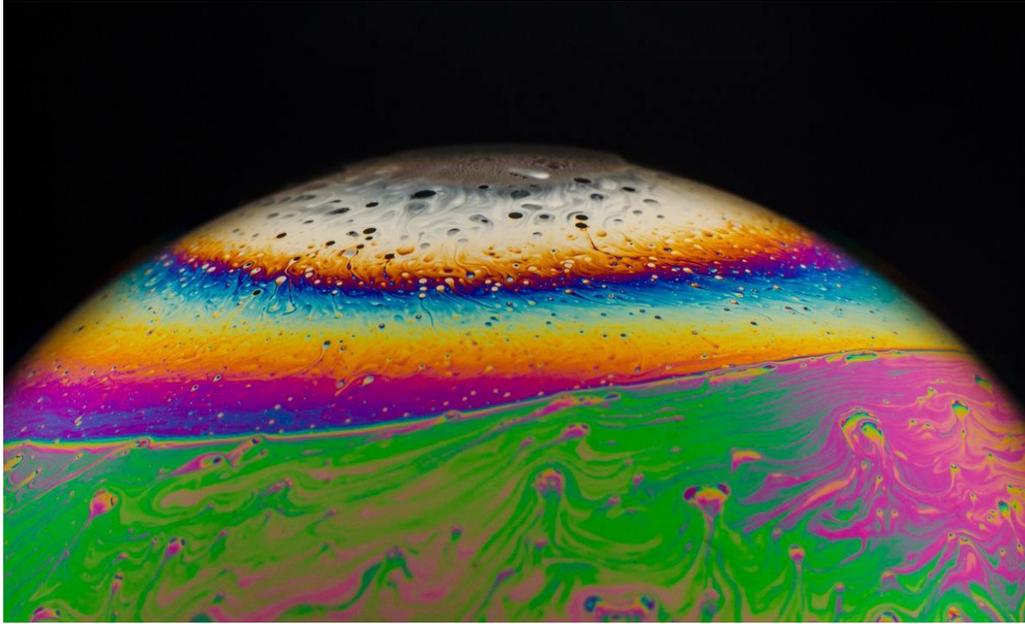


4.3 光的干涉

周月平

2023.11.23

“双新”背景下高中物理审辩式教学的实践研究



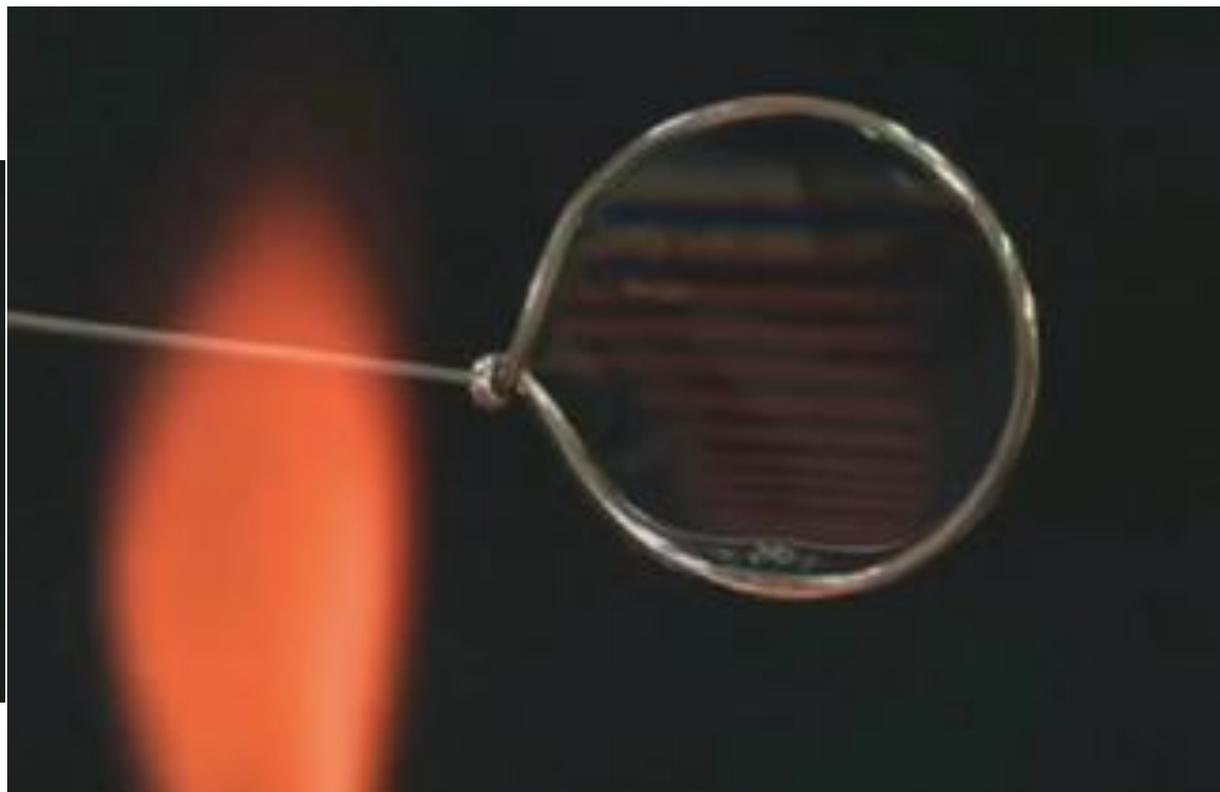
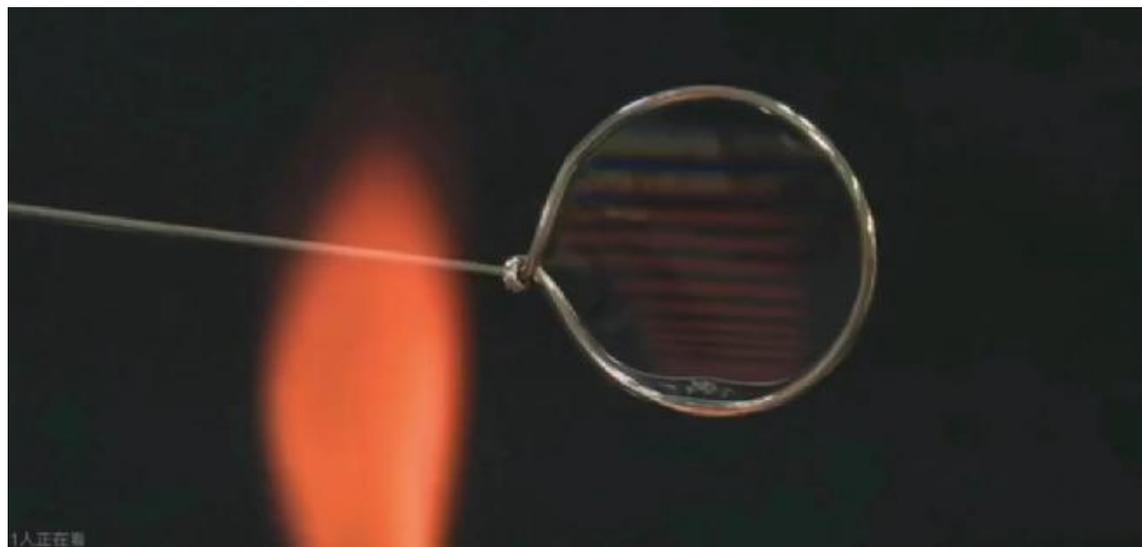
雨后公路积水上面
漂浮的彩色油膜



