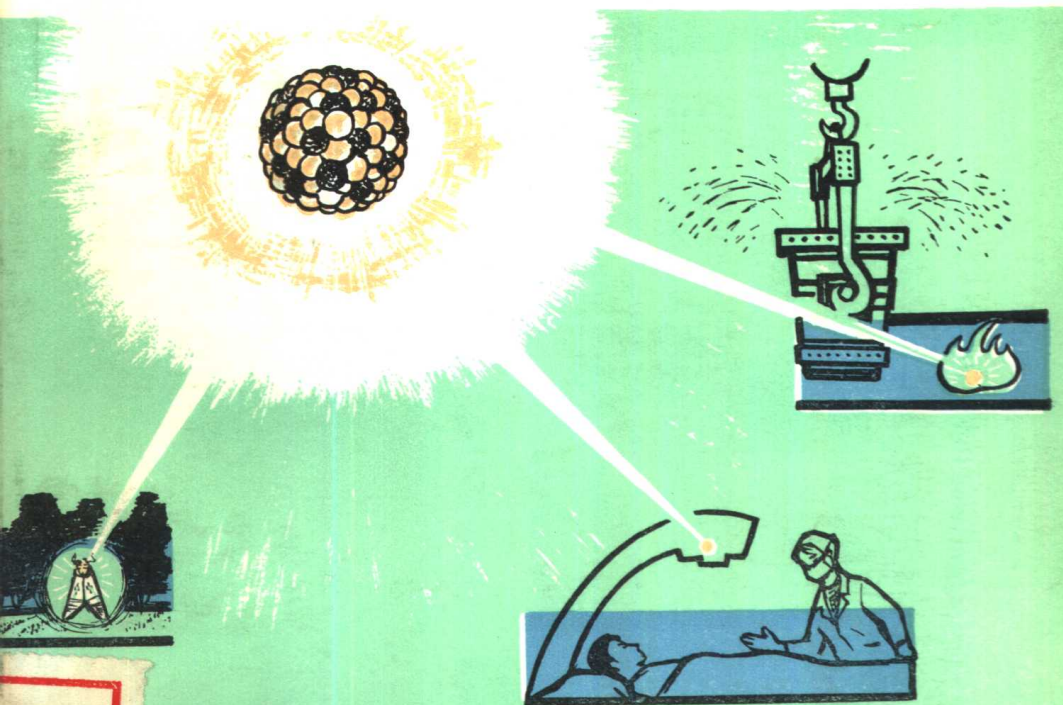
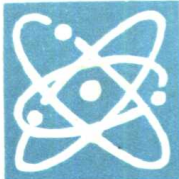


自然科学小丛书

放射性同位素的应用



北京人民出版社



自然科学小丛书

放射性同位素的应用

刁 国 平

北京人民出版社

自然科学小丛书
放射性同位素的应用

刁 国 平

北京人民出版社出版
新华书店北京发行所发行
北京印刷三厂印刷

787×1092毫米 32开本 2.125印张 30,000字

1975年8月第1版 1975年8月第1次印刷

书号: 13071·83 定价: 0.19元

毛主席语录

我们必须打破常规，尽量采用先进技术，在一个不太长的历史时期内，把我国建设成为一个社会主义的现代化的强国。

人们为着要在自然界里得到自由，就要用自然科学来了解自然，克服自然和改造自然，从自然里得到自由。

1966

编 辑 说 明

为了帮助广大工农兵和青少年学习自然科学知识，更好地为社会主义革命和社会主义建设服务，我们编辑了《自然科学小丛书》。

这套小丛书是科学普及读物，它以马克思主义、列宁主义、毛泽东思想为指导，用辩证唯物主义和历史唯物主义的观点，结合三大革命斗争实践，介绍自然科学基础知识。在编写上，力求做到深入浅出，通俗易懂，适合广大工农兵和青少年阅读。

