

原子能基礎知識

中國物理學會成都分會編
四川人民出版社

原子能基礎知識

中國物理学会成都分会編

四川人民出版社

原子能基礎知識

中國物理學會成都分會編

四川人民出版社出版

成都狀元街20號

四川省書刊出版業營業許可證出字第一號

四川省新華書店重慶發行所發行 四川人民印刷廠印刷

開本787×1092毫米 1/32 • 44頁 • 2 1/2印張 • 65,000字

1959年10月第一版 1959年10月第一次印刷

印數: 1—2,000 定價: (5) 0.23元

統一書號: T 13118 • 11

前 言

从1954年6月世界上的第一座原子能發電站在苏联开始發電的时候起，人类才真正的進入原子能时代。在原子能和平利用上，苏联在短短的时间里，就已經取得極其輝煌的成就，并繼續向着原子能科学技術的高峯迈进。在我國社会主义建設全面大躍進的高潮中，在苏联政府無私的帮助下，我國第一座實驗性原子反应堆已于去年6月开始運轉。同时，我國第一座迴旋加速器和自制的靜电加速器也已建成。这些偉大的成就，标志着在党的正确領導下，我國的尖端科学技術已經取得巨大的成績，向偉大的原子能时代進軍的号角响了！

苏联和平利用原子能科学技術展覽會曾在北京、上海、廣州展出，現在又來到成都，這对我國原子能科学的普及和提高都無疑地起着很大的推动作用，从而对我國偉大的社会主义建設發生深遠的影响。我們热烈欢迎展覽會在成都的展出，并願意乘这个机会努力學習苏联关于原子能的科学技術知識。

原子能的利用在世界範圍內存在着兩条道路的斗争。一方面是以美國为首的帝國主义國家，它們千方百計地發展原子武器，使寶貴的科学研究成果为战争服务，妄想壟斷原子秘密，妄想以原子作为詭詐的手段和战争工具，威脅世界和平，毀滅人类文明。到目前为止，帝國主义陣营还没有死心，还在頑固地反对禁止試驗原子武器。因此，我們还必须坚决反对战争狂人所堅持的罪惡道路，为爭取永远禁止試驗和使用原子武器而斗争。

另一方面，以苏联为首的社会主义國家也非常重視發展原子能科学，但發展的目的剛剛和帝國主义國家相反，是为人类幸福美好的生活服务，为和平服务。这一崇高偉大的理想鼓舞着千百万原子能科学工作者長期辛勤地劳动，使原子能科学技術的成就从一个高峯达到另一个高峯，研究所得成果大大超过帝國主义國家。苏联就是和平利用原子能的光輝典范，我國也遵循着这一正确的道路。

但是，掌握和發展原子能科学技術并不是一件簡單的事情，它需要動員組織大量的人力和物力，進行細致复雜的工作。尤其需要發動廣大羣众动脑、动手，掌握一定的科学技術知識，使專家与羣众相結合，在普及的基礎上提高。編寫這本書的目的，就是配合苏联和平利用原子能科学技術展覽会在成都的展出，帮助廣大羣众學習有关原子能科学技術的一些物理基礎知識，为繼續鑽研專門性知識打下初步的基礎。

本書为了适合廣大羣众的需要，取材上力求通俗，并且尽量避免教学公式和一些專門術語。因此，可供初中程度和初中以上程度的讀者閱讀，特別可供有关普及原子能科学的科技工作者参考。本書先介紹一些必要的物理基礎知識，接着介紹獲得原子能的方法，再講有关利用原子能的加速器和探測器，最后介紹同位素应用的原理和射綫的防护以及和平利用原子能的远景。內容上，偏重于物理上的一般解釋，对于很多細節和高深的專門知識就很少涉及。

