 \times 10^4\text{m/s}$
- c. 約  $4.3 \times 10^2\text{m/s}$
- d. 約  $4.3 \times 10^3\text{m/s}$



33. ボイル・シャルルの法則にしたがう一定質量の気体がある。図3に示すように気体をAからBへ変化させた後、BからCへは等温で変化させた。A点における温度を $T_A$ とし、体積を $V_A$ とすると、Cにおける温度と体積はそれぞれどのようなになるか、正しいものを選び。

- a.  $2T_A, 4V_A$
- b.  $4T_A, 2V_A$
- c.  $2T_A, 2V_A$
- d.  $4T_A, 4V_A$

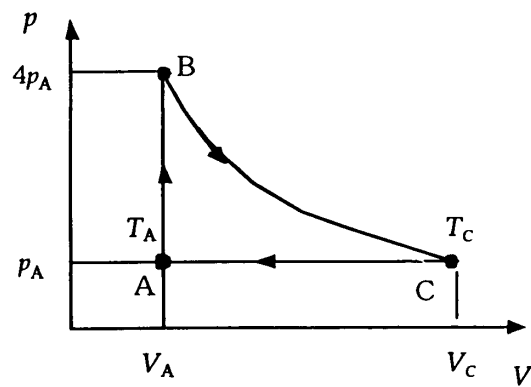


図3

## 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                        

化学は、物質についての自然科学である。人間は古代ギリシャ時代以来「物質の本性は何か」という問いに向かい合ってきた。デモクリトスは「全ての物質はそれ以上不可分な原子と真空から成る」という原子仮説を唱え、ダルトンは19世紀初めに実験・観察事実に基づく科学的方法論に基礎をおいた原子論を発表し、ここから近代化学が始まった。近代化学では、92種の原子が組み合わさって自然界のあらゆる物質ができていていると考えている。原子の組み合わせは多様であるため自然界には多種多様な物質が存在する。また、物質は熱や光エネルギーによって相互に反応し、原子の組み合わせを変える。これが化学反応である。物質は、また外的条件によって気体、液体、固体という状態で存在し、相互に状態変化する。それらの総体がわれわれの存在する自然である。

われわれの周囲にある物質の多くは混合物である。例えば、大気は酸素、窒素、二酸化炭素、水蒸気以外にメタン、アルゴンなどの気体を微量に含む混合物である。岩石はいろいろな固体の無機物質からなる混合物であり、海水は多様な無機、有機物質が水に溶けた混合物(溶液)である。また、生命体は、脂質性の膜の中に核酸、タンパク質といった巨大分子(物質)が水と共に包み込まれた細胞から構成されている複雑な物質系である。

そこで、化学の立場から自然の本性を明らかにしようとするとき、まず、混合物が何からできているのか(元素分析)、何がどんな割合で含まれているのか(定量分析)、成分がどんな性質をもつのか(定性分析、化学的確認)、混合物を成分に分離・精製し、純物質であることを証明する(同定)にはどうすればよいのかといった課題に向かい合うことになる。

純物質は固有の物理的、化学的性質をもつので、その違いを利用すれば混合物の分離が可能となる。最も基本的な分離法としては、液体では沸点の違いを利用する蒸留法、固体では溶解度の違いを利用する溶媒抽出あるいは再結晶法がある。気体

でもガラス管に封じて冷却して凝縮すれば、沸点の違いを利用して分離することができる。

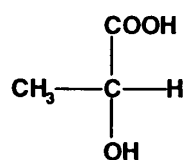
では、分離された物質が純物質であること、すなわち他の物質と異なることをどのように証明するのか。

有機化学では、まず構成する元素の組成を明らかにし、別途に求めた分子量と合わせて分子式をたて、原子の配列を構造式として表す。さらに、いくつかの物理的、化学的性質(反応性)を調べ、既知物質と同一か否かを判定する。例えば、ある未知物質を分析し、分子量が46、 $C_2H_6O$ 、沸点が78℃であったとする。可能な構造式として $CH_3CH_2OH$ または $CH_3OCH_3$ の2つが考えられる。ここで、分析対象物質だけが金属ナトリウムと反応し可燃性の気体を発生したならば、未知物質は $CH_3CH_2OH$ 、すなわちエタノールであると同定できる。他方はジメチルエーテルであるが、このように組成が同じでありながら原子配列の異なる関係にある物質を構造異性体と呼ぶ。構造異性体は性質が異なるので容易に区別することができる。

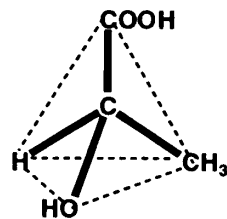
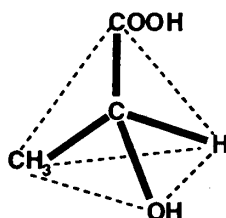
表 1

| 化合物名     | 構造式          | 沸点(℃, 1 atm) | 融点(℃) |
|----------|--------------|--------------|-------|
| エタノール    | $CH_3CH_2OH$ | 78           | -117  |
| ジメチルエーテル | $CH_3OCH_3$  | -25          | -138  |

