

第 03 讲 光的干涉



目标导航

课程标准	课标解读
1. 知道光的干涉现象，知道光是一种波. 2. 理解相干光源和产生干涉现象的条件. 3. 理解杨氏干涉实验明暗条纹的特点、成因及出现明暗条纹的条件.	1. 知道杨氏干涉实验，知道光的干涉现象的产生条件，理解光是一种波. 2. 理解明暗相间条纹的成因及出现明暗条纹的条件. 3. 能阐述干涉现象的成因及明暗条纹的位置特点.



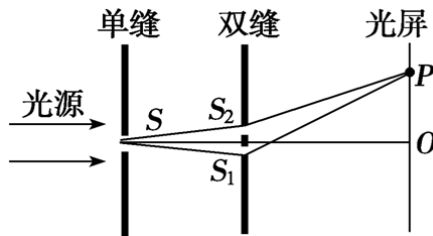
知识精讲

知识点 01 干涉实验

1. 光的干涉现象：1801 年，英国物理学家托马斯·杨成功地观察到了光的干涉现象，人们开始认识到光具有波动性。

2. 杨氏双缝干涉实验

(1) 双缝干涉的装置示意图实验装置如图所示，有光源、单缝、双缝和光屏。



(2) 单缝的作用：获得一个线光源，使光源有唯一的频率和振动情况。也可用激光直接照射双缝。

(3) 双缝的作用：将一束光分成两束频率相同且振动情况完全一致的相干光。

3. 光产生干涉的条件：两束光的频率相同、相位差恒定、振动方向相同。杨氏双缝干涉实验是靠“一分为二”的方法获得两个相干光源的。

4. 干涉图样

- (1)若用单色光作光源，干涉条纹是等间距的明暗相间的条纹。
(2)若用白光作光源，干涉条纹是彩色条纹，且中央条纹是白色的。

5. 证明了光是一种波.

【即学即练 1】从两只手电筒射出的光，当它们照射到同一点时看不到干涉条纹，是因为()

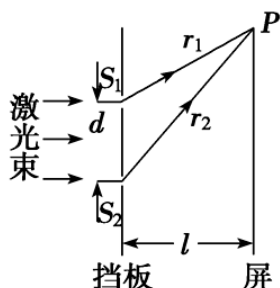
- A. 手电筒射出的光不是单色光
B. 周围环境的漫反射光太强
C. 干涉图样太细小看不清楚
D. 两个光源是非相干光源

【解析】 两只手电筒属两个各自独立发光的光源，二者发出的光频率不一定相同，是非相干光，因此它们照射到同一点时不发生干涉，因此无干涉条纹，A、B、C 错误，D 正确。

【答案】 D

知识点 02 光的干涉现象产生明暗条纹满足的条件

1. 明暗条纹路程差：如图所示，设屏上的一点 P 到双缝的距离分别为 r_1 和 r_2 ，路程差 $\Delta r = r_2 - r_1$ 。



(1)若满足路程差为波长的整数倍，即 $\Delta r = k\lambda$ (其中 $k=0,1,2,3, \dots$)，则出现亮条纹。

(2)若满足路程差为半波长的奇数倍，即 $\Delta r = \frac{2k+1}{2}\lambda$ (其中 $k=0,1,2,3, \dots$)，则出现暗条纹。

2. 双缝干涉实验中，屏幕上相邻亮条纹和相邻暗条纹是等间距的，这个间距与光的波长、屏幕到双缝的距离和双缝的间距有关。波长越长，屏幕到双缝的距离越大，双缝的间距越小，干涉条纹的间距越宽。

3. 屏上出现亮、暗条纹的条件

频率相同的两列波在同一点引起的振动的叠加，如亮条纹处某点同时参与的两个振动步调总是一致，即振动方向总是相同；暗条纹处振动步调总相反。具体产生亮、暗条纹的条件为：

(1)出现亮条纹的条件：屏上某点 P 到两条缝 S_1 和 S_2 的路程差正好是波长的整数倍或半波长的偶数倍。即 $|PS_1 - PS_2| = k\lambda = 2k \cdot \frac{\lambda}{2}$ ($k=0,1,2,3, \dots$)。

$k=0$ 时, $PS_1=PS_2$, 此时 P 点位于屏上的 O 处, 为亮条纹, 此处的条纹叫中央亮条纹或零级亮条纹. k 为亮条纹的级次.

