

科学オリンピックへの道
岡山物理コンテスト 2021
問題 A

2021 年 12 月 25 日 (土)
13:50~14:30 (40 分)

問題にチャレンジする前に次の<注意事項>と<指数を用いた数の表記>をよく読んでください。
問題は 15 題からなります。問題は一見難しく見えても、よく読むとわかるようになっていきます。
どの問題から取り組んでも結構です。最後まであきらめずにチャレンジしてください。

<注意事項>

1. 開始の合図があるまで、問題冊子(全 20 ページ)を開けてはいけません。
2. 電卓を使用してもよろしい。
3. 携帯電話やスマートフォンなどは電源を切り、カバンの中にしまっておきなさい。
4. 解答はすべて解答用紙に記入しなさい。解答用紙は 1 枚です。必ずチャレンジ番号と氏名を記入しなさい。
5. 気分が悪くなったりトイレに行きたくなったりした際は手を挙げて監督者に知らせなさい。
6. 質問があるときは質問用紙に記入し、手を挙げて監督者に渡しなさい。
7. 終了の合図があったら、ただちに解答を止め、チャレンジ番号と氏名を確認の上、監督者の指示を待ちなさい。
8. 問題冊子は持ち帰りなさい。

<指数を用いた数の表記>

大きい数や小さい数を扱うときは、指数表記を利用し、 $a \times 10^n$ ($1 \leq a < 10$) の形で表す。

$$1200 = 1.2 \times 10 \times 10 \times 10 = 1.2 \times 10^3 \quad 0.0012 = \frac{1.2}{1000} = \frac{1.2}{10^3} = 1.2 \times 10^{-3}$$

このように表すことで、大きな数や小さな数を簡潔に表現できる。

【例】 地球から太陽までの距離 = 150000000 km = 1.5×10^8 km

電子の質量 = 0.00000000000000000000000000000091 kg = 9.1×10^{-31} kg

また、指数表記をしたときの、先頭から 3 つ目の数字を四捨五入して表した数を「有効数字 2 桁」という。

【有効数字 2 桁の例】 $3.14 \Rightarrow 3.1$ $3776 \Rightarrow 3.8 \times 10^3$ $0.0125 \Rightarrow 1.3 \times 10^{-2}$

<参考>

【三角比】

直角三角形の直角でない角の大きさが1つ決まれば、3辺の比が決まる。図1のように3辺の長さや角の大きさをそれぞれ a, b, c, θ とすると、正弦 (sin : サイン), 余弦 (cos : コサイン), 正接 (tan : タンジェント) は以下のように定義される。

$$\text{正弦} \quad \sin \theta = \frac{a}{c} \quad \text{余弦} \quad \cos \theta = \frac{b}{c} \quad \text{正接} \quad \tan \theta = \frac{a}{b}$$

これらを三角比という。

また、直角三角形の1つの辺の長さや1つの角の大きさが決まれば、残りの辺の長さを三角比を用いて表すことができる。

$$\text{例} \quad a = c \sin \theta, \quad b = c \cos \theta$$

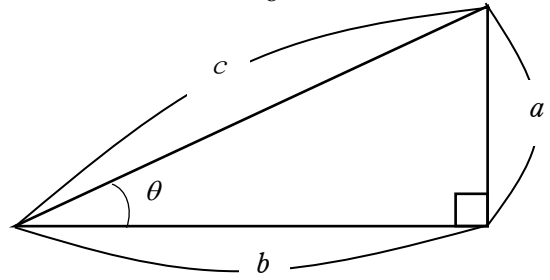


図1

【弧度法】

角度を表すのに、180° や 360° のように、[°] という単位を使って表す度数法は日常生活で広く使われている。一方、数学や物理では、弧度法と呼ばれる表し方を用いることが多い。この表し方は次のように定義される。

半径と等しい長さの弧を持つおうぎ形の中心角の大きさを1ラジアン (記号: rad) という。この rad を単位とした角の表し方を弧度法という。1つのおうぎ形において、弧の長さは中心角に比例するので、図2のような半径 r のおうぎ形において、中心角 θ [rad] に対する弧の長さを x とすると、

$$x = r\theta \quad \left(\text{または} \quad \theta = \frac{x}{r} \right)$$

したがって、半径 r の円では、円周は $2\pi r$ であるから、

$$\theta = \frac{x}{r} = \frac{2\pi r}{r} = 2\pi \text{ [rad]}$$

よって、度数法との間に次の関係が成り立つ。

$$360^\circ = 2\pi \text{ [rad]}$$

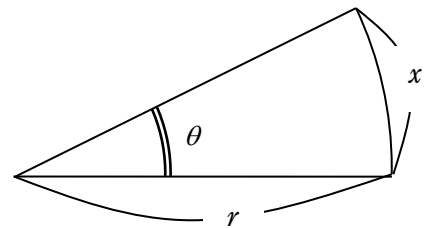


図2

【単位の主な接頭語】

記号 (読み)	大きさ	記号 (読み)	大きさ
G (ギガ)	10^9	c (センチ)	10^{-2}
M (メガ)	10^6	m (ミリ)	10^{-3}
k (キロ)	10^3	μ (マイクロ)	10^{-6}
h (ヘクト)	10^2	n (ナノ)	10^{-9}

第1問

「てこの原理」で知られている「てこ」には、支点、力点、作用点の配置により、第1種～第3種のとこがある。これらの特徴を考えよう。図1は、同じ長さの棒で作った、第1種～第3種のとこA～Cを示している。ただし、図中の3つ点(●)の位置はすべて同じである。それぞれのとこの作用点に、同じ重さの荷物をつるして持ち上げる。このとき、Aのとこの力点に加える力の大きさに対し、BおよびCのとこの力点に加える力の大きさはそれぞれどうなるか。正しい組み合わせを、次の①～⑨から1つ選べ。ただし、棒の重さは無視できる。

