とやま科学オリンピック 2024

（高校部門）

解答例および解説

2024年８月９日(金)

富山県　　富山県教育委員会

共通問題　数学　解答・解説

1

１＋２＋３４－５＋６７－８＋９＝１００
１＋２３－４＋５＋６＋７８－９＝１００
１２－３－４＋５－６＋７＋８９＝１００
１＋２３－４＋５６＋７＋８＋９＝１００
１２＋３－４＋５＋６７＋８＋９＝１００
１２＋３＋４＋５－６－７＋８９＝１００
１２３－４－５－６－７＋８－９＝１００
１２３＋４－５＋６７－８９＝１００
１２３＋４５－６７＋８－９＝１００
１２３－４５－６７＋８９＝１００

例を除いて　１０個ある。

2

(1) 16 が 10000 となり，17 が 10001，18 は 10010

(2) 「 k 」 は小文字の 11 番目だから，1101011 となる。

(3) ① 1 が 4 個だから正しい。パリティビットを除くと大文字の 25 番目から　Y
② 1 が 5 個だから「誤りあり」

(4)

							パリティビット ↓	
1	0	0	1	1	0	1	0	
1	1	0	0	1	0	1	0	
1	1	1	0	<u>**0**</u>	1	1	0	←1 が 5 個だから誤りあり
1	0	1	1	1	1	1	0	←それぞれの桁に対するパリティビット
				↑ 1 が 3 個だから誤りあり				

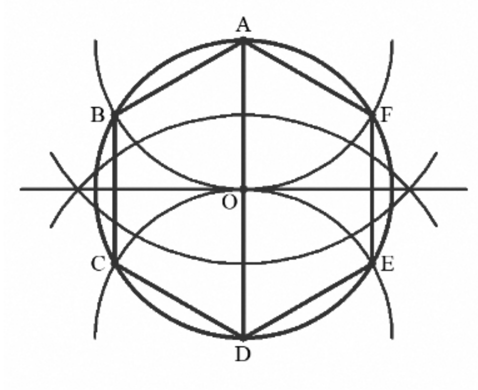
誤りを修正し、パリティビットを除くと
1001101　1100101　1110111
大文字 13 番　　小文字 5 番　　小文字 23 番　　から　M e w

3

（１）**作図の考え方**

線分ADの垂直二等分線を作図し，それと線分ADとの交点が円の中心になる。(これをOとおく。)

線分AOの長さ，すなわち円の半径（この長さをrとおく。）が分かるから，点Aを中心とする半径rの円弧をかき，もとの円との交点を左から順にB,Fとし，点Dを中心とする半径rの円弧をかき，もとの円との交点を左から順にC,Eとして，A,B,C,D,E,Fを線分で結べば正六角形を作図できる。



（２）

△CBDは底角 72° の二等辺三角形より，

$\mathrm{CD}=\mathrm{CB}=2$・・・①

△ABC∽△CBDより，$\mathrm{AB}:\mathrm{CB}=\mathrm{BC}:\mathrm{BD}$だから，

$\mathrm{AB}\times\mathrm{BD}=4$・・・②

△DACは底角 36° の二等辺三角形だから，

$\mathrm{AD}=\mathrm{CD}$・・・③

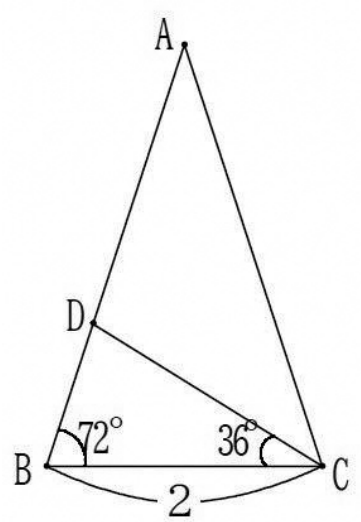
①，③より，$\mathrm{AD}=2$ である。

$\mathrm{AB}=x$とおくと，$\mathrm{BD}=x-2$ となり，②より，

$x(x-2)=4$

$x>0$ より，$x=1+\sqrt{5}$

よって，$AB=1+\sqrt{5}$である。



（３）**作図の考え方**

与えられた長さ２の線分をCDとする。

そこから，A , B , E の点を作図できれば，正五角形ABCDEがかける。

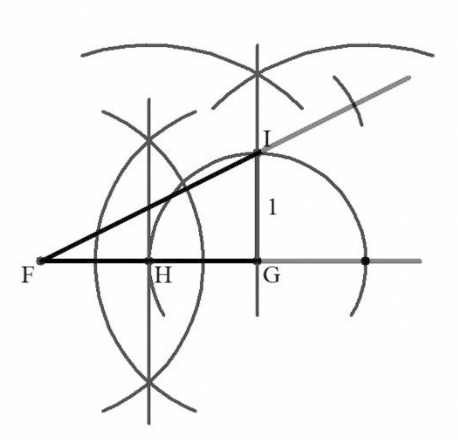
まず，長さ$1+\sqrt{5}$ の線分を作図しておく必要がある。

CDとは別の場所に直線を引き，CDからコンパスで長さ ２ を測りとってくることで長さ２の線分FGを作る。

線分FGの垂直二等分線を作図して，線分FGの中点Hを作ると，$\mathrm{HG}=1$となる。

次に，点Gを通り線分FGと直交する直線を作図し，その直線上に点Gからの距離が１となる点Iをとる。

このとき，$\triangle\mathrm{FGI}$は$\angle\mathrm{FGI}$が直角で，$\mathrm{FG}=2$，$\mathrm{GI}=1$の直角三角形となるため，三平方の定理より，$\mathrm{FI}=\sqrt{5}$ となる。



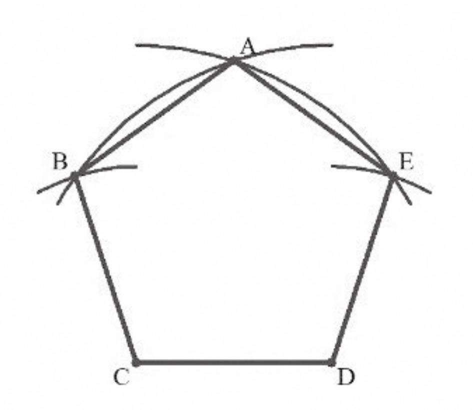
これで長さ１，および，$\sqrt{5}$ の線分を作れたから，長さ$1+\sqrt{5}$ の線分を作図することができた。

正五角形ABCDEにおいて，$\triangle\mathrm{ACD}$は底角 72°の二等辺三角形になるから，（２）の結果より，一辺の長さ２の正五角形の対角線の長さが$1+\sqrt{5}$であることがわかる。

