

程守洙 江之永

普通物理学

第三册

习题与选解

朱泳春 叶善专 祝瑞琪 编

人民教育出版社

程守洙 江之永

普通物理学

第 三 册

习 题 与 选 解

朱咏春 叶善专 祝瑞琪 编

人民教育出版社

1982

内 容 提 要

本书为配合程守洙、江之永《普通物理学》第二版及其修订版的辅助教材。全书分三册。第一册包括力学、分子物理学和热学；第二册包括电学；第三册包括光学和近代物理学基础。

本书也可供工科大学和综合大学非物理系以及电视大学等专业的物理课教学使用。

程守洙 江之永

普通物理学

第三册

习题与选解

朱咏春 叶善专 祝瑞琪 编

*

人民教育出版社出版

新华书店上海发行所发行

上海市印刷三厂印装

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ 印张 4.25 字数 100,000

1982 年 1 月第 1 版 1982 年 3 月第 1 次印刷

印数 00,001—121,000

书号 13012·0635 定价 0.33 元

第三册目录

第十五章 光的干涉

习题.....1

选解.....(45)

第十六章 光的衍射

习题.....11

选解.....(55)

第十七章 光的偏振

习题.....16

选解.....(61)

第十八章 狭义相对论基础

习题.....22

选解.....(67)

第十九章 热辐射

习题.....29

选解.....(77)

第二十章 光的量子性

习题.....31

选解.....(82)

第二十一章 原子的量子理论

习题.....34

选解.....(91)

第二十二章 原子核物理

习题.....40

选解.....(105)

附录.....114

习题答案.....119

第十五章 光的干涉

15-1 用钠光($\lambda=5890\text{ \AA}$)做杨氏实验, 在离双缝 1.0 m 的屏幕上仔细测量干涉条纹, 发现第 20 级条纹的中心在离第零级条纹中心 11.78 mm 处. 问这两缝的间距是多少?

15-2 在一双缝实验中, 缝间距为 5.0 mm , 缝离屏 1.0 m , 在屏上可见到两个干涉花样. 一个由 $4800\text{ \AA}$ 的光产生, 另一个由 $6000\text{ \AA}$ 的光产生. 问在屏上两个不同花样的第三级干涉明条纹间的距离是多少?

15-3 在相干光束之一的光路中放入一块玻璃片, 结果使中央明纹中心移到原来是第六明纹中心所占的位置上. 设光线垂直射入薄片, 薄片的折射率 $n=1.6$, 波长 $\lambda=6.6\times 10^3\text{ \AA}$. 求薄片的厚度.

15-4 双缝实验中的一个缝被折射率为 1.4 的薄玻璃膜所遮盖, 另一缝被折射率为 1.7 的薄玻璃膜所遮盖. 在玻璃膜插入之前, 屏上中央极大所在处现在为原来第五条亮纹所占据. 假定光的波长 $\lambda=4800\text{ \AA}$, 且薄玻璃膜的厚度相等, 求玻璃膜的厚度.

15-5 单色光射在两个相距为 $d=0.2\text{ mm}$ 的狭缝上, 在狭缝后 $D=1.0\text{ m}$ 处的屏幕上, 从第一条明纹到同侧第四条明纹间的距离为 $l=7.5\text{ mm}$. 求此单色光的波长. 如果白光照射时, 将出现什么现象?

15-6 杨氏实验中, 钠光($\lambda=5890\text{ \AA}$) 投射在相距为 $d=2.0\text{ mm}$ 的双缝上, 若屏与缝之间的距离为 $D=4\text{ cm}$, 假设 $D\gg d$, 问其

第十条明纹的位置。实际上,此时 $D \gg d$ 这个假设不成立,求此时第十条明纹的实际位置。由于 $D \gg d$ 这个假设而引起的百分误差为多少?

