

第十三章 光

目录

1 第 1 节 光的折射全反射	2
1.1 考点 1 折射定律折射率	2
1.1.1 折射定律	2
1.1.2 折射率	2
1.1.3 深挖教材	2
1.2 考点 2 全反射	4
2 第 2 节 光的波动性	6
2.1 考点 1 光的干涉现象	6
2.1.1 教考衔接	7
2.2 考点 2 光的衍射和偏振现象	11
2.2.1 提分关键 • 规律总结	13
3 实验 测量玻璃的折射率	13
3.1 实验原理及装置图	13
3.2 操作要领及注意事项	14
3.3 数据处理	14
3.4 误差分析	15
4 实验 用双缝干涉测量光的波长	17
4.1 实验原理	17
4.2 操作要领及注意事项	17
4.3 数据处理	17
4.4 误差分析	17
4.5 其他方案	17

1 第 1 节 光的折射全反射

1.1 考点 1 折射定律折射率

1.1.1 折射定律

1. 折射定律 (如图所示)

表达式: $\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = n_{12}$ (式中 n_{12} 是比例常数, 只与两种介质的性质有关)。

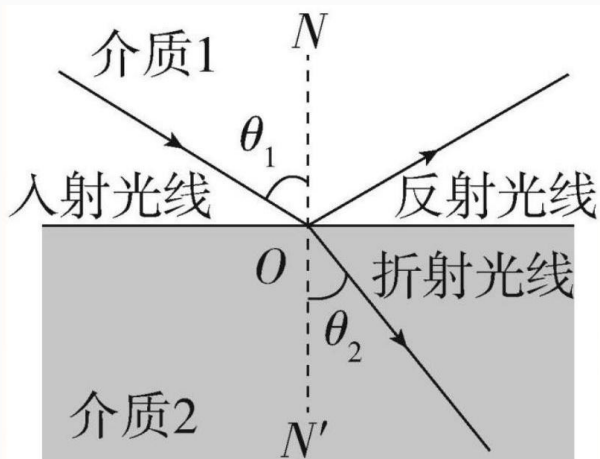


图 1: 光的折射与反射同时发生

1.1.2 折射率

(1) 定义式: $n = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2}$ 。

(2) 折射率与速度的关系式: $n = \frac{c}{v}$ 。

(3) 折射率的大小不仅与介质本身有关, 还与光的频率有关。同一种介质中, 频率越大的光折射率越大, 传播速度越小; 同一种光, 在不同介质中, 虽然波速、波长一般不同, 但频率相同。

1.1.3 深挖教材

典例 1 (人教版选必一 P₈₈ 例题改编) 如图甲所示, 一个容器中装有水, 一束单色光从 O 点射入水中, 折射到容器壁的 B 点, 入射光线的延长线交容器壁于 A 点, 水面处 C 点与 AB 在同一竖直线上。

(1) (回归教材) 水的折射率是多少? 光在水中传播的速度是多少? (用题给线段表示)

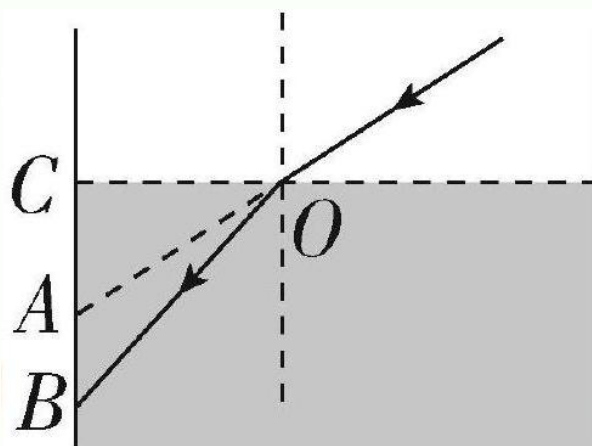


图 2: 甲

(2)(情境变式) 图乙为某教师演示用笔直的箭叉鱼的装置, 其简化装置见图丙。她先通过水面上方的空心管道看到鱼缸左侧拐角处的鱼模型左端(对应图丙中的 B 点), 然后固定管道后用箭沿管道叉鱼, 却击中了鱼缸侧壁 A 。测得 $OP = PA = 10\text{ cm}$, $PB = 17.3\text{ cm}$ (可视作 $10\sqrt{3}\text{ cm}$)。求:

- (1) 水的折射率 n ;
- (2) 欲击中水底的长度为 2 cm 的鱼模型, 现保持装置方向不变而将鱼缸向左侧平移, 求移动距离 d 的范围。

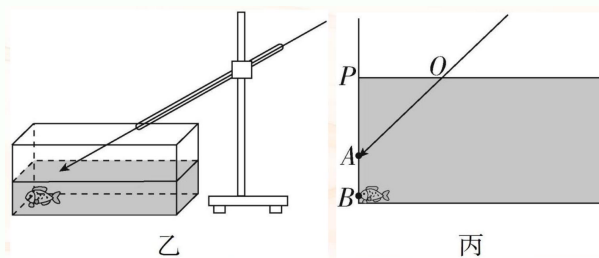


图 3: 乙和丙

(3)(拓展变式) 由于光的折射, 小河底部看起来比实际浅, 如果贸然涉水过河, 有可能发生危险。已知河底 A 点的深度为 H , 水的折射率为 n , 光在真空中的传播速度为 c 。在 θ 角很小时, 近似认为 $\tan\theta = \sin\theta$ 。下列说法正确的是 ()

