

最難関中コース
理科 標準

問題

3 1. 光・音 A

中受ゼミ G

太郎君と花子さんの「光と音」についての会話文を読んで、あとの1~5の問いに答えなさい。

太郎君 「光は、空気中や水中では①まっすぐ進むんだね。」

花子さん 「でも、鏡にあたると②はねかえるわね。」

太郎君 「そうだね。それ以外に、光が空気中から水中に入る場合のように質のちがうものへ、ななめに入出入りするときは③折れ曲がるんだね。」

花子さん 「その原因は、光の進む速さが、光を通すものの質によってちがうからなのね。」

太郎君 「そうだね。たとえば、④光の進む速さは、空気中では毎秒30万kmだけど、水中では空気中の $\frac{3}{4}$ 倍なんだよ。」

花子さん 「じゃあ、空気中での光の速さは、1秒間に地球を(⑤)周できる速さなのね。」

太郎君 「そうだね。ところで、音の伝わる速さは、空気中では毎秒350mだね。」

花子さん 「光と音では、速さがぜんぜんちがうわね。だから^{かみなり}雷の光と音が地面近くの同じ位置で同時に発生したものとすると、雷の落ちた位置を調べることができるわね。」

太郎君 「光と音の速さを考えると、雷が落ちたと同時に光は^{かくにん}確認できるけれど、音は少し遅れて伝わってくるからね。」

花子さん 「じゃあ、たとえば雷が落ちたときの光を確認してから、6秒後にその音を聞いた場合、雷が落ちた位置は観測した所から(⑥)mはなれた所になるわね。」

太郎君 「⑦雷が落ちるのを2回観測すると、雷の落ちた位置が、どれだけ^{はな}離れているかも調べることができるね。」

1. 下線部①~③の光の性質を、それぞれ何といいますか。用語(漢字)で答えなさい。
2. 水中での光の進む速さは何万 km/秒ですか。下線部④をもとにして答えなさい。
3. 地球の半径を 6400km、円周率を 3.14 として、(⑤)にあてはまる数値を、四捨五入して小数第2位まで答えなさい。
4. (⑥)にあてはまる数値を答えなさい。
5. 下線部⑦について、1回目の雷の光と音を観測したあと、同じ方向に2回目を観測しました。この時、1回目に雷の光を見てから、2回目に見るまでの時間差は5秒でした。また1回目に雷の音を聞いてから、2回目に聞くまでの時間差は9秒でした。1回目と2回目の雷の落ちた位置は何 m 離れていますか。

夏の夜空にあがる花火を見ていると、花火が見えてから破れつ音が聞こえるまでに少し時間がかかることに気がつきました。そこで、音の伝わり方について調べようと思い、先生にいろいろなことをたずねてみました。次は、先生から聞いた説明の要点です。

説明1 太鼓をたたくと、太鼓の皮が細かくしん動しているのが分かります。皮のしん動がまわりの空気をしん動させ、そのしん動が空気中を次々と伝わり、音として伝わっていくのです。その伝わり方は、池の水面の1か所を上下にしん動させたとき、その点を中心として、次々と輪が広がっていくのに似ています。

説明2 空気中を伝わる音の速さは気温によってちがいます。また、音は空気中だけでなく、水中などでも伝わります。

説明3 光の速さは、音の速さに比べると非常に速く、花火の場合は、破れつと同時に光が届くと考えてよいのです。

問1 空気中を伝わる音の速さを調べてみました。同じ場所に打ち上げられた花火を何度も観察し、光が届いてから音が聞こえるまでの時間を正確にはかり、その平均を求めると8.9秒でした。また、花火が破れつした位置と観察している場所は、3115mはなれていることが分かりました。この観察から、音の速さは毎秒何mになりますか。

問2 空気中を伝わる音の速さと気温との関係を調べると右の表のようになりました。この表を使って、下の(1)、(2)に答えなさい。

気温	[℃]	15	20	25	30
音の伝わる速さ	[m/秒]	341	344	347	350

(1) 気温が0℃のときの音の速さは、毎秒何mですか。

(2) ある気温での音の速さは、下のよう書き表すことができます。□にあてはまる数値を入れなさい。速さの単位は[m/秒]、気温の単位は[℃]とします。

ある気温での音の速さ = 0℃での音の速さ + □ × そのときの気温

次に、水中を伝わる音の速さを調べるために 50m プールを使って、次のような実験をしました。
実験 プールのスタート台側の、水面近くの水中と空気中にそれぞれ音源を置き、50m はなれた反対側の、水面近くの水中と空気中で、伝わってきた音が届くまでの時間をはかりました。反対側では水中を伝わってきた音が届いてから、空気中を伝わってきた音が届きました。その時間の差を正確に測定し平均を求めると 0.11 秒でした。

