



马维兴  
(一) 丁亦兵  
陈崇光

## 引言

“夸克”于1964年问世，迄今刚好二十年。在这二十年里，人们对它的兴趣与日俱增。理论家们巧妙地设计了一个又一个模型来描写它，实验家们建造了越来越大的高能加速器来寻找它。然而，尽管理论不断取得进展，新的粒子相继被发现，人们为之一一次又一次的兴奋和激动，但基本粒子家族中这个最重要角色的“庐山真面目”，却充满了神秘的色彩。对于这些谜，众说纷纭，莫衷一是。

前不久，我有幸访问了国际知名学者，高能物理专家M教授，期望

能帮我们解开疑团。M教授热情地接待了我们这些业余爱好者，对我们提出的问题甚感兴趣。他素以深入浅出、通俗易懂地讲述深奥的科学道理而著称。这次亲身体验，果然名不虚传。他谈古论今，滔滔不绝，详细地介绍了有关“寻找夸克”这一问题的历史、现状及未来的展望，使我们茅塞顿开、获益匪浅。值此纪念夸克诞辰廿周年之际，我们把这些谈话整理发表，以飨读者。

谈话是从物质的原子结构这一古老的论题开始的……

### 一、分裂原子

我是在读小学时知道了“原子”的。这是一些基本的、不可再分的粒子，世界上的一切都是由它们组成的。宇宙万物，变化无穷，如此之复杂居然都可以用少数几种组分加以解释，这样简洁的思想，在我看来实在是太聪明了。尽管今天我们在化学课上，写出一个化学式  $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ ，原子性一目了然。但几千年以前，建立原子的观念，全凭猜测和推理。

说来也好笑，当我听说古希腊哲学家中，主张原子

论的只是少数派时，我就断定他们很多人一定都是相当愚蠢的。后来又听说他们如此厌恶实验，以致宁可几天时间争论马有几颗牙，也绝不亲自去检查一下马，这更使我确信了我的看法。我喜欢实验，化学和物理实验课是我上中学时最愉快的时间。

真正把原子论变成科学理论的是道尔顿。尽管有牛顿、莱布尼兹这样的伟大人物支持过原子论，道尔顿当时仍然面对着强大的传统反对势力。

促使道尔顿复活古希腊少数派观点的，是十九世纪初一些最新的化学发现，它们可以归纳为五条定律。

(1) 质量守恒定律：化学反应中，物质的总质量在反应前后不改变。这条定律过去很难得到，因为经常有一种反应物是气体，不用说称气体重量很困难，就是确定它们是否存在都很不容易。例如，人们很长时间并不知道，铁生锈是因为从大气中吸取了氧。

(2) 定比定律：所有纯的化合物样品都是由一些相同的元素以同样的重量比构成的。当时人们已经有了元素和化合物的概念。例如，已经把水分离成了氢和氧，然后让一种气体在另一种气体中燃烧又生成了水。

(3) 倍比定律：如果两种元素化合而得到一种以上的化合物时，那么与一定重量的B元素化合的A元素，它的几种重量或简单的比例关系。氮的氧化物是最好的例子。今天已经知道的有  $\text{N}_2\text{O}$ ， $\text{NO}$ ， $\text{N}_2\text{O}_3$ ， $\text{NO}_2$  和  $\text{N}_2\text{O}_5$ ，五种。如果氧的重量是30个单位，则氮的重量比为 60:30:20:15:12。

(4) 互比定律(或称当量比例定律)：与某一定量元素化合的元素A、B和C的重量就是A、B和C彼此化合时的重量，或者与它们彼此化合时的重量成简单的比例关系。

(5) 给·吕萨克定律：当气体相互作用时，它们的体积成简单的整数比，如果生成物也是气体，那么体积也与它们成简单的整数比。

很明显，如果认为所有的物质都是由相当少的几种元素所组成，元素的基本组元是原子，任何一种元素的原子彼此不可区分，元素不同其原子也不同，但它们都是不可分割、不可破坏的真正的原子，那么，上述这些定律的绝大多数都可以直接得到解释。例如，第一条定律可以从反应前后不可改变、不可破坏的原子数目一样多，而直接推导出来。第二、第三和第四条定律，只要使用现代的化学符号，即可说明，例如水是  $\text{H}_2\text{O}$ ，它意味着有两个氢原子和一个氧原子，而  $\text{H}_2\text{O}_2$ ，只多了一个氧原子就变成了过氧化氢。

给·吕萨克定律给道尔顿带来了一些麻烦。这是因为给·吕萨克认为不论哪种气体，在同温等压条件下，相同体积内含有相同数目的原子。于是，两公升的氢和一公升的氧化合，生成两公升的水蒸汽，这意味着：两个原子的氢和一个原子的氧生成两个原子的水，因

