Modern Physics 现代物理, 2015, 5, 93-101
Published Online July 2015 in Hans. http://www.hanspub.org/journal/mp
http://dx.doi.org/10.12677/mp.2015.54013

The Electronic Still Quality Has the Uncertainty Conjecture

—The Cause Analysis of the Microscopic Particle Wave-Particle Two Phenomenon

Qingju Tian

Panjiakou Water Conservancy Project Management Bureau, The Ministry of Water Resources, Tianjin
Email: tqj1960@163.com

Received: Jun. 30th, 2015; accepted: Jul. 12th, 2015; published: Jul. 21st, 2015

Abstract

Based on the double wave packet double origin particle model and quaternion full time D, quaternion full momentum G and quaternion full speed c and other new concepts, the electronic research was analyzed. By inferring the reason why there are wave-particle duality particles, a new understanding of free electron image was occurred, thus new conclusions were obtained: First the uncertainty range Δt is the root cause of the particles that have wave properties; Second, like electronic is static energy E_0, it still exists parameters x_0; Third, the reason for the existence of the Heisenberg uncertainty principle is the E_0 uncertainty ΔE_0 and x_0 uncertainty Δx_0. We also made a qualitative guess why there was charge to electronic.

Keywords

Double Wave Packet Double Origin Mode, Bohr Radius a_0, Electron Rest Mass m_0, Uncertainty Principle

电子静止质量具有不确定性猜想

—微观粒子波－粒二象的原因分析

田清聚

水利部潘家口水利枢纽管理局，天津
Email: tqj1960@163.com

收稿日期：2015年6月30日；录用日期：2015年7月12日；发布日期：2015年7月21日

摘　要

本文以双波包双原点粒子模型和四元数全时间 D、四元数全动量 G 和四元数全速度 c 等新概念为基础，对电子进行了分析研究，通过推断粒子存在波－粒二象性的原因，对自由电子形象有了新的理解，因此得出全新的结论：一是不确定范围 Δt 是粒子具有波动性质的根本原因；二是象电子存在静止能量 E_0,它也还存在 x_0 参数；三是海森堡不确定性原理存在的原因是 E_0 的不确定量 ΔE_0 和 x_0 的不确定量 Δx_0。还对电子为什么带电作了定性的猜想。

关键词

双波包双原点模型，玻尔半径 a_0，电子静止质量 m_0，不确定性原理

1. 引言

经典物理和相对论都认为电子是具有一定速度 υ 运动的质点，而量子物理学认为，电子在三维 x 空间具有波－粒二象性，它有时表现得像经典的运动质点，有时又表现为德布罗意物质波的特性。虽然理论和实验都证明了它们的正确性，但经典电子形象和波－粒二象性之间的关联，除去尺度方面的因素外，必定还有更深刻的原因。本文以双波包双原点(双弦双原点)微观粒子模型、全时间 D、全动量 G 和微观粒子运动全速度 c 等一系列新概念[1]为基础，通过对电子分别在位形 x 空间和能量 E 空间中的两个波函数 $\psi(x,t)$ 和 $\phi(E,p)$ 的研究分析，运用逻辑推理和理论推导的方法以期展现电子性质新的方面，从而使其物理形象更加完整且易于理解。

2. 波－粒二象性与电子形象

电子具有波－粒二象性已被实验证实，但理论的现状是大多数人们头脑中很难建立起电子波－粒二象性的统一形象。下面依据双波包双原点微观粒子模型，从一个新的角度对电子审视分析，以期对微观粒子波－粒二象性形象有进一步的认识。

