

2023 年度

特別給費生入試

理 科

試験時間 40 分

注意

1. 指示があるまで開かないようにしてください。
2. この冊子の総ページ数は 20 ページです。
問題は 3 ～ 19 ページにあります。
3. 答えはすべて解答用紙に書きなさい。
4. 解答用紙の裏面には答えを書かないこと。
書いても採点しません。

1 地球の内部を調べる方法について、次の文章を読み、あとの問いに答えなさい。

地球は半径およそ 6400 km のほぼ球形で、地表から中心に向かって、地殻、マントル、核の 3 層に分かれています。

核は地表から深さ約 2900 km より深い部分で、主に鉄からなります。さらに核は、状態により 2 つの層に分けることもできます。深さ約 5100 km までは液体、そこから中心までは固体になっています。

マントルと地殻は、主に岩石でできており、岩石のちがいにより区分されています。直接掘って調べたわけではないのに、どうしてわかるのでしょうか。

地震が起こると、震源から振動が四方八方に伝わっていきます。これが地震波です。人工地震でも同様で、地震波が発生した時刻が正確にわかるため、弱い地震波でも観測することができます。地震波には P 波と S 波があり、P 波は固体・液体・気体いずれの状態でも伝わりますが、S 波は固体にしか伝わりません。

震源が地表にあり、地球全体を伝える人工地震について考えていきます。地球の反対側までは数十分かけて伝わります。

問1 次の図1は地球の断面の半分を、内部の構造とともに示したものです。ただし、地殻はうすいため、ここでは省略しています。

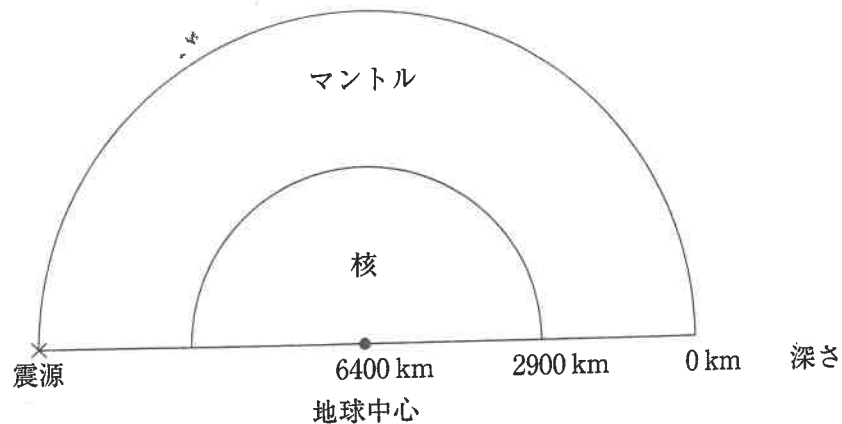


図1 地球の内部構造

- (1) 震源 (×印) から地震波が地球全体を伝わる時、P波・S波がそれぞれ最も遠くまで伝わる経路を解答欄の図にかき入れなさい。P波の経路は実線の矢印 (→) で、S波の経路は点線の矢印 (---→) でかきなさい。ここでは地球内部を伝わる地震波速度は一定であるものとします。
- (2) 地球全体に占めるマントルの体積の割合は何%になるか、計算しなさい。答えは小数第1位を四捨五入して整数で答えなさい。図1のように、地球は半径6400 kmの球形で、マントルと核の境界までの深さは2900 km、地殻の厚さは無視するものとします。また、体積は半径×半径×半径に比例します。

(参考)

$$\text{球の体積} = \frac{4}{3} \times 3.14 \times \text{半径} \times \text{半径} \times \text{半径}$$

$$64 \times 64 \times 64 = 262144$$

$$29 \times 29 \times 29 = 24389$$

実際には、地震波速度はかたい物質中で大きく、やわらかい物質中で小さくなります。地球内部の地震波速度は一定ではなく、一般に地球の深部ほど地震波速度は大きくなります。深部に行くほど圧力が大きくなり、岩石はかたくなるためです。ただし、液体になるとP波の地震波速度は急に小さくなります。また、岩石であっても温度が高くなるとやわらかくなるため、地震波速度は小さくなります。

地震波が伝わっていくとき、状態が固体から液体に変わったり、岩石から金属へ物質そのものが変わったりするところでは、地震波は屈折して方向を変えて伝わっていきます。地震波の屈折の関係は図2のようになることが知られています。

