Modern Physics 现代物理, 2015, 5(5), 103-113
Published Online September 2015 in Hans. http://www.hanspub.org/journal/mp
http://dx.doi.org/10.12677/mp.2015.55014

Inertial System and Fundamental Particles

—The Study of the Inertial System Meaning

Qingju Tian

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

Received: Aug. 20th, 2015; accepted: Sep. 2nd, 2015; published: Sep. 10th, 2015

Abstract

Based on the double-wave packet double-origin particle model, quaternion full time *D*, quaternion full momentum *G* and quaternion full speed *c* and other new concepts, in three-dimensional *x* space and three-dimensional *E* space, the electrons, protons and photons are discussed. Thus the micro particle wave-particle duality—double-wave packet $\psi(x,t)$ and $\phi(E,p)$'s internal relationship with the inertial system is confirmed. Through the analysis, this paper clarifies the concept of single particle state superposition principle and further confirms that it is not originated from the interaction between particles. It is pointed out that the electrons and protons in three-dimensional *x* space and three-dimensional *E* space are a pair of particles having a big symmetrical relationship, hence calculating the numerical value of radius of the nucleus X_0, and establishing new wave equation for electrons and protons respectively. Through the analysis of the photon of double-wave packet $\psi(x,t)$ and $\phi(E,p)$, it can be concluded that there are "space particles" existing in three-dimensional *E* space.

Keywords

Double-Wave Packet Particle Model, Inertial System, Radius of the Nucleus X_0, New Wave Equation, Space Particles

惯性系与基本粒子

—对惯性系意义的研究

田清聚

文章引用: 田清聚. 惯性系与基本粒子[J]. 现代物理, 2015, 5(5): 103-113. http://dx.doi.org/10.12677/mp.2015.55014

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8月20日；录用日期：2015年9月2日；发布日期：2015年9月10日

摘　要

本文以双波包双原点微观粒子模型和全时间 D、全动量 G 及微观粒子运动全速度 c 等新概念为基础，在三维 x 空间和三维 E 空间范围内，对电子、质子及光子等进行了讨论。从而明确了微观粒子波－粒二象性即双波包 $\psi(x,t)$ 和 $\phi(E,p)$ 与惯性系的内在关系；通过分析澄清了单个粒子态叠加原理的概念并进一步确认其不应是源于粒子之间的相互作用；认为电子、质子是在三维 x 空间和三维 E 空间存在大对称关系的一对粒子，并由此推导计算出了原子核半径 X_0 的数值，还建立了电子、质子各自新的波动方程；通过对光子双波包 $\psi(x,t)$ 和 $\phi(E,p)$ 的分析,推断三维 E 空间存在有“时空子”。

关键词

双波包粒子模型，惯性系，原子核半径 X_0，新波动方程，时空子

1. 引言

本篇文章依然是围绕双波包双原点(双弦双原点)微观粒子模型[1]展开的，双波包模型是单个物质粒子形象模型，仔细审视双波包 $\psi(x,t)$ 和 $\phi(E,p)$ 会发现它们已将粒子不确定性的意义自然包含其中，以此为着眼点有必要对量子力学理论基础之一的态叠加原理重新进行考察。实际上现有量子物理学对其理论基础态叠加原理和不确定性原理的描述和理解是模糊的，因此有理由进一步澄清使其概念变得明确。另一方面，双波包双原点粒子模型还强调了单个物质粒子是双空间的客观物理实在，而经典物理是将物质粒子能量子放在时空坐标参照系中来研究的，粒子和参照系两者是没有内在联系割裂开来的。通过分析能够发现如若站在三维 x 空间和三维 E 空间全方位研究微观粒子的运动，能够揭示更广的思路和途径，进而得出一系列合乎逻辑且有全新意义的结果。

2. 惯性参照系

经典力学对一切物质粒子运动的描述，都是相对于某个参照系进行的。参照系选取的不同，对运动的描述或者说运动方程的形式也随之不同。人类从经验中发现，总可以找到这样的参照系，其时间是均匀流逝的，空间是均匀和各向同性的，在这样的参照系内，描述运动的方程有着最简单的形式。这样的参照系就是惯性系。并且，相对于惯性系做匀速直线运动的参照系也是惯性系。

