

(1) 
$$\widehat{AP} = \sqrt{(x-\frac{Q}{2})^2 + L^2}$$
  $\widehat{BP} = \sqrt{(x+\frac{Q}{2})^2 + L^2}$ 

$$\overline{BP} - \overline{AP} = \sqrt{l^2 + (x + \frac{d}{2})^2} - \sqrt{l^2 + (x - \frac{d}{2})^2}$$

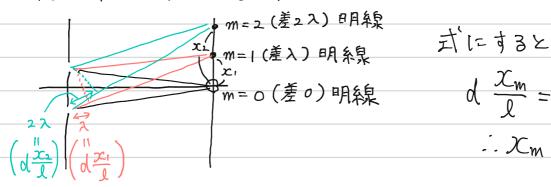
月が小さいとき

$$sin \theta = tan \theta = \frac{\infty}{2}$$
  $\Rightarrow$  (経路差) =  $d sin \theta = d \frac{\infty}{2}$ 

### [23] 続き

(2) m 番目 ⇒経路差が m 入になっている。

図で原理 E1x-ごしよう



$$\frac{1}{1} = \frac{1}{3} \times \frac{1}{2}$$

$$\frac{1}{2} = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2}$$

$$\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2}$$

$$\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2}$$

$$\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2}$$

(3) 方法① mとm+1 番目をヒヒベる

$$\chi_{m} = \frac{m l \lambda}{d} \qquad \chi_{m+1} = \frac{(m+1) l \lambda}{d}$$

$$\Delta \chi = \chi_{m+1} - \chi_{m}$$

$$= \frac{(m+1) l \lambda}{d} - \frac{m l \lambda}{d}$$

$$=\frac{12}{100}$$

方法② m=0と m=1をEEべる.

$$x_{0} = 0 \qquad x_{1} = \frac{2\lambda}{d}$$

$$= \frac{2\lambda}{d}$$

$$= \frac{2\lambda}{d} \qquad (=)$$

(4) 白色光 → 色マな色が混ぜ、た光

· 点Qは(差)=0 なので全ての色の光が強め合う.

⇒自邑 (=なる.

・ m= lの点の仕置は  $x = \frac{\ell\lambda}{d}$ ,  $\xi_{7}$  スか小さい年 内側にくる  $\Rightarrow \frac{x}{m}$  (入展←赤橙黄緑青藍紫→入園)

※ 暗記事項

#### 232

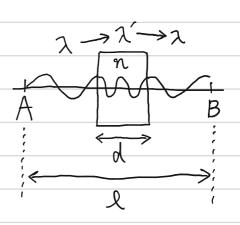
(1)

サ某質れ中では波長入が短くなる。

屈折の法則より

$$1 \times \lambda = n \lambda'$$

となっている。

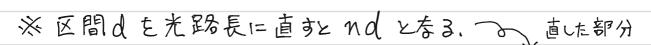


dの区間に入がいくっあるか数えると

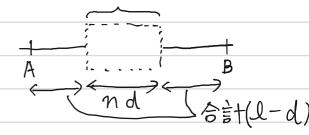
$$\frac{d}{2} / \boxed{1} \Rightarrow \frac{d}{2} \Rightarrow \frac{nd}{2} \Rightarrow \frac{1}{2}$$

d以外の区間に入がいくつあるか数えると

$$\frac{nd}{\lambda} + \frac{l-d}{\lambda} = \frac{l-d+nd}{\lambda}$$



A→Bまでの た路 長は (l-d) + nd



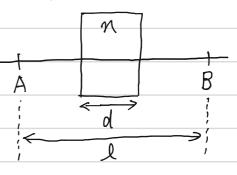
ここに決長入がいくつあるか教えると

このように考えることもできる。

光路長はながんでしまった部分も元に戻しているイメーシッ!!

