

科学オリンピックへの道
岡山物理コンテスト 2022
問題 A

2022 年 10 月 22 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 16 題からなります。問題は一目難しく見えても、よく読むとわかるようになっています。
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 = 0.000000000000000000000000000091 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。

例 $a = c \sin \theta$, $b = c \cos \theta$

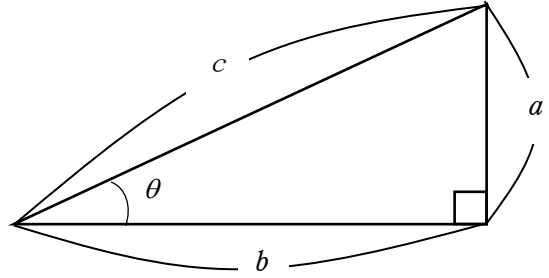


図1

【弧度法】

角度を表すのに、 180° や 360° のように、 $[^\circ]$ 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。

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

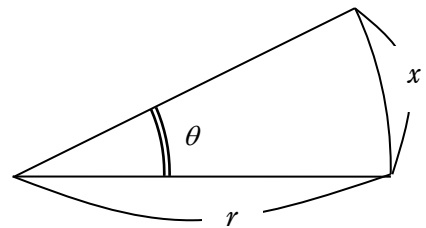


図2

【単位的主要な接頭語】

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

ジェットコースターが好きな人は、高さや降下角度、加速度や最高速度、遠心力等によって体が押しつけられるような感覚、体が浮かび上がるような浮遊感など非日常的な体験を求めて楽しんでいる。

ジェットコースターは、一般的にレールの低い位置ほど速く、高くなると遅くなる。ジェットコースターに乗って、図1-1のような勾配の坂（PQ間のレールは半径が一定の円弧になっている）を通過するときのことを考えてみよう。

自分の座席が最も低い位置に来たときにジェットコースターが最も速くなれば、最も強く体が押しつけられるような感覚を得ることができる。そのためにはジェットコースターのどの位置に座ればよいか。図1-2に示した座席①～⑤のうちから正しいものを1つ選べ。なお、乗客の体重は全員同じものとし、ジェットコースターの車両の重心は中央にあり、満席の状態での発進することとする。

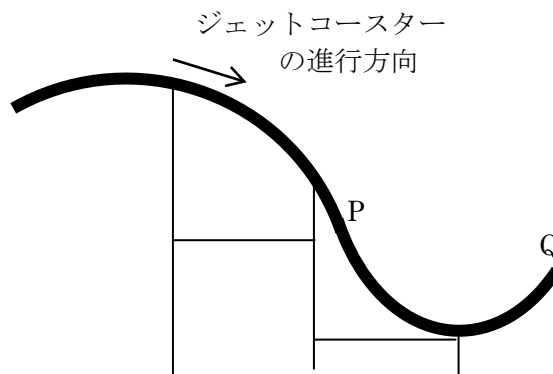


図1-1

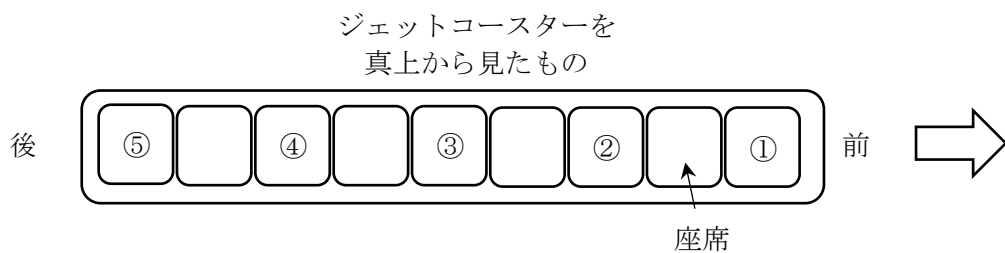


図1-2

- ① 先頭の座席
- ② 中央よりも前の座席
- ③ 中央の座席
- ④ 中央よりも後ろの座席
- ⑤ 最も後ろの座席

第2問

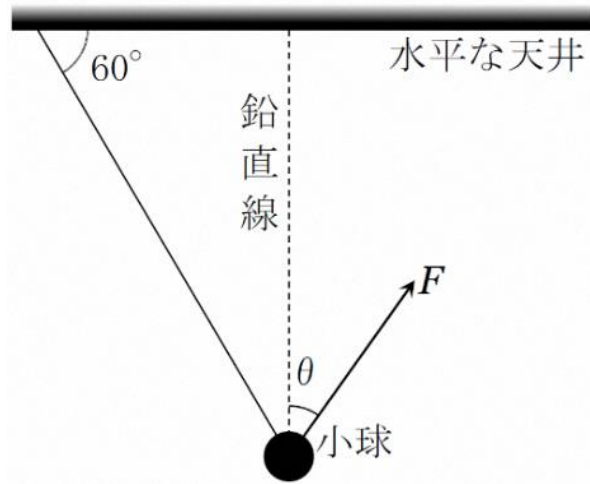


図2

小球を水平な天井から軽い糸で吊るす。図2のように水平な天井に対して糸が 60° をなす状態に保ちたい。このとき、引く力 F の向き（鉛直線となす角度 θ ）を変えると、 F の大きさが変わる。 F の大きさを最小にするには、角度 θ をいくらにすればよいか。正しいものを、次の①～⑧のうちから1つ選べ。