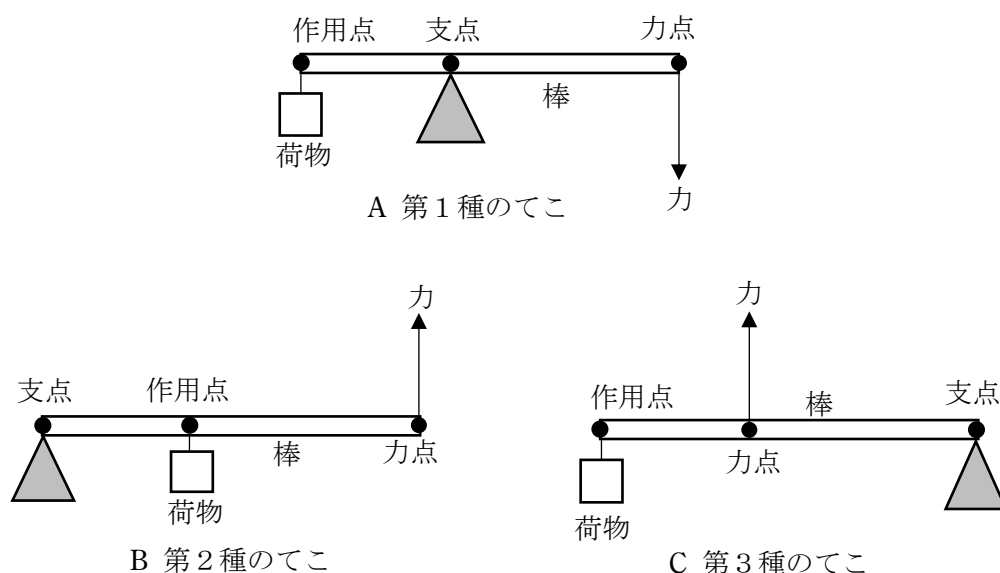


図1

	「B 第2種のとこ」の 力点に加える力の大きさ	「C 第3種のとこ」の 力点に加える力の大きさ
①	Aより大きくなる	Aより大きくなる
②	Aより大きくなる	Aと変わらない
③	Aより大きくなる	Aより小さくなる
④	Aと変わらない	Aより大きくなる
⑤	Aと変わらない	Aと変わらない
⑥	Aと変わらない	Aより小さくなる
⑦	Aより小さくなる	Aより大きくなる
⑧	Aより小さくなる	Aと変わらない
⑨	Aより小さくなる	Aより小さくなる

第2問

「氷山の一角」とは、物事のごく一部が外に現れていることのとえとして用いられる。氷山は真水の氷でできており、海に浮かんでいる。そこで、図2のように、真水の氷を食塩水に浮かべ、水面上にどの程度現れているのか調べる実験をした（実験A）。このとき、氷全体の体積のうち、水面上に出ている氷の体積の割合は、何%になるか。

また、この氷を真水に浮かべる場合（実験B）、水面上に出ている氷の体積の割合は、実験Aの場合と比べてどう変化するか。最も適切な組み合わせを、次の①～⑨から1つ選べ。

ただし、食塩水は海水に合わせて密度 $\rho_s = 1.025 \text{ g/cm}^3$ に調整しており、真水の密度 $\rho_p = 1.000 \text{ g/cm}^3$ 、真水の氷の密度 $\rho_i = 0.917 \text{ g/cm}^3$ とする。

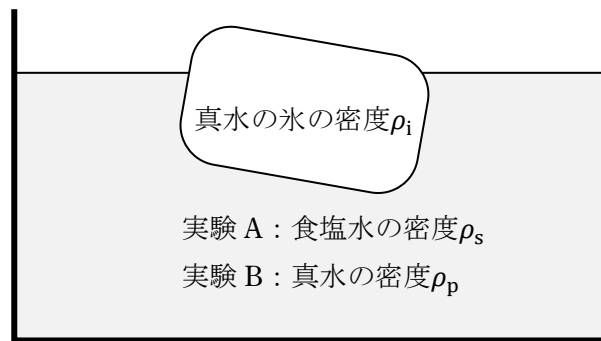


図2

	実験 A 食塩水に浮かべた場合 [%]	実験 B 真水に浮かべる場合
①	10.5	大きくなる
②	10.5	同じ
③	10.5	小さくなる
④	8.3	大きくなる
⑤	8.3	同じ
⑥	8.3	小さくなる
⑦	11.8	大きくなる
⑧	11.8	同じ
⑨	11.8	小さくなる

第3問

図3-1のように、電子天びんに十分に大きな円筒形の容器を置き、容器の底に糸の一端をつけ、他端に浮き球をつける。容器に水を入れると、糸はピンと張り、浮き球は水中に静止した。この状態で、時刻 t_0 に糸を切ると、浮き球は容器の壁に衝突することなく上昇し、水面に達した。図3-2は、水面に達するまでの浮き球の速度の時間変化を示したものである。電子天びんの示す値の時間変化を示したグラフの概形として最も適切なものを、次の①～⑥から1つ選べ。なお厳密には、浮き球が水面に達したとき多少の上下運動をするが、グラフでは省略している。