由于我们水平有限，又缺乏编辑科学普及读物的经验，难免有缺点和错误，恳切希望广大读者批评指正。

目 录

前 言	(1)
一 放射性同位素的特性和制备	(3)
什么是放射性同位素(3) 放射些什么?(5) 怎么变的?(6) 强度、半衰期(8) 怎样得到的?(9)	
二 放射性同位素在农业上的应用	(13)
示踪原子(14) 示踪原子与农药残毒(16)	
怎样合理施肥(17) 辐射育种(18) 刺激增产和食品贮存(19) 防治害虫(21)	
三 放射性同位素在工业和其他部门中的应用	(22)
测厚仪、密度仪、快速分析仪(22) 揭开地下埋藏的秘密(26) 静电消除(28) 中子活化分析(29) 新型的“催化剂”(30) “永久”发光粉(32) 新型的电池(33) 可靠的“侦察员”(35) 机械磨损的测定(37) 跟踪追击(38) 考古钟与地质钟(39)	
四 放射性同位素在医学上的应用	(42)
与癌症作斗争的新武器(42) ^{131}I 碘在甲状腺中的妙	

用(44) 脏器肿瘤的诊断(46) 诊断肝癌的新方
法(49) 筛选药物的好工具(51)

五 射线的防护(53)

六 结束语(56)

附录(57)

常用放射性同位素表

化学元素周期表

前 言

七十八年前的一八九六年，也就是发现X光一年以后，发现了一种奇怪的现象：铀矿石能够不断地自发地放出一种肉眼看不见的射线，它能使包在黑纸里面的照相底片感光。不久以后，人们又发现了镭能放出比铀更强的射线。我们把这种物质能自发地放出射线的性质叫做放射性。

天然放射性的发现拉开了原子时代的序幕，使人类的认识深入到微观世界——原子核中去。

人们在研究镭的性质的时候，发现“镭射线”可以治疗肿瘤和某些皮肤病，于是医学上便很快地建立了用镭治病的新方法。但由于镭的提炼困难，价格昂贵，限制了它的进一步推广应用。

“在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。”一九三四年，有人用速度很高的氦核轰击铝时，发现铝变成了放射性同位素磷，从此找到了人工制备放射性同位素的方法，使人们不再完全依

靠天然放射物了。

随着加速器、原子反应堆的建成，为人工放射性同位素的大规模生产创造了有利条件。目前，用人工方法制备出了一千多种放射性同位素，它们在农业、工业、医学和科学研究各个部门都获得了非常广泛的应用。

放射性同位素的应用是原子能应用的一个重要方面，是世界近二、三十年发展起来的一项新技术。它可以帮助人们了解物质运动变化的规律，分析测定物质的特性，改变某些物质的性质，而且具有准确、迅速、使用方便等优点，所以越来越引起人们的重视。

遵照伟大领袖毛主席关于“独立自主、自力更生”的教导，从一九五八年，我国广泛地开展了放射性同位素应用的研究工作。十几年来，特别是无产阶级文化大革命以来，广大工农兵群众和科学技术人员批判了刘少奇、林彪一类骗子散布的“洋奴哲学”、“爬行主义”等反动论点，开展了群众性的科学实验活动，获得许多可喜的成果。

那么，什么是放射性同位素？它是怎样制备的？它又是怎样在农业、工业、医学和科学技术各种领域中发挥作用的呢？

一 放射性同位素的特性和制备

什么是放射性同位素

我们知道，一切化学元素的原子核，无论是“懒惰”的氦，还是“活泼”的钠，也无论是贵重的金，还是气态的氟，它们的原子核都是由质子和中子组成的。

就拿常见的碳元素来说，含量最多的碳原子核是由六个质子和六个中子组成。质子数和中子数的总和叫做质量数，一般写在元素的左上方，有时候还在左下方标上元素的原子序数。如 $^{12}_6\text{C}$ ，12是它的质量数，而6是碳的原子序数。

人们还发现，在同一元素全部原子的原子核里，质子数都相同，可是中子数并不一定相同。例如，我们最熟悉的氢，就有三个“孪生兄弟”，在它们的原子核内质子数都是一，但中子数目各不相同（图1）。第一种氢核里没有中子，这就是通常所说的氢，写为 ^1_1H 或者 ^1H ；第二种核里有一个中子，叫做重氢或者简称