①	15°
②	30°
③	45°
④	60°
⑤	75°
⑥	90°
⑦	105°
⑧	120°

第3問

自転車 (14 kg) に人 (50 kg) が乗ると、合わせて 64 kg となる。これを、自転車の2つのタイヤが支えている。それぞれのタイヤが地面に接触している部分は、幅 2 cm、長さ 5 cm の長方形であったとする。2つのタイヤが支える力が等しいとすると、この自転車のタイヤの空気圧はいくらか。最も近い値を、次の①～⑥から1つ選べ。ただし、1 気圧 = 1013 hPa = 1.013×10^5 N/m²、重力加速度の大きさは 9.8 m/s² とする。

- ① 1 気圧 ② 2 気圧 ③ 3 気圧 ④ 4 気圧 ⑤ 5 気圧 ⑥ 6 気圧

なお、自動車は幅の広いタイヤを用いているため、質量がとても大きいにも関わらず、タイヤの空気圧は自転車よりも低い。

第4問

卓球では、ピンポン球に回転をかけて様々なショットを打ち合うことで高度なラリー戦が展開される。ここでは回転するピンポン球が卓球台と接触する瞬間に着目し、接触時に台からはたらく摩擦力とピンポン球の回転の変化との関係を考察しよう。

ピンポン球は変形せず、卓球台の面に対して斜めの角度で回転しながら衝突するものとする。ピンポン球の運動は“重心の並進運動”と“重心を中心とする回転運動”に分けて考えることができる。ピンポン球の重心の速度の水平成分の大きさを v_G 、球表面での回転の速さを v_R としたとき、台との衝突の状況として次の4つの場合が考えられる。

- (ア) ピンポン球は反時計回りに回転して、 $v_G > v_R$ のとき (図4-1)
- (イ) ピンポン球は反時計回りに回転して、 $v_G < v_R$ のとき (図4-1)
- (ウ) ピンポン球は時計回りに回転して、 $v_G > v_R$ のとき (図4-2)
- (エ) ピンポン球は時計回りに回転して、 $v_G < v_R$ のとき (図4-2)

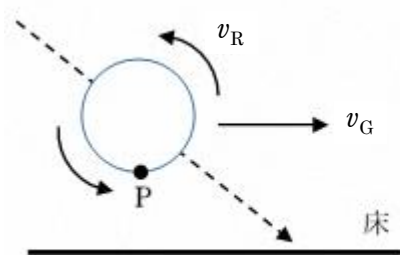


図4-1

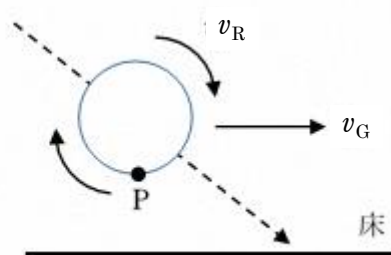


図4-2

ピンポン球の回転の速さが増加する組み合わせとして正しいものを、次の①～⑨から1つ選べ。ただし、この衝突において摩擦力は、地面に静止している人から見て衝突直前のピンポン球の最下点 P の速度の水平成分と逆向きにはたらくものとする。衝突によってピンポン球の回転の向きが反転することはないものとする。

- ① アのみ ② イのみ ③ ウのみ ④ エのみ ⑤ ア, ウ ⑥ イ, エ
- ⑦ ア, イ ⑧ ウ, エ ⑨ ア, イ, ウ

第5問

力自慢の人がスケートボードの上に乗った状態で両手にロープを持ち、腕の曲げ伸ばしの回数を競うパフォーマンスを行っている。図5のA～Cの状態について、曲げ伸ばしに必要な力の大きさの大小関係はどのようになるか。正しいものを、次の①～⑦から1つ選べ。なお、荷物1つの重さはすべて同じであり、ロープの重さは無視できるものとする。

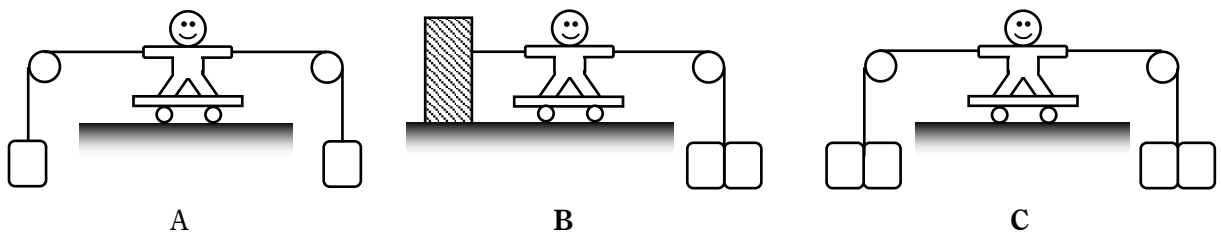


図5

- A：荷物1つにつながれたロープを両手でつかんでいる。
B：右手は壁，左手は荷物2つにつながれたロープをつかんでいる。
C：荷物2つにつながれたロープを両手でつかんでいる。

