

简单物理实验的模拟

袁略真

3130103964

生物信息学

浙江大学

2016 年 3 月 7 日

1 两个简谐振动的合成

1.1 基本原理

振动方向相同的两个简谐振动

$$x_1 = A_1 \cos(\omega_1 t + \phi_1)$$

$$x_2 = A_2 \cos(\omega_2 t + \phi_2)$$

它们的合振动为

$$x = x_1 + x_2$$

1.2 程序流程

Input: $A_1, A_2, \omega_1, \omega_2, \phi_1, \phi_2, file$

Output: a table of x_1, x_2, x, t stored in $file$

for $t \leftarrow 0$ **to** $N-1$ **do**

$x_1 \leftarrow A_1 \cos(\omega_1 t + \phi_1);$

$x_2 \leftarrow A_2 \cos(\omega_2 t + \phi_2);$

$x \leftarrow x_1 + x_2;$

 print x_1, x_2, x, t to $file$

end

Algorithm 1: 两个简谐振动的合成

程序中每隔1个单位时间计算一次位移,为得到比较光滑的曲线,应使得周期 $T \gg 1$.

由于 $T = \frac{2\pi}{\omega}$,故要求 $\omega_1 \leq 0.3, \omega_2 \leq 0.3$.其他参数影响不大.

1.3 改进

有如下一些场合可能影响精度,对此做出相应改进

1. 用户通常希望输入含有 π 的数值给 ϕ_1, ϕ_2).改进方法是让用户输入 π 前的系数,乘积由程序计算.
2. C/C++ 中浮点数的存储方式导致在数学上一样大小的数,计算机存储的数有微小差异.常用的方法是设置一个很小的阈值,差小于阈值认为比较的两个数相等.我将阈值设为0.000001.