- A. 光垂直射出水面不是光的折射
- B. 光从 A 点传播到水面的最短时间为 $\frac{H}{c}$
- C. 从 A 点正上方附近看到 A 点的深度为 $\frac{H}{n}$
- D. 条件不足, 无法计算从 A 点正上方附近看到 A 点的深度

典例 2 (2024 届福建厦门三模) 如图所示为某手机防窥膜的原理简化图, 在透明介质中等距排列有相互平行的吸光屏障, 屏障的高度与防窥膜厚度相等, 方向与屏幕垂直。从

手机屏幕上相邻两吸光屏障中点 O 发出的光经透明介质由吸光屏障边缘射入空气，在空气中的出射角 θ 称为可视角度，可视角度越小防窥效果越好。下列做法中能提高防窥效果的是 ()

- A. 增大手机屏幕亮度
- B. 增大相邻两吸光屏障间距

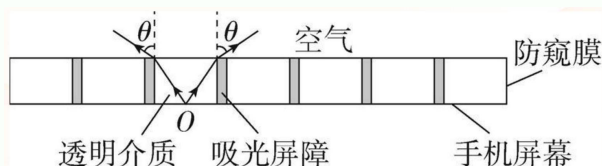


图 4: 防窥膜原理

- C. 减小防窥膜的厚度
- D. 减小透明介质的折射率

1.2 考点 2 全反射

1. 现象：光从光密介质射入光疏介质，当入射角增大到某一角度，使折射角达到 90° 时，折射光完全消失，只剩下反射光，这种现象叫作全反射。（两种介质比较，折射率 n 较大的介质叫作光密介质，折射率 n 较小的介质叫作光疏介质）

点拨提醒在入射角增大的过程中，折射光的能量减少，反射光的能量增加，当发生全反射时，反射光的能量最强。

2. 临界角 (C)：折射角为 90° （刚好发生全反射）时的入射角叫作临界角 C , $\sin C = \frac{1}{n}$ 。

3. 条件：光从光密介质射入光疏介质且入射角大于或等于临界角 C 。

4. 应用：全反射棱镜、光导纤维等。

典例 3 (2024 届雅礼中学一模) (多选) 根据国际报道，一项新技术使普通单模光纤实时传输速率创造了新的纪录，如果这项技术能大规模商用，网速将得到大幅提升。光纤通信中信号传播的主要载体是光纤，它的结构如图甲所示。一束激光由光导纤维左端的 O 点以 $\alpha = 60^\circ$ 的入射角射入一直线光导纤维内，恰好在光导纤维的侧面（侧面与过 O 点的法线平行）发生全反射，如图乙所示。下列说法正确的是 ()

- A. 光纤内芯的折射率比外套的小
- B. 光从左端进入光纤内芯后，其频率不变

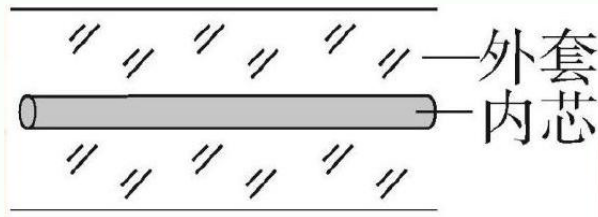


图 5: 甲

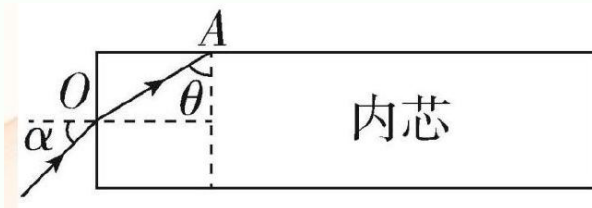


图 6: 乙

- C. 频率越大的光在光纤中传播的速度越大
 D. 内芯对这种激光的折射率 $n = \frac{\sqrt{7}}{2}$

典例 4 [2022 全国甲, 34 (2), 10 分] 如图, 边长为 a 的正方形 $ABCD$ 为一棱镜的横截面, M 为 AB 边的中点。在截面所在平面内, 一光线自 M 点射入棱镜, 入射角为 60° , 经折射后在 BC 边的 N 点恰好发生全反射, 反射光线从 CD 边的 P 点射出棱镜。求棱镜的折射率以及 P 、 C 两点之间的距离。