彩色的肥皂泡

“双新”背景下高中物理审辩式教学的实践研究

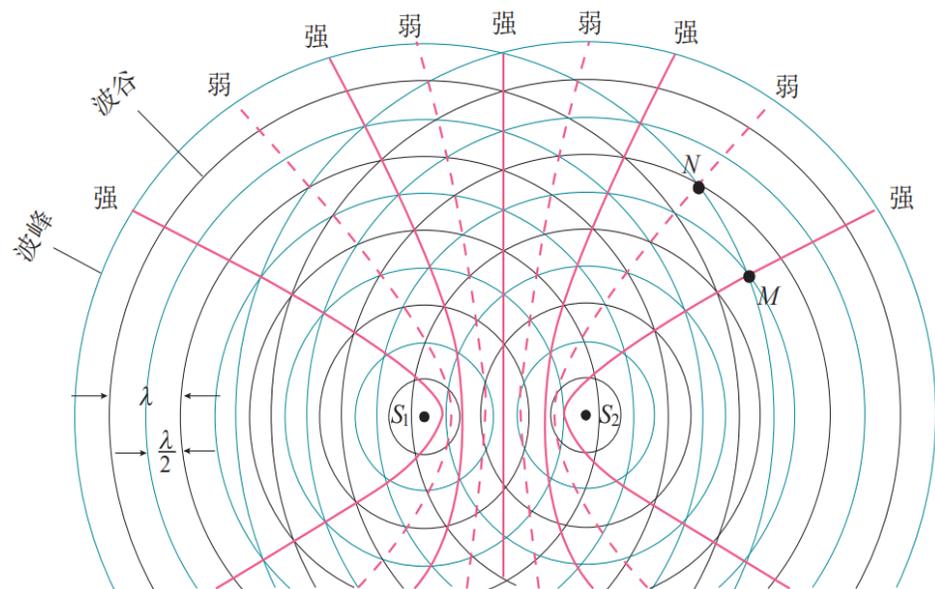
在酒精灯的灯芯上撒一些食盐，灯焰就能发出明亮的黄光。把铁丝圈在肥皂水中蘸一下，让它挂上一层薄薄的液膜。把这层液膜当作一个平面镜，用它观察灯焰的像。



现象：明暗相间的条纹

越往下条纹越密集、间距越小

“双新”背景下高中物理审辩式教学的实践研究



波的干涉条件：两列机械波的**频率相同**、**相位差恒定**、**振动方向相同**

干涉条件——相干光源

“双新”背景下高中物理审辩式教学的实践研究

演示实验：观察光的干涉现象

在暗室中用氦氖激光器发出的红色激光照射金属挡板上的两条平行的狭缝，在后面的屏上观察光的干涉情况。



实验现象：在屏上得到明暗相间的条纹、间距相等、亮度基本相同

思考与讨论

托马斯·杨做实验时没有激光。他用强光照亮一条狭缝，通过这条狭缝的光再通过双缝，发生干涉。单缝、双缝分别起什么作用？

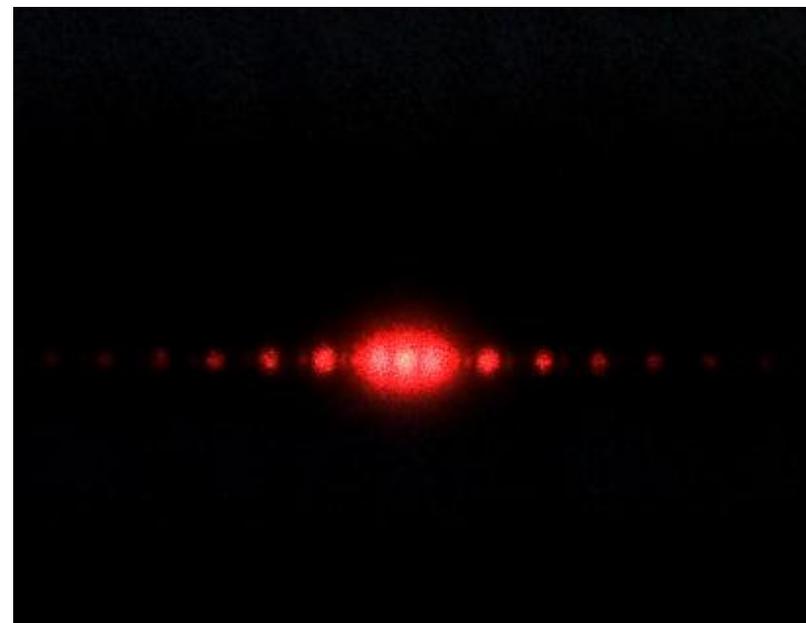
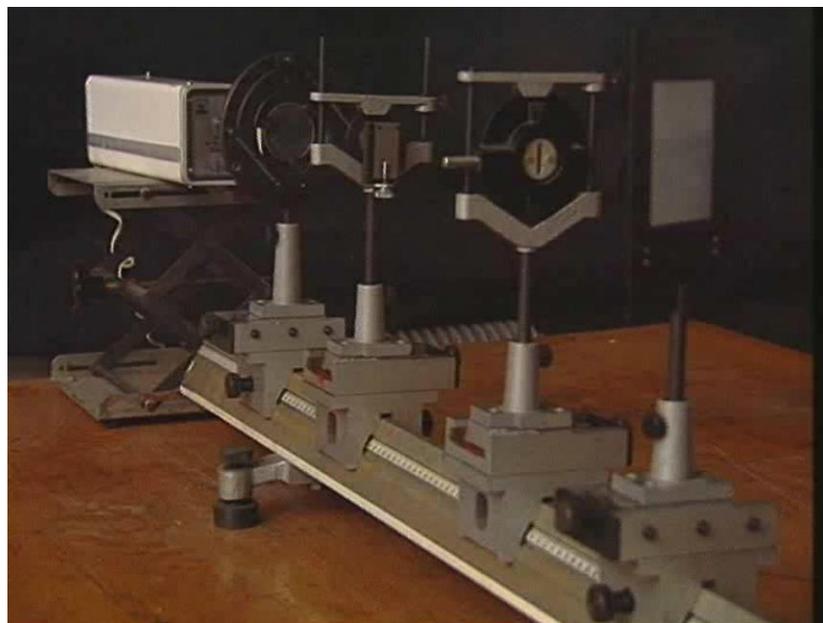
光通过单缝获得一个线光源，再通过双缝可以获得两束振动情况一致的相干光。

“双新”背景下高中物理审辩式教学的实践研究

1801年，英国物理学家**托马斯 杨**（1773~1829）巧妙地解决了**相干光源**问题，成功地观察到了光的干涉现象



托马斯 杨
(1773~1829)

