第十三次　波动光学 1

一、单选题

1.当两束相干光的光程差大于某一最大光程差时，即使这两束光相遇叠加也不会发生干涉现象，决定这一最大光程差的是　　[A]

A.光源的相干长度　　B.光源的尺寸大小

C.光源的发光强度　　D.光源的发光频率

[解析] 本题考查光场时间相干性的理解。回顾如下：

由于光源所发出的是波长在 $\lambda \sim \lambda+\Delta\lambda$ 范围内的非单色波，叠加后是非定态光波，在空间是一个有效长度为 $L_0=\lambda^2/\Delta\lambda$ 的波包(图 4.3.2). 在图 4.3.3 中，屏上的中心点 O 到双缝 S_1、S_2 的光程相等，因而从 S_1、S_2 出发的两个波包总是同时达到 O 点，在 O 点总能相遇，于是相干叠加产生干涉；而对于 P_1 点，到双缝的的光程不相等，但是光程差小于波包的有效长度，即 $0<\Delta L(P_1)<L_0$，于是上述两个波包虽然是先后到达 P_1 点，但在该点能够相遇，于是也能相干叠加产生干涉；但是，对于 P_2 点，由于 $\Delta L(P_2)=L_0$，当第二个波包到达该点时，第一个波包恰好离开，则两者不能相遇，因而不能产生干涉，相当于从 S_1、S_2 发出的光波先后照射该点. P_2 点之外的所有区域，都是 $\Delta L(P)>L_0$，两列相干的光波总是先后到达，由于不能相遇而不能产生干涉. 正是空间长度有限的波包到达空间某点时间上的差异，而使干涉不能发生，因而被称为**时间相干性.**

时间相干性反映的是光源的非单色性对相干性的影响，非单色性导致光源发光实际上是以波列的形式。当两列光波波列的距离超过了相干长度时，无法发生干涉(可形象的理解为后面的光波追不上前面的光波，二者当然无法在微观层面上发生相互作用)

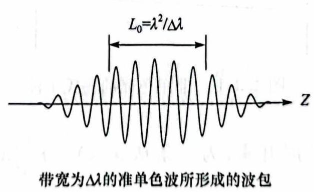


图 4.3.2　非单色光叠加所形成的波包

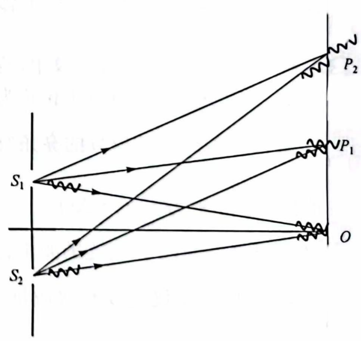


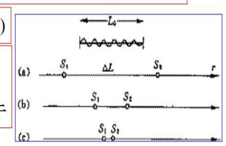
图 4.3.3　时间相干性的说明

准单色光源的波列长度：$l_0=\upsilon\tau_0$，　$\Rightarrow$ 相应光程：$L_0=nl_0=c\tau_0$

光程差：$\Delta L=L_2-L_1=L(\overline{QS_2})-L(\overline{QS_1})$

$$\begin{cases}\Delta L>L_0,\ \text{即}\ \tau>\tau_0,\ (S_1,S_2)\text{非相干}\\ \Delta L<L_0,\ \text{即}\ \tau<\tau_0,\ (S_1,S_2)\text{部分相干}\\ \Delta L\approx 0,\ \text{即}\ \tau\approx 0,\ (S_1,S_2)\text{近乎完全相干}\end{cases}$$

(S_1,S_2')相干程度 $\approx(S_1,S_2)$相干程度



特征量：L_0为相干长度，τ_0为相干时间

相干长度L_0与非单色性$\Delta\lambda/\lambda$的反比关系：$L_0\cdot\dfrac{\Delta\lambda}{\lambda}\approx\lambda$　　$L_0=c\tau_0$，$v=c/\lambda$

物理含义：若波列长度即相干长度越长，则$\Delta\lambda/\lambda$越小，即单色性越好

若引入光频宽度$\Delta\nu$表示非单色性：$\dfrac{\Delta\nu}{\nu}\approx\dfrac{\Delta\lambda}{\lambda}$　　$\Rightarrow\tau_0\cdot\Delta\nu\approx 1$

2.实验室中两只钠光灯发出的两束黄光相遇时观察不到干涉现象，这是因为两束光　　[C]