問 3 実験をしたときの気温は 30℃でした。空気中と水中の 2 つの音の速さを比べると、大きい方の値は小さい方の値のおよそ何倍ですか。次から最も近い値を選び、記号で答えなさい。

ア 1.1 倍 イ 2.2 倍 ウ 3.3 倍 エ 4.4 倍 オ 5.5 倍

問 4 次のア～オの各文は、音の伝わり方や水面にできる波についてのべたものです。誤っているものを 2 つ選び、記号で答えなさい。

ア. 音は、空気や水のように自由に形を変える気体や液体中では伝わるが、金属のような固い物質中では伝わらない。

イ. 真空中では、音を伝える物質がないから、音は伝わらない。

ウ. 竹のものさしの一方のはしに耳をつけて、他のはしを軽くたたくと、ものさしの中を伝わる音が聞こえる。

エ. 水面を伝わる波の速さは水深によって変化する。水深が一定ならば、水面の 1 か所を上下にしん動させたとき、その点を中心として、次々と円形の輪が広がっていく。

オ. 地上でたたいた太鼓の音は上空にも伝わっていく。上空へ伝わる音より、地上付近を伝わる音のほうが速いとき、地面付近より上空のほうが気温が高い。

小さな穴のあいた箱の中に、明かりのついた電球を入れて、光源装置をつくりました。穴からもれてくる光をスクリーンにあて、明るさや照らすことのできる面積について真っ暗な部屋で調べました。A君とB君の会話文を読んで、下の各問いに答えなさい。

A君「光源装置でスクリーンを照らすと、光源装置とスクリーンの距離によってスクリーンの明るさが変わったね。」

B君「そうだね。光源装置をスクリーンに近づけると、スクリーンの明るさは(①)になったね。」

A君「先生は、光源装置とスクリーンの距離が40cmのときに測定したスクリーンの明るさを1とすると、20cmのときの明るさが4で、10cmのときの明るさが16になると言っていたよ。」

B君「じゃあ、光源装置とスクリーンの距離が5cmのときのスクリーンの明るさは(②)だね。」

A君「そうだね。」

B君「光源装置が照らすことのできるスクリーンの面積は、光源装置とスクリーンの距離によってどう変わったの。」

A君「光源装置をスクリーンに近づけると、光源装置が照らすことのできるスクリーンの面積は(③)になったよ。」

B君「なるほど。」

A君「先生は、光源装置とスクリーンの距離が10cmのときに測定した光源装置が照らすことのできるスクリーンの面積を1とすると、20cmのときの面積が4で、40cmのときの面積が16になると言っていたよ。

B君「じゃあ、光源装置とスクリーンの距離が5cmのときに光源装置が照らすことのできるスクリーンの面積は(④)だね。」

問1 (①)に「明るく」または「暗く」のどちらかの語句を入れなさい。

問2 (②)に適切な数字を入れなさい。

問3 (③)に「大きく」または「小さく」のどちらかの語句を入れなさい。

問4 (④)に適切な数字を入れなさい。

問5 光源装置とスクリーンの距離が60cmのときに光源装置が照らすことのできるスクリーンの面積は、光源装置とスクリーンの距離が15cmのときの何倍ですか。下線部をもとにして答えなさい。

問6 会話文から考えて、次の文の(ア)、(イ)に適切な数字を入れなさい。

光源装置とスクリーンの距離を2倍にすると、スクリーンの明るさは(ア)倍に、光源装置が照らすことのできるスクリーンの面積は(イ)倍になる。

レンズのはたらきについて、次の文章を読み、後の問1~5に答えなさい。

光が空気中から、水やガラスのような透明な物質の表面からななめに入るときの、その境界面で光の進路が曲げられます。レンズは、このことを利用して、光を集めたり、広げたりするものです。