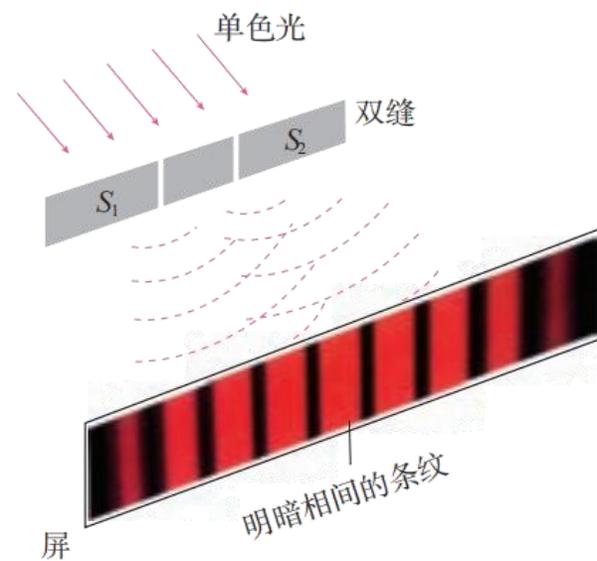
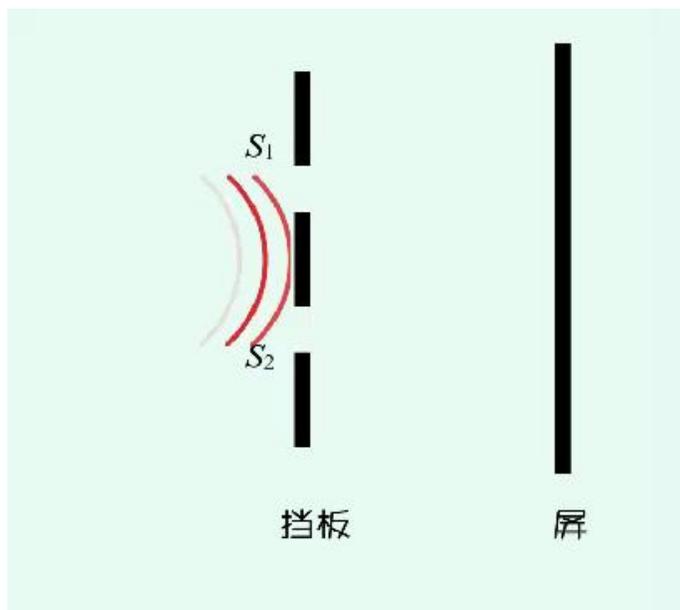


杨氏双缝干涉实验被评为十大最美丽的物理实验之一

“双新”背景下高中物理审辩式教学的实践研究

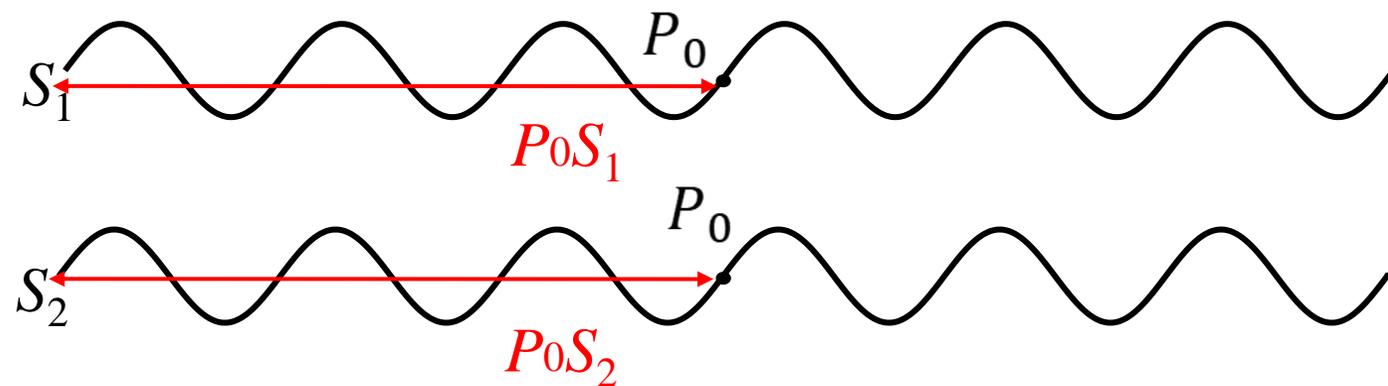
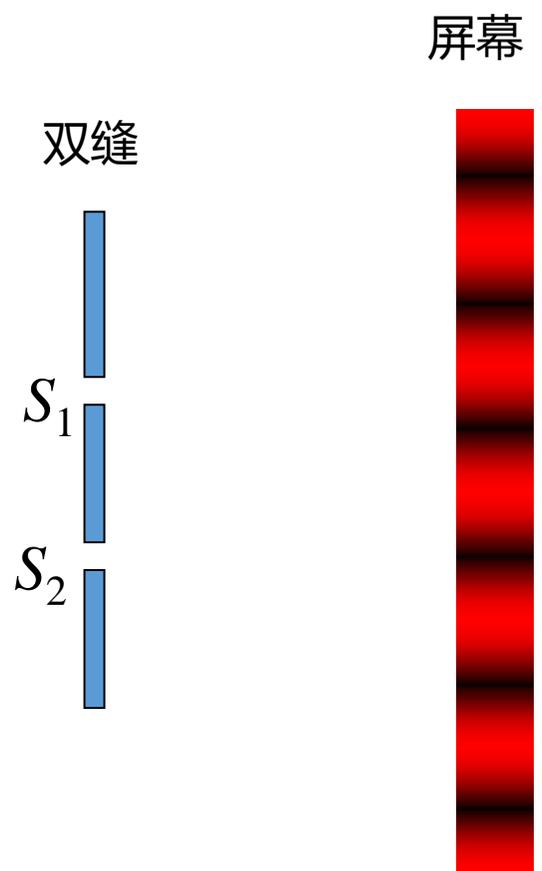
实验过程及现象分析

一束单色光投射到一个有两条狭缝 S_1 和 S_2 的挡板上，狭缝 S_1 和 S_2 相距很近。狭缝就成了两个波源，它们的频率、相位和振动方向总是相同的，这两个光源发出的光在挡板后面的空间互相叠加。振动加强的地方出现亮条纹，振动减弱的地方出现暗条纹。



