

1 心ばく（心臓のはく動）は、私たちが生きていることを強く実感させてくれるものの一つです。心臓がはく動するたびに、心臓の内部から血管へと血液が強く押し出され、また全身からの血液が吸いこまれます。このことによって、全身で必要とされている（①）や栄養分、からだの各部分でいらなくなった（②）や A 不要物を運ぶ血液じゅんかんが起きています。

この血液じゅんかんが停止するとどうなるのでしょうか。心臓のはく動停止状態が3分以上続いた場合、救命処置を行っても命を救える可能性は50%以下といわれています。そこで、わずか数分の心ばく停止で、からだの各部分が大きな障害を受けることを防ぐことが大切になります。そのため最近では、学校や各種公共機関ではAEDという装置（心臓に電気ショックを与えて、心ばくを正常にもどすための装置）を設置するようになりました。この装置で、1秒でも早く心ばくを正常にもどすことが重要ですが、装置がない場所や、装置で心ばくを正常にもどせない場合には、少しでも血液じゅんかんを維持し続けるために、人工呼吸や心臓マッサージをする必要があります。

去年の夏休みに、東京の小学6年生が、寝ている間に突然心ばくが止まった父親に対し、119番の指令室員の指示に従って心臓マッサージを行い、奇跡的に命を救ったというニュースは、まさにその成功例でしょう。このように、B 心ばく停止後の対処法は、救命のためにきわめて重要といえるのです。

問1 文中の（①）、（②）に入る適当な語をそれぞれ答えなさい。また、これらを血液へ取り入れたり、血液から取り出したりしている器官名を漢字で答えなさい。

問2 文中の下線部Aは、便（ふん）にはなりません。この不要物は腎臓という器官でこしだされ、尿として捨てられます。それでは、便（ふん）は、どこでどのようにして作りだされるのでしょうか。文中の「栄養分」という語を用いて説明しなさい。

問3 下線部Bの対処法として、もっともよいと思われるものを下のア～オから選び、記号で答えなさい。

- ア. AEDで心ばくが正常にもどらなければ、救急車を手配する。
- イ. AEDで心ばくが正常にもどらなければ、心臓マッサージを試みる。
- ウ. AEDを使ったり心臓マッサージを続けたりしても、心ばくが正常にもどらなければ、救急車を手配する。
- エ. まず救急車を手配し、到着するまでAEDを使ったり、心臓マッサージを続けたりする。
- オ. まず救急車を手配し、到着するまで安静を保つように見守る。

心臓がどれほどの血液を送り出しているのかについて考えてみましょう。それには、はく出量と心ばく数を調べる必要があります。はく出量は、心臓のはく動1回あたりに押し出される血液量のことで、成人で60～90ml(ミリリットル)ほどです。心ばく数は、一定時間に心臓がはく動した回数のことです。これは、C 心臓から押し出された血液が流れる血管が脈打つ回数（脈はく数）と必ず同じになります。そこで、手首や首の血管のように脈はくを感じやすい部分を指で押さえて計測します。この D 脈はく数は、すいみん時や運動時などの状況に応じて、大きく変わりますが、安静時での成人では1分間につき、60～80回ほどです。だから、成人では最低でも1分あたりに（③）ℓ(リットル)の血液を押し出していることになります。そして、ヒトのからだにある血液の総量は、体重の $\frac{1}{13}$ ほどなので、成人の体重が45kgである場合、心臓を出て血液が全身をひとまわりするには、少なくとも（④）分あればよいことがわかります。

このように心臓は、私たちが生きていることを強く実感させてくれるだけでなく、生命維持においてきわめて重要なはたらきをもつ器官であるともいえます。

問4 心臓へもどってくる血液が流れる血管（静脈）よりも、下線部Cが示す血管（動脈）は頑丈なつくりになっています。動脈はなぜ頑丈なつくりになっているのですか。その理由を答えなさい。

