



第5回 科学の甲子園ジュニア 全国大会

筆記競技

解答例と解説



問 1

x (m)	5	6	7	5.5	5.9	5.7
PR (m)	18.02776	17.20465	16.40122	17.61391	17.28612	17.44964
QR (m)	11.18034	11.66190	12.20656	11.41271	11.61077	11.51043
時間 (秒)	35.9163	35.8637	35.9317	35.8743	35.8634	35.8663
x (m)	5.8					
PR (m)	17.36779					
QR (m)	11.56028					
時間 (秒)	35.8642					

最も早く Q 点に到着できる R の位置を表す x の値： $x = 5.9$ [m]

参考： 時間 = $\frac{\text{PR [m]}}{1 \text{ [m/s]}} + \frac{\text{QR [m]}}{0.625 \text{ [m/s]}}$

【解説】 どのような値から始めるか、どのように値を刻むかは自由である。

最終的に 5.8, 5.9, 6.0 が調べられていて、5.9 で時間最小になることが示されればよい。
導入例で示した通り、時間を最小にする x を小数第 1 位まで推定するためには、距離を小数第 5 位まで示し、かかる時間を小数第 4 位まで求めることが必要。

問 2

x (m)	7	8	7.5	7.4	7.3	7.2
PR (m)	16.40122	15.62050	16.00781	16.08602	16.16447	16.24315
QR (m)	12.20656	12.80625	12.50000	12.44026	12.38103	12.32234
時間 (秒)	32.6766	32.6955	32.6745	32.6730	32.6725	32.6729
x (m)						
PR (m)						
QR (m)						
時間 (秒)						

最も早く Q 点に到着できる R の位置を表す x の値： $x = 7.3$ [m]

参考： 時間 = $\frac{\text{PR [m]}}{1 \text{ [m/s]}} + \frac{\text{QR [m]}}{0.750 \text{ [m/s]}}$

【解説】 最終的に 7.2, 7.3, 7.4 が記載され、7.3 で時間最小になることが示されればよい。

問3

	$\frac{P'R}{PR}$	$\frac{Q'R}{QR}$	$\frac{P'R}{PR} \div \frac{Q'R}{QR}$ 「比の値」
砂浜 $\left(\frac{5}{2}$ 倍時間がかかる)	0.854	0.339	2.5
砂利道 $\left(\frac{8}{5}$ 倍時間がかかる)	0.816	0.508	1.6
草原 $\left(\frac{4}{3}$ 倍時間がかかる)	0.786	0.590	1.3

