

科學譯叢

農業研究中的示踪原子

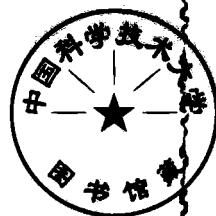
A.M. 庫津 著

科學出版社

科學譯叢

農業研究中的示踪原子

庫維 著
利 富 林 譯



科學出版社

1956年1月

內 容 提 要

本書是蘇聯科學家訪華代表團團員、蘇聯科學院生物物理研究所所長庫津教授所著的有關原子能和平利用的通俗小冊子。這書一共包括引言等十一部分。書中首先介紹了一些有關原子結構和什麼叫示蹤原子及其應用方面的知識，然後分別敘述在農業研究中，如何最有效地施肥、植物碳素營養問題的新見解、根外追肥的優點、營養維交問題、植物內物質如何轉移和新陳代謝方式、土壤內各種過程的進行、農畜的新陳代謝研究、農作物病蟲害的防除以及其他諸如養蜂、養魚等等生產部門怎樣利用示蹤原子法來進行研究，而它所能研究和解決的問題又是其他任何方法所不能進行的，而且很迅速地解決了許多農業研究中的問題。

農業研究中的示蹤原子

Меченые атомы в исследованиях по
сельскому хозяйству

Издательство академии наук СССР
Москва 1954

原著者	〔蘇聯〕庫津(А. М. Кузин)
翻譯者	劉 富 林
出版者	科 學 出 版 社

北京東皇城根甲42號
北京市書刊出版業營業許可證出字第061號

原文出版者	蘇聯科學院出版社
印刷者	北京新華印刷廠
總經售	新 華 書 店

書 號: 0380
(譯) 235
(京) 0001-2,305
字 數: 69,000

1956年1月第一版
1956年1月第一次印刷
開本: 787×1092 1/25
印張: 3 13/25 插頁: 3

定價: (8) 0.66 元

目 錄

引言.....	(1)
什麼是示踪原子.....	(3)
如何發現和測定示踪原子.....	(13)
怎樣的示踪原子可以用來研究農業.....	(23)
示踪原子幫助我們尋求利用肥料的優良方法.....	(26)
示踪原子按新的方式提出植物碳素營養的問題.....	(37)
示踪原子和植物的根外追肥.....	(50)
在研究無性雜交時示踪原子能夠解決些什麼問題.....	(52)
示踪原子法在研究植物內物質轉移的速度及新陳代謝時的应用.....	(58)
示踪原子法在研究土壤內所進行的過程時的应用.....	(62)
示踪原子與農畜新陳代謝的研究.....	(65)
示踪原子在研究和擬訂防除農業病蟲害方法時的应用.....	(72)
示踪原子在其他農業部門中的应用.....	(78)

引 言

為了實現黨和政府關於在我國於最近兩三年內創造豐富的居民糧食和輕工業原料的這些歷史性的決議，在農業實踐中多方面地利用最新的科學成就是具有很大意義的。

在蘇聯，農業是在農學家大軍的領導下，利用了近代的技術而發展起來的，因此蘇聯的科學成就為數百萬的實際工作者所熱切地響應着，把這些成就運用到生活中去，使農作物產量大大地增加，並改良和獲得新的價值很高的農作物品種。

科學研究所網、試驗站網和實驗室網一年一年地增設起來，這些機構的努力方向都是為提高產量、增加畜牧業生產率、幫助解決農業實踐所提出來的一切問題。

為了有成就地進行工作，把先進的研究方法很快地運用到實踐中去是具有極大意義的，這些方法不僅加速了某一項分析和測定，而且能按新的方式來解決農業面前所發生的問題，並確定以前所不知道的規律和使農業上升到很高的階段。

示踪原子法就是這些新的研究方法之一。

在巨大的科學成就的基礎上發現了示踪原子的方法，這些成就是核子物理學所獲得的，它揭穿了原子和原子核的構造，指出了潛藏在原子核中的新的能源，並教會我們去利用這種原子能。