次に乳酸について考える。上で述べた手順により分子式が $C_3H_6O_3$ 、化学的性質が弱酸性で水酸基を含むことが確認され、図1のように構造決定された。乳酸には糖の発酵と筋肉から分離精製されるものが存在し、両者はほとんどの物理的、化学的性質が同じであるが、平面偏光に対する物理的性質(旋光性)が異なることから別物質であることが分かった。両者を立体構造式で表すと両者が鏡像関係にあることが明らかとなる(図1)。このような関係にある物質を光学異性体という。アミノ酸やグルコースをはじめとする生体物質の多くが光学異性体で、一方の鏡像体に偏っている。光学異性体の生体内における生理作用は異なる場合が多い。生体物質に限らず、無機(錯イオン)・有機化合物の場合にも立体構造式を書き、光学異性体であるかどうかを区別することが重要である。



乳酸



鏡像関係にある乳酸の立体構造式

図 1 乳酸の構造式

さて、元素が同じでも質量数の異なる物質が存在し、同位体と呼ばれる。天然における一つの元素についての同位体の比率は決まっており、その存在比は質量分析機を用いると正確に知ることができる。例えば、酸素には質量数が 16, 17, 18 の同位体が存在し、水の場合の比率はそれぞれ 99.760%, 0.042%, 0.196% である。

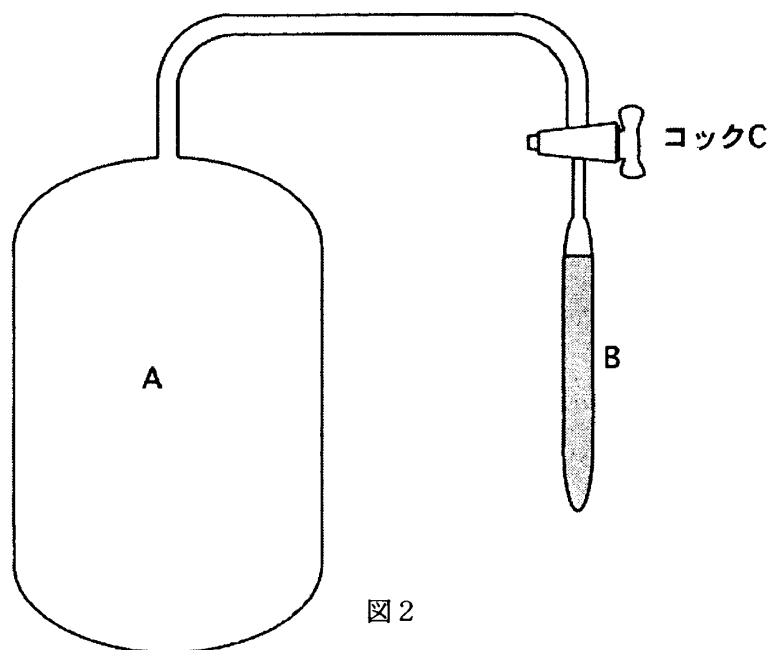
同位体は、化学的性質が全く同じなので、天然と同位体の存在比が異なる化合物を利用して化学反応の機構が研究されている。

必要があれば原子量は次の値を用いよ.

H : 1, C : 12, N : 14, O : 16, Cl : 35.5

41. ブタンと二酸化炭素の混合気体がある. これを図2のような内容積  $0.50 \ell$  のガラス容器Aに入れ,  $1.0 \text{ mol}/\ell$  水酸化ナトリウム水溶液が  $20 \text{ m}\ell$  入ったガラス製容器Bと接続した. コックCを開けると, 内部の圧力が  $1.30 \text{ atm}$  から低下し,  $0.89 \text{ atm}$  で一定となった. この水酸化ナトリウム水溶液を中和するのに必要な  $1.0 \text{ mol}/\ell$  塩酸の量は次のどれか.

温度は  $27^\circ\text{C}$  とし, ガラス管などの接続部や容器Bの溶液上部の体積は無視してよい. また気体定数は  $0.082 [\ell \cdot \text{atm} / \text{mol} \cdot \text{K}]$  とし, 水蒸気圧は考慮しなくてよい.



- a.  $3.4 \text{ m}\ell$
- b.  $8.3 \text{ m}\ell$
- c.  $11.7 \text{ m}\ell$
- d.  $16.6 \text{ m}\ell$

42. 気体の混合物に対して行った以下の操作のうち最も適切なものはどれか.
- 塩化水素と二酸化炭素の混合気体中の二酸化炭素の量を調べるため、混合気体を一定量の純水に通し、その水に塩化カルシウム水溶液を加えて生成した沈殿の量を量った.
  - ジメチルエーテルとアンモニアの混合気体中のアンモニアの量を調べるため、 $1.0 \text{ mol/l}$  の硫酸に通じたのち、その硫酸溶液を  $1.0 \text{ mol/l}$  の水酸化ナトリウム水溶液で滴定した.
  - 水素と酸素の混合気体から水素を除くため、塩化カルシウム管に通した.
  - メタンと硫化水素の混合気体から硫化水素を除くため、酸性の硝酸亜鉛水溶液に通した.