(2) 出现暗条纹的条件: 屏上某点 P 到两条缝 S_1 和 S_2 的路程差正好是半波长的奇数倍. 即

$$|PS_1 - PS_2| = (2k-1) \cdot \frac{\lambda}{2} (k=1, 2, 3, \dots). \quad k \text{ 为暗条纹的级次, 从第 1 级暗条纹开始向两侧展开.}$$

(3) 时间上的关系

① 亮条纹: $\Delta t = nT (n=0, 1, 2, 3, \dots)$.

② 暗条纹: $\Delta t = (2n+1) \cdot \frac{T}{2} (n=0, 1, 2, 3, \dots)$. 式中 Δt 表示两列光波到同一点的时间差; $T = \frac{1}{f}$ 为光波的周期.

【即学即练 2】 (多选) 杨氏双缝干涉实验中, 下列说法正确的是 (n 为自然数, λ 为光波波长) ()

- A. 在距双缝的光程差相等的点形成暗条纹
- B. 在距双缝的光程差为 $n\lambda$ 的点形成明条纹
- C. 在距双缝的光程差为 $n \frac{\lambda}{2}$ 的点形成明条纹
- D. 在距双缝的光程差为 $(n + \frac{1}{2})\lambda$ 的点形成暗条纹

【解析】 在双缝干涉实验中, 当某处距双缝距离之差 $\Delta\delta$ 为波长的整数倍时, 即 $\Delta\delta = n\lambda (n=0, 1, 2, 3, \dots)$ 这点为加强点, 该处出现明条纹; 当距离之差 $\Delta\delta$ 为半波长的奇数倍时, 即 $\Delta\delta = (2n+1) \frac{\lambda}{2} (n=0, 1, 2, 3, \dots)$ 这点为减弱点, 该处出现暗条纹. B、D 正确.

【答案】 BD

【归纳总结】 分析双缝干涉中明暗条纹问题的步骤

(1) 由题设情况依 $\lambda_{\text{真}} = n\lambda_{\text{介}}$, 求得光在真空(或空气)中的波长.

(2) 由屏上出现明暗条纹的条件判断光屏上出现的是明条纹还是暗条纹.

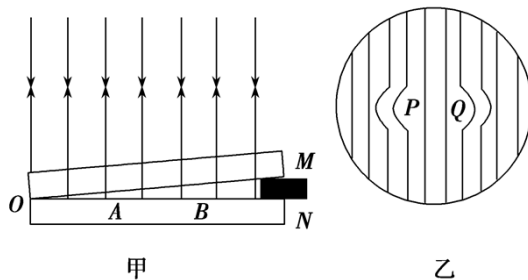
(3) 根据明条纹的判断式 $\Delta r = k\lambda (k=0, 1, 2, \dots)$ 或暗条纹的判断式 $\Delta r = (2k+1) \frac{\lambda}{2} (k=0, 1, 2, \dots)$,

判断出 k 的取值, 从而判断条纹数.

知识点 03 光的干涉现象的实际应用

1. 用干涉法检查平面平整度

如图甲所示, 两板之间形成一层空气膜, 用单色光从上向下照射, 如果被检测平面是光滑的, 得到的干涉图样必是等间距的. 如果被测表面某处凹下, 则对应亮条纹(或暗条纹)提前出现, 如图乙中 P 条纹所示; 如果某处凸起来, 则对应条纹延后出现, 如图乙中 Q 所示.

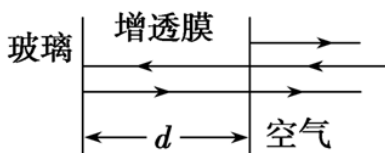


(注：“提前”与“延后”不是指在时间上，而是指由左到右的位置顺序上)

2. 增透膜

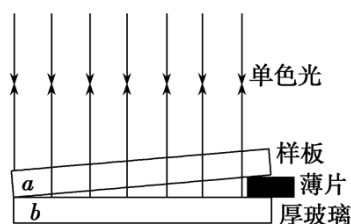
(1)增透膜的原理

如图所示，在增透膜的前后表面反射的两列光波形成相干波，相互叠加，当路程差为半波长的奇数倍时，在两个表面反射的光反向，相互抵消，从而使反射的两列光波产生相消干涉，反射光的能量几乎等于零。一般取最小厚度 d 满足 $2d = \frac{\lambda}{2}$ (此波长为光在该种介质中的波长)，由于白光中含有多种波长的光，所以增透膜只能使其中一定波长的光相互抵消。



