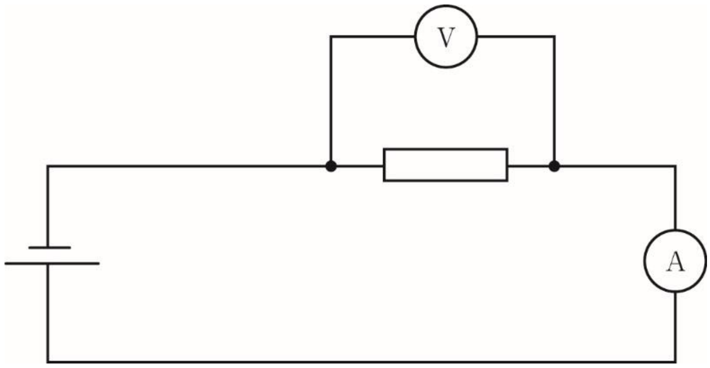
科学の甲子園ジュニア エキシビション大会

筆記競技【本選】

解答と解説

問１

(1)



(2)　(ア)

0.0 mA

(イ)

5.4 mA(0.0054 A)　(5.2 mA～5.6 mA の間も正解とした。)

(ウ)

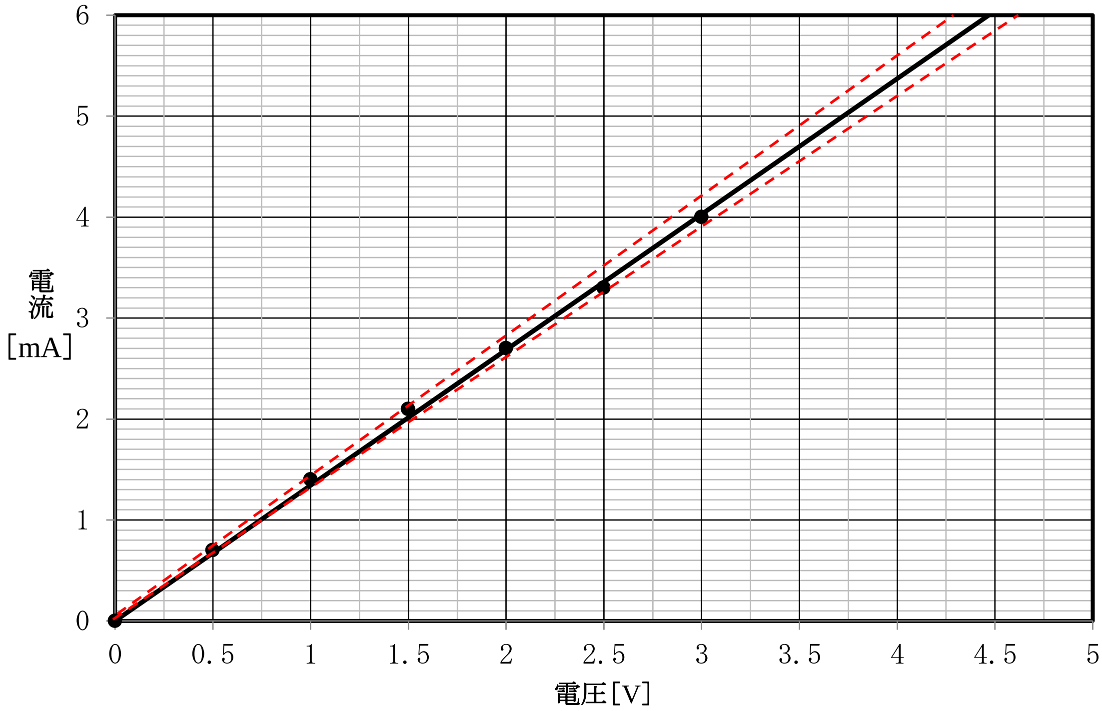
グラフの傾きの逆数より，

$$\frac{4.0\ \mathrm{V}}{0.0054\ \mathrm{A}}=740.7=741\ \Omega$$

((イ)の結果を用いて正しく計算され，714～769 Ωの範囲は正解とした。)

【解説】

各データの値をプロットし，０を通り各データ点から均等に離れている直線を引くと次の図のようになります。直線を測定値の 3.0 V の先まで引く(これを外挿するといいます)と，電圧が 4.0 V のときの電流の値は 5.4 mA となります。抵抗値は，この直線の傾きの逆数になります。なお，直線の傾きが破線の範囲内に収まっていれば，正解としました。



問２

(1)　(ア)

0.0 mA

(イ)

6.4 mA(0.0064 A)　(6.1 mA～6.7 mA の間も正解とした。)

(ウ)