由于編寫的时间匆促，在內容上可能有不当之处，希讀者批評、指正。

中國物理学会成都分会

1959年9月

目 錄

前言	(1)
一、原子、能	(1)
(一)分子和原子	(1)
(二)原子的結構	(4)
(三)能的意义	(8)
二、原子核	(11)
(一)天然放射現象和中子的發現	(11)
(二)原子核的組成	(18)
(三)核反应和人为放射	(15)
三、原子核能的釋放	(20)
(一)釋放原子核能的兩条途徑	(20)
(二)核的裂变和反应堆	(26)
(三)核的聚变和热核反应	(33)
四、加速器	(37)
(一)轟击原子核的大炮和炮彈	(37)
(二)加速器是怎样工作的	(39)
(三)各种类型的加速器	(43)
五、探测器	(54)
(一)基本原理	(54)
(二)电离室型探测工具	(55)
(三)脈冲探测工具	(59)
(四)照相乳膠法	(64)

(五) 云雾室.....	(64)
六、放射性同位素的应用及其原理.....	(66)
(一) 利用放射线的穿透性质.....	(68)
(二) 利用放射线的电离本领.....	(71)
(三) 利用放射线的生理效应.....	(72)
(四) 利用放射线作示踪原子.....	(73)
七、放射线的防护.....	(76)
(一) 放射线对人体的作用.....	(76)
(二) 体外照射的防护.....	(76)
(三) 体内照射的防护.....	(78)
(四) 射线监察器和废物处理.....	(79)
八、原子能和平利用的远景.....	(81)

一、原子、能

(一) 分子和原子

“原子能”這一名詞，更準確的說法應該是“原子核能”。要了解原子核，我們必須從分子和原子談起。

世界上所有的各種各樣的东西，看起來形形色色、千變萬化，然而只要詳細考查，就知道這許多东西中，有一些由單純的一種物質組成，而不是由幾種物質混合起來的，如水、食鹽、氧氣、氫氣……等；有一些是由幾種不同的單純物質混合起來所組成的，如空氣是由氧氣、氮氣等混合起來的，食鹽的水溶液是由食鹽和水混合起來的。混合組成的物質我們可以設法分成單純的物質，如空氣能分成氧、氮等氣體，食鹽的水溶液可以分成水和食鹽。單純物質在組成混合物質後，仍然保持着單純物質原來的性質，如氧氣能幫助燃燒，空氣也能幫助燃燒；鹽是鹹的，鹽水也是鹹的等等。

通過進一步的研究，我們又發現許多單純的物質還可分成其他更基本的物質，不過分出來的基本物質的性質和原來單純物質的性質已經不同了。這種基本的物質就稱為元素。全世界所有的元素並不多，現在知道的有102種。例如水可分為氧元素和氫元素，食鹽可以分為氯元素和鈉元素等。在一般情況下，氧和氫都是氣體，但由氧和氫化成的水却是液體。氯和鈉對於人都有毒，但由氯和鈉化成的鹽却是我們食物中不可缺少的東西。可見元素的性質和由它們化合而組成的物質的性

質之間可以有很大的不同，這種變化稱為化學變化。

前面已經說過，水是單純的物質。一杯水可以分成兩份、三份、四份……，甚至分成千千万萬個小水滴，每一份或每一個小水滴都具有水的一切性質。小水滴還可分為更小更小的水滴，這樣從表面上看好像可以無限制地分下去，但事實上是有一定限度的，超過這一限度，再分就會變成大不相同的東西了。組成單純物質的最小單位叫做分子，水的最小單位是水分子。水的分子和水有同樣的性質，食鹽的分子和食鹽有同樣的性質。但是，如果把一個水分子再分，那麼就會得到兩個氫原子和一個氧原子（原子是組成基本物質的最小單位），它們的性質和水分子的性質就大不相同了；同樣，食鹽的分子可再分為氯原子和鈉原子，它們的性質也和食鹽分子的性質大不相同。

分子和原子都是非常小的，不僅憑肉眼看不見，就是用普通的顯微鏡也看不見，只有用放大幾十萬倍的電子顯微鏡才能看到特別巨大的蛋白質分子。雖然它們這樣小，但我們還是有辦法測定它們的大小和質量。一般的分子和原子的大小只有一厘米的一億分之一左右，也就是說要一萬萬個原子排成一條綫才有一厘米長（見圖1）。特別巨大的分子是由很多原子構成的，它的大小也不過是十萬分之幾厘米。