問5 下線部Dの脈はく数が高まるのはどのようなときですか。また、脈はく数が高まる理由についても答えなさい。

問6 文中の（③）、（④）に入る適当な数値をそれぞれ求めなさい。なお、血液1mlは1gとして計算し、（④）については整数で答えなさい。

問7 ある研究者は、ゾウやネズミやヒトなどのほ乳類では、それぞれの体の大きさや種類によらず、心臓の一生の総心ばく数が、ほぼ一定であるといっています。つまり、1分あたりの心ばく数が少ないほど、寿命は長くなるようです。この説に従って、一生を通じた1分あたりの心ばく数の平均が60回の人^{さい}の寿命について考えます。この人の一生の心ばく数が24億回の場合、予想される寿命は何歳となりますか。なお、1年は360日とし、答えが整数にならない場合は、小数第1位を四捨五入して整数で答えなさい。

2 みなさんの身のまわりにある物質は、とても小さな原子という粒^{つぶ}からできています。また物質によっては、いくつかの原子がくっついてできた分子という粒が集まってできているものもあります。

原子の種類はたった 100 種類くらいしかないのに、身のまわりにはきわめてたくさんの種類の分子があります。これはなぜでしょうか。

そのようなことを考えるモデルとして、図 1 の玉を「原子」と考え、それらが結びついてできるものを「分子」と考えることにします。



図 1

これらの玉の形はいずれも球で、同じ種類の玉はすべて同じ大きさです。②と③と④はほぼ同じ大きさですが、それらに比べて、①の大きさは他の玉よりかなり小さいものとします。そして、それぞれの玉に書かれた数字は、その玉と接する玉の個数を表し、その数より多くなることも、少なくなることもありません。

例えば、「①を 3 個、③を 1 個使った分子」は図 2 のように、「①を 4 個、②を 1 個、④を 1 個使った分子」は、図 3 のように表されます。

また、図 4 の 3 つの「①を 2 個、②を 1 個使った分子」は、いずれも同じ「分子」であるとみなします。

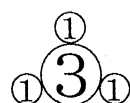


図 2

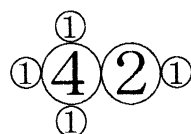


図 3

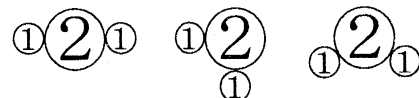


図 4

そして、図 5 の 3 つの「①を 10 個、④を 4 個使った分子」は、玉どうしのつながり方が同じとみなされるので、全く同じ「分子」を表しています。

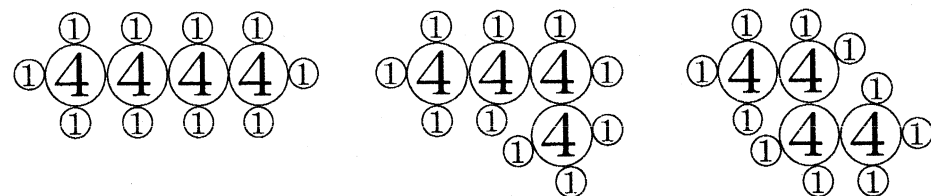


図 5

問 1 使う玉の個数がもっとも少ない「分子」を図で示しなさい。

問 2 「①を 2 個、②を 2 個使った分子」を図で示しなさい。

図 6 の「分子」は、図 5 の「分子」と同じように「①を 10 個、④を 4 個使った分子」ですが、図 5 の「分子」とは④のつながり方が異なるので、それらとは異なる「分子」ということになります。

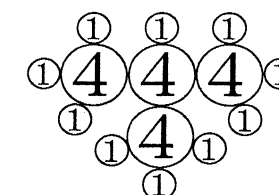


図 6

問 3 図 5 の「分子」と図 6 の「分子」では、④のつながり方がどのように異なるのですか。簡潔に説明しなさい。

問 4 「①を 6 個、②を 1 個、④を 2 個使った分子」は 2 種類あります。そのうち 1 つは、図 7 に示してあります。もう 1 つを図で示しなさい。

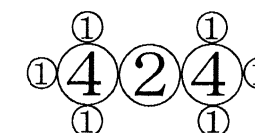


図 7

問 5 図 5、図 6、図 8、図 9 の、「①と④だけを使った分子」では、①の個数と④の個数にどのような関係がありますか。①の個数を□個、④の個数を△個として、 $\square = \triangle \times 3 - 1$ のような式で表しなさい。

