

原子核的电荷恰等于原子序数吗？*

张多文

(上海化学工业设计院)

基本粒子的电荷为一恒值，这是物理学中一个很基本的假定。我们化多年的业余时间调查研究了有关基本粒子电荷的实验依据，着重地分析了有关测定原子核荷的实验资料，得出核荷以一定规律偏离原子序数，从而推出基本粒子的电荷可能随粒子所处的状态(或能量)而变化。最近在整理本文时看到国外 Leiby^[1] 等有类似的想法，提出电荷与能量互为转换。下面将我们工作的主要结果提出来供同志们讨论。

一、对核荷的传统看法及其实验依据

核荷就是指原子核所带的电荷。卢瑟福(Rutherford) 1911年首先用 α 粒子散射原子发现原子有核存在，原子核带正电荷，核外电子带负电荷。盖革(Geiger)等用 α 粒子散射几种元素(后称 α 粒子散射法)按卢瑟福公式计算出原子核荷约等于原子量的一半。1913年万登扑罗克(Van den Broek)^[2]按 α 粒子散射法初步测出的核荷值，提出：原子核荷等于原子序数的假定。此假说立即为玻尔(1913)建立原子理论所采用；同时莫塞莱(Moseley)^[3]发现元素的特性X射线 K_{α} 系光谱频率 ν_K 与原子序数 Z 有下式关系：

$$Z - 1 = \left(\frac{\nu_K}{\frac{3}{4}R} \right)^{1/2} \quad (一)$$

式中： R 为里德伯常数。

莫塞莱用当时测出的X射线频率代入(一)式计算了一些元素的 Z 值接近原子序数(下称 α 射线频率法)。1920年前后恰德维克等^[4]将 α 粒子散射法改进，重新测定了几个元素的核荷也与原子序数相近。以后原子核荷等于原子序数便作为一个基本假定被人接受，很少受到怀疑。

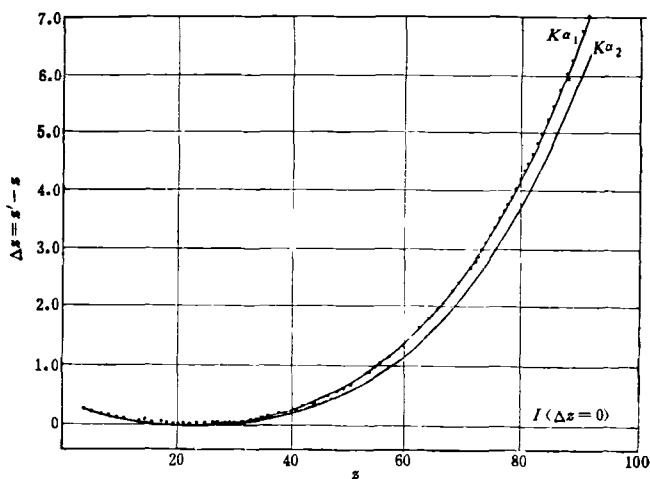


图1 纵轴为以实测的 α 射线频率(K_{α_1} , K_{α_2} 系)分别代入莫塞莱公式得到的核荷 Z' 与原子序数 Z 之差。横轴为原子序数 Z 。

二、提出核荷不等于原子序数的实验依据

我们在调查过程中详细的分析了上述各文献中记载的有关实验数据得出几乎没有一个实验测出的核荷系统地精确等于原子序数的。相反，它们之间存在着一定的差别。

在测定核荷的实验和理论之间的差异中，是否掩盖了核荷变化的规律呢？对这个问题的深入研究不论答案是或否，都是有科学价值的。

首先分析、计算了有关X射线频率法测定核荷的实验资料，因为这是测定核荷较为精确、系统的一种实验。根据近年来文献^[5]中提供的数据，对近一百种元

* 本文得到朱伟、张民生、杨维廉等同志长期的支持、讨论与帮助。

素的核荷数值进行计算,发现它们与原子序数有较大的偏离,而且这种偏离显示出一定的规律性,详见图1.从图1可以看出:实测核荷与原子序数之差最大的有6~7个单位,决非实验误差引起的.