原子能和平利用的有意義的方法之一便是利用它來使某一些原子轉變成另一些原子，來得到新的以前不知道的而卻具新的特性的原子，而這些新特性的利用是示踪原子法的基礎。

示踪原子法日益廣泛地被有效使用，它很迅速而且很精確地解決了許多農業和醫學上的重要問題，其中也包括其他方法所不能解決的問題。

在研究農作物吸收施入土壤的肥料方面，示踪原子法的应用得

到極大的成效。利用了這一方法，可以很容易地找到什麼樣的方法在當地的土壤氣候條件下把肥料施入土壤最為有效，什麼肥料能最良好地為植物吸收。

示踪原子法使我們很清楚地理解，在根外追肥時，植物是怎樣來吸收肥料的；這一方法按新的方式提出了碳素營養問題，它改變了我們以前對有機肥料價值的概念。

示踪原子法是研究微量元素在植物營養中的作用時、在研究親水植物和耐旱植物的水分代謝時所必不可少的方法。

在研究動植物有機體中的新陳代謝時，示踪原子法的应用是特別有前途的。正如大家所知道的那樣，米丘林生物學是把培育農作物和農畜新品種這一工作建立在改變新陳代謝的基礎上的。示踪原子法使我們能很容易地在完整無損的、具有正常功能的有機體內發現這些變化。

因此，在廣泛利用示踪原子法時，這一方法對育種家選擇表現有新陳代謝改變的那些動植物來說應具有不可估計的功績。

營養的合理化、各種飼料的消化、供給這些飼料的順序和輪換等問題對提高畜牧業生產率都具有巨大意義。示踪原子法使我們能注意這些問題，使農業實際工作者知道在某一些營養條件下，飼料是怎樣被消化的。

在防除農業害虫時，示踪原子法幫助我們探求应用各種方法噴洒殺虫劑（ИНСЕКТИЦИД）和其他藥物時的效果，注意其作用的時間長短和重複应用的必要性。

示踪原子法幫助我們研究農業害虫飛翔的距離、有害昆虫從發生地向他處傳播的情況，由此就使我們能更有效地來防除它們。

我們還可以舉出許多例子來說明由於运用了這一新的方法而幫助我們解決了農業上的重要問題。但是要說明這一方法已給予農業如此多的幫助、如果在我們的許多研究機關中得到廣泛的应用，這一方法將如何地促進農業的發展等等，那麼上面所舉的例子已經是足夠的。

可惜的是，這一方法的基本原則、它的可能性、有效地應用這一方法的條件等直到現在還未成為在提高作物產量和農畜生產率方面從事工作的廣大人員的“財富”。本書是寫給廣泛的讀者閱讀的，它的使命在某種程度上也可彌補上述缺點。

什麼是示踪原子

正如大家所知道的那樣，圍繞着我們的整個宇宙，從宇宙空間的巨星和行星到地球上最微小的生物體——自然界所有這一切驚人的多樣性都是由最微小的物質粒子，即所謂原子構成的。

早在紀元前五世紀，在古希臘就產生了這樣的思想，認為世界上一切複雜的東西都是由最簡單的基本粒子——原子所構成的。但在以精確的試驗證明原子的存在以前，人類關於自然的概念的發展還需要一百年時間的堅毅勞動。當化學家分解了各種物質，觀察它們的改變、轉化和崩解時，他們就作出結論說：在自然界存在着複雜的物質，它們能被分解成較簡單的、不能再加以進一步分解的物質，這種物質叫做元素。

如果說，在地球上目前已知的複雜物質共計數十萬種之多，那末簡單的物質——元素却並沒有那樣多。目前已知的元素約為 100 種。每種元素均由不能用化學方法再分解的相同的最微小的粒子所組成，這種粒子叫做原子。

每種元素的原子按其重量和特性都不同於其他的元素。

在我們很熟悉的簡單物質中有許多是我們一提起就知道的，例如氫、氧、氮、鐵、金等等。一類元素的原子能夠與其他的一類元素的原子化合，形成較複雜的粒子，它們被稱為分子。

分子是構成複雜物質的粒子。例如氧原子能與兩個氫原子化合，形成複雜物質——水的分子：



在自然界，我們可以遇到各種複雜的物質。除了分子是由兩個、

三个以至十个原子構成的物質外，還有大分子的物質，它們的每一個分子含有數十萬個原子。在生物體：植物、動物、人所含有的某些物質中，我們可以遇到這樣複雜的分子。

分子和原子按其大小來看是很微小的。以食鹽的微粒為例來談談。食鹽的分子是由鈉原子和氯原子組成的。小針頭那樣大小的一粒食鹽究竟含有多少分子呢？讓我們將這樣大小的一粒食鹽放到精確的化學分析天平上去稱一下；這樣的天平，其稱量的精確度可以達到萬分之一克。假定我們所取的鹽粒稱重為2毫克，即500分之一克*。原來這樣小的鹽粒竟含有14,000,000,000,000,000,000個分子，或縮寫成 14×10^{18} 個分子。