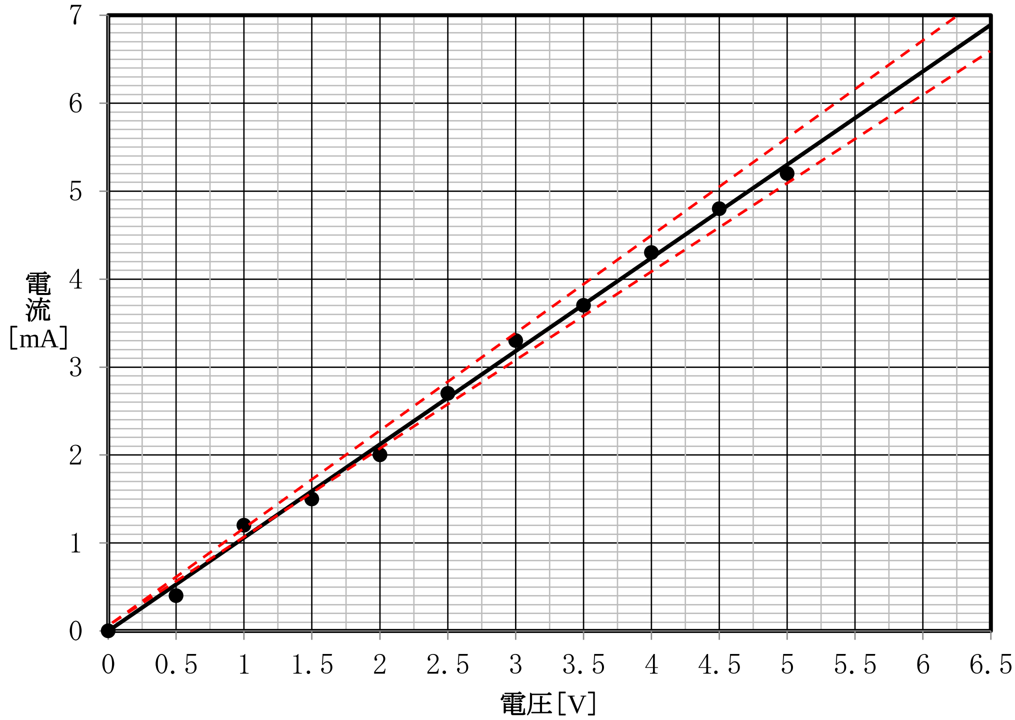
グラフの傾きの逆数より,

$$\frac{6.0\ \mathrm{V}}{0.0064\ \mathrm{A}}=937.5=938\ \ \Omega$$

((イ)の結果を用いて正しく計算され，896～984 Ω の範囲は正解とした。)

【解説】

問１ (2) と同じように，プロット点から均等に離れている直線を引くと下の図のようになります。電圧が 6.0 V のところまで直線を外挿しますと，電流の値は 6.4 mA となります。



問１，**問２** 両方の電流の測定値は，アナログ電流計の 50 mA レンジで測定しました。この場合，最小目盛りは 1 mA になるため，最小目盛りの 1/10 の 0.1 mA 単位まで示すこととしました。この 0.1 mA の桁は目分量になるため，誤差として正解に幅を持たせました。

問３

(1)

コイルに電流が流れると，図のコイルの上側がＮ極の電磁石になる。

(2)

コイルの上側と永久磁石のＮ極との間に反発力，Ｓ極との間に引力が生じ，指針は振れる。

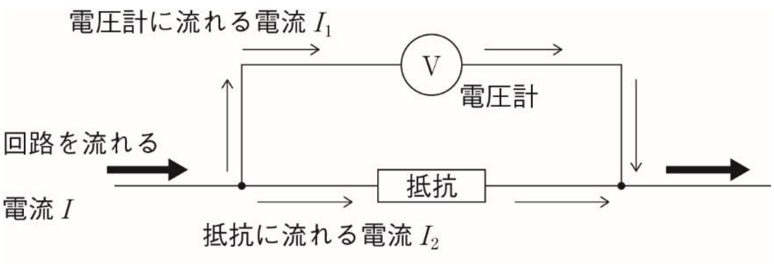
(3)

(2)でコイルと指針の動きとともに渦巻ばねは縮む。指針は，コイルが受ける反発力および引力と渦巻ばねの縮む力がつり合うところで止まる。電流が流れないと渦巻ばねは，コイルと指針を元の位置に戻す。

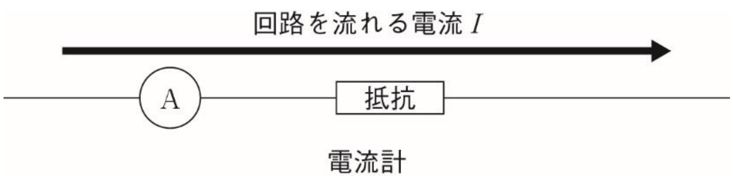
【解説】

一般的なアナログ電圧計のメーターの部分は問題文**【図２】**のような構造をとっています。このようなメーターを「可動コイル型計器」といいます。抵抗などの電圧を測りたい素子の両端に，電圧計を接続しますと，その素子と電圧計で回路が並列になり，電圧計にも電流が流れます。電圧計は，このとき流れる電流の大きさから素子の両端の電圧に変換をしています。

なお，電流計は回路に直列に計器を入れて，その回路を流れる電流を可動コイル型計器で測っています。つまり，電圧計も電流計も基本的な仕組みはまったく同じものなのです(両方とも電流を測っています)。



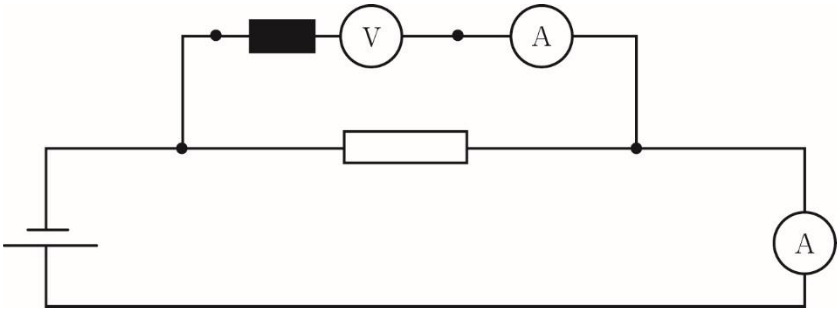
電圧計



電流計

問４

(1)