2.1. 波－粒二象性的原因分析

德布罗意揭示了自然界有明显的对称性，认为既然光具有波－粒二象性，则实物粒子也应具有波－粒二象性，并建立了德布罗意关系，进而给出在三维 x 空间自由粒子平面波表达式：

$$\varphi(x,t) = Ae^{-\frac{i}{\hbar}(Et-px)} \tag{1}$$

实际上按量子力学现有解释，上面 1 式所表达的粒子有确定的能量 E 和动量 p，但在三维 x 空间没有确定位置。依据双波包双原点微观粒子模型可以理解为：上面 1 式所表示的粒子一个波包在三维 x 空间不确定性 Δx 为无穷大，另一波包在三维 E 空间为一点不确定性 Δp 为零。现在有个问题须要搞清楚，那就是微观粒子不确定性的原因是什么，也就是说 Δx 和 Δp 是什么因素造成的？现有量子力学理论没有清楚回答这一问题。本文认为：微观粒子不确定量 Δx 和 Δp 和粒子运动速度 υ 变化与否没有因果关系，Δx

来自 Δt 进而来自参数 x/c^2 的不确定量； Δp 来自粒子的质量参数 $m = E/c^2$ 的不确定量 Δm 。

还有一个问题始终不能很明白，那就是为什么首先展现在人类面前的光子是波的形象，而实物粒子诸如电子是经典微粒形象，一般人们相信造成这一历史顺序的原因是因为精细结构常数 $a = \upsilon/c$ 很小的缘故[2]，也就是说运动速度 $\upsilon = \partial x/\partial t$ 数值很小状态的微观粒子表现象微粒，速度越大其波动性质越明显，实际上这个说法不确切其概念也是模糊的。因此，本文认为：微观粒子在三维 x 空间一般状态具有四维结构 $x = ct + is_1 + js_2 + ks_3$ ，其可能的出现点在时间 t 维度的不确定范围 Δt 是粒子具有波动性质的根本原因。也就是说，微观粒子不确定量 Δt 近于零状态某一确定时刻 t 在三维 x 空间出现的电子一定是具有确定速度 υ 的缩成一点的点粒子，非被测量状态确定速度 υ 的单个电子不确定范围 Δt 越大、在时间维度弥散的越开其 x 空间波动性越明显。单个电子的 τ 参数的差异仅仅表现为其运动速度 υ 的不同。

在确定的参照系内, 组成单个粒子的所有本征值波函数相互叠加形成互为因果的两个波函数 $\psi(x,t)$ 和 $\phi(E,p)$，因为单个粒子的所有本征值都有相同的运动速度，所以自体本征值之间彼此不能发生相互作用。相互作用只能存在于不同粒子之间，例如两粒子相互作用的必要条件是：其一，两粒子运动速度不同有差异，其二，两粒子波函数存在重叠部分有叠加并且在三维 x 空间同时同一点碰撞出现、或者在三维 E 空间同能量同动量同一点碰撞出现。

2.2. 自由电子形象的新理解

依据双波包双原点微观粒子模型，非相互作用状态电子在三维 x 空间是一波函数 $\psi(x,t)$，在三维 E 空间也是一波函数 $\phi(E,p)$，两个波函数互为因果。这里要特别强调，本文不完全同意现有量子力学关于自由电子的定义，并认为其只是电子一特殊运动状态或是一普通本征值波函数。并进一步认为，与经典物理学中一样，自由电子若不在参与相互作用过程中其波函数运动速度不变化。自由电子波函数应该具有如下特点：其一，单个自由电子波函数在其不参与相互作用的状态，电子能量子在三维 x 空间可能出现的最大几率点和其它可能几率点一样保持匀速 $\upsilon = \partial x/\partial t$ 不变。其二，单个自由电子具有互为因果的双波包 $\phi(E,p)$ 和 $\psi(x,t)$ 形象，在三维 x 空间叠加成波包 $\psi(x,t)$ 的所有德布罗意本征值波函数，其波前传播速率都为 $\lambda v = E/p = c^2/\upsilon$ 相等。在三维 x 空间某一确定点 x' 不可能同时存在两个电子的最大几率点，同样地，在三维 E 空间某一确定点 E' 也不能同能量同动量出现两个电子的最大几率点。也就是说，在三维 x 空间确定的参照系里不可能找到具有相同 E 、 p 参数的全同电子，这或就是泡利不相容原理。象在三维 x 空间一样，在三维 E 空间确定的参照系里两个速度不同电子的(期望点)无限接近地出现也会碰撞，所以，在三维 x 空间确定的参照系里其最大几率点出现点距离很远的两电子是可以相互作用的，因为它有可能在三维 E 空间正在碰撞相互作用过程中。