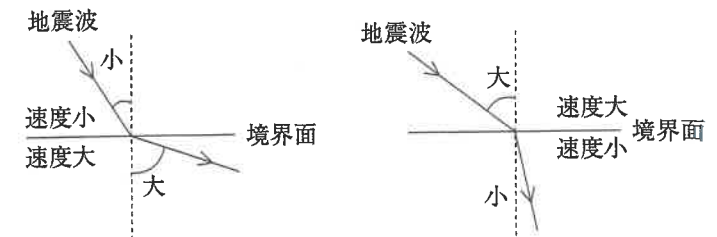


図2 地震波の屈折

地球表層は、地殻とマントルからなります。地殻の厚さは場所により大きく異なりますが、それでもおよそ5~60 kmほどです。地殻をつくる岩石よりも、マントルをつくる岩石の方がかたいので、地震波速度は大きくなっています。

次の表1は、8時48分50秒に発生したある地震で、観測点までの距離とP波到達時刻をまとめたものです。

表1. 観測点までの距離とP波到達時刻

観測点	震源距離 (km)	P波到達時刻
A	410	8時49分50秒
B	360	8時49分44秒
C	330	8時49分40秒
D	280	8時49分34秒
E	210	8時49分25秒
F	160	8時49分17秒
G	120	8時49分10秒
H	90	8時49分05秒
I	70	8時49分02秒
J	50	8時48分57秒

この結果から、地震波速度が途中で変化していることが分かります。直接地殻だけを伝わったP波が観測される場合（直接波という）と、地殻からマントルに地震波が伝わって屈折し、マントルを速く伝わった地震波が再び地表まで到達して観測される場合（屈折波という）があり、より速く伝わった方の波がP波の到達時刻として記録されます。つまり、屈折波が直接波を追いこすと、記録は屈折波のものとなります。図3はこのようすを説明したものです。

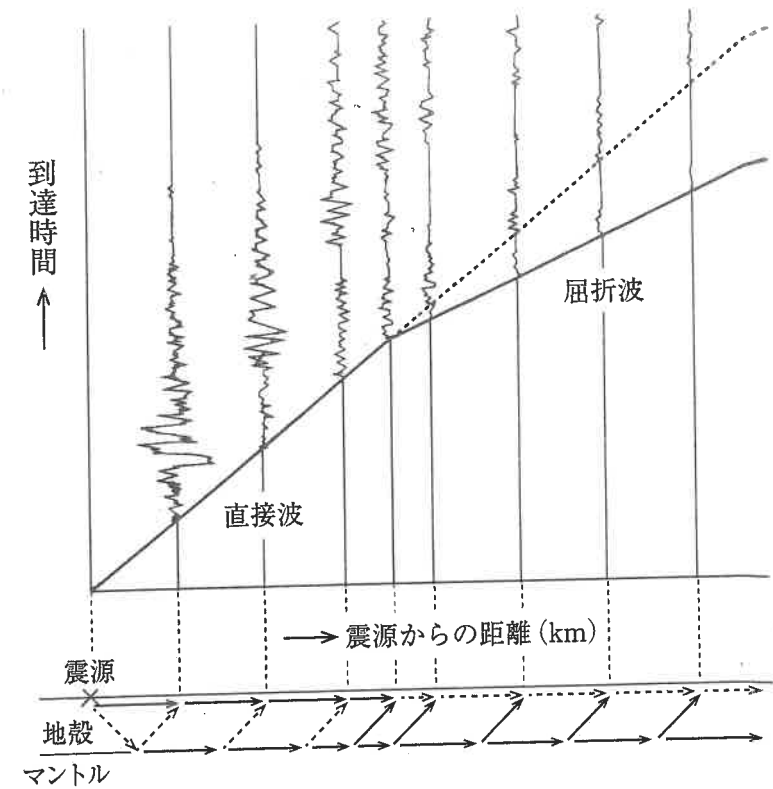
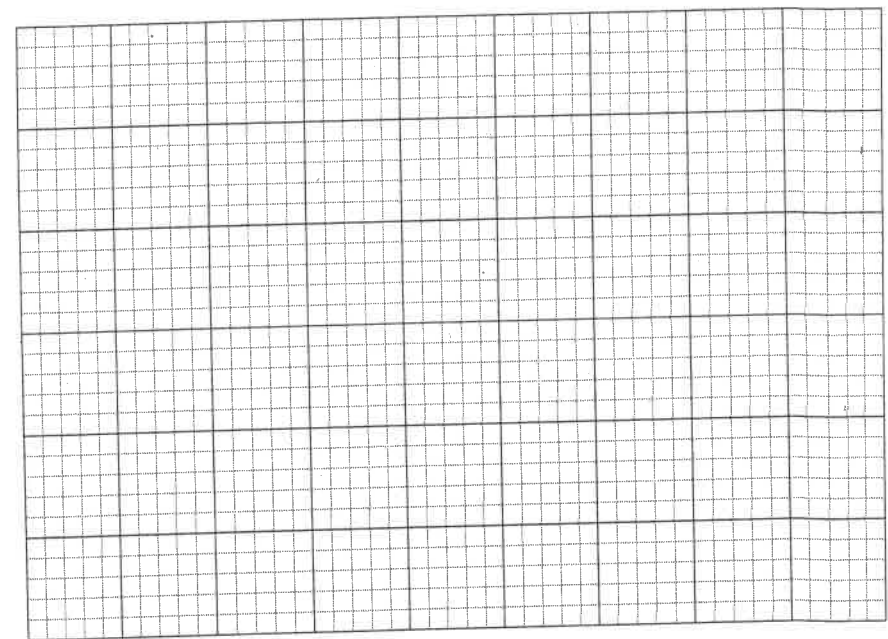


