

## § A: 公式理解問題

### 1 解答 ア

#### 解説

空気中の音波の速度  $V$  は、気温を  $t$  として、 $V = 331.5 + 0.6t$  で計算できる。

音速  $V$  は気温が上がるほど速くなる。

そして、 $v = f\lambda$  の式を変形して、

$$\lambda = \frac{v}{f} \text{ となる。}$$

おんさの出す振動数は気温が上がっても一定なので、音速が上がるほど波長は大きくなるといえる。また、式から、 $\lambda$  は  $v$  の 1 次式であるといえるので、直線のグラフとなる。

よって解答はア。

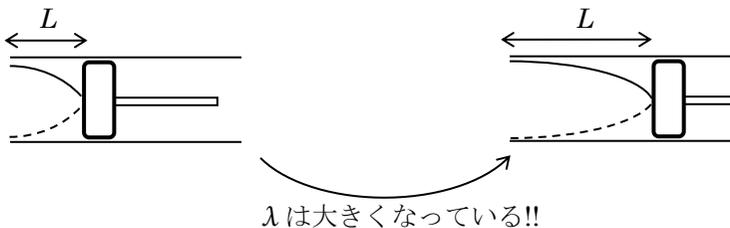
### 2 解答 カ

#### 解説

気柱の問題では、何が変化しているのかをしっかりと見極めよう。

ピストンの位置を変えると、基本振動をするときの『波長  $\lambda$ 』が変化するといえる。

基本振動するときの波長  $\lambda = 4L$  であるといえ、下記のように  $L$  が大きくなるほど波長  $\lambda$  も大きくなるといえる。



さて、今回のグラフは、 $f_1$  と  $L$  の関係を聞かれているので、 $f_1 = \bigcirc\bigcirc$  という式を作ってみる。 $v = f\lambda$  より、

$$f = \frac{v}{\lambda}$$

$\lambda = 4L$  といえることから、

$$f_1 = \frac{V}{4L} \text{ となる。ここで音速 } V \text{ は一定なので、} f_1 \text{ は } L \text{ に反比例するグラフとわかる。}$$

よって解答はカ。

3 《テーマ》 ヤングの実験

解答 オ

解説

干渉と経路差の関係を理解しよう。色と波長の関係も抑えておこう。

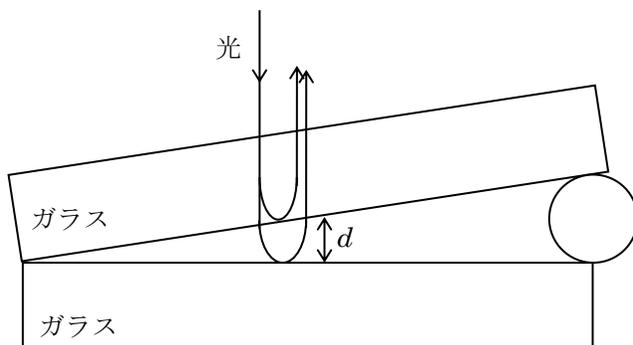
光の干渉では、強め合うとき、経路差 =  $\frac{\lambda}{2} \times 2m$  (半波長の偶数倍) の関係式が成り立つ。これは、波長が長い光の方が、強め合うときより長い経路差が必要なことを示す。また、ヤングの実験において、スクリーン上の点の経路差は、原点 O からの距離が離れるほど大きい(経路差 =  $\frac{dx}{l}$ )。つまり波長が長い光ほど、原点 O から離れたところに行ける。黄色と赤だと、赤の方が波長が長いので原点 O よりも外側で赤が強め合う。また原点 O では、赤と黄どちらも強め合うので、混ざったオレンジ色が観測できる。

4 《テーマ》 くさび形空気層

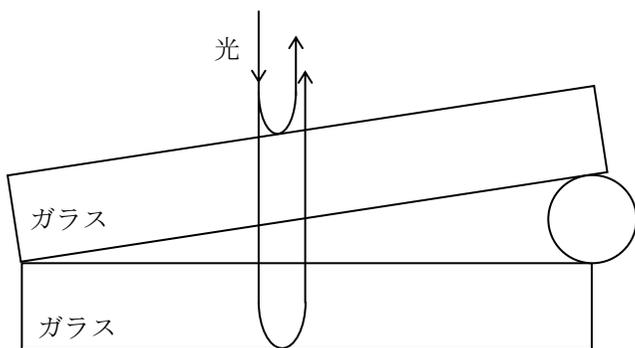
解答 光の経路：下図参照 位相がずれる反射点：ア エ

解説

光の経路について くさび形空気層で干渉する光は以下の経路を通っている。隙間の長さを  $d$  とすると、経路差は  $2d$  なのだ。



\* 上のガラスの上面で反射する光や、下のガラスの下面で反射する光は、干渉に関わらない!!