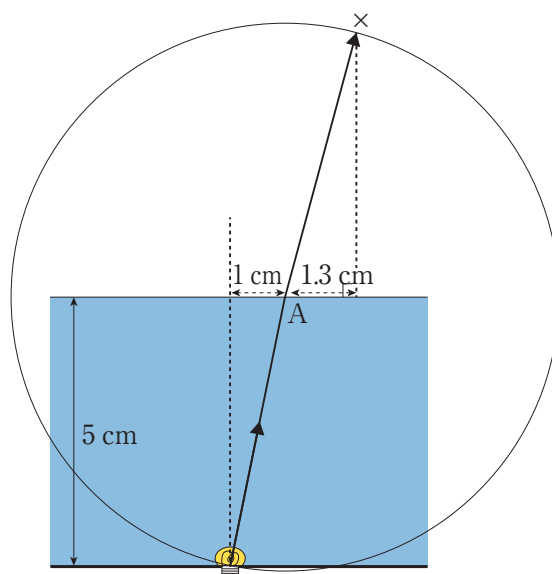
推察：「比の値」と歩く速さとの関係について

$\cdot \frac{P'R}{PR} \div \frac{Q'R}{QR}$ は、それぞれの道を歩く速さの比と等しい。

【解説】 手順に沿って素直に計算すれば、比の値が求められる。歩く速さの比との一致にはすぐに気づくだろう。

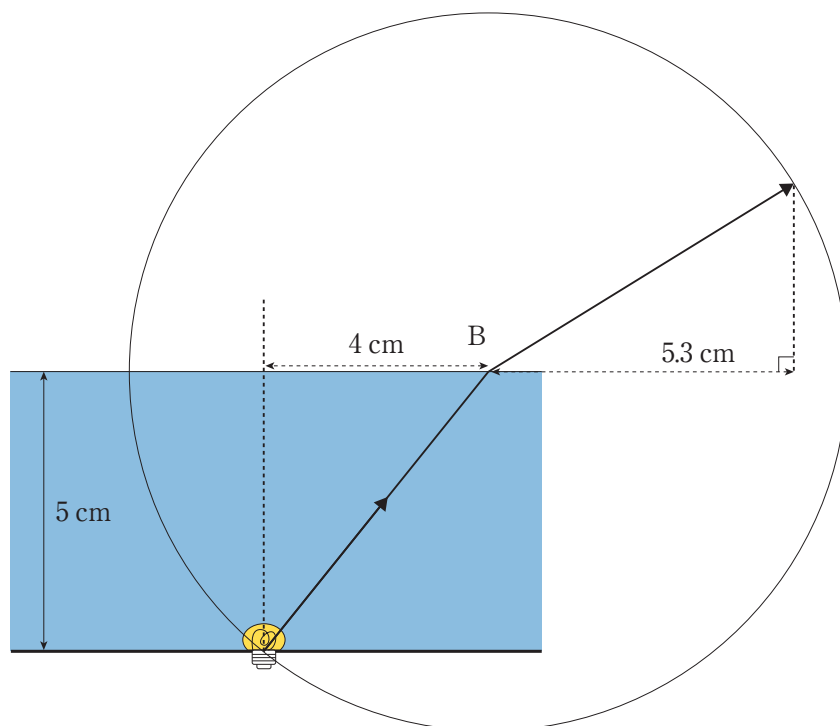
問4

(A 点から出ていく光)



横 1 cm，縦 5 cm の直角三角形と斜面の長さが等しく，境界面に沿った 1 辺の長さが $\frac{4}{3}$ cm の直角三角形を描く。光はその斜辺に沿って進む。

(B 点から出ていく光)



横 4 cm，縦 5 cm の直角三角形と斜面の長さが等しく，かつ，境界に沿った長さが $\frac{16}{3}$ cm の長さの直角三角形を描けば，光はその斜辺に沿って進む。

【解説】 問3より，光の進む方向を直角三角形の斜辺にとると，境界線上の1辺(底辺)と斜辺との比が，それぞれ水と空気を進む光の速さの比と等しくなる。この問題では水中を進む光の方向が与えられており，水中の直角三角形の斜辺と底辺との比は(光源とA点との距離)：1 cm および(光源とB点との距離)：4 cm となっている。空气中にこれらと斜辺の長さが同じ直角三角形を描くと，底辺(境界上)の長さは，問3の関係から，A点を通る場合は $1 \text{ cm} \times \frac{4}{3} = \frac{4}{3} \text{ cm}$ ，B点を通る場合は $4 \text{ cm} \times \frac{4}{3} = \frac{16}{3} \text{ cm}$ となる。

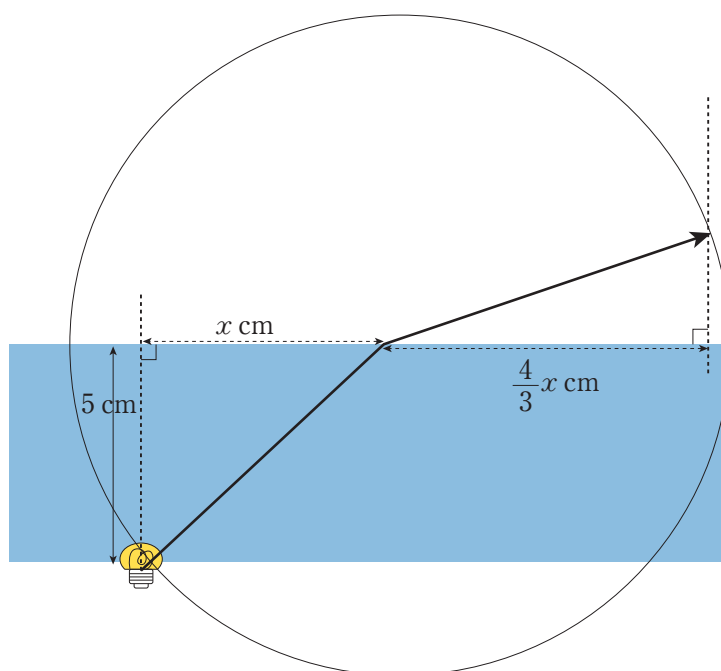
このような三角形をコンパスと定規を使って作図すればよい。描き方は，まずA，B点を中心に，点光源までの長さの円を描く。次にA，B点からそれぞれ $\frac{4}{3} \text{ cm}$ ， $\frac{16}{3} \text{ cm}$ の点を境界線上にとり，そこから境界線に対して垂線を描いて円との交点を求める。得られた直角三角形の斜辺に沿って光は屈折する。

問5

考え方

空気側の直角三角形の底辺が斜辺の長さより長くなると、三角形は描けなくなる。その限界は、ちょうど底辺＝斜辺になったとき。

図



限界になる中心からの距離 x_0

$$\left(\frac{4}{3}x\right)^2 = x^2 + 5^2 \text{ より,}$$

$$x^2 = \frac{225}{7} \rightarrow x = 5.67 \text{ となるので, } x_0 = 5.67 \text{ cm}$$