(2)

電圧が 3.00 V のとき 1.0 mA の電流が流れていればよいので，

$$\frac{3.00\ \mathrm{V}}{0.001\ \mathrm{A}} = 3000\ \Omega$$

答　3.0 kΩ (3000 Ω)

(3)

電圧が 15 V のとき 1.0 mA の電流が流れていればよいので，

$$\frac{15\ \mathrm{V}}{0.001\ \mathrm{A}} = 15000\ \Omega = 15\ \mathrm{k}\Omega$$

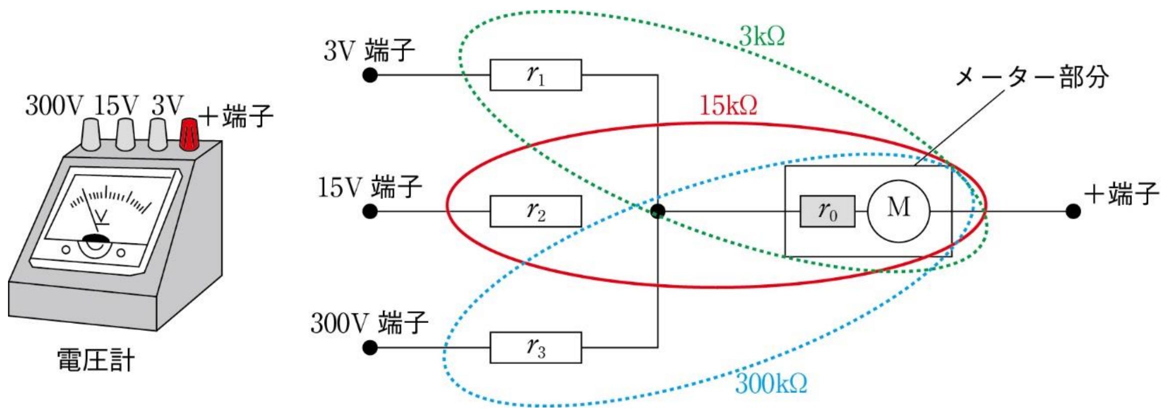
答　15 kΩ (15000 Ω)

【解説】

可動コイル計器のコイルは銅線を巻いて作ってあります。銅線は導体ですので，その抵抗は大変小さいですが，コイルのように何回も巻きますとその抵抗値は増加します。つまり，可動コイル計器そのものが抵抗をもっているのです。このように測定器そのものがもつ抵抗のことを「内部抵抗」といいます。

さて，問題の電圧計のメーターは，最大１mA 電流が流れたときに，指針が測定範囲の最大を示すように作られています。３V 端子の場合，内部抵抗が３kΩ なので，３V で１mA 流れるようになっています。それでは，もっと大きい電圧(問題では 15 V 端子で５V まで測っています)を測るときはどうすればよいのでしょうか。

下図は電圧計の端子とつながっている内部抵抗を模式的に表したものです。３V 端子は，メーター本体の抵抗に加えてメーターに直列に抵抗r_1を接続して合計３kΩ にしています。この抵抗r_1を，合計が 15 kΩ になるような抵抗r_2につなぎ替えると，結果的に３V 端子と同じようにメーターを使うことができ，さらに測定範囲が５倍の 15 V にすることができます（もちろんその分最小目盛りも 1/5 になります)。もっと大きな電圧を測りたい場合は，さらに大きな抵抗を直列に接続すればよいのです（図では 300 V 端子になっています)。



なお，(2)，(3)の答えは，**問１**や**問２**の結果を用いても，求めることができます。この場合, **問１**や**問２**で求めた抵抗値が,「１kΩ の測定抵抗と電圧計の内部抵抗の合成抵抗である」, と考えます。

・**問１**の結果を利用した場合（３V 端子)

問１より全体の抵抗（合成抵抗）の値が 741 Ω になったので，内部抵抗の値をrとすると，

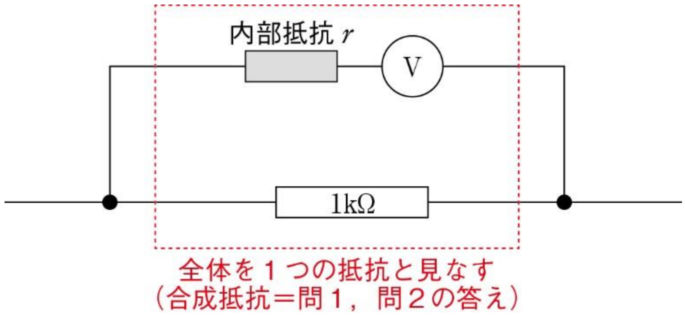
$$\frac{1}{1000}+\frac{1}{r}=\frac{1}{741} \quad よって， \quad r=2861 \ \Omega$$

・**問２**の結果を利用した場合（15 V 端子)