“双新”背景下高中物理审辩式教学的实践研究

亮条纹形成的原因



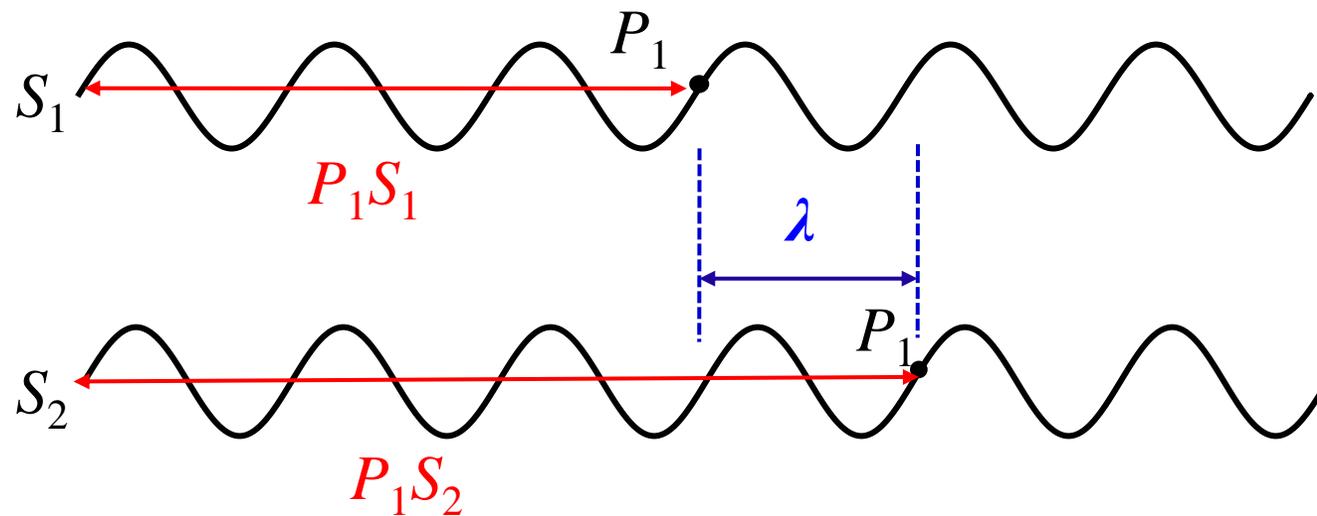
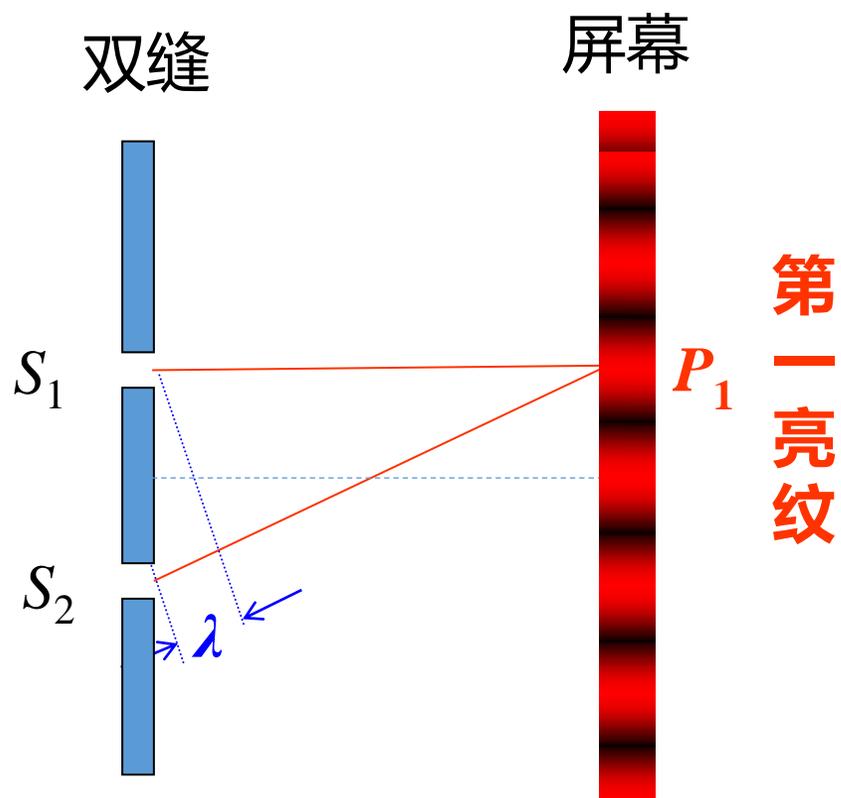
P_0 中央亮纹

$$|P_0S_2 - P_0S_1| = 0$$

路程差

S_1 、 S_2 在 P_0 处步调一致， P_0 点振动加强。（亮）

“双新”背景下高中物理审辩式教学的实践研究



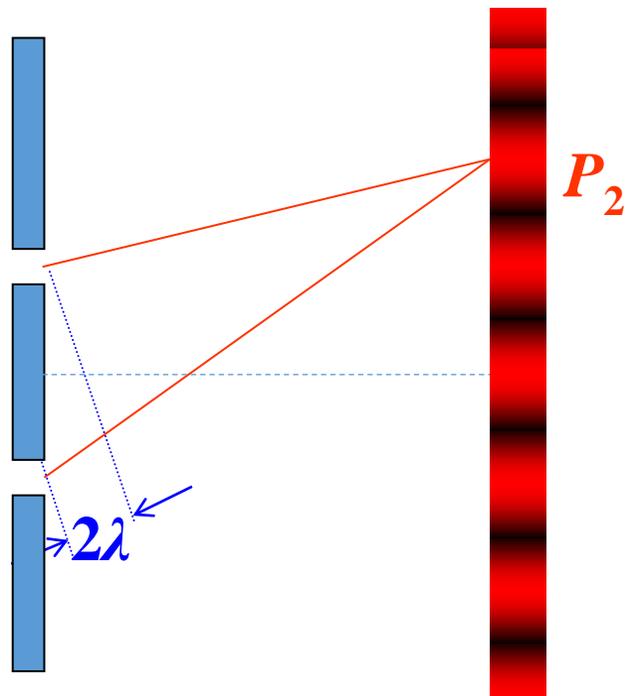
$$|P_1S_2 - P_1S_1| = \lambda$$

S_1 、 S_2 在 P_2 处步调一致， P_1 点振动加强。(亮)