- ① Aの右手=Bの右手=Cの右手
- ② Aの右手=Bの左手=Cの右手
- ③ Aの右手=Bの右手<Cの右手
- ④ Aの左手<Bの左手<Cの右手
- ⑤ Aの右手<Bの右手=Cの右手
- ⑥ Bの右手<Aの右手<Cの右手
- ⑦ Bの右手<Aの左手=Cの右手

第6問

公園でブランコを漕いだときのことを覚えているだろうか。ブランコに腰掛けて乗る場合も、立ち上がって乗る場合も、ブランコ本体と乗る人を合わせた重心の位置を周期的に変化させることによって漕いで（徐々に大きく振れて）いる。

一般的な振り子において重心の位置（振り子の支点から重心までの長さ）は変化することのない定数である。ブランコ漕ぎは、このような定数や係数（パラメータ）などが周期的に変化することによって振れが大きくなるので係数励振（パラメータ励振）などという。

さて、ブランコを漕ぐ（振れを大きくする）ときの重心位置の変化に適した「場所」と「向き」の組み合わせとして適切なものを、次の①～⑧のうちからすべて選べ。

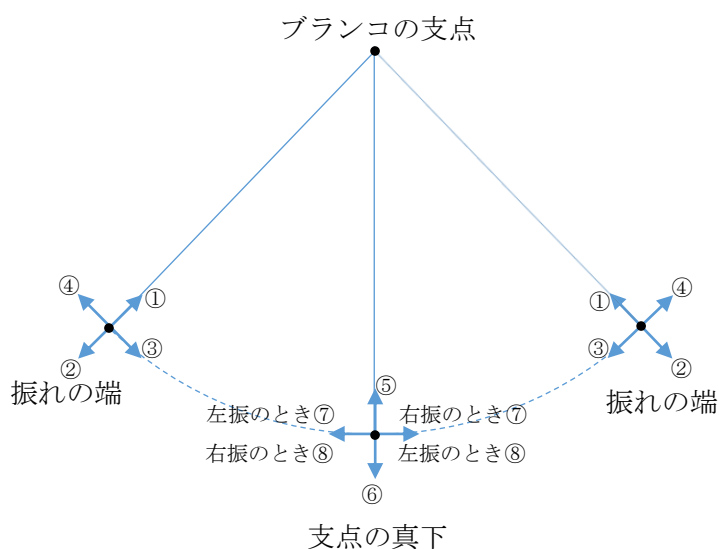


図6

	重心位置を変化させる場所	重心位置を変化させる向き
①	振れの端	支点に向かう向き
②	振れの端	支点の反対に向かう向き
③	振れの端	振れの接線方向、振れる向き
④	振れの端	振れの接線方向、振れの逆向き
⑤	支点の真下	支点に向かう向き
⑥	支点の真下	支点の反対に向かう向き
⑦	支点の真下	振れの接線方向、振れる向き
⑧	支点の真下	振れの接線方向、振れの逆向き

第7問

LED ライトや電灯などの光の明るさは、光源からの距離によってどのように変わっていくだろうか。

光源から出る光の総量を光束という。光源から光が放出される方向に、光束の値に等しい数だけ矢印を引くこととする。このとき、単位面積あたり貫く矢印の本数を照度といい、光源から離れた位置における明るさの指標になる物理量である。

光源が図7-1のようなレーザー光を考えよう。レーザー光からは、図7-1のように、一直線上に光が放出される。

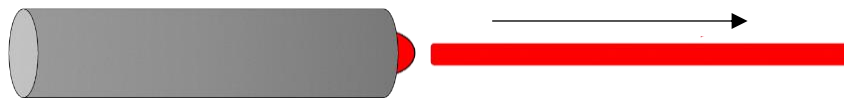


図7-1

次に、点光源を考えよう。点光源からは、あらゆる方向に等量の光が放出され、それらの向きに矢印を等間隔で描くと図7-2のようになる。

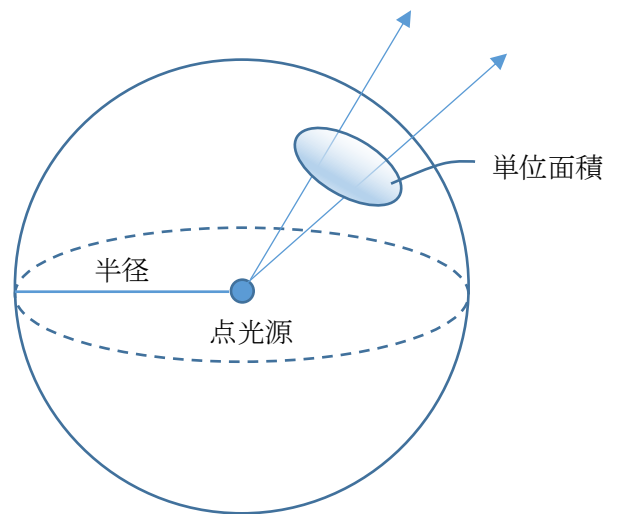


図7-2

レーザー光と点光源について、光源から距離 $2r$ だけ離れた位置における照度は、 r だけ離れた位置における照度の何倍か。正しい組み合わせを、次の①～⑨から1つ選べ。

	レーザー	点光源		レーザー	点光源		レーザー	点光源
①	1倍	1倍	④	1/2倍	1倍	⑦	1/4倍	1倍
②	1倍	1/2倍	⑤	1/2倍	1/2倍	⑧	1/4倍	1/2倍
③	1倍	1/4倍	⑥	1/2倍	1/4倍	⑨	1/4倍	1/4倍

