

Discussion on the Unity of Quantum Mechanics and Classical Mechanics (I)

—The Demonstration of Deriving the Uncertainty Relation in Another Way

JiaShan Yu

Aoke Group, Zhen Jiang City, China

Email: 18344716532@163.com

Received: Apr. 21th, 2019, published: Apr. 25th, 2019

Abstract

The effect of the virtual photon in the vacuum on the motion state of the electrons in the single-slit diffraction experiment of electrons is demonstrated. Conclusion: The effect of the virtual photons with different momentum on the motion state of the electrons in the experiment results in an uncertainty between the variation of the momentum of electrons in the direction of the slit wall and the slit width.

Keywords

Virtual Photon, Uncertainty Relation, Quantum Mechanics

论量子力学与经典力学的统一(一)

——用另外一种方式对不确定关系式进行推导的论证

于佳山

奥克集团, 镇江, 中国

Email: 18344716532@163.com

收稿日期: 2019年4月21日; 发布日期: 2019年4月25日

摘要

论证了在电子单缝衍射实验中真空中虚光子对实验中电子运动状态的影响。结论: 由于具有不同动量的虚光子对实验中电子运动状态的影响导致电子向缝壁方向动量大小的变化量与缝宽之间体现出一个不确定关系。

关键词

虚光子, 不确定关系式, 量子力学

1. 引言

我们知道真空中充满着被称作零点能的电磁能, 这些电磁能可以以虚光子的形态出现, 并在极短的时间内不断以微小的规模形成与消失, **这是一个客观存在的物理现象**[1]。在电子单缝衍射实验中(设缝壁是由能够对光子或虚光子起到屏蔽作用的材料制成), 由于缝壁的阻挡导致单缝里向缝壁方向运动的较长波长的虚光子被排除出去(图 1), 此时当电子经过单缝时就应考虑向缝壁方向运动的虚光子对电子运动状态的影响。

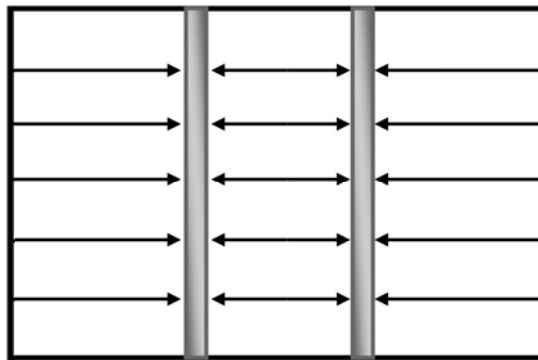


Figure 1. Long-wavelength virtual photons are excluded by the slit wall
图 1. 较长波长的虚光子被缝壁排除出去

2. 由于缝壁的阻挡导致较长波长的虚光子被排除出去

图 1 中(在此取缝壁的垂直横截面的形式), 设紧靠在一起的缝壁互相平行且缝壁间最短距离为 $x(x \neq 0)$ 。对于缝壁间存在的向其中一侧缝壁方向运动的虚光子来说, 只有当 x 是这些虚光子的波长一半的正整数倍, 即 $x = n\lambda/2$ ($x \neq 0$, n 为正整数), 或者说只有波长为:

$$\lambda = 2x/n \quad (x \neq 0, n \text{ 为正整数}) \quad (1)$$

这样的虚光子才能稳定的存在于缝壁之间, 其它波长的虚光子都已经被抵消掉, 因此以下论证中, 缝壁间虚光子的波长指的是向其中一侧缝壁方向运动的 $\lambda = 2x/n$ ($x \neq 0$, n 为正整数)的虚光子的波长。

一般来说由于微观粒子具有不确定性导致粒子的位置与动量不能同时被确定, 即粒子不具有确定的运动轨迹, 但是在以下论证中如果要求粒子(电子及虚光子)具有确定的运动轨迹, 考虑到向缝壁方向运动的虚光子对经过两缝壁之间的电子运动状态(动量)的影响, 那么在以下论证中我们将会看到: 电子向一侧缝壁方向动量大小的变化量与缝宽之间确实会体现一个不确定关系。

