



原子能在昆虫学中的应用

張宗炳 編著

原子能在昆虫学中的应用

張宗炳 編著

(北京大学生物系 中國科学院昆虫研究所)

上海科学技术出版社

內 容 提 要

这是一本原子能在昆虫学中怎样应用的綜合性参考書。全書分二編,第一編講有关原子能的基本知識,放射测量的主要技術,原子能在昆虫学中生态、生理、遺傳性和毒理等的应用及其成就。第二編搜集了二百多篇國際文献,分別列入十余專題,大部分都用文摘方式,作簡要的内容介紹。末后附有生物制片的放射攝影法、文献作者和試驗昆虫檢索表。可供生物理化研究人員、技術人員及農業大專師生的参考。

原子能在昆虫学中的应用

張宗炳 編 著

上海科学技术出版社出版

(上海南京西路2091号)

上海市书刊出版业营业登记证出093号

新华书店上海发行所发行 各地新华书店經售

上海市

开本 850×1168 1/32 印张 136.000

(原科技版印1,100册 1957年11月第1版)

1959年4月第1版 1960年3月第2次印刷

印数 3,001—8,000

统一书号: 16119 · 69

定 价: (十四)0.98元

前 言

1956年5月4日，作者在北京大学昆虫学教研室內作了一次报告，題目就是“原子能在昆虫学中的应用”。当时，这个报告只不过想介紹一下这一个新方法在昆虫学研究中应用的情况及成就；在准备这一报告时讀了一些文献，为数極有限，因此报告也不可能很全面。报告之后，作者繼續搜集这一方面的文献，約在8月中，把报告的初稿加以增改，寫成了一篇綜述，送給“昆虫知識”發表，这时收集到的文献已有一百多篇，其中一部分作了一些文摘。由于“昆虫知識”这一刊物的性質，綜述性的文章虽已發表了，但是文献的介紹却不可能全部包括在內。在这同时，文献的收集及文摘工作又有了許多進展，文献的数量已經加到了二百多篇。因此在几位同志的鼓励下，終于把全部資料再作整理，并且加上了一部分应用原子能的方法与原理，改寫成为这本书。

关于本书的寫作，对于有許多同志是必須提出感謝的：北京大学昆虫教研室林昌善教授是这一題目的提出者，也是他叫我在教研室內做报告的；在这一書的寫作中，他起了極大的推动作用。北京農業大学植保系管致和先生是建議把我的初稿擴充为一本書的，并且全書的寫作計劃及出版等等，都得到他的帮助。中國科学院昆虫研究所熊堯先生不但对于我的初稿曾加以校閱，并且为我介紹了許多文献。最后，應該提出北京大学物理系盧鶴綬教授对于本書的第一部分曾加以校改，沒有他的改正，以作者的物理学水平是絕對不能完成这一部分的。当然，在这四位先生之外，还有許多同志在各方面的鼓励及帮助，在这里不能一一提名道謝了。

必須指出，作者虽然寫了这一本書；但是因为作者本人并没有做过这方面的深刻研究，全書只能作为一篇長篇幅的綜述；因此，書中所寫的，一定有脫离实际的情况，甚至于可以有嚴重的錯誤。作者十分誠懇地希望讀者們能指出錯誤，以便加以修正。

原子能在我國的和平利用，包括它在科学研究上的利用，無疑地在不久的將來，即会开展。希望这一本書能为原子能在昆虫学研究上的应用，起一些預先鋪路的作用，假如能做到这一点，那么这本书的寫作还不是沒有意义的。

張宗炳

北京大学昆虫教研室、

中國科学院昆虫研究所

一九五六年十一月

目 錄

第一編 原子能在昆虫学中应用的原理与方法

一、原子能的理論与应用方法	3
原子的結構	3
同位素	4
天然同位素 人造同位素 穩定性同位素 放射性同位素	
放射現象与放射能	8
甲种放射 乙种放射 正电子放射 丙种放射 蜕变	
半衰期	
放射测量的原理与方法	11
电离室 計数器——正比計数器、盖繆計数器、閃爍計数器	
放射攝影 質譜仪	
放射测量的一些技術問題	18
相对强度 放射性比度 测量时应注意事項	
脉冲数的統計分析	19
放射能及放射性同位素应用的原理	22
放射能的应用 放射性同位素作为标志的应用 原子标	
志法的优点	
应用同位素的一些具体問題	25
同位素的选择 使用放射性同位素应注意的安全防护問題	
二、原子能在昆虫学中的应用及其成就	30
I. 利用放射能來防治昆虫	30
II. 研究放射能对昆虫生理的效应	34