(2)增透膜的应用：为了减少光学装置中的反射光的损失，可在元件表面涂一层透明薄膜，一般是氟化镁。

【即学即练 3】如图所示是用干涉法检查某厚玻璃块的上表面是否平整的装置。所用单色光是用普通光源加滤光片产生的，检查中所观察到的干涉条纹是由下列哪两个表面反射的光线叠加而成的()



- A. a 的上表面和 b 的下表面 B. a 的上表面和 b 的上表面
C. a 的下表面和 b 的上表面 D. a 的下表面和 b 的下表面

【解析】 样板和厚玻璃之间存在楔形空气薄膜，用单色光向这个空气薄膜表面照射，入射光从空气薄膜的上、下表面反射回的两列光波形成干涉条纹。空气薄膜的上、下表面就是 a 的下表面和 b 的上表面，故选项 C 正确。

【答案】 C

【归纳总结】 对干涉条纹间距的理解

干涉条纹间距是两个相邻的同类条纹中线间的距离，既可以是两相邻亮条纹中线间的距离，也可以是两相邻暗条纹中线间的距离。

能力拓展

考法 01 对于双缝干涉的理解

【典例 1】在双缝干涉实验中，以白光为光源，在屏上观察到彩色干涉条纹。若在双缝中的一缝前放一红色滤光片(只能透过红光)，另一缝前放一绿色滤光片(只能透过绿光)，已知红光与绿光频率、波长均不相等，这时()

- A. 只有红色和绿色的双缝干涉条纹，其他颜色的双缝干涉条纹消失
- B. 有除红色、绿色外的其他颜色的双缝干涉条纹
- C. 任何颜色的双缝干涉条纹都不存在，但屏上仍有光亮
- D. 屏上无任何光亮

【解析】 两束光能发生干涉的条件之一是频率相等。利用双缝将一束光分成能够发生干涉的两束光，在屏上形成干涉条纹，但分别用红色滤光片和绿色滤光片挡住两条缝后，红光和绿光频率不相等，不能发生干涉，因此屏上不会出现干涉条纹，但屏上仍会有光亮，故选 C。

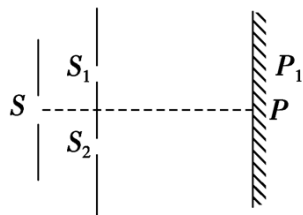
【答案】 C

【归纳总结】 双缝干涉问题的三点注意

- (1) 双缝干涉的条件是必须有相干光源，且双缝间的间距必须很小。
- (2) 光源不同部位发出的光不一定具有相同的频率和恒定的相位差，所以一般情况很难观察到光的干涉现象，杨氏双缝干涉实验采用将一束光“一分为二”的方法获得相干光源。
- (3) 在单色光的干涉条纹中，两相邻明纹或暗纹间的距离是相等的，不同色光的条纹间距不相等。

考法 02 光的干涉现象

【典例 2】双缝干涉实验装置如图所示，当使用波长为 $6 \times 10^{-7} \text{ m}$ 的橙光做实验时，光屏 P 点及上方的 P_1 点形成相邻的亮条纹。若使用波长为 $4 \times 10^{-7} \text{ m}$ 的紫光重复上述实验，在 P 和 P_1 点形成的亮、暗条纹的情况是()



- A. P 和 P_1 都是亮条纹
 B. P 是亮条纹, P_1 是暗条纹
 C. P 是暗条纹, P_1 是亮条纹
 D. P 和 P_1 都是暗条纹

【解析】 从单缝 S 射出的光波被 S_1 、 S_2 两缝分成的两束光为相干光, 由题意, 屏中央 P 到 S_1 、 S_2 距离相等, 即由 S_1 、 S_2 分别射出的光到 P 的路程差为零, 因此 P 处是亮纹中心, 因而, 无论入射光是什么颜色的光, 波长多大, P 处都是中央亮纹中心。

而 P_1 到 S_1 、 S_2 的路程差刚好是橙光的一个波长, 即 $|P_1S_1 - P_1S_2| = 600 \text{ nm} = \lambda_{\text{橙}}$, 则两列光波到达 P_1 时的振动情况完全一致, 振动得到加强, 因此, 出现亮条纹。

