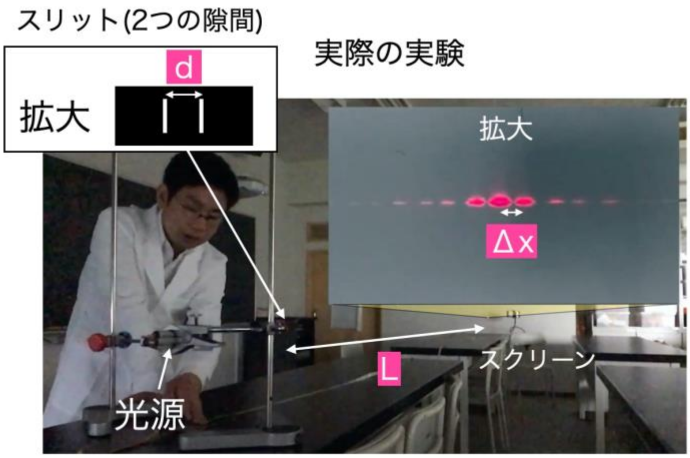
○　光の干渉

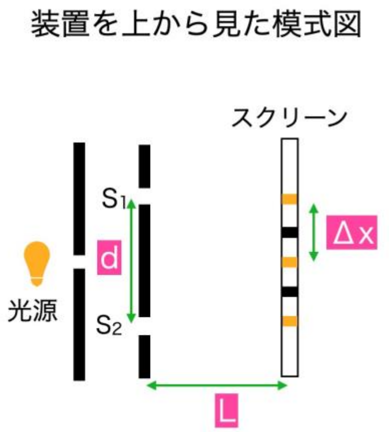
・ヤングの実験（1805 年）

　トーマス･ヤングは光を二重スリットに光を通してスクリーンに映し出しました。すると、スクリーンには 2 つの線ではなく、（　　　　　　）があらわれました。

実験例　2 つのスリット間隔 d は 0.25mm、スクリーンの距離 L は 5.8m で実験をすると、Δx=1.5cm 間隔の縞模様を観測することができます（それぞれ測定可能）。

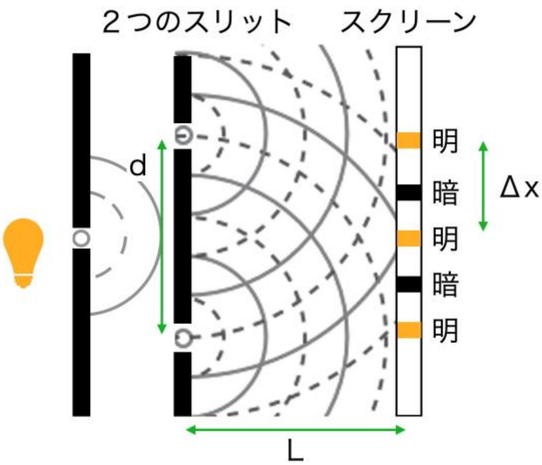
https://youtu.be/m-HA331As_A?t=55





　なぜ縞模様ができるのでしょうか。もし光が波の性質を持っていたとすると、光が 2 つのスリットで同位相の素元波が発生（波の（　　　　　）といいました）、2 つの波が（　　　　　）することによって、強め合いと弱め合いの干渉縞ができることで縞模様の説明がつきます。

問題　次の図に強め合い(赤)と弱め合い(青)の線を描いてみよう。



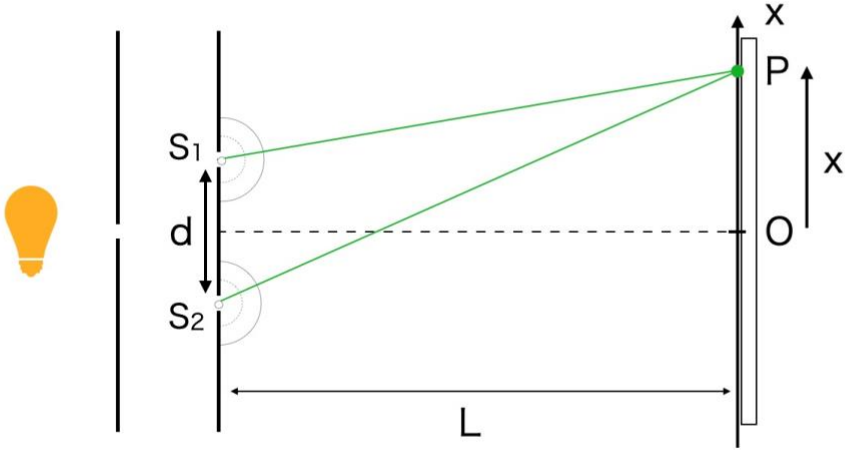
　ヤングの実験以前は、光の素はボールのように粒子（光子）であると考えられていましたが、この実験により光が波（光波）の性質を持つことがわかりました。

