

第1問

JAXAの種子島宇宙センターでは、人工衛星を軌道にのせたり、ISS（国際宇宙ステーション）への物資輸送を行ったりするために、ロケットが打ち上げられる。ここでは、このロケットの打ち上げからの経過時間 t [s]と、速度[km/s]の変化を示すグラフが、図1のようになったものとし、以下の各問いに答えなさい。

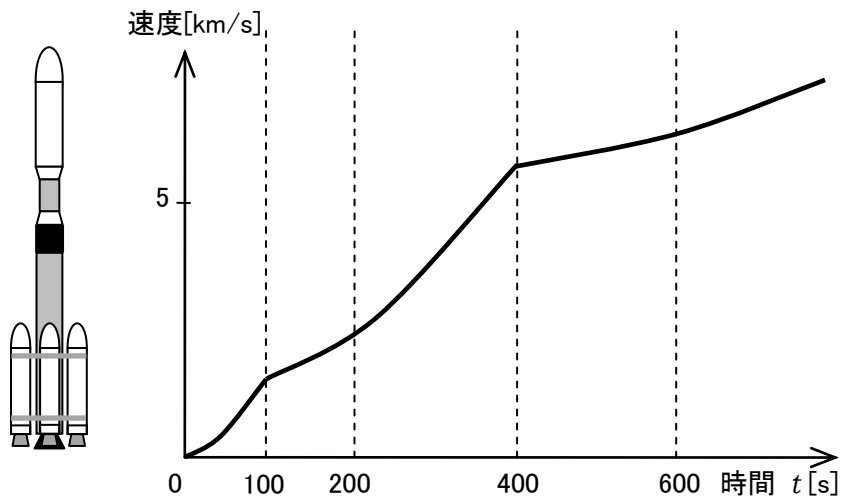


図1

問1 $t = 100 \text{ s} \sim 400 \text{ s}$ の間は、グラフが直線ではなくて「下に凸」になっている。この理由として考えられるもののうち、誤っているものはどれか。最も適当なものを、次の①～④の中から一つ選びなさい。

- ① エンジンの出力を徐々に上げて、ロケットの推進力を大きくしたから。
- ② 燃料を消費することでロケット全体の質量が小さくなっていくから。
- ③ 地球の自転の影響が徐々になくなっていくから。
- ④ ロケットが鉛直上向きから徐々に水平方向に向きを変えているから。

問2 $t = 100 \text{ s}$ で固体燃料ブースターを切り離した後、 $t = 400 \text{ s}$ で1段目のエンジンを切り離し、2段目のエンジンを噴射させた。2段目のロケットエンジンの推進力はグラフから1段目に比べて小さいと考えられる。この理由として考えられるもののうち、最も適当なものを、次の①～③の中から一つ選びなさい。

- ① 加速度が小さくなっているから。
- ② さらに高度が高くなっているから。
- ③ さらに速さが大きくなっているから。

第2問

地球から恒星までの距離に関する、以下の各問いに答えなさい。

問1 天文学では、距離を表すのに「光年」という単位を用いる。1光年は、光が真空中を1年間に進む距離である。1光年は何kmか。最も適当なものを、次の①～⑥の中から一つ選びなさい。ただし光速を $3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$ 、1年を365日とする。

- ① $6.6 \times 10^9 \text{ km}$ ② $6.6 \times 10^{12} \text{ km}$ ③ $1.6 \times 10^{11} \text{ km}$
 ④ $1.6 \times 10^{14} \text{ km}$ ⑤ $9.5 \times 10^{12} \text{ km}$ ⑥ $9.5 \times 10^{15} \text{ km}$

問2 図2-1のように、1年かけて地球からある天体を観測した場合、地球がAの位置にいる場合と、太陽に対して反対側のBの位置にいる場合では、天体の観測される向きが異なる。この向きの違い（角度）を利用して天体までの距離を求める方法がある。

