

科學圖書大庫

游離輻射辭典

編者 翁寶山

徐氏基金會出版

科學圖書大庫

游離輻射辭典

編者 翁寶山

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 王洪鏜

科學圖書大庫

版權所有

不許翻印

中華民國六十八年三月二十八日初版

游離輻射辭典

基本定價 8.00

編者 翁寶山

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 財團法人 臺北市徐氏基金會 臺北市郵政信箱53-2號 電話 7813686 號
發行者 財團法人 臺北市徐氏基金會 郵政劃撥賬戶第 1 5 7 9 5 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

民國五十六年，編者開始編寫原子能辭典。爲適應當時的需要，重點係提供大專學生和訓練班學員參考之用。措辭力求簡潔，並以原子能爲對象，與原子能有關的其他辭彙則僅擇要闡述。這本辭典已於民國六十三年五月由臺灣商務印書館出版。

近年來我國對原子能科技的發展倍加重視，而原子能發電廠之興建亦列爲十大建設之一。與原子能有關的辭彙如游離輻射、放射性同位素、輻射生物、保健物理、放射醫學、環境污染、放射廢料處置等日益重要。遂方民國六十年約請在行政院原子能委員會所屬核能研究所服務的研究人員李顯謨、武心雄、馮家駒、楊洪仁、賴大明、謝得志諸位先生共同撰寫。內容仿美國前原子能委員會於一九六四年由 C.W. Shilling 執筆的原子能百科全書（生命科學部分）。惟近十年來國內有關原子能科技經驗和論著日增，自中央日報以至於原子能委員會彙報、科學月刊、中華放射醫學會會誌、核子科學以及工程月刊等，能併入辭典且爲我國實際獲得的經驗頗多，乃儘量蒐集有關我國現有的資料，使本辭典具有本國的色彩。

本辭典之編寫，旨在整理游離輻射有關的辭彙，並作爲一般人可參考的工具書。除了極具專門性的辭彙外，措詞用字力求普遍化，解釋力求詳盡，恰與原子能辭典的簡要解釋相對照。至於比較具專門性的辭彙，係爲專業人員而撰述，並輔以重要的圖表。

本辭典的中文譯名，係以民國五十七年教育部公布原子能名詞第二版爲標準。近 1200 則辭彙的排列雖依照英文字母的順序，但附有中英文名詞索引，以筆畫爲順序。本辭典約長八十萬字，是全體參與執筆者 and 編者在工作之餘，編輯而成，先後經歷六年。承蒙 行政院原子能委員會資助，鄭秘書長振華教授一再鼓勵，清華大學保健物理組同仁同學熱心協助，方能如期完成，謹致謝忱。

翁寶山 謹識

民國六十六年十月十日 國慶

[A]

Abdominal shielding 腹屏蔽 用鉛屏保護腹部。腹屏蔽的實驗已產生下列的結果：

- 1 在使所有控制動物均死亡的劑量率之下，屏蔽下的動物仍能生存。
- 2 在內臟器官中，僅於脾臟外部加屏蔽所獲得的生存率要較加屏蔽於整個腹部所獲得的生存率為低。
- 3 於肝或腸之外部加屏蔽，亦可減少死亡率。

Absorber, neutron (material) 中子吸收劑(材料) 與中子起顯著互應作用之材料，作用結果中子消失而不再為自由粒子。

Absorber, neutron (object) 中子吸收體(物體) 與中子起顯著或主要互應作用之物體，作用結果中子消失，不產生其他中子，亦不再為自由粒子。

Absorption (energy) 吸收(能量) 輻射轉移至物質而傳遞其全部或部分能量之現象。註一康普吞效應，或中子減能等消失能量之散射，視為能量之吸收。

Absorption (particles) 吸收(粒子) 入射粒子消失而不再為自由粒子之原子或原子核互應作用，即使隨之亦發射一個或多個相同粒子或不同粒子。

Absorption, neutron 中子吸收 入射粒子消失而不再為自由粒子之中子互應作用，即使隨之亦發射一個或多個中子並伴隨其他粒子，如於核分裂之情況。但散射不視為中子吸收的一部分。

