



<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  $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $\theta$  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  $a = c \sin \theta$ 、 $b = c \cos \theta$

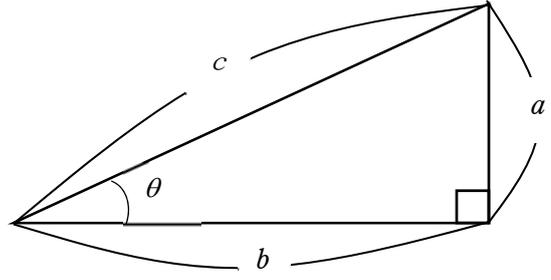


図1

**【弧度法】**

角度を表すのに、 $180^\circ$  や  $360^\circ$  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  $\theta$  [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。

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

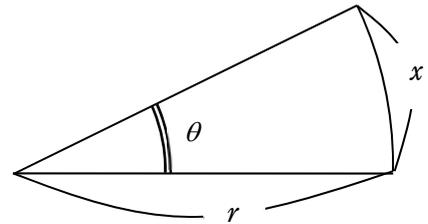


図2

**【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)	$10^3$	$\mu$ (マイクロ)	$10^{-6}$
h (ヘクト)	$10^2$	n (ナノ)	$10^{-9}$

# 第1問

図1のグラフは、図2のコースで実際に開催された自動車レースにおいて、出場したレースカーのある1周での速さ〔km/h〕と時刻〔s〕の関係を表したグラフである。グラフからは、限界までタイムを縮めるため、直線ではなるべく長く全力で加速し続けたり、カーブの手前では曲がることのできるぎりぎりの速さまで短時間で急減速していたりする様子が読みとれる。

図1の時刻0sのとき、レースカーは図2のコースのどこを通過したと考えられるか。最も適当な位置を①～⑤の中から1つ選べ。ただし、加速や減速はアクセルやブレーキによって行われ、高低差による影響は無視できるとする。

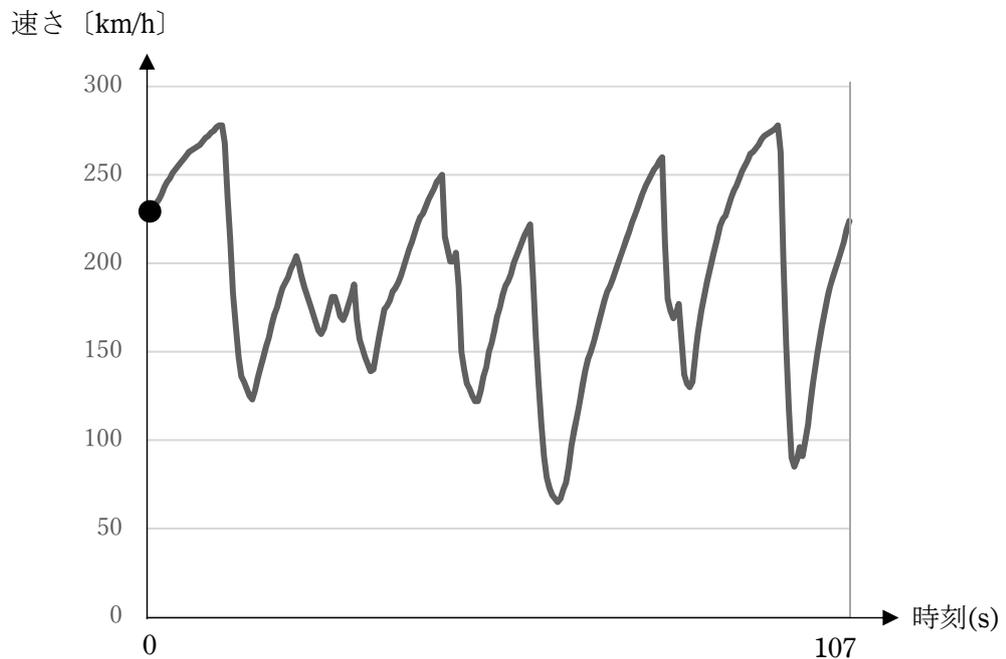


図1

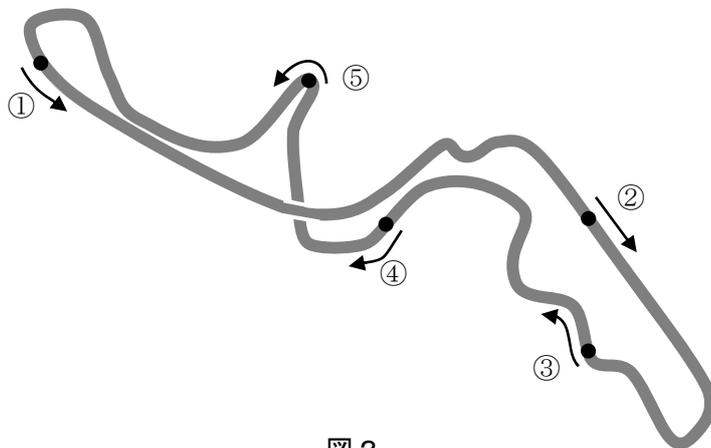
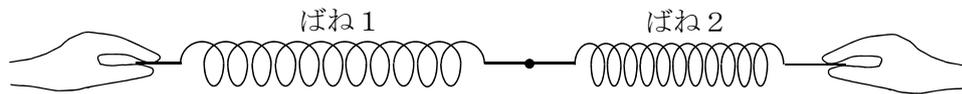


図2

## 第2問

次の文章の（ア）、（イ）にあてはまる数値の正しい組み合わせを、次の①～⑥から1つ選べ。

自然の長さが等しい軽いばね1、ばね2がある。これらのばねを直列につなぎ、図のように両端を手で互いに反対向きに引いたところ、ばね1の自然の長さからの伸びは、ばね2の自然の長さからの伸びの2倍となった。このとき、ばね1がばね2を引く力の大きさは、ばね2がばね1を引く力の大きさの（ア）倍であるので、ばね1のばね定数は、ばね2のばね定数の（イ）倍であることがわかる。なお、ばね定数はばねの強さを表す。



