

平成31年度 弘学館入学試験

高等学校 理科問題

第1問 次の文章を読み、下の問いに答えよ。

血液は、赤血球や白血球などの固形成分と、血しょうという液体成分からできている。血しょう中には、ブドウ糖などの体に必要な成分だけでなく、尿素などの体に不要な成分も含まれている。不要な成分はじん臓のはたらきによって体外に排出されることが知られている。

図1は、ヒトのじん臓とその周りの器官を模式的に表したものである。じん臓には動脈と静脈の2本の血管と、輸尿管がつながっている。不要な成分を含んだ血しょうは、動脈を通過してじん臓に入り、不要な成分が取り除かれたあと、静脈を通過してじん臓から出ていく。このとき取り除かれた成分は、尿となり、やがて輸尿管を通過してじん臓から出ていく。尿はぼうこうに蓄えられ、一定量蓄積すると体外に排出される。

図2は、じん臓内で不要な成分が血しょうから取り除かれるようすを模式的に表したものである。血しょう中の多くの成分は、体に必要か不要かに関わらず、血管から細尿管という管に移動する。この現象をろ過という(図2の太い黒矢印)。また、ろ過によって細尿管側に生成された液体を原尿という。そして原尿中の成分のうち、必要な成分は血管側に戻される。この現象を再吸収という(図2の太い白矢印)。また、原尿が再吸収を受けたあと、再吸収されずに細尿管に残った液体を尿という。尿には不要な成分が高濃度で含まれており、これらは輸尿管を通過してぼうこうへ運ばれる。

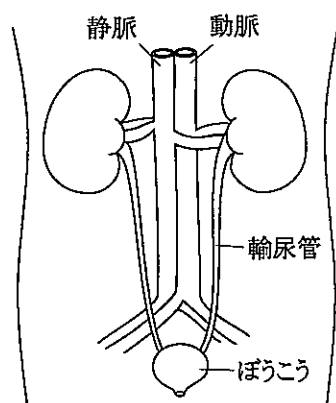


図1

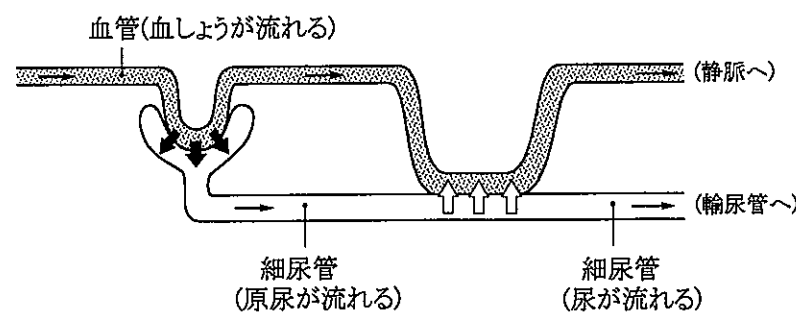


図2
(細い黒矢印は液体の流れる向きを示す)

表1は、健常者(健康な人)の血しょう、原尿、尿の中における3種類の成分の濃度を示したものであり、溶媒はいずれも水である。ブドウ糖と尿素について、血しょう中の濃度と原尿中の濃度が等しいのは、溶質(成分)と溶媒(水)が同じ割合でろ過され、溶媒に対する溶質の割合が変化しないからである。また、原尿中の濃度と尿中の濃度が異なるのは、溶質と溶媒とで再吸収される割合が異なるためである。この表の数値から、じん臓のはたらきを知ることができる。例えば、ブドウ糖の尿中の濃度は0.0 [mg/mL] であるが、これはろ過されたブドウ糖がすべて再吸収され、尿中に残らなかったことを意味している。

表1 各成分の濃度

| 成分 | 血しょう中の濃度 [mg/mL] | 原尿中の濃度 [mg/mL] | 尿中の濃度 [mg/mL] |
|-------|--------------------|------------------|-----------------|
| ブドウ糖 | 1.0 | 1.0 | 0.0 |
| 尿素 | 0.3 | 0.3 | 20.0 |
| タンパク質 | 80.0 | [①] | [②] |