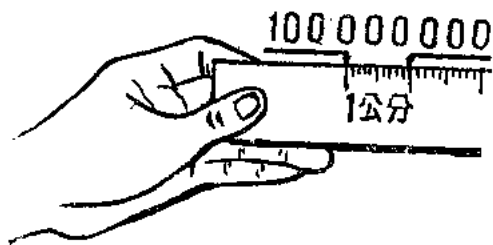


圖1 原子很小，1公分可以排列1億個原子。

原子的質量隨各種原子而不同，最輕的原子是氫原子。一

一个氢原子的质量是 0.000,000,000,000,000,000,000,001,673 克,或简写作 1.673×10^{-24} 克(注1), (一克是一公斤的千分之一) 也就是说要一亿亿亿个氢原子才有一克多重。天然存在的最重的原子就是我们常常提到的铀原子, 它的质量大约是氢原子质量的二百三十多倍。

因为原子的质量很小, 用克来做单位很不方便, 最好用“原子称原子”的办法, 就是选定一种原子作为标准, 用它来标记其他原子的质量。由于氧的化合物很多, 多数元素都可以和氧直接比较, 而氧原子的质量大约是最轻的氢原子的质量的十六倍, 所以我们就以氧原子的质量的十六分之一为标准, 定为 1。其它原子的质量是这标准的多少倍, 就说它的原子量是多少。例如氢的原子量是 1.008, 氧的原子量当然就是 16, 铀的原子量就是 238.07 等等。

自然界中的约一百种元素的性质各不相同。例如, 在一般情况下, 氢、氧、氮等是气体, 汞(水银)是液体, 碳、铀等是固体。又如氢、氧、氮、碳等是非金属, 汞、铀等是金属。又如钠、氧、碳等很容易同其他元素化合, 氮、氩等就根本不能同其他元素化合(称为不活泼元素)。这些相差很大的性质有什么规律呢? 伟大的俄国科学家门捷列夫天才地发现了一个规律, 叫做元素周期律。就是说, 按元素的原子量顺次排列起

(注 1)

$$\frac{0.000,000,000,000,000,000,000,001,673}{1,000,000,000,000,000,000,000,000} = 1.673 \times \frac{1}{10^{24}}$$

简写作 1.673×10^{-24} 。 10^{24} 表示 1 以后带有 24 个 0, 10^{-24} 表示 10^{24} 分之一。在原子世界里, 所牵涉到的数值常常很小, 用普通小数点后加 0 的办法来标记很不方便, 故时常用这种办法。例如前面讲分子的大小时提到过的 1 亿分之一厘米, 即 0.000,000,01 厘米, 可写作 10^{-8} 厘米。

來，除個別的需要顛倒外，各種化學性質類似的元素就會有規律地出現。他根據這一規律制定了元素周期表。周期是經過一段時間又重複出現的意思。如星期一、星期二……星期天，再到星期一、星期二……星期天，我們就說七天一個周期。不過元素的周期性不是這樣簡單，如第一周期有兩個元素，第二、三、四、五……周期順次有 8、8、18、18……個元素等等。

（見圖 2：門捷列夫元素周期表）

在周期表中，對每一個元素都列出兩個重要的數字，一個是表示元素在表上排列的次序的號數，叫原子序數或原子號數。例如第一、第二、第十三、第九十二個元素分別是氫、氦、鋁、鈾，所以氫、氦、鋁、鈾的原子序數分別是 1、2、13、92。另一個數字表示原子量，如氫、氦、鋁、鈾的原子量分別是 1.008、4.003、26.98、238.07 等。原子序數當然是整數，原子量除少數外大多數都近於整數。如 1.008、4.003、238.07 分別比 1、4、238 稍大一點；26.98 比 27 稍小一點；但相差都是很小的。原子序數和原子量與元素的化學性質和原子的物理性質都有極其密切的關係。