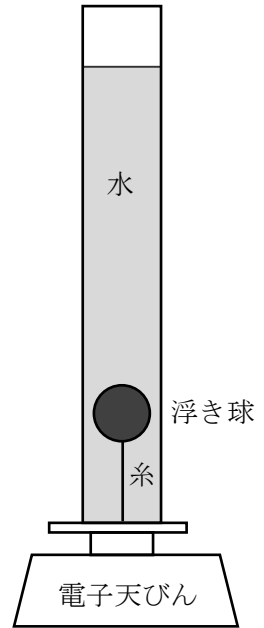


図3-1

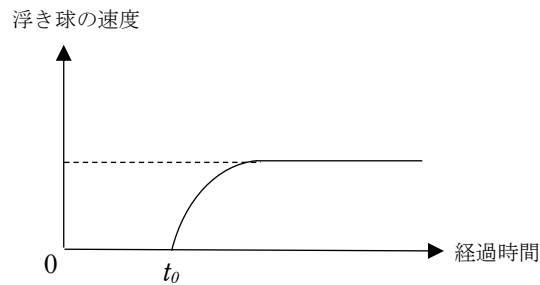
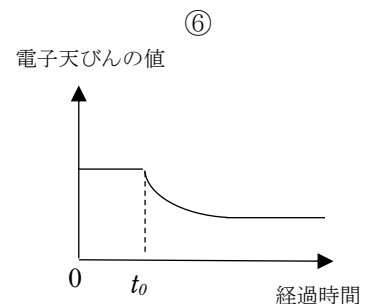
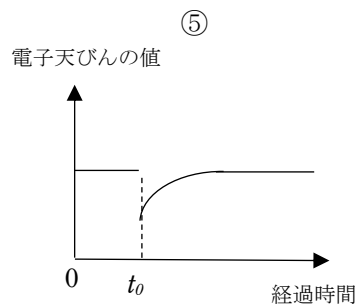
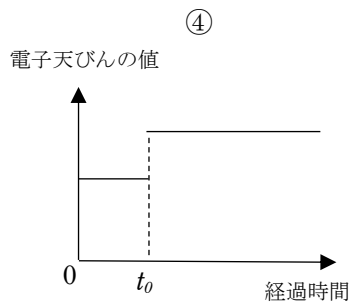
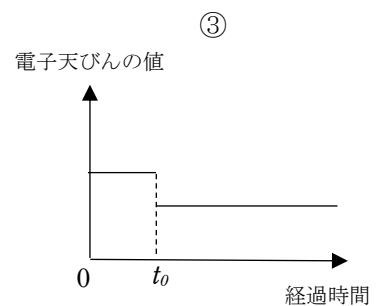
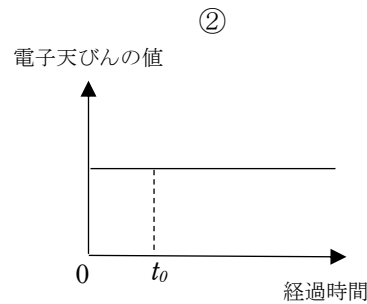
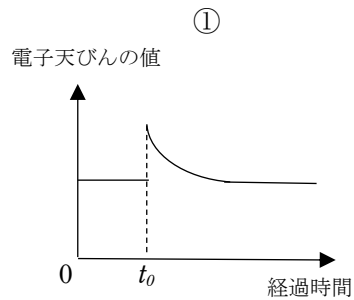


図3-2



第4問

エレベーターは、乗客が不快に感じないように、速度や加速度が制御されている。そこで、速度の変化を調べるため、あるエレベーターの床に電子天びんを置き、その上に図4-1のように質量500gの物体を載せた。この状態でエレベーターを作動させ、電子天びんの示す数値の変化を記録した。出発前の状態を時刻0sとし、到着してしばらく経つまでの20s間で得られた結果は図4-2のグラフのようになった。エレベーターの速度の時間変化を示したグラフとして最も適切なものを、次の①～⑥から1つ選べ。ただし、速度が上向きを正とする。



図4-1

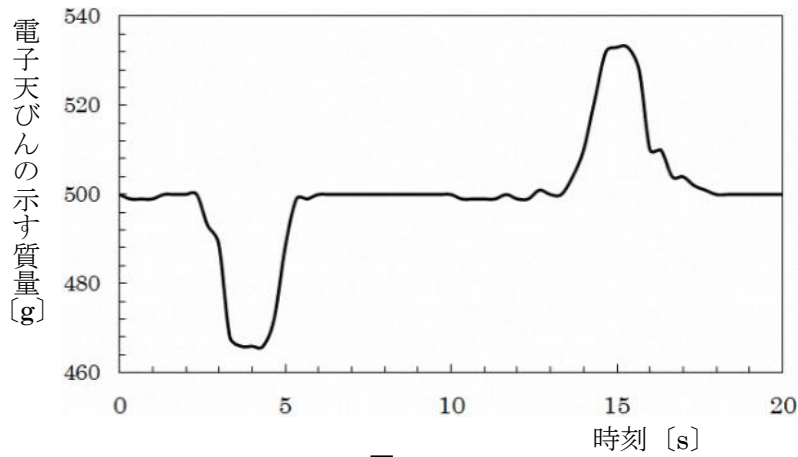
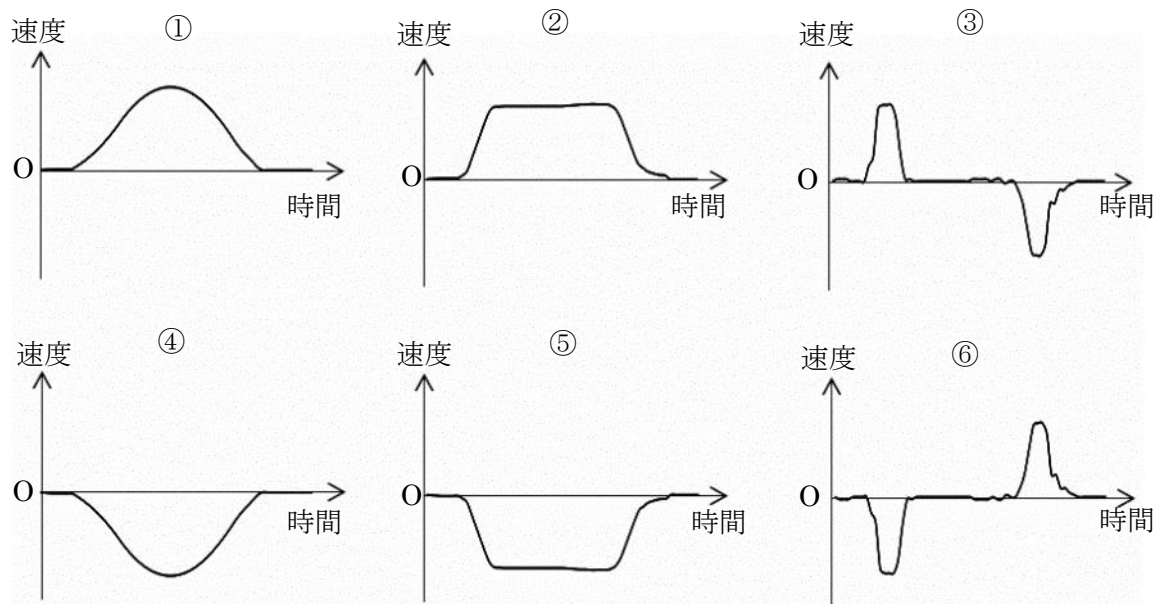