第8問

次の文章の空欄（ア）～（ウ）にあてはまる語句について正しい組み合わせを、次の①～⑧から1つ選べ。

「逃げ水」と呼ばれる現象と、夜に音が遠くまで聞こえる現象について考えてみよう。いずれも波の屈折と呼ばれる物理現象によって説明できる。屈折とは、波が媒質（波を伝える物質）の境界へ入射するとき、媒質によって波の進む速さが異なるために、進む向きが変わる現象である（図8-1）。波の進む速さが遅い物質ほど屈折率（絶対屈折率）が大きい。図8-1は上側の媒質の屈折率が下側の媒質と比べて大きい場合である。屈折角が90°となるときの入射角よりも大きな入射角になると、光は全反射する。

風がなく晴れた暑い日に、道路などで前方に水たまりがあるように見える（図8-2）。近づくときさらにその先に遠のいて見える。この現象を逃げ水という。

これは地面近くの空気層が、鏡のように光を全反射していることが原因である。道路が熱せられて、地面付近の空気層の屈折率はその上の空気層より屈折率が（ア）ことを示している。

晴れた夜に遠くから電車の音がよく聞こえる現象がある。これは、晴れた夜には放射冷却が起き、地表付近の空気の温度が上空よりも低くなり音波が屈折することが原因である（図8-3）。地表付近の空気の温度が低いために、上空の空気層に音波が入射すると音速が（イ）なり、屈折角が（ウ）なることで遠くまで音が届くようになる。