血しょうから尿が生成される過程で、尿中の濃度 [mg/mL] が血しょう中の濃度 [mg/mL] の何倍になったかを表す値を濃縮率という。この値が大きいほど、尿に高い割合で濃縮されたことを意味し、体に不要な成分では大きい値になる傾向がある。

問1 赤血球と白血球のほかに、血液中の固形成分の名称を1つ答えよ。

問2 有害なアンモニアを無害な尿素にかえるはたらきをもつ臓器として最も適当なものを、次のア～オから1つ選び、記号で答えよ。

ア すい臓 イ 小腸 ウ 肝臓 エ じん臓 オ ひ臓

問3 尿素の濃縮率はいくらか。なお、計算の結果が小数になった場合は、小数第2位を四捨五入して小数第1位まで求めよ。

問4 ろ過によって1分間に120mLの原尿が生成され、再吸収によって1分間に1mLの尿が生成されるものとする。尿素が1分間で再吸収される量は何mgか。なお、計算の結果が小数になった場合は、小数第2位を四捨五入して小数第1位まで求めよ。

問5 タンパク質は分子の大きさが大きく、ろ過されない。表1中の〔 ① 〕と〔 ② 〕にあてはまる数値の組み合わせとして最も適当なものを、次のア～エから 1 つ選び、記号で答えよ。

| | ① | ② |
|---|------|------|
| ア | 80.0 | 80.0 |
| イ | 80.0 | 0.0 |
| ウ | 0.0 | 80.0 |
| エ | 0.0 | 0.0 |

問6 水の再吸収の量が低下することによって生じる疾患を崩尿症^{ほうにょうしょう}という。崩尿症の患者は、健常者と比較して尿の量にどのような特徴があるか。その記述として最も適当なものを、次のア～ウから 1 つ選び、記号で答えよ。

ア 量が多くなる。 イ 量が少なくなる。 ウ 量は変わらない。

問7 ろ過は、分子の大きさが比較的小さい成分が、血管の隙間から細尿管へもれ出る現象である。血しょう中にその成分が多ければ、その量に比例してろ過される量も多くなる。一方で、再吸収は生体がエネルギーを使って必要な成分を血管側に戻す現象である。再吸収できる量には限界があり、限界以上の量が原尿に含まれていた場合は、尿中に残る。例えば、血しょう中のブドウ糖の量が非常に多くなり、再吸収しきれなかったブドウ糖が尿中に残る疾患を糖尿病という。

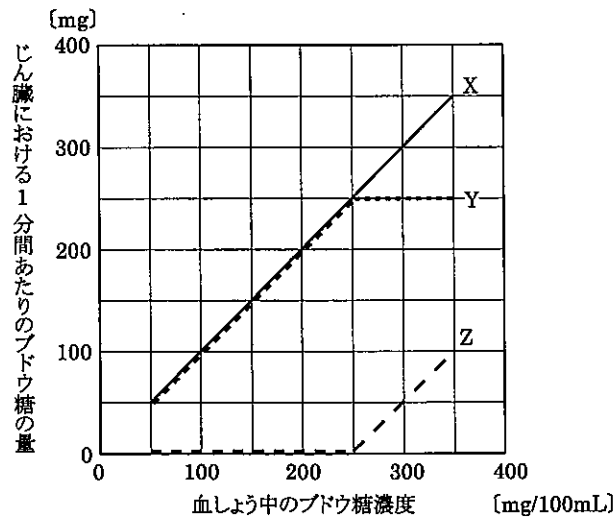


図 3

血しょう中のブドウ糖濃度が変化したとき、じん臓において次の 3 つの量がどのように変化したかを調べた。その結果を図3に示す。ただし、図3の X, Y, Z は次の 3 つのいずれかである。

- ・ 1 分間あたり、尿に排出されたブドウ糖の量
- ・ 1 分間あたり、血しょうから原尿へろ過されたブドウ糖の量
- ・ 1 分間あたり、原尿から血しょうへ再吸収されたブドウ糖の量