2.3. 玻尔半径 a_0 的意义

经典物理学认为氢原子玻尔半径 a_0 是绕原子核以一定速度 υ 运动电子的轨道半径，氢原子基态能量 E 为玻尔半径 a_0 上以速度 υ 运动电子的动能，它等于无穷远处静止电子运动到 a_0 处场 e 所做的功。下面从双波包双原点微观粒子模型出发，以期分析发现玻尔半径 a_0 和基态能量 E 物理意义的新侧面。

自由电子参与相互作用或被测量时，电子波包塌缩其四元数参数能量 E 、全动量 G 出现在三维 x 空间波函数 $\psi(x,t)$ 内一点，在某一点出现的几率与该点波函数复振幅的平方成比例；同样地，电子四元数位置参数 x 、全时间 D 出现在三维 E 空间波函数 $\phi(E,p)$ 内一点，在某一点出现的几率与该点复振幅的平方成比例。本文认为：单个电子本征值能量 E 、全动量 G 在其波函数 $\psi(x,t)$ 内存在一出现期望点，该点波函数复振幅有最大值电子能量子 E 出现的几率最大，进一步认为该点就是经典物理学认为的质点电子出现存在点。另一方面，与具有了能量子的 $\psi(o,o)$ 点出现在波函数 $\psi(x,t)$ 内同步，电子四元数位置参数

x、全时间 D 也做为本征值可能出现在三维 E 空间波函数 $\phi(E,p)$ 内复振幅有最大值的期望点，我们认为该期望点 $\phi(o,o)$ 就是能同步出现在三维 x 空间的宏观粒子氢原子的圆心。显然，氢原子玻尔半径 a_0 就是基态电子双原点 $\phi(o,o)$ 与 $\psi(o,o)$ 在三维 x 空间的距离；基态能量 E 就是电子双原点 $\phi(o,o)$ 与 $\psi(o,o)$ 在三维 E 空间的能量距离。

在三维 x 空间确定参照系内，运动速度为 υ 的自由电子波函数本征值出现参与相互作用过程完成后，其期望点速度 υ 发生变化，同时电子出现时刻双原点 $\phi(o,o)$ 与 $\psi(o,o)$ 在三维 E 空间和三维 x 空间的距离都发生相应变化。因此，两个变化了的波函数重新形成，自由电子从一个运动状态又进入了一新的运动状态。显然，经典物理学和狭义相对论在氢原子内对经典电子的研究，就是对粒子波函数出现期望点——电子质点的研究。

3. 三维 E 空间电子“静止”x_0 参数存在

3.1. 全时间、全动量和全速度概念

为下面讨论的方便，有必要回顾一下我在《微观粒子形象模型假说》一文中提出的全时间、全动量、和全速度概念。

全时间 D 的定义：微观粒子四元数距离 x 被光速常数 c 整除等于全时间 D。它的四元数结构由实部标量 t 和虚部矢量 $\boldsymbol{\tau}$ 组成，用公式表示如下：

$$D = t + i\tau_1 + j\tau_2 + k\tau_3 \tag{2}$$

全动量 G 的定义：微观粒子四元数能量 E 被光速常数 c 整除等于全动量 G。它的四元数结构由实部标量 q 和虚部矢量 $\boldsymbol{p}$ 组成，用公式表示如下：

$$G = q + ip_1 + jp_2 + kp_3 \tag{3}$$

四元数全时间 D 和全动量 G 是新概念，由经典物理学动量 p 计算公式 $\boldsymbol{p} = m\boldsymbol{\upsilon}$ 得到启示，大胆推断全时间 D 和全动量 G 各分量关系如下：

$$\boldsymbol{p} = \frac{E}{c^2}\frac{\partial \boldsymbol{x}}{\partial t} \tag{4}$$

$$t = \frac{x}{c^2}\frac{\partial \boldsymbol{E}}{\partial \boldsymbol{p}} \tag{5}$$

$$q = \frac{E}{c^2}\frac{\partial \boldsymbol{x}}{\partial \boldsymbol{\tau}} \tag{6}$$

$$\boldsymbol{\tau} = \frac{x}{c^2}\frac{\partial \boldsymbol{E}}{\partial q} \tag{7}$$