 $C \longrightarrow A_{\odot} C$ 

(2) 媒質中は速度が遅くなる



dの区間を通過するのにかかる時間は

$$\frac{d}{v} \Rightarrow \frac{d}{c} \Rightarrow \frac{nd}{c} [s]$$

d以外の区間を通過するのにかかる時間は

$$\frac{nd}{c} + \frac{l-d}{c} = \frac{l-d+nd}{c}$$

※ A→Bの区間も光路長に直抄.(1)の※と同様に

$$(l-d)+nd$$

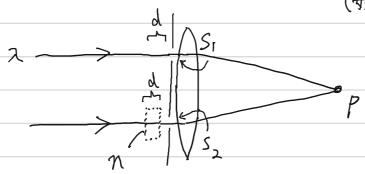
この長さを光速Cで通過するのにかかる時間は

$$\frac{(l-d)+nd}{c}$$

光路長に直したら真空中の動きと同等に扱ってよくなるのだ。

[233] 干涉を考える『祭はとにか経路差に注目する。

(媒質があったり光路差に直す)

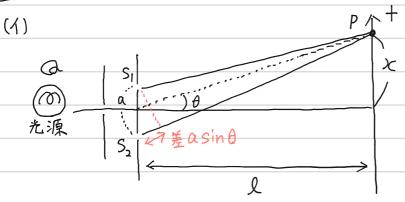


dの区間で、SIも通3光と、SIも通3光の光路長に差がでる。

SIの方はそのまま d. Szの方は n倍Lで nd.

- (1) 光路差が(半波長)×(偶数)となるとき強め合う。よって (n-1) d = <sup>2</sup>/<sub>2</sub>×2m
   ⇒ (n-1) d = m λ
- (2) 光路差が(半波長) x (奇数) となるとき弱め合う. よって (n-1) d = ¬¬×(2m+1) ⇒ (n-1) d = (m+¬¬) λ

### 234



## 図の赤線部が差といえる

$$(\stackrel{\cancel{\xi}}{\underline{\xi}}) = \alpha \sin \theta$$
  $\lim_{x \to \infty} \frac{x}{2}$   $\lim_{x \to \infty} \frac{x}{2}$ 

### (ロ)(差)が (半波長)×(偶数) なら残め合う

$$\frac{\partial x}{\partial x} = \frac{\lambda}{2} \times 2m$$

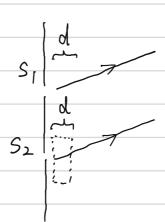
$$\Rightarrow \frac{\partial x}{\partial x} = m\lambda$$

### |234| 続き

(二) 薄膜がないときの光路差は (イ)と同様に秋められ、<u>しょ</u>(二)

(#)

薄膜部分を拡大すると右図のようにかける。少し斜めにすすんでいるが、それは無視して、前問[233]のように光路差を考えてよい。



○の区間について 光路長も考えると

S, はそのまま d S2 1 t n信して n d 差をとって n d - d

 $= (1-1)d_{+} E'' | f S_2 からの経路の方が長くなる。$ (本)

 $(\land)$ 

(二) と(木) の和だけ S2の 光路長の方が長くなり, その経路差が O1-なる点の関係式をたてると

$$(=) + ( + ( + ) = ($$

$$\Rightarrow \frac{\alpha \circ x}{l} + ( + ( + ))d = 0$$

(れ)

(人)を 女について解いて

(千)

M>| なので (へ)のAとは負とわかる
—+(チ)

※(^)~(1) 図から経路差のの点を追跡できるようになるう.

① の光路差分をニーマッカハーする。 
$$(asin \theta) = \frac{a|az|}{a} = (n-1)d$$
 の  $(asin \theta) = \frac{a|az|}{a} = (n-1)d$  の  $(asin \theta) = (asin \theta)$  の  $(asin \theta)$  の  $(a$ 