15-7 在杨氏双缝干涉实验中:(1)如果把光源向上移动,则干涉图样将发生怎样的移动;

(2)若两狭缝的距离增大,则干涉图样中相邻最大值(明纹)之间距离将发生什么变化;

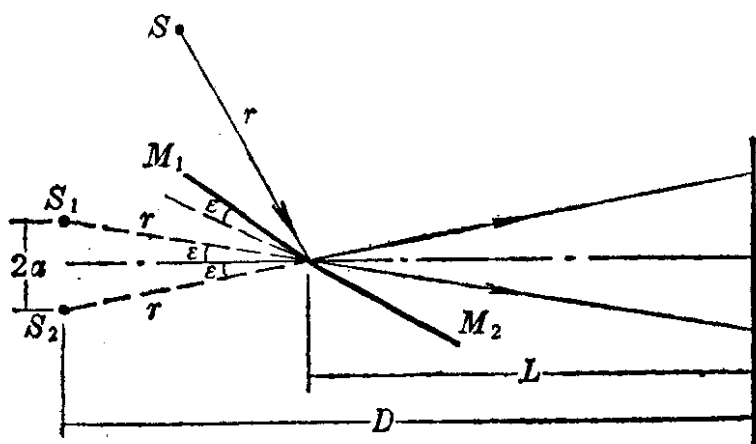
(3)若每条狭缝都加宽一倍,干涉图样中相邻最大值之间的距离将发生什么变化;

(4)若两狭缝中只有一个狭缝宽度加宽一倍,干涉图样又将发生什么变化?

15-8 在菲涅耳双镜干涉实验中,单色光源($\lambda = 6000 \text{ \AA}$)放在距双镜交线 10cm 处,光屏放在距双镜交线 2.07 m 处。已知双镜的夹角 ε 为 $10'$ (见图)。求:

(1)屏上相邻二干涉条纹间的距离,

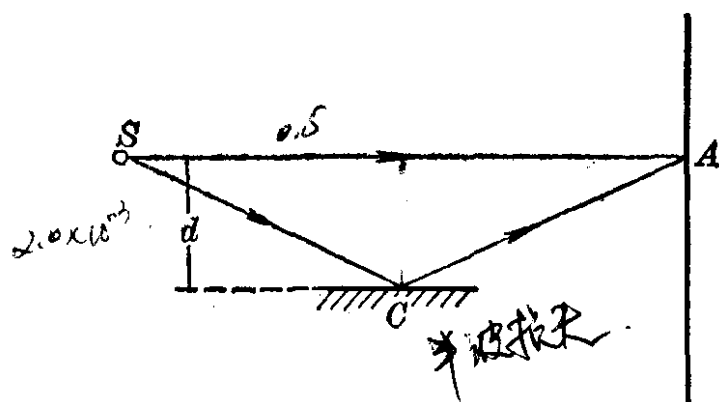
(2)如果光源与双镜交线的距离增加到 20cm,则屏上干涉条纹之间的距离有什么变化?



题 15-8 图

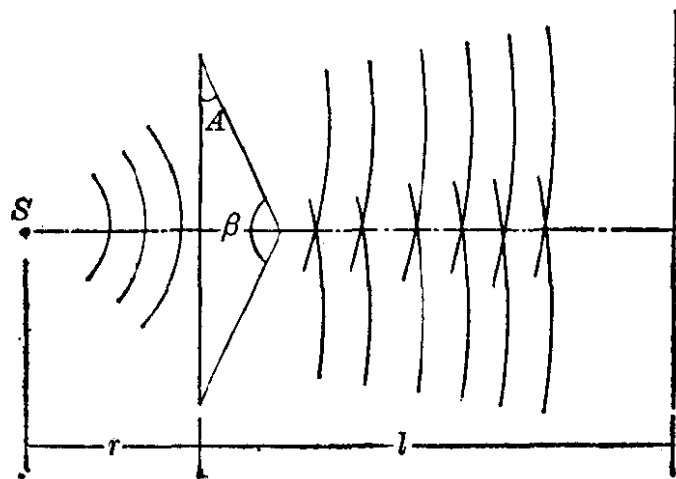
15-9 屏幕与波长为 λ 的单色光源的距离为 L , 有两束光射

入屏上的 A 点(见图), 光束 SA 直接来自光源 S , 而光束 SCA 是在 C 点经镜面反射来的. 镜面与光束 SA 平行, 其间距离为 d . 如果 $\lambda = 0.5 \mu\text{m}$, $L = 1 \text{ m}$, $d = 2.0 \times 10^{-3} \text{ m}$, 问在 A 点将观察到什么样的干涉结果?



题 15-9 图

15-10 如图所示, 设菲涅耳棱镜与光源 S 的距离为 r , 双棱镜与屏幕的距离为 l , 这时波长为 λ 的光的干涉条纹间的距离为 Δx , 且已知棱镜的折射率为 n . 求棱镜钝角 β 的大小. [注: 可设棱镜的锐角为 A , 且注意到 A 的量值非常小(在 1° 左右).]



