

**【强化】2024 年长春理工大学 080300 光学工程
《802 物理光学》考研强化黄金 202 题(名词解释+
简答+计算题)**

主编：掌心博阅电子书

特别说明

本书严格按照该科目今年考研专业课真题题型、试题数量和考试难度出题，结合本专业考研大纲整理编写，由考研学长严格审核校对。其内容涵盖了本科目考研常考试题及重点试题，针对性强，是报考本校该科目考研专业课复习的重要资料。

版权声明

青岛华研教育旗下掌心博阅电子书依法对本书享有专有著作权，同时我们尊重知识产权，对本电子书部分内容参考和引用的市面上已出版或发行图书及来自互联网等资料的文字、图片、表格数据等资料，均要求注明作者和来源。但由于各种原因，如资料引用时未能联系上作者或者无法确认内容来源等，因而有部分未注明作者或来源，在此对原作者或权利人表示感谢。若使用过程中对本书有任何异议请直接联系我们，我们会在第一时间与您沟通处理。

因编撰此电子书属于首次，加之作者水平和时间所限，书中错漏之处在所难免，恳切希望广大考生读者批评指正。

特别说明

本书由本机构编写组多位高分在读研究生按照考试大纲、真题、指定参考书等公开信息潜心整理编写，仅供考研复习参考，与目标学校及研究生院官方无关，如有侵权请联系我们立即处理。

一、名词解释

1. 光栅的色分辨本领

【答案】指可分辨两个波长差很小的谱线的能力。 $A = \frac{\lambda}{(\Delta\lambda)_{\min}} = mN$ ，其中， $(\Delta\lambda)_{\min}$ 为光栅能分辨的最小波长差； m 为级次； N 为光栅总缝数（光栅总线对数）。

2. 瑞利判据

【答案】一个点物衍射图样的中央极大与近旁另一点物衍射图样的第一极小重合，作为光学系统的分辨极限，认为此时系统恰好可以分辨开两个点物，称此分辨标准为瑞利判据。

3. 相干光束会聚角

【答案】对应干涉场上某一点 P 的两支相干光线的夹角 (ω) 。

4. 晶体的光轴

【答案】晶体中存在的一个特殊的方向，当光在晶体中沿此方向传播时不产生双折射现象。

5. 干涉孔径角

【答案】对于干涉场某一点 P 的两支相干光线从光源发出时的张角 (β) 。

6. 折射定律

【答案】①折射光位于由入射光和法线所确定的平面内。

②折射光与入射光分居在法线的两侧。

③折射角与入射角满足： $\sin I' / \sin I = n / n'$ 。

7. 马吕斯定律

【答案】从起偏器出射的光通过一检偏器，透过两偏振器后的光强 I 随两器件透光轴的夹角 θ 而变化，即 $I = I_0 \cos^2 \theta$ 称该式表示的关系式为马吕斯定律。

8. 晶体的主截面

【答案】晶体光轴和晶面法线组成的面为晶体的主截面。

9. 缺级现象

【答案】当干涉因子的某级主极大值刚好与衍射因子的某级极小值重合，这些主极大值就被调制为零，对应级次的主极大就消失了，这种现象就是缺级。

10. 衍射

【答案】通俗的讲，衍射就是当入射光波面受到限制后，将会背离原来的几何传播路径，并呈现光强不均匀分布的现象。

11. 相干长度

【答案】对于光谱宽度为 $\Delta\lambda$ 的光源而言，能够发生干涉现象的最大光程差。

12. 相干时间

【答案】我们把光通过波列长度或相干长度所需的时间称为相干时间。

13. 横向相干宽度

【答案】当光源宽度等于临界宽度时，通过 s_1 ， s_2 两点的光不能发生干涉，则称此时的 s_1 ， s_2 之间的距离为横向相干宽度。

14. 条纹对比度/可见度

【答案】 $K = (I_M - I_m)/(I_M + I_m)$ 它表现了干涉场中某处条纹亮暗反差的程度，其中 I_M 和 I_m 分别是所考察位置附近的最大光强和最小光强。

15. 条纹精细度

【答案】相邻的两个条纹间的相位差距离 2π 与条纹位相差半宽度 $\Delta\delta$ 之比，记作 s ，

$$s = \frac{2\pi}{\Delta\delta} = \frac{\pi\sqrt{F}}{2} = \frac{\pi\sqrt{\rho}}{1-\rho}。$$

16. 标准具的自由光谱范围

【答案】标准具能分辨的最大波长差，用 $(\Delta\lambda)_{S.R}$ 表示。

17. 晶体的主平面

【答案】光线在晶体中的传播方向与晶体光轴组成的平面称为该光线的主平面。

18. 群速度

【答案】振幅恒值点的移动速度。

19. 线色散

【答案】把波长相差 0.1nm 的两条谱线分开的线距离。

20. 坡印亭矢量（辐射强度矢量）

【答案】它表示单位时间内，通过垂直于传播方向的，单位面积的电磁能量的大小。它的方向代表的是能量流动的方向， $\vec{S} = \frac{1}{\mu} \vec{E} \times \vec{B}$ 。

21. 时间相干性

【答案】若同一光源在相干时间 Δt 内不同时刻发出的光，经过不同的路径相遇时能够产生干涉，则称光的这种相干性为时间相干性。

22. 反射定律

【答案】①反射光线位于由入射光线和法线所确定的平面内；
②反射光线和入射光线位于法线两侧；

③反射角与入射角绝对值相等，符号相反，即 $I'' = -I$ 。

23. 发光强度

【答案】辐射强度矢量的时间平均值(I)。

24. 光拍现象

【答案】光强随时间时大时小变化的现象。

25. 光源的临界宽度

【答案】条纹对比度刚好下降为 0 时的光源宽度。

26. 二向色性

【答案】①有些各向异性的晶体对不同振动方向的偏振光有不同的吸收系数，这种特性称为二向色性

②晶体的二向色性还与波长有关，即具有选择吸收特性；

③此外，一些各向同性介质在受到外界作用时也会产生各向异性，并具有二向色性。

27. 全偏振现象（布儒斯特角）

【答案】当入射光是自然光，入射角满足 $\theta_1 + \theta_2 = 90^\circ$ 时， $r_p = 0$ ， $r_s \neq 0$ ，即反射光中只有 S 波，没有 P 波，这样的现象就叫全偏振现象。此时的入射角即为布儒斯特角 θ_B ， $\tan \theta_B = \frac{n_2}{n_1}$

28. 角色散

【答案】把波长相差 0.1nm 的两条谱线分开的角距离。

29. 空间相干性

【答案】若通过光波场横方向上两点的光在空间相遇时能够发生干涉，则称通过这两点的光具有空间相干性。

30. 干涉

【答案】在两个（或多个）光波叠加的区域，某些点的振动始终加强，另一些点的振动始终减弱，形成在该区域内稳定的光强强弱分布的现象。

二、简答题

31. 常见的获取相干光波的方法

【答案】（1）分波前法：对于波动场截取同一波面的不同部分，再度汇合并且干涉；

（2）分振幅法：对于波动场截取同一波面的相同部分，再度汇合并且干涉。

32. 发生干涉的条件

【答案】（1）频率相同；

（2）振动方向相同；

（3）相位差恒定；

（4）光程差小于波列长度。

33. 平面波、球面波、柱面波的一般式

【答案】平面波： $\vec{E} = \vec{A} \exp\{i(\vec{k} \cdot \vec{r} \pm \omega t)\}$ ；球面波： $E = \frac{A_1}{r} \exp\{i(k \cdot r \pm \omega t)\}$ ；柱面波： $E = \frac{A_1}{\sqrt{r}} \exp\{i(k \cdot r \pm \omega t)\}$

34. 用眼比用仪器更易找到条纹的原因

【答案】(1) 人眼具有自动调节能力，能使最清晰的干涉条纹成像在视网膜上；

(2) 人眼的瞳孔比一般的透镜的孔径小得多，限制了扩展光源的实际有效尺寸，加大了人眼观察干涉条纹区域的定域深度；

综上所述，用人眼更容易找到干涉条纹。

35. 电磁场波动方程的数学表示式

【答案】电场的波动方程： $\nabla^2 \vec{E} - \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = 0$ ；磁场的波动方程： $\nabla^2 \vec{B} - \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \vec{B}}{\partial t^2} = 0$

36. 平面电磁波性质

【答案】(1) 平面电磁波是横波

(2) $\vec{E} \perp \vec{B} \perp \vec{k}$ ，并且构成右手螺旋系

(3) $\vec{E}$ 和 $\vec{B}$ 同相位

37. 自然光获取圆偏振光或椭圆偏振光的方法

【答案】(1) 自然光获取椭圆偏振光：自然光先通过一个起偏器，产生线偏振光，再通过一个 $1/4$ 波片，波片的快（慢）轴与起偏器的透光轴夹角不为 0° 和 $\pm 45^\circ$ 时，出射椭圆偏振光。

(2) 自然光获取圆偏振光：自然光先通过一个起偏器，产生线偏振光，再通过一个 $1/4$ 波片，当波片的快（慢）轴与起偏器的透光轴夹角为 $\pm 45^\circ$ 时，出射圆偏振光。

38. 圆孔、圆屏菲涅耳衍射现象及圆孔的夫琅和费衍射现象三者区别

【答案】(1) 圆孔菲涅耳衍射：图样是一组亮暗交替的同心圆环条纹，中心可能是亮点也可能是暗点。

(2) 圆屏菲涅耳衍射：是中心为亮点，周围有一些亮暗相间的圆环条纹

(3) 圆孔的夫琅和费衍射：产生的是明暗相间，非等间隔同心圆环形条纹，其中央“爱里斑”集中了 80% 以上的能量。

39. 驻波是如何形成的，驻波的波节和波腹的位置是否随时间而发生变化

【答案】两个频率相同、振动方向相同、传播方向相反的单色光波叠加而成。波节和波腹的位置不随时间而变。

40. 闪耀光栅的光栅方程（分光线垂直单个槽面入射和光线垂直光栅面入射两种情况）

【答案】(1) 光线垂直单个槽面入射： $2d \sin r = m\lambda$ 。

(2) 光线垂直光栅面入射： $d \sin(2r) = m\lambda$ 。

41. 肥皂泡为什么是彩色的、明暗相间的

【答案】(1) 构成肥皂泡的水膜很薄，且受重力影响导致上薄下厚，形成薄楔板；

(2) 楔板在自然光照射下形成干涉，薄楔板干涉的定域面在楔板附近，因此人们看到的条纹在肥皂泡上。

(3) 又因为入射光为复色光，干涉条纹的形成与波长相关，所以形成彩色的明暗相间条纹。

42. 望远镜、照相物镜、显微镜的分辨率定义及相应公式

【答案】(1) 望远镜：恰好分辨时，两点物对望远物镜的张角 (α)。

$$\text{瑞利判据 } \alpha = \frac{1.22\lambda}{D_\lambda}; \quad \text{道威判据 } \alpha = 0.85 \frac{1.22\lambda}{D_\lambda}.$$

(2) 照相物镜：像面上每毫米能分辨的线对数 (N)。

$$\text{瑞利判据 } N = \frac{D}{1.22\lambda \cdot f'}; \quad \text{道威判据 } N = \frac{D}{0.85 \times 1.22\lambda \cdot f'}.$$

(3) 显微镜：用能分辨的物方的最小线值 (ε)。

$$\text{瑞利判据 } \varepsilon = \frac{0.61\lambda}{NA}; \quad \text{道威判据 } \varepsilon = \frac{0.5\lambda}{NA}.$$

43. 垂直入射及任意角入射时的光栅方程

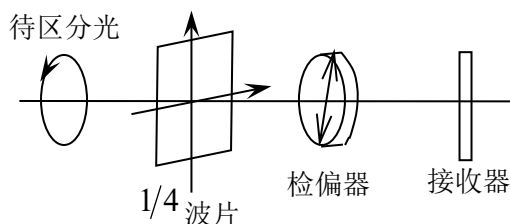
【答案】垂直入射时的光栅方程： $d \sin \theta = m\lambda$ 。