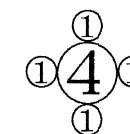


図 8

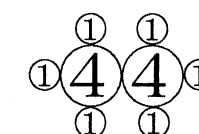


図 9

問 6 「①と④だけを使った分子」の中には、①と④の個数の関係が、問 5 で答えた式にあてはまらないものもあります。「④を 3 個と①を何個か使った分子」のうち、問 5 で答えた式にあてはまらないものを、図で示しなさい。

問 7 「③だけを 4 個使った分子」はどのような形になりますか。図を使って簡潔に説明しなさい。

3 電流計のしくみについて考えてみましょう。

問1 図1のような方位磁針を、図2のように大きな棒磁石のまわり5カ所に置きました。そのとき、方位磁針の針の向きはどうなりますか。解答らんそれぞれの円の中に方位磁針の記号  をかきこみなさい。



図1

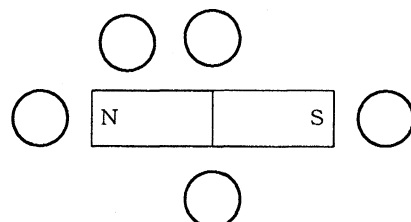


図2

電流計をよく見ると、およそ図3のようになっていることがわかりました。回転体にはエナメル線が巻かれていて、これに電流が流れると電磁石となります。そして両側の磁石のはたらきによって右回り（時計回り）に回転するようになっています。

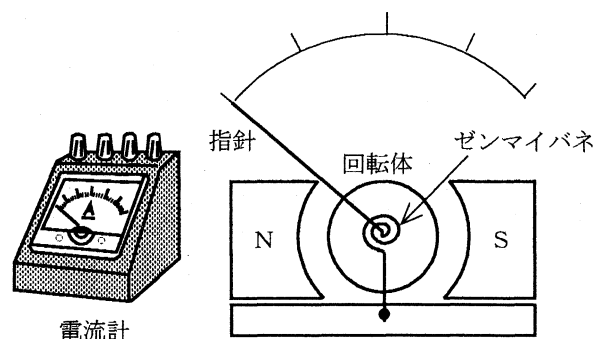


図3

問2 ① 鉄しんにエナメル線を巻き付けて電磁石を作りました。図4のようにして電流を流したところ、方位磁針は図4のように向きました。鉄しんのB側は、N極とS極のどちらになっていますか。

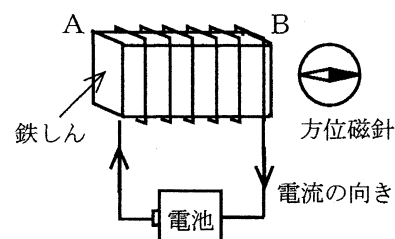


図4

② 電流計の回転体のエナメル線に電流が流れると、N極とS極ができます。図5のようにN極とS極ができるとき、電流はどちら向きに流れていますか。ア、イの記号で答えなさい。