2.1. 单个自由粒子构造一个规范惯性系

牛顿第一定律的内容是一切物体在不受到力的作用(合外力为零)时，总保持匀速直线运动或静止状态，除非作用在它上面的合力迫使它改变这种运动状态。可以说牛顿第一定律定义了惯性系性质。在此我们能够提出另一新的观点：单个自由粒子构造一个惯性系，每一个静止质量为 m_0 且其不确定量 Δm_0 为零的自由粒子都是一个规范的惯性系。为了说明上述观点下面以电子为例来分析，我们知道微观自由电子平面波关系式为：

$$\psi(x,t) = A\mathrm{e}^{-\frac{i}{\hbar}(Et-px)} \tag{1}$$

上面(1)式是能量E和动量p都固定不变电子的波函数表达式，按双波包微观粒子模型，该电子三维E空间波包$\phi(E,p)$为一点、而波包$\psi(x,t)$均匀的充满三维x空间整个无穷大空间。我们说该均匀的无穷大波包$\psi(x,t)$就是一标准规范的惯性系。首先，闭起眼睛想象一下能量$E=m_0c^2$、动量$p=0$状态的自由电子，显然，该状态三维x空间电子波包$\psi(x,t)$的形象应该是：波包$\psi(x,t)$静止且溢满三维x空间，粒子出现在其中任何一点都有可能。因为，$E/p=\lambda\nu=\infty$所以三维x空间任意两点的时间差为$x/\lambda\nu=0$都成立，也就是说在布满时钟的静止的三维x空间任意两点的时钟都同步没有时间差。静止的三维x空间任一点上的时钟相当于静止电子频率$\nu=E/h$。波包$\psi(x,t)$内每一点的速度$\upsilon=\partial x/\partial t=0$成立，因此，整个波包$\psi(x,t)$也就是整个三维$x$空间的群速度为零。可以说该状态电子波包$\psi(x,t)$完整构造一个三维$x$空间静止惯性系。可以如下表示某一时刻该惯性系见图1。显然，图1仅仅示出了客观四维空间$x=ct+is_1+js_2+ks_3$的三维矢量部分，那是因为人类可直接观察的自然界仅能是三维世界，而不停流逝的时间轴ct与三维$\boldsymbol{s}$轴都垂直正交，所以，任意确定的某$t=0$时刻三维x空间静止惯性系内任意两点的距离$x=0+is_1+js_2+ks_3$。因此，静止惯性参照系三维x空间中由原点出发的任意方向矢量都能表示为：

$$x = is_1 + js_2 + ks_3 \tag{2}$$

同样地，也可想象电子能量$E=mc^2$、动量$p=m\upsilon$状态，该状态电子质量$m=m_0\Big/\sqrt{1-\upsilon^2/c^2}$，若其在三维$E$空间波包$\phi(E,p)$依然为一点、而在三维$x$空间波包$\psi(x,t)$也还是充满均匀的无穷大整个空间。我们说该均匀的无穷大波包$\psi(x,t)$也是一标准规范的惯性系。该惯性系相对于静止惯性系沿某一方向做匀速直线运动，其运动速度为$\upsilon=\partial x/\partial t$。我们可以借助于四维s-t空间示意图见图2来理解做匀速直线运动的该惯性系，并且明确它与静止惯性系的相对关系。可以想象一幅图景：随着静止惯性系内每一点的时钟同步流逝，充满三维x空间的静止惯性系内每一点保持静止，若同时还叠加有一个充满三维x空间的惯性系相对于静止惯性系沿x方向匀速直线滑动其群速度为$\boldsymbol{\upsilon}=\partial x/\partial t$，滑动惯性系中每一点的时钟在静止观察者看来读数不再同步，沿速度$\boldsymbol{\upsilon}$方向距原点o为x的点其时钟读数与o点时钟读数差值为$t=x/\lambda\nu$，因此可将直线ox距离表示为$x=ct+is_1+js_2+ks_3$见图2。以上是站在静止惯性系原点的观察者用自己的尺和钟记下的图景；如若观察者站上滑动惯性系原点观察也能看到对称相应的结果，因为该情况两惯性系的状态发生了对称转换。从图2不难想象，人类总是在静止惯性系观察研究有速度的运动惯性系，所有静止惯性系的时间轴ct都是平行的，运动惯性系时间轴ct'与静止惯性系的时间轴ct存在有一角度θ，速度越大角度越大，当角度$\theta=\pi/2$时运动惯性系速度为光速常数c。

2.2. 对狭义相对论基础的进一步认识

爱因斯坦狭义相对论的基础[2]有两点，其一光速不变原理：即真空中的光速相对于任何观察者都是相同的。说的是无论在哪一个惯性系中观察，光在真空中的传播速度都是光速常数c，它不随光源和观察者所在惯性参照系的相对运动而改变。其二相对性原理：一切物理学定律在任何惯性系中都具有相同的形式。光速不变已为迈克尔逊－莫雷实验所证实。