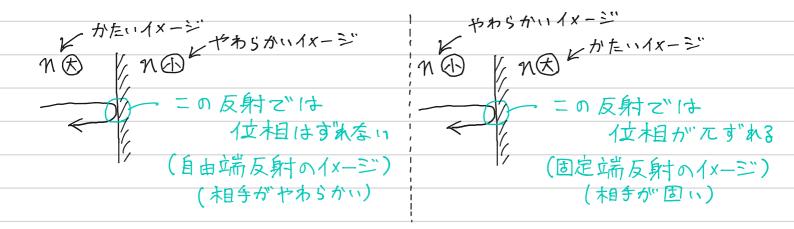
上図のように書けるのでるとは負とわかる

$$\frac{\alpha |\Delta x|}{\lambda} = (N-1) d$$

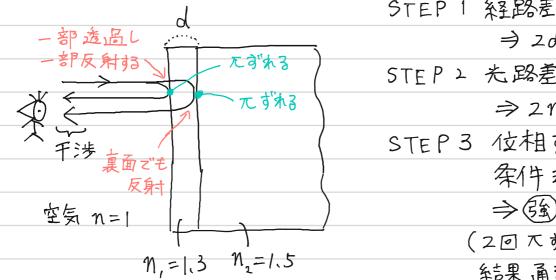
$$\frac{\alpha |\Delta x|}{\lambda} = (N-1) d$$

$$|\Delta x| = \frac{Q}{\alpha} (n-1) d$$

### [235] 反射時の位相変化



### (1) 反射光の干渉



STEP 1 経路差を考える

⇒ 2d

STEP 2 た路差に直す

⇒ 2nid

STEP 3 位相ずれを考慮して

条件式をたてる

→ 3 2nid= m 2

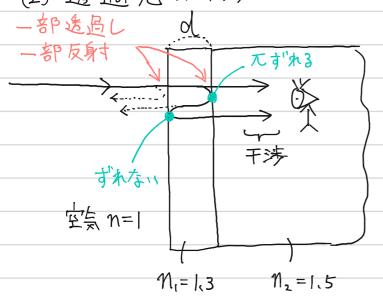
(2回 でずれてるので)

結果 通常の条件式と同じ)

 $= -z'' \quad d \text{ が最小となるのは、光路差が } \lambda(m=1) \text{ のとき}$   $2n_1 d = \lambda$   $\therefore d = \frac{\lambda}{2n_1}$   $M_1 = 1.3 \text{ E}(\dagger \lambda) L T$   $d = \frac{\lambda}{2 \times 1.3}$   $= -\lambda$ 

### 235 糸売き

(2) 透過光の干渉



STEP 1 経路差 を考える ⇒ 2d

STEP 1 光路差に直す

 $\Rightarrow 2\eta_{1}d$ 

STEP3 位相ずれも考慮して

条件式をたてる

 $\Rightarrow$   $\boxed{3}$   $2 n_1 d = m \lambda$ 

(1回大す"れてまのて"

通常と逆の条件式)

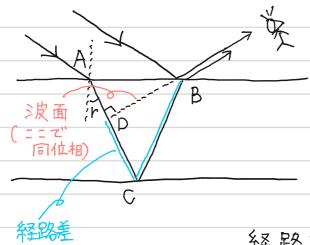
ここで dが(1)の厚さだと、 2n,d=ス

という関係の詩であり、これは透過光では弱め合う条件を満たしているので弱めあう。

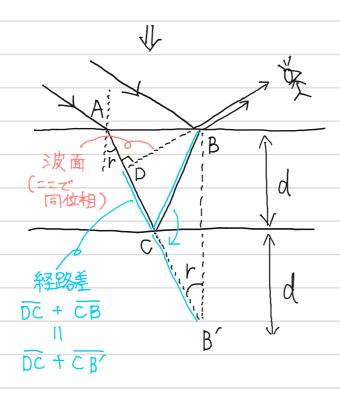
# [236] 薄膜八印斜的入射

b 典型問題なのでパターンをおえるようにしょう.

(1) なせ" DC + CBを栽めるのか考える.



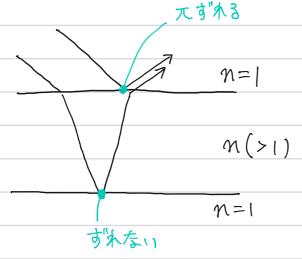
経路差を考えているのだ。



(2) 媒質n中の経路が 2d cosh なので 光路差は 2nd cosh

# [236] 続き

(3)



合わせて てずれる#

(4) 光路差が2nd cosr z" 位相が途中元があて3ので、条件は

$$\Rightarrow$$
 2nd cosr =  $(m+\frac{1}{2})\lambda$  (a)