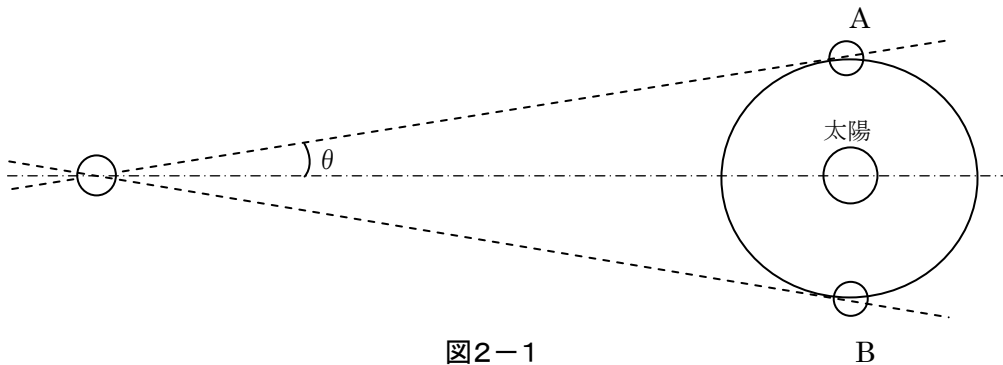


図2-1

太陽に最も近い恒星であるケンタウルス座アルファ星の場合、図2-1の θ は0.76秒である。この星と地球との距離は何光年か。最も適当なものを、次の①～⑥の中から一つ選びなさい。ただし地球と太陽の距離は $1.5 \times 10^8 \text{ km}$ とし、必要なら下の図2-2の辺の長さを用いて答えなさい。

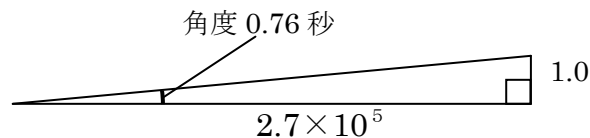


図2-2

- ① 2.4 光年 ② 24 光年 ③ 240 光年
 ④ 4.3 光年 ⑤ 43 光年 ⑥ 430 光年

第3問

図3-1のように、ふたの空いたPETボトルの側面に穴を1か所だけ開け、水を入れて噴出させる。噴き出す水の速さ v と、時間 t の関係を調べると、図3-2に示すようなグラフになることが知られている。

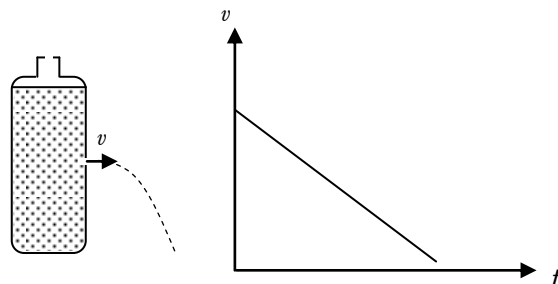


図3-1

図3-2

次に図3-3のように、ガラス管を貫通させたゴム栓をつけ、PET ボトルから噴き出す水の速さ v と、時間 t の関係を調べた。水面が図3-3の状態から PET ボトルの側面の穴の高さに達するまでのグラフとして最も適当なものを次の①～④の中から一つ選びなさい。ただし、ガラス管内には空気があり、PET ボトルにはガラス管以外から空気が入ってこないものとし、水面は振動しないものとする。