任意角入射时的光栅方程： $d(\sin i \pm \sin \theta) = m\lambda$ 。

44. 椭圆偏振光 (或圆偏振光) 的旋向如何判定

【答案】 $\sin \delta < 0$ 右旋， $\sin \delta > 0$ 左旋， $\delta = \alpha_1 - \alpha_2$

45. 区别椭圆偏振光、自然光+椭圆偏振光、自然光+线偏振光的方法



【答案】将检偏器停在透射光强最大位置之后，在检偏器前放入 $1/4$ 波片，并使它的快轴与检偏器透光轴平行，然后转动检偏器进行观察。

(1) 当椭圆偏振光入射时，通过 $1/4$ 波片后变成了线偏振光，转动检偏器可以看到有两个消光位置；

(2) 当线偏振光与自然光混合而成的部分线偏振光入射时，通过 $1/4$ 波片后仍为部分线偏振光，若将波片转过 45° ，它将变为部分圆偏振光，因此检偏器转动时光强不变；

(3) 当椭圆偏振光与自然光混合而成的部分椭圆偏振光入射时，通过 $1/4$ 波片后将变为部分线偏振光，若将 $1/4$ 波片转过 45° ，它仍然是部分椭圆偏振光，因此转动检偏器时仍然出现光强的明暗变化。

46. 金属中光波与倏逝波的异同点

【答案】相同点：都是平面波；

不同点：(1) 金属中光波沿垂直界面方向传播；倏逝波沿界面方向传播。

(2) 金属中光波振幅在垂直界面方向按指数衰减, 振幅衰减方向与传播方向相同, 能量迅速消耗; 倏逝波的振幅在垂直界面方向按指数衰减, 振幅衰减方向与传播方向相垂直, 没有能量损失。

47. 产生偏振光的方法

- 【答案】(1) 利用折反射产生线偏振光;
(2) 利用二向色性产生线偏振光;
(3) 利用双折射产生线偏振光;
(4) 利用光的色散产生线偏振光。

48. 影响干涉条纹对比度的因素

- 【答案】(1) 两相干光束的振幅比;
(2) 光源的大小;
(3) 光源的非单色性。

49. 原子发光特点

- 【答案】(1) 实际原子发出的是一段儿一段儿有限大的波列;
(2) 振幅在持续时间内保持不变或变化缓慢;
(3) 前后波列之间没有固定的相位关系;
(4) 各个波列的振动方向不同。

50. 彩色肥皂泡在快要破裂时会变暗的原因

- 【答案】(1) 形成肥皂泡的水膜构成楔板, 并在肥皂泡附近形成彩色的干涉条纹;
(2) 楔板光程差 $\Delta = 2nh \cos \theta_2 + \frac{\lambda}{2}$, 在快要破裂时, $h \rightarrow 0$, $\Delta \rightarrow \frac{\lambda}{2}$ 为暗纹, 因此肥皂泡在快要破裂时会失去色彩并变暗。

51. 分波前法和分振幅法的区别及其典型代表

- 【答案】(1) 分波前法, 截取的是同一波面的不同部分, 再度汇合并干涉及干涉。典型代表: 杨氏干涉
(2) 分振幅法, 截取的是同一波面的相同部分, 再度汇合并干涉及干涉。典型代表: $\beta = 0$ 平行平板双光束干涉。

52. 各向同性均匀介质的物质方程表示式及各个物理量的意义

- 【答案】 $\vec{j} = \sigma \vec{E}$, σ ——电导率;
 $\vec{D} = \epsilon \vec{E}$, ϵ ——介电常数;
 $\vec{B} = \mu \vec{H}$, μ ——磁导率

三、计算题

53. 在杨氏双缝干涉的双缝后面分别放置 $n_1 = 1.4$ 和 $n_2 = 1.7$, 厚度同为 t 的玻璃片后, 原来中央极大所在点被第 5 级亮纹所占据。设 $\lambda = 480 \text{ nm}$, 求玻璃片厚度 t 以及条纹迁移的方向。

【答案】由题意, 得 $(n_2 - n_1)t = 5\lambda$,

$$\text{所以 } t = \frac{5\lambda}{n_2 - n_1} = \frac{5 \times 480 \times 10^{-9}}{1.7 - 1.4} = 8 \times 10^{-6} \text{ m} = 8 \mu\text{m}'$$

条纹迁移方向向下。

54. 一闪耀光栅刻线数为 100 条/mm, 用 $\lambda = 600 \text{ nm}$ 的单色平行光垂直入射到光栅平面, 若第二级光谱闪耀, 闪耀角应为多大?

【答案】由于第二级光谱闪耀, 则: $2d \sin \theta_0 = 2\lambda$

$$\therefore \text{闪耀角为: } \theta_0 = \arcsin \frac{\lambda}{d} = \arcsin \frac{600 \times 10^{-6}}{1/100} = 3.44^\circ$$

55. 单色点光源 ($\lambda = 500 \text{ nm}$) 安放在离光阑 1m 远的地方, 光阑上有一个内外半径分别为 0.5mm 和 1mm 的通光圆环, 接收点离光阑 1m 远, 问在接收点的光强和没有光阑时的光强之比是多少?

【答案】半径为 1mm 的圆孔包含的波带数为:

$$N_1 = \frac{\rho_1^2}{\lambda R} \left(1 + \frac{R}{r_0}\right) = \frac{1^2}{0.5 \times 1} \left(1 + \frac{1}{1}\right) = 4$$

半径为 0.5mm 的圆孔挡住的波带数为:

$$N_2 = \frac{\rho_2^2}{\lambda R} \left(1 + \frac{R}{r_0}\right) = \frac{0.5^2}{0.5 \times 1} \left(1 + \frac{1}{1}\right) = 1$$

$\therefore$ 通光圆环通过的波带数为 3, 因此通光圆环在接收点产生的振幅等于一个波带在接收点产生的振幅, 且近似地等于第一个波带产生的振幅, 即:

$$E' = E_0$$

$$\text{没有光阑时, 接收点的振幅为: } E = \frac{E_0}{2}$$

$$\therefore \text{光强之比为: } \frac{I'}{I} = \left(\frac{E'}{E}\right)^2 = 4$$

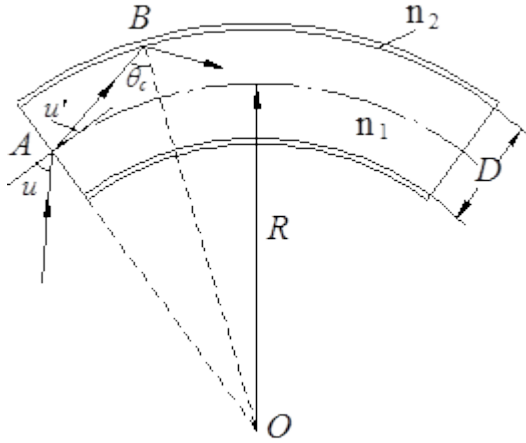
56. 一天文望远镜的物镜直径 $D = 100 \text{ mm}$, 人眼瞳孔的直径 $d = 2 \text{ mm}$, 求对于发射波长为 $\lambda = 0.5 \mu\text{m}$ 光的物体的角分辨极限。为充分利用物镜的分辨本领, 该望远镜的放大率应选多大?

$$\text{【答案】当望远镜的角分辨率为: } \theta = 1.22 \frac{\lambda}{D} = 1.22 \times \frac{0.5 \times 10^{-6}}{100 \times 10^{-3}} = 6.1 \times 10^{-6} \text{ rad}$$

$$\text{人眼的最小分辨角为: } \theta_e = 1.22 \frac{\lambda}{d} = 1.22 \times \frac{0.5 \times 10^{-6}}{2 \times 10^{-3}} = 3.05 \times 10^{-4} \text{ rad}$$

$$\therefore \text{望远镜的放大率应为: } M = \frac{\theta_e}{\theta} = \frac{D}{d} = 50$$

57. 如图所示是一根弯曲的圆柱形光纤, 光纤芯和包层的折射率分别为 n_1 和 n_2 ($n_1 > n_2$), 光纤芯的直径为 D , 曲率半径为 R 。(1) 证明入射光的最大孔径角 $2u$ 满足: $\sin u = \sqrt{n_1^2 - n_2^2 \left(1 + \frac{D}{2R}\right)^2}$; (2) 若 $n_1 = 1.62$, $n_2 = 1.52$, $D = 70\mu\text{m}$, $R = 12\text{mm}$, 则最大孔径角为多少?



【答案】在 $\triangle AOB$ 中, 有:

$$\frac{\sin \theta_c}{R} = \frac{\sin(u' + 90^\circ)}{R + \frac{D}{2}} = \frac{\cos u'}{R + \frac{D}{2}}$$

$$\therefore \cos u' = \frac{R + \frac{D}{2}}{R} \sin \theta_c = \left(1 + \frac{D}{2R}\right) \sin \theta_c$$

$$\therefore \sin u' = \sqrt{1 - \cos^2 u'} = \frac{R + \frac{D}{2}}{R} \sin \theta_c = \sqrt{1 - \left(1 + \frac{D}{2R}\right)^2 \sin^2 \theta_c}$$

$$\therefore \sin \theta_c = \frac{n_2}{n_1} \therefore \sin u' = \sqrt{1 - \left(1 + \frac{D}{2R}\right)^2 \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2}$$

$$\therefore \sin u = n_1 \sin u' = n_1 \sqrt{1 - \left(1 + \frac{D}{2R}\right)^2 \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2} = \sqrt{n_1^2 - n_2^2 \left(1 + \frac{D}{2R}\right)^2}$$

(2) 当 $n_1 = 1.62$, $n_2 = 1.52$, $D = 70\mu\text{m}$, $R = 12\text{mm}$ 时:

$$\sin u = \sqrt{1.62^2 - 1.52^2 \left(1 + \frac{70 \times 10^{-3}}{2 \times 12}\right)^2} = 0.548$$

$\therefore$ 最大孔径角为: $2u = 66.47^\circ$

58. 一块每毫米 500 条缝的光栅, 用钠黄光正入射, 观察衍射光谱。钠黄光包含两条谱线, 其波长分别为 589.6nm 和 589.0nm。求在第二级光谱中这两条谱线互相分离的角度。

【答案】光栅公式 $d \sin \theta = m\lambda$, $d = \frac{1}{500} \text{mm} = 2 \times 10^{-3} \text{mm}$,

所以 $\theta_1 = \arcsin \frac{m\lambda_1}{d} = \arcsin \frac{2 \times 589.6 \times 10^{-6}}{2 \times 10^{-3}} = 36.1286^\circ$, 同理 $\theta_2 = 36.0861^\circ$, 所以第二级光谱中这两条谱

线互相分离的角度 $\delta = \theta_1 - \theta_2 = 0.0425^\circ = 2' 33''$ 。

59. 考察缝宽 $a = 8.8 \times 10^{-3} \text{ cm}$, 双缝间隔 $d = 7.0 \times 10^{-2} \text{ cm}$, 波长为 $0.6328 \mu\text{m}$ 时的双缝衍射, 在中央极大两侧衍射极小值间, 将出现多少个干涉极小值? 若屏离开双缝 457.2 cm , 计算条纹宽度。

【答案】中央极大两侧衍射极小值满足: $a \sin \theta = \pm \lambda$

$\therefore$ 在中央极大两侧衍射极小值间的衍射角将满足: $\sin \theta \leq \pm \frac{\lambda}{a}$

干涉极小满足: $d \sin \theta = (m + \frac{1}{2})\lambda$

$m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$

$\therefore$ 在中央极大两侧衍射极小值间, 干涉极小满足:

$$\left| (m + \frac{1}{2})\lambda \right| \leq \frac{d}{a} \lambda$$

$$\therefore \frac{d}{a} = \frac{7.0 \times 10^{-2}}{8.8 \times 10^{-3}} \approx 7.95$$