题 15-10 图

15-11 在杨氏双缝实验、洛埃镜以及菲涅耳双镜等干涉实验中, 对应于某一级明条纹的位置 x 只有一个值. 为什么各级明

条纹总有一定的宽度?

15-12 窗玻璃也是一块介质板,为什么在通常的日光下,我们观察不到干涉现象?

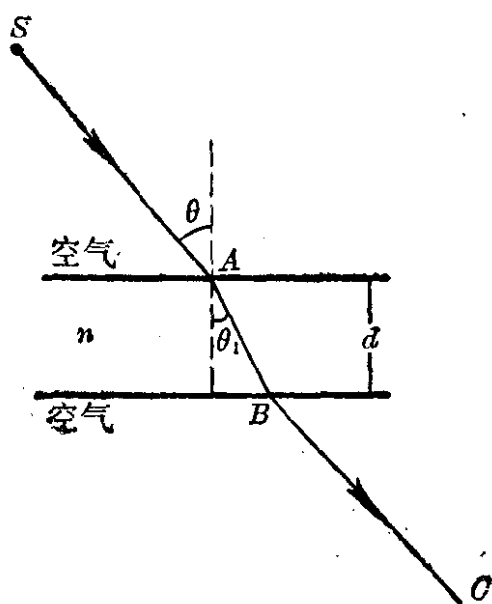
15-13 频率 $\nu = 5 \times 10^{14} \text{ Hz}$ 的单色光,分别在: (1) 真空中, (2) 玻璃中, 和 (3) 金刚石中传播. 试问在长度为 $l = 2.4 \text{ mm}$ 的路程上各能容纳多少个波长? 已知真空的折射率为 $n_1 = 1.0$, 玻璃的折射率为 $n_2 = 1.5$, 金刚石的折射率为 $n_3 = 2.43$.)

15-14 在透镜表面涂上一层折射率大于空气小于玻璃的薄膜,使某波长的光的反射光产生最大的减弱. 根据能量守恒,透射光就增强了. 这种能增强透射光强度的薄膜,称为增透膜. 若已知某光的波长为 $5500 \text{ \AA}$, 薄膜的折射率为 1.2 , 求薄膜的最小厚度为多少?

15-15 一条光线,垂直入射在透明薄膜上,薄膜的折射率为 $n > 1$. 若反射光线将增强,则当薄膜厚度用入射光波长表示时,其厚度应为下列各值中的哪一个?

(a) $1/4$; (b) $1/4n$; (c) $1/2$; (d) $1/2n$; (e) $9/8n$.

15-16 由光源 S 发出的 $\lambda = 6000 \text{ \AA}$ 的单色光,自空气射入折射率 $n = 1.23$ 的一层透明物质,再射入空气(见图). 若透明物质的厚度为 $d = 1 \text{ cm}$, 入射角 $\theta = 30^\circ$, 且 $SA = BC = 5 \text{ cm}$. 求:

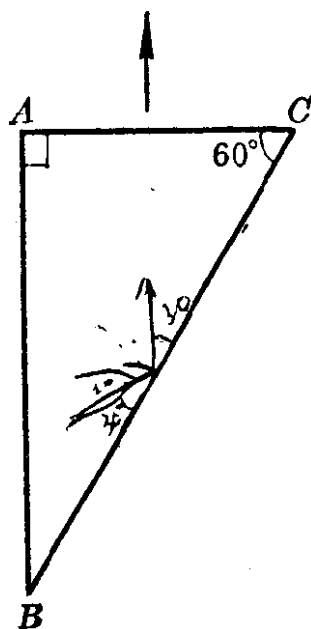


题 15-16 图

(1) θ_1 为多大?
(2) 此单色光在这层透明物质里的频率、速度和波长各为多少?

(3) S 到 C 的几何路程为多少? 光程为多少?

15-17 真空中放着一块折射率为 $\sqrt{2}$ 的直角棱镜 ABC , 如图所示. 当单色光($\lambda=6000\text{\AA}$), 以某入射角 i 射到棱镜的 AB 面时, 光线就会垂直于 AC 面从棱镜里射出来.



题 15-17 图

(1) 此时入射角 i 等于多少?