図3 地表付近の地震波の伝わり方



(方眼は自由に使ってよい)

問2 表1の結果から、次の(1)~(3)の問いに答えなさい。

(1) 直接波と屈折波がほぼ同時に到達する（この観測点より遠方へは屈折波の方が先に届く）観測点は、A~Jのどこが最も近いと考えられますか。A~Jの記号で答えなさい。

(2) ①直接波のP波速度（秒速）と、②屈折波のマンテル内を伝わるP波速度をそれぞれ求めなさい。答えは小数第1位を四捨五入して整数で答えなさい。

(3) この地域での地殻の厚さ（地殻とマンテルの境界面までの深さ）を考えます。次の図4のように地震波が地殻やマンテルを伝わっていくものとして、地殻の厚さを求めなさい。求め方も説明し、答えは小数点以下を四捨五入して整数で答えなさい。なお、直角二等辺三角形の辺の長さの比は右図の通りです。

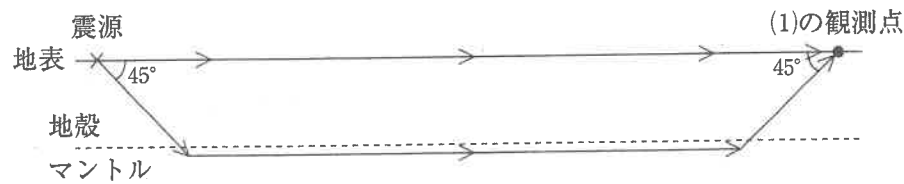
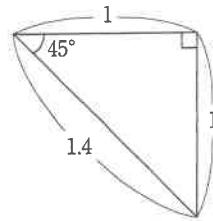


図4 直接波と屈折波の伝わり方

境界面で地震波速度が大きく変化しなくても、同じ層内であっても深部ほど速度が大きくなるため、地震波は曲がって伝わっていきます。さらに、地震波が核に到達すると、地震波速度が大きく変化するため、図5のように進む方向が大きく屈曲して伝わります。

