

553339

587

3134

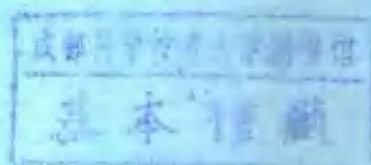
1. 41-1

科學圖書大庫

原子能文庫

主編 鄭振華

第41—43冊



徐氏基金會出版

4
1-43

科學圖書大庫

原子能文庫

主編 鄭 振 華

第 4 1 — 4 3 冊

徐氏基金會出版

徐氏基金會科學圖書編譯委員會

監修人 徐銘信 發行人 王洪鎧

科學圖書大庫



版權所有

不許翻印

中華民國六十八年三月二十四日再版

原子能文庫

41—43

基本定價 1.00

主編	鄭振華
編者	行政院原子能委員會執行秘書
	第四十一冊 陳松濤
	第四十二冊 姚士熙
	第四十三冊 汪曉康 李寬宏
	黃炳華 鄭德昌

本書如發現裝訂錯誤或缺頁情形時，敬請「刷掛」寄回調換。謝謝惠顧。

(67)局版臺業字第1810號

出版者 臺北市徐氏基金會 臺北市郵政信箱53-2號 電話 7813686 號 7815250

發行者 臺北市徐氏基金會 郵政劃撥賬戶第15795號

承印者 大興圖書印製有限公司 三重市三和路四段一五一號 電話9719739

序

民國五十七年四月十三日，中美原子能委員會假台北市聯合舉辦原子能應用示範展覽會。會中展出一部原子能文庫（Understanding the atom series），凡四十餘冊，執筆者均為美國當代的原子能學者與專家。此文庫以通俗與淺顯文字，介紹有關原子能基本知識。國立清華大學核子工程學系四年級同學為響應推廣原子能和平用途，利用課餘時間，協力逐譯此文庫，並蒙該系主任翁實山博士協助解答質疑與校對；復蒙徐氏基金會資助，陸續出版。預計在核四同學畢業之前，可全部譯竣付印。

我國正力圖發展與推廣原子能和平用途，此文庫之逐譯，適逢其時。希望不久的將來，原子能將為我國帶來繁榮與福祉，更希望有志青年，多參與發展原子能的工作。

鄭 振 華 民國五十七年國慶日
於行政院原子能委員會

原子能文庫

中文書名

1. 輻射經食品保藏學
2. 核動力與商船
3. 我們的原子世界
4. 稀土元素
5. 人體與輻射
6. 原子在農業上的應用
7. 能量直接轉換
8. 原子燃料
9. 核反應器
10. 分裝式反應器
11. 放射性同位素之工業應用
12. 計算機
13. 全身計數器
14. 太空中的核動力
15. 核子鐘
16. 核能電廠
17. 輻射對遺傳的影響
18. 核試爆的落塵
19. 放射性同位素在醫學上的應用
20. 第一座反應器的故事
21. 合成超鈾元素
22. 加速器
23. 原子能的事業
24. 放射性同位素動力
25. 太空核反應器
26. 原子：大自然以及人類
27. 低溫學
28. 研究用反應器
29. 放射性廢料
30. 科學展覽會與科學原子
31. 核能脫鹽
32. 中子活化分析
33. 核衝突而得
34. 鈾
35. 核燃料的來源
36. 太空輻射
37. 原子動力之安全問題
38. 鈍氣化學
39. 原子與海洋
40. 核融合的控制
41. 放射性同位素與生命程序
42. 動物與原子科學研究
43. 耕犁計劃
44. 雷射
45. 物質之細微構造
46. 非破壞性工業試驗