(2) 此时射入棱镜的光线到达 BC 面时, 是否有一部分光线经 BC 面射出棱镜之外?

(3) 如果在棱镜 AC 面涂上一层折射率为1.2的均匀透明薄膜, 这时会有一部分光线在膜的两面发生反射, 为了尽量减少这些反射光, 膜的最小厚度应等于多少?

15-18 在空气中吹肥皂泡时, 随着肥皂泡膜的变薄, 膜上会出现颜色, 膜进一步变薄, 肥皂泡上又将显现黑色部分, 并且很快就会破碎, 试解释这一现象.

15-19 白光以入射角 $\alpha=52^\circ$ 射在薄膜($n_2=1.4$)上, 问薄膜厚度为多少时, 透射光呈现红色? 已知红色光的波长为 $\lambda=6.7 \times 10^3 \text{\AA}$.

15-20 白光以 45° 角射在肥皂膜($n=1.33$)上. 试求: 使反射光呈黄色($\lambda=6000 \text{\AA}$)的肥皂膜最小厚度.

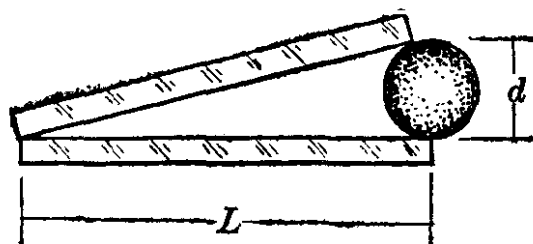
15-21 在空气中, 垂直入射的白光从肥皂膜上反射, 在可见光谱中 $6300 \text{\AA}$ 处有一个干涉极大, 而在 $5250 \text{\AA}$ 处有一干涉极小, 并且在这极大与极小之间没有另外的极值情况. 已知膜的厚度是均匀的, 试问这膜的厚度为多少? 设肥皂膜的折射率为1.33.

15-22 太阳光垂直照射在厚度为 $e=4.0 \times 10^{-5} \text{ cm}$ 的油膜

($n=1.50$) 上, 反射光将出现何种颜色?

15-23 观察肥皂水薄膜的反射光时呈现绿色($\lambda=5000\text{\AA}$), 且这时膜的法线与视线间的夹角为 $i=45^\circ$. 问膜最薄的厚度是多少? 设肥皂水的折射率为 1.33.

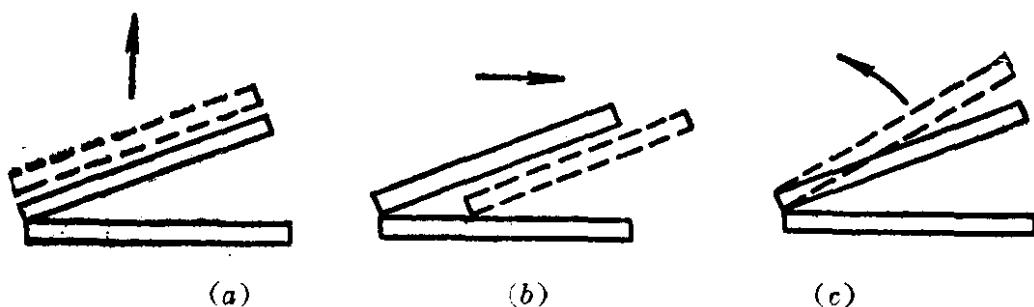
15-24 (1) 可利用空气劈尖的干涉测细丝直径. 今观测垂直于劈尖表面的相干反射光所形成的干涉条纹. 已知 $\lambda=5893\text{\AA}$, $L=10.0\times 10^{-2}\text{ m}$, 测得 50 条明条纹的间距为 0.100 m, 求金属丝直径 d (见图).



题 15-24 图

(2) 在空气劈尖中间装进折射率为 1.52 的油, 试求这时明条纹的间隔为多大?

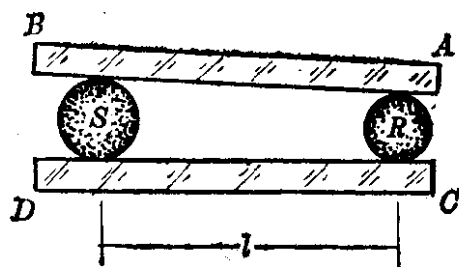
15-25 如图所示, 若劈尖的上表面向上平移 (如图 a), 干涉条纹会发生怎样的变化? 若劈尖的上表面向右平移 (图 b), 干涉条纹又会发生怎样的变化? 若劈尖的角度增大 (图 c), 干涉条纹又将发生怎样的变化?