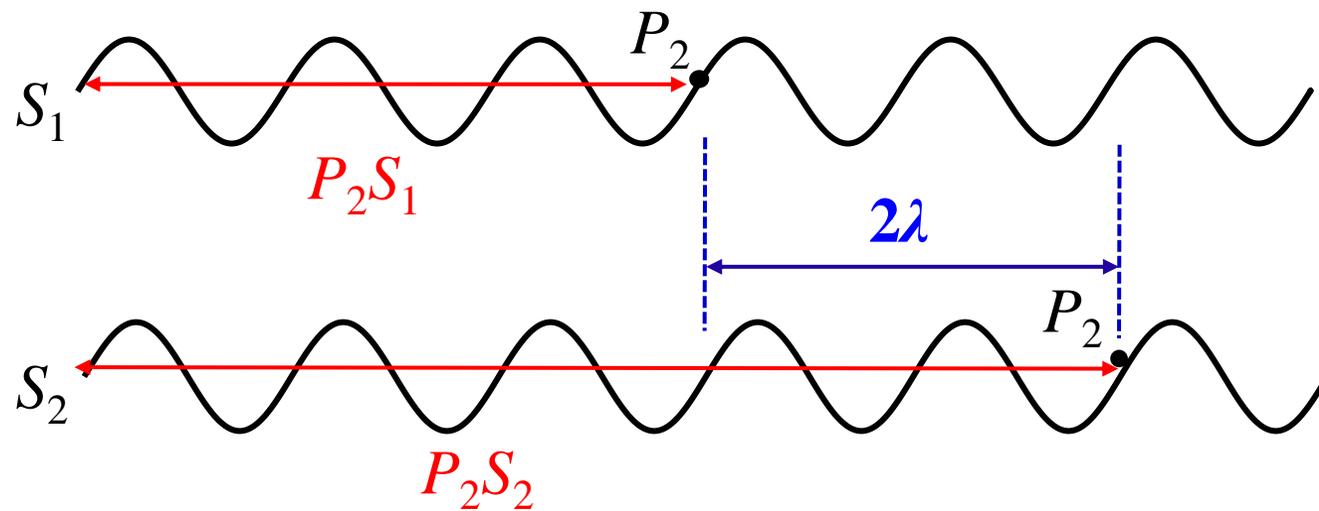
“双新”背景下高中物理审辩式教学的实践研究

双缝

屏幕



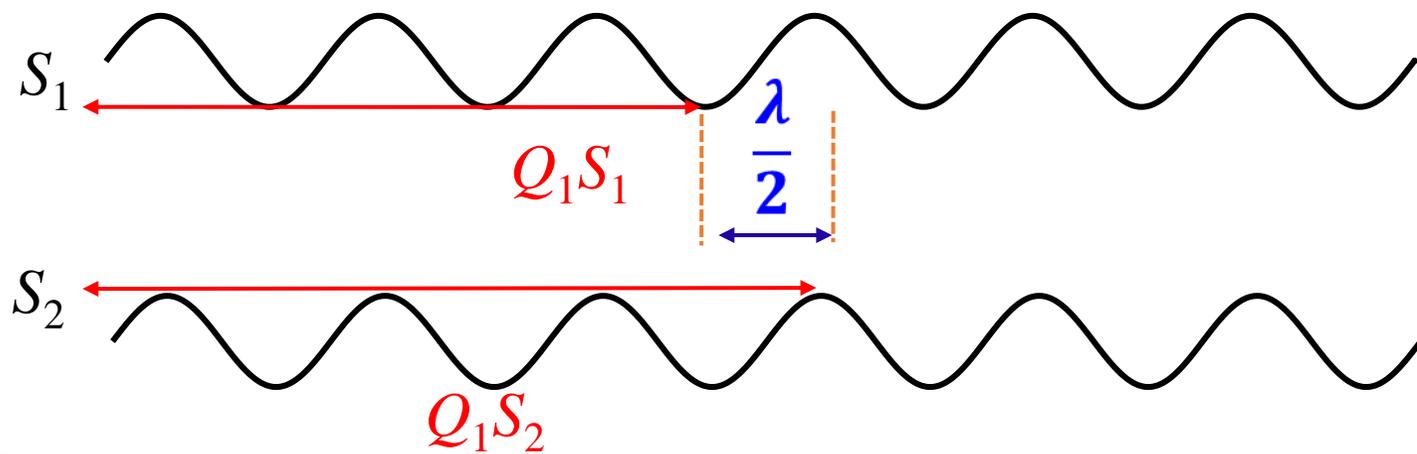
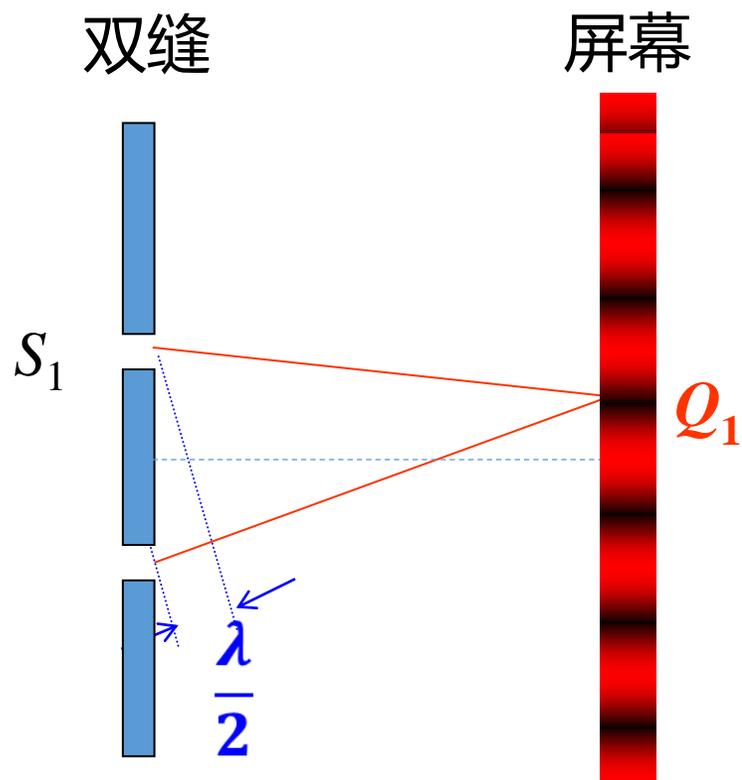
第二亮纹



$$|P_2S_2 - P_2S_1| = 2\lambda$$

S_1 、 S_2 在 P_2 处步调一致， P_2 点振动加强。(亮)

“双新”背景下高中物理审辩式教学的实践研究



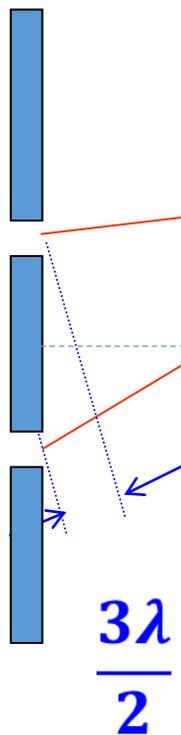
$$|Q_1S_2 - Q_1S_1| = \frac{\lambda}{2}$$

S_1 、 S_2 在 Q_1 处步调相反， Q_1 点振动减弱。(暗)

