

科 學 譯 叢

在農業化學研究中磷同位素的應用

索科洛夫 謝爾多波里斯基

科 學 出 版 社

科 學 譯 叢

在農業化學研究中磷同位素的應用

A. B. 索科洛夫 И. И. 謝爾多波里斯基著

金 成 忠 倪 晉 山 湯 玉 瑋 譯

科 學 出 版 社

1955 年 8 月

內 容 提 要

本書是以原子能的和平利用的科學知識及其在農業方面的應用的基本觀點出發，從放射性元素的理論開始，逐步通俗而簡要地說明示蹤原子在農業化學研究裏的使用方法，包括儀器的使用，正確的計算以及結果的評價等方面。讀完本書以後，對於示蹤原子的理論和應用問題，可以得到明確的認識。

在農業化學研究中磷同位素的應用

Применение изотопа фосфора в
агрохимических исследованиях

原 著 者	索科洛夫、謝爾多波里斯基 А. В. Соколов и И. П. Сердобольский
翻 譯 者	金 成 忠、倪 晉 山、湯 玉 瑋
出 版 者	科 學 出 版 社 北京東四區帽兒胡同 2 號
原文出版者	蘇聯科學院出版社，1954 年版
印 刷 者	北 京 新 華 印 刷 廠
總 經 售	新 華 書 店

書號: 0262
(譯) 166
(京) 0001—3,275
字數: 44,000

1955 年 8 月 第 一 版
1955 年 8 月 第 一 次 印 刷
開本: 787×1092 1/25
印張: 2 6/25

定價: (8) 三角五分

目 錄

前言	1
緒論	2
一. 原子核和放射性	6
同位素 放射性的同位素 半衰期; 測量時衰變的計算。	
二. 放射性同位素的射線	13
β -線 β^- -質點的吸收 γ -線 同位素表。	
三. β -質點的計數器	17
計數器作用的原理 計數器的特殊曲線 假的或自生的脈衝 計數器的靜止時期 計數器工作的延續時間。	
四. 放射性的測定方法	22
儀器和設備 B 型儀器 進位器的檢查 製備樣品活動性的測量所運用的某些細目 B 型儀器的裝備與操作活動性的單位; 換算係數 比活動性製備樣品的記號測量結果的或差 計算的例子。	
五. 用放射性同位素磷 P^{32} 進行試驗的方法	40
生長試驗培養器的裝土 P^{32} 的用量 收穫物的磨碎收穫物活動性的測定 實驗結果以磷的毫克數表示 關於選擇吸收方法的實驗。	
六. 用 β -射線的同位素工作者的衛生規則	48
房間 操作的規則 個人預防的範圍。	
附錄	50
參考文獻	52

前 言

放射性指示劑在生物學、化學、和生物化學方面的使用方法問題，已愈來愈廣泛地在科學文獻和科學通俗讀物裏闡明。

近年以來，這一方法開始在農業化學和土壤學裏應用。然而，它的使用儘管比較簡單易行，但因缺少適當的實驗指南而受到限制。在實驗指南裏，除了要包括方法的理論根據之外，關於它的使用技術，所得結果的評價，以及正確的計算和相當儀器所得讀數的換算，同時要有簡明實用的指示。

作者當前的工作力求在某種程度上補充這方面的不足，並且對於示蹤原子在農業化學研究裏的使用方法，用必須的資料去裝備廣大的農業化學家們。

不僅考慮到農業化學專家們的要求，也考慮到普通的農業生產工作者們——農學家、土壤學家、機器拖拉機站、國營農場和集體農莊領導者們——熟識這些方法的必要性，作者在自己的工作裏企圖盡可能地把示蹤原子的方法給以比較通俗的說明。

所提供的目的得以被作者達到什麼樣的程度——將由讀者來判斷。有關本工作的一切指示和批評，作者事先表示深刻的謝意。

緒 論

示蹤原子方法的出現，在物理、化學、和生物學許多問題的研究裏發生了改革。在農業化學和土壤學的領域裏，示蹤原子的使用，使有可能闡明早期未知的事實，創造土壤過程和植物營養的新觀念，並且使有可能驗證一系列到現在還不能用實驗做研究的假說。