図

	（ア）	（イ）
①	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
②	$\frac{1}{2}$	2
③	1	$\frac{1}{2}$
④	1	2
⑤	2	$\frac{1}{2}$
⑥	2	2

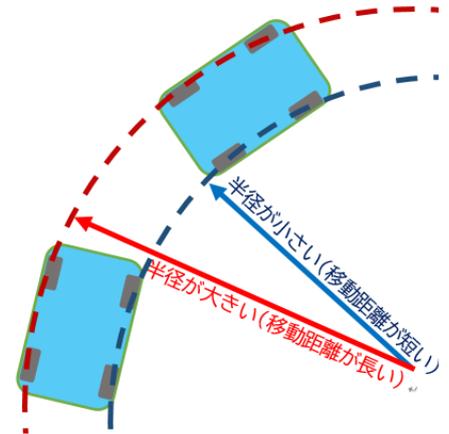
### 第3問

4輪以上の車輪を用いて移動する物体（車や電車など）が、カーブを曲がることを考えてみよう。カーブを曲がる時には内側の車輪と外側の車輪では進む距離が異なる（「内輪差」という、図）ため、車輪の回転数に差が生じる。

このため、動力を伝えない車輪では、内側と外側の車輪がそれぞれ自由に回転することで回転数の差に対応している。しかし、動力を伝える車輪は原動機（エンジンやモーターなど）に接続していて自由に回転できないため、回転数の差に対応するための仕組みが必要になる。

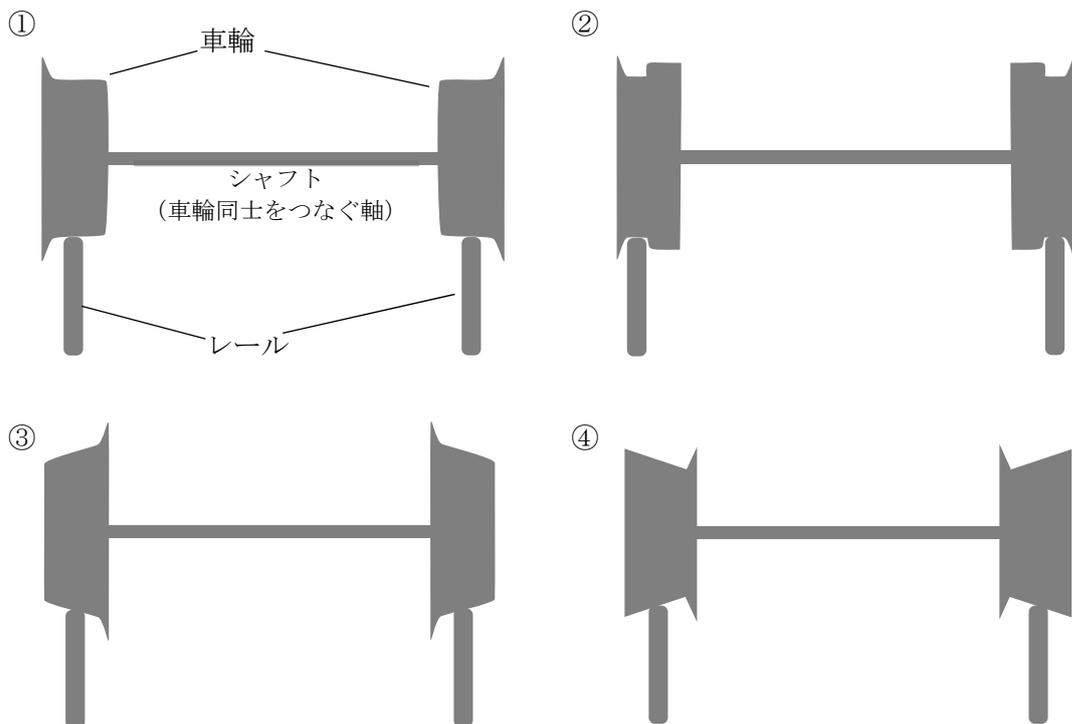
車の場合はカーブを曲がる時、回転数の差にしたがって内側と外側の車輪の回転数を変える機構（デファレンシャルギア）を組み込んで対応している。

一方、電車の場合はレール上を進むので、特別な機構を用いることなく、車輪の形を工夫することで対応している。



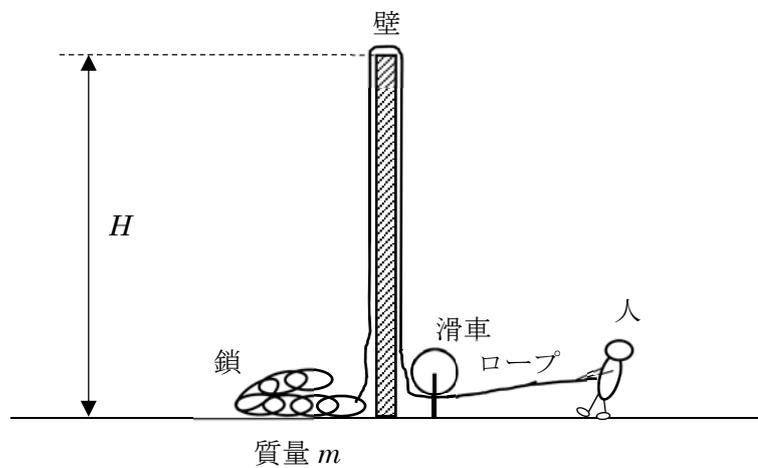
図

次の①～④はレール上を走る電車の車輪の断面を模式的に表したものである。カーブを曲がる時、遠心力で車輪が横へ少しずれることによって回転数の差を吸収できる形状になっている。車輪の断面の概形として正しいものを①～④から1つ選べ。



## 第4問

図のように、長さ  $H$ 、質量  $m$  の鎖が、高さ  $H$  の壁の左下に置いてある。この鎖に質量の無視できるロープを接続し、ロープを壁の右側にたらしめて床に固定した滑車に通す。このロープを壁の右側にいる人がゆっくり引っ張って、鎖全体を右側に落としたい。人が加える仕事はいくらか。最も適当なものを次の①～⑤の中から1つ選べ。ただし、鎖やロープは自由に曲がり、壁や滑車との摩擦の影響は無視できるものとする。