显然，狭义相对论所研究的是粒子的运动如何从一惯性系变换到另一惯性系的问题。按照这一思路若不受力的自由电子相对于静止观察者在三维x空间是上文指出的一惯性系，那么它相对于匀速运动的其它观察者也一定是一惯性系。这两个惯性系存在什么必然联系呢，实际上，只要满足两个条件就能完成不同惯性系变换，其一，三维E空间波包$\phi(E,p)$内唯一的复振幅不为零的点满足方程$E^2-c^2p^2=E_0^2$；其二，溢满三维x空间无穷大波包$\psi(x,t)$内的每一点都分别满足关系式$x^2-c^2t^2=$常数。合理地推断可

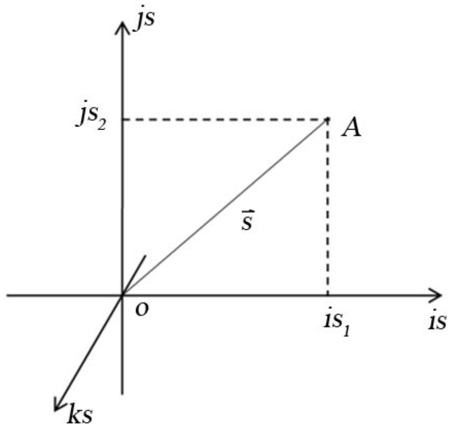

Figure 1. Three dimensional $\boldsymbol{s}$ vector space
图 1. 三维 $\boldsymbol{s}$ 矢量空间

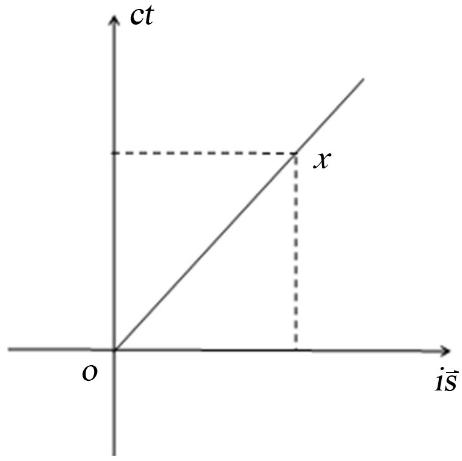

Figure 2. Schematic diagram of four dimensional s-t space
图 2. 四维 s-t 空间示意图

以认为，象光子运动满足关系式 $x^2 - c^2t^2 = 0$ 和 $E^2 - c^2p^2 = 0$ 其不随光源和观察者的相对运动而改变规律一样，电子运动规律也不会随电子发射源和观察者的相对运动而改变。

自由电子特殊状态三维 E 空间波包 $\phi(E, p)$ 内只有唯一一点复振幅不为零，也就是说粒子在三维 E 空间静止能量 $E_0 = m_0c^2$ 确定，电子能量关系式：

$$E = E_0 + ic\boldsymbol{p} \tag{3}$$

才能成立。考虑一般情况是电子静止质量 E_0 具有不确定性 ΔE_0，所以，单个电子波包 $\phi(E, p)$ 内不同的点 n 可以分别表示成虚数式 $E_n = E_{0n} + ic\boldsymbol{p}_n$ 或四元数式 $E_n = E_{0n} + icp_{n1} + jcp_{n2} + kcp_{n3}$。

3. 单个粒子形象与态叠加原理

哥本哈根学派对量子力学态叠加原理和粒子不确定性原理的解释隐含着如下意思[3]：粒子相互作用瞬间因其速度有变化所以动量 p 不能确定，粒子位置也不能确定即测不准关系。我在上一篇文章[4]已表示了不同意上述观点，因为它强调隐含的是速度不同的态的叠加，也可说是不同速度的单个粒子的波函数的叠加，它与双波包双原点单个粒子模型不相容。双波包粒子模型揭示的单个粒子具有不确定性是显

而易见的，三维 E 空间波包 $\phi(E,p)$ 内复振幅不为零的域越小，三维 x 空间叠加形成的波包 $\psi(x,t)$ 就越大。单个粒子非相互作用状态整个运动波包形态和群速度保持不变，这一点与经典力学惯性定律不矛盾。光的态叠加有其特殊性，保持速度不变光子动量改变其静止质量为零不会改变，因此什么样的光波包叫单个光子不好定论。

本文同意哥本哈根学派的提法波函数完全描述一个微观体系的状态，并且进一步明确双波包双原点粒子模型能够完整完全描述单个微观粒子。单个微观粒子三维 E 空间波包 $\phi(E,p)$ 的意义是波包内每一点在三维 x 空间都对应有一本征波函数，所有本征波函数在三维 x 空间叠加就得到波包 $\psi(x,t)$。每一本征波函数都是该单个微观粒子出现参与相互作用的可能状态。

