



光学

第二节 薄膜干涉

1. 一束波长为 λ 的单色光由空气垂直入射到折射率为 n 的透明薄膜上，透明薄膜放在空气中，要使反射光得到干涉加强，则薄膜最小的厚度为：

解析：如图所示：入射光的反射光和折射光为两相干光，若使两者发生干涉加强。

则，两者的光程差需满足(设空气的折射率为 $n_0=1$)：

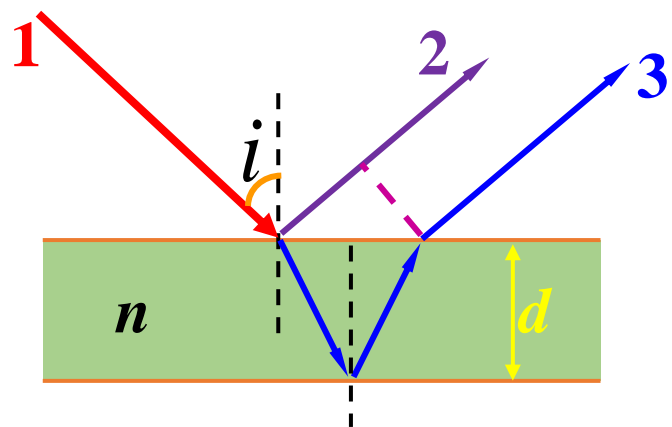
$$\delta = 2d\sqrt{n^2 - n_0^2 \sin^2 i} + \frac{\lambda}{2} = k\lambda \quad (k = 1, 2, \dots)。$$

注意：空气到薄膜反射时发生半波损失。

所以要使薄膜的厚度最小，则要求 k 至少为： $k=1$ ；所以对于垂直入射 $i=0$ 。

得： $d=\lambda/4n$

故选B





2. 在玻璃(折射率为1.6)表面镀一层 MgF_2 (折射率为1.38)薄膜作为增透膜。为了使波长为500nm的光从空气(折射率为1.00)正入射时尽可能少反射, MgF_2 薄膜的最小厚度应为:

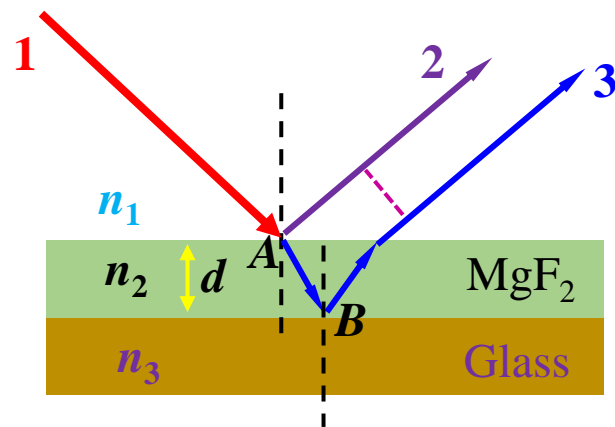
解析: 如图所示: 入射光的反射光和折射光为两相干光, 因为在A和B处, 反射光和折射都发生了半波损失, 所以光2和3之间的光程差没有半波损失 (n_2 介于 n_1 和 n_3 之间)。因为要使正入射时, 尽可能少的反射, 也就是满足干涉相消, 即:

$$\delta = 2d\sqrt{n_2^2 - n_1^2 \sin^2 i} = (2k+1)\lambda/2 \quad (k=0,1,2\dots)$$

因为正入射, 所以这里 $i=0, n_1=1, n_2=1.38$ 。

得: d 最小为: $k=0$ 时: $d=\lambda/4n_2$

$$d_{\min}=90.6 \text{ nm}$$





3. 见右图，平行单色光垂直照射到薄膜上，经上下两表面反射的两束光发生干涉，若薄膜的厚度为 e ，并且 $n_1 < n_2 > n_3$ ， λ_1 为入射光在折射率为 n_1 的媒质中的波长，则两束反射光在相遇点的光程差为？相位差为？

解析：如图所示：对于上表面的反射光，由于 $n_2 > n_1$ ，所以发生反射时，会存在半波损失；对于下表面的反射光，由于 $n_2 > n_3$ ，也就是光密进入光疏，则没有半波损失。所以上下表面两列反射光之间**存在**半波损失（ n_2 同时大于 n_1 和 n_3 ）。

因此：光程差为： $2en_2 + \lambda/2$ ，注意：与光程差有关的波长一定是**真空中的波长**，因此光程差表达式中引入的半波损失（本质是相位突变 π ）的波长一定是真空中的波长。

