

电子的电荷值随运动状态而变化

庄一龙

摘要：电荷值不变并没有经过严格证明，至今仅仅是一种信念。既然电子的质量能随电子运动速度而变化，那么，电磁作用力作为物质性质的表现也要随着发生变化，所以，电荷的值也会相应变化。本文遵循这条思路，推出了一些新的关系式，供有关实验参考。

关键词：电子 电荷、荷速关系、

电子的电荷值从它在物理学里一出现就被物理学家作为基本常数来对待的，密立根本人也把它和光速看作是物理学中的两个必须首先确定的基本常数。但是，这个被物理学家经常用到的物理常数，却是在相对静止条件下测得的。当我们把电子荷值作为常数使用到任何场合（特别是在高速运动）时，在实践中仅仅是一种信念，也可以说是一种假定，这种假定是否正确，其实并没有严格证明过。

1897年，汤姆生最早测定阴极射线的荷质比，而最早正确测定电子的电荷值是由密立根在1911年完成的。密立根用的是直接测量油滴电荷的方法，在静电场中设法使油滴电荷受到的电场力同油滴在空气中的下降力平衡，由此，密立根测定的电荷值： $e = 4.770 \times 10^{-10}$ CGSE。在这个实验中，电荷值是在电子相对静止状态下测得的。^[1]

对电子电荷值更精确测定是在对阿伏加德罗常数测定之后，利用关系式：

$$e = F(\text{法拉第常数}) / N(\text{阿伏加德罗常数})$$

测得，数值为 $e = 4.8025 \times 10^{-10}$ CGSE。

Dylla(1973)测得(SF₆)气体分子正负电荷中心重合，但是这并不能证明电子电荷量随运动速度是否变化，而只能说明原子或分子里的电子电荷的平均值位置都位于原子或分子的“重心”。相反随着气体温度升高超过某一限度，气体原子或分子会失去电子而成为正离子的事实，恰恰说明电子在速度增加时，电荷值有减少的趋势，因而使核心的正电荷对电子的作用力减弱了。^[2]

正如历史上，在牛顿力学创立的时代，由于当时人们的认识水平和实验水平的限制，一个运动物体的质量被看成是不变的常量。直到十九世纪末，运动电子质量随速度而变化的相对性效应才被发现，并在狭义相对论出现后得到解释。按照爱因斯坦的质速关系式，电子随着运动速度的增加，电子的质量会无限增大。而物体质量的变化总要引起物体作用性质改变，那么，由物质构成的电子电荷还能够保持原来状态而不起任何变化吗？要知道这时原来的电子质量同增加的质量相比几乎忽略，所以，怎么解释在原来电子质量消失时而保持电荷值仍然不变应该是爱因斯坦相对论的困难之一。

假若把电子质量增加看作不是物质量增加，而是能量在增加，那么，电荷不也是能量吗？为什么电子能量在变化时，电荷能量就可以不变化呢？总之，只要维持电子电荷值不变观念，这个问题不管怎么解释不通。这中间，要么就是爱因斯坦的质速关系式错了，

要么就是电子电荷值不变的信念错了，也许可能两者都出了问题。

有时，在物理学的发展过程中，哲学家和物理学家往往是站在不同的角度在思考问题，物理学家就象一个冲锋的勇士那样，一个个去攻克新出现的科学据点，而哲学家却是根据勇士们所取得的战果在考虑如何选择一条更合理的进攻道路。哲学家永远不能代替物理学家，反过来也一样。当物理学家在冲锋陷阵时，倾听一下来自哲学方面的意见也许会有不少收获。

如果有人从哲学角度提出电荷值会随着电子运动状态改变而可能变化，这个问题会使物理学家很难接受。因为，这不仅直接关系到对另一个基本物理常数——电子质量正确性的重新估价，乃至对整个宇宙高能粒子测量方法都需要全部重新估价，这是由于这些测量过程都用到电荷在电磁场中运动轨迹偏转的观测。此外，如果电荷值可变，甚至对整个宇宙物质数量估计也需要重新审查。这确实是我们面对着的需要特别慎重考虑的棘手问题。