Absorption coefficient 吸收係數 某種輻射之平行射柱，經過厚度為 ΔX 之薄物質，其吸收量之分數以 $\mu_a \Delta X$ 表示時， μ_a 即為物質之吸收係數

。此係數為輻射能量之函數。依照X以長度、單位面積質量、單位面積克分子數、或單位面積原子數表示，此係數分別稱為直線、質量、克分子、或原子吸收係數。

Absorption of radiation, biological studies 生物研究的輻射吸收
吸收現象可由下列兩個觀點之一研究：(1)集中注意於入射之輻射，也就是當能量傳到介質時，研究其減速、衰減、降低等情形。或(2)對介質產生的影響，也就是當照射時，在不同位置形成各種不同的初產物。這兩種方法並非等量。即使對介質得到能量的細節並不瞭解，也可知道某一時間內粒子的能量損失。能量傳到介質的某一點，通常不是於該點付予介質能量。

生物物質吸收高能或游離輻射，起初產生幾種形態的電子激發和游離分子。這些初產物通常為不穩定，會進行二次反應，最後形成穩定分子，而回到熱平衡狀態。化學生物化學平衡乃由自由根和環境之互應作用以及自由根之互應作用而達成。接著是最後的生物階段，包含有機體對由照射產生的外來化學物質之連續反應。這些不同的階段並非明顯記述，而在不同階段間的邊際區域，有許多待解決的問題需要研究。

Abundance, isotopic 同位數豐度 元素之同位素混合物中，某一特定同位素之相對原子個數，以該元素總原子個數之分數作為表示。

Abundance, natural 天然豐度 指發現於天然界之元素中，其某一特定同位素之同位素豐度。

Abundance, ratio 豐度比 指試樣中，同一元素中某同位數之原子個數與另一同位數之原子個數之比。

Accelerating electrode 加速電極 任何以荷電粒子操作之裝置，其高壓電極係用於付予離子或電子更大的能量。用於加速器是為了產生高能量粒子流；用於輻射偵檢器係依收集游離粒子釋於氣體或固體而定，而在影響信號完全收集之前，附加的能量會阻止離子再結合。

Accelerator 加速器 授與荷電粒子動能之裝置，通常所加之能量皆大於0.1百萬電子伏。

Accelerator accidents 加速器事故 使用加速器時，意外的照射偶爾會發生例如，於運轉一個新的電子直線加速器時，由於線路的錯誤，九個人曾暴露於伽馬射線，雖然靶區域內的暴露率是每小時 1,000 倫琴，某一物理學家所接受的最高暴露是 41 倫琴，另外一位是 400 毫倫琴，其他人員則少於 50 毫倫琴。加速器不可能發生其他形態的事故。由於加速器輻射之暴露，尤其是來自中子的輻射，曾發現發生白內障症狀。

Accelerator hazards 加速器災害 高電壓粒子加速器廣泛用於研究實驗室，呈現一些嚴重的災害和控制問題。大部分機器有足夠的屏蔽，但由於時常引出荷電粒子穿過屏蔽，因此安全設計須包含精巧的連鎖系統，使人員進入射柱區域時，可使機器停止運轉。機器運轉時，指示計上的清晰的可見光當指示出來。緊急開關也應清晰指出。輻射警報系統在輻射達到危險程度時會提供警報。

所有的人員均須很細心接受操作此裝備的訓練（關於災害和安全技術）且須穿戴人員偵測裝備。安全檢查之職責必須清晰訂定。同時每當作新形式之運轉時須做輻射測量。為了保養工作和靶處理，須用遙控裝備和屏蔽。

Accidents 事故 發生在原子能設備的意外。通常可以分做三類：(1)並不是僅由於使用原子能或其產物，如跌死、電死、溺死、車禍等。(2)涉及放射性物質，如火災、爆炸和環境污染。(3)由於工作人員或一般人暴露於輻射的結果。

