

# 迈克尔逊干涉实验的计算机模拟

## Computer Simulation of Michelson Interference Experiment

李剑波

Li Jianbo

(广西工学院信息与计算科学系, 广西柳州 545006)

(Dept. of Info. & Comp. Sci., Guangxi Univ. of Technology, Liuzhou, Guangxi, 545006, China)

**摘要:** 利用 VB 编程技术及 Win32 API 函数, 在计算机上创建迈克尔逊干涉的模拟实验环境, 实验利用双光束干涉光强公式获得迈克尔逊的干涉条纹, 并模拟干涉条纹的移动和对干涉条纹进行仿真测量。该实验环境可完成设备创建、设备操作、现象观察和数据测量等实验过程。

**关键词:** 迈克尔逊干涉 模拟 干涉条纹 VB Win32 API

中图法分类号: O411.3

**Abstract:** The computer simulation of Michelson interference experiment is established by using VB and Win32 API. The stripes of Michelson interference are obtained using the light intensity formula of double-beam interference. The movement of stripes are simulated and measured. The experimental process such as selection of instruments, operation, observation and data record etc. can be simulated in the model.

**Key words:** Michelson interference, simulating, stripes, VB, Win32 API

迈克尔逊干涉实验是用分振幅法产生双光束来实现干涉的物理实验, 实验目的是观察和研究等倾和等厚干涉现象及其特点, 以及用干涉法测量光波的波长。为了使更好地理解实验, 培养学生的动手能力, 本文利用 VB 编程技术及 Win32 API 函数, 在计算机上创建虚拟实验环境, 使实验者在此环境中完成设备调节、设备操作、现象观察、数据测量等实验过程, 极大地丰富了物理实验的教学方法和手段。

### 1 迈克尔逊干涉实验

迈克尔逊干涉仪<sup>[1]</sup>的结构如图 1 所示, 包括自扩展光源  $S$ , 分光板  $P_1$ , 补偿板  $P_2$ , 透镜  $L$ , 平面反射镜  $M_1$  和  $M_2$ ,  $M_1$  的象  $M_1'$ 。

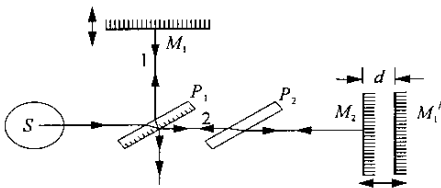


图 1 迈克尔逊干涉仪的结构

### 2 模拟实验的设备创建

在面向对象技术中, 对象是由类<sup>[2]</sup>创建的, 对象是类的 1 个实例。类将用户定义类型和过程组织在一起。类是具有态的用户定义类型。封装技术将代码和数据组织在同 1 个模块中, 使得对象能保护和验证其中的数据。为了创建设备对象, 需要把设备部件所具有的属性、方法、事件封装到类模块。在创建设备对象类了以后, 就可以在应用程序中创建设备对象。VB 是 1 种可视化的面向对象的编程环境, 由于其功能强大而被广泛使用。在 Windows 中, API 即应用程序接口包含所有应用程序构造操作系统的函数调用。Win32 API 是基于 32 位的 Windows 的应用程序接口, 到现在已经有了几千种函数。在 VB 环境中可以通过调用 Win32 API 函数来满足设备创建及操作的功能。

迈克尔逊干涉实验中, 从扩展光源产生单色光, 因此, 光源应具有波长(颜色)属性以及发光方法。透镜的作用在于聚焦光线, 因此透镜要有焦点、焦距及透明属性, 同时应具有聚焦方法和旋转方法。平面反射镜的作用在于反射光线, 因而平面镜要有按反射定律的反射方法。由于在实验中需要形成空气劈尖,

所以平面镜需要有旋转方法。分光板的作用是反射和折射入射光,因此,该对象应具有按反射定律和折射定律进行反射、折射的方法和旋转方法。

### 3 模拟实验的设备操作

对设备的操作主要是使设备平移和旋转,对象的平移比较容易实现,使用 VB 中对象的 Move 方法和 KeyDown 事件即可实现。VB 中无现成命令来实现对象的旋转,因此需创建对象的旋转方法,但更好的方法是调用 Win32 API 函数 BitBlt<sup>[3]</sup> 和 SetPixel<sup>[3]</sup>对图形进行位操作来实现对象的旋转。另外,设备对象组织在一起时将可能产生重叠,其结果是某一设备的背景色将遮盖另一设备的前景色。为了消除这种影响,需要进行透明处理。可以用 VB 中的 PaintPicture 方法处理,也可以通过调用 Win32 API 函数 BitBlt 来处理。