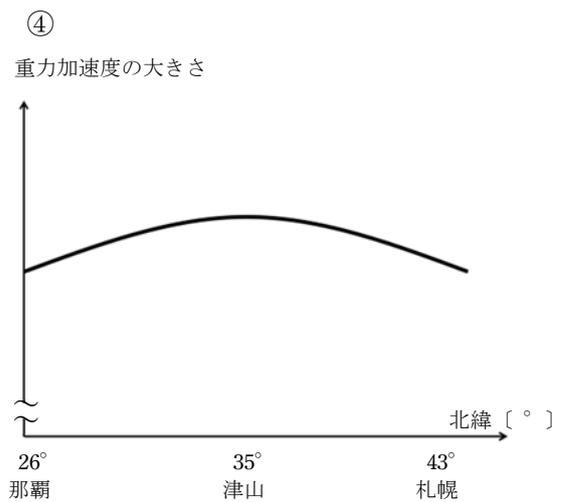
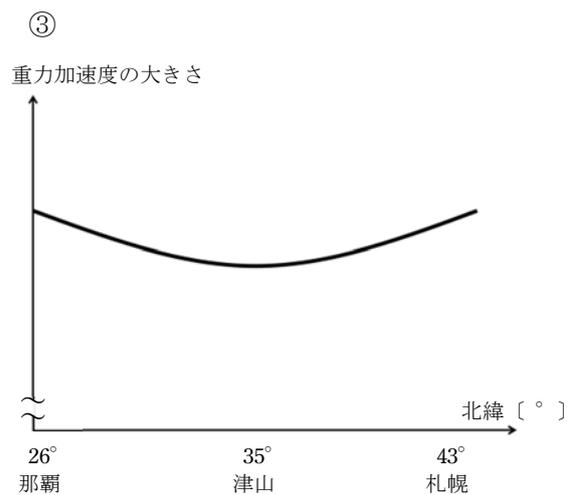
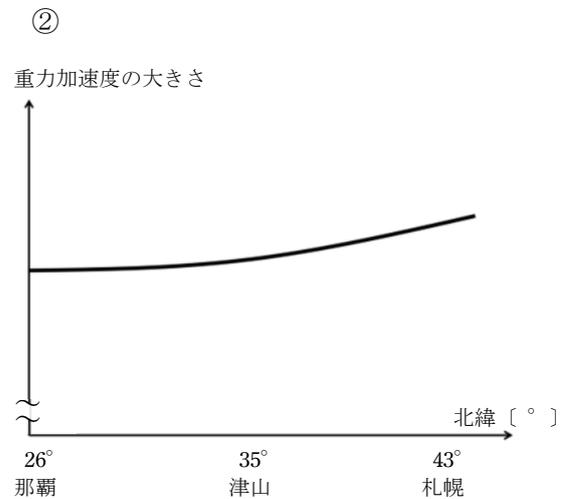
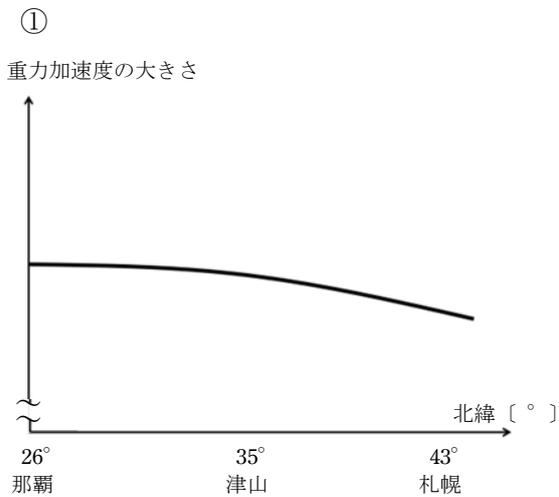
図

- ①  $\frac{1}{4}mgH$
- ②  $\frac{1}{2}mgH$
- ③  $\frac{3}{4}mgH$
- ④  $mgH$
- ⑤  $\frac{5}{4}mgH$

(次の問題へ続く)

## 第5問

重力は地球の引力と地球の自転による遠心力の合力であるため、緯度や高度によって異なり、さらには地形や地質によってもわずかに変化する。このうち、緯度と重力加速度の大きさの関係の概略として、最も適当なグラフを次の①～④の中から選べ。



## コラム

様々な影響を含めた標高の基準（「ジオイド」という）を定めるため、重力の精密測定が明治時代から行われている。岡山県立津山高等学校には、1904年（明治37）に測地学委員会が行った全国122か所の測定地のひとつとされる「津山重力測定定点」がある。「津山重力測定定点 測点番号94」と記され、写真のような基礎が残る。「測量・地図百年史」（国土地理院、1970）に「松丸太を3本埋め込んだコンクリートブロックを作り丸太の上に振子の台を固定した」とあり、3つの穴は重力測定振子の台をのせた丸太の穴とも考えられる。同校（旧制津山中学校）機関誌「鶴城」の1904年（明治37）8月に「一日文部省測地学委員数名來校観測に従事せらるる 四日 右観測終了」と記されている。



### 津山重力測定定点

測点番号・・・94

東経134度01分 北緯35度05分

海 抜 92.0 M

測 定 値 979.737 cm/sec<sup>2</sup>

海面点正值 979.765 cm/sec<sup>2</sup>

地形補正值 979.755 cm/sec<sup>2</sup>

写真

## 第6問

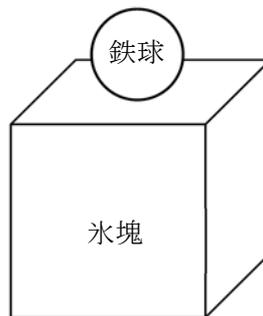
人間は湿度が高いときは同じ気温でも、より暑さを感じやすい。その要因を述べた次の文章の（ア）～（ウ）にあてはまる語句として正しい組み合わせを、次の①～⑧から1つ選べ。