Actinide series 錒系 原子序數自 89 至 103 的元素如下： $_{89}\text{Ac}$ （錒）， $_{90}\text{Th}$ （釷）， $_{91}\text{Pa}$ （鎷）， $_{92}\text{U}$ （鈾）， $_{93}\text{Np}$ （鏷）， $_{94}\text{Pu}$ （鈾）， $_{95}\text{Am}$ （鋂）， $_{96}\text{Cm}$ （鋅）， $_{97}\text{Bk}$ （鉈）， $_{98}\text{Cf}$ （鈾）， $_{99}\text{Es}$ （鐳）， $_{100}\text{Fm}$ （鐳）， $_{101}\text{Md}$ （鈾）， $_{102}\text{No}$ （鐳）， $_{103}\text{Lr}$ （鐳）。這些元素以錒開始。基於化學及原子性質的相關性在周期表上屬於第三族 B 類元素。錒系元素的情形與上相同。

Actinides 錒系元素 表示錒系元素的一名詞。

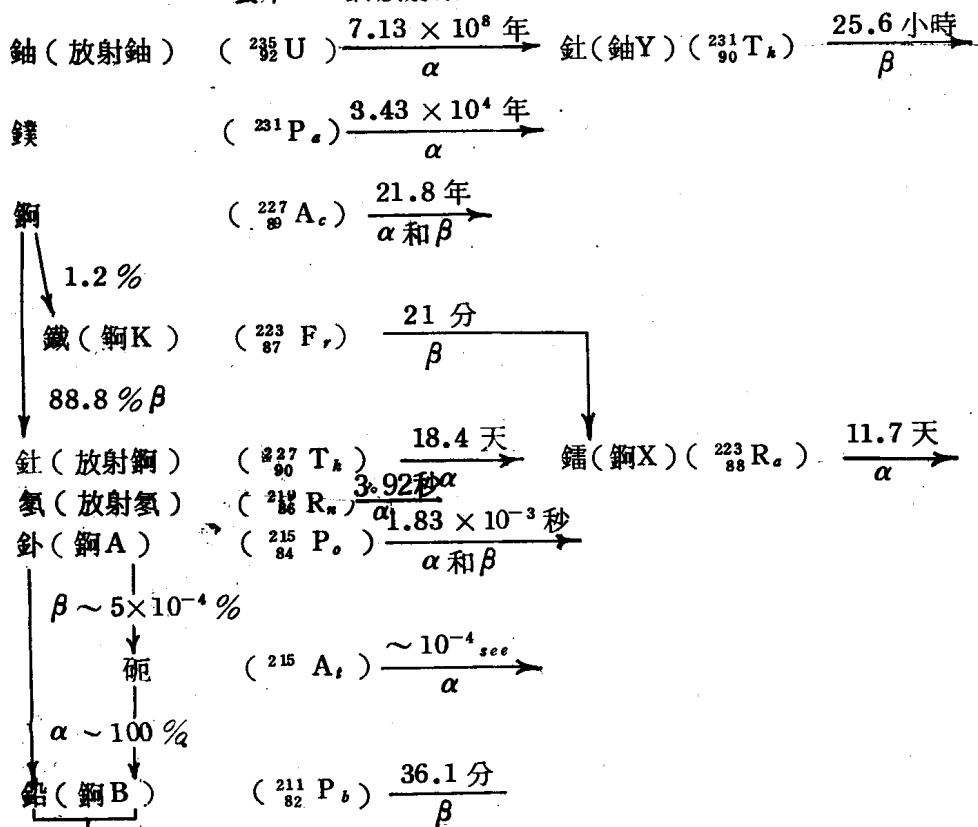
Actinium 錒 源出於希臘字 *aktinos*，是射柱或射線之意。符號為 Ac 。原子量 227，為放射性元素。法國科學家 A. Debierne 在 1899 年，德國