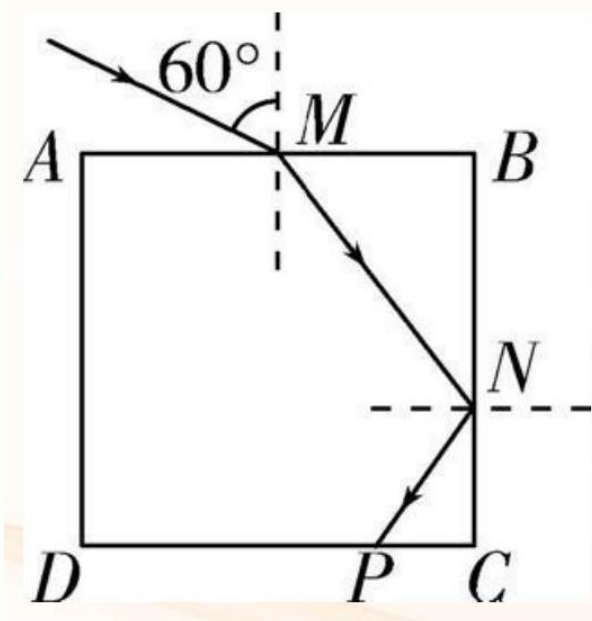


图 7: 棱镜截面

高考变式（平面变曲面+二维变三维）一个半径为 R 的玻璃半球，如图甲所示平放在水平桌面上（上表面水平）。若一束激光从到 O 点距离为 $\frac{\sqrt{3}R}{3}$ 的 E 点与上表面成 45° 角射入，则部分光能从 O 点右侧的 F 点射出， F 点到 O 点的距离也为 $\frac{\sqrt{3}R}{3}$ ，且射出时与上表面也成 45° 角。现改用一束竖直光垂直照射玻璃半球（如图乙），结果在水平桌面上出现了一个亮斑，求该亮斑的半径。

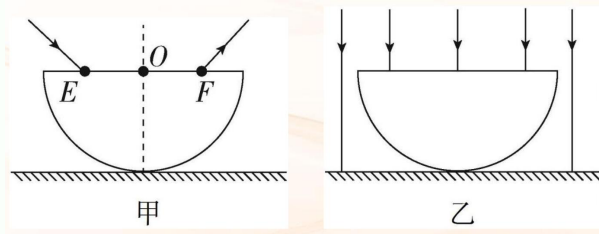


图 8: 玻璃半球

2 第 2 节 光的波动性

2.1 考点 1 光的干涉现象

1. 现象：来自两个光源的光在一些位置相互加强，在另一些位置相互削弱，因此在挡板后面的屏上得到明暗相间的条纹。
2. 条件：两列光波的频率相同、相位差恒定。（将同一列光波分解为两列光波可以得到相干光源）
3. 双缝干涉

如图所示，相干光源 S_1 S_2 发出的光到屏上 P' 点的路程差 $\Delta r = r_2 - r_1$

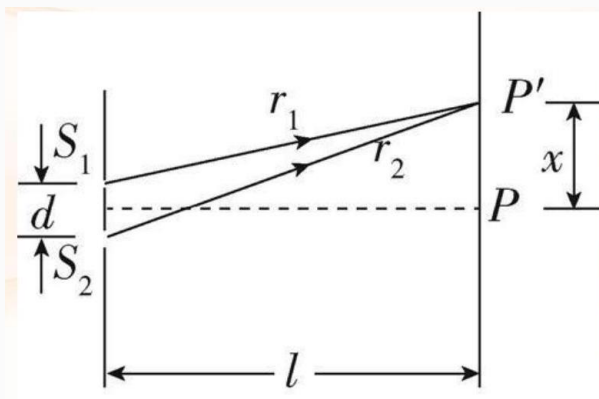


图 9: 双缝干涉

- (1) 当 $\Delta r = \pm n\lambda$ ($n = 0, 1, 2, \dots$) 时，光屏上 P' 处出现亮条纹。
 - (2) 当 $\Delta r = \pm (2n + 1)\frac{\lambda}{2}$ ($n = 0, 1, 2, \dots$) 时，光屏上 P 处出现暗条纹。
4. 薄膜干涉

(1) 形成原因：如图所示，竖直的肥皂薄膜，由于重力的作用形成上薄下厚的楔形。当光照射到薄膜上时，从膜的前表面 AA' 和后表面 BB' 分别反射回来，形成两列频率相同的光波，并且叠加。