对于单个微观粒子 $\partial x/\partial t$ 与 $\partial E/\partial p$ 绝对值恒相等；$\partial E/\partial q$ 与 $\partial x/\partial \tau$ 绝对值恒相等。

试想，假如人类不是仅仅能够看到三维 x 空间世界，而能直接观察四维空间微观粒子的全貌。那么，当波包塌缩粒子出现瞬时，观察者应该能够观察看到 x 对全时间 D 的全微分 $\mathrm{d}x/\mathrm{d}D$ 而不仅仅是偏导数 $\partial x/\partial t$。我们称全微分 $\mathrm{d}x/\mathrm{d}D$ 为微观粒子在三维 x 空间运动全速度。粒子全速度 $\mathrm{d}x/\mathrm{d}D$ 的“模”为光速常量 c。且如下公式：

$$\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}D} = c = \frac{\partial \boldsymbol{x}}{\partial \boldsymbol{\tau}} + i\frac{\partial x_1}{\partial t} + j\frac{\partial x_2}{\partial t} + k\frac{\partial x_3}{\partial t} \tag{8}$$

成立，若将上式中

$$u = \frac{\partial \boldsymbol{x}}{\partial \boldsymbol{\tau}},\ \boldsymbol{\upsilon} = \frac{\partial \boldsymbol{x}}{\partial t} = i\frac{\partial x_1}{\partial t} + j\frac{\partial x_2}{\partial t} + k\frac{\partial x_3}{\partial t} = i\upsilon_1 + j\upsilon_2 + k\upsilon_3$$

则关系式，

$$c^2 = u^2 + \upsilon^2 \tag{9}$$

成立。当粒子为光子时，

$$c = 0 + \boldsymbol{c}$$

可见，粒子质量 m 、全动量 G 和全速度 c 的关系为：

$$G = mc = m\left(u + i\upsilon_1 + j\upsilon_2 + k\upsilon_3\right) = q + ip_1 + jp_2 + kp_3$$

不难看出，通常在三维 x 空间观察到的“静止状态”粒子仅是其全速度矢量部分 $\boldsymbol{\upsilon} = \partial \mathbf{x}/\partial t$ 为零的状态，为了叙述的方便后面将 $\boldsymbol{\upsilon} = \partial \mathbf{x}/\partial t = 0$ 状态粒子称作“经典静止”粒子。

同理，单个微观粒子在在三维 E 空间的运动全速度 $\mathrm{d}E/\mathrm{d}G$ 的“模”也为光速常量 c，将全速度 $\mathrm{d}E/\mathrm{d}G$ 用字母 c' 表示如下公式。

$$\frac{\mathrm{d}E}{\mathrm{d}G} = c' = \frac{\partial \boldsymbol{E}}{\partial \boldsymbol{p}} + i\frac{\partial E_1}{\partial q} + j\frac{\partial E_2}{\partial q} + k\frac{\partial E_3}{\partial q}, \tag{10}$$

成立，若将上式中，

$$u' = \frac{\partial \boldsymbol{E}}{\partial \boldsymbol{p}},\ \boldsymbol{\upsilon}' = \frac{\partial \boldsymbol{E}}{\partial q} = i\frac{\partial E_1}{\partial q} + j\frac{\partial E_2}{\partial q} + k\frac{\partial E_3}{\partial q} = i\upsilon_1' + j\upsilon_2' + k\upsilon_3'$$