A.频率不同　　B.光强相差太大

C.不是相干光　　D.光强太弱

[解析] 本题考查干涉现象的条件判断。

根据干涉条件的“频率相等，相位差恒定”，对于两只发出黄光的灯，暂且认为频率相等。

在考虑相位差的时候，我们应该深入思考光源发光的本质：宏观上的发光过程的微观机理是光源中原子热运动的热致发光(热辐射)或者辐射跃迁的结果，因此实际上每个单独发光的原子才是真正意义上的光源。一个光源中的原子数目是巨大的→每一瞬间发出的光波的数量巨大，我们考虑一个光源发出 N 列频率相同的光波的情况，其在某点相遇之后有合振幅的平方等于 N 个各自振幅的平

方+干涉项(写出来就是 cos 任意两个的相位差)；而由于每个原子发光是自发且随机的过程，从统计的角度来看，任意两列光波之间的相位差是随机取值的，即 cos 在 ±1 中间随机取值，根据统计平均的结果，我们认为所有的干涉项相加为零，即一个宏观光源是微观光源非相干叠加的结果。

因此我们容易看出，考虑两个宏观光源，如本题中的两只钠光灯，它们之间发出的波列之间的相位差也是随机取值的，并不恒定，所以不满足相干条件，因此观察不到干涉现象，选择 C.

3.光源的空间相干性取决于光源的　　　　[**A**]

A.线度　　B.强度　　C.单色性　　D.光谱宽度

[解析] 本题考查空间相干性的理解。

空间相干性的概念来自杨氏双缝干涉中的进一步变形，在通常的杨氏双缝干涉实验中，我们认定光源时理想的单色线光源，而实际中光源通常有一定的几何尺寸，即不可能是严格的单色光。

考虑扩展光源的干涉→两个不相干的点光源的杨氏双缝干涉的结果为：两个点光源各自在光屏上产生一套干涉条纹，由于光源位置不同，光程差为零的位置对应到屏上的位置也不同，则两套干涉条纹的图样并不是简单的强度/亮度叠加，我们可以设想，会出现交错重叠的现象，而光场的空间相干性描述的正是这一情况。

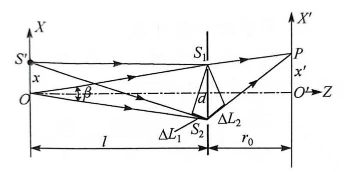


图 4.2.4　扩展光源上任一点光程的计算

考虑到我们不涉及物理光学的计算层面要求，因而略去通过可见度方法严格推导空间相干性的条件的部分。我们定性的来看，考虑两个点光源的距离增大到各自的干涉条纹刚好出现明纹与暗纹重叠的时刻，此时屏上刚好看不到条纹，而在此之前条纹的可见度逐渐降低。因此，我们把此时两个光源之间的距离叫做扩展光源的极限宽度，即产生干涉现象容许的光源线度的上限值。因此空间相干性取决于扩展光源的线度，本题选择 A.

4.在双缝干涉实验中，两条缝的宽度原来是相等的。若其中一缝的宽度略变窄（缝中心位置不变）,则　　　　[**C**]

A.干涉条纹的间距变宽　　B.干涉条纹的间距变窄

C.干涉条纹的间距不变，但原极小处的强度不再为零　　D.不再发生干涉现象

[解析] 本题考查双缝干涉的现象理解。

在双缝干涉实验中，狭缝的宽度本来我们不考虑(狭缝的宽度远远小于缝之间的距离和缝到屏之间的距离)，干涉条纹的分布取决于狭缝之间的距离和缝到接收屏之间的距离，因此缝略微变宽和略微变窄不影响干涉条纹的分布(分布指的是条纹在一定的空间区域内的宽窄以及间隔的分布)。但是缝宽改变了，到光屏上的复振幅不等→光强不等，则原来干涉相消的极小位置处总强度不再为零。所以本题选择 C.