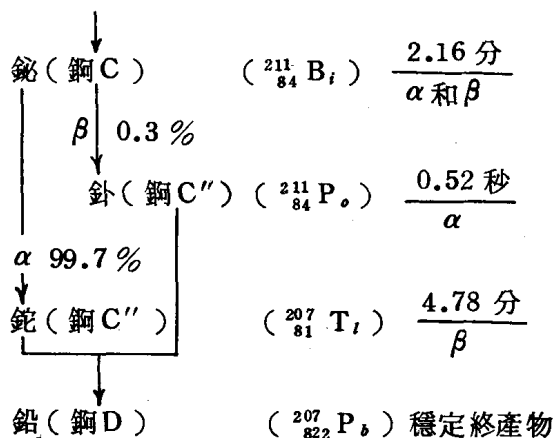
科學家F. Giessel 在1900年，分別在瀝青礦中發現。此後，發現了其他原子量（211至230）的錒，它們都具有放射性。 ^{227}Ac 在天然中是組成鈾礦的成分。於純瀝青礦中每噸的含量是0.15毫克。 ^{228}Ac 也就是中次釷，發生於釷衰減系中。錒系元素乃從錒在衰減系列中得到命名的。

^{227}Ac 的放射半化期是21.9年，以骨為危急器官。其生物半化期是200年，有效半化期是19.7年。在體內50年時，可達到83%的平衡。它是強阿爾伐發射體（4.94百萬電子伏），可作為中子源之用。

Actini m radioactive series 錒放射系 表1說明錒系蛻變鏈及從 ^{235}U 至 ^{207}Pb 之變化情形。此系中第一個被發現的如起初假設的一樣叫做錒，雖然它不是此系的母元素。

表1 錒放射系

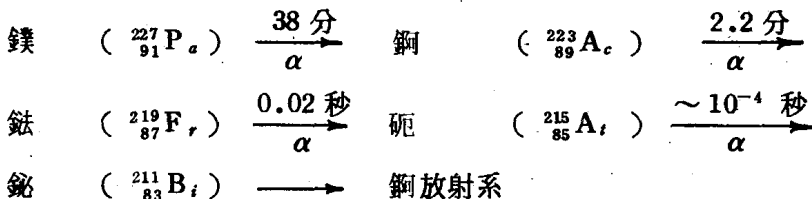




此表說明了元素的名詞、對應的放射性元素、符號、輻射形式及放射半化期、衰減情形。當放出一個鈾爾伐粒子時，子元素的原子量比母元素少4。這是因為阿爾伐粒子以原子質量為標度，其質量為4。因此少一個阿爾伐粒子，減少了4單位的質量。另一方面，因為貝他粒子質量等於電子，可以忽略不計；衰減時，子元素的重量和母元素相同。釷放射系中所有元素的原子量可以 $4n$ 表示， n 從 58 Th ($4 \times 58 = 232$ 為釷的原子量)到 52 Pb ($4 \times 52 = 208$)的整數。同理，可證明鈾系的式子為 $4n + 3$ 。例如 ^{235}U 是 $4 \times 58 + 3 = 235$ ，而 ^{207}Pb 是 $4 \times 51 + 3$ 。

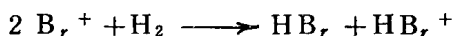
$4n + 3$ 副系列於表2中。最先核種為 ^{227}Pa ，是從 ^{232}Th ($d, 7n$) ^{237}Pa 反應得到的。它能衰減為 ^{211}Bi 而進入鈾系中。

表2 副鈾放射系



Actinon 放射氣 氡 ($^{219}_{86}\text{Rn}$) 同位數的過去名詞。

Activated molecule 活化分子 一離子和一中性分子直接反應產生的激發分子。此種反應在有機系統中會是相當重要。例如，兩個帶正電的溴原子可以和兩個帶負電的氫分子結合形成兩個溴化氫分子，其中一個會帶電：



同理



因為這可能是高分子交錯連合之作用機構而感興趣。亦為游離輻射和大分子最具特性的反應之一。

擬議中活化分子可與氧起反應，結果為非活化者，亦可以和像其本身的其他分子起反應，或回到常態。激發分子的能量僅約為 5 電子伏。因此在輻射化學中的地位並不重要。

Activated water 活化水 由於吸收游離輻射在水中產生的瞬時化學反應態。游離輻射經過水時，在化學反應態中暫時產生離子、原子、自由根或者分子，亦可證明自由氫氧根和氧原子的存在。因為組織中主要成分是水，因此輻射和水的互應作用在生物學上具有很大的意義。