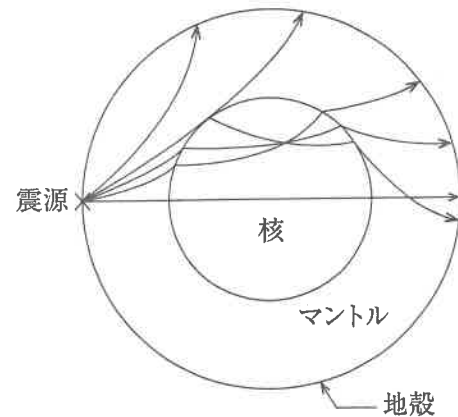


図5 地球内部を伝わるP波の様子

次の図6は、地表付近の地表からの深さとS波の地震波速度の変化を表したものです。

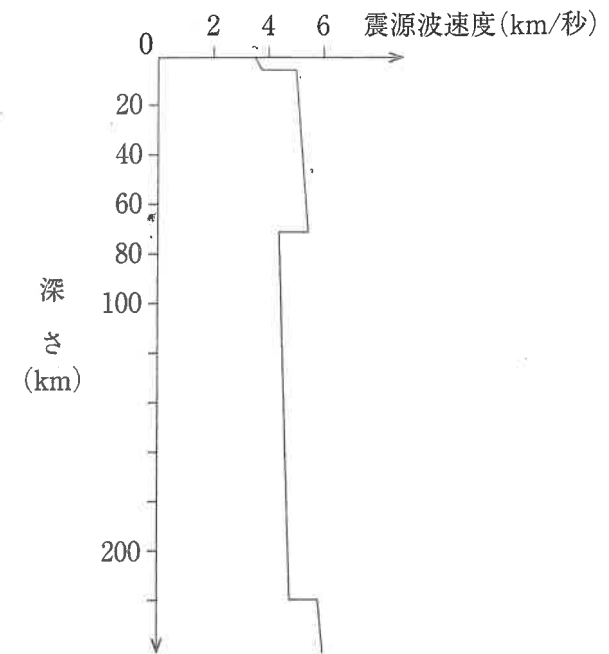


図6 S波の地震波速度の変化

また、図7は地表付近で発生した地震波のS波が伝わるのにかかる時間を表したグラフです。震源からの距離1100 km前後のところではグラフがとぎれていますが、これは地震波が伝わっていないことを示しています。

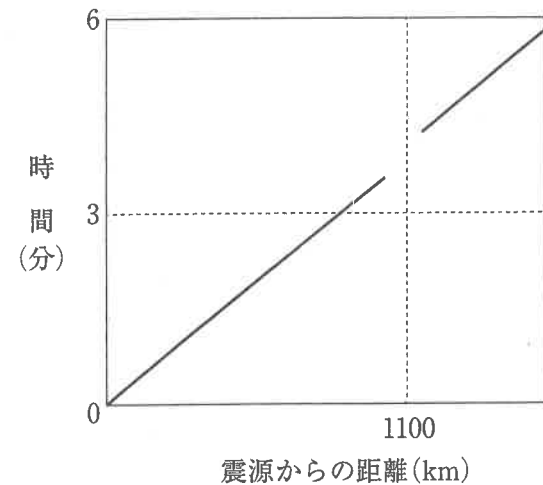
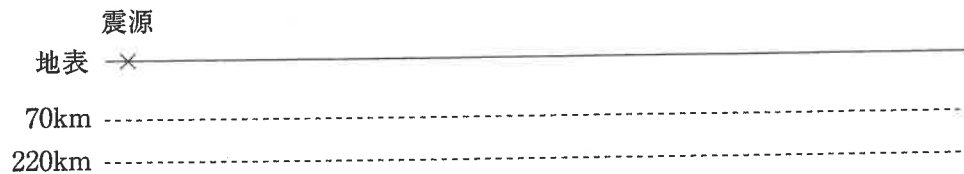


図7 震源からの距離とS波が伝わるのにかかる時間

問3 図6・図7について、正しい説明をしている文を次のア～エから1つ選び、記号で答えなさい。

- ア 地表からの深さ約5～70 kmの層は、その上下の層より岩石がかたくなっている。
- イ 地表からの深さ約70～220 kmは、マグマが発生している層であるので、すべてとけて液体になっており、やわらかい。
- ウ 震源からの距離1100 kmの前後は海になっているため、地震波が伝わらない。
- エ 図7でグラフがいったんとぎれた後、再び現れるとき上にずれて現れるため、とぎれた地点より遠い地点へ伝わるときには、地震波速度が増加していると考えられる。

問4 図7においてグラフがとぎれる理由を、図2・図5を参考に、次の図を使って説明しなさい。深さの縮尺が異なりますが、図の通り考えてください。



問5 地球表層は十数枚のプレートに分かれており、海のプレートは地球表層をすべるように動き、陸のプレートにぶつかって、陸のプレートの下に沈みこんでいると考えられています。これまでの内容から、プレートは何kmぐらいの厚さであると考えられますか。最も適当なものを、次のア～オから1つ選び、記号で答えなさい。