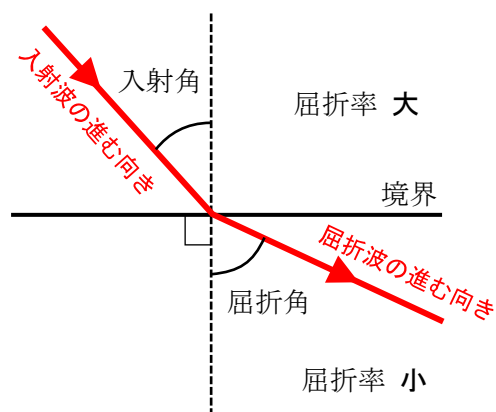


図8-1

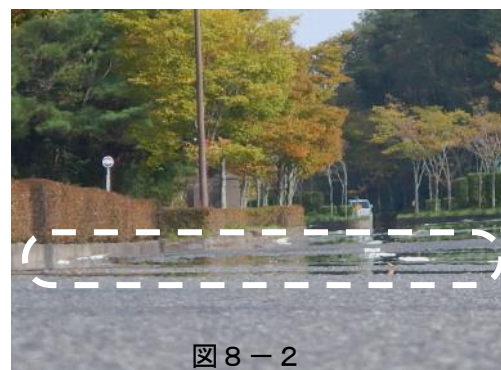


図8-2

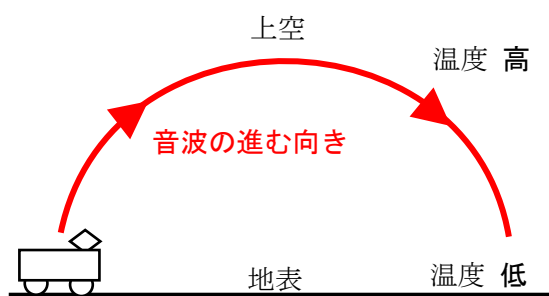


図8-3

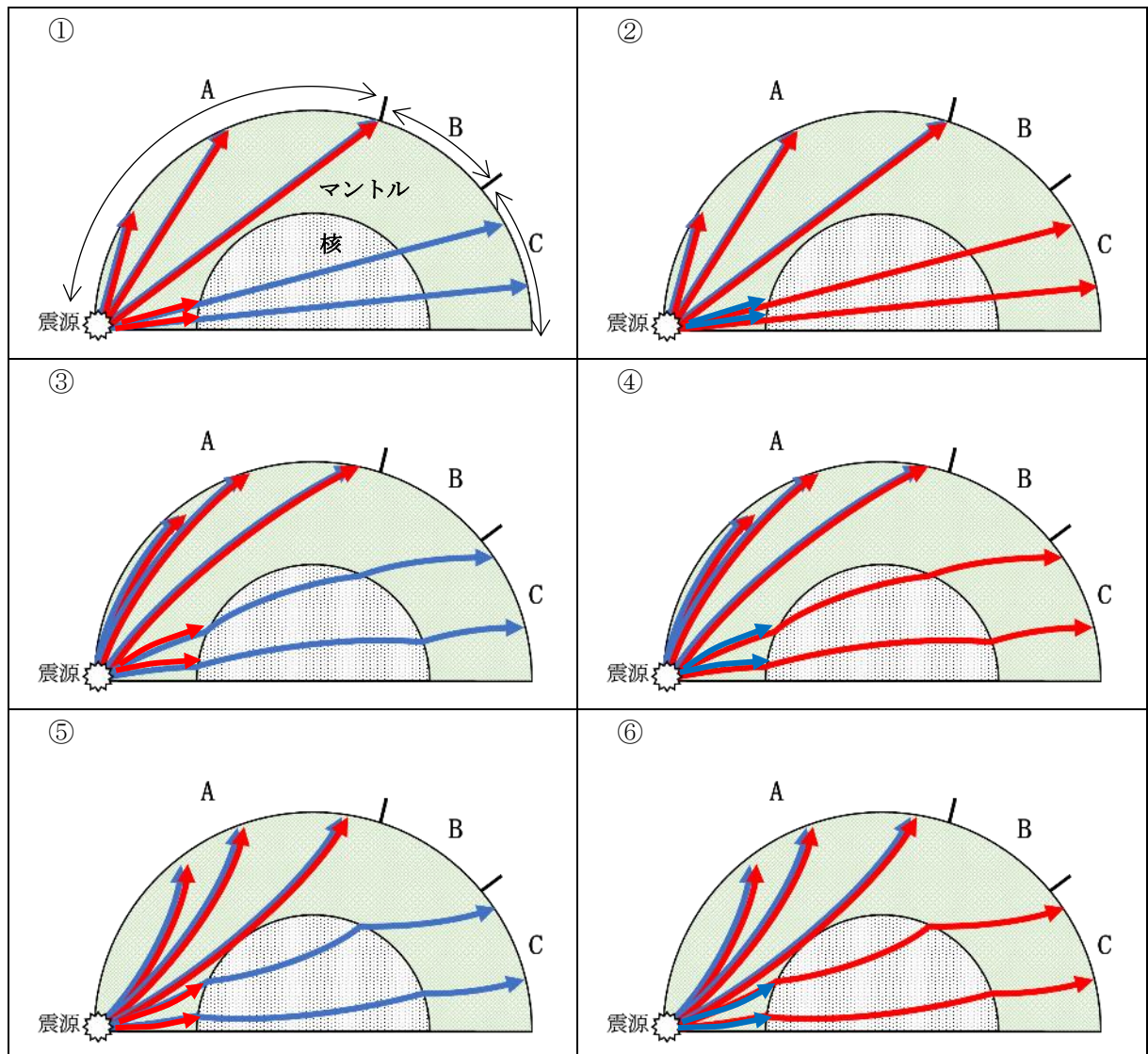
	(ア)	(イ)	(ウ)
①	大きい	速く	大きく
②	大きい	速く	小さく
③	大きい	遅く	大きく
④	大きい	遅く	小さく
⑤	小さい	速く	大きく
⑥	小さい	速く	小さく
⑦	小さい	遅く	大きく
⑧	小さい	遅く	小さく

第9問

地震波の観測によって地球内部の様子を知ることができる。例えば、S波は横波なので固体中しか伝わることはできないが、P波は縦波なので固体中だけでなく液体中でも伝わる。その結果、地球内部は、地表に近いマントルが固体、その内側の核が液体であることがわかった（厳密には核の中心部は固体だが今回は簡単のため液体として考える）。また、地球は中心に向かうにつれ、圧力が大きくなるので地震波が速く伝わる。

次の①～⑥の地表Aの範囲は核を通らないのでP波・S波ともに伝わるが、地表Bの範囲はシャドーズーンと呼ばれ、P波・S波ともに観測されない。また①～⑥の地表Cの範囲にはいずれかの波だけが観測される。

地殻（地球の表面付近）を震源とする地震の伝わり方として最も適切なものを、次の①～⑥から1つ選べ。ただし、赤色の矢印はP波、青色の矢印はS波の伝わり方を表している。



第 10 問

次の A さんと B さんの会話文中の (1) ~ (3) に入る最も適切な組み合わせを、次の①~④から 1 つ選べ。

A さん：昨日、プールへ行ったよ。そこで不思議に思ったのは、水中めがねを付けると水中がくっきり見えるのに、付けていないとぼんやりとしか見えないんだ。なぜだろう？

B さん：それはね、眼におけるレンズに相当する角膜や水晶体は (1) と屈折のしかたが近い物質からできているから、水中では網膜に像を映すことができなくなるんだ。でも、水中めがねをかけておけば、その間に空気の層ができるから、網膜に像を映すことができるようになるんだ。

A さん：なるほどね。光の屈折のしかたに理由があるんだね。

B さん：わたしも今日、おもしろいことを発見したんだ。

図 10 のように、上が黒色で下が白色の境界部分を虫めがねで見るとき、虫めがねの上部と下部で境界部分が色づいて見えたんだ。ここに虫めがねがあるから、実際に見てみてよ。

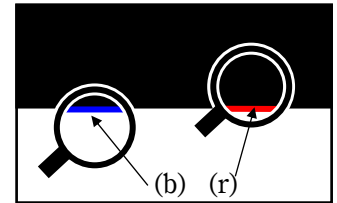


図 10

A さん：本当だ。虫めがねの上部では境界部分が青色(b)，下部では赤色(r)に見えるよ！

B さん：このことは、屈折の仕方が色によっても異なることが原因なんだ。太陽光をプリズムに入射したときの色の分かれかたを観察し、その特徴を考えれば理由がわかるよね。