题 15-25 图

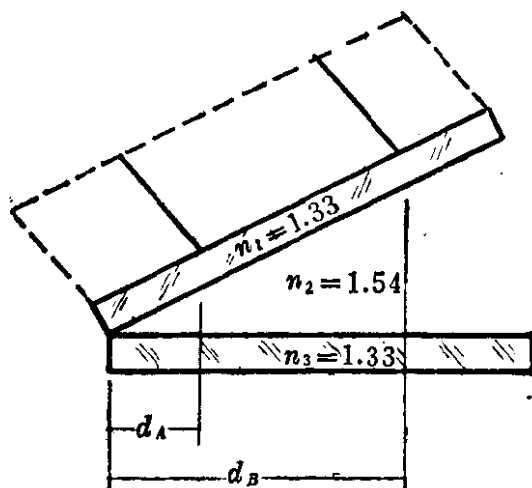
15-26 如图所示, 在 AB 与 CD 两平面玻璃板之间, 夹着圆

柱形小物体 R 和 S (图中已将小物体放大很多倍)。 R 和 S 相距为 l 。当从上方垂直入射波长为 $5000\text{\AA}$ 的单色光时, 观察反射光干涉条纹, 可看到有规则排列的明暗相间的干涉条纹。若在 R 与 S 之间有 10 条明条纹, 且 R 和 S 恰好位于应该出现暗条的位置。那么, R 和 S 的直径之差应等于多少? 如果改变距离 l , 对计算结果有何影响?

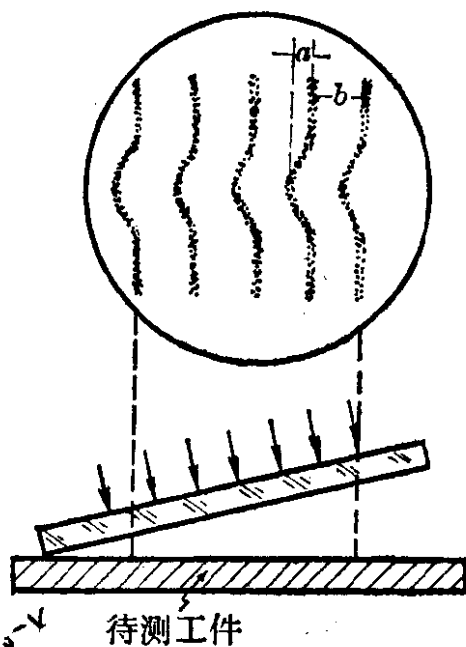


题 15-26 图

15-27 利用劈尖的等厚干涉条纹, 可测量很小的角度。设在图示的劈尖上, 垂直入射光的波长为 $5893\text{\AA}$, 并测得其中相邻两条明条纹的位置 $d_A=15.8\text{ mm}$, $d_B=16.0\text{ mm}$ 。求劈尖的夹角。



题 15-27 图



题 15-28 图

15-28 利用空气劈尖的等厚干涉条纹, 可测量精密加工工件

表面极小纹路的深度。测量时，把待测工件放在测微显微镜的工作台上(使待测表面向上)，在工件上面放一块平玻璃(光学面向下)，以单色光垂直照射到玻璃片上，在显微镜中就可看到等厚干涉条纹。由于工件表面不平，设在某次测量时观察到干涉条纹有弯曲现象，情况如图所示。试根据条纹弯曲的方向，说明这工件表面上的纹路是凹的还是凸的？并证明纹路深度可用下式表示：

$$H = \frac{a}{b} \frac{\lambda}{2}$$

15-29 牛顿环实验中，透镜的曲率半径为 5.0 m，直径为 2.0 cm。

(1) 用波长为 $\lambda = 5890 \text{ \AA}$ 的光垂直照射时，可看到多少干涉条纹？

(2) 若在空气层中充以水(水的折射率 $n = 1.33$ ，玻璃的折射率为 1.52)，此时可看到多少干涉条纹？

15-30 在牛顿环实验中，当透镜和玻璃之间充以某种液体时，第十个亮环纹的直径由 $1.40 \times 10^{-2} \text{ m}$ 变为 $1.27 \times 10^{-2} \text{ m}$ ，试求这种液体的折射率。