表 2 中の気体に関する以下の問 43~44 に答えよ.

表 2 いくつかの気体についてのデータ

|   | 気体    | 沸点( $^{\circ}\text{C}$ . 1 atm) |
|---|-------|---------------------------------|
| A | 水素    | -253                            |
| B | メタン   | -161                            |
| C | オゾン   | -111                            |
| D | 塩化水素  | -85                             |
| E | 二酸化炭素 | -79 (昇華点)                       |
| F | 塩素    | -35                             |
| G | アンモニア | -33                             |

43. 以下の記述の中で正しいものはどれか.
- 分子 C と E は直線形の三原子分子である.
  - 分子量が大きい気体ほど沸点が高い.
  - 水素原子を含む分子はどれも極性分子である.
  - 無極性気体分子の中で水に溶けるものがある.

44. 表 2 中の気体どうしの反応に関する以下の説明の中で誤りを含むものはどれか.

- a. B と F の混合気体に光を照射すると反応する.
- b. E は G の水溶液と反応する.
- c. D は G と気体状態で反応する.
- d. B と E を濃い水酸化ナトリウム水溶液に通すと反応する.

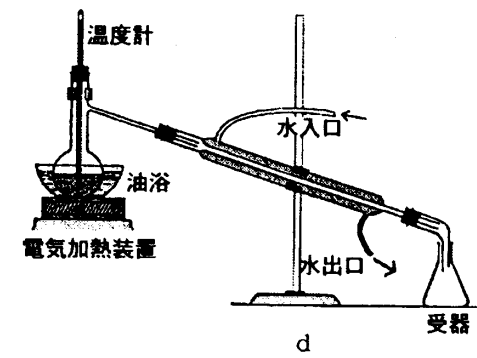
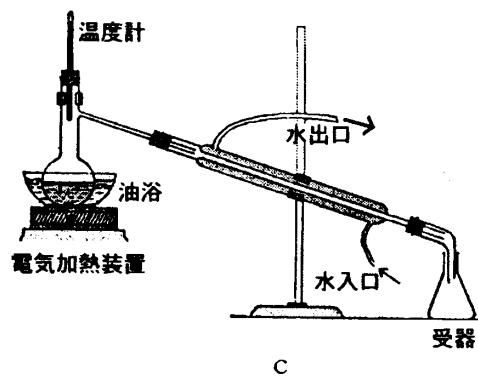
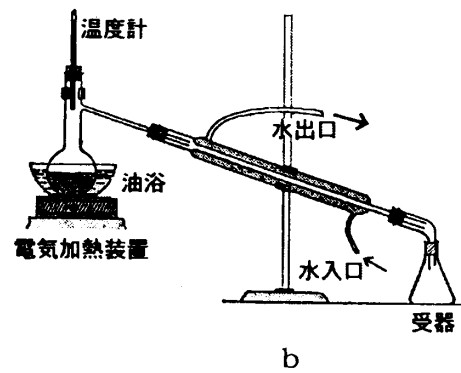
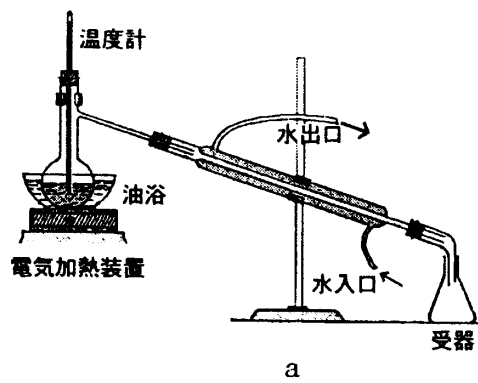
表3に示した 4 種の有機化合物の混合液体がある. その成分を分離するために電気加熱装置を用いて蒸留装置を組み, 各成分を分留して集めた.

この実験について以下の問45-46に答えよ.

表 3      混合液体の各成分

| 成分 | 化合物名      | 沸点 (°C, 1 atm) |
|----|-----------|----------------|
| A  | シクロヘキセン   | 83             |
| B  | プロピオン酸エチル | 99             |
| C  | ベンズアルデヒド  | 178            |
| D  | ニトロベンゼン   | 211            |

45. 次の中で最も適切に組み立てられている蒸留装置はどれか.





46. 各成分を試験管にとり確認実験を行ったときの結果についての記述の中で誤りを含むものはどれか.

- a. 成分 A: 臭素水を加えると, 臭素の色が消失する.
- b. 成分 B: 2 mol/l 水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱した後, ヨードホルム反応を行うと淡黄色沈殿が生じる.
- c. 成分 C: アンモニア性硝酸銀溶液を加えて温めると赤色沈殿が析出する.
- d. 成分 D: スズと共に塩酸中でおだやかに加熱した後, 水酸化ナトリウム水溶液を加えると弱塩基性の油状液体が生じる.