よって，点C , Dを中心として半径$1+\sqrt{5}$の円弧をそれぞれかき，その交点をAとすることができる。

点C , Dを中心としてそれぞれ半径 ２，$1+\sqrt{5}$の円弧をかき，その交点をBとすることができる。

点 C , Dを中心としてそれぞれ半径$1+\sqrt{5}$ ，２の円弧をかき，その交点をEとすることができる。

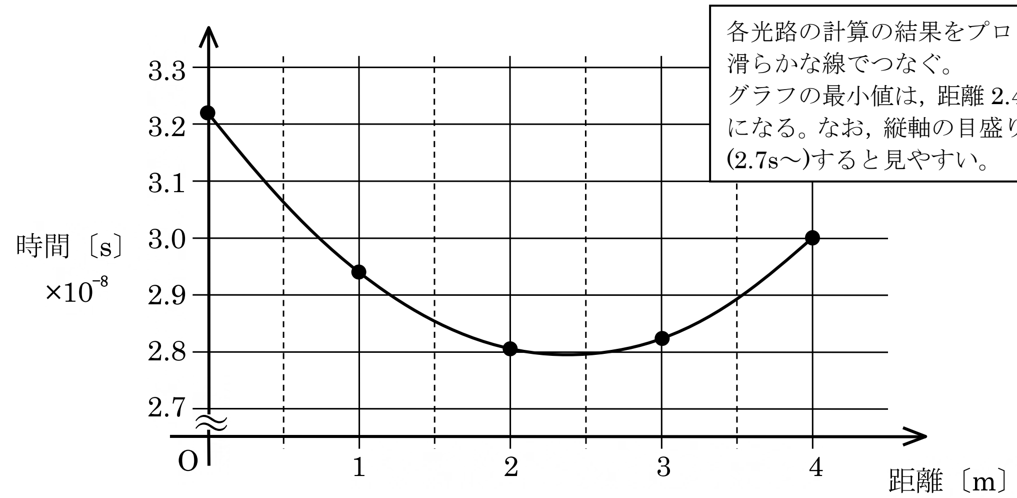


共通問題　物理　解答

$\boxed{1}$　１－（１）

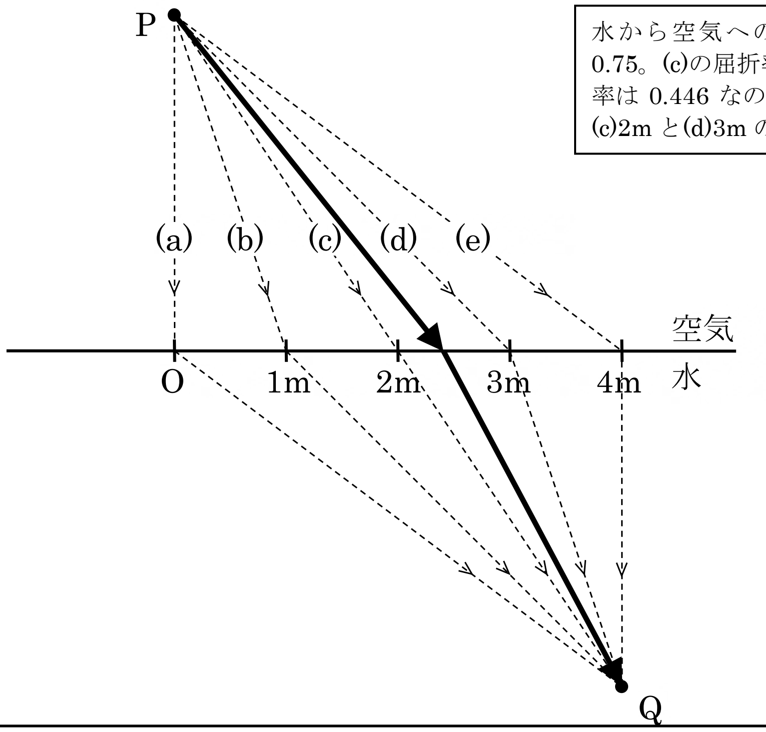
2.25×10^{8}　m/s	$2.997\times10^{8}\times3/4=2.2477\cdots\times10^{8}$ の小数点以下３桁目を四捨五入

$\boxed{1}$　１－（２）



各光路の計算の結果をプロットし，滑らかな線でつなぐ。
グラフの最小値は，距離 2.4m 付近になる。なお，縦軸の目盛りを工夫(2.7s～)すると見やすい。

$\boxed{1}$　１－（３）



水から空気への屈折率は 3/4→0.75。(c)の屈折率は 1，(d)の屈折率は 0.446 なので，屈折の位置は(c)2m と(d)3m の間になる。

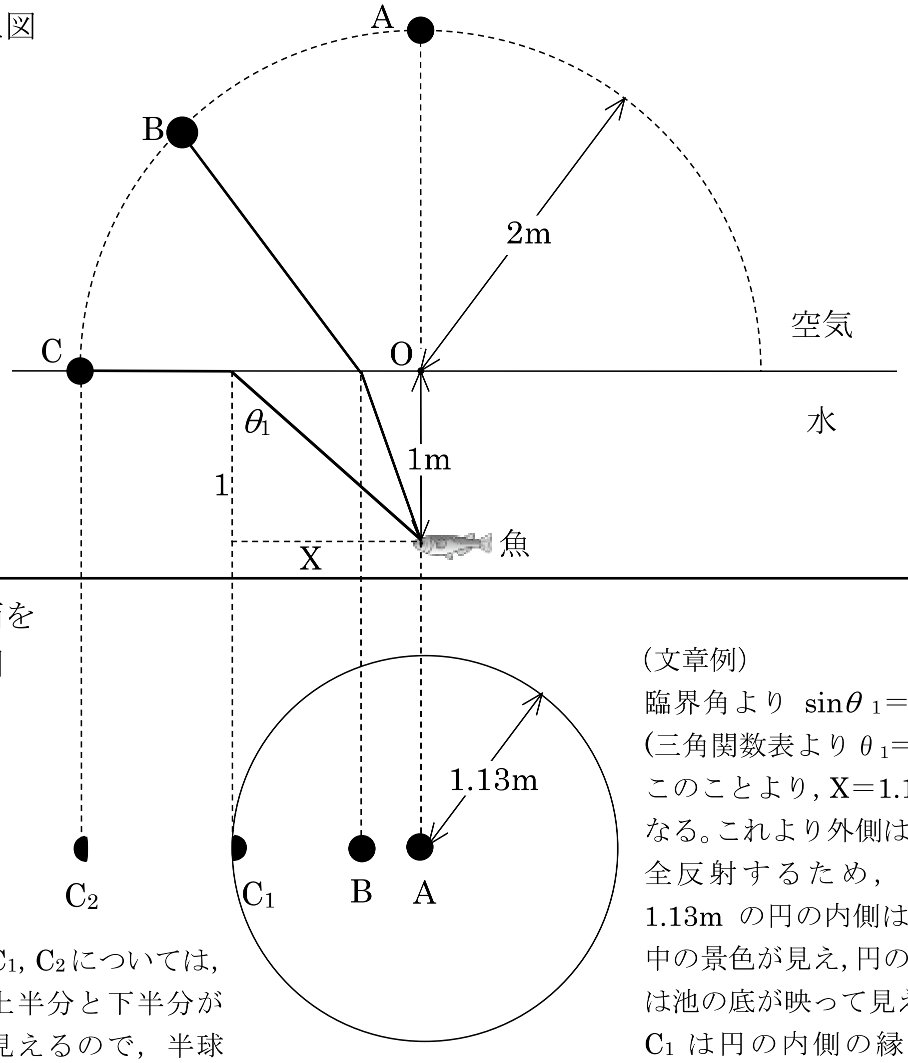
$\boxed{1}$　１－（４）

・(1) ～ (3) の結果より，光が点 P から点 Q に進むとき，２点をつなぐ直線の最短距離を進むのではなく，空気と水の境界面で屈折し，到達時間が最短になる光路を進むと考えられる。グラフからは，光は 2.4m 付近の位置で屈折すると推測される。
※参考．フェルマーの原理 ･･･ 光は到達時間が最短となる光路を進む。

$\boxed{1}$　２－（１）

横から見た図

魚から水面を見上げた図



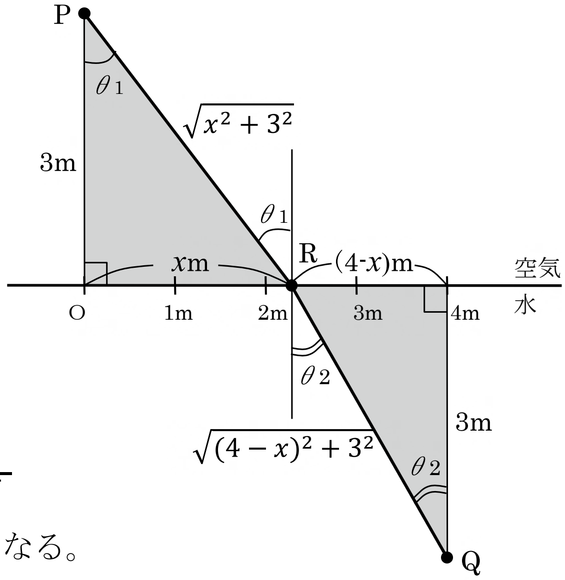
C_1, C_2については，上半分と下半分が見えるので，半球(半円)状の形になって見える。