则关系式

$$c'^2 = u'^2 + \upsilon'^2 \tag{11}$$

存在。

同样的，粒子参数 x/c^2 、全时间 D 和在三维 E 空间全速度 c' 的关系为：

$$D = x/c^2 \times c' = x/c^2\left(i\upsilon_1' + j\upsilon_2' + \upsilon_3'\right) + x/c^2 \times u'$$

$$D = t + i\tau_1 + j\tau_2 + k\tau_3\,.$$

3.2. 电子 x_0 参数存在的推断

假若，三维 x 空间氢原子玻尔半径 a_0 上 $\psi\left(o,o\right)$ 点出现在电子期望点成为其能量子 E，该状态电子能量子运动速度为 υ，由爱因斯坦狭义相对论[3]知道，电子能量 E 可表示为：

$$E = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1-\upsilon^2/c^2}} \tag{12}$$

且 $E^2 = E_0^2 + c^2 p^2$ 成立，其中 m_0 为电子静止质量常数。由 12 式可以看出，氢原子中电子期望点运动速度 υ 为零时其 $E_0 = m_0 c^2$ 为电子静止能量；电子期望点运动速度 υ 为光速常数 c 时电子能量 $E = \infty$，也就是说一般电子期望点运动速度 υ 不能达到光速常数 c 。

因为电子两个波函数 $\phi\left(E,p\right)$ 和 $\psi\left(x,t\right)$ 存在因果对称关系，因此本文认为：在三维 E 空间电子期望点出现 $\phi\left(o,o\right)$ 且具有的参数 x 也应存在如下关系。

$$x = \frac{x_0}{\sqrt{1-\upsilon'^2/c^2}} \tag{13}$$

上式中 x_0/c_2 与电子静止质量常数 m_0 对称对应，速度 $\upsilon' = \partial E/\partial q$ 其绝对值与三维 x 空间 $u = \partial x/\partial \tau$ 相等。当电子位置参数 x 等于氢原子玻尔半径 a_0 时，参数 x_0 可用下式求得：

$$x_0 = a_0\sqrt{1-\upsilon'^2/c^2} \tag{14}$$

考虑能量空间电子运动满足关系式 $c^2 = u'^2 + \upsilon'^2$。由三角函数关系 $\sin^2\theta + \cos^2\theta = 1$，所以有 $\sqrt{1-\upsilon'^2/c^2} = u'/c$。因此 14 式变为：

$$x_0 = a_0\, u'/c$$

又由于，同一电子 $\partial x/\partial t = \upsilon$ 与 $\partial E/\partial p = u'$ 绝对值恒相等，所以 14 式又可变为：

$$x_0 = a_0\, \upsilon/c$$

我们知道精细结构常数 a 的表达式为：

$$a = \frac{\upsilon}{c} = \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0\hbar c}$$

所以电子 x_0 参数其值为电子约化康普顿波长 $\bar{\lambda}_e$

$$x_0 = \frac{e^2 a_0}{4\pi\varepsilon_0\hbar c} = \bar{\lambda}_e \tag{15}$$

由关系式 $x = \bar{\lambda}_e/\upsilon/c$ 可以看出，三维 x 空间氢原子中电子出现期望点速度 υ 为零时，静止电子的位置参数 x 最可能是无穷大，其速度 υ 为光速常数 c 时参数 x 最可能为 $\bar{\lambda}_e$。

综上所述，可以得出如下结论：在三维 x 空间电子波函数 $\psi(x,t)$ 期望点(经典位置)出现的 $\phi(E,p)$ 期望点 E (经典质量)其运动如下关系式

$$E = \frac{E_0}{\sqrt{1-\upsilon^2/c^2}},\quad p = \frac{m_0\upsilon}{\sqrt{1-\upsilon^2/c^2}},\quad q_0 = \frac{m_0 u}{\sqrt{1-\upsilon^2/c^2}}$$

$$E^2 = E_0^2 + c^2p^2,\quad E_0 = m_0c^2 = cq_0,\quad \upsilon = \partial x/\partial t,\quad u = \partial x/\partial \tau$$