1954年以后人工加速 α 粒子实现,有人^[6]对一些重元素作了散射实验.实验的结果与以前的结果有二处不同:在大散射角的实测截面比卢瑟福公式计算截面小;在小散角的实测截面比卢瑟福公式计算值大.人们都认为在小散射角的散射是由卢瑟福公式支配的.为什么实测的截面比理论计算大呢?有可能说明重元素的核荷大于原子序数,因为理论计算时核荷值是以核荷等于原子序数代入的.更引人注意的是:重元素小散射角实测截面增大的次序有随原子序数增加而增加的现象,此点与莫塞莱公式计算值出现同样的规律.详见图2.所以新的 α 粒子散射测出的核荷也未充分说明其等于原子序数.

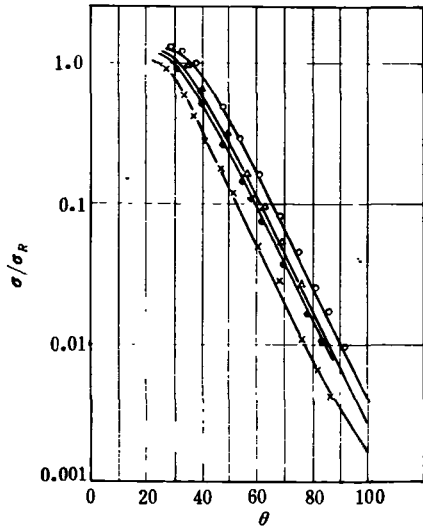


图2 纵轴为实测散射截面与卢瑟福散射截面比,横轴为散射角.曲线上的符号
× Ta ● Au △ Pb ○ Th

如果核荷与原子序数的偏离现象是由于核荷不等于原子序数所致,则应该在其他涉及核荷现象中出现.为此,我们又继续查阅其他许多实验,例如小角度下 μ 介子散射原子核的数据^[7];高能电子游离原子的 κ 电子数据^[8];轻元素双电子光谱数据^[9]等加以计算,得出的核荷值都无例外的显示核荷不等于原子序数.而且其计算的核荷值与莫塞莱公式计算值相近.

为了进一步验证核荷不等于原子序数的可能性,我们再将莫塞莱公式计算的核荷代入 Bethe-Weizsäcker 核结合能公式^[10]和计算萤光能(Fluorescent)公式^[11]所得的结果与用

核荷等于原子序数代入计算的结果,二种均在实验误差范围内与实测值相符.

但在镜核库仑差公式:

$$\Delta E_c = KZ/A^{1/3} \quad (二)$$

式中: ΔE_c 为库仑能差, A 为核质量数, K 为比例常数, Z 为核荷.

和重核 α 粒子衰变期公式:

$$\log T = \log T_0 + B \frac{Z}{s^{1/2}} \quad (三)$$

式中:

$$B = \frac{4e^2}{\hbar} \sqrt{2m} (\arccos \sqrt{X_0} - \sqrt{X_0(1-X_0)}),$$

$$X_0 = \frac{s}{U}, \quad U = \frac{2Z}{1.5 \times 10^{-13} A^{1/3}}$$

T_0 为根据实验值标定的常数.分别以核荷等于原子序数和莫塞莱公式计算的核荷代入,计算结果则显示出

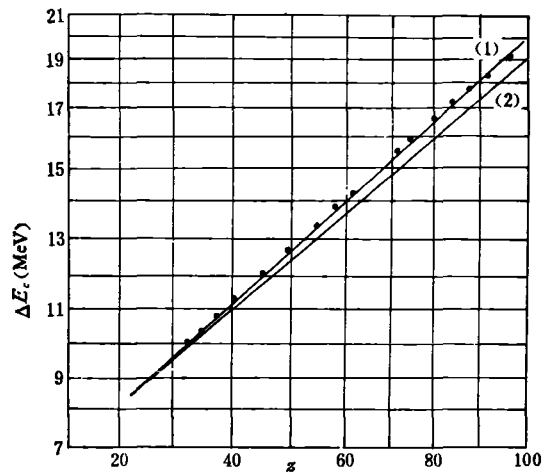


图3 纵轴为镜核库仑能差,横轴为原子序数,直线(1)为(一)式计算的核荷代入(二)式得出的直线,直线(2)为核荷等于原子序数代入(二)式得出的直线.点为实测值.

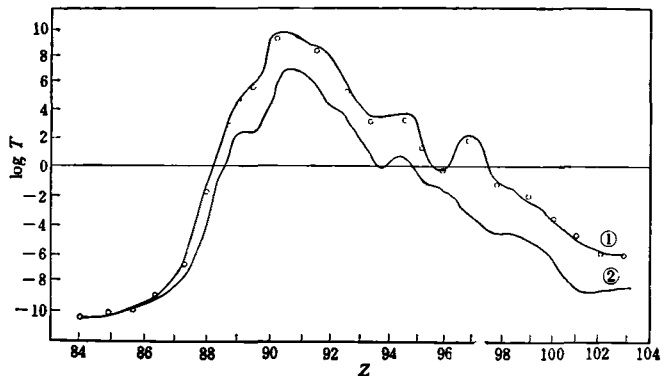


图4 纵轴为 α 粒子衰变周期 $\log T$,横轴为原子序数 Z ,曲线①为按(一)公式计算的核荷代入(三)式得出的曲线,曲线②为原子序数代入(三)式得出的曲线,点为实测值.

后者的结果,远比前者更符合实测值^[11],详见图 3, 4.

三、从实验对比得出的 结果和设想

根据上面的一些实验对比,我们得出这样的结果:

原子核荷不等于原子序数,核荷只有钙元素附近不偏原子序数;比它大或比它小的元素核荷都不等于原子序数,核荷的变化是非整数的.

可以设想:核内中子带电,每个中子所带的电量与原子序数有关.基本粒子的电荷随能量而变,并从一些计算数据分析得出:电荷变化量与粒子质量的变化量平方根成比例.

四、几点推测

核荷变化的原因推测是:自由核子进入核束缚态后引起的(单个核子成为集体的一员,静电场变为运动的电磁场,由于状态的改变造成能量的得失).这种改变同时空无关(非定域性),不会破坏相对论协变性.至于原子电中性(说得确切些:一群或一块物质的电中性,因为人们无法取到单个原子或分子来进行测验)是否会破坏呢?看来也不会,原因是每一个原子或分子(包括取样及分析仪器等在内)都有自由电子,那个原子或分子有过剩的电荷存在,即将受到自由电子的中和;加上电子在原子的壳层位置和速度不同,其屏蔽核荷的能力也有所不同.所有的物质总是电中性是不足为奇的.但是“电荷不变”既然作为物理的一个基本假定,它的动摇一定会涉及到一些理论的改变,例如重元素的原子电子结构方式;夸克粒子从核子中“出现”,电荷是否仍为分数电荷等等,这些问题都提供给理论工作者考虑研究.

如果核内中子带电,同位素之间核荷就有差别,这种差别可以利用来分离同位素^[13].....如果基本粒子的电荷可变,则其电磁耦合强度也是可变的^[14],就有可能利用耦合强度的可变性,把物质之间的明显四种不同作用——重力、弱力、电磁、和强相互作用——通过耦合强度变化统一起来,这个问题我们将有专文讨论.

由于我们的工作还很肤浅,问题不少,请同志们讨论与批评.