5.振幅相等的两束相干光在空间相遇叠加时，关于叠加区域的光强分布，以下说法正确的是

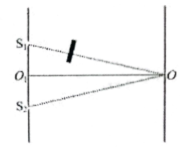
A.最小光强等于零　　B.最大光强是最小光强的 2 倍

C.最大光强是最小光强的 4 倍　　D.空间光强均匀分布　　[**A**]

[解析] 本题考查光波的相干叠加规律。

振幅相等则二者各自的光强相等，在发生相干叠加的时候，最大和最小光强是振幅和、差的平方。计算可得最小光强为零，最大光强为各自独立存在时的 4 倍。

6 .如图所示，双缝干涉实验中，双缝上下对称放置，中央明纹过屏上 O 点、且垂直于纸面。现将一厚度为入射光波长 10 倍的薄玻璃片、垂直于 OS 连线放置。玻璃的折射率为 1.5，空气的折射率为 1.0，则光屏上原来的中央明纹处　[**A**]



A.仍为明纹　B.变为暗纹

C.既非明纹，也非暗纹　D.可能是明纹，也可能是暗纹

[解析] 本题考查双缝干涉中的条纹移动问题。

注意这类问题中，条纹移动主要抓住光程差的变化，光程差的改变决定了位置的变化。d=10λ，前后光程差的变化为Δδ=1.5×10λ−1.0×10λ=5λ.依然是半波长的整数倍，表现为干涉加强，则原来的中央明纹还是明纹，所以本题选择 A。

[变式练习]

【3498】在双缝干涉实验中，入射光的波长为 λ，用玻璃纸遮住双缝中的一个缝，若玻璃纸中光程比相同厚度的空气的光程大 2.5λ，则屏上原来的明纹处

(A) 仍为明条纹　(B) 变为暗条纹

(C) 既非明纹也非暗纹　(D) 无法确定是明纹，还是暗纹

这里的明纹一般是指干涉条纹中最亮的地方，即干涉相长的位置，因此两缝到明纹处的相位差为波长的整数倍，即 $\delta = r_2 - r_1 = n\lambda$。现将一缝【假定为 S_1】用玻璃纸遮住，则该缝到原明纹处的光程发生了变化，依题意，$r_1' = r_1 + 2.5\lambda$，所以新的光程差变为 $\delta' = r_2 - r_1' = r_2 - r_1 - 2.5\lambda = (n-2.5)\lambda$，它一定是半波长的奇数倍，所以一定是暗条纹。若被遮的缝为 S_2，则 $r_2' = r_2 + 2.5\lambda$，$\delta' = r_2' - r_1 = r_2 + 2.5\lambda - r_1 = (n+2.5)\lambda$，也是暗条纹。

7.一束波长为λ的单色光由空气垂直入射到折射率为 n 的透明薄膜上，透明薄膜放置于在空气中，欲使透射光发生相长干涉，则薄膜最小的厚度为　[**D**]

A.λ/4　B.λ/4n　C.λ/2　D.λ/2n

[解析] 本题考查薄膜干涉的规律应用。

首先任何的干涉题目都要通过类似分析过程：辨别干涉装置→找到干涉的两束主体光束的来源→找出并计算光程差，通过干涉规律进行光程差或者距离差的变换。对于本题的薄膜干涉，尤其要注意是反射光还是透射光的干涉，本题中透射光不需考虑反射时的半波损失，则可写出 δ=2nd=(λ/2)×2k，k=1,2,3,4~,则最小厚度 d=λ/2n，所以本题选择 D.

[变式练习]

【3186】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

(A) $\lambda/4$　(B) $\lambda/(4n)$　(C) $\lambda/2$　(D) $\lambda/(2n)$

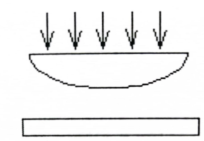
要使反射光干涉加强，即要使干涉相长，所以两束光的光程差要为波长的整数倍，注意这里有半波损失，所以

$$\delta = 2ne + \frac{1}{2}\lambda = k\lambda, k = 1,2,3,\cdots$$

$$e = \frac{2k-1}{4n}\lambda, k = 1,2,3,\cdots$$

所以薄膜的最小厚度为 $k=1$ 时的 e，即 $e_{\min} = \lambda/(4n)$。

8.将一平凸透镜放在平玻璃上，构成如图所示的牛顿环装置。当平凸透镜慢慢地向上平移时，由反射光形成的牛顿环



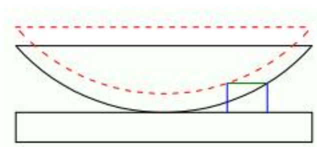
A.向中心收缩，条纹间隔变小

B.向中心收缩，环心呈明暗交替变化

C.向外扩张，环心呈明暗交替变化

D.向外扩张，条纹间隔变小　　[**B**]

