

## 2020年度 麻布中学【理科】大問3

光にはさまざまなおもしろい性質がありますが、そのうちのいくつかを光の進み方とともにみてみましょう。現在では、光は空気中をおよそ秒速30万kmの速さで進むことが知られていますが、光に速さがあると考えられるようになったのは、17世紀になってからであるといわれています。当時、このような考えをもったガリレオは、遠く離れた二つの山頂に光源（光を出すもの）を持った人がそれぞれ立ち、片方の人が光を送って、それを確認したもう一方の人がすぐに光を送り出すことによって、光の速さを求めようとしていました。しかし、この方法はうまくいきませんでした。その後も、科学者たちは光の速さを求めるのに苦労しました。

## 問1

ガリレオの方法で光の速さを求めるためには、何と何を測定する必要がありますか。

それぞれ適当な語を答えなさい。

また、それらのうち、測定がより困難なのはどちらか答えなさい。

ところで、17世紀後半にフェルマーは、光の進み方に「二点間を進む光は、考えられる経路のうち、進むのに時間が最も短い経路を通る」という決まりがあるのではないかと考えました。たとえば、①光源から出た光は真っ直ぐに進むという性質がありますが、フェルマーの考え方を利用すれば、光がこのような性質をもつのは、真っ直ぐ進む方が遠回りして進むよりも、かかる時間が短いからであると説明できるのです。

## 問2

下線部①とは関係がない現象を選びなさい。

ア：点灯させた懐中電灯を壁に向けると、壁に円形の明るい領域ができた。

イ：晴れた日に運動場の地面に棒を立てると、棒の影が地面に映った。

ウ：遠くにある星でも、近くにある星よりも明るく見えるものがあった。

エ：カーテンのすき間から、太陽の光が差しこんでいる様子が見えた。



また、②光は鏡で反射します（はね返ります）が、このときの光の進み方もフェルマーの考え方で説明できます。図1において、光源Pから出て鏡で反射し、点Qを通る光について考えましょう。

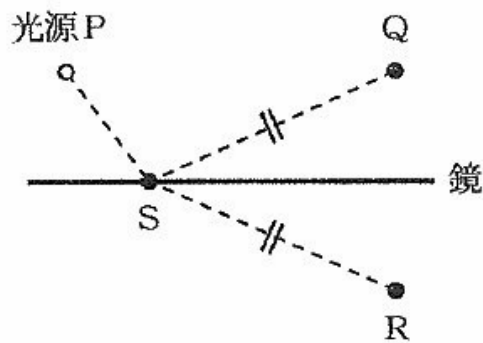


図1

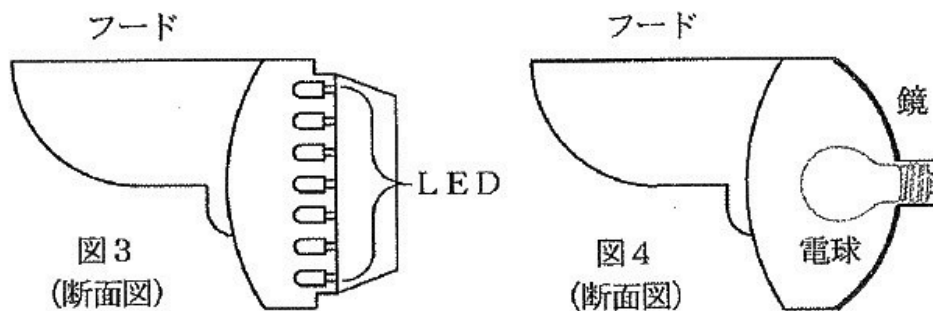
鏡に対して点Qと対称な点をRとし、鏡上のある点をSとします。SQとSRの長さは等しいため、PSとSQを足した長さが最も短いのは、PSとSRを足した長さが最も短くなる、P、S、Rが一直線上に並ぶときだとわかります。光はかかる時間が最も短い経路に沿って進むため、図1で実際に光が反射する点は、直線PRと鏡が交わる点となるのです。

問3

図2において、光源Pから出て鏡で反射し、点Qを通った光は、鏡のどの点で反射しましたか。図2のA～Gから選びなさい。

問4

下線部②について、現在では図3のように、発光ダイオード（LED）を用いた信号機が数多く見られるようになりました。一方、図4のように、電球を用いた信号機もあり、この信号機には電球の後方に光を反射する鏡が取り付けられています。図4の信号機に関して、次の（1）と（2）に答えなさい。