英文書名

- Food Preservation by Irradiation
Nuclear Power and Merchant Shipping
Our Atomic World
Rare Earths
Your Body and Radiation
Atoms in Agriculture
Direct Conversion of Energy
Atomic Fuel
Nuclear Reactors
Power Reactors in Small Packages
Radioisotopes in Industry
Computers
Whole Body Counters
Nuclear Propulsion in Space
Nuclear Clocks
Nuclear Power Plants
Genetic Effects of Radiation
Fall-out From Nuclear Tests
Radioisotopes in Medicine
The First Reactor
Synthetic transuranium elements
Accelerators
Careers in Atomic Energy
Power from Radioisotopes
SNAP
Atoms, Nature and Man
Cryogenics
Research Reactors
Radioactive Wastes
Atoms at the Science Fair
Nuclear Energy for Desalting
Neutron Activation Analysis
Nuclear Terms-A Useful Glossary
Plutonium
Source of Nuclear Fuel
Space Radiation
Atomic Power Safety
The Chemistry of the Noble Gases
The Atom and the Ocean
Control of Fusion
Radioisotopes and Life Processes
Animal in Atomic Research
Plowshare
Laser
Microstructure of Matter
Nondestructive Testing

譯者

- 曾明哲
張世賢
鄭月李
鍾景常
陳松藩
江祥輝
朱 輝
甘繼治
徐耀舜
呂東輝
李寬宏
周祖康
薛榮貴
李偉德
邱秀吉
程育甫
鄭德昌、呂東輝
林國瑞
黃宏仁
黃海永
鄭德昌
徐耀舜
曾留煌
任曉康
孫仁貴
張世賢
黃炳華
陳方顯
彭武洪
盧望澄
黃潤清
丁英所
清華大學核子系1969級
陳松藩、陳耀坤
鍾景常、鄭月李
徐耀舜、歐紹徽
林宗彝
程育甫、李維祺
江祥輝、孫仁貴
林伯源
陳松藩
姚士熙
李寬宏、任曉康
李偉德
徐耀舜
曾明哲、黃炳華

目 錄

導 言.....	1
細胞理論：DNA 是生命的秘密	2
放射性同位素：生物偵探.....	9
DNA 合成：細胞的自傳.....	13
RNA 合成：如何做文字的翻譯工作.....	21
蛋白質合成：造成主要差異的分子	30
細胞遺傳作用與細胞循環：DNA 是生命之秘密.....	32
研究用同位素：探测癌症.....	37
結 論.....	39

放射性同位素與生命程序

Radioisotopes and Life Processes

原著：Walter E. Kisileleski

Renato Baserga

譯者：陳松濤

導 言

踏實地從事物之始，即觀察其成長，我們才能在各方面獲知事物的真象。
亞里斯多德

在早期，生命的本質已經激起了人類普遍的好奇心。雖然，不知生命為何物，但是，那些使生物（Living thing）不同於無生物（Lifeless matter）的種種特性，則早已經知道了。由最簡單的單細胞生物，到複雜如人類，它們之間有一共同的特徵，就是：均由最小的單位—細胞（Cell）所構成。

細胞是有機體（Organism）的最小單位，它有生物的種種性質。雖然，各種生物，在大小、形狀和構造方面有很大的區別，但是它們之間有一共同的地方：都由細胞構成，每種細胞含有功能類似的部分。因此，可以說生命是一單一程序，所有生物，均依照單一計劃持續其成長。

在過去幾年中，吾人對於了解那種控制生物機能（Function）的結構，有了很大的進展。這些進步，應歸功於實驗技術的改良，以及儀器的精密，才能觀察到細微的分子領域中。在生物學（Biology）的急遽進展中，有一種突出的方法，那是利用放射性同位素（Radioactive isotopes）於實驗室中。

在這本小冊中，我們打算把構成生物的物質，以化學名詞的形式加以說明，並且闡述那些顯示生命及維持生命的化學反應。為達到此目的，我們選擇了三種近代生物學之基礎分子：去氧核糖核酸（DNA, deoxyribonucleic acid），核糖核酸（RNA, Ribonucleic acid）以及蛋白質（Protein）。同時將指出如何利用放射性同位素，來窺