## 4 干涉条纹的生产

### 4.1 干涉条纹原理

图 2 给出  $M_1$  与  $M_2$  严格垂直情况下迈克尔逊干涉仪的光路图。双光束干涉的光强分布公式为

$$I = I_0 \cos^2 \frac{\Delta}{2} \quad (1)$$

其中,  $\Delta = 2\pi\delta/\lambda, \delta = 2d\cos i_k, \cos i_k =$

$$\frac{D}{\sqrt{D^2 + r_k^2}}$$

相对光强为

$$Q = I/I_0 = \cos^2 \left( \frac{2\pi d}{\lambda} \cdot \frac{D}{\sqrt{D^2 + r_k^2}} \right), \quad (2)$$

其取值在 0~1 之间。 $\Delta$  为两光束的相位差,  $\delta$  为光程差,  $d$  为  $M_2$  与  $M_1$  的距离,  $i_k$  为光线 1 在平面反射镜  $M_1$  上的入射角,  $D$  为透镜到屏幕的距离,  $r_k$  为干涉条纹的半径。

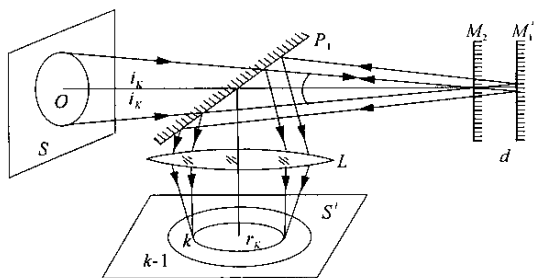


图 2 迈克尔孙干涉仪的光路

创建 1 个根据实际的光谱图设置颜色值的过程 Sub wavelength\_set()。该过程把可见光的波长转换成 3 个颜色变量(red,green,blue)值。再将颜色变量传递给 RGB 函数 RGB(R,G,B)<sup>[4]</sup>,把 RGB 函数作

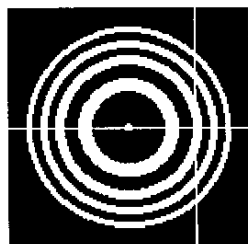
为 VB 中 Circle 方法的 color 参数,即可实现实际波长与 R,G,B 颜色参数的转换,即 color = RGB (red, green, blue)。

把相对光强变量 Q 传递给 RGB 函数 RGB(R, G,B),使 R,G,B 颜色参数随光强变量 Q(位置)同步变化,即  $R = Q, G = Q, B = Q$ 。将 RGB 函数作为 Circle 的 color 参数,即可实现光强与 R,G,B 颜色参数的转换,即 color = RGB(Q,Q,Q),从而实现亮度随位置的变化。

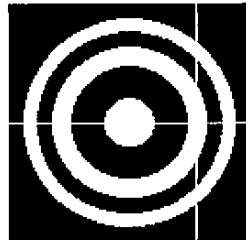
### 4.2 获得条纹

将波长与 R,G,B 参数的转换和光强与 R,G,B 参数的转换结合起来,最终得到实现波长和光强与 R,G,B 参数的转换方法,即 color = RGB (red \* Q, green \* Q, blue \* Q)。对于等倾干涉,即  $M_1$  与  $M_2$  严格垂直,用 Circle 方法以  $r_k$  为半径填充绘图区,对于给定的  $d, Q$  随  $r_k$  而变, R,G,B 参数也随  $r_k$  而变,因而在绘图区上将得到彩色的明暗相间的圆形干涉条纹,如图 3 所示。

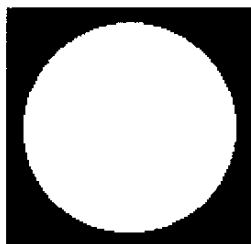
图 3(c)为  $M_1$  与  $M_2$  重合时( $d = 0$ ) 中心条纹充满整个视场的情况,图 3 中的 (a), (b), (c), (d), (e) 表示  $d$  由大变小至零,然后又由零向反方向变大时,等倾干涉图样的改变。



(a)



(b)



(c)

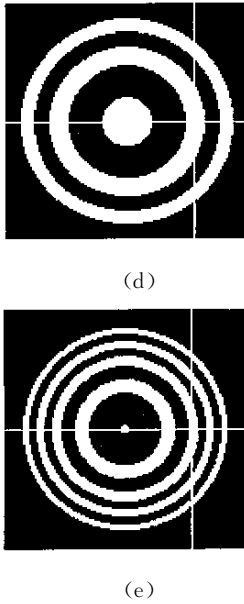


图3  $M_1$  与  $M_2$  垂直的干涉图样

(a)~(e)为  $d$  由大变小至零,然后又反向变大的干涉图样

### 4.3 条纹移动及测量

通过对象 ( $M_1$ ) 的 KeyDown 事件<sup>[5]</sup>上下移动  $M_1$ ,其象  $M_1'$  也关联水平移动,实现  $d$  的改变。每发生 1 个 KeyDown 事件,  $d$  将改变 1 个数值。由式(2)知,对于同 1 个  $r_k$ ,  $Q$  随  $d$  而变,因此用 Circle 方法所画的圆其亮度将改变,实现亮度的移动,其结果是明