(文章例)
臨界角より $\sin\theta_1 = 0.75$
(三角関数表より $\theta_1 = 49°$)
このことより, X＝1.13 となる。これより外側は光が全反射するため，半径 1.13m の円の内側は空気中の景色が見え, 円の外側は池の底が映って見える。C_1 は円の内側の縁に見え，C_2は水中にあるため，もとの位置に見える。

［ 補足説明－１ ］

問題$\boxed{1}$ 1－(2)，(3)からは，点 P から出た光は水面の位置 2～3 m（グラフからは 2.4 m 付近）の間で屈折して点 Q に到達することが推測された。それでは，点 P から出た光は，水面のどの位置で屈折して点 Q に進むのであろうか。計算式から下図の点 R の位置，x〔m〕を求めてみる。

水中（真水）での光の速さは，空気中の $\frac{3}{4}$ 倍であることから，式①は，次のように表すことができる。



$$n_{12} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} \quad \cdots \text{①}$$

$$\frac{4}{3} = \frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}$$

また，三角関数 sin の定義より

$\sin\theta_1 = \frac{x}{\sqrt{x^2+9}}$　　　$\sin\theta_2 = \frac{4-x}{\sqrt{(4-x)^2+9}}$

となるので，式①は次のような計算式になる。

$$4 \cdot \frac{4-x}{\sqrt{(4-x)^2+9}} = 3 \cdot \frac{x}{\sqrt{x^2+9}}$$

これを整理すると，

$7x^4 - 56x^3 + 175x^2 - 1152x + 2304 = 0$　　となる。

4 次方程式の一般的な解法は，高校の授業では扱わないが，フェラーリの解法が知られている（探究活動等で取組可能)。なお，解の公式は長文となるので，ここでは掲載を省略する。詳しくは，書籍や web 等で調べるとよい。

また，web には 4 次方程式の解説と併せて，

$$\mathrm{a}x^4 + \mathrm{b}x^3 + \mathrm{c}x^2 + \mathrm{d}x + e = 0$$

の係数 a, b, c, d, e を入力すると, 4 次方程式の解の公式により自動計算するサイトがある。ちなみに，$7x^4 - 56x^3 + 175x^2 - 1152x + 2304 = 0$ の解は，4 つある。

$x_1 = 2.405\cdots$

$x_2 = 6.834\cdots$

$x_3 = -0.620\cdots + (4.430\cdots)\,i$　（i は虚数）

$x_4 = -0.620\cdots - (4.430\cdots)\,i$　（i は虚数）

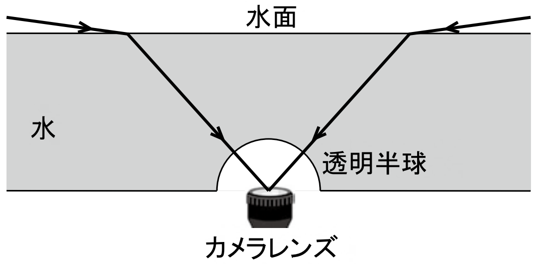
x の条件は，$0 \leqq x \leqq 4$ の実数である。よって，点 R の位置，x〔m〕は次の値となる。

点 R の位置　 $x = 2.405\cdots$ m

［ 補足説明－２ ］

問題$\boxed{1}$2－(1)では，魚から水面を見上げた景色を光路から推測した。それでは，実際にはどのように見えるのであろうか。実験装置を使って撮影してみる。

撮影は，次のような方法で行う。透明半球を用いる理由は，水中での光が直進してレンズに届くようにするためである。



（材料）

・コンテナボックス　61(w)×11(h)×44(d) cm　　・透明半球　直径 12cm

・デジタルカメラ（広角レンズ＋ワイドコンバージョンレンズ装着を推奨）

（作り方）

・コンテナボックスの底中央に直径 12cm の穴をあけ，透明半球を接着する。

（実験）

・球体 A，B，C を配置する。

・コンテナボックスに水を満たし，デジタルカメラで下から撮影する。

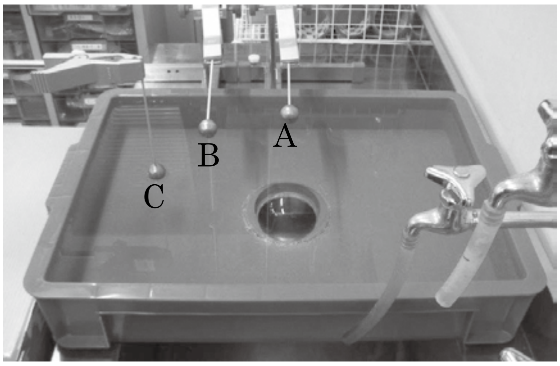
・全ての範囲が撮影できない場合は，角度を変えて数枚撮影してつなぐ。

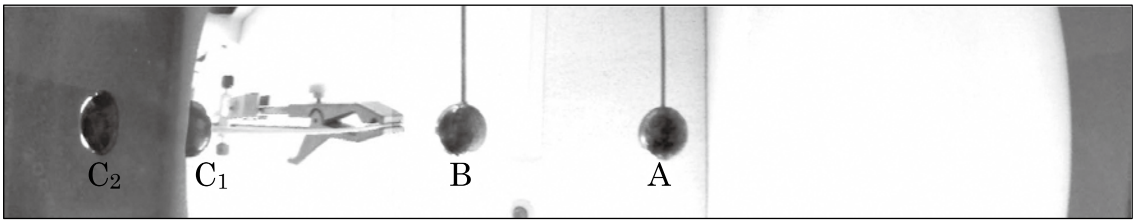
（結果）

・上方には，空気中の景色が見え，円状になった境界の外側にはコンテナボックスの底が映って見える。

・空気中の景色は広い範囲が見える。

・球体 C は，境界に C1 の上半分と外側の離れた位置に C2 の下半分が見え，それぞれ半球状になって見える。





（参考文献）

・河村憲明，「魚眼」の実験：魚が見る景色，36 回東レ理科教育賞作品集，2004，pp16-18.

共通問題　化学　解答・解説

$\boxed{1}$

問１

（１）Al　（２）O　（３）Mg　（４）Na　（５）He

（１）M 殻に電子を３つもつので原子番号 13 番の Al である。

（２）２価の陰イオンになった時に、Ne と同じ電子配置となるのは O である。

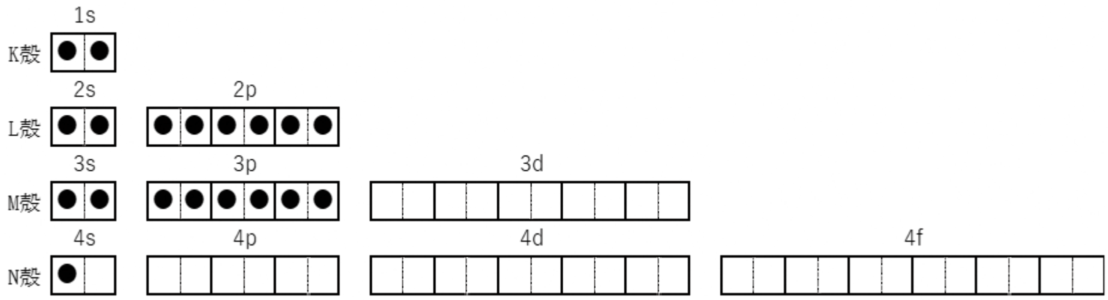
（３）２価の陽イオンになった時に、Ne と同じ電子配置となるのは Mg である。