探這些分子的內部秘密。在了解這些分子的機能以前，我覺得有必要將細胞的構造及放射性同位素的物理性質，作一概略複習。

細胞理論：DNA 是生命的秘密

我們都知道，所有的有機體均由相同部分組成，那就是細胞；這些細胞的形成及生長，均依循同一定律；因此，吾人可斷言這些生命程序必定由相同的作用力促成的。

史 旺 (Theodor Schwann)

一、生命的單位

高等有機體都由最小的單位—細胞所組成。根據這個觀念，1838年，德國的兩位生物學家：植物學家—Mathias - Jacob Schleiden，及解剖學家—Theodor Schwann，發展了細胞理論。該理論對日後的生物學的探討，貢獻很大。它係假設生物有一共同的組織基礎，想要了解它的重要性，則必先對細胞的構造及機能有相當認識。

一些有機體，由單細胞構成，例如變形蟲 (Amoebae)，稱為單細胞有機體 (Unicellular organism)。高等動物則為多細胞的 (Multicellular)，這些細胞聚在一起，形成組織 (Tissue) 和器官 (Organs)。舉人類為例來說：人體內有數百萬種不同的細胞，分擔各種不同的任務。高等動物的細胞，在大小、形狀及機能方面有很大的區別；它們屬於分化細胞 (Specialized Cell)。

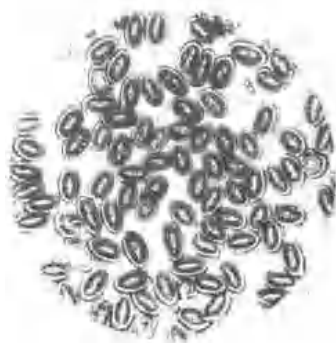
所有生物的分子組成以及代謝作用，尚有一值得重視的相似性：生命只能有一次原始期，它有特別的化學組成來促成新陳代謝作用 (Metabolism) 的進行。這種組成及新陳代謝作用，主要是藉著生殖 (Reproduction)，而使生命得以延續下去。因此，所有的變化的產生均是由於偶發的突變，或遺傳因子性質的改變。生命的所有特徵中，最顯著的是它在機能及構造上是複雜而有次序的。

生物學家一致認為，生命機能的表現包括運動、呼吸、生長、感應（對環境改變的反應）、及生殖。而這些現象都是由細胞促成。前四種可用新陳代謝*一詞表示。所以，生物有兩種共同性質：新陳代謝和生殖。我們討論生命程序，也主要研究這兩種。因為新陳代謝是各種發生在生命有機體內之生物化學作用的總合，所以將它歸屬於生物化學家的研究領域，較為恰當。而細胞生殖關係到生物化學及形態學，所以同時屬於生物化學及形態學家†（Morphologists）的研究範圍。

*新陳代謝是有機體維持生命的活力之總合，包括營養，產生能力，製造生命物質。

†形態學家是對有機體的構造或對整個有機體的研究；生物化學家則是研究生物物質的化學作用者。

圖 1：顯微鏡放大後攝得之細胞圖，它是早期所拍攝的照片之一。這張是鴿子血液內的細胞顯微照片。由美國外科醫生—J. J. Woodward 在 1871 年拍製。早在 1866 年，Woodward 氏已經拍成第一張顯微照片。