図1は空気中に置いたガラス製のうすいレンズに垂直に光線を入射させたとき光線がどのように進むかを示しています。周辺部がうすく、中央部が厚い凸レンズでは光が集まるように進路が曲げられます。また、周辺部が厚く、中央部がうすい凹レンズでは光が広がるように、進路が曲げられます。図1の中の F_1 、 F_2 を焦点といいます。うすいレンズでは焦点 F_1 、 F_2 とレンズの中心 O との距離はたがいに等しく、これを焦点距離とよんでいます。また、 F_1 と F_2 を結ぶ直線をレンズの軸といいます。

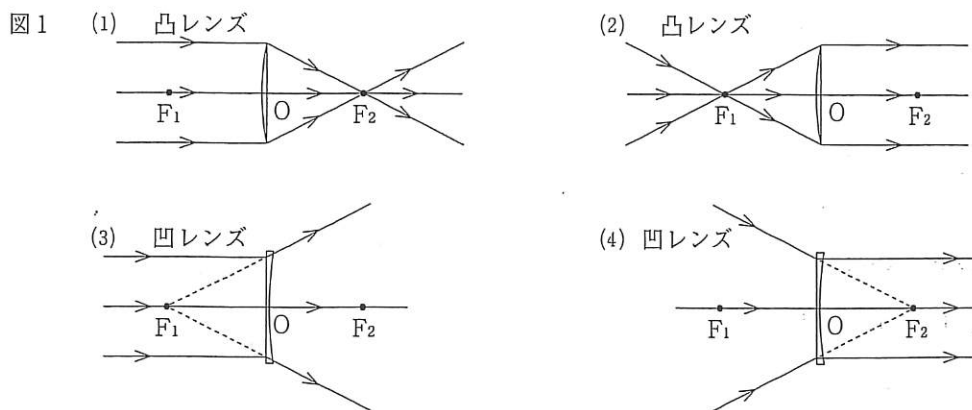
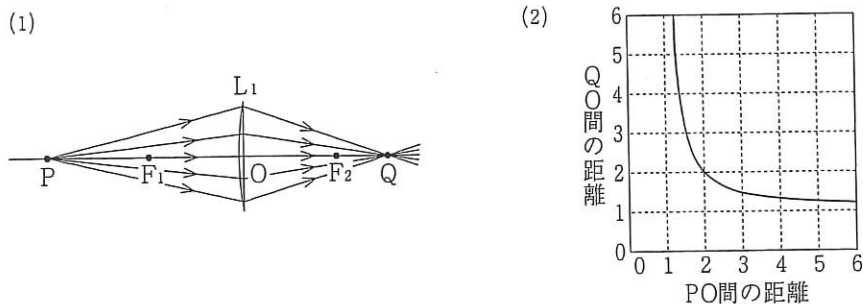


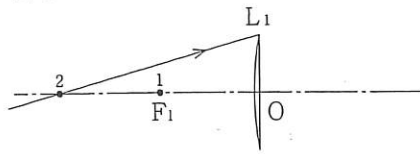
図2(1)は、点Pからでた光が凸レンズによって、点Qに集められるようすを示しています。PO間の距離を変えると、QO間の距離が変化します。PO間の距離とQO間の距離の関係をグラフにすると図2(2)のようになります。ただし、焦点距離を1として、縦軸にQO間の距離を、横軸にPO間の距離をとっています。したがって、図から、PO間の距離が2のとき、QO間の距離も2であることがわかります。また、PO間の距離が3のとき、QO間の距離は1.5であることがわかります。

図2

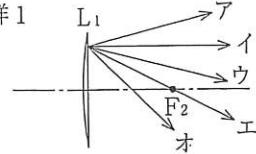


問1 図3のように、凸レンズ L_1 に光線を入射させたとき、 L_1 を通過した後の光線はどのように進みますか。 L_1 を通過した後の光線を示しているものとして適する図を、次の解答群1の中から1つ選んで、記号で答えなさい。図3と解答群1の中で、 F_1 、 F_2 は L_1 の焦点を表しています。軸につけた数字は、焦点距離を1としたときの、 L_1 の中心 O からの距離を表しています。

図3



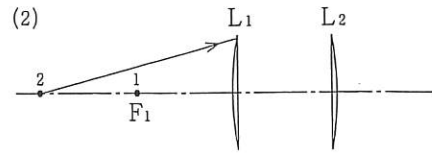
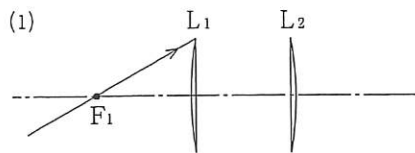
解答群1