$\therefore m$ 的取值可为 $0, \pm 1, \pm 2, \dots, \pm 7, -8$

$\therefore$ 出现的干涉极小值个数为 16 个

$$\text{条纹宽度为: } e = D \frac{\lambda}{d} = 4572 \times \frac{0.6328 \times 10^{-3}}{0.7} = 4.13 \text{ mm}$$

60. 平行光以布儒斯特角从空气中射到玻璃($n = 1.5$)上, 求: (1) 能流反射率 R_p 和 R_s ; (2) 能流透射率 T_p 和 T_s 。

【答案】由题意, 得 $n = \frac{n_2}{n_1} = 1.5$,

又 θ 为布儒斯特角, 则 $\theta + i = 90^\circ \dots \dots \textcircled{1}$

$$n_1 \sin \theta = n_2 \sin i \Rightarrow \sin \theta = n \sin i \dots \dots \textcircled{2}$$

由①、②得, $\theta = 56.31^\circ, i = 33.69^\circ$ 。

$$(1) R_p = \frac{\tan^2(\theta - i)}{\tan^2(\theta + i)} = 0,$$

$$R_s = \frac{\sin^2(\theta - i)}{\sin^2(\theta + i)} = 0.148 = 14.8\%$$

(2) 由 $R_p + T_p = 1$, 可得 $T_p = 1$,

同理, $T_s = 85.2\%$ 。

61. F-P 干涉仪两反射镜的反射率为 0.5, 试求它的最大透射率和最小透射率。若干涉仪两反射镜以折射率 $n = 1.6$ 的玻璃平板代替, 最大透射率和最小透射率又是多少? (不考虑系统吸收)

【答案】当反射率 $R = 0.5$ 时, 由光强公式

$$I_M^{(t)} = I, I_m^{(t)} = \frac{(1 - R)^2}{4R + (1 - R)^2} I^{(i)}$$

可得最大透射率 $T_M = 1$;

$$\text{最小透射率 } T_m = \frac{(1 - R)^2}{4R + (1 - R)^2} = 0.11$$

当用玻璃平板代替时, $n = 1.6$, 则

$$R_n = \left(\frac{n - 1}{n + 1} \right)^2 = \left(\frac{1.6 - 1}{1.6 + 1} \right)^2$$

所以 $T'_M = 1$, $T'_m = \frac{(1-R_R)^2}{4R_R + (1-R_R)^2} \approx 0.81^\circ$

62. 若望远镜能分辨角距离为 $3 \times 10^{-7} \text{rad}$ 的两颗星, 它的物镜的最小直径是多少? 为了充分利用望远镜的分辨本领, 望远镜应有多大的放大率?

【答案】光的波长 $\lambda = 550 \text{nm}$, 则由公式 $\theta = 1.22 \frac{\lambda}{D}$,

最小直径 $D = 1.22 \frac{\lambda}{\theta} = 1.22 \times \frac{550 \times 10^{-9}}{3 \times 10^{-7}} \text{m} = 2.24 \text{m}$

因为人眼的最小分辨角为 $2.9 \times 10^{-4} \text{rad}$,

所以放大率 $N = \frac{2.9 \times 10^{-4}}{3 \times 10^{-7}} = 970^\circ$

63. 在杨氏干涉实验中, 照射两小孔的光源是一个直径为 3mm 的圆形光源。光源发射光的波长为 $0.5 \mu\text{m}$, 它到小孔的距离为 2m 。问小孔能够发生干涉的最大距离是多少?

【答案】扩展光源对两小孔 $S_1 S_2$ 中点的张角为:

$\tan \frac{\theta}{2} = \frac{3 \times 10^{-3} / 2}{2} = 0.75 \times 10^{-3}$

$\therefore \theta \approx 2 \times 0.75 \times 10^{-3} = 1.5 \times 10^{-3} \text{rad}$

圆形光源的横向相干宽度为: $d_t = \frac{1.22 \lambda}{\theta} = \frac{1.22 \times 0.5 \times 10^{-6}}{1.5 \times 10^{-3}} = 0.41 \text{mm}$

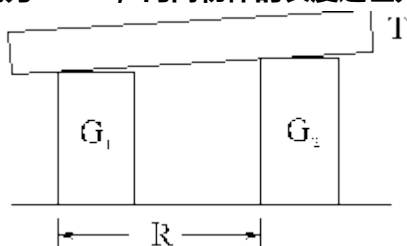
$\therefore$ 小孔能够发生干涉的最大距离是 0.41mm

64. 由自然光和圆偏振光组成的部分偏振光, 通过一块 $\lambda/4$ 波片和一块旋转的检偏镜, 已知得到的最大光强是最小光强的 7 倍, 求自然光强占部分偏振光强的百分比。

【答案】设自然光和圆偏振光的光强分别为 I_1 和 I_2 , 则部分偏振光的光强为 $I = I_1 + I_2$ 。

圆偏振光经过 $\lambda/4$ 波片后成为线偏振光, 光强仍为 I_2 。当线偏振光光矢的振动方向与检偏器的透光方向一致时, 从检偏器出射的光强最大, 其值为 I_2 , 当其振动方向与透光方向互相垂直时其值为零。自然光通过 $\lambda/4$ 波片后还是自然光, 通过检偏器后光强为 $\frac{1}{2} I_1$ 。因此, 透过旋转的检偏器出射的最大光强和最小光强分别为 $I_{\max} = \frac{1}{2} I_1 + I_2$, $I_{\min} = \frac{1}{2} I_1$, 又题给 $I_{\max} = 7 I_{\min}$, 因此 $I_2 = 3 I_1$, 所以, 自然光强占部分偏振光强的百分比为 $\frac{I_1}{I} = \frac{I_1}{I_1 + 3 I_1} = 25\%$ 。

65. 如图, G_1 是待检物体, G_2 是一标定长度的标准物, T 是放在两物体上的透明玻璃板。假设在波长 $\lambda = 550 \text{nm}$ 的单色光垂直照射下, 玻璃板和物体之间的楔形空气层产生间距为 1.8mm 的条纹, 两物体之间的距离为 80mm , 问两物体的长度之差为多少?



【答案】当垂直入射时, 条纹间隔为: $e = \frac{\lambda}{2n \sin \alpha}$

∴在该题中是空气层的楔角，且 α 角很小

$$\therefore e \approx \frac{\lambda}{2\alpha} \therefore \alpha = \frac{\lambda}{2e} = \frac{550 \times 10^{-6}}{2 \times 1.8} = 0.153 \times 10^{-3} \text{ rad}$$

$$\therefore \text{两物体的长度之差为: } \Delta h = R \tan \alpha \approx R \alpha = 80 \text{ mm} \times 0.153 \times 10^{-3} = 12.24 \times 10^{-3} \text{ mm}$$

66. 借助于直径为 2m 的反射式望远镜，将地球上的一束激光 ($\lambda = 600 \text{ nm}$) 聚焦在月球上某处。如果月球距地球 $4 \times 10^5 \text{ km}$ 。忽略地球大气层的影响，试计算激光在月球上的光斑直径。

【答案】由于衍射效应，反射式望远镜对激光成像的爱里斑角半径为：

$$\theta_0 = 1.22 \frac{\lambda}{D} = 1.22 \times \frac{600 \times 10^{-9}}{2} = 3.66 \times 10^{-7} \text{ rad}$$

由于角度很小，因此 $\tan \theta_0 \approx \theta_0$

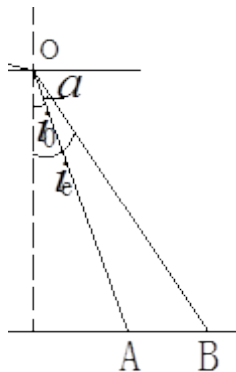
$$\therefore \text{激光在月球上的光斑直径为: } D' = l \theta_0 = 4 \times 10^8 \times 3.66 \times 10^{-7} = 146.4 \text{ m}$$

67. 利用牛顿环测透镜曲率半径时，测量出第 10 个暗环的直径为 2cm，若所用单色光波长为 500nm，透镜的曲率半径是多少？

【答案】由曲率半径公式 $R = \frac{r^2}{N\lambda}$

$$= \frac{\left(\frac{2}{2} \times 10^{-2}\right)^2}{10 \times 500 \times 10^{-9}} \text{ m} = 20 \text{ m}$$

68. 一细光束掠入射单轴晶体，晶体的光轴与入射面垂直，晶体的另一面与折射表面平行。已知 o、e 光在第二个面上分开的距离是 3mm，若 $n_o = 1.525$ ， $n_e = 1.479$ ，计算晶体的厚度。



【答案】如图所示，入射角 $i \approx 90^\circ$ 。根据题意，o 光和 e 光均满足折射定律，且晶体中的 o 光和 e 光折射率大小等于其主折射率，其折射角：

$$\sin i_o = \frac{\sin i}{n_o} \approx \frac{\sin 90^\circ}{1.525} \approx 0.656$$

$$\therefore i_o \approx 40.996^\circ$$

$$\sin i_e = \frac{\sin i}{n_e} \approx \frac{\sin 90^\circ}{1.479} \approx 0.676$$

$$\therefore i_e \approx 42.532^\circ$$

由于光轴垂直于入射面，因此 o 光和 e 光的光线与波法线方向不分离，所以两折射光线的夹角 $\alpha = i_e - i_o = 1.536^\circ$

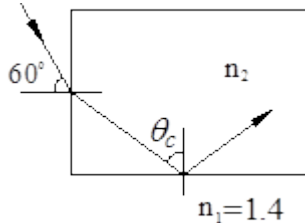
$$\text{根据图中几何关系: } \frac{\sin \alpha}{AB} = \frac{\sin \angle OBA}{OA}$$

其中 $\angle OBA = 90^\circ - i_e = 47.468^\circ$, $AB = 3\text{mm}$

$$\therefore OA = \frac{3 \times \sin 47.468^\circ}{\sin 1.563^\circ} \approx 81.049\text{mm}$$

$$\therefore \text{晶体厚度 } d = OA \cdot \cos i_o \approx 61.172\text{mm}$$

69. 如图, 玻璃块周围介质的折射率为 1.4。若光束射向玻璃块的入射角为 60° , 问玻璃块的折射率至少应为多大才能使透入光束发生全发射?



【答案】设玻璃的折射率为 n_2 , 则发生全发射的临界角为: $\theta_c = \arcsin \frac{1.4}{n_2}$

$$\therefore \cos \theta_c = \sqrt{1 - \left(\frac{1.4}{n_2}\right)^2}$$

由图中几何关系, 折射角 $\theta_2 = 90^\circ - \theta_c$

由折射定律: $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$

$$\therefore 1.4 \times \sin 60^\circ = n_2 \sin(90^\circ - \theta_c) = n_2 \sqrt{1 - \left(\frac{1.4}{n_2}\right)^2}$$

$$\therefore n_2 = 1.85$$

70. 在一些大型的天文望远镜中, 把通光圆孔做成环孔。若环孔外径和内径分别为 a 和 $a/2$, 问环孔的分辨本领比半径为 a 的圆孔的分辨本领提高了多少?

【答案】由 $\alpha = \frac{\pi D \sin \theta_x}{\lambda} \approx \frac{\pi D \theta_x}{\lambda} \approx 3.144$, 环孔衍射图样第一个零点的角半径为 $\theta = 3.144 \frac{\lambda}{2\pi a} = 0.51 \frac{\lambda}{a}$,

按照瑞利判据, 天文望远镜的最小分辨角就是 $\theta = 0.51 \frac{\lambda}{a}$, 与中心部分没有遮挡的圆孔情形 ($\theta = 0.61 \frac{\lambda}{a}$)

相比较, 分辨本领提高了, 即

$$\frac{0.61 - 0.51}{(0.61 + 0.51)/2} = 17.9\%$$

71. 一块每毫米 50 条线的光栅, 如要求它产生的红光 ($\lambda = 700\text{nm}$) 的一级谱线和零级谱线之间的角距离为 5° , 红光需用多大的角度入射光栅?

