

平成24年度

大学入試センター試験 および 国公立大二次・私大

大学入試

分析と対策

理科

- ◎ **物 理**..... 2
学校法人 河合塾 物理科講師 **寺田正春**
- ◎ **化 学**.....17
学校法人 河合塾 化学科講師 **高橋茂幸**
- ◎ **生 物**.....27
学校法人 河合塾 生物科講師 **榊原隆人**

林 啓 林 館

この冊子の内容は次のURLからもアクセスできます
<http://www.shinko-keirin.co.jp/kori/index.htm>

物 理

学校法人 河合塾 物理科講師 寺田 正春

1. 2012年度 センター試験 物理 I

(1) 総括

大問数は4題のままで、2011年度よりマーク数は2個減少して22個になった。計算量は2011年度より増加したが、総じて素直な問題で受験生には取り組みやすかったと思われる。実際に、大学入試センター発表の平均点は68.03点で2011年度(64.08点)に比べてほぼ4点増となった。

(2) 設問別分析

第1問 (小問集合)

計算は迅速に!

計算せず解答できるのは問2(円電流のつくる磁力線, 啓林館「物理 I 改訂版」p.27 図27)と問4(屈折の法則, 啓林館「物理 I 改訂版」p.207 図24)だけである。

問3は運動方程式を解いて加速度を求めて時間を計算しなくてははいけない。

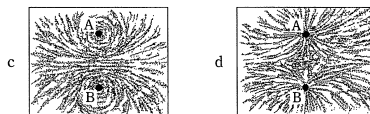


図 2

出題例1

問4

図4は、平面波が媒質1から境界面に入射し、屈折して媒質2の中を進む様子を示している。太い実線は、ある時刻における入射波と屈折波の山の波面を表している。入射角は θ_1 、屈折角は θ_2 である。

このとき、媒質1と媒質2での波の速さをそれぞれ v_1 、 v_2 とすると、図4のように $\theta_1 > \theta_2$ のときは、の関係があることがわかる。また、 v_1 、 v_2 、 θ_1 、 θ_2 の間には $\frac{v_1}{v_2} =$ の関係式が成り立つ。

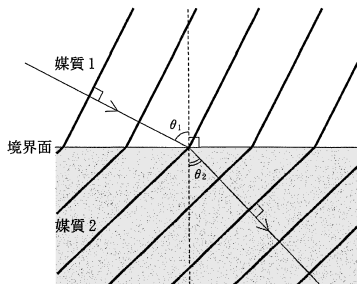


図 4

出題例2

問2

水平におかれたプラスチックの平板に二つの穴 A、B をあけ、円形コイルを固定した。図1のようにコイルに直流電流を流すと、コイルの中心付近に図1のの矢印の向きに磁場が生じた。次にプラスチックの平板上に鉄粉を一樣にふりかけて軽く振動を与えたところ、鉛直上方から見て図2ののような模様が生じた。

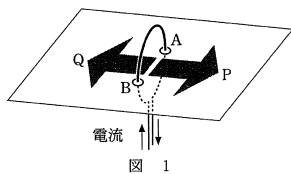
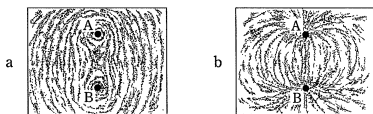


図 1



a

b

問3 図3のように、なめらかで質量の無視できる滑車を天井に固定して糸をかけ、糸の両端に質量 m の物体 A と質量 $3m$ の物体 B を取り付ける。糸がたるまない状態で、A が床に接するように、B を手で支えた。このとき、B の床からの高さは h であった。手を静かに離すと、B は下降してやがて床に到達した。B が動き出してから床に達するまでの時間 t を表す式として正しいものを、下の①~⑥のうちから一つ選べ。ただし、重力加速度の大きさを g とする。 $t =$

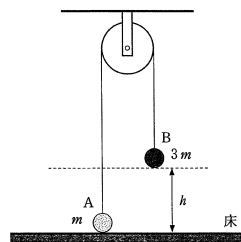


図 3

出題例3

問5はつりあう3力は三角形をつくることを知っていれば作図で簡単に解答できる。水平方向と鉛直方向のつりあい式で処理すると意外と手間取る。問6は典型的な熱量の保存（啓林館「物理 I 改訂版」p.153 例題1, 「物理基礎」p.124 問5）。いずれも計算は手早く遂行できるようにしたい。

第2問（生活と電気）

いずれも基本を押さえた良問！

問1はフレミングの左手の法則，問2は，コイルに流れる誘導電流の向きを問うている。問2が正解であれば，レンツの法則を正しく理解している。

問2 図2のように，検流計をつないだ正方形のコイルを，領域Ⅰから領域Ⅲまで右向きに一定の速さで動かした。領域Ⅰ，Ⅱ，Ⅲには，紙面に垂直に裏から表に向かって磁場がかかっており，それぞれの領域で同様である。領域Ⅰと領域Ⅲの磁場の大きさは同じであり，領域Ⅱの磁場の大きさは領域Ⅰ，Ⅲに比べて大きい。コイルに流れる電流を時間の関数として表したグラフとして最も適当なものを，下の①～④のうちから一つ選べ。ただし，図2の実線の矢印で示される向きを，電流の正の向きとする。 8

図 2

①

②

③

④

出題例4

問3は抵抗の並列接続の基本問題。問4は抵抗が無視できる銅線との並列接続。問4ができれば電流回路におけるオームの法則をよく理解しているといえる。

問4 図4の抵抗をとりはずし，図5のように $20\ \Omega$ の抵抗をニクロム線と直列に接続した。ニクロム線の左端から距離 $L (0 \leq L \leq 10.0\ \text{m})$ の位置に銅線を置き，その両端をニクロム線に接続した。電流計の示す電流の値を I とするとき， I と L の関係を表すグラフとして最も適当なものを，下の①～④のうちから一つ選べ。ただし，銅線の抵抗は無視できるものとする。 10

図 5

出題例5

第3問（波動）

一工夫された基本問題！

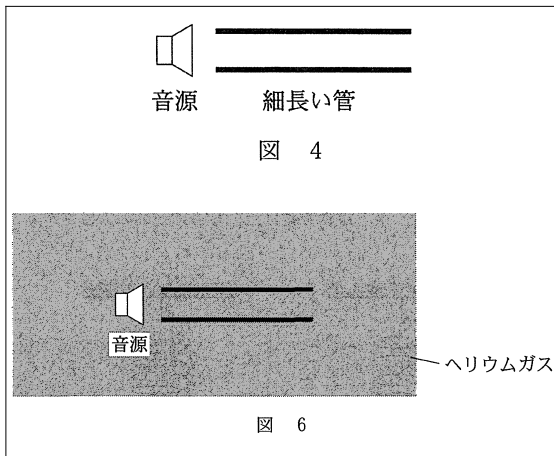
円筒状のスクリーンの場合， x 軸上の明線の位置が正しく等間隔になることに注意。

図 2 (a) 図 2 (b)

出題例6

赤色と青色の光の波長の大小関係を知らなくては問2は解答できないが，光の色と波長の相関は光のスペクトルとして物理 I では常識であろう（啓林館「物理 I 改訂版」p.239 図7）。

開管と閉管の気柱共鳴の問3は，それぞれの基本振動と倍振動の関係（啓林館「物理 I 改訂版」p.223 図13, 「物理基礎」p.175 図22）を正しく理解しておかないと混乱する。開管と閉管の違いは徹底して覚えておく必要がある。問4は問3の開管でできる基本振動の波長と同じになることが分れば即答できる。



出題例7

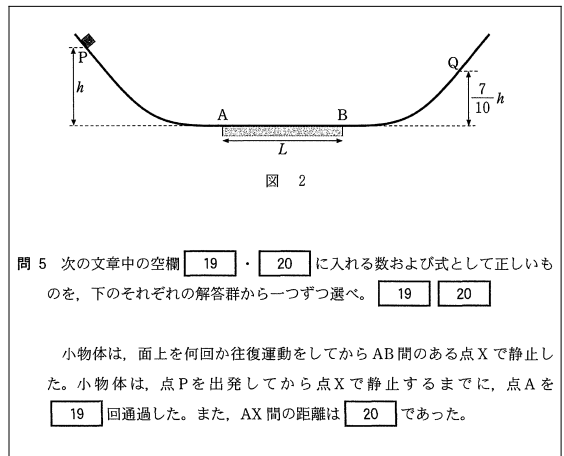


図 2

問 5 次の文章中の空欄 19・20 に入れる数および式として正しいものを、下のそれぞれの解答群から一つずつ選べ。 19 20

小物体は、面上を何回か往復運動をしてから AB 間のある点 X で静止した。小物体は、点 P を出発してから点 X で静止するまでに、点 A を 19 回通過した。また、AX 間の距離は 20 であった。

出題例9

第4問（運動とエネルギー）

運動に関しては洞察力が必要、気体の法則は基本！

問1の鉛直ばね振り子の力学的エネルギー保存の法則は、座標軸の向きに惑わされることなく、正確に適用できるようにしたい。

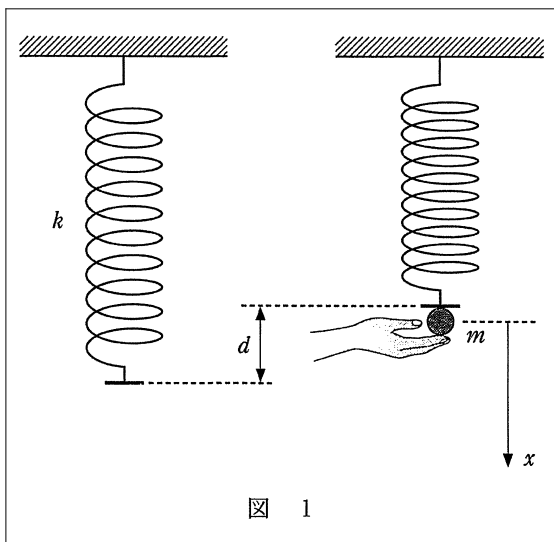


図 1

出題例8

問2が正解できれば、加速度と力の関係は定着しているといえる。問3はシンプルな力学的エネルギーの保存。問4、問5はエネルギーと仕事の関係が問われている。問5は今年のセンター試験で唯一の二次・私大的な問題といえる。

問6は等温変化にともなうボイルの法則、問7は等温変化と定積変化における熱力学第1法則、どちらも教科書の問レベルの基本といえる。この程度で失点することがないようにしたい。

(3) 学習対策

特に新しい公式や法則が出てくるわけではないので、公式や法則を正確に覚えるだけでなく、教科書を精読して公式や法則を説明する現象や事例をできるだけ知っておくことが大事である。教科書に掲載されている「やってみよう」「参考」「話題」「発展」などを見ておくことも必要である。特に、渦電流に関連した誘導モーターの原理（啓林館「物理 I 改訂版」p.33）、組み合わせレンズの例として、顕微鏡や望遠鏡（ガリレイ型、ケプラー型）の原理（啓林館「物理 I 改訂版」p.250 参考）、ジャッキを用いた仕事の原理（啓林館「物理 I 改訂版」p.131 話題、「物理基礎」p.82 参考）などは必ず見ておきたい。できれば実験や探究活動などを実施したいが、それらを実施できる時間の余裕がない場合は、それらの内容や結果・考察などをプリント配布してそれらの意義を紙上で理解させるといった手段が考えられる。さらに、いろいろな分野の問題を60分で片付けるためには、問題の状況に応じて素早く頭を切り替える必要がある。そのために問題演習の重要性は言うまでもない。教科書の問、例題、章末問題は全部解くようにしたい。加えて、できるだけ最新の実戦形

式の問題集を1冊仕上げれば、二次・私大的な問題に対しても対処できる。一方、解答がほぼ決まっているような類型的な問題に出くわした場合は、覚えている解答をそのまま選んでミスすることがあるので、与図および問題文をよく見読してから解答するように指導したい。一部の物理Ⅱの内容（放物運動、単振動、非直線抵抗、キルヒホッフの法則、ホイートストーンブリッジ）に関しては深入りしない程度に、簡単な例題や共通一次試験からの過去問を見ておく程度でよいであろう。

最後に、模擬試験はセンター試験の出題傾向を分析して、受験生の陥りやすい間違いをあぶりだせるように作成されているので、積極的に活用してもらいたい。

2. 2012年度 センター試験 理科総合 A

(1) 総括

大問数は4題、全体のマーク数は26個で2011年度と同じで量的な変化はなかった。解答群はグラフ選択、大小比較、数値選択、正誤選択、など多種多様である。理科総合 A は身の回りで見られる現象や道具などを基本的な公式や法則で理解し、自然に対する科学的な見方や考え方を養うのが狙いである。大方の問題はこの趣旨に沿っているが、物理の性格上どうしても式・計算は必要になる。例年20%（5題程度）が計算問題である。力学的エネルギー保存の法則、仕事率、熱量計算、オームの法則、電力などの計算は必出である。本年の第2問の問3c（力学的エネルギー保存の法則）、問5（熱量の保存）、さらに、第4問の問4（抵抗値と抵抗率の関係）、問5（オームの法則）ができる程度の数式運用能力を身に付けて欲しい。また、力のつり合い、作用と反作用、力と運動、エネルギーの変換などは、計算はほとんど必要ないが、物理的な内容を把握しておかないと合格点に達するにはおぼつかない。具体的な例を挙げて、ていねいに解説してこれらの内容を周知徹底しておく必要がある。

(2) 学習対策

身の回りのいろいろな事柄が出題されるので、教

科書を精読し、生活に必要な道具や装置と物理の関連を理解しておくことが重要である。また、計算問題は必ず出題される。問題自体は難しくはないが、公式にあてはめるだけという単純なレベルではなく、与えられたグラフをもとに考察・計算するように考えられている。具体的な対策としては、過去問を理解できるまで徹底的にやりこなし、さらに問題の読解力と計算力を養うためにも教科書の例題以外に理科総合 A の問題集1冊を仕上げればよい。

3. 2012年度 一般入試（二次・私大）

(1) 全体の分析

出題分野に関しては、『力学・電磁気（物理Ⅱ）、波動（物理Ⅰ）』の出題が大勢を占める。選択分野（物質と原子・原子と原子核）を出題する大学は、物質と原子（主に熱力学）の出題が主で、原子と原子核を出題する大学はきわめて少数であった。全体の傾向としては2011年度よりやや難しく、かつ問題量も増加したように思える。私大ではマーク式や語句選択は従来通りであるが、国公立大では記述・論述式はさらに増加傾向といえる。例えば、『文中に与えられた物理量の他に解答に必要な物理量があれば、それを表す記号はすべて各自で定義し、解答欄に明記しなさい』（神戸大）、『答案には、結果の式や数値のみでなく、導出法も記述せよ。たとえ時間内に結果が完全には得られない場合でも、考え方の道筋や方針を記述せよ。』（お茶の水大）、『答案用紙には回答の途中経過や理由も記入すること。必要ならば、図を用いて解答してもよい』（群馬大）などである。

(2) 力学分野の特徴

2012年度は2011年度とほとんど同じ傾向であった。力のモーメント、放物運動に関してはそれほど特徴的な問題はなく教科書の例題や章末問題のレベルであった。衝突に関しては、斜面と物体との斜め衝突、その後は放物運動という例年と同様の設定が多かったが、水平面との多数回衝突も出題された（出題例10）。この程度の数列は扱えるように指導したい。

問 2. 図 1 (C) に示すように、水平面に x 軸、鉛直上方に y 軸をとり、大きさが無視できる質量 m の小物体を、時刻 $t = 0$ に原点から角度 α 、速さ v_0 で投げ上げた。小物体は xy 平面内で放物線を描いて落下し、水平面との衝突をくり返し、最後は水平面上をすべりだした。水平面はなめらかであり、小物体と水平面の反発係数は $e (0 < e < 1)$ である。空気抵抗は無視する。重力加速度を g とする。

n 回目の衝突直後の小物体の速さを v_n 、速度の x, y 成分を v_{nx}, v_{ny} とする。 n 回目の衝突の時刻を t_n 、衝突位置の x 座標を x_n とする。さらに、 $(n-1)$ 回目の衝突から n 回目の衝突までにかかる時間を $\Delta t_n = t_n - t_{n-1}$ 、その時間に進む距離を $\Delta x_n = x_n - x_{n-1}$ とする。ただし $t_0 = 0, x_0 = 0$ とする。 $t_n = \Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3 + \dots + \Delta t_n$ 、および $x_n = \Delta x_1 + \Delta x_2 + \Delta x_3 + \dots + \Delta x_n$ の関係がある。

- (1) 最初の衝突直後の速度成分 v_{1x}, v_{1y} および次の衝突直後の速度成分 v_{2x}, v_{2y} を m, α, v_0, e, g から必要なものを用いて表せ。
- (2) n 回目の衝突直後の速度成分 v_{nx}, v_{ny} を m, α, v_0, e, n, g から必要なものを用いて表せ。
- (3) Δt_n を m, α, v_0, e, n, g から必要なものを用いて表せ。
- (4) x_n を m, α, v_0, e, n, g から必要なものを用いて表せ。ただし、 $1 + e + e^2 + e^3 + \dots + e^n = (1 - e^{n+1}) / (1 - e)$ の関係式を使ってよい。
- (5) n が非常に大きくなると e^n は 0 (ゼロ) に等しくなり、 v_{ny} も 0 (ゼロ) に等しくなると小物体は水平面上をすべりだす。すべりだした時の x_n の値 x_f を m, α, v_0, e, g から必要なものを用いて表せ。
- (6) n 回目の衝突で小物体が失うエネルギー q_n を $m, v_{(n-1)x}, v_{nx}, v_{(n-1)y}, v_{ny}$ から必要なものを用いて表せ。
- (7) n 回の衝突で小物体が失うエネルギーを $Q_n = q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_n$ とする。 n が非常に大きい時の Q_n の値 Q_f を m, α, v_0 を用いて表せ。ただし、 n が非常に大きい時は e^n は 0 (ゼロ) に等しいとして答えよ。

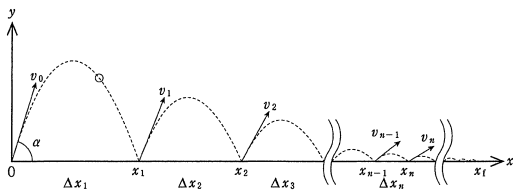


図 1 (C)

九州大 前期 [1]

出題例 10

運動としてはやはり単振動が目立った。ばね振り子以外に浮力や連通管内の液体の単振動も出題された (出題例 11)。

[I] 一樣な断面積 A の鉛直に固定された細い U 字管内に液体が入っている。この液体が一体となって管内を往復し、両端の液面が上下する運動を考える。管内での液体の長さは L 、密度は ρ である。重力加速度の大きさを g とし、管と液体との摩擦は無視できるものとする。

1. この液体の質量を求めよ。

図 1 に示すように、左右の液面が等しい高さにある平衡状態から一方の液面が x だけ下がると、他方の液面は x だけ押し上げられる。このとき、液体には左右の液面が等しい高さにある平衡状態に戻そうとする復元力が働く。

2. この復元力の大きさを求めよ。

復元力の大きさは液面の平衡状態からの変位 x に比例するので、この液面が上下する運動は、U 字管内の液体と等しい質量をもつ質点がばねにつながれて単振動する場合と同様の方程式で表すことができる。

3. この単振動をもたらしばねのばね定数を求めよ。
4. 液面が上下する運動の振動数を求めよ。
5. この振動数は、長さ L のひもでつるした振幅の小さな単振り子の振動数の何倍か。