设缝壁间存在的向其中一侧缝壁方向运动的虚光子动量大小为 $p = hv/c$, 将 $c = f\lambda$ 代入 $p = hv/c$ (其中 f 与 v 都可以代表光的频率)结合公式(1)可得:

$$p \cdot \lambda = h \quad (\lambda = 2x/n, x \neq 0, n \text{ 为正整数}) \quad (2)$$

公式(2)中, 当 $n = 1$ 时 $\lambda = 2x$, 可以认为缝壁间存在的向其中一侧缝壁方向运动的具有最大波长的虚

光子波长为 $\lambda = 2x$ 。设波长为 $\lambda = 2x$ 的虚光子动量大小为 p_1 ，由公式(2)可知： $p_1 = h/\lambda = h/2x$ ，即缝壁间向其中一侧缝壁方向运动的波长为 $\lambda = 2x$ 的虚光子动量的大小 p_1 与其波长 $2x$ 之间的关系为：

$$2x \cdot p_1 = h \quad (3)$$

在由缝壁组成的宽度为 x 的单缝里，由于向其中一侧缝壁方向运动的虚光子动量大小为 $p = h\nu/c = h/\lambda$ (其中 $\lambda = 2x/n$ ， $x \neq 0$ ， n 为正整数)，由以上论证可知： $p \geq p_1$ ，结合公式(3)可得，缝宽 x 与单缝里向其中一侧缝壁方向运动的波长为 $\lambda = 2x/n$ ($x \neq 0$ ， n 为正整数)的虚光子动量的大小 p 之间的关系为：

$$2x \cdot p \geq h \quad (4)$$

由公式(4)可知，缝宽与向其中一侧缝壁方向运动的虚光子动量的大小两者之间已经体现出了一个不确定关系。

现实当中，单缝里的虚光子与电子的相互作用(碰撞)是一个极其复杂的过程，但是在此我们可以建立一个简单的模型，即考虑当电子经过单缝时由于虚光子对电子向缝壁方向的撞击作用导致电子向此缝壁方向的动量发生改变，进而找出电子向缝壁方向动量大小的变化量与缝宽之间的关系。

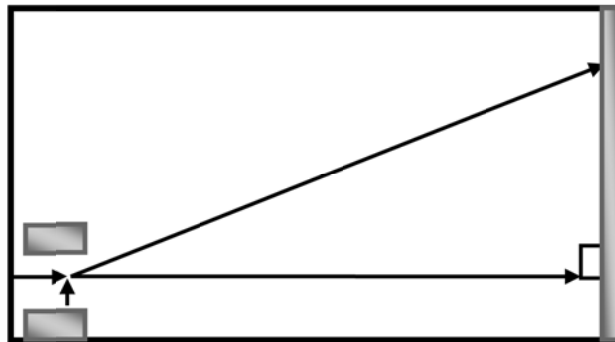


Figure 2. The state of motion of electrons impacted by virtual photons in the direction of one side slit wall changes
图 2. 受到虚光子向一侧缝壁方向撞击的电子运动状态发生改变

图 2 中(在此取缝壁以及接收屏的垂直横截面的形式)，假设有一电子沿着与缝壁相平行的方向进入单缝后受到一虚光子对其向一侧缝壁方向的撞击作用，此时如果虚光子将全部动量传递给电子(由于电子参与电磁相互作用，并且虚光子是电磁相互作用的规范波色子，因此当此虚光子与电子相撞时虚光子会将其全部动量传递给电子，实际上高频率的光子比如 x 光及 γ 射线在与电子相撞时是有可能出现电子只吸收部分光子动量的情况，一般来说由于量子真空中产生的虚光子频率都很低，因此在此基本不会发生电子只吸收虚光子一部分动量的情况，因此在此及以下论证中要求当虚光子与电子相撞时会将其全部动量传递给电子)，结合公式(4)可得，电子向这一侧缝壁方向动量大小的变化量 Δp 与缝宽之间的关系为：

