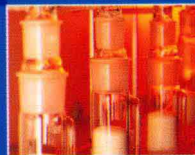
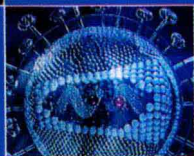


KEXUEMUJIZHE

科学目击者

核能发展

北京未来新世纪教育科学研究所 编



新疆青少年出版社
喀什维吾尔文出版社

科学目击者

核能发展

北京未来新世纪教育科学研究所 编

新疆青少年出版社

喀什维吾尔文出版社

图书在版编目(CIP)数据

科学目击者/张兴主编. —喀什:喀什维吾尔文出版社;乌鲁木齐:新疆青少年出版社, 2005. 12

ISBN 7-5373-1406-3

I. 科... II. 张... III. 自然科学—普及读物 IV. N49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 160577 号

科学目击者 核能发展

北京未来新世纪教育科学研究所 编

新疆青少年出版社 出版
喀什维吾尔文出版社

(乌鲁木齐市胜利路 100 号 邮编:830001)

北京市朝教印刷厂印刷

开本:787mm×1092mm 32 开

印张:600 字数:7200 千

2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月第 1 次印刷

印数:1-3000

ISBN 7-5373-1406-3 总定价:1680.00 元(共 200 册)

如有印装质量问题请直接同承印厂调换

前 言

同仁们常议当年读书之难，奔波四处，往往求一书而不得，遂以为今日之憾。忆苦之余，遂萌发组编一套丛书之念，望今日学生不复有我辈之憾。

现今科教发展迅速，自非我年少时所能比。即便是个小地方的书馆，也是书籍林总，琳琅满目，所包甚广，一套小小的丛书置身其中，无异于沧海一粟。所以我等不奢望以此套丛书贪雪中送炭之功，惟愿能成锦上添花之美，此为我们奋力编辑的目的所在。

有鉴于此，我们将《科学目击者》呈献给大家。它事例新颖，文字精彩，内容上囊括了宇宙、自然、地理、人体、科技、动物、植物等科学奥秘知识，涵盖面极广。对于致力于奥秘探索的朋友们来说，这是一个生机勃勃、变幻无穷、具有无限魅力的科学世界。它将以最生动的文字，最缜密的思维，最精彩的图片，与您一起畅游瑰丽多姿的奥秘世界，一起探索种种扑朔迷离的科学疑云。

《科学目击者》所涉知识繁杂，实非少数几人所能完成，所以我们在编稿之时，于众多专家学者的著作多有借鉴，在此深表谢意。由于时间仓促，纰漏在所难免如果给读者您的阅读带来不便，敬请批评指正。

编 者

目 录

核能的来源·····	1
核力和结合能·····	6
核世界内中子的发现 ·····	13
铀原子核的裂变 ·····	21
科学家的忧虑 ·····	35
人工控制裂变的突破 ·····	42
产生核能的反应堆 ·····	50
原子弹和氢弹的研究 ·····	57
核动力的广泛应用 ·····	74
放射性的应用 ·····	80

核能的来源

从 1932 年发现中子到 1939 年发现裂变,结果经历了 7 年之久才把巨大的裂变能从铀核中解放出来。它同已知的只有几个电子伏的化学能相比要大几百万倍,而同一般的核反应能相比也要大 10 倍左右。科学家们为了能很好利用它,就需要设法找到产生这种巨大能量的根源。

早在发现放射性和放射性核素的初期,人们从贝克勒尔和皮埃尔·居里曾经被镭射线烧伤过皮肤的现象中觉察到,各种射线的确具有很大能量。例如,铀原子核衰变能量要比碳原子化合时所释放的能量大 200 万倍。而人类对各种化学能的应用早就开始了,但对放射能的实际应用却迟迟不得实现。这是由于这些放射能的释放过程非常缓慢,也就是说这些天然放射性核素衰变时的能量释放率太小,故没有开发应用的价值。即使这样,科学家们还是对放射能的来源问题很感兴趣。从唯物主义者