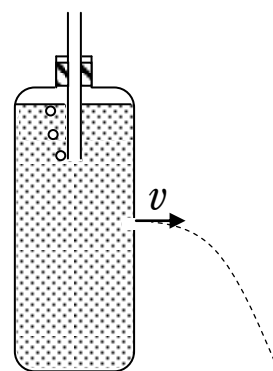
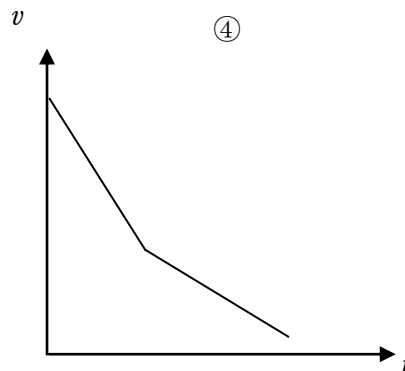
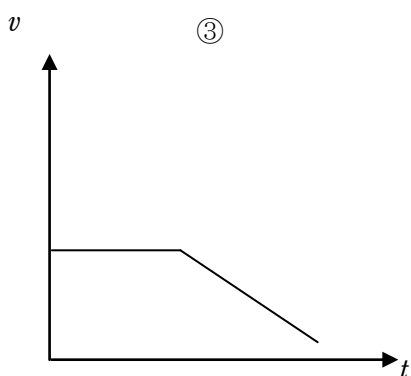
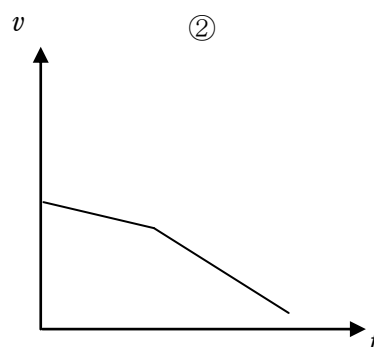
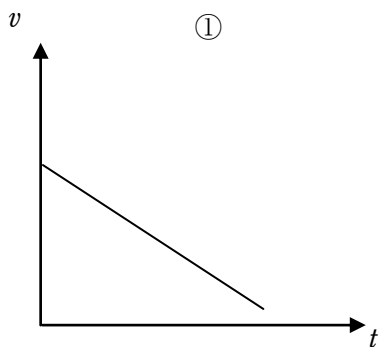


図3-3



第4問

怪獣映画では、建物や車などの小さな模型を置いた中で、人間が怪獣の衣装を着て撮影することによって、怪獣を実際の大きさよりもはるかに大きく見せるなどの工夫をしている。

怪獣の身長については、実際には 1.6 m であるが、16m に見せたいとして、以下の各問いに答えなさい。

問1 1.6 m の高さから物体が自由落下する場合、物体が地面に到達するまでの時間は何秒か。最も適当なものを、次の①～④の中から一つ選びなさい。ただし、重力加速度の大きさは 9.8 m/s^2 とする。

- ① 0.3 秒 ② 0.6 秒 ③ 1.0 秒 ④ 1.4 秒

問2 怪獣の身長を 16 m と仮定して、物体が自由落下する場面を撮影したい。このとき模型を置いた中で撮影した映像を、そのまま再生しても本物らしく見えない。そこで、再生の速度を何倍にすれば本物らしく見えるか。最も適当なものを、次の①～④の中から一つ選びなさい。

- ① $\frac{1}{10}$ 倍 ② $\frac{1}{\sqrt{10}}$ 倍 ③ $\sqrt{10}$ 倍 ④ 10 倍

第5問

物を載せて水平に一定の速さ 0.50 m/s で動くベルトコンベアがある。このベルトコンベアの上にマスクットの粒を置く作業から、一定の周期で繰り返される運動での、距離と相対速度の関係について考えてみたい。以下の各問いに答えなさい。

問1 ベルトコンベアの横に静止している人が、ベルトの上にマスクットの粒を1個ずつ等間隔に、 1 s あたり2個の割合で置く。となり合うマスクットの粒の間隔は何 m か。最も適当なものを、次の①～④の中から一つ選びなさい。

- ① 0.25 m ② 0.35 m ③ 0.50 m ④ 1.0 m

問2 次に、ベルトコンベアに沿って、ベルトの動く向きと逆向きに 0.20 m/s で移動しながらマスクットの粒を同様に 1 s あたり2個の割合で置いていった。となり合うマスクットの粒の間隔は何 m か。最も適当なものを、次の①～④の中から一つ選びなさい。

- ① 0.25 m ② 0.35 m ③ 0.50 m ④ 1.0 m

問3 一定の速さ V で動くベルトコンベアの上に、マスクットの粒を 1 s あたり1個ずつ等間隔に、決められた個数を置くものとする。このとき人が静止していた時のマスクットの粒の間隔を d_1 、人が速さ v (ベルトコンベアと同じ向きを正とする) で移動しながらマスクットを置いたときの粒の間隔を d_2 とする。 d_2 を、 V 、 v 、 d_1 で表すとどのようなになるか。最も適当なものを、次の①～④の中から一つ選びなさい。