私たちの身の回りには望遠鏡やカメラなどのようにレンズを用いた機器が数多くあります。これらの機器では複数のレンズを組み合わせて利用しています。次に、2枚のレンズを組み合わせたときのはたらきについて考えます。

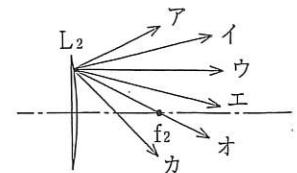
図4のように、焦点距離の等しい2枚の凸レンズ L_1 、 L_2 を用意し、 L_1 の焦点 F_2 の位置に L_2 を置いた場合について考えます。図4の中で、 F_1 は L_1 の焦点を表しています。軸につけた数字は、焦点距離を1としたときの、 L_1 の中心からの距離を表しています。

図4



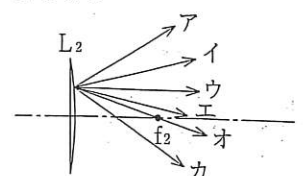
問2 図4(1)のように光線が入射したとき、 L_2 を通過した後の光線はどのように進みますか。 L_2 を通過した後の光線を示しているものとして適する図を、解答群2の中から1つ選び、記号で答えなさい。解答群2の中で、 f_2 は L_2 の焦点を示しています。

解答群2



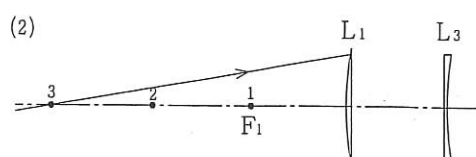
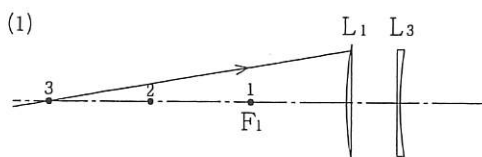
問3 図4(2)のように光線が入射したとき、 L_2 を通過した後の光線はどのように進みますか。 L_2 を通過した後の光線を示しているものとして適する図を、解答群3の中から1つ選び、記号で答えなさい。解答群3の中で、 f_2 は L_2 の焦点を示しています。

解答群3



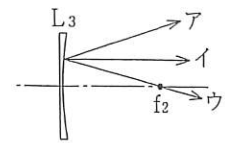
次に、焦点距離の等しい凸レンズ L_1 と凹レンズ L_3 を用意し、 L_1 と L_3 を、図5(1)のように焦点距離の2分の1だけ離して、また図5(2)のように、 L_1 の焦点の位置に L_3 を置いた場合について考えます。図5の中で、 F_1 は L_1 の焦点を表しています。軸につけた数字は、焦点距離を1としたときの、 L_1 の中心からの距離を表しています。

図5



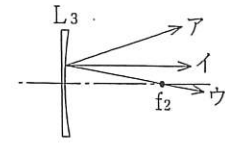
問4 図5(1)のように光線が入射したとき、 L_3 を通過した後の光線はどのように進みますか。 L_3 を通過した後の光線を示しているものとして適する図を、解答群4の中から1つ選び、記号で答えなさい。解答群4の中で、 f_2 は L_3 の焦点を示しています。

解答群4



問5 図5(2)のように光線が入射したとき、 L_3 を通過した後の光線はどのように進みますか。 L_3 を通過した後の光線を示しているものとして適する図を、解答群5の中から1つ選び、記号で答えなさい。解答群5の中で、 f_2 は L_3 の焦点を示しています。

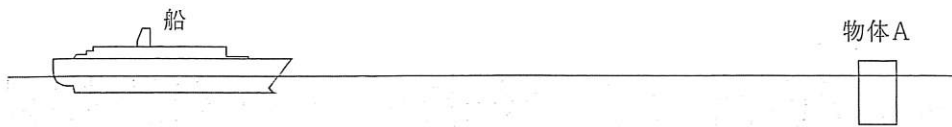
解答群5



多くの船にはソナーという装置が、水面より下の位置に取り付けられています。ソナーは超音波という音を送信したり受信したりすることができ、これを利用して、水中の目標までのきょりや方向を知ることができます。

ソナーから送信した音について、後の各問いに答えなさい。ただし、水中を伝わる音の速さは、船の動きに無関係に一定で、毎秒 1500m とします。また、ソナーから音を送信する時間は 1 回につき極めて短いものとします。