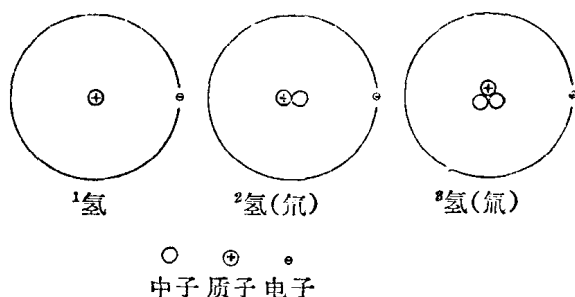


图 1 氢的同位素

氘，写为 ^2H 或者 ^2H ；第三种核里有两个中子，叫做超重氢或者简称氚，写为 ^3H 或者 ^3H 。象这种原子核里的质子数相同，而中子数不同的原子，因为它们属于同一种元素的原子，在周期表中占着同一个位置，所以叫做同位素。同位素一词原义是在“同一位置”的意思。各种元素都有同位素，目前知道的同位素约有一千五百余种。

由此可见，同一种元素的同位素，它们的化学性质是基本相同的，而不同的只是相差几个中子，但是可不能小看这点。正是由于这点差别，使其原子核性能相差很大。譬如，在氢的三种同位素中， ^1H 和 ^2H 原子核是稳定的，叫稳定性同位素，在自然界中，多数是这一类同位素。而 ^3H 原子核就不然，它不稳定，会自发地从原子核里向四面八方放出射线，然后变成另一种同位素 ^3He 。这 ^3H 就是我们所要介绍的放射性同位

素。

放射些什么？

放射性同位素所放出的射线常见的有 α 、 β 和 γ 三种。

那么， α 、 β 、 γ 射线究竟是些什么东西呢？

通过电磁场对放射性辐射作用的研究，人们发现：

α 射线是一种带正电的粒子流，也就是氦原子核流，因此带两个单位正电量；穿透能力很小，一张纸便可以将它挡住，但电离能力很大，在穿过空气时能使空气变为导电体。

β 射线是高速运动的电子流。它有两种：一种是我們常说的电子，叫 β^- ；另一种是带正电的正电子，叫 β^+ 。 β 射线的穿透能力比 α 射线强，它可以穿过一张纸，可是不太厚的有机玻璃便可将它挡住。和 α 射线一样， β 射线也能使空气变成导电体，不过电离能力不及 α 射线。

γ 射线是一种波长很短、肉眼看不见的电磁波，它不带电。 γ 射线的性质与X射线很相似，不过 γ 射线的能量高，穿透能力很强，要挡住它，需要很厚的铅板，而它的电离能力最小。

人们要问，放射性同位素在变化时是否都能放出所有这三种射线呢？

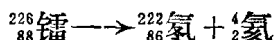
不一定。放射性同位素在变化时，往往只能放出其中的一种或两种。如 ^{32}P 只能放出单一的 β 射线；而 ^{60}Co 则放出 β 和 γ 两种射线。

怎么变的？

为什么同位素有的稳定有的不稳定？原因很多，一般地讲，取决于原子核里质子数与中子数的比例。在稳定的核内，质子数和中子数有一个最恰当的比例范围。

如果原子核里核子过多，其结构松散，常常会自动放出 α 射线。这就是 α 射线的来源。放出 α 射线后，即衰变为原子序数减去2，质量数减去4的另一元素的原子核。

例如， $^{226}_{88}\text{Ra}$ 镭放出 α 射线后变为 $^{222}_{86}\text{Rn}$ 氡，其衰变过程可以写成：

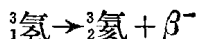


^4_2He 就是 α 粒子。

有一些元素的原子核，因为中子过多，那么多余的中子就会自动变为质子，同时放出一个电子，这就

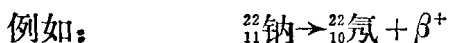
是 β^- 射线的来源。

放出 β^- 射线后，即衰变为原子序数增加一，而质量数不变的另一元素的原子核。例如，前面讲过的 ${}^3_1\text{H}$ 放出 β^- 后变为 ${}^3_2\text{He}$ ：

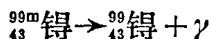


反过来说，当核内质子过多时，在一定条件下，原子核内就会有一个质子自动变为中子，同时放出一个正电子，即 β^+ 射线的来源。

放出 β^+ 射线后，即衰变为原子序数减去一，而质量数不变的另一元素的原子核。



还有一些原子核，由于能量过高，往往把多余的能量以 γ 射线的形式放出，这就是所谓 γ 射线的来源。原子核放出 γ 射线后，它的原子序数和质量数都不变，也就是说它们的中子数和质子数都相同，但它们的一些核性质如半衰期、射线性质等却不相同。我们用“同质异能核”来区分这种性质不同的核。例如：