对电子质量的测量，由于实验条件限制，一般都不用直接测量法，而是通过测量电子的电荷质量比再推算出电子的质量来的。起初是通过研究伦琴光谱色散，测得的电子荷质比为：

$$e/m = (1.7601 + 0.0003) \times 10^7 \text{ 电磁单位/克}。$$

1897年12月，考夫曼是根据运动电子在电磁场中的偏转轨迹，用照相方法得到不同运动速度电子的荷质比 e/m 。^[3]考夫曼的测量结果如下：

v 厘米/秒	e/m 电磁单位/克
2.36×10^{10}	1.31×10^7
2.48×10^{10}	1.17×10^7
2.59×10^{10}	0.975×10^7
2.72×10^{10}	0.77×10^7
2.83×10^{10}	0.63×10^7

由于电子的质量是通过测定荷质比来推算的，而在荷质比的测定中，一直是把电荷值看作不变的常数，所以，荷质比值的变化，就可看作是电子质量变化造成的。当在实验中观察到荷质比随电子运动速度增加而变小时，首先想到的是电子质量的变化，却没有考虑电荷值是否也会同时变化。

对于荷质比随电子运动速度增加而变小的现象，从电荷和质量的关系来看，本来解释就不是唯一的，它可以有四种解释：第一种，电子电荷 e 不变，电子质量 m 变大；第二种，电荷 e 变小，质量 m 不变；第三种，电荷 e 变小，质量 m 变大；第四种，电荷的变小的速度大于质量变小的速度。但是，在电荷值是常数观念支配下，人们似乎都认定了只有第一种可能，以后的物理学就沿着这条思路发展下去了。直到现在，电荷是常数的观念在物理学家那里是根深蒂固的。这中间，洛仑兹的质速公式起了关键的作用。在电子学说发展初期，人们认为电子的质量是具有电磁性的，即静止的电子只有电质量，没有磁质量，当电

子运动时，电子要产生具有能量的磁场，形成磁质量，这样，就好象在原来电子的质量上附加了一种磁场质量，因此，电子的质量要增加。^[4]洛仑兹根据这种假说，找到了电子的质速关系式

$$m_t = m_0 \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (1.0)$$

该式计算结果同考夫曼的实验数据基本相符，这种假说好象被证实了。洛仑兹的质速关系式为后来爱因斯坦建立相对论打下了重要基础。电子加速时质量的增加常被后人用作证明爱因斯坦相对论质速关系式的成功。

洛仑兹把电子运动时质量增加看作是附加了磁场质量，也就是说是一种实物质量的增加。这表明他把实物质量同能量是明确区分开来的，而没有把物体的质量看作是能量的凝聚。物质作为能量的载体，当电子运动质量增加时，说明电子从外部吸收了一种有确定质量的实物。我们当然可以推测这是一种超微的实物粒子，这种粒子不仅具有确定的质量，而且还具有能影响电子电荷作用的性质。如果把电子电荷看成是由许多更微小的具有吸引特性的粒子以某种形式所构成，那么，电子运动所吸收的微粒就具有排斥特性的粒子，电子在外力作用下产生的运动，就可以理解为电子吸收了一种排斥特性粒子所造成的。于是产生了一条新思路：是物体质量变化造成了运动状态的变化，而不是如狭义相对论所遵循的思路那样，由于物体运动速度变化造成了质量的变化。这里的因果关系是截然不同的。^[5]

根据斥力子假设推导的物体运动的质速关系式是

$$m_t = m_0 \frac{1}{1 - \frac{v^2}{2c^2}} \quad (1.1)$$

所以，由物质量构成有关的负电荷 e 也必然会随引力质量减少而减少，（这种推论不是物理学的，而是哲学的东西）。虽然，物质如何构成电荷，对此我们至今还一无所知，但是我们可以利用荷质比随速度变化的考夫曼实验数据去反推。由于电子的电荷和质量都会随电子的运动速度发生变化，我们可以假设电荷值随速度变化的函数为 $f(v)$

$$\text{即： } e = e_0 \times f(v)$$

而质量变化关系式已有，就是 (1.1)，

从实验测定的荷质比变化为：

$$\frac{e}{m} = \frac{e_0}{m_0} \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