次の問いに答えよ。

(1) 血しょう中のブドウ糖濃度が 450 [mg/100mL] のとき、1 分間あたり血しょうから原尿へろ過されるブドウ糖の量は何 mg か。その値として最も適当なものを、次のア～エから 1 つ選び、記号で答えよ。

ア 250mg イ 400mg ウ 450mg エ 650mg

(2) このじん臓が、1 分間あたり原尿から再吸収できるブドウ糖の量は最大何 mg か。その値として最も適当なものを、次のア～エから 1 つ選び、記号で答えよ。

ア 150mg イ 250mg ウ 350mg エ 400mg

(3) 血しょう中のブドウ糖濃度が 600 [mg/100mL] のとき、1 分間あたり尿に含まれるブドウ糖の量は何 mg か。その値として最も適当なものを、次のア～エから 1 つ選び、記号で答えよ。

ア 250mg イ 350mg ウ 400mg エ 850mg

第2問 次の文章を読み、下の問いに答えよ。

2019 年は 1 月 6 日と 12 月 26 日の 2 回、部分日食が日本各地で観測できる。日食は、月、地球、太陽の位置関係によって地上から観測される現象である。図1は、月の公転と月の満ち欠けを天の北極側から見たものを模式的に表したものである。

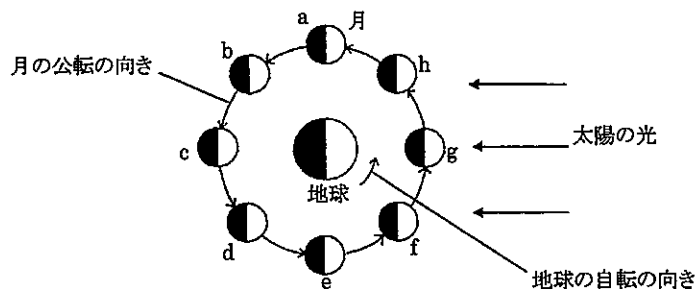


図 1

問1 星や太陽などの天体が、1日に1回地球のまわりをまわるように見える動きを何というか。

問2 月のように、惑星のまわりを公転している天体を何というか。

問3 日食が起こることがあるのは、月がどの位置にあるときか。最も適当なものを、図1の a ~ h から 1つ選び、記号で答えよ。

問4 日食が起こる頃の地球から見える月のようすはどれか。最も適当なものを、次のア~オから 1つ選び、記号で答えよ。

- ア 満月 イ 下弦の月 ウ 上弦の月 エ 新月 オ 三日月

問5 日食が起こった日から 1 週間後の月を観察すると、半月になる。日本のある地点で、この半月の見える時間帯と見え方として最も適当なものを、次のア~カから 1つ選び、記号で答えよ。

- ア 明け方の西の空に、月の東側半分が光って見える。
 イ 明け方の東の空に、月の東側半分が光って見える。
 ウ 明け方の南の空に、月の西側半分が光って見える。
 エ 夕方の西の空に、月の東側半分が光って見える。
 オ 夕方の東の空に、月の西側半分が光って見える。
 カ 夕方の南の空に、月の西側半分が光って見える。

問6 次の文章は、日本のある地点から日食を観測するときの、太陽が時間の経過とともに、見かけ上満ち欠けして見えるしくみについて考えたものである。下の問いに答えよ。ただし、月の公転周期は 27.3 日とする。

日本のある地点から太陽を見ると、その角度は 1 時間で約 [①] 度だけ [A] 移動して見える。また、天の北極側から月の運動を見ると、1 時間で約 [②] 度だけ地球のまわりを公転する。しかし、この間に地球は自転により約 [③] 度だけ地軸を中心に回転するため、日本のある地点から月を見ると、その角度は 1 時間で約 [④] 度だけ [B] 移動して見える。よって、日本のある地点から見た太陽と月の 1 時間における移動角度が異なるため、月が太陽の前を横切っていくように見える。