農業化學和土壤學最重要的任務之一是爲了提高農作物收穫量的耕作方法，研究田間和土壤條件下肥料的使用和植物的營養。藉助於示蹤原子可以製造“示蹤肥料”，因此可以探求它們在土壤裏的分佈，轉移和變化，它們進入植物和參與植物體內的新陳代謝。引入土壤示蹤碳、氮、磷、鈣、鈉、硫和其他元素，使有可能研究許多土壤過程，這些過程與研究土壤的生成發育，特別與研究土壤熟化方法相關聯。所有這些，使得利用示蹤原子的工作方法，極其適合於解決上述農業化學和土壤學的問題。在小玻璃房和溫室裏，或直接在田間的條件裏，研究者們廣泛地利用示蹤元素作植物試驗以解決施肥和植物營養的重要問題。

蘇聯共產黨第19次代表大會擬定特別迅速地增加礦質肥料的生產。祇有嚴格地遵守施肥的全部規則時，使用肥料才能產生應有的效果。肥料應該在最適宜的時期以最有效的方法使用。施肥應該利用機械執行。利用示蹤肥料使可能迅速公正地評價各種施肥機、追肥機和追肥器的工作。肥料的效能決定於它們在土壤裏的分布特性。根據肥料存在於那一層土壤裏，根據它們施用的深淺，根據它們離開植物種植行的距離，肥料在不同的程度上爲植物所利用。任何土壤裏都有大量的氮、磷和鉀，因此只有在大量營養物質進入植物以後，才可以用通常的方法覺察出它們從肥料到達植物的情況。使用示蹤磷酸鹽使可能在試驗一開始斷定磷肥進入植物，因爲測量植物的放射性後，可以覺察出極微量的放射性磷素進入植物。因此，用示

蹤肥料工作時，可以很容易地確定，那一種施肥機保證植物更快地而且更有力地利用肥料，以及肥料必須施用在那一種深度、和離開植物怎樣的距離，以便使肥料更好地利用。

磷素對於土壤肥沃性的重大意義是大家都知道的。因此，農學裏利用示蹤原子從磷同位素 P^{32} 的試驗工作開始。

目前，放射性磷的試驗方法已經實驗地驗證到這樣的程度，以致它可能廣泛地貫徹到農業試驗工作的實踐中去。

在試驗裏使用放射性磷素，使可能本質上改變和補充各種形式磷肥比較試驗的方法。爲了這些目的，根據磷酸鹽的選擇吸收方法進行試驗。根據這個方法安置試驗時，兩種相比的磷酸鹽形式——對照的和研究的——在同一植物同一容器內施入不同的分量。施入的形式之一（通常是對照的）呈示蹤形式，使可能確定進入植物裏各種形式的磷素。

在灰鈣土和灰化壤土上根據磷酸鹽選擇性的吸收方法所進行的生長試驗指出，灰化壤土裏，顆粒肥料的磷酸鹽比較強烈地進入植物，而灰鈣土則進入較弱。

現時從肥料中進入植物的磷素按照施磷肥和未施磷肥植物間的差異加以決定，這種方法僅能得出植物取出磷素總量的知識，而不可能作爲測定磷酸鹽肥料中的磷素處理裏，在施肥和沒有施肥進入植物達到什麼樣的程度。使用示蹤磷酸鹽使可能確定：根據施用方法和土壤特性不同，施用磷肥可能引起加強或減弱磷素從土壤磷酸鹽中進入植物。按照施肥與未施肥植物裏所含磷素差異的方法，作爲決定磷素進入植物的工作，把磷肥利用效率引向不正確的觀念。

通常認爲磷肥僅 10—20% 爲植物所吸收。在農學文獻裏一致地傳播着的觀念，認爲磷肥施入土壤後很快地逆化（ретроградация），就是說包含在肥料裏的可溶性磷酸鹽很快地轉變成難溶性的對植物不能利用的形式。

不正確的假設引致這些結論是：植物從施肥和不施肥的土壤裏吸收同樣程度的土壤磷酸鹽。在試驗裏，當土壤中難溶性磷酸鹽的

利用暫時減少時，可以看到示蹤磷肥進入植物。在這種情況下，依據在施肥和不施肥土中收穫量裏磷酸鹽含量的差異而決定磷肥利用的古老方法，導致了不符事實的磷肥低利用率的結論。