- ア 10 km イ 40 km ウ 70 km エ 110 km オ 220 km

地震波速度は温度の違いによっても変化します。地球内部のわずかな地震波速度の変化をとらえ、地球の内部構造を三次元的に解析する方法を、地震波トモグラフィーといいます。これによって海のプレートが陸のプレートの下に沈みこむようすが証拠としてとらえられています。

問6 図8は、地表付近の2地点を震源とする人工地震で発生した地震波の経路と、地表の観測点を示したものです。図中の矢印で示した観測点では、この地域の地下の岩石が均質であった場合と比べて地震波の到達がおそくなりました。このことから、地下には周囲より温度が高く、やわらかい部分があると推定されます。その部分を図中に1つのだ円と斜線(斜線)で示しなさい。

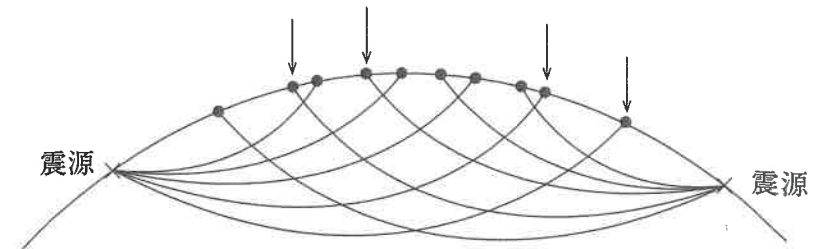


図8 地震波の経路と地表の観測地点

2 振り子について、次の文章を読み、あとの問いに答えなさい。

ひろし君が振り子の実験をしています。糸におもりを付けて、糸のはしを図1のようにA点に固定します。おもりをB点から放すと、B→C→D→C→Bのように振れました。B、C、Dはおもりの中心の点で、CはAの真下にあります。ABを振り子の長さといい、BからCまでを水平に測った長さを振れ幅ということにします。B→C→D→C→Bと一往復する時間を周期と言います。

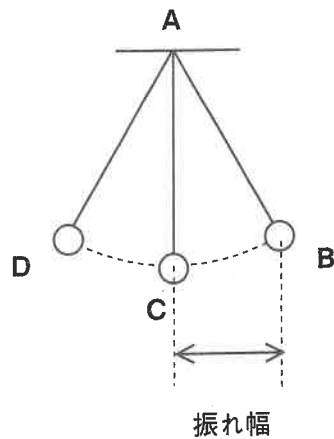


図1

実験1 振り子の長さを30 cmにして、振れ幅を変えて、周期をはかりました。結果は表1のようになりました。振れ幅を変えても周期は変わらないことがわかりました。

表1

振れ幅 [cm]	5	10	15
周期 [秒]	1.1	1.1	1.1

問1 振れ幅を変えても周期は変わらないことを振り子の等時性と言います。振り子の等時性を発見した人はだれですか。次のア～カから1つ選び、記号で答えなさい。

- ア アルキメデス イ ガリレオ ウ コペルニクス
エ ニュートン オ パスカル カ ワット

ひろし君は、往復の距離がちがうのに、同じ時間で往復するのは変だと思ひ、その理由を考えてみました。

問2 振れ幅5 cmの場合と振れ幅15 cmの場合について、C点でのおもりの速さはどちらが速いでしょうか。次のア～ウから正しいものを1つ選び、記号で答えなさい。

- ア 振れ幅5 cmの方が速い。
イ 振れ幅15 cmの方が速い。
ウ 振れ幅がちがっても速さは同じ。

ひろし君は、同じ振れ幅のときでも、位置によっておもりの速さがちがうかもしれないと考えました。

問3 B、C、Dでのおもりの速さを比べるとどうなりますか。次のア～ウから正しいものを1つ選び、記号で答えなさい。

- ア 同じ速さ
イ BとDが最も速い
ウ Cが最も速い

実験2 振り子の長さを変えて、周期をはかりました。結果は表2のようになりました。

表2

振り子の長さ [cm]	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
周期 [秒]	0.63	0.9	1.1	1.3	1.4	1.6	1.7	1.8	1.9	2

振り子の長さ [cm]	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
周期 [秒]	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.5	2.6	2.7	2.8	2.8

問4 振り子の長さ^{*}と周期にはどのような関係がありますか。次の文の 内に適する値を入れなさい。①, ④については下の^{せんだくし}選択肢から選び、答えなさい。

