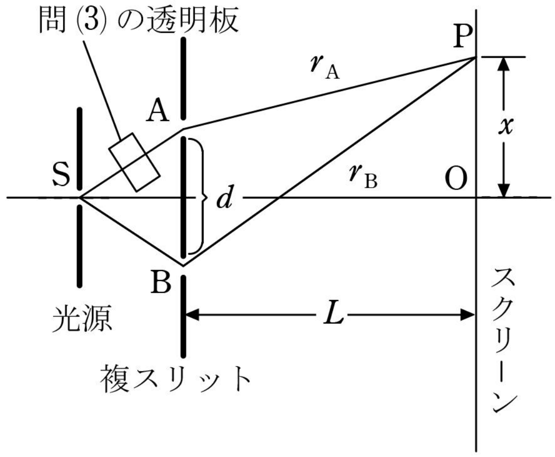
次の文の $\boxed{\text{ア}}$ ～ $\boxed{\text{キ}}$ の中に入れるべき正しい答えを問題末尾の解答群の中から選べ。

図は，ヤングが行った光の干渉実験の原理図である。複スリット A，B の間隔は d で，複スリットとスクリーンの間隔は L である。AB の垂直 2 等分線上に光源 S を置き，スクリーン上の O から干渉じま P までの距離を x とする。



光の干渉実験の原理図

(1)　図のように，$r_{\mathrm{A}}=\mathrm{AP}$，$r_{\mathrm{B}}=\mathrm{BP}$ とおく。L，x，d を用いれば，$r_{\mathrm{A}}=\boxed{\text{ア}}$，$r_{\mathrm{B}}=\boxed{\text{イ}}$ である。ここで，$|X|\ll 1$ の場合に，$(1+X)^{\frac{1}{2}}\fallingdotseq 1+\dfrac{1}{2}X$ を利用する。スリット A と B を通過してスクリーン上 P に到達した光の経路差は，$r_{\mathrm{B}}-r_{\mathrm{A}}=\boxed{\text{ウ}}$ で表せる。したがって，波長 λ の光を入射させた場合に，点 P で明線が見られる条件は，$\boxed{\text{エ}}$ である。

(2)　光源として白色光を用いると，スクリーン上に色づいた明線が見える。1 つの明線の中で，スクリーンの中央 O に近い側は，$\boxed{\text{オ}}$ 色である。

(3)　図のように，スリット A の光源側に屈折率 n，厚さ l の透明板を置いた。光は透明板の厚さ l の方向に沿って通過すると考えてよい。光源から波長 λ の光を入射させた場合に，スリット A と B に到達するまでの光路差は，$\boxed{\text{カ}}$ である。したがって，スクリーン上で明線の位置は，透明板を置く前に比べて，$\boxed{\text{キ}}$ だけ移動する。

［(ア)(イ) の解答群］

① $\sqrt{L^2+\left(x+\frac{d}{2}\right)^2}$　② $\sqrt{L^2+\left(x-\frac{d}{2}\right)^2}$　③ $\sqrt{L^2+(x+d)^2}$

④ $\sqrt{L^2+(x-d)^2}$

［(ウ) の解答群］

① $\frac{d}{2}\frac{x}{L^2}$　② $d\frac{x}{L^2}$　③ $\frac{d}{2}\frac{x}{L}$　④ $d\frac{x}{L}$

［(エ) の解答群(mは整数である。)］

① $d\frac{x}{L}=m\lambda$　② $d\frac{x}{L^2}=m\frac{\lambda}{2}$　③ $d\frac{x}{L}=m\frac{\lambda}{2}$　④ $d\frac{x}{L^2}=m\lambda$

［(オ) の解答群］

① 赤　② 黄　③ 緑　④ 青　⑤ 紫

［(カ) の解答群(cは真空中の光速度の大きさである。)］

① nl　② $(n-1)l$　③ $\frac{nl}{c}$　④ $\frac{(n-1)l}{c}$

［(キ) の解答群］

① 上側に $\frac{nlL}{d}$　② 下側に $\frac{nlL}{d}$　③ 上側に $\frac{(n-1)lL}{d}$

④ 下側に $\frac{(n-1)lL}{d}$

解説

白色光は赤～紫の光の集まりであり，波長が一番短いのは紫色である。明線は同じ光路差になる位置に移動する。

(1)（ア） 三平方の定理を用いて

$$r_A{}^2 = L^2 + \left(x - \frac{1}{2}d\right)^2$$

よって

$$r_A = \left\{\boldsymbol{L^2 + \left(x - \frac{d}{2}\right)^2}\right\}^{\frac{1}{2}} \quad \cdots\cdots ②$$