${}^{99\text{m}}_{43}\text{Tc}$ 叫做 ${}^{99}_{43}\text{Tc}$ 的“同质异能核”，以 m 表示之。

也有的原子核可以俘获一个外围电子，而衰变为原子序数减去一，质量数不变的原子核，其结果与 β^+ 衰变一样。

例如： ${}_{26}^{55}\text{铁} + e^{-} \longrightarrow {}_{25}^{55}\text{锰}$

这种衰变叫电子俘获。被俘获的电子所留下的空位，由其它的外围电子来补充，这就放出X射线。因此，电子俘获的同位素都能放出X射线。

强度、半衰期

在我们日常生活中，一般用米、厘米或丈、尺、寸来作为计算长度的单位；用斤、两、钱作为计算重量的单位。同样，在使用放射性同位素时，常用居里、毫居里、微居里作为衡量放射性强弱的单位。

如果放射性物质每秒内有370亿个（即 3.7×10^{10} 个）原子核发生变化，就把这种物质的放射性强度叫做1居里。但是，用居里作为放射性强度的单位太大，一般常用毫居里或微居里等表示。

1 居里 = 1000 毫居里

1 毫居里 = 1000 微居里

放射性同位素在放置或贮存过程中，总是不断的放出射线，逐渐地变成另一种同位素。但是，放射性同位素不同，衰变的速度也不同，有的衰变得很快，有的衰变得很慢。为了表示这种变化的速度，通常用半衰期来表示。

所谓半衰期，就是放射性同位素放出射线后，其

原子数减少到原来一半所经过的时间。例如， ^{60}Co 的半衰期是 5.26 年，就是说经过 5.26 年后，假设原有一百万个 ^{60}Co 原子将剩下五十万个，再经过 5.26 年，剩下二十五万个，如此类推。放射性同位素的半衰期有的长达几十亿年，有的短至不到一秒，它代表每一种放射性同位素的特性。

怎样得到的？

自从放射性物质发现以后，人们为了获得放射性同位素，最初是从天然的铀矿和钍矿中提取的。目前一些有实用价值的放射性同位素，如 ^{235}U 、 ^{226}Ra 等，就是从大量的天然矿石中提炼出来的。用这种方法得到的天然放射性同位素，不但量少，品种不多，而且价钱也比较贵。

一九三四年，第一次用人工的方法获得放射性同位素之后，人们立即掀起了研究人工放射性同位素的热潮。纷纷采用一种速度很高，“火力”很猛的“大炮”，叫做回旋加速器，用它发出的高速质子、氘核和 α 粒子等作为“炮弹”，轰击各种元素的原子核，可以制备许许多多的人工放射性同位素。比如医学上常用的 ^{57}Co ，就是用人工加速的氘核作为“炮弹”，轰击 ^{56}Fe 而得到的。

一般用加速器制备放射性同位素产量低，费用高。目前主要用它来制备那些在原子反应堆中不易得到的放射性同位素，以及医学上常用的短寿命同位素，象 $^{67}\text{镓}$ 、 $^{87\text{m}}\text{锝}$ 等。

原子反应堆的建成，为人工放射性同位素的生产提供了广阔的来源。

原子反应堆又叫“原子锅炉”，可以产生很强的中子流。中子是不带电的粒子，它和原子核之间不存在静电排斥力，很容易被原子核“捕获”。因此，利用中子作为一种新型的核“炮弹”，轰击各种元素的原子核，可以制备许多人工放射性同位素。目前绝大多数放射性同位素，由于都是用反应堆生产的，所以不但产量高，而且成本低。

那么，反应堆是怎样制备放射性同位素的呢？

就拿我们常用的 $^{60}\text{钴}$ 来说。把普通金属钴送进反应堆里照射，受照射的 $^{59}\text{钴}$ 原子核“捕获”一个中子后，常常使原子核处于激发状态，直到把多余的能量以 γ 射线的形式放出来以后，它才平静下来，这时 $^{59}\text{钴}$ 变成了 $^{60}\text{钴}$ (图2)。 $^{60}\text{钴}$ 就是我们所要制备的放射性同位素。

其核反应：