对于具有特定频率的光，其在不同的介质中传播时的波长是不一样的，例如若其在真空中的波长为： λ ，则其在介质 n_1 中的波长为： $\lambda_1 = \lambda/n_1$ ，光的振动频率是保持不变。

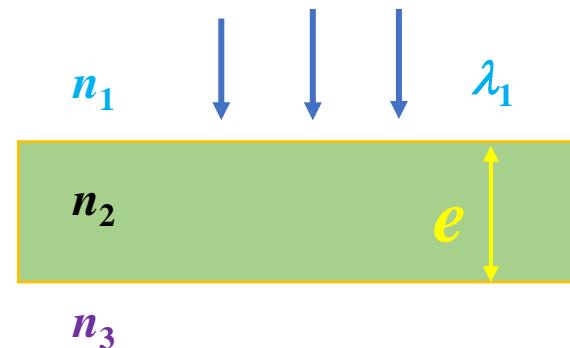
这道题给的条件是 n_1 介质中的波长 λ_1 ，则其在真空中的波长为： $\lambda = \lambda_1 n_1$ 。

所以，答案：光程差为： $2en_2 + \lambda_1 n_1 / 2$

利用不同介质中光程差与相位差之间的关系： $\Delta\phi = \delta \cdot 2\pi / \lambda$

比例系数： $2\pi / \lambda$ 中， λ 必须是真空波长

可得，相位差为： $2\pi(2en_2 + \lambda_1 n_1 / 2) / \lambda_1 n_1 = 4\pi en_2 / \lambda_1 n_1 + \pi$





4. 白光垂直照射到空气中一厚度为380nm的肥皂膜上，设肥皂膜的折射率为1.32，试该膜的正面呈现什么颜色？背面呈现什么颜色？

解析：如图所示：设入射的白光为： λ ，白光的波长范围为：红光到紫光为：390nm-780nm.

本题中，肥皂膜的上下表面都是空气，肥皂膜的折射率同时大于上下表面，反射光之间存在半波损失，所以反射光线2和3干涉加强时，反射光的光程差应满足：

$$\delta = 2en_2 + \lambda/2 = k\lambda, (k = 1, 2, 3 \dots)$$

即：

$$\lambda = \frac{4ne}{2k-1} = \frac{2006.4nm}{2k-1}$$

第二级亮条纹 $k=2$ ： $\lambda \sim 668.8 \text{ nm}$ 橙红色的光。

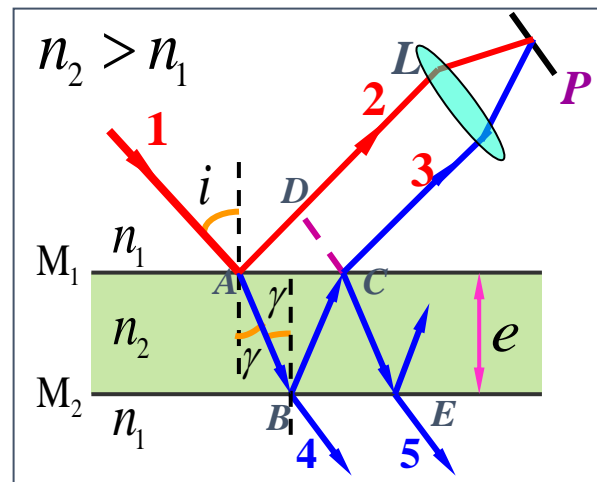
第三级亮条纹 $k=3$ ： $\lambda \sim 401.3 \text{ nm}$ 紫色的光。

对于膜的背面对应透射光：透射光4和5之间没有半波损失，干涉加强时光程差满足： $\delta = 2en_2 = k\lambda, (k = 1, 2, 3 \dots)$

即：

$$\lambda = \frac{2ne}{k} = \frac{1003.2nm}{k}$$

第二级亮条纹 $k=2$ ： $\lambda \sim 501.6 \text{ nm}$ 绿色的光。





5. 思考题：在空气中的肥皂膜，随着肥皂膜厚度变薄，膜上将出现颜色，当膜进一步变薄并将破裂时，膜上将出现黑色，这是为什么？

解析：空气中的肥皂膜，薄膜的折射率 n_2 同时大于上下表面（空气）的折射率，反射光之间存在半波损失，反射光的光程差为：

$$\delta = 2e\sqrt{n_2^2 - n_1^2 \sin^2 i} + \frac{\lambda}{2}$$

当薄膜的厚度减少到快要破裂的时候，厚度 e 接近0。此时的光程差为： $\delta = \lambda/2$

δ 为半波长的奇数倍，满足干涉相消的条件，所以出现黑色。