III. 研究放射能对于昆虫遺傳性的改变·····	36
IV. 示踪原子在昆虫生态学上的应用·····	37
V. 示踪原子在昆虫生理学上的应用·····	42
VI. 示踪原子在昆虫毒理学上的应用·····	45
結論及展望·····	52

第二編 原子能应用在昆虫学各部門的研究文献

一、綜述性的文献·····	56
二、示踪原子在昆虫生态学上的应用·····	59
三、示踪原子研究昆虫的代謝及生理作用·····	81
四、放射能对于昆虫遺傳性的改变·····	96
五、示踪原子研究昆虫对植物的加害·····	103
六、示踪原子在昆虫毒理学上的应用·····	108
七、示踪原子对殺菌剂的研究·····	133
八、示踪原子研究殺虫藥剂在植物中的代謝、傳導及 分布·····	135
九、示踪原子研究殺虫藥剂对人畜的毒害·····	144
十、放射性原子标志的殺虫藥剂的化学合成·····	149
十一、放射性原子标志的植物性殺虫藥剂的生物合成·····	153
十二、利用示踪原子做殺虫藥剂的分析及技術·····	155
十三、利用原子能防治害虫·····	158
十四、有关原子能在生物学上利用的一般文献·····	165
附 錄·····	170
生物制片的放射攝影法·····	170
文献作者索引·····	174
昆虫学名檢索表·····	177

第一編

原子能在昆虫学中应用的原理与方法

原子能和平利用中的一个广大领域，便是在科学研究上应用放射性同位素以及它所放出的放射能。有了这一个新的领域，也就是有了一个新的方法，在短短十年中，科学各部门已经解决了许多争论不决的重大问题。在生物学中，对于动物体的生理及代谢过程、植物的光合作用、养料的吸收等等大问题都提出新的解决。在应用生物学的农业及医学上，也解决了很多理论上及技术上的问题。昆虫学不是例外，这十年来原子能的利用也带来了许多新成就——昆虫生理学、昆虫生态学、昆虫防治及杀虫药剂的应用等等方面都应用了这一新方法，获得了显著的成果。

本书是单就原子能在昆虫学中的应用及其成就作一个比较详尽的介绍。全部介绍分为两部分：第一部分即第一编，介绍在昆虫学研究中应用原子能的原理与方法，以及目前的成就；第二部分即第二编，是将近十年来在这方面的文献尽可能地分类列举，并把一部分文献作出文摘，作为参考资料。

在第一部分中，开始先介绍一些有关原子能的基本概念，然后进而讨论应用原子能及示踪原子的方法。这样做乃是必要的，因为要了解这一新领域的研究以及这一新方法的应用，必须对什么是原子能、什么是同位素、什么是射线等有一最低限度的了解；同时，也必须了解一些同位素及射线的物理性质，这样才能使我们在具体应用中，知道为什么要用某一种同位素，用的时候应该注意些

什么,用什么仪器探测它最为有效等等。

必須指出,本書对于这些基本知識的介紹不可能是最詳尽的(詳尽的叙述可參閱[275、277、282]三書)^①;但是作为一个生物学家在具体应用时应具备的基礎,在本書內尽量扼要而又全面地予以介紹了。

① 这些方括弧內数字是指第二編內文献的編号,以下方括弧內数字都同。

一、原子能的理論与应用方法

原子的結構 一个原子的結構可以了解为是由兩部分構成的：在中心的原子核，以及在核外圍成圈狀环行的一定数量的电子。化学上每一种元素的原子都有这种基本的結構形式；它們之間的不同，在乎原子核的質量与电荷不同及外圍的电子数目不同。

先說外圍的电子。原子核外圍的电子都在一定的軌道上环行，这些軌道分成許多層，每一層中有几个軌道，每个軌道上最多只能有一个电子(圖1)。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；但是最外面一層却有嚴格的限制，最多只能有八个电子。化学变化与原子深处各層的电子無關，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，基本上决定了原子的化学性質。