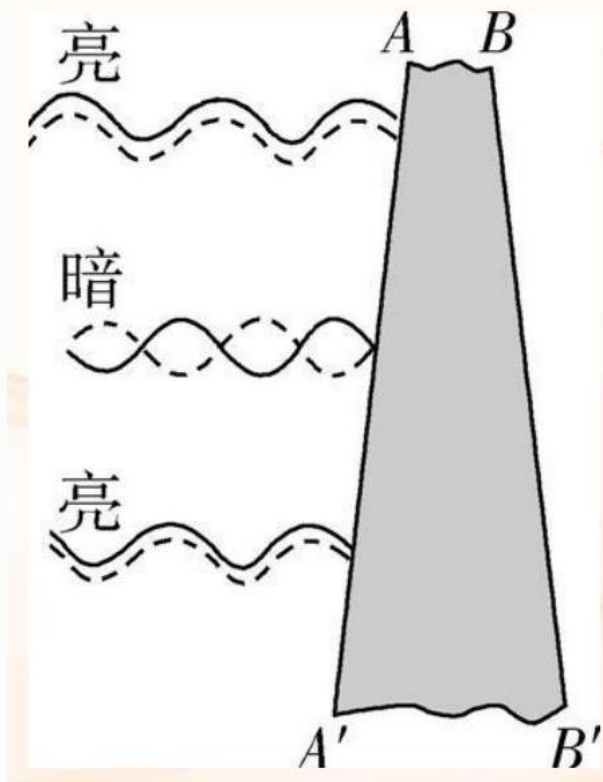


图 10: 薄膜干涉

(2) 应用：(1) 增透膜；(2) 检查光学平面的平滑度。

2.1.1 教考衔接

(1) 如图所示为双缝干涉装置示意图，双缝到光屏的距离为 L ，双缝的中垂线与光屏交于 O 点。某种单色光照射到双缝上，观察到光屏上 O 处为第 0 级亮条纹的中心位置， A 点为第 2 级亮条纹的中心位置，图中黑色部分表示亮条纹。现将光屏缓慢向左平移 $\frac{L}{2}$ ，该过程中 A 点由亮变暗的次数为 ()

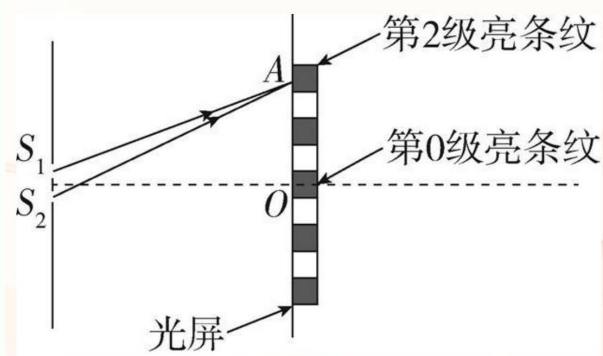


图 11: 双缝干涉装置

- A. 4 次
- B. 3 次
- C. 2 次
- D. 1 次

(2) (回归教材) (人教版选必一 P₁₁₅, B 组, T₄ 改编) (多选) 1801 年, 托马斯·杨用双缝干涉实验研究了光波的性质。1834 年, 洛埃用平面镜同样得到了杨氏干涉的结果(称洛埃镜实验)。洛埃镜实验的基本装置如图所示, S 为单色光源, M 为一平面镜。 S 发出的光直接照到光屏上, 同时 S 发出的光还通过平面镜反射到光屏上, 这两束光在光屏上叠加发生干涉形成明暗相间的条纹。事实证明光从光疏介质射向光密介质时, 反射光会产生 π 大小的相位突变, 即发生所谓半波损失。设光源 S 到平面镜的距离和到光屏的距离分别为 d 和 L , 单色光的波长为 λ , 下列说法正确的是()

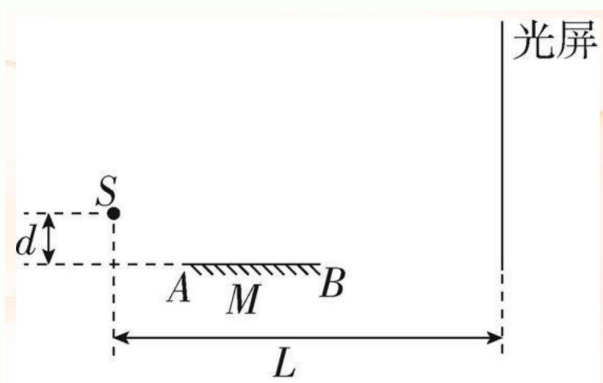


图 12: 洛埃镜实验

- A. 在整个光屏上都会呈现明暗相间的干涉条纹
- B. 若将平面镜向左平移, 则光屏上相邻亮条纹中心间距将增大
- C. 若将光屏向左平移到平面镜右端 B 处, 光屏上与 B 接触处出现暗条纹
- D. 在光屏上相邻亮条纹中心或相邻暗条纹中心间的距离 $\Delta x = \frac{L}{2d}\lambda$

(3) (回归教材) (人教版选必一 P₁₀₀, T₄ 改编) 利用薄膜干涉原理可以测量金属丝的

直径。将矩形的平行薄玻璃板 AB 放在水平标准工件的上面，右侧垫有粗细均匀的直金属丝，在标准工件与玻璃板之间形成一个楔形空气膜，其截面如图所示。用波长为 λ 的光，垂直标准工件方向射向玻璃板，在玻璃板上方形形成平行条纹，测出相邻亮条纹中心间的距离为 Δx ，金属丝与标准工件的接触点 D 到楔形顶端 C 点的距离为 L ，下列说法正确的是 ()