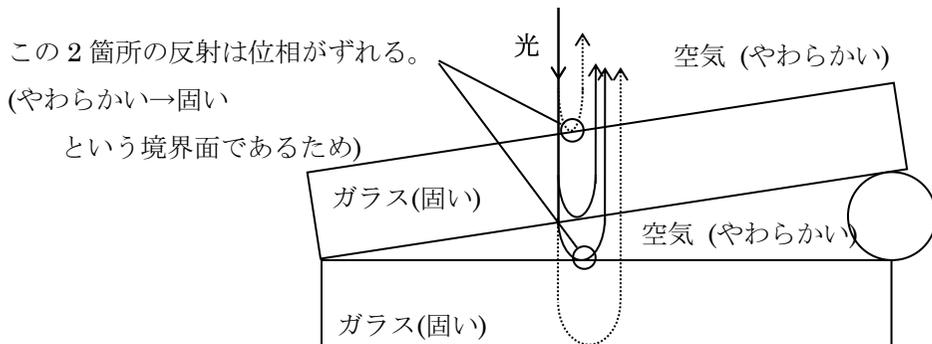
境界面では必ず、反射と透過の両方が起きているので、左図のような経路を通る光もあるのだが、ガラスの厚みが大きすぎて、経路差が大きくなりすぎる。そうになると干渉は起きないのだ。  
(図では、隙間を大きめに書いてあるが、実際の長さで考えると、隙間(髪の毛の太さ)に対してガラスの厚みはものすごく大きい。)

\*境界面では屈折が起きるのでは？

斜めのガラスで反射や、透過をするなら、反射の向きが真上になったり、屈折せずに直進するのはおかしい。と考えると間違いだが、実際には、図ほどガラスは斜めになっていない。大きさに隙間を書いているので、斜めになってしまっているが、実際はほぼ平行に重なっているので、反射光もほぼ真上に向かうし、屈折もほぼしないのだ。

### 反射の際の位相のずれについて

屈折率の小さい媒質(やわらかい媒質)から、屈折率の大きい媒質(固い媒質)に向かって進み反射をするときに位相がずれる。くさび形空気層では、以下のようになる。



点線は、干渉に関わらない経路の光

よって、アとエのポイントで反射するとき位相がずれる。

## § B: 概念理解問題

1 < 波長の変化とドップラー効果 >

解答 オ

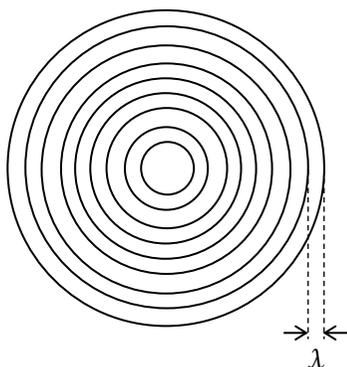
解説

音源が動いたとき、音の波長は変化して、振動数に変化が起きる。

その際音の速度  $V$  は変わらないことに注意する。

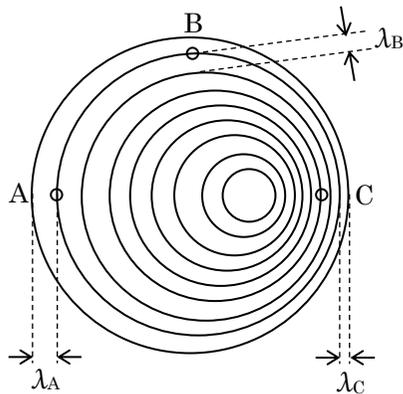
音の波長は山から山までの距離なので、A 点で波長が最も大きく、C 点で波長が最も小さいといえる。B 点ではわずかに波長が元より長くなっている。(下図参照)

<< 音源が静止している場合 >>



音源を中心に音波は広がる。

<< 音源が移動している場合 >>



音源が移動し、円の中心もずれ、波長が変化する。この図からだ音源は右向きに動いているとイメージできるようになっておこう。

そして波の式  $v = f\lambda$  より  $f = \frac{V}{\lambda}$  波長が変化したときの振動数  $f'$  は  $f' = \frac{V}{\lambda'}$  といえる。

この式より、観測者の聞く音の周波数  $f'$  は、 $\lambda$  が小さくなるほど大きくなり、 $\lambda$  が大きくなるほど小さくなる。よって波長が最も短くなる点 C で聞こえる周波数が最も大きい。解答はオ。