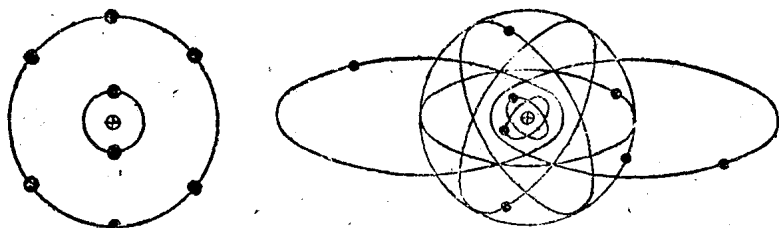


圖1 氢原子模型

甲. 电子的軌道

乙. 在各層中电子

不同元素的电子数目不同；当电子数目在增加时，由于受到每一層所能容納电子数量的限制，因此在一層中增加到一定数目时，其余的就只好排到外面新的一層了。这样，就產生了許多在外面一層中具有同样数目电子的元素；但是它們整个电子的数目是不

相同的,这些就是化学性质相似的元素。它们的出现是有次序的,因为它们是按照电子数目的次序而排列的;这就是元素周期律(圖 2)。

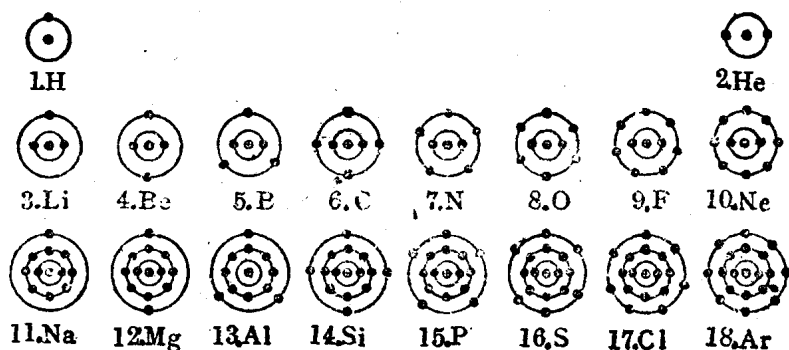


圖 2 I-III 周期內元素的原子結構示意圖

由圖中可以看出化学性質相似的元素列在同一行(如 1.H, 3.Li, 11.Na), 这就是元素周期律。

在原子核里,主要的組成者是中子与質子^①,任何一个原子核都是由一定数目的中子与一定数目的質子組成的。核外圍的电子帶有負电,核內的質子帶有正电,中子不具有电荷。既然原子本身不具电荷,可想而知,核外圍电子的电荷一定恰好等于核內質子的电荷。

因此不同元素的原子的不同,不僅是外圍电子数目的不同,也是电荷数的不同,也是原子核內質子数目的不同。核外电子愈多,帶的电荷愈多,核內質子也愈多,原子核就愈重,元素的原子量也就愈大。

同位素 不同元素的原子可以按照电荷量的次序,或核外电子数目(或核內質子数目)的次序給以一个数字,这就是原子序数。既然原子序数是說明电子的数目的,因此它也說明这原子的化学

① 中子(neutron 簡寫 n)与質子(proton 簡寫 p)二者統称为核子(nucleon)。

② 必須指出,原子核的組成是極複雜的,还有一些其他的成分沒有弄清楚,如 μ 介子与 π 介子等等,它們对于中子与質子的結合有很大的影响。

性質。

任何一種元素的原子中的電子數或質子數都是一定的，這說明了它們的化學性質是一定的。

但是在原子核內的中子數可以有所不同，核內中子的數目加上質子的數目稱為質量數。中子數目如有多少，質量數就有改變。但是這並不影響電子數目及電荷數，因為質量數的改變中，質子數目並未改變。因此，中子數目可以有多少，質量數可以有所不同，但是只要電子數及電荷數未變，那麼化學性質就沒有改變。