二、細胞構造

細胞的基本構造見圖 2。其內部有較稠密的細胞核（Nucleus），核的四周較稀薄，為細胞質（Cytoplasm）。細胞質和細胞核，被雙層的核膜（Nuclear Membrane）分開，核膜有小孔。細胞質內有薄膜網，它為無數管和囊的分界線，內有核糖體（Ribosomes）小球。這些膜狀網叫內質網（Endoplasmic reticulum），它和粒線體（Mitochondria）不同；後者是膜狀小型器官（Organelles），與細胞質的其他部分，構造上無任何關聯。細胞的最外層叫細胞膜（Cell

membrane)，或質膜 (Plasma membrane)，它形成細胞的界限。

細胞核，通常是細胞的最大部分，且又位於中央，有特別的重要性。由許多針狀物—染色體 (Chromosomes) 組成，染色體專掌控制細胞的遺傳作用 (Heredity-Controlling)，由粒狀的染色質 (Chromatin) 組成，染色質含有許多核酸 (Nucleic acid)，DNA (去氧核糖核酸)。除非細胞在分裂過程中，染色體通常不易看見。細胞不分裂時，可看到球狀的核仁 (Nucleolus)。(註：有些核內不只一個核仁)，當細胞核分裂時，核仁消失。

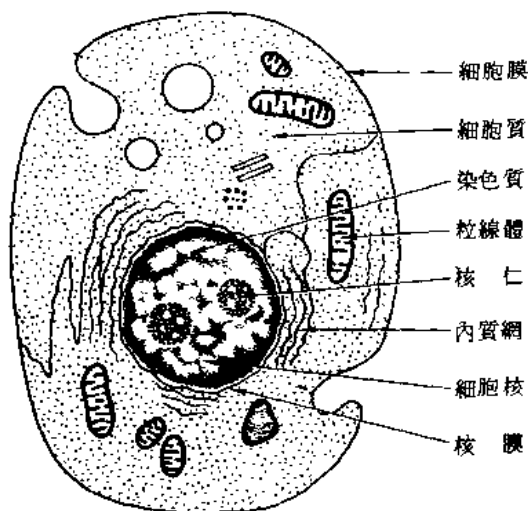


圖 2：細胞之一般構造圖，所顯示出的內部“小器官”是本書中最重要的。

然而，並非所有細胞均有這些構造。例如，血液內紅血球細胞 (Red Cell) 無細胞核，而其他細胞，則內質網很少。但圖 2 所示者，亦可適用於高等有機體內的許多細胞。

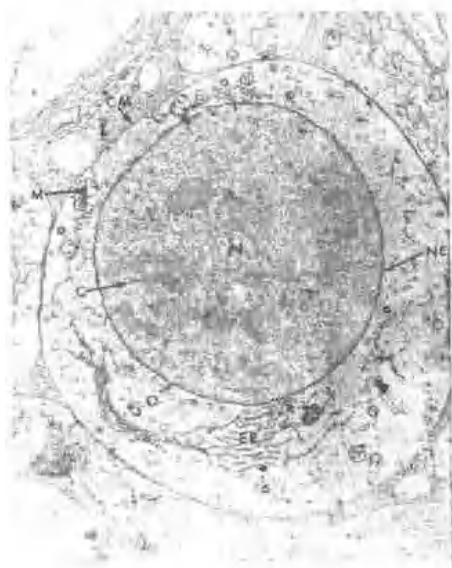
圖 3 所示者，係用電子顯微鏡拍製的細胞構造，在其上亦含有細胞的化學成分。這些成分主要的分類為：醣類 (Carbohydrates)，油脂 (Lipids)，蛋白質 (Protein) 及核酸。亦有水分 (約居總量的百分之七十)，及其他有機化合物或無機化合物，如維他命及礦物質等。

醣類相當於細胞內的食物工廠。它能以許多種不同方式儲存。另外，在細胞外，它尚有許多功用，尤其它當作構造單位，因而使構造和機能有了相互關聯。

細胞內的油脂有多種型式：酒精、脂肪、磷酸油脂（Phospholipid），乙醛（Aldehyde）。它們在細胞內各部分均可發現，其最重要機能，為形成薄膜，並且使這些薄膜有特別的滲透性（Permeability）。它們在儲存能量方面，貢獻也很大，儲存的形式是中性脂（Neutral fat）。