【答案】光栅方程为: $d(\sin \theta - \sin \varphi) = m\lambda$

对于红光的零级谱线: $d(\sin \theta_0 - \sin \varphi) = 0$

$$\therefore \sin \theta_0 = \sin \varphi$$

对于红光的一级谱线: $d(\sin \theta_1 - \sin \varphi) = \lambda$

$$\therefore \sin \theta_1 = \frac{\lambda}{d} + \sin \varphi = \frac{\lambda}{d} + \sin \theta_0$$

由微分定理: $\sin \theta_1 - \sin \theta_0 = \Delta \theta \cos \theta_0$

$$\therefore \Delta\theta \cos \theta_0 = \frac{\lambda}{d} \quad \Delta\theta = 5^\circ = 0.087 \text{ rad}$$

$$\therefore \cos \theta_0 = \frac{\lambda}{\Delta\theta d} = \frac{700 \times 10^{-6}}{0.087 \times \frac{1}{50}} = 7 \times 10^{-3} = 0.40$$

入射角为: $\varphi = \theta_0 = 66.42^\circ$

72. 由氩离子激光器发出波长 $\lambda = 488 \text{ nm}$ 的蓝色平面光, 垂直照射在一不透明屏的水平矩形孔上, 此矩形孔尺寸为 $0.75 \text{ mm} \times 0.25 \text{ mm}$ 。在位于矩形孔附近正透镜 ($f = 2.5 \text{ m}$) 焦平面处的屏上观察衍射图样, 试求中央亮斑的尺寸。

【答案】中央亮斑边缘的坐标为:

$$x = \pm \frac{f\lambda}{a} = \pm \frac{2500 \times 488 \times 10^{-6}}{0.75} = \pm 1.63 \text{ mm}$$

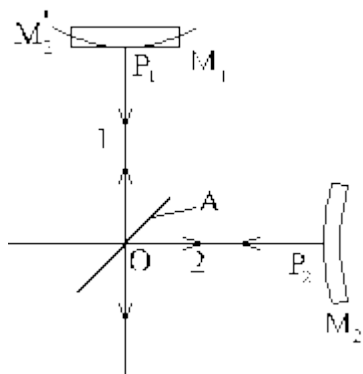
$$2|x| = 3.26 \text{ mm}$$

$$y = \pm \frac{f\lambda}{b} = \pm \frac{2500 \times 488 \times 10^{-6}}{0.25} = \pm 4.88 \text{ mm}$$

$$2|y| = 9.76 \text{ mm}$$

$\therefore$ 中央亮斑是尺寸为 $3.26 \text{ mm} \times 9.76 \text{ mm}$ 的竖直矩形

73. 利用如图所示的干涉系统可测量大球面反射镜的曲率半径。图中球面反射镜的球心位于 OP_2 的延长线上, 由 O 到 P_1 和到 P_2 的光程相等。假设半反射面 A 的镀膜恰使光束 1、2 的附加程差为零。在准直的单色光照射下, 系统产生一些同心圆环条纹。若第十个暗环的半径为 6 mm , 单色光波长为 580 nm , 问球面反射镜的曲率半径是多少?



【答案】作出球面反射镜 M_2 在半反射面 A 中的虚像 M_2' , 系统产生的条纹亦可视为由虚空气薄层 $M_1 M_2'$ 所产生, 条纹即是牛顿环。

由题意, O 到 P_1 和到 P_2 的光程相等, 且附加程差为零, 所以圆环中心为一亮点, 干涉级数为 0。由圆心向外, 第 10 个暗环的干涉级数为 $(10 - \frac{1}{2})$, 故对应的空气层厚度为:

$$h = (10 - \frac{1}{2}) \frac{\lambda}{2}$$

$$\therefore r_N^2 = 2Rh = \frac{19}{2} R\lambda$$

$$\therefore R = \frac{2r_N^2}{19\lambda} = \frac{2 \times (6 \times 10^{-3})^2}{19 \times 580 \times 10^{-9}} \approx 6.53m$$

74. 波长 $\lambda = 500 \text{ nm}$ 的平行光垂直照射在宽度为 0.025 mm 的单缝上, 以焦距为 50 cm 的会聚透镜将衍射光聚焦于焦面上进行观察, 求: (1) 衍射图样中央亮纹的半宽度; (2) 第一亮纹和第二亮纹到中央亮纹的距离; (3) 第一亮纹和第二亮纹相对于中央亮纹的强度。

【答案】(1) 中央亮纹的半角宽度为:

$$\theta_0 = \frac{\lambda}{a} = \frac{500 \times 10^{-6}}{0.025} = 0.02 \text{ rad}$$

$$\therefore \text{中央亮纹的半宽度为: } e = f\theta_0 = 50 \times 0.02 = 1 \text{ cm}$$

(2) 第一亮纹的位置对应于 $\alpha = \pm 1.43\pi$, 即:

$$\frac{ka}{2} \sin \theta_1 = \pm 1.43\pi$$

$$\therefore \theta_1 = \arcsin \frac{\pm 1.43\lambda}{a} = \arcsin \frac{\pm 1.43 \times 500 \times 10^{-6}}{0.025} = \arcsin \pm 0.0286 \approx \pm 0.0286 \text{ rad}$$

$\therefore$ 第一亮纹到中央亮纹的距离为:

$$q_1 = f|\theta_1| - e = 50 \times 0.0286 - 1 = 0.43 \text{ cm}$$

第二亮纹对应于 $\alpha = \pm 2.46\pi$

$$\therefore \theta_2 = \arcsin \frac{\pm 2.46\lambda}{a} = \arcsin \frac{\pm 2.46 \times 500 \times 10^{-6}}{0.025} = \arcsin \pm 0.0492 \approx \pm 0.0492 \text{ rad}$$

$\therefore$ 第二亮纹到中央亮纹的距离为:

$$q_2 = f|\theta_2| - e = 50 \times 0.0492 - 1 = 1.46 \text{ cm}$$

(3) 设中央亮纹的光强为 I_0 , 则第一亮纹的强度为:

$$I_1 = I_0 \left(\frac{\sin \alpha}{\alpha} \right)^2 = I_0 \left(\frac{\sin 1.43\pi}{1.43\pi} \right)^2 = 0.047 I_0$$

第二亮纹的强度为:

$$I_2 = I_0 \left(\frac{\sin \alpha}{\alpha} \right)^2 = I_0 \left(\frac{\sin 2.46\pi}{2.46\pi} \right)^2 = 0.016 I_0$$

75. 假设照射迈克尔逊干涉仪的光源发出两种波长的单色光 (设 $\lambda_1 > \lambda_2$)。因此当平面镜 M_1 移动时, 条纹将周期性的消失和再现。设 Δh 表示条纹相继两次消失 M_1 移动的距离, $\Delta \lambda = \lambda_1 - \lambda_2$, 试证明:

$$\Delta h = \frac{\lambda_1 \lambda_2}{2\Delta \lambda}$$

【答案】当两波长形成的亮条纹重合时, 可见度最好, 而当 λ_1 的亮条纹与 λ_2 的暗条纹重合时, 条纹

消失, 则当条纹消失时光程差满足: $\Delta = 2h + \delta = m_1 \lambda_1 = (m_2 + \frac{1}{2}) \lambda_2$

式中 δ 表示光束在半反射面上反射时的附加光程差, 未镀膜时为 $\frac{\lambda}{2}$

$$\text{则由上式得: } m_2 - m_1 + \frac{1}{2} = \frac{2h + \delta}{\lambda_2} - \frac{2h + \delta}{\lambda_1} = \frac{2h + \delta}{\lambda_1 \lambda_2} \Delta \lambda$$

当 h 增加 Δh 时, 条纹再次消失, 这时干涉级之差增加 1, 即:

$$m_2 - m_1 + \frac{1}{2} + 1 = \frac{2(h + \Delta h) + \delta}{\lambda_1 \lambda_2} \Delta \lambda$$

$$\text{两式相减, 得: } \Delta h = \frac{\lambda_1 \lambda_2}{2\Delta \lambda}$$

76. 一束右旋圆偏振光垂直入射到一块石英 $\frac{1}{4}$ 波片, 波片光轴平行于 x 轴, 试求透射光的偏振态。如果换成 $\frac{1}{8}$ 波片, 透射光的偏振态又如何?

【答案】右旋圆偏振光可视为光矢量沿 y 轴的线偏振光和与之位相差为 $\frac{\pi}{2}$ 的光矢量沿 x 轴的线偏振光的叠加。(1) 右旋圆偏振光入射 $\frac{1}{4}$ 波片并从 $\frac{1}{4}$ 波片出射时, 光矢量沿 y 轴的线偏振光 (o 光) 对光矢量沿 x 轴的线偏振光 (e 光) 的位相差应为 $\delta = \frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{2} = \pi$, 故透射光为线偏振光, 光矢量方向与 x 轴成 -45° ;

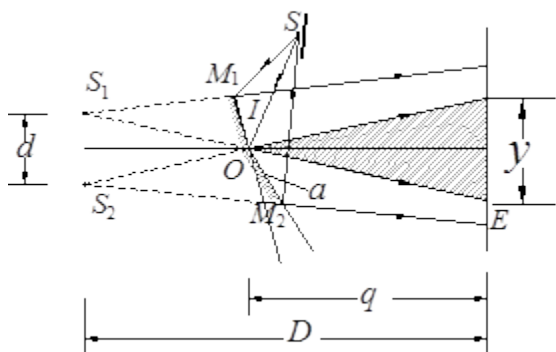
(2) 右旋圆偏振光入射 $\frac{1}{8}$ 波片并从 $\frac{1}{8}$ 波片出射时, 光矢量沿 x 轴的线偏振光 (o 光) 对光矢量沿 y 轴的线偏振光 (e 光) 的位相差应为 $\delta = \frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{4} = \frac{3\pi}{4}$, 透射光为右旋椭圆偏振光。

77. 在杨氏双缝干涉实验装置中, 以一个长 30mm 的充以空气的气室代替薄片置于小孔 S_1 前, 在观察屏上观察到一组干涉条纹。继后抽去气室中空气, 注入某种气体, 发现屏上条纹比抽气前移动了 25 个。已知照明光波长为 656.28nm, 空气折射率 $n_a = 1.000276$, 试求注入气室内的气体的折射率。

【答案】设注入气室内的气体的折射率为 n , 则

$$\begin{aligned} (n - n_a)h &= 25\lambda, \text{ 所以 } n = \frac{25\lambda}{h} + n_a \\ &= \frac{25 \times 656.28 \times 10^{-9}}{30 \times 10^{-3}} + 1.000276 \\ &= 5.469 \times 10^{-4} + 1.000276 = 1.000823. \end{aligned}$$

78. 在菲涅耳双面镜干涉实验中, 光波长为 600nm, 光源和观察屏到双面镜交线的距离分别为 0.6m 和 1.8m, 双面镜夹角为 10^{-3}rad , 求: (1) 观察屏上的条纹间距; (2) 屏上最多能看到多少亮条纹?



【答案】如图所示, S_1S_2 的距离为: $d = 2l \sin \alpha$

$$\therefore \text{条纹间距为: } e = \frac{D\lambda}{d} = \frac{(l + q)\lambda}{2l \sin \alpha}$$

$\because \alpha$ 角很小

$$\begin{aligned} \therefore e &\approx \frac{(l + q)\lambda}{2l\alpha} = \frac{(0.6 + 1.8) \times 600 \times 10^{-9}}{2 \times 0.6 \times 10^{-3}} \\ &= 1.2 \times 10^{-3} \text{ m} = 1.2 \text{ mm} \end{aligned}$$

屏上能产生条纹的范围, 如图阴影所示

$$y = 2qtg\alpha \approx 2q\alpha = 2 \times 1.8 \times 10^{-3} m$$

$$= 3.6mm$$

$$\therefore \text{最多能看到的亮条纹数为: } n = \frac{y}{e} = \frac{3.6}{1.2} = 3$$

79. 杨氏干涉实验中, 若波长 $\lambda=600nm$, 在观察屏上形成暗条纹的角宽度为 0.02° , (1) 试求杨氏干涉中二缝间的距离? (2) 若其中一个狭缝通过的能量是另一个的 4 倍, 试求干涉条纹的对比度?