問２より全体の抵抗（合成抵抗）の値が 938 Ωになったので，内部抵抗の値をrとしますと，

$$\frac{1}{1000}+\frac{1}{r}=\frac{1}{938} \quad よって， \quad r=15129 \ \Omega$$

ただし，問題文は「**【表３】**の結果から」と書いてありますので，今回このようにして求めた場合は不正解としました。本来であれば**問１，２**の結果から求めた値と，**【表３】**から求めた値は一致するはずです。今回その値が異なってしまった原因は，**問１，２**の測定精度にあります。**問２**の解説でも述べましたが，最小目盛りが 1 mA の電流計で微少な電流を求めているため，0.1 mA のオーダーに大きな誤差がふくまれています。少しの測定値の変化で合成抵抗の値が大きく変わってしまうからです。



問５

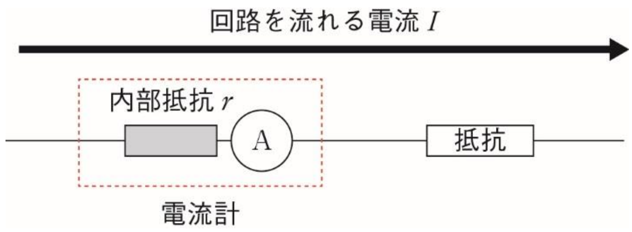
> 電圧計にも抵抗があるため，回路の全抵抗は，電圧計の内部の抵抗と測定する抵抗の並列接続による合成抵抗である。合成抵抗の値は測定する抵抗の抵抗値よりも小さくなるため，電流計で測る電流は，測定する抵抗と電圧からオームの法則によって求められる値より大きくなる。そのため，求める抵抗値が変化する。

問６

> 回路の全抵抗が電圧計の内部の抵抗との並列接続になっているので，測定する抵抗と電圧計の内部の抵抗の大きさが同じくらいになると，電圧計に電流が多く流れてしまい，正しい値を測れない。そのため，測定する抵抗の抵抗値は，電圧計の抵抗の大きさよりかなり小さくなければならない。

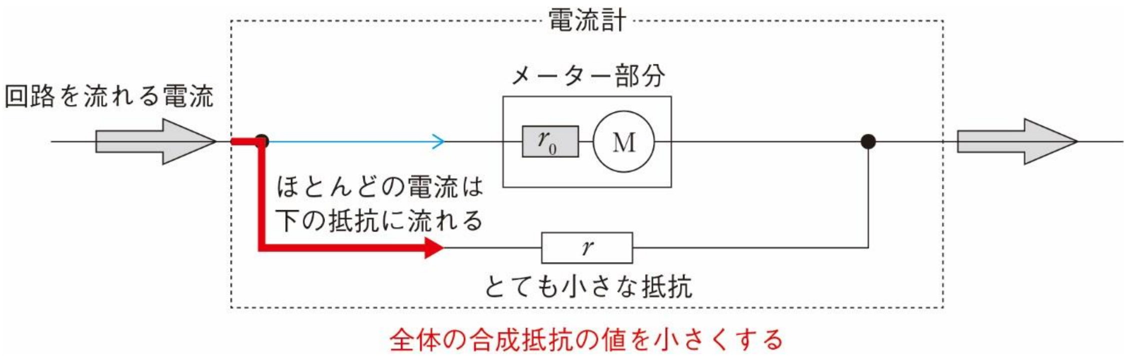
【補足：電流計の内部抵抗】

今回の問題では触れませんでしたが，電流計も抵抗（内部抵抗）を持っています。



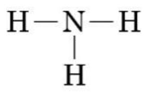
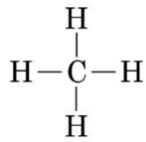
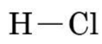
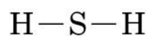
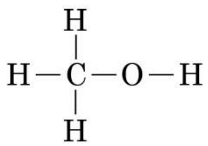
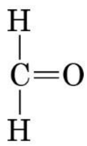
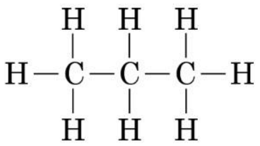
アナログ電流計や電圧計に使われている可動コイル計器本体の抵抗値は，おおむね数 10～数 100 Ω 程度です。この計器をそのまま回路に直列に入れてしまったのでは，電流計は回路に直列に接続するので，回路に重大な影響を及ぼしてしまう可能性があります。そのため，電流計の内部抵抗はできる限り小さくする必要があります。そこで，電流計には以下のような工夫がされています。

下の図は電流計の内部を表した模式図です。電流計のメーター部分が持つ抵抗r_0よりも非常に小さい抵抗値をもつ抵抗rを，メーター部分に並列に接続します。すると，流れる電流のほとんどは，メーターではなくて取り付けた抵抗の方を流れるようになり，電流計全体の合成抵抗は小さくなるのです。こうすれば，回路への影響を少なくすることができます。



電圧計や電流計で回路の電圧や電流を測るためには，回路にそれらの機器をつなげなくてはなりません。しかし，これらの測定機器をつなげたことにより，元の回路とはちがった回路になってしまいます。そうすると，回路に流れる電流の値も変わってしまい，当然，抵抗などの素子にかかる電圧も変化します。電圧計や電流計を使って測定するときは，これらの影響をできるだけ少なくする工夫をしなければならないのです。