像這樣的原子序數相同、化學性質也相同，而質量數不同的原子，就稱為這一元素的同位素（圖3）。

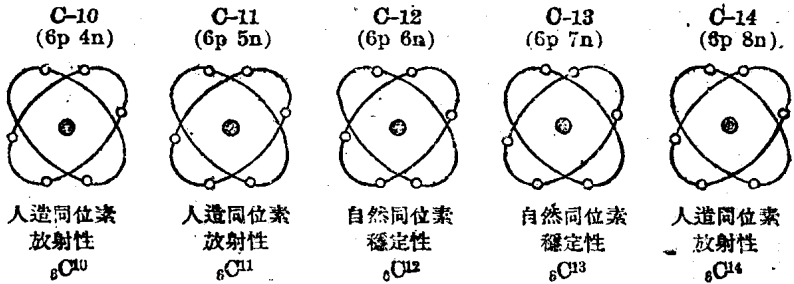


圖3 碳元素的同位素示意圖

對於同位素，一般的寫法就是在元素符號的右上角寫上它的質量數。例如： P^{31} 、 P^{32} （即磷-81、磷-82）； O^{16} 、 O^{17} 、 O^{18} （即氧-16、氧-17、氧-18）等。在符號左下角有時也有一個數字，這是原子序數，一般略去不寫。例如 ${}_6\text{C}^{12}$ 、 ${}_6\text{C}^{13}$ 、 ${}_6\text{C}^{14}$ ；在這里右上角的12、13、14是質量數，左下角的6是原子序數；這代表三種碳的同位素。也可以說： ${}_6\text{C}^{14}$ 是 ${}_6\text{C}^{13}$ 的同位素， ${}_6\text{C}^{13}$ 是 ${}_6\text{C}^{12}$ 的同位素。

天然同位素、人造同位素 在自然界，有許多元素本來有幾種同位素，這就是天然同位素。例如 O^{16} — O^{17} — O^{18} 這三種同位素在自然界都存在， H^1 及 H^2 這兩種氫元素的同位素也在自然界同時存在。

在自然界里一種元素有幾種同位素同時存在時，往往這種元

素就是它们的混合物。例如氖的三种同位素 Ne^{20} , Ne^{21} , Ne^{22} 在氖元素中的比例是 Ne^{20} —90.92%, Ne^{21} —0.26%, Ne^{22} —8.82%。同样的, 氢元素中有 99.9851% 的 H^1 及 0.0149% 的 H^2 ①。

有些元素在自然界只有一种同位素, 例如 P^{31} 、 Na^{23} 等。但是今天随着原子物理学的发展, 人们已经有方法可以人工地制造各种元素的同位素。这种同位素因此称为人造同位素。

人工制造同位素的基本原理就是设法用中子或高速带电微粒子打到原子核里去, 而引起核反应。为了产生高速带电粒子, 人们设计了带电粒子加速器, 它的原理就是: 当带有电荷的粒子从电势高的位置到电势低的位置时, 它所减少的势能就变成了它的动能, 因而增加了速度。加速器就是这样一个用高电压来加速带电粒子。不带电的粒子(中子)不能用这方法加速, 但是可以间接利用加速的带电粒子所引起的原子核反应, 来产生高速度的中子。

以高速带电微粒子打到原子核里去总不如用不带电的粒子比较容易, 因为带电粒子带有电荷, 它与核之间有着很大的斥力②。用中子打到了原子核中(慢中子更容易被核俘获), 引起的核反应就会产生出人造同位素来。下面图中所表示的就是中子进入原子核的核反应及人造同位素的产生(图4)。

当然这只不过是说把中子打进核去是引起核反应最容易的方法, 但是用质子、重氢核(氘核)以及其他粒子(甲种粒子、丙种射线的光子)也一样可以引起核反应, 产生人造同位素。

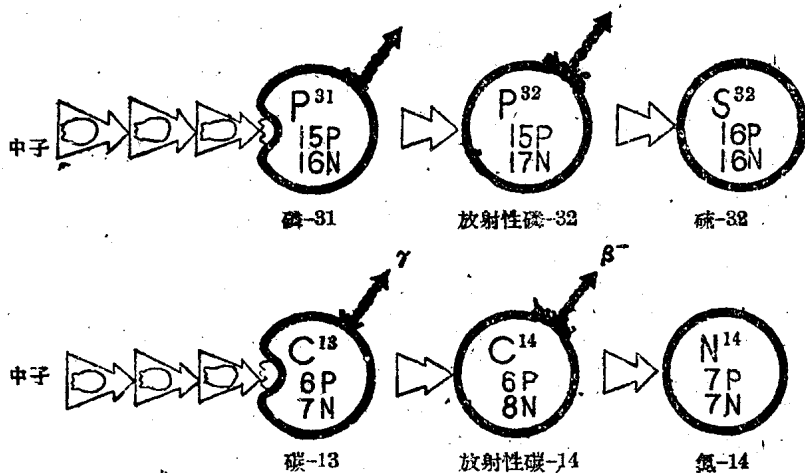
稳定性同位素、放射性同位素 为什么有些元素在自然界有几种同位素, 而有些元素在自然界只有一种呢? 其中一个原因, 并且是主要的原因, 就是: 后一种元素的某些同位素(虽然人工地制造出来了)却不能持久, 它们不久就经过改变而成为别的元素了。