（４）１価の陽イオンになりやすく、黄色の炎色反応を示すのは Na である。

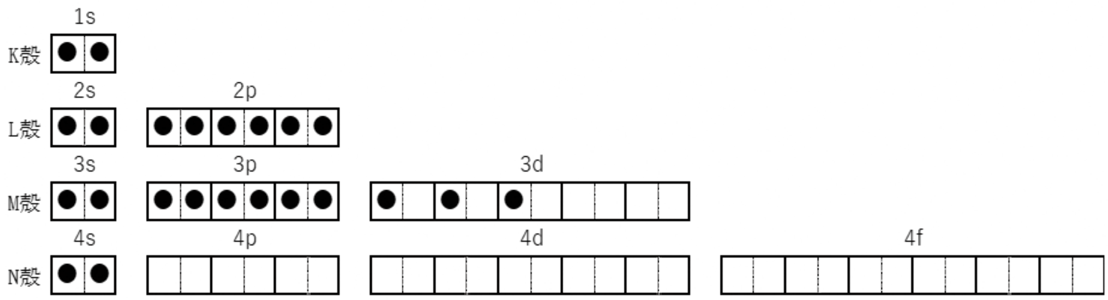
（５）最外殻に電子を２つもつ原子のうち、単体が常温・常圧で気体として存在する原子は He である。

問２

（１）



（２）



（３）

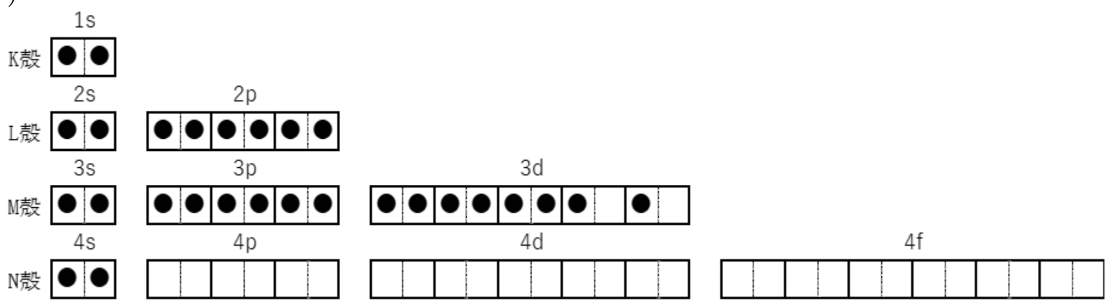


図 B を参考に３ｄ軌道よりも先に４ｓ軌道に入れること、エネルギーの等しい軌道にはできるだけ分散して各軌道に入れることに注意して電子を配置する。

問３

（１）　Sc Ti V Cr Mn Fe Co Ni Cu Zn　（Zn が入っていなくても正解とする）

最も外側の電子殻（最外殻）に入っている電子を、最外殻電子という。最外殻電子は、原子がイオンになったり、ほかの原子と結びついたりするときに重要な役割を果たす。第４周期の $_{19}K$ と $_{20}Ca$ では最外殻である４ｓ軌道に電子が入り、その後 $_{21}Sc$ から $_{30}Zn$ では内側にある３ｄ軌道に電子が入る。このため、$_{21}Sc$ から $_{30}Zn$ までの元素では最外殻電子の数は２個（または１個）で変化しない。したがって原子番号が増加してもその性質はあまり変化しない。

（２）先に外側の N 殻の４ｓ軌道に電子が入った後、内側の M 殻の３ｄ軌道に電子が入っていっている。

2

問１

（１）８個

各頂点：８×１/８個分＝１個分

各面　：６×１/２個分＝３個分

小さな立方体内：４×１＝４個分

（２）1.6×10^{-22} g

$(8\times12\ \mathrm{g/mol})/(6.0\times10^{23}\ /\mathrm{mol}) = 1.6\times10^{-22}$ g

問２

（１）AB　（２）AB_2（A_2B_4）　（３）AB_2（A_4B_8）

単位格子に含まれる粒子の数を数えて組成式を求める。

（１）A 原子１個分、B 原子１個分が存在しているので組成式は AB。

（２）A 原子２個分、B 原子４個分が存在しているので組成式は AB_2。

（３）A 原子４個分、B 原子８個分が存在しているので組成式は AB_2。

問３

（１）２個

赤色がチタンなので，中心１個分＋各頂点 8×1/8 個分＝２個分である。

（２）Ti^{4+}

Ti 原子が２個分、O 原子が４個分存在しているため、組成式は TiO_2 であると考えられる。

酸化物イオン（酸素のイオン）O^{2-}は２価である、またチタンのイオンの価数を X とすると

（陽イオンの価数）×（陽イオンの数）＝（陰イオンの価数）×（陰イオンの数）

X×２　＝　２×４　より　X ＝ 4　したがって　Ti^{4+}となる。

共通問題　生物　解答・解説

【出題の意図】

今年度は前回の 2010 年度を上回る勢いで，ツキノワグマの出没件数が増加した。10 月 11 月だけで昨年の約 13 倍の件数であったと新聞にも掲載されていた。問題文にも掲載したように，ツキノワグマは植物質に偏った食性をもち，基本的にヒトを襲う習性はないものの，鋭い爪や牙など殺傷能力を持ち合わせた生物である。ツキノワグマについて正しい知識をもち，正しく距離をとって生活していけるよう，オリンピックに参加した後も問題意識として残る問題となればと考える。

1 【解答】

⑴ ①　進化の過程で肉食性だったが，現在の草食に偏った雑食性へと変化したため。

②　(a)ア　(b)ウ　(c)オ　(d)イ　(e)エ

⑵ ①　114.78kcal

②　6.62％

③　コロニーを形成するため，他の動物に比べて採食効率が高い

【解説】

⑴ ①　肉食性の構造を持っていることから，体の特徴をそのままに食性だけを変化させたことを推定し，かつて肉食性だったことを解答する。

②　草食性動物は草をすりつぶすための臼歯が発達している。　(b)(c)(d)でその特徴がみられることから，草食性の動物を推察することができる。(b) は角があることからニホンカモシカであることが推察でき，(c) ではとくに切歯が発達している特徴から，げっ歯目であるネズミ類であると推察できる。(d)は消去法でイノシシであるとわかる。(e)はヒトの骨格に近い形状からニホンザルと推察できる。犬歯の発達した(a)は，雑食性であるツキノワグマと推察する。

⑵ ①　600 分で 672 個の石をひっくり返した。(5.6×600/5)

672 個×89.9mｇ＝60412.8mｇのアリを採取

60412.8mｇ×1.9cal＝114784.32cal≒114.78kcal

②　必要なカロリーは 1735kcal となり，6.62％

2 【解答】

⑴　秋に蓄えた栄養状態が良い状態で子どもを発育させることができる。など

⑵　脂肪とタンパク質が濃縮された乳汁

⑶　水分の消費を抑え，高濃度のタンパク質と脂質で急速な子どもの発育に必要な栄養を与えることができる。

【解説】

⑴　春は冬ごもり明けで体力がなく，夏はエサ（摂取カロリー）の欠乏，　秋には脂肪を蓄えるために飽食する必要があるため他に時間やエネルギーを割くことができない。よって冬眠中の出産が最も適応的であると考えられる。

⑵　母乳中のタンパク質含量は，生まれてからの成長速度が早い哺乳動物ほど多いことが知られている。タンパク質はエネルギーの基質であると同時に，筋肉や骨などの基となる物質であるため，成長が早いほどタンパク質の需要が高まる。