ヨウ化カリウム, 炭酸カルシウム, ステアリン酸ナトリウムから成る白色固体の混合物がある. この混合物を使って図 3 に示す (A) から (C) の操作を行った.

次の問47 - 49に答えよ.

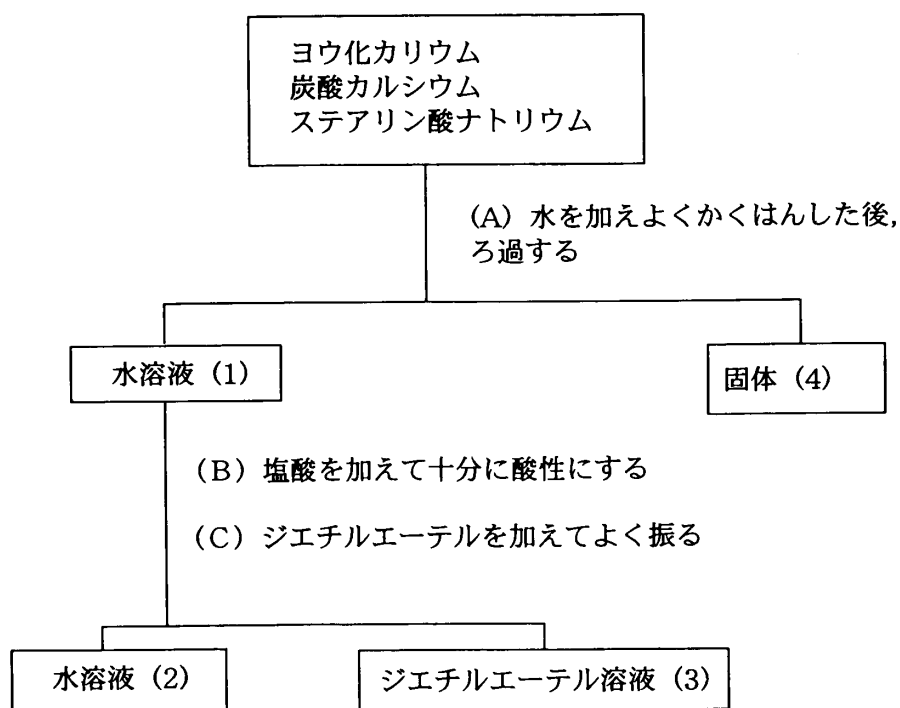
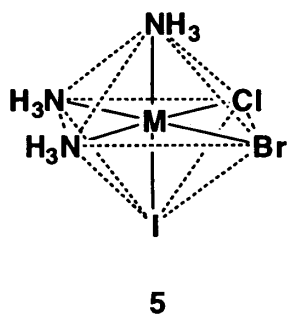
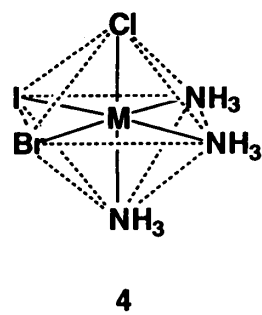
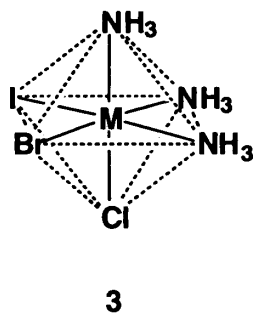
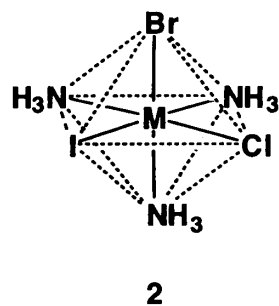
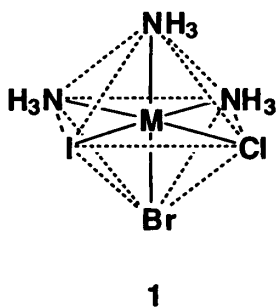
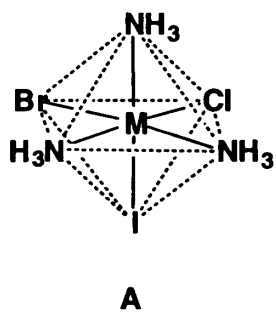


図 3

47. 水溶液 (2) に関して、最も適切な記述はどれか。
- a. 塩基性になると、沈殿が生じる。
  - b. 臭素を加えると、臭素の色が消える。
  - c. 塩基性にして塩化アンモニウムを加えると、気体が発生する。
  - d. ヨウ化エチルを反応させると、エーテルが生成する。
48. ジエチルエーテル溶液 (3) に関して、最も適切な記述はどれか。
- a. 蒸発乾固すると物質はほとんど残らない。
  - b. 蒸発乾固した後、水酸化ナトリウム水溶液を加えると溶ける。
  - c. 蒸発乾固した後、硝酸カルシウム水溶液を加えると溶ける。
  - d. 蒸発乾固した後、水に溶解すると塩基性を示す。
49. 固体 (4) に関して、最も適切な記述はどれか。
- a. 塩酸を加えると気体が発生する。
  - b. 水酸化ナトリウム水溶液に溶ける。
  - c. ジエチルエーテルに溶ける。
  - d. 塩素水に溶けて溶液は褐色になる。