這一數字是那樣巨大，以致使我們難以想像。為了對這個巨大的數目具有清楚的概念，假如我們能夠用某種方法來標記我們所取鹽粒中的每個分子，然後把這顆鹽粒溶於一杯水中，並把溶液倒入黑海中。假定能夠這樣的來混勻水，以致使我們所取鹽粒的全部分子都能均勻地分佈在黑海的水中。如果在這以後，從任何地方取一杯海水，那末被溶解的鹽粒究竟含有多少分子呢？黑海容納有約492,564,753,657,980立方米水，或縮寫為 5×10^{14} 立方米。如果用 5×10^{14} 除 14×10^{18} ，則得出 2.8×10^4 個分子/立方米。因此，在一杯水中，即200立方厘米的水中含有我們所取鹽粒的 $2.5 \times 10^4 : 5 \times 10^3 = 5$ 個分子。

上述例子很清楚地指出，甚至在體積很小的（但肉眼能看到的）物質內也含有如此大量的分子，由此可見分子的體積是小到如何的程度。而原子則體積更小。所以我們所取的物質不管怎樣小，但總是含有極大量的原子的。最微小的一粒灰塵也是由好幾十億的原子所組成的。

我們的眼睛所能看到的最小粒子直徑為25—50微米（微米—— μ ——千分之一毫米）。最好的顯微鏡的放大率達1,500倍，而顯微鏡

* 原書為2,000分之一克，恐為500分之一克之誤——譯者注。

所能見的最小粒子直徑不小於十分之一微米。不久以前所設計出來的電子顯微鏡大大地擴大了我們的顯微鏡檢查的視度。電子顯微鏡的放大率達50,000—100,000倍。在電子顯微鏡下我們能“看到”直徑為百分之一微米的粒子。普通分子大概小於上述值的 $\frac{1}{200}$ — $\frac{1}{100}$ ，而在電子顯微鏡中所不能看到。但是由數十萬原子組成的大分子在電子顯微鏡中已能“看到”。在圖1內的照片所示是核酸（*нуклеиновая кислота*）和蛋白質——血藍蛋白（*гемоглобин*）——在電子顯微鏡下的情況。

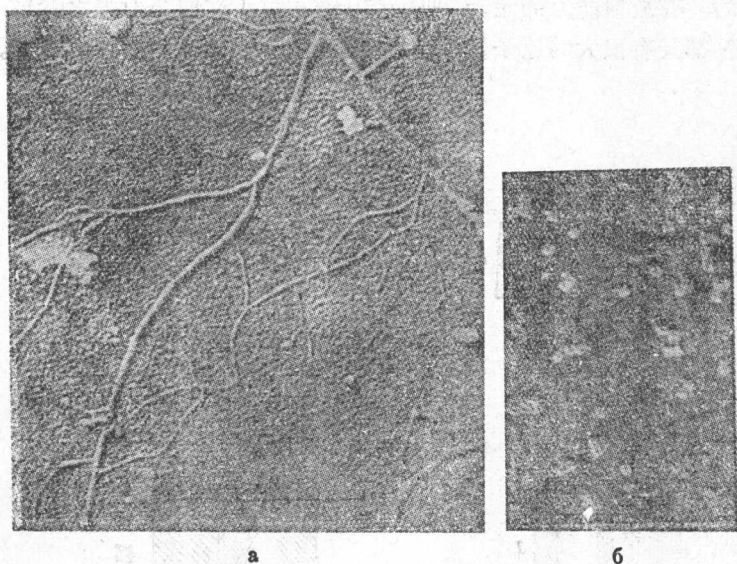


圖1 在電子顯微鏡中所見到的大分子
a. 核酸的絲狀分子； b. 血藍蛋白的分子。

此後，當証明了分子和原子的存在，並研究了它們的特性時，自然會產生這樣的問題：原子本身究竟是什麼？物質的最簡單粒子是否真的是原子，或者說原子是否具有一定的結構，從而它們在自己的特性上彼此有何區別？