2 < 近づくとときと遠ざかるときのドップラー効果 >

解答 イ

解説

音源と観測者が近づくととき、音は高くなり、遠ざかるととき音は低くなる。

ドップラー効果の式は  $f' = f_0 \frac{V \pm v_o}{V \pm v_s}$  で示され、 $\pm$  は近づくとときに音を高くする符号、遠ざかるときに音を低くする符号で計算する。原点 O を通過する前は近づいているので音は高く、過ぎた後は遠ざかっているので音は低く聞こえる。これを示したグラフはイ。

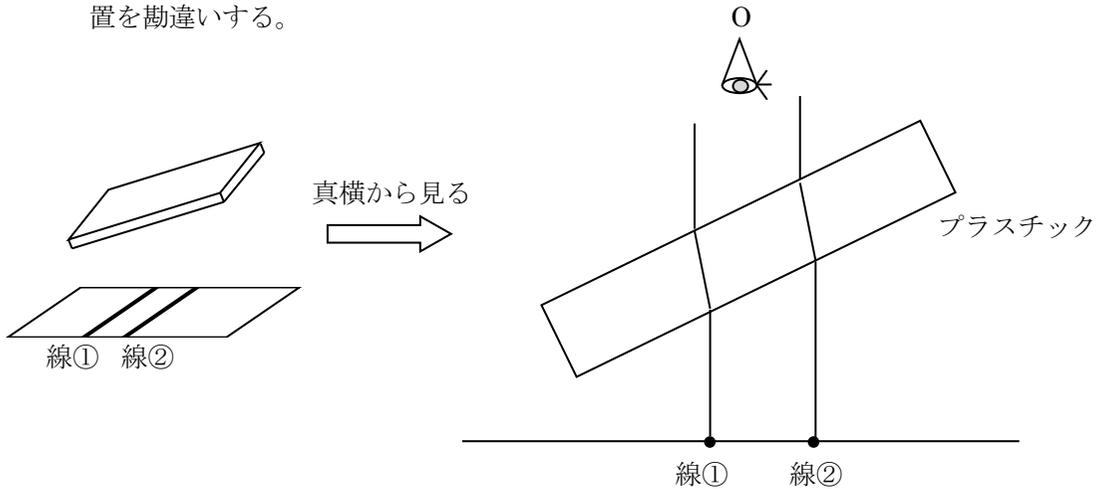
3 << 屈折と見かけの位置 >>

解答 イ

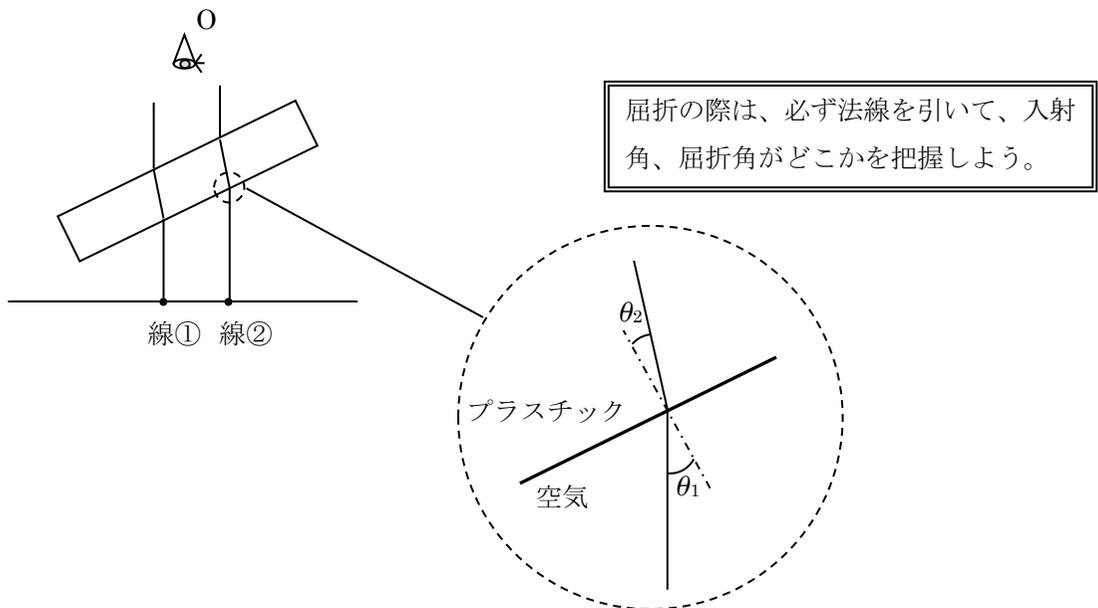
解説

屈折の法則に従い、光の経路を作図できるようになろう。屈折光を観測したとき、観測者は、『見かけの光源』から光が直進して進んできている錯覚する。

解説 直線から出た光は、空気からプラスチックの板に入射する際に屈折し、さらにプラスチックの板から空気に出ていくときにも屈折する。そのときのずれで、観測者は光源の位置を勘違いする。