A さん：よし、実際にプリズムで色の分かれかたを観察してみよう。

なるほど、わかったよ。青い光は屈折 (2) く、赤い光は屈折 (3) いからと考えられるね。

B さん：そうだね。これは色収差と呼ばれているよ。実際に顕微鏡や望遠鏡では、色収差を防ぐために、凸レンズと凹レンズを組み合わせるといふ工夫がされているんだ。

A さん：なるほどね。物理って、おもしろいよね。

	(1)	(2)	(3)
①	水	しやす	しにく
②	水	しにく	しやす
③	空気	しにく	しやす
④	空気	しやす	しにく

第 11 問

太郎さんは、エアコンがない部屋でも、電気冷蔵庫で部屋を冷やせないかと考えた。

そこで、閉め切った部屋の中で、電気冷蔵庫の扉を開放した状態で電源を入れたまま、しばらく放置する実験を行った。部屋の室温の変化として正しいものを、次の①～④のうちから1つ選べ。ただし、部屋には入っておらず電気冷蔵庫だけが置かれており、断熱性・気密性の高い部屋であるとする。

- ① 時間の経過に伴って徐々に室温が下がる
- ② 時間の経過に伴って徐々に室温が上がる
- ③ いくら時間が経過しても室温は変化しない
- ④ 電気冷蔵庫の種類や機種，その日の室温によって異なる

第 12 問

電気回路において，図 1 2 - 1 のように，抵抗値の等しい 2 つの抵抗を直列につなぐと抵抗値は 2 倍，並列につなぐと抵抗値は半分になる。

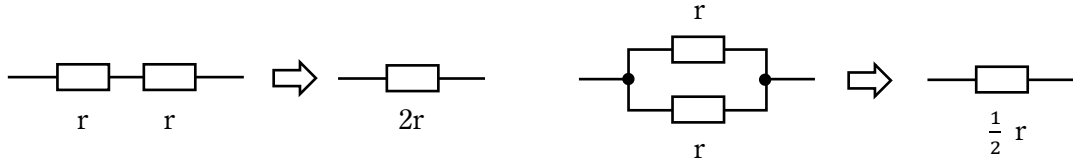


図 1 2 - 1

また，複雑な回路を扱う際には，図 1 2 - 2 のように簡単な回路（等価回路）に変換すると考えやすくなる。

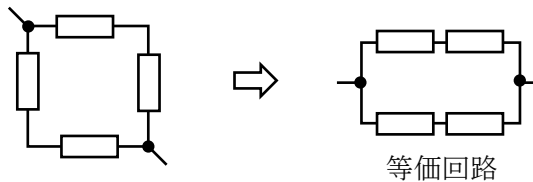


図 1 2 - 2

同じ抵抗値 R を持つ抵抗を図 1 2 - 3 のように接続し，回路を作った。この回路の合成抵抗はいくらか。正しいものを，次の①～⑧から 1 つ選べ。

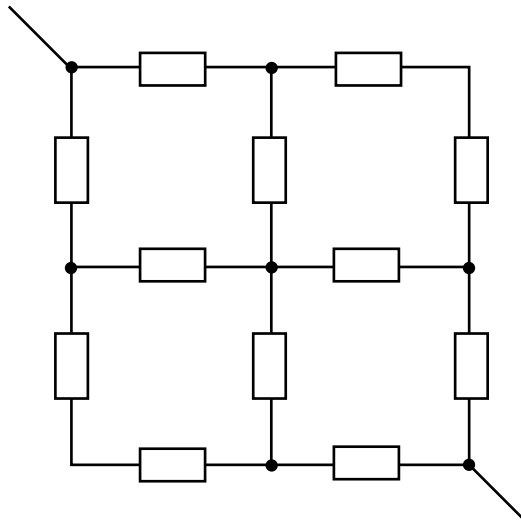


図 1 2 - 3

- ① $R/2$ ② $2R/3$ ③ R ④ $3R/2$ ⑤ $2R$ ⑥ $5R/2$ ⑦ $3R$ ⑧ $7R/2$

第 13 問

アルカリ電池やマンガン電池といった化学電池は、化学反応によって+極と-極の間に起電力を生じている。

さて、手元に新品の電池 A と使い古した電池 B がある。それらの電池と可変抵抗、電流計と電圧計を用いて図 13-1 のような回路を組んだ。そして、A, B それぞれにおける電圧計と電流計のそれぞれの値の関係をグラフにしたところ図 13-2 が得られた。ここで、A, B いずれにおいても回路を流れる電流の増大とともに電圧は低下しているが、これは電池自身に抵抗（内部抵抗）が存在すると考えれば理解できる。