この U 字管内の液体が、左右の液面の高さの差が最大で $2H$ となる単振動を行っていて、ある瞬間に左右の液面が同じ高さにそろった。このとき、

6. 管内の液体を質点とみなして、その運動エネルギーを求めよ。
7. 液面が上昇あるいは下降する速さを求めよ。

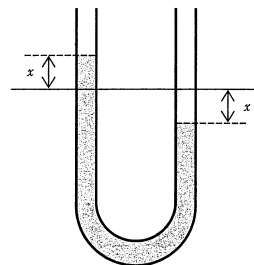


図 1

法政大

出題例 11

あらゆる面上の単振動や物体系の運動に単振動が組み込まれた問題も目立った (出題例 12)。

[I] 図 1 のように、水平な粗い床面上に置かれた質量 m の物体に、ばね定数 k のばねが結ばれている。最初、ばねは自然長であり、物体とばねは静止している。物体と床面の間の静止摩擦係数を μ 、動摩擦係数を $\mu' (\mu > \mu')$ 、重力加速度の大きさを g として以下の問いに答えよ。ただし、物体は回転せず底面を床に接したまま運動し、空気抵抗及びばねの質量は無視できるものとする。

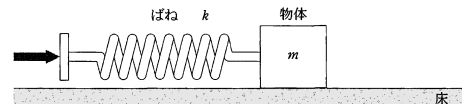


図 1

まず、ばねの左端をゆっくりと水平に右方向へ押ししていく。

問 1 ばねを押ししても、はじめのうち物体は静止したままであった。このとき物体にはたらく全ての力を解答用紙の図中に矢印で示し、各々の名称を書け。

さらに、右方向にばねを押ししていくと、ばねが自然長から長さ A だけ縮んだときに物体は床面をすべりだした。物体がすべりだした瞬間にばねの左端の位置を固定すると、物体は床面上を距離 B だけすべって静止した。

問 2 A を μ, μ', k, m, g のうち必要なものを用いて表せ。導き方も記せ。

問 3 物体が床面をすべり始めた瞬間のばねの弾性エネルギーを U_A 、 B だけすべって静止した時点での弾性エネルギーを U_B 、物体にはたらく動摩擦力がする仕事を W_f とする。 U_A, U_B, W_f を A, B, μ', k, m, g のうち必要なものを用いて表せ。

問 4 B を μ, μ', k, m, g を用いて表せ。導き方も記せ。

次に、図 2 のように、物体の右側に質量 m の台車を接するように置く。台車と物体が静止した状態でばねを右方向へ押ししていく。このとき、台車にはたらく摩擦力及び空気抵抗は無視できるものとする。問 2 で導いた長さ A だけばねを自然長から縮めると、台車は物体と接触したまま右方向に動き出した。台車と物体が動き出した瞬間にばねの左端の位置を固定する。物体が床面をすべりはじめてから距離 x_0 だけ移動したとき、台車は物体から離れ等速直線運動を始めた。

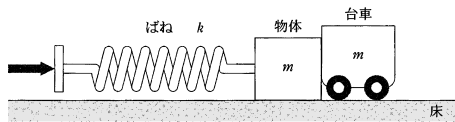


図 2

問 5 物体がすべり始めてから $x(x < x_0)$ だけ移動したときの台車と物体の運動方程式をそれぞれ記せ。ただし、図の右向きを正とし、台車が物体から受ける力を F 、台車と物体の加速度を a とする。

また、台車と物体の運動方程式から F を求めよ。

問 6 x_0 を μ, μ', k, m, g を用いて表せ。導き方も記せ。

広島大 前期

出題例 12

万有引力に関連した問題は、面積速度一定と力学的エネルギー保存の法則で処理できる典型的問題がほとんどだが、万有引力の法則に関するキャベンディッシュの実験は是非とも生徒に紹介しておきたい(出題例 13)。

[1] 以下の問題の答を解答用紙の所定欄に記入せよ。

地球や太陽など巨大な天体の質量を、物理学者たちはどのようにして知ることができたのだろうか。事実を多少簡略化してその過程をたどってみよう。
ニュートンが発見した万有引力の法則を用いて検証し、万有引力定数 G の値を初めて決定したのは 18 世紀英国の物理学者キャベンディッシュであり、地上の物体の間に働く極めて微弱な引力を測定するために彼が用いたのは、ねじれ秤という装置であった。

予備実験 (図 1-1 及び図 1-2 参照)

二つの球 P、Q を固定した細い棒を、中心 O に一方を固定した細い糸 (つり糸) で鉛直につり下げた。糸は図 1-1 では一点に見える。球 P、Q に、大きさ f の逆向きの力を加えたときのねじれの角度 θ を横軸、 f を縦軸にプロットしたのが図 1-2 である。この図から、 θ と f の間には比例関係 $f = k\theta$ (k は正の比例係数) があることが分かる。

万有引力定数を測定する実験 (図 1-3 参照)

予備実験の後、平衡状態 $\theta = 0$ にある棒の両端近くの対称の位置に固定球 A、B を置いたところ、棒は θ_0 だけねじれて新しい平衡状態に達した。このとき、固定球と棒の端の球の中心間距離は $AP = BQ = r_0$ であった。球状物体がその外部に及ぼす万有引力は、物体の全質量がその中心に集中していると仮定した場合と全く同じになるということが、積分法を用いた詳しい計算により分かっている。以下の問に答えよ。

問 1 固定球と棒の端の球の質量をそれぞれ M, m とするとき、これら両端の間に働く万有引力の大きさ $|\vec{F}|$ を G, M, m, r_0 を用いて表せ。

問 2 上の $|\vec{F}|$ が $k\theta_0$ とも書けることに注目しよう。図 1-2 の実験から比例係数 k は分かっており、 M, m, r_0 も測定から分かる。従って唯一の未知数は万有引力定数 G である。 G を M, m, r_0, k, θ_0 を用いて表せ。

問 3 キャベンディッシュは上記の実験で万有引力定数として、現在知られている値 $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$ からの誤差がわずか 1.2% という極めて精度の良い値を得た。彼は、地球の表面における重力加速度 g が、地球が地上の物体に及ぼす万有引力によるという考えから、地球の質量 M_E を求めることに成功した。但し、地球の半径 R_E は古代ギリシャ以来の幾何学的方法で知られていた。地球の質量 M_E を G, g, R_E を用いて表せ。

問 4 地球の質量 M_E を有効数字 2 桁で計算せよ。ここでは $G = 6.7 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$ 、 $g = 9.8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ 、 $R_E = 6.4 \times 10^6 \text{ m}$ とせよ。

問 5 地球の平均密度 ρ はいくらか、有効数字 2 桁で計算せよ。これは水の密度の何倍か。

問 6 地球の公転軌道を円とみなし、その半径を r 、角速度を ω とする。このとき、太陽質量 M_S を G, L, ω を用いて表せ。

問 7 1 年を 365 日として地球の公転角速度 ω を有効数字 2 桁まで求めよ。

問 8 $L = 1.5 \times 10^{26} \text{ m}^3$ とし、前問の結果を用いて太陽質量 M_S を有効数字 2 桁で計算せよ。

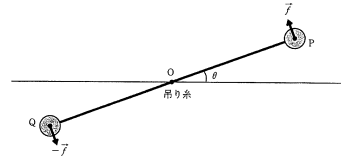


図 1-1

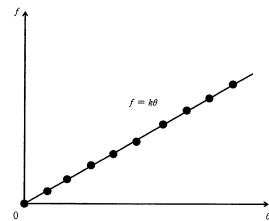


図 1-2

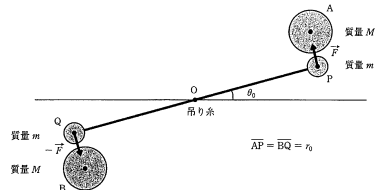


図 1-3

早稲田大

出題例 13

いろいろな運動を含む力学全般の学力を測る問題も出題された(出題例 14)。

物理 問題 I

図 1 のように、ばねによって発射される小物体の運動を考える。小物体の質量は m であり、大きさが無視できる。ばねは、一端が固定され、他端に板が取り付けられている。ばねはフックの法則に従い、ばね定数を k とする。空気抵抗、ばねおよび板の質量は無視できるものとする。重力は鉛直下向きにはたらく、重力加速度の大きさを g とする。すべての運動は、図 1 に示す鉛直平面内で起こるものとする。以下の設問に答えよ。

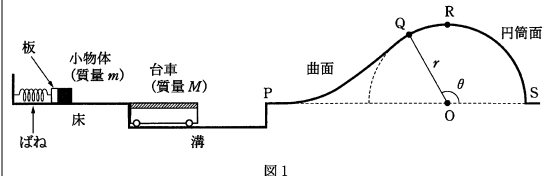


図 1

ばねが自然長から d だけ縮むように小物体を押し、静かにはなした。小物体は、板から離れて、水平な床を右向きに速さ v_0 で運動した。床と小物体との間の摩擦は無視できるものとする。

設問(1): 速さ v_0 を, m, d, g, k の中から適切なものを用いて表せ。

床の右側には水平な溝が掘ってある。この溝の左端に、質量 M の台車が静止している。台車の上面は水平であり、床と同じ高さにある。

小物体が床から台車に乗り移った後、小物体と台車はいずれも右向きに運動した。台車に乗り移った直後の小物体の速さは v_0 であった。台車の上面と小物体との間には、摩擦があり、その動摩擦係数を μ' とする。台車の右端と小物体は、同時に同じ速さ v_1 で溝の右端に到達した。台車と溝との間の摩擦は無視できるものとする。

設問(2): 小物体が台車の上を運動しているとき、小物体と台車の加速度(右方向を正)を、それぞれ a, A とする。小物体と台車の水平方向の運動方程式を、それぞれ m, M, v_0, a, A, g, μ' の中から適切なものを用いて記せ。

設問(3): 速さ v_1 を, m, M, v_0, g, μ' の中から適切なものを用いて表せ。

曲面 PQ がなめらかに円筒面 QS につながっている。円筒面 QS の中心は O、その半径は r である。円筒の軸は、小物体が運動する鉛直平面に垂直である。P、O、S の各点は、床と同じ高さにある。円筒面 QS の最高点を R とする。 $\angle QOS = \theta$ ($\theta > 90^\circ$) とする。

小物体は、台車から曲面に乗り移り、曲面および円筒面から離れずに R に到達した。Q を通過した直後の円筒面上での小物体の速さを v_2 とし、このときの円筒面からの垂直抗力の大きさを N とする。R での小物体の速さを v_3 とする。曲面および円筒面と小物体との間の摩擦は無視できるものとする。

設問(4): 速さ v_3 を, m, M, r, θ, v_2, g の中から適切なものを用いて表せ。

設問(5): 垂直抗力の大きさ N を, m, M, r, θ, v_2, g の中から適切なものを用いて表せ。

設問(6): 小物体が、円筒面から離れずに、最高点 R に到達するための速さ v_2 の条件を, m, M, r, θ, g の中から適切なものを用いて表せ。

名古屋大 前期

出題例 14

(3) 電磁気分野の特徴

単純な電場・電位のみの問題は少なくなった。一方、2011年度に比してガウスの法則(啓林館「物理Ⅱ改訂版」p.84 図13, 問8)に関する問題は増加した。単純なコンデンサー回路の問題は減少したが、円筒形や球形コンデンサーが出題された(出題例15, 16)。

以下の設問では、電子の質量を m [kg]、電気素量を e [C] ($e > 0$) とする。

(1) 図 2-1 のように、円筒軸方向の長さが L [m] で、半径の異なる二つの半円筒状の極板 A, B を、中心軸と端を一致させて真空中に配置した。A, B の中心軸を O とし、A の半径を a [m]、B の半径を b [m] とする ($a < b$)。極板 A には q [C] ($q > 0$)、極板 B には $-q$ [C] の電荷が一様に分布してたくわえられており、AB 間の電位差は V_{AB} [V] ($V_{AB} > 0$) である。このとき、極板 AB 間に生じる電場を求めよう。電場は極板 AB 間のみ生じ、極板の端の影響は無いものとする。電場の様子を表すために電気力線が用いられる。電気力線の接線はその点での電場の方向を示し、電場の強さが E [V/m] の点では電場に垂直な面積 1 m^2 を E 本の電気力線が貫くことと定義する。極板 AB 間の電気力線は、極板 A から B へ、O を中心として放射状に均等に広がる。

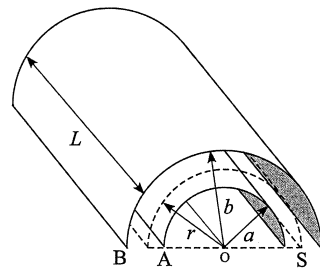


図 2-1

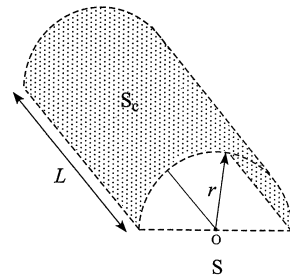


図 2-2

図 2-1 中で示したように、極板 A, B と中心軸と端が一致した半径 r [m]、長さ L [m] の半円筒状の閉じた曲面(閉曲面) S を考える ($a \leq r \leq b$)。曲面 S の様子を図 2-2 に示した。電場は極板 AB 間のみ存在するため、電気力線は、曲面 S のうち、図 2-2 中で網掛けで示した半円筒状の曲面 S_c のみを貫き、その他の面を貫くことはない。また、曲面 S_c 上では電場の強さは一定である。したがって、曲面 S_c 上での電場の強さを $E_c(r)$ [V/m] とすると、閉曲面 S を貫く電気力線の本数は、曲面 S_c を貫く電気力線の本数に等しく、 $N = \text{㉞}$ 本である。一方で、任意の閉曲面を貫く電気力線の本数は、その内部に存在する電荷量 q [C] を用いて $N = 4\pi kq$ 本と表すことができる。ここで、 k [$\text{N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$] は正の定数である。閉曲面 S 内には、極板 A 上に電荷 q [C] が存在するので、 S を貫く電気力線の本数も q を用いて同様に表すことができる。したがって、極板 AB 間の曲面 S_c 上に生じる電場の強さは、 $E_c(r) = \text{㉟}$ [V/m] となる。さらに、極板 A, B からなるコンデンサーの電気容量を C [F] とすると、このコンデンサーにたくわえられている電荷は、 $q = \text{㊱}$ [C] であるため、極板 AB 間の曲面 S_c 上に生じる電場の強さは C と V_{AB} を用いて、 $E_c(r) = \text{㊲}$ [V/m] と表すことができる。

東京理科大 ㉒

出題例 15

II 図 1 に示すような半径 a [m] の導体球 A が真空中に孤立している。この導体球に電荷 Q [C] を与えた。ただし $Q > 0$ とする。以下の問いに答えよ。



図 1

(1) 図 1 で、電荷は A の表面に一様に分布するので、A の外側の空間で電場の強さと電位は球対称となる。よって、電気力線は A の表面に垂直に出て行く。このとき A の表面の単位面積あたりの電荷は ㉓ [C/m²] であるから単位面積あたり $k_0 \times \text{㉔}$ [N/m²] の電気力線が A の表面から出て行く。ただし、 $k_0 = 9.0 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$ 、A の表面積は $4\pi a^2$ である。これは A の中心に Q [C] の点電荷がある場合と同じで、中心から距離 r ($r \geq a$) の位置の電場の強さは $k_0 \times \text{㉕}$ [N/C] である。また、この位置での電位は無限遠方を 0 [V] として $k_0 \times \text{㉖}$ [V] となる。

9, 10 の解答群

- ① 0 ② $\frac{Q}{a}$ ③ $\frac{Q}{2\pi a}$ ④ $\frac{Q}{4\pi a}$ ⑤ $\frac{Q}{a^2}$
 ⑥ $\frac{Q}{2\pi a^2}$ ⑦ $\frac{Q}{4\pi a^2}$ ⑧ $\frac{Q}{a^3}$ ⑨ $\frac{Q}{2\pi a^3}$ ⑩ $\frac{Q}{4\pi a^3}$

11, 12 の解答群

- ① 0 ② $\frac{Q}{r}$ ③ $\frac{Q}{2\pi r}$ ④ $\frac{Q}{4\pi r}$ ⑤ $\frac{Q}{r^2}$
 ⑥ $\frac{Q}{2\pi r^2}$ ⑦ $\frac{Q}{4\pi r^2}$ ⑧ $\frac{Q}{r^3}$ ⑨ $\frac{Q}{2\pi r^3}$ ⑩ $\frac{Q}{4\pi r^3}$

(2) 図2に示すように内半径 b (m) ($b > a$), 外半径 c (m) ($c > b$) の電荷を与えていない中空導体球 B の中に, 図1の電荷 Q (C) を持った A を中心を一致させて入れる。このとき静電誘導により B の内側表面に 13 (C) の電荷が現れて一様に分布するため, A の表面から出た電気力線は全て B の内側表面に到達する。このことから A と B の間 ($b \geq r \geq a$) で, 電気力線の様子は(1)の場合と同じであることがわかる。

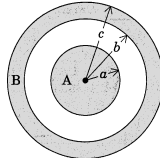


図2

B ははじめ電荷が与えられていなかったので外側表面には 14 (C) の電荷が一様に分布し, B の外側 ($r \geq c$) の空間でも電場の強さと電位は球対称となって, 電気力線は B の外側表面から垂直に出て行く。以上の考察より, A の中心からの距離 r と電場の強さとの関係を最も適切に示しているグラフは 15 である。また, 無限遠方を電位 $V=0$ (V) としたときの距離 r と電位との関係を最も適切に示しているグラフは 16 である。ここで, A と B の電位差を考える。先に述べたように図2で $b \geq r \geq a$ の空間での電場の変化は図1での変化と同じであることから, 電位の変化(電位差)も(1)で考えた電位の式から求めることができる。これによると $r=b$ での電位に比べ, $r=a$ の電位は 17 (V) 高いことがわかる。これは導体 A と B をそれぞれ電極と考えたときの電位差となる。よって, $Q=CV$ の関係よりこれらをコンデンサーと考えたときの電気容量 C は 18 (F) と求められる。

13, 14 の解答群

- ① 0 ② $\frac{Q}{2\pi}$ ③ $\frac{Q}{4\pi}$ ④ $2\pi Q$ ⑤ $4\pi Q$ ⑥ Q
 ⑦ $-\frac{Q}{2\pi}$ ⑧ $-\frac{Q}{4\pi}$ ⑨ $-2\pi Q$ ⑩ $-4\pi Q$ ⑪ $-Q$

近畿大 II

出題例16

キルヒホッフの法則を適用する直流回路の問題は従来と同じ質・量といえる。非線形抵抗に関しては抵抗の数は多くなったが類型問題といえるであろう(出題例17)。

II ある電球 X について, それにかかる電圧と電流との関係を調べたら, 図1のような曲線関係が得られた。このグラフを参考にして, 以下の問い(問1~問4)に答えよ。ただし, 問2~問4の回路図内における電池や電流計の内部抵抗は無視できるほど小さいものとする。

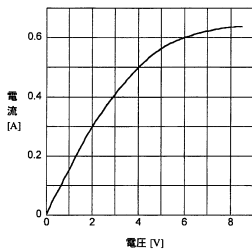


図1

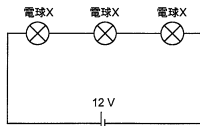


図2

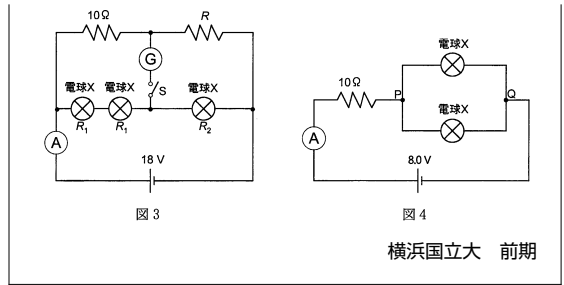


図3

図4

横浜国立大 前期

出題例17

ホール効果の問題も典型的でこれといった変化は見られなかった。ただ, 電磁界中での軌道がサイクロイド曲線になる荷電粒子の運動は, 一度解いておけば出題されても対処できるので覚えておきたい(出題例18)。