Activation 活化 誘發放射性於元素的過程。例如，可將元素暴露於反應器中的中子、迴旋加速器中的氘核或者其他輻射之下。因此一種（含）以上的穩定元素會轉換（活化）成放射性元素。商業上所用的人工放射性同位素大部分是利用反應器的中子和所選擇的靶物質撞擊而產生的。活化產生的放射同位素之原子序數和原來元素相同。具有代表性的活化反應是：



物理學家稱此種核反應是中子、伽馬反應，而寫為 $^{59}\text{Co}.(n, \nu) ^{60}\text{Co}$ 。撞擊一元素而形成另一元素的反應叫做轉變。

核武器爆炸後，有相當數目的中子可和空氣、泥土或水中的成分發生反應，誘發放射性，形成許多不同的放射核種。

如果人類意外暴露於很高劑量的中子照射下，血液和組織中的穩定鈉會活化變成放射性 ^{24}Na 。若中子源之能譜為已知，則仔細分析血液中的鈉，可以頗為正確估計接收的中子劑量。

Activation analysis 活化分析 由照射形成核種，藉區別與測定其輻射特性，作為化學之分析方法。

Activation cross section 活化截面 形成(活化)某一放射核種的截面，通常以邦表示。例如， ^{51}Cr 是反應器內中子撞擊 ^{50}Cr 而產生。它的熱中子截面是 17 邦。另外的例子是 ^{42}K ，乃由 $^{41}\text{K}(n, \gamma)^{42}\text{K}$ 產生，其熱中子截面是 1.2 邦。

Activation method 活化方法 藉活化以作分析的方法，通常用以決定微量元素之量。乃是利用放射同位素的三種方法(示踪劑分析或示踪劑研究，稀釋分析或稀釋技術及活化分析)之一。

Acute radiation exposure 急性輻射暴露 短期間內的輻射暴露，通常是幾分鐘或幾小時內輸出的劑量。急性暴露劑量通常是指受到很高或很大的劑量，雖然未必盡是如此。通常是指意外暴露或遠隔居里治療惡性疾病之暴露。

Acute radiation syndrome 急性輻射症候羣 受到強穿游離輻射的全身照射時，當劑量高於 100 雷得，會引起一連串的跡象及症狀，是為急性輻射綜合病症。開始發作時間及嚴重性，決定於接受輻射劑量的多少。愈早發生及嚴重反應表示受了愈高的劑量。對半數致命劑量 (LD_{50}) 而言，非接受治療之入射劑量約在 450 至 500 雷得間。對於需要住院治療者， LD_{50} 可高達 700 雷得。急性病症的跡象及症候分列如下：

嘔吐。噁心、嘔吐是最重要的臨床症狀。中數劑量少於 100 雷得時，鮮有噁心和嘔吐者。200 至 400 雷得時，發生中度噁心和嘔吐。400 至 600 雷得時，增加噁心與嘔吐而其嚴重性亦增速。超過 600 雷得時，百分之百會發生噁心和嘔吐，且嘔吐現象很嚴重。於一般情形下，持續性、嚴重性和早期嘔吐是很嚴重的臨床徵候，可能表示接受到很高的輻射劑量。

淋巴球。暴露於 50 雷得以上的游離輻射，循環淋巴球數目會減少，此為受輻射傷害之指示。

全部白血球數目。暴露於 100 雷得以上的游離輻射，此數目在先兩三天一定會減少。下降的速率開始很快，然後上下變動。降低的程度和恢復的時間具有劑量和效應的關係。起初的 24 至 48 小時內，正常的全部白血球數目並不表示為低暴露，而降低程度時常為非診斷性。輻射疾病和許多其他醫學條件一樣，實驗室檢查和其他跡象及疾狀的結果可以做為預斷或診斷的參考。

