

论电子电荷值与电子运动速度的关系

庄一龙

摘要：目前的电子电荷值是在相对静止条件下测得的。在接近光速运动时，由于电子的质量会趋近于无穷大，电荷值是否还能保持不变，却至今没有经过严格的证明。当人们在不同场合下把电子电荷值作为常数来使用时，不过是一种信念而已。

关键词：相对论，电子、质速关系

1.0, 引言

电子的电荷值是物理学中一个最基本的常数，但是，在物理学的发展历史过程中，这个常数却没有经过严格证明，人们把它作为基本物理量用了一百多年，似乎很少有人去想过，电荷值不变至今仅仅是人们的一种信念。

历史往往会与人们开玩笑，有些仅是习惯了的事情，在被人们熟视无睹后，对它的思维也跟着停止了。反过来会出现另一种情况，一旦有人提出习惯的事情不习惯时，大多数人就会觉得无法接受。例如，太阳的东起西落让人们觉得太阳围绕地球旋转是习惯了的事情，当有人提出地球是在围绕太阳旋转时，人们就会认为这是违反常理而无法接受。同样，电子电荷值作为一个常数既然没有被证明过，那么，当这种习惯思维出现问题时，回过头来推敲一下这个常量是否可靠，也许会令人大吃一惊。

1.1, 质速关系式同电荷值不变有矛盾

譬如，根据爱因斯坦的狭义相对论推出的质速关系，物体的质量是随着它的运动速度变化而变化的，物体的运动速度增加，物体质量也会变大。当运动速度趋于光速时，物体的质量会趋于无穷大。那么，自然会出现这样一个问题，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，那么，由物质构成的电子的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，在这种情况下，要求电子电荷值不变，这是绝对不可能的事情。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信念错了，也许可能两者都出了问题。

1.2, 电荷值是在电子处于相对静止的条件下测得

其实，我们现在使用的电子电荷值，最早是在电子处于相对静止的条件下测得的，以后由于人们都认为它是个基本物理量，把这个电荷值不考虑推出的条件而用到任何场合，包括一切高速运动粒子的测量计算中。这就隐含了一个未经证明过的前提条件：电子电荷值在静止时和高速运动时都是相等的。但与此同时，我们却肯定了另一个事件：电子的质量随着电子运动速度增加是可以无限增大的，并且这个事件是利用了测量电子荷质比(e/m)的方法来证明的。但是用荷质比的方法来测量粒子质量，却又是建立在电子电荷值随速度不变的信念之上的。正是这一系列连环套式的推论关系，使得其中的所有结论的可靠性都成了问题。

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，处于相对静止状态时测得的。密立根测定电子的电荷值是 $e = 4.77 \times 10^{-10}$ CGSE。 [1]

更加精确的电子电荷值是在对阿伏加得罗常数测定之后，利用关系式：

$$e = F / N \quad (F \text{ 为法拉第常数, } N \text{ 为阿伏加得罗常数})$$

测得的数值： $e = 4.8025 \times 10^{-10}$ CGSE

电子电荷值从它一出现就被当作物理学的一个基本常数来对待的，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，因此这个基本常数被一直延用到现在。

但是，正如我们前面分析过的那样，把电子的电荷值作为常数同爱因斯坦相对论的质速关系式是存在矛盾的，问题出在哪里？根据质速关系，电子的运动速度趋于光速，电子的质量会趋于无穷大。但是，正负电子对湮灭为辐射（光子），和大于电子静止质量两倍能量的辐射，经过铅板时可以转化为正负电子对。这个双向可逆的实验结果表明电子和光子之间不存在绝对的鸿沟。正负电子对湮灭为辐射就是一种把电子加速到光速的过程，电子被加速到光速时，质量不会趋于无穷大，而极可能只是电子静止质量的两倍（正电子和负电子质量之和）。那么，为什么按照考夫曼的实验会得出加速电子的质量会趋于无穷大的结论呢？这里的原因不在于实验本身是否错误，而在于人们分析实验的思维有问题。

1.3. 荷质比(e/m)值的变小可以由四种情况造成

首先，考夫曼并没有直接测量到电子质量的变化，而是通过电子荷质比(e/m)值的变小推算出电子质量变大的。[2]只要人们是在把电荷值看作常量的观念指导下，这样的考虑是必然的。其实情况并非如此，电子荷质比(e/m)值的变小可以由以下四种情况造成：

1. 电荷不变，质量变大；
2. 电荷变小，质量不变；

3. 电荷变小，质量变大；

4. 电荷变小的速度大于质量变小的速度；

在没有证明电子电荷值随速度不变的情况下，简单地认为只能发生第 1 种可能的结论，可信度是不够的。留下的弊病是，在确定高速粒子的能量时，出现粒子能量“发散”的困难，要靠“重整化”才能作数学上的弥补。这都与应用这个质速关系式有关。

1.4, 考夫曼实验是否真正测定了电子荷质比的变化?

再来分析考夫曼实验是否真正测定了电子荷质比的变化，也没有。实验用照相方法测到的只是运动电子在穿过电场时，受电场力的作用而引起电子偏转的弧形轨迹，然后通过轨迹弯曲的曲率、外加电场力和电子电荷值计算出荷质比，但是，这中间推出的一切结论又都是建立在电荷值不变的基础上。我们当然也可以反过来认为，造成电子运动轨迹曲率变小的原因，主要不是由电子质量的增加造成的，而是由于随着电子运动速度增加，电子的电荷值变小而与外电场作用力减弱了，因此使我们测得的电子质量增加被大大夸大了。[3]因为，没有任何理由能够说服：当电子质量可以随运动速度增大而无限变大时，而作为由物质构成的电荷却必须要“守身如玉”。

其实，分数电荷的发现本身早就已经冲破电荷永远不变观念，但是，人们还不敢去设想电子电荷会不会发生变化，还需要有更多的实验事实来说明这种变化。因为，这毕竟是物理学的最重大的问题，需要十分慎重。

2, 结论和建议

高速运动的电子质量是否被夸大，这可以通过实验来证明，由于理论上接近光速的电子具有无穷的动量和能量，所以，只要用高速电子去撞击慢中子，观察它们碰撞后的运动路线改变状况，就可以判断出电子的真实动量、能量。Dylla(1973)用测量(SF₆)气体分子正负电荷中心是否重合的办法，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，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[4]。当然，另外还可以设计出更巧妙的实验，来证明高速运动电子的电荷量随运动速度的变化，我们期待着实验物理学家去进行这个极有意义的探索。

(选自《格物》2003年12月第三期 215-217页)

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，长沙 湖南科学技术出版社，1988. 136—139
2. 申先甲等：物理学史简编. 山东教育出版社，1985. 630 , 628
3. 庄一龙：电子的电荷值随电子运动状态而变化, 相对论再思考 北京 地震出版社 2002. 87-90
《斥力子物理学》网站，<http://ylzcn.pc37.com>
4. 张元仲：狭义相对论的实验基础 北京. 科学出版社, 1979. 133