

入試問題研究 第25回 2004年 神戸大学 ① 波動(光)

屈折率 1.46 の十分厚いガラス平板上に屈折率 1.73 の透明な薄膜を真空中で成長させる。成長が進むにつれ、ガラス平板と平行に膜の厚さが増していく。この成長中の膜に白色光を垂直に入射して、その反射光を観察する。膜の厚さが $6.00 \times 10^{-8} \text{ m}$ になったとき、反射光が強められる可視光の真空中での波長を、導出の過程を示したうえで求めなさい。ただし、有効数字は 3 けたとする。また、さらに膜の成長をすすめると、見える光がどう変化するかを説明しなさい。

【コメント】 毎度のことだが、これだけで図もなければ小問も設定なしの完全に自由記述の問題だ。単に問題集に慣れただけの受験勉強では対応が難しいのは言うまでも無い。教科書をしっかりと勉強し、公式の証明を自分で導いて確かめるなどの地道な勉強が必須となる。問題そのものは基本的な内容だけで大変やさしく、授業をしっかりと聞いておれば対応できる。式の羅列にならないように、説明を含めた解答が作れる力を問う良い問題である。

解答欄

入試問題研究 第25回 2004年 神戸大学 ① 波動(光) 解答・解説

【コメント】 図などを含めて論理的な解答が作れるかを問われる問題であり、日ごろから問題集の解答を見て勉強しているレベルの人には対応が難しい問題である。神戸大学の二次試験では毎年このような問題が出題されているのだから、対策をとらない受験生がいるとすれば、受験勉強に取り組む以前の心構えそのものが出来ていないことになる(「受験する気が無いのか」といっても良いくらい)。

解答を作る前に、何をどの順番に記述して行くかを考えてみる。光の薄膜干渉の問題であることはすぐに分かる。薄膜干渉では、「行路差」と「反射端」の2つのキーワードがある。「行路差」には、「幾何学的」と「光学的」行路差の違いが理解できているか。「反射端」には、「固定端」と「自由端」反射があり、反射端による位相のずれの違いが理解できているか。可視光(目に見える光)の波長について色との関係が理解(覚えているか)が最後のところで必要になる。すべて教科書に記載されていることなので、難しいことではない。

解答例

空気と薄膜の境界面での反射光1と、薄膜とガラスの境界面での反射光2が干渉するから、この2つ反射光の干渉を考える。

反射光1と反射光2の光学的行路差を求める。光学的行路差は、幾何学的行路差(薄膜の厚さの2倍)に薄膜の屈折率をかけたものに等しい。薄膜の屈折率が1.73、厚さが $6.00 \times 10^{-8} \text{ m}$ だから、光学的行路差は $6.00 \times 10^{-8} \times 2 \times 1.73 \text{ m}$ である。

反射端による位相のずれを考える。反射光1の場合、反射端が空気(屈折率1)から薄膜(屈折率1.73)へ進む反射であり、屈折率が小から大での反射だから固定端反射に相当する。よって、この反射で、位相が π ずれる。反射光2の場合、反射端が薄膜(屈折率1.73)からガラス(屈折率1.46)へ進む反射であり、屈折率が大から小での反射だから自由端反射に相当する。よって、この反射では、位相はずれない。総合すると、2つの反射による位相のずれは π (光学的距離にして半波長分)になる。

以上より、反射光が強めあう(強い反射光が観測される)条件を求めてみると、光の波長を λ としたとき、 $6.00 \times 10^{-8} \times 2 \times 1.73 = (m + \frac{1}{2})\lambda$ (ただし、 $m=0,1,2,3 \dots$) になる。

これより、強く反射される光の波長を μm 単位で求めると $\lambda = 0.415$ 、 0.138 、 $0.0830 \dots$ になる。

最初のもの以外は紫外線の領域に相当するから、可視光の範囲という波長の条件では $4.15 \mu\text{m}$ のみになる。(波長 $4.15 \mu\text{m}$ の光は「紫」だから、薄膜の反射面は紫色に輝く)

続いて、薄膜が成長してゆく過程では、膜厚が増えて行くにつれ、幾何学的行路差が徐々に大きくなってゆく。そのため、強く反射する光の波長が徐々に長くなってゆく。よって、最初の反射光の色「紫」から、「青」、「緑」、「黄」、「橙」、「赤」と反射光の色が変化してゆく。それ以降も膜厚が増えてゆくにつれて、色が次々変化して行くが、強めあう条件の光が増えるため、白っぽい反射光へと変化してゆく。