【答案】角宽度为 $\omega = 0.02^\circ \times \frac{180}{\pi}$,

所以条纹间距 $e = \frac{\lambda}{\omega} = \frac{600}{0.02^\circ \times \frac{180}{\pi}} = 1.72mm$

由题意, 得 $I_1 = 4I_2$, 所以干涉对比度

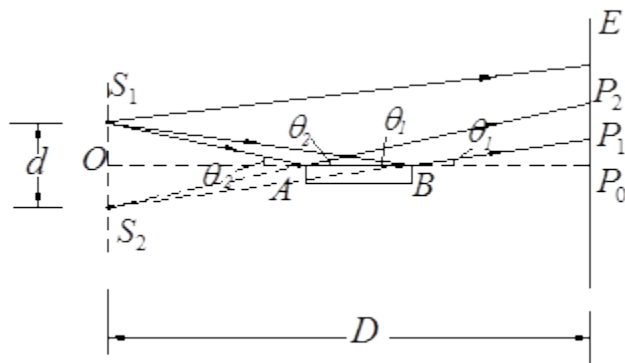
$$K = \frac{2\sqrt{I_1/I_2}}{1 + I_1/I_2} = \frac{2 \times \sqrt{4I_2/I_2}}{1 + 4I_2/I_2} = 4/5 = 0.8$$

80. 迎面开来的汽车, 其两车灯相距 $d = 1m$, 汽车离人多远时, 两车灯刚能为人眼所分辨? (假定人眼瞳孔直径 $D = 2mm$, 光在空气中的有效波长 $\lambda = 500nm$)。

【答案】此为夫琅禾费圆孔衍射, 由公式 $\frac{d}{l} = 1.22 \frac{\lambda}{D}$,

$$\text{所以 } l = \frac{dD}{1.22\lambda} = \frac{1 \times 2 \times 10^{-3}}{1.22 \times 500 \times 10^{-9}} m = 3278.7m$$

81. 在如图所示的洛埃镜实验中, 光源 S_1 到观察屏的距离为 2m, 光源到洛埃镜面的垂直距离为 2.5mm。洛埃镜长 40cm, 置于光源和屏的中央。若光波波长为 500nm, 条纹间距为多少? 在屏上可看见几条条纹?



【答案】在洛埃镜实验中, S_1 和 S_1 在平面镜中的像 S_2 可看作是产生干涉的两个光源。条纹间距为:

$$e = \frac{D\lambda}{d} = \frac{2 \times 500 \times 10^{-9}}{2.5 \times 2 \times 10^{-3}} = 0.2mm$$

由图可知, 屏上发生干涉的区域在 P_1P_2 范围内

$$P_1P_0 = BP_0 \tan \theta_1 = BP_0 \frac{S_1O}{OB} = 800mm \times \frac{2.5mm}{1200mm} \approx 1.67mm$$

$$P_2P_0 = AP_0 \tan \theta_2 = AP_0 \frac{S_1O}{OA} = 1200mm \times \frac{2.5mm}{800mm} = 3.75mm$$

由于经平面镜反射的光波有 π 的相位差, 所以 S_1 和 S_2 可看作位相相反的相干光源。若 P_0 点在干涉区内, 它应该有一条暗条纹通过, 并且 P_1P_0 内包含的暗条纹数目:

$$N_1 = \frac{P_1P_0}{e} = \frac{1.67}{0.2} = 8.4$$

$$P_2 P_0 \text{ 内包含的暗条纹数目为: } N_2 = \frac{P_2 P_0}{e} = \frac{3.75}{0.2} = 18.8$$

$\therefore P_1 P_2$ 区域内可看见 10 个暗条纹, 9 个亮条纹

82. 试确定下列各组光波表示式所代表的偏振态:

$$(1) E_x = E_0 \sin(\omega t - kz), E_y = E_0 \cos(\omega t - kz)$$

$$(2) E_x = E_0 \cos(\omega t - kz), E_y = E_0 \cos(\omega t - kz + \pi/4)$$

$$(3) E_x = E_0 \sin(\omega t - kz), E_z = -E_0 \sin(\omega t - kz)$$

【答案】 (1) $\because E_x = E_0 \sin(\omega t - kz) = E_0 \cos(\omega t - kz - \frac{\pi}{2})$

$$\therefore \varphi = \varphi_y - \varphi_x = \frac{\pi}{2}$$

$\therefore$ 为右旋圆偏振光。

$$(2) \varphi = \varphi_y - \varphi_x = \frac{\pi}{4}$$

$\therefore$ 为右旋椭圆偏振光, 椭圆长轴沿 $y = x$

$$(3) \varphi = \varphi_y - \varphi_x = 0$$

$\therefore$ 为线偏振光, 振动方向沿 $y = -x$

83. 一透镜的直径 $D = 2\text{cm}$, 焦距 $f = 50\text{cm}$, 受波长 $\lambda = 500\text{nm}$ 的平行光照射, 试计算在该透镜焦平面上衍射图象的爱里斑大小。

【答案】 爱里斑直径为:

$$D' = 2 \times 1.22 f \frac{\lambda}{D} = 2 \times 1.22 \times 50 \times \frac{500 \times 10^{-7}}{2} = 3.05 \times 10^{-3} \text{ cm}$$

84. 在不透明细丝的夫琅和费衍射图样中, 测得暗条纹的间距为 1.5mm , 所用透镜的焦距为 300mm , 光波波长为 632.8nm , 问细丝直径为多少?

【答案】 设细丝的直径为 D , 则由题意:

$$1.5 = f \frac{\lambda}{D} = \frac{300 \times 632.8 \times 10^{-6}}{D}$$

$$\therefore D = \frac{300 \times 632.8 \times 10^{-6}}{1.5} = 0.127 \text{ mm}$$

85. 观察迈克尔逊干涉仪, 看到一个由同心明、暗环所包围的圆形中心暗斑。该干涉仪的一个臂比另一个臂长 2.5cm , 且 $\lambda = 500\text{nm}$, 试求中心暗斑的级数, 以及第六个暗环的级数。

【答案】 对于虚平板产生的等倾干涉条纹, 最小值满足:

$$2nh \cos \theta_N + \frac{\lambda}{2} = (m + \frac{1}{2})\lambda$$

中心为暗斑, 则: $2nh = m_0 \lambda$

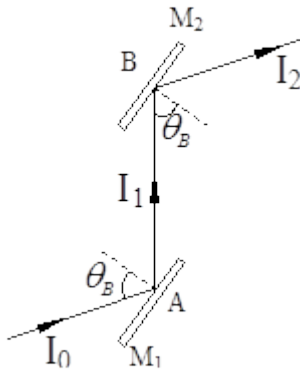
$$\therefore \text{干涉级数 } m_0 \text{ 为: } m_0 = \frac{2nh}{\lambda} = 100000$$

$$\therefore \text{第 6 个暗环的干涉级次为: } m_6 - m_0 = 99994$$

86. 一束部分偏振光由光强比为2:8的线偏振光和自然光组成, 求这束部分偏振光的偏振度。

【答案】设偏振光光强为 $I_1 = 2I$, 自然光光强为 $I_2 = 8I$, (其中 $I_1 = I_{\max} - I_{\min}$, $I_t = I_1 + I_2 = I_{\max} + I_{\min}$) ,
所以偏振度 $P = \frac{I_1}{I_t} = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}} = \frac{2I}{I_1 + I_2} = \frac{2I}{2I + 8I} = 0.2$

87. 如图, M_1 、 M_2 是两块平行放置的玻璃片 ($n = 1.5$), 背面涂黑。一束自然光以布儒斯特角 θ_B 入射到 M_1 上的 A 点, 反射至 M_2 上的 B 点, 再出射。试确定 M_2 以 AB 为轴旋转一周时, 出射光强的变化规律。



【答案】由于 M_1 、 M_2 是两块平行放置的玻璃片, 因此两镜的入射角均为 θ_B , 且有:

$$\theta_B = \arctg \frac{n_2}{n_1} = \arctg 1.5 = 56.31^\circ$$

$$\theta_2 = 90^\circ - \theta_B = 33.69^\circ$$

由于两镜背面涂黑, 所以不必考虑折射光的影响。

对于 M_1 : $R_p = 0$

$$R_s = r_s^2 = \left[\frac{\sin(\theta_1 - \theta_2)}{\sin(\theta_1 + \theta_2)} \right]^2 = 0.1479$$

因为是自然光入射, p、s 分量光强相等。设入射自然光光强为 I_0 , 沿 AB 的反射光强为 I_1 , 则 M_1 的反射率为: $R_n = \frac{1}{2}(R_s + R_p) = 0.074 = \frac{I_1}{I_0}$

对于 M_2 , 假设在绕 AB 旋转的任一位置上, 入射面与图面的夹角为 θ , 则将沿 AB 的入射光分解为 p 分量和 s 分量, 其振幅分别为:

$$E_p = \sqrt{I_1} \sin \theta \quad E_s = \sqrt{I_1} \cos \theta$$

$\because$ 入射角为 θ_B

$$\therefore r_p = 0$$

$$r_s = -\frac{\sin(\theta_1 - \theta_2)}{\sin(\theta_1 + \theta_2)} = -0.3846$$

$$\therefore \text{出射光的振幅为: } E_p' = 0 \quad E_s' = r_s E_s = -0.3846 \sqrt{I_1} \cos \theta$$

$$\therefore \text{最后的出射光强为: } I_2 = (E_s')^2 = 0.011 I_0 \cos^2 \theta$$

88. 一平面简谐电磁波在真空中沿正 x 方向传播。其频率为 $4 \times 10^{14} \text{Hz}$, 电场振幅为 14.14V/m , 如果该电磁波的振动面与 xy 平面呈 45° , 试写出 E, B 表达式。

【答案】 $\vec{E} = E_y \vec{e}_y + E_z \vec{e}_z$, 其中

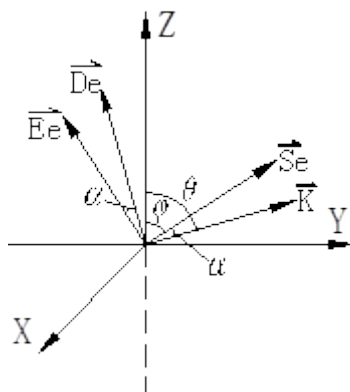
$$\begin{aligned} E_y &= 10 \exp \left[i \left(\frac{2\pi}{\lambda} x - 2\pi \nu t \right) \right] \\ &= 10 \exp \left[i \left(\frac{2\pi \nu}{c} x - 2\pi \nu t \right) \right] \\ &= 10 \exp \left[i \left(\frac{2\pi \times 4 \times 10^{14}}{3 \times 10^8} x - 2\pi \times 4 \times 10^{14} t \right) \right] \\ &= 10 \exp \left[i \left(\frac{8}{3} \times 10^6 \pi \right) (x - 3 \times 10^8 t) \right], \end{aligned}$$

同理: $E_z = 10 \exp \left[i \left(\frac{8}{3} \times 10^6 \pi \right) (x - 3 \times 10^8 t) \right]$ 。

$\vec{B} = \frac{1}{c} (\vec{k}_0 \times \vec{E}) = -B_y \vec{e}_y + B_z \vec{e}_z$, 其中

$$B_z = \frac{10}{3 \times 10^8} \exp \left[i \left(\frac{8}{3} \times 10^6 \pi \right) (x - 3 \times 10^8 t) \right] = B_y。$$

89. 证明单轴晶体中 e 光线与光轴的夹角 φ 和 e 光波阵面法线与光轴的夹角 θ 有如下关系 $\text{tg} \varphi = \frac{n_o^2}{n_e^2} \text{tg} \theta$



【答案】单轴晶体中 e 光的各矢量如图所示, $\vec{s}_e$ 表示 e 光线方向, $\vec{k}$ 表示 e 光波阵面法线方向, $\vec{E}_e \perp \vec{s}_e$, $\vec{D}_e \perp \vec{k}$, z 轴为光轴方向。则:

$$D_y = \epsilon_o n_o^2 E_y \quad D_z = \epsilon_o n_e^2 E_z$$

由图中几何关系可知: $\tan \theta = \frac{D_z}{D_y} \quad \tan \varphi = \frac{E_z}{E_y}$

$$\therefore \frac{\tan \varphi}{\tan \theta} = \frac{\frac{E_z}{D_z}}{\frac{E_y}{D_y}} = \frac{n_o^2}{n_e^2}$$

$$\therefore \text{tg} \varphi = \frac{n_o^2}{n_e^2} \text{tg} \theta$$

90. 一个线偏振光在玻璃中传播时可以表示为 $E_y=0$, $E_z=0$, $E_x=10^2 \cos \left[\pi \times 10^{15} \left(\frac{z}{0.65c} - t \right) \right]$, 试求 (1) 光的频率; (2) 波长; (3) 玻璃的折射率。

【答案】 (1) $\nu = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{\pi \times 10^{15}}{2\pi} = 5 \times 10^{14} \text{Hz}$;

$$(2) \lambda = \frac{2\pi}{k} = \frac{2\pi}{\pi \times 10^{15} / 0.65c} = \frac{2 \times 0.65 \times 3 \times 10^8}{10^{15}} \text{m} = 3.9 \times 10^{-7} \text{m} = 390 \text{nm};$$

$$(3) \text{相速度 } v = 0.65c, \text{ 所以折射率 } n = \frac{c}{v} = \frac{c}{0.65c} \approx 1.54$$

91. 证明光波在布儒斯特角下入射到两种介质的分界面上时, $t_p = 1/n$, 其中 $n = n_2 / n_1$.

