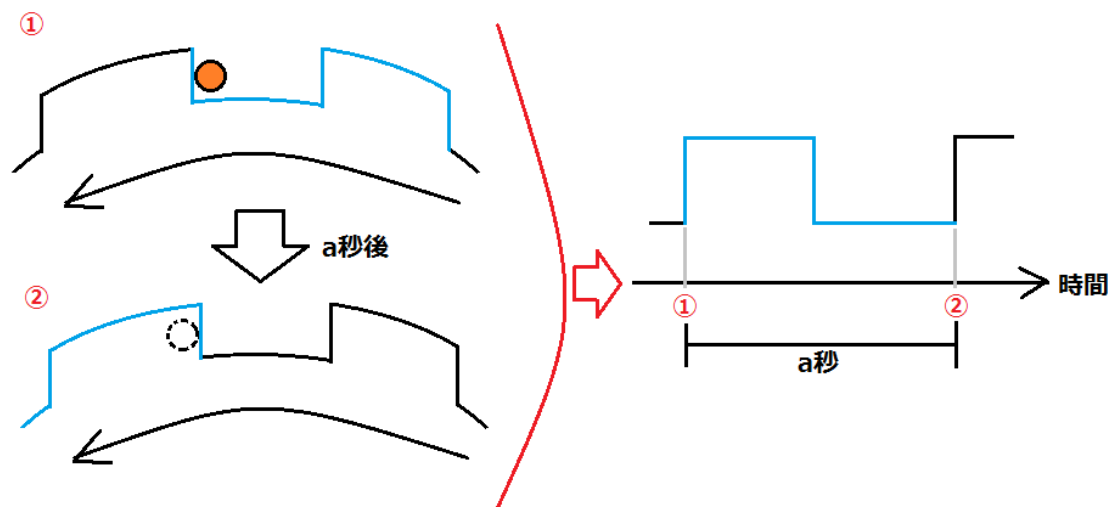


【質問】

M→A→P1 と M→B→C→P2 間にある光の明暗パターン個数について。歯車の回転数を変える前と変えた後でどちらも同じになることがわかりません。変化後の方が少なくなりました。