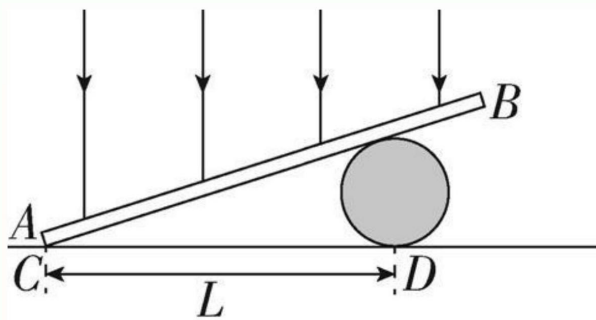


图 13: 薄膜干涉测量

- A. 条纹方向平行于 CD
- B. 金属丝的直径约为 $\frac{\lambda L}{2\Delta x}$
- C. 当金属丝向右移动少许时， Δx 变小
- D. 在同一位置换用更细的金属丝时， Δx 变小

(4) (链接高考) (2021 山东, 7, 3 分) 用平行单色光垂直照射一层透明薄膜，观察到如图所示明暗相间的干涉条纹。下列关于该区域薄膜厚度 d 随坐标 x 的变化图像，可能正确的是

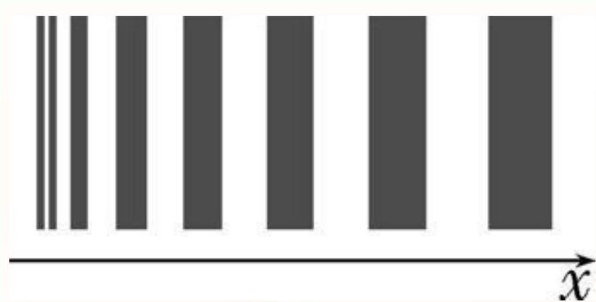


图 14: 干涉条纹

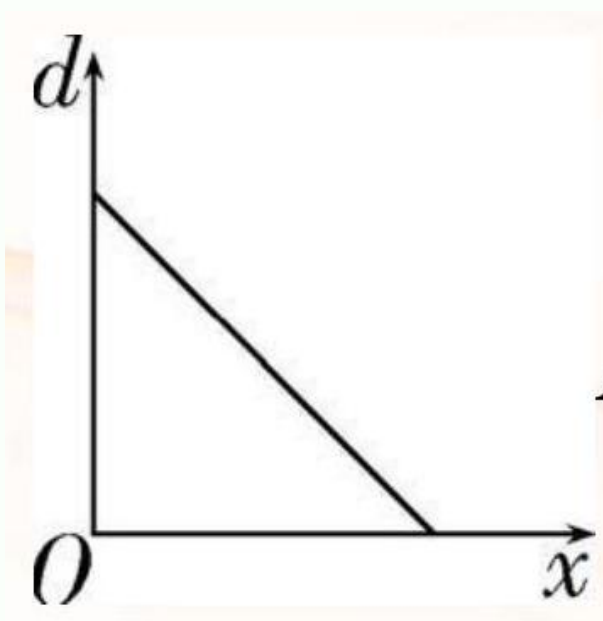


图 15: 选项 A

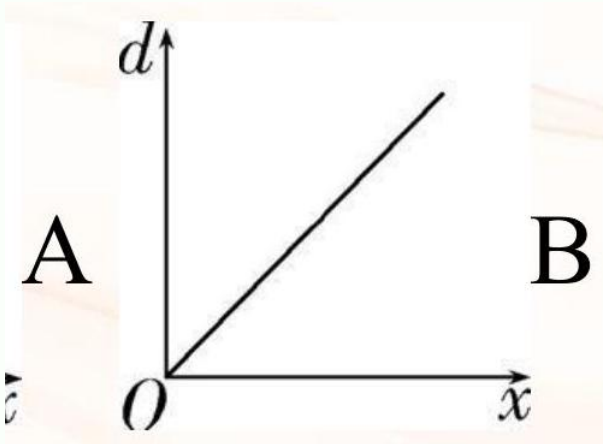


图 16: 选项 B

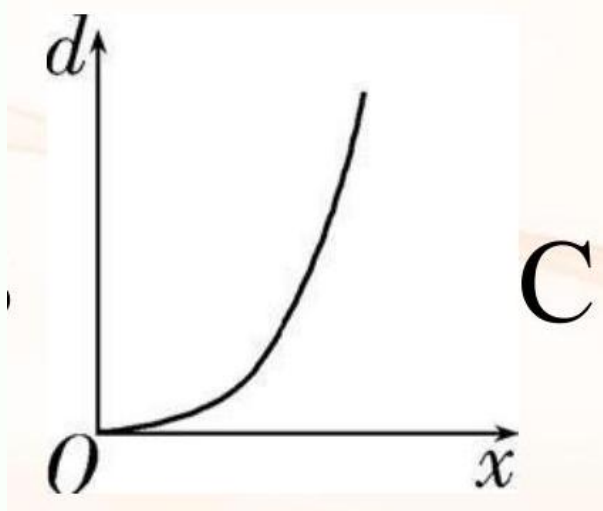


图 17: 选项 C

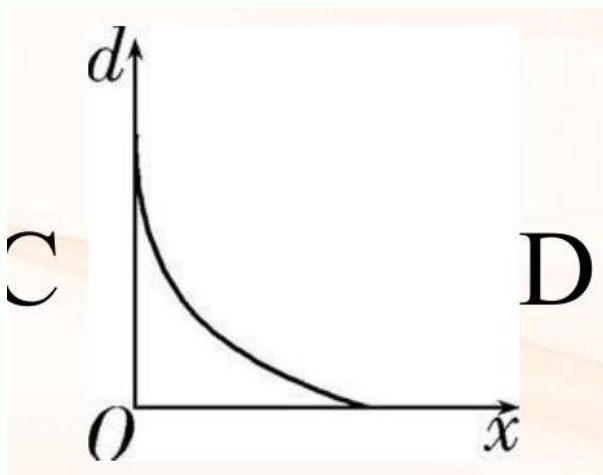


图 18: 选项 D

2.2 考点 2 光的衍射和偏振现象

1. 光的衍射 (如图所示)