1.4 模拟及结果

1.4.1 模拟的参数设置

$A1 : 1$	$A2 : 1$
$w1 : 0.1$	$w2 : 0.1$
$\phi1 : 0$	$\phi2 : 0$

表 1: 模拟1参数

$A1 : 1$	$A2 : 1$
$w1 : 0.1$	$w2 : 0.1$
$\phi1 : 0$	$\phi2 : \pi$

表 2: 模拟2参数

$A1 : 1$	$A2 : 1$
$w1 : 0.1$	$w2 : 0.15$
$\phi1 : 0$	$\phi2 : 0$

表 3: 模拟3参数

$A1 : 1$	$A2 : 2$
$w1 : 0.1$	$w2 : 0.3$
$\phi1 : 0$	$\phi2 : 0.5\pi$

表 4: 模拟4参数

1.4.2 模拟的图形结果

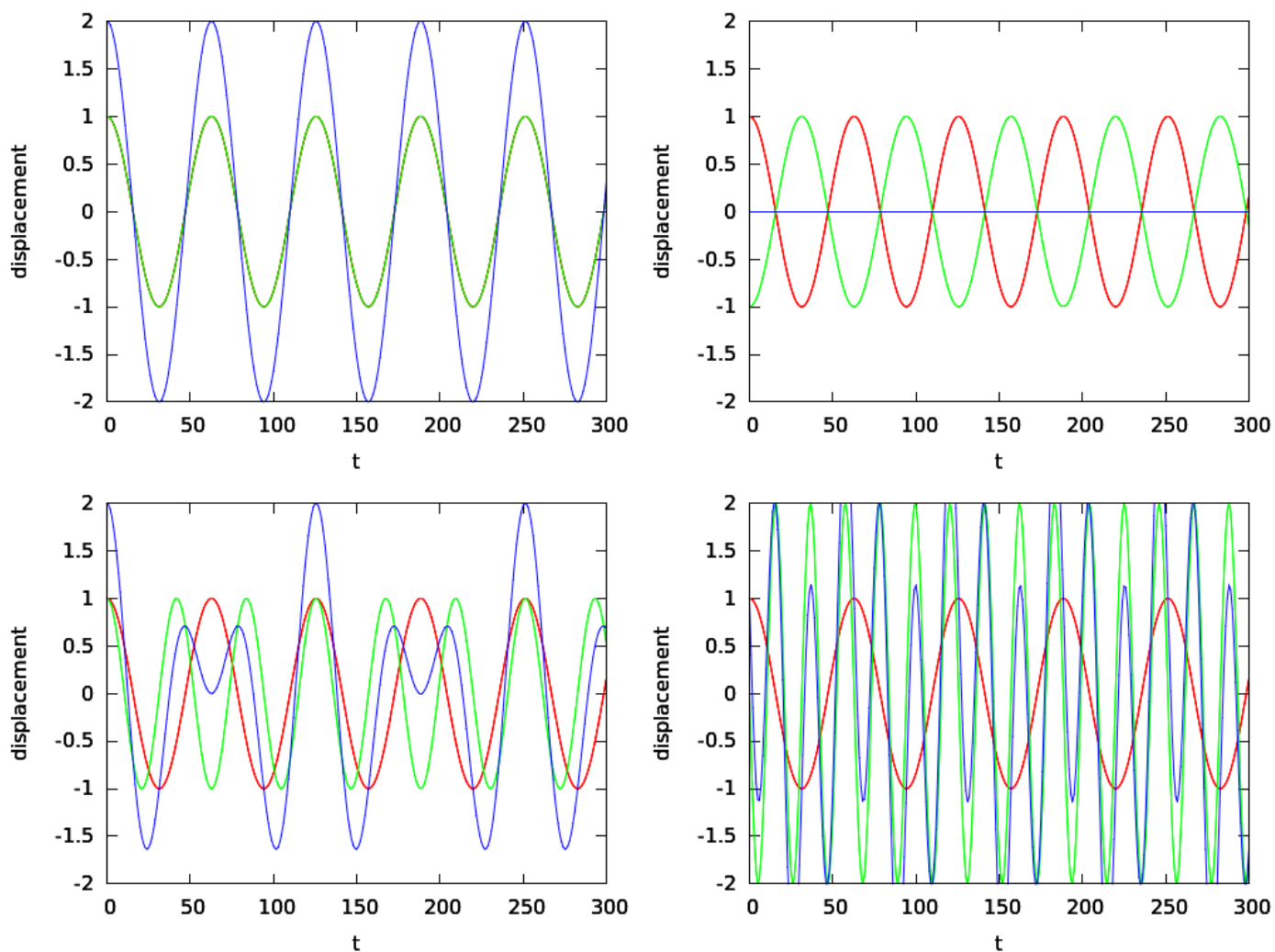


图 1: 两个简谐振动的合成.这四幅图(左上,右上,左下,右下)分别对应参数表1,2,3,4.

2 光的多缝衍射

2.1 基本原理

均匀光源的夫琅禾费多缝衍射,在屏上的光强分布为

$$I = I_0 \left(\frac{\sin^2 u}{u^2} \right) \left(\frac{\sin^2 Nv}{\sin^2 v} \right)$$

$$u = \frac{\pi}{\lambda} a \sin \theta, v = \frac{\pi}{\lambda} d \sin \theta$$

其中a是狭缝宽度,d是光栅常数, θ 是衍射角, λ 是入射光波长,N是狭缝有效数目.

由物理规律和各量定义,各参数之间满足以下限制条件:

1. $d > a > \lambda$
2. d 与 a 同数量级, a 与 λ 差两个数量级
3. $u \neq 0, \sin v \neq 0$

2.2 程序流程

程序中每隔1个单位时间计算一次位移,为使得比较连续的曲线,应使得周期 $T \gg 1$.

由于 $T = \frac{2\pi}{\omega}$,故要求 $w_1 \leq 0.1, w_2 \leq 0.1$.其他参数影响不大.

Input: $a, d, \lambda, I_0, N, file$

Output: a table of θ, I stored in $file$

for $\theta = 0; \theta < 0.1; \theta += 0.0001$ **do**

```

     $u \leftarrow \frac{\pi}{\lambda} a \sin \theta;$ 
     $v \leftarrow \frac{\pi}{\lambda} d \sin \theta;$ 
     $tmp1 \leftarrow \frac{\sin u}{u};$ 
    if  $tmp1$  is NaN then
         $tmp1 \leftarrow 1;$ 
    end
    if  $tmp1$  is Inf then
        break;
    end
     $tmp2 \leftarrow \frac{\sin Nv}{v};$ 
    if  $tmp2$  is NaN then
         $tmp2 \leftarrow N;$ 
    end
    if  $tmp2$  is Inf then
        break;
    end
     $I \leftarrow I_0 (tmp1^2) (tmp2^2);$ 
    print  $\theta, I$  to  $file;$ 

```

end

Algorithm 2: 光的多缝衍射

在C/C++中,当除法分母为0.0时,计算结果是NaN(Not A Number).如果不判断的话, $\theta = 0$ 时的计算结果就是错误的.在上面的算法中,我人为的将值赋为极限值.