II. 次に, 図2のように導線の間に起電力 V の電池を挿入した。すると, 原点 O から初速度 0 の荷電粒子が動き始め, 金属平板に衝突することなく xy 平面内で運動を続けた。

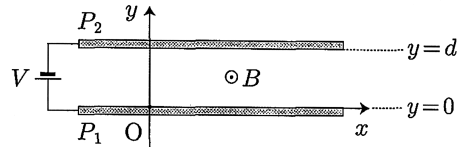


図2

問4 荷電粒子が電場(電界)から受ける力は $(0, \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \frac{V}{d})$ である。一方, 磁場から受ける力は前問のとおり $(\frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \frac{V}{d}, 0)$ であることから, 図2の場合における荷電粒子の運動方程式は, $ma_x = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \frac{V}{d}$, $ma_y = -\frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \frac{V}{d}$ と表せる。(4)と(5)を q, d, V, B, v_x, v_y のうち必要なものを用いて示せ。

(1) x 軸の正方向に一定の速さで移動する観測者の視点で図2の場合における荷電粒子の動きを調べた。その結果, 観測者の移動する速さが v_1 になると円運動に見えることがわかった。

問5 速さ v_1 で移動する観測者から見た荷電粒子の速度と加速度を (v'_x, v'_y) , (a'_x, a'_y) とすると, v_1 と速度 (v_x, v_y) を用いて $v'_x = \frac{v_x + v_1}{1 - \frac{v_x v_1}{c^2}}$, $v'_y = \frac{v_y}{\gamma(1 - \frac{v_x v_1}{c^2})}$ と表せる。また, 観測者が一定の速度で動いているので, $a'_x = a_x$, $a'_y = a_y$ が成立する。これらを問4で求めた運動方程式に代入し, 電場の寄与がない問3の場合と比較することにより, 円運動になる条件 $v_1 = \frac{c^2}{v_x}$ を求めることができる。(7)を d, V, B を用いて示せ。

問6 問5で求めた条件のもとで円運動する荷電粒子の速さが $\frac{c^2}{v_x}$ に等しいことに注意して, 円運動の半径を m, q, d, B, V , 周期 T を m, q, B を用いて表せ。

(ii) 以上の考察を踏まえ, 静止した観測者から見た荷電粒子の軌跡と力学的エネルギーを考える。

問7 原点 O から出発した荷電粒子が再び x 軸上に戻ってくる点の座標 x_1 は $\frac{2mV}{qB}$, y 軸正方向の最大到達距離 y_1 は $\frac{mV}{qB}$ である。(8)と(9)を m, q, d, V, B を用いて表せ。また, xy 座標上で荷電粒子が描く軌跡の概形を解答欄に示せ。

問 8 原点 O を出発した荷電粒子が半周期 $\left(\frac{T}{2}\right)$ 後に到達する点 $\left(\frac{x_1}{2}, y_1\right)$ における速度は、 v_1 を用いて $(v_x, v_y) = \left(\frac{v_1}{2}, 0\right)$ と表せる。この点における荷電粒子の運動エネルギーと静電気力による位置エネルギーを m, v_1 を用いて表せ。ただし、 $y = 0$ を静電気力による位置エネルギーの基準とする。

これより、出発点と比較して点 $\left(\frac{x_1}{2}, y_1\right)$ における力学的エネルギーは (イ) ①大きい、②小さい、③等しい ことがわかる。

問 9 質量 m' 、電荷 $-q$ ($q > 0$) の荷電粒子が問 7 の場合と同じ軌跡を描くようにするには磁場の方向と電池の向きを図 2 と (ウ) ①同じ、②逆にし、磁束密度と電圧の大きさを (11) 倍にする必要がある。(11) を m と m' を用いて示せ。

大阪大 前期 [2]

出題例 18

電磁誘導に関しては、レール上をすべる導体棒や磁界中へ進入するコイル、磁界中で回転する導体棒などの教科書的なケースが多いが、力積を盛り込んだり、回転軸を傾けるなど新手の問題が見られた(出題例 19, 20)。

問 2 $t = 0$ で回路の速さが十分大きな u (m/s) であり、その後外力を加えずに回路を運動させる場合を考える。このとき、回路の速さの時間変化は図 2 のようになる。図 2 の (イ)、(ウ) の部分の面積はそれぞれ L である。以下の問の解答には u_1 と u_2 を用いてはならない。

(1) 回路が磁場から受けた力積を、 $t = 0$ から $t = t_1$ までの間、 $t = t_1$ から $t = t_2$ までの間、 $t = t_2$ から $t = t_3$ までの間においてそれぞれ求めよ。

(2) $t = t_1$ における回路の速さ u_1 (m/s) と $t = t_2$ における回路の速さ u_2 (m/s) を求めよ。

(3) $t = 0$ から $t = t_3$ までに、2 つの抵抗器に発生したジュール熱を求めよ。

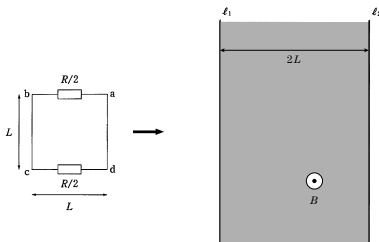


図 1

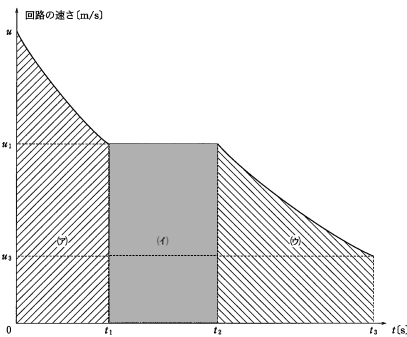


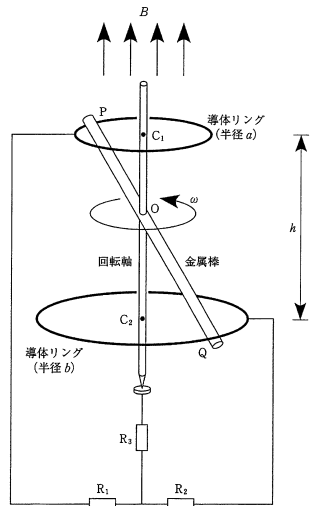
図 2

静岡大 前期 [2]

出題例 19

〔Ⅱ〕 右図に示すように、上向きの一様な磁場(磁束密度の大きさ B) の中に、半径 a と b ($a < b$) の 2 つの導体リングが磁場に垂直に固定されている。2 つの導体リングのそれぞれの中心 C_1 と C_2 の間の距離は h である。 C_1 と C_2 を通り、2 つの導体リングの面に垂直に導体の回転軸がある。回転軸には、 C_1 と C_2 の間の点 O に金属棒が取り付けられている。金属棒は 2 つの導体リングにそれぞれ点 P 、点 Q で接しながら、回転軸とともになめらかに回転できるようになっている。さらに、2 つの導体リングおよび回転軸には、抵抗値 R の 3 つの抵抗 R_1 、 R_2 、 R_3 が図に示すように導線により接続されている。いま、金属棒は回転軸のまわりに一定の角速度 ω で図の矢印の向きに回転している。ここで、導体リングと金属棒の太さは無視できるものとする。また、導体リング、回転軸、金属棒、および導線の電気抵抗は無視できるものとする。

- (1) 金属棒の OP 間で、点 O から距離 x の位置にある自由電子(電気量 $-e$) が磁場からローレンツ力を受ける。この力の金属棒に平行な成分 f を求めよ。
- (2) ローレンツ力が金属棒中の自由電子を点 P から点 O に移動させるときの仕事 W_f を求めよ。
- (3) 金属棒の OP 間に生じる起電力の大きさ V_f を求めよ。また、同様にして、 OQ 間に生じる起電力の大きさ V_Q を求めよ。さらに、点 O 、点 P 、点 Q を電位の高い順に並べて示せ。
- (4) 起電力 V_f および V_Q により、3 つの抵抗に電流が流れる。抵抗 R_3 に流れる電流の大きさ I_3 を求めよ。
- (5) 金属棒の OP と OQ の部分が磁場から受ける力の大きさ F_f と F_Q をそれぞれ求めよ。
- (6) 金属棒が角速度 ω で回転し続けるために必要とする単位時間当たりの仕事を求めよ。



横浜市大 医 前期

出題例 20

自己・相互インダクタンスの計算はほとんど出題されなくなった。一方、交流回路の問題は増加した。誘導リアクタンス、容量リアクタンス、RLC 直列回路のインピーダンスの計算など、交流の数学的な扱いが要求される問題は増加した(出題例 21)。微積分を用いる説明(啓林館「物理 II 改訂版」第 4 節交流の p.172「発展」RLC 直列回路)は上昇志向の受験生には刺激があつていいであろう。

粒子加速器のシンクロトロンやベータトロン(啓林館「物理 II 改訂版」参考 p.150)の加速原理は電

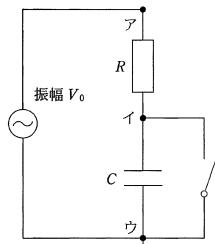


図1

問1 このとき回路に流れる交流電流の振幅と、抵抗で消費される電力の時間平均値を求めなさい。

問2 次に、スイッチを開いて十分長い時間が経過すると、抵抗にかかる交流電圧は問1のときの半分の値となった。この抵抗の電圧が時刻を t (s)として、 $\frac{V_0}{2} \cos \omega t$ (V)と表されるとき、回路を流れる交流電流を表す式と、コンデンサーにかかる交流電圧を表す式を書きなさい。ただし、抵抗の電圧は図1の回路の点Iに対する点Aの電位とし、コンデンサーの電圧は点Uに対する点Iの電位とする。また、回路の電流は、点Aから点Iに流れる向きを正とする。

問3 抵抗とコンデンサーの交流電圧の和が電源の交流電圧に等しいことを用いて、このコンデンサーの電気容量 C を ω 、 R 、 t 、 V_0 の中から必要なものを用いて表しなさい。なお、以下の公式を用いてもよい。

$$a \sin \theta + b \cos \theta = \sqrt{a^2 + b^2} \sin(\theta + \delta), \text{ ただし } \delta \text{ は位相のずれを表す定数。}$$

問4 スイッチが開かれているときに、抵抗とコンデンサーで消費される電力の時間平均値を C 、 R 、 t 、 V_0 の中から必要なものを用いて表しなさい。

千葉大 前期 4

出題例21

磁気と力学であるから、電磁気の分野として解説すればよいであろう (出題例22)。

第2問 (50点)

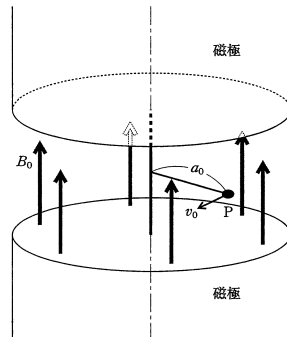
答案には、結果だけでなく、考えのすじ道も書きなさい。問題に与えられていない記号が必要なときは、定義してから用いなさい。

図のような円柱形磁極間の一様な上向きの磁界 B_0 の中に、質量 m 、正電荷 q をもつ小球 P を絶縁体でできた長さ a_0 で太さの無視できる細い棒の先端に固定して置いた。この棒は、磁界に対して垂直な平面内を自由に回転できるように、もう一方のはじを磁極の中心軸上にある軸受けに留めてある。P に適当な速さを与えたところ、磁界に対して垂直な平面内で等速円運動した。軸受けと棒の間の摩擦、重力の影響は無視できるとして、以下の問いに答えよ。

- (a) 小球 P が棒から力を受けずに回転しているときの P の速さ v_0 を q 、 m 、 a_0 、 B_0 を用いて表わせ。
- (b) このとき、 P が1周する時間を q 、 m 、 B_0 で表わせ。
- (c) P が半径 a_0 の等速円運動をしていることで、半径 a_0 の輪に電流が流れているとみなせる。この電流の大きさ I を求めよ。ただし、この場合の電流は、輪上の一点を単位時間あたりに通過する電荷量である。

次に、時間 Δt の間に磁極間の磁束密度を B_0 から ΔB だけ一定の割合で増加させた。

- (d) 磁束密度の変化にとまらぬ、輪を貫く磁束が時間的に変化した。輪を貫く磁束の変化率を a_0 、 ΔB 、 Δt で表わせ。
- (e) 輪を貫く磁束が時間的に変化したことにより、輪に誘導起電力 V が誘起された。これにとまらぬ、輪上には電界が生じる。この電界の大きさを E とすると、誘導起電力 V は $V = 2\pi a_0 E$ で表わせる。輪上に生じた電界の大きさ E を a_0 、 ΔB 、 Δt を用いて表わせ。
- (f) この電界により、 P は力を受けて加速される。磁束密度を変化させた後に P が受けた力積は、粒子の運動量の変化に等しい。磁束密度を変化させた Δt 後の P の速さ v を q 、 m 、 a_0 、 B_0 、 ΔB を用いて表わせ。



学習院大

出題例22

(4) 波動分野の特徴

教科書では「発展」で扱われている正弦波の式(啓林館「物理 I 改訂版」p.186)を用いる問題が増加した(出題例23)。

【II】

図II-1は、 x 軸に沿って伝わる正弦波の時刻0における波形を示している。この波で、任意の x における変位 y は、波の振幅を A 、波長を λ とすると、 $y = A \sin \frac{2\pi}{\lambda} x$ と表される。このとき、以下の問いに答えよ。ただし、正弦波の周期を T とする。

- (1) 図II-1の正弦波が x 軸の正の向きに速さ v で伝わり、時刻 t で図II-2のようになったとする。この波で、任意の x における変位 y_1 は、 A 、 λ 、 x 、 T 、 t を用いてどのように表されるか。
- (2) 図II-1の正弦波が x 軸の負の向きに速さ v で伝わり、時刻 t で図II-3のようになったとする。この波で、任意の x における変位 y_2 は、 A 、 λ 、 x 、 T 、 t を用いてどのように表されるか。
- (3) (1)、(2)の2つの正弦波が重なり合って定常波が形成された。この波で、任意の x における変位 y_3 は、以下のように表される。①、②にあてはまる適切な式を、 λ 、 x 、 T 、 t のうち必要なものを用いて記せ。なお、 $\sin \alpha + \sin \beta = 2 \sin \frac{\alpha + \beta}{2} \cos \frac{\alpha - \beta}{2}$ である。

$$y_3 = 2A \sin \text{①} \cdot \cos \text{②}$$
- (4) 定常波において、節の位置の間隔は、正弦波の波長 λ を用いてどのように表されるか。

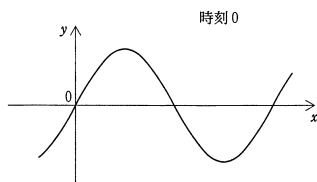


図 II-1

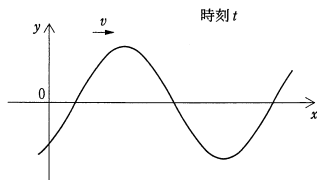


図 II-2

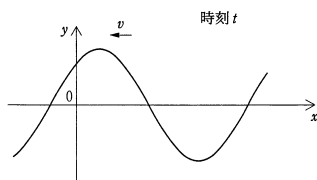


図 II-3

鳥取大 前期

出題例23

反射波、定常波も正弦波で表せるようにしたい。交流回路のリアクタンスやインピーダンスの計算でもわかるように、三角関数の計算は必須である。一方、正弦波の式を用いないで、合成波、反射波、定常波を考える問題も多い。弦や気柱共鳴はほぼ例年通りである。ドップラー効果に関しては、すべての場合（観測者あるいは反射板が運動する場合、斜めドップラーなど）が出題されている（啓林館「物理 I 改訂版」p.230話題、発展）ので、すべての場合を知っておく必要がある。しかし、ドップラーの公式の導出・説明を要する問題も出題されているので、それらを自力で導出できるように指導したい（出題例24）。また、音源が円運動する場合のドップラー効果が幾何的に複雑化する傾向が見られるのは気になるところである（出題例25）。

〔III〕 次の文中の空欄 (ア)～(キ) にはあてはまる式を解答用紙 (二) の該当する欄に記入せよ。

図 1 のように、直線道路上を消防車 A と車 B が互いに逆向きに走行している。時刻 $t=0$ における A の位置を原点 O として、道路に沿って A の進行方向に x 軸をとる。A の速度は v [m/s] であり、B の速度

は $-w$ [m/s] である ($v > 0, w > 0$)。A はサイレンを鳴らしながら走行しており、そのサイレンの音の振動数は f [Hz] で、音の伝わる速さは c [m/s] である。

図 2 は各時刻における消防車 A と車 B の位置とサイレンの音の到達位置を表すグラフであり、横軸は時刻 t [s]、縦軸は原点 O からの距離 x [m] である。直線 ℓ_A は傾きが v の直線で、各時刻における消防車 A の位置を表し、直線 ℓ_B は傾きが $-w$ の直線で、各時刻における車 B の位置を表している。破線 A_0B_1 は、時刻 $t=0$ に A から出たサイレンの音が各時刻 t において到達する位置を表す。点 B_1 はその音が B に到達する時刻 t_1 での B の位置、点 A_1 は時刻 t_1 における A の位置を示している。破線 A_1B_2 は、時刻 t_1 に A から出たサイレンの音が各時刻 t において到達する位置を表し、点 B_2 はその音が B に到達する時刻での B の位置を示す。

図 2 より、時刻 t_1 における車 B の原点 O からの距離は (ア) [m] であり、時刻 $t=0$ における B の原点からの距離は (イ) [m] と表せる。また、時刻 t_1 における消防車 A と B との距離は (ウ) [m] で、時刻 t_1 に A から出た音が B に到達するまでの時間は (エ) [s] である。時刻 $t=0$ から t_1 までに A から出た音の波の数は (オ) 個であり、これは時刻 t_1 における A の位置から B の位置の間にある波の数に等しく、B に乗っている人が時刻 t_1 から図 2 の点 B_2 で表される時刻の間に聞く音の波の数にも等しい。これらより、A から出て B に到達するサイレンの音の波長は (カ) [m]、B に乗っている人が聞くサイレンの音の振動数は (キ) [Hz] と求められる。

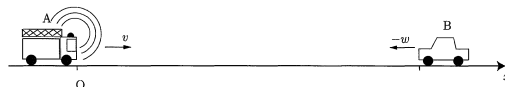


図 1

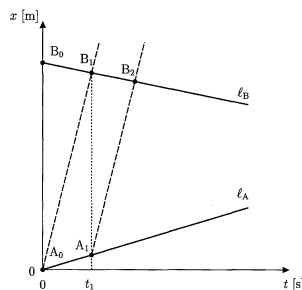


図 2

同志社大

出題例24

〔B〕 図 1 のように、点 O を中心とする半径 r の円周上を音源 P が速さ V で等速円運動している。音源の振動数を f 、音速を c とする。観測者を A とし、A は P が運動する円と同一平面内にいる。ただし、A は空気に対して静止しているとする。また、OA と OP がなす角を α 、 $\overline{OA} = d$ とする。次の問 (1)～(4) に答えよ。ただし、 $r < d$ 、 $0^\circ \leq \alpha < 360^\circ$ とし、問 (1)～(3) では円の中心 O は A に対して静止しているとする。