図4-2



第5問

図5-1のような、先端にノズルがついたホースで水をまくことを考える。このとき、単位時間あたりのホースに流入する水の量と、ノズルから流出する水の量は常に等しい。このため、水の密度を ρ [kg/m³]、ホースの断面積を S [m²]、ノズルの断面積を S' [m²]、流入する水の速さを v [m/s]、流出する水の速さを v' [m/s] とすると、単位時間あたりのホースに流入する水の量 m [kg] は、流出する水の量と等しく、 $m = \rho Sv = \rho S'v'$ と表される。

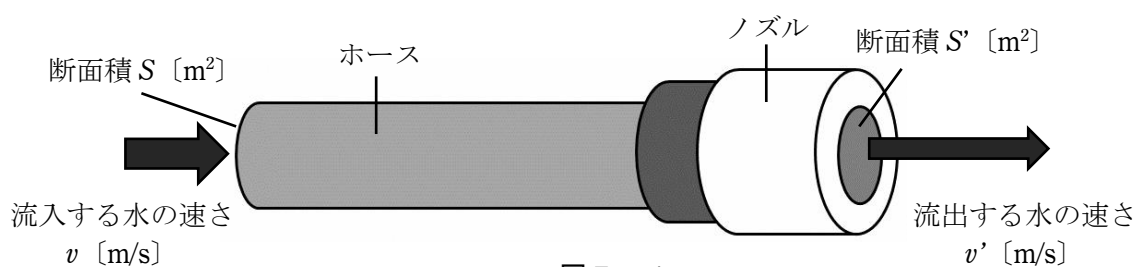


図5-1

図5-2のように、水を地面に平行に発射する。ここで、半径の異なるノズルに切り替えると飛距離が4倍になった。ノズルの半径は、切り替える前の何倍になっているか。正しいものを、次の①～⑥から1つ選べ。ただし、ホースとノズルの高さおよび、単位時間あたりのホースに流入する水の量は切り替える前後で変化しないとする。

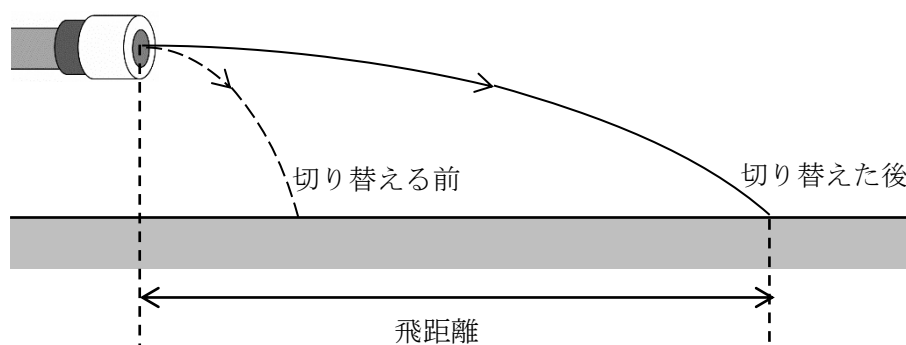


図5-2

- ① $1/4$ 倍 ② $1/2$ 倍 ③ $1/\sqrt{2}$ 倍 ④ $\sqrt{2}$ 倍 ⑤ 2 倍 ⑥ 4 倍

第6問

吉備中央町は、岡山県の「重心」がある町として知られている。その吉備中央町の「吉備高原都市」の中心施設「きびプラザ」には、「吉備さんさん広場」という円形の広場がある（図6）。広場の中心で手をたたくと、周囲の円周部分から反射した音が、手をたたいてから約0.16秒後に聞こえた。広場の直径として最も近いものを、次の①～⑤から1つ選べ。ただし、音速を340 m/sとする。



図6

- ① 27 m ② 55 m ③ 110 m ④ 220 m ⑤ 270 m

第7問

太陽光には様々な色の光が含まれており、プリズムに入射させると、虹のように色が分かれて進む（これを「分散」という）。図7-1には、そのうちの赤い光と青い光を示しており、青い光の方が大きく屈折する。太陽光が水滴に入射した場合も同様に、光は様々な色に分かれて進み、赤い光に比べて青い光の方が大きく屈折する。このため、空気中の水滴に太陽光が入射すると、色ごとに分かれた光が、異なる高さから私たちの眼に届く。これが虹の見える仕組みである。

図7-2および図7-3は、太陽光に含まれる赤い光と青い光の進み方を示している。図7-2のAおよび図7-3のBは、それぞれどちらの光の進み方を示しているか。組み合わせとして正しいものを、次の①～④から1つ選べ。

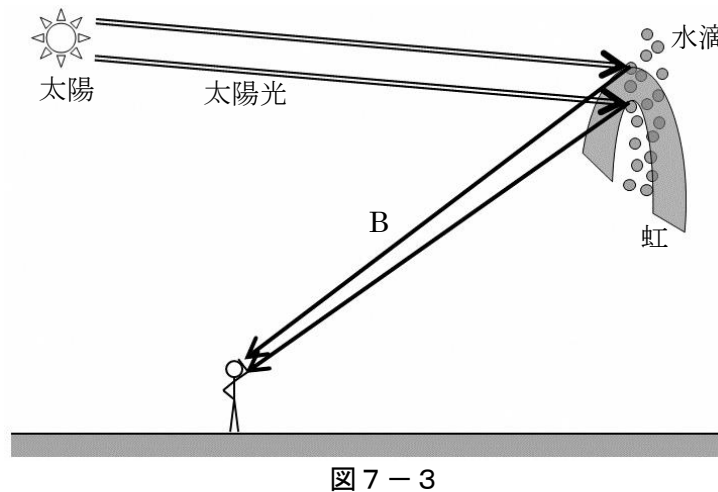
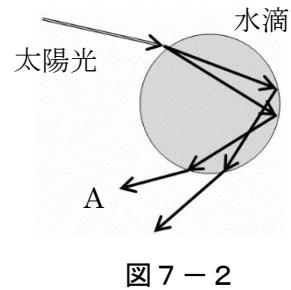
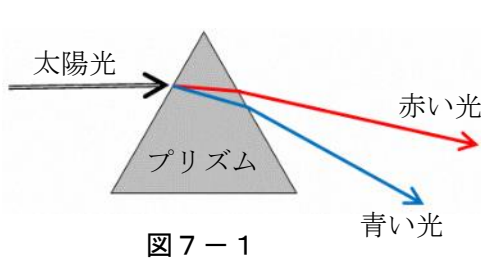