問１

⑴ 	⑵ 	⑶ 	⑷ 
⑸ 		⑹ 	
⑺ 			

【解説】

問題文の結合の手モデルのルールにしたがって考えると，解答のようなことがわかる。⑸～⑺は少し難しいかもしれないが，与えられた分子式からはこの結合の仕方以外の組み合わせはないので，よく考えればわかるはずである。

問２

（ア）	2	（イ）	1	（ウ）	2	（エ）	3	（オ）	2
（カ）	3	（キ）	6	（ク）	6	（ケ）	6		

【解説】

矢印の左側と右側にある原子の数が等しくなるように係数をつけるとこのような化学反応式になる。例えば，メタンの燃焼の化学反応式で説明すると，メタンには炭素原子が１つあるので，燃焼によって生成する二酸化炭素の係数は１になる（化学反応式においては係数が１のときは数字を省略する）。一方，メタンの水素原子の数は４であり，水分子の水素原子の数は２であるので，水の係数は２になる。このようにして，二酸化炭素と水の係数が決まると，矢印の右側にある酸素原子の数は合計で４になるので，左側の酸素分子の係数は

２と決まる。

エタノールやブドウ糖にはもともと酸素原子がふくまれているので，最後の酸素分子の係数を考えるときには，その分を差し引かなければならないことに注意する。

$$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$$
$$C_2H_6O + 3O_2 \rightarrow 2CO_2 + 3H_2O$$
$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O$$

私たちは都市ガスを燃焼させて得られる熱エネルギーを利用して生活している。それと同じように，私たちは食物として取りこんだデンプンを消化して，体内で生じたブドウ糖と呼吸によって取り入れた酸素との反応によって得られるエネルギーを利用して生命を維持している。ブドウ糖は最終的に二酸化炭素と水に分解される。

なお，消毒液に使われるエタノールも可燃性なので，高濃度のエタノール消毒液を使用するときは，火気に十分注意する必要がある。

問３

$$\boxed{6CO_2 + 6H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2}$$

【解説】

私たちが生きていくために必要なエネルギー源であるブドウ糖は，植物の光合成によって空気中の二酸化炭素と水から合成され，同時に酸素を生じる。これを化学反応式で書くと，燃焼反応と正反対の反応式になる。

$$6CO_2 + 6H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

燃焼反応は熱エネルギーが放出される反応であるのに対し，その逆の反応を進めるためにはエネルギーが必要となる（エネルギーを吸収する反応)。自然界で起こる光合成では太陽の光エネルギーが利用されている。植物を育てるときに，水を与え，日当たりのよい場所を選ぶのは，光合成を促進するために理にかなっているといえる。そして，私たちの目には見えないが，空気中の二酸化炭素も盛んに吸収しながら生長しているのである。

なお，生物分野では光合成の化学反応式を下記のように表すことがある。これは，実際の光合成の過程において，生成する酸素が二酸化炭素からではなくすべて水に由来していること，および水が再合成されていることを明確に示すためである。化学分野では，一般に解答例のような物質の最終的な収支のみを示す化学反応式が用いられる。

$$6CO_2 + 12H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 6H_2O$$

問４

192	g

【解説】

質量保存の法則により，反応の前後での物質全体の質量も変わらない。したがって，初めのブドウ糖の質量がわかっていて,それを燃焼したときの二酸化炭素と水の質量がわかれば,燃焼に使われた酸素の質量を計算することができる。このことから，逆反応である光合成において，同量のブドウ糖を合成するときに生じる酸素の質量もわかるはずである。

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O$$

$$180\ \mathrm{g} \qquad x\,〔\mathrm{g}〕 \qquad 264\ \mathrm{g} \qquad 108\ \mathrm{g}$$

$$180 + x = 264 + 108 \qquad x = \underline{192\ \mathrm{g}}$$

問５

⑴

(ア)	2	(イ)	2

⑵

92	g

【解説】

人間をはじめほとんどの生物は酸素を使って主にブドウ糖を分解することでエネルギーを取り出している（これを好気呼吸（こうきこきゅう）という）が，酵母菌は主に，酸素を使わずにブドウ糖を分解することでエネルギーを取り出している（これを嫌気呼吸（けんきこきゅう）という）。嫌気呼吸の際にはアルコールなどが生じるため，これを利用して，日本酒やビールが製造されている。反応式は異なるが，係数の付け方や質量保存の法則が成り立つことは共通している。

⑴　ブドウ糖には水素原子が 12 個ふくまれているので，エタノールの係数は２になる。２分子のエタノール中には炭素原子が４個ふくまれるので，二酸化炭素の係数は２になる。

⑵　**問４**と**問２**の⑶の化学反応式より，ブドウ糖 180 g が燃焼すると二酸化炭素 264 g が生じ，反応式の係数は６である。どちらの反応でもブドウ糖の係数は１であるが，アルコール発酵では二酸化炭素の係数が２なので，同じ 180 g のブドウ糖から生じる二酸化炭素は，264 g の 1/3，つまり 88 g である。したがって，180－88＝92 より 92 g が解答となる。

問６

⑴

1584　g

⑵

１年間に中学生が排出する二酸化炭素は
1584×365÷1000＝578.16 kg である。
したがって，10000÷578.16＝17.29…

答　17.3　倍

【解説】

この問題で示したブドウ糖の数値はあくまでも試算のための目安である。**問４**の各物質の質量の関係を利用して，比例計算により 1080 g のブドウ糖の燃焼によって生成する二酸化炭素の質量を計算することができる。この値から１年間の呼吸による二酸化炭素の排出量を計算し，産業活動による排出量と比較すればよい。