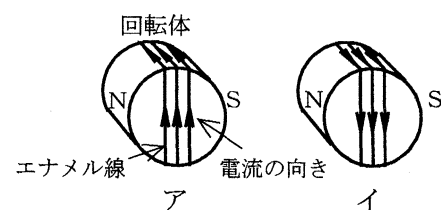
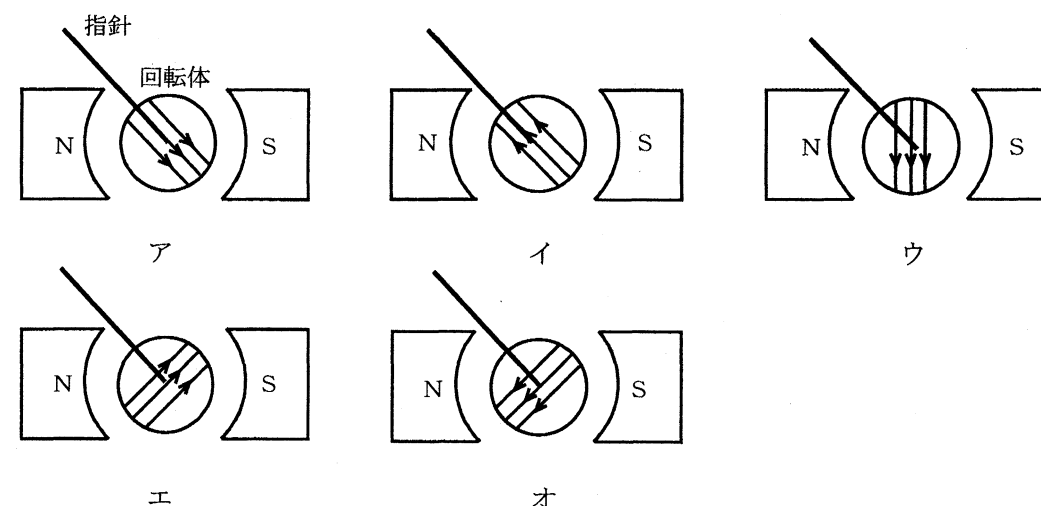


図5

問3 電流計の回転体に巻きつけるエナメル線の巻き方と、電流を流す向きの組み合わせとして適当なものを下のア～オから選び、記号で答えなさい。



問4 ゼンマイバネは、巻きこむと元にもどろうとする力があり、大きく巻きこむほど力が大きくなります。電流計におけるゼンマイバネの役割として、もっとも適当なものを下のア～オから選び、記号で答えなさい。

- ア. 指針がゆっくり動くようにする。
- イ. 大きな電流で指針がふり切れて、こわれないようにする。
- ウ. 弱い電流でも指針が動きやすいようにする。
- エ. 指針が左回りに回らないようにする。
- オ. 回転体にはたらく磁石の力に、ゼンマイバネの力が釣り合うようにする。

問5 電流計の目盛板は水平ではなく、図3のようにななめの面になっています。そのため電流計の指針には工夫がしてあり、よく見ると電流計の指針は、図6ではなく図7のようになっています。指針にそのような工夫がしてあるのはなぜですか。指針に重さがあることを考えて答えなさい。

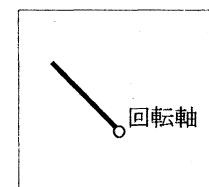


図6

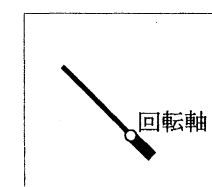


図7

問6 非常に小さな電流でも測れるようにするには、電流計にどんな工夫をしたらよいですか。2つ書きなさい。

4

去年の7月22日、日本では46年ぶりとなる皆既日食（太陽が全部見えなくなる日食）がありました。残念ながらもっていた地域が多く、きちんと見られたところは少なかったようです。日本での次の皆既日食は、2035年まで待たなくてはなりません。

皆既日食は地球－月－太陽の順に一直線上に並んだとき、月の影が地球に落ち、その影の中に入ると太陽が見えなくなる現象です。

また、太陽－地球－月の順に一直線上に並ぶことはあっても、地球－太陽－月の順に一直線上に並ぶことはありません。月も太陽も、地球のまわりを回っていると考えていた昔の人も、このことから太陽の方が、月よりも地球から遠いことに気がつきました。そこで、太陽や月は地球を中心にして、北極の上から見て図1のように回っていると考えました。

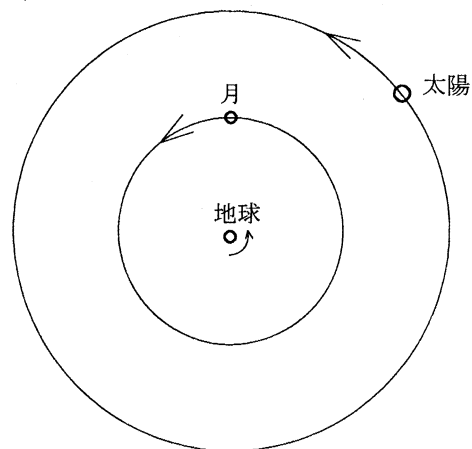


図1

問1 図1が正しいとすると、日食は太陽－月－地球の順に並ぶたびに毎回起こることになりますが、実際はそうではありません。それはなぜですか。適当なものを下のア～オから選び、記号で答えなさい。