暗条纹的移动。当  $d$  增大时,可看到从干涉条纹中心,条纹不断涌出。当  $d$  变小时,最靠近中心的条纹将不断的陷入中心。记录  $d$  变化  $\Delta d$  后干涉条纹移过十字叉丝的个数,由  $\Delta d = N\lambda/2$ , 可以测量波长。

### 5 结束语

利用计算机模拟仿真物理实验,可以使学生对实验原理、实验过程、实验步骤有更好的理解。由于交互性强,能更好地培养学生的动手能力,从而极大地丰富了物理实验的教学方法和手段,起到物理实验辅助教学的作用。

参考文献:

- 1 母国光,战元龄. 光学. 北京:人民教育出版社,1978. 237~243.
- 2 Microsoft 公司. Visual Basic 6.0 中文版程序员指南. 希望图书创作室译. 北京:希望电子出版社,1998. 367~433.
- 3 王宏,李冬,付新苗. Windows API 常用技巧汇编. 北京:清华大学出版社,2000.
- 4 王克己. Visual Basic 4.0 参考手册. 北京:人民邮电出版社,1997. 51~52.
- 5 Microsoft 公司. Visual Basic 6.0 中文版语言参考手册. 希望图书创作室译. 北京:北京希望电子出版社,1998. 569~571.

(责任编辑:黎贞崇)

(上接第 51 页)

由(10)式有

$$2 \cdot 3^k \equiv x_{18r+s} + 4y_{18r+s} \equiv \pm (x_s + 4y_s) \pmod{x_9}, \text{ 其中 } s = 7 \text{ 或 } -2, \quad (16)$$

$$2 \cdot 3^k \equiv 4y_{18r+s} - x_{18r+s} \equiv \pm (x_s - 4y_s) \pmod{x_9}, \text{ 其中 } s = -7 \text{ 或 } 2. \quad (17)$$

结合(8)式、(14)式和(15)式有

$$2 \cdot 3^k \equiv \pm (x_7 \pm 4y_7) \pmod{x_9}$$

及  $2 \cdot 3^k \equiv \pm (x_2 \pm 4y_2) \pmod{x_9}$

或  $2 \cdot 3^k \equiv \pm u_2, \pm u_7, \pm v_2, \pm v_7 \pmod{x_9}. \quad (18)$

注意到  $73 | x_9$ , 由(19)式和(18)式给出  $2 \cdot 3^k \equiv \pm 23, \pm 42, \pm 9, \pm 32 \pmod{73}$ .

$$(n, u_n, v_n) \equiv (0, 1, -1), (1, 6, 2), (2, 23, 9), (3, 13, 34), (4, 29, 54), (5, 30, 36), (6, 18, 17), (7, 42, 32), (8, 4, 38), (9, 47, 47), (10, 38, 4), (11, 32, 42), (12, 17, 18), (13, 36, 30), (14, 54, 29), (15, 34, 13), (16, 9, 23), (17, 2, 6), (18, 72, 1), (19, 67, 71), (20, 50, 64), (21, 60, 39), (22, 44, 19), (23, 43, 37), (24, 55, 56), (25, 31, 41), (26, 69, 35), (27, 26, 26), (28, 35, 69), (29, 41, 31), (30, 56, 55), (31, 37, 43),$$

$$(32, 19, 44), (33, 39, 60), (34, 64, 50), (35, 71, 67); (36, 1, -1), (37, 6, 2), \pmod{(36, 73, 73)}. \quad (19)$$

当  $k = 1, 2, 3, \dots$  时,  $2 \cdot 3^k \pmod{73}$  的最小非负剩余将形成 1 个周期为 12 的周期序列:

$$(k, 2 \cdot 3^k) \equiv (1, 6), (2, 18), (3, 54), (4, 16), (5, 48), (6, 71), (7, 67), (8, 55), (9, 19), (10, 57), (11, 25), (12, 2); (13, 6), \pmod{(12, 73)},$$

在这个周期序列里没有 1 个数等于  $23, 42, 9, 32, 73 - 23 = 50, 73 - 42 = 31, 73 - 9 = 64, 73 - 32 = 41$ . 这说明在  $k > 1$  时(5)和(6)式是不可能的. 而当  $k = 0, 1$  时显然分别给出解  $(n, x) = (1, 5), (3, 11)$ . 证毕.

参考文献:

- 1 Bremner A, et al. Two-weight ternary codes and the equation. J Number Theory, 1983, 16: 212~234.
- 2 Bremner A, et al. The integer point on there related elliptic curves. Math Comp, 1982, 39: 235~238.
- 3 曹珍富. 丢番图方程引论. 哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社, 1989.

(责任编辑:黎贞崇)