【解説】 斜辺の長さは同じのまま、 x の値をどんどん大きくしていくと、空気側の直角三角形の底辺 $\frac{4}{3}x$ はやがて斜辺を超えてしまう。そんな三角形は描けない。

三角形が描けなくなる限界は、底辺が斜辺の長さと等しくなったときで、

つまり、 $\left(\frac{4}{3}x\right)^2 = x^2 + 5^2$ のとき。



私たちの生活において、燃料としての利用はもちろん、プラスチックの材料として、石油資源はとても有効に利用されている。この問題では原油を採掘する場面からプラスチックとして私たちの生活に届くまでの流れを、中学生で学習する内容をベースにして発展的な内容にも触れながら追っている。

原油が地中に多く含まれる場所は地層が上方に盛り上がった部分（背斜（はいしゃ）という）が多く、本文中にもある通り、地中深くで生物の死がいから分解された原油の成分は地中の隙間を上昇し、水や油を通さない層（頁岩（けつがん）という）の下にたまる。ここに井戸（油井）を掘ると地中と地上の圧力差から原油が噴き出してくる。

取り出された原油は製油所で沸点の違いによってそれぞれの成分に分けられる。これを分留と呼ぶ。沸点の低い順に、気体として得られる石油ガス、ナフサ（粗製ガソリン）、灯油、軽油、重油、固形成分（アスファルト）となり、それぞれ適切な形で処理され、主に燃料として利用される。

分留された成分のうち、ナフサに含まれる炭化水素を熱分解することにより、プラスチックの原料をつくる。ナフサを熱分解し、二重結合や三重結合を含む炭素数の少ない炭化水素を製造し、これを互いに反応させ、長い鎖状の分子をつくる。このようにしてできるのがプラスチックである。

問1

ウ

【解説】 地下深い場所で生物の死がいから生成した石油成分は、岩石の隙間を通して上昇する。それらを通しにくい層は岩石の隙間が小さい層でなければならない。隙間を小さくするには構成粒子が小さいほうが適切であるので、選択肢の中では泥岩が適切である。なお、玄武岩は火成岩であり、層状に堆積することはないため不適切である。

問2

ア

【解説】 密度の違う混ざり合わない物質が存在するとき、上から順番に密度の小さい順に分離する。密度の小さい順に 天然ガス（気体）＜原油（ $0.80 \sim 0.95\text{g/cm}^3$ ）＜かん水（一般に海水と同程度なので 1.02 前後）となる。タンカーの事故などで原油が流出したときに海面に広がるのはこのためである。

問3

混合物

【解説】 解答例のとおり

問4

蒸留(分留でも可)

【解説】 液体状の混合物を加熱して、気体となった成分を取り出し、冷却して液体に戻して純粋な成分を取り出す方法を蒸留という。この場合は、様々な炭化水素の混合物である原油を加熱し、気体となった成分を沸点の違いによって成分ごとに分離している。このように同時にいくつかの成分を分離する蒸留法を分留という。この問題の場合は蒸留でも分留でも正解とした。

問5

化合物

【解説】 解答例のとおり

問6

有機物

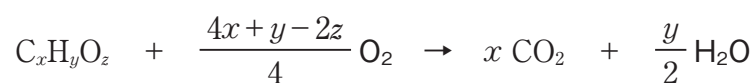
【解説】 解答例のとおり

問7

(1)	$2\text{C}_2\text{H}_6 + 7\text{O}_2 \rightarrow 4\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$
(2)	$\text{C}_2\text{H}_4 + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
(3)	$\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O} + 6\text{O}_2 \rightarrow 4\text{CO}_2 + 5\text{H}_2\text{O}$