（二）原子的結構

五、六十年以前，人們總是認為原子是物質世界的最小粒子，以為它無論如何都不能再分割了。直到發現了比原子更輕得多的電子，才認識到原子是由帶正電和帶負電的更小的粒子構成。原子的構造是很複雜的。

我們知道任何物質都可以帶電，在適當條件下任何元素的原子都可以放出電子。電子是帶負電的很輕的粒子，它的質量只有氫原子的質量的 $\frac{1}{1840}$ （圖 3），它的電量只有 4.8×10^{-10} 靜電單位。（兩個相等的電荷，在真空中相距 1 厘米，若它們之

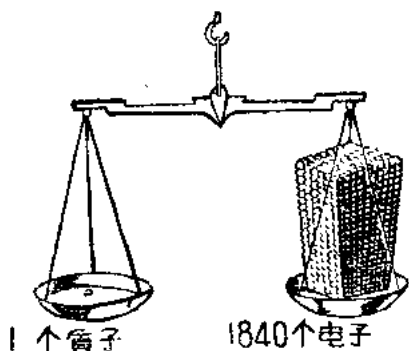


圖3 原子的質量約比电子重1840倍

間的相互作用力等于一达

因，即 $\frac{1}{981}$ 克重时，它們

所帶的电量就各为一靜电單位。)任何物質在正常情形下是不帶电的；如果它所含的电子比平常多了，就表现为帶負电；如果它所含的电子比平常少了，就表现为帶正电。电子

在物質內的流动就表现为电流。电子的电量和质量小到什么程度，我們可以从一个例子看出：一盞25瓦的电灯的鎢絲中，在电灯开亮时每秒鐘就有將近一百億個电子通过，而这許多电子合在一起还不到十億分之一克重。

电子既是各种原子的共同組成部分，但电子帶負电，原子平常不帶电，所以原子中必定还有帶正电的东西。經過詳細研究的結果，知道这种帶正电的东西比原子小得很多，但它的質量却和原子的質量差不多。这个帶正电的小粒子構成原子的核心，就称为原子核。实验測定的結果表明：各种原子的原子核的半徑大約在 10^{-13} 厘米与 10^{-12} 厘米之間。这就是說，如果原子核能够一个靠一个緊密地排起來的話，那么要一万个左右的原子核排成一条綫才有原子的半徑那么長。如果把原子核当作櫻桃，那么原子的大小就有一座200公尺高的大厦那么大（見圖4）。

用各种方法測定原子核电量的結果，發現了一件重要的事实：每种元素的原子核所帶的电量剛好是电子电量的整數倍（当然正、負不同），这个倍數叫原子核的“电量數”。这个电量數，剛好就等于該元素在門捷列夫周期表上的原子序數。