【答案】 $t_p = \frac{2 \sin \theta_2 \cos \theta_1}{\sin(\theta_1 + \theta_2) \cos(\theta_1 - \theta_2)}$, 因为 θ_1 为布儒斯特角, 所以 $\theta_2 + \theta_1 = 90^\circ$,

$$t_p = \frac{2 \sin \theta_2 \cos \theta_1}{\sin 90^\circ \cos(\theta_1 - \theta_2)} = \frac{2 \sin \theta_2 \cos \theta_1}{\cos(90^\circ - \theta_2 - \theta_2)}$$

$$= \frac{2 \sin \theta_2 \cos \theta_1}{\sin(2\theta_2)} = \frac{2 \sin \theta_2 \cos \theta_1}{2 \sin \theta_2 \cos \theta_2} = \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1}, \text{ 又根据折射定律 } n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2, \text{ 得 } \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{1}{n},$$

则 $t_p = \frac{1}{n}$, 其中 $n = n_2 / n_1$, 得证。

92. 计算光栅常数是缝宽 5 倍的光栅的第 0、1 级亮纹的相对强度。

【答案】由题意, 得 $a = d/5$, 第零级强度 $I_0(\theta) = N^2 I_0$, 第 0、1 级亮纹相对强度分别为 $\frac{I_0}{N^2 I_0} = \left(\frac{\sin \alpha}{\alpha}\right)^2 = 1$

$$, \frac{I_1}{N^2 I_0} = \left(\frac{\sin \frac{\pi}{5}}{\frac{\pi}{5}}\right)^2 = 0.875^\circ$$

93. 为了决定一束圆偏振光的旋转方向, 可将 $\lambda/4$ 波片置于检偏器之前, 再将后者转到消光位置。这时发现 $\lambda/4$ 波片快轴的方位是这样的: 它须沿着逆时针方向转 45° 才能与检偏器的透光轴重合。问该圆偏振光是右旋的还是左旋的?

【答案】是右旋圆偏振光。因为在以 $\lambda/4$ 波片快轴为 y 轴的直角坐标系中, 偏振片位于 II、IV 象限时消光, 说明圆偏振光经 $\lambda/4$ 波片后, 成为位于 I、III 象限的线偏振光, 此线偏振光由 y 方向振动相对 x 方向振动有 2π 位相差的两线偏振光合成。而 $\lambda/4$ 波片使 e 光和 o 光的位相差增加 $\frac{\pi}{2}$, 成为 2π , 所以, 进入 $\lambda/4$ 波片前 y 方向振动相对 x 方向振动就已有 $\frac{3\pi}{2}$ 位相差, 所以是右旋圆偏振光。

94. 在两个共轴平行放置的透振方向正交的理想偏振片 P_1 和 P_3 之间, 有一个共轴平行放置的理想偏振片 P_2 以角速度 ω 绕光的传播方向旋转。设 $t = 0$ 时 P_3 偏振化方向与 P_1 平行, 若入射到该系统的平行自然光强为 I_0 , 则该系统的透射光强为多少?

【答案】通过第一块、第二块和第三块偏振片后, 光强分别为 $I_1 = \frac{I_0}{2}$, $I_2 = I_1 \cos^2 \theta$,

$$I_3 = I_2 \cos^2 \left(\frac{\pi}{2} - \theta\right),$$

由于 $t = 0$ 时 P_3 偏振化方向与 P_1 平行, 因此 $\theta = \omega t$, 所以透射光强为 $I = I_3 = \frac{I_0}{2} \cos^2 \theta \cos^2 \left(\frac{\pi}{2} - \theta\right) = \frac{I_0}{16} (1 - \cos 4\omega t)$, 可见, 最大光强为 $\frac{I_0}{8}$, 最小光强为 0, 出射光强的变化频率为 4ω 。

95. 对于 500 条/mm 的光栅, 求可见光 ($0.4 \sim 0.76 \mu\text{m}$) 一级光谱散开的角度, 一级红光 ($0.76 \mu\text{m}$) 的角色散率, 以及对于 $f = 1.5 \text{m}$ 物镜的线色散率。

【答案】光栅方程: $\sin \theta = \frac{m\lambda}{d}$

对于紫光 $\lambda = 0.40 \mu\text{m}$ 的一级光谱有: $\sin \theta_v = \frac{\lambda}{d} = \frac{0.4 \times 10^{-3}}{1/500} = 0.2$

$$\therefore \theta_v = 11.54^\circ$$

对于红光 $\lambda = 0.76 \mu\text{m}$ 的一级光谱有: $\sin \theta_r = \frac{\lambda}{d} = \frac{0.76 \times 10^{-3}}{1/500} = 0.38$

$$\therefore \theta_r = 22.33^\circ$$

$\therefore$ 一级光谱散开的角度是 $11.54^\circ \sim 22.33^\circ$

一级红光的角色散率为:

$$\left. \frac{d\theta}{d\lambda} \right|_r = \frac{m}{d \cos \theta_r} = \frac{1}{\frac{1}{500} \times 10^{-6} \text{ nm} \times \cos 22.33^\circ} = 5.4 \times 10^{-4} \text{ rad/nm}$$

相应的线色散为:

$$\left. \frac{dl}{d\lambda} \right|_r = \frac{f}{\cos \theta_r} \frac{d\theta}{d\lambda} = \frac{1.5}{\cos 22.33^\circ} \times 5.4 \times 10^{-4} = 8.76 \times 10^{-4} \text{ m/nm}$$

96. 用等厚条纹测量玻璃光楔的楔角时, 在长 5cm 的范围内共有 15 个亮条纹, 玻璃折射率 $n = 1.52$, 所用单色光波长 $\lambda = 600\text{nm}$, 问此光楔的楔角为多少?

【答案】由公式 $e = \frac{\lambda}{2n\alpha}$, 所以楔角 $\alpha = \frac{\lambda}{2ne}$,

$$\text{又 } e = \frac{5}{15} \text{ cm} = \frac{1}{3} \text{ cm},$$

$$\text{所以 } \alpha = \frac{600 \times 10^{-9}}{\frac{5}{3} \times 10^{-2} \times 1.52} \text{ rad} = 5.92 \times 10^{-5} \text{ rad}$$

97. 一束钠黄光以 60° 角方向入射到方解石晶体上, 设光轴与晶体表面平行, 并垂直与入射面, 问在晶体中 o 光和 e 光夹角为多少? (对于钠黄光, 方解石的主折射率 $n_o = 1.6584$, $n_e = 1.4864$)。

【答案】根据题意和光在晶体表面折射的性质, 在晶体内折射的 o 光和 e 光波矢面与入射面截线为同心圆, o 光和 e 光均服从折射定律。

$$\therefore \frac{1}{n_e'^2} = \frac{\cos^2 \theta}{n_o^2} + \frac{\sin^2 \theta}{n_e^2}$$

$$\therefore n_e' = n_e = 1.4864$$

$$\text{根据折射定律: } \sin i_o = \frac{\sin i}{n_o} = \frac{\sin 60^\circ}{1.6548} \approx 0.523$$

$$\therefore i_o \approx 31.56^\circ$$

$$\sin i_e = \frac{\sin i}{n_e} = \frac{\sin 60^\circ}{1.4864} \approx 0.583$$

$$\therefore i_e \approx 35.64^\circ$$

由于光轴垂直于入射面, 因此 o 光和 e 光的光线与波法线方向不分离, 所以两折射光线的夹角 $\alpha = i_e - i_o = 4.08^\circ$

98. 证明当入射角 $\theta_1 = 45^\circ$ 时, 光波在任何两种介质分界面上的反射都有 $r_p = r_s^2$ 。

【答案】
$$r_s = \frac{\sin(\theta_1 - \theta_2)}{\sin(\theta_1 + \theta_2)} = \frac{\sin 45^\circ \cos \theta_2 - \cos 45^\circ \sin \theta_2}{\sin 45^\circ \cos \theta_2 + \cos 45^\circ \sin \theta_2}$$

$$= \frac{\cos \theta_2 - \sin \theta_2}{\cos \theta_2 + \sin \theta_2} = \frac{1 - \tan \theta_2}{1 + \tan \theta_2}$$

$$r_p = \frac{\tan(\theta_1 - \theta_2)}{\tan(\theta_1 + \theta_2)}$$

$$= \frac{(\tan 45^\circ - \tan \theta_2) / (1 + \tan 45^\circ \tan \theta_2)}{(\tan 45^\circ + \tan \theta_2) / (1 - \tan 45^\circ \tan \theta_2)} = \left(\frac{1 - \tan \theta_2}{1 + \tan \theta_2} \right)^2 = r_s^2$$

99. 证明光束在布儒斯特角下入射到平行平面玻璃片的上表面时, 下表面的入射角也是布儒斯特角。

【答案】由布儒斯特角定义, $\theta + i = 90^\circ$,

设空气和玻璃的折射率分别为 n_1 和 n_2 , 先由空气入射到玻璃中则有 $n_1 \sin \theta = n_2 \sin i$, 再由玻璃出射到空气中, 有 $n_2 \sin \theta' = n_1 \sin i'$,

又 $\theta' = i$, $\therefore n_1 \sin i' = n_1 \sin \theta \Rightarrow i' = \theta$,

即得证。

100. 写出: (1) 在 yoz 平面内沿与 y 轴成 θ 角的 $\vec{k}$ 方向传播的平面波的复振幅; (2) 发散球面波和汇聚球面波的复振幅。

【答案】(1) 由 $\vec{E} = \vec{A} \exp(i\vec{k} \cdot \vec{r})$, 可得 $\vec{E} = \vec{A} \exp[ik(y \cos \theta + z \sin \theta)]$;

(2) 同理: 发散球面波 $\vec{E}(\vec{r}, t) = A_r \exp(ikr) = \frac{A_1}{r} \exp(ikr)$,

汇聚球面波 $\vec{E}(\vec{r}, t) = A_r \exp(-ikr) = \frac{A_1}{r} \exp(-ikr)$ 。

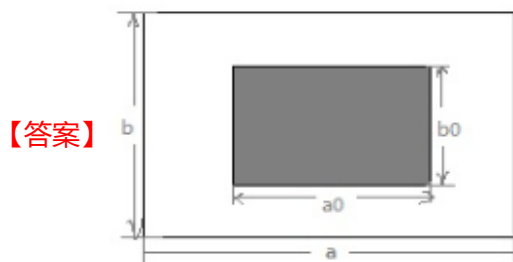
101. 一块闪耀光栅宽 260mm, 每毫米有 300 个刻槽, 闪耀角为 $77^\circ 12'$ 。(1) 求光束垂直于槽面入射时, 对于波长 $\lambda = 500\text{nm}$ 的光的分辨本领; (2) 光栅的自由光谱范围有多大?