- ア. 太陽の方が月よりもずっと大きいから。
- イ. 図1よりも太陽はずっと遠くにあるから。
- ウ. 月の形がつねに円には見えないから。
- エ. 月と太陽が夜に重なっているときもあるから。
- オ. 月と太陽が同じ平面上を回っていないから。

古代ギリシャの学者アリストアルコスは、月食のときに月に落ちる地球の影の大きさと、月の大きさを比べることによって、地球は月の2倍の大きさだと求めました。さらに、月の形が半月のときは、太陽－月－地球がなす角度が 90° なので、残りの太陽－地球－月の角度を測れば、太陽－月－地球がつくる直角三角形の形が決まると考えました。そして、その角度を 87° と求めました。

アリストアルコスは図2のような直角三角形を作図して、 87° の角をはさむ2辺の長さの比を求め、地球－太陽の距離は、地球－月の距離の20倍であるとししました。

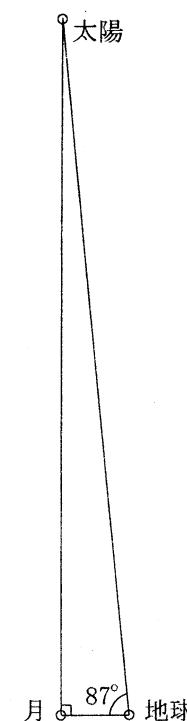


図2

問2 アリストアルコスが求めた数値（地球は月の2倍の大きさ、地球－太陽の距離は地球－月の距離の20倍）を使うと、太陽は地球の何倍の大きさの天体ということになりますか。ただし、太陽と月は、見かけの大きさがほぼ同じです。また太陽や月のように遠い天体では、距離が2倍になると見かけの大きさは $\frac{1}{2}$ 、3倍になると $\frac{1}{3}$ になるような関係になります。

問3 本当の地球－太陽の距離は、地球－月の距離の約400倍もあります。アリストアルコスが求めた地球－太陽の距離は、なぜ本当の値と大きくちがってしまったのですか。適当なものを下のア～オから選び、記号で答えなさい。

- ア. 月の形が半月のとき、太陽－月－地球のなす角度は 90° よりも大きいから。
- イ. 月の形が半月のとき、太陽－月－地球のなす角度は 90° よりも小さいから。
- ウ. 月の形が半月のとき、太陽－地球－月のなす角度は 87° よりも大きいから。
- エ. 月の形が半月のとき、太陽－地球－月のなす角度は 87° よりも小さいから。
- オ. 三角形の形（3辺の長さの比）は、一つの角度が 90° 、もう一つの角度が 87° というだけでは決まらないから。

皆既日食のときの太陽の欠け方を考えます。月は1か月で地球のまわりを1回転するのに対して、太陽は1年で1回転するので、皆既日食の時の月は、①（ア. 太陽を追いつめく イ. 太陽に追いつめかれる）ことになり、地球から見ると太陽は、②（ウ. 西（右）の方 エ. 東（左）の方）から欠けていくことになります。

問4 上の文の①、②の（ア、イ）（ウ、エ）から適当なものをそれぞれ選び、記号で答えなさい。

皆既日食のとき、地球上のある場所も、月の影も、両方とも同じ向きに動いていきます。そのとき、地球に落ちる月の影（地球上で皆既日食が見える場所）の動きを考えます。そこで、図1の向きに、地球は1日で1回転し、月は地球のまわりを30日で1回転するとして計算します。また、月までの距離は地球の半径の60倍とします。