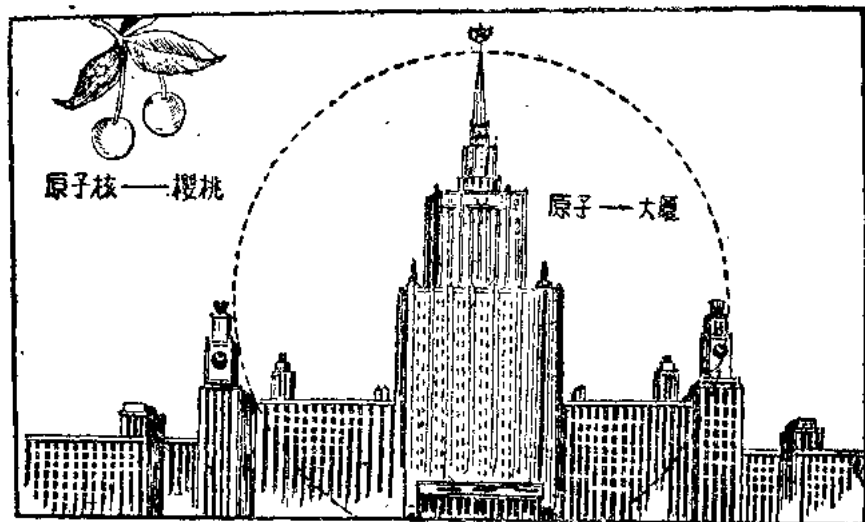


圖4 原子核与原子大小的比例

例如氦的原子序数是2，氦原子核的电量数也是2，即氦原子核所帶的电量是电子电量的兩倍（但符号相反）。这样一來，事情就很清楚了，設以 Z 代表某元素的原子序数，并且用电子的电量作电量的單位，那么这种元素的原子，就是由一个帶正 Z 电量的原子核（即原子核的电量数为 Z ）和 Z 个电子所組成。这 Z 个帶負电的电子不能是不动的，否則就会被帶正电的原子核吸引而合在一塊。所以电子必然繞着原子核轉动，正如太陽系里的行星繞着太陽旋轉一样。例如，原子序数为1的氫原子，具有一个帶正1电量的原子核，周圍有一个电子繞着原子核旋轉；原子序数为92的鈾原子，却有一个帶正92电量的原子核，周圍有92个电子繞着原子核旋轉。这样，每个原子就好象太陽系似的，中心是一个小而重的、質量和整个原子的質量几乎相等的帶正电的原子核，原子核是由质子和中子組成的，在它的周圍有若干个小而輕的、帶負电的电子繞核旋轉。原子

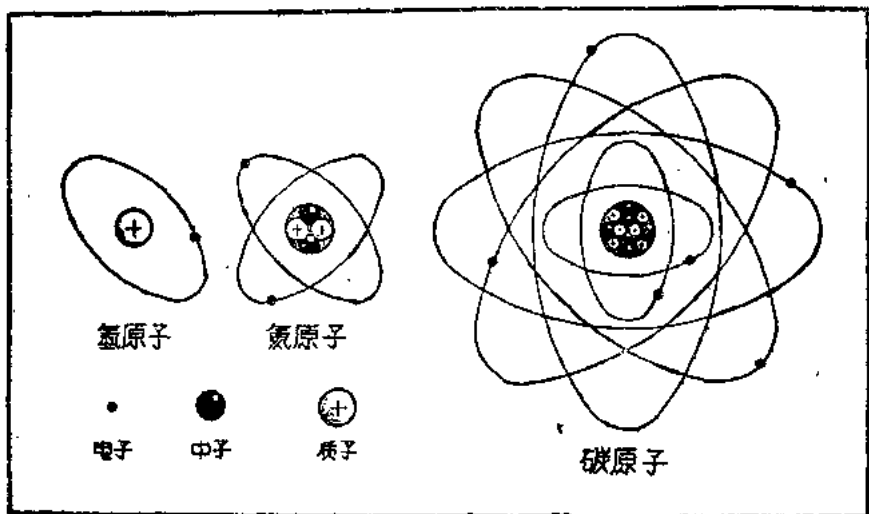


圖5 原子的結構

核的电量数和周圍电子的数目，都等于原子序数。（見圖5）

至于核外电子在什么样的軌道上旋轉；有的原子有很多个电子，它們究竟怎样排列；以及它們和元素的化学性質有什么关系等，这些問題經過詳細的研究，其結果是这样的：原子核外圍的电子都有一定的軌道，有的是圓形，有的是橢圓形。这些軌道分成好几層，每一層都有几个軌道，每个軌道上最多只能有一个电子。最里面的一層最多只能有两个电子，第二層最多可以有八个电子，第三層最多可以有十八个电子。愈到外面，可以容納的电子就愈多，但是最外一層却有嚴格的限制，最多只能有八个。这样的原子模型，可以很完滿地解釋元素的周期律。化学变化和原子深处的电子沒有多大关系，只有最外層的电子的位置和运动發生变化。因此，原子最外層电子的多少就基本上决定了原子的化学性質。