蛋白質也有許多種，例如：擔任新陳代謝作用之催化劑的酵素（Enzymes），亦為蛋白質的一種。核酸有DNA及RNA，它的機能是製造蛋白質。今後的討論，主要是蛋白質及核酸，所以在此，我們只強調：這兩種物質在機能上相互關連，並且兩者都很重要。

圖 3：青蛙的主要精原細胞（Spermatocyte cell），以電子顯微鏡拍攝所得的照片，圖中，N代表細胞核，ER代表內質網，M代表粒線體，C代表染色質，NE代表核膜，CM代表細胞膜，I代表細胞間隙，此圖放大倍率25,000



三、兩種核酸

就像先有雞或先有蛋的疑問一樣，要嚴格的指出蛋白質或核酸那種較為重要實無意義。因為它們之間是息息相關的。近幾年來，雖然，我們對於兩者間的關係知道不少，且所獲資料，大都牽涉到最基本

的因素如細胞的生殖，突變（Mutation），與分化（Differentiation），然而，我們所知的，實在少得可憐，尚有許多極待尋求的知識。如能真正了解其間關係，那麼對生長的本質——正常或不正常，便有了概略的認識，甚至可以說，對生命的複雜性，有概略的認識。

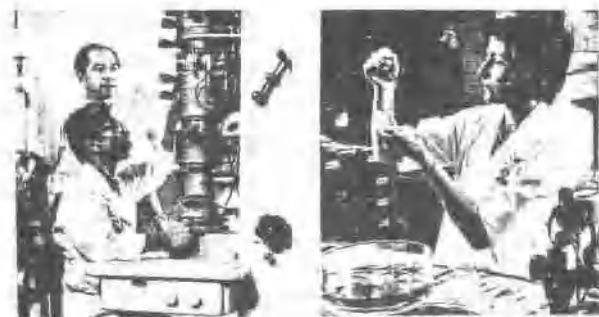


圖 4：左圖中，科學家正使用電子顯微鏡，研究生物化學。右圖則為使用光學顯微鏡。這兩種儀器在研究生命現象方面，都佔有很重要地位。

許多種細胞的DNA分子，都集中在細胞核內。RNA分子則散佈在整個細胞；有的在核內，但大部分存在於細胞質內的微粒體（Microsome）中，含RNA較多的微粒體，又稱核糖體。核糖體比粒線體小得很多。

圖 5：利用顯微鏡放大1100倍後，所拍攝成的單細胞生物，草履蟲（Paramecia）的照片。以前在圖3所見的許多構造，在此均可見。本圖係利用干涉性顯微鏡，如此則物體在變動時仍能攝製。



四、有絲分裂

成長後的分裂，是細胞最重要的特性之一。新的細胞由細胞中分出。當細胞經過一段成長期後，能分裂成兩部分。這兩部分，再經過一段時期，又能分裂。植物和動物得以正常成長，便是利用此法。受傷害的部分，也因為細胞能分裂，終得痊癒。當細胞內某些含量因複製而加倍時，便導致它的分裂。分裂後，大致成兩半，謂之子細胞（Daughter Cells），其過程稱為有絲分裂，見圖 6。

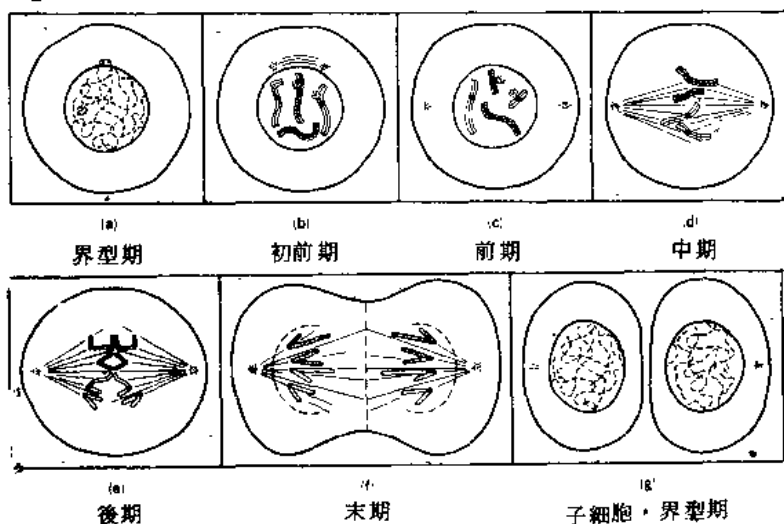
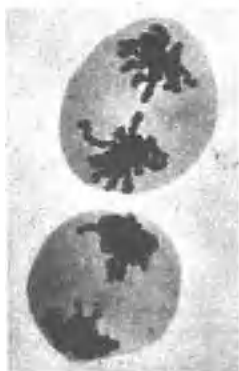