写 2nd cosr =  $\frac{2}{2}$ ×2m ⇒ 2nd cosr = m2 (b)

(5) 屈折の法則より

$$|x \sin \lambda| = n \sinh$$

$$\Rightarrow \sinh \lambda = \frac{1}{n} \sinh \lambda = 0$$

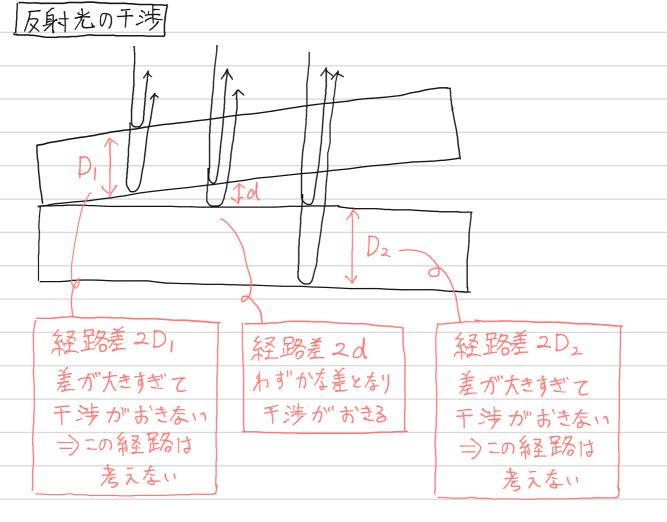
$$\cos^2\theta = 1 - \sin^2\theta \pm 9$$

2に①を代えして

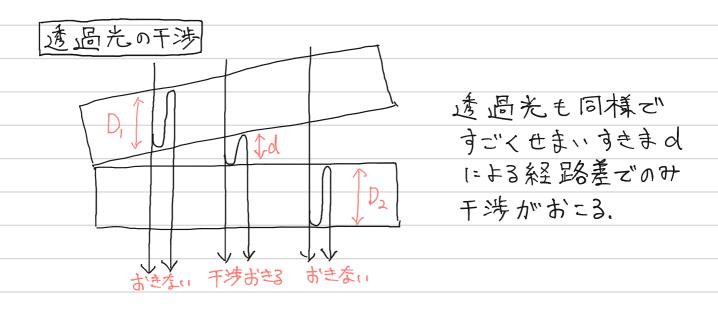
$$COS F = \sqrt{1 - (\frac{1}{n} \sin \lambda)^2}$$
  
光路差 2nd  $COS F = (+ ) \lambda L$ 

$$2nd\sqrt{\left|-\left(\frac{1}{n}\sin\lambda\right)^{2}}=2d\sqrt{n^{2}-\sin^{2}\lambda}$$

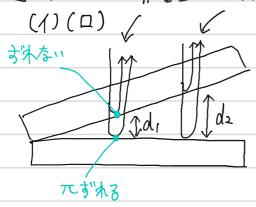
# [237] くさが型空気の経路差がどこにをるか確認する、



- ・経路差が大きすぎると干渉があきないことは矢の識として 矢っておこう、(実際の縮尺だとがラスはもっと分厚い)
- ・ がラスの間のすごくせまいすきまでできる経路差でのみ干渉ががこることに注意して作図しよう.



[237] 系壳 产 m 番目 m+1番目 (イ)(ロ) / 1



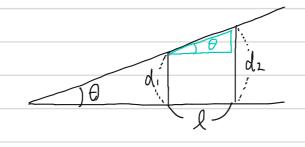
経路差が 2dで、 全中 1回 位相が 元ずれているので 暗線の条件式は 2d = 2x2m ⇒ 2d= m2

干渉の条件式を次のように解釈しよう.

今回 m 番目の暗線の経路差が  $2d_1$ で、これがm入をので  $2d_1 = m$ 入

m+1 番目の暗線の経路差が  $2d_2$ で = xか (m+1) 入るので  $2d_2 = (m+1)$  入

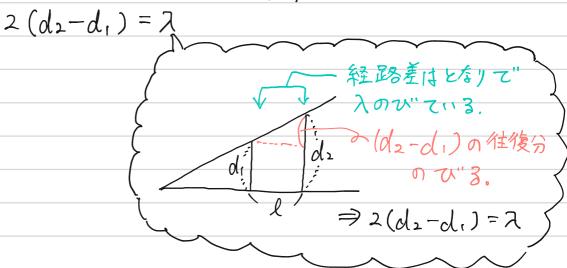
(ハ) となりあう線の分析時は三角形を影識しよう.