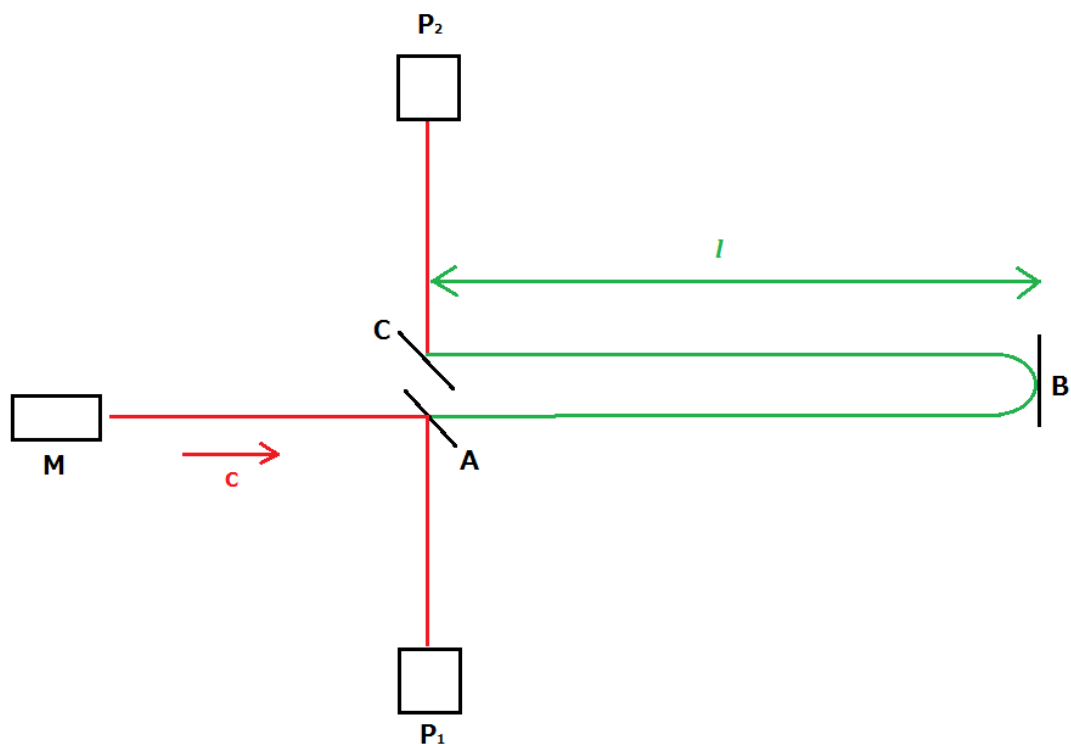
【回答】



まずは「 a が伸び、 b が縮んだ」という条件から、回転数がどう変化したのか判断します。そのためには a や b がどのように定義されているかを考えます。

まず a は、1つの明暗パターンを観測する時間を表しています。これが伸びたということは、**1つの明暗パターンを観測するのにかかる時間が長くなった**ということです。から、歯車の回転数は遅くなったことが分かります。

次に b というずれがどのようにして生じるのか考えます。 b は P_1 (グラフの実線)において上図の①の光が観測される時間と、 P_2 (グラフ破線)において①の光が観測される時間の差を表しています。