⑴　264×(1080÷180)＝1584 g

⑵　１年間に中学生が排出する二酸化炭素は
1584×365÷1000＝578.16 kg である。
したがって，10000÷578.16≒17.3 倍

問３が**問２**⑶と正反対の反応式であったことからわかる通り，産業革命の前の，農耕，漁業といった産業を中心として生活していた時代は，呼吸，炊飯，農作業といった人間の活動によって発生する二酸化炭素と，植物の光合成によって吸収される二酸化炭素がつりあっていたが，化石燃料の燃焼によって18世紀半ばから大気中の二酸化炭素の濃度がどんどん上昇している。特に日本のような先進国が産業活動によってたくさんの二酸化炭素を排出していることがわかるだろう。

この問題の答えとは直接関係はないが，二酸化炭素の排出量の増加ばかりではなく，森林の大規模な伐採や砂漠化などにより地球上の植物が減少しているために，光合成による二酸化炭素の消費量が低下していることも二酸化炭素の蓄積の一因であると考えられている。

問１

触手でえさとなる生物をまひさせる。

【解説】

イソギンチャク，クラゲ，サンゴなどは刺胞と呼ばれる毒針を打ち出す細胞をもつため，刺胞動物門に分類される。一方，透明な体をもち，浮遊して生活するクシクラゲの仲間は刺胞をもたず，有櫛動物門に分類されている。

問２

④

【解説】

Ａは哺乳類，Ｂは霊長類，Ｃは脊椎動物，Ｄはヒトである。共通祖先から早く分岐したものほど共通点が少ないので，〇の数が少ないものから順に並べていけば系統樹を描くことができる。

問３

Ａ植物	コケ　植物	Ｂ植物	シダ　植物
Ｃ植物	裸子　植物	Ｄ植物	被子　植物

【解説】

化石で見つかる初期の陸上植物は，二叉分岐をくり返す茎を持ち胞子で増えていたが，非常に多様であり，現在のコケ植物やシダ植物のどちらにも属さないものもふくんでいた。これらのどれが現生のコケ植物やシダ植物になったかは，まだ確定していない。

コケ植物は，胞子が発芽した後にできる受精するためのからだ（配偶体）で生活する方向に進化したグループであり，雨の日などに精子が卵まで泳いでいくことができるように，地表付近で生活する小さな体をもっていて，維管束は発達しなかった。

一方，シダ植物は，配偶体上で受精した後にできる胞子を作るからだ（胞子体）で生活する方向に進化したグループで，胞子を遠くに飛ばすためにも，光合成に必要な光を吸収するためにも背が高い方が都合よく，維管束を発達させた。古生代石炭紀にはシダ植物の森があったし，現在でもヘゴのように高さ 10 m を越えるシダ植物もある。

問４

①	維管束	②	（カ）	③	胞子
④	（エ）	⑤	胚珠	⑥	子房（壁）
⑦	雌花	⑧	平行脈	⑨	網状脈
⑩	ひげ根	⑪	主根・側根	⑫	３
⑬	４または５	⑭	合弁花	⑮	離弁花
⑯	DNA				

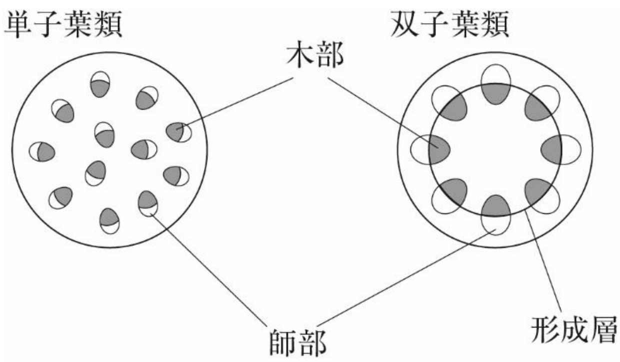
（注）⑯の別解：遺伝子，タンパク質，mRNA，ゲノム，塩基配列，アミノ酸配列

【解説】

双子葉植物の花弁の数は５枚のものが多いが，アブラナ科，ミズキ科，アカネ科の植物のように，４枚のものもある。また，コケ植物にも水を運ぶための通道組織をもつものがあるが，細胞壁にリグニンが沈着してできる二次肥厚が無いために強度が弱く，維管束とは呼べない。被子植物の木部には道管がある（仮道管を一部分もつものもある）のに対し，シダ植物と裸子植物ではすべてが仮道管であり水を運ぶ効率が悪い。