【答案】(1) 光栅栅距为 $d = \frac{1}{300} \text{mm}$, 已知光栅宽 260mm, 因此光栅槽数 $N = L/d = 260 \times 300 = 7.8 \times 10^4$

由 $2d \sin \gamma = m\lambda$, 光栅对 500nm 的闪耀级数为 $m = \frac{2d \sin \gamma}{\lambda} = \frac{2 \times \frac{1}{300} \times \sin 77^\circ 12'}{500 \times 10^{-6}} = 13$, 所以分辨本领

$A = mN = 13 \times 7.8 \times 10^4 \approx 10^6$; (2) 光栅的自由光谱范围为 $\Delta\lambda = \frac{\lambda}{m} = \frac{500}{13} \text{nm} = 38.5 \text{nm}$ 。

102. 边长为 a 和 b 的矩孔的中心有一个边长为 a_0 和 b_0 的不透明屏, 如图所示, 试导出这种光阑的夫琅禾费衍射强度公式。



$$E_1 = Cab \frac{\sin \alpha_1}{\alpha_1} \frac{\sin \beta_1}{\beta_1}, \quad E_2 = Ca_0 b_0 \frac{\sin \alpha_2}{\alpha_2} \frac{\sin \beta_2}{\beta_2},$$

(C 为常数), 所以 $E = E_1 - E_2$

$$= C \left(ab \frac{\sin \alpha_1}{\alpha_1} \frac{\sin \beta_1}{\beta_1} - a_0 b_0 \frac{\sin \alpha_2}{\alpha_2} \frac{\sin \beta_2}{\beta_2} \right)$$

$$I = EE^* = C^2 \left(ab \frac{\sin \alpha_1}{\alpha_1} \frac{\sin \beta_1}{\beta_1} - a_0 b_0 \frac{\sin \alpha_2}{\alpha_2} \frac{\sin \beta_2}{\beta_2} \right)^2,$$

因为场中心强度(场中心对应于 $\alpha_1 = \alpha_2 = \beta_1 = \beta_2 = 0$)为 $I_0 = C^2(ab - a_0 b_0)^2$, 所以

$$I = \frac{I_0}{(ab - a_0 b_0)^2} \left(ab \frac{\sin \alpha_1}{\alpha_1} \frac{\sin \beta_1}{\beta_1} - a_0 b_0 \frac{\sin \alpha_2}{\alpha_2} \frac{\sin \beta_2}{\beta_2} \right)^2.$$

$$\text{其中 } \alpha_1 = \pi a \frac{\sin \theta_x}{\lambda}, \beta_1 = \pi b \frac{\sin \theta_x}{\lambda}, \alpha_2 = \pi a_0 \frac{\sin \theta_x}{\lambda}, \beta_2 = \pi b_0 \frac{\sin \theta_x}{\lambda}.$$

103. 光波在折射率分别为 n_1 和 n_2 的二介质界面上反射和折射, 当入射角为 θ_1 时(折射角为 θ_2), s 波和 p 波的反射系数分别为 r_s 和 r_p , 透射系数分别为 t_s 和 t_p . 若光波反过来从 n_2 介质入射到 n_1 介质, 且当入射角为 θ_2 时(折射角为 θ_1), s 波和 p 波的反射系数分别为 r'_s 和 r'_p , 透射系数分别为 t'_s 和 t'_p . 试利用菲涅耳公式证明: (1) $r_s = -r'_s$; (2) $r_p = -r'_p$; (3) $t_s t'_s = T_s$; (4) $t_p t'_p = T_p$

【答案】 (1) $r_s = -\frac{\sin(\theta_1 - \theta_2)}{\sin(\theta_1 + \theta_2)}$

$$r'_s = -\frac{\sin(\theta_2 - \theta_1)}{\sin(\theta_2 + \theta_1)} = \frac{\sin(\theta_1 - \theta_2)}{\sin(\theta_1 + \theta_2)} = -r_s$$

(2) $r_p = \frac{\tan(\theta_1 - \theta_2)}{\tan(\theta_1 + \theta_2)}$

$$r'_p = \frac{\tan(\theta_2 - \theta_1)}{\tan(\theta_2 + \theta_1)} = -\frac{\tan(\theta_1 - \theta_2)}{\tan(\theta_1 + \theta_2)} = -r_p$$

(3) $t_s = \frac{2 \sin \theta_2 \cos \theta_1}{\sin(\theta_1 + \theta_2)}, t'_s = \frac{2 \sin \theta_1 \cos \theta_2}{\sin(\theta_1 + \theta_2)}$

$$\begin{aligned} \therefore t_s t'_s &= \frac{2 \sin \theta_2 \cos \theta_1}{\sin(\theta_1 + \theta_2)} \cdot \frac{2 \sin \theta_1 \cos \theta_2}{\sin(\theta_1 + \theta_2)} = \frac{\sin \theta_1 \cos \theta_2}{\sin \theta_2 \cos \theta_1} \cdot \frac{4 \sin^2 \theta_2 \cos^2 \theta_1}{\sin^2(\theta_1 + \theta_2)} \\ &= \frac{n_2 \cos \theta_2}{n_1 \cos \theta_1} \cdot \frac{4 \sin^2 \theta_2 \cos^2 \theta_1}{\sin^2(\theta_1 + \theta_2)} = T_s \end{aligned}$$

(4) $t_p = \frac{2 \sin \theta_2 \cos \theta_1}{\sin(\theta_1 + \theta_2) \cos(\theta_1 - \theta_2)}, t'_p = \frac{2 \sin \theta_1 \cos \theta_2}{\sin(\theta_2 + \theta_1) \cos(\theta_2 - \theta_1)}$

$$\begin{aligned} \therefore t_p t'_p &= \frac{2 \sin \theta_2 \cos \theta_1}{\sin(\theta_1 + \theta_2) \cos(\theta_1 - \theta_2)} \cdot \frac{2 \sin \theta_1 \cos \theta_2}{\sin(\theta_2 + \theta_1) \cos(\theta_2 - \theta_1)} \\ &= \frac{\sin \theta_1 \cos \theta_2}{\sin \theta_2 \cos \theta_1} \cdot \frac{4 \sin^2 \theta_2 \cos^2 \theta_1}{\sin^2(\theta_2 + \theta_1) \cos^2(\theta_2 - \theta_1)} \\ &= \frac{n_2 \cos \theta_2}{n_1 \cos \theta_1} \cdot \frac{4 \sin^2 \theta_2 \cos^2 \theta_1}{\sin^2(\theta_2 + \theta_1) \cos^2(\theta_2 - \theta_1)} \\ &= T_p \end{aligned}$$

104. 试用矩阵方法证明: 右(左)旋圆偏振光经过半波片后变成左(右)旋圆偏振光。

【答案】 右、左旋圆偏振光的琼斯矢量分别为

$$E_{\text{右}} = \begin{bmatrix} 1 \\ -i \end{bmatrix}, E_{\text{左}} = \begin{bmatrix} 1 \\ i \end{bmatrix}$$

半波片的琼斯矩阵为 $G = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$, 因此右旋偏振光经过半波片后透射光的琼斯矢量为 $E = GE_{\text{右}} =$

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ -i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ i \end{bmatrix} = E_{\text{左}}, \text{ 得证。}$$

105. 已知汞绿线的超精细结构为 546.0753nm, 546.0745nm, 546.0734nm, 546.0728nm。问用 F - P 标准具分析这一结构时应如何选取标准具的间距? (设标准具面的反射率 $R = 0.9$)

【答案】用 F - P 标准具分析这一结构时, 应选取标准具的间距使标准具的自由光谱范围大于超精细结构的最大波长差, 并且使标准具的分辨极限小于超精细结构的最小波长差。

$$\text{由题意: } \bar{\lambda} = \frac{546.0753 + 546.0745 + 546.0734 + 546.0728}{4} = 546.074\text{nm}$$

$$\text{超精细结构的最大波长差为: } (\Delta\lambda)_{\text{max}} = 546.0753 - 546.0728 = 0.0025\text{nm}$$

要使标准具的自由光谱范围大于超精细结构的最大波长差, 则:

$$(\Delta\lambda)_f = \frac{\bar{\lambda}^2}{2h} > (\Delta\lambda)_{\text{max}}$$

$$\therefore h < \frac{\bar{\lambda}^2}{2(\Delta\lambda)_{\text{max}}} = \frac{(546.074\text{nm})^2}{2 \times 0.0025} = 59.64 \times 10^6 \text{nm} = 59.64\text{mm}$$

$$\text{标准具的分辨本领为: } \frac{\bar{\lambda}}{(\Delta\lambda)_m} = 0.97m \frac{\pi\sqrt{R}}{1-R} = 0.97 \frac{2h}{\bar{\lambda}} \frac{\pi\sqrt{R}}{1-R}$$

$$\therefore \text{标准具的分辨极限: } (\Delta\lambda)_m = \frac{\bar{\lambda}^2}{0.97 \times 2h} \frac{1-R}{\pi\sqrt{R}}$$

$$\text{超精细结构的最小波长差为: } (\Delta\lambda)_{\text{min}} = 546.0734 - 546.0728 = 0.0006\text{nm}$$

$$\text{要使 } (\Delta\lambda)_m < (\Delta\lambda)_{\text{min}}, \text{ 则: } \frac{\bar{\lambda}^2}{0.97 \times 2h} \frac{1-R}{\pi\sqrt{R}} < (\Delta\lambda)_{\text{min}}$$

$$\therefore h > \frac{\bar{\lambda}^2}{0.97 \times 2h} \frac{1-R}{\pi\sqrt{R}} = \frac{(546.074\text{nm})^2}{0.97 \times 2 \times 0.0006\text{nm}} \cdot \frac{1-0.9}{3.14 \times \sqrt{0.9}} = 8.6 \times 10^6 \text{nm} = 8.6\text{mm}$$

$$\therefore \text{标准具的间距应满足: } 8.6\text{mm} < h < 59.64\text{mm}$$

106. 两个振动方向相同的单色波在空间某一点产生的振动分别为 $E_1 = a_1 \cos(\varphi_1 - \omega t)$ 和 $E_2 = a_2 \cos(\varphi_2 - \omega t)$ 。若 $\omega = 2\pi \times 10^{15}\text{Hz}$, $a_1 = 6\text{V/m}$, $a_2 = 8\text{V/m}$, $\varphi_1 = 0$, $\varphi_2 = \pi/2$, 求该点的合振动表达式。

【答 案】

$$E = E_1 + E_2 = a_1 \cos(\varphi_1 - \omega t) + a_2 \cos(\varphi_2 - \omega t) =$$

$$6 \cos(-2\pi \times 10^{15}t) + 8 \cos\left(\frac{\pi}{2} - 2\pi \times 10^{15}t\right)$$

$$= 6 \cos(2\pi \times 10^{15}t) + 8 \sin(2\pi \times 10^{15}t)$$

$$= 10 \cos\left(\arccos \frac{6}{10} - 2\pi \times 10^{15}t\right)$$

$$= 10 \cos(53^\circ 7' 48'' - 2\pi \times 10^{15}t)。$$

107. 为在一块每毫米 1200 条刻线的光栅的一级光谱中分辨波长为 632.8nm 的一束 He - Ne 激光的模结构 (两个模之间的频率差为 450MHz), 光栅需有多长?

$$\text{【答案】} \therefore \lambda = \frac{c}{\nu}$$

$$\therefore |\Delta\lambda| = \frac{c}{\nu^2} \Delta\nu = \frac{\lambda^2}{c} \Delta\nu = \frac{(632.8 \times 10^{-9})^2}{3 \times 10^8} \times 450 \times 10^6 = 6 \times 10^{-4} \text{ nm}$$

$$\therefore \text{光栅所需要的缝数至少为: } N = \frac{\lambda}{|\Delta\lambda|} = \frac{632.8}{6 \times 10^{-4}} = 1.05 \times 10^6$$

$$\text{光栅的总长度为: } l = Nd = 1.05 \times 10^6 \times \frac{1}{1200} = 875 \text{ mm}$$

108. 一个平面电磁波可以表示为 $E_x=0$, $E_y=2\cos\left[2\pi \times 10^{14}\left(\frac{z}{c}-t\right)+\frac{\pi}{2}\right]$, $E_z=0$, 求 (1) 该电磁波的振幅, 频率, 波长和原点的初相位是多少? (2) 波的传播和电矢量的振动取哪个方向? (3) 与电场相联系的磁场 B 的表达式如何写?