对物质世界的认识论观点出发,各种能量都不能凭空臆造或无中生有,它只能隐藏在物质之中。

当时人们已知原子是组成物质的最小单位,因此很自然地认为放射能是存在于原子内部。那是在 1903 年,当卢瑟福研究了 α 射线的能量后曾经指出:“这些需要加以思考的事实都指向同一个结论,即潜藏在原子里面的能量必是巨大无比的。”所以至今人们仍把放射能叫做“原子能”。

然而,随着核科学的不断发展,在 1911 年,卢瑟福又发现了原子中存在着某一核心部分,即找到了原子核。并从它的特性中知道,原子质量的绝大部分都集中在原子核上。这样,人们就认为原子核中储藏着巨大能量的说法更能反映客观实际。而放射能实际上也就是由于原子核自身发生变化时所释放出的能量。另外,原子能的提法又很容易和化学能相混混淆,所以把放射能称之为“核能”更符合实际情况。

但是,有些唯心论的学者曾经企图从原子核的放射性衰变现象中,作出“物质似乎可以转变为能量”的错误结论。他们认为,在放射性核素的衰变过程中,物质似乎消失了,而能量却无中生有了。然而,随着核科学的迅速发展,很快就驳斥了唯心论者的谬误。这就是在 1905 年,由

杰出的天才理论物理学家爱因斯坦发现了能量和质量关系式后才实现的。他是一个出生在德国,后来先后加入过瑞士和美国国籍的犹太人。他所提出的“狭义相对论”理论不仅能证实能量转变和守恒定律的正确性,而且完全适用于核衰变的过程。根据他对各种运动物体的观察(特别是那些作高速运动的物体)和分析的结果。发现随着物质运动速度的增大,特别是接近光速(每秒 30 万千米)时,运动物质在运动方向上的长度(即由静止观察者所测得的长度)就越来越短;而其质量却越来越大。

根据爱因斯坦的相对论理论,对于高速运动的电子(如阴极射线),它的运动速度已很接近光速,为 260000 千米/秒。此时电子质量可猛增到原来的两倍。这一结果由德国物理学家布赫雷尔在 1908 年直接从实验测量中得到证明,且和爱因斯坦的理论预测值刚好相一致。由此不难看出,能量的增加并不意味着质量的减少。相反实际上物体运动速度加快后,不但能量增加,而且质量也变大。这就驳倒了唯心论者认为放射性现象的发现,物质似乎可以转变为能量的错误说法。微观世界中的这种奇妙现象再次证明了“自然界中的一切运动都可以归结为由一种形式向另一种形式不断转化的过程”和“把能量理解为物质的运动”的精辟见解的正确性。

另外,爱因斯坦在自己论述相对论的论文中,又大胆地用一个非常简单的关系式 $E=mc^2$,把以前一直认为相互毫无关系的、性质也截然不同的质量和能量连结在一起。公式表示了能量和质量间互相换算的数量关系,即质量和能量是互为正比关系的。但这决不表示能量就是质量或能量和质量间相互可以转化。我们知道能量是物质运动的量度,它和物质运动的状态有关,是物质的一种属性;而质量是物质惯性和引力的量度,它也和物质的本性有关,是物质的另一种属性。

例如,我们可从质能公式算得一克质量所相当的能量为九万亿亿尔格。虽然尔格本身是一个很小的能量单位,但是九万亿亿个尔格相加起来相当于把 1000 万吨重的东西提升到 1 千米的高度,或可供一个 100 瓦的灯泡点亮 35000 年。但是实际上人类对这种能量的利用率仅为千分之一左右,所以它是一种威力巨大无比的能源。正是由于这种微小质量与巨大能量在数值上有着天渊之别,才使得人们在自己的科学实验中,很长时期未能发现它们之间的关系。而在一般化学反应中,与释放能量相对应的反应物质量也能稍微减少一点。然而,这个微小的改变,人们几乎觉察不到。如果我们燃烧 1 加仑(等于 3.785 升)汽油,其相当的质量是 2800 克。它在燃烧