偉大的俄國學者 Д. И. 門捷列也夫最先發現自然界存在的元素

特性与其原子量的關係。Д.И.門捷列也夫以自己著名的元素週期表奠定了關於原子結構的近代學說的基礎。經過進一步的研究後能確定原子的複雜本性，經證明，所有元素的原子是由少數更基本的粒子所構成的。放射性的研究大大地促進了原子的本性和結構的發現。

1896年法國物理學家貝蓋爾(Becquerel)發現 鈾的鹽類能放射不可見射線，這些射線能穿透黑紙，並能使照相底片感光。這種能放射不可見射線的特性，彼爾·居里(Pierre Curie)和居里夫人(Marie Curie)也在某些鈾礦中發現，他們提煉了這些礦之後，發現並分離了新的具有放射能力的元素，叫做鐳(鐳在拉丁文即為射線之意)。鐳和鈾都具有很大的原子量，並且其位置幾乎在元素週期表的最末。

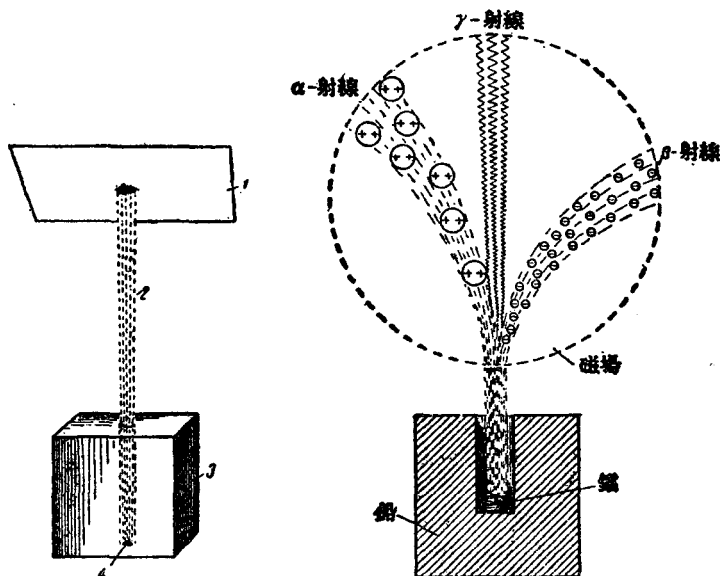


圖2 鐳的放射性射線的發現

1. 照相底片； 2. 不可見放射性射線
3. 鉛製成的立方體； 4. 一小塊鈾

圖3 在磁場內放射性射線的分离

鈾、鐳和其他某些能放射不可見射線的特性，居里夫人稱為放射性。

原來鐳所放出的射線具有複雜的結構。如果把一小塊鐳放在厚壁的鉛匣內，並且在匣上有一細孔，那末很好地為鉛所吸收的放射性射線就成細束的狀態穿過這個孔放射出來，而且當射到放於這些射線通過的途徑上的照相底片時，便產生黑色感光斑點的痕跡（圖2）。當這些射線位於強磁場（сильное магнитное поле）內時，我們就很容易明瞭放射性射線的複雜本性。在這種情況下，在照相底片上即有三種射線的痕跡。磁場好像能分類鐳所放出的射線似的（圖3）。第一種射線強烈地偏向其最初的途徑。這些射線叫做 β -射線；它們是疾馳着的電子流（поток быстро несущихся электронов），即帶負電荷的基本質點。

第二種射線—— α -射線——被磁場偏向相反的方向，這說明形成這些射線的質點帶正電荷。 α -射線被磁場偏向一边的程度比 β -射線小，這說明組成這些射線的質點質量大。如果 β -射線容易穿透厚紙板和薄的鋁箔，那末 α -射線卻能被一頁薄紙所吸收。

α -射線的研究指出，它們是由這樣的質點流（поток частиц）組成，按其質量為氦原子的四倍，並且帶正電荷。

最後，第三種射線—— γ -射線——不被磁場偏向任何一边。這些射線按其本性与倫琴射線（лучи рентгена）很接近。它們很易穿透各種不透明的物體：衣服的纖維、我們的身體、金屬片。甚至比較厚的板壁和磚牆也不能阻擋它們。

鐳以不變的強度不斷地放射着 α -、 β -和 γ -射線。這種放射年復一年地繼續而卻看不見鐳有什麼改變。

從何處出現這些射線呢？為什麼有些重元素具有放射性？

物理學家們對原子的結構所作的進一步研究便得出這些問題的答案。經確定，原子具有複雜的結構：在原子的中心具有原子核，其四周為決定原子體積的電子層（электронная оболочка）。從結構來看，原子有些像我們的太陽系。其相像處在於在太陽系的中心為質量極巨大的太陽本身，在其四周，距太陽很遠的地方旋轉着行星，好像形成了太陽系的外部輪廓，而在原子中有類似情況：在中心有一個