- ① $d_2 = d_1 \frac{V-v}{V}$ ② $d_2 = d_1 \frac{V+v}{V}$
③ $d_2 = d_1 \frac{V}{V-v}$ ④ $d_2 = d_1 \frac{V}{V+v}$

第6問

電流計は、小さなコイルに電流が流れたとき、近くに配置した磁石から力を受けてコイルが回転し、コイルに取り付けた針の振れの大きさで、流れる電流の大きさを測定する装置である。

実際の電流計は、コイルがいくらか電気抵抗をもっている。そこで、電流計を図6-1のように電気抵抗のない理想的なメーター部分と、コイルの電気抵抗を「内部抵抗」として表した部分からなる回路と考えた。

最大 1.0 mA まで測ることができ、内部抵抗 $r = 3.0 \Omega$ の電流計を使い、以下の各問いに答えなさい。

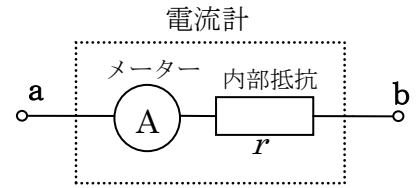


図6-1

問1 この電流計で、a-b間の電流が 100 mA のとき、電流計が最大目盛りを示す回路を作りたい。図6-2の a, b 間に何 Ω の抵抗器 R_A を並列につなげばよいか。最も適当なものを、次の①~⑥の中から一つ選びなさい。

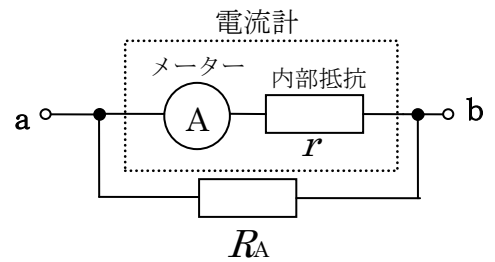


図6-2

- | | | |
|-----------------|----------------|----------------|
| ① 0.03 Ω | ② 0.3 Ω | ③ 3 Ω |
| ④ 2.7 Ω | ⑤ 27 Ω | ⑥ 270 Ω |

問2 電圧計は、電流計に抵抗器を直列につないだものである。図6-3のような電圧計を考えた。a-c間に電圧 10 V を加えたとき、電流計が最大目盛りを示す回路を作りたい。b-c間に何 Ω の抵抗 R_B をつなげばよいか。最も適当なものを、次の①~⑥の中から一つ選びなさい。

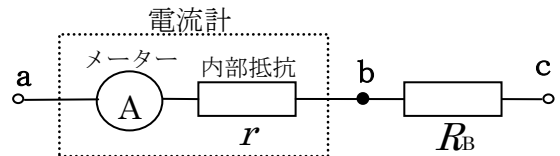


図6-3

- | | | |
|----------------|----------------|-----------------|
| ① 1 Ω | ② 7 Ω | ③ 97 Ω |
| ④ 300 Ω | ⑤ 997 Ω | ⑥ 9997 Ω |

問3 図6-4の写真は実際の電圧計を裏返して撮影したものである。また、図6-5はこれを回路図にしたものである。

電圧計はこのように端子をつなぎ替えることで測定できる電圧の範囲を変えられるようになっている。図中のそれぞれの抵抗値は実物から値を読み取ったものである。この電圧計で、 $R_B + r$ の値はいくらと考えられるか。最も適当なものを、次の①～⑤の中から一つ選びなさい。