成立，在三维 E 空间电子 $\phi(E,p)$ 期望点出现的 $\psi(x,t)$ 期望点 x 的运动如下关系式

$$x = \frac{x_0}{\sqrt{1-\upsilon'^2/c^2}},\quad \tau = \frac{\upsilon' x_0/c^2}{\sqrt{1-\upsilon'^2/c^2}},\quad t_0 = \frac{u' x_0/c^2}{\sqrt{1-\upsilon'^2/c^2}}$$

$$x^2 = x_0^2 + c^2\tau^2,\quad x_0 = ct_0,\quad \upsilon' = \partial E/\partial q,\quad u' = \partial E/\partial p$$

成立。显然，电子两个波函数原点 $\psi(o,o)$ 和 $\phi(o,o)$ 在三维 x 空间的距离为 $x_0 = ct_0$，它应该出现在电子运动速度 $\upsilon = \partial x/\partial t = c$ 状态；两原点在三维 E 空间的距离为 $E_0 = cq_0$，其应出现在电子速度 $u' = \partial E/\partial p = 0$ 运动状态。而一般情况或在氢原子内电子的这两运动状态都仅能够发现电子的特殊本征值，因为。在三维 x 空间速度 $\upsilon = \partial x/\partial t = c$ 状态要求出现的电子本征值静止质量必须为零其动量、能量才可以是有限值，否则电子质量就是无穷大；在三维 E 空间 $u' = \partial E/\partial p = 0$ 状态要求出现的电子本征值 x_0/c^2 参数必须为零其参数 x 和参数 τ 才是有限值。有和无其‘误差’可看做无穷大。

4. 电子不确定性问题讨论

海森堡不确定性原理是量子力学的基础结论之一。该原理陈述了精确确定一个粒子比如氢原子内电子的位置和动量是有限制的。并且认为其不确定性来自两个因素，首先，测量的行为将会不可避免地扰乱被测粒子而改变它的状态；其次，因为量子世界具有波动性，基于概率精确确定一个粒子的状态存在

更深刻更根本的限制[4]。本文认为：不确定性原理是微观粒子的固有特性，单个电子波函数$\psi\left(x,t\right)$是由许多速度相同的本征值波函数叠加而成的群波，一般单个电子在三维x空间没有确切位置，它表现出的经典宏观看起来的位置点其实是对几率函数$\psi\left(x,t\right)$的期望点，也可说是电子被测量出现几率最大的点。例如在不测量时单个电子能量子出现在$\psi\left(x,t\right)$中哪一点有很多可能，一旦测量(相互作用)单个电子的一本征值必须出现在它的一可能位置。在测量动作前单个电子的整个波函数$\psi\left(x,t\right)$的运动群速度确定，但它在时间、空间里是散漫的，一般状态电子波函数$\psi\left(x,t\right)$不是一个点，所以电子具有不确定性。而被测量就是电子一个本征值在某一点出现与测量者相互作用，参与相互作用的结果是电子从一种运动状态变为另一种运动状态，运动速度发生变化进而电子能量E和动量p也相应变化。

如果承认经典电子m_0和x_0两个参数是电子分别在两个空间里出现在期望点的本征值才能有的参数，也即电子出现在概率最大点的本征值才能具有的参数。那么，当电子处在速度$\upsilon=\partial x/\partial t$状态一个本征值在某一点出现时，他的四个本征值参数$x$、$t$、$E$和$p$就都有了确定值，若该次出现不在期望点，那么，相对于假如出现在期望点情况该次出现的“测不准误差”如下：

$$\Delta x=x-\frac{x_0}{\sqrt{1-\upsilon'^2/c^2}},\ \Delta p=p-\frac{m_0\upsilon}{\sqrt{1-\upsilon^2/c^2}},\ \Delta t=t-\frac{\frac{x_0}{c^2}u'}{\sqrt{1-\upsilon'^2/c^2}},\ \Delta E=E-\frac{m_0c^2}{\sqrt{1-\upsilon^2/c^2}}$$