原子核，在原子核中集中了幾乎全部原子質量，而在很遠的距離外，繞着原子核旋轉的是電子，形成了原子的外殼。電子的質量與原子核質量比較竟小到這種地步，以致我們可以認為它接近於零。電子竟以這樣大的速度在外殼飛馳着，以致在每一剎那間很難說出電子的具體位置。

電子似乎在原子表面形成雲。但電子雲 (электронное облако) 具有很複雜的結構。各電子的位置距原子核的遠近是不一樣的，因此形成了幾個電子層或稱為軌道。最外面的一層 (在這層上所具有的電子數) 決定元素的原子價。電子層的結構決定原子的化學特性。

原子核的體積為原子本身體積的 $\frac{1}{100,000} - \frac{1}{10,000}$ 。

原子核究竟是怎樣構成的呢？最簡單的原子——氫原子——的原子核是由一個荷陽電的基本質點組成，它被稱為質子。每個質子能在外面的軌道上持有一個電子；氫原子的一切化學特性就是由這一個電子所決定的 (圖 4 的原子結構圖)。

在門捷列也夫的週期表中，位於氫後面的是氦 (гелий)。在氦原子的核內具有兩個質子，而在外面的軌道上相應地有兩個電子。但氦原子的質量為氫原子的四倍。因此，氦的原子核還有兩個基本的不帶電質點。這種中性的質點叫做中子 (нейтрон)。中子的質量幾乎與質子相等，所不同的地方僅在於中子不荷電。在原子核中質子和中子的總數接近於原子的質量，這種質量代表原子的單位。

因此，氦的原子核由 2 個質子和 2 個中子所組成。氦的原子量為 4。在氦的原子核中，中子數 (n) 與質子數 (p) 的比例 $\frac{n}{p} = 1$ 。

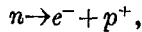
當進一步來研究門捷列也夫週期表時，我們便可看到具有更複雜結構的原子。表的第六位，我們所看到的是自然界分佈着的元素——碳。經確定，在門捷列也夫週期表中的位置——方格的號碼——等於該元素原子核中質子的數量。碳的原子核含有 6 個質子。它的原子量為 12。因此，在核內尚有 6 個中子。它們的比例 $\frac{n}{p} = 1$ 。在碳的電子層有 6 個電子；其中 2 個形成內層，而 4 個形成外層。這 4 個電子決定碳為 4 價，而全部電子則決定了碳原子的化學特性。

原子量为 14 的氮在元素週期表中佔有第 7 个位置,其原子核內含有 7 个質子和 7 个中子。 $\frac{n}{p}$ 的比例也为 1。

門捷列也夫週期表中的第 15 个位置我們可找到磷,其原子量接近 31,而与它並列的第 16 个位置是硫,它的原子量为 32。在这种元素的核中具有近乎与磷相等的中子和質子數:磷的 $p=15$, $n=16$, $\frac{n}{p}=1.06$; 硫的 $p=16$, $n=16$, $\frac{n}{p}=1$ 。

当我们轉而來看結構較複雜的原子時(这些原子位於門捷列也夫週期表的末位),我們可發現另一种情况。在第 88 位是鐳元素。那就是說,在鐳的原子核中含有 88 个質子。在我們知道了鐳的原子量(226)時,就不难算出核中的中子數。其中子數为 $226-88=138$ 。 $\frac{n}{p}$ 的比例为 $\frac{138}{88}=1.56$ 。第 92 位元素为鈾,其原子量=238。 $\frac{n}{p}$ 的比例为 $\frac{146}{92}=1.58$ 。

凡核中的中子數大大超过質子數的那些原子核是非常不穩定的。任何一个这样的原子核進行自發的衰变時,或則从核中拋出氦原子核,这种原子核流能形成放射性元素的 α -射線,或則拋出中子,当它放出电子時便轉变为質子:



於是就產生 β -射線——荷陰电的电子流。

这种衰变常常引致原子核的改組,引致原子核所含能量的改变,因此照例会伴隨而放出具有不同波長的 γ -射線。

每次核的衰变必導致核电荷的改变,因此,也必導致这一原子轉变为另一种物質的原子。当鐳衰变時,產生新的物質——鐳的放射物(эмиссия радия)。这种物質的原子核很不穩定,它們能繼續衰变,这样的衰变一直繼續到具有穩定原子核的原子。最後就得到沒有放射性的鉛原子。