① H^3 在自然界里的存在量约仅十万万分之一, 姑略去不计。

② 可能有人会想, 电子与核的电荷相反, 应该有吸收作用可以更容易进入。实际上却不是这样, 因为电子和核子只有电磁相互作用, 而电磁力比核子间的核力是小得非常多, 因此不容易引起核的扰动而产生核反应。

对于这一类同位素，我們称之为不穩定性的同位素，，以区别于那些穩定性同位素——也就是本身穩定、不会發生改变的。

I. n, γ 反应; 中子俘獲(neutron capture)



II. n, p 反应; 蜕变(transmutation)

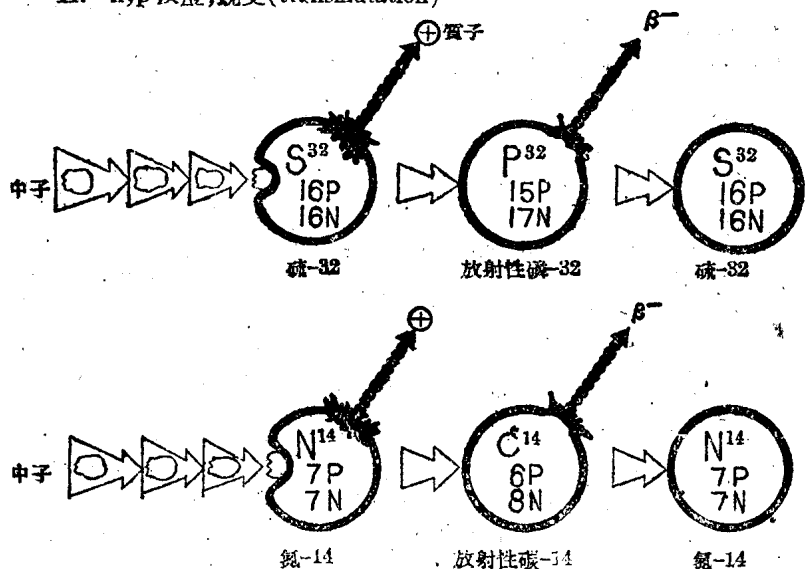


圖4 人造同位素的形成

β^- —乙种粒子 γ —丙种射线 $\oplus$ —質子

为什么有的同位素稳定，有的就不稳定呢？主要的原因还不完全知道。但是，我们知道核子（即质子与中子）之间除了质子与质子间的电磁作用之外，还有一种很强的作用力存在，这个作用力被称为核力。核力克服了质子与质子之间的静电斥力，而把中子质子等一同凝聚成一个原子核。因此核的稳定与否，就是核力与质量关系的平衡问题。

稳定的核内，中子和质子的数目有着一定的比例。在轻的原子核的范围内，中子数和质子数大致相等。原子序数增加时，稳定的核内中子数就逐渐比质子数多。最重的原子核内，中子数与质子数的比值约为 1.6。原子序数在 83 以下的每一种元素（少数例外）都有一个或几个稳定性同位素。凡是原子序数在 84 以上的原子核，以及质子或中子过多的原子核，都不稳定。

不稳定的原子核就会发生改变。既然不稳定性是由于核力与质量关系的不平衡，因此为了达到平衡，就有一部分能量或粒子被放出核外。这种粒子或能量即是放射粒子或放射能；这样放出的粒子或能量的过程即称为蜕变过程。到了一定时间，蜕变结果达到了新的平衡，于是这一同位素就改变成为另一元素。

因此，不稳定的同位素也就称为放射性同位素。

放射现象与放射能

甲种放射 在有些时候，某种原子核中为了核内质量关系的平衡，可以把核的一部分放出——二个中子和二个质子结合的粒子（它就是氦原子核，带两个正电荷，质量差不多是 4 个氧单位），这就是甲种放射。这种粒子称为甲种粒子（或称 α 粒子）。