考虑到υ的绝对值恒等于$u'=\partial E/\partial p$；υ'的数值恒等于$u=\partial x/\partial\tau$。上面四式可写成

$$\Delta x=x-\frac{x_0}{\upsilon/c},\ \Delta p=p-\frac{m_0\upsilon}{\sqrt{1-\upsilon^2/c^2}},\ \Delta t=t-\frac{\frac{x_0}{c_2}\upsilon}{\upsilon/c},\ \Delta E=E-\frac{m_0c^2}{\sqrt{1-\upsilon^2/c^2}}$$

进一步有

$$\Delta x=\frac{\Delta x_0}{\upsilon/c},\ \Delta p=\frac{\Delta m_0\upsilon}{\sqrt{1-\upsilon^2/c^2}},\ \Delta t=\frac{\Delta x_0}{c},\ \Delta E=\frac{\Delta m_0c^2}{\sqrt{1-\upsilon^2/c^2}}$$

将上式代入海森堡不确定性关系

$$\Delta x\Delta p\geq\hbar/2,\ \Delta E\Delta t\geq\hbar/2$$

推导后可发现$\Delta x\Delta p\geq\hbar/2$和$\Delta E\Delta t\geq\hbar/2$所得结果完全一样，进而得到电子变形的不确定性关系式

$$\frac{\Delta x_0\Delta m_0c}{\sqrt{1-\upsilon^2/c^2}}\geq\frac{\hbar}{2}\tag{16}$$

分析 16 式可以看出，单个电子运动速度$\upsilon=0$状态时，电子的不确定性范围$\Delta x\Delta p=\hbar/2$有最小值，随着电子速度υ的增大电子的不确定性范围越大，电子速度υ逐渐接近光速常数c时其不确定性范围趋向无穷大。

5. 电子静质量不是常数的推断

假如，一电子在三维x空间出现，其能量E和动量p表现有固定值，则德布罗意波函数可表示为：

$$\varphi\left(x,t\right)=A\mathrm{e}^{-\frac{i}{\hbar}\left(Et-px\right)}$$

本文认为：若上式所代表的是某一自由电子的一特殊状态，电子静止质量为经典电子m_0且其运动速度有确定值υ，那么，上式波函数中能量E和动量p必须为

$$E=\frac{m_0c^2}{\sqrt{1-\upsilon^2/c^2}},\ \ p=\frac{m_0\upsilon}{\sqrt{1-\upsilon^2/c^2}}$$

如若上面德布罗意波函数表达式它仅仅代表该电子的一本征值波函数，则波函数中能量和动量就为

$$E'=\frac{m_0'c^2}{\sqrt{1-\upsilon^2/c^2}},\ \ p'=\frac{m_0'\upsilon}{\sqrt{1-\upsilon^2/c^2}}$$

上式中 m_0' 不一定与经典电子静止质量 m_0 相等，因为有不同几率的出现点上出现的电子本征值参数能量 E'、动量 p'、位置 x' 和时间 t' 都可能有不同的数值，也就是说单个电子不同本征值波函数各参数值一般有差异，而具体一个本征值点的能量 E' 和动量 p' 与出现几率最大期望点的本征值能量 E 和动量 p 之间的差值可表示为

$$\Delta p=\frac{\Delta m_0\upsilon}{\sqrt{1-\upsilon^2/c^2}},\ \ \Delta E=\frac{\Delta m_0c^2}{\sqrt{1-\upsilon^2/c^2}}$$

可以看出在电子运动速度 υ 保持不变情况下，上式表示的差值 ΔE 和 Δp 都来自于 Δm_0。想象一下假设能够条件不变无限次测量一个单电子，实验已经告诉我们每一次测量都可能得到该电子一个不同的本征值能量 E'、动量 p'，显然，非相互作用状态运动速度 υ 固定对于变化了的电子能量和动量其静止质量是唯一的可变量。因此，可以推断非相互作用状态自由电子静止质量 m_0 具有不确定性。经典电子静止质量 m_0 是电子波函数 $\phi(E,p)$ 中本征值出现几率最大点也即期望点所具有的电子静止质量值。