(1) 振り子の長さを ① 倍にすると、周期が3倍になる。そのことは振り子の長さが ② cm と ③ cm の場合を比べるとわかる。

ただし、 ② は ③ より小さいとする。答えが2組以上ある場合は、そのうちの1組だけを答えればよい。

(2) 振り子の長さを2倍にすると、周期が ④ 倍になる。

①, ④の選択肢

1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{9}$	
0.4	0.6	0.8	1.2	1.4	1.6	1.8		

実験3 振り子の長さを細かく変えて、周期をはかりました。結果は表3のようになりました。

表3

振り子の長さ [cm]	13	14	15	19	21	23	26	28
周期 [秒]	0.72	0.75	0.78	0.87	0.92	0.96	1	1.1

次に、ひろし君は、振り子の長さを30 cmにして、おもりが真上から見て、円をえがくように回してみました。図2Aは斜め上から見たところで、円すいの形になっています。そこでこれを円すいの振り子ということにします。図2Bは横から、図2Cは真上から見たところです。おもりが一周する時間を周期といいます。

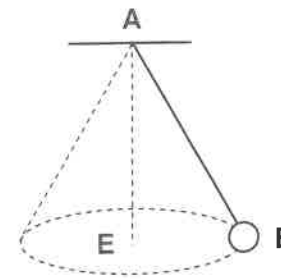


図2A

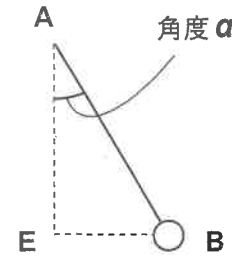


図2B 横から見て

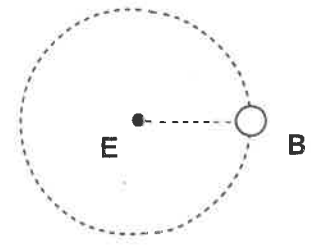


図2C 上から見て

実験4 振り子の長さを30 cmにして、糸のかたむきの角度(図2Bの角度 α)を変えて、おもりの周期をはかりました。図2BのAE間の長さをたての長さ、EB間の長さを円の半径ということにします。結果は表4のようになりました。

表4 円すいの振り子

たての長さ [cm]	28	26	23	21	19	15	14	13
円の半径 [cm]	10	15	19	21	23	26	27	27
周期 [秒]	1.1	1	0.96	0.92	ア	0.78	0.75	0.73

問5 表4からわかることは何ですか。次の文の 内に適する語や値を、それぞれ選択肢から選び、答えなさい。

- (1) たての長さが長いほど、周期が ①。
- (2) たての長さが2倍になると、周期が ② 倍になる。

①の選択肢

長い 短い

②の選択肢

1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{9}$	
0.4	0.6	0.8	1.2	1.4	1.6	1.8		

問6 円すいの振り子で、たての長さが19 cm、円の半径が23 cmの場合(表4のア)の周期は何秒か答えなさい。表3を参考にしてよい。

ひろし君は、次に図3のような振り子を作りました。これを三角振り子とよびます。

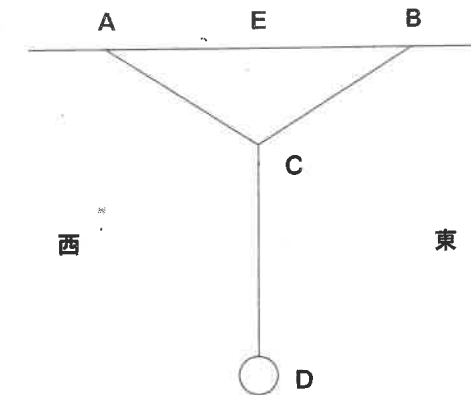


図3

ACとBCは同じ長さの糸です。Cから下向きにも糸がのびています。Dはおもりの中心の点を表しています。AとBは天井に固定されています。EはAとBの真ん中の点です。CDの長さを25 cm、EDの長さを36 cmとしました。