月が地球のまわりを回る回転の速さは、地球が回る回転の速さの $\frac{1}{30}$ ですが、地球の中心から月の中心までの距離は、地球の中心から地球の表面までの距離の60倍あります。そこで、地球のまわりを回る月が1分間で動いた長さは、地球の表面のある場所に立っている人が1分間で動いた長さに対して（③）になります。太陽光線は平行であると考えられるので、この月が動いた長さが、地球に落ちる月の影が動いた長さになります（図3）。つまり、地球に落ちる月の影（皆既日食が見える場所）が動く速さは、地球のある場所に立っている人が動く速さに対して（④）となり、月の影は地球上を（⑤）へと移動することがわかります。

問5 上の文の（③）、（④）、（⑤）に入るものとして適当な数、語句を下のそれぞれの語群の中から選び、記号で答えなさい。

【③に入る語群】

- ア. 60倍 イ. 30倍 ウ. 2倍 エ. 同じ
オ. $\frac{1}{2}$ 倍 カ. $\frac{1}{30}$ 倍 キ. $\frac{1}{60}$ 倍

【④に入る語群】

- ア. 60倍 イ. 30倍 ウ. 2倍 エ. 同じ
オ. $\frac{1}{2}$ 倍 カ. $\frac{1}{30}$ 倍 キ. $\frac{1}{60}$ 倍

【⑤に入る語群】

- ア. 東から西 イ. 西から東 ウ. 北から南
エ. 南から北

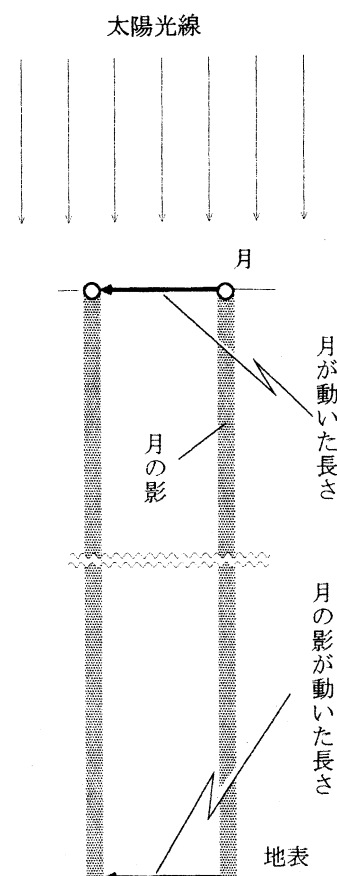


図3

図1では、地球の回転の向きと、月が地球のまわりを回る向きは、どちらも西から東と同じですが、地球から見ると月は東からのぼって、西にしずむように見えます。このことについて考えてみます。

地球は1日で1回転するので、地球の中心から見たとき、地球の表面のある場所は1時間で（⑥）°回ります。月は30日で地球のまわりを1回転するので、月が1時間で地球の中心のまわりを回る角度は（⑦）°です。そのために、地球表面のある場所から見ると、月は図1の動きとは逆向きの東から西へと動いて見えるのです。

また、太陽も月と同じ向きに動いています。そこで、太陽—月—地球の順に並んだときに見える月の形が、再び同じ形に見えるまでの時間を考えます。

月は30日で地球のまわりを1回転するので、1日では地球のまわりを（⑧）°回ります。一方、太陽は360日で地球のまわりを1回転するので、1日では地球のまわりを（⑨）°回ります。1日でできるその差（⑩）°が積み重なって360°になれば、再び太陽—月—地球と並ぶことになります（図4）。つまり、（⑪）日がその日数で、これがおよその月の満ち欠けの周期となります。

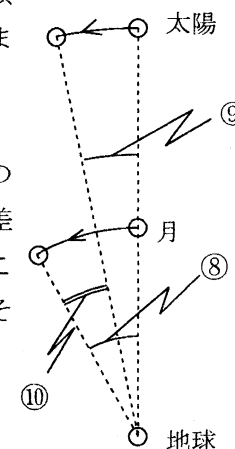


図4

問6 上の文の（⑥）～（⑪）に入る数値を求めなさい。ただし、答えが整数にならない場合は、小数第2位を四捨五入して、小数第1位まで答えなさい。

〈問題はここで終わりです〉