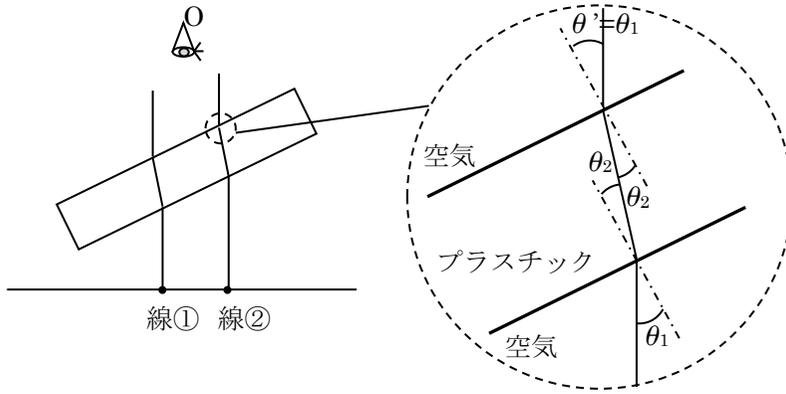


\* 屈折している面を拡大すると、以下のようなになる。



空気の屈折率は1(世の中で一番小さい)、プラスチックの屈折率は1よりも大きい、ということから  $\theta_1 > \theta_2$  と考えることができる。

\* プラスチックを出るとき、元の光線と平行な向きにでていく。

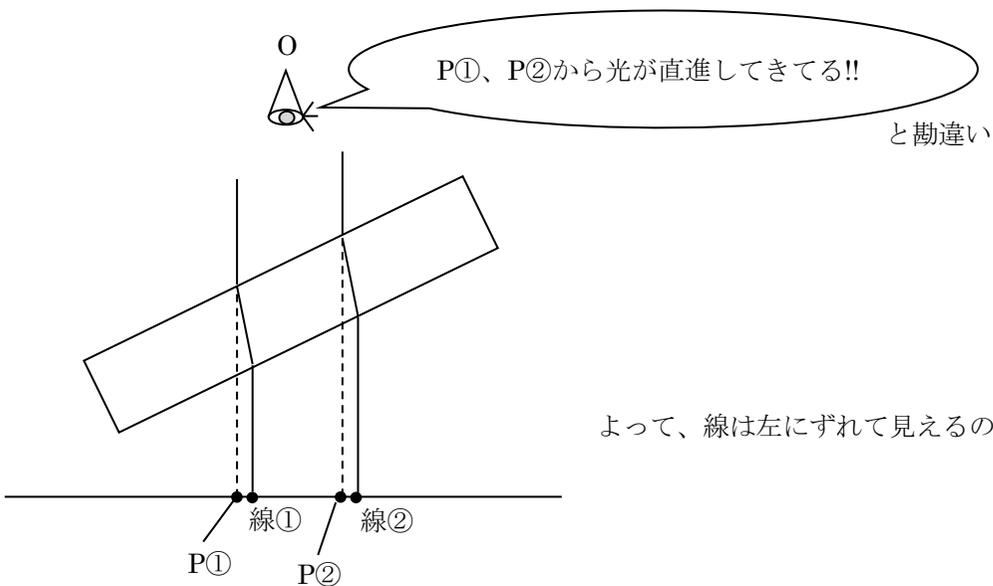


屈折の法則から、プラスチックから空気に出ていくとき角度  $\theta$  は、最初に空気からプラスチックに入射するときの入射角  $\theta_1$  と等しいことがわかるのだ。

(プラスチックの屈折率を  $n$  とおき、 $\theta_1$  を用いて、 $\theta_2$  や、 $\theta$  を表してみよう。)

\* 観測者はどこから光が出ていると感じるか。

人は、光が直進するものであると思っているので、目に入る光は、ずっと直進してきていると考えてしまう。よって、観測者は下図、点 P①、点 P②から光が出ていると感じるのだ。