15-31 (1) 用曲率半径为 R 的凸透镜制作一牛顿环仪器。当以单色光垂直入射观察反射光的干涉条纹时，如果测得第 m 条和第 n 条明环之间的距离为 l ，求光的波长。

(2) 若光的波长为 $6000 \text{ \AA}$ ，试求观察到第五个暗环处的空气层厚度(即透镜与平玻璃之间空气层的厚度)。

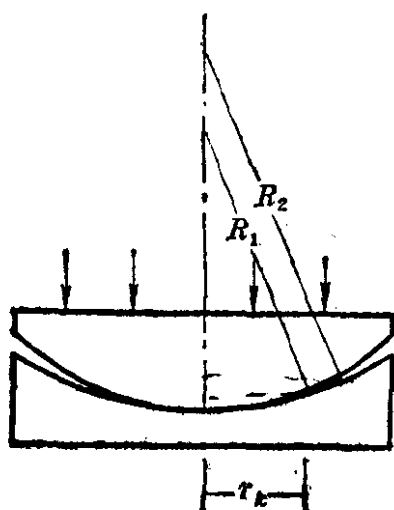
(3) 若在透镜和平玻璃之间充以水，则(2)中第五个暗环的半径变大还是变小？

15-32 使用单色光观察牛顿环，测得某一明环的直径为 3.00 mm，在它外面第五个明环的直径为 4.60 mm，已知平凸透镜的曲率半径为 1.03 m，求此单色光的波长。

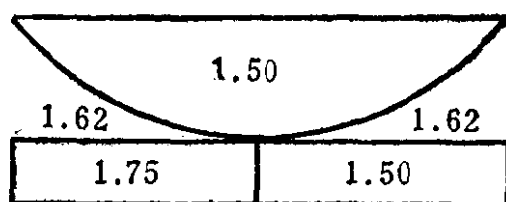
15-33 利用牛顿环的条纹,可测定凹曲面的曲率半径.把已知的平凸透镜的凸面放置在待测的凹面上(见图),在两镜面之间形成空气层,可观察到环状干涉条纹.试证明第 k 个暗环的半径 r_k ,和凹面半径 R_2 ,凸面半径 R_1 以及光波波长 λ 之间的关系为:

$$r_k^2 = k\lambda \frac{R_1 R_2}{R_2 - R_1}$$

这个方法在透镜磨制中经常使用.凸透镜的凸面是标准值的光样板,凹面镜的半径 R_2 待定.设 $\lambda = 5893 \text{ \AA}$,测得第4个暗环的半径为 $r_4 = 2.25 \text{ cm}$,而 R_1 已知为 102.3 cm ,求 R_2 .



题 15-33 图



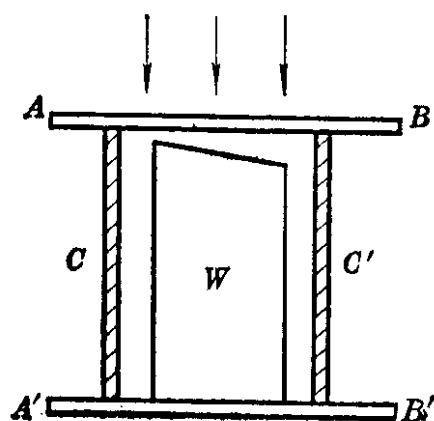
题 15-34 图

15-34 牛顿环的实验装置,如图所示.设玻璃板是由两部分组成(冕牌玻璃 $n_1 = 1.50$ 和火石玻璃 $n_2 = 1.75$),透镜是冕牌玻璃制成的,而透镜和玻璃板之间的空间充满二硫化碳($n_3 = 1.62$).问:在反射光中所看到的干涉花样的形状如何?