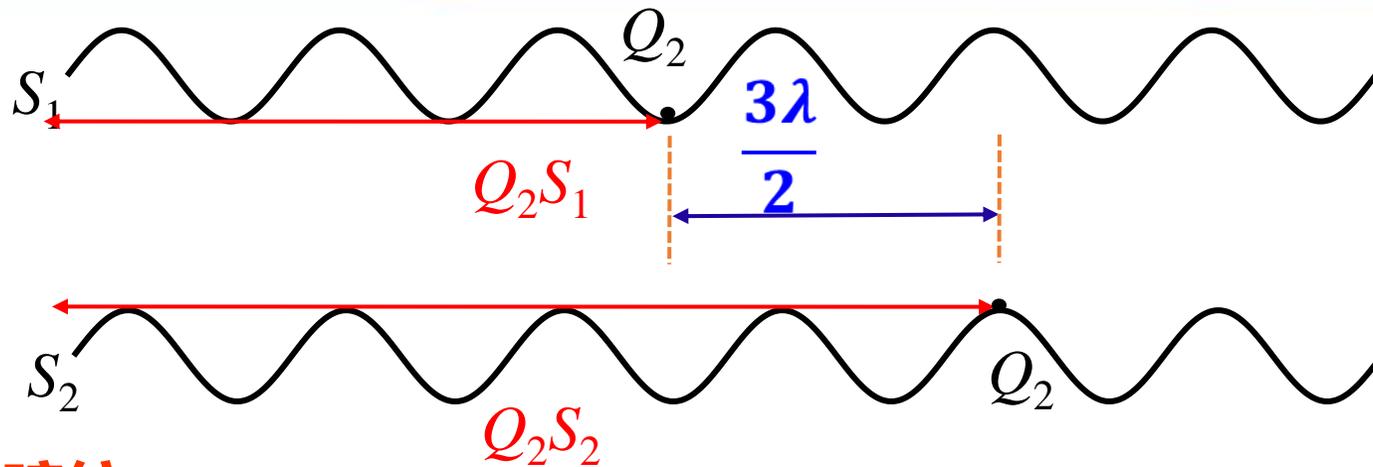
“双新”背景下高中物理审辩式教学的实践研究

双缝

屏幕



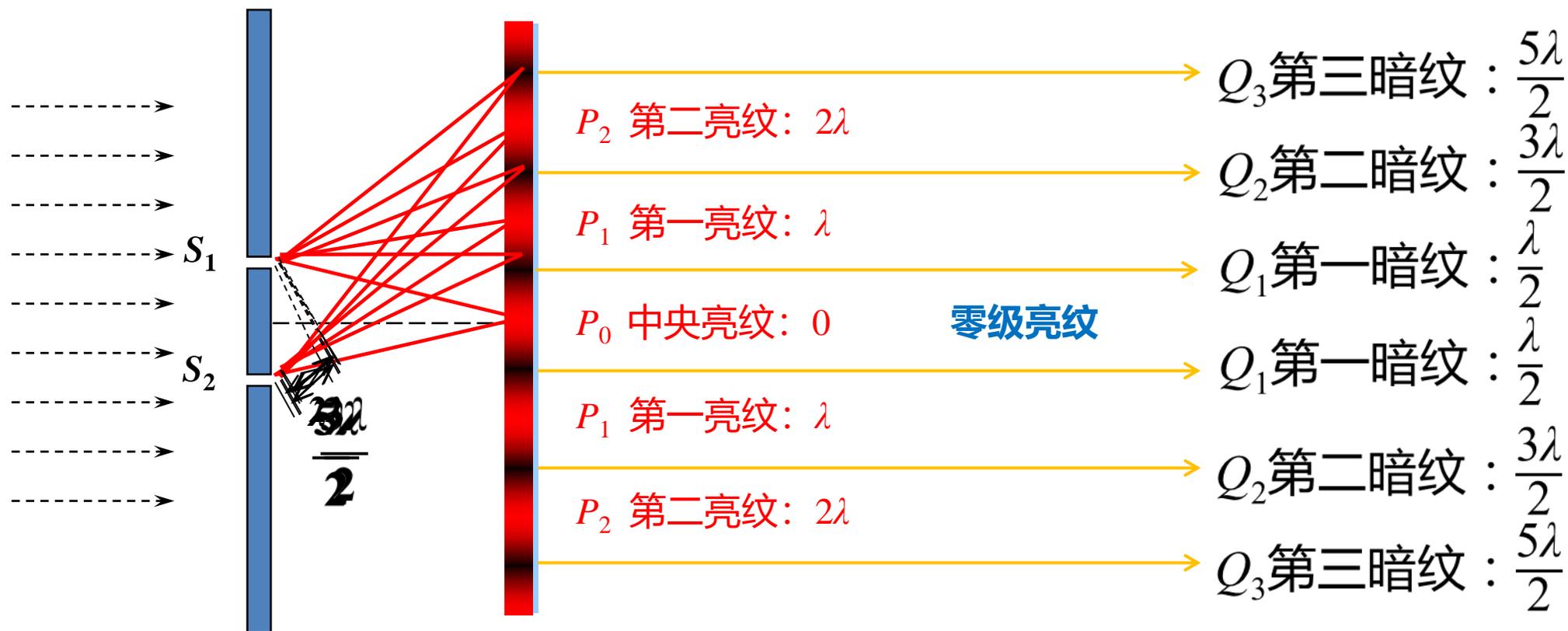
Q_2 第二暗纹



$$|Q_2S_2 - Q_2S_1| = \frac{3\lambda}{2}$$

S_1 、 S_2 在 Q_2 处步调相反， Q_2 点振动减弱。(暗)

“双新”背景下高中物理审辩式教学的实践研究



“双新”背景下高中物理审辩式教学的实践研究

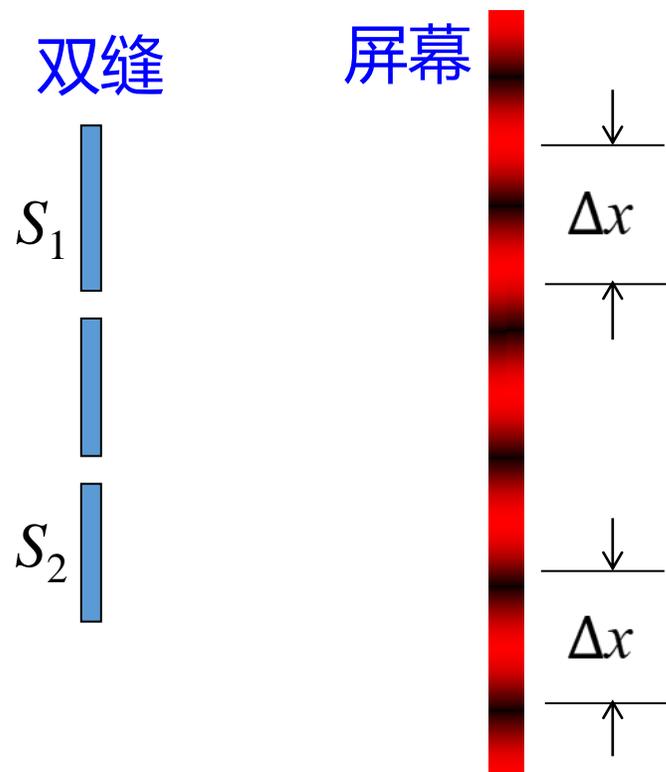
频率相同、振动步调相同的两列光波产生亮、暗条纹的条件：

(1)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： $|PS_1 - PS_2| = k\lambda = 2k \cdot \frac{\lambda}{2} (k = 0, 1, 2, 3, \dots)$

(2)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： $|PS_1 - PS_2| = (2k - 1) \cdot \frac{\lambda}{2} (k = 1, 2, 3, \dots)$