著作物引用箇所のため非公表

3【解答】

⑴　**例**

・カキの実をなるべく収穫するようにする。

・林縁に電気柵を用いることで物理的に出入りできないようにする。

・スギ林の間伐や藪の刈り払いによる緩衝地帯の形成。

・里山と人里の間にツキノワグマがあまり利用しない農作物の生産を行い，人里に出にくいようにする。

・中山間地域でDXを用いた農業を行い，大型の農業機械を巡回させることでツキノワグマの危機感を煽る。

＊解答によって得点差あり。

【解説】

⑴　特徴的な取り組みとして富山県ではカウベルト事業などがある。そのような，中山間地を積極的に活用し，里山と人里とを良い意味で分断させるようなアイデアがあれば加点対象としていきたい。また，設問を通してクマとの共生について富山県民として関心をもっていこうとう気持ちを養えればと願っている。

分野問題　数学　解答・解説

$\boxed{1}$

（1） $\frac{8}{3}=2+\frac{2}{3}=2+\frac{1}{\frac{3}{2}}=2+\frac{1}{1+\frac{1}{2}}$　　または，[2,1,2]

（2） $\frac{356}{113}=3+\frac{17}{113}=3+\frac{1}{\frac{113}{17}}=3+\frac{1}{6+\frac{11}{17}}=3+\frac{1}{6+\frac{1}{\frac{17}{11}}}=3+\frac{1}{6+\frac{1}{1+\frac{6}{11}}}=3+\frac{1}{6+\frac{1}{1+\frac{1}{\frac{11}{6}}}}$

$$=3+\cfrac{1}{6+\cfrac{1}{1+\cfrac{1}{1+\cfrac{5}{6}}}}=3+\cfrac{1}{6+\cfrac{1}{1+\cfrac{1}{1+\cfrac{1}{\frac{6}{5}}}}}=3+\cfrac{1}{6+\cfrac{1}{1+\cfrac{1}{1+\cfrac{1}{1+\cfrac{1}{5}}}}}$$

または，[3,6,1,1,1,5]

（3） 両辺に $1+x$ をかけて $x(1+x)=(1+x)+1$

整理すると　$x^2=2$

$x>0$ より　$x=\sqrt{2}$

（4） （3）より　$\sqrt{2}=1+\frac{1}{1+\sqrt{2}}$

$$\sqrt{2}=1+\frac{1}{1+(1+\frac{1}{1+\sqrt{2}})}=1+\frac{1}{2+\frac{1}{1+\sqrt{2}}}=1+\frac{1}{2+\frac{1}{1+(1+\frac{1}{1+\sqrt{2}})}}=1+\frac{1}{2+\frac{1}{2+\frac{1}{1+\sqrt{2}}}}$$

以降，これを繰り返すので　答えは　[1,2,2,2,⋯]

$\boxed{2}$

（1）

もとの 4 桁の自然数を x とおき，その千の位，百の位，十の位，一の位の数をそれぞれ $\mathrm{a,b,c,d}$ とする。

$x=1000\mathrm{a}+100\mathrm{b}+10\mathrm{c}+\mathrm{d}$

$=3(333\mathrm{a}+33\mathrm{b}+3\mathrm{c})+(\mathrm{a}+\mathrm{b}+\mathrm{c}+\mathrm{d})$

である。$333\mathrm{a}+33\mathrm{b}+3\mathrm{c}$ は整数だから，$3(333\mathrm{a}+33\mathrm{b}+3\mathrm{c})$ は 3 の倍数であり，

$\mathrm{a}+\mathrm{b}+\mathrm{c}+\mathrm{d}$　も 3 の倍数であることから，x は 3 の倍数であるといえる。

（2）

もとの 4 桁の自然数を x とすると $x=1000\mathrm{a}+100\mathrm{b}+10\mathrm{c}+\mathrm{d}$　である。

また，仮定から $10\mathrm{a}+\mathrm{b}-2(10\mathrm{c}+\mathrm{d})=67k$ （k は整数）と表せる。

すなわち，$10\mathrm{a}+\mathrm{b}-20\mathrm{c}-2\mathrm{d}=67k$

このとき，

$x=1000\mathrm{a}+100\mathrm{b}+10\mathrm{c}+\mathrm{d}$

$= 100(10\mathrm{a}+\mathrm{b}-20\mathrm{c}-2\mathrm{d})+2010\mathrm{c}+201\mathrm{d}$

$= 100\times 67\,k+67\times 3(10\mathrm{c}+\mathrm{d})$

$= 67(100\,k+30\mathrm{c}+3\mathrm{d})$

である。$100\,k+30\mathrm{c}+3\mathrm{d}$　は整数だから，x は 67 の倍数であるといえる。

（３）

含む素因数の種類によって場合分けする。

（ア）　3 と 5 と 67 のすべてを含む場合

1005 の倍数でなければいけないから，1005, 3015, 5025, 9045 の 4 つ。

（イ）　3 のみを含む場合

3^n の形で 4 桁のものを求めて，2187, 6561 の 2 つ。

（ウ）　5 のみを含む場合

5^n の形で 4 桁のものを求めて，3125 の 1 つ。

（エ）　67 のみを含む場合

67^n の形で 4 桁のものを求めて，4489 の 1 つ。

（オ）　3 と 5 のみを含む場合

15 の倍数である。含まれる素因数 5 の数でさらに場合分けすると，

（あ）　5 を 1 つ含む　　1215, 3645 の 2 つ

（い）　5 を 2 つ含む　　2025, 6075 の 2 つ

（う）　5 を 3 つ含む　　1125, 3375 の 2 つ

（え）　5 を 4 つ含む　　1875, 5625 の 2 つ

（お）　5 を 5 つ含む　　9375 の 1 つ

よって（あ）～（お）より 9 つ

（カ）　5 と 67 のみを含む場合

335 の倍数であり，1675, 8375 の 2 つ

（キ）　3 と 67 のみを含む場合

201 の倍数であり，1809, 5427 の 2 つ

以上，（ア）～（キ）より 21 個

$\boxed{3}$

（１）の解答例；

（ア）$AA' \times BB'$=一定　を示せ。

（イ）$A'B' = AA' + BB'$　を示せ。

（ウ）$\frac{1}{OA'^2} + \frac{1}{OB'^2} = \frac{1}{a^2}$　を示せ。

（ア）の証明；

△OAA'と△$B'BO$の相似より，$AA' : AO = BO : BB'$ ，$AA' : a = a : BB'$ であるから，
$AA' \times BB' = a^2$が成り立つ。

三角比を使用する方法もある。

（イ）の証明；

点Oから線分$A'B'$へ垂線OHを下ろす。線分$A'B'$の中点をMとすると，$OM // \ell$ より，$\angle AA'O = \angle MOA'$である。また，$\angle A'OB'$が直角であることから，点$M$は△$OA'B'$の外心となるので，$\angle MA'O = \angle MOA'$である。このとき，$\angle AA'O = \angle MA'O$であるから，

△$AOA' \equiv$△HOA'が成り立つ。ゆえに，$AA' = HA'$となる。同様に，$BB' = HB'$である。ゆえに，$A'B' = AA' + BB'$ が成り立つ。

三角比を利用すると簡単。

（ウ）の証明；

$\angle AOA' = \angle BB'O = \alpha$ とおくと，$\cos\alpha = \frac{a}{OA'}$ ，$\sin\alpha = \frac{a}{OB'}$ であるから，

$\frac{1}{OA'^2} + \frac{1}{OB'^2} = \frac{\cos^2\alpha + \sin^2\alpha}{a^2} = \frac{1}{a^2}$ が成り立つ。

（２）

解答１；

$OA' = \sqrt{a^2+x^2}$ ，$OB' = \frac{a\sqrt{a^2+x^2}}{x}$ より，

△$OA'B'$の面積＝$\frac{1}{2} \times OA' \times OB' = \frac{a(a^2+x^2)}{2x} = \frac{a^2}{2}\left(\frac{a}{x}+\frac{x}{a}\right) \geqq \frac{2a^2}{2} = a^2$

であり，$\frac{a}{x} = \frac{x}{a}$ つまり，$x = a$ のとき最小値 a^2 となる。（後半の不等号は，相加平均と相乗平均の大小関係を用いた。）