则可得到：有

$$\frac{e}{m} = \frac{e_0}{m_0} \times \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = \frac{e_0 f(v)}{m_0 \frac{1}{1 - \frac{v^2}{2c^2}}}$$

根据这两个等式求得电子的荷速关系式：

$$e = e_0 \times \frac{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}{1 - \frac{v^2}{2c^2}} \quad (1.2)$$

由此推出，当 $V = C$ 时，电子的电荷 $e = 0$ 。

这表明，电子的电荷随电子运动速度的增加而减小，当速度达到光速时，电子的电荷完全消失，成为一个光子。由电子转化成的光子或称电子光子，

其能量 $E = h \nu = m_0 c^2$,

其频率 $\nu = m_0 c^2 / h$

(其中的 m_0 为电子静止质量， h 为普朗克常数)，

由于光速是极限速度，故这也是电子波动的最高频率。

当电子以任意速度 v 运动时，其波动频率 ν 可通过动能公式推导：

$$\frac{1}{2} m_t \cdot v^2 = hu$$

由于 $m_t = m_0 \frac{1}{1 - \frac{v^2}{2c^2}}$

代入上式解得微观粒子的波动频率随粒子运动速度变化的频速关系式：

$$u = \frac{m_0 \cdot c^2}{h} \times \frac{v^2}{2c^2 - v^2} \quad (1.3)$$

当 $V \ll C$ 时，实物粒子的波动频率,(1.3)成为：

$$u = \frac{m_0 V^2}{2h}$$

当 $V \rightarrow C$ 时，用 $\frac{V}{I}$ 代替 v , (1.3) 就成为德布罗意波公式：

$$I = \frac{h}{m_0 V}$$

当 $V = C$ 时，波动频率达到极限值：

$$\nu = m_0 c^2 / h$$

这时普通实物粒子就转化成了光子。反之，光子运动受到阻碍减速时，光子的波动频率减少而衰变成为实物粒子。这个公式表明，微观粒子的波动频率随运动速度的增加而相

应增加的关系，它把普通实物粒子，电子，光子的波动统一起来了。

以上得到的这些关系式部分推导时引入了哲学的推理，故在最终没有被物理实验证实之前，还只能是一种猜想。但是，已有的某些实验现象是可以为这些关系式的解释作参考的，例如，当电子被加速到“接近”光速时发射的切伦科夫辐射；还有，能量大于 1.02 兆电子伏特（两个电子的静止质量）的光子，在重原子核的电场中，可以转化为一正负电子对，反之，一对正负电子对相遇也能湮灭转化为两个或三个光子。

另外，这些关系式也给予实验物理学提供了一个全新的探索方向，至少可着手验证如下关系：

1，电子电荷值随运动速度的变化状况(1.2)式；

2，电子波动频率随运动速度的变化状况(1.3)式。

从以上分析得出，电荷值是可以随电子运动速度变化的，所以，尽管通过荷质比测得的电子质量随速度变化表面上看来同实验数据相一致，也不一定表明电子运动的相对论质速关系式(1.0)已经被证实了。因为，正如本文前面所分析的那样，这关系式，完全有可能是运动的电子电荷值和质量同时变化造成的，从而使最后计算出来的电子质量被夸大了，进一步导致高能粒子计算中能量“发散”和“重整化”的麻烦。如果把荷速关系的影响考虑进去进行数据修正，那么，新的结论将是：物体运动速度趋近于光速时，其质量不可能趋向无穷大，而是一个确定的有限量 $2m_0$ 。

（选自《相对论再思考》地震出版社 2002.7 P87-90）

主要参考文献：

[1] 李醒民等主编：思想领域中最高的音乐神韵——科学发现个例分析 湖南科学技术出版社 1988 136—139

[2] 张元仲：狭义相对论的实验基础 北京.科学出版社,1979.p133

[3][4] 申先甲等：物理学史简编 山东教育出版社 1985 p630 p628

[5] 庄一龙：论斥力子的存在及其意义 相对论再思考 北京 地震出版社 2000 p72, p90;《斥力子物理论》网站：<http://ylzcn.pc37.com>