腹瀉。腸內傷害症狀之一，如果發生在很短的幾小時內，可診斷為受到很重的暴露。

紅斑。暴露於輻射的跡象之一是皮膚發紅（低限值約 250 倫琴）。於低劑量範圍內，如果紅斑發生，則屬於遲延效應且不甚重要。若來得快且很顯著，可能表示高劑量的暴露。在症狀上，此不可以單獨考慮，應和其他跡象及症狀合併解釋而作診斷。

體溫。發燒並非診斷跡象的明證，除非是超致命劑量且來得早（前二小時）且熱度很高（40℃）。通常輻射病之高溫並非由輻射誘發而係可能與其二次感染之病有關。

流血。低劑量（200 雷得以下）時，不會有流血症狀。暴露於 200 至 400 雷得時，可見柔弱皮膚與黏膜出血（瘀斑），齒齦出血且易受傷。由於胃腸道受到傷害，引起併發症而出血，是發生於接受 400 雷得而 3～5 周後仍生存者的身上。出血和循環血液中血小板的消失有關。由輻射傷害造成的出血，對於早期的診斷不會有太大的幫助。當其遲延發生時，尤其是嚴重的情形，為不良預診的指示。

血小板。受到 200 雷得以上劑量照射 1 周後，血液中流動的血小板數目開始減少。受到 400 至 600 雷得，3～5 周後尚生存者，由於血小板數目很低，會有出血現象。恢復到正常狀態需要很長的時間。早期復原是好預診跡象。

脫毛。300 雷得以上劑量的效應之一。通常在 11 至 21 天內發生。劑量較低時，會延後發生。當脫毛發生時，是一個很重要的診斷跡象。

疲倦。診斷上很重要的症狀之一是疲倦。受到很高的暴露時，會有嚴重的疲倦而造成完全虛弱。於較低劑量時，病人會有無精打采的感覺和虛弱。雖不容易定量，但可由其他跡象及症狀供給診斷和預斷上資料之用。

精子發生。人類如果暴露於 200 雷得以上的游離輻射，會引起暫時性的不育。由睪丸的針刺活體檢視法，可以得到傷害程度的某些資料。雖然精蟲的生存狀態可以決定，但輻射對人類全部精蟲數目的效應未有太多的數據。通常照射病人及其妻子所擔心的是暫時不育。此會和失去性能力相混淆。

Adrenal gland, radiation effects on 輻射對腎上腺的效應 於致死劑量範圍照射之後，驗屍時指出腎上腺內質損失了染擬脂（脂肪）的物質及少許散射出血，却鮮有壞死（細胞死亡）或更嚴重的傷害。於致死劑量範圍照射之後，證實腎上腺的類固醇會發生涸竭現象。事實指出在發展急性輻射

暴露綜合病症中，腎上腺的壓力反應是很重要的。

於改進動物對輻射的反應，腎上腺之重要性業已建立。切除腎上腺的老鼠或鼯鼠，確對輻射之抵抗大為降低。

Adrenalin (epinephrine), response to radiation 輻射對腎上腺素的反應 於全身照射之後，觀察到的腎上腺皮質活性並不是由於對腎上腺的直接作用，而是由改變腦下垂體腺的活性引起。足夠破壞組織的局部照射劑量會產生典型的「警報反應」，而與腎上腺之分泌有關。從腎上腺的分泌證明此與未受照射的身體部分反應有關。例如，老鼠的胸腺萎縮反應發生於2,000至3,700 倫琴的腹部照射，但卻不發生於2天至5天前除去腎上腺的動物身上。腎上腺切除後，對於頭和頸部受到2800 倫琴暴露卻不會發生脾萎縮。

Aerial monitoring 空中偵測 有時指空中輻射偵測。利用低飛的飛機或直昇機偵測或度量地面上的放射性。此是例行工作，利用裝有閃爍計數器的飛機，度量核裝置爆炸試驗後形成雲團的伽馬輻射，並取樣，同時追蹤放射性物質落塵之分布。

此是估計對地球表面之輻射災害程度最快捷的方法。它的最大好處之一就是可測到無法用走路或車輛測量的輻射劑量。

Aerial prospecting 空中探測 也叫做空浮探索，空浮輻射測量或空浮偵查。以空中輻射測量探測鈾之礦床，經證實為尋找鈾礦之快捷，便宜而又有效的方法。此法使用小型飛機，高度盡量接近地面（17～23米），速度每小時80至142公里，而使用的伽馬偵檢儀器是大體積晶體閃爍型式。