解答２；

解答１の計算において，

△$OA'B'$の面積＝$\frac{1}{2} \times OA' \times OB' = \frac{a}{2}\sqrt{\frac{(a^2+x^2)^2}{x^2}} = \frac{a}{2}\sqrt{\left(\frac{a^2}{x}\right)^2 + 2a^2 + x^2}$ ・・・①

問題文の公式を用いると，

$$① \geqq \frac{a}{2}\sqrt{2a^2 + 2 \times \frac{a^2}{x} \times x} = \frac{a}{2}\sqrt{4a^2} = \frac{2a^2}{2} = a^2$$

であり，$\frac{a^2}{x} = x$ つまり，$x = a$ のとき最小値 a^2 となる。

解答３；

$OA' = \sqrt{a^2+x^2}$ ，$OB' = \frac{a\sqrt{a^2+x^2}}{x}$ より，

△$OA'B'$の面積＝$\frac{1}{2} \times OA' \times OB' = \frac{a(a^2+x^2)}{2x}$

である。また，$\angle AOA' = \angle BB'O = \alpha$ とすると，

△$OA'B'$の面積＝$\frac{1}{2} \times OA' \times OB' = \frac{a^2}{2\sin\alpha\cos\alpha} = \frac{a^2}{\sin 2\alpha}$

であり，$\sin 2\alpha$が最大値１のとき，面積の最小値は a^2 となる。このとき，$2\alpha = 90^\circ$だから，$\alpha = 45^\circ$，

△AOA'は直角二等辺三角形となり，$x = a$となる。

実験問題　物理　解答

$\boxed{2}$　レポート１（１）

　アルミ球は下敷に引き寄せられて浮きあがるが，下敷に触れた途端に下敷から反発するように離れる。また，アルミ球が落下して机上のアルミホイルに触れると，再びアルミ球は下敷に引き寄せられ浮き上がる。このような現象が繰り返し起こる。

$\boxed{2}$　レポート１（２）

　塩化ビニル樹脂製の下敷は，キッチンペーパーでこすると負に帯電することが知られている。帯電した下敷をアルミ球に近づけると，アルミ球内で電子が移動し，アルミ球の表面には，下敷に近い側に（正・負），遠い側に（正・負）の電荷が現れる。この現象は静電誘導と呼ばれる。帯電した物体同士にはたらく静電気力は，距離が近いほど（大きく・小さく）なるため，下敷とアルミ球には（引力・反発力）が生じる。一方，下敷にアルミ球が触れた場合，下敷が持つ電子の一部がアルミ球に移動する。これにより，下敷とアルミ球の間には（引力・反発力）が生じる。アルミニウムは（導体・不導体）であるため，アルミ球が下敷に触れた後に机上のアルミホイルに接触した場合，電子はアルミホイル全体に広がる。これにより，レポート１（１）のような運動が起こる。

$\boxed{2}$　レポート２（１）

時間〔s〕	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
電流〔mA〕	200	115	75	50	37	28	21	17	12	9

時間〔s〕	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190
電流〔mA〕	7	6	5	4	3	2	2	1	1	1

2 レポート２（２）①

配布した［グラフ作成用厚紙］に記入する。

2 レポート２（２）②

（面積を求める方法）

面積 49 cm^2

・200mA と 190 秒で囲まれた正方形を切り取り，面積を計算し，電子はかりで質量を計測する。
・原点とグラフで囲まれた部分を切り取り，電子はかりで質量を計測する。
・長方形の面積と，長方形とグラフ部分の質量比からグラフ部分の面積を計算する。

長方形の面積：200mA → 20cm，190 秒 → 19cm より，20×19＝380cm^2

長方形の質量：14.7g ，グラフ部分の質量：1.9 g

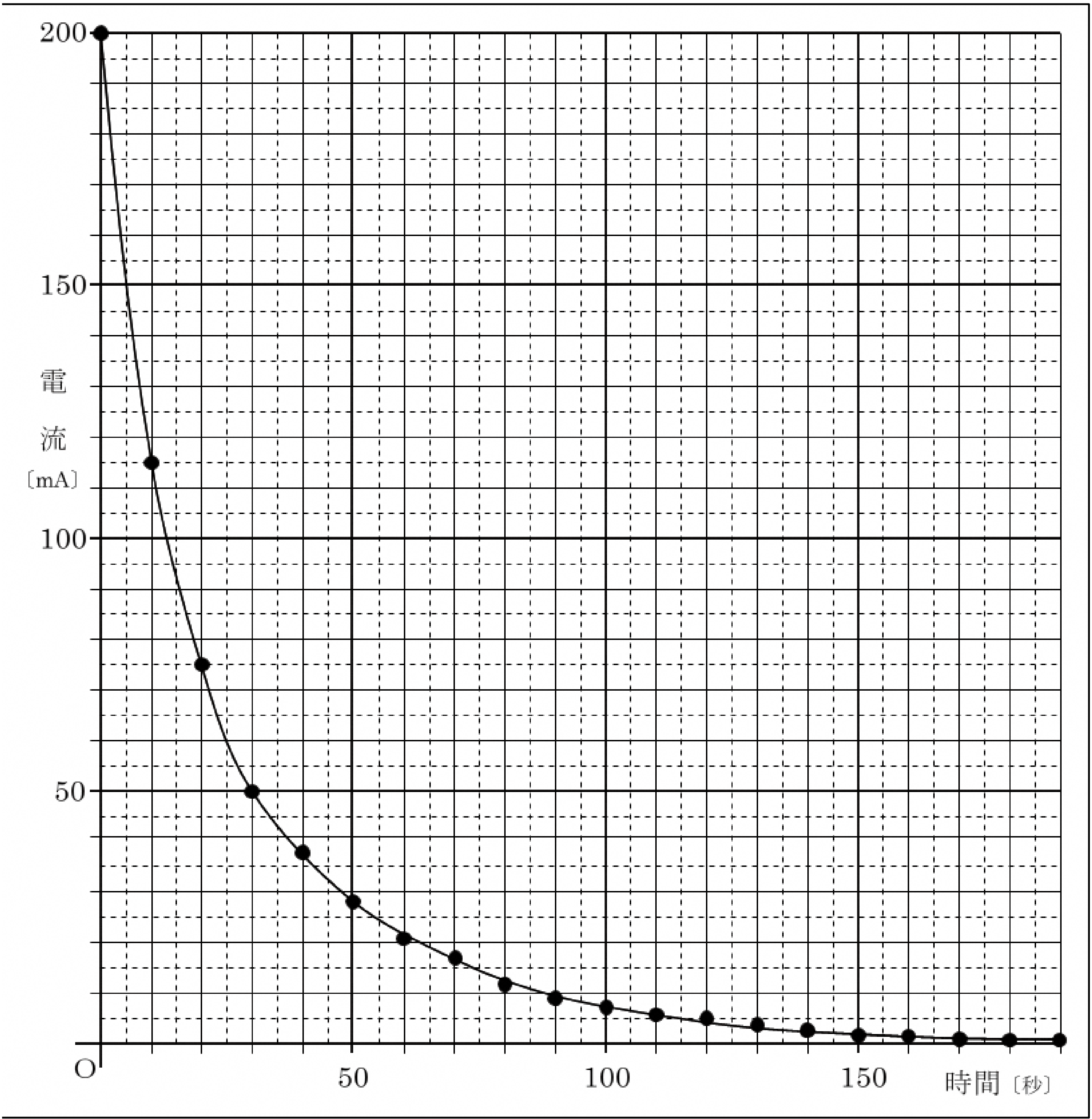
グラフの面積を x cm^2 とする→ $\frac{x}{380}=\frac{1.9}{14.7}$ より

$x=$ 49 cm^2 となる。

（はさみやカッター，小型電子はかり等を用いる理由）

・グラフは曲線となるため，原点とグラフで囲まれた部分の面積を，グラフのマス目から正確に計測することは困難である。そのため，厚紙の質量を利用して，全体と切り取ったグラフ部分の質量比から面積を計算する方法を用いた。