$$2x \cdot \Delta p \geq h \quad (5)$$

其中 Δp 为受到虚光子撞击后电子向一侧缝壁方向动量大小的变化量， x 为缝壁对电子位置限定的程度(缝宽)。考虑到缝壁间的距离可以改变，则可以认为缝宽 x 是一个变量，即 $x = \Delta x$ 。结合公式(5)可得， Δx 与 Δp 间的关系为：

$$2\Delta x \cdot \Delta p \geq h \quad (6)$$

用以上方法就可以在经典力学理论框架内推导出电子向一侧缝壁方向动量大小的变化量 Δp 与缝宽 Δx 之间的不确定关系式。

3. 结论

在电子单缝衍射实验中, 当电子经过实验中的单缝时有可能会受到向一侧缝壁方向运动的波长范围为 $\lambda \leq 2x/n$ (x 为缝宽且 $x \neq 0$, n 为正整数) 的虚光子的撞击作用, 此时如果要求电子及虚光子具有确定的运动轨迹, 那么以此为基础在经典力学理论框架内就可以推导出电子向一侧缝壁方向动量大小的变化量 Δp 与缝宽 Δx 之间的不确定关系式。

4. 讨论

按照海森堡的说法: 假如电子向着缝壁方向的位置完全确定 ($\Delta x \rightarrow 0$), 那么电子向缝壁方向动量大小的变化量 Δp 的数值就完全不确定 ($\Delta p \rightarrow \infty$); 当电子向一侧缝壁方向的动量 Δp 数值处于完全确定的状态 ($\Delta p \rightarrow 0$) 时, 则会有 ($\Delta x \rightarrow \infty$), 也就是说我们就无法在此方向把电子固定住, 即电子在此方向的位置 Δx 是完全不确定的。由以上论证可知: 在公式(5)、(6)中: 当 $\Delta x \rightarrow 0$ 时, 单缝里向一侧缝壁方向运动的虚光子动量的大小取值为 $\Delta p \rightarrow \infty$, 此时当电子经过单缝时如果受到一个虚光子对其向一侧缝壁方向的撞击作用, 如果虚光子将其全部动量传递给电子, 那么电子向缝壁方向动量大小的变化量 Δp 的取值就应该是 $\Delta p \rightarrow \infty$, 也就是说我们无法在向着缝壁方向把电子固定住, 因为由于受到虚光子的撞击作用导致电子向一侧缝壁方向动量的大小发生了改变; 当 $\Delta x \rightarrow \infty$ 时, 电子从分别向两侧缝壁方向运动的虚光子处获得的总动量为 0, 因此电子动量大小取值为 $\Delta p \rightarrow 0$, 实际上此时也可以认为电子向缝壁方向的位置是完全不确定的。

值得注意的是: 在海森堡的动量与位置不确定关系式中, Δx 代表电子的位置标准差(不确定度), 而电子的这一位置标准差是由缝壁间的距离 Δx (缝宽), 即缝壁对电子位置限定的程度所决定, 因此公式(6)中的 Δx 与海森堡不确定关系式中的 Δx 两者具有相同的物理意义。

当电子在原子核外运动时如果考虑到电子受到量子真空中虚光子的撞击, 那么以上论证为基础也可以推导出电子的位置与其轨道角动量之间的不确定关系(未完待续)。

致 谢

衷心感谢王洋洋, 罗俊戈, 杨肇宁及百步穿杨四位仁兄, 感谢他们对这篇文章提出了重要的意见与建议。

参考文献

- [1] 苏汝铿. 量子力学. 高等教育出版社, 2002 年 12 月第二版.