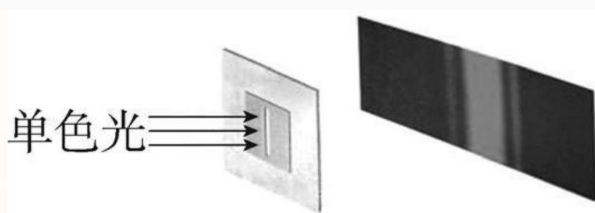


图 19: 光的衍射

点拨提醒注意单缝衍射和双缝干涉图样的区别。

(1) 衍射：当光照射到狭缝或障碍物上时，光绕过缝的边缘或障碍物偏离直线传播的现象。

(2) 发生明显衍射的条件：障碍物或狭缝的尺寸足够小（障碍物或狭缝的尺寸与光的波长相近，或比光的波长还小）。

(3) 应用：衍射光栅、X 射线晶体衍射实验等。

2. 光的偏振（如图所示）

(1) 自然光：包含着在垂直于传播方向上沿一切方向振动的光，而且沿着各个方向振动的光波的强度都相同。

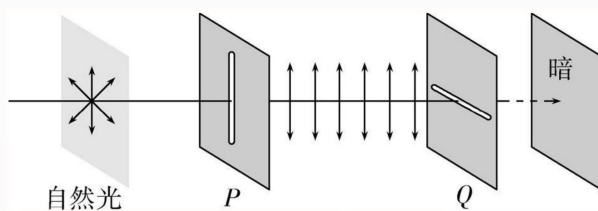


图 20: 光的偏振

(2) 偏振光：在垂直于光的传播方向的平面上，只沿着某个特定的方向振动的光。

(3) 偏振光的形成

(1) 让自然光通过偏振片形成偏振光。

(2) 让自然光在两种介质的界面发生反射和折射，反射光和折射光可以成为部分偏振光或完全偏振光。

(4) 光的偏振现象说明光是一种横波。

(1) 如图所示，甲、乙、丙、丁四个图是单色光形成的干涉或衍射图样，根据各图样的特点可知 (D)



图 21: 图样比较

A. 甲图是光的衍射图样

B. 乙图是光的干涉图样

C. 丙图是光射到圆孔后的干涉图样

D. 丁图是光射到圆板后的衍射图样

(2) 用红光、蓝光分别做双缝干涉实验（同一实验装置），用黄光、紫光分别做单缝衍

射实验（同一实验装置），得到的图样如图所示（黑色部分表示亮条纹）。在下面的四幅图中从左往右排列，亮条纹的颜色依次是（ ）



图 22: 颜色比较

- A. 红、黄、蓝、紫
- B. 红、紫、蓝、黄
- C. 蓝、紫、红、黄
- D. 蓝、黄、红、紫

2.2.1 提分关键 • 规律总结

各种色光的比较

颜色	红橙黄绿青蓝紫
频率	低 → 高
同一介质中的波长	大 → 小
同一介质中的折射率	小 → 大
同一介质中的速度 ($n = \frac{c}{v}$)	大 → 小
同一介质中的临界角 ($\sin C = \frac{1}{n}$)	大 → 小
通过同一棱镜的偏折角	小 → 大
光子的能量 ($E = h\nu$)	小 → 大
同一介质中光子的动量 ($p = \frac{h}{\lambda}$)	小 → 大
用同一双缝干涉装置 产生的条纹中心间距 ($\Delta x = \frac{L}{d}\lambda$)	大 → 小

3 实验 测量玻璃的折射率

3.1 实验原理及装置图

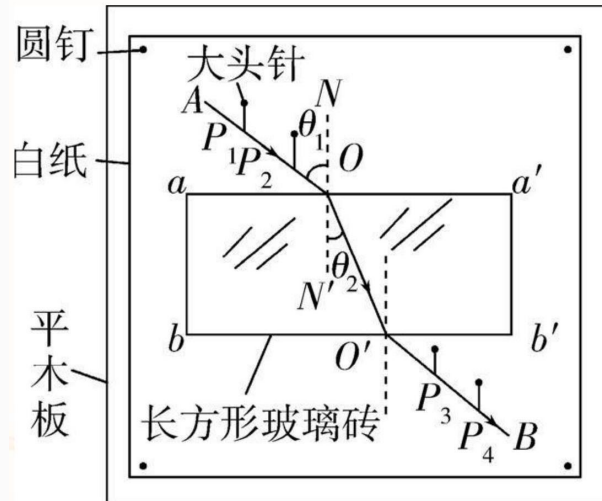


图 23: 实验装置

如图所示，当光线 AO 以一定的入射角穿过两面平行的玻璃砖时，通过插针法找出跟入射光线 AO 对应的出射光线 $O'B$ ，从而画出折射光线 OO' ，测量入射角 θ_1 、折射角 θ_2 ，再根据 $n = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2}$ 计算出玻璃的折射率。

