

用图形化编程模拟杨氏实验

陈昭栋 袁长迎

(西南科技大学数理系 绵阳 621002)

历史上,杨氏实验首次证实了光的波动性,成为波动光学必不可少的重要学习内容之一。但由于杨氏实验的条件极为苛刻,当采用普通光源时,在通常的实验条件下,获得的干涉条纹极其微弱,难以分辨。这里介绍一种采用 Visual Basic 高级语言制作的杨氏双缝干涉实验的模拟演示软件,它能在计算机上同步清楚地显示实验装置、干涉条纹的位置及光强分布等。并具有人机交互功能,通过鼠标点击,可调节有关参数,实时显示干涉条纹位置及光强分布的变化规律。使用该软件辅助教学,非常直观、方便。

一、理论

在不透明薄片上刻出两个平行直狭缝 S_1 和 S_2 ,将该缝平行于单色缝光源 S 放置(如图 1)。根据惠更斯-菲涅尔原理, S_1 和 S_2 可以看成两个新的相干光源。发出的光在屏上迭加干涉,产生一组平行于缝 S ,等宽、等间距、明暗相间的干涉直条纹。

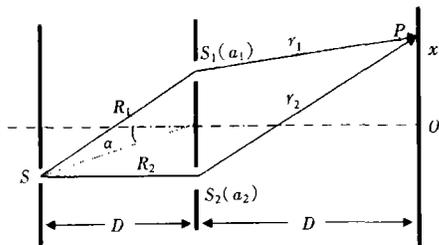


图 1

图 1 中, r_1, r_2 分别表示双缝 S_1, S_2 到屏上 P 点的光程; D 为双缝到屏的距离; d 表示双缝 S_1, S_2 之间的间距; x 为屏上 P 点到其中点 O 的距离; a_1, a_2 分别表示双缝 S_1, S_2 的透光宽度; D' 为缝光源 S 到双缝间的距离; α 表示 S 到双缝中点连线与轴线间的夹角; R_1, R_2 分别是 S 到 S_1, S_2 间的距离。

双缝中每一条缝发出的光在屏上 P 点产生的光振动 E , 可用惠更斯-菲涅耳原理表达为

$$E = \int dE = C \int \frac{\cos \varphi}{r} \cos\left(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda} r\right) d\sigma \quad (1)$$

(1)式中的积分是对缝的面积进行的; C 为比例系

数。若仅考虑近轴光线,则有 $\varphi \approx 0$; 且注意到狭缝的宽度都很小,式中的 r 可以近似地看成常数。则(1)式可以简化为:

$$E = ca \cos(\omega t - 2\pi r/\lambda) \quad (2)$$

在(2)式中, $c = C/r$ 。据此,双缝 S_1, S_2 发出的光,在屏上的 P 点引起的光振动可以分别表达为:

$$E_1 = ca_1 \cos[\omega t - 2\pi(R_1 + r_1)/\lambda]$$

$$E_2 = ca_2 \cos[\omega t - 2\pi(R_2 + r_2)/\lambda]$$

而 P 点处光的合振动则为

$$E = E_1 + E_2 = E_0 \cos(\omega t + \phi) \quad (3)$$

在(3)式中,光的合成振动的振幅为

$$E_0 = \sqrt{(ca_1)^2 + (ca_2)^2 + 2c^2 a_1 a_2 \cdot \cos\left\{\frac{2\pi}{\lambda} [(r_2 - r_1) + (R_2 - R_1)]\right\}} \quad (4)$$

由图 1 不难看出:(4)式中的

$$r_2 - r_1 \approx d \cdot x/D$$

$$R_2 - R_1 \approx -d \tan \alpha$$

将此结果代回(4)式,使合成光振动的振幅值化为

$$E_0 = c \sqrt{a_1^2 + a_2^2 + 2a_1 \cdot a_2 \cdot \cos\left[\frac{2\pi}{\lambda} \left(\frac{d \cdot x}{D} - d \tan \alpha\right)\right]} \quad (5)$$

由(5)式立即可以得出结论:屏上将出现干涉花样。

1. 干涉明、暗条纹的位置

$$x = KD\lambda/d + D \tan \alpha, \pm K = 0, 1, 2, 3 \dots \quad (\text{明纹}) \quad (6)$$

$$x = \frac{2K+1}{2} \cdot \frac{D\lambda}{d} + D \tan \alpha, \pm K = 1, 2, 3 \dots \quad (\text{暗纹}) \quad (7)$$