図のように、船の水平方向前方に物体 A が浮かんでいる場合を考えます。水の流れはなく、物体 A は動かないものとします。また、船と物体 A のきょりは、ソナーから物体 A までのきょりとして答えなさい。



まず、船が止まっている場合を考えます。

問1 ソナーから送信した音は水中を伝わり、物体 A で反射されます。反射された音は、再びソナーの位置までもどり、受信されます。

いま、ソナーから送信した音が、受信されるまでに 12 秒かかったとします。このとき、船から物体 A までのきょりは何 m ですか。

次に、物体 A に向かって、毎秒 20m で船を進める場合を考えます。

問2 船が物体 A から 7600m のところに来たときにソナーから送信した音が、物体 A で反射されたのち、再びソナーで受信されるとき、送信してから受信されるまでの時間は何秒ですか。

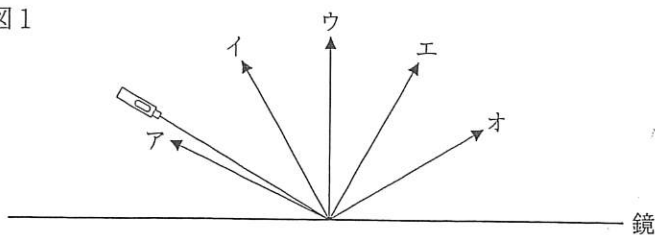
問3 船が物体 A からあるきょりのところへきたとき、ソナーから 1 回目の音を送信し、さらに 1 秒後に 2 回目の音を送信します。1 回目に送信した音が、物体 A で反射されたのち、再びソナーで受信されるまでに 5 秒かかるものとして、次の(1)~(3)の各問いに答えなさい。

- (1) ソナーから 1 回目の音を送信したとき、船と物体 A のきょりは何 m ですか。
- (2) 1 回目に送信した音が物体 A で反射されてから、2 回目に送信した音が、物体 A で反射されるまでの時間は何秒ですか。最も簡単にした分数で答えなさい。
- (3) 物体 A で反射されてもどってきた 1 回目の音をソナーで受信してから、2 回目の音を受信するまでの時間は何秒ですか。最も簡単にした分数で答えなさい。

鏡を使って色々な実験をしました。これについて、下の各問に答えなさい。

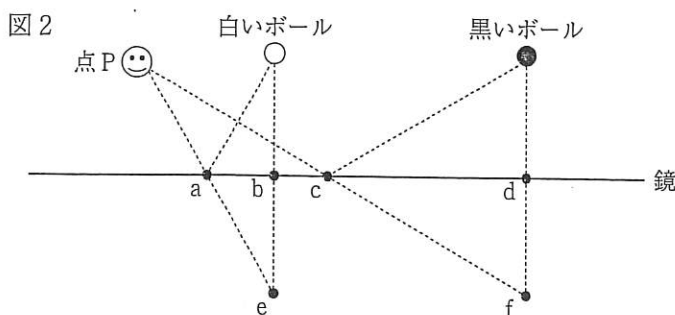
最初に、レーザーポインターを使い、図1のように、平らな鏡に向かって光線を出しました。

図1



問1 図1のとき、光線が鏡に反射したのちに進む向きとして最も適するものを、図1のア～オのうちから1つ選び、記号で答えなさい。

次に、図2のように、白いボールと黒いボールを平らな鏡の前に置き、点Pから鏡をながめました。



問2 図2の点Pからながめたとき、鏡に映った2つのボールはa～fのどの位置にあるように見えますか。次の表のア～オのうちから最も適する組み合わせを1つ選び、記号で答えなさい。

	ア	イ	ウ	エ	オ
白いボール	a	b	b	e	e
黒いボール	c	c	d	f	d

図3のようなロボットを、平らな鏡の前に立たせました。図4は、そのようすを真上から見たものです。ロボットのほうから見て、鏡の左側の^{わく}枠は黒色、右側の枠は白色になっています。以下の設問では、ロボットが鏡に映ったロボット自身を見るとき、その見え方はヒトと同じであるとして答えなさい。

