

文章编号: 1672-8785(2016)12-0010-03

## 关于可分裂的光子模型的进一步 分析和探讨(下)

王忆锋

(昆明物理研究所, 云南昆明 650223)

**摘 要:** 在作者已有工作和思考的基础上, 进一步分析和探讨了可分裂的光子模型, 并给出了集合或整体意义上的总体量(例如吸收率、反射率和透射率)与单个光子的对应量(例如吸收、反射和透射)之间的对应关系。利用可分裂的光子模型可以解释反射、衍射、干涉等光学现象。基于蒙特卡罗方法和可分裂的光子模型, 可以对反射、衍射、干涉等光学现象进行计算机仿真。介绍了有关仿真算法的思路。

**关键词:** 光子; 光子分裂; 光子模型; 光学现象; 计算机仿真

**中图分类号:** O572.31 **文献标志码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1672-8785.2016.12.002

## Further Analysis and Discussion on Splitting Photon Model (II)

WANG Yi-feng

(Kunming Institute of Physics, Kunming 650223, China)

**Abstract:** On the basis of the author's existing work and thought, the splitting photon model is further analyzed and discussed. The relationship between the total quantity (e.g. absorbance, reflectivity and transmittance) on the sense of assemblage or integrity and the corresponding quantities of single photons (e.g. absorption fraction, reflection fraction and transmission fraction) is given. The splitting photon model can be used to explain the optical phenomena such as reflection, diffraction, interference and so on. On the basis of the Monte Carlo method and the splitting photon model, the optical phenomena such as reflection, diffraction and interference can be simulated by computer. The idea of simulation algorithm is presented.

**Key words:** photon; photon split; photon model; optical phenomenon; computer simulation

### 5 基于蒙特卡罗方法的仿真模型

蒙特卡罗方法也称统计模拟方法, 它将所求解的问题同一定的概率模型联系起来, 并通过用计算机实现统计模拟或抽样来获得该问题的解。蒙特卡罗方法的关键是要产生大量的随

机数或者伪随机数。

基于蒙特卡罗方法的仿真模型的基础之一是三维空间几何中的方向数概念<sup>[7]</sup>。如图 8 所示, 通过坐标系原点 O 且平行于直线 L 的直线 OM 上任意一点 W 的坐标  $(p, q, s)$  称为直线 L 的方向数; 而

**收稿日期:** 2016-08-08

**作者简介:** 王忆锋(1963-), 男, 湖南零陵人, 工学士, 高级工程师, 主要从事器件仿真研究。

E-mail: wangyifeng63@sina.com

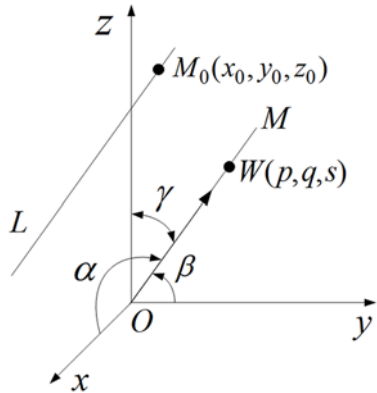


图 8 通过点  $M_0(x_0, y_0, z_0)$  的直线  $L$  及其方向数概念

$$\cos \alpha = \frac{p}{\sqrt{p^2 + q^2 + s^2}} \quad (21)$$

$$\cos \beta = \frac{q}{\sqrt{p^2 + q^2 + s^2}} \quad (22)$$

$$\cos \gamma = \frac{s}{\sqrt{p^2 + q^2 + s^2}} \quad (23)$$

则称为直线  $OM$  的方向余弦。方向数  $(p, q, s)$  可以用随机数生成函数随机产生。如果再生成一组随机数  $(x_0, y_0, z_0)$  并将其作为点  $M_0$  的坐标, 那么直线  $L$  通过点  $M_0(x_0, y_0, z_0)$  的方程可以写为