図形的 15

(=)

dと入の関係は干渉の条件から考えて



$$- N = (N) の 式 d_2 - d_1 = l + an l E + t \lambda L$$

$$2 l + an l = \lambda$$

$$- l = \frac{\lambda}{2 + an l} = \frac{\lambda}{2 + sin l} = \frac{\lambda}{2 - l}$$

$$+ (=)$$

$$+ (=)$$

$$+ (=)$$

$$+ (=)$$

$$+ (=)$$

$$+ (=)$$

となる。

- 方で図形的な関係 ltan θ= d2-d, 1t 変わらす" ltanθ= d2-d1

となる

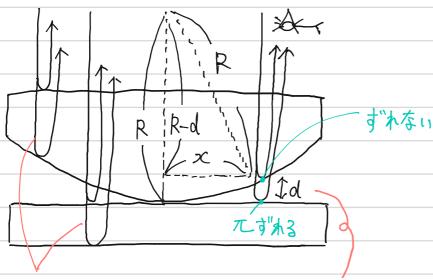
2式を連立して

$$2n l' tan \theta = \lambda$$

$$\therefore l' = \frac{\lambda}{2n tan \theta} \stackrel{=}{=} \frac{\lambda}{2n sin \theta} \stackrel{=}{=} \frac{\lambda}{2n \theta}$$

$$\text{z"5soffs} \stackrel{=}{=} \frac{\lambda}{2n \theta}$$

### [238] ニュートンリングの反射光の観察



がラスの厚みは現実だとすごく大きく、この経路だと 経路差が大きすぎて 干渉がおきない

d はすごく小さいので干 沙が あこる(経路差 2d)

(イ) 経路差が2dで、位相かり回ずれていることから、

$$2d = \frac{\lambda}{2} \times 2m$$

$$\Rightarrow 2d = \frac{m \lambda}{m} (1)$$

(ロ) 三平方の定理で、R、Xとdを関連づける

$$R^{2} = (R-d)^{2} + \chi^{2}$$
 $R^{2} = R^{2} - 2dR + d^{2} + \chi^{2}$ 
 $O = -2dR + d^{2} + \chi^{2}$ 
 $O = -2dR + d^{2} + \chi^{2}$ 
 $O = -2d + \frac{d^{2}}{R} + \frac{\chi^{2}}{R}$ 
 $O = -2d + \frac{\chi^{2}}{R}$ 
 $O =$ 

[238] 続き

(/\)

(イ) (ロ) モソ

$$\frac{x^2}{R} = m\lambda$$
 ← (経路差) =  $m\lambda$  を 立式している

(=)

薄層が空気のときは

$$\frac{x_1^2}{R} = m \lambda \cdots D$$

薄層が液体(n=n)のときは

$$2nd = m\lambda$$

$$2dit 液体があってもなくても、
$$\frac{nx_{2}^{2}}{R} = m\lambda ... ②$$
図形的に(ロ)と同じく2d=  $\frac{x^{2}}{R}$$$

①.② 左辺々害り、て

$$\frac{\frac{m\chi_{2}^{2}}{R}}{\frac{x_{1}^{2}}{R}} = \frac{m\lambda}{m\lambda}$$

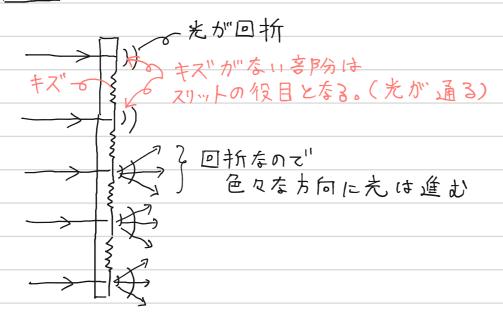
$$\therefore n = \left(\frac{x_1}{x_2}\right)^2$$