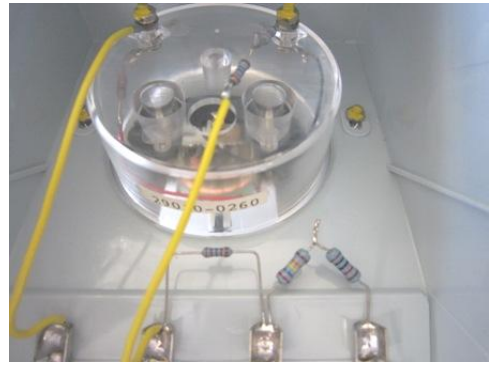


図6-4

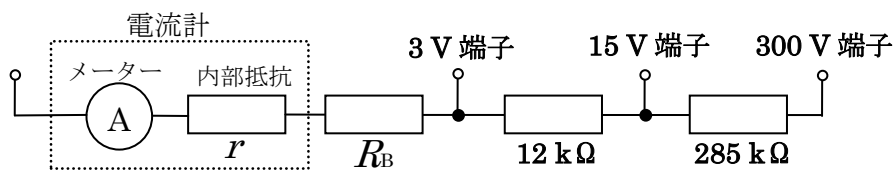


図6-5

- | | | |
|----------|----------|---------|
| ① 3.0 kΩ | ② 30 kΩ | ③ 33 kΩ |
| ④ 300 kΩ | ⑤ 330 kΩ | |

第7問

塩化ビニル板（以下、「塩ビ板」とする）を紙でこすると、塩ビ板が負に帯電することが知られている。図7-1のように負に帯電した塩ビ板を導体球に近づけると、塩ビ板側には正の電荷が、反対側には負の電荷が現れる。このような現象を「静電誘導」という。

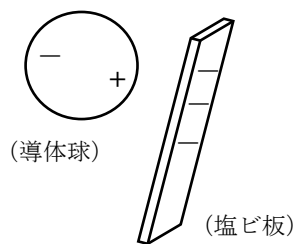


図7-1

問1 小さな導体球を絶縁糸でつるして、自由に動けるようにしたものを電気振り子という。はじめ電気振り子を帯電していない状態にして、図7-2のように負に帯電させた塩ビ板を導体球に近づけていった。このときの電気振り子の様子について、最も適当なものを、次の①～④の中から一つ選びなさい。

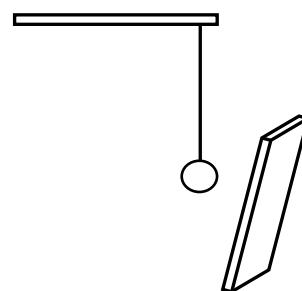


図7-2

- ① 塩ビ板を近づけると、塩ビ板に近づき、接触すると反発する。
- ② 塩ビ板を近づけると、塩ビ板から遠ざかるように振れる。
- ③ 塩ビ板を近づけただけでは、変化しない。
- ④ 塩ビ板を接触させると、塩ビ板にくっつく。

問2 図7-3のように絶縁台に乗った、帯電していない二つの導体球A、Bを準備し、はじめ接触させておいた。そこに、負に帯電させた塩ビ板をA側から近づけていき、Aのすぐそばまで近づけた状態を保ちながら、BをAから離れた。その後、塩ビ板を導体球Aから遠ざけた。このとき、A、Bの帯電状態はどのようになっているか、最も適当なものを、次の①～⑨から一つ選びなさい。

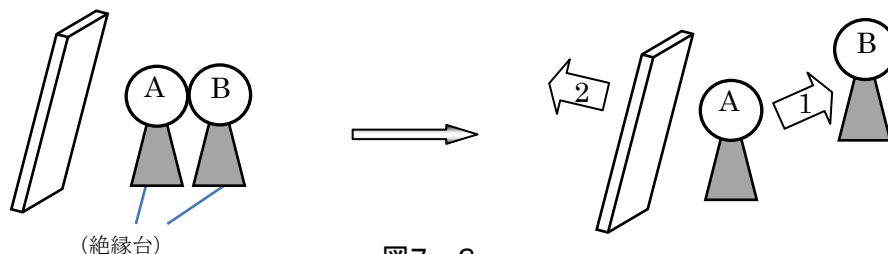


図7-3

解答番号	A	B
①	正	正
②	正	負
③	正	帯電していない
④	負	正
⑤	負	負
⑥	負	帯電していない
⑦	帯電していない	正
⑧	帯電していない	負
⑨	帯電していない	帯電していない

第8問

図8-1は、柱上変圧器から家屋まで、長さ25mの引き込み線でつながっている様子を表したものである。ただし、消費電力 P [W]は、電圧 V [V]と電流 I [A]、抵抗値 R [Ω]を用いて $P=I \cdot V=R \cdot I^2$ と表すことができる。なお、家屋に送られている電圧は100Vであるとする。