圖 6：一種假定有四個染色體的細胞之有絲分裂過程。(a) 界型期 (Interphase) (b) 初前期 (Early prophase) (c) 前期 (Prophase) (d) 中期 (Metaphase) (e) 後期 (Anaphase) (f) 末期 (Telophase) (g) 子細胞及其界型期。

有絲分裂係一連串的過程；界型期時，細胞內部進行新陳代謝作用，產生新物質，並製造新的染色體作為自複製（Self-duplication）之準備。分裂的前期，染色體由兩條染色質所組成，成絲狀，因為捲曲縮短，核仁及核膜消失。中期，染色體在細胞中間板壁附近連接。後期，每個染色體的染色質分開，各向細胞兩端移動。末期，染色體

伸直而後消失，新的細胞核、核仁及核膜又在細胞的兩端組成，在這裡，兩個細胞核間的細胞分裂為二，形成兩個新細胞。每個子細胞，均獲一組染色體，因為遺傳因子（Gene）存在於染色體中，故每個子細胞有相同的遺傳效應。

■ 7：延齡草細胞構造的顯微照片，在分裂的後期，有五個染色體。圖中顯示複製染色體組正向細胞兩極（Pole）移動。



所有生命程序均需消耗能量，因此需要能量，以供給細胞所需。粒線質能使糖轉換成能量，以供細胞機能之需，其重要性，由此可見。這本小冊中，主要討論關於遺傳作用系統的核酸及蛋白質。遺傳作用系統，是一連串的生物化學反應，它藉著將 DNA 分子內的遺傳資料重新抄寫的功用，來調節與指導所有生命程序。

放射性同位素：生物偵探

人類……已發現許多擴充見識的方法……並且藉著各種儀器和技術，補充一些原來天賦所未有的理解能力。

赫堡格 (Glenn T. Seaborg)

一、原子構造

今天，人們對於原子結構，所知已不少。日常用語中，常可聽見人們談起原子能，核反應器及同位素等專門術語。爲了瞭解放射性同位素 (Radioisotopes) 在研究生命程序中的應用，吾人需先認識它的性質、製法及限制。因此，詳細的討論，爲著能對以後易於瞭解。

根據目前的理論，原子內部有原子核，核內有質子及中子，核外由一些電子環繞著。整個原子不帶電，因此質子數 (質子帶正電) 等於核外的電子數 (電子帶負電)，電子是繞著原子核作同心圓運動；因爲中子不帶電，而質子的正電和電子的負電抵消，故整個原子呈中性。每個原子有它的原子序及原子量。元素的原子序等於質子數，也等於電子數。原子量以 ^{12}C 爲標準，求出其他元素和它的比較重量。原子的質量主要由質子及中子決定，電子質量太小，可以忽略不計。