50. 次に6つの錯イオンの立体構造式が示してある。Aと同一物質はどれか。  
ただし、Mは遷移元素のイオンを示す。

- a. 1, 4
- b. 2, 4
- c. 1, 3, 4
- d. 2, 4, 5



51. 塩素は $^{35}\text{Cl}$ と $^{37}\text{Cl}$ がほぼ3:1の存在比の混合物として存在し、臭素は $^{79}\text{Br}$ と $^{81}\text{Br}$ がほぼ1:1の混合物として存在している。分子量の異なる $\text{BrCl}$ の存在比は、次のどれに最も近いか。
- 3:4:1
  - 3:3:1:1
  - 3:1:1
  - 1:4:1
52. エステル化反応  $\text{RCOOH} + \text{HOR}' \xrightarrow{\text{H}_2\text{SO}_4} \text{RCOOR}' + \text{H}_2\text{O}$  において、アルコールに $^{18}\text{O}$ 同位体を天然よりも多く含むものを用いたところ、生じた水には天然の存在比以上の $^{18}\text{O}$ は見出されなかった。この結果の解釈として最も適切なものは次のどれか。
- カルボン酸の電離がこの反応を進行させる。
  - アルコールから水素が離れて水の一部となる。
  - カルボン酸分子中で切れるのはO-O結合である。
  - アルコール分子中で切れるのはC-O結合である。
53. 光合成によって二酸化炭素と水からグルコース( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ )と気体酸素が生じる機構を調べるために $^{18}\text{O}$ を多く含む水( $\text{H}_2^{18}\text{O}$ )で緑藻を育てたところ、出てきた気体酸素中の $^{18}\text{O}$ の存在比は用いた水のものと同等であった。これらの結果の解釈として最も適切なものは次のどれか。
- グルコースの酸素は全て水に由来するものであることが証明された。
  - グルコースの酸素は一部水に由来する可能性が示された。
  - グルコースの酸素は二酸化炭素に由来する可能性が示された。
  - グルコースの酸素は一部二酸化炭素に由来するものであることが証明された。

(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     ☐ a     ☐ b     ☒ c     ☐ d

### I

生物の体には生命活動を維持するために、生体外の環境が変化しても生体の内部の状態を一定に保つしくみがある。一般に脊椎動物では、体液の浸透圧および特定の物質の濃度などが、生息環境にかかわらず、一定の範囲に保たれるような調節機構を持っている。

水界に生息する脊椎動物のうち、海水産硬骨魚類は体液より高張な浸透圧環境に生息し、淡水産硬骨魚類は、体液より低張な浸透圧環境に生息する。しかしどちらの場合も、体液の浸透圧は海水の25-30%に保たれている。

淡水産硬骨魚類では、体液の浸透圧は淡水より高いため、外部から水が侵入する。そのため、\_\_\_\_(1)において塩類の再吸収が促進され、多量の低張尿が排出される。一方、えらからは、\_\_\_\_(2)を能動輸送によって吸収している。

海水産硬骨魚類では、体液の浸透圧は海水より低いため、水が体表から出ていく傾向にある。そのため、海水を飲んで水分を腸から吸収し、\_\_\_\_(1)から塩類を排出し、少量の等張尿を排出する。さらにえらの能動輸送によって\_\_\_\_(2)を排出している。

陸上に生息する哺乳類では、腎臓が老廃物の排出を行うとともに、浸透圧の調節を行っている。ヒトの腎臓では、腎動脈から送り込まれた血液が\_\_\_\_(3) でろ過され、タンパク質などを除く血しょう成分は、すべてボーマンのうへ出ていく。ろ過された成分は腎細管へ送られ、ここで水、塩類および\_\_\_\_(4) などが再吸収され、残りの成分は尿として体外に排出される。腎細管における水の再吸収は脳下垂体から分泌される\_\_\_\_(5) によって促進され、 $\text{Na}^+$ や $\text{Cl}^-$ の再吸収は、副腎皮質から分泌される\_\_\_\_(6) によって促進される。

61. 文中の空欄の (1) および (2) にあてはまる適切な語の組み合わせはどれか。

- a. (1) 肝臓, (2) 水
- b. (1) 皮膚, (2) 糖類
- c. (1) 皮膚, (2) 塩類
- d. (1) 腎臓, (2) 塩類

62. 文中の空欄の (3) にあてはまる適切な語を以下の語群から選べ。

- a. 腎う
- b. 糸球体
- c. 毛様体
- d. ぼうこう

63. 文中の空欄の (4) にあてはまる適切な語を以下の語群から選べ。

- a. 尿素
- b. 尿酸
- c. ブドウ糖 (グルコース)
- d. クレアチニン

64. 文中の空欄の (5) および (6) にあてはまる適切な語の組み合わせはどれか.