$$\frac{x - x_0}{p} = \frac{y - y_0}{q} = \frac{z - z_0}{s} \quad (24)$$

利用这种方法可以定义一条随机产生的光线。

以圆孔为例, 设其与探测器矩阵之间的几何结构如图 9 所示。正射光线从圆孔中与壁面无接触地通过, 此时没有碰撞问题。从点  $P_2$  发出的光线不与壁面相交, 这时就无需考虑光子的分裂, 而只需要计算出它将落在哪一个探测器上。从点  $P_1$  和点  $P_3$  发出的光线斜射至壁面, 然后再反射到探测器所在的平面上。此时就需要引入光子的分裂, 即反射出去的光子能量只是入射光子能量的一部分。以点  $P_1$  为例, 在圆孔底面上随机选取一点  $P_1$ , 然后为该点随机赋予一组方向数。依据反射定理及空间解析几何等有关知识, 可以判断这组方向数所对应的光线最终是否落在某一个探测器所在的区域内。将每个探测器视为一个计数器, 每接收到一个光子, 计数器加 1。以一个非常大的循环次数执行此过程。循环结束后再将计数值转换为灰度图像加以显示。对于圆孔来说, 将会得到一圈一圈

的环带图案, 其中心是个最亮的圆形, 且向外亮度逐渐变暗。我们此前用此方法对探测器冷屏的杂散辐射情况进行了深入分析和研究<sup>[8-19]</sup>。由于光子行为仿真的计算量巨大, 我们还提出了超光线的概念<sup>[18]</sup>。

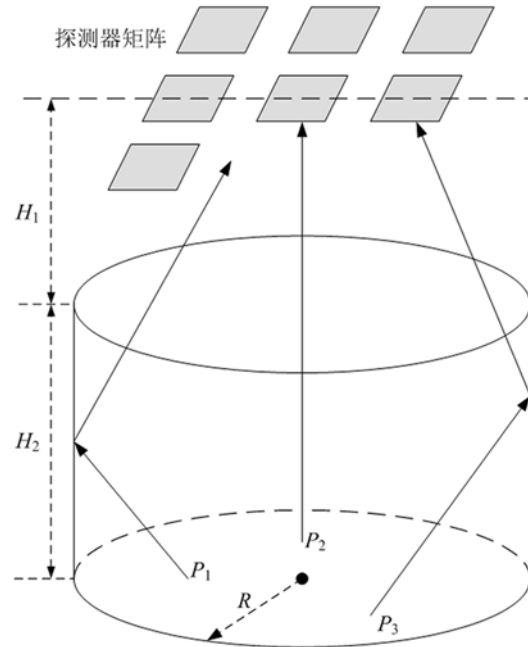


图 9 用于模拟光子通过圆孔情况的几何结构

图 10 所示为单缝光学现象的仿真结构。下面分析光子在缝壁上反射一次的情况。在狭缝底面上随机选取一点 (例如  $P_1$ ), 然后为该点随机赋予一组方向数。依据反射定理及空间解析几何等有关知识, 可以判断这组方向数所对应的光线最终是否落在某一个探测器所在的区域内。将每个探测器视为一个计数器, 每接收到一个光子, 计数器加 1。以一个非常大的循环次数执行此过程。循环结束后再将计数值转换为灰度图像加以显示。这时将会得到一条一条的长条形图案, 并且从中心长条开始亮度逐渐变暗。

## 6 结束语

光是物理学中的一种特殊形态, 其属性问题 (即光是粒子还是波) 让学术界讨论了几百年。先是牛顿提出了 (微) 粒子说, 然后由于有的实验现象无法用粒子说加以解释, 惠更斯提出了波动说。提出物质波的德布罗意认为, 所有运动的实物粒子既具有粒子的性质又表现出波动的性