过程中与 10000 克左右的氧气化合成二氧化碳和水,并能产生 1.35 亿焦耳的能量,能驱动一辆汽车行驶 25~30 千米路程。但从质能关系式中可看出,这些能量所相当的质量仅比百万分之一克略多一点。这就是说,最初参加化学反应的反应物重量是 2800 克加上 10000 克等于 12800 克。而反应后的生成物包括二氧化碳和水的重量是从 12800 克中减去一个微小量(百万分之一克)。当时,19 世纪的化学家所用的测重仪是量不出这样微小变化的,所以那时科学家们都深信质量是永远守恒的。

核力和结合能

化学反应过程中所释放的能量,主要来源于把原子保持在分子中的力,这种力的大小与原子的外层电子分布结构有关。当两个以上原子合拢在一起组成分子时,各原子的电子云就会发生变化,将组成共同的电子云把分子中的所有原子核笼罩在一起。在此同时并释放出能量,通常称为化学结合能。所以化合物分子的能量总是低于它所包含的各原子能量的总和。

与此类似,隐藏在原子核中的核能,就是起源于组成原子核的核子(质子和中子的统称)之间的很强的作用力。特别是对于那些原子序数高的、质量大的原子核,它们聚拢着为数众多的质子和中子。例如第 83 号元素铋,在核中有 83 个带正电荷的质子和 126 个不带电的中子,总共 209 个核子彼此居然能挤成一团,在核内排列得如此紧密,也不因为质子间的静电斥力而飞散开来。那么核子间到底是由一种什么样的奇异力把它们连结在一起

的呢？

当然，除了由电磁作用所造成的质子之间的静电斥力外，根据具有质量的物体之间的相互作用核子间还存在着万有引力。虽然核子间距离很小，可产生大的引力。但同时我们也知道，质子和中子的质量是那样微小，所以它们之间的万有引力一定是微不足道的，可略去不计。如果核内再也没有其他作用力的影响，那么比万有引力强 10^{37} 倍的电磁力，将使原子核处于极不稳定的状态，这样核内的质子势必因巨大的静电斥力向四面八方飞散开来。然而，事实恰恰相反，各种元素的原子核在自然界中都能稳定地存在着。质子不仅没有随便飞出核外，相反地还和中子紧密地结合在一起，这就意味着核子间必定还有另外一种远比电磁力强得多的吸引力。

由于中子不带电荷，故这种“力”一定不同于既包括吸引力，又包括排斥力的电磁相互作用力。当然更不同于微小的万有引力，而是一种特别强大的短程相互作用力，并被称作为“核力”。它也是目前所知的最强大的作用力，这种强相互作用也叫做第三种相互作用。虽然人们对其作用过程还不十分清楚，但核力本身却有着许多很明显的特性。

首先，它比电磁相互作用强 130 倍左右。而且核力

是必须在很小的距离内才能起作用的短程力。随着核子间距离增加,核力将迅速减弱,一旦超出核半径,核力就很快下降到零。但是万有引力和电磁力都是长程力,它们的强度都随着距离的增加而减小,即和距离平方成反化。如能把地球和太阳之间的距离增加 10 倍,那么万有引力就下降到原来的百分之一。所以即使相隔数百万千米,仍然可感受到万有引力和电磁力的作用,而决不会下降到零。

其次,除氢核仅由一个质子组成外,其他核中都包括质子和中子。核力不仅存在于质子间,而且在中子间或中子和质子间都有核力存在,它们所表现的性质也基本相同。此外,从它们之间的结合能进行分析比较,发现它们的数值几乎是相等的。由此可得强大的核力近似和电荷无关。

最后,核内所有核子之间并不是都有核力相互作用的。也就是说在核中,某个核子只与相互邻近的数目有限的几个核子之间存在着核力的作用。而与那些远离的核子之间不发生任何作用,这种现象被称为核力的饱和性。相比之下,库仑力的范围就要大得多,而且也不受带电粒子数的限制,故是一种不会饱和的长程力。