当换用波长为 400 nm 的紫光时, $|P_1S_1 - P_1S_2| = 600 \text{ nm} = \frac{3}{2}\lambda_{\text{紫}}$, 则两列光波到达 P_1 时振动情况完全相反, 即由 S_1 、 S_2 射出的光波到达 P_1 时就相互削弱, 因此, 出现暗条纹。综上所述, 选项 B 正确。

【答案】 B

【归纳总结】 分析双缝干涉中明暗条纹问题的步骤

(1) 由题设情况依 $\lambda_{\text{真}} = n\lambda_{\text{介}}$, 求得光在真空(或空气)中的波长。

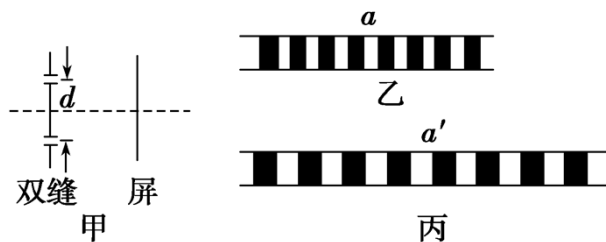
(2) 由屏上出现明暗条纹的条件判断光屏上出现的是明条纹还是暗条纹。

(3) 根据明条纹的判断式 $\Delta r = k\lambda (k=0, 1, 2, \dots)$ 或暗条纹的判断式 $\Delta r = (2k+1)\frac{\lambda}{2} (k=0, 1, 2, \dots)$,

判断出 k 的取值, 从而判断条纹数。

考法 03 双缝干涉的应用

【典例 3】 如图甲为双缝干涉实验的装置示意图。图乙为用绿光进行实验时, 在屏上观察到的条纹情况, a 为中央亮条纹, 丙图为换用另一颜色的单色光做实验时观察到的条纹情况, a' 为中央亮条纹。若已知红光、绿光和紫光的波长大小关系为红光的波长最长, 紫光的波长最短。则以下说法正确的是()



- A. 丙图可能为用红光实验产生的条纹, 表明红光波长较长

B. 丙图可能为用紫光实验产生的条纹, 表明紫光波长较长

C. 丙图可能为用紫光实验产生的条纹, 表明紫光波长较短

D. 丙图可能为用红光实验产生的条纹, 表明红光波长较短

【解析】 根据双缝干涉图样的特点, 入射光的波长越长, 同一装置产生的双缝干涉图样中条纹的间距就越大。由本题的条件可确定另一种颜色的单色光比绿光的波长长。因此 A 正确, B、C、D 错误。

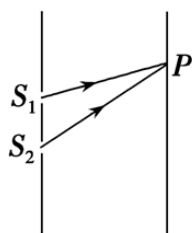
【答案】 A

【归纳总结】 对干涉条纹间距的理解

干涉条纹间距是两个相邻的同类条纹中线间的距离, 既可以是两相邻亮条纹中线间的距离, 也可以是两相邻暗条纹中线间的距离。

考法 04 双缝干涉的计算

【典例 4】 如图所示, 在双缝干涉实验中, S_1 和 S_2 为双缝, P 是光屏上的一点, 已知 P 点与 S_1 、 S_2 距离之差为 $2.1 \times 10^{-6} \text{ m}$, 分别用 A 、 B 两种单色光在空气中做双缝干涉实验, 问 P 点是亮条纹还是暗条纹。



(1) 已知 A 光在折射率为 $n=1.5$ 的介质中波长为 $4 \times 10^{-7} \text{ m}$;

(2) 已知 B 光在某种介质中波长为 $3.15 \times 10^{-7} \text{ m}$, 当 B 光从这种介质射向空气时, 临界角为 37° (已知 $\sin 37^\circ=0.6$, $\cos 37^\circ=0.8$);

(3) 若让 A 光照射 S_1 , B 光照射 S_2 , 试分析光屏上能观察到的现象。

【解析】 (1) 设 A 光在空气中波长为 λ_1 , 在介质中波长为 λ_2 , 由 $n = \frac{c}{v} = \frac{\lambda_1 f}{\lambda_2 f} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$ 得

$$\lambda_1 = n\lambda_2 = 1.5 \times 4 \times 10^{-7} \text{ m} = 6 \times 10^{-7} \text{ m}$$