3.2 操作要领及注意事项

1. 实验操作应注意哪些细节：尽可能将大头针竖直插在纸上， P_1 和 P_2 之间、 P_3 和 P_4 之间、 P_2 与 O 之间、 P_3 与 O' 之间距离要稍大一些；插针时，眼睛在 bb' 的一侧透过玻璃砖观察两枚大头针并调整视线方向，使 P_3 挡住 $P_1 P_2$ 的像，再插上 P_4 ，使 P_4 挡住 P_3 和 $P_1 P_2$ 的像。
2. 入射角应满足什么要求：入射角 θ_1 不宜太大（接近 90° ）或太小（接近 0° ）。入射角太大折射光较弱，入射角太小角度测量的误差较大。
3. 画线时应如何操作：先在白纸上画一条直线 aa' ，再在白纸上放上玻璃砖，使玻璃砖的一条长边与直线 aa' 对齐，在玻璃砖另一条边上确定两点，并用刻度尺画出该条长边的对齐线 bb' 。操作时，手不能触摸光通过的玻璃砖的光洁面，也不能把玻璃砖的棱当尺子画边界线。

3.3 数据处理

1. 计算法：用量角器测量入射角 θ_1 和折射角 θ_2 ，计算不同入射角时的 $\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2}$ ，并取平均值。
2. 图像法：改变不同的入射角 θ_1 ，测出不同的折射角 θ_2 ，作 $\sin \theta_1 - \sin \theta_2$ 图像，由 $n = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2}$ 可知图线应是一条过原点的倾斜直线，其斜率为折射率。
3. "单位圆"法：以入射点 O 为圆心，以一定的长度 R 为半径画圆，如图所示，

$\sin \theta_1 = \frac{EH}{OE}$, $\sin \theta_2 = \frac{E'H'}{OE'}$, $OE = OE' = R$, 则 $n = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{EH}{E'H'}$ 。只要用刻度尺测量出 EH $E'H'$ 的长度就可以求出折射率 n 。

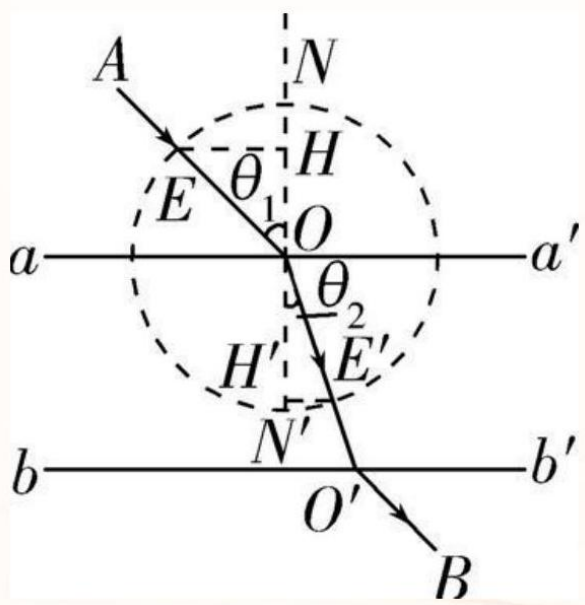


图 24: 单位圆法

3.4 误差分析

1. 若本实验方案中直线 aa' 与直线 bb' 不平行, 则会产生误差。
2. 如图甲所示, 若误将本实验方案中的玻璃砖稍向上平移了一些 (aa' bb' 的间距与玻璃砖的宽度仍相等), 不影响实验结果。