人間の体からは、目に見える汗以外に、1日500mL～1000mLの水分が皮膚や呼気などから蒸発している。汗を含めるとさらに多くの水分が体内から蒸発している。その際、水が水蒸気に変化するので、水は（ア）。しかし、湿度が高いときは、同じ温度の乾燥空気と比べて（イ）ので、体内から水分が蒸発しにくくなる。このために、湿度が高いときは、より暑く感じるのである。エアコンの除湿機能は、室内の空気を吸い込み、内部で（ウ）ことで、含まれていた水蒸気の一部を水として取り除き、乾燥した空気を室内に戻している。

	（ア）	（イ）	（ウ）
①	周りから熱を吸収する	飽和水蒸気量大きい	冷やす
②	周りから熱を吸収する	飽和水蒸気量大きい	温める
③	周りから熱を吸収する	単位体積当たりの水分子の個数が多い	冷やす
④	周りから熱を吸収する	単位体積当たりの水分子の個数が多い	温める
⑤	周りへ熱を放出する	飽和水蒸気量大きい	冷やす
⑥	周りへ熱を放出する	飽和水蒸気量大きい	温める
⑦	周りへ熱を放出する	単位体積当たりの水分子の個数が多い	冷やす
⑧	周りへ熱を放出する	単位体積当たりの水分子の個数が多い	温める

## 第7問

質量 1 kg の鉄球を温度 1000°C に加熱し、質量 5 kg、温度 0°C の氷塊の上に図のように載せた。十分に時間が経過したとき、氷塊のうち、どのくらいの量が水に変化するか。その割合として最も適当なものを、次の①～⑥のうちから 1 つ選べ。ただし、氷の融解熱を 334 J/g、鉄の比熱を 0.45 J/(g・°C) とする。また、熱は鉄球と氷塊の間でのみ移動するものとし、溶けた水は温度 0°C のままであるとする。

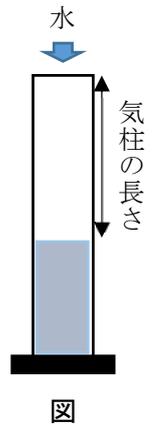


図

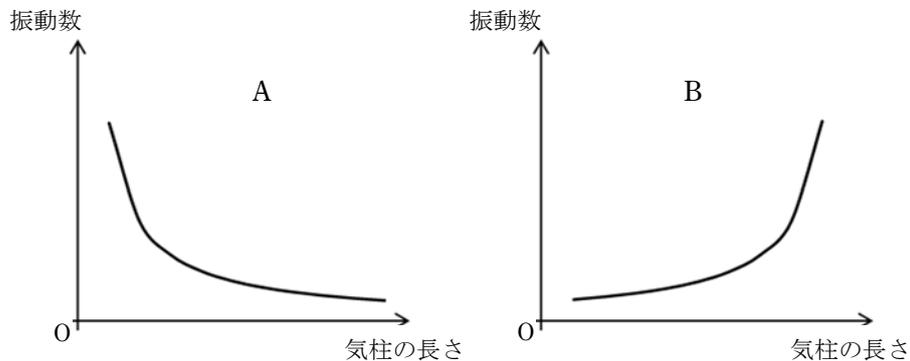
- ① およそ  $\frac{1}{4}$
- ② およそ  $\frac{1}{3}$
- ③ およそ  $\frac{1}{2}$
- ④ およそ  $\frac{2}{3}$
- ⑤ およそ  $\frac{3}{4}$
- ⑥ 全部溶ける

## 第8問

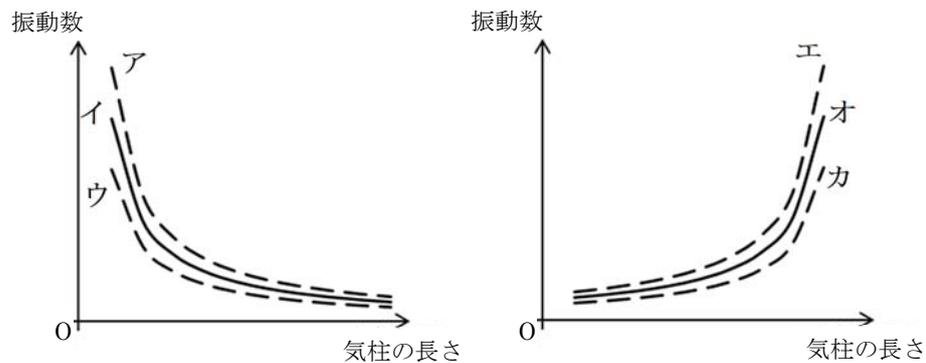
水筒にお茶を注ぎ入れるとき、生じる音の高さが次第に変化して聞こえた経験があるだろうか。図のようにメスシリンダーに水を注ぐと、音の高さが変化して聞こえる。これは、水が水面に当たって筒内の空気（「気柱」という）が振動し、気柱の長さに応じた高さの音が共鳴するためである。次の問い（1）、（2）について、正しい組み合わせを、次の①～⑥から1つ選べ。



(1) 気柱の長さ と 振動数の関係は、A・Bのどちらか。



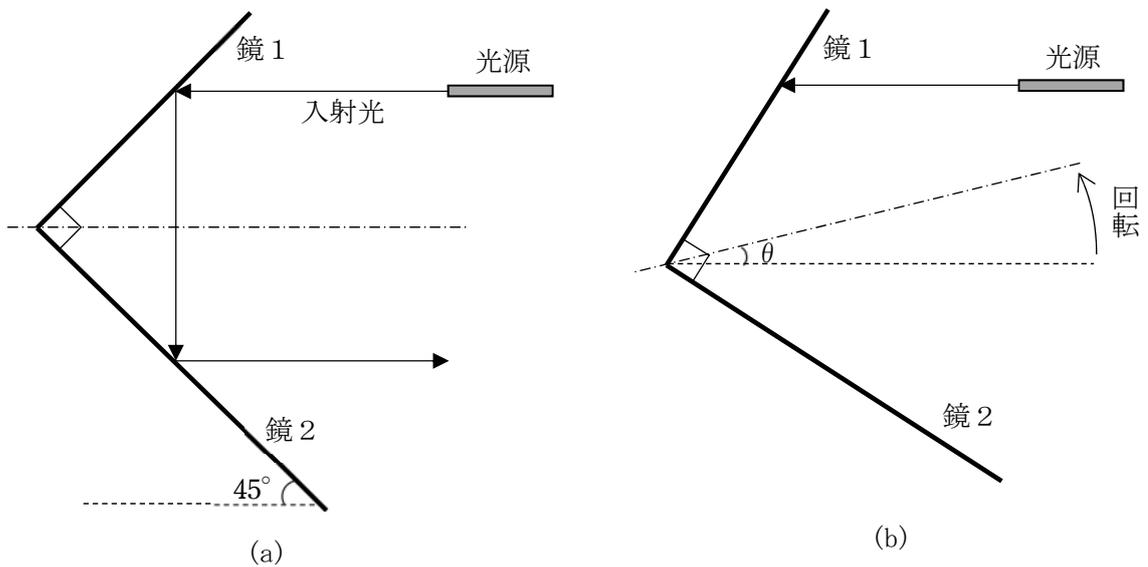
(2) 気温が上がると音速は速くなる。気温が上がると（1）のグラフはア～カのどれになるか。ただし、それぞれ実線は気温が変化する前のグラフである。またグラフは強調して描いてある。