較易移動的磷酸鹽肥料比較迅速地為植物所利用，因此，特別在局部施用磷酸鹽時，植物在生長初期靠磷酸肥料營養比較靠土壤磷酸鹽營養來得大些。

所以，使用示蹤磷肥，引起必要去重新檢查植物磷素營養的主要觀念：關於低的磷肥利用率和關於磷肥在土壤中的逆化作用。

把土壤磷酸鹽和肥料磷酸鹽區別出來的不可能性，以致到目前還不能用實驗驗證土壤結構在植物磷素營養中作用的觀念。使用示蹤磷素得出可能性使存在於土壤團粒（聚合物）裏進入植物的磷素與存在於團粒表面進入植物的磷素區別開來。因此得以明確土壤結構的水分穩定性（водопрочность），對於土壤磷酸鹽移動以及植物利用磷酸鹽裏磷素的影響。

在使用肥料的實踐裏，測定土壤裏植物所能吸收的磷酸鹽量具有更大的意義。磷肥應該在土壤裏可吸收的磷酸鹽不足的情況下使用。磷肥的用量應當考慮到保證土壤以可吸收的磷酸鹽。因此，選出測定土壤中可吸收磷酸鹽的正確方法有重大的意義。利用磷的示蹤原子，使可能適合於評價移動磷酸鹽的不同測定方法。

土壤裏可吸收的營養物質測定方法，沒有生物學對照的分析資料，不可能研究出來。Д. И. 門捷列夫（Менделеев）稱肥料試驗為“研究土壤成分特殊的方法”；他提出任務要求化學分析的資料與田間試驗的資料符合。К. А. 季米里亞捷夫和 Д. И. 普里亞尼希尼科夫（Прянишников）關於必須瞭解“植物的意見”的基本要求，是大家普遍知道的。

由於使用示蹤磷素，植物對於不同磷酸鹽吸收能力有怎樣的“意見”，這一類問題可以從植物獲得更精確的答案，並且可以同時更深刻地闡明在製備土壤抽出液時發生的化學過程。這樣得出可能性更容易做到分析資料與植物試驗資料相符合。

在普里亞尼希尼科夫的實驗室裏，已詳細地研究過植物的“隔離營養”試驗方法。這些方法的本質如下。取兩個同樣高而直徑不同的容器，使大容器的體積兩倍於小容器。小容器放在大容器裏，然後容器以水，或砂或土壤裝滿。事先所準備的幼植物按這樣的方法移栽：把它們安放在小容器的內壁裏，而把它們的根分成兩批，一批放在大容器裏，另一批放在小容器裏。在這種情況下，植物能從大容器和小容器裏“隔離地”營養。

使用示蹤原子使可能利用植物的隔離營養方法解決農業化學和土壤學的許多問題。例如，對於我們必須知道在怎樣的條件下植物更好地利用土壤化合物或不同的肥料。在大容器和小容器裏創造了不同的營養條件，並且在一個容器裏放示蹤營養物質，在另一容器裏放非示蹤營養物質後，將來根據植物分析可以知道，有若干營養物質為植物從一個容器裏取去，有若干從另一容器裏取去，因而從植物得到答案在怎樣的條件下它更容易利用各種營養物質。

與隔離營養方法相配合使用示蹤原子後，研究者們能夠接近研究在不同品種的植物混合播種時植物的相互關係。

在農業化學和土壤學裏利用示蹤原子才僅開始，但是現在它的利用已經很清楚地使大量問題得到解決。這些問題在不久之前，由於沒有可能性用實驗方法進行研究，而使研究者們的工作中斷下來。

一. 原子核和放射性

假使把氧的中性原子質量當成精確地等於 16.0000, 那麼其他元素的中性原子質量以數字表示, 十分接近整數。例如, 氫的中性原子質量以數字表示: 1.008123; 2.014708; 3.01700; 磷的原子——29.9873; 30.9843; 31.9827; 鈣的原子——39.9753; 41.9711 等。在多數情況下, 可以利用化成整數的原子質量, 這種化成整數的質量稱為原子的質量數。質量數通常標記在原子化學符號的右上方。例如, 上面所說元素的質量數將等於: 對於氫是 1, 2 和 3; 磷是 30, 31, 32; 鈣是 40, 42, 45。這些元素的原子符號相對地將是: H^1 , H^2 , H^3 ; P^{30} , P^{31} , P^{32} ; Ca^{40} , Ca^{42} , Ca^{45} 等等。