2 レポート２（２）③



2 レポート２（２）④

（電気量を求めた計算や根拠）

電気量	4.9	C

・電気量は $Q = I \cdot t$ より，
グラフの 1.0cm² は，0.01A(10mA)×10 秒＝0.1 なので，0.10C に相当する。
よって，グラフの面積 49 cm² は， Q＝49×0.10＝4.9C となる。

2 レポート２（３）

（電気容量を推測した計算や根拠）

電気容量	1.6	F

・$Q = C \cdot V$ なので，比例定数 C は
$C = Q／V$ と計算できる。よって，C＝ 4.9／3 ＝ 1.6F となる。
・実験では 190 秒で 0 mA にはならなかった。そのため，実際の電気容量は，実験結果から導いた値よりわずかに大きいことが推測される。
（※実験で用いたコンデンサーは，規格が 1.5F±20%のコンデンサーを用いた。）

2 レポート３（１）

静電モーターが回転する原理

・ーに帯電した下敷から，集電帯を通してプラカップ･コンデンサーの内側のアルミホイルに，ーの電荷を持った電子が蓄えられる。
・ーに帯電したプラカップ側の電極 A を回転子のアルミホイルに近づけると，回転子のアルミホイルが静電誘導を起こし引き合うため，回転子が動き出す。電極 A が回転子のアルミホイルに接触すると，電子が移動するため反発する。回転子はこの引力と反発力により回転を始める。
・回転子が回りーに帯電した回転子のアルミホイルがプラカップとは反対側に位置する電極 B に近づくと電極 B が静電誘導を起こし引き合う。また，B が回転子のアルミホイルに接触すると，電子が移動する。電極 B に移った電子は台座を伝わってプラカップの外側にまで広がる。
・回転子は，電子がプラカップの内側から外側のアルミホイルに移動しながら回り続ける。

2 レポート３（２）

○ 回転子として選んだカップとその理由
・一番小さいもの
・なるべく質量を小さくし，回転させるために必要な力を小さくするため。

○ コンデンサーとして選んだカップとその理由
・一番大きいもの
・なるべく面積を大きくし，たくさんの電荷を蓄えられるようにするため。

2 レポート３（３）

○ さらに長く回転させるための改善点

回転時間	８３	秒

・２つのプラカップを密着させるようにきつく重ねて電極板の距離を短くする。
・回転子の画鋲は，より摩擦を小さくするため，画鋲の先端をさらにとがらせる。
・回転子の回転がぶれないように回転の中心を正確に割り出す。
・キッチンペーパーが湿っていると十分な静電気が起こらないので，予備のキッチンペーパーで手の汗をしっかり拭き取ってから軍手をはめて静電気を発生させる。
・ブラシで引力･斥力が生じるので，ブラシの形をできるだけ大きくする。
・ブラシが回転子に触れていると接触摩擦が生じるので，わずか離して設置する。
・回転子のアルミ箔の長さをブラシの長さと同じにして，引力･斥力を効率よくする。
・回転子のアルミ箔の幅を狭くして数を増やし引力･斥力のタイミングを増やす。　など

実験問題　化学　解答・解説

1

＜解答＞

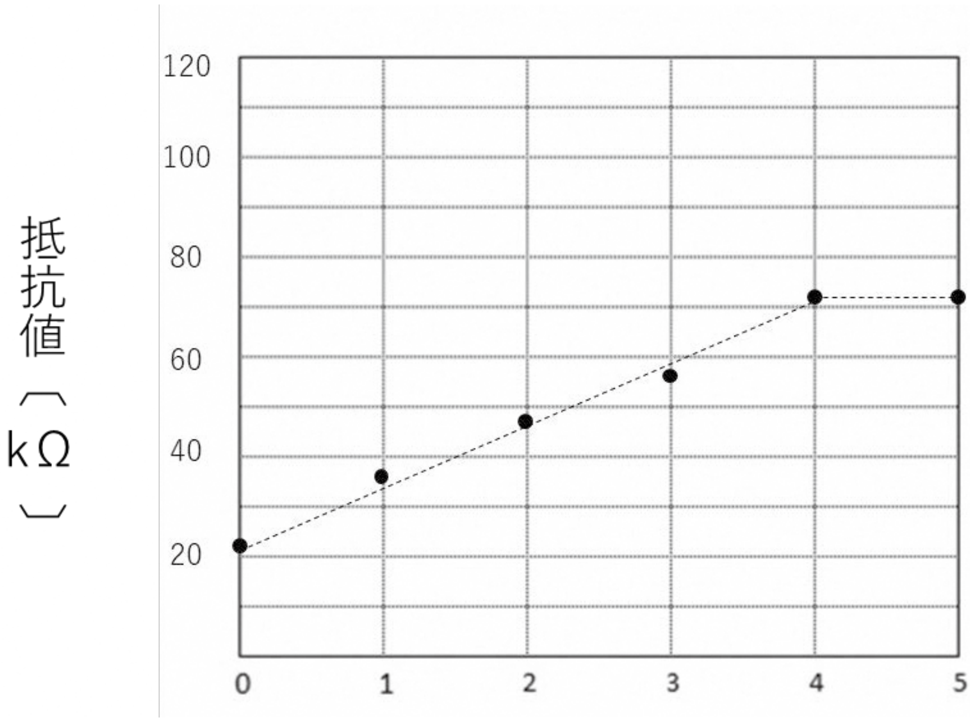
問１　調製する試薬の量に応じて適切な器具を使用する。

使用した器具（例）2 ㎖ メスピペット×４，ディスポカップ×６，ピペッター

問２　抵抗値は作成した装置によって特性があり，決まった値を示さない。そのため，自作装置でデータを測定し，表にまとめることができているか。グループの結果から，適切な検量線を引けているか。

実験例

標準溶液	1	2	3	4	5	6
実験１	**21.9**	**35.9**	**46.7**	**57.0**	**71.7**	**72.2**
実験２	**22.1**	**36.5**	**47.5**	**57.2**	**72.2**	**72.1**
実験３	**22.3**	**36.2**	**47.1**	**56.8**	**72.1**	**72.0**
平均	**22.1**	**36.2**	**47.1**	**57.0**	**72.0**	**72.1**



問３　※未知試料Ａは2.5×10^{-5} mol/L，未知試料Ｂは4.5×10^{-5} mol/Lに調整してある。

問２で作成した検量線にＡ，Ｂの測定結果をプロットして考察を行う。

未知試料Ａは，標準溶液３と４の間程度の抵抗値であるため，**2.0～3.0×10^{-5} mol/L**の濃度であると判断できる。

未知試料Ｂは，標準溶液４より大きな抵抗値を示すことから，**4.0×10^{-5} mol/Lより濃度が大きい**ことを判断できればよい。

問４　比色計の作成や実験操作・データの処理において，妥当な工夫については加点した。

【比色計作成について】

折り目の工夫，アルミテープの貼り方など。

【問１について】

目的の体積を一度ではかりとれるように器具を選択した。

共洗い，など。

【問２について】

測定値のうち，大きく外れた点は除外して残りの数値から平均を出した。

など

【参考実験】

水質を分析する簡易比色計をつくろう｜おもしろ科学実験室（工学のふしぎな世界）｜国立大学55工学系学部HP

https://www.mirai-kougaku.jp/laboratory/pages/151224.php

2

問５　**１で作成した溶液の色は赤色に見える，すなわち溶液には赤色の補色である青緑色の光が吸収されている。そのため，緑色の発光ダイオードを用いて測定することになる。**

問６　**380 nm（～480nm）程度の発光ダイオード**

補色が黄色ということは，色相環から青みの紫色の光を吸収する溶液であるということがわかる。図３より紫色は380nm（～480nm）くらいの波長を持つ。

問７　**Ｘ… オ，Ｙ…エ**

図4よりＸは530nmあたり，Ｙは720nmあたりに吸収極大（吸光度の山）をもっていることがわかる。図３からその波長の光の色を探すと，それぞれ(黄)緑と，橙色になる。