【答案】(1) 振幅 $A=2\text{V/m}$, 频率 $\nu=\frac{\omega}{2\pi}=\frac{2\pi \times 10^{14}}{2\pi}=10^{14}\text{Hz}$, 波长 $\lambda=\frac{c}{\nu}=\frac{3 \times 10^8}{10^{14}}=3 \times 10^{-6}\text{m}$, 原点的初相位 $\varphi_0=+\pi/2$; (2) 传播沿 z 轴, 振动方向沿 y 轴; (3) 由 $B=\frac{1}{c}(\vec{e}_k \times \vec{E})$, 可得 $B_y=B_z=0$, $B_x=\frac{2}{c}\cos\left[2\pi \times 10^{14}\left(\frac{z}{c}-t\right)+\frac{\pi}{2}\right]$

109. 波长为 550nm 的平行光垂直照射在宽度为 0.025mm 的单缝上, 以焦距为 60cm 的会聚透镜将衍射光聚焦于焦平面上进行观察。求单缝衍射中央亮纹的半宽度。

【答案】单缝衍射中心亮纹的角半宽度为:

$$\theta = \frac{\lambda}{a} = \frac{550 \times 10^{-6}}{0.025} = 0.022\text{rad}$$

$$\therefore \text{条纹的半宽度为: } e = \theta f = 0.022 \times 60 = 1.32 \text{ cm}$$

110. 直径为 2mm 的激光束 ($\lambda = 632.8\text{nm}$) 射向 1km 远的接收器时, 它的光斑直径有多大? 如果离激光器 150km 远有一长 100m 的火箭, 激光束能否把它全长照亮?

【答案】激光束的衍射角为:

$$\theta = 1.22 \frac{\lambda}{D} = 1.22 \times \frac{632.8 \times 10^{-6}}{2} = 0.386 \times 10^{-3} \text{ rad}$$

$\therefore$ 离激光束 1km 远处的光斑直径为:

$$D_1 = 2l_1\theta = 2 \times 1000 \times 0.386 \times 10^{-3} = 0.772 \text{ m}$$

离激光束 150km 远处的光斑直径为:

$$D_2 = 2l_2\theta = 2 \times 150 \times 10^3 \times 0.386 \times 10^{-3} = 115.8 \text{ m}$$

D_2 大于火箭的长度, 因此激光束能把它全长照亮。

111. 一束线偏振的钠黄光 ($\lambda = 584.3\text{nm}$) 垂直通过一块厚度为 $8.0859 \times 10^{-2}\text{mm}$ 的石英晶片。晶片折射率为 $n_o = 1.54424$, $n_e = 1.55335$, 光轴沿 y 轴方向。试对于以下三种情况, 决定出射光的偏振态:

- (1) 入射线偏振光的振动方向与 x 轴成 45° 角;
- (2) 入射线偏振光的振动方向与 x 轴成 -45° 角;
- (3) 入射线偏振光的振动方向与 x 轴成 30° 角。

【答案】入射线偏振光在波片内产生的 o 光和 e 光出射波片是得位相延迟角为

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda} (n_e - n_o) d = \frac{2\pi \times (1.55335 - 1.54424) \times 8.0859 \times 10^{-2}}{589.3 \times 10^{-6}} = 2.5\pi$$

(1) 当 $\alpha = 45^\circ$ 时, 设入射光振幅为 A , 则 o 光和 e 光的振幅为 $A_o = A \cos 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2} A$, $A_e = A \sin 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2} A$, 其中 A 为入射光的振幅。因此, 在波片后表面, o 光和 e 光的合成为 $E = E_o + E_e = \vec{e}_x \frac{\sqrt{2}}{2} A \cos(\omega t + 2.5\pi) + \vec{e}_y \frac{\sqrt{2}}{2} A \cos(\omega t) = \frac{\sqrt{2}}{2} A [\vec{e}_x \cos(\omega t + \frac{\pi}{2}) + \vec{e}_y \cos(\omega t)]$, 因此, 是左旋偏振光;

(2) 当 $\alpha = -45^\circ$ 时, 则 o 光和 e 光的振幅为 $A_o = A \cos -45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2} A$, $A_e = A \sin -45^\circ = -\frac{\sqrt{2}}{2} A$, 在波片后表面, o 光和 e 光的合成为 $E = E_o + E_e = \frac{\sqrt{2}}{2} A [\vec{e}_x \cos(\omega t + \frac{\pi}{2}) + \vec{e}_y \cos(\omega t + \pi)]$, 因此, 是右旋圆偏振光;

(3) 当 $\alpha = 30^\circ$ 时, 则 o 光和 e 光的振幅为 $A_o = A \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} A$, $A_e = A \sin 30^\circ = \frac{1}{2} A$, 在波片后表面, o 光和 e 光的合成为 $E = E_o + E_e = \vec{e}_x \frac{\sqrt{3}}{2} A \cos(\omega t + \frac{\pi}{2}) + \vec{e}_y \frac{1}{2} A \cos(\omega t)$, 因此, 是左旋椭圆偏振光, 椭圆长轴沿 x 轴。

112. 若光波的波长宽度为 $\Delta\lambda$, 频率宽度为 $\Delta\nu$, 试证明 $|\frac{\Delta\nu}{\nu}| = |\frac{\Delta\lambda}{\lambda}|$ 。式中, ν 和 λ 分别为光波的频率和波长。

对于波长为 632.8nm 的氦氖激光, 波长宽度为 $\Delta\lambda = 2 \times 10^{-8}\text{nm}$, 试计算它的频率宽度和相干长度。

【答案】证明: 由 $D_{\max} = c\Delta t = \lambda^2 / \Delta\lambda$, 则有

$$c / -\Delta\nu = \lambda^2 / \Delta\lambda \Rightarrow \frac{-\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{\lambda \Delta\nu}{c} \Rightarrow \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{-\Delta\nu \cdot c / \nu}{c}$$

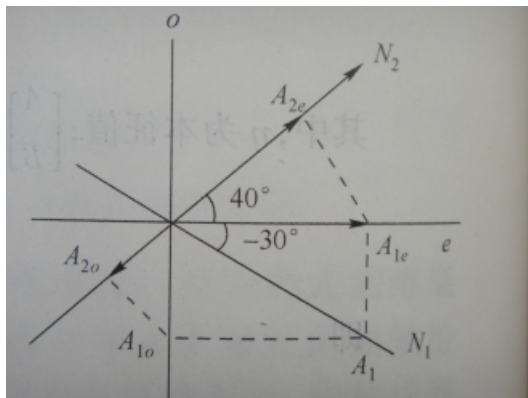
$$\Rightarrow \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{-\Delta\nu}{\nu} \text{ (频率增大时波长减小)}, \text{ 取绝对值得证。}$$

相干长度 $D_{\max} = \lambda^2 / \Delta\lambda = \frac{632.8^2}{2 \times 10^{-8}} = 2.0 \times 10^{13} \text{nm} = 20\text{km}$,

频率宽度 $\Delta\nu = \frac{c}{D_{\max}} = \frac{3 \times 10^8}{20 \times 10^3} \text{Hz}$
 $= 1.5 \times 10^4 \text{Hz}$ 。

113. 将一块 $1/8$ 波片插入两个前后放置的尼科尔棱镜中间, 波片的光轴与前后尼科尔棱镜主截面的夹角分别为 -30° 和 40° , 问光强为 I_0 的自然光通过这一系统后的强度是多少? (略去系统的吸收和反射损失)

【答案】如图所示, 光强为 I_0 的自然光经第一个尼科尔棱镜 N_1 后, 成为线偏振光且振幅为 A_1 , 则
 $A_1 = \sqrt{\frac{I_0}{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} A$, 从波片出射的 o 光和 e 光的振幅分别为 $A_{1o} = \frac{A}{\sqrt{2}} \sin(-30^\circ)$, $A_{1e} = \frac{A}{\sqrt{2}} \cos(-30^\circ)$,



经第二个尼科尔棱镜 N_2 后, o 光和 e 光的振幅分别为

$A_{2o} = A_{1o} \sin 40^\circ = \frac{A}{\sqrt{2}} \sin 40^\circ \sin(-30^\circ) = -0.228A$, $A_{2e} = A_{1e} \cos 40^\circ \frac{A}{\sqrt{2}} \cos(-30^\circ) = 0.455A$, 因插入了 $1/8$ 波片, 两相干线偏振光的位相差是 $\phi = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{\lambda}{8} = \frac{\pi}{4}$, 所以系统出射强度为 $I = A_{2o}^2 + A_{2e}^2 + 2A_{2o}A_{2e} \cos \phi = A^2 [0.455^2 + (-0.228)^2 - 2 \times 0.455 \times 0.228 \times \cos \frac{\pi}{4}] = 0.12I_0$

114. 一波带片主焦点的强度约为入射光强的 10^3 倍, 在 400nm 的紫光照明下的主焦距为 80cm。问波带片应有几个开带, 以及波带片的半径。

【答案】设波带片 n 个开带, 则主焦点相对光强为:

$$\frac{I}{I_0} = \left(\frac{na_1}{a_1/2} \right)^2 = 4n^2 = 1000$$

$$\therefore n \approx 16$$

若奇数开带, 则波带片包含的波带总数为: $N = 31$

此时波带片的半径为:

$$\rho = \sqrt{Nf\lambda} = \sqrt{31 \times 800 \times 400 \times 10^{-6}} = 3.15 \text{ mm}$$

若偶数开带, 则波带片包含的波带总数为: $N = 32$

此时波带片的半径为:

$$\rho = \sqrt{Nf\lambda} = \sqrt{32 \times 800 \times 400 \times 10^{-6}} = 3.2 \text{ mm}$$

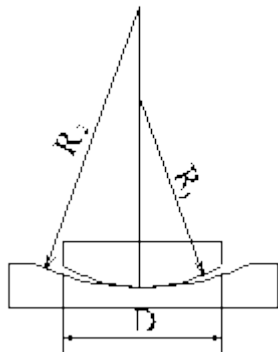
115. 月球到地球表面的距离约为 $3.8 \times 10^5 \text{ km}$, 月球的直径为 3477km, 若把月球看作光源, 光波长取 500nm, 试计算地球表面上的相干面积。

【答案】相干面积 $A = \pi \left(\frac{0.61 \times l}{b_c} \right)^2$

$$= \pi \times \left(\frac{0.61 \times 500 \times 10^{-6} \times 3.8 \times 10^{11}}{3.477 \times 10^9} \right)^2$$

$$= 3.49 \times 10^{-3} \text{ mm}^2.$$

116. 曲率半径为 R_1 的凸透镜和曲率半径为 R_2 的凹透镜相接触如图所示。在钠黄光 $\lambda = 589.3 \text{ nm}$ 垂直照射下, 观察到两透镜之间的空气层形成 10 个暗环。已知凸透镜的直径 $D = 30 \text{ mm}$, 曲率半径 $R_1 = 500 \text{ mm}$, 试求凹透镜的曲率半径。



【答案】 $N = \frac{D^2}{4\lambda} \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$

$$\therefore 10 = \frac{30^2}{4 \times 589.3 \times 10^{-6}} \left(\frac{1}{500} - \frac{1}{R_2} \right)$$

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/547155011105006050>