[解析] 本题考查牛顿环的干涉规律。



1. 平凸透镜向上移动的过程中，薄膜厚度逐渐增大，注意到同一级的条纹对应的是相同的光程差。同一级条纹的薄膜厚度相同，所以这一级条纹要“追赶”自己对应的厚度，从而表现为整体条纹的移动，即向中心收缩，原来半径大的条纹移动到半径较小的位置处。

2. 对于环心处，薄膜厚度的增加则对应光程差以及相位差的周期性变化(时而变成半波长/π的奇数倍，时而变成半波长/π的偶数倍)，所以环心呈现明暗的交替变化。

3. 对于环心和环边缘，薄膜的厚度差不变，则总体光程差的变化量相同，而任意两个相邻条纹的光程相差一个波长，则视场中的条纹数目保持不变，条纹间隔保持不变。综合分析，本题选择 B.

[变式练习]

【5325】两块平玻璃构成空气劈形膜，左边为棱边，用单色平行光垂直入射。若上面的平玻璃慢慢地向上平移，则干涉条纹

(A) 向棱边方向平移，条纹间隔变小　　(B) 向棱边方向平移，条纹间隔变大

(C) 向棱边方向平移，条纹间隔不变　　(D) 向远离棱边的方向平移，条纹间隔不变

(E) 向远离棱边的方向平移，条纹间隔变小

上平玻璃向上平移的过程中，薄膜厚度逐渐增大，而同一级条纹对应的光程差相同，薄膜厚度相同，所以条纹向左侧棱边平移，即原来右边的条纹（薄膜厚度较大）移到左边的位置。而对于玻璃的两边，薄膜的厚度差不变，所以光程差的变化量相同。两个相邻条纹之间对应的光程差相差一个波长，所以整个视场中条纹的数目保持不变，所以条纹的间隔保持不变。

【5326】两块平玻璃构成空气劈形膜，左边为棱边，用单色平行光垂直入射。若上面的平玻璃以棱边为轴，沿逆时针方向作微小转动，则干涉条纹的

(A) 间隔变小，并向棱边方向平移　　(B) 间隔变大，并向远离棱边方向平移

(C) 间隔不变，向棱边方向平移　　(D) 间隔变小，并向远离棱边方向平移

上平玻璃转动的过程中，薄膜厚度逐渐增大，而同一级条纹对应的光程差相同，薄膜厚度相同，所以条纹向左侧棱边平移，即原来右边的条纹（薄膜厚度较大）移到左边的位置。而对于玻璃的同一位置，薄膜的厚度变大，所以光程差变大。两个相邻条纹之间对应的光程差相差一个波长，所以从棱边到该位置的条纹的数目增加，所以条纹的间隔变小。

9.如图所示的牛顿环的装置中，由同种材料制成的平凸透镜与平面玻璃之间拉开一定距离。现将该装置全部浸入 n=1.60 的液体中，并用波长为λ=500nm 的单色光垂直照射。从下向上观察，看到中心是一个暗斑，此时凸透镜顶点距平板玻璃的距离最少是　[　C　]

A.156.3 nm　　B.148.8 nm　　C.78.1 nm　　D.74.4 nm

[解析] 本题考查牛顿环的干涉规律。 根据前面提到过的分析方法，本题是牛顿环作为装置的等厚干涉模型，要注意的是从下向上观察，即这里涉及到的是透射光和原来的光的干涉现象，由于液体折射率比玻璃大，光密介质→光疏介质没有半波损失，因此有(2k+1) λ /2=2nl，k=0 时，l= λ /4n=78.125nm，所以本题选择 C.

10.在薄膜等倾干涉实验中，为了提高干涉条纹的对比度，常常采用扩展光源，这是因为 [　B　]

（1）入射角相同的光线都聚焦在屏幕上的同一圆周上

（2）扩展光源上不同点发出的光产生的干涉圆环在屏幕上相干叠加

（3）扩展光源上不同点发出的光产生的干涉圆环在屏幕上非相干叠加

（4）扩展光源发出的光具有更好的相干性。

A.(1)、(2)　　B.(1)、(3)　　C.(2)、(4)　　D.(3)、(4)

[解析] 本题考查扩展光源对于等倾干涉的影响。

对于等倾干涉来说，如下图。在两个不同的发光点发出的球面波中，凡是有相同倾角的光都会汇聚到屏上的同一点，而由于具有相同的光程差，则条纹形态与单独的一个点光源是一样的。所以可以认为扩展光源是各自独立，相互之间干涉不影响的点光源的集合，在实验中起到了加强条纹亮度的作用，因此经常使用。而由于相互独立，没有恒定的相位差，则不同点在干涉圆环上是非相干叠加，仅仅是原来强度的增加，因此本题，(1) (3)正确，选择 B.