2. 条纹间距

$$\Delta x = x_{K+1} - x_K = D\lambda/d \quad (8)$$

3. 零级(中央)明纹中心的位置

$$x_0 = D \tan \alpha \quad (9)$$

若缝光源 S 就在轴线上,则 S 到双缝中点的连线与轴线间的夹角 $\alpha = 0$ 。中央明纹就在屏上的 O 点附近。

4. 条纹的可见度

由(4)式可知,干涉明、暗条纹的强度分别为:

$$I_{\max} = E_{0\max}^2 = c(a_1 + a_2)^2; I_{\min} = k(a_1 - a_2)^2,$$

因而干涉条纹的可见度可以用对比度表示为

$$V = 2a_1 a_2 / (a_1^2 + a_2^2) \quad (10)$$

显然,其可见度仅由双缝各自透光缝的相对宽度决定。

二、用图形化编程模拟双缝干涉

根据上述杨氏双缝干涉实验的理论,利用 Visual Basic 语言强大的图形化编程功能,我们试作了模拟杨氏双缝干涉实验的软件。其用户主界面如图 2 所示。

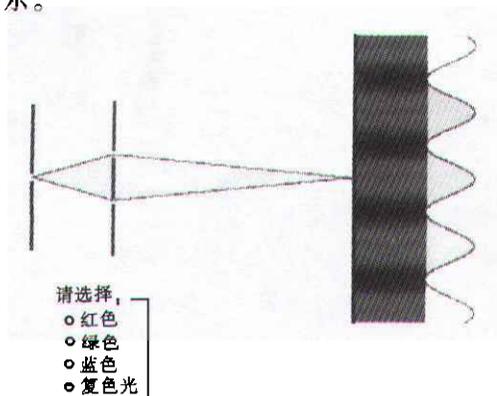


图 2

在图 2 中,屏上同步显示出干涉实验装置的示意图、干涉条纹的位置及条纹的光强分布等。屏幕下方为一组调节控件。通过单选钮,可以选择入射光的种类,包括红、绿、蓝或复合光;下方中部的四个垂直滚动条,可以分别作如下变动:① 改变双缝间距 d ;② 改变双缝到屏的距离 D ;③ 沿狭缝 S 所在的平面平行地上、下移动狭缝;④ 改变双缝 S_1 、 S_2 中一条缝相对于另一条缝透光部分的相对宽度等;以显示双缝干涉花样的变化规律。

1. 入射光波长对干涉条纹的影响

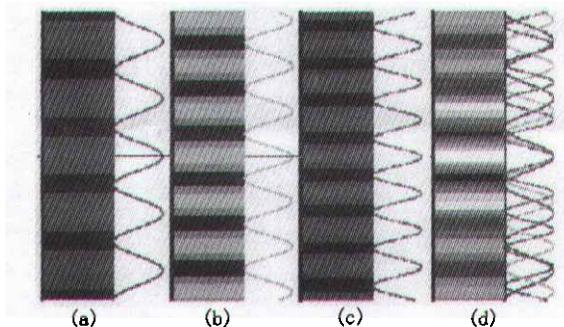


图 3 保持其他参数不变,仅改变入射光波长或用复合光对干涉条纹的影响

(a) 红光; (b) 绿光; (c) 蓝光; (d) 复合光(彩色条纹)

图 3 显示了当用不同波长的光源或复色光源时,干涉条纹和相应的光强分布。从图中不难看出:当使用不同波长的单色光时,干涉花样各级的强度大体不变,为等间距的明、暗交替的直条纹,且纹宽随波长的增长而变宽;若用复色光照明,仅中间为复色光,其余各级由中间向外都变成了由紫到红的彩带,除正、负一级暗纹外,由于不同波长的光干涉极小相互分开,观察不到明显的暗条纹。彩带中,相同波长的光干涉加强的位置与使用单色光时相同。在较高干涉级中,还可以观察到红光越过高级紫光位置的情况。这些,与(6)、(7)两式表达的规律是一致的。

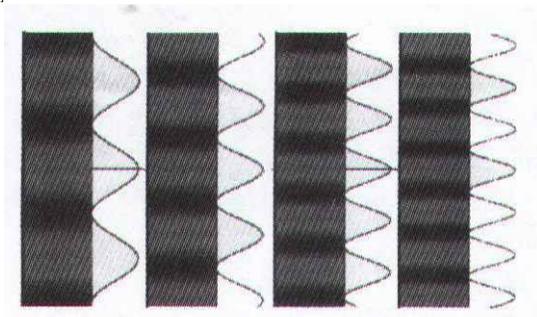


图 4 从左至右,表示双缝间距逐渐增大而干涉条纹逐渐变窄、变密

2. 双缝间距 d 对干涉条纹的影响

当用单色光照射时,在保持其他参数不变的条件下,若只改变双缝的间距——如 d 依次增大时,则如图 4;干涉条纹的纹宽相应变窄、条纹变密。定性地与(8)式一致,纹宽与双缝间距 d 成反比。