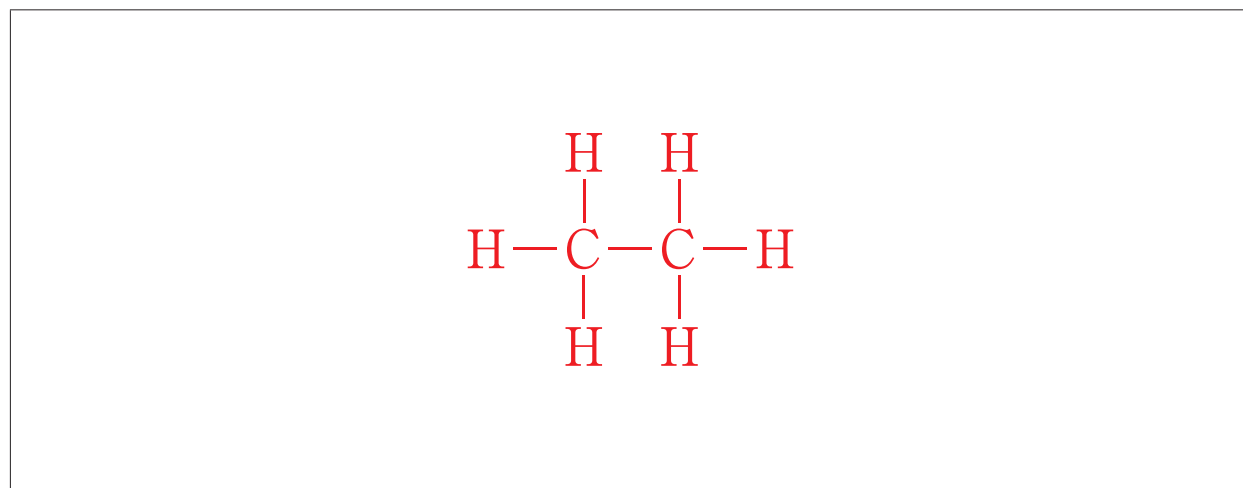
【解説】 【原子の記号と化学式・化学反応式の表し方】 参照

炭素，水素，酸素のみからなる物質の燃焼における反応式は，燃焼させる物質の化学式を $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$ とすると，以下ようになる。



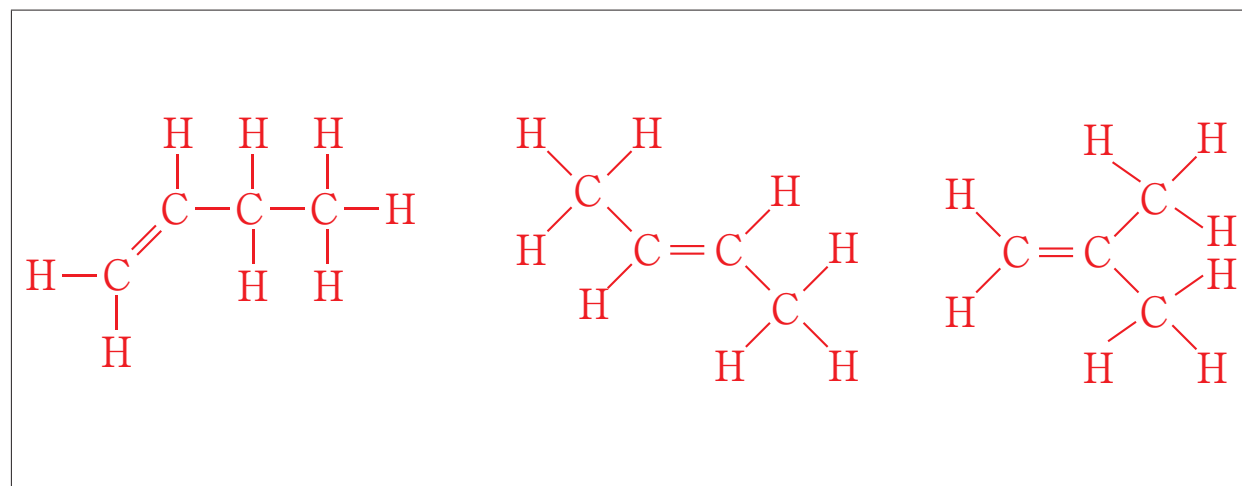
このとき， O_2 の係数が分数になる場合は整数になるように式全体を整数倍する。

問8



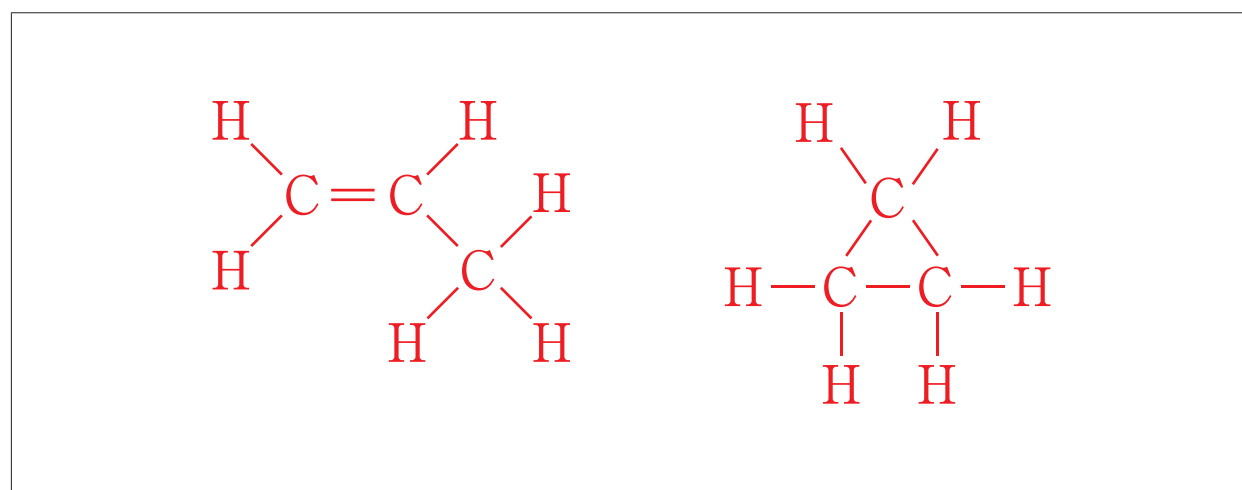
【解説】 手を余らないようにつなぐにはC同士をつなげる必要があるので，これ以外の構造は考えられない。