2.3 模拟及结果

2.3.1 模拟的参数设置

$a(mm) : 0.05$	$d(mm) : 0.1$
$\lambda(nm) : 590$	$I_0 : 1$
$N : 1$	

表 5: 模拟1参数

$a(mm) : 0.05$	$d(mm) : 0.1$
$\lambda(nm) : 590$	$I_0 : 1$
$N : 2$	

表 6: 模拟2参数

$a(mm) : 0.05$	$d(mm) : 0.1$
$\lambda(nm) : 590$	$I_0 : 1$
$N : 5$	

表 7: 模拟3参数

2.3.2 模拟的图形结果

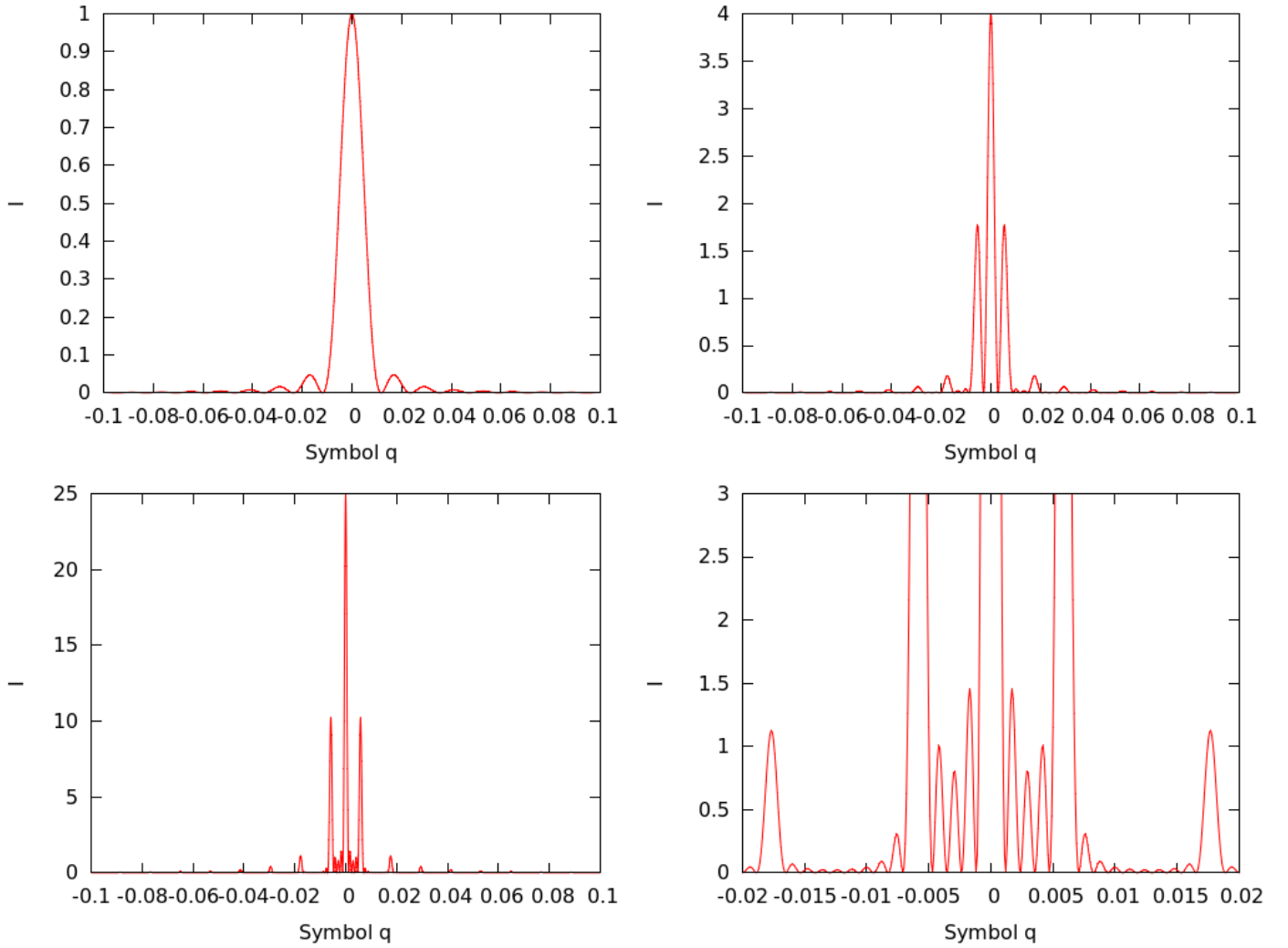


图 2: α 粒子的散射模拟结果.前三幅图(左上,右上,左下)对应参数表5,6,7.最后一幅图是参数表7的图形经放大形成的.

3 α 粒子的散射

3.1 基本原理

原子核的电荷为 Ze ,位置固定在坐标 (x_0, y_0) ,其质量远大于 α 粒子. α 粒子电荷 $2e$,其位置为 (x, y) .