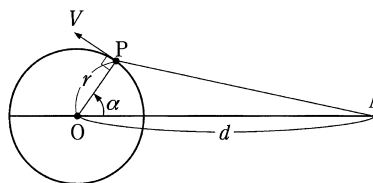


図 1

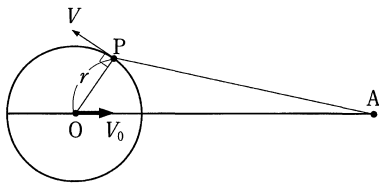


図2

関西学院大〔Ⅲ〕

出題例25

熱との融合問題になるが、音速の温度依存性を導出する問題が復活した(出題例26)。上位レベル生には近似計算の練習として紹介しておきたい。

音波が空気中を伝わる時、各部分では空気の圧縮と膨張がくり返されている。圧縮と膨張は熱の伝達よりはやく起こるため、断熱変化とみなすことができる。音波が空気中をどのように伝わるかについて手がかりを得るため、空気を理想気体として以下のような簡単なモデルを考える。

図4上図のように空気をx軸方向に細かく等間隔に分割し、各区間をピストン付きの円筒断熱容器内に閉じ込められた空気で置き換える。図4下図はそのひとつの部分を示したものである。ここでピストンはなめらかに動くことができ、また大気圧 p_0 における容器内の空気の体積を V_0 とする。

音波が到達することによりピストンは隣接する空気から力を受け、容器内の空気の圧力が $p_0 + \Delta p$ に増加し($\Delta p > 0$)、体積が $V_0 - \Delta V$ に減少($\Delta V > 0$)したとしよう。ただし、 Δp と ΔV は、それぞれ p_0 と V_0 に比べて十分小さい量とする。以下の計算では、微小量どうしの積 $(\frac{\Delta p}{p_0})(\frac{\Delta V}{V_0})$ は無視してよい。また必要ならば、微小量 h ($|h|$ は1に比べて十分小さい)、ゼロでない数 n に対して成り立つ近似式 $(1+h)^n \approx 1 + nh$ を用いよ。

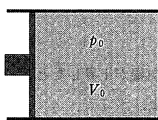
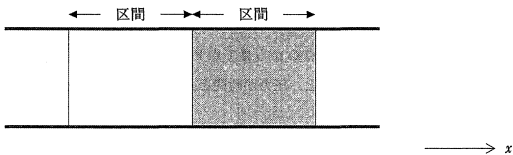


図4

(e) 容器内に閉じ込められた空気の圧力の増加量 Δp と体積の減少率 $\frac{\Delta V}{V_0}$ の比を $K = (\frac{\Delta p}{\Delta V})V_0$ とおく。断熱変化のもとでは、圧力 p と体積 V の間に $pV^\gamma = \text{一定}$ の関係が成り立つことを用いて K を求めよ。ここで γ は、定圧モル比熱を定積モル比熱で割った定数である。

(f) 空気中を伝わる音波の速さ c は、 K と空気の密度 ρ とを用いて $c = K^a \rho^\beta$ と表せることがわかっている。両辺の次元を比べることにより、 a と β の値を求めよ。

(g) 問(e)と問(f)の結果より、 0°C 付近の音波の速さ c は、摂氏温度 θ を用いて、 $c = c_0(1 + a\theta)$ という近似式で表せることがわかる。空気の1モル当たりの質量を M 、気体定数を R とし、 0°C における音波の速さ c_0 を式で表せ。また、定数 a の値を有効数字2桁で求めよ。

東京工業大 前期〔3〕

出題例26

回折格子、組み合わせレンズ、多層媒質による反射、薄膜による干渉はそれぞれ一工夫された出題になっている(出題例27, 28, 29, 30)。

(C) 最後に、図4のように回折格子をx軸を中心としてyz平面内で回転させて傾けた場合に、z軸に沿って原点Oに入射した単色光が干渉して強めあう条件について考えてみよう。ここでは、図4のように反射光が強めあう方向と入射光のなす角を θ 、回折格子の回転角を ϕ として、隣りあう2つの凸部に当たった光線について考える。図1と同様にスクリーンを立て、平行な入射光a, bは回折格子上の凸部で反射したのちスクリーン上の点Pcで強めあうものとする。点Pcに至るまでの光線aと光線bの経路差を图中的の記号で表すと、 $d \times \text{③}$ の長さとなるから、波長 λ の光が強めあう条件は $d \times \text{③} = m\lambda$ ($m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$) となる。 ϕ を調整すると特定の波長の光だけを入射方向へ戻すことができる。このような条件を満たす回転角を ϕ_0 とする

$$2d \times \text{④} = m\lambda \dots\dots\dots \text{④}$$

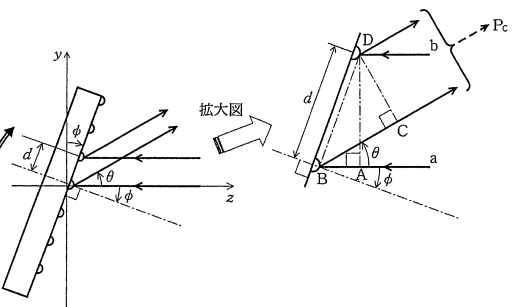


図4

光ディスクの記録面には周期的に凸部が形成されているため、反射型回折格子と見なすことができる。光ディスクの一種であるブルーレイディスクの場合は格子定数 d が320 nmであるので、回転角 ϕ_0 を 60° にしたときに入射方向に戻って行く $m = 1$ の光の波長は ⑤(P) [nm]である。

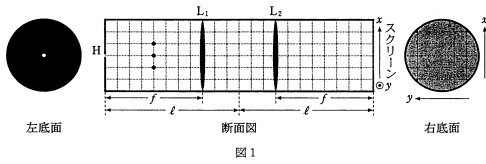
〔解答群〕

- | | | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|
| (ア) AB | (イ) BC | (ウ) BD |
| (エ) AB + BC | (ロ) AB - BC | (ハ) AD + CD |
| (ヘ) AD - CD | (ニ) $\sin \phi$ | (ヒ) $\sin \theta$ |
| (コ) $\sin(\phi + \theta)$ | (ホ) $\sin \phi + \sin \theta$ | (ベ) $\sin \phi - \sin \theta$ |
| (ク) $\sin \phi + \sin(\phi + \theta)$ | (セ) $\sin \phi - \sin(\phi + \theta)$ | |

関西大〔Ⅲ〕

出題例27

3 長さ 2ℓ [m] の円筒を用いた特定の波長の光を透過させる装置(分光器)について考える。円筒の左底面の中央には小さな穴 H, 右底面にはスクリーンがある。この装置の円筒中心軸を通る断面を図 1 の中央に示す。

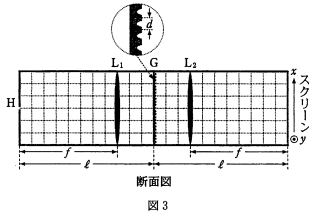


まず、焦点距離 f [m] の 2 枚の凸レンズ L_1, L_2 を、それぞれ H およびスクリーンから距離 f の位置に配置した。ただし $f < \ell$ である。以下の問いに答えよ。

(問 1) H から円筒に入射した光線のうち、左底面から $\frac{f}{2}$ の距離にある図 1 の断面図上に示した 3 点を通る光線の光路を図示せよ。

次に、薄いガラス板の片面に等間隔 d [m] で平行に細い溝が刻まれた図 2 のような回折格子を用意した。次の問いに答えよ。

(問 2) 回折格子へ垂直に波長 λ [m] の平行光線を入射させた。入射光の方向に対し角度 θ [rad] の方向に回折される光が強めあう条件を示せ。ただし、回折の次数を表す整数として m を用いよ。



回折格子を図 3 の G の位置に置き、細い溝がスクリーンの y 軸方向と平行になるように配置した。以下の問いに答えよ。

(問 3) H から赤色の単色光を入射させた場合、スクリーン上にはどのような像が映るか、その概要を図示せよ。また、入射光を青色の単色光に変えた場合、その像はどのように変化するか説明せよ。ただし、回折格子の格子間隔 d は、これらの光の波長に比べて十分に大きいものとする。

(問 4) スクリーン上で、中心から x 方向に a [m] だけ離れた位置に小さな穴をあけた。H から波長 λ の単色光を入射させると、どのような波長の光がこの穴を通過するか、通過する光の波長の条件を d, a, f と回折次数を表す整数 m を用いて示せ。ただし、 a は f より十分に小さいとする。

熊本大 前期

出題例 28

III 次の問題の答えを導出の過程も含めて、解答用紙の所定の場所に書きなさい。

(50 点)

真夏の晴天の日ドライブしていると、アスファルト舗装をされた道路の前方に水たまりがあるように見えることがよくある。ところが、車を走らせて行くとなたかも水たまりが逃げて行くように見えるので、この現象を逃げ水という。これについて考えてみよう。

逃げ水が見えるときには、道路の表面は強く熱せられて、ときにはアスファルトが柔らかくなるくらいに道路表面の温度が高くなっている。このため、路面のごく近くでは空気の温度が高くなっていて、路面から上に離れるにしたがって低くなる。温度が高いほど空気の密度は小さく、密度が小さいほど屈折率は小さい。したがって、逃げ水が見えるときには、路面から上に行くにしたがって、屈折率がだんだんと増加する。路面のごく近くでの空気の屈折率を n とし、十分上での屈折率を n_0 としよう。すると、 $n_0 > n$ であり、空気の屈折率は道路表面から上に行くにしたがって、 n から n_0 に増加する。

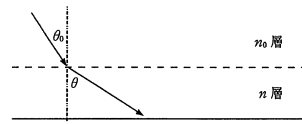


図 1

問 1

1. 図 1 のように、路面のすぐ上には屈折率 n の水平な空気層があり (これを n 層とよぶ)、その上には屈折率 n_0 の別の空気層がある (これを n_0 層とよぶ) のとしよう。図 1 のように、 n_0 層から入射角 θ_0 で入射した光が n 層に屈折角 θ で入るとき、 $n_0 \sin \theta_0$ を n と θ を用いて表しなさい。

2. 問 1 の場合、 n_0 層と n 層の屈折率は $n_0 > n$ なので、入射角 θ_0 と屈折角 θ の間には不等式 $\theta_0 < \theta$ が成り立つ。したがって、 θ_0 を増すと θ が先に $\pi/2$ に達し、それ以上 θ_0 を増しても、光は n_0 層と n 層の境界面で反射されて n 層の中には入れない。この現象を全反射といい、 θ がちょうど $\pi/2$ になる入射角を臨界角という。これを α とよぶことにしよう。この α と屈折率 n_0, n の間の関係式を求めなさい。

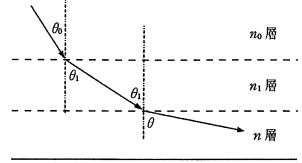


図 2

3. 次に図 2 のように、 n_0 層と n 層の間に屈折率 n_1 の空気の間層ができている場合を考えてみよう (これを n_1 層とよぶ)。このとき、 $n_0 > n_1 > n$ である。図 2 のように、 n_0 層から入射角 θ_0 で入射した光が n_1 層に屈折角 θ_1 で入り、引き続き n_1 層から入射角 θ_1 で n 層に屈折角 θ で入る。 $n_0 \sin \theta_0$ を n_1 と θ_1 を用いて表しなさい。次に、 $n_0 \sin \theta_0$ を n と θ を用いて表しなさい。これらの結果から、 n_1 層が n_0 層と n 層の間にあることは、 n 層での屈折角 θ にどのように影響するかを答えなさい。

4. 図 2 で、 n 層での屈折角 θ がちょうど $\pi/2$ になるときの n_0 層から n_1 層への入射角 θ_0 を、問 2 で求めた臨界角 α を用いて表しなさい。

5. n_0 層と n 層の間に屈折率 n_1 の n_1 層、屈折率 n_2 の n_2 層、 \dots 、屈折率 n_i の n_i 層、 \dots というように、空気の間層がいくつもある場合を考えることにしよう。このとき、 $n_0 > n_1 > n_2 > \dots > n_i > \dots > n$ である。そして、記述解答用紙の問 5 の解答欄の図にあるように、点 A において n_0 層から入射角 α で入射した光が、そこから離れた点 B で角度 α で上向きに進む場合を考えてみる。問 2 から問 4 までの結果を考慮して、光が点 A から点 B に進む間のおおよその進路を、問 5 の解答欄に書き込みなさい。ただし、層の数が多いので各層は薄くして、光の進路は曲線で描けばよいものとする。

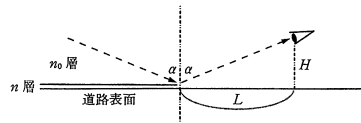


図 3

6. 以上の結果から、 n_0 層と n 層の間の空気がどうなっているのかはそれほど重要でない。そこで再び図 1 に戻って、 n_0 層と n 層だけがあって、しかも n 層は非常に薄くてその厚みは無視できるとしよう。このとき、図 3 のように、路上 H の高さから路面を見ると、臨界角 α のために逃げ水は路上での距離 L の前方で見え、それより手前ではよく見えない。この距離 L を屈折率 n_0, n および H を用いて表しなさい。

以上のことから逃げ水とは温度の差によって空気の層が鏡のように見えることから生じていることがわかり、更に、見る人が前進すれば、逃げ水の限界点も同じ距離だけ進む。このことが「逃げ水」とよばれるゆえんである。

中央大

出題例 29

問4 つぎに、図2の媒質Ⅱの下方、距離 h のところに図3のように反射鏡を置いた。この場合の光の干渉について考えよう。入射角 θ_1 で入射した光の反射光すべてが強め合うのは、問3の(1)と(5)の両方の条件を満たす場合である。ただし、この反射鏡で反射される光は位相が反転するものとする。
いま、すべての反射光が強め合った状態から、媒質Ⅱと反射鏡の距離 h を波長 λ の数倍程度連続的に増やす。このとき反射光の強さは(6)。

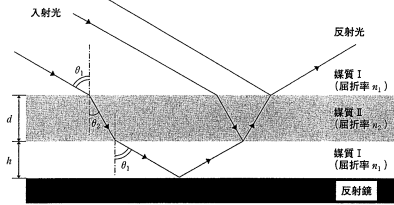


図3

早稲大〔I〕

出題例30

虹のできるメカニズムも知っておきたい(出題例31)。

3 以下の文章を読み、空欄(ア)~(ウ)、(イ)、(ロ)、(ハ)にあてはまる最も適切な式または語句をそれぞれ解答群から選び、解答用紙(その1)の該当する記号をマークせよ。また、(ニ)にあてはまる最も適切な曲線を図3-3から、(ホ)にあてはまる最も適切なグラフを図3-5からそれぞれ選び、解答用紙(その1)の該当する記号をマークせよ。

雨がりに日がさすと、虹(にじ)を見ることがある。虹が生じるのは、空気中に無数に浮かぶ水滴に太陽光が入射し、光の分散が起こるためである。特に、水滴に入射した太陽光が水滴中で1回だけ反射して空気中に出てくる場合にみられる虹がもっとも明るく、主虹と呼ばれる。以下では主虹の起こるしくみについて考えよう。

空気中から水中へ入射するとき、光は屈折する。図3-1のように入射角、屈折角をそれぞれ α 、 β とし、空気に対する水の屈折率を n とすると、(ア)の関係がある。

次に、水滴中を進む太陽光について考えよう。太陽光はいろいろな色(波長)の光がまざっているが、まずは、赤色の単色光(空気に対する水の屈折率 $n = 1.33$)の進路について考えよう。以下では水滴は球形であるとする。図3-2において、光の進路は紙面内に限られるとする。光はAの方向からやってくる。光は点Bで図のように入射角 α で水滴に入射し屈折角 β で屈折する。水滴中を進んだ光は点Cで反射され、点Dで再び空気中へ出てEの方向へ散乱光となって進む。このとき、 $\angle BCD =$ (イ) である。直線ABと直線EDの交点をPとすると、散乱角 $\theta_P = \angle APE$ が太陽光線に対して光が散乱される角度となる。水滴の中心をOとすると、 $\theta_P = 2 \angle BPO =$ (ロ) となる。 α と β の関係は(ハ)で与えられているので、 α の値が決まるとそれに対応して θ_P の値が決まる。図3-3の5本の線のうちで α と θ_P の関係を正しく示すものは(ニ)である。もし、入射角 α で水滴に入射した光とそれとわずかに異なる入射角 $\alpha + \Delta\alpha$ で水滴に入射した光がほぼ同じ散乱角 θ_P で散乱されれば、その方向への散乱光の強さが大きくなる。このことから、 θ_P が(ホ)の方向に最も強い散乱光が進むことになり、主虹のうちの赤色の帯を作ることになる。

いろいろな色の光がまざった太陽光が空気中から水中へ進むとき、それぞれの色の光が違う方向に屈折し、光の分散を見ることができる。水の屈折率 n は波長によって異なり、図3-4のように、波長が短いほど n は大きい。このため、例えば赤色と青色の光では、水滴に入射してから、反射、屈折の後に水滴を出るまでの経路が異なる。赤色の光の経路を実線、青色の光の経路を点線で示すと、図3-5の(カ)のようなことになる。

以上のことから、主虹は(キ)。また、主虹を観測したとき、赤色、青色のうち内側に見えるのは(ク)であることがわかる。

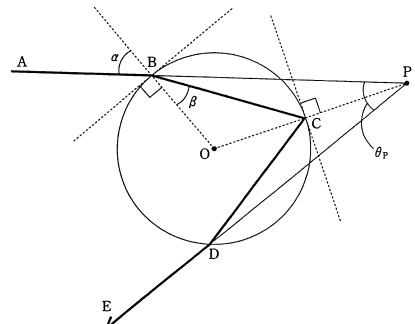


図3-2

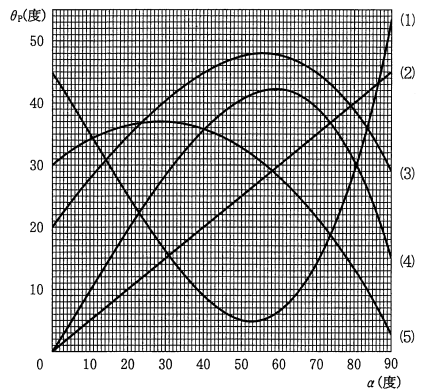


図3-3

青山学院大

出題例31

また、来年に備えてニュートンリングも押さえておきたい。光波の反射率による位相差は、教科書で「発展」(啓林館「物理I改訂版」p.259)の扱いになっているが、例年出題されているので、知識として知っておくのが無難である。

(5) 選択分野の特徴

熱力学を中心に問題が出題されている。気体の状態変化を気体分子運動論に基づいて考察する問題や蒸発熱に関する問題(出題例32)が今後増加するように思える。余裕があれば、2原子分子の内部エネルギーにも言及しておきたい。

他に、熱力学的サイクルの問題が増加した。カルノーサイクル、スターリングエンジンなどが出題された。このタイプは今後増加するように思える。

「発展」内容であるポアソンの公式『 $pV^\gamma = \text{一定}$ 』あるいは『 $TV^{\gamma-1} = \text{一定}$ 』は毎年出題されるので