図3

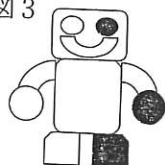
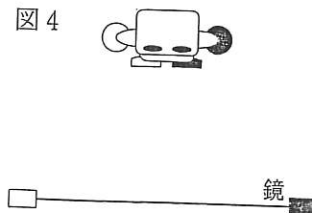
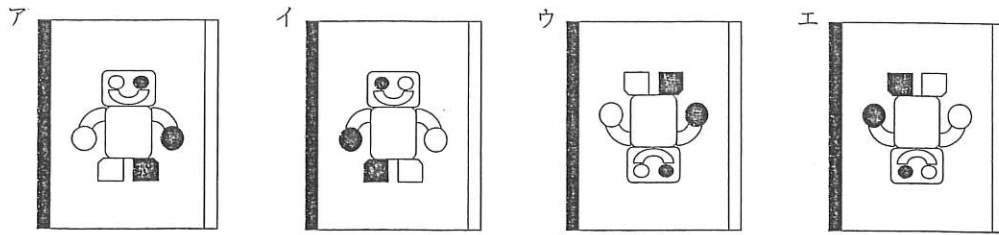


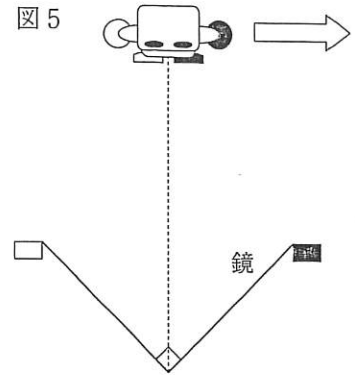
図4



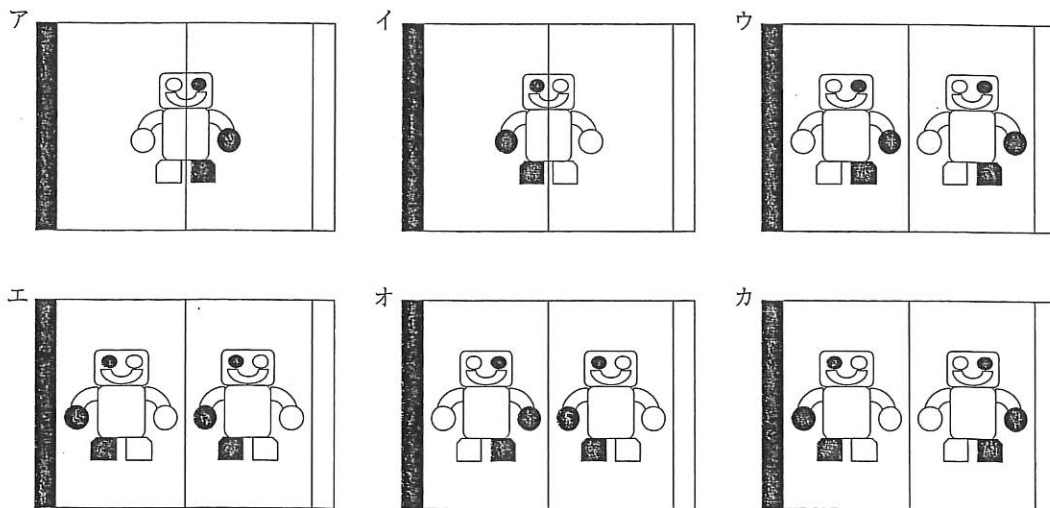
問3 図4のとき、ロボットから見ると鏡に映ったロボットはどのように見えますか。下の図のア～エのうちから適するものを1つ選び、記号で答えなさい。



最後に、2枚の鏡を直角に合わせた鏡の前にロボットを置きました。この鏡もロボットのほうから見て左側の枠が黒色、右側の枠が白色になっており、図5はそのようすを真上から見た図になっています。このとき、ロボットは動いておらず、ロボットの中心がちょうど2枚の鏡を合わせた境目の前にくるように置きました。



問4 図5のとき、ロボットから見ると鏡に映ったロボットはどのように見えますか。下の図のア～カのうちから適するものを1つ選び、記号で答えなさい。



問5 ロボットが図5の矢印の方向に動いたとき、ロボットから見て、鏡に映ったロボットはどのような動きをするように見えますか。下のア～オのうちから適するものを1つ選び、記号で答えなさい。

- ア 黒い枠の方へ動く。
- イ 白い枠の方へ動く。
- ウ 2枚の鏡の境目から左右の枠に分かれる。
- エ 2枚の鏡の境目に集まる。
- オ 同じ位置にいる。