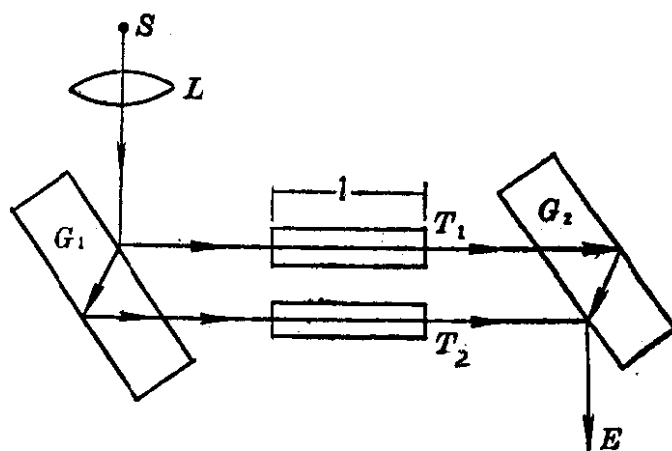
15-35 图为干涉膨胀仪的示意.平面玻璃板 AB 与 $A'B'$ 之间放一热膨胀系数极小的熔石英环 CC' ,被测样品 W 放在环内,其上表面与 AB 板下表面形成一楔形空气层,以波长 λ 的单色光自 AB 板垂直入射在楔形空气层上,产生等厚干涉条纹.设在温度 t_0 时,测得样品的长度为 L_0 ,温度升高到 t 时,环 CC' 的长度近似不

变, 样品 W 的长度增为 L , 通过视场某一刻线的条纹数目为 N , 求证被测物的热膨胀系数 β 为:

$$\beta = \frac{N\lambda}{2L_0(t-t_0)}$$



题 15-35 图

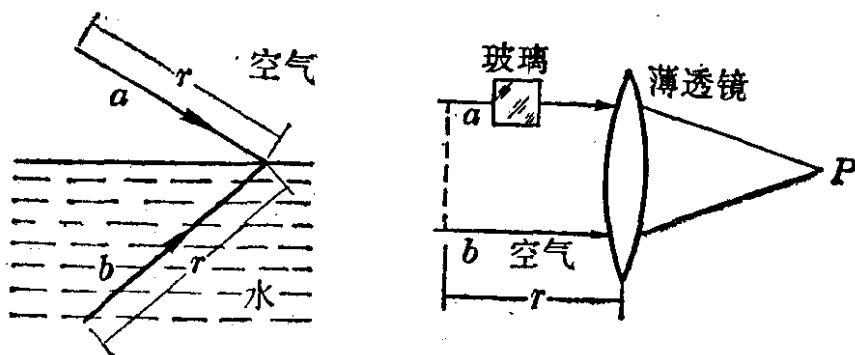


题 15-36 图

15-36 下图是测定气体折射率的干涉仪(雅敏干涉仪)的光路图. 图中 S 为光源, L 为聚光透镜, G_1 、 G_2 为两块等厚而且平行的玻璃板, T_1 、 T_2 为等长的两个玻璃管, 长度为 l . 进行测量时, 先将 T_1 、 T_2 抽空, 然后将待测气体极缓慢地充入 T_2 管中, 就可在 E 处观察到由 G_2 所射出的两条光线的干涉条纹的变化, 从而求出待测气体的折射率. 例如某次测量某种气体时, 将气体徐徐放入 T_2 管中, 自开始进气体到标准状态时, 在 E 处共看到有 98 条干涉条纹移动. 所用的黄光的波为 $5893 \text{ \AA}$ (真空中), $l = 20 \text{ cm}$, 求气体在标准状态下的折射率.

第十六章 光的衍射

16-1 在下列两种情况中(见图), 两条光线 a 和 b 开始时无光程差, 问相聚后是否有光程差? 为什么?



题 16-1 图

16-2 (1) 在单缝衍射中, 为什么衍射角 ϕ 愈大(级数愈大)的那些明纹的亮度就愈小? 试用菲涅耳波带法加以解释.

(2) 单缝衍射实验中, 如果把整个装置放在水中, 此时衍射图样将发生怎样的变化?

16-3 在单缝衍射实验中, 波长为 λ 的单色光垂直射到宽为 10λ 的单缝上, 在缝后放一焦距为 1m 的凸透镜, 透镜的焦平面上放一屏. 问屏上最多可出现第几级明纹? 如缝宽为 100λ 或 1λ , 结果又如何?

16-4 在单缝衍射实验中, 以波长为 $5460\text{ \AA}$ 的光垂直入射在单缝上, 若缝与屏的距离为 80cm , 测得右方第一级暗纹和左方第一级暗纹之间的距离为 5.2 mm , 求缝宽.