(1)

図4の信号機では、どのような目的で鏡を取り付けていると考えられますか。

(2)

LEDを用いた信号機にはフードがないタイプのものもありますが、交通安全上の観点から、電球を用いた図4の信号機には、フードが必ず取り付けられています。図4の信号機にフードを取り付けなかった場合、どのようなことが起こって、交通安全が確保されなくなる可能性がありますか。



空気中に置かれた光源から水に向かって光が出されると、光は水面で曲がって進むことがあります。また、水中での光の速さは、空気中よりも遅く（約  $3/4$  倍）になります。フェルマーの考え方をいれば、これらの関係についても説明できます。

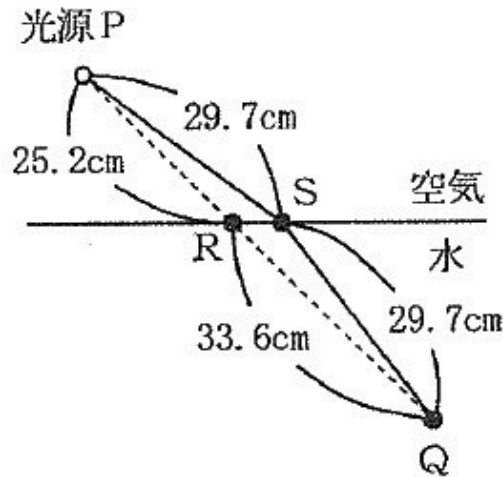


図 5

たとえば、図 5 の光源 P から出て点 Q に到達する光について考えると、 $P \rightarrow R \rightarrow Q$  と真っすぐに進むよりも、水面上の点 S で曲がって  $P \rightarrow S \rightarrow Q$  と進む方が、点 Q に到達するまでの時間が短くなります。よって、遠回りになっても、光は途中で曲がって進むことになるのです。

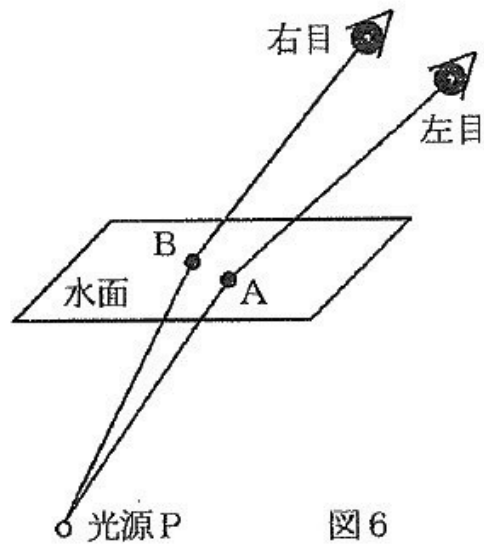
問 5

図 5 において、光源 P から出た光が、仮に  $P \rightarrow R \rightarrow Q$  と進む場合に点 Q に到達するまでにかかる時間と、 $P \rightarrow S \rightarrow Q$  と進む場合にかかる時間の比を、最も簡単な整数比で答えなさい。ただし、水中での光の速さは空気中の  $3/4$  倍であるとします。



問6

図6のように、水中に置かれた光源Pから出た光が水面上の点A、Bで曲がって進み、それぞれ空気中にある観測者の左目と右目に入りました。



観測者が片目で見るとき、観測者には目に入ってきた光が進む向き反対側に光源があり、そこから光が真っ直ぐ進んで目に入ってきたように見えます。観測者が両目で見るとき、光源Pはどの位置にあるように見えますか。図に位置を求めるために必要な線をすべて描いた上で、その位置を小さな丸で示しなさい。