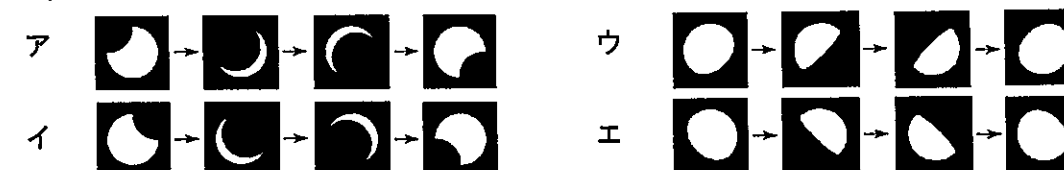
(1) [①] ~ [④] に当てはまる数値として最も適当なものを、次のア~コからそれぞれ 1 つずつ選び、記号で答えよ。ただし、同じものを何度選んでもよい。

- | | | | | |
|---------|---------|---------|---------|---------|
| ア 0.27 | イ 0.55 | ウ 0.86 | エ 6.59 | オ 12.85 |
| カ 13.19 | キ 14.45 | ク 15.00 | ケ 15.55 | コ 23.40 |

(2) [A], [B] に入る語句として最も適当なものを、次のア~エからそれぞれ 1 つずつ選び、記号で答えよ。ただし、同じ記号を 2 度選んでもよい。

- ア 東から西へ イ 西から東へ ウ 南から北へ エ 北から南へ

(3) 日本のある地点で日食を観測したとき、太陽が時間の経過とともに、見かけ上満ち欠けしていくようすを表した模式図として最も適当なものを、次のア~エから 1 つ選び、記号で答えよ。ただし、それぞれの模式図の上方を天頂側とする。



第3問 次の文章を読み、下の問いに答えよ。

5.00g の炭酸水素ナトリウムを正確に 2.50g ずつに取り分けた試料がある。それぞれの試料を図1のような実験装置を用いて、試験管 X に入れた炭酸水素ナトリウムが完全に反応するまでガスバーナーで十分に加熱する実験を行った。

1 回目の実験では「生成している物質の性質などを調べる[定性実験]」を行い、2 回目の実験では「質量の変化について調べる[定量実験]」を行った。

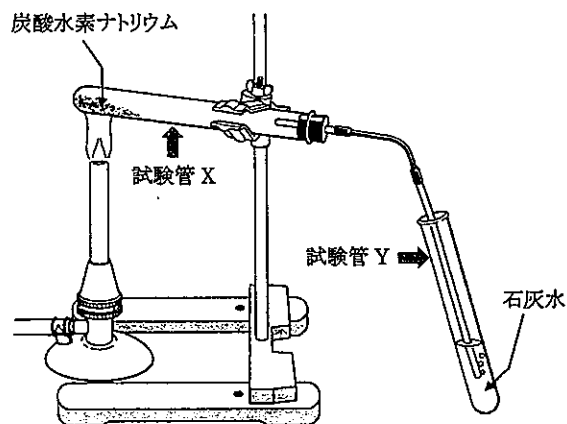


図 1

〔定性実験〕

試験管 X 内の炭酸水素ナトリウム 2.50g をしばらく加熱していたところ、試験管 X 内で発生した「気体 A」が試験管 Y 内の石灰水を白く濁らせるようすと試験管 X のゴム栓付近に「液体 B」が集まってくるようすが観察された。さらに完全に反応するまで十分な加熱を続けたところ、試験管 X 内には、白色の「固体 C」が残っていた。

試験管 X の加熱を止めて、安全を確認したあと、「液体 B」と「固体 C」の性質などをそれぞれ調べた。

まず、試験管 X 内のゴム栓付近に集まっていた「液体 B」を〔 ① 〕に触れさせると、〔 ① 〕を青色から赤色に変色させた。

次に試験管 X 内に残っていた「固体 C」を少量取り出して、水を加えてみると、炭酸水素ナトリウムよりも水に溶けやすかった。また、「固体 C」が溶けてできたその水溶液に〔 ② 〕を加えたところ、炭酸水素ナトリウムよりも濃い赤色に変色したことから、強い〔 ③ 〕性を示すこともわかった。