(三) 能的意义

要進一步了解原子核的結構和原子核能的問題，還必須先了解能的意义。

物体做功的本領叫做物体所具有的能或能量。在实际生活中，处处需要做功，因此在人們面前就提出了物体在什么情况下能够替我們做功的問題。流动着的水冲在水磨的輪子上，能够使它轉动，輪子的轉动帶动了磨盤，这样流水就作了功。凡是运动着的物体都具有能量，这种能叫做动能。物体运动速度減慢时，它所儲存的动能就釋放出來作功。不但运动着的物体能够作功，就是物体从高处落下來的時候，它的速度逐漸加快也能作功。这种由位置变动而產生的能量叫做势能。例如，把打樁的夯举起，然后讓它落下打到樁上，就是利用势能作功。

为什么在高处的物体会会有势能呢？这是因为地球有吸引力的緣故。大地吸引着物体，因而把物体举高的時候，人們必須反抗地心引力而对物体作功，这样物体的势能便逐漸增大；当它落下來的時候，釋放出來的势能便能替我們做功。同样的道理，任何有互相吸引力的兩個物体，如果把它們分开，都需要反抗它們之間的吸引力而对它們作功，随着距离的增加，它們之間的势能也逐漸增加；当它們重新移近的時候，这种势能便被釋放出來作功。相反地，把任何兩個互相排斥的物体（如帶相同电荷的兩個物体）移近的時候，我們也必須反抗它們之間的排斥力而对它們作功，因而随着距离的減小，它們的势能也逐漸增加；当它們重新离开的時候，这种势能便被釋放出來作功。

除了势能之外，还有热能。蒸汽膨脹可以推动机器作功。

如蒸汽机就是利用蒸汽膨胀而做功的。在这种情形下，即使物体外表没有运动，没有动能或势能被释放出来，只是温度由低变高，物体也能做功。所以物体在温度高比温度低时具有更多的能量。这种能称为热能。热能虽然不是整个物体的外表的动能或势能，但它确是组成物体的分子之间的势能和动能。我们知道分子是不停地运动着的，同时分子与分子之间互相有作用力。气体容易飞散，液体可以蒸发，固体能较长久地保持一定的外形，这些性质就是由于分子运动和分子之间吸引力两者的强弱对比不同而产生的。固体加热可以变为液体，液体加热可以变为气体，这就说明物体的热能实际是分子的动能和势能的总和。

烧煤可以生热，可以使蒸汽机做功，所以在燃烧时有能释放出来。煤的燃烧是煤中的碳和空气中的氧化合成二氧化碳，这是一种化学反应。可见在化学反应中也可以释放出能来，这种能就叫做化学能。有的化学反应是吸收能的，例如，需要加进能量才能把二氧化碳分解成氧和碳。

为什么在化学反应中能够放出能量或吸收能量呢？我们已经知道原子是由原子核和电子组成的，电子绕着原子核旋转，这些电子分布在不同的层中，有的层靠近原子核，有的靠外些，这些层叫壳层。当发生化学变化的时候，内层的电子是没有多大变动的，但外层电子则引起重新排列，因而它们的位置和运动发生变化，于是它们的势能和动能也就发生了变化了。可见化学能的来源，实际上是组成原子的外层电子的势能和动能发生变化的结果。

除了上述的动能、势能、热能、化学能以外，还有其他形式的能，如光能、电能和原子核能等等。这种种能量在自然界中不停地从一个物体传到另一个物体，或是从一种形式转变成另一种形式。在转变过程中，一个物体损失了能量，另一个物

体便必然獲得了能量；势能減少，动能便增加；化学能減少，热能便增加；一处減少能量，另一处便必然增加能量。总之，能量的总和总是不变的。这就是能量的守恒和轉換定律，是自然科学中最重要最根本的規律之一。在原子現象的討論中，一般采用的量度能量的單位是电子伏特。1电子伏特就是1个电子經過1伏特电势差的作用时所獲得的动能，它的大小是 1.6×10^{-19} 尔格。我們举出几种能量的大小程度，可以看出各种能量的經濟价值。每一个分子的热能大約是1/10电子伏特，每一个原子参加化学反应时所釋放出來的化学能大約是几个电子伏特，在后面將要談到的每一个原子核参加核反应所能釋放出來的原子核能，將是若干个百万电子伏特，从这一点就可以估計出原子能的巨大了。