問9



【解説】 C=C を1つ含むという条件があるので，環状構造は考えなくて良い。すると3種類が存在する。

問10



【解説】 手を余らないようにつなぐにはC=C（二重結合）を1つ含むか，環状構造をつくる必要がある。それぞれの条件を満たす構造は1つずつしかない。

問11



【解説】 問題文で解説したとおり，触媒とは化学反応の前後においてそのものの自体は変化することがなく，反応の種類や速度を変える物質である。この条件で考えるとア，イ，エは中2までの授業で化学反応式を学習し，選択肢のなかに出てくる物質はすべて反応していることがわかる。ウは二酸化マンガンの反応せずに残り，繰り返し使用することができるので触媒であるといえる。

問 12



【解説】 $\text{C}_{10}\text{H}_{22}$ から C_2H_4 を引いた単純な計算で求めることができる。

問 13

ウ ク

【解説】 プラスチックの性質は中学 1 年の化学で実験する内容であり，プラスチックそのものも日常的にもよく使用される素材である。

アの電子レンジで利用できる容器は耐熱温度が高いポリプロピレン製。

イの水道管は悪条件でも腐食しにくいポリ塩化ビニル製。

ウのレジ袋は大量生産しやすく安価なポリエチレン製。

エの消しゴムは軟化ポリ塩化ビニル製。

オのペットボトルの素材はポリエチレンテレフタレートであり，頭文字をとって PET という。

カの保温容器は大型のものでは発泡性の高いスチロール樹脂からつくる発泡スチロール製。

キのコンビニ弁当の容器は，以前は成形性に優れるポリスチレン製がよく見られたが，近年では電子レンジの使用に耐えられるポリプロピレン製も多い。

クの灯油用ポリタンクは素材としての安定性が高いポリエチレン製。

ケの自動車のタイヤの素材は，スチレンーブタジエンゴムなどゴム製。

問 14

浮いたプラスチックはポリエチレンである。

水の密度は 1.00 g/cm^3 であり，密度 0.95 g/cm^3 のポリエチレンは水よりも密度が小さいので浮き，密度 1.05 g/cm^3 のポリスチレンと密度 1.38 g/cm^3 のポリ塩化ビニルは水よりも密度が大きいため沈む。

【解説】 解答例のとおり

問 15

浮いてきたプラスチックはポリスチレンである。

ポリスチレンの密度は 1.05 g/cm^3 であり、水の密度 1.00 g/cm^3 より大きいのではじめは沈んでいるが、食塩を溶かすと密度が大きくなるので浮いてくる。問題では1つだけ浮くとあるので、密度 1.38 g/cm^3 のポリ塩化ビニルはポリスチレンよりも密度が大きいため、最後まで沈んでいると考えられる。

【解説】 食塩水は20%であり、 20°C における20%食塩水の密度は約1.15（理科年表）である。実際に食塩水の密度を求めることは難しいが、食塩を溶かせばあまり体積変化しないので、密度が大きくなることは想像がつく。文中に別の1種類のプラスチック片と一つであることを指定しているので、次に密度の小さいポリスチレンが浮くことがわかる。



問1

相同	器官
----	----

問2

ウ

【解説】 相同な部分は、骨の構造も同じ場合が多い。指骨は基本的に一本につき3個あるの
で、イは指骨と中手骨の境を示す。ウには小さな骨がいくつか見えているが、これは手根骨
である。エは大きく後ろに曲がっていることから肘の部分であることがわかる。ウとエの間
には2本の骨があるが、橈骨（とうこつ）と尺骨である。カからオの部分が肩甲骨で、オが
肩の部分となる。