問1 文章中の下線部について、石灰水の入った試験管 Y 内からガラス管を取り出す前に加熱を止めると、試験管 X を破損させてしてしまう恐れがある。次の文の空欄を埋めてその理由を説明しなさい。

「試験管〔 〕内の〔 〕が下がり、試験管内に石灰水が〔 〕してくるから。」

問2 「気体 A」の性質として最も適当なものを、次のア～エから 1 つ選び、記号で答えよ。

| | におい | 水への溶けやすさ | 空気と比較したときの重さ |
|---|-----|----------|--------------|
| ア | 無臭 | 溶けにくい | 軽い |
| イ | 無臭 | 溶けにくい | 重い |
| ウ | 無臭 | 少し溶ける | 重い |
| エ | 刺激臭 | 非常によく溶ける | 軽い |

問3 次のア～キの物質のうち、「気体 A」を集めるときの方法では集められない気体を発生させることができる組合せがある。最も適当なものを、次のア～キから 2 つ選び、記号で答えよ。

- ア 過酸化水素水 イ 塩酸 ウ 塩化アンモニウム エ 炭酸カルシウム
オ 二酸化マンガン カ 亜鉛 キ 水酸化カルシウム

問4 文章中の空欄〔 ① 〕～〔 ③ 〕に適する語をそれぞれ答えよ。ただし、同じ番号の空欄には同じ語が入る。

問5 炭酸水素ナトリウムは、加熱によって「気体 A」、「液体 B」、「固体 C」を生じているが、このような化学変化を何というか答えよ。

問6 炭酸水素ナトリウムの加熱による化学変化を表した化学反応式を書け。

〔定量実験〕

炭酸水素ナトリウム 2.50g を完全に反応するまで十分に加熱し、試験管 X への加熱を止め安全を確認したあと、「固体 C」の質量を測定したところ、その質量は 1.57g であった。

問7 5.00g の炭酸水素ナトリウムを完全に反応させたときに生じる「気体 A」と「液体 B」の質量は合わせて何 g と考えられるか。なお、計算の結果が小数になった場合は、小数第 3 位を四捨五入して小数第 2 位まで求めよ。

問8 水素原子:炭素原子:酸素原子の質量比を 1 : 12 : 16 とするとき、5.00g の炭酸水素ナトリウムから発生した「気体 A」と「液体 B」の質量は、それぞれ何 g か。なお、計算の結果が小数になった場合は、小数第 3 位を四捨五入して小数第 2 位まで求めよ。

第4問 理科でいう「仕事」とは、物体に力を加え、力の向きに移動させることであり、また、「エネルギー」とは仕事をする能力のことである。そのため、仕事をするためにはエネルギーが必要であり、仕事をするると、その分のエネルギーを消費してしまう。エネルギーをすべて消費してしまうと、それ以上仕事をするができなくなってしまう。また、仕事をされた物体は、仕事をされた分だけエネルギーの量が変化する。仕事の単位もエネルギーの単位も J (ジュール) で表される。この仕事とエネルギーの関係について、次の I, II に答えよ。

I 図1のように、なめらかな水平面(物体と水平面の間に摩擦が生じない)上に、質量 0.1kg の台車が静止している。この台車に 5N の力を加えて押し、4m 移動させた。

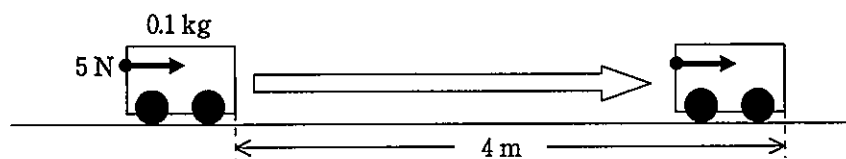


図 1

問1 この力が物体を 4m 移動させる間にした仕事は何 J か。

問2 仕事をされた物体は、仕事をされることで動き出し、運動エネルギーをもつこととなる。運動している物体のもつ運動エネルギーは、

$$(\text{運動エネルギー}) = \frac{1}{2} \times (\text{質量}) \times (\text{速さ})^2$$

※単位は、運動エネルギー: J, 質量: kg, 速さ: m/s

で計算できることがわかっている。4m 移動させられた後の物体の速さは何 m/s か。

II 図2のように、摩擦力を受けながら一直線上を運動する物体を考える。運動する物体にはたらく摩擦力の大きさは、物体の運動の速さによらず一定であり、その向きは運動の向きの逆向きである。今、物体にはたらく摩擦力の大きさを 5N とし、物体が 3m 移動したとすると、この間に摩擦力が物体にした仕事は -15J と表される。一般的に、力の向きと移動の向きが互いに逆向きになる場合、その力がした仕事は、

