

2010 年度の大阪大学後期入学試験に、半透鏡を用いた光学系でのレーザー光の干渉に関する問題が出題された。その問題文に、「光がハーフミラーおよび反射鏡の表面で反射するときは固定端反射となり、入射光と反射光が逆位相となる」という記述がある。問題文には書かれていないが、光がハーフミラーを透過するときは位相がずれないことを暗黙のうちに仮定している。しかし、これらは事実と反すると筆者は考える。理由は簡単で、これらを認めるとエネルギー保存則に反する現象が生じることになるからである。

2007 年度の東京大学後期入学試験に、マイケルソン干渉計の検出器での位相差を問う問題が出題された。この問題には反射や透過による位相のずれについての記述はないが、上記のずれを想定していることは明らかである。そうでないと高校生には解けないからである。

いま、マイケルソン干渉計の半透鏡の金属層で光が反射するとき、空気側およびガラス側のいずれから入射しても、位相が π だけずれ、透過するときは位相がずれないとしよう。半透鏡のガラス板の厚さは光の波長 λ に比べて十分小さいとし、金属を蒸着していないガラス面での光の反射はないものとする。このとき検出器での干渉条件は、2つの全反射鏡と半透鏡の距離を L_1, L_2 とし、整数を m とすれば、

$$\left[2(L_2 - L_1) = \frac{\lambda}{2} \times \left\{ \begin{matrix} 2m \\ 2m+1 \end{matrix} \right\} \text{ のとき } \left\{ \begin{matrix} \text{強} \\ \text{弱} \end{matrix} \right\} \text{ め合う } \right] \quad \text{----- ①}$$

である。しかし、この式は光源に戻る光の干渉条件でもあるから、エネルギー保存則が成り立たないことになる。

実際には、半透鏡での反射による位相のずれは π でもなければ $\pi/2$ でもないし、透過による位相のずれは 0 ではない。これらのずれは、金属層の厚さと屈折率、ガラス板の屈折率および光の入射角に依存し、その依存関係は入射光の偏光によって異なる。これらの点を考慮し、かつガラス板内での多重反射も考慮したマイケルソン干渉計での干渉条件は、文献1)、2)に与えられている。その結論は、金属層で光の吸収がない場合、検出器での干渉条件は①式ではありえないということである。光の吸収がある場合には、ガラス板の厚さがある特定の値をとるときに干渉条件が①式となることがあるが、一般的には①式ではない。

上で述べた矛盾は高校生でも理解できることで、実際そのような質問をする学生がいる。そのとき窮地に立たされるのは高校や予備校の教師である。大学側が半透鏡を用いた光学系での干渉問題を出題するときには、半透鏡での位相のずれに注意して作問されることを願ってやまない。

- 1) 齊藤全弘 : マイケルソン干渉計での干渉条件 (1)
- 2) 齊藤全弘 : マイケルソン干渉計での干渉条件 (2)