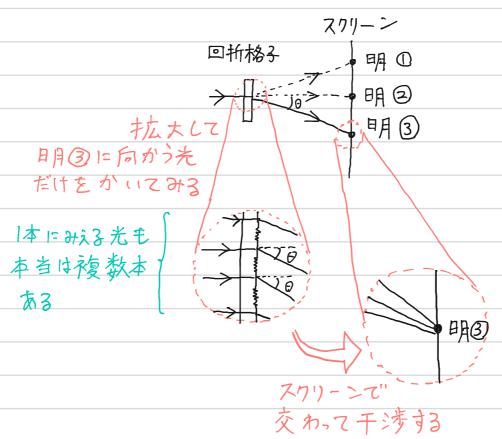
ニれは光路差」を使った考え方

※模範角答では、光路差ではなく、液体中で気く なった波長 2年分を用いて考えている。

としてもよい。好みの問題である

### [239] 回折格子の原理

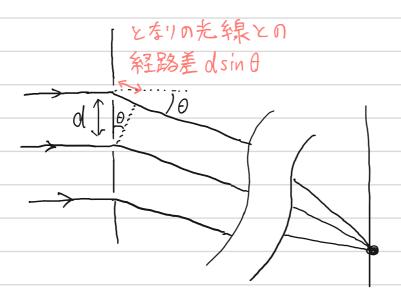




問題では拡大された図のみが与えられることが多いので、全体很を意識せずに解いてしまう人が多い。どのような現象をのかきかと追跡して理解しておこう。

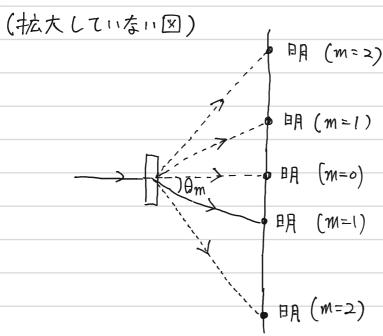
(1)

(拡大してる図)



田線の条件式は dsin G = m入

(2)



 $\Theta_m f''' 大きくをると経路差が大きくなっていき、$ 差がス大きくなるこでとに明点が表する。それを示した式がい $<math>
dsin \Theta_m = m\lambda$  である。

ここで、 $\theta_m$ は最大で、そ 90°であり、とれる経路差には上限が ある。  $\Rightarrow$  経路差の上限は  $\theta_m = 90°$ で、0(といえる [239] (2) 絵き

中央に1番近い明線(m=1)の干渉に必要な経路差は入であり、 この入が、経路差の最大値はよりそ小さい場合、明線を観測してきる。 よって条件は 入くd。

※数式的にまを導くと模範解答のようになる.

Sindの上限は1なので

$$sin \theta < 1$$

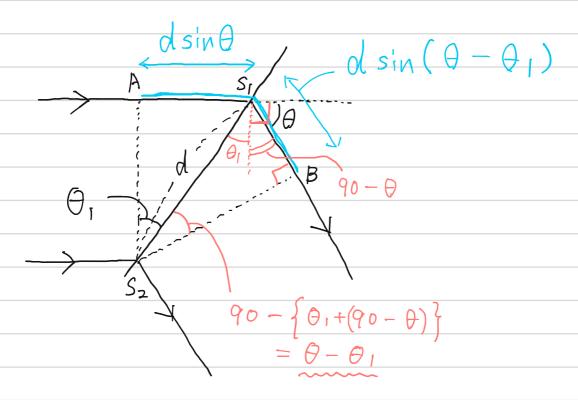
$$\Rightarrow \frac{\lambda}{d} < 1$$

$$\therefore \lambda < d$$

干渉では、数式の形で追跡するのではなく、文章で追跡、言語化してみると理解が深まる。 同級生に解説するとしたらどうやることにうことを考えてみよう

### [239] 続き

### (3) 経路差を追跡する。



物理での角度追跡のコツー

- ①平行光線の利用
- ② 90°の利用
- ③ 内角の和か180°の利用 この3つでほとんど文寸応できる。 ※ごくまれに正弦定理を使う
- ラ90°がどこかにないかな?と考えると上図の赤色の補助線に容易にたと"りつける。