色相環より，その補色にもっとも近いものは赤紫と青になる。

よってＸは赤紫色，Ｙは青色に見えることになる。

ちなみに，Ｘは過マンガン酸カリウム水溶液，Ｙは硫酸銅（Ⅱ）の吸光度である。

専門問題　生物　解答・解説

【出題の意図】

1は，実験や調査を行う場合に，ただ与えられた手順を実行するのではなく，さまざまな点に疑問や着眼をもつこと，そして，どうすればよいかを自ら考えることを意図しており，実験や調査における科学的はものの考え方を学ぶ。

2は，身近に生息し，幼い頃から多くの人が一度は見たことがあるアリに着目し，形態観察を行うことで身近にある生物に目を向けることを意図しており，生物の進化や形態的特徴について考えるきっかけにする。

1【解答】

⑴　ア，イ，エ，オ

⑵ 例

・　山地はその地形によって日の当たりやすい側や当たりにくい側があり，同じ標高でも場所によっては気温が異なるため，頂上を中心として区画を放射状に分散させる。

・　傾斜が生育に影響を及ぼす可能性も考えられるため，傾斜角も考慮して区画の位置を決める。

・　山地は地形によって風向きや風速が大きく異なるため，各区画の風向き，風速を調査する。

・　植物Ａの分布が（同じ標高であっても）一定の場所に集中している場合，区画法での調査は不正確となるため，標高 600～700 ｍの地点における植物Ａの分布が一様となっているかを調査する。

⑶　①例　植物Ｂが分泌する物質は，土壌中に拡散することで作用するのか。

②例　植物Ｂが分泌する物質は，揮発性をもち，空気中を拡散することで作用するのか。

⑷ 例　物質を合成していると示唆される生育段階の植物Ｂの個体を器官ごとに分けて細分し，水分を含んだ別々の土壌にそれぞれ混ぜる。（土壌はすべて同じものを用意する。）それぞれの土壌に，ほぼ同じ生育段階の植物Ｃを植えて生育度を比較する。

例　物質を合成していると示唆される生育段階の植物Ｂの個体を器官ごとに分けて細分し，一定期間，水に付けておく。その後，それぞれの水をほぼ同じ生育段階の植物Ｃにそれぞれ同量与え続けて，生育度を比較する。

※論理性だけでなく，加点の対象としてよい記述については加点対象。

$\boxed{1}$【解説】

⑴　選択肢ウに関して，外来生物の侵入は生態系に悪影響をもたらすことの方が多いため，生態系が安定しやすくなるとはいえない。

⑵　さまざまな着眼が考えられ，着眼として評価できる記述については得点の対象とする。

⑶　カズヤの実験は，植物 C が植物 B と同じ土壌にあるか別の土壌にあるかで条件を分けており，土壌中への物質の拡散を調べる意図があることを示したい。ミナミの実験は，植物 B から近いまたは遠いという距離の条件を分けることで，空気中への物質の拡散有無を調べる意図があると気付きたい。

⑷　どの器官で合成されているのかを推定するには，各器官の実験結果を比較することが求められる。また，他の諸条件をすべて同一にした上で実験を行うことについても言及したい。

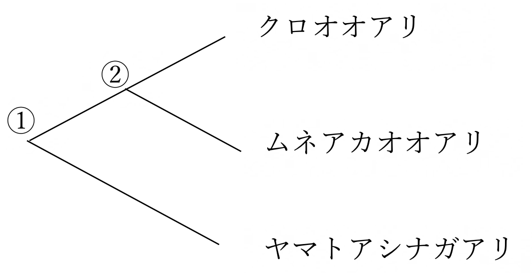
2【解答】

⑴　３種

種名および特徴（観察を行い，資料を用いて同定する）

種名	特徴（その種と同定した理由）
ヤマトアシナガアリ	体長 3〜5 ㎜。腹柄が２つある。 触角柄節，胸部，脚ともに比較的短い。体色は暗褐色から淡褐色で，脚は暗褐色から暗黄褐色。 正面から見て頭部後縁は偏平。後頭部や前胸部は主に点刻におおわれる。胸部周縁部などにしわをもつ。肩部は角ばっている。前伸腹節刺はやや太く先端は尖る。
ムネアカオオアリ	体長 7〜12 ㎜。腹柄が１つある。 頭部と脚は黒色，胸部と腹柄節は赤色（または黄褐色から赤褐色）。腹部は黒色で第 1 節基部は赤色。 前胸が胸部の他の部分と同様に赤い。
クロオオアリ	体長 7〜12㎜。腹柄が１つある。 体は全体が黒色。 腹部は横から見て，前胸から前伸腹節の後端までゆるやかな１つの弧を描く。腹部に長い毛を多くもつ。触角やあしは比較的長い。

⑵　**ヤマトアシナガアリ，ムネアカオオアリ，クロオオアリ**



①腹柄が１つか２つか

②胸部の色が赤色か黒色か。

⑶　①　準備物：砂糖水が入ったシャーレ数個

②　樹木の下や玄関付近，グラウンド近くの日なたなど，環境の異なる数か所に砂糖水を入れたシャーレを設置する。

※評価できる項目１つにつき何点，という加点方式で採点し（最大何点という上限を設ける），着眼として評価できる記述については得点の対象とする。

⑷　①　分解者

②　**例**・身体に節が存在していない。

・触角が節ではなく数珠状である。等

⑸　①　女王アリ：1/2　　アリＢ：1/2 ②　自分の子供が 1 個体生存することも，姉妹が 1 個体生存することも血縁度は同じであるので，姉妹の適応度を高め，自らと同じ遺伝子を残すために姉妹の世話をする。等

2【解説】

⑴　アリの形態を観察し，いくつもの節から体が形成されていることに気付いてほしい。アリなどの昆虫は外骨格を持ち，哺乳類とは異なり「骨」を体の中に持たない。ヒトの骨にあたる役割を，昆虫では節からなる外骨格が担っている。また，アリの体表に毛が生えているところなども観察しながら同定できるとよい。

⑵　それぞれの種の形態的特徴の類似点，相違点を考えて系統樹を作成する。近年，ゲノム配列から作成した分子系統樹が多くなっているが，ゲノム配列と形態的特徴など様々な視点から進化の道筋が考えられている。

⑶　アリが生活していくために必要なものは何かを考えてトラップを設置することができたのかが重要である。また，校内のアリに生育している種を調べたいので，種ごとに生息するのに適した場所が異なることに気付けると良い。

⑷②　アリはハチ目アリ上科アリ科に属する，ハチの仲間である。アリやハチは，完全変態昆虫（卵，幼虫，蛹，成虫の段階を経て成長する）であり，社会性昆虫でもある。一方で，アリと名前が似ており，同じく社会性昆虫であるシロアリは，不完全変態昆虫（蛹の期間がなく，幼虫と成虫が似た形態をしている）であり，系統的にはゴキブリに近い生物である。形態もアリと似ているが，アリの特徴である節が存在せず，触角も数珠状である。

⑸　２つの個体がどれだけ近縁かを示したものを血縁度という。血縁度は，２個体が共通の祖先に由来する特定の対立遺伝子をともにもつ確率によって示される。例えばある遺伝子 A において，子供が母由来の遺伝子 A を持つ確率は 1/2 となる。また，兄弟姉妹（子供 1 と子供 2）で同じ遺伝子を持つ確率は，母由来の同じ遺伝子 A をもつのは 1/2×1/2＝1/4，父由来の同じ遺伝子 A をもつのは 1/2×1/2＝1/4 になるので，1/4+1/4＝1/2。すなわち，自分と同じ遺伝子を残そうとして，自分の子供や兄弟姉妹の世話を行うのである。