二、填空题

11.有一频率为 $\nu = 6\times10^{14}$ Hz 的单色光，穿过折射率为 n=1.5 的透明介质薄片，出射后的该单色光相位改变量为 3π，则该介质薄片的厚度为__ $5\times10^{-7}m$ __。

[解析] 本题考查相位差与距离差的简单转换。

首先算出波长，通过相位差得出光程差为 1.5 λ，δ =2nd=1.5 λ =3d，d=0.5 λ 计算即可。

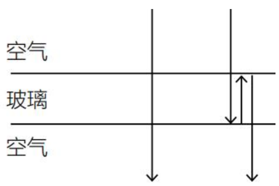
12. 某人用迈克尔逊干涉仪测量一光波波长，当可动反射镜 M 移动 0.310mm 的过程中，观察到干涉条纹移动了 1100 条，则光波的波长为__563.6__nm（保留 4 位有效数字）。

[解析] 本题考查迈克尔逊干涉仪移动问题。

可动反射镜移动距离 Δx 与走过的条纹数 N 之间满足关系：2Δx=Nλ，代入计算即可。

13. 用波长为λ的单色光垂直照射放置于空气中、厚度为 d、折射率为 1.5 的透明薄膜，则两束透射光的光程差δ=___3d___。

[解析] 本题考查薄膜干涉光程差的理解。

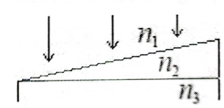


根据左图可以看出两束光束的光程差差在薄膜中的反射来回产生的距离差，因此有 δ =2nd=3d.

14.波阵面分割法是一种通过分光束获得相干光的方法，其原理是在光源发出的某一波面上取出__两个次波源__作为__相干波源__的方法。

[解析] 本题考查概念理解，分振幅以及分波阵面获得相干光的原理要熟悉。

15. 用波长为λ的单色光垂直照射折射率为 n 的劈形膜，如图所示。图中各部分折射率的关系为 $n_1 < n_2 < n_3$ 观察反射光的干涉条纹，从劈形膜尖端开始向右数第 5 条暗条纹中心所对应的厚度 d=__$\frac{9\lambda}{4n_2}$__。（写作分数形式）



[解析] 本题考查薄膜干涉。

注意比较界面两侧介质的折射率差别，可以看出两个界面的反射都是光疏介质→光密介质的反射，都有半波损失，因此考虑光程差的时候抵消 $\Delta\delta = 2n_2 d = (2k+1)\frac{\lambda}{2} \quad k=4 \quad d=\frac{9\lambda}{4n_2}$

16.由同种材料制成的平凸透镜和平板玻璃构成一牛顿环装置，平凸透镜的顶点与平板玻璃接触良好。用单色光垂直照射，观察反射光形成的牛顿环，测得中央暗斑外第 k 个暗环半径为 r_1。现将透镜和玻璃板之间的空气换成某种液体，第 k 个暗环的半径变为 r_2，由此可知该液体的折射率为 $\frac{r_1^2}{r_2^2}$

[解析] 本题考查牛顿环的干涉规律。

根据厚度和半径关系公式 $d=\frac{r^2}{2R}$ **得，** $\begin{aligned}(2k+1)\frac{\lambda}{2} &= \frac{r_1^2}{2R}\cdot 2\cdot 1\\ (2k+1)\frac{\lambda}{2} &= \frac{r_2^2}{2R}\cdot 2\cdot n\end{aligned}$ **进而** $n=\frac{r_1^2}{r_2^2}$

17.两块边长都为 20cm 的正方形玻璃片重叠放置，现在两玻璃片之间紧贴边缘处插入一个小纸条，并用波长为 560nm 的单色光垂直照射到玻璃片上，沿着入射方向观察，相邻两条暗条纹之间的距离是 1.4mm，则小纸条的厚度为__$4\times 10^{-5}m$__。