常识和经验都支持不受力状态单个实物粒子各本征值具有相同的速度这一命题，微观粒子诸如电子具有波粒二象性，很难想象不同群速度的几率波函数能够叠加成相对稳定的波包粒子，因此本文深信双波包双原点粒子模型并支持如下观点：不受力非相互作用状态单个微观粒子三维 x 空间波包 $\psi(x,t)$ 内每一点都具有同一速度，也即整个波包 $\psi(x,t)$ 具有同一群速度；三维 E 空间波包 $\phi(E,p)$ 也具有同一群速度。单个微观粒子参加相互作用虽然粒子仅能够出现在某一本征值可能点，但相互作用完成后整个波包都发生相应变化而完整粒子都进入新的运动状态。

单个微观粒子应该很少机会处于极端状态，比如一波包 $\psi(x,t)$ 为无穷大寿命无限长而另一波包 $\phi(E,p)$ 复振幅不为零的域仅为一点，不知道是什么因素决定着波包的形状大小，但有一点似乎可以确定，就是一般情况下，单个微观粒子三维 x 空间形象也即波包 $\psi(x,t)$ 的大小总是近似地在一很小的区间内，而另一波包 $\phi(E,p)$ 也因果地处于一适合状态，这一点宏观物质粒子在尺度上总是能够掩盖其波--粒二象性质就是有力的证明。

4. 电子与质子

电子有双波包结构，负电子与正电子在三维 x 空间状态对称(正负自旋)。电子和质子都具有双波包结构，本文认为它们是三维 x 空间和三维能量 E 空间有大对称性质的客观实在，质子在三维 E 空间的表现与电子在三维 x 空间表现相类同，反之亦然。大对称性质造成电子和质子的阴阳对称区别于负电子与正电子的阴阳对称。

4.1. 电子相互作用

电子有双波包结构 $\psi(x,t)$ 和 $\phi(E,p)$，或许果真自由电子波包 $\psi(x,t)$ 总是近于均匀充满整个四维 x-t 空间；波包 $\phi(E,p)$ 内复振幅不为零的域很小很小近于一点，也就是说它在三维 E 空间的不确定量很小，在三维 x 空间其综和表象近似是一标准的惯性参照系。可以想象一幅图景，非相互作用状态自由电子在三维 x 空间是散漫没有边界的，极端状态自由电子由于在三维 x 空间波函数复振幅处处相同其能量子可能但不会出现在任何一点，但是，既便如此处于极端状态也不应影响其参与相互作用，因为，参与相互作用的双方粒子波函数复振幅在三维 x 空间是叠加着的。极端状态惯性系 A 与另一匀速运动的极端状态惯性系 B 发生相互作用是可能的，因为两电子 A 和 B 复振幅叠加后会有突起极值点，该极值点 A 和 B 两电子能量子能够同步出现发生碰撞相互作用。因此，仅仅具有不同速度的电子之间才可以发生相互作用。单个电子的不同本征值不可能同步出现。由于电子具有静止质量 m_0 的缘故，极端状态电子惯性系 A 与自旋相同的同速度极端状态电子惯性系 B 是全同粒子，所以，它们在三维 x 空间不可能同时存在。

4.2. 质子及原子核半径

质子也具有双波包结构，它与电子是三维 x 空间和三维 E 空间大对称的粒子，所以它在三维 x 空间

的波包是$\psi(x,\tau)$在三维E空间波包是$\phi(E,q)$与电子波包$\psi(x,t)$和波包$\phi(E,p)$有区别。关于这一点我在文章《微观粒子形象模性假说》中已有较详细说明。简单述说：自由质子在三维E空间波包$\phi(E,q)$近于均匀充满整个四维 w-p 空间；在人类赖以生存的三维x空间质子波包$\psi(x,\tau)$内复振幅不为零的域很小近于一点，也就是说它在四维 x-t 空间的不确定量一般很小。由于质子在三维x空间波包$\psi(x,\tau)$近于是一个点，而且该点与三维x空间原子原心的距离X_0也非常小，所以我们说质子X_0与电子静止能量E_0是大对称的对应参数。这就是为什么质子在三维x空间通常只能够运动在原子核尺度内的原因。

现提出一论点：本文认为经典物理学里质子静止能量M_Pc^2与电子在三维x空间康普顿波长λ_e是大对称的对应参数。理由是电子康普顿波长λ_e是电子在三维E空间“静止”状态能测得的期望时空弦的长度，也即速度$\upsilon' = \partial E/\partial q$为零状态能测得的$x$的期望出现点的值；因此，大对称地定会存在有三维$x$空间质子静止能量$M_Pc^2$，它一定是质子在三维$x$空间静止状态$\upsilon = \partial x/\partial t$为零时能测得的能量弦的期望值。