	図7-2のA	図7-3のB
①	赤い光	赤い光
②	赤い光	青い光
③	青い光	赤い光
④	青い光	青い光

第8問

光は波であり、その進行方向に対し垂直な方向に振動する「横波」である。太陽や電球などの光は図8-1のように、鉛直方向や水平方向など様々な方向に振動する波を含む。しかし、鏡や水面などで反射する際には、反射面に平行な方向に振動する波が反射しやすいという性質がある。反射光のように、特定の振動方向に偏った光を「偏光」という。

人間は偏光を認識することができないが、「偏光板」を用いると、偏光とその振動方向を知ることができる。偏光板には「向き」があり、図8-2のように向きが一致した振動方向の光だけを通す性質がある。このため、偏光板を通して偏光を観察すると、明るさが変化するので振動方向がわかる。

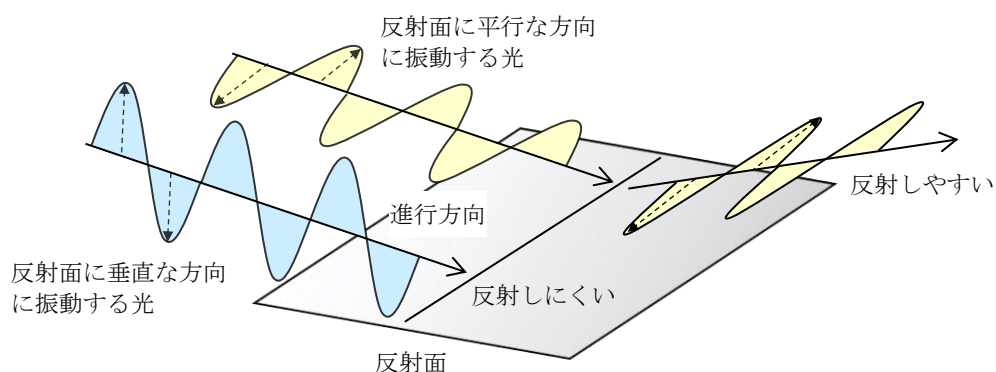


図8-1

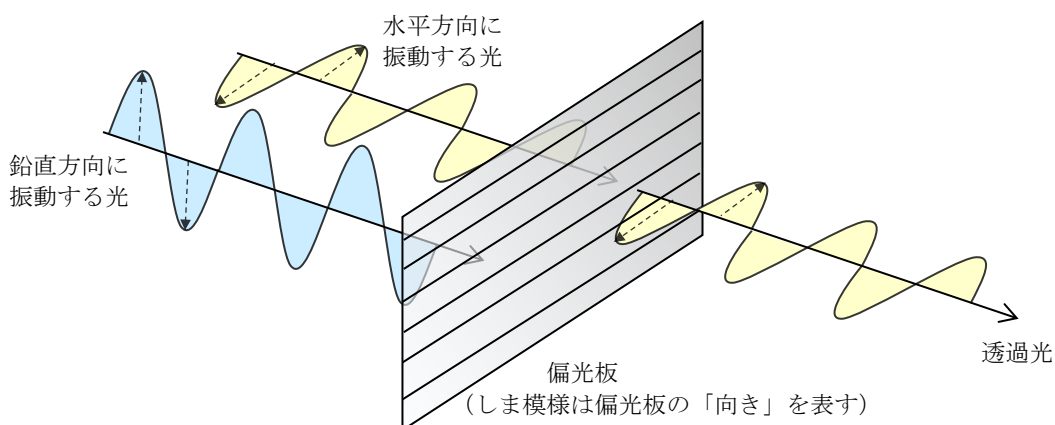


図8-2

図8-3は、偏光板を通してパソコンの液晶画面の一部を見た様子である。液晶画面の光は偏光であるため、偏光板の「向き」と液晶画面の光の振動方向が一致するときは明るく、一致しないときは暗く見えている。



図 8-3

太陽光が大気で散乱される際も図 8-1 のような現象が生じるため、青空から届く光も偏光となる。そこで、図 8-4 のような、三角形に切った偏光板 8 枚を組み合わせ、八角形の装置を作成し、青空の偏光の振動方向を調べた。ある日の正午、この装置を通して西の青空の P 点を見ると、図 8-5 のような明暗が観察された。P 点からやってくる光の偏光の振動方向として、最も適切なものを、【選択肢】の矢印①～④から 1 つ選べ。