3. 改变 D 对条纹的影响

改变双缝与屏之间的距离 D ,干涉条纹变化的情形与图 4 相似,图从略。只是应当注意:当双缝到屏的距离 D 增大时,干涉条纹的纹宽不是变小,而是增大。

4. 单缝 S 沿所在平面上下移动时干涉条纹的变化

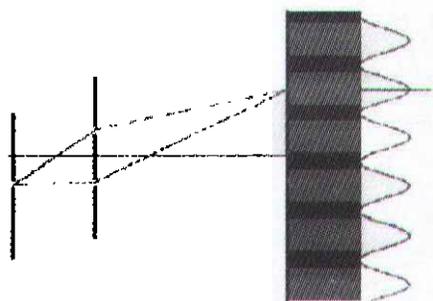


图 5

从光电子技术到光子技术

李 焯 琪

(保山师专物理系 云南 678000)

当前,人类正进入信息化和智能化时代。这是微电子技术、光电子技术、通信技术、计算机科学与技术 and 自动化、精密机械等应用性很强的科学技术综合发展的结果。在迈入信息化社会的进程中,光电子技术起着十分重要的作用。它是继微电子技术之后,近十几年来迅速发展的高技术。它集中了固体物理、导波光学、材料科学、微细加工和半导体的科研成就,成为电子技术与光子技术的自然结合与扩展,是具有强烈应用背景的新兴交叉学科。它研究光波波段的电磁波($3 \times 10^{11} - 3 \times 10^{17}$ Hz,即波长 $10^{-3} - 10^{-9}$ m)与物质(主要是固体)内部电子相互作用的机制和由此产生的各种物理效应及特性,及运用这些效应来实现各种功能的光电子器件。光电子技术以光波(光子)为载体实现信息的获取、传输、存储、处理和显示(再现),它的发展得益于激光技术的迅猛发展。

一、激光科学技术

激光是一种受激发射光,由激光器产生;实质上是受激原子(分子)在相应频率外界光波的激励作用下实现受激量子跃迁辐射,并使此辐射光放大而产生。

生的。通俗地讲,过去的光源发光是自发的、无序的,原子的运动与发光是无规律可寻的。而激光是非自发且有序化进行的,将原子组织起来、协调一致地发光。自从1960年梅曼研制成功第一台红宝石激光器以来,短短40多年的时间,激光技术已经引起科学技术及社会的巨大变革。

1. 激光的优点 ① 具有特定的单一波长——单色性好;② 光的发散角小($\sim 1^\circ$)——方向性好;③ 光的能量密度大——亮度高;④ 光的谱线很窄——干涉性好;⑤ 光的偏振性好(一致)。

2. 激光器的类型 分为固体、气体、液体和半导体激光器4类。而1999年3月24日,《中国时报》报道了美国科学家利用低温下的低速原子研制成一种原子激光器,可以向任意方向发射。原子激光的出现,使得在芯片上精确排列原子成为可能,将使未来的计算机芯片电路只有现在的10%大小。

原子激光是将玻色-爱因斯坦凝聚(玻色-爱因斯坦凝聚是物质存在的一种特殊状态,它是继固态、液态、气态、等离子态之后的第五种物质存在方式,具有许多奇异的光学、热学、力学和电磁学等物

从图5可见,当缝光源S上、下移动,而保持实验装置的其他参数不变时,干涉花样将在屏上整体向相反方向平行移动,其中央明纹中心的位置与(9)式符合。

5. 改变双缝的相对宽度对条纹可见度的影响

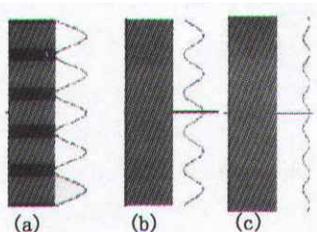


图6

图6显示了改变双缝透光部分的相对缝宽,对干涉花样对比度的影响。图中既给出了干涉条纹对比度的变化,也准确地给出了光强分布曲线。例如(a)中, $a_1 = a_2$,因而对比度 $V = 1$,暗纹全暗,明暗分

明;(b)中, $a_1 > a_2$,因而 $V < 1$,明纹光强下降,暗纹并不全暗,对比度降低了,光强分布曲线峰谷值的差减小了;(c)中,表示了双缝中一条缝的透光缝宽大大地大于另一条缝宽度的情况,其明、暗条纹变得几乎不能分辨,光强分布曲线峰谷值之间的差已经非常小了。

以上是用计算机辅助进行光的双缝干涉实验教学的尝试。该软件利用高级语言中的图形函数作图功能,精确绘制演示图形,以模拟实际的物理现象。利用计算机丰富的图形色彩修饰功能,可以真实再现光学现象的本来面目。软件具有人机交互功能,能模拟各种物理量的实际变化,可以帮助学生定性地总结物理规律,提高学习兴趣。如果辅以光电测量装置,还能够模拟测量,定量地总结物理规律。该软件已在 Visual Basic 6.0 中运行通过,并已应用于教学实践。