○　光の波長を求めてよう

　光波の波長について、定規をあてて測ることはできませんが、干渉縞の間隔Δｘは波の（　　　　　）と関係がありましたね。Δｘは定規等で測ることができますから、なんとヤングの実験で光の波長 λ を求めることができるのです！計算してみましょう。

　干渉のポイントはΔL（　　　　　　）にありました。①観測結果（Δｘ、ｄ、L）でΔL を表し、②光の波長 λ を求めてみましょう。

①　ヤングの実験の経路差ΔL を求める



　スクリーンの中心０からある距離ｘの位置にある点Ｐについて考えます。この点までの経路差ΔL は $S_2P - S_1P$ です。まずは S_1P を求めましょう。三平方の定理より、

$$S_1 P =$$

　ここで数学の近似式、　α <<1 のとき、$(1+\alpha)^n \fallingdotseq 1+n\alpha$　を使います。例えば α が 1 よりも小さい 0.001 で、n=2 のとき、

$$(1+0.001)^2 =$$

　となります。 $1+n\alpha$ を計算してみると、

$$1+n\alpha = 1+2\times 0.001 =$$

　としても、同じようなものですよね。つまり α^2 を誤差（ゴミ）のようなものとして捨ててしまうわけです（物理では小さな数字の定数を無視することをよく行います)。

　この近似式を適用するために、S_1P から L^2 を $\sqrt{}$ の外に出して、$(1+\alpha)^n$ の形に変形してみましょう。

$$S_1 P =$$

ここで間隔 d や x は、$\boxed{\text{実験例}}$のように、ミリやセンチ単位で、距離 L はメートル単位と、L に比べて非常に小さいです。つまり$\frac{x-\frac{d}{2}}{L}$は分母が分子に比べて非常に大きいため、$\frac{x-\frac{d}{2}}{L}$は 1 に比べて非常に小さくなります。このことから近似式$(1+\alpha)^n \fallingdotseq 1+n\alpha$を適用すると、

$$S_1P =$$

となります。同様に考えると S_2P、次のようになります。

$$S_2P =$$

よって①・②より経路差は、

$$\Delta L = S_2P - S_1P =$$

となります。このことと、干渉の条件式を組み合わせると、

強め合いの式（　　　　　　　　　　　　）

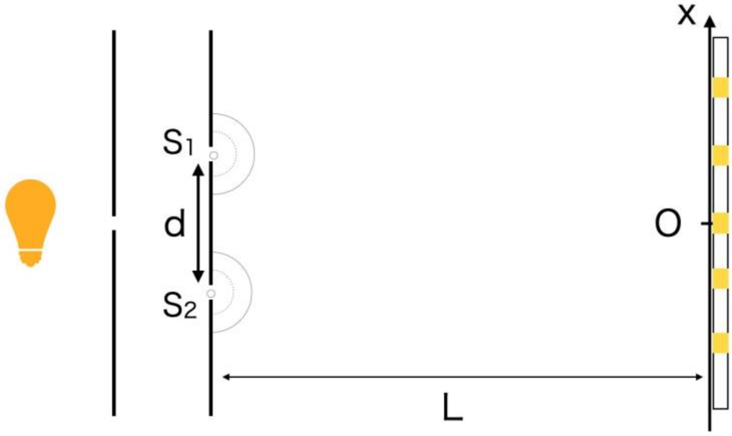
弱め合いの式（　　　　　　　　　　　　）

となります。ここで λ が今求めたい光の波長です。

② 光の波長λを求める

ある点 P が明るくなっている場合（強め合いの式に一致する場所）を考えます。強めあいの条件式から、$x=($　　　　$)$となり、m=0,1,2…なので、m=0 のとき x_0=（　　　）、m=1 のとき x_1=

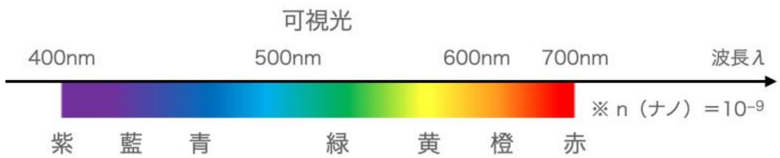
（　　　）、m=2 のとき x_2=（　　　）です。これを図に書き込むと、



これらをそれぞれ（　　　　）といい、m=0 を（　　　　　　）、m=1 の線を（　　　　　　　）、などと呼ぶことがあります。ここで明線と明線の間隔Δｘについて考えてみると、例えばΔｘ＝x_1-x_0=（　　　）、Δｘ＝x_2-x_1=（　　　）と、どこで取っても同じ、つまり等間隔に並ぶことがわかります。よってλをΔｘ・L・d を使って表すと、λ＝（　　　）となり、観測できるものですべて表すことができました。

問題　弱め合い（暗線）についてもその間隔が$\frac{L\lambda}{d}$となります。手を動かして確かめてみましょう。

問題　上の実験例（d=0.25mm、L=5.8m、Δx=1.5cm）の場合について、光の波長を求めなさい。また使ったレーザー光の色は何色ですか。



$\lambda=$