按照双波包双原点微观粒子模型，氢原子中电子静止能量E_0是三维E空间氢原子的核半径，与其大对称质子X_0就是三维x空间氢原子核半径。对于电子我们知道关系式$\lambda_e E_0/c = h$成立，所以，可以期望比照该关系得到氢原子中有关质子的关系式：

$$X_0 M_P c = h \tag{4}$$

因此，三维x空间氢原子核半径：

$$X_0 = h/M_P c = 6.62559\times10^{-27}/1.67252\times10^{-24}\times2.99793\times10^{10} = 1.32139\times10^{-13}$$

厘米，可见计算得到的X_0数值与实验测得的原子核半径数值约1.2×10^{-13}厘米左右相当接近。

5. 四维 x-t 空间与四维 w-p 空间的关系

自然界任一物质粒子都是双波包$\psi(x,t)$和$\phi(E,p)$结构，双波包都由各自空间的四元数点集组成，因此，可以说波包$\psi(x,t)$是四维 x-t 空间的叠加形变；波包$\phi(E,p)$也是四维 w-p 空间的叠加形变，两波包互为因果。波包$\phi(E,p)$内单独任一点$E = E_0 + ic\boldsymbol{p}$都对应一无穷大的四维 x-t 空间，由于人类仅能看到三维世界，所以，在三维x空间人们感知的波包$\psi(x,t)$是运动的。如果波包$\phi(E,p)$内单独某一点是四维 w-p 空间实数轴上一点$E = E_0$，它对应的也可说是自己的另一面就是一完整的静止惯性系，随着静止惯性系时钟$E/\hbar = \omega$时间的流逝，该整个惯性系的运动群速度$\partial x/\partial t = 0$；如若波包$\phi(E,p)$内单独某一点是四维 w-p 空间纯虚数轴上一点$E = ic\boldsymbol{p}_n$，该点的另一面也是三维$x$空间一完整的运动惯性系，随着静止惯性系时钟时间的流逝，运动惯性系内的每一点的运动速度都是$\partial x/\partial t = c$。反过来也一样，波包$\psi(x,t)$内单独任一点$x = ct_0 + ic\boldsymbol{\tau}$也都对应一无穷大的四维 w-p 空间，该点在三维$E$空间也是另一意义的“惯性系”。有一点需注意，我们能够容易地比较两个不同粒子在三维x空间的形象，也能比较两个粒子在三维E空间的形象，然而，试图将四维 x-t 空间与四维 w-p 空间同时摆放在眼前，想象它们的视在关系则超出了人类的能力。

按照上面的分析和电子质量具有不确定性的猜想，如果电子波包$\phi(E,p)$复振幅仅一点不为零，而且是四维 w-p 空间实数轴上的一点$E = E_0$，那么它的另一面就是一完整的静止惯性系，也可以说波包$\psi(x,t)$是在整个时间轴上寿命无限长的稳定的三维$\boldsymbol{s}$矢空间；但是，当电子能量以E_0为出现期望点沿四维 w-p 空间实数轴方向有不确定性时，我们说电子波包$\psi(x,t)$的形状就一定可以如下描述：它是电子出现概率有了期望极大值的三维$\boldsymbol{s}$矢空间，其期望极大值半径x_e就是该电子双原点$\phi(o,o)$和$\psi(o,o)$在三维x空间的距离。以原点$\phi(o,o)$为圆心x_e为半径的三维球面上的点，是电子能量子E_e出现概率最大的点集；以原点$\psi(o,o)$为圆心x_e为半径的三维球面上的点，是相对于出现的电子能量子观察者粒子出现概率最大的点集。显然，半径x_e是被观察电子的出现期望极大值点集半径。观察者看到的电子在三维x空间运动速

度 $\upsilon = c$ 状态电子有最小值 $x_e = x_0$，最小半径就是电子约化康普顿波长 $\lambdabar_e = \lambda_e/2\pi = x_0$；相对于观察者来说运动速度 $\upsilon = \partial x/\partial t = 0$ 状态电子有最大值 $x_e = \infty$，三维 x 空间相对于氢原子原心，电子能量子 E 出现期望极大值点集球面半径 x_e 计算公式为：

$$x_e = \frac{x_0}{\sqrt{1-\upsilon'/c^2}} \tag{5}$$

式中 $\upsilon' = \partial E/\partial q$ 绝对值数值与 $u = \partial x/\partial \tau$ 恒相等，在三维 x 空间当 $u = \partial x/\partial \tau = c$ 时 $\upsilon = \partial x/\partial t = 0$。由于电磁相互作用存在，氢原子中电子 $x_e = a_0$ 就是氢原子玻尔半径。