原子核由基本的質點——中子和質子組成。這些質點的質量幾乎相等, 而且十分接近於 1 個單位。例如, 中子的質量是 1.00893, 質子是 1.00812。因此, 它們的每一個質量數可以當作等於 1 個單位。通常這些基本的質點用符號標記: 如果標記出它們質量數的符號, 中子是字母 n , 質子是字母 p , 或 n^1 和 p^1 。這些質點之間的主要區別在於中子是電學上的中性質點, 而質子則帶有一個正電荷。氫的原子核由一個質子組成 (它的質量數是 1), 因此質子時常用 H^1 符號標誌。

所有元素的原子核內都含有質子; 因此, 所有的核都具有正電荷, 等於參加核的組成中全部質子電荷的總數。例如, 氫的原子核電荷等於 1, 因為它的核裏含有 1 個質子; 磷的原子核電荷等於 15, 因為它的原子核內存在着 15 個質子, 依此類推。核電荷是極重要的特性; 電荷的大小決定原子的電子層構造, 電子層的構造與原子的全部化學特性有關。

不同元素的化學特性決定於它們原子電子層裏的電子數量, 其數目的多少受核的電荷所決定。例如, 氫的中性原子電子層含有 1

個電子，因為氫的原子核電荷等於 1；磷的中性原子電子層含有 15 個電子，因為磷的原子核電荷等於 15，依此類推。

原子核電荷的大小通常標記於原子符號的左下方： ${}_1\text{H}$ ； ${}_2\text{H}$ ； ${}_{15}\text{P}$ ； ${}_{20}\text{Ca}$ 等等。基本質點的中子電荷等於零，而質子正如上面已提過的是 1。按照這點，這些質點的符號表示如下： ${}_0n^1$ 和 ${}_1p^1$ 。我們注意到，一切元素原子核電荷的大小，數量上等於它們在門捷列夫表裏的次列序數（或原子序數）；因此，任何一個元素的原子序數也好，核的電荷也好，都可用同一數目表示，用字母 z 標誌。

變更核電荷招致原子的電子層重新編排，於是因而變更原子的整個化學特性，就是具有固有化學特性的一種元素的原子核改變成具有另一化學特性的其他元素的原子核。

核內核反應的結果可以改變中子數目，也可以改變質子數目。在第一個情況裏，顯然地，由於以上所述，僅僅發生原子質量數的改變。核裏質子數目的改變，則不僅改變了原子的質量數，也改變了電子層的結構，於是也改變了原子的一切化學性質；發生一個元素轉變成另一個元素。用中子流照射碳核時所發生的反應，可以作為第一個反應的例證： ${}_6\text{C}^{12} + {}_0n^1 \longrightarrow {}_6\text{C}^{13}$ ，其時具有質量數 12 的碳原子核吸收 1 個中子，結果核內質子數目（核電荷）保留不變，核的質量數目增加 1，而不改變元素的化學性質。具有質量數 11 的硼，用質子流照射時所發生的反應可以作為第二種反應的例證： ${}_5\text{B}^{11} + {}_1p^1 \longrightarrow {}_6\text{C}^{12}$ 。在這個反應時，硼等於 5 的原子核的電荷增加到 6；這一反應的結果發生電子層的重新構造，改變了硼的化學特性，並且原子具有門捷列夫表上鄰近的元素——碳的化學性質。

同位素

根據以上所說，得出假定有可能：一方面，核具有同一數目的質子（同一電荷），但有不同量的中子，另一方面，核具有不同量的質子（不同的電荷），但有同一質量數。事實證實這些假定；現時已證明第一類和第二類原子的存在。第一類的原子稱為同位素，第二類的原子稱為同量異位素（изобара）。同位素的例子可以指出的有： ${}_{15}\text{P}^{30}$ ，

$^{15}\text{P}^{31}$, $^{15}\text{P}^{32}$, $^{15}\text{P}^{33}$; 同量異位素的例子有: $^{14}\text{Si}^{31}$, $^{15}\text{P}^{31}$ 和 $^{16}\text{S}^{31}$ 。正如我們所看到的, 同位素是同一元素的原子, 同量異位素是不同元素的原子。

一類同位素的核是穩定的(安定的), 另一類同位素是不穩定的¹⁾。核裏中子和質子數目之間的比率, 可以作為核穩定性的特徵, 具有小質量數的同位素, 其比率接近於1; 具有大質量數的同位素, 這一比率接近於1.5。在核裏含6個質子, 6和7個中子的碳同位素—— ^{12}C 和 ^{13}C , 或在核裏存有15個質子和16個中子的磷同位素 $^{15}\text{P}^{31}$, 可以作為具有穩定核的同位素的例證。