よって、線は左にずれて見えるのだ。

角度の関係を考えられるようになること。作図ができるようになること。が重要です。

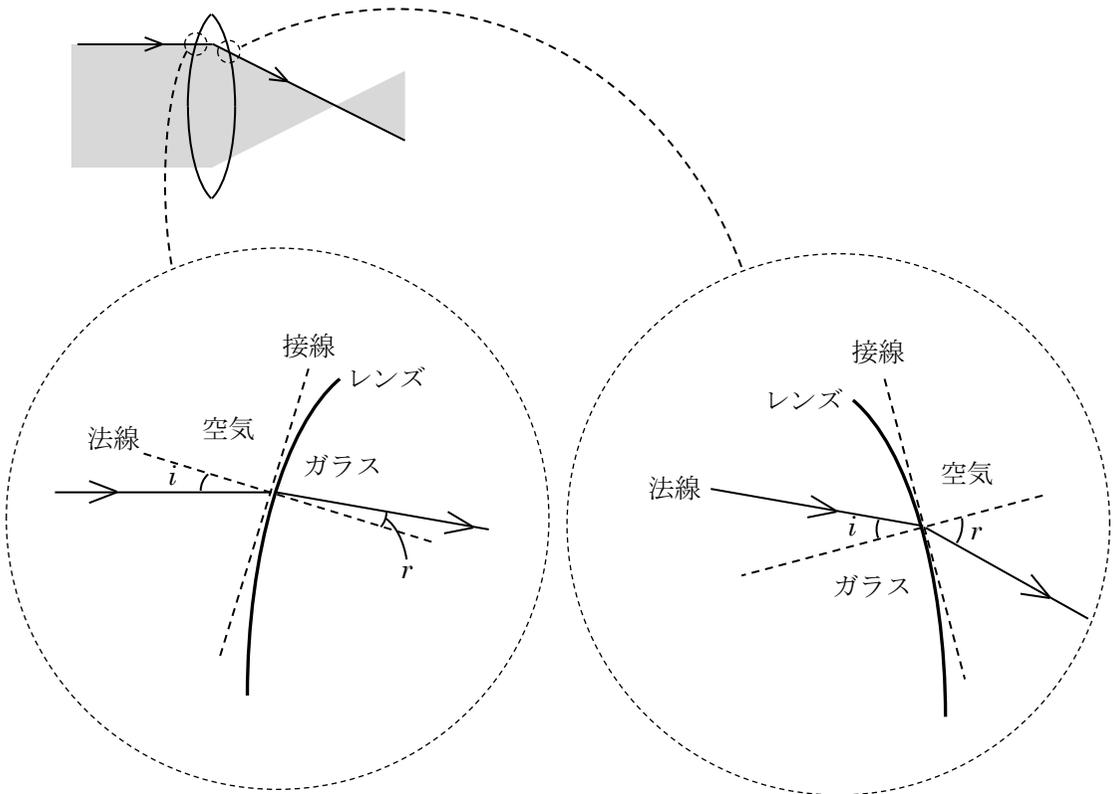
4 《テーマ》 レンズの仕組み

解答 ウ

解説 レンズを通すと、光が屈折する理由は、レンズと外との境界面で屈折が起きているからである。そこを理解していないと、今回の問題は意味が分からなくなってしまう。

左図の矢印の光線に注目し、境界面を観察する

と、



上図のように、レンズの境界面で屈折が起きている。接線に対する法線を書いたとき、 $i$ が入射角で、 $r$ が屈折角となる。1回目の屈折では、空気からガラスに入っている。空気の屈折率は1、ガラスの屈折率は1よりも大きいので、 $i > r$ という関係になり、上左図のように作図ができるのだ。(  $i > r$  の関係は、屈折の法則で出すなり、速度の関係から考えたりできる。ノートの屈折の最初の方を確認せよ。)

同様に2回目の屈折のときを考えると、上右図のようになる。すると、レンズの上半分を通った光は、下向きに進路を変えることがわかるのだ。

ここまでが、レンズの仕組みである。

では、レンズを水槽の中に入れてきたときはどうなるのか。

レンズに入射するときの屈折が、空気⇒ガラス ではなく、水⇒ガラス、になるのだ。

それぞれの媒質の屈折率を  $n_{\text{空気}}$ 、 $n_{\text{ガラス}}$ 、 $n_{\text{水}}$ 、とおいて考えると、

$n_{\text{空気}}$  は1で最小。そして、レンズを通った光は集まったということから  $n_{\text{空気}} < n_{\text{ガラス}}$  なので、

$n_{\text{ガラス}}$  と  $n_{\text{水}}$  は、どちらが大きいかわからないが、『水槽中でも光は集まった』とあるので、 $n_{\text{水}} < n_{\text{ガラス}}$  という関係であることがわかる。