問3

(1)条件	ピッチの増加
(2)利点	足の先が細いと <u>太い場合に比べて軽い</u> ため、 <u>その分足を速く動かすことができ</u> 、 <u>ピッチを増やし</u> やすい。

【解説】 理論上、単位時間あたりに進む距離は、歩幅（ストライド長）と歩数（ピッチ）を
掛け合わせたものとなる。そのため、長い脚（足）を素早く動かすことで速く走ることがで
きる。手根骨より先の部分は筋肉が少なく軽いために素早く動かしやすく、特に中手骨が細
長くなった。ウシやウマの仲間では、この傾向が最も強く、指先で歩いている。指先を守る
ために蹄が発達した。このような移動法を蹄行性（ていこうせい）と呼ぶ。一方、イヌやネ
コの仲間では、指全体が地面に接しているため指行性と呼ばれる。

問4

(ア) 流線	(イ) 左右	(ウ) 上下
理由 現在の四足歩行哺乳類と同様に、 <u>陸上生活をしていたイルカの祖先は、背骨を背腹方向に動かして歩幅を広げて走っていたと考えられる。この運動が泳ぐときの尾びれの動かし方につながったと考えられる。</u>		

【解説】 複数の系統の異なるグループの生物が、同様の生態的地位につくと、系統に関わらず身体的特徴が似通った姿に進化する。この現象を収束進化という。マグロとイルカの姿が似ているのはこの例である。その他、オーストラリアの有袋類の例（フクロオオカミ、フクロムササビなど）が有名。しかし、体の基本構造は系統の影響を強く受ける。

問5

b

【解説】 脚の短いハトやペンギンでも踵を上げた状態で歩いていることは、脚の曲げ方を観察すると納得できる。地面から数えて最初の関節が後ろに曲がっている。ここが踵である。膝であれば前に曲がるはず。膝から上の部分が羽毛に隠れているために極端に脚が短く見える。

鳥類の後肢に鱗が見られることや、鳥類の尾骨は短いが始祖鳥は恐竜と同じように尾骨が長いことなどは、鳥類が恐竜の一種から派生したことを示している。

問6

条件	(a)	(b)	(c)	(d)
視覚刺激(景色の移動の有無)	○	○	×	×
体の速度変化の有無	×	×	×	○
歩行動作(歩くかどうか)	○	×	○	×

【解説】 箱だけが動けば視覚刺激が生じ、箱と体全体が動けば体の速度変化（加速度）が生じるので内耳への刺激もある。

問7

①

【解説】 電車などにのっていると、遠くの景色はほとんど止まって見えるが、近くの景色は早く動いてよく見えないという現象があるが、これと同じことが鳥の歩行でも起こっている。

問8

D, E

【解説】 一般的に、歩幅(ストライド)が長いと歩調がゆっくりとなる。首ふりをしないと不安定になりやすいため、歩幅を短くしていると考えられる。ちなみに、鳥の種類はAドバト、Bムクドリ、Cユリカモメ（首振り）、Dユリカモメ（首振りなし）、Eオナガガモである。

問9

c, d

【解説】 首ふりをしないと不安定になりやすいため、両足(脚)で地面に接地する時間が長くなると考えられる。また、鳥の種類はaドバト、bムクドリ、cユリカモメ（首振りなし）、dオナガガモである。



問1

気温	気温の飽和水蒸気量	露点	露点の飽和水蒸気量
25℃	23.1 g/m ³	21℃	18.3 g/m ³
湿度 式／計算 $\frac{18.3}{23.1} \times 100 = 79.2207 \quad \text{整数値なので79\%となる。}$ 答 79 %			

問2

(1)