図のような、 x 軸に沿ってなめらかに動くピストンをもった円筒容器内に、単原子分子の気体が入っている。容器全体は断熱材でできている。容器の底面からピストンまでの距離が L (m)、気体の体積が V (m³) のとき、気体の温度は T (K) であった。気体分子の速度を $\vec{v} = (v_x, v_y, v_z)$ (m/s) としたとき、多数の分子についての速度の各成分の 2 乗の平均値はどの方向も等しい。このとき、 \vec{v} の大きさを v (m/s) とし、 v^2 の平均値 $\overline{v^2}$ (m²/s²) は、 T に比例する。

なお、ある量 $|X|$ が 1 より十分に小さいとき、 $(1+X)^n \approx 1 + nX$ を用いてよい。

ピストンを、気体分子の平均の速さに比べて、十分ゆっくりした速さ u (m/s) で押し込み、短い時間 Δt (s) 後にピストンの運動を止め固定する。このときの気体分子の速度を $\vec{v}' = (v'_x, v'_y, v'_z)$ (m/s) とする。

問 1 ピストンを押し込んでいる間に、1 個の気体分子がピストンと弾性衝突を行うと v_x の大きさが増加する。1 個の気体分子が 1 回弾性衝突を行ったときの v_x の大きさの増加分を求めよ。

問 2 Δt の間に、1 個の気体分子はピストンと何度も衝突を繰り返した。その衝突回数を $\frac{v_x \Delta t}{2L}$ として、 v'_x の大きさを求めよ。

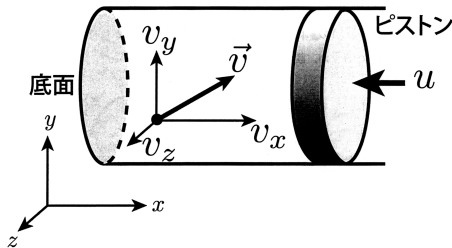
問 3 円筒容器内のすべての気体分子について、それぞれの v'_x は Δt 後に問 2 で求めたようになる。このとき、 \vec{v}' の大きさを v' (m/s) とし、多数の気体分子についての v'^2 の平均値 $\overline{v'^2}$ (m²/s²) と $\overline{v^2}$ の比を求めよ。なお、 $\frac{u \Delta t}{L}$ は 1 より十分に小さいものとする。

その後、十分に長い時間が経過すると、速度の各成分の 2 乗の平均値はどの方向も等しく $\frac{1}{3} \overline{v'^2}$ になるとする。このとき、気体の温度を T' (K)、体積を V' (m³) とする。

問 4 T と T' の間の関係式を求めよ。

問 5 V' を V を用いて表し、 $T'V'^\alpha = TV^\alpha$ が成り立つような α を求めよ。なお、計算の過程で、 $\frac{u \Delta t}{L}$ は 1 より十分に小さな量として、その 2 乗は 1 に比べて無視してよい。

問 6 ピストンを動かす前の気体の圧力を p (N/m²)、ピストンを動かして十分に長い時間が経過した後の気体の圧力を p' (N/m²) とする。気体を理想気体と考えたとき、 p, V と p', V' が満たす関係式を求めよ。



大阪市立大 後期 第3問

出題例32

知っておく方がよい。また、ボルツマン定数 k と気体定数 R 、アボガドロ数 N_A の関係 $R = kN_A$ も覚えておきたい。

この他に、バンド理論による半導体などの物性物理、素粒子論、宇宙論などが教科書に書かれているが、ほとんど出題されていない。これらは観測結果や理論の紹介だけのため、入試問題の題材にはなり

にくいであろう。

(6) 学習対策

必修分野に関しては、二次対策として特別に目新しいものではなく、従来の標準的な入試問題集を丁寧に仕上げればよい。教科書の「発展」「参考」も読むように指導したい。邪魔になる知識ではないし、知っていれば見通しよく問題が処理できる場合がある。演習に際しては、法則が成立する根拠や適用できる公式名を簡潔に記述しながら解答を作成するというような木目の細かさが必要である。自分の理解度を採点者に分かってもらえるような答案の作成を心がけることを意識させたい。選択分野は最大公約数的な対処の仕方として、やはり熱力学（気体分子運動論を含む）が中心になるであろう。半導体や素粒子論、宇宙論などの入試問題になりにくいテーマはお話程度にして、手早く切り上げるのが現実的な対処といえるであろう。身の回りの現象に関する物理的な考察やハイテクに関する解説が掲載されている教科書の「話題」「参考」からの出題もある。また、「実験」「探究活動」「発展」などからの出題もあるので、試験直前に教科書を読み直すことを伝えたい。また、選択分野に関する入試情報をできるだけ早く入手して本試験に備えるよう、常にアンテナを張っておくことも必要である。後は志望大学の過去問にチャレンジして出題傾向（出題形式や解答形式）に慣れることである。

最後に、単科の医科大学では、一部に個性的でやや難しい問題が出題されることがある。このような問題に深入りしすぎると時間が足らなくなり、解答できる問題にまで手が回らなくなり、思わぬ失点をする羽目になる。『手早く切り上げる思い切りも時には必要だ』ということを経験対策の一つとして生徒に伝えたい。

■寺田 正春（てらだ まさはる）

授業では高認生、高卒生まで幅広く担当。全統マーク模試、京大即応オープン、広大入試オープンを担当。
著書：「らくらくマスター物理 I・II」(河合出版・共著)
「物理教室」(河合出版・共著)

化学

学校法人 河合塾 化学科講師 高橋 茂幸

1. センター試験 化学 I

(1) 全体の概要

●平均点は大幅に上昇，高3生－高卒生の差は開く

2011年度のセンター試験の平均点は65.13で、昨年より約10点上昇し、ここ5年では平成21年の69.54に続く高い数値であった。表1は、河合塾の追跡調査による大問別得点率（平均点 / 配点 × 100）およびその高卒生と高3生の差（高卒生－高3生）をまとめたものである。

（注：追跡調査での平均点は約73点であった。したがって、実際の得点率は表の数値の約90%程度と推定される。）

表1. 得点率比較

	2012年		2011年		2010年	
	得点率	差	得点率	差	得点率	差
平均点	65.13		56.57		53.79	
第1問	80.8	5.6	67.2	3.6	63.6	2.0
第2問	76.8	8.4	62.4	5.2	54.8	5.6
第3問	62.4	6.8	63.6	3.6	67.6	2.8
第4問	70.4	7.2	54.4	6.0	55.2	4.8

設問別にみると、無機物質を中心とした第3問の得点率が昨年に比べてやや下がったが、それ以外はいずれも10%以上上昇している。なお、高卒生と高3生の平均点の差は7.0で、昨年の4.5、一昨年の3.6（いずれも河合塾の追跡調査による）に比べて増加している。得点率の大きな差が出た設問は、いずれも計算問題であり、高3生の演習量の不足がうかがわれる。

●大枠に変化はない

大問数は4、設問数は28（11年、10年も28）、

出題分野は、第1問が「物質の構成」を中心とした理論分野、第2問が化学反応と熱、酸と塩基、酸化還元の「物質の変化」を中心とした理論分野、第3問が主に「無機物質」、第4問が「有機化合物」で、配点はどの大問も25点で、配点比率は理論分野50%、無機分野25%、有機分野25%であった。大枠は、ここ5年変わっていないことから、次年度も大きな変化はないと予測される。

●基本問題が増加

正答率が50%以下の小問は1題（第3問2）で、昨年の5題、一昨年の9題より大幅に減少した。一方、正答率が85%を超えた小問は、第1問を中心に6題あった。この結果から、難度の高い問題が減少し、基本的な知識を問う問題が大幅に増加したことがうかがえる。

(2) 設問別分析

第1問 基本問題中心で高い正答率，密度計算，身のまわりの物質で差がでた

「物質の構成」，「物質の構成粒子と結合」，「物質の量」からの出題で、基本事項からの出題が多く、8題中6題が正答率85%を超えた。正答率が低かった小問は問4（出題例1）と問6（出題例2）であった。問4は正答率約60%、高3生と高卒生の正答率の差が大きく、また、成績下位生の正答率が20%程度と極めて低かった。これは、解法の道筋（二酸化炭素1molの気体と固体の体積を比較する）がつかめない、あるいは、密度の使い方が分からなかったためであろう。問6は、このところ必ず1題は出題される「身のまわりの出来事」に関する設問で、正答率は55%程度で、成績下位生では①を解答としたものが約40%あった。昇華という用語は知っているも、日常生活における具体的な例と結びつい

ていないための誤答であろう。また、⑤は「乳化」(有機化合物のエステル・油脂の単元で学ぶ)が該当するが、かなり正確な知識が要求される。

問4 ドライアイスが気体になると、標準状態で体積はおよそ何倍になるか。最も適当な数値を、次の①～⑤のうちから一つ選べ。ただし、ドライアイスの密度は、 1.6 g/cm^3 であるとする。

- ① 320 ② 510 ③ 640
④ 810 ⑤ 1000

出題例1

問6 身のまわりの出来事と、その反応や変化を表す語句の組合せとして適当でないものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

	身のまわりの出来事	反応や変化
①	-20℃の冷凍庫内に保存していた氷が小さくなった。	昇華
②	冷たい飲み物を入れたガラスコップの表面に水滴がついた。	凝縮
③	冷蔵庫に活性炭を入れると、庫内の臭いが消えた。	吸着
④	漂白剤を使うと、白い衣服についたインクのシミが消えた。	酸化・還元
⑤	セッケン水に油を入れて振り混ぜると、油は微細な小滴となって分散した。	加水分解

出題例2

第2問 高3生—高卒生で計算問題の正答率に開きが

化学反応と熱、酸・塩基、酸化還元、電池・電気分解からの出題で、いずれの小問も正答率は65%を超えた。ただし、高3生と高卒生の正答率の差は、大問4題中で最も大きかった。特に差が開いた設問は、反応熱を含めた化学量計算の問2(出題例3)と電気分解での析出量を計算する問6a(出題例4)であった。また、問6aは成績下位生の正答率も20%を切り、成績上位生と下位生との正答率の差は75%に達した。

問2では③の誤答が多かったが、これは、燃焼反応の熱化学方程式が正しく書けていないことによるものと推測される。問6aでは②の誤答が多かった。これもCuとAgが酸化されるとき電子を含むイオン反応式が正しく書けていないことに起因するものだろう。

問2 物質量の合計が1.00molであるメタンとエチレン(エテン)の混合気体を完全燃焼させたところ、水(液体)と二酸化炭素が生成し、1099kJの熱が発生した。このとき消費された酸素の物質量は何molか。最も適当な数値を、次の①～⑤のうちから一つ選べ。ただし、メタンとエチレンの燃焼熱は、それぞれ891kJ/molと1411kJ/molとする。

- ① 2.00 ② 2.40 ③ 2.50
④ 2.60 ⑤ 3.00

出題例3

問6 図2に示すように、電解槽Aに200mLの1 mol/L硝酸銀水溶液、電解槽Bに200mLの1 mol/L塩化銅(II)水溶液を入れて、電気分解の実験を行った。

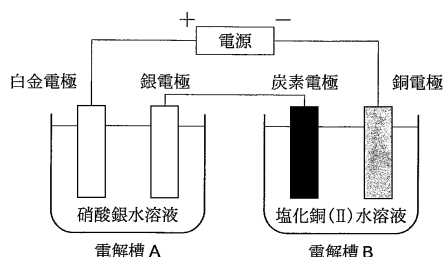


図 2

a この実験で一定の電流を流したところ、Bの銅電極の質量が0.320g変化した。このとき、Aの銀電極の質量の変化として最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

- ① 1.08g 増加 ② 0.540g 増加
③ 変化なし ④ 0.540g 減少
⑤ 1.08g 減少

出題例4

第3問 思考力を要する問題が増加、過酸化水素の分解反応に注意

無機物質からの出題で、大問4題の中で最も得点率が低かった。無機物質に関する基本的な知識とともに、やや思考力を要する設問もあり、これが点数を下げたものとみられる。酸化物に関する問2(出題例5)の正答率は約30%で、全体の中で最も低かった。次に過酸化水素からの酸素発生量に関する問4(出題例6)、ソルベー法に関する問7が正答率50%であった。なお、問4は高3生と高卒生の正答率の差が14%に達し、また、成績下位生の正答率は、問2が約13%、問4が約14%で極めて低かった。

問2では P_4O_{10} が水と反応して H_3PO_4 になるとした③を誤りとした誤答が多く(「加熱」が必要かどうか

かもとまどった要因かもしれない), 成績下位生では30%近くに達した。⑤は鉛蓄電池の正極反応と混同して正しいと判断したと思われるが, 負極と接続しないと PbSO_4 は生じない。問4は過去にも出題された設問である。誤答の多くは③で, これまた化学反応式が正しく書けていないことによるものである。問7は, アンモニアソーダ法(ソルベー法)の製造過程の全体の見取り図が与えられているが, 各過程, および全体の反応式が書けないと正誤の判断は難しく, また, アンモニアソーダ法における物質量の関係は普段意識しないので, やや難度の高い設問であった。

問2 酸化物の反応に関する記述として誤りを含むものを, 次の①～⑤のうちから一つ選べ。

- ① Al_2O_3 を水酸化ナトリウムの水溶液と反応させると, $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ が生じる。
- ② Na_2O を水と反応させると, NaOH が生じる。
- ③ P_2O_5 を水に加えて加熱すると, H_3PO_4 が生じる。
- ④ CaO を希塩酸に加えると, CaCl_2 が生じる。
- ⑤ PbO_2 を希硫酸に加えると, PbSO_4 が生じる。

出題例5

問4 質量パーセント濃度3.4%の過酸化水素水10gを少量の酸化マンガン(IV)に加えて, 酸素を発生させた。過酸化水素が完全に反応すると, 発生する酸素の体積は標準状態で何Lか。最も適当な数値を, 次の①～⑥のうちから一つ選べ。

- ① 0.056 ② 0.11 ③ 0.22
- ④ 0.56 ⑤ 1.1 ⑥ 2.2

出題例6

第4問 エチレンを出発物質とした反応経路やヨードホルム反応に注意

有機化合物からの出題で, 正答率は71%で, 昨年よりかなり上昇し, 高3生, 高卒生の差も昨年より減少した。ただし, 成績上位生と下位生の差は大問4問中, 最も大きく, 成績下位生の学習の遅れが顕著であった。最も正答率の低かった小問はエチレンからの反応経路に関する問6(出題例7)で, 約50%の正答率であった。また, 混合物の分離に関する問5が約60%で次に低かった。なお, 元素分析に関する問7(出題例8)は, 最終問題の割には基本的な問題であったため約68%の正答率であった

が, 高3生と高卒生, 成績上位生と下位生の差が全体の中で最も大きかった。

問6では, ③あるいは⑤を選んだ誤答が目立ち, エチレンを触媒存在下で酸化するとアセトアルデヒドになる(工業的に重要なヘキストワッカー法)という基本的な知識の欠落が目立った。問7の, 誤答の多くは, CとHの比が1:2になる②, ④を選んだものであった。

また, 問3では, ヨードホルム反応陽性ということでメチルケトンの構造をもつ②を選んだ誤答が成績下位生に多かった。酸化してメチルケトンになる③もヨードホルム反応陽性である。

問6 図1は, エチレン(エテン)を出発物質とする反応経路を表したものである。化合物Aと化合物Bの組合せとして最も適当なものを, 下の①～⑥のうちから一つ選べ。

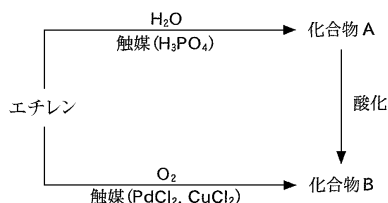


図 1

	化合物 A	化合物 B
①	酢酸	アセトアルデヒド
②	酢酸	エタノール
③	アセトアルデヒド	酢酸
④	アセトアルデヒド	エタノール
⑤	エタノール	酢酸
⑥	エタノール	アセトアルデヒド

出題例7

問7 分子式が $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$ で表される化合物 A がある。図2のような装置を用いて元素分析を行ったところ, 化合物 A 84mg から, 水36mgと二酸化炭素176mgが生成した。 $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$ の x と y の組合せとして最も適当なものを, 下の①～⑥のうちから一つ選べ。

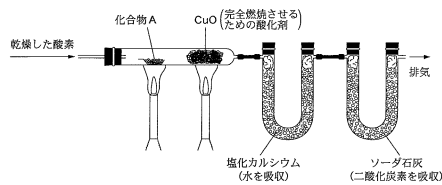


図 2

	x	y
①	4	4
②	4	8
③	6	6
④	6	12
⑤	8	8
⑥	8	16

出題例8

(3) 学習上のポイント

計算問題ーとにかく問題を解く

今年度のセンター試験は基本的な問題が増加し、平均点が昨年、一昨年より大幅に上昇したが、高3生と高卒生の差は今までより拡大した。すでに大問別の分析でみたように、差の開いた問題のほとんどは計算問題である。また、成績上位生と下位生の差が大きかったのも計算問題である。センター試験の計算問題は基本的な問題がほとんどである。計算問題を攻略するには、教科書中の例題や問いなどで基本的な考え方を身につけ、その上でどれだけ演習問題をこなすかに尽きる。

教科書の基本事項をしっかりとめる

無機物質や有機化合物に関して、第3問問7（アンモニアソーダ法）、第4問問6（エチレン誘導体）など教科書に記載されている事項であるにもかかわらず、やや正答率が低いものがあつた。単に問題を解くだけでなく、もう一度教科書に記載されている事項を整理して、しっかりとめよう。

教科書の「実験」にしっかり目を通そう

今回は実験操作に関する設問は第4問問5の有機化合物の分離のみであつたが、昨年、一昨年と教科書の「実験」からの出題が2題あり、特に有機化合物に関する設問は、いずれも正答率が低かつた。「実験」に関する出題は今後も2～3題はあると予想される。基本的な知識のまとめや計算問題の演習が重要であることは言うまでもないが、それとともに軽視されがちな「実験」や「探究活動」のページにもしっかり目を通し、それぞれの操作の意味、実験結果が何故そうなのかを考察してみよう。

補) 理科総合 A について

理科総合 A の平均点は67.92で昨年の55.63より大幅に上昇した。大問数は昨年と同じ4で、解答マーク数は変化していない。計算問題が減少し、また、正誤問題も減少した。身近な物質を題材に、実験結果や表、グラフの読み取り、科学的な考察を問う問題が中心である。

化学に関連した大問は第1問と第2問で、第1問前半は、カレー料理を題材に食塩の化学的な組成や質量と濃度の関係を問うもので、グラフの読み取りなど科学的思考力を要する問題であつた。後半は、燃焼に関する化学量計算とメタンハイドレート、メタンの温室効果に関する設問で、エネルギー問題や環境問題への関心が問われた。

第3問は、前半がアルミニウムを題材に、電子配置、単体の性質、電気伝導性についてのプラスチックとの違いに関する考察、後半がプラスチックの燃焼や密度に関する設問であつた。

いずれも身近な素材や現象から化学の基本的な知識を問うもので、細かい知識や思考力を要する問題や難度の高い問題はなく、ここ数年この傾向は変わっていない。したがって、教科書の基本事項のまとめ、章末問題と過去のセンター試験の問題演習で対応できるだろう。また、エネルギー問題や環境問題について書籍や新聞、インターネットなどで広く理解を深めておきたい。

2. 一般入試（二次・私大）

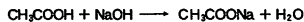
(1) 全体の傾向

東大など一部の難関校で昨年よりやや難度が上がつたが、多くの国公立大、早慶、関関同立をはじめとした私大では難度は昨年と大きく変わらず、標準的な問題が大半であつた。例えば、出題例9は中和滴定に関する東北大 後期のものだが、このように難関校でも標準的なレベルからの出題は多い。出題範囲は中和滴定、酸化還元、電池・電気分解、化学平衡、脂肪族・芳香族化合物からの出題が多く、また、水や二酸化炭素を題材に、水であれば溶解、希薄溶液の性質、二酸化炭素であれば中和滴定や電離平衡を含む総合問題が目立った。