当然,如果假设核力不存在饱和性,这样由于核子间

强相互作用,使得核子数多的原子核,核子间的排列就更紧密。也就是说,质量数越大的核,其单位体积内聚拢的核子数也越多。这样就和前面所述,原子核单位体积中的平均核子数与质量数无关的结论发生矛盾。由此可知,核力确是具有饱和性的。

此外,核力与核子的自旋等也有关。但是核力的性质至今尚未完全搞清,这是有待于核科学家们继续解决的难题。然而值得注意的是,对核质量作精确测定时,发现它总比核所包含的质子和中子质量之和要小。这就表明,单个核子的质量和要比多个核子结合成核的质数致大。即由于核子间强大的核力作用,迫使核子间排列得很紧密,结果发生了质量减小的现象。为此,核科学家把核子结合前后的质量差值,称作谓核的“质量亏损”。例如,氦核是由4个核子(2个质子和2个中子)所组成,2个质子的质量加上2个中子的质量 $2 \times 1.007875 + 2 \times 1.008665 = 4.032980 \mu$,而质谱仪测得的氦核质量为 4.002603μ ,这样结合前后的质量亏损 $4.032980 - 4.002603 = 0.030377 \mu$ 。

根据爱因斯坦的质能公式,把氦核的质量亏损换算成能量为28.30电子伏。就单个氦核而言,此数值可能很小。然而,我们如能形成1克氦,则所释放的能量将大

得惊人,相当于 190000 千瓦小时电能。

后来,人们通常把这种由核子结合成原子核时所放出的能量叫做核的总结合能。它随原子核中的核子数不同而不同,即核子数越多,则核的总结合能也越大。另外,为了便于对各种原子核的结合能进行比较,往往采用每个核子的平均结合能更为有利,有时也称它们比结合能。

在科学家们利用质谱仪对各种元素的核质量精确测定后,就能方便地从质量亏损计算出不同核的总结合能。发现它们随着核子数的增加,总结合能也不断增加。如果把质量数作为横坐标,而纵坐标为对应的比结合能,就可得到核的比结合能曲线。

显然由单个核子所组成的氢核(一个质子),其结合能为零。而质量数低于 20 的核,它们的比结合能变化比较复杂,并出现了几个值得注意的峰值。其中氦、碳、氮和氧的比结合能峰值分别为 7.08、7.69、7.48 和 7.98 兆电子伏。相反锂和重氢(氘核)的比结合能都很小,分别为 5.34 和 1.12 兆电子伏。随着质量数的增加,在 40~100 之间的最大比结合能约为 8.7 兆电子伏。当质量数再大时比结合能又逐渐下降,直到铀核以后降为 7.6 兆电子伏左右。此现象也证明了核力的饱和性。

随着核内核子数的改变,各种原子核结合的紧密程度是不一样的,这可从它们不同的比结合能上反应出来。由此可得出两种利用核能的途径:

一种是核分裂法或称核裂变法,即把比结合能比较小的重核,设法分裂成两个或多个比结合能大的中等质量原子核,即可释放出核能。

例如,将铀核用中子轰击裂变成钡和镭。裂变前铀核的比结合能为 7.6 兆电子伏,而裂变后的中等核,其比结合能为 8.5 兆电子伏,两者相差 0.9 个兆电子伏,而铀核有 235 个核子,则总的能量差值就为 200 百万电子伏左右。实际上铀核裂变时,还要放出 2~3 个中子,除去这部分能量后,即可得 200 兆电子伏左右的裂变能。

这就是 1939 年,梅特涅和她的侄子弗里施等人一起发现的铀核裂变现象,并测得 200 兆电子伏左右的裂变能。

另一种核能利用途径是合成法或称聚合法,即把比结合能较小的轻核,例如氘和氚,在特定的条件下把它们聚合成一个比结合能比较大的氦核,此时也可释放出比裂变能还要大几倍的能量。这种核反应过程通常称为聚变反应,由于它需要在几千万摄氏度温度的条件下才能实现,故又称为“热核反应”。

这种反应的实际例子是在 1938 年,分别由德国出生