[解析] 本题考查劈尖干涉的规律应用。

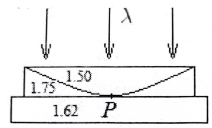
由题可得到 $\begin{aligned}\lambda &= 560nm\\ a &= 1.4mm\\ l &= 20cm\end{aligned}$ **根据劈尖干涉的规律公式可以写出：** $\begin{aligned}a\sin\theta &= \frac{\lambda}{2}\\ \sin\theta \approx \tan\theta &= \frac{d}{l}\end{aligned}$**，得** $\begin{aligned}a\cdot\frac{d}{l} &= \frac{\lambda}{2}\\ d &= \frac{\lambda l}{2a}\end{aligned}$ **计算即可.**

18.在双缝干涉实验中，双缝间距为d，双缝到屏的距离为$D(D>>d)$，测得中央零级明纹与第五级明纹之间的距离为x，则入射光的波长为__ $\frac{xd}{5D}$ __。

[解析] 本题考查杨氏双缝干涉。 $\Delta x=\frac{D\lambda}{d}$

根据双缝干涉条纹间距公式即可 $\lambda=\frac{d\Delta x}{D}=\frac{xd}{5D}$

19.在图示三种透明材料构成的牛顿环装置中，平凸透镜与平板玻璃良好接触。用单色光垂直照射，在<u>反射光</u>中观察干涉条纹，则在接触点处形成的圆斑为__暗__。（填“明”或“暗”）



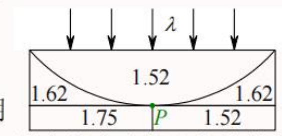
图中数字为各处的折射率

[解析] 本题考查牛顿环变式得理解应用。

反射光中，需要计入半波损失，则有 δ =2×1.75×d+0.5λ=0.5λ， 由于中心接触点 d=0，所以光程差为半波长奇数倍，相消干涉形成暗纹。

[变式练习]

【3185】在图示三种透明材料构成的牛顿环装置中，用单色光垂直照射，在反射光中看到干涉条纹，则在接触点 P 处形成的圆斑为



图中数字为各处的折射率

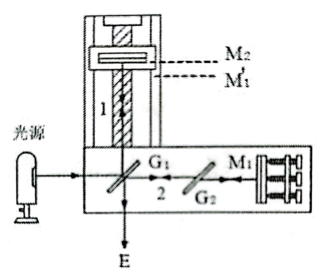
(A) 全明　　(B) 全暗

(C) 右半部明，左半部暗　　(D) 右半部暗，左半部明

【解析】牛顿环，等厚干涉，半波损失。

靠近接触点附近，薄膜厚度趋近于零，因此光程差为零。左半部分，上下两个表面的反射都是从光疏射向光密，都有半波损失，所以总的光程差还是零，因此是相长干涉，是明纹；右半部分，上表面是从光疏射向光密，反射有半波损失，下表面是光密射向光疏，无半波损失，所以总的光程差为 π，因此是相消干涉，是暗纹。

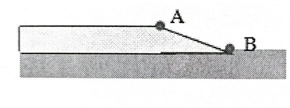
20.图中所示为迈克尔逊干涉仪的光路图，由于玻璃板G_1上所镀银膜的反射，使在反射镜M_2附近形成反射镜M_1的一个虚像M_1'，当M_1'与M_2__平行__时，可以观测到明暗相间的圆形条纹，这种干涉叫做__等倾__干涉。



[解析] 本题考查概念。在迈克尔逊干涉仪中，可动反射镜与固定反射镜的虚像平行时发生的是等倾干涉；不平行时发生等厚干涉。

三、计算题

21. 集成光学中的锲形薄膜耦合器原理图如图所示。在玻璃衬底上沉积氧化钽(Ta_2O_5)薄膜，薄膜锲形端从 A 到 B 的厚度逐渐减小到零。为测定薄膜的厚度，用波长λ=632.8nm 的 He-Ne 激光垂直照射，观察到薄膜锲形端共出现 11 条暗纹，且 A 处对应一条暗纹，试求氧化钽薄膜的厚度（保留 3 位有效数字）。（Ta_2O_5 对 632.8nm 激光的折射率为 n_1=2.21，玻璃的折射率为 n_2=1.52）。