显然，经典物理和狭义相对论都是在假定粒子静止质量 m_0 不确定量 Δm_0 为零基础上进行讨论的理论，可以想像当速度 υ 固定若量 Δm_0 为零则能量 E、动量 p 有固定值，$\psi(x,t)$ 峰值期望点 x_0 就不能存在。因此，物质粒子在 x 空间的运动出现范围就可以是平滑的整个空间而没有 t_0 点的限制，因此，可以认为狭义相对论理论已假定自由粒子平面波表达式

$$\phi(x,t)=Ae^{-\frac{i}{\hbar}(Et-px)}$$

是成立的。也只有满足上式的自由粒子在不同惯性系中才有可能满足关系式

$$x^2-c^2t^2=\text{常数},\ E^2-c^2p^2=\text{常数}$$

然而，若不确定性原理是微观粒子更真实的客观存在，那么狭义相对论理论在该意义上也是一近似理论。实际上，正是微观粒子静止质量 m_0 的不确定性产生了三维 x 空间期望点 x_0；而参数 x_0/c^2 的不确定性又反过来产生三维 E 空间期望点 m_0 互为因果。所以双波包 $\psi(x,t)$ 和 $\varphi(E,p)$ 微观粒子模型才更全面地反映了真实的物质世界。

6. 为什么电子会带电

我们知道经典电子是带负电荷 $-e$ 的物质粒子，我们所接受的电荷的所有基本概念和基本理论，全来自于库仑的物理实验和库仑定律，而什么是电荷及电荷的本质是什么，为什么电子会带电，电与什么物理量有关，是至今我们也没有弄明白的一个基本概念。本文认为：电子电荷本质来自电子的不确定性质，通过上面的讨论我们能够想象一自由电子在三维 x 空间的形象。假如，空间某一点 e 出现电子能量子 $\psi(o,o)$ 的几率最大，以点 $\psi(o,o)$ 为圆心圆球对称地每一射线上距离园心点 e 越远电子能量子 $\psi(o,o)$ 出现的几率越小，而每一个能量子 $\psi(o,o)$ 可能的出现点都是该电子出现与其它带电粒子相互作用交换光子的点。我们说：经典物理学将出现电子能量子 $\psi(o,o)$ 几率最大的点 e 约化看做成了电子质点，而将以质点 e 为圆心球射线上距离越远电子出现几率越小的整个空间看做与电子质量点 e 共存的电场。

7. 结语

在承认海森堡不确定性原理的前提下，本文讨论的关键是对微观粒子波–粒二象性及不确定性原理的理解给出了新的解释。我们知道动量 $p = m\upsilon$ 位置 $x = tc^2/\upsilon$，但现有理论没有回答动量不确定量 Δp 是来自质量还是来自速度；位置不确定量 Δx 来自 $t = u'x/c^2$ 的不确定量 Δt，而 Δt 是来自 x/c^2 还是来自速度 u'。本文认定电子波–粒二象性及不确定性原理的根本是其质量 m 有不确定量和参数 x/c^2 有不确定量的缘故，不确定性与被测量电子测量前后运动速度 υ 变化改变其运动状态是两回事，测不测量自由电子的不确定性都客观存在。当然这些假定和推断的正确与否还须实验的验证，但沿着这一思路深入思考展现出的电子的一些新侧面，或许对量子物理科学的发展有推动或借鉴意义。

参考文献 (References)

[1] 田清聚 (2014) 微观粒子形象摸型假说. *现代物理*, **5**, 122-145.

[2] 威切曼, E.H. (1978) 量子物理学. 科学出版社, 北京.

[3] 爱因斯坦, A. (1979) 相对论的意义. 科学出版社, 北京.

[4] 周世勋 (1979) 量子力学教程. 人民教育出版社, 北京.