此一个水原子中只能有半个氧原子。道尔顿自己发现了这个矛盾，但他企图绕过这一困难，而简单地宣布给·吕萨克的实验做错了！这一举动，使舆论哗然，因为给·吕萨克是当时公认的最好的实验家，道尔顿却不是。1811年阿伏加德罗引入了分子的概念，认为分子才是构成气体的要素，同体积气体所含的分子数目相同。他的假说被事实所证明，这一段公案才算得了结。

这时，道尔顿的思想已经用到物理学中，特别是用到气体运动论中了。这个理论假设气体是由剧烈地、杂乱无章地运动着的分子所组成的，气体的热能就是分子运动的动能。人们还对碰撞的细节进行了很多讨论，主张理想刚性原子的人逐渐被主张理想弹性原子的人所战胜。最后，麦克斯韦和克劳修斯成功地发展了一套数学理论，不仅很好地解释了气体的性质，而且还做出了许多预言。此后，原子理论终于在科学界得到了普遍的承认。当然，这并不是说，所有的科学家都相信了原子的实在性，或者说他们都变成了原子论者。但确实，绝大多数人都相信，这是一个合理的模型，有相当强的预言能力，也开辟了进一步发展的领域。

然而，由于它要求的是一种理想的弹性的原子，使得这个理论暗示着原子必然是复杂的，而不是简单的、不可再分的、构成一切物质的最基本的组分。另一条线索给出了同样的暗示，这就是为了解释化学的活性性所需要的不同原子种类的数目。古希腊假设的原子只有四种(或者有时是五种)，即：土、气、火和水(或者有时还加上以太)。但当门捷列也夫系统地吧化学元素排列成周期表时，清楚地表明，在“现代理论”体系中至少需要92种不同的原子。做为自然界的基本组分，竟然需要92种，这个数目未免太大了。这使人们更加怀疑，这些原子是不是都是复杂的客体。在19世纪的最后十年中，在一个全新的物理领域，即气体导电的实验研究中，的确证实了人们的怀疑。

气体导电现象的研究依赖技术上的两大进步。其一是能够产生并保持“真空”，这就是说，使一个相当大的玻璃容器里(如一个公升的容积)，气压降低到非常低。其二是能够从一个电源获得足够高的电压(比如几千伏)，而且要得到一个可以测量到的电流。图1画出了曾经使用过的这类仪器的一张草图。抽成真空的容器里装有两个电极，阴极与电源的负端连接，阳极连到正端。如果在阳极上挖一个小洞，就会发现有某种东西穿过小洞后在容器内传播(称为阴极射线)。这时如果在管子的末端涂上一层荧光物质，就会出现一个明亮的小光斑。这种简单的装置就是我们现代电视显象管的雏形。人们发现，这些阴极射线能在磁场中偏转。后来证实，它们就是带负电的粒子流。真空泵用来抽掉管中的气体，然后用塞子把管子封闭。几千伏的电压加在两块金属电极上，图中右边的电极是正极。

阴极射线(电子)从左向右发射。如果在阳极上挖一个小洞，一些电子就可以从小洞中穿过，然后打在用某种荧光材料涂在管子末端玻璃上面而做成的屏上。这个装置就是电视显象管的雏形。

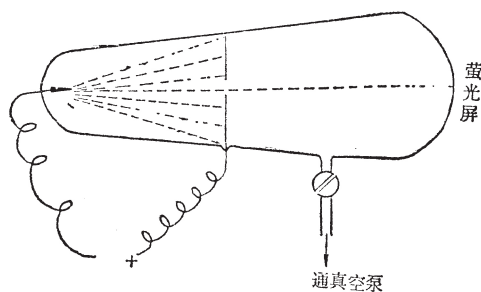


图1 气体放电管示意图

约·约·汤姆逊在剑桥测量了这些粒子的电荷 $e$ 与质量 $m$ 的比。他又测量了充满低压氢气的管子中，沿反向运动的正电荷射线同样的比值 $e/m$ 。正粒子的比值大约是负粒子的 $1/2000$ 。此结果与把氯化氢的氢化物电解得到的结果非常接近。由此，汤姆逊得出了一个正确的结论，即他是同氢原子的两种组分打交道。一种是带正电的粒子，它带有氢原子的绝大部分质量。另一种是电荷大小与正电荷粒子相等，但符号相反的负电荷粒子，它的质量只有正电荷粒子质量的大约 $1/2000$ 。负电荷粒子就是电子。而正电荷粒子后来被人们叫做质子。

这样一台简单的仪器，今天任何一个能工巧匠，只要掌握熟练的吹玻璃的技术就可以制造出来，就是用它分裂了原子。分裂一个原子，有100电子伏就足够了。然而，这比常见的化学反应中每个原子的能量要大得多。

多么奇妙，19世纪初，人们才提出不可分割的原子科学假说，接着得到了科学界的认可，但到19世纪末却证明了，它们并不是真正的“原子”！原子论者感到幸运的是，电子和质子这两种新的粒子出现了，它们肯定是化学“原子”的组分，也很可能就是自然的真正的基本组分，即真正的原子。但它们却只有两种！

(待续)