对于质子可以大对称地推断，如果质子波包 $\psi(x,\tau)$ 复振幅仅一点不为零，而且是四维 x-t 空间实数轴上的一点 X_0，那么它的另一面就是一完整的静止惯性系其速度 $\partial E/\partial q = 0$，也可以说波包 $\phi(E,q)$ 是在整个 q 轴上寿命无限长的稳定的三维 $\boldsymbol{cp}$ 矢空间。当质子以 $X_0 = ct_0$ 为期望点沿四维 x-t 空间实数轴方向有不确定性时，我们说质子波包 $\phi(E,q)$ 的形状就一定可以如下描述：它是质子出现概率有了极大值的三维 $\boldsymbol{cp}$ 矢空间，该期望极大值域是一静止 $(\partial E/\partial q = 0)$ 的三维球面，球面的半径就是 $M_P c^2$。该半径 $M_P c^2$ 是被观察粒子质子的出现期望极大值点集球面半径。观察者看到的质子在三维 E 空间的运动速度 $\upsilon' = c$ 也即 $\upsilon = \partial x/\partial t = 0$ 状态质子的出现期望极大值点集半径有最小值 $E_P = M_P c^2$；相对于观察者来说运动速度 $\upsilon' = \partial E/\partial q = 0$ 也即 $\upsilon = \partial x/\partial t = c$ 状态质子有最大值 $E_P = \infty$，三维 E 空间相对于氢原子原心，质子参数 x 出现期望极大值点集球面半径 E_P 计算公式为：

$$E_p = \frac{M_p c^2}{\sqrt{1-\upsilon^2/c^2}} \tag{6}$$

6. 新的波动方程

在量子力学理论中，基于三维 x 空间微观物质粒子几率波函数 $\psi(x,t)$ 建立了量子力学基础性的薛定谔波动方程[5]：

$$i\hbar\frac{\partial\psi}{\partial t} = -\frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2\psi + U(x)\psi \tag{7}$$

方程(7)对基本粒子电子及电磁力的研究取得了巨大进展，但它是非相对论性波动方程。实际上，如果承认微观粒子双波包双原点微观粒子模型，且假定电子类微观粒子总是运动在近似惯性系状态，也就是说其在三维 E 空间几率波函数 $\phi(E,p)$ 复振幅不为零的域近为一点，那么，电子类微观粒子能量关系式 $E = E_0 + ic\boldsymbol{p}$ 总能成立，以此为出发点我们就能建立电子类微观粒子新的相对论性波动方程。

6.1. 电子在三维 x 空间运动方程

静止能量 E_0 固定不变的微观自由电子在三维 x 空间是平面波：

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

在三维 E 空间几率波函数 $\phi(E,p)$ 复振幅不为零的域为一点，可表示为：

$$E = E_0 + ic\boldsymbol{p}$$

由关系式

$$E = i\hbar\frac{\partial}{\partial t}$$

$$\boldsymbol{p} = -i\hbar\nabla$$

$$\nabla = i\frac{\partial}{\partial x_1} + j\frac{\partial}{\partial x_2} + k\frac{\partial}{\partial x_3}$$

$$ic\boldsymbol{p} = -i\hbar\nabla ic = c\hbar\nabla$$

可得电子类相对论性波动方程

$$i\hbar\frac{\partial\psi}{\partial t} = m_0c^2\psi + c\hbar\nabla\psi + U(x)\psi$$

展开得

$$i\hbar\frac{\partial\psi}{\partial t} = m_0c^2\psi + ic\hbar\frac{\partial\psi}{\partial x_1} + jc\hbar\frac{\partial\psi}{\partial x_2} + kc\hbar\frac{\partial\psi}{\partial x_3} + U(x)\psi \tag{8}$$

但由于一般情况电子类粒子静止质量m_0不确定量Δm_0不为零，每一可能的确定时刻t_n出现的粒子本征值静止质量为m_{0n}。所以，对于m_{0n}已确定的电子类粒子关系式$E = m_{0n}c^2 + ic\boldsymbol{p}$本征值波动方程如下：

$$i\hbar\frac{\partial\psi}{\partial t} = m_{0n}c^2\psi + ic\hbar\frac{\partial\psi}{\partial x_1} + jc\hbar\frac{\partial\psi}{\partial x_2} + kc\hbar\frac{\partial\psi}{\partial x_3} + U(x)\psi$$

这里须特别强调的是，式中参数m_{0n}常数是可变化的，它是微观粒子某一确定时刻t_n当速度$\upsilon = \partial x/\partial t$为零状态粒子的质量，时刻$t_n$不同确定粒子参数$m_{0n}$不相同。不同本征值$m_{0n}$的粒子在不同惯性系中都保持$x^2 - c^2t^2 =$常数，但不同本征值$m_{0n}$的粒子其“常数值”不相同。它是电子壳层的依据。