- a. (5) インスリン, (6) 糖質コルチコイド
- b. (5) チロキシシン (甲状腺ホルモン), (6) アドレナリン
- c. (5) バソプレシン (抗利尿ホルモン), (6) 鉱質コルチコイド
- d. (5) インスリン, (6) 鉱質コルチコイド

## II

温帯域に生息する多くの動物は、子孫の発育に好都合な特定の季節に繁殖を行う。メダカは春になると産卵を開始することが知られているが、メダカの産卵に関して以下の文を読み、問いに答えよ。

メダカが春に産卵を開始するには、冬から春にかけての外部環境の変化が産卵開始要因となっていると考えられる。ここでは次の3つの仮説を立てた。

仮説 1. 水温が高くなることが産卵開始要因となっていて、日長時間は影響しない。

仮説 2. 日長時間が長くなることが産卵開始要因となっていて、水温は影響しない。

仮説 3. 水温が高くなること、日長時間が長くなることの両方が産卵開始に必要である。

これらの仮説を検証するために次のような実験を行った。自然の状態（水温約 12 ℃、日長 10 時間）ではまだ産卵が始まらない季節に雌雄のメダカを以下の人工環境下で 1 か月間飼育した。

- 1) 水温 24 ℃、日長 16 時間（午前 4 時照明点灯、午後 8 時消灯）
- 2) 水温 12 ℃、日長 10 時間（午前 7 時照明点灯、午後 5 時消灯）
- 3) 水温 24 ℃、日長 10 時間（午前 7 時照明点灯、午後 5 時消灯）
- 4) 水温 12 ℃、日長 16 時間（午前 4 時照明点灯、午後 8 時消灯）



この結果、産卵が開始したのは 1) と 3) の実験群であった。

65. これらの結果から、どのような結論が得られるか。正しいものはどれか。

- a. 仮説 1 が支持され、仮説 2, 3 は否定される。
- b. 仮説 2 が支持され、仮説 1, 3 は否定される。
- c. 仮説 3 が支持され、仮説 1, 2 は否定される。
- d. 仮説 1, 2, 3 いずれも否定される。

メダカの産卵は、1 日のうちの朝早くに行われるが、雌雄のメダカを水温 24 ℃、日長 16 時間（照明点灯午前 4 時）の人工環境下で飼育すると、メダカは毎朝、午前 4 時 30 分ごろに産卵した。メダカの産卵時刻がどのように調節されているのか、ここでは次のような仮説を立てた。

仮説 4. メダカは 1 日のうちの特定の時刻に明るくても暗くても産卵する。

仮説 5. メダカは周囲の環境が明るくなるという刺激によって産卵する。

仮説 6. メダカは 1 日の特定の時刻に産卵をするが、それは明るいときである。

これらの仮説を検証するために、雌雄のメダカを 24 ℃、日長 16 時間（照明点灯午前 4 時）で飼育し、次のような実験を行なった。

- 1) メダカの水槽を点灯前に透明のビニールシートで覆った。
- 2) メダカの水槽を点灯前に黒いビニールシートで覆い、午前 7 時にビニールシートを取り除いた。
- 3) メダカの水槽を点灯前に黒いビニールシートで覆い、午前 10 時にビニールシートを取り除いた。

この結果、1) の実験群では多くの魚が午前 4 時 30 分ごろに産卵を行った。

2) の実験群では午前 7 時にビニールシートを取り除いた時点ではどの魚も産卵していなかったが、午前 7 時 30 分ごろに産卵が行われた。3) の実験群では、午前 10 時にビニールシートを取り除いた時点ではどの魚も産卵していなかったが、午前 10 時 30 分ごろに産卵が行われた。

66. これらの結果から、どのような結論が得られるか。正しいものはどれか。

- a. 仮説 4 が支持され、仮説 5, 6 は否定される。
- b. 仮説 5 が支持され、仮説 4, 6 は否定される。
- c. 仮説 6 が支持され、仮説 4, 5 は否定される。
- d. 仮説 4, 5, 6 いずれも否定される。

メダカの産卵時刻の調節がどのように行われているかを調べるために、さらに次のような実験も行った。まず前回と同様、雌雄のメダカを水温 24 ℃、日長 16 時間（照明点灯午前 4 時）の人工環境下で飼育し、午前 4 時 30 分ごろに産卵を確認し、翌日の点灯時刻を早める実験を行った。

- 1) 翌日の午前 4 時点灯（前日と同じ点灯時刻）。
- 2) 翌日の午前 1 時点灯（点灯時刻を前日より 3 時間早めた）。

点灯後、観察を行った結果、1) の実験群では、午前 4 時 30 分ごろに産卵が行われた。2) の実験群では、点灯後しばらく産卵は行われなかったが、午前 4 時ごろに産卵が行われた。

67. 前の実験結果と今回の実験結果をあわせて、メダカの産卵時刻についての記述のうち、正しいと思われるものの組み合わせはどれか。

- A. メダカは 1 日のうちの特定の時刻に明るくても暗くても産卵をする。
  - B. メダカの産卵には周囲の環境が明るいという刺激が必要である。
  - C. メダカの産卵は 1 日のうちのどの時刻でも、周囲の環境が明るくなるという刺激に反応してほぼ 30 分後に産卵する。
  - D. メダカが産卵するには、1 度産卵した後、次の産卵までには一定以上の時間が必要である。
- a. A と B
  - b. A と C
  - c. B と D
  - d. C と D