大多數的天然元素是兩種, 三種和更多的穩定同位素的混合物。例如, 天然的氫, 無論是氣態的或是參加在水, 酸, 礦物等成分裏的, 是同位素 $^1\text{H}^1$ (99.984%) 和 $^1\text{H}^2$ (0.016%) 的混合物; 天然的碳是同位素 ^{12}C (98.9%) 和 ^{13}C (1.1%) 的混合物; 天然的氮是同位素 ^{14}N (99.62%) 和 ^{15}N (0.38%) 的混合物; 鈣是六種同位素的混合物: ^{40}Ca (96.96%), ^{42}Ca (0.64%), ^{43}Ca (0.15%), ^{44}Ca (2.06%), ^{46}Ca (0.003%) 和 ^{48}Ca (0.19%) 等等。若干天然元素僅僅是一個穩定的同位素, 例如, $^{15}\text{P}^{31}$ (100%), $^{11}\text{Na}^{23}$ (100%) 等。

天然元素的原子量是組成它們同位素的質量數的平均重量。例如, 天然的氯, 由兩個穩定的同位素 ^{35}Cl (75.4%) 和 ^{37}Cl (24.6%) 組成, 原子量是 35.457; 從它同位素的質量數出發, 我們求得了這種

原子量, $35 \times \frac{75.4}{100} + 37 \times \frac{24.6}{100} = 35.457$ 。鎂的原子量大家都知道是

24.33; 天然的鎂由穩定的同位素 ^{24}Mg (78.60%), ^{25}Mg (10.11%) 和 ^{26}Mg (11.29%) 組成, 這些同位素的質量數平均重量是:

$24 \times \frac{78.60}{100} + 25 \times \frac{10.11}{100} + 26 \times \frac{11.29}{100} = 24.33$, 這一數字與實驗求得的

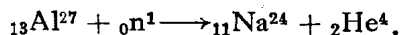
鎂原子量數值一樣。對於其他天然元素可以做出原子量類似的計算。

¹⁾ 與此相當地把同位素區分成穩定的和放射性的(不穩定的)。

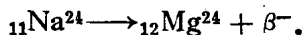
放射性的同位素

天然同位素中，放射性的同位素極端稀少；例如可以舉出： $_{19}\text{K}^{40}$ ， $_{37}\text{Rb}^{87}$ ， $_{75}\text{Re}^{187}$ ， $_{92}\text{U}^{238}$ 以及一些其他元素。當用強力的中子流，質子流，氘核流(${}_1\text{D}^2$)等轟擊原子核時，人工地獲得許多放射性的同位素。轟擊在特殊的裝置下執行：電子迴旋加速器(бетатрон)，迴旋加速器(циклотрон)等。這樣的方式照射時，原子核裏發生核反應，結果核裏中子和質子的數量發生改變，也就是說改變了核電荷，於是產生另一元素的原子。由於在核裏改變了中子和質子之間的比率，這種新發生元素的核是不穩定的；在核裏自動地產生中子變成質子或質子變成中子的核反應，並且放出基本質點：大部是電子—— β^- ，正子—— β^+ (正的電子) 和 X 光類型的電磁射線(γ -射線)。我們試舉一些獲得人工放射性同位素反應的例子。

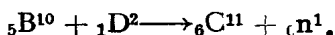
(1) 用中子照射 我們引用穩定的同位素 $_{13}\text{Al}^{27}$ 衰變時獲得放射性同位素 $_{11}\text{Na}^{24}$ 的反應圖解：



正如我們所看到的，用中子流轟擊(照射)鋁原子時， $_{13}\text{Al}^{27}$ 變成鈉原子核 $_{11}\text{Na}^{24}$ ，並且放出 α -質點——氦原子核 ${}_2\text{He}^4$ 。鈉原子核 $_{11}\text{Na}^{24}$ 不是穩定的；在它裏面自動地產生核反應，中子變成質子並放出電子(β^- -質點)： ${}_0\text{n}^1 \longrightarrow {}_1\text{p}^1 + \beta^-$ ，其結果 $_{11}\text{Na}^{24}$ 變成穩定的鎂同位素 $_{12}\text{Mg}^{24}$ ：