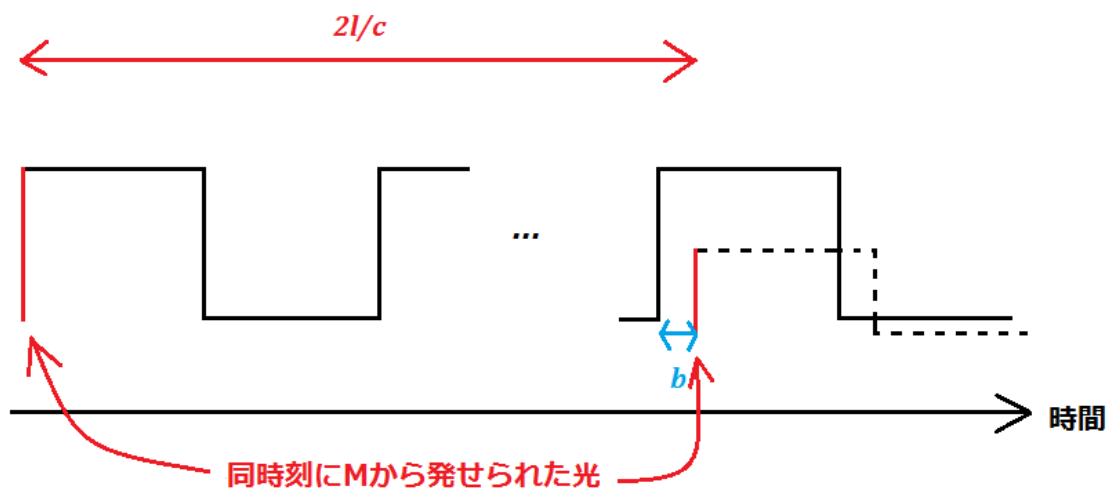


時間差 b が生じる原因は**経路の差**にあります。

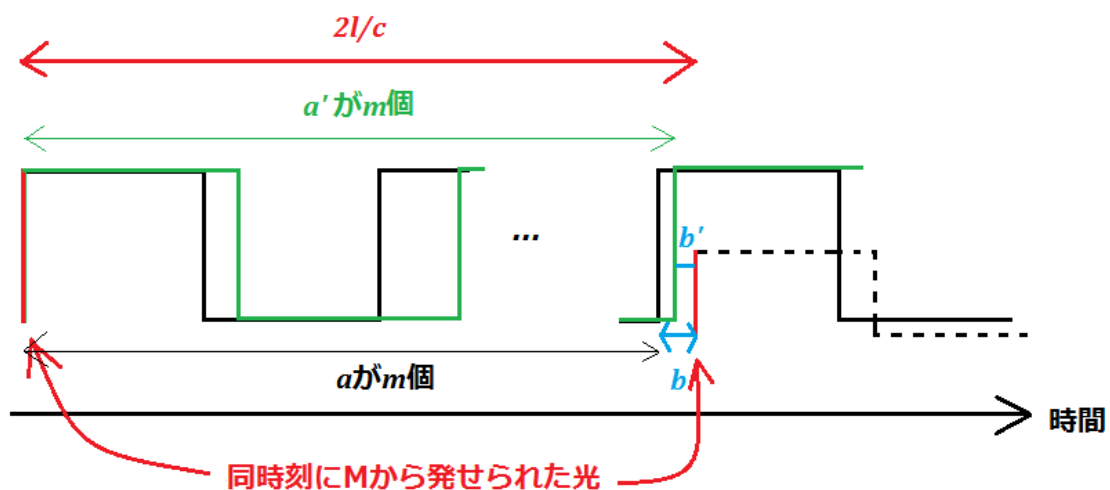
経路 $M \rightarrow A \rightarrow P_1$ (経路1とします)に対して経路 $M \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow P_2$ (経路2とします)は $2l$ (上図の緑線部分)だけ長いため、 M から同時刻に発せられた光は、異なる時間でそれぞれ P_1, P_2 に届きます。

その時間差は、経路差 $2l$ を光速 c で割れば求められるので、 $\frac{2l}{c}$ です。この値は経路差 l と光速 c だけに依存しますから、歯車の回転数を変えても時間差は変わりません。

ただし、 b が経路1と経路2の時間差(すなわち $2l/c$)そのものを表しているとは限らないことに注意します。



図のように同時刻にMから発せられた光は、 P_1 (実線)と P_2 (破線)でそれぞれ赤線の部分で観測された可能性があります。この差の中に複数個の明暗パターンが含まれている可能性があるため、即座に $b = 2l/c$ としてはいけません。



上図において

黒実線 = (歯車の回転数を変える前の P_1 で観測される光)

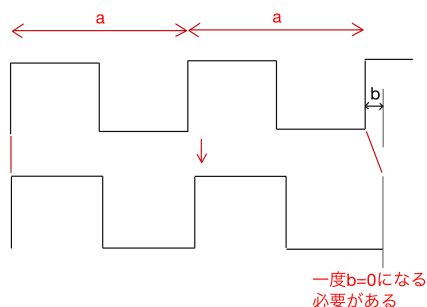
緑実線 = (歯車の回転数を変えたときの P_1 で観測される光)

を表します。

このとき、 $\frac{2l}{c}$ 中に含まれる明暗パターンの個数に変化はありません。

※もし明暗パターン数に変化があるならば、問題文に「 b が徐々に縮まり、一度0になった」という記述があるはずです。

もし明暗パターンの個数が変わるとすれば...
例)m=2→1に変化するとき



したがって時間差 $2l/c$ の中に黒線、緑線両者の明暗パターンがともに m 個あるとすると

$$\text{【歯車の回転数を変える前】 } 2l/c = a \times m + b \quad \text{---①}$$

$$\text{【歯車の回転数を変えた後】 } 2l/c = a' \times m + b' \quad \text{---②}$$

①、②式の連立をし、 $a = 4.0, a' = 5.0, b = 1.6, b' = 0.6$ を代入して

$$\text{①}=\text{②} \Leftrightarrow 4.0 \times m + 1.6 = 5.0 \times m + 0.6$$

$$\Leftrightarrow m = 1$$

これを①(②でも可)に代入して l を求めます。

$$\begin{aligned} \frac{2l}{c} &= 4.0 \times 1 + 1.6 \\ \Leftrightarrow l &= \frac{(4.0 \times 1 + 1.6) \times c}{2} \end{aligned}$$

$c = 3.0 \times 10^8 [m/s]$ を代入して

$$l = \frac{(4.0 \times 1 + 1.6) \times 3.0 \times 10^8}{2} = 4.2 \times 10^3 [m]$$

この問題でのポイントは、条件(水槽の有無や歯車の回転数)が変化することによってグラフがどのように変化するかをイメージすることです。