### III

メダカの産卵行動は、言うまでもなく生殖行動である。生殖には、大きく分けて有性生殖と無性生殖があるが、有性生殖の場合、単相の生殖細胞を形成する。メダカの卵の場合、まず複相の卵原細胞は栄養をたくわえて一次卵母細胞となる。この一次卵母細胞が減数分裂して単相の卵がつくられる。そしてもう1つの単相の配偶子である精子と受精し、新しい個体の出発点となる。受精卵から個体ができる場合、体のすべての細胞は、たった1個の卵細胞が特定のプログラムに従って規則正しく分裂することによってつくられる。この過程を発生という。

発生の過程の不思議さに、人間は古代ギリシャの時代から興味を抱いてきたことが知られている。そして、主に19世紀以降に各種の実験が行われた。1892年ドイツのドリーシュは、ウニの卵を受精後4細胞期に4つの割球に分割し、それぞれを培養した。その結果、それぞれの割球から正常な形態の4個体の幼生が生じたが、大きさは小型であった。このようなウニを用いた実験によって生殖細胞の前成説は否定され、科学的な理解が進展した。

脊椎動物の発生については、両生類を使った実験によって多くの事実が明らかにされた。1928年にシュパーマンは、イモリの初期原腸胚で中胚葉の原口背唇部が外胚葉を神経管に分化させることを見だし、この部分に予定運命を決定して分化させるはたらきがあるとして「形成体（オーガナイザー）」と名付けた。その後1968年に、ニューコープはサンショウウオの胞胚で次のような実験を行った。胞胚の予定外胚葉域と予定内胚葉域、さらに、その2つを一緒にしたものを培養した。その結果、外胚葉、内胚葉を共に培養したもので中胚葉の分化が見られた(図1)。また、1990年に浅島らは、アクチピンという物質がアフリカツメガエルの外胚葉から中胚葉を誘導することを明らかにした。これらの実験によって、発生のしくみはしだいに明らかにされてきたが、現在でも未知の部分は多く残されている。

68. メダカの生殖細胞の形成過程について、下記の記述のうち、正しいものを選び。

- a. 二次精母細胞は、減数分裂によって1つの精細胞と3つの極体となる。
- b. 一次卵母細胞は、分裂して単相の二次卵母細胞となる。
- c. 精原細胞は、減数分裂を繰り返して多数の一次精母細胞となる。
- d. 減数分裂では、体細胞分裂と異なり染色体の複製は起こらない。

69. 有性生殖について下記の記述のうち、正しいものを選び。

- a. 酵母は、出芽という特殊な有性生殖を行う。
- b. 被子植物の場合、受粉した胚の染色体数は $2n$ となるが、胚乳の核の染色体数は $n$ である。
- c. ウニの卵と精子は、異形配偶子である。
- d. 有性生殖では、受精直後の受精卵の染色体数は $4n$ であるがすぐに減数分裂が起こって $2n$ となる。

70. ドリーシュの実験について、下記の記述のうち、正しいものを選び。

- a. それぞれの割球は、分割しない場合、隣接する割球と何らかの情報の交換を行っていた。
- b. それぞれの割球は、減数分裂によって単相になっていた。
- c. それぞれの割球は、あらかじめ体のどの部分になるかが決まっていた。
- d. それぞれの割球に、遺伝子が4分の1ずつ分配されたため、小型の幼生が生じた。

71. ドリーシュの実験を知ったある人が、ウニの胚を16細胞期に16個の割球に分割し、それぞれを培養したところ、完全な幼生は1個体も得られなかった。この実験結果について下記の記述のうち、正しいものを選び。

- 調節卵もモザイク卵も，16 細胞期までは胚の割球の発生運命が決定していない。
- ウニの卵は，胚の割球が幼生に成長できなかったため，モザイク卵である。
- ウニの卵は調節卵であるので，実験が成功すれば16 割球すべてが小さな幼生に育つ。
- 調節卵とモザイク卵では，胚の割球の発生運命が決定する時期が異なっている。