天然放射性物質的这些轉变是進行得很緩慢的(鈾的衰变時間需幾十億年)。放射性物質的所有原子的一半進行衰变所需時間叫做半衰期(период полураспада)。鐳的半衰期为 1600 年(这就是為什麼我們看不到鐳变化的緣故)。但因为,如我們上面所談到的那

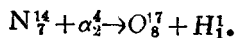
样,甚至在極微小的粒子中原子的數量也是很大的,那末每秒鐘在進行这样緩慢的衰變時,每一瞬間都有某些原子的衰變,結果就放出射線,這就是放射性元素的特點。

因此,放射性的發現及其本性的研究不僅能幫助我們理解原子及其核的結構,而且同樣指出,在自然界也能進行原子的衰變,从一些原子轉化成另一些原子。這些轉化与原子核的轉化有關,所以称为核反应(ядерная реакция),看來这种轉化与外界条件無關。無論加熱到如何高的極限最高溫度(самая предельно высокая температура),無論冷却到什麼低溫,無論电流的作用、任何其他的物理或化学作用,这一切都不能改变放射性元素衰變的速度。当然这是不难理解的。放射性的轉化是原子內部,也即原子核中所發生的反应,但大家所普遍知道的那种反应(即指化学反应——譯者註)只是原子外層進行的一种作用。要穿透到原子內部,去干涉原子核中所進行的各过程,是頗不簡單的事,这只要計算一下原子核內所產生的巨大內力(внутренняя сила)便可知道,这种內力決定了原子核在地面進行一切过程中的非常隱固性和不变性。

在大家都知道了原子核的結構之後,並且从而也明白:要使一个原子轉化为另一个原子,就必須能够向原子中心衝擊,以便來改組原子核,从此,科学家就一直未拋棄關於可能用人工的方法把一些原子轉化为另一些原子的思想。在新的科学基礎上,又重新燃起煉金術者(алхимики)關於轉化元素的理想。

就这样地開始進行許多嘗試,应用迅速飛馳的基本質點來轟擊原子以改变原子結構。1919年,Э.魯澤福(Резерфорд)第一次指出,当用鐳的 α -質點射擊氮原子時,就發生核反应,其結果,氮轉化为氧。

核反应可記述如下:在元素符号旁的下方表示核电荷的值,上方为質量數(массовое число)(以整數表示的原子量)。因此,魯澤福所得到的核反应可用下式代表:



這裏，如我們所看到的那樣，具有兩個陽電荷和質量為4的 α -質點穿透到原子內部，與原子核撞擊，從原子核中衝出一個質子，而自己却留在原子核內。原子的質量增加 $4-1=3$ 個單位，而電荷則增加 $2-1=1$ 。所得元素在核中帶8個陽電荷，因此具有氧的特性。雖然所得到的氧原子略較普通氧重（在普通氧內要少一個中子），但這不影響外電子層的結構，因此也不會影響這種氧的化學特性。

凡具有不同的重量，但化學特性相同的這些原子早已為大家所知道了的。它們叫做同位素（希臘文就是佔同一位置的意思），因為按其化學特性，它們在門捷列也夫週期表中佔有同一位置。

但魯澤福所敘述的反應只有理論上的意義。 α -質點與原子核撞擊的機遇很少，所以只有極個別的原子的能發生轉化。因此，在這一點上應用中子是很合理的。第一，中子的質量與質子相等，當它與原子核撞擊時，能很容易地發生核反應，第二，中子不帶電，原子核的電場（электрическое поле）不至影響它們，並且它們易於穿透原子內部，這便大大地增加中子與原子核撞擊的可能性。為了在實踐上能夠使一些元素轉化為另一些元素，只需具有中子的來源，它們有足夠強大的力量來促成核反應。