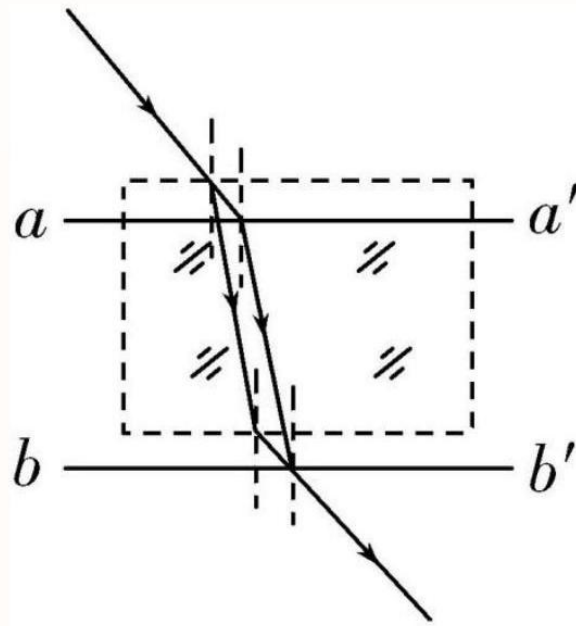


图 25: 甲

3. 如图乙所示, 若在本实验操作中误将两界面 aa' 、 bb' 的间距画得比玻璃砖的宽度大些, 则会导致测量的折射率偏小。

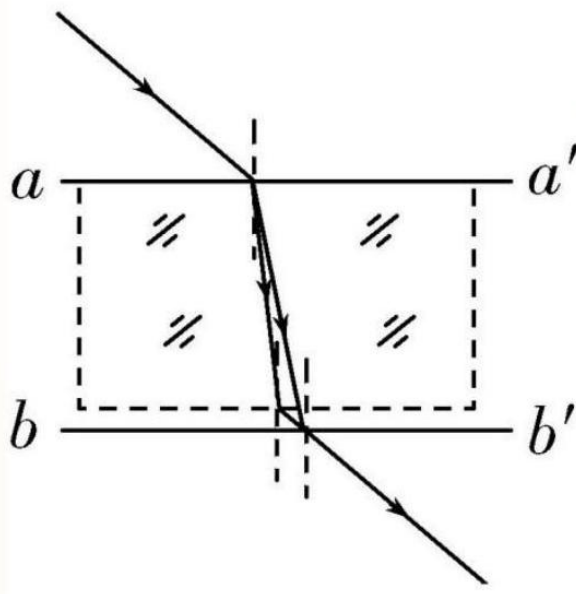


图 26: 乙

4 实验 用双缝干涉测量光的波长

4.1 实验原理

光源发出的光，经过滤光片后变成单色光，再经过单缝 S 时发生衍射， S_1 、 S_2 相当于两个相干光源，相邻两条亮（暗）条纹中心间的距离 $\Delta x = \frac{l}{d}\lambda_0$ 因此，只要测出 Δx 和 l 即可测出波长 λ 。

4.2 操作要领及注意事项

1. 安装时应注意的细节：使光源、透镜、滤光片、单缝、双缝的中心均在遮光筒的中心轴线上，并使单缝、双缝平行且间距适当。
2. 如何进行调节：调整光源的高度和亮度，使它发出的光束能够沿着遮光筒的轴线把屏照亮；调节测量头时，应使分划板中心刻线和亮条纹的中心对齐，记下此时手轮上的读数，转动手轮，使分划板中心刻线和另一亮条纹的中心对齐，记下此时手轮上的读数，两次读数之差就表示这两条亮条纹中心间的距离。

4.3 数据处理

1. 条纹间距的计算：转动测量头的手轮，分划板中心刻线在第 1 条亮条纹中央时读数为 a_1 ，在第 n 条亮条纹中央时读数为 a_n ，则 $\Delta x = \frac{a_n - a_1}{n - 1}$ ，再根据 $\Delta x = \frac{l}{d}\lambda$ 求出 λ 。
2. 测量时需测量多组数据，求 λ 的平均值。

4.4 误差分析

1. 双缝到屏的距离 l 的测量存在误差。
2. 测条纹间距 Δx 带来的误差
 - (1) 干涉条纹没有调整到最清晰的程度。
 - (2) 分划板中心刻线与干涉条纹不平行，中心刻线没有恰好位于条纹中心。
 - (3) 测量多条亮条纹中心间的距离时因读数不精准存在的误差。

4.5 其他方案

方案一利用激光笔和双缝进行实验

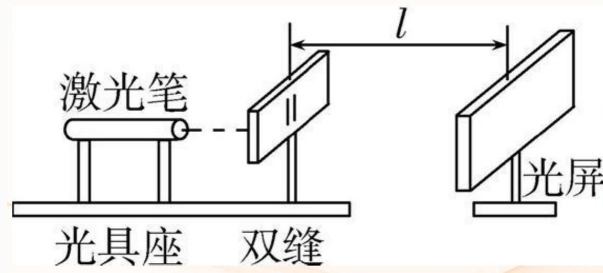


图 27: 激光笔实验

让一束激光经过双缝后投射到光屏上，测出相邻两亮条纹中心间的距离 Δx ，由 $\lambda = \frac{d}{l}\Delta x$ 测出 λ 。本方案操作简便，现象明显，但相邻亮条纹中心之间的距离测量误差较大。

方案二洛埃镜实验

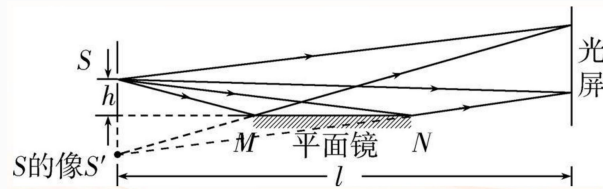


图 28: 洛埃镜实验

S 为单色光源，一部分入射到平面镜后反射到光屏上，一部分直接照射到光屏上，在光屏上两光束交叠区域里将出现干涉条纹。 S 和 S 通过平面镜成的像 S' 构成相干光源， $d = 2h$ 。在光屏上可以观察到明暗相间的干涉条纹，由 $\lambda = \frac{d}{l}\Delta x$ 可以求出 λ 。