問５

⑰	内	⑱	外	⑲	環状（輪状など）
⑳	散在している （ばらばら，不規則など）				



【解説】

図のように茎においては，双子葉類は輪状維管束（真正中心柱）を，単子葉類は散在維管束（不斉中心柱）をもつが，根においては両者とも放射維管束（放射中心柱）をもつ。

問６

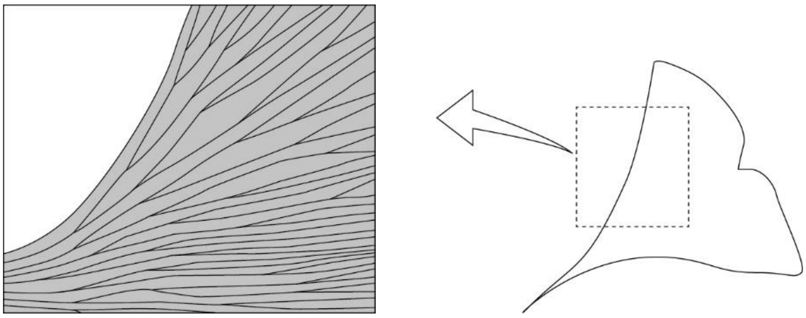
ア，ウ，エ

【解説】

ナスはナス科に，アサガオはヒルガオ科に属する。

問７

①	h	②	d，g
③	種子は胚珠が変化したもので，果実は子房が変化したものである。		
④	h		
⑤	葉脈は二叉（ふたまた，にさ）分岐（分枝）をくり返す。（葉脈が２つ２つに分かれる。など）		



【解説】

①カエデ類はすべて葉が対生である。②ホウセンカの属するツリフネソウ属の学名は「忍耐できない」という意味のラテン語の *Impatiens* が名詞化したもので，熟した果実に軽く触れただけで種子をはじき飛ばすことからこの名がついたと考えられる。⑤初期のシダ植物には茎だけしかなく，葉は突起状の小さなものしかなかった。これを根拠に，初期のシダ植物の二叉分岐した茎が融合して現在見られるような大きな葉になったという考え方（テローム説）が提出されている。

問８

⑴	キク科全体の花の特徴 （５枚の）花弁が融合した小さな花が茎の先端に集まって１つの花のように見える。（合弁の小花が頭状花序を作る）
⑵	乳液が出るグループの花の特徴 すべての小花が，５枚の花弁の基部が筒状に融合し，１枚の花弁のように見える花（舌状花）である。

【解説】

オニタビラコが属するタンポポ亜科は，すべて舌状花からなり，葉や茎をちぎると白い乳液が出る。キク亜科では，すべてが筒状花か筒状花と舌状花が混じる頭花をつけ，白い乳液は出ない。

セイヨウタンポポの小花

花弁は舌状だが，基部側はつながって筒状になっている。

キク亜科のフキの花

すべてが筒状花で構成され，その上部は５裂している。

問９

どんぐりの先端に，柱頭の名残りが見える。

【解説】

ブナ科植物の柱頭は一般に３本に分かれていて（下図左），それが果実になっても残っている（下図右）。どんぐりの固い殻は子房壁が変化したもので，その中に通常１つの種子が入っている。

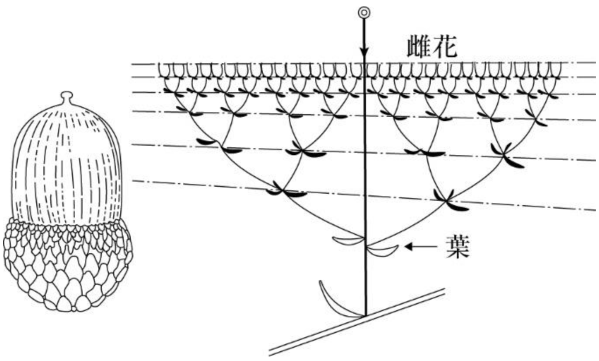
アラカシの雌花（左）と果実（右）

問 10

果実（花）をつけた茎とその周辺の枝が短縮し，葉となるはずの部分といっしょに果実（子房）を包みこむように変化したもの。

【解説】

花をふくめた植物体の各部分は，根，茎，葉の変形したものととらえられている。コナラ属の殻斗が，どのように茎や葉が変形してできたのかについての１つの考え方を右図に示す。



この考えでは，中央の茎の先に雌花がついていた。その茎と周囲の多数の枝が短縮し，葉が殻斗の鱗片になったと説明されている。

問１

計算

（4×3.14×6400 km×6400 km×0.7×3.8 km）÷（1000 km×1000 km）
＝1368.457（km）

よって，四捨五入して 1400 km　または 1400000 m または 140 万メートル

答　　1400 km（1400000 m，140 万 m）

【解説】

海水の体積は，地球の表面積の 70%に 3800 m をかけて求めます。それを 1000 km×1000 km で割り算します。

（4×3.14×6400 km×6400 km×0.7×3.8 km）÷（1000 km×1000 km）＝1368.457（km）
よって，四捨五入して 1400 km　または　1400000 m　または　140 万メートルになります。
一辺が 1000 km もあるプールに入れるとなんと 1400 km の深さになります。

問２

計算

（4×3.14×6400 km×6400 km×0.7×3.8 km）÷0.0012（km^3/秒）
＝1140380000000（秒）

1140380000000÷（60×60×24×365）＝36161

答　　36000 年（36 千年）

別解

問１から（1400 km×1000 km×1000 km）÷0.0012（km^3/秒）
＝1167000000000（秒）
1167000000000÷（60×60×24×365）＝37005