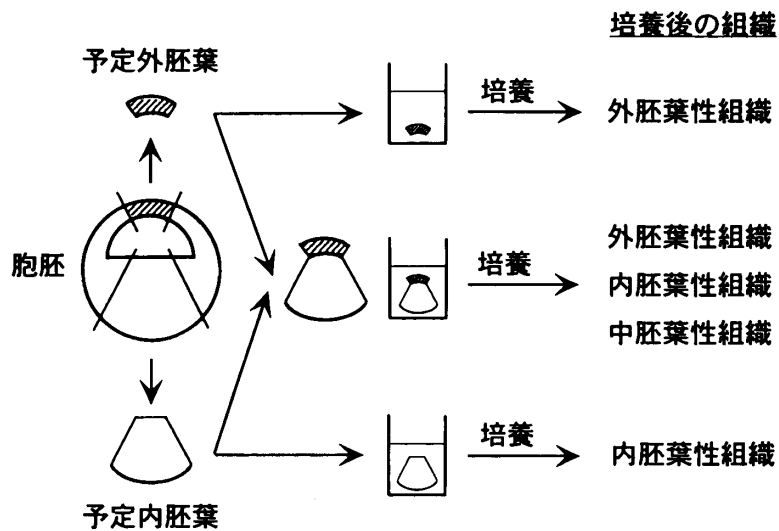


図 1. ニューコープの実験

図 1 のニューコープの実験結果からは，新しくできた中胚葉が，外胚葉，内胚葉のどちらに由来するのか不明であった．そこで，次のような 2 つの仮説が考えられた．

仮説 1. 予定外胚葉に含まれる何らかの物質が予定内胚葉にはたらいで、予定内胚葉の一部から中胚葉が誘導された。

仮説 2. 予定内胚葉に含まれる何らかの物質が予定外胚葉にはたらいで、予定外胚葉の一部から中胚葉が誘導された。

これらの仮説を検証するために次のような実験を行った (図 2)。

胞胚から、予定内胚葉と予定外胚葉を取り出し、それぞれをすりつぶして細胞をこわし、その溶液をろ紙でろ過したろ液を培養液に加えて、予定内胚葉および予定外胚葉を培養した。その結果、図 2 の 1) ～ 4) のような結果が得られた。

72. 図 1 の結果をふまえて図 2 の結果を考察した場合、下記の記述のうち、正しいものの組み合わせはどれか。

- A. 図 2 の実験で中胚葉性の組織が 1), 2) とともに見られなかったので、仮説 1 は誤りである可能性が高い。
- B. 図 2 の実験 1) ～ 4)のすべてにおいて、予定胚葉が培養後に見られたので、外胚葉、内胚葉のどちらにも含まれる物質がはたらいで、外胚葉から中胚葉が誘導された可能性が高い。
- C. 図 2 の実験で中胚葉性の組織が 3) で見られ 4) では見られなかったので、仮説 2 は正しい可能性が高い。
  - a. Aは正しいが、BとCは誤り。
  - b. BとCは正しいが、Aは誤り。
  - c. AとCは正しいが、Bは誤り。
  - d. Bは正しいが、AとCは誤り。

73. 下記の文のうち、本文に記述したシュペーマン、ニューコープ、浅島らの実験および図 2 の実験から推論した次の記述のうち、正しいものの組み合わせはどれか。

- A. 内胚葉に含まれるアクチビンが分泌され，外胚葉から中胚葉が誘導されてオーガナイザーが作られる。
- B. オーガナイザーからアクチビンが分泌され，外胚葉から中胚葉を誘導する。
- C. 外胚葉を神経管に分化させるオーガナイザーは，胞胚期にはアクチビンを分泌して外胚葉の一部を中胚葉に分化させる。
- a. Aは正しいが，BとCは誤り。
- b. Bは正しいが，AとCは誤り。
- c. Cは正しいが，AとBは誤り。
- d. AとC は正しいが，Bは誤り。

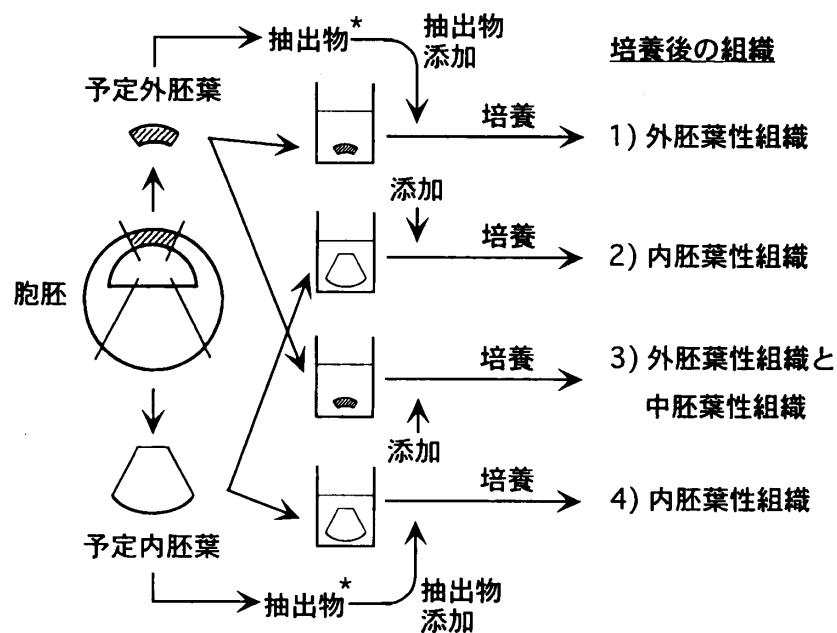


図 2. 組織片抽出物を添加して培養した実験

\*: 抽出物とは，組織片をすりつぶして細胞をこわし，ろ過したろ液。