因为光程差 $\Delta r = 2.1 \times 10^{-6} \text{ m}$, 所以

$$N_1 = \frac{\Delta r}{\lambda_1} = \frac{2.1 \times 10^{-6}}{6 \times 10^{-7}} = 3.5$$

由此可知, 从 S_1 和 S_2 到 P 点的路程差是波长 λ_1 的 3.5 倍, 即半波长的奇数倍, 所以 P 点为暗条纹。

(2) 根据临界角与折射率的关系 $\sin C = \frac{1}{n}$ 得

$$n' = \frac{1}{\sin 37^\circ} = \frac{5}{3}$$

由此可知, B 光在空气中波长为

$$\lambda'_1 = n'\lambda'_2 = \frac{5}{3} \times 3.15 \times 10^{-7} \text{ m} = 5.25 \times 10^{-7} \text{ m}$$

由路程差 Δr 和波长 λ 的关系得

$$N_2 = \frac{\Delta r}{\lambda'_1} = \frac{2.1 \times 10^{-6}}{5.25 \times 10^{-7}} = 4, \text{ 即路程差是波长的整数倍.}$$

可见, 用 B 光做光源, P 点为亮条纹.

(3) A 、 B 两种光频率不同, 不能发生干涉, 此时在光屏上只能观察到亮光.

【答案】 (1)暗条纹 (2)亮条纹 (3)见解析

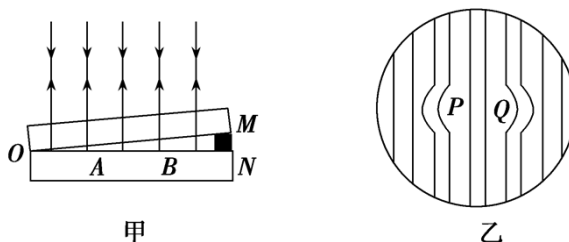
【归纳总结】 分析双缝干涉中明暗条纹问题的步骤

(1)由题设情况依 $\lambda_{\text{真}} = n\lambda_{\text{介}}$, 求得光在真空(或空气)中的波长.

(2)根据亮条纹的判断式 $\Delta r = k\lambda (k=0,1,2, \dots)$ 或暗条纹的判断式 $\Delta r = (2k+1)\frac{\lambda}{2} (k=0,1,2, \dots)$, 判断出 k 的取值, 从而判断条纹明暗情况.

考法 05 薄膜干涉的应用

【典例 5】(多选)如图甲所示, 用单色光照射透明标准板 M 来检查平面 N 的上表面的平滑情况, 观察到的图象如图乙所示的条纹中的 P 和 Q 的情况, 这说明()



- A. N 的上表面 A 处向上凸起
- B. N 的上表面 B 处向上凸起
- C. N 的上表面 A 处向下凹陷
- D. N 的上表面 B 处向下凹陷

【解析】 利用光的薄膜干涉来检查平面的情况, 就是由标准样板平面和被检查平面间形成一个楔形的空气薄层, 用单色光从上面照射, 入射光在空气层的上、下表面反射形成的两列光波发生干涉.

如果被检测的面是平的, 那么空气层厚度相同的各点的干涉条纹在一条直线上. 若是被检测平面的某处凹下去了, 这时干涉条纹就不是直线, 在凹处的干涉条纹将向楔形膜中薄的一侧弯曲.

这是因为凹处的两束反射光的路程差变大, 它只能与膜厚一些位置的两反射光的路程差相同而形成同一级的条纹(路程差相同的干涉条纹为同一级, 一般路程差大的干涉条纹级别高, 路程差小的干涉条纹级别低), 显然凹处的级别增大, 将与膜厚一些位置的干涉条纹形成同一级别的条纹, 故 C 正确. 同理, 可判断

B 正确.

【答案】 BC

【归纳总结】 被测平面凹下或凸起的形象判断法

被测平面凹下或凸起的形象判断法——矮人行走法. 即把干涉条纹看成“矮人”的直立行走轨迹. 让一个小矮人在两板间沿着一条条纹直立行走. 始终保持脚踏被测板, 头顶样板, 在行走过程中:

(1)若遇一凹下, 他必向薄膜的尖端去绕, 方可按上述要求过去, 即条纹某处弯向薄膜尖端, 该处为凹下.