当已知 α 粒子初始坐标和速度,可以通过库仑力计算公式求得加速度:

$$F_x = 2Ze^2(x - x_0)/R^3, F_y = 2Ze^2(y - y_0)/R^3$$

$$a_x = \frac{2Ze^2}{m} \frac{x - x_0}{R^3}, a_y = \frac{2Ze^2}{m} \frac{y - y_0}{R^3}$$

在微小的时间内,近似为匀加速运动:

$$v_x(t + dt) = v_x(t) + a_x dt, v_y(t + dt) = v_y(t) + a_y dt$$

在微小的时间内,近似为匀速运动:

$$x(t + dt) = x(t) + v_x(t) dt, y(t + dt) = y(t) + v_y(t) dt$$

由此即可得到 α 粒子运动轨迹

3.2 程序流程

为便于计算和用户输入,仿照课本令 $k = 2Ze^2/m$

Input: $k(2Ze^2/m)$, $x_0, y_0, x, y, vx, vy, file$

Output: a table of x, y stored in $file$

for $t = 0; t < 5; t += 0.05$ **do**

$$R^3 = ((x - x_0)^2 + (y - y_0)^2)^{3/2};$$

$$a_x \leftarrow k \frac{x - x_0}{R^3};$$

$$a_y \leftarrow k \frac{y - y_0}{R^3};$$

$$v_x \leftarrow v + 0.05a_x;$$

$$v_y \leftarrow v + 0.05a_y;$$

$$x \leftarrow x + 0.05v_x;$$

$$y \leftarrow y + 0.05v_y;$$

print x, y to $file$;

end

Algorithm 3: 光的多缝衍射

3.3 模拟及结果

3.3.1 模拟的参数设置

$k : 0.75$	
$x_0 : 0$	$y_0 : 0$
$x : -4$	$y : 0$
$vx : 1$	$vy : 0.5$

表 8: 模拟1参数

$k : 0.75$	
$x_0 : 0$	$y_0 : 0$
$x : -4$	$y : 0$
$vx : 1$	$vy : 0.1$

表 9: 模拟2参数

$k : 0.75$	
$x_0 : 0$	$y_0 : 0$
$x : -4$	$y : 0$
$vx : 1$	$vy : 0.01$

表 10: 模拟3参数

$k : 0.75$	
$x_0 : 0$	$y_0 : 0$
$x : -4$	$y : 0$
$vx : 2$	$vy : 1$

表 11: 模拟4参数

3.3.2 模拟的图形结果

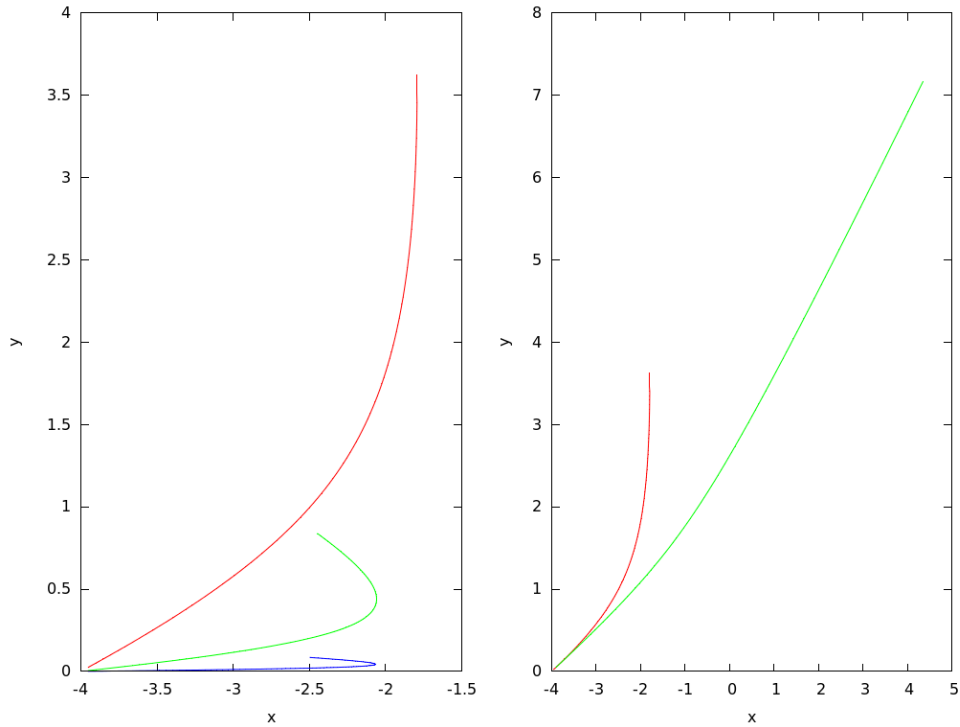


图 3: α 粒子的散射模拟结果.左图三条曲线红绿蓝对应参数表8,9,10.右图两条曲线红绿对应参数表8,11.