家屋での消費電力が2000Wのときについて、以下の各問いに答えなさい。

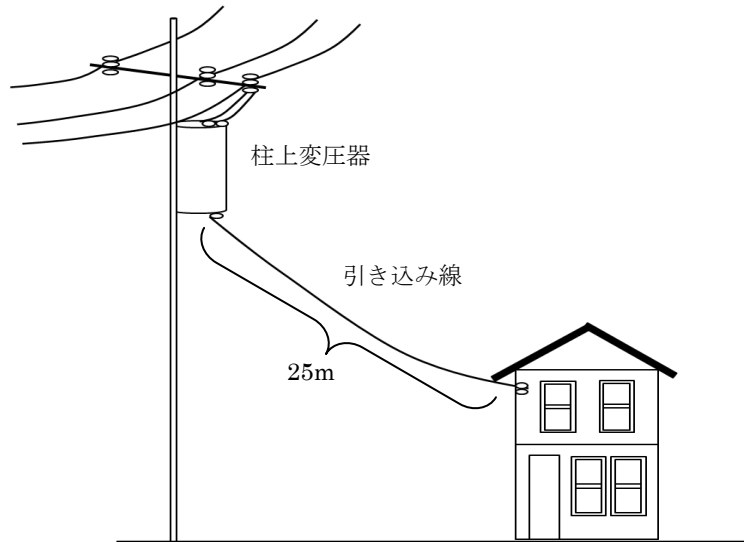


図8-1

問1 このとき、引き込み線を通る電流は何Aか。最も適当なものを、次の①～⑥の中から一つ選びなさい。

- ① 10 A ② 15 A ③ 20 A ④ 30 A ⑤ 40 A ⑥ 60 A

問2 引き込み線には往復で、長さ1.0 kmあたり1.5 Ω 電気抵抗がある。この引き込み線の抵抗による消費電力は何Wか。最も適当なものを、次の①～⑥の中から一つ選びなさい。

- ① 10 W ② 15 W ③ 20 W ④ 30 W ⑤ 40 W ⑥ 60 W

問3 引き込み線による消費電力は、引き込み線の発熱として失われるエネルギーである。この失われるエネルギーを少なくする方法として最も適当なものを、次の①～④の中から一つ選びなさい。

- ① 引き込み線の長さを大きくし、太さを大きくする。
② 引き込み線の長さを大きくし、太さを小さくする。
③ 引き込み線の長さを小さくし、太さを大きくする。
④ 引き込み線の長さを小さくし、太さを小さくする。