(2)若遇一凸起, 他必向薄膜的底部去绕, 方可按上述要求过去, 即条纹某处弯向薄膜底部, 该处为凸起.

因此, 条纹向薄膜尖端弯曲时, 说明下凹, 反之, 上凸.

题组 A 基础过关练

1. (多选)已知白光中含有红、橙、黄、绿、蓝、靛、紫七色光, 其波长依次减小. 在杨氏双缝干涉实验中如果()

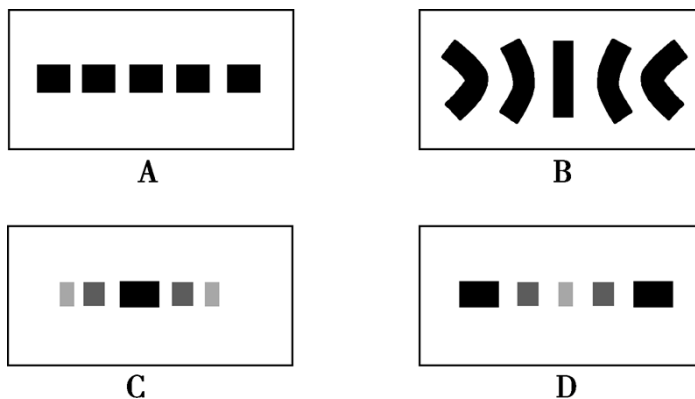
- A. 用白光作为光源, 屏上将呈现黑白相间的条纹
- B. 用红光作为光源, 屏上将呈现红黑相间的条纹
- C. 用红光照射一条狭缝, 用紫光照射另一条狭缝, 屏上将呈现彩色条纹
- D. 用白光作为光源, 屏上将呈现彩色的条纹

【解析】 用白光作为杨氏双缝干涉实验的光源, 屏上将呈现彩色条纹, A 错误, D 正确; 用红光作为光源, 屏上将呈现相间的红色条纹与暗条纹(即黑条纹), B 正确; 红光和紫光频率不同, 不能产生干涉条纹, C 错误.

【答案】 BD

2. 将激光束照在如图所示的双缝上, 在光屏上观察到的现象是图中的()





【解析】 将激光束照在如图所示的双缝上，将出现双缝干涉现象，而双缝干涉图象的中间是亮条纹，两侧是明暗相间的对称的干涉条纹，故 A 正确。

【答案】 A

3. 杨氏双缝干涉实验中，下列说法正确的是(n 为自然数， λ 为光波波长)()

①在距双缝的路程相等的点形成暗条纹；②在距双缝的路程差为 $n\lambda$ 的点形成亮条纹；③在距双缝的路程差为 $\frac{n\lambda}{2}$ 的点形成亮条纹；④在距双缝的路程差为 $(n + \frac{1}{2})\lambda$ 的点形成暗条纹。

A. ①②

B. ②③

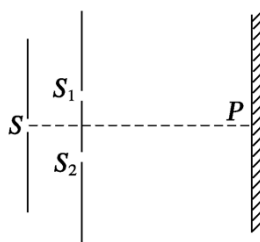
C. ③④

D. ②④

【解析】 在双缝干涉实验中，当某处距双缝距离之差 Δx 为波长的整数倍时，即 $\Delta x = k\lambda$ ， $k = 0, 1, 2, 3, \dots$ 这点为加强点，该处出现亮条纹；当某处距双缝距离之差 Δx 为半波长的奇数倍时，即 $\Delta x = (2k + 1)\frac{\lambda}{2}$ ， $k = 0, 1, 2, 3, \dots$ 这点为减弱点，该处出现暗条纹。

【答案】 D

4. 如图所示，在双缝干涉实验中，若单缝 S 从双缝 S_1 、 S_2 的中央对称轴位置处稍微向上移动，则()



A. 不再产生干涉条纹

B. 仍可产生干涉条纹，其中央亮条纹 P 的位置不变

C. 仍可产生干涉条纹，其中央亮条纹 P 的位置略向上移

D. 仍可产生干涉条纹，其中央亮条纹 P 的位置略向下移

【解析】 本实验中单缝 S 的作用是形成频率一定的线光源，双缝 S_1 、 S_2

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/525030303344011204>