図3の右を東、左を西とします。図3は南方向から振り子を見たもので、紙面の奥が北です。

実験5 三角振り子を東西方向に振らせました。すると、図4のように長さ25 cmの振り子として振れました。

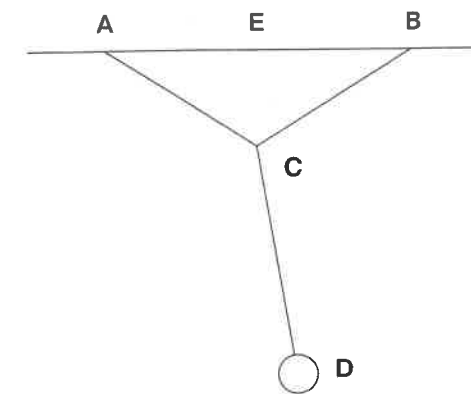


図4

実験6 次に、三角振り子を南北方向に振らせました。すると、長さ36 cmの振り子として振れました。図5Aはそれを上から見た図で、図5Bは東から見た図です。ECDはつねにまっすぐになっています。

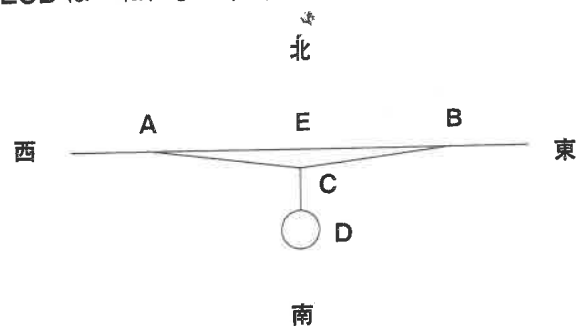


図5A 上から見て

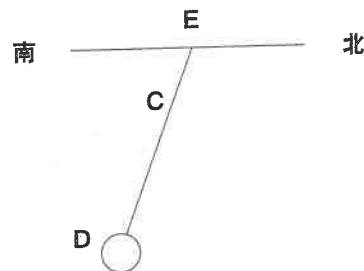


図5B 東から見て

実験7 ひろし君は、図6Aの位置におもりを置きました。東から見ると図6Bです。どの糸もぴんと張っています。この位置でおもりをはなしました。

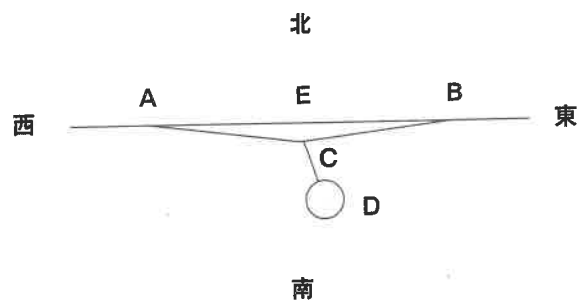


図6A 上から見て

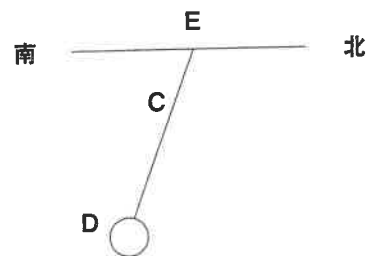
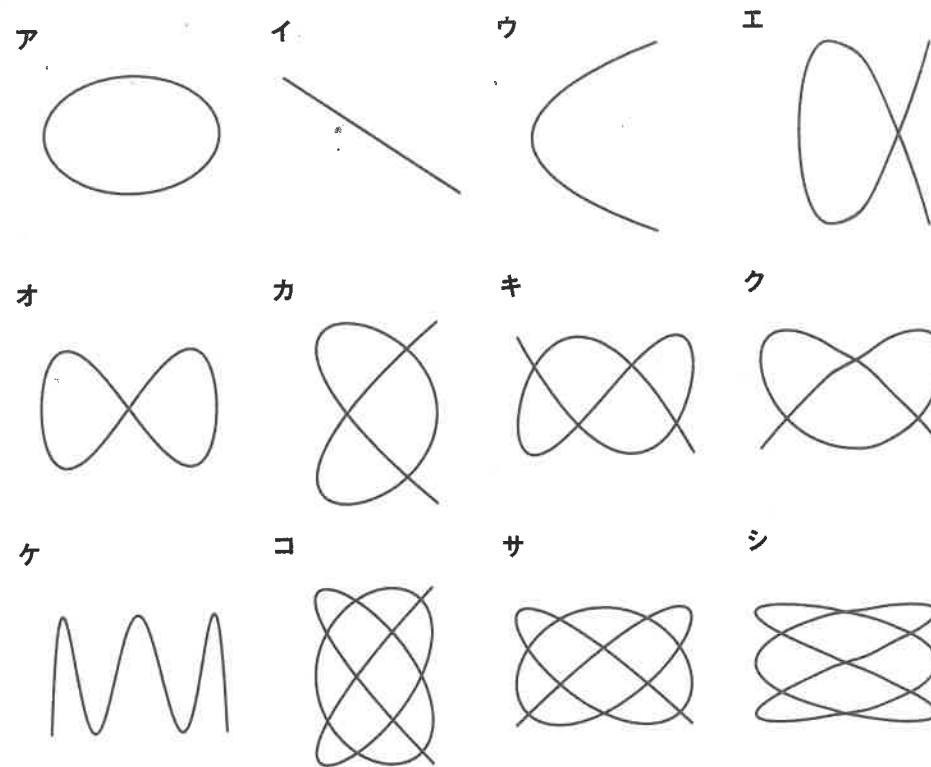