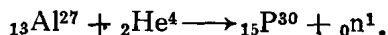
(2) 用重氫核(氘—— ${}_1\text{D}^2$)照射 我們引用從穩定的同位素硼 $_{5}\text{B}^{10}$ 獲得放射性同位素碳 $_{6}\text{C}^{11}$ 的圖解：



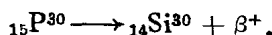
正如核反應方程式所表示的，當硼被重氫核(氘)照射時，放出中子 ${}_0\text{n}^1$ ，並且硼轉變成不穩定的碳同位素 $_{6}\text{C}^{11}$ 。在它的核裏自發地發生質子轉變成中子的反應，並且放出正子的基本質點(${}_1\text{p}^1 \longrightarrow {}_0\text{n}^1 + \beta^+$)。這一反應的結果，同位素碳轉變成同位素硼：



(3) 用 α -質點(${}_2\text{He}^4$)照射 我們引用從穩定的鋁同位素 ${}_{13}\text{Al}^{27}$ 獲得放射性磷的同位素 ${}_{15}\text{P}^{30}$ 反應的圖解:

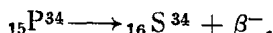
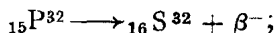
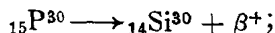
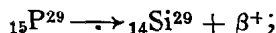


磷的同位素 ${}_{15}\text{P}^{30}$ 不是穩定的, 它自發地轉變成穩定的硅同位素 ${}_{14}\text{Si}^{30}$, 並且放出正子。



根據所引用的圖解, 在放射性同位素裏具有放射性的射線, 應該作為放射性同位素區別於穩定性同位素的外表特徵。

每一元素既可能是放射性的同位素也可能是穩定性的同位素。對於磷來說, 其中有一個穩定的同位素—— ${}_{15}\text{P}^{31}$ 和若干個放射性同位素: ${}_{15}\text{P}^{29}$, ${}_{15}\text{P}^{30}$, ${}_{15}\text{P}^{32}$, ${}_{15}\text{P}^{34}$ 。這些放射性同位素磷的自動分解反應可以用下面的方程式圖解地表示出來:



在農業化學研究裏, 穩定的和放射性的同位素都可以用來當作“示蹤”的同位元素。它們的測定方法有很大的區別。穩定的同位素按照它們的原子量的差異, 在特殊複雜貴重的, 一般實驗室所不易設置的所謂質譜儀(масс-спектрограф)上測定; 放射性的同位素按照它們射線的特徵和強度, 在比較簡單的, 一般實驗室易於設置的特殊計數器上測定。以下僅僅說明放射性同位素的操作方法; 對於穩定同位素的操作方法有興趣的人們, 我們介紹到特殊的實驗指南裏去找。

半衰期; 測量時衰變的計算

我們注意到對於每一同位元素說來, 放射性同位素的衰變和轉變, 伴隨有特殊的射線發生。例如, 磷的放射性同位素 ${}_{15}\text{P}^{32}$ 衰變和它轉變成穩定的同位素 ${}_{16}\text{S}^{32}$, 同時有 β^- -質點的射線:



任何同位素個別的核衰變時期是十分不同的；一類原子在它們形成之後，核的衰變經過極短的間隔時期而完結，另外一類原子核的衰變完結時期，相反地，則非常之長。理論上推斷起來，全部衰變，即新獲得同位素全部核的衰變，只有經過無限的期間才完結。因此，說到任何一個同位素的全部衰變時期是困難的。半衰期，即同位素原子有 50% 數量已衰變的時期，是很可作為標誌的，而且是容易測定的。因為每一個核的衰變同時發生一個 β -質點的射線，那麼半衰期很容易當作那樣的時期而測定，在這個時期裏 β -射線強度減少一倍。

衰變或半衰期和一般放射性同位素核的自發地衰變速度不依賴於試驗進行的通常條件。無論是加熱，高溫的燒灼，沉澱，昇華或沸騰，以及所有其他一般化學和物理的操作，對於衰變速度和同位素 β -射線強度都不能有任何影響。因此半衰期對於每一放射性同位素說來，是固定的數值。例如，對於磷的放射性同位素說來，半衰期或時間： $_{15}\text{P}^{32}$ 是 14.3 天， $_{15}\text{P}^{29}$ 是 4.6 秒， $_{15}\text{P}^{30}$ 是 2.55 分鐘， $_{15}\text{P}^{34}$ 是 12.4 秒。對於其他元素的同位素說來，半衰期也是不同的，例如， $_{19}\text{K}^{40}$ 的半衰期等於 4×10^8 年， $_{19}\text{K}^{37}$ 是 1.3 秒。