$$= L\left\{1 + \left(\frac{x - \frac{d}{2}}{L}\right)^2\right\}^{\frac{1}{2}} \fallingdotseq L\left\{1 + \frac{1}{2}\left(\frac{x - \frac{d}{2}}{L}\right)^2\right\}$$

$$= L + \frac{1}{2L}\left(x^2 - xd + \frac{d^2}{4}\right)$$

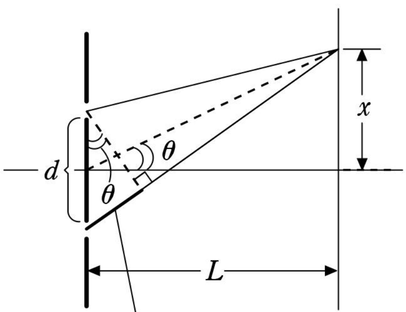
（イ） 同様に

$$r_B = \left\{\boldsymbol{L^2 + \left(x + \frac{d}{2}\right)^2}\right\}^{\frac{1}{2}} \quad \cdots\cdots ①$$

$$\fallingdotseq L + \frac{1}{2L}\left(x^2 + xd + \frac{d^2}{4}\right)$$

（ウ） $r_B - r_A = \dfrac{xd}{2L} - \left(-\dfrac{xd}{2L}\right) = \boldsymbol{\dfrac{xd}{L}}$ $\cdots\cdots$ ④

別解　下図のようにして求めることもできる。



$$r_B - r_A = d\sin\theta \fallingdotseq d\tan\theta = d\frac{x}{L}$$

（エ） 明線(強めあう)条件だから

$$r_B - r_A = \boldsymbol{\frac{xd}{L}} = \frac{\lambda}{2}\cdot 2m = \boldsymbol{m\lambda} \qquad \cdots\cdots ①$$

(2)（オ）（エ）より　$x = \dfrac{L\lambda}{d}\cdot m$

$\boldsymbol{\lambda}$ が小さいと，$\boldsymbol{x}$ も小となる。よって，中央 O に近い側は $\boldsymbol{\lambda}$ が小，すなわち**紫**色である。　$\cdots\cdots$ ⑤

(3)（カ） 光が屈折率 $\boldsymbol{n}$ の媒質中を $\boldsymbol{l}$ 進むとき，真空中の光路に換算すると $\boldsymbol{nl}$ となる。

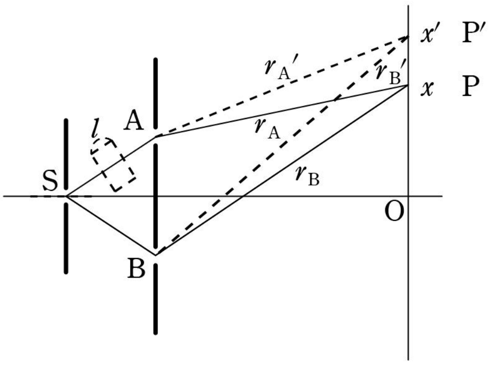
SA＝SB＝l_0　とする。光路で考えると

SA＝$l_0 - l + nl$，SB＝l_0

よって，光路差は

$(l_0 - l + nl) - l_0 = \boldsymbol{(n-1)l}$ $\qquad\cdots\cdots$ ②

（キ） 透明板がないとき，P 点に明線ができているとする。



$$(\mathrm{SB}+\mathrm{BP})-(\mathrm{SA}+\mathrm{AP})=r_\mathrm{B}-r_\mathrm{A}=\frac{dx}{L}=m\lambda$$

透明板を入れたとき，同じ明線の位置を x' として

$$(\mathrm{SB}+\mathrm{BP'})-(\mathrm{SA}+\mathrm{AP'})=r_\mathrm{B}'-r_\mathrm{A}'-(n-1)l$$

$$=\frac{dx'}{L}-(n-1)l=m\lambda$$

同じ明線だから

$$\frac{dx}{L}=\frac{dx'}{L}-(n-1)l$$

ゆえに　$x'-x=\dfrac{Ll(n-1)}{d}>0$

であるから　$\boldsymbol{\dfrac{(n-1)Ll}{d}}$　だけ**上側**に移る　　…… ③