時刻	0 時	6 時	12 時	18 時	24 時
湿度	47 %	61 %	30 %	30 %	54 %

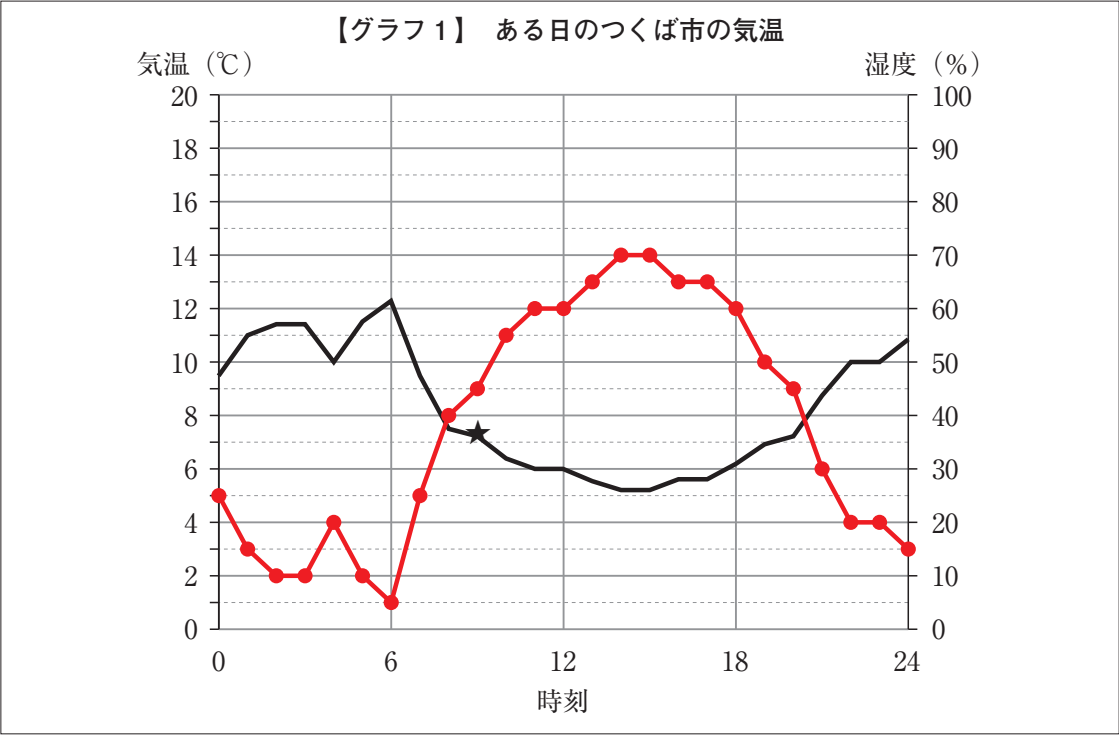
9 時の気温は 9℃ なので、飽和水蒸気量は【表 1】から 8.8 g/m³，湿度は 36 % なので、実際に含まれる水蒸気量は $8.8 \times 36 \div 100 = 3.17 \text{ g/m}^3$

この水蒸気量は、1 日をとおして一定であるので、この値を用いて、

$$0 \text{ 時 } 5^\circ\text{C} \rightarrow 6.8 \text{ g/m}^3 \quad 3.17 \div 6.8 \times 100 = 47\%$$

以下、同様に各時間の湿度を計算する。

(2)

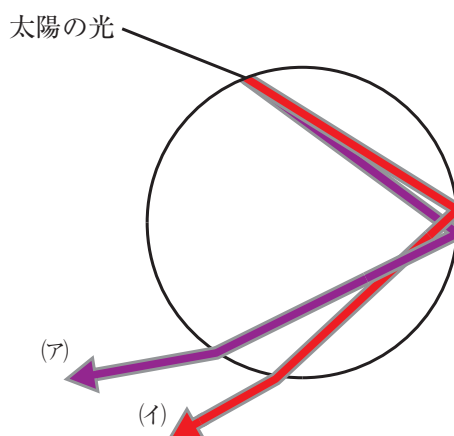


1日をとおして水蒸気量が一定であるので、気温のグラフを反転するようなグラフとなる。
なめらかな曲線とすることが望ましい。

問3

記号	C
理由	気温が日の出前に低くなり、正午過ぎに最も高くなってるので、つくば市は1日をとおして晴れの天気だったと考えられる。 A、B、Dは前線や低気圧の影響で天気が悪いことが考えられる。 よって、高気圧に覆われ穏やかに晴れるCが適当である。