農業化學的試驗，特別是用植物的試驗，佔有相當長的間隔時期，在這個期間裏，由於自動衰變現象，試驗所用的同位素 β -射線強度可能劇烈地減低。顯然地，在這種情況下，不同時期所獲得的放射強度的全部資料，必須換算到某一個時期的放射強度。通常換算都在試驗開始的一天（時刻）或試驗結束的一天（時刻）。在試驗進行的任何一個間隔時期都可以換算。

在某一開始時期同位素所放射的 β -質點（或其他的）數目（ N_0 ），與經過 t 單位時間後所放射出的質點數目（ N_t ），用方程式相聯系：

$$N_t = N_0 \times e^{-\lambda t},$$

此處 λ 是衰變常數；

e 是自然對數的底數。

衰變常數又與半衰期 T 用方程式相聯系：

$$T = 0.693/\lambda.$$

知道了 N_t , T 和 t 後, 可以根據這些方程式計算 N_0 , 即開始時期 (t_0) 衰變的數目。

根據每個同位素個別地實驗所製備的表格, 能使計算簡化。爲了簡化這些表格的編造, 可以提供兩個方程式:

$$N_0 = N_t K \text{ 和 } \lg K = \frac{0.301}{T} t,$$

此處 T —半衰期;

K —常數。

例如, 同位素 $^{15}\text{P}^{32}$ 的半衰期等於 14.3 天,

$$\text{則 } \lg K = \frac{0.301}{14.3} t = 0.0210 t.$$

用不同的 t 值例如 1, 2, 3, …… 天代替後, 並且利用通常的對數表後, 對於同位素磷 $^{15}\text{P}^{32}$ 可以編製出下面的表格 (計算係數 K 值比較完全的表格引用在附錄裏)。

表 1 指出, 爲了換算全部測量資料 (在不同時期所進行的) 到試驗開始的時刻, 例如, 試驗開始後經過 4 晝夜, 應該以所得資料乘 1.21, 經過 5 晝夜乘 1.27 等等。

表 1 $^{15}\text{P}^{32}$ K 值換算係數表

天 數	$\lg K$	K	$K \%$
1	0.0210	1.05	105
2	0.0420	1.11	111
3	0.0630	1.16	116
4	0.0840	1.21	121
5	0.1050	1.27	127
等			

二. 放射性同位素的射線

放射性同位素的原子在自己轉變時放出三種不同性質的射線，稱為 α -， β -，和 γ -線。

第一種型式的射線， α -線，是巨大的 α -質點流，具有質量，四倍於質子的重量，其上帶有兩個正電荷，是氦元素 ${}^4_2\text{He}$ 的原子核。 α -質點移動的速度不大，是 10^9 厘米/秒。 α -質點穿過任何物質時，由於它大的電荷和小的速度，與吸收物質原子的電子強烈地交互作用；因此， α -質點在比較粗厚的物質裏，變成氦的中性原子之前進行短短的距離。在空氣裏， α -質點自由行駛路線的長度不超過1—2 厘米。在放射性原子衰變時，很少看到放出 α -線，它在鈾、鐳和一些另外重元素的同位素裏被表現出來。

β -線

β -線是輕的 β -質點流，具有少於質子1,800 倍的質量， β -射線可能由正子—— β^+ 和電子—— β^- 組成。正子在很短的時期內存在；在自己緩慢移動時，它們與電子結合而“消滅”，就是相互地消滅，同時發生 γ -線。由於消滅作用，放射性核放出正子的直接計算遭到困難，因此它們的數量根據在消滅作用時發生的 γ -射線強度而測定。除了消滅作用的效應和電荷的標誌以外，正子的性質在其他方面是和電子的性質相同的。

由於放射性同位素所放射出來的 β -質點，具有很高的接近於光的移動速度。具有輕微質量的 β -質點在經過吸收介質時，容易與直線移動偏離，因此在吸收層裏測定它們路線的長度是很困難的。 β -質點與介質分子相互作用的結果，在介質分子當中發生離子蒸氣，一個 β -質點所產生的離子數目，在它消失自己的速度之前，可能超過10,000。電離過程的效率反轉來又依靠 β -質點的移動速度。 β -質點用很大的能量運動時，介質原子的電離在單位路程上是不大的；減