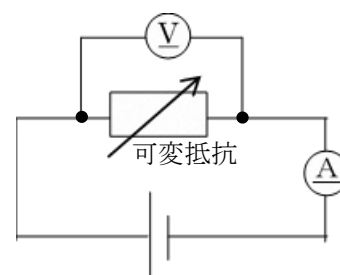


図 13-1

電池 A, B の起電力および内部抵抗に関する以下の説明において ～ に当てはまる数値・語句の組み合わせとして最も適切なものを、下の①～⑧から 1 つ選べ。

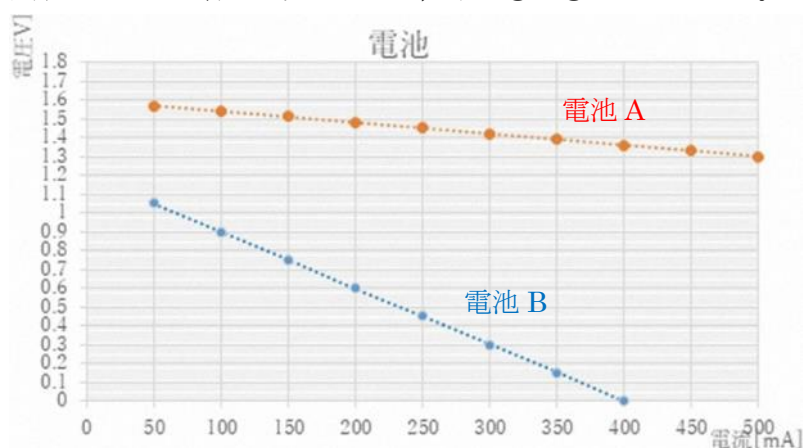


図 13-2

図 13-2 から読み取ると、電池 B の起電力は電池 A の 倍、電池 B の内部抵抗は電池 A の 倍となる。このことから、使い古した電池の電圧が小さくなっていることに関しては、 の方が大きな影響を及ぼしていると考えられる。

	<input type="text" value="ア"/>	<input type="text" value="イ"/>	<input type="text" value="ウ"/>
①	1.3	5	内部抵抗
②	1.3	5	起電力
③	1.3	0.2	内部抵抗
④	1.3	0.2	起電力
⑤	0.75	5	内部抵抗
⑥	0.75	5	起電力
⑦	0.75	0.2	内部抵抗
⑧	0.75	0.2	起電力

第 14 問

電池、モーター、豆電球、スイッチを用いて図 1 4 - 1 ~ 1 4 - 4 のような回路を組んだ。

図 1 4 - 1 の回路でスイッチを閉じたところ、時計回りに電流が流れ、豆電球は点灯した。

図 1 4 - 2 の回路でスイッチを閉じたところ、図 1 4 - 1 と同じく時計回りに電流が流れ、モーターは時計回りの回転をはじめた。

図 1 4 - 3 の回路でモーターの軸を時計回りに回転させたところ、電流は反時計回りに流れ、豆電球が点灯した。

図 1 4 - 4 のような回路を組んでスイッチを閉じたところ、豆電球は点灯し、モーターは回転しはじめ、電流計と電圧計の針はともに正の値を指した。この状態でモーターの回転を手で止めたとき、電圧計が示す値の変化と豆電球の明るさの変化の組み合わせとして正しいものを、右の①~⑨から 1 つ選べ。

	電圧計が示す値	豆電球の明るさ
①	大きくなる	明るくなる
②	大きくなる	暗くなる
③	大きくなる	変化なし
④	小さくなる	明るくなる
⑤	小さくなる	暗くなる
⑥	小さくなる	変化なし
⑦	変わらない	明るくなる
⑧	変わらない	暗くなる
⑨	変わらない	変化なし

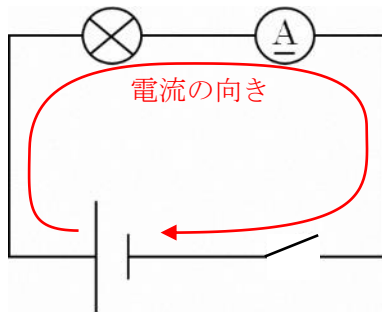


図 1 4 - 1

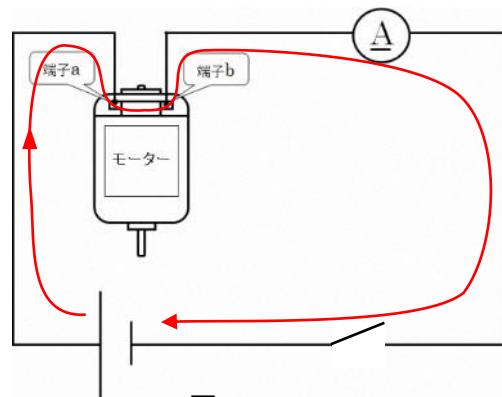


図 1 4 - 2

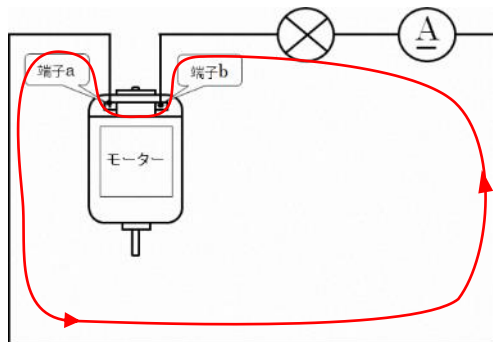


図 1 4 - 3

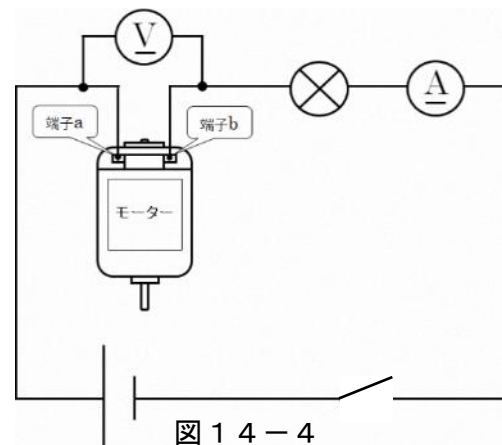


図 1 4 - 4

第 15 問

光は波（光波）の性質とともに、粒子（光子）の性質も持つ。光子は、光の波長に反比例したエネルギーを持ち、分割することはできない。また、光の明るさは光子の数による。

物質に光が当たると、光子の持つエネルギーによって、物質を構成する原子が持っている電子がたたき出されることがある。この現象を光電効果という。物質によって電子をたたき出すために必要なエネルギーは決まっている。このため、このエネルギーより大きなエネルギーを持った光子しか、光電効果を起こすことはできない。言い換えると、物質に応じた特定の波長より短い光の光子しか、光電効果を起こすことはできない。