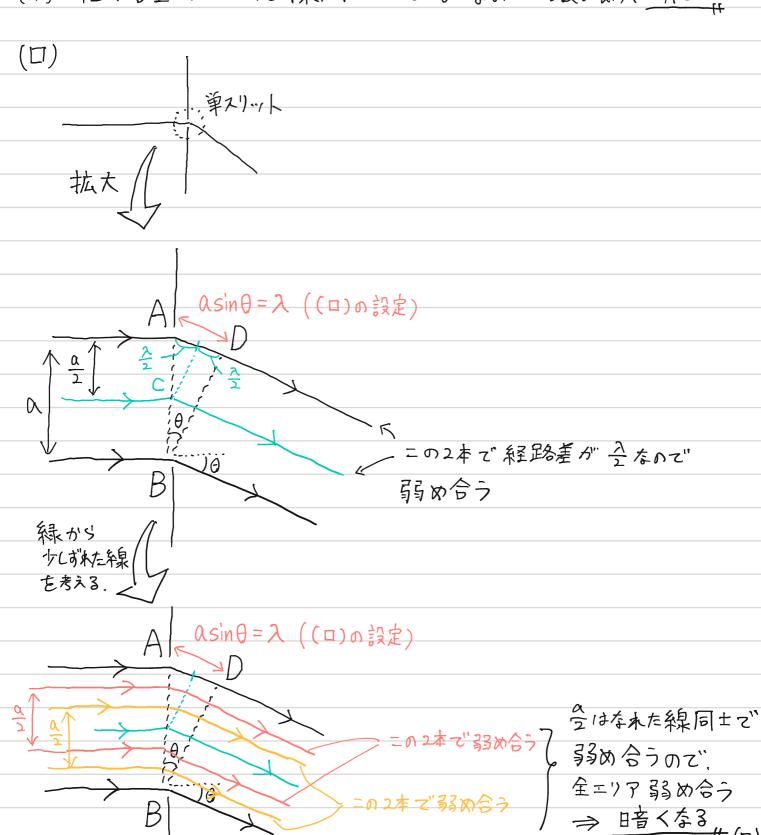
のから考えて「思いっかなかった」とならないように Dへ③の角度追跡の方針を頭に入れて考えよう

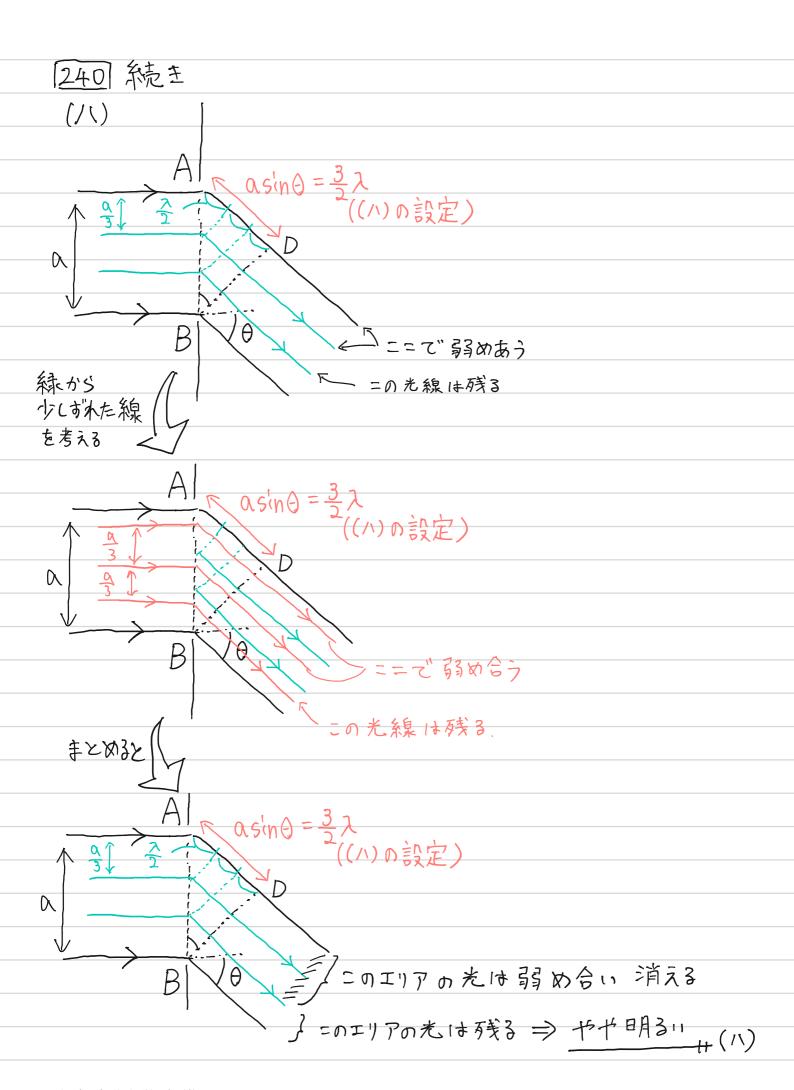
経路差は青色部分なので、 $dsin \theta_i + dsin (\theta - \theta_i)$  + , 7 m = 1の 干渉の条件式をたてると  $dsin \theta_i + dsin (\theta - \theta_i) = \lambda$  $\vdots \lambda = d \{ sin \theta_i + sin (\theta - \theta_i) \}$ 