問4



問5



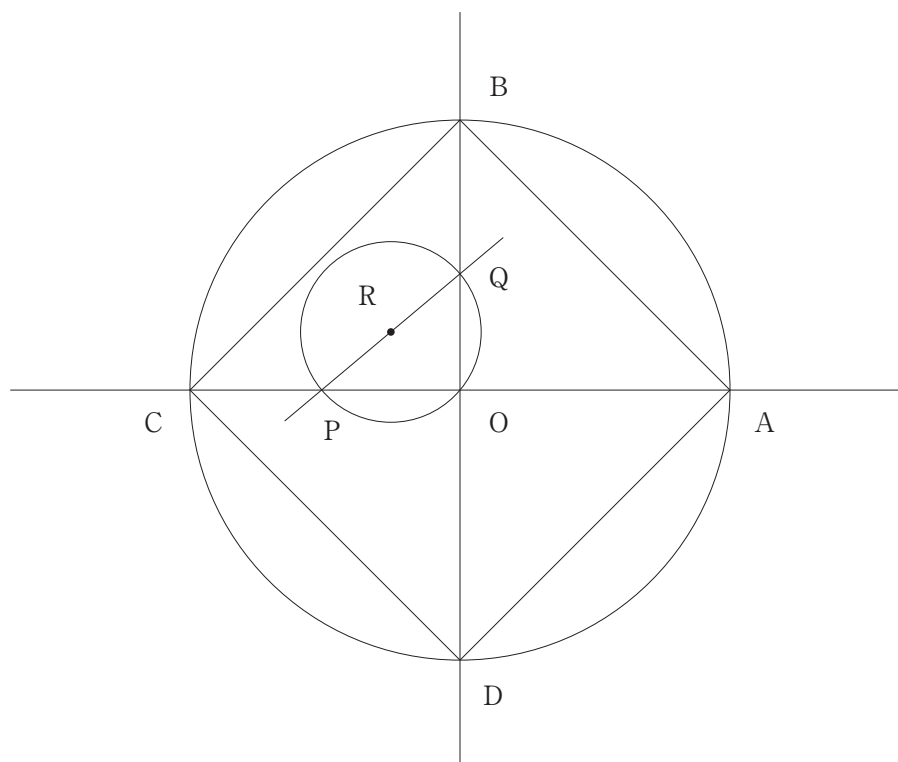
問6

時刻	ア
天気の変化	天気は悪くなる
その理由	東は太陽が出ていて晴れているが、西に雨粒（雨雲）がある。 天気は西から東に移っていくので、この場所の天気はこれから悪くなると考えられる。



問

作図



作図手順

以下の手順で作成。

1. 点 O を取り、それを中心に適当な半径で円を描く。
2. その円の中心 O を通る直線を引き、その交点を A, C とする。
3. 直線 AC 上にない点 R を中心として、半径 RO の円を描き、 AC との交点を P とする。
4. 点 P と R を通る直線を引き、円 R との交点を Q とする。
5. 直線 OQ を引き、円 O との交点を B, D とする。
6. 4点 A, B, C, D を結べば、正方形 $ABCD$ が得られる。

【解説】

どうやって直角を作るかが作図のポイントになる。線分の垂直二等分線を引くことでそれは可能だが、円の直径を見込む角が直角になることを利用すると、コンパスの使用回数を減らすことができる。



問1

0	1	2	3							
				4	5					
						6				
							7			
								6		
									5	
									4	
										3
										2
										1
										0

問2

空欄 1	$x^2 + y^2$	空欄 5	$2x + 3$
空欄 2	$(x + 1, y)$	空欄 6	$2(x - y) + 5$
空欄 3	$(x + 1, y - 1)$	空欄 7	$(0, r)$
空欄 4	$(x + 1)^2 + \left(y - \frac{1}{2}\right)^2$	空欄 8	$\frac{5}{4} - r$

問2について、空欄4は(中点のX座標)²+(中点のY座標)²である。空欄5を求める式変形例は以下の通り。

「 $(x+1, y)$ における決定パラメタの値」-「 (x, y) における決定パラメタの値」

$$= \left\{ (x+1+1)^2 + \left(y - \frac{1}{2}\right)^2 - r^2 \right\} - \left\{ (x+1)^2 + \left(y - \frac{1}{2}\right)^2 - r^2 \right\}$$

$$= (x+2)^2 - (x+1)^2$$

$$= \{(x+2) + (x+1)\} \{(x+2) - (x+1)\}$$

$$= 2x + 3$$

また、空欄6を求める式変形例は以下の通り。

「 $(x+1, y-1)$ における決定パラメタの値」-「 (x, y) における決定パラメタの値」

$$= \left\{ (x+1+1)^2 + \left(y - 1 - \frac{1}{2}\right)^2 - r^2 \right\} - \left\{ (x+1)^2 + \left(y - \frac{1}{2}\right)^2 - r^2 \right\}$$

$$= (x+2)^2 - (x+1)^2 + \left(y - \frac{3}{2}\right)^2 - \left(y - \frac{1}{2}\right)^2$$

$$= \{(x+2) + (x+1)\} \{(x+2) - (x+1)\} + \left\{ \left(y - \frac{3}{2}\right) + \left(y - \frac{1}{2}\right) \right\} \left\{ \left(y - \frac{3}{2}\right) - \left(y - \frac{1}{2}\right) \right\}$$

$$= 2x + 3 - (2y - 2)$$

$$= 2(x - y) + 5$$

問3

【図1】のプログラムの変数 p の値と決定パラメタの値について考えると、前者の初期値は後者の初期値から $\frac{1}{4}$ を引いた整数値になっており、またこれらの更新は整数値の加算によって行われている。よって、変数 p の値は常に決定パラメタの値から $\frac{1}{4}$ を引いた整数値になっている。したがって、変数 p の値である整数値が負であることと、決定パラメタの値である $p + \frac{1}{4}$ が負であることは同値となる。