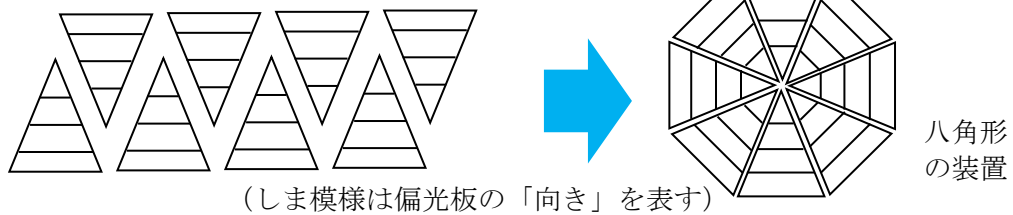


図 8-4

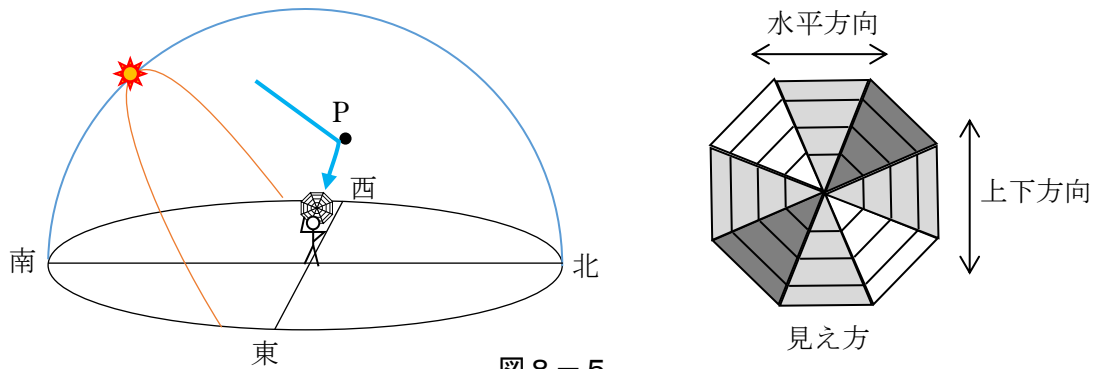
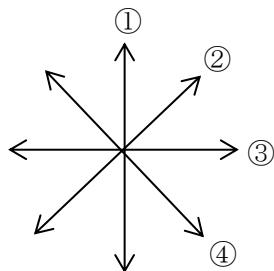


図 8-5

【選択肢】



* ミツバチなどの昆虫は偏光を認識できるので、この原理によって太陽と自分の位置関係を把握し、方角を知ることができる。

第9問

鉄が磁石にくっつく仕組みを考えてみよう。鉄の磁性を考えるときには、内部に小さな棒磁石がたくさん存在すると考えるとわかりやすい。小さな棒磁石の向きがバラバラの状態のとき、鉄は全体的に磁性をもたない(図9-1)。これに外から磁石を近づけると、小さな棒磁石の向きがそろい(図9-2)、磁力による引力がはたらく。この状態になることを、「磁化」という。

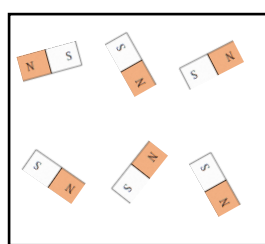


図9-1

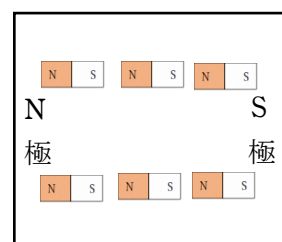
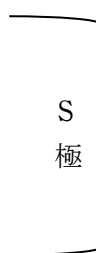
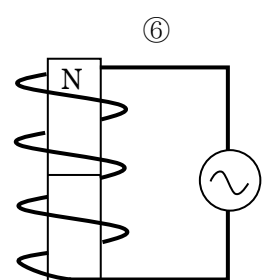
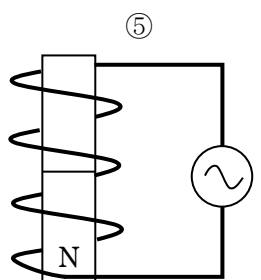
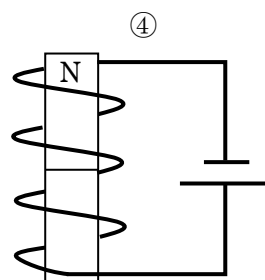
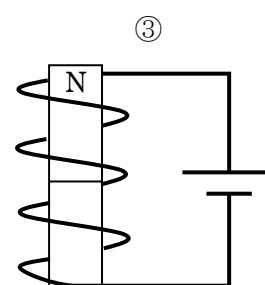
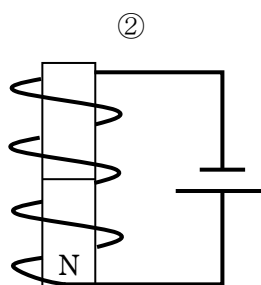
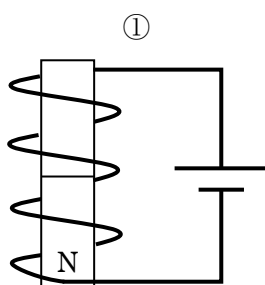


図9-2

磁化された状態が長時間持続するようにしたものを永久磁石という。経年変化などで磁力が弱くなった磁石は、コイルで作った強い磁場の中に入れることで、再び磁化させることができる。これを行う装置を、「着磁器」という。次の①～⑥は、「着磁器」の仕組みを模式的に示したものである。棒磁石をコイルに入れたとき、図の向きがN極となるように磁化させることができるものを、次の①～⑥から**すべて**選べ。ただし、①～④は直流電源、⑤、⑥は交流電源を用いている。

※1つの解答欄にすべて書き入れること。



第 10 問

図 10 のような「箔検電器」がある。箔検電器は、金属板に物体を近づけたときの金属の箔の開き方などによって、物体の帯電状態を調べる器具である。箔検電器は、上部の金属板と、内部の箔が金属棒でつながった構造である。



図 10

図 10 のように、帯電していない箔検電器の金属板に、負に帯電した帯電体を近づけたところ、箔が開いた。このあと、検電器の金属部分全体を負に帯電させるための操作として最も適切なものを、次の①～⑥から 1 つ選べ。

- ① 金属板に帯電体をこすりつける
- ② 金属板に帯電体をこすりつけた後、帯電体を遠ざけ、金属板に指で触れる
- ③ 金属板に帯電体を近づけた後、帯電体を遠ざける
- ④ 金属板に帯電体を近づけたまま、金属板に指で触れた後、指を離し、次に帯電体を遠ざける
- ⑤ 金属板に帯電体を近づけたまま、金属板に指で触れた後、帯電体を遠ざけ、次に指を離す
- ⑥ 金属板に帯電体を近づけた後、帯電体を遠ざけ、次に金属板に指で触れた後、指を離す