乙种放射 在原子核内，如果中子过多，在一定的条件下，原子核会放出一种射线——乙种射线（或称 β 射线），这时原子核内一个中子转化成为质子，在转化时放出一个电子^①。核的原子序数

① 在中子转化为质子时放出的不仅是一个电子，还有一个中微子，中微子是一种静质量极小的（比电子还轻许多）中性的粒子。它不存在在核内，而只在蜕变时与电子一起从核内产生。

就增加 1。

中子 $\longrightarrow$ 質子+电子+中微子

正电子放射 相反的,假如在原子核内質子过多(例如某些人造同位素),在一定条件下,就有可能放出正电子。正电子的質量与电子相同,但是荷帶正电。質子在这时就轉化为中子,同时原子序数就减少 1。正电子并不存在在核内,而是在質子轉化成中子时放出的^①。

質子 $\longrightarrow$ 中子+正电子+中微子

丙种放射 在發生甲种放射及乙种放射时,常有多余的能量,这种能量就以丙种射綫(或称 γ 射綫)的形式放射出來。

我們一般把正电子放射也算为乙种放射的一种,即乙种放射可能是正电子或負电子。这样我們可以总结說:原子核的三种放射即为甲种(α)、乙种(β)及丙种(γ)射綫的放射。

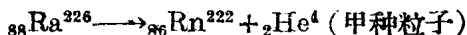
甲种射綫是帶正电的高速粒子流。它的粒子称为甲种粒子,它們从放射性同位素的原子核中以高达每秒約兩万公里的速率放出來。乙种射綫是帶有負电(或正电)的高速粒子流,这种粒子就是电子(或正电子)。它們的速率更高,每秒約二十多万公里。丙种射綫是一种光子流。光子是不帶电的、以光速(真空中是每秒 30 万公里)运动的粒子。一切可見光、紫外光、X 光及丙种射綫等都是由一个个光子組成的光子流,它們的区别只是在于光子的能量不同。丙种射綫的能量最大。

以能量來說,一般甲种粒子的能量約为几百万电子伏特,丙种粒子約在几十万到几百万电子伏特之間。乙种射綫約有很大的不同,每一种放射元素放出的乙种粒子的能不是一定的。

应该在这里指出,各种放射性元素并不都有这三种放射;很多种沒有甲种或丙种放射的,有的乙种放射是正电子放射,这些都是决定于原子核的結構与性質。

① 在質子轉化为中子时,也同时放出一个中微子。

蜕变 放射过程有一定的规律。首先,任何一个原子核放射出甲种或乙种粒子以后,自己就变成了别的原子核,这就是蜕变。放出甲种粒子的蜕变叫做甲种蜕变,例如:



一般公式为 ${}_Z\text{X}^a \longrightarrow {}_{Z-2}\text{Y}^{a-4} + {}_2\text{He}^4$

这里 X, Y , 代表两种原子, Z 为原子序数, a 为质量数。

放出乙种粒子的叫做乙种蜕变,例如:

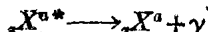


一般公式为



这里 ${}_{-1}\text{e}^0$ 为电子, ${}_{+1}\text{e}^0$ 为正电子。

当原子核放出丙种射线时,一般过程可以写为



这里 a^* 代表原子核在激发状态,也就是它有多余的能量可以放出光子,而后转变到稳定状态。

半衰期 任何放射性元素的原子都不是一下子全部蜕变。假如本来有 N_0 个放射性原子,那么经过一定时间 t , 由于蜕变的结果,就只剩下了 N 个原子了。实验指出, N_0 与 N 之间有一定的关系,可以公式表达如下:

$$N = N_0 e^{-\frac{0.693}{T} \cdot t}$$

在这公式内, $e = 2.718$ 是一个常数, T 是某一种放射性元素蜕变了一半所需要的时间^①, 叫做半衰期,这是该种放射性元素的一个常数,也可说是该种放射性元素的一种特性。譬如 1 克磷-32 过了 14.3 天就剩了半克,再过 14.3 天就剩了 $1/4$ 克。磷-32 的半衰

^① 注意:这是物理学的半衰期。在生物学上的应用中,还有一个名称叫生物学的半衰期,它的意义是一种放射性元素在生物体内(或组织内)由于生理代谢排泄过程消失去一半所需的时间。