入試問題全体を概観すると標準的なレベルの問題が多いが、状態図や溶解度積、アルケンのオゾン分解など教科書の「発展」に記載された項目（啓林館「化学Ⅱ改訂版」p.38, 124, 「化学Ⅰ改訂版」p.217）からの出題も増加している。また、私立大学では、従来通りの小問集合形式の出題も多い。

(II) 市販されている食酢の溶質の主成分は酢酸(CH_3COOH)であり、その濃度は3~5% (質量パーセント濃度)である。酢酸の他にも各種有機酸、糖、アミノ酸なども含まれているが、無視できるものとする。中和滴定を用いて、食酢中の酢酸濃度を求める実験を以下に示す。

原理：食酢中の酢酸を、水酸化ナトリウム水溶液で滴定する。



試料：市販の食酢

試薬：水酸化ナトリウム(NaOH)、シュウ酸二水和物($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)

指示薬：フェノールフタレイン指示薬

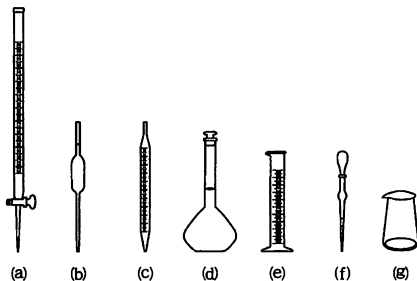
操作1 シュウ酸標準溶液を作り、水酸化ナトリウム水溶液の濃度を求める。

- (1) シュウ酸二水和物 6.30 g を正確にはかりとり、純水に溶かして、1000 mL の **ア** に移し、純水を加えて正確に 1 L とすることに^{a)}より、シュウ酸標準溶液を作る。
- (2) 水酸化ナトリウム約 4 g を純水に溶かして 1 L の水溶液とする。
- (3) シュウ酸標準溶液 10.0 mL を **イ** を用いて正確にとり、コニカルビーカーに移したのち、フェノールフタレイン指示薬 2~3 滴を加える。
- (4) (3)の溶液に、**ウ**より水酸化ナトリウム水溶液を滴下し、水酸化ナトリウム水溶液の正確な濃度を求める。

操作2 食酢中の酢酸を、水酸化ナトリウム水溶液で滴定する。

- (1) 食酢 10.0 mL を **イ** を用いて正確にとり、100 mL の **ア** に入れて、正確に 10 倍に薄める。
- (2) 10 倍に薄めた食酢溶液 10.0 mL を **イ** を用いて正確にとり、コニカルビーカーに移したのち、フェノールフタレイン指示薬 2~3 滴を加えて、水酸化ナトリウム水溶液で滴定する。

問 6 文中の空欄 **ア** から **ウ** に入る適切な計量器具を下図から選び、記号で答えよ。また、その名称も記せ。



問 7 下線部 a) のシュウ酸標準溶液のモル濃度 [mol/L] はいくらか。その数値を有効数字 3 桁で答えよ。

問 8 下線部 c) で、水酸化ナトリウム水溶液の滴定量は 10.31 mL であった。水酸化ナトリウム水溶液の正確なモル濃度 [mol/L] はいくらか。その数値を有効数字 3 桁で答えよ。

問 9 下線部 e) で、水酸化ナトリウム水溶液の滴定量は 8.35 mL であった。食酢中の酢酸の質量パーセント濃度はいくらか。食酢の密度は 1.00 g/cm^3 として、その数値を有効数字 3 桁で答えよ。

問 10 下線部 d) で、指示薬にメチルオレンジ(変色域 $\text{pH} = 3.1 \sim 4.4$)ではなくフェノールフタレイン(変色域 $\text{pH} = 8.0 \sim 9.8$)を使う理由を 50 字以内で述べよ。

問 11 下線部 b) で水酸化ナトリウムをおおよその量ではかり、下線部 c) でその水溶液の濃度を正確に求めている。その理由を 60 字以内で述べよ。

東北大

出題例9

(2) 分野別分析

【理論分野 化学Ⅰ】

酸化還元、電池・電気分解からの出題が例年同様多い。酸化還元では、酸化還元滴定が多く、特に過酸化水素関連（山形大、福島大、富山大 医、愛知工業大）が中心である。それとともに、ヨウ素滴定（弘前大—出題例 10、静岡県立大、滋賀県立大、大阪大 前期、中央大 理工など）の増加が顕著である。電池では、これも例年同様、鉛蓄電池からの出題が多いが、注目すべきは半電池を組み合わせたダニエル型電池（名古屋大、名古屋市立大、九州大、明治薬科大）や教科書「発展」で取り上げられている標準電極電位（東京理科大 理）も出題されていることである（啓林館「化学Ⅰ改訂版」p.118）。電気分解は、銅の電解精錬（北大、東北大、静岡大、兵庫県立大、法政大 工など）に関する設問が多い。

物質の構成では、周期表を中心に周期律や化学結合などの小問集合が私大を中心に多く出題されている。また、今年は同位体に関する設問（東京工業大、横浜国立大、横浜市立大、北里大 薬など）が増加し、炭素 14（東京農工大、東京理科大 理、東京理科大 工—出題例 11、福岡大など）やこれによる年代測定も複数の大学で出題された。なお、昨年のも原発事故を反映してか、セシウム 137（学習院大）や、核分裂（信州大 理）、ジルコニウムと高温の水の反応（群馬大）なども出題されている。

熱化学は、アルカンなどの燃焼に関わる設問が多く、また、二酸化炭素など無機物質に関する総合問題の中の小問などとしての出題例が多い。

酸塩基は中和滴定による酢酸の定量（愛知教育

大, 明治大 理工, 名城大 理工など)が多いが, 二段階滴定(富山県立大-出題例12, 京都府立大, 北九州市立大, 慶應大 薬, 東京慈恵医大, 明治薬科大など)も増加している。今年度の高校1年生から新課程に入り, 「化学基礎」の教科書が使われるが, 「化学I」では「発展」扱いだった二段階滴定(二段階中和)は多くの進学校向け教科書に本文で記載されている(啓林館「化学基礎」p.153)。

問7 二重下線㉔に関し, 目盛の読み取り方の模式図を図1に示した。正しい読み取り方を表しているものを(A)から(C)の中から選び, 読み取った値を記せ。なお, 図中の点線は視線を示し, 数字の単位は mL である。

弘前大

出題例10

化 学

単位Lはリットルを表す。
必要があれば, 原子量は次の値を使うこと。

H = 1.00	C = 12.0	N = 14.0	O = 16.0
K = 39.1	Br = 79.9		

1 以下の文章を読み, 各問いに答えよ。

塩素は原子番号17で, 周期表では第〔ア〕周期〔イ〕族の非金属元素である。単体は常温で〔ウ〕である。塩素は電子親和力が大きく, 1価の陰イオンになりやすい。塩素の単体を水に溶かすと, その一部が水と反応して〔エ〕と次亜塩素酸を生じる。次亜塩素酸中の塩素の酸化数は+1であるが, 電子を受け入れて酸化数が低下しやすい性質を持つ。そのため, 次亜塩素酸およびその塩は強い〔オ〕剤となる。また, 塩素単体を触媒の存在下でベンゼンに作用させるとクロロベンゼンが生じる。これは, ベンゼンの〔カ〕原子が塩素原子に〔キ〕されるためである。

家庭に配水する水道水には, 殺菌に使った塩素がある程度残留している。これは水道水を清浄に保つためであるが, 熱帯魚等の水槽に直接用いると, 飼育に影響を与える。そこで, ハイポと呼ばれる薬品を投入する場合がある。ハイポの有効成分であるチオ硫酸ナトリウムは, 塩素分子や次亜塩素酸イオンのような成分を〔ク〕して塩化物イオンとする作用を持つ〔ク〕剤である。

チオ硫酸ナトリウムは次亜塩素酸イオンと反応するばかりでなく, ヨウ素分子とも反応する。また, 次亜塩素酸イオンはヨウ化物イオンと反応し, 塩化物イオンなどを生成する。これらのご利用すると, 次のように水中の次亜塩素酸イオン濃度をチオ硫酸ナトリウム水溶液で滴定して求めることができる。まず, 正確に10.0 mLの次亜塩素酸イオンを含む試料溶液を〔ケ〕を使ってコニカルビーカーにとり, 水を加えて全量を50 mLとする。次に, ヨウ化カリウム水溶液, 希塩酸, および終点を検出する試薬を添加し, 〔コ〕に入れた0.100 mol/Lチオ硫酸ナトリウム水溶液で滴定する。青紫色が消えたところが滴定の終点である。滴定開始前と終点における〔ク〕の目盛を読み取って, 濃度計算に用いる。

- 問1 〔 〕内のアからコにあてはまる適切な語や数字を入れよ。
- 問2 下線①に関し, 塩素の電子配置の模式図を描き, 陰イオンになりやすい理由を説明せよ。
- 問3 下線②から④の化学反応式を記せ。
- 問4 下線⑤に関し, 希塩酸を加える理由をルシャトリエの原理によって説明せよ。
- 問5 下線⑥に使われた物質の名称と, それが使われた理由を説明せよ。
- 問6 二重下線㉔に関し, (1)全量は正確な体積でなければならないが, それとも(2)数 mLの誤差は許容できるか。解答欄の正しい方に○をつけ, その理由も説明せよ。

② ^{14}C は〔ア〕クローンの電荷を有する原子核をもった炭素の同位体の一つである。 ^{14}C は不安定な同位体であり, 放射線を出しながら徐々に崩壊するため, ^{14}C の量は時間の経過とともに減少する。しかし, その一方で成層圏では ^{14}N が宇宙線によって生じる中性子と反応して絶えず ^{14}C が生じ, 二酸化炭素の形で大気中に広がる。大気中では ^{14}C が生じる量と壊れる量がつり合っているため ^{14}C は時代によらずほぼ一定の割合で存在する。植物は生育中, 常にこの同位体を〔イ〕の際に, 〔ウ〕として取り込んでいるために, 植物中での ^{14}C の量に対する ^{12}C の量の比は一定である。しかし, 植物が枯れると〔ウ〕の取り込みは停止するため, 枯れた植物の ^{14}C の量に対する ^{12}C の量の比を測定することで, 植物がいつ枯れたかを推定することができる。 ^{14}C が壊れて量が半分になる時間は5730年である。枯れる直前の植物の中の ^{14}C の量に対する ^{12}C の量の比を1とした場合, その植物が枯れて11460年後には, その比は〔エ〕となる。

〔II欄〕

- | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 01 1.3 × 10 ⁻¹⁹ | 02 1.6 × 10 ⁻¹⁹ | 03 9.6 × 10 ⁻¹⁹ |
| 04 1.3 × 10 ⁻¹⁸ | 05 6.0 | 06 8.0 |
| 07 熱 | 08 栄養 | 09 二酸化炭素 |
| 10 炭水化物 | 11 光合成 | 12 呼吸 |
| 13 0 | 14 0.25 | 15 0.33 |
| 16 0.5 | 17 0.67 | 18 0.75 |

東京理科大

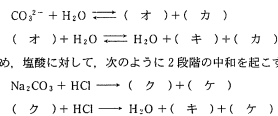
出題例11

3 次の文章を読み, 問1)~5)に答えよ。原子量はH = 1.0, C = 12, O = 16, Na = 23, Cl = 35.5とする。

炭酸ナトリウムNa₂CO₃は白色の固体であり, 水によく溶け, 水溶液は〔ア〕性を示す。炭酸ナトリウム水溶液を濃縮すると, 無色の十水和物の結晶が析出する。このような結晶にある一定の割合で結合している水分子を(イ)水という。この結晶は, 空気中で放置すると粉末状の一水和物になる。このように, 結晶が自然に(イ)水を失う現象を(ウ)という。

炭酸ナトリウムの工業的製法に(エ)法がある。これは, 塩化ナトリウムの飽和水溶液にアンモニアを十分溶かし, 二酸化炭素を吹き込み, 溶解度が比較的小さい炭酸水素ナトリウムを沈殿させ, この沈殿を熱分解し, 炭酸ナトリウムを得る製法である。熱分解で発生した二酸化炭素は反応②で再利用されるが, 不足する二酸化炭素については, 石灰石を熱分解して供給する。また, このときに得られた物質に水を加えて水酸化カルシウムとし, 反応③で生成した塩化アンモニウムと水酸化カルシウムを反応させて, アンモニアを生成させ, 再利用する。

炭酸ナトリウムは水溶液中ではほぼ完全に電離しているが, 次のように2段階の加水分解を起こす。



炭酸ナトリウム水溶液を塩酸で中和滴定する際に, 第一段階目の反応の終了を知るためにはフェノールフタレインを指示薬として用い, 第二段階目の反応の終了を知るためにはメチルオレンジを指示薬とする。

- (1) 文中の(ア)~(エ)には適切な語句を, (オ)~(ケ)には適切な化学式を記せ。
- (2) 下線部㉔~㉕をそれぞれ化学反応式で示せ。

(3) 200 kg の炭酸ナトリウムを製造するのに、理論上必要な塩化ナトリウムは何 kg か計算せよ。計算過程も示せ。

(4) 0.10 mol/L の炭酸ナトリウム水溶液 20.0 mL にメチルオレンジを指示薬として加え、濃度不明の塩酸で中和滴定を行ったところ、水溶液が変色するのに 20.0 mL の塩酸を要した。この塩酸のモル濃度を求めよ。計算過程も示せ。

(5) 炭酸ナトリウムと水酸化ナトリウムの混合水溶液が 20.0 mL ある。炭酸ナトリウムの濃度は 0.10 mol/L である。この混合水溶液にフェノールフタレインを指示薬として加え、0.20 mol/L の塩酸で中和滴定を行ったところ、水溶液が変色するのに 30.0 mL の塩酸を要した。混合水溶液中の水酸化ナトリウムのモル濃度を求めよ。計算過程も示せ。

富山県立大

出題例 12

[理論分野 化学 II]

昨年に続き、反応速度、化学平衡からの出題が多い。反応速度は、活性化エネルギーや過酸化水素、五酸化二窒素などを素材とした速度の計算（札幌医大、岩手大、奈良県立医大、兵庫県立大など）が中心だが、アレニウスの式（筑波大—出題例 13、信州大 理、岡山、早大 理工など）や酵素反応（京都府立医大、慶應大 薬など）など難度の高いものも出題数が増加している。化学平衡は、ヨウ化水素（熊本大、慶應大 理工）、二酸化窒素（北大、千葉大）を素材にした気相平衡、酢酸（兵庫県立大）、アンモニア（山梨大、同志社大）を素材にした電離平衡が中心で、その多くは標準的なレベルだが、気体の溶解度なども絡み、やや難度の高い炭酸の電離平衡（首都大、京大、東京慈恵医大、明治大 農）も出題されている。また、特に注目する必要があるのは、溶解度積の増加である。ここ数年、難溶性の塩の溶解平衡（溶解度積）（岩手大、新潟大、岐阜大、東京理科大 理、大阪薬科大、神戸薬科大など）からの出題が増加しているが、今年もその傾向は続いている。主に、硫化物とハロゲン化銀が中心で、沈殿滴定も出題されている。

状態図や溶液に関する設問は、昨年あたりから増加しているが、今年もこの傾向は続いている。状態図（山形大、東京医科歯科大、信州大 農、早大 教育、東京理科大 基礎工、東北薬科大など）は、その見方と具体的な状態変化の例を押さえておけばほぼ解けるものが大半である。溶液に関しては、全体の動向でも触れたように、水の構造、溶解の仕組み、希薄溶液の性質に関する総合問題形式（東大、横浜国立

大、東京理科大 理工、日本女子大など）のものがいくつかの大学で出題された。また、ラウールの法則（東北大 後期）も昨年同様出題されている。

気体は、気液平衡に関するものや、あるいは気体反応の平衡と一体で出題された例が多く、気体の法則などを単独で扱った出題は少なかった。実在気体に関する出題（金沢大、北里大 薬など）も昨年あたりから増加しており、一部ではファンデルワールスの状態方程式（九州大）も出題されている。

結晶の構造は、イオン結晶（東北大、南山大、金沢工大）に関するものが多く、黄銅（北大 後期）やナトリウム、ガリウム（京大）、ダイヤモンド（大阪市立大）なども出題された。

II 次の文章[1]と[2]を読み、問1～問7に答えよ。

[1] 化合物 X が分解する反応を考える。反応開始後 t (s) と $(t + \Delta t)$ (s) ($\Delta t > 0$) における X の濃度をそれぞれ c (mol/L) と $(c - \Delta c)$ (mol/L) ($\Delta c > 0$) とする。 t (s) と $(t + \Delta t)$ (s) の間における平均の反応速度は として表され、その間の平均の濃度は となる。実験的に平均の反応速度と平均の濃度を求めることにより、この分解反応の速度定数を決定することができる。

0.25 mol/L の過酸化水素水溶液 10 mL に触媒を加え、発生した酸素を水上置換によって捕集する実験を行った。反応温度を一定に保つようし、捕集した酸素の体積を 20 秒毎に測定した。発生した酸素の物質質量から、各時間における過酸化水素の濃度 $[\text{H}_2\text{O}_2]$ [mol/L] を求めた結果を表 1 に示す。ただし、酸素の水への溶解と過酸化水素水溶液の体積変化は無視できるものとする。

表 1

反応時間 t (s)	0	20	40	60	80
$[\text{H}_2\text{O}_2]$ [mol/L]	0.250	0.150	0.090	0.0540	0.0324
時間範囲 (s)		0~20	20~40	40~60	60~80
平均の分解速度 [mol/(L·s)]		ウ	エ	オ	カ
平均の分解速度 [s ⁻¹]		キ	ク	ケ	コ

問 1 および にはあてはまる適切な式を t , Δt , c , Δc を使って表せ。

問 2 過酸化水素の分解反応を化学反応式で表せ。

問 3 反応開始 40 秒後までに反応した過酸化水素の物質質量と発生した酸素の物質質量を、それぞれ有効数字 2 桁で求めよ。

問 4 ~ にはあてはまる数値を有効数字 2 桁で求めよ。

問 5 反応開始後 t (s) における分解速度 v [mol/(L·s)] と過酸化水素濃度 $[\text{H}_2\text{O}_2]$ [mol/L] の関係を、反応の速度定数 k を用いて数式で表せ。また、そのように表現できる理由を実験結果に基づいて 50 字以内で述べよ。

[2] 反応の速度定数 k は、気体定数 R [J/(K·mol)]、絶対温度 T [K] および活性化エネルギー E [J/mol] を使って、以下の式(1)で表すことができる。

$$k = A \cdot e^{-\frac{E}{RT}} \quad (1)$$

ただし、 A は比例定数、 e は自然対数の底である。この式は、 E が ほど、また T が ほど、 k が大きくなることを意味している。次に、式(1)の両辺の自然対数をとると、以下の式(2)が得られる。

$$\log_e k = \text{} + \log_e A \quad (2)$$

したがって、横軸に T^{-1} 、縦軸に $\log_e k$ をとると直線関係が得られ、その傾きから E を求めることができる。また、 $T = x$ から $T = 2x$ に変化すると、速度定数は 倍となる。

問 6 および にそれぞれあてはまる語句の組み合わせを次の(a)~(d)から選び、記号で答えよ。

- (a) サ：大きい、シ：大きい (b) サ：小さい、シ：大きい
(c) サ：大きい、シ：小さい (d) サ：小さい、シ：小さい

問 7 および にあてはまる適切な式を記せ。

筑波大

出題例 13

[無機分野]