光はガラス中を進むときにも、空気中より速さが遅くなります。このため、空気中にガラスを置くと、光が途中で曲がって進むことがあります。

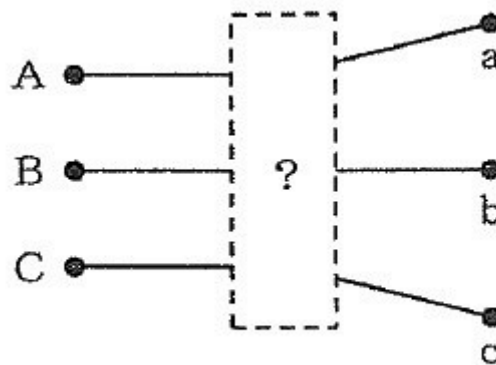
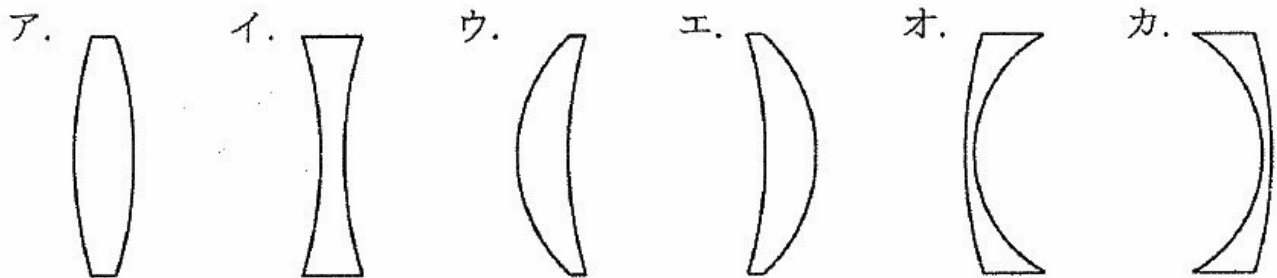


図7

図7において、点線部分にある形のガラスが置かれており、点A～Cから同時に平行な光を出すと、これらの光は交わることなく、それぞれ点a～cに到達しました。このとき、フェルマーの考え方をうければ、ガラスの表面での光の曲がり方をくわしく考えなくても、点線部分に置かれたガラスの形の特徴がわかります。なぜなら、「光が点Aから点aまで進むのにかかる時間は、実際の経路（図7）を通るほうが、それ以外の経路（たとえば、点Aと点aを結ぶ直線）を通るときよりも短くなる」と考えればよいからです。

問7

図7の点線部分に置かれたガラスの形や向きとして考えられるものをすべて選びなさい。



光が曲がって進む現象は、宇宙でも観測されることがあり、太陽などの重い星の近くを通過するときは、光が曲がることが知られています。この原因を、次のように単純化して考えてみましょう。

図8  
(真上から  
見た図)

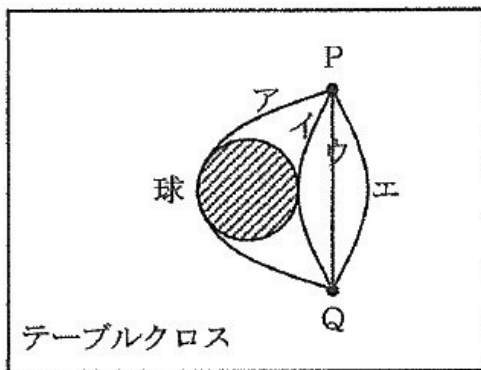


図9

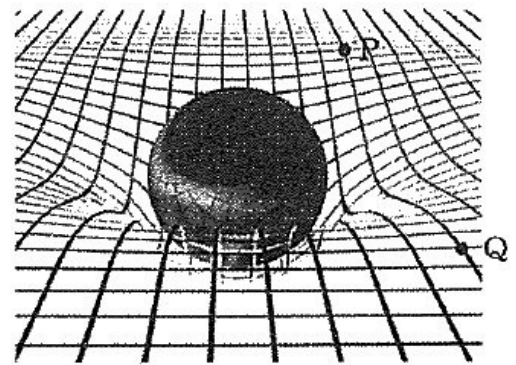


図8は、四隅が固定された軽いテーブルクロスが空中に張られた様子を真上から見たものです。このテーブルクロスの上に球を静かに置くと、図9のように、球の周辺部分のテーブルクロスが伸びてたわみました。ここで、置く球をさらに重いものに交換した後、アリがテーブルクロスの上を、図8の点Pから点Qに向かって、途中で速くなったり遅くなったりせずに、決まった速さで進む場合について考えます。

#### 問8

テーブルクロスの上に置かれた球がとても重いとき、点Pを出発したアリは、図8に示した経路のうちのをどれを通ったときに、点Qまで到達する時間が最も短くなると考えられますか。ア～エから選びなさい。

20世紀にアインシュタインは、テーブルクロスが重い球によって伸びてたわむように、重い星によって周囲の「時空」がゆがむのではないかと考えました。そして、重い星の近くで光の経路が曲がるのは、そのゆがみが原因であると説明したのです。