参 考 文 献

- [1] C. C. Leiby, *Astrophys Space*, **17** (1972), 368.
D. P. Whitmire, *Lett. Nuovo Cimento*, **7** (1973), 305.
A. Balčytis, *Lett. Nuovo Cimento*, **11** (1974), 835.
- [2] A. Van den Broek, *Phys. Zetts.*, **14** (1913), 32.
- [3] N. G. Moseley, *Phil. Mag.*, **26** (1913), 1024. **27** (1914), 203.

- [4] E. Rutherford 等, *Phil. Mag.*, **50** (1925), 889.
H. Geiger 等, *Phil. Mag.*, **25** (1913), 604.
J. Chadwick *Phil. Mag.*, **40** (1920), 734.
A. Auger 等, *Comptes Rendus*, **175** (1922), 340.
E. S. Bieler 等, *Proc. Roy.*, **A105** (1924), 434.
- [5] J. A. Bearden, *Rev. Modn. Phys.*, **39** (1967), 78.
- [6] H. E. Wegner, *Phys. Rev.*, **99** (1955), 825.
R. E. Ellis, *Phys. Rev.*, **101** (1956), 656.
- [7] G. H. Rawitscher 等, *Phys. Rev.*, **112** (1958), 1274.
- [8] W. Scholy 等, *Phys. Rev. Lett.*, **29** (1972), 761.
- [9] A. H. Garbriel 等, *Nature*, **221** (1969), 947.
W. M. Neuper 等, *Astro. Phys. J.* **160** (1970), L189.
- [10] 曾谨言,《物理学报》**13**卷(1957), 357.
- [11] L. E. Barlay, *Phys. Rev.*, **158** (1967), 158.
R. W. Finke, *Rev. Modn. Phys.*, **38** (1966), 513.
- [12] N. Anerbach 等, *Phys. Rev. Lett.*, **23** (1969), 848.
C. J. Batly 等, *Nucl. Phys.*, **75** (1966), 599.
J. D. Anderson 等, *Phys. Rev.*, **138** (1965), B615.
J. M. Cork, *Radioactivity & Nucl. Phys.* (third addition) (1957).
T. M. Hallander 等, *Rev. Modn. Phys.*, **25** (1953), 469.
A. G. Hircyso 等, *Phys. Rev. Lett.*, **6** (1961), 473.
18 (1967), 401.
- [13] 现有报导分离铀同位素,其原理是利用同位素间电子结合能不同(注原子电子结合能与核荷量大小有关)将 U^{235} 与 U^{238} 分开见 *Phys. Today*, **24**, -9 (1974), 17.
- [14] Bahcall, 1966~1967 年测出天体的电磁耦合常数与地球的不同见 J. N. Bahcall, *Phys. Rev. Lett.*, **19** (1967), 1294.

附 录

关于“能量与电荷互换”的问题

近来国外有些科学工作者从不同理论角度提出了电荷与能量互换的问题.

1. C. C. Leiby (*Astrophys. Space Sci.*, **V17**. (1972) 368) 假定:(正)重力能与电荷互换,在线性近似下,他改换一组麦克斯韦方程的成分和符号使之适用于质量间的引力因此,同一组微分方程可以用来制约电磁和重力现象.他推导的电荷与重力能互换的式:

$$E_G = \left(\frac{\epsilon_g}{\epsilon_0}\right)^{1/2} Qc^2 \quad (1)$$

式中 $\epsilon_g = (4\pi G)^{-1}$ 是重力自由空间许可性(permittivity),
 G 为重力常数.

ϵ_0 = 电力自由空间许可性;

Q = 电-质量源的电荷;

E_G = 重力本性的能量;

c = 光速.

他得出重力能换成一电荷 $\approx 10^{17}$ eV. 据 Leiby 结论:如单纯释放重力能意味着电荷不守恒.