答　　37000 年（37 千年）

【解説】

　km と m の単位をまちがえなければ単なる割り算ですね。120 万立方メートルは 1200000÷（1000×1000×1000）立方キロメートルなので，

(4×3.14×6400 km×6400 km×0.7×3.8 km)÷0.0012（km^3/秒）で計算できます。

これを１年＝60×60×24×365 秒で割れば答えがでます。

36161 年なので答えは 36000 年または 36 千年です。

海水の量ってハンパじゃないでしょう？

問３

周囲から海水が押すのと同じ圧力で，体内から外に向かって押しているから。

【解説】

　深海生物は周囲から押すのと同じ圧力で，体内から外に向かって押しています。深海魚を釣り上げると，調整がまにあわず，内部からの圧力で目が飛び出したりします。

問４

考察 　氷は海水に浮かんでいるので，解けても海面は上がらない。水を入れたコップに氷を浮かべて，それが解けてもコップから水がこぼれないのと同じ。

【解説】

　氷は海水に浮かんでいるので，解けても海面は上がりません。水を入れたコップに氷を浮かべて，それが解けてもコップから水がこぼれないのと同じです。海面の上昇の主な原因は水温の上昇による海水の膨張と，グリーンランドの氷（これは陸上の氷なので，それが解けて海水に流れこむと海面が上昇します）の融解によるものと考えられています。

（北極海の氷が陸上にあると思って，氷の体積を海面の面積で割り算すると約 19 cm 海面が上昇する計算結果になりますね。計算しちゃった人，残念。）

問５

つくり方 　６ｇの食塩を 194 ｇの水に溶かす。

【解説】

200×0.03＝6 なので，食塩６ｇが 200 ｇの食塩水に溶けていればいいのです。だから６ｇの食塩を 194 ｇの水に溶かします。200 ｇの水に溶かしたら，全体が 206 ｇになるから３％にはなりません。（習いましたよね？）

問６

⑴

オホーツク海は河川流入によって塩分が小さく，凍りやすい。

【解説】

オホーツク海は千島列島と北海道とアジア大陸に囲まれていて，アムール川から流入した淡水が外洋（太平洋）の水と混ざりにくい場所にあります。よって塩分が他の海域より小さく，凍りやすいのです。

⑵

海水は水温が－２℃になるまで重くなるので，凍る前に海底まで沈んでいき，なかなか凍らない。

【解説】

海水は水温が－２℃になるまで重くなるので，凍る前に海底まで沈んでいき，なかなか凍りません。浅い湖では真水は４℃が一番重いので，凍る前に４℃の水が湖底に沈み，０℃の水がその上に乗って凍ります。しかし深い湖では海同様，水全体が４℃になるのに時間がかかるので，なかなか湖面が凍ることはありません。

問１

３本の針が指す文字盤の位置を A，B，C とする。秒針，分針，時針の回転速度をそれぞれ秒速 $a°$，秒速 $b°$，秒速 $c°$とする。点 C の位置を基準に考えると，三角形 ABC が正三角形となるのは，点 A と B が時計回りに 120°と 240°の位置にあるか，逆に 240°と 120°の位置にある場合である。したがって，三角形 ABC が 12:00 から t 秒後に正三角形になったとすると，適当な非負整数 k，h に対して，①または②が成立する。

① $(a-c)t=120+360k$，$(b-c)t=240+360h$

② $(a-c)t=240+360k$，$(b-c)t=120+360h$

①の場合，２式の比を考えると，

$(a-c):(b-c)=(a-c)t:(b-c)t=(120+360k):(240+360h)=(1+3k):(2+3h)$

逆に，$(a-c):(b-c)=(1+3k):(2+3h)$となっているとき，①を満たす t の値が次式で求められ，このときに三角形 ABC が正三角形になることがわかる。

$$t=\frac{120+360k}{a-c}=\frac{240+360h}{b-c}$$

②の場合も同様。

したがって，三角形 ABC が正三角形になることがあるのは，次の条件が成り立つ場合である。

$(a-c):(b-c)$がある非負整数 k，h を使って，$(1+3k):(2+3h)$または$(2+3k):(1+3h)$と表せる。

正確な時計の場合，$a=6$，$b=\frac{1}{10}$，$c=\frac{1}{120}$である。

$$(a-c):(b-c)=\left(6-\frac{1}{120}\right):\left(\frac{1}{10}-\frac{1}{120}\right)=719:11$$

$719=3\times239+2$，$11=3\times3+2$ となり，どのような整数 n を選んでも，$719n$ と $11n$ を 3 で割った余りは等しいので上の条件を満たさない。したがって，3 本の針が正三角形の位置を指すことはない。

問２

壊れた時計の場合，$a=423$，$b=356$，$c=124$ であり，

$$(a-c):(b-c)=299:232=(2+3\times 99):(1+3\times 77)$$

となり，②の場合が成り立っている。また，この 299 と 232 は互いに素なので，これ以上簡単な整数比では表せない。したがって，初めて正三角形になるまでの時間は，

$$t=\frac{240+360\times 99}{299}=\frac{120+360\times 77}{232}=120\ (秒)$$

となるので，12 時 2 分 0 秒である。

問１

店舗の番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
のれん分け先の店舗数	3	2	0	1	0	1	2	0	0	0
のれん分け先の店舗の番号の最小値	2	5	―	7	―	8	9	―	―	―
のれん分け先の店舗の番号の最大値	4	6	―	7	―	8	10	―	―	―
のれん分け元の店舗の番号	0	1	1	1	2	2	4	6	7	7
店舗の世代	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4

問２

空欄 1	a ＋ A[i]
空欄 2	M[j] ← i
空欄 3	a ← a ＋ A[i]

問３

空欄 4
G[1] ← 1 i を 2 から n まで 1 ずつ増やしながら， ｜　G[i] ← G[M[i]] ＋ 1 を繰り返す