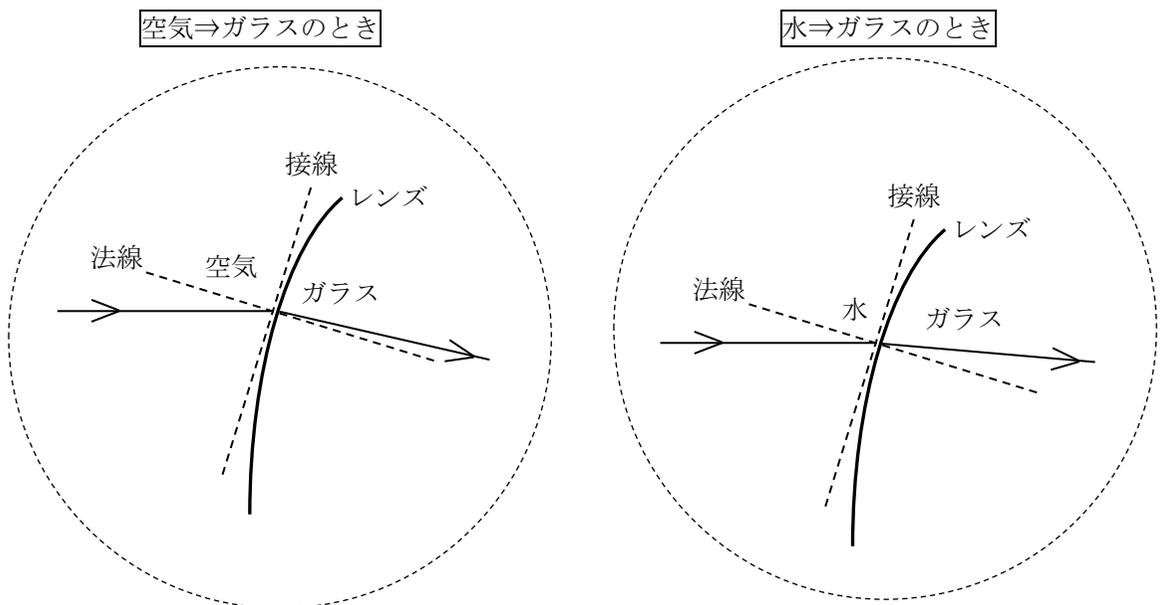
つまり、 $n_{\text{空気}} < n_{\text{水}} < n_{\text{ガラス}}$  なのだ。

あとは、屈折の仕方がどのように変化するかを考えたいのだが、

空気⇒ガラス のときよりも、 水⇒ガラス の方が屈折しづらい。

(屈折率の大小関係と屈折の法則で考えてみよう)

屈折しづらいということは、光線は



というように、曲がり方がゆるくなるのだ。すると、光が集まる点は、元よりも遠くなる。

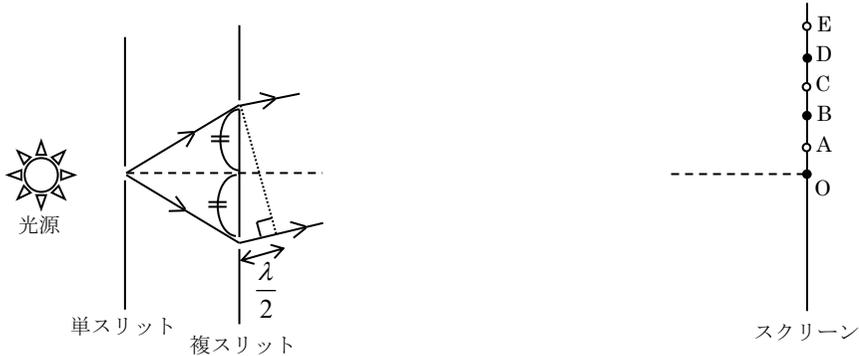
やはりこの問題も作図ができることが大切である。

## § B: 概念理解問題その2

1 《経路差の公式の理解》

解答 A

解説 干渉の条件式をきちんとイメージできているかを試す問題となっている。



図の  $\frac{\lambda}{2}$  の部分は、まさに経路差となる部分。下の光線の経路の方が、 $\frac{\lambda}{2}$  長いのだ。

経路差が  $\frac{\lambda}{2}$  だと、半波長の奇数倍なので 2 本の光線は弱めあう。

違うアプローチを試してみる。点 O から少しずつ観測点をずらしていったとき、少しずつ経路差が伸びていく。そして初めて弱めあう点が、経路差が  $\frac{\lambda}{2}$  となる図の状況である。