干涉条纹和光的波长之间的关系

光的双缝干涉实验中，条纹间距的含义是什么？它可能与哪些因素有关？

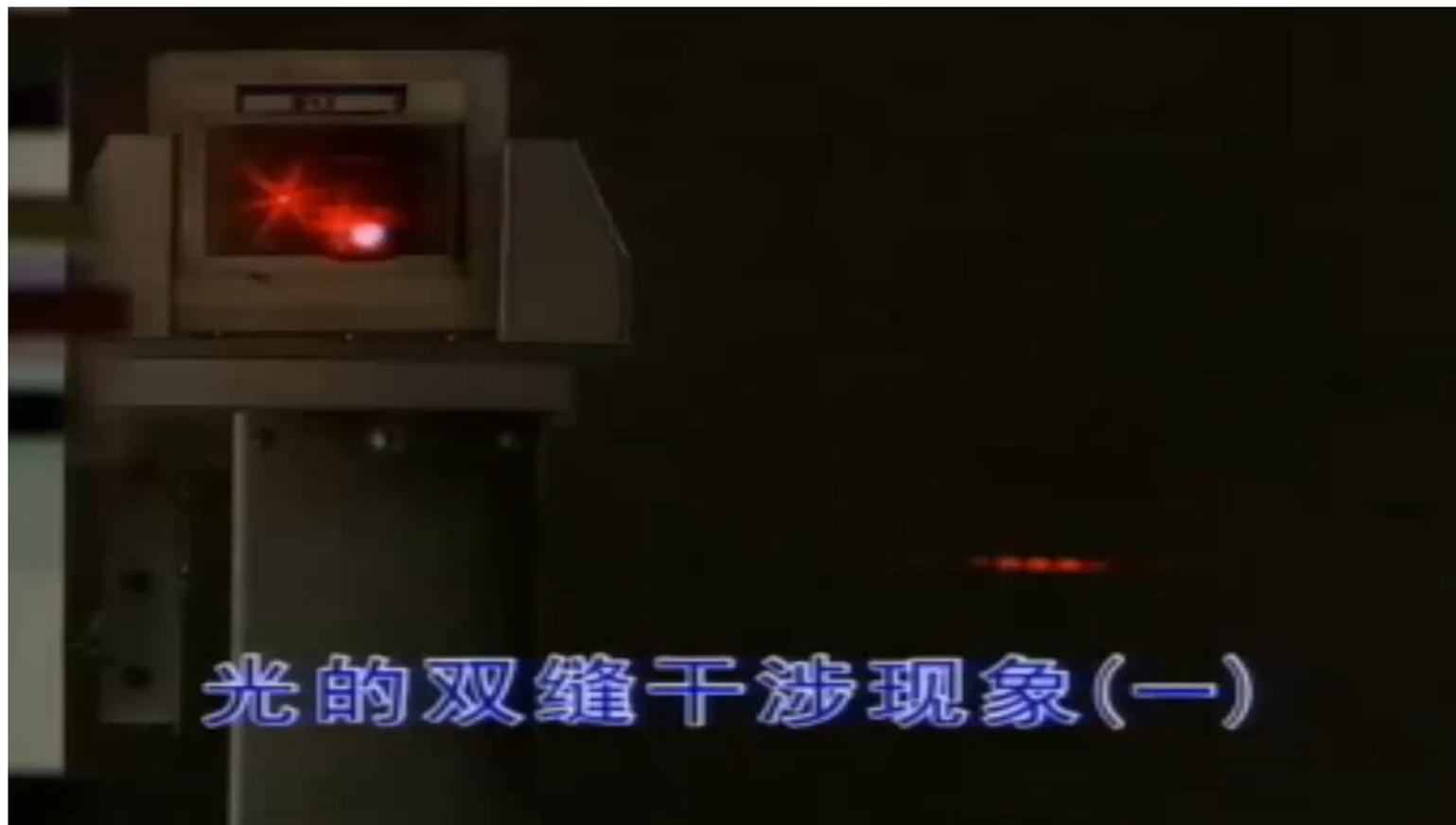


条纹间距的含义：

相邻**两条亮条纹(或暗条纹)**中心之间的距离叫作条纹间距。

影响因素：双缝到屏的距离、双缝间的距离、入射光的波长

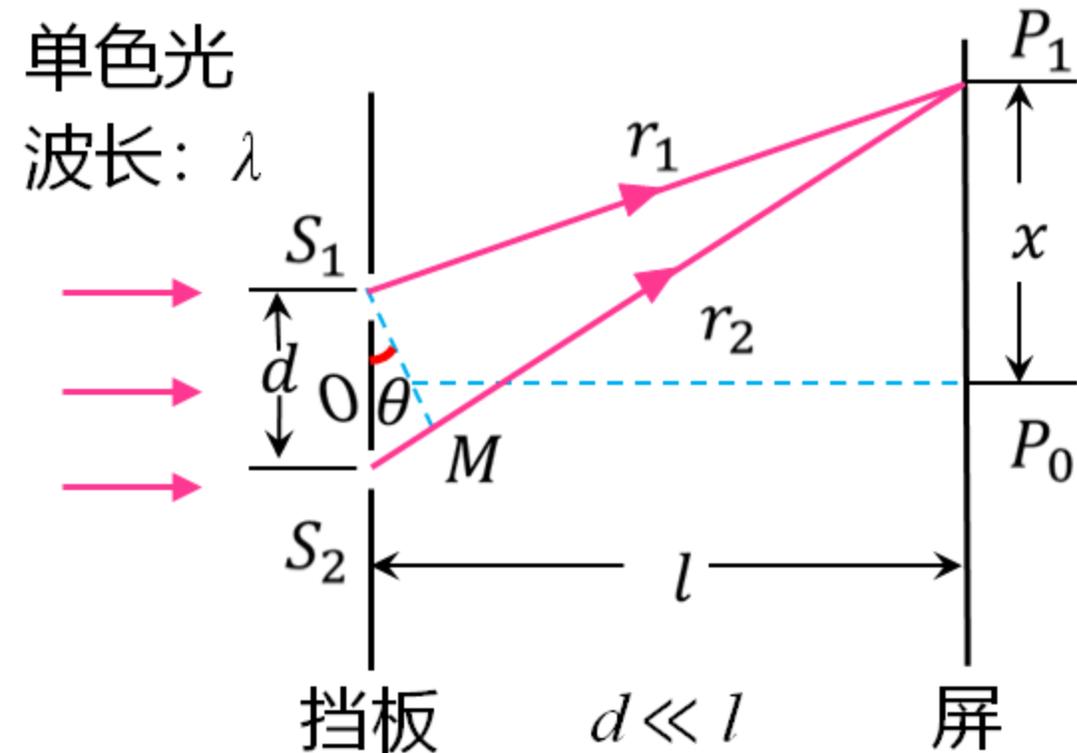
“双新”背景下高中物理审辩式教学的实践研究



随着双缝间距的缩小，干涉条纹间距变大

“双新”背景下高中物理审辩式教学的实践研究

条纹间距的公式推导



d : 双缝间距

l : 挡板到屏的距离

在线段 P_1S_2 上作 $P_1M = P_1S_1$

由几何知识得

$$r_2 - r_1 = d \sin \theta \quad \textcircled{1}$$

$$x = l \tan \theta \approx l \sin \theta \quad \textcircled{2}$$

消去 $\sin \theta$

$$r_2 - r_1 = d \frac{x}{l}$$

$$\text{亮条纹: } d \frac{x}{l} = n \lambda \quad (n = 0, \pm 1, \pm 2 \dots)$$

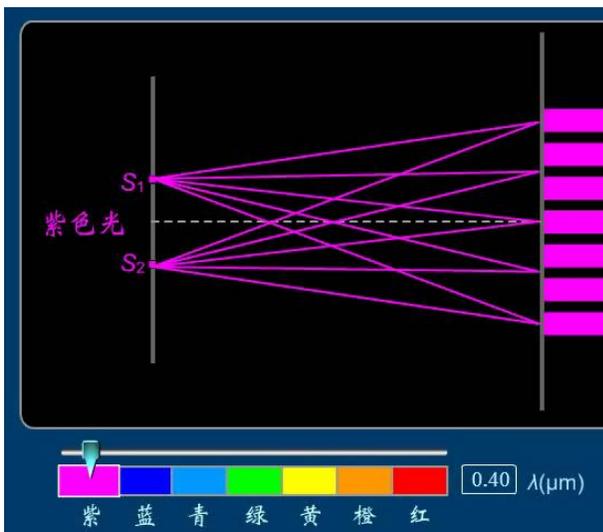
$$\text{亮条纹中心的位置为: } x = n \frac{l}{d} \lambda$$

$$\text{相邻两个亮条纹或暗条纹的中心间距是: } \Delta x = \frac{l}{d} \lambda$$

“双新”背景下高中物理审辩式教学的实践研究

对 $\Delta x = \frac{l}{d} \lambda$ 公式的理解

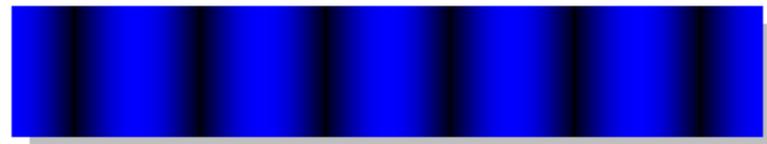
- (1) 对于同一干涉装置和同一单色光，条纹之间的距离**相等**。
- (2) 对于不同颜色的光，波长不同，由 $\Delta x = \frac{l}{d} \lambda$ 知条纹之间的距离与光波的波长成**正比**。对于同一装置，所用光源的波长越长，条纹之间的距离**越大**，即用红光时条纹之间的距离**最大**，用紫光时条纹之间的距离**最小**。



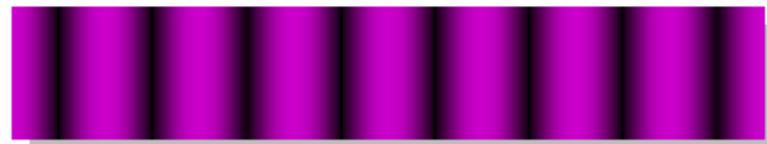
红光干涉条纹



蓝光干涉条纹

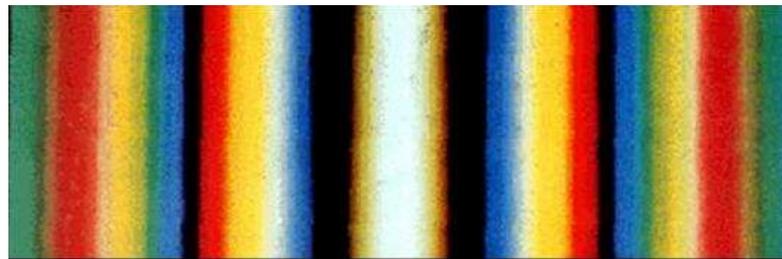
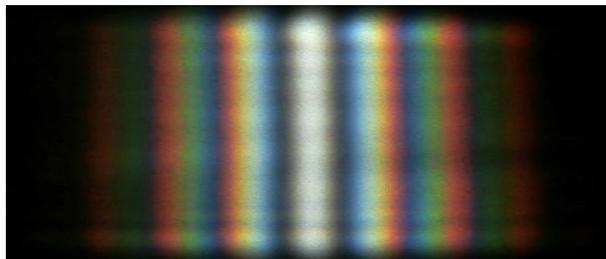