	(1)	(2)
①	A	ア
②	A	イ
③	A	ウ
④	B	エ
⑤	B	オ
⑥	B	カ

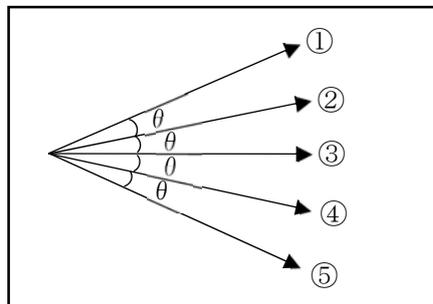
## 第9問

2枚の平面鏡（鏡1、鏡2）を直角に組み合わせた。図の(a)のように、光源から鏡1に入射させたところ、光は鏡1、鏡2の順に反射し、鏡2で反射した後の光の進む向きは、入射した向きとは反対の向きであった。次に、図の(b)のように、鏡全体を角度 $\theta$ だけ反時計回りに回転させ、光を図の(a)のときと同じ向きに鏡1に入射させた。このとき、鏡2で反射した後の光の進む向きを、選択肢の①～⑤から1つ選べ。ただし、図の(a)、(b)中の実線の矢印  $\longrightarrow$  は光の進む向きを表す。



図

### 選択肢

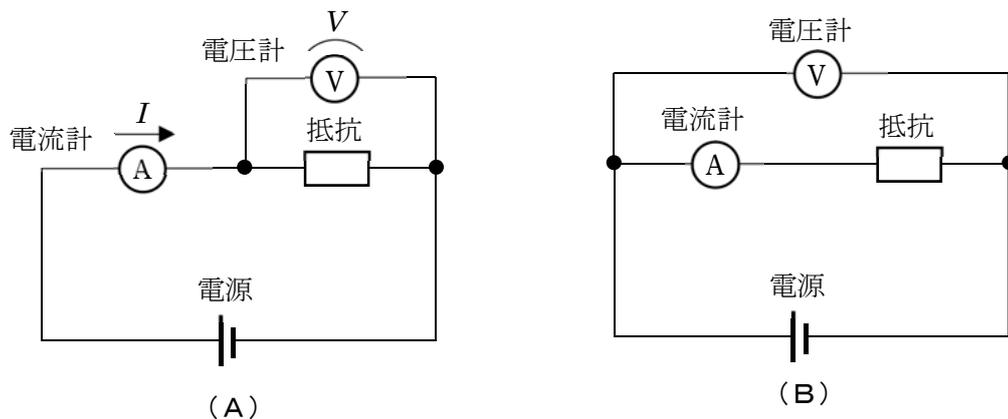


※なお、矢印③が図(a)の入射光と平行な向きである。

## 第 10 問

抵抗に電流計と電圧計を接続し、オームの法則を用いて抵抗値を調べる。このとき図の (A) と (B) の 2 つの接続方法が考えられる。

2 つの接続方法について考察した次の文章の (ア) ~ (エ) にあてはまる語句として正しい組み合わせを、次の①~⑧から 1 つ選べ。



図

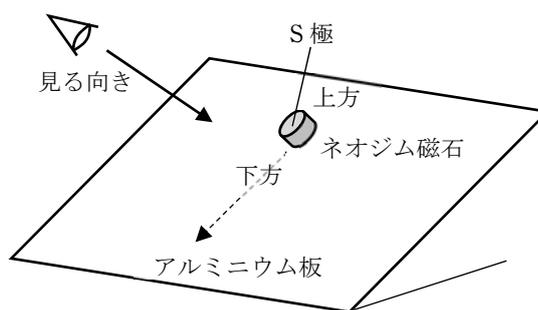
(A) の電圧計の測定値  $V$  と、電流計の測定値  $I$  をオームの法則にあてはめ、抵抗値を求めると (ア) となる。抵抗値を正確に計算するには、「抵抗にかかる電圧」と「抵抗を流れる電流」が正しく測定される必要がある。しかし実際は、電流計に内部抵抗があるために電圧降下が生じたり、電圧計にわずかに電流が流れたりしているため、真の抵抗値と (ア) の値の間にずれが生じる。そのため (A) の方法では、(イ) を精密に測定できるが、(ウ) は精密に測定できない。一方、(B) の方法では、(イ) は精密に測定できないが、(ウ) を精密に測定できる。一般に測定する抵抗が小さいとき、(エ) の方がより正確になるといえる。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
①	$\frac{V}{I}$	抵抗に流れる電流	抵抗にかかる電圧	(A)
②	$\frac{V}{I}$	抵抗に流れる電流	抵抗にかかる電圧	(B)
③	$\frac{V}{I}$	抵抗にかかる電圧	抵抗に流れる電流	(A)
④	$\frac{V}{I}$	抵抗にかかる電圧	抵抗に流れる電流	(B)
⑤	$\frac{I}{V}$	抵抗に流れる電流	抵抗にかかる電圧	(A)
⑥	$\frac{I}{V}$	抵抗に流れる電流	抵抗にかかる電圧	(B)
⑦	$\frac{I}{V}$	抵抗にかかる電圧	抵抗に流れる電流	(A)
⑧	$\frac{I}{V}$	抵抗にかかる電圧	抵抗に流れる電流	(B)