$$(\text{仕事}) = (\text{力の大きさ}) \times (\text{移動距離}) \times (-1)$$

として計算し、与えられる。これを「負の仕事」という。力の向きと移動の向きが一致する場合の仕事

「正の仕事」という。正の仕事には、その仕事の大きさの分だけ物体の運動エネルギーを増加させるはたらきがあり、負の仕事には、その仕事の大きさの分だけ物体の運動エネルギーを減少させるはたらきがある。

例えば図3のように、水平面上を運動している 40J の運動エネルギーをもった物体が、摩擦力のはたらく領域を通過することで摩擦力から

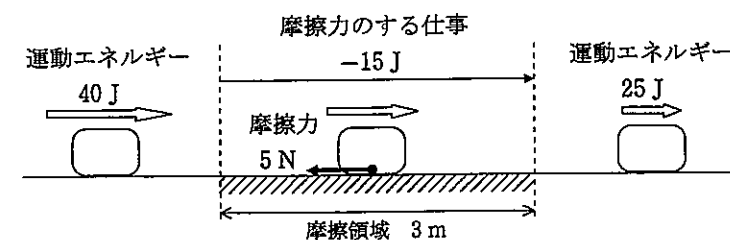


図 3

- 15J の仕事をされたとすると、摩擦力から仕事をされた後の物体の運動エネルギーは、

$$40 [J] - 15 [J] = 25 [J]$$

と計算して求めることができる。

さて、図4のように、斜面 A 上で水平面より 4m だけ高い位置で静止させている質量 0.5kg (重さ 5N) の物体から手を離し、その後の物体の動きを観察した。物体は斜面 A を滑り落ちていった後、水平面を通り、更に最初の斜面とは反対側の斜面 B を上っていった。斜面と水平面はなめらかにつながれており、水平面上の cd 間 (cd 間距離 2m) を通過するときのみ常に大きさ 2N の摩擦力がはたらくが、それ以外の斜面、水平面の部分では物体に摩擦力ははたらかない。また、高い位置にある物体がもっている位置エネルギーは、

$$(\text{位置エネルギー}) = (\text{物体の重さ}) \times (\text{基準となる位置からの高さ})$$

※単位は、位置エネルギー: J, 物体の重さ: N, 基準となる位置からの高さ: m

として計算し、与えられる。よって、基準の高さを水平面の高さとするとき、物体が最初の位置(手を離す位置)でもっている位置エネルギーは 20J と与えることができる。