非金属では、15族（秋田大、福島大、群馬大、東京農工大、電通大－出題例 14、横浜国立大 後期、岡山大学、法政大、明治大 理工、関西大など）からの出題が多かった。アンモニアを中心に気体発生、ハーバー法、オストワルト法からなど無機分野の内容から、気相平衡や電離平衡など理論の内容にまたがるものもあった。14族（東北大 後期、九州大）や16族（北大）、17族（弘前大、富山大 医、金沢大、東京慈恵医大）からの出題も、結晶や酸化還元を含んだ無機、理論の融合問題が多い。

金属では、金属イオンの性質、分離も多くの大学で出題されているが、問われる内容に大きな変化はない。ここでは、溶解度積と合わせて出題される例もある。なお、錯イオンの立体構造に関する設問（東大、東京農工大）は増加している。

金属では、今年は銅からの出題（横浜国立大、横浜市立大）が多く、電解精錬や黄銅を題材としたものが目立った。

3 窒素を含む物質の性質と反応に関する以下の文章を読み、問に答えよ。
(配点 30)

窒素と水素からなる化合物 A は室温では刺激臭のある無色の気体である。単体 B も室温では気体であり、空気の主成分である。化合物 C は A または B と酸素から作られる赤褐色の気体である。化合物 D は C を水に吸収させて製造される。D は酸化力が強く反応性の高い化合物で、医薬品などを合成する試薬として広く使われる。A は高温高压条件下で二酸化炭素と反応して化合物 E を与える。E は動物の尿にも含まれる化合物で、樹脂の原料や肥料に用いられる。A と塩化水素の反応で得られる化合物 F は無色の固体で、水によく溶ける。亜鉛イオンを含む水溶

液に A の水溶液を徐々に加えると、はじめに化合物 G の沈殿物を生じ、A が過剰になると錯イオン H が生成して沈殿が溶解する。化合物 I は A の水素原子をベンゼン環で置き換えた構造を持ち、その分子式は C_6H_7N である。冷やししながら I の希塩酸溶液に亜硝酸ナトリウム水溶液を加えると化合物 J が生成する。ここにナトリウムフェノキシドを加えると赤褐色の化合物 K が生成する。

- (1) 化合物 A と単体 B の電子式を書け。
- (2) A, B, C に含まれる窒素原子の酸化数を答えよ。
- (3) 周期表における窒素と同じ族の元素について、同素体を 2 つ書け。
- (4) 化合物 C を水に吸収させて D を作る過程の反応式を書け。
- (5) 希釈した D の水溶液に銅板を入れたときに起こる化学反応の反応式を書け。
- (6) 化合物 E の示性式を書け。
- (7) 化合物 F の水溶液は酸性、中性、塩基性のいずれか。また、その理由を水溶液中の化学平衡を使って説明せよ。
- (8) 化合物 G の化学式と錯イオン H の立体的な構造を書け。
- (9) 化合物 I は塩酸中でどのような構造になるか、構造式で書け。
- (10) 化合物 J と K の構造式を書け。

電通大

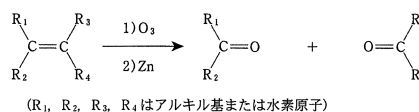
出題例 14

[有機分野 化学 I]

化学 I の有機分野からの出題は、脂肪族、芳香族の反応経路や簡単な構造決定など標準的なものがほとんどである。今年は、芳香族ではフェノール（奈良女子大、上智大など）やサリチル酸（信州大 理、愛知教育大、名古屋市立大 医、岐阜薬科大など）を中心とした合成経路や分離が多く、脂肪族では、アセチレン（北大 後期、東京農工大、広島大、慶應大 医など）を出発物質とした合成経路に関する設問が目立った。また、構造決定ではエステル構造決定が中心で、ヨードホルム反応が鍵となる問題が多い。また、炭素二重結合のオゾンや過マンガン酸カリウムによる酸化・分解もいくつかの大学（東北大 後期、京都府立医大、鳥取大－出題例 15、東京理科大学 薬など）で出題されている。

[IV] 次の文を読み、以下の問いに答えよ。

一般に、アルケンを低温でオゾンと反応させた後、亜鉛で還元すると、下図のように二重結合が開裂してカルボニル化合物が得られる。これをオゾン分解という。



化合物 A (分子量 102) は、炭素、水素、酸素からなる光学活性物質である。化合物 A を金属ナトリウムと反応させると が発生した。濃硫酸で処理すると 反応が起こり、炭素と水素からなる化合物 B (分子量 84) が得られ

た。これらのことから、化合物 A には **ウ** が存在することがわかった。化合物 B は幾何異性体の混合物として存在した。化合物 B をオゾン分解したところ、2 種のカルボニル化合物、化合物 C (分子量 72) と化合物 D (分子量 44) が得られた。化合物 C と化合物 D の元素分析を行ったところ、化合物 C の質量組成は炭素：66.7 %、水素：11.2 %、化合物 D の質量組成は炭素：54.5 %、水素：9.1 % であった。化合物 C、D にヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて温めると、特有の臭気をもつ黄色結晶が生じた。この反応を **エ** 反応と呼ぶ。化合物 D はフェーリング試薬を還元したが、化合物 C は還元しなかった。

問 1 **ア** には気体の名前が、**イ** **エ** には反応名が、**ウ** には官能基の名前が入る。当てはまる適切な名称を書け。

問 2 化合物 C、D の分子式を記せ。

問 3 化合物 C、D の構造式を記せ。また、化合物 D の名称を書け。

問 4 化合物 B の 2 種の幾何異性体の構造式を、幾何異性の違いがわかるように記せ。

問 5 化合物 A は光学活性物質である。不斉炭素原子の右肩に * 印をつけて、化合物 A の構造式を記せ。

鳥取大

出題例 15

[選択分野]

例年同様、糖類（北大、福島医大、筑波大、千葉大、名古屋工大、熊本大、早大 理工、東京理科大、名城大 農、京都薬科大、兵庫医大など）、アミノ酸・タンパク質（弘前大、千葉大、岐阜薬科大、京大、慶應大 薬、明治大 理工）、合成高分子化合物（秋田大、東大、東京農工大、新潟大）からの出題が多いが、今年はさらに核酸（金沢大、鳥取大、宮崎大）、代謝 - ATP（兵庫県立大、九州大、東北薬科大、明治薬科大）の出題も目立った。

糖類では代表的な糖類の構造、加水分解、アルコール発酵、アミノ酸・タンパク質であれば、代表的なアミノ酸の構造、簡単なペプチドのアミノ酸配列、タンパク質の検出反応など多くは標準的なレベルのものだが、デンプンのヒドロキシ基のメチル化（筑波大、兵庫医大）、グルコースの立体異性体（アノマー、エピマー）（東京理科大 理）、グルタチオンの構造決定（千葉大）、オキシトンの構造（弘前大）、ヘモグロビンの立体構造（慶應大 医）、アミノ酸の電離平衡などでやや難度の高いものも例年同様出題されている。

また、合成高分子化合物では、ナイロンや PET

とともに、アルキンの付加反応と連動して PVA などが主な出題項目である。また、吸水性ポリマーの考察（東大）も出題された。

脂質の出題も多く、大部分が化学 I 油脂、セッケン（滋賀県立大 - 出題例 16、神戸大）からのもので、界面活性剤に言及したものもある。

医薬品も化学 I の知識で解けるものがほとんどで、サリチル酸関連の出題の他、スルファニルアミド、サルファ剤（横浜市立大、岡山大、広島大、東京慈恵医大）が例年より多く出題された。

化学問題 IV（環境科学部生物資源管理学科・工学部・人間文化学部）

次の文を読んで、問 1～問 6 に答えよ。

食用油は主に、いろいろな植物に含まれる油脂を、それらの実を粉砕して搾り出す方法（圧搾）や、有機溶媒で溶かしだす方法（抽出）で取り出したものである。油脂に水酸化ナトリウム水溶液を加えて熱すると加水分解が起こり、3 個アルコールである **ア** と **イ** が生じる。**イ** はセッケンとも呼ばれ、親水性部分と疎水性部分を持ち、液体の表面張力を著しく下げることができる **ウ** 活性剤である。高濃度のセッケン水中では **エ** と呼ばれるコロイド粒子が形成される。

問 1 空欄 **ア** ～ **エ** に適当な語句を入れよ。

問 2 ヤシ油およびヒマワリ油の主な成分を表 1 に示す。この 2 種の油脂の融点はそれぞれ、20～25℃、-20～-10℃である。ヤシ油よりヒマワリ油のほうが融点が低い理由を表 1 の分子式を基に説明せよ。

表 1 ヤシ油およびヒマワリ油の主な成分

成分		ヤシ油 (%)	ヒマワリ油 (%)
分子式	名称		
C ₁₁ H ₂₃ COOH	ラウリン酸	46.8	0.0
C ₁₃ H ₂₇ COOH	ミリスチン酸	17.3	0.0
C ₁₅ H ₃₁ COOH	パルミチン酸	9.3	6.0
C ₁₇ H ₃₅ COOH	ステアリン酸	2.9	4.3
C ₁₇ H ₃₃ COOH	オレイン酸	7.1	28.4
C ₁₇ H ₃₁ COOH	リノール酸	1.7	60.1
C ₁₇ H ₂₉ COOH	リノレン酸	0.0	0.4

出典 文部科学省 日本食品標準成分表

問 3 ステアリン酸、オレイン酸、リノレン酸および **ア** 各 1 分子から構成される油脂 1.00 mol に付加する水素は標準状態で最大何リットルか、有効数字 3 桁で記せ。ただし、標準状態の水素 1.00 mol の体積を 22.4 L とする。計算過程も記せ。

問 4 リノレン酸は、枝分かれのない炭化水素の末端にカルボキシル基を持ち、カルボキシル基と反対側の末端にメチル基を有するカルボン酸である。また、リノレン酸に三重結合や連続した二重結合は含まれない。リノレン酸には、リノレン酸自身も含め、何種類の幾何異性体が存在するか。

問 5 下線部で生じた反応液を飽和食塩水に注ぐことでセッケンを分離して得ることができる。この操作で、水ではなく飽和食塩水を用いる理由を述べよ。

問 6 水の中で油滴がセッケン分子と結びついて分散、乳化した様子を、図 1 に示した油滴とセッケン分子のモデルを用いて図示せよ。ただし、必要であればそれぞれを複数個用いてもよい。

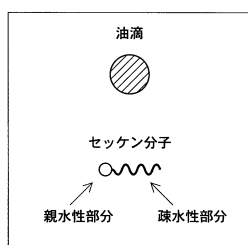


図1 油滴とセッケン分子のモデル

滋賀県立大

出題例16

(3) 学習上のポイント

(1), (2) で述べたように、入試問題の大部分は標準的なレベルの問題である。このレベルの問題を確実に解くことが合格への第一歩である。ただし、基本事項の確認だけではだめであり、基本事項を組み立てて解法を導く能力が問われる。これは適切かつ十分な演習を積み重ねる以外にない。

その上で、「発展」を反映した思考力を要する比較的難度の高い問題への応用力を養成していく必要がある。アルケンのオゾン分解、状態図、希薄溶液の

性質の定量的扱い、反応速度に関するアレニウスの式、電離平衡—塩の加水分解、溶解度積など主に「発展」に記載された事項からの出題は確実に増加している。難関校を目指す場合、「発展」の項目の理解は不可欠であり、さらに難度の高い問題をじっくりと解き、解法の道筋をとらえる必要がある。

最後に、(2) でも触れたが、今年度の高校1年生から新課程が始まり、今までの「化学Ⅰ」、「化学Ⅱ」から、「化学基礎」、「化学」に変わる。新課程が反映されるのは2015年入試からなので、当面大きな影響はない。ただし、「化学基礎」でいくつかの「発展」が記載された。そのほとんどは、現行課程では「化学Ⅰ」で扱う内容だが、2点、二段階滴定と電子対の反発による分子の形の推定は、現在の「化学Ⅰ」の教科書では扱っていないものもある（啓林館「化学Ⅰ改訂版」では扱っている）が、入試での出題は増加する可能性があるので注意したい（化学Ⅰで「発展」だった二段階滴定は、化学基礎では本文扱いとなる）。

■高橋 茂幸（たかはし しげゆき）

授業では高1～高3生、高卒生のトップレベル生から基礎学力生まで幅広く担当。また河合塾マナビスも担当。教材ではテキストおよび全統マーク模試などの作成を担当。

著書：こだわってシリーズ「速度・平衡・無機物質」（河合出版）

「精選化学Ⅰ・Ⅱ問題演習」（旺文社・共著）

「入試問題正解」（旺文社・共著）など

生 物

学校法人 河合塾 生物科講師 榊原 隆人

1. センター試験 生物 I

(1) 全体の傾向

今年度のセンター試験は、大問数5題、小設問数33問で、ほぼ例年通りであった。昨年度と比較して、全体のページ数が3ページ増加したが、文章選択肢の文章量や図・表などが減った。正答率が80%以上の「やさしい」小設問の割合は、昨年度は34%、今年度は36%であり、ほぼ同じであった。逆に、正答率が50%以下の「難しい」小設問の割合は、昨年度は18%であったが、今年度は6%に減少した。全体として今年度の問題は昨年度と比較して大きな変化はなく、平均点は昨年度とほぼ同じ64.00点（大学入試センター発表）であった。

大問は、生物 I の5分野からバランスよくそれぞれ1題ずつ出題されており、また5題のうち、3題はA・B分けに、2題はA～C分けになっており、幅広いテーマから出題されている。

今年度は考察問題の割合が減少し、知識問題と考察問題の割合が2：1に近かった。知識問題は、小問集会的で、幅広いテーマから少しずつ出題されていた。考察問題は、問題文や図・表のデータを読めば解答できる単純な考察問題が減り、知識が必要な考察問題の割合が増えた。点差が大きく開いた問題は、知識問題や知識の必要な考察問題であった。

(2) 設問別分析

第1問 細胞の構造と機能

Aは細胞の構造と機能に関する標準的な知識問題であり、Bは神経伝達物質に関する標準的な知識問題と神経伝達物質の放出に関する考察問題である。第1問全体の正答率は85%で、大問5題中最も高かった。また、成績上位者と下位者の差、高卒生と

現役生の差、理系生と文系生の差もほとんどなく、よくできていた。

問1の正答率は82%で、2007年度本試験、2009年度追試験、2011年度本試験にも出題された細胞の発見と研究者に関するものであった。この問題の正答率は、文系生の方が理系生よりも4%高かった。問2の正答率は85%であった。問3の正答率は71%で、2011年本試験でも問われた細胞小器官の膜の枚数や構造の特徴に関する問題であった。また、問4の正答率は92%で、2011年度の追試験でも問われた植物細胞と動物細胞の違いに関する問題であった。問5の [5]・[6] の正答率は共に95%であった。問6の正答率は82%で、知識を必要とせず、実験1などの文章だけから考察する問題であり、よくできていた。

第2問 生殖と発生

Aは生殖と被子植物の種子・果実形成に関する標準的な知識問題、Bは精子の形成過程に関する考察問題、Cは両生類の発生のしくみに関する知識問題である。第2問全体の正答率は65%で大問5題中2番目に低かった。

問1の正答率は52%と低く、誤答は③・④に集中していた。高卒生と現役生の正答率の差は16%あり、33問中最大であった。分裂によって増殖する多細胞動物がいることがわからなかったようであり、成績上位者の正答率でも70%しかなかった。問2の正答率は62%で、誤答は④が多かった。被子植物の果皮が子房壁に由来すること（啓林館「生物 I 改訂版」p.79 図5）を知らなかったようである。問3の正答率も51%と低く、種皮が珠皮に由来すること（同書、同頁）、すなわち、母親（個体X）のからだの一部であることを知らなかったと思われる。

この問題の理系生と文系生、高卒生と現役生の正答率の差はいずれも12%程度で大きかった。さらに、成績上位者と成績下位者の正答率はそれぞれ78%と11%であり、その差は67%もあった。問4の正答率は74%で、知識を必要とせず、データを読んで考える考察問題は比較的よくできていた。問5の正答率は87%で高かった。問6(出題例1)の正答率は63%であり、誤答は④に片寄っていた。「実験と予想される実験結果の組合せ」だけを考え、「下線部オを確認するための実験」であることを考えていなかったようである。

連鎖遺伝と染色体地図に関する考察問題である。第3問全体の正答率は70%であった。

問1の正答率は65%で、誤答は分散しており、成績上位者と成績下位者の正答率の差が64%もあった。問2・問3は伴性遺伝の問題で、正答率は84%、85%とともに高かった。問4・問5は不完全優性の問題で、正答率は82%、78%であった。遺伝は連鎖でなければよくできることがうかがえる。問6は連鎖・組換えの問題で、正答率は64%と低かった。誤答は⑤に集中しており、組換え価20%から組換えにより生じた配偶子と組換えていない配偶子の比が1:4であることはわかったのだが、「B と b が連鎖しており、…」を読み落としたのかもしれない。問7(出題例2)の正答率は46%で、33問中2番目に低かった。成績上位者の正答率でも67%であり、誤答は②が多かった。「染色体の乗換えの起こりやすさ」の違いが染色体地図における遺伝子の相対的距離にどのように影響するのかがわからなかったようで、[サ]にはM、Nのどちらが入るのか判断できなかったようである。

C Ⅰ 両生類の卵は、受精すると卵割を繰り返して胞胚となる。その後、陥入が始まって原腸胚となり、大規模な細胞の移動と胚の変形を経て、尾芽胚期にはおおまかな体のつくりが決まる。Ⅱ 胚の各部分の細胞が、正常な発生を経てどの組織、器官になるかは、胞胚の段階で予測することができる。

問 5 (省略)

問 6 胞胚を用いた次の実験 g~j と予想される実験結果カ~ケを考えた。下線部オを確認するための実験と予想される実験結果の組合せとして最も適当なものを、下の①~⑧のうちから一つ選べ。 [13]

実験

- g 植物極周辺から細胞層を切り出して培養する。
- h 動物極周辺と植物極周辺から細胞層を切り出し、重ねて培養する。
- i 動物極周辺の細胞層を色素で染色して発生させる。
- j 赤道周辺の細胞層を色素で染色し、異なる胚の動物極に移植して発生させる。

予想される実験結果

- カ 脊索と体節の細胞だけが生じる。
- キ 神経板、表皮、脊索、体節、および消化管(原腸)の細胞が生じる。
- ク 神経胚では、染色された細胞は神経板と表皮だけで見られる。
- ケ 尾芽胚では、染色された細胞は消化管(原腸)だけで見られる。

実験	予想される実験結果
① g	カ
② g	キ
③ h	カ
④ h	キ
⑤ i	ク
⑥ i	ケ
⑦ j	ク
⑧ j	ケ

出題例1

第3問 遺伝

A は性決定に関する知識問題と伴性遺伝に関する考察問題、B は不完全優性に関する考察問題、C は

問 7 次の文章は下線部クに関する説明文である。文章中の [ケ] ~ [サ] に入る語および記号の組合せとして最も適当なものを、下の①~⑧のうちから一つ選べ。 [20]

組換え価をもとにした染色体地図は、染色体のどの場所でも同じ頻度で乗換えが起こると仮定して作成されたものであるが、実際には、乗換えの起こりやすさは染色体の場所によって異なっている。だ腺染色体上の横じまの位置の間の距離が同じであっても、乗換えの起こりやすい場所では、乗換えの起こりにくい場所と比べて、組換え価は [ケ] なり、染色体地図における遺伝子間の相対的距離は [コ] なる。これらのことから、次の図1の領域MおよびNにおいて、染色体の乗換えがより起こりやすい領域は [サ] であると考えられる。