## 第 11 問

平らでなめらかなアルミニウム板を用いて斜面をつくる。図のように、斜面の上方でネオジム磁石のN極が斜面に接するように置いて静かに離すと、ネオジム磁石は斜面上をゆっくりとすべり落ちていった。

この現象について、生徒2人が会話している。(ア)～(ウ)にあてはまる語句が、科学的に正しい考察となる組み合わせを、次の①～⑧から1つ選べ。



図

太郎さん：どうして、ネオジム磁石は斜面上をゆっくりとすべり落ちていったのだろうか？

花子さん：それは、このときネオジム磁石の、斜面に沿った下方と上方でそれぞれ、アルミニウム板の中に電流が渦のように流れるんだよ。

太郎さん：それは、どうして起こるの？

花子さん：ネオジム磁石からの磁場の変化を妨げるように、ネオジム磁石の下方では、斜面の上方から見て(ア)の向きに、ネオジム磁石の上方では、斜面の上方から見て(イ)の向きにアルミニウム板に電流が流れるんだ。この電流を渦電流というんだよ。

太郎さん：そうなんだ。

花子さん：ネオジム磁石に近い側の渦電流の向きを考えると、ネオジム磁石からの磁場がこの電流に及ぼす力の向きは、フレミングの左手の法則により、ネオジム磁石の下方でも、上方でも、斜面下向きとなるんだ。この力の反作用の力がネオジム磁石にはたらき、ブレーキの役割を果たすんだ。

太郎さん：わかった。だから、ネオジム磁石は斜面上をゆっくりと落ちていったんだ！ところで、斜面にアルミニウム板を用いたけど、銅板に換えてやってみると、ネオジム磁石が斜面をすべり落ちる速さはどうなるだろうか？

花子さん：それは、電気伝導率（電気の流れやすさ）が関係するんだ。電気伝導率は銅の方がアルミニウムより大きいので、ネオジム磁石がすべり落ちる速さは、斜面が銅板の方がアルミニウム板より(ウ)なるよ。

太郎さん：そうなんだ。確かめてみようよ。

(※ただし、銅板はなめらかで、厚さ・大きさがアルミニウム板と同じであるとする)

	( ア )	( イ )	( ウ )
①	時計回り	時計回り	大きく
②	時計回り	時計回り	小さく
③	時計回り	反時計回り	大きく
④	時計回り	反時計回り	小さく
⑤	反時計回り	時計回り	大きく
⑥	反時計回り	時計回り	小さく
⑦	反時計回り	反時計回り	大きく
⑧	反時計回り	反時計回り	小さく

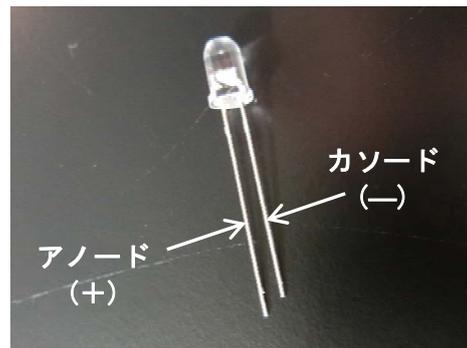
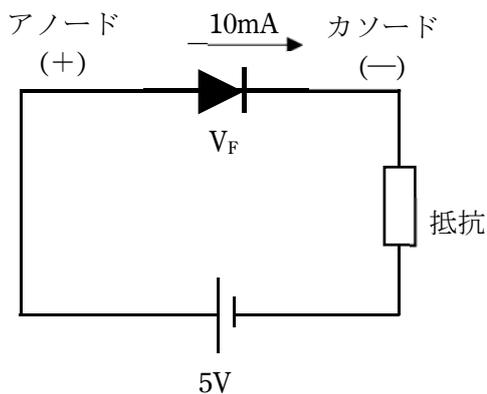
## 第 12 問

豆電球は電流によってフィラメントを赤熱させ発光する。このため、目に見えない赤外線も多量に出ており、照明としては効率がよくない。そこで現在は効率のよい LED が広く使われている。

図のように「アノード」に正極を、「カソード」に負極をつなぐと電流が流れ（「順方向」という）、逆に接続すると流れない性質をもつ。

また、LED に加える電圧が大きすぎるとこわれる。このため、適正な電圧  $V_F$ （「順方向電圧」という）をくわえる必要がある。 $V_F$  は発光する色によって異なる。発する光の波長が長い方が光のエネルギーが小さいため、 $V_F$  も小さい。青色で 3.1V、赤色で 2.0V ほどである。使用に当たっては、電流が過大になることなく適当な量（10mA 程度）だけ流れるよう、抵抗を直列に接続する。

青色 LED に 5.0V の電源を接続し、10mA の電流を流したい。何  $\Omega$  の抵抗を接続すればよいか。最も適当な値を次の①～⑤の中から 1 つ選べ。



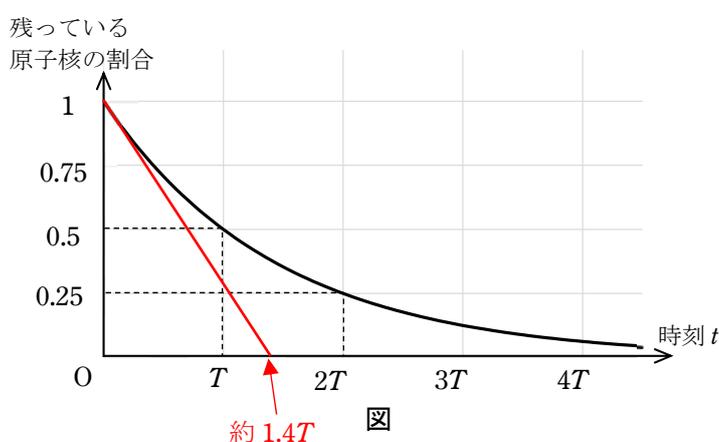
図

- ① 110  $\Omega$       ② 190  $\Omega$       ③ 300  $\Omega$       ④ 420  $\Omega$       ⑤ 500  $\Omega$