2. D. P. Whitmire (*Lett. Nuovo Ciment*, **V7** (1973) 305) 进一步发展了 Leiby 的理论,他用力场的复合源解出麦克斯韦方程式,得到质量与电荷在二度空间双矢量一致的

结论,质量与电荷可以互换,因质量与能量可以互换,推出电荷与能量互换式:

$$E_{\pm} = \left(\frac{e_0}{\epsilon_0}\right)^{1/2} Q_{\pm} c^2 \quad (2)$$

式中: E_{\pm} 为能量; Q_{\pm} 为电荷,其他各符号与(1)式同。

Whitmire 认为 1 eby 估出 ($\approx 10^{27}$ eV) 转换电荷的能量太大,他估出下转换式:

$$Q_{\pm} (\text{库仑}) = 0.96 \cdot 10^{-27} E_{\pm} (\text{焦耳})$$

Whitmire 用他的计算说明实测的质子-电子电荷差,其他原子或分子带有电量,并非完全为电中性。所以带电是由于电子结合成原子,原子结合成分子时放出了结合能,造成了电荷的变化。Whitmire 说“由于电荷与能量可以互换,很好地说明形成正负电子要消耗一定的质量或能量”。

但是,电子结合成原子,原子结合成分子都引起电荷的变化,为什么物质仍为电中性呢? 原因是粒子都有自由电子,如物质出现电荷差异自由电子可以去中和它。

3. 最近 A. Balčytis (*Lett. Nuovo Ciment*, V10 (1974), 835) 从推广的力场得出电荷与能量可以互换。他的电荷与能量互换式为

$$\hat{Q} = Q_E \left(\frac{\alpha_a}{4\pi\epsilon_0}\right)^{1/2} \quad (3)$$

式中 \hat{Q} = 可以转换为电荷的能量

Q_E = 电荷(库仑)

$\alpha_a = c^2 r^{-1}$ (r 为重力 g 常数)

c = 光速。

Balčytis 说“他的式子经过简单的改造后即得 Whitmire 的式子。”

以上介绍的从理论上得出电荷与能可以互换。此外,国外在实验上几年前也有一些报导:如 G. L. Grodins (*Bull. Am. Phys. Soc.*, V6 (1961), 63. 发现光与物质作用有增加电荷的现象; G. B. West (*Phys. Rev.* V162 (1967), 1677) 在测定电荷量,发现经钨丝灯光照射 8 小时,电荷增加了 0.06 单位电荷。West 测出 2 eV 的光子带电约 10^{-16} e, 而 Grodins 测出 14400 eV 的光子带电约 10^{-15} e [按:光子带电可能解释红移现象,因带电体运动时将引起质量的变化]。

(张多文)

试论金属的结构层次

李冠兴 韦庆丰 顾贤俊

前 言

伟大导师恩格斯在 1878 年写道:“我们很难拿到一本理论自然科学书籍而不得到这样一个印象:自然科学家自己感觉到,这种纷扰和混乱如何厉害地统治着他们,现在流行的所谓哲学如何绝对不能给他们以出路。除了以这种或那种形式从形而上学的思维复归到辩证的思维,在这里没有其他任何出路,没有达到思想清晰的任何可能。”¹⁾

我们认为,今天的金属学和金属物理也正处在这样一种“纷扰和混乱”的局面之中,体系庞杂,分枝林立,概念混乱。许多金属学工作者往往只能在某一分枝或某一分枝的某一方面做些工作,失去“全面观察问题的能力”,成为“分工的奴隶”。

因此,高举辩证唯物主义批判的武器,综合目前对金属结构的认识和描述金属结构的各种理论,应用物质结构层次学说,对金属——这个特定的物质层次,进行辩证唯物主义的研究,冲破资产阶级学者的体系,建立我们自己的金属学和金属物理体系是唯一的出路。

我们是普通的金属学工作者,多年来一直对现有的金属学和金属物理的体系感到不满,特别是无产阶级文化大革命以来,这种感觉更为强烈。因此,决心把这篇不成熟的东西拿出来,尽管文章中可能直观的感受多于理性的判断。但是,我们希望它有可能为冲破资产阶级学者的体系提供一个“突破口”,或成为用辩证唯物主义对

1) 恩格斯,《自然辩证法》,人民出版社(1971), 29。