[解析] 本题考查薄膜干涉模型。

21.解：

因为$n_1 > 1$所以上表面存在半波损失，所以B处为暗纹，不妨设薄膜的厚度为h_0

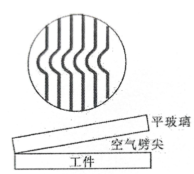
依题意有：

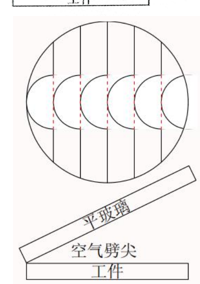
$$n_1(2h_0 - 0) = (11 - 1)\lambda$$

$$解得：h_0 = 1.43 \times 10^{-6} cm$$

于是薄膜厚度便为$h_0 = 1.43 \times 10^{-6} cm$

22. 用劈尖干涉法可检测工件表面缺陷，当波长为λ的单色平行光垂直入射时，若观察到的干涉条纹如图所示，每一条纹弯曲部分的顶点恰好与其左边条纹的直线部分的连线相切，试判断工件表面与条纹弯曲处对应的部分的缺陷（凹陷、凸起），并推导计算缺陷处垂直高度或深度。





[解析] 本题考查通过薄膜干涉的条纹凹陷/凸出来判断平整度的问题。

由于每一条纹路均向左边弯曲，并且空气劈尖为左薄右厚，所以弯曲处应为凹陷

设弯曲处的垂直高度为h_m,则有：

$$2h_m = \lambda$$

$$于是h_m = \frac{\lambda}{2}$$

[变式练习]

【3188】用劈尖干涉法可检测工件表面缺陷，当波长为 λ 的单色平行光垂直入射时，若观察到的干涉条纹如图所示，每一条纹弯曲部分的顶点恰好与其左边条纹的直线部分的连线相切，则工件表面与条纹弯曲处对应的部分

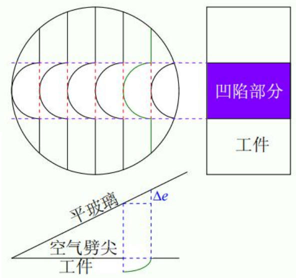
(A) 凸起，且高度为 $\lambda/4$　　(B) 凸起，且高度为 $\lambda/2$

(C) 凹陷，且深度为 $\lambda/2$　　(D) 凹陷，且深度为 $\lambda/4$

同一个条纹对应的光程差相同，相邻条纹，光程差相差一个波长。对于空气膜的等厚干涉，光程差 δ 与薄膜厚度 e 之间的关系为

$$\delta = 2ne + \frac{1}{2}\lambda$$

对于空气膜，折射率 $n=1$。上表面为玻璃板，是标准的平面，下表面为工件，可能存在各种缺陷。



$$\Delta\delta = 2n(\Delta e) = \lambda$$

$$\Delta e = \frac{1}{2n}\lambda$$

23. 一束白光（λ:400～760nm）垂直照射放置于空气中、厚度 d=380nm 的肥皂膜上。假设肥皂膜的折射率为 n=1.32。若从正面观察，该肥皂膜呈现什么颜色？若从背面观察，该肥皂膜呈现什么颜色？

[解析] 本题考查薄膜干涉模型。

先分析题意，如果从正面观测，显然看到的图样应该是反射光的干涉图样，而从背面看看到的应该是透射光的干涉图样，所以目标便是求解反射加强光和透射加强光。

（1）不妨设反射加强光的波长为λ_r,则由反射相干加强条件应该有：

$$\text{光程差}\quad \delta = \frac{\lambda_r}{2} + 2nd$$

$$\text{再由干涉加强条件：}\quad \delta = k\lambda_r,\quad k = 1,2,3...$$

$$\text{于是加强光的波长应该为：}\lambda_r = \frac{2nd}{k-\frac{1}{2}},\quad k = 1,2,3...$$

$$\text{又因为：}400nm < \lambda < 760nm$$

$$\text{所以当且仅当}k = 2, \lambda_r = 668.8nm(\text{红光})$$

$$\text{以及}k = 3, \lambda_r = 401.28nm(\text{紫光})\text{时会加强；}$$

于是正面看会呈现紫红色

（2）同（1）理，不妨设透射加强光的波长为λ_t,则由透射相干加强条件有(容易判断透射时两束光都没有半波损失)：

$$\text{于是类似（1）我们有：光程差}\quad \delta = 2nd$$

$$\text{再由干涉加强条件：}\quad \delta = k\lambda_r,\quad k = 1,2,3...$$

$$\text{于是加强光的波长应该为：}\lambda_r = \frac{2nd}{k},\quad k = 1,2,3...$$

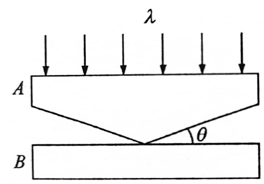
$$\text{又因为：} 400nm < \lambda < 760nm$$
$$\text{所以当且仅当} k = 1, \lambda_r = 501.6nm(\text{绿光})$$
$$\text{于是背面看会呈现绿色}$$