## 第 13 問

原子核のうち、「放射性同位体」と呼ばれるものは放射線を出して別の原子核に変わる（「放射性崩壊」という）。例えば  $^{87}\text{Rb}$ （ルビジウム）の原子核は  $\beta$  線という放射線を出す放射性崩壊（ $\beta$  崩壊）によって、 $^{87}\text{Sr}$ （ストロンチウム）の原子核に変わる。

放射性崩壊は常に一定の確率で起こるので、初めあった原子核（例の場合は  $^{87}\text{Rb}$ ）の個数は図の黒のグラフ（「指数関数」という）のように減少する。初めにあった原子核の半数が崩壊する時間を半減期  $T$  といい、残った原子核の半数はさらに  $T$  経過すると崩壊する。こうして残った原子核の数は  $T$  経過するごとに  $1/2$  倍ずつ減少していく。



この性質を利用して年代測定ができる。遺跡では半減期約 5700 年の  $^{14}\text{C}$  がよく用いられる。遺跡の木材の  $^{14}\text{C}$  が  $1/4$  に減少していれば、木が伐られたのは約  $5700 \times 2 =$  約 11400 年前とわかる。岩石のような古い年代のものではさらに半減期の長い  $^{87}\text{Rb}$  などの放射性同位体を用いる。

次の (1)、(2) の (ア)、(イ) にあてはまる正しい組み合わせを、次の①～⑧から 1 つ選べ。

- (1) ある放射性同位体の原子核の個数がはじめの  $1/64$  になった。半減期は (ア) 回あったと考えられる。
- (2) ある岩石標本を分析すると、 $^{87}\text{Rb}$  が周辺の地質より  $1/64$  だけ少なかった(周辺の地質の  $63/64$ )。  $^{87}\text{Rb}$  の半減期は 488 億年で、宇宙や地球の年齢よりも長い。しかし、図の時刻  $T$  よりも時刻 0 に十分近いとき、グラフが赤で示した直線とほぼ一致することを利用すると計算できる。その結果、岩石標本が生成された年代は、周辺よりも (イ) となる。

	(ア)	(イ)		(ア)	(イ)
①	64	約 11 億年古い	⑤	6	約 11 億年古い
②	64	約 11 億年新しい	⑥	6	約 11 億年新しい
③	64	約 8 億年古い	⑦	6	約 8 億年古い
④	64	約 8 億年新しい	⑧	6	約 8 億年新しい

## 第 14 問

次の文章の（ア）、（イ）にあてはまる語句の正しい組み合わせを、次の①～⑥から 1 つ選べ。

近年、がんの診断などで「陽電子断層撮影法 (PET)」が用いられるようになった。これは、人の体内の代謝の様子を画像化する技術である。放射性同位体を含むブドウ糖を用いた薬剤を体内に投与すると、この薬剤は代謝量の多い部位に多く集まり、陽電子を放出する。陽電子は近くの（ア）と結合して消滅し、 $\gamma$  線を放出する。この  $\gamma$  線を検知することで、代謝量の多い部位を特定することができる。

がん細胞は代謝量が多いためブドウ糖をより多く取り込む性質がある。このため、がん細胞が体内のどこにあるかを調べることができる。なお、 $\gamma$  線には、（イ）という性質がある。

	（ア）	（イ）
①	電子	電場や磁場によって、進路が曲げられる
②	電子	<sup>アルファ</sup> $\alpha$ 線や <sup>ベータ</sup> $\beta$ 線と比べて透過力が大きい
③	水素の原子核	電場や磁場によって、進路が曲げられる
④	水素の原子核	$\alpha$ 線や $\beta$ 線と比べて透過力が大きい
⑤	ヘリウムの原子核	電場や磁場によって、進路が曲げられる
⑥	ヘリウムの原子核	$\alpha$ 線や $\beta$ 線と比べて透過力が大きい

(次の問題へ続く)

## 第 15 問

ケプラー（ドイツ）は観測資料を整理し、その結果、惑星がだ円軌道を行なっていることに気づき、法則性を示した。

### ケプラーの法則

第一法則 惑星は太陽を 1 つの焦点とするだ円上を運動する。

第二法則 惑星と太陽とを結ぶ線分が一定時間に通過する面積は一定である。

（面積速度一定の法則）

第三法則 惑星の公転周期  $T$  の 2 乗と軌道だ円の長半径（半長軸の長さ） $a$  の 3 乗の関係は、  
（ ）のグラフのようになる。

表は太陽系の惑星の公転周期および軌道長半径をまとめたものである。\*両対数グラフを活用して、公転周期  $T^2$  と軌道長半径  $a^3$  の関係を調べ、（ ）にあてはまるグラフの概形として正しいものを①～⑥から一つ選べ。

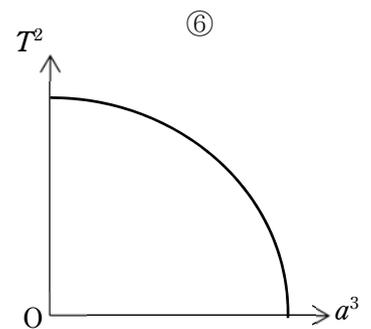
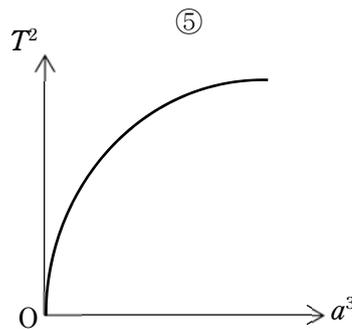
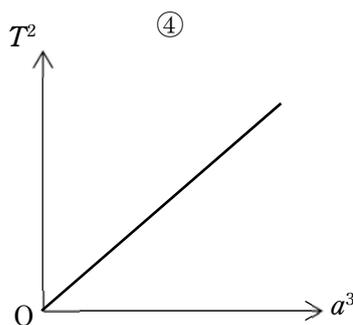
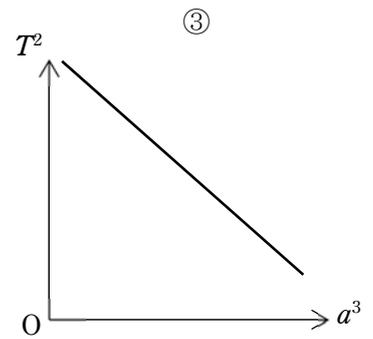
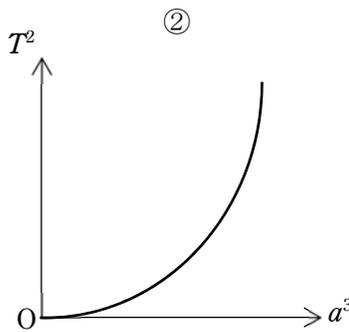
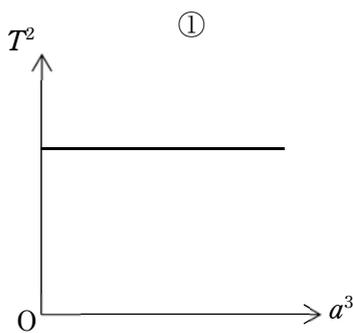
\*天文単位・・・天文学で用いられる距離の単位。