6.2. 质子在三维 *E* 空间运动方程

薛定谔波动方程对电子及电磁力的研究取得了巨大进展，但对于强相互作用及质子还未能建立起令人满意的理论描述。由前文的讨论知道，由于质子和电子有大对称性质，质子在三维E空间的表现与电子在三维x空间表现规律形式相类同，那么，相同思路就能够基于三维E空间质子几率波函数$\phi(E,q)$建立起与电子新波动方程(8)式相对应的三维E空间质子运动方程。

试想X_0固定不变的微观自由质子在三维E空间是状态波函数：

$$\phi(E,q) = A\mathrm{e}^{-\frac{i}{\hbar}(xq - \tau E)}$$

在三维x空间几率波函数$\psi(x,\tau)$复振幅不为零的域为一点，可表示为：

$$x = X_0 + ic\boldsymbol{\tau}$$

为得到X_0/c^2已确定的质子在三维E空间新波动方程对状态波函数$\phi(E,q)$求导得：

$$x = i\hbar\frac{\partial}{\partial q}$$

$$\boldsymbol{\tau} = -i\hbar\nabla$$

$$\nabla = i\frac{\partial}{\partial E_1} + j\frac{\partial}{\partial E_2} + k\frac{\partial}{\partial E_3},$$

$$ic\boldsymbol{\tau} = -i\hbar\nabla ic = c\hbar\nabla$$

新波动方程为

$$i\hbar\frac{\partial\phi}{\partial q} = X_0\phi + c\hbar\nabla\phi + V(E)\phi$$

展开得

$$i\hbar\frac{\partial\phi}{\partial q}=X_0\phi+ic\hbar\frac{\partial\phi}{\partial E_1}+jc\hbar\frac{\partial\phi}{\partial E_2}+ic\hbar\frac{\partial\phi}{\partial E_3}+V(E)\phi \tag{9}$$

这里须特别强调的是，与电子一样一般情况式中参数 X_0 是有不确定性的常数。

7. 光子及其波动方程

光有波粒二象性，其参数关系 $E=\hbar\omega$ 、 $p=h/\lambda$ 成立，它在三维 x 空间以恒定速度 c 沿一定方向运动。光也有互为因果的双波包 $\psi(x,t)$ 和 $\phi(E,p)$，考虑特殊情况波包 $\phi(E,p)$ 复振幅不为零的域为一点，则波包 $\psi(x,t)$ 在三维 x 空间为无穷大。现在想象一幅图景：相对于静止惯性系的观察者来说，这个无穷大的光子惯性系朝着一定方向滑动，其速度恒定为常数 c，该速度也就是波包 $\psi(x,t)$ 的群速度；同时观察者还能够看到快速滑动波包 $\psi(x,t)$ 的内部情况，他看到光振动的波前也以速度 $c=\omega\lambda/2\pi$ 向前传播着。一般地光波包 $\phi(E,p)$ 复振幅不为零的域不会仅仅有一点，那么，光的另一波包 $\psi(x,t)$ 在三维 x 空间也不再总是均匀的无穷大，有可能成为有限大小的波包。但是有一点必须特别注意，波包 $\psi(x,t)$ 的缩小不限制光子在三维 x 空间的传播运动范围，仅缩小光子出现的不确定量 Δx 的范围，波包 $\psi(x,t)$ 复振幅不为零的域外该光子是不能出现的。光子的参数如下：

$$E=ic\boldsymbol{p}$$

$$x=ct$$

能量 E 和动量 $\boldsymbol{p}$ 确定也就是说波包 $\phi(E,p)$ 复振幅不为零的域为一点，该光子在三维 x 空间可表示为波函数

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

并且关系式

$$E=ic\boldsymbol{p}$$

成立，由建立电子波动方程同样的步骤对波函数 $\psi(x,t)$ 求导关系式

$$E=i\hbar\frac{\partial}{\partial t}$$

$$\boldsymbol{p}=-i\hbar\nabla$$

$$\nabla=i\frac{\partial}{\partial x_1}+j\frac{\partial}{\partial x_2}+k\frac{\partial}{\partial x_3}$$

$$ic\boldsymbol{p}=-i\hbar\nabla ic=c\hbar\nabla$$

成立，进而得到三维 x 空间自由光子波动方程

$$i\hbar\frac{\partial\psi}{\partial t}=c\hbar\nabla\psi$$

展开得

$$i\hbar\frac{\partial\psi}{\partial t}=ic\hbar\frac{\partial\psi}{\partial x_1}+jc\hbar\frac{\partial\psi}{\partial x_2}+kc\hbar\frac{\partial\psi}{\partial x_3} \tag{10}$$