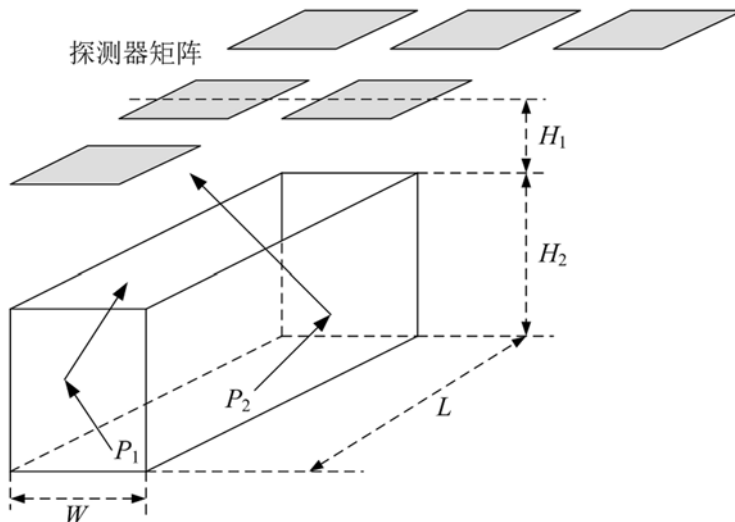


图 10 用于模拟单缝光学现象的几何结构

质, 此即实物粒子的波粒二象性。爱因斯坦将波粒二象性引入光量子理论, 认为一方面光在传播过程中表现出波动的性质, 另一方面光在与物质相互作用时表现出粒子的性质。麦克斯韦建立的电动力学把光视为电磁波。当然也有不同的观点, 例如玻恩认为不论是德布罗意的物质波还是薛定谔的波函数都不是什么实在物理量的波动, 而只不过是描述粒子在空间中概率分布的概率波而已; 费曼也认为, 电子既不是粒子, 也不是波<sup>[20]</sup>。

牛顿认为光是粒子, 而我们提出的可分裂的光子模型则对此作了一点修正或补充, 认为光是可以分裂的粒子。光子分裂模型可以用于解释反射、衍射、干涉等光学现象。基于可分裂的光子模型, 利用蒙特卡罗方法可以对这些光学现象进行计算机仿真。

## 7 致谢

作者对庄继胜研究员级高级工程师和范乃华研究员级高级工程师所作的有益讨论表示感谢。

## 参考文献

- [1] 王忆锋, 黄江平. 试论光子的分裂[J]. *红外*, 2014, **35**(3): 1-6.
- [2] 王忆锋. 论可分裂的光子模型[J]. *云光技术*, 2015, **47**(2): 1-17.

- [3] 王忆锋, 唐利斌. 一维方势阱束缚态能量本征值的 MATLAB 行列式分析及广义量子数概念[J]. *红外*, 2010, **31**(5): 41-44.
- [4] 犬石嘉雄, 滨川圭弘, 白藤纯嗣著. 张志杰, 郝小林, 雷京贵, 等译. *半导体物理* [M]. 北京: 科学出版社, 1986.
- [5] 薛定宇, 陈阳泉. *高等应用数学问题的 MATLAB 求解* [M]. 北京: 清华大学出版社, 2004.
- [6] 王忆锋, 黄江平. 论红外探测器的串音[J]. *红外*, 2014, **35**(3): 1-6.
- [7] 《数学手册》编写组. *数学手册* [M]. 北京: 高等教育出版社, 2004.
- [8] 王忆锋, 范乃华. 用蒙特卡罗方法和 MATLAB 计算矩形冷屏的视场角[J]. *光电技术应用*, 2008, **23**(5): 18-21.
- [9] 王忆锋, 范乃华. 用蒙特卡罗方法和 MATLAB 计算田径场型冷屏的视场角[J]. *激光与红外*, 2009, **39**(3): 274-276.
- [10] 王忆锋, 范乃华, 庄继胜. 用 MATLAB 实现圆形冷屏限制下投影面积的准确计算[J]. *激光与红外*, 2009, **39**(4): 397-398.
- [11] 王忆锋, 范乃华, 庄继胜. 圆形冷屏下长线列器件光敏元立体角的变化趋势及其成像仿真[J]. *红外技术*, 2009, **31**(11): 631-633.
- [12] 王忆锋, 范乃华, 毛京湘. 用蒙特卡罗方法和 MATLAB 计算糖果形冷屏的视场角[J]. *红外*, 2009, **30**(11): 45-48.
- [13] 毛京湘, 范乃华, 王忆锋. 圆形冷屏下红外焦平面探测器光敏元立体角的计算及其成像仿真[J]. *红外与激光工程*, 2009, **38**(6): 957-960.

(下转第 18 页)