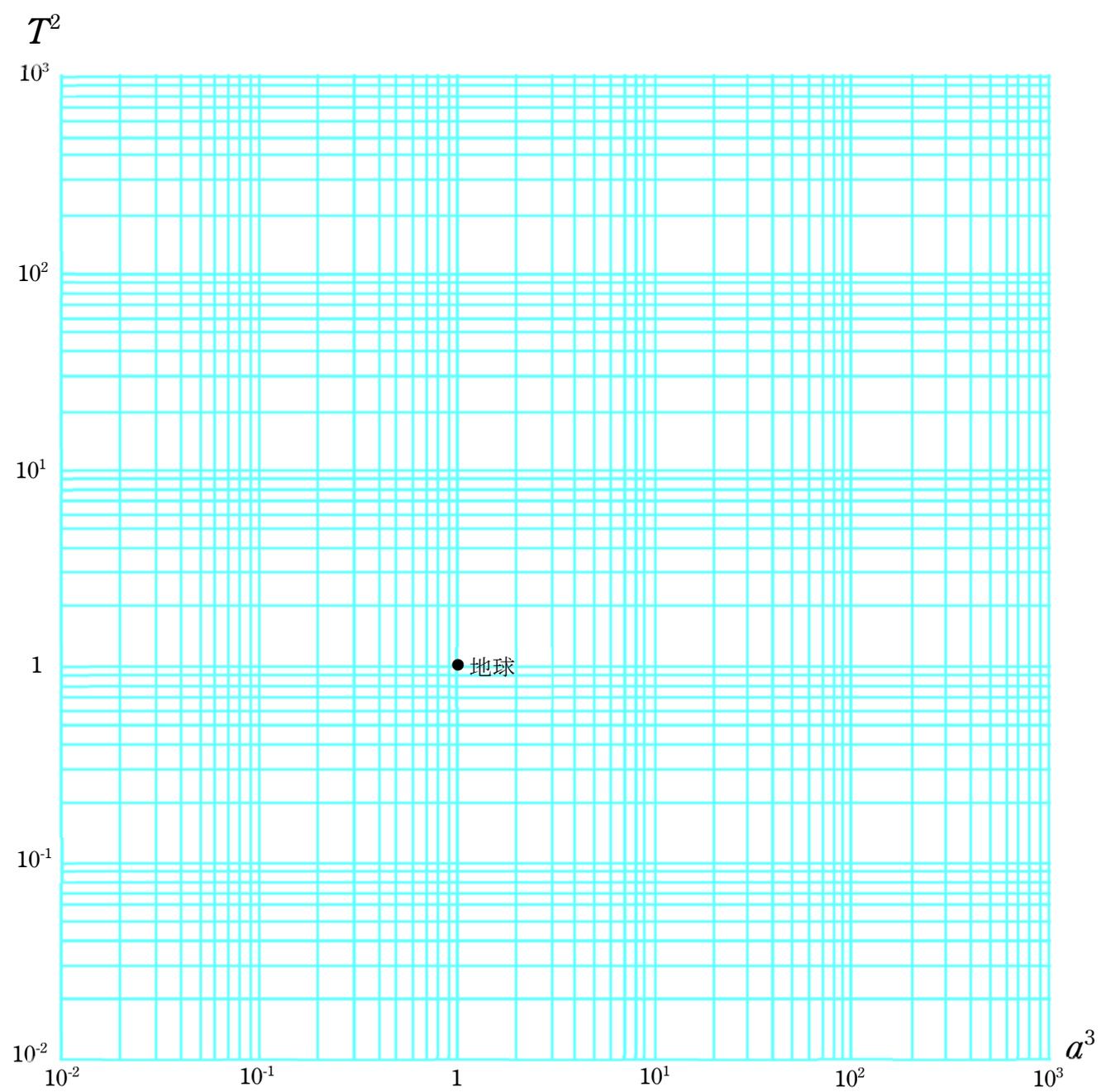
1 天文単位  $\doteq 1.5 \times 10^8 \text{ km}$ （地球の公転軌道の長半径）

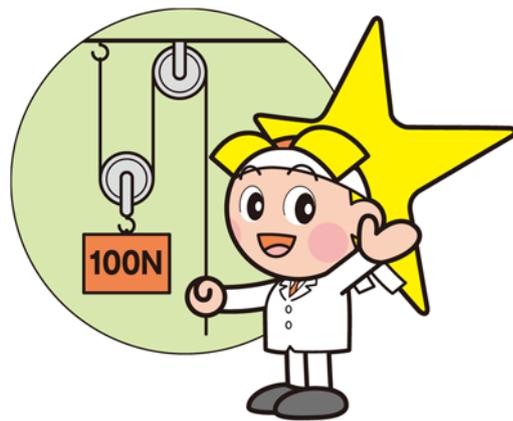
\*両対数グラフ・・・両方の軸が対数スケールになっているグラフ。範囲の広いデータを扱うことができる。

表

惑星	公転周期 $T$ [年]	軌道長半径 $a$ [*天文単位]
水星	0.241	0.387
金星	0.615	0.723
地球	1	1
火星	1.88	1.52
木星	11.9	5.20
土星	29.5	9.55







岡山県マスコット ももっち