図6B 東から見て

問7 三角振り子は東西方向に3回振れる(3往復する)間に南北方向に何回振れますか。整数または小数で答えなさい。

問8 上から見るとおもりはどのような軌道^{きどう}をえがきますか。次のア〜シから1つ選び、記号で答えなさい。選択肢の図は、右が東、上が北です。

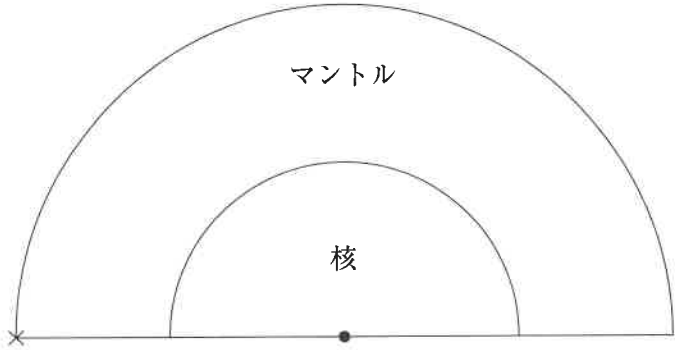
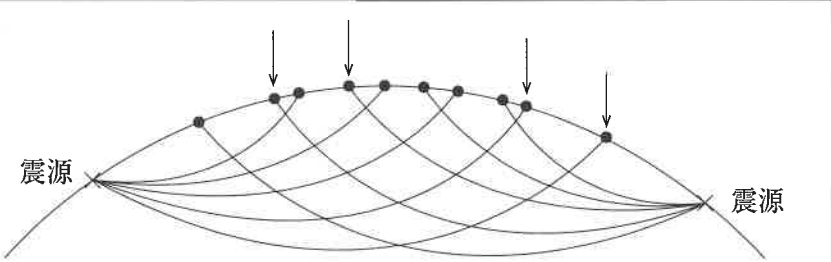


(問題は以上です。)

2023年度 特別給費生入試 理科解答用紙

受験番号		氏名	
------	--	----	--

1

問 1	<p>(1)</p> 	<p>(2)</p> <div style="border: 1px solid black; height: 20px; width: 100%;"></div> <p style="text-align: right;">%</p>
問 2	<p>(1)</p> <div style="border: 1px solid black; height: 20px; width: 100%;"></div> <p>(2) ①秒速</p> <div style="border: 1px solid black; height: 20px; width: 100%;"></div> <p style="text-align: right;">km</p> <p>②秒速</p> <div style="border: 1px solid black; height: 20px; width: 100%;"></div> <p style="text-align: right;">km</p>	<p>(3)</p> <div style="border: 1px solid black; height: 20px; width: 100%;"></div> <p style="text-align: right;">答</p> <div style="border: 1px solid black; height: 20px; width: 100%;"></div> <p style="text-align: right;">km</p>
問 3	<p>(1)</p> <div style="border: 1px solid black; height: 20px; width: 100%;"></div>	<p>(3)</p> <div style="border: 1px solid black; height: 20px; width: 100%;"></div>
問 4	<p style="text-align: center;">震源</p> <p>地表 ×</p> <hr style="border-top: 1px solid black;"/> <p>70km -----</p> <p>220km -----</p>	
問 5	<div style="border: 1px solid black; height: 20px; width: 100%;"></div>	
問 6		

2

問 1	問 2	問 3	
問 4	(1) ①	②	③ (2) ④
	倍	cm	cm 倍
問 5	(1) ①	(2) ②	問 6
		倍	秒
問 7	問 8		
	回		