よって、この問題で書かれた光線は、点 O にもっとも近い弱めあう点、よって、点 A に向かう光線である。

\* 点 B に向かう点は、経路差が  $\lambda$  になる点。点 C に向かう点は、経路差が  $\frac{3\lambda}{2}$  となる点。点 D

に向かう点は経路差が  $2\lambda$  になる点。点 E は経路差が  $\frac{5\lambda}{2}$  になる点。である。

これを示したのが、強め合う条件：経路差 =  $\frac{\lambda}{2} \times 2m$

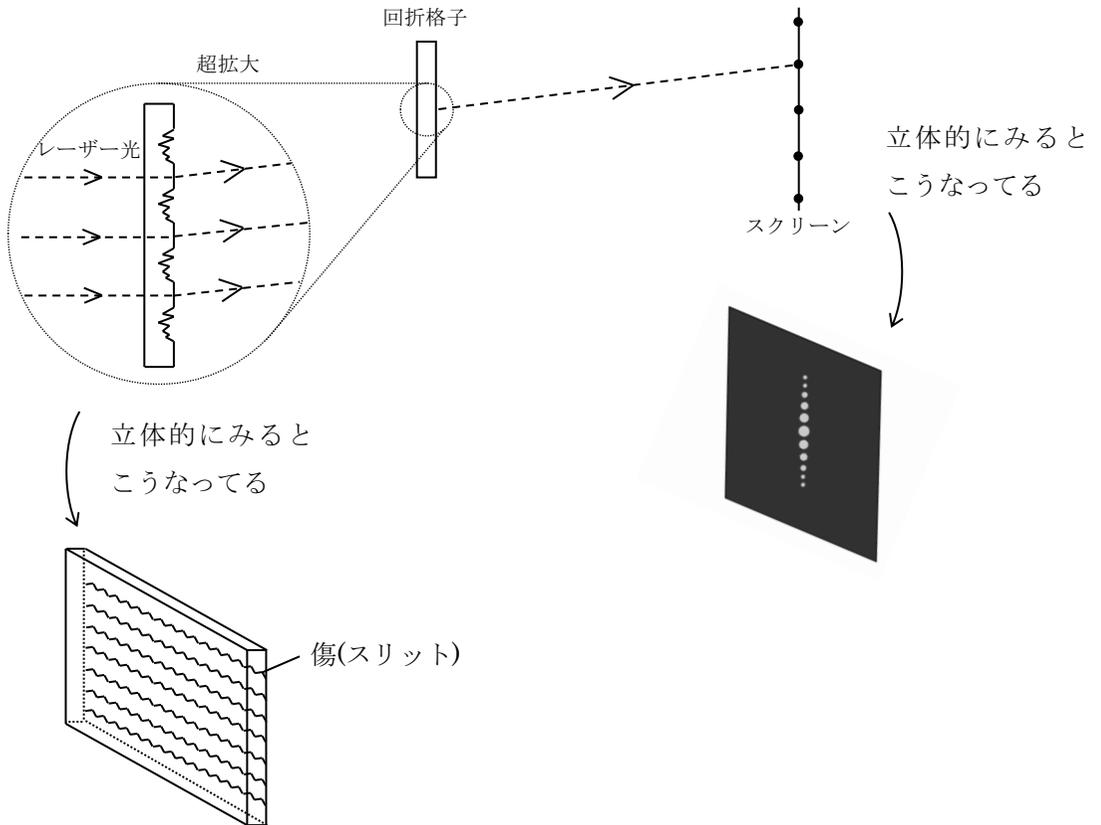
弱め合う条件：経路差 =  $\frac{\lambda}{2} \times (2m + 1)$       なのだ。

2 《回折格子の構造》

解答 イ

解説 普段、物理の教科書や問題集で載っている図をきちんと理解できているかがポイント。

《よくでてくる図》



問題では、これと縦横が  $90^\circ$  ちがうので、傷は垂直方向に入っていると見える。

3 《テーマ》 くさび形空気層の縞模様

解答 I

解説 点Oが明線となるか、暗線となるかで、選択できる。

上から光をあて、上から観察した場合は、問題P2[4] (解答P2[4]) のような経路を通り、位相が1箇所ずれる。よって、明線の条件と暗線の条件は以下ようになる。

明： 経路差  $2d = \frac{\lambda}{2} \times (2m + 1)$       \*経路差が  $\frac{\lambda}{2}, \frac{3\lambda}{2}, \frac{5\lambda}{2} \dots$  のとき明線

暗： 経路差  $2d = \frac{\lambda}{2} \times 2m$       \*経路差が  $0, \lambda, 2\lambda, 3\lambda \dots$  のとき暗線