光電効果を利用して、光を検出したり、起電力を生じさせたり、化学反応を引き起こしたりすることができる。このため、光電効果はデジタルカメラや太陽光発電の動作原理として広く利用されている。次の文章のうち、光電効果および光の粒子性と関わりが深いものはどれか。最も適切なものを、次の①～⑧から1つ選べ。

- ア. 空に浮かぶ雲が白く見える。
- イ. 晴れの昼間に洗濯物を外干しにすると、室内干しよりも早く乾かすことができる。
- ウ. 人間の肌は、太陽の光では日焼けをするが蛍光灯では日焼けしない。
- エ. 日光に長時間さらされた輪ゴムは硬くなり、切れやすくなる。
- オ. LED は、少ない電流で強い光を出すことができる。
- カ. 炭火でバーベキューを焼くことができる。
- キ. 夜空の星は、微弱な光であるにもかかわらず、肉眼で見える。
- ク. プラスチック製の洗濯バサミは、室内で使うと長く使えるが、室外で使うとひび割れが生じてもろくなりやすい。

- ① ア, オ, キ
- ② イ, エ, ク
- ③ ウ, カ, ク
- ④ ア, ウ, エ, カ
- ⑤ ア, イ, オ, キ
- ⑥ ウ, エ, キ, ク
- ⑦ イ, エ, オ, カ, キ
- ⑧ ウ, オ, カ, キ, ク

第 16 問

ワイングラスのふちを叩くと、高い音が鳴る。音が鳴っているときのワイングラスの振動の様子を表したものが図 16-1 である。これは、振幅が大きい個所を赤で、振幅が小さい個所を青で表現している。ワイングラスを叩いたふちの位置は赤くなっており、ふち全体を見ると振動の大きい箇所と少ない箇所が交互に現れていることがわかる。

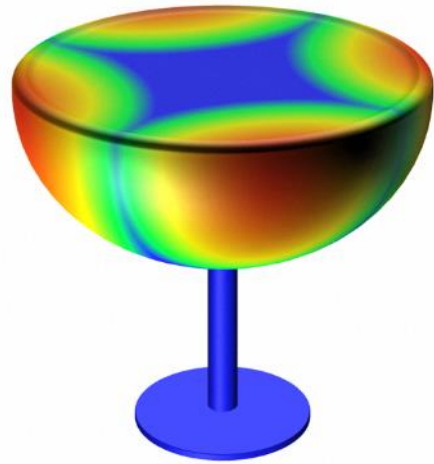
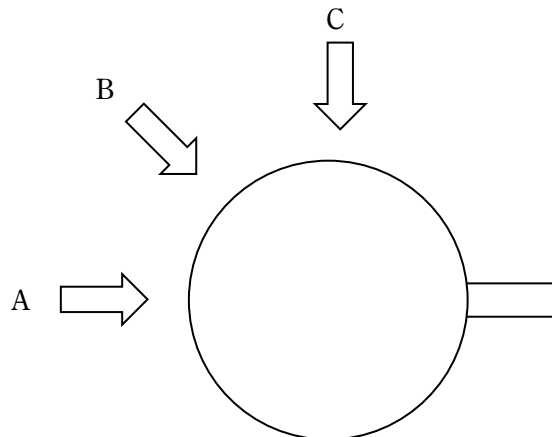


図 16-1

図 16-2 のように持ち手のついたカップのふちを叩くときを考える。A~C の 3 か所の位置を順番に叩いたとき、カップの持ち手が音の高さに影響を与えない箇所はどこか。次の①~⑧のうちから正しいものを 1 つ選べ。

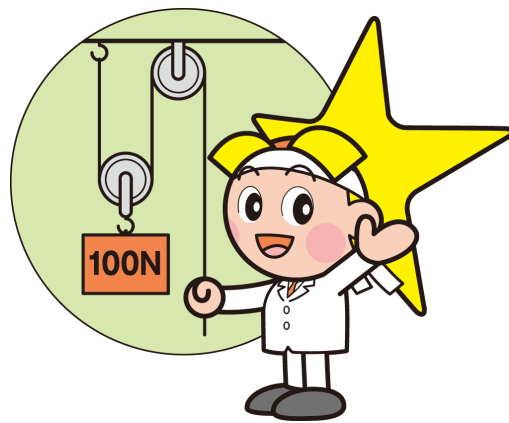


※カップを上から見た図

図 16-2

- ① A のみ
- ② B のみ
- ③ C のみ
- ④ A, B
- ⑤ B, C
- ⑥ A, C
- ⑦ A, B, C
- ⑧ いずれも影響しない

(余白)



岡山県マスコット ももっち