二、同位素

相同元素 (即質子數和電子數相同) 的原子，因爲所含中子數不同的緣故，以致質量有些差異。元素的化學性質，主要決定於電子所帶的電量，故雖然中子數不同，並不影響它的化性，而只是質量的變更。凡原子序相同而質量不同的原子，稱爲同位素。例如圖八所示： H 的同位素有三種： ^1H ，爲普通的氫原子，有一原子核，其中只有一質子，外面有一電子； ^2H ，稱爲氘，除一質子一電子外，尚有一中子； ^3H ，稱爲氚，有一質子一電子二中子。因爲元素的化學性質主要決定於原子序，故這三種同位素，雖然質量不同，然而，在化學反應過

程中的作用是一致的。爲了表示簡便起見，原子量通常書於元素符號的左上角。例如： ^{14}C 是碳的同位素之一種，原子量14（普通的碳的原子量爲12，記作 ^{12}C ）。

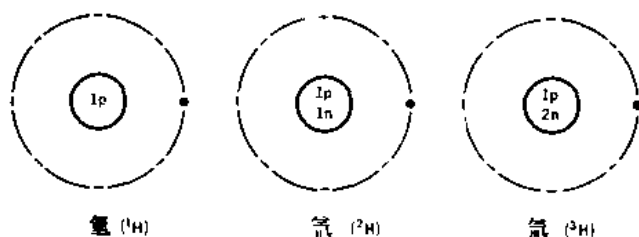


圖8：氫的三種同位素。

一般言之，所有元素之同位素不只一種。同位素有穩定性者及具放射性者。穩定同位素，除了質量的差異外，無其他特殊性質；放射性同位素，除了質量的差異外，尚有原子核性質的不同，因爲它的原子核不穩定，故變化頗鉅。推此不穩定之原因，爲質子數和中子數的分配不恰當，於是整個原子，發生變動，重新分配質子及中子，而自行分解成片，並放出數種輻射（Radiation）。這些輻射對生物的作用及效應，大略一致，總稱爲游離輻射（Ionizing Radiation）。

所有放射性同位素均放出穿透性輻射，或爲一種、二種，或爲三種： α 射線（Alpha-Ray）或 α -粒子（Alpha Particle）爲帶二正電荷的氦原子核（ ^4He ，原子序2，質量數4）。許多重元素，均會放出 α -粒子，如鐳（Radium），鈾（Uranium），鈾（Plutonium）； β 射線（Beta Ray）或 β -粒子（Beta particle），有帶正電亦有帶負電者。負的 β 射線，爲高速電子。許多元素均會放出此粒子。正的 β 射線，係帶正電的電子（或稱正子），它的存在是暫時的，較不重要。 γ 射線（Gamma Ray）是電磁波（Electromagnetic wave）的一種型式。它通常在 α 射線或 β 射線放出後再發射。與我們所要討論的生命程序較有關係者，爲放出 γ 射線或 β 射線的放射性同位素。

三、放射性同位素

自然界的物質中，放射性同位素只佔小部分，可用分餾法濃縮。極少數情形，自然界可發現大量放射性同位素，如放射性鉛和鐳。目前所用者，大部分利用核反應（Nuclear reaction）製造。高速的粒子如質子，氘核（Deuteron）， α 粒子，或中子撞擊原子時，便產生核反應，形成新的不穩定性化合物，此為人造放射性同位素（Man-Made Radioactive Isotope）。

放射性同位素的最大好處是它可用儀器偵測，關於此點，以後還會詳加討論。生物化學家，都一致認為，如能對某種分子，作適當標誌（Labeling），則此分子的行徑，便易察看。因為放射性同位素所放出之輻射，可用儀器偵檢及度量，故分子的行徑將易追蹤。

最早使用放射性同位素，作為生物化學的研究，開始於1924年。使用者是George de Hevesy，利用鉛的天然放射性同位素（Natural Radioisotope）來研究某種生物化學反應。第二次世界大戰後，人造放射性同位素大量製造，於是普遍使用它來當作示踪劑（Tracer），來研究生物化學的現象。

圖9：實驗室中的技術員，正調製含有生物的液體，作為放射性物質對有機體之影響試驗。圖右邊放著一部輻射偵檢儀器。