16-5 白光通过单缝而产生的衍射图样中, 波长为 $6000\text{ \AA}$ 的黄光的第二条明纹与某波长的第三条明纹相重合. 求该光波的

波长.

16-6 波长为 $5890 \text{ \AA}$ 的光, 入射在宽为 $a=1.0\text{mm}$ 的单缝上, 使在离缝 $D=2.0 \text{ m}$ 远的屏上产生衍射条纹. 求在中央条纹的任一侧, 相邻两条暗条纹之间的距离. 如果将整个装置浸入水中, 此时相邻两条暗条纹之间的距离是多少?

16-7 试分别讨论: 干涉和衍射的异同, 单缝衍射和光栅衍射的区别.

16-7 一光栅, 在每 2.54 cm 上有 8000 条刻痕, 试问在可见光谱中哪些波长的光可以在第五级衍射中观察到?

16-8 当波长为 $\lambda=6000 \text{ \AA}$ 的光垂直入射光栅时, 光栅产生的第一极大值和中心极大值的距离为 $\Delta x=3.3 \text{ cm}$. 光栅与屏的距离为 $D=1.10 \text{ m}$. 求此光栅每厘米上刻痕的数目.

16-9 假设把可见光谱的两个极限任意地选定为 $4300 \text{ \AA}$ 和 $6800 \text{ \AA}$. 试设计一光栅, 此光栅将把第一级光谱扩展到 20° 角的范围.

16-10 用某一光栅观察垂直入射的绿色光(波长 $\lambda=5460 \text{ \AA}$) 的光谱, 它的第一级谱线的偏转角为 15° , 问用这一光栅最多能看到它的第几级谱线?

16-11 单色光垂直射入光栅, 若光栅常数为 $2.0 \times 10^{-6} \text{ m}$. 该光栅在红光($\lambda_1=7000 \text{ \AA}$)和紫光($\lambda_2=4500 \text{ \AA}$)的情况下所产生的干涉极大值的最大级数分别是多少?

16-12 波长为 $\lambda=5890 \text{ \AA}$ 的单色光垂直入射到宽度为 $a=0.40 \text{ mm}$ 的单缝上, 紧贴缝后放一焦距为 1.0 m 的凸透镜, 使衍射光射于放在透镜焦平面处的屏上. 求屏上:

(1) 第一暗条离中心的距离;

(2) 第二明条离中心的距离;

(3) 如果单色光以入射角 $i=30^\circ$ 斜射到单缝上, 问上述结果

如何变动?

16-13 充气放电管发出的光束垂直射入某一光栅. 问第三级光谱中波长为多少的波线将和波长为 $\lambda_1 = 6700 \text{ \AA}$ 的二级光谱重迭?

16-14 某衍射光栅在 2.54 cm 中具有 10^4 条均匀间隔的刻线, 钠蒸汽灯发出的黄光垂直入射在光栅上. 这种黄光包含有两条紧邻的谱线, 其波长为 $5890 \text{ \AA}$ 及 $5896 \text{ \AA}$, 问:

(1) 对于第一种波长的光, 第一级的极大值将出现在多大的衍射角处? 是下列各值中的哪一个?

- (a) 10.3° ; (b) 11.2° ; (c) 13.6° ;
(d) 14.5° ; (e) 15.3° .

(2) 这两条光线第一级极大值之间的角间距多大? 是下列各值中的哪一个?

- (a) 0.14° ; (b) 0.014° ; (c) 0.0014° ;
(d) 0.27° ; (e) 0.027° .

▲(3) 如果只是为了分辨第三级中的钠的双线, 光栅至少应具有几条刻线?

- (a) 220; (b) 330; (c) 440;
(d) 230; (e) 4800.

16-15 以波长为 $6000 \text{ \AA}$ 的单色光垂直入射在每毫米 500 刻痕的光栅上, 求第一、第二、第三级谱线的衍射角, 此时最多能看到几级谱线?

16-16 利用光栅测波长的一种方法如下: 用钠黄光($\lambda = 5893 \text{ \AA}$)垂直入射在一衍射光栅上, 测得第二级谱线的偏角是 $10^\circ 11'$, 而以另一未知波长的单色光垂直入射时, 它的第一级谱线的偏角是 $4^\circ 42'$, 求该光的波长.

▲**16-17** 两束谱线各有波长 λ 和 $\lambda + \Delta\lambda$, 其中 $\Delta\lambda \ll \lambda$. 试证它