23. 在一块平面玻璃片 B 上，端正地放一锥顶角很大的平底圆锥 A，锥顶与平面玻璃良好接触。在其间形成一劈尖角θ很小的空气薄层，如图所示。当波长为 λ 的单色平行光垂直入射平底圆锥 A 时，从上方可以观察到干涉条纹。

（1）试写出明条纹所满足的条件，并说明干涉图样形状

（2）相邻暗条纹间的空气隙厚度

（3）如果该圆锥稍向左倾斜，干涉条纹有何变化



[解析] 本题考查等厚干涉的综合运用。

(1)这是一个经典的等厚干涉，于是我们不妨设k级明条纹位置距离接触点距离为r_k，则：

由空气薄膜干涉加强条件：

$$(\frac{\lambda}{2} + 2r_k tan\theta) = k\lambda$$

$$\text{得：} r_k = \frac{k - \frac{1}{2}}{2tan\theta},\ k = 1, 2, 3...$$

于是k级明条纹应该满足，距离接触点的距离为$r_k = \dfrac{k - \frac{1}{2}}{2tan\theta},\ k = 1, 2, 3...$

于是不难发现同一级明条纹构成一个圆，所以干涉图样为一个个同心圆环；

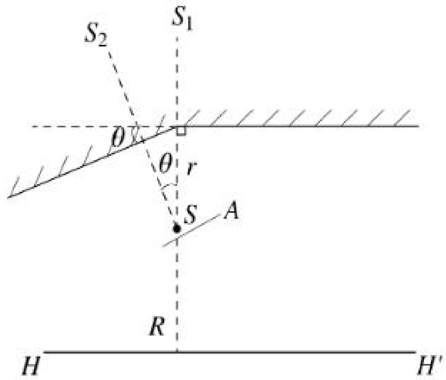
(2)同(1)理，设相邻暗条纹之间的空气厚度为Δd,则有

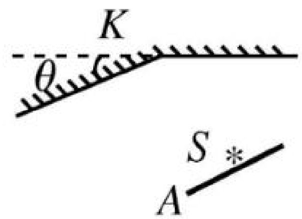
$$\text{光程差} \delta = 2\Delta d = \lambda$$
$$\text{于是} \Delta d = \frac{\lambda}{2}$$

拓展题:

(在大学物理范围内光学其实应该是最简单的一块了，你只需要理解一两个最基本的公式基本上所有的题目都可以通杀了。此次作业中没有涉及到干涉装置的题，所以这里出一个装置题。)

下面是双面镜干涉示意图，两平面交线K对齐并倾斜一个很小的角度θ,在交线前正下方放置一细长的与K平行的波长为λ的单色强光源S，A为遮光板(防止S的光直接照射在屏幕HH'上)，双面镜两束光反射相遇产生干涉。已知$|SK| = r, K$距离HH'为R，求在HH'上产生两相邻干涉条纹的间距Δy.





本题的关键在于求出SS在两平面镜中的虚像$S1$、$S2$的位置，然后用双缝干涉的公式求Δy.

如图，虚像的位置在图中标出，本题中θ是个小量，所以两个像距离屏的距离几乎相同.

求出两个像的距离即可利用杨氏干涉的公式计算出条纹间距.

如图，S_1距离HH'的距离为$R+r$

如图，S_2距离HH'的距离为$R+2rcos^2\theta-r$

两者的差为$2rsin^2\theta$为二阶小量，忽略不计，

故两个虚光源距离屏的距离为

$$L=r+R$$

虚光源的横向间距为$d=2rcos\theta sin\theta=2r\theta$

根据杨氏干涉的条纹间距公式：$\Delta y=\dfrac{L\lambda}{d}=\dfrac{(r+R)\lambda}{2r\theta}=2.45\times10^{-3}m$