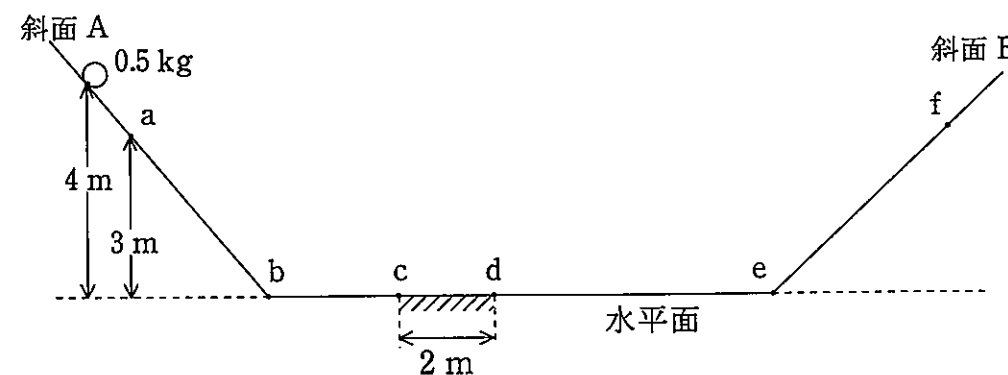


図 4

問3 斜面 A 上で物体から手を放した後、水平面からの高さが 3m の点 a を滑り落ちる瞬間の運動エネルギーは何 J か。

問4 問3の後、点 b を通過する瞬間の物体の速さは何 m/s か。ただし、計算の結果に√が付く場合には、√は簡単な形にして答えること。

問5 問4の後、物体は摩擦のはたらく cd 間を通過した。点 d を通過する瞬間の物体の速さは何 m/s か。ただし、計算の結果に√が付く場合には、√は簡単な形にして答えること。

問6 問5の後、物体は斜面 B を上っていき、点 f まで達したところで折り返し、斜面 B を滑り落ちていった。点 f の水平面からの高さは何 m か。

問7 問6の後、物体は何度か斜面 A, B 間を往復したが、斜面 A や斜面 B 上で物体が到達する最高点の高さは徐々に低くなっていった。最終的に、物体は水平面上のある位置で静止した。その位置として正しいものを、次のア～オから 1 つ選び、記号で答えよ。

- ア 点 b と点 c の間 イ 点 c ウ 点 c と点 d の間
- エ 点 d オ 点 d と点 e の間

第5問 次の I, II に答えよ。

I 図1のように、電池と電熱線およびスイッチを導線でつなぎ電気回路をつくった。この回路に関する次の文章を読み、下の問いに答えよ。

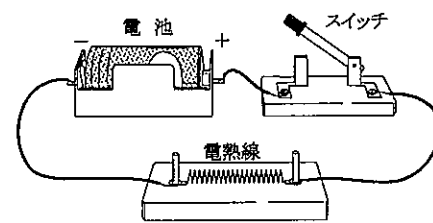


図 1

スイッチを入れていないとき、電熱線の内部では [①] が自由に動き回っており、[①] の流れはできない。しかしスイッチを入れると、[①] は電熱線の [②] 極側から [③] 極側へ向かって次々と流れる。そのため回路には電流が流れる。

回路に電流が流れているとき、電熱線の内部では、ほとんど移動することなく振動している+の電気をもった原子核に [①] が次々と衝突している。そのため原子核の振動は [④]。その結果、電熱線の温度は [⑤]。

問1 文章中の空欄 [①] ~ [③] に適する語をそれぞれ答えよ。ただし、同じ番号の空欄には同じ語が入る。

問2 文章中の空欄 [④] と [⑤] に当てはまる語句の組み合わせとして最も適当なものを、次のア～カから 1 つ選び、記号で答えよ。

| | ④ | ⑤ |
|---|---------|-------|
| ア | 変わらない | 変わらない |
| イ | 変わらない | 上昇する |
| ウ | より激しくなる | 変わらない |
| エ | より激しくなる | 上昇する |
| オ | より弱くなる | 変わらない |
| カ | より弱くなる | 下降する |

II 発電所で作られた電気は、送電線によって家庭などに送られる。しかし実際には、家庭などに届くまでの間に、電力の一部は送電線によって失われてしまう。図2はこの様子を簡単に表したものである。発電所から送られる電気の電力は 1000W, 電圧は 100V, 送電線の電気抵抗は 2 Ω とする。

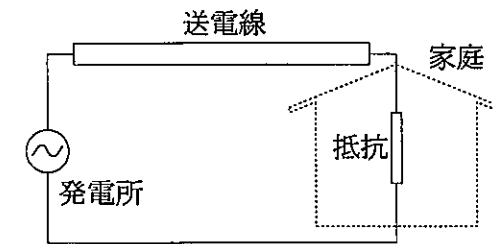


図 2

問3 送電線で失われる電力は何 W か。

問4 発電所から送られる電力に対する送電線で失われる電力の割合を電力損失という。発電所から送る電力を変えずに電力損失を 5% にするためには、発電所から送られる電気の電圧を何 V にすればよいか。