紫光干涉条纹



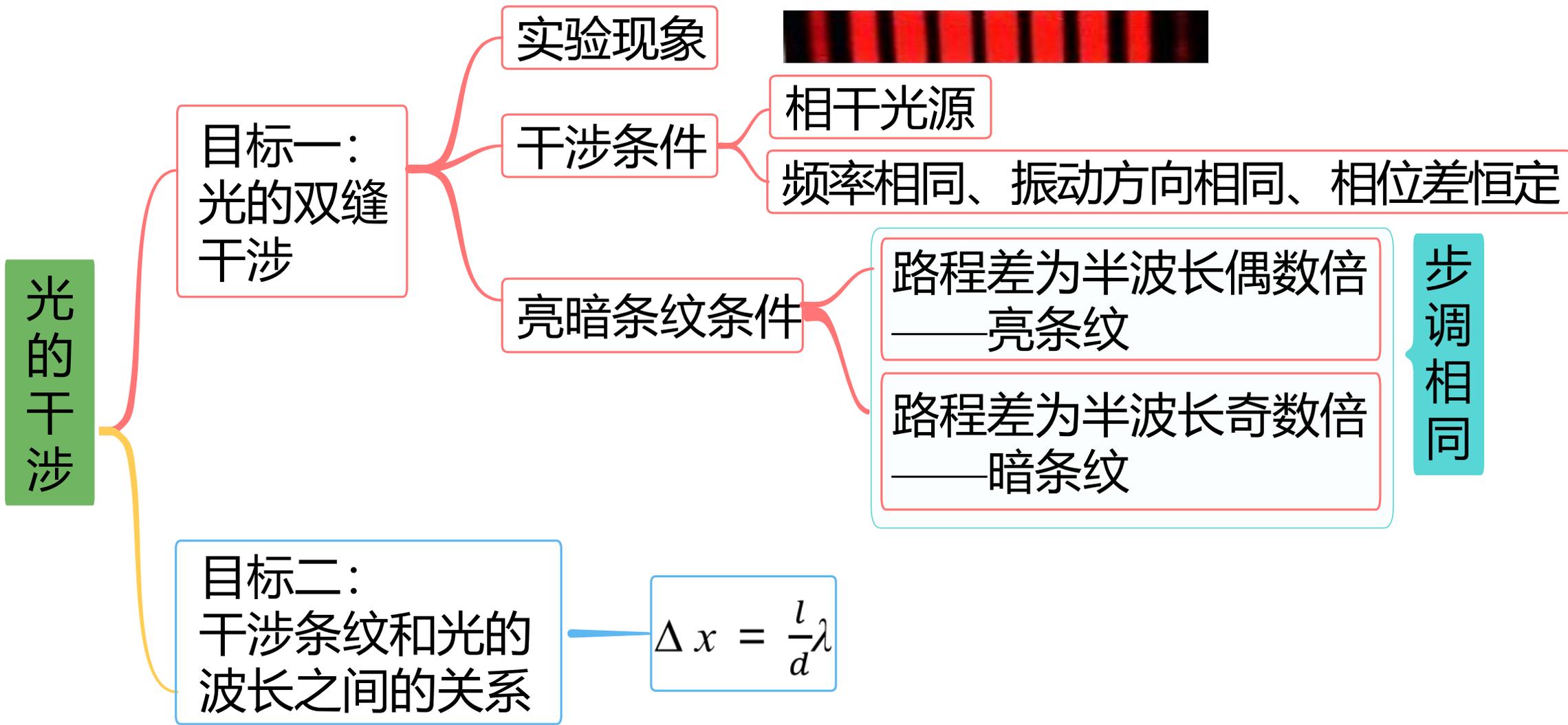
“双新”背景下高中物理审辩式教学的实践研究

如果用白光做双缝干涉实验，会得到怎样的干涉条纹？为什么？



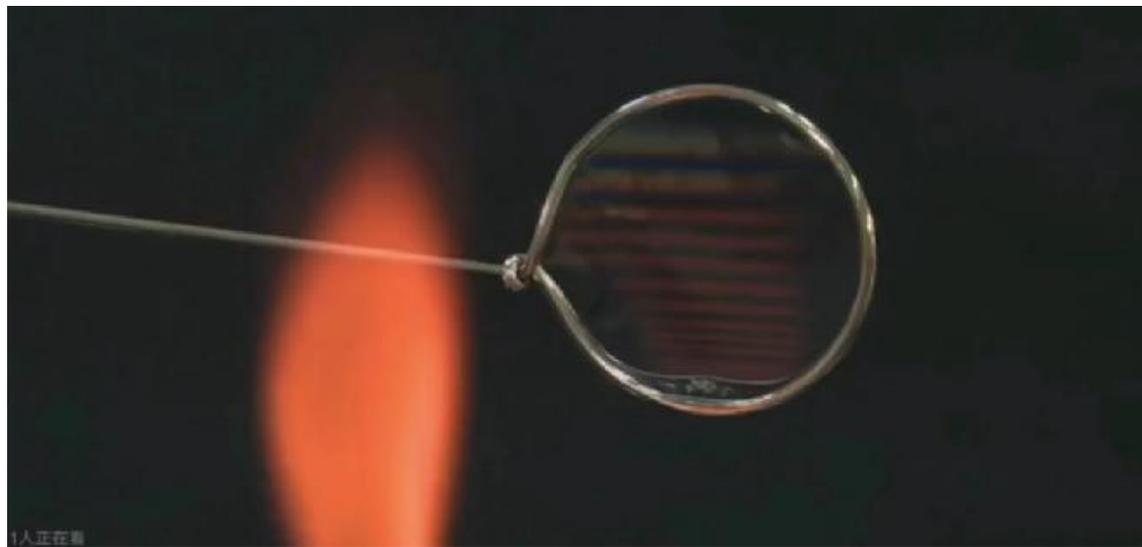
会得到中央条纹是白色两侧为彩色条纹的干涉条纹，而且同一级条纹内紫外红。因为白光是由红、橙、黄、绿、青、蓝、紫七种颜色组成的复色光，且从红光到紫光波长逐渐变短。各种色光都能形成明暗相间的条纹，都在中央条纹处形成亮条纹，从而复合成白色条纹。两侧条纹间距与各色光的波长成正比，条纹不能完全重合，这样便形成了彩色干涉条纹。

“双新”背景下高中物理审辩式教学的实践研究



“双新”背景下高中物理审辩式教学的实践研究

在酒精灯的灯芯上撒一些食盐，灯焰就能发出明亮的黄光。把铁丝圈在肥皂水中蘸一下，让它挂上一层薄薄的液膜。把这层液膜当作一个平面镜，用它观察灯焰的像。这个像与直接看到的灯焰有什么不同？请解析看到的现象。



现象：明暗相间的条纹

越往下条纹越密集、间距越小