### 240

部の順番として、「ADの長さが設定される」→「ADを立ずっ分ける」 という流れであることを意識しよう。

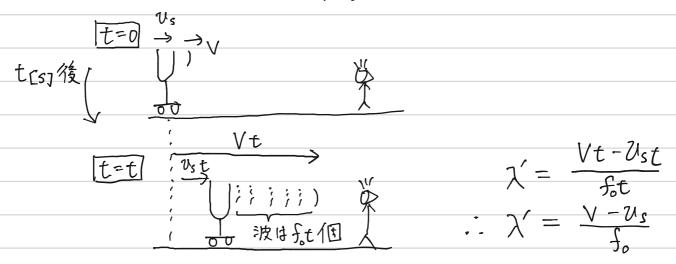
(イ) 経路差はどの光線同土でものなので、強めあって明るい。

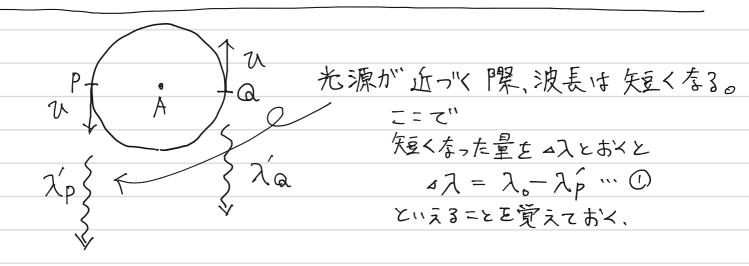




# 241 音のドップラー交力果と同等に扱う.

音波でλεχめたときを見いだす。





$$\frac{\lambda'p = \frac{V - \partial s}{f_o} = \frac{C - \partial s}{f_o}$$

$$= = z'' 元々の光 z'' ひ= f スの式をたてると$$

$$f_o = \frac{C}{\lambda_o}$$
これを代入して

$$\chi'_p = \frac{C - \mathcal{U}}{\frac{c}{\lambda_o}} = \frac{C - \mathcal{U}}{c} \lambda_o \dots \mathcal{Q}$$

$$\Rightarrow v = \frac{C(\lambda_0 - \lambda \rho')}{\lambda_0}$$

$$V = \frac{C^{\Delta}\lambda}{\lambda_0}$$

とかける。

また、問題文 より、  $C=3.0\times10^8$ 、 $4ス=0.10\times10^{-10}$ 、 $\lambda_0=5000\times10^{-10}$  なので、これをイヤンして

$$U = \frac{3.0 \times 10^8 \cdot 0.10 \times 10^{-10}}{5000 \times 10^{-10}}$$

$$= 6.0 \times 10^3 \text{ m/s}$$