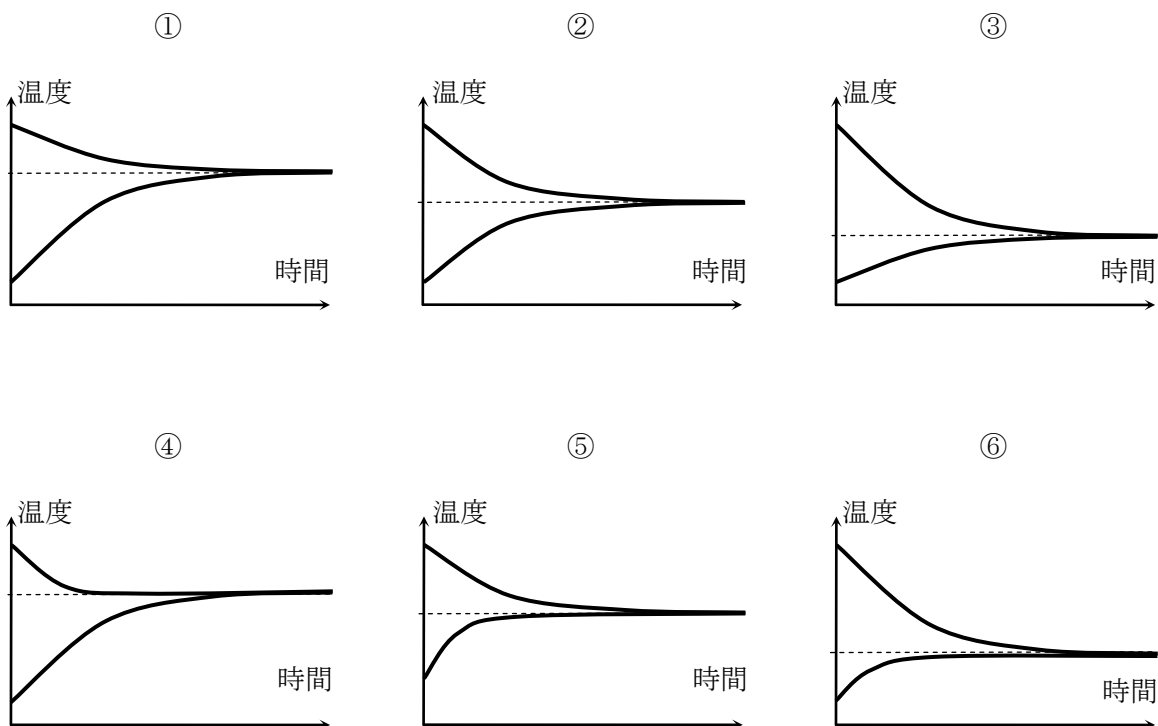
第9問

以下の各問いに答えなさい。

問1 断熱材に囲まれた容器Aには80℃の水300gが入っており、熱をよく伝える容器Bには20℃の水100gが入っている。容器Bを容器Aの中の水につけておいたところ、しばらくすると、容器A、Bの水の温度は等しくなった。このときの温度は何℃か、最も適当なものを、次の①～④の中から一つ選びなさい。ただし、熱はA、Bの水の間だけで移動するものと考えてよい。

- ① 45℃ ② 50℃ ③ 60℃ ④ 65℃

問2 問1の実験について、容器Bを容器Aの中の水につけた時からの、各容器中の水の温度変化を表したグラフとして最も適当なものを、次の①～⑥の中から一つ選びなさい。



第 10 問

水力発電では、高い位置にある水を落下させることによって発電機を回して電気を発生させている。これは、重力による位置エネルギーを電気エネルギーに変換していることになる。ここで、重力による位置エネルギーは、以下の式で表すことができる。

$$\text{重力による位置エネルギー}[\text{J}] = \text{質量}[\text{kg}] \times \text{重力加速度}[\text{m/s}^2] \times \text{高さ}[\text{m}]$$

実際には、摩擦や空気抵抗、機器の抵抗などによって発生する電気エネルギーは減少する。位置エネルギーの 80 % を電気エネルギーに変えることができる水力発電機があるとして考えてみよう。

消費電力 1 kW とは、1 秒間に 1 kJ の電気エネルギーを消費する電力を表す。1 kW のヘアードライヤーを 1 分間利用するための電力量を、この水力発電機の発電によって得たい。高さ 3 m の 2 階の位置から水を落とすとすれば、2 階に何 kg の水をくみ上げておけばよいか、最も適当なものを、次の①～⑥の中から一つ選びなさい。ただし、重力加速度の大きさは 9.8 m/s^2 とする。

- ① 160 kg ② 200 kg ③ 250 kg
 ④ 1600 kg ⑤ 2000 kg ⑥ 2500 kg

第 11 問

現代物理学では、陽子と中性子は、さらに小さい 3 個のクォークという素粒子で構成されていると考えられている。そのクォークはアップクォークとダウンクォークの 2 種類であり、それぞれの電荷は、 $+\frac{2}{3}e$ と $-\frac{1}{3}e$ である。 e は電子のもつ電気量の大きさを、「電気素量」という。 $+e$ の電荷をもつ陽子と、電荷 0 の中性子を構成するアップクォークの数とダウンクォークの数の組み合わせとして最も適当なものを、次の①～⑥の中から一つ選びなさい。

解答番号	陽子		中性子	
	アップクォークの数	ダウンクォークの数	アップクォークの数	ダウンクォークの数
①	0	3	3	0
②	1	2	1	2
③	2	1	2	1
④	3	0	0	3
⑤	2	1	1	2
⑥	1	2	2	1