図 1

ケ	コ	サ	ケ	コ	サ
① 小さく	長 <	M	② 大きく	長 <	M
③ 小さく	長 <	N	④ 大きく	長 <	N
⑤ 小さく	短 <	M	⑥ 大きく	短 <	M
⑦ 小さく	短 <	N	⑧ 大きく	短 <	N

出題例2

第4問 環境と動物の反応

Aは体液の浸透圧調節に関する知識・考察問題、Bは血液凝固と免疫に関する標準的な知識問題である。第4問全体の正答率は74%であった。

問1の正答率は63%であり、誤答は⑥が多かった。理屈で考えると⑥の「体液に対して高張」と思われるが、実際は⑤の「体液と等張」であり、その知識が必要である（啓林館「生物I改訂版」p.183図36）。高卒生と現役生の正答率の差は13%あり大きかった。図1は、1985年度の共通一次追試験の第2問の図とほぼ同じ図であった。問2の正答率は63%で、誤答は⑥が多く、Aの文章からアがaかbか判断を誤ったようである。問3の正答率は65%で、誤答は⑤が多かった。バソプレシンののはたらきが「水分の再吸収の促進」であることは知っていたが、それによって体液の浸透圧がどう変化するかを理解していなかったようである。この問題では、高卒生と現役生の正答率の差は14%あり、33問中2番目に大きかった。問4は血液凝固に関する知識問題、問5・問6は免疫に関する知識問題で、正答率はそれぞれ88%、87%、78%で、比較的よくできていた。

第5問 環境と植物の反応

Aは光合成のグラフをもとにした考察問題、Bはオキシシンに関する知識問題と重力屈性に関する考察問題である。第5問全体の正答率は57%であり、大問5題中最も低かった。図1は、1988年度の共通一次本試験第2問の図と同様の図であった。問1は真の光合成速度と見かけの光合成速度を読みとる問題で、正答率は73%であった。問2は陰葉と陽葉の補償点、光飽和点、呼吸速度の関係から判断する問題で、正答率は56%と低かった。この問題の成績上位者と下位者の正答率はそれぞれ83%、13%で、その差は70%もあり、最も大きかった。また、理系生と文系生の正答率の差も大きかった。問3(出題例3)の正答率は30%であり、33問中最低であった。成績上位者の正答率でも47%しかなかった。理系生と文系生の差も21%あり、最も大きかった。二次試験や私立大の入試では、光合成によって生じ

たグルコース量を反応式を用いて計算させる問題が出題されるので、理系生には「乾燥重量の変化」は理解できたと思われる。しかし、生物Iの教科書では、光合成速度は二酸化炭素の吸収速度や酸素の放出速度によって測るので、文系生には「乾燥重量の変化」を理解することができなかったと思われる。問5の正答率は60%で、誤答は②が多かった。水平に置いたときのオキシシン濃度については、2007年度の本試験の第5問、2010年度の本試験の第5問でも出題されているが、正答率は毎回低い。問6の正答率は57%であった。

問3 真の光合成速度は、実験1によって知ることができるが、次の実験2によっても見積もることができる。

実験2 樹木Xの緑色の芽ばえを用意した。その中の一定数の芽ばえに数日間光を照射し(実験群)、同数の芽ばえを同じ期間、暗黒下に置いた(対照群)。光以外の環境条件は同じにした。これらの芽ばえについて、実験開始時と終了時に種々の測定を行った。

真の光合成速度を見積もるために、実験群と対照群で、何を比較すればよいか。最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 29

- ① 芽ばえ全体に含まれる水分量の変化
- ② 芽ばえ全体に含まれるクロロフィル量の変化
- ③ 芽ばえ全体を乾燥させた重量の変化
- ④ 芽ばえの草丈の変化
- ⑤ 芽ばえの葉の枚数の変化

出題例3

(3) 指導上のポイント

ここ数年の傾向として、知識問題で問われる知識は、基本的なものだけでなく、教科書の探究・観察のページや図中にもみえるようなものが増え、内容も詳細になっている。また、出題範囲も小問集合のように多岐にわたり、特に受験生が陥りやすい部分を的確に狙って問題が作成されている。このため、教科書に記載されている内容を図なども含めて隅々まで十分理解させる必要がある。また、考察問題では、長い文章を読み、初めて見る表や図(グラフ)からデータを読み取らなければいけないので、まず、設問文や選択肢の文章を十分読み取ることができる読解力を養い、さらに表や図などを正確に読み取り、論理的に思考する訓練が必要となる。このため、過去問

を中心に問題演習を十分に積ませたい。また、今年度の第4問や第5問の図のように、近年では、過去のセンター試験の類題も頻繁に出題されているので、過去問はできるだけ多く演習させるようにしたい。さらに国公立大学の二次試験で出題された問題の類題も出題されることがあるので、高得点を望む生徒には国公立大学の二次試験なども見せておきたい。

2. センター試験 理科総合 B

理科総合 B のセンター試験は大問4題構成で、知識問題が15問、図とグラフの読解問題が9問、考察問題が3問、計算問題が1問の計28問であり、生物分野、地学分野ともに14問ずつの出題であった。昨年に比べて、図やグラフの読解において知識を必要とする問題、および、やや詳細な知識を問う問題が減少した。また、昨年は出題されなかった実験考察問題と計算問題が出題された。平均点は60.36点で昨年の54.58点より約6点高くなった。

教科書の基本的な知識問題、および問題文に与えられた文章や図を読み取ることができれば正解にたどりつける問題もあるが、実験(観察)目的、方法に関する知識問題、およびその結果(データ)の読み取りと考察に関する問題が出題される。教科書に扱われている内容を理解させるとともに、資料図を含めて問題文をしっかりと読み取る力、結果を読み取る力を養わせる必要があり、高得点を取得させるには十分な対応が必要である。

3. 一般入試 (二次・私大)

(1) 全体の傾向

出題分野は生物 I が約47%、生物 II が約53%で、昨年同様生物 II からの出題が多かった。選択分野については、選択問題として出題した大学が約22%、片方の分野のみを出題した大学が約26%、両方の分野を必答問題として出題した大学が約14%で、昨年度より選択問題として出題した大学の割合が増加した。また、京都大や大阪大のように、1つの大問の中に「進化」と「生態」の両分野が含まれているものもあった。

旧帝大などの難関大学では、昨年度はやや易化し

たが、今年度はやや難化し、一昨年に戻った感じである。分野別では、昨年度も多かったが、今年度も「遺伝子」が非常に多く出題され、生物 II の出題の約29%を占めた。特に、「遺伝子発現の調節」(出題例4)が多く出題され、今後も遺伝子分野での出題の主流になることが予想される。逆に、一昨年多く出題された「iPS 細胞」はほとんど出題されなくなった。同様に、2009年、2010年に多く出題された新しい内容の出題が、昨年度に続き今年度も減少した(なお、国公立大51大学での分析を行った)。

[実験]

選択的遺伝子発現を制御する領域 A, B, C のいずれかを、GFP をコードする領域が支配下になるようにプロモーター領域とともにつなぎ、4つの人工遺伝子(遺伝子1、遺伝子2、遺伝子3、遺伝子4とする)をつくった(図1)。GFPは緑色蛍光タンパク質のことで、タンパク質の量と蛍光の強さが正の相関を示すことから、蛍光の強さを測定することでタンパク質の量を調べることができる。これら4つの遺伝子を別々に神経細胞または肝臓の細胞に入れ、しばらくたった後、細胞をつぶして蛍光の強さを測定した。その結果を図2に示す。

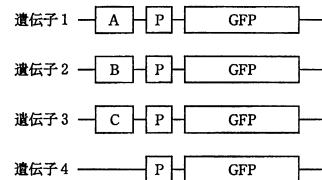


図1 人工遺伝子の模式図 A, B, Cはそれぞれ転写を制御する領域を、Pはプロモーター領域を、GFPは緑色蛍光タンパク質をコードする領域を示している。

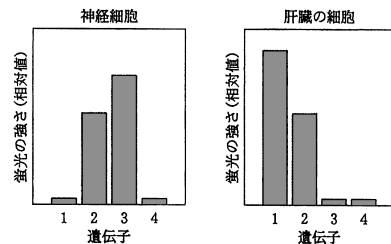


図2 蛍光の強さ(相対値)の測定結果 4つの人工遺伝子を別々に神経細胞または肝臓の細胞に入れ、しばらくたった後の蛍光の強さを示している。

問1 (省略)

問2 遺伝子1、遺伝子2、遺伝子3、遺伝子4が、それぞれ神経細胞と肝臓の細胞でどのように発現したか、図2に示された実験結果を答えなさい。

問3 領域Aは、転写を制御する際、どのようなはたらきをしていると考えられるか、説明しなさい。

問4 領域Bは、転写を制御する際、どのようなはたらきをしていると考えられるか、説明しなさい。

問5 この実験で、遺伝子4はどのような目的のために用いられたか、答えなさい。

金沢大 III

出題例4

(2) 2012年度で注目される出題項目

新教育課程の『生物』で扱われるようになる「細胞骨格」(出題例5)が東京慈恵医大で、「ドメイン」(出題例6)が大阪大で、また、『生物基礎』で扱われるようになる「外来生物による影響」(出題例7)が静岡大でそれぞれ出題された。

今年度は、選択分野である「生物の集団」の出題が多く、中でも個体群や遷移の出題が多くみられた。また、光合成や視覚の問題も多く出題された。トピックスとして取りあげられるような新しい目立った内容の出題は少なかった。

2. 生物の運動に関する次の問いに答えよ。

1. 動物では、筋内の収縮、べん毛運動、繊毛運動、アメーバ運動などのいろいろな運動が見られる。これらの運動には細胞質に分布している複数の種類の繊維状のタンパク質が関与し、これらをまとめて **1** と呼ぶ。 **1** には、筋繊維でよく発達しているアクチンフィラメントや中心体、紡錘体、繊毛、べん毛などを構成する **2** などがある。

問 1. 文中の 1, 2 の **□** の中に適当な語を記入せよ。

問 2. 筋収縮はアクチンとミオシンの相互作用により起きる。 **2** と相互作用し、繊毛やべん毛の運動を引き起こすタンパク質の名称を 1 つ答えよ。

問 3. アクチンとミオシンに関する次の文章から願っているものをすべて選び、記号で答えよ。

- ア. 球形をしたアクチンが多数連なって、アクチンフィラメントを形成する。
- イ. ミオシンの尾部どうしが結合し、ミオシンフィラメントを形成する。
- ウ. ミオシンの頭部は ATP 分解酵素として働く。
- エ. Ca^{2+} がアクチンフィラメントへ結合することにより、ミオシンとアクチンが解離する。
- オ. アクチンフィラメントは、ATP を用いてミオシンフィラメントをたぐりよせる。

東京慈恵医大 2

出題例5

【調査 1】

図 1 に示した各環境に生息する微生物の系統関係について調査するために、河川 A、温泉 B、湖 C で採取した各々の水からそれぞれ原核生物 a, b, c を分離し、さらに河川 A で採取した水から原生動物 d を分離した。

近年、リボソーム RNA (rRNA) の塩基配列の違いを比較することにより、微生物の系統関係を知ることができるようになった。そこで、a, b, c, d のそれぞれの rRNA の塩基配列を解析した。図 2 は、その解析結果を用いて作成した a, b, c, d の系統樹である。表 1 は、図 2 における a, b, c, d の類縁関係を数値で表したものであり、その数値が小さいほど 2 種の微生物は近縁であると考えられる。

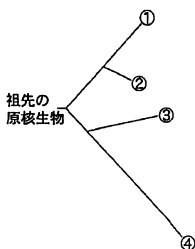


図 2

	a	b	c
b	11.6		
c	4.8	10.4	
d	15.5	11.7	14.3

問 1 各微生物の系統関係について、以下の問いに答えよ。

- (1) 表 1 の結果に基づいて、原核生物 a, b, c が図 2 の①~④のいずれに該当するのか答えよ。
- (2) 原核生物 a, b, c の中には、古細菌と真正細菌が存在することがわかっている。古細菌であると考えられるものを a, b, c の中から選択せよ。また、そのように考えた理由を 30 字以内で述べよ。

大阪大 [4]

出題例6

4 生物の進化と生物群集に関する次の文章を読んで、問 1~問 5 に答えなさい。(配点 25%)

□ は、ガラパゴス諸島の生物を調査したとき、近縁な生物間で島ごとに少しずつ形質の違いがあることに関心をもち、そのことが **□** 自然選択説を思いつきつけた。ガラパゴス諸島は南米大陸から約 900 km 西の太平洋上に浮かぶ群島で、島の誕生以来一度も大陸と陸続きになったことのない海洋島である。**□** 世界でもこの地域にしか生息・生育しない生物種(固有種)が数多く見られることから「進化の島」といわれ、1978 年に世界自然遺産に登録された。しかし、1990 年代以降の急速な観光地化、環境汚染、外来生物の増加による自然の生態系への悪影響が深刻化している。

一方、日本でも「東洋のガラパゴス」と呼ばれる **□** 諸島が 2011 年世界自然遺産に登録された。**□** 諸島は、東京都心から約 1000 km 南の太平洋上にある **□** 亜熱帯の島々である。**□** この諸島でも人間が持ち込んだ外来生物が大きな問題を引き起こしている。

問 1~問 4 (省略)

問 5 下線部 d の 1 つとして、北米原産の外来トカゲであるグリーンアノールの増加によって、固有種を含む在来昆虫が激減し、多くの種が絶滅している。グリーンアノールは昆虫やクモなど様々な節足動物を捕食し、繁殖力も旺盛で、この諸島では 1 ha あたり 1000 匹以上という高密度で生息している。海外でもハワイ諸島やミクロネシアの諸島で分布が確認されているが、このような高密度にはなっていない。(1)~(3)の小問に答えなさい。

(1) この諸島でグリーンアノールが増殖した理由の 1 つは、グリーンアノールを捕食する肉食動物(天敵)が島にほとんどいなかったためと考えられている。それ以外の理由を生態的地位(ニッチ)に着目して説明しなさい。

(2) グリーンアノールの増加によってチョウやハチなどの昆虫が激減したことは、島内の植物群集にどのような影響を及ぼすと予想されるか説明しなさい。

(3) 現在、グリーンアノールは積極的に駆除されている。駆除対策の 1 つとして、グリーンアノールを捕食する肉食動物(天敵)を新たに島外から導入する方法が考えられる。しかし、この方法を用いることにより島内の自然の生態系に悪影響を及ぼすことが懸念される。どのような悪影響が予想されるか述べなさい。

静岡大 [4]

出題例7

(3) 指導上のポイント

生物Ⅱからの出題が多く、内容も多いので、生物Ⅱにかなり多くの指導時間をあてるようにしたい。高度な内容や「発展」からの出題もあるが、やはり重要なのは基本的な内容をきちんと理解させることであると思われる。また、発展的内容の指導には多くの時間が必要となるため、どの内容をどこまで扱うかが重要になる。特に遺伝子分野では、近年の入試問題を十分に分析して、指導内容を判断し、あまり深入りし過ぎないようにしたい。選択分野につい

ては、入試の現状から考えて、やはり、両分野とも学習させておきたい。

入試の鍵となるのは考察問題と論述問題である。考察問題では、まず、じっくり考えさせて解かせ、そのもとで問題を解くのに必要な知識や、与えられた図や表の解釈の仕方などをきちんと解説するようにしたい。論述問題は、添削指導を通して生徒の書いた答案に対し、どこがどのように誤っているのかを的確に指導するようにしたい。論述問題は大きく得点差がつくところであるので、その十分な対策が不可欠である。

4. 新教育課程について

新教育課程では、『生物基礎』(2単位)と『生物』(4単位)となり、ほとんどの生徒が『生物基礎』を履修することになる。また、3年後のセンター試験では、文系生のほとんどが『生物基礎』を受験することが予想され、『生物基礎』の指導は最も重要になる。

(1) 『生物基礎』の内容と指導上の留意点

『生物基礎』では(1)生物と遺伝子、(2)生物の体内環境の維持、(3)生物の多様性と生態系、の3つの領域を扱う。(1)では、遺伝子と代謝の概要を扱い、半保存的複製や翻訳のしくみ、呼吸や光合成の詳しい経路については「発展」扱いとなる。(2)では、ホルモンや免疫などを扱う。免疫では現行の『生物Ⅱ』よりも詳しい内容まで扱われる。(3)では、植物群落の遷移と分布、生態系の保全について扱う。「植物群落」の用語が「植生」に、「植物群系」の用語が「バイオーム」に変更された。

啓林館『生物基礎』の教科書は208ページからなり、これだけの分量を2単位で指導するのは時間的に困難である。このため、センター試験で出題されない「発展」の内容を、生物基礎の授業ではあまり触れないことが得策となるだろう。また、各項目の

ページ数は(1)83ページ、(2)58ページ、(3)48ページであるが、「発展」を除くと(1)～(3)の分量には大きな差はない。したがって、指導の際には、これら(1)～(3)を時間数なども含めて均等に扱うことが重要である。

(2) 『生物』の内容と指導上の留意点

『生物』は(1)生命現象と物質、(2)生殖と発生、(3)生物の環境応答、(4)生態と環境、(5)生物の進化と系統、の5つの項目からなり、現行の『生物Ⅰ・Ⅱ』に含まれる内容のうち、『生物基礎』に含まれない内容が扱われる。(1)では、代謝、遺伝子の詳しい内容を扱う。(2)では、遺伝(独立の法則、連鎖遺伝、伴性遺伝)を扱う。また、これまで選択分野であった「(4)生態と環境」と「(5)生物の進化と系統」は、どちらも必修となっている。そして、新学習指導要領では、現行の学習指導要領で頻繁に現れる「〇〇を平易に扱う」との表現が姿を消したため、『生物』では、各分野の内容が現行より深く扱われるようになる可能性が高い。

このように、学習する分量も多く、内容も深くなるため、指導には多くの時間が必要となる。これを4単位という限られた時間内で指導するためには、教科書に掲載された内容、特に発展的な内容や新しい内容等について十分に検討し、どの内容をどの程度まで教えるかを吟味する必要があるだろう。そして、ある特定の分野に時間をかけ過ぎることなく、全分野をバランスよく扱うことが重要となるだろう。

■神原 隆人(さかきばら たかひと)

授業では、高卒生・高3生のセンター講座からハイレベル講座、および医進クラスを担当。教材では、高3通年テキスト、高2・高3講習テキスト、および生物記述論述添削の作成を担当。模試では、全統記述模試作成チーフを務め、名大入試オープンの作成、全統マーク模試の作題を担当。



理数教育の未来へ
啓林館

URL <http://www.shinko-keirin.co.jp/>

〒543-0052	大阪市天王寺区大道4-3-25	TEL.06-6779-1531	FAX.06-6779-5011
〒113-0023	東京都文京区向丘2-3-10	TEL.03-3814-2151	FAX.03-3814-2159
〒003-0005	札幌市白石区東札幌5条2-6-1	TEL.011-842-8595	FAX.011-842-8594
〒461-0004	名古屋市中区葵1-4-34 双栄ビル2F	TEL.052-935-2585	FAX.052-936-4541
〒732-0052	広島市東区光町1-7-11 広島CDビル5F	TEL.082-261-7246	FAX.082-261-5400
〒810-0022	福岡市中央区薬院1-5-6 ハイヒルズビル5F	TEL.092-725-6677	FAX.092-725-6680