第 11 問

ホワイトボードなどにはり付ける磁石には、鉄でできた帽子のようなものをかぶせたものがある（図 1 1—1）。このような鉄の部品を「ヨーク」という。図 1 1—2 は、ヨークの無い磁石と、ヨークが付いた磁石をそれぞれ鉄にはり付けたときの断面の磁力線の様子である。このように磁力線は鉄の内部を通りやすい性質を持つ。磁石にヨークを取り付けたときの効果として最も適切なものを、次の①～④から 1 つ選べ。



図 1 1—1

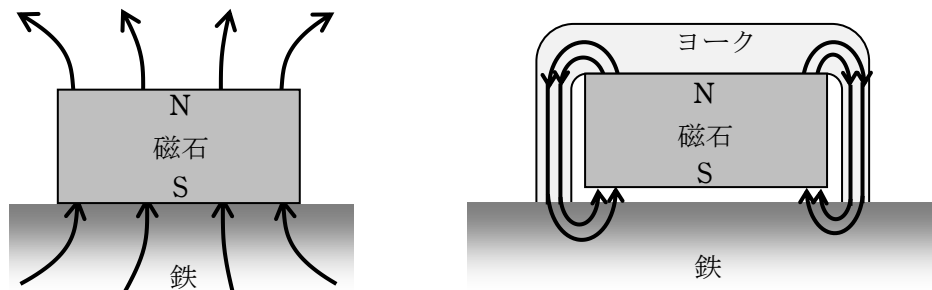


図 1 1—2

- ① 磁力線の密度を高めることで、はり付く力を強くする
- ② 磁石を保護することで、はり付く力を持続させる
- ③ 磁力線を増やすことで、はり付く力を強くする
- ④ 磁石に枠をつけることで、すき間なく密着させる

第 12 問

「落雷 1 回の電気エネルギーは、非常に大きい」という記事を読んで、興味を持った太郎さんは自分で調べて計算し、自分の家の消費電力量と比較した。

ある落雷 1 回について、放電時間が 1000 分の 1 秒、放電中の電流と電圧がそれぞれ 15 万 A、1 億 2 千万 V で一定であったとする。太郎さんの家の 1 日の消費電力量を 15kWh とするとき、この落雷 1 回の電気エネルギーは、太郎さんの家で消費する電力量のどれだけの期間に相当するか。その期間として最も近いものを、次の①～⑥から 1 つ選べ。

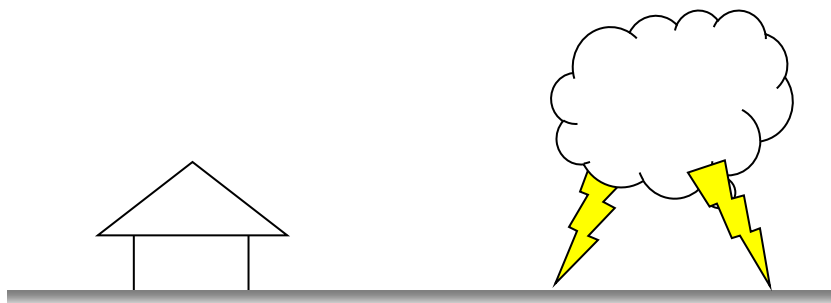


図 1 2

- | | | |
|---|---------|------------|
| ① | 約 7 時間 | (0.3 日間) |
| ② | 約 3 日間 | |
| ③ | 約 1 か月間 | (33 日間) |
| ④ | 約 1 年間 | (330 日間) |
| ⑤ | 約 9 年間 | (3300 日間) |
| ⑥ | 約 90 年間 | (33000 日間) |

第 13 問

温度計は、図 1 3 のように液だめから細い管が出ており、液だめに赤く着色された灯油が入っている。学校の温度計を調べたところ、温度が $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 上がると液面が 1.0cm 上がるようになっていた。また、液だめに入っている灯油は 0.10 cm^3 であるとわかった。管の直径はいくらか。灯油の体膨張率を $1.0\times 10^{-3}\text{ [1/}^{\circ}\text{C]}$ (温度が $1.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 上がると体積が 0.10% 増える) として最も適切なものを、次の①～④から 1 つ選べ。ただし、管と液だめの膨張は無視できる。

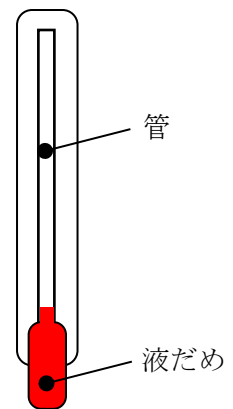


図 1 3

- | | |
|------------------------|---------------------|
| ① 直径 約 0.36mm | ② 直径 1.8mm |
| ③ 直径 約 3.6mm | ④ 直径 18mm |

第 14 問

金属は温度が上昇すると膨張するが、その膨張率は種類によって異なる。このため、膨張率の異なる2種類の金属板をはり合わせたものは、温度が変化すると膨張率の違いによって曲がる性質を持つ。このように2種類の金属板をはり合わせたものを「バイメタル」といい、図14-1のような温度計に用いられている。図14-2はこの温度計の目盛板を外した内部の仕組みの模式図である。A（内側の灰色部分）とB（外側の黒色部分）の2種類の金属板をはり合わせたバイメタルをうず巻き状にして、一端を固定し、他端に針を付けている。温度が変化すると、膨張率の違いによりバイメタルが伸び縮みし、針が回転して温度を指し示す。

図14-3は、様々な金属の、 0°C ～ 400°C の範囲における長さの変化を示している。ただし、縦軸は 0°C のときの長さに対する変化量、横軸は金属の温度を示している。

今、図14-2のAとして、図14-3の④の金属を用いる場合を考える。このとき、 20°C ～ 400°C の範囲で目盛りが等間隔になるような温度計を作るには、図14-2のBに用いる金属として図14-3のどの金属を組み合わせればよいか。最も適切なものを、図14-3の①～④から1つ選べ。