8. “时空子”及其波动方程

我在微观粒子形象模性假说一文中，将三维 x 空间中光子大对称到三维 E 空间的对应物质粒子叫作

了“时空子”，就像电子对应质子一样意思。时空子是怎样形象可以如下想象： 设有 A 和 B 两粒子，A 在三维 x 空间波包为一点，该波包点是四维 x-t 空间实轴上某一点 $A_0 = ct_0$； B 在三维 x 空间波包也为一点，该点是同一四维 x-t 空间(原点已确定)矢轴(虚轴)上某一点 $B_0 = \boldsymbol{i}\boldsymbol{s}_0 = ic\boldsymbol{\tau}_0$。那么， A 粒子的另一面在三维 E 空间是一静止惯性系 A'，惯性系 A' 群速度 $\upsilon' = \partial E/\partial q = 0$； B 粒子的另一面在三维 E 空间是一运动惯性系 B'， B' 相对于 A' 群速度一定为 $\partial E/\partial q = c$。粒子 B 互为因果的双波包为 $\psi(x,\tau)$ 和 $\phi(E,q)$，我们说在三维 E 空间随着参数 q 均匀流逝，相对于静止惯性系 A' 粒子 B 波包 B' 可以将 $B_0 = ic\boldsymbol{\tau}_0$ 以速度 $\partial E/\partial q = c$ 传向远方。粒子 B 在三维 E 空间的表现与光子在三维 x 空间运动对称对应，因为它是在静止的三维 E 空间能将 $\Delta x = ic\Delta\boldsymbol{\tau}$ 以恒速度 c 传向远方的波－粒二象物质单位。所以称它叫做“时空子”。时空子的参数如下：

$$x = ic\boldsymbol{\tau}$$

$$E = cq$$

对应光子上式在三维 E 空间中 q 是自变量、E 是因变量，时空子的运动与光子在三维 x 空间规律可比照。参数 x 和参数 $\boldsymbol{\tau}$ 确定是说波包 $\psi(x,\tau)$ 复振幅不为零的域为一点的时空粒子，在三维 E 空间也可表示为波函数：

$$\phi(E,q) = A\mathrm{e}^{-\frac{i}{\hbar}(xq - \tau E)}$$

并且关系式

$$x = ic\boldsymbol{\tau}$$

成立，由建立质子波动方程同样的步骤对波函数 $\phi(E,q)$ 求导

$$x = i\hbar\frac{\partial}{\partial q}$$

$$\boldsymbol{\tau} = -i\hbar\nabla$$

$$\nabla = i\frac{\partial}{\partial E_1} + j\frac{\partial}{\partial E_2} + k\frac{\partial}{\partial E_3}$$

$$ic\boldsymbol{\tau} = -i\hbar\nabla ic = c\hbar\nabla$$

可得到三维 E 空间自由“时空子”波动方程：

$$i\hbar\frac{\partial\phi}{\partial q} = c\hbar\nabla\phi$$

展开得

$$i\hbar\frac{\partial\phi}{\partial q} = ic\hbar\frac{\partial\phi}{\partial E_1} + jc\hbar\frac{\partial\phi}{\partial E_2} + ic\hbar\frac{\partial\phi}{\partial E_3} \tag{11}$$

9. 结语

本文以微观粒子双波包双原点微观粒子模型和全时间 D、全动量 G 以及微观粒子运动全速度 c 等新概念为基础，在三维 x 空间和三维 E 空间范围内，对电子、质子及光子等进行了较深入的讨论，从而明确指出了微观粒子波－粒二象性即双波包 $\psi(x,t)$ 和 $\phi(E,p)$ 与惯性参照系的内在关系，清楚描述了四维 x-t 空间与四维 w-p 空间之间的内在联系；通过分析澄清了单个粒子态叠加原理的概念并进一步确认粒子不确定性原理不是源于粒子之间相互作用造成的速度变化，保持匀速状态的非相互作用单个粒子一般都存在不确定性；指出了电子、质子是在三维 x 空间和三维 E 空间存在大对称关系的一对粒子，并由此推

导计算出了原子核半径 X_0 的数值，还建立了电子、质子各自新的波动方程；通过对光子的全面分析，推断三维 E 空间存在与光子大对称的物质粒子叫做“时空子”，其双波包为 $\phi(E,q)$ 和 $\psi(x,\tau)$。当然，所有这些推断正确与否还有待于今后实验的验证，但它们所揭示展现出的韵律与和谐之美的确令人欲罢不能。

参考文献 (References)

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

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

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

[4] 田清聚 (2015) 电子静止质量具有不确定性猜想. *现代物理*, **4**, 93-101.

[5] 周世勋 (1979) 量子力学教程. 人民教育出版社, 北京.