為獲得原子能所應用的所謂鈾反應器（урановый котел）是中子的來源。在鈾分裂時，放出足夠數量的中子，它們提供了進行大規模核反應所需的能量。

近代核子物理學的成就指出了利用原子能的途徑，以便使一些原子轉化為另一些原子——這是具有特殊意義的——並獲得新的以前所不知道的原子，它們具有極優良的特性。

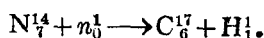
這究竟是些什麼新原子？

為了易於瞭解起見，讓我們來研究某一具體的例子。我們來探討，例如，如果用中子來轟擊氮原子，那末發生什麼現象呢？

正如我們已指出的那樣，氮原子佔有元素週期表中的第7位，它具有由7個質子和7個中子構成的核。在原子反應器（атомный котел）中，當這些原子被中子射擊時，中子便與原子核撞擊，比較容

易地把一个質子从原子核中衝出,而这个中子便佔有質子的位置(見圖 5 的核反应圖解)。

因为中子的質量很接近質子的質量,因此原子的原子量不变,即仍舊为 14,但原子核的陽电荷數目減少 1。新形成的原子在核中不再有 7 个陽电荷,而只有 6 个陽电荷了。因此,在电子層已經不能像氮那样有 7 个电子,而却只有 6 个电子了。但是由 6 个电子組成的、也就是核电荷为 6 的电子層決定元素的特性,这一元素在元素週期表中佔有第 6 位,也就是碳的位置。换言之,这时氮轉化为碳,这可以下列公式表示:



普通碳的原子量为 12。在上述的反应中,我們得到普通碳的同位素—— C^{14} 。

正如前面所指出的那样,同位素按其化学特性来看,彼此無區別,但它們的物理特性是不同的。首先它們的原子量就有區別。所得到的碳同位素还具有一个新的物理特性。如果普通碳 $\frac{n}{p}=1$,那末新得到的同位素,在核中,中子和質子之比为 $\frac{8}{6}=1.33$ 。

在鈾和鐳的例子中我們已經看到,在原子核中 $\frac{n}{p}$ 的比例大大地超过 1 时,則原子核不穩定,它們具有發生分裂的趨向,也就是說具有放射性。

原來人工獲得的碳-14(C^{14})也同样能放射 β -射線。因此我們獲得了新的碳原子,按其所有的化学特性与普通碳相同,而其原子量却与普通碳不同,同時与普通碳不同的地方还有放射性,也就是說我們所得到的是碳的放射性同位素。

原子量的不相同和放射性好像把这些碳原子标上了記号,以便永远使我們能在普通的碳原子中來辨認和找尋它們。因此这些同位素又叫做“示踪原子”。

決不是所有的同位素都具有放射性的。無放射性的同位素是很牢固和很穩定的,它們的原子核不分裂,因此它們被稱為安定同位素(стабильный изотоп)。安定同位素也用作示踪原子。

在自然界的氮中有 99.62% 的原子所具的原子量為 14 而只有 0.38% 的氮，原子量為 15。如果在普通氮中加若干百分數的重安定同位素 N^{15} ，那末其同位素成分已足以與自然界氮素的同位素成分區別開來。這種不同的同位素成分使元素標上記號，使我們能根據原子質量的測定來從普通在自然界存在的氮中區別出這種氮素。但是為了很精確地來測定質量，需要複雜的儀器，這也就限制我們在研究中應用安定同位素。

當我們能獲得放射性同位素時，情形就與上面所述的不同了。在目前要測定放射性的存在，甚至定量測出放射性，並不是特別困難的事。這也就是為什麼放射性同位素特別廣泛地被用作示踪原子的緣故。

如何發現和測定示踪原子

(一) 放射性同位素

示踪原子“標記”出自己的存在 放射性射線與光的可見射線一樣能作用於照相膠片。如果在完全的暗處將放射性物質放在照相膠片上，然後把它沖洗出來，那末凡放射性射線在膠片上起作用的地方，膠片便“感光”——那裏顯現黑點。當我們從這種底片得到照相正片的像時，我們發現在放射性射線作用的地方很明亮；同時，射線愈強，其印跡也愈明亮。

放射性同位素好像能以自己的射線在照相膠片上“標記”出自己的存在，留下自己的形象——顯跡圖(автограф)，因此我們所得到的照片又稱為放射顯跡圖(радиоавтограф)。這種發現放射性物質的簡單方法廣泛地應用於生物學研究。

茲引用具體的例子來說明如何在實踐上得到這種顯跡圖。假定，我們欲說明，成粒狀肥料的形態施入土壤的磷酸鹽究竟以怎樣快的速度進入植物？因此，我們就利用含有示踪放射性磷的肥料。把這種示踪肥料施入土壤，在經過一定時間後從土壤中拔起植物，很快