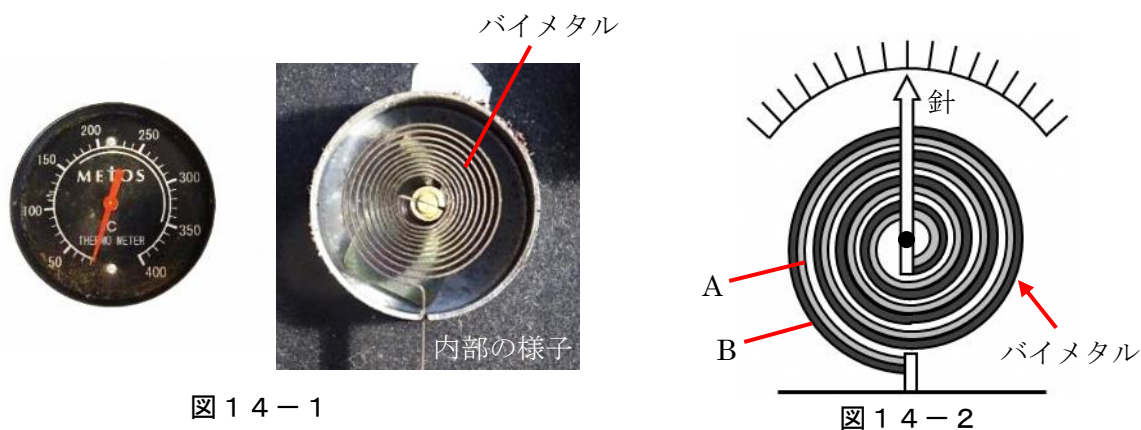


図 14-1

図 14-2

図 14-3

第 15 問

GPS は、複数の人工衛星（GPS 衛星）からの電波を受信器で受信することで、自分の位置を知るシステムである。GPS 衛星は、送信時刻と位置の情報を電波で発信しながら、地球を周回している。一方、受信機は、4 機以上の GPS 衛星からの電波を受信し、到達時間の差から自分の位置を計算している。しかし、GPS 衛星の送信時刻の情報に、真の時刻とのずれがあると、このずれの間に電波が進む距離だけ、自分の実際の位置と計算結果の間に差が生じる。

地上にいる自分の位置を半径 30 m 以内の精度で知りたい場合、GPS 衛星の送信時刻 (s) は、小数点以下いくらまで正確である必要があるか。最も適切なものを、次の①～⑤から 1 つ選べ。なお、電波の速さを 3.0×10^8 m/s とする。

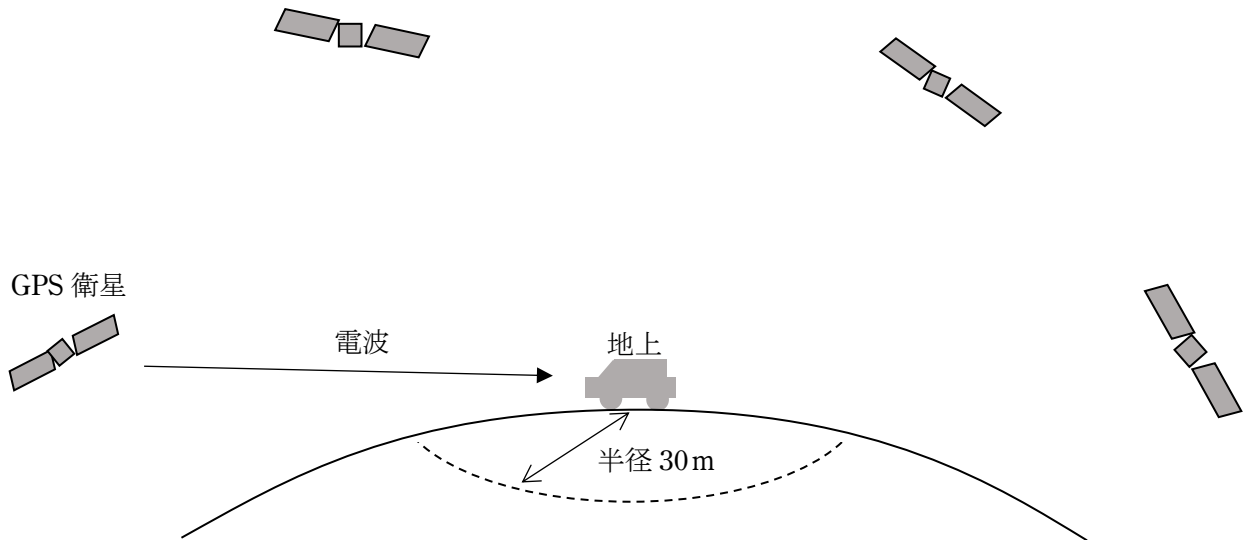
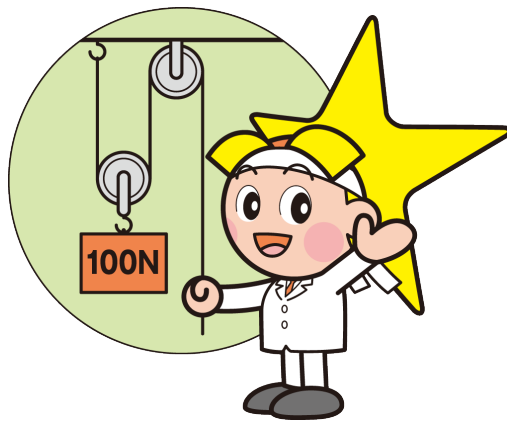


図 15

- ① 1 秒に対し、小数点以下 2 桁
- ② 1 秒に対し、小数点以下 3 桁
- ③ 1 秒に対し、小数点以下 4 桁
- ④ 1 秒に対し、小数点以下 6 桁
- ⑤ 1 秒に対し、小数点以下 8 桁



岡山県マスコット ももっち