そして、点Oでは経路差が0なので、暗線になっているはずである。

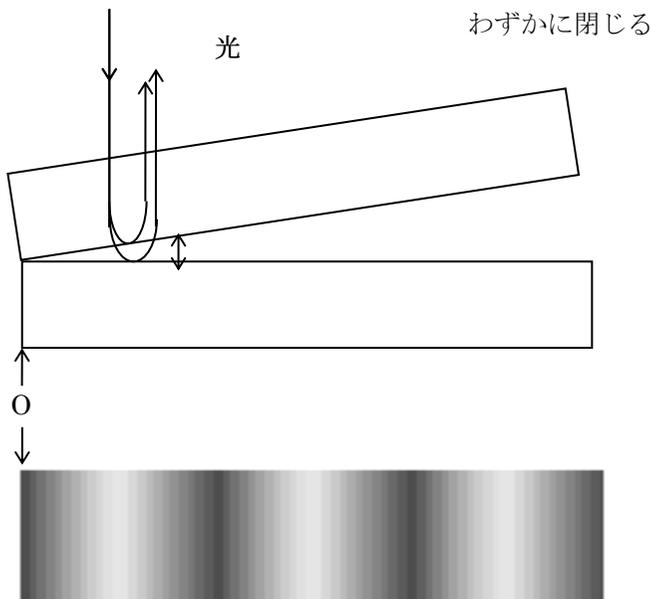
よって解答はI

4 《テーマ》 くさび形空気層の隙間と経路差

解答 イ

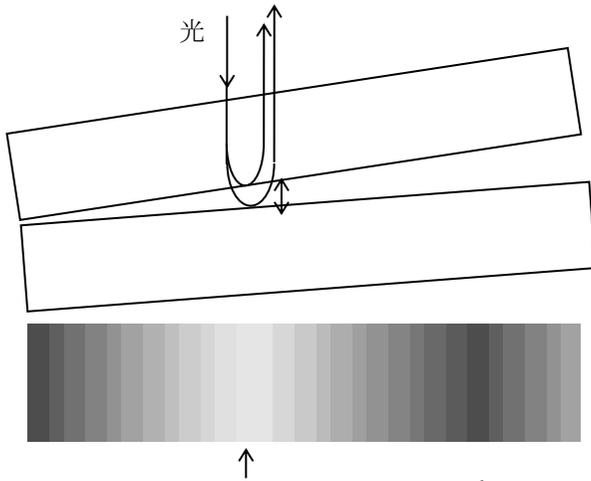
解説 下のガラスを狭めたとき、経路差がどうなるかを考えると選択できる。想像しやすくするため、原点に一番近い明線に注目しよう。

この明線は、経路差が、 $\frac{\lambda}{2}$  となって強め合っているはずである。



↑  
この明線で、経路差が  $\frac{\lambda}{2}$  なのだ

ここで、ガラスを閉じると、隙間が全体的にせまくなってしまふので、経路差が  $\frac{\lambda}{2}$  になる位置が点 O よりも遠くなってしまふのだ。

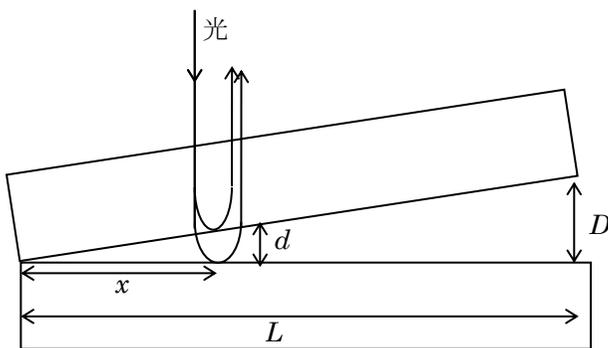


この明線で、経路差が  $\frac{\lambda}{2}$  なのだ。縞模様は右にずれてるといえる。

\*数式で考えると？

以下のように文字を置いた場合、明線のできる位置  $x$  は、 $x = (m + \frac{1}{2}) \frac{L\lambda}{2D}$  といえる。

この導出は授業ノート参照。  $m = 0$  の明線は  $m$  に 0 を代入し、 $x = \frac{L\lambda}{4D}$  の位置にできる、というのだ。



さて、今回の問題のようにガラスを動かすと、 $D$  が小さくなっているということになる。

すると、 $m = 0$  の明線のできる位置  $x$  は、 $x = \frac{L\lambda}{4D}$  の  $D$  が小さくなるので、 $x$  は大きくなるといえる。つまり点 O から遠のくのだ。