Aerial surveying 空中測量 空中輻射測量（ARMS）計畫係用以決定目前地球上輻射的正常程度，以便未來由於核裝置試驗爆炸、反應器意外事件及其他輻射污染時，可偵檢任何變化。

帶有閃爍計數器的飛機，高度為800米，可度量地面上的伽馬射線。同時把飛機的相關空間位置和伽馬射線強度記錄下來。儀器和技術可由位於內華達州的延伸輻射源校正區校正。此區域有565個小的¹³⁷Cs、⁶⁰Co和其他放射同位素源，面積200平方米。因此飛機上的儀器可對準。

Aerosol 空氣懸膠體 粒子散布於空氣或其他氣體之中。這些粒子是固體

或液體。如果是固體，可以下列形式存在於空氣中。

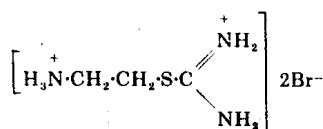
1 灰塵，由於無機或有機固體經機械力減小其尺寸而產生的。除非在很高的空氣運動速度，否則空浮污染質的尺寸上限是 50 微米。

2 汽，由於無機固體物質的燃燒、凝結、或昇華而產生的，通常其大小是小於 1 微米。

3 煙，由燃燒有機物質而產生的。通常其大小是小於 0.5 微米。

液態粒子叫做煙霧，是由於液體原子化、凝結或被氣體捕住時產生的。其一滴之大小在於 0.1 至 25 微米之間。霧是由微米下的小滴過度集中而形成的。

AET 抗輻射藥 稱之為 S, 2-aminoethylisothiouronium bromide hydrobromide，是一種在暴露之前服用以防止輻射影響的化學試藥。它的分子式如下：



Age and radiosensitivity 年齡和放射敏感度 年齡是影響細胞、組織或有機體之放射敏感度的一個因素。迅速分裂的細胞對輻射的抵抗力比非分裂之成熟細胞為差。而胚胎對輻射的抵抗力要比成年人的有機體差得多。影響敏感度的因素，太年青或太老的動物增加對致死效應的敏感度。由實驗事實指出，某些品種的 LD_{50} 於其成年期會隨著年齡的成長而減少。而其他品樣的 LD_{50} 之減少情形在往後的生命期中才可察覺。

於老鼠情形， LD_{50} 隨動物年齡而變化，在幼年期是 400 倫琴，成年期約為 700 倫琴，而後隨年齡增加而減少。小雞或小鯢對輻射之敏感度要比長成者來得大。SAS / 4 鼯鼠之年齡對輻射之敏感度可由圖 1 看出。

長成的果蠅對輻射的抵抗力要比年輕者為大。對 3 小時的蛋 LD_{50} 是 200 倫琴，對 4 小時者是 500 倫琴，對 7 小時者是 810 倫琴，對蛹則是 2,800 倫琴。蛋可在 8,000 倫琴時產下（有些生長），但在 16,000 和 32,000 倫琴時，產下的卵會失去生育。長成的果蠅可抵抗 64,000 倫琴的伽馬射線，但不會生育。

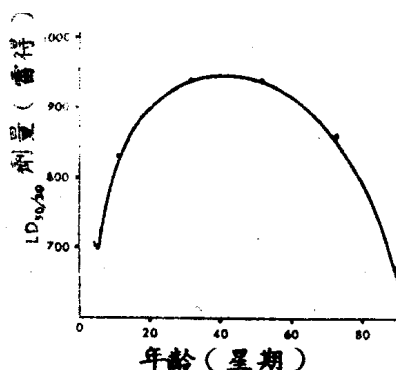


圖 1 輻射敏度為年齡的函數

Age estimation, using carbon-14 用碳 14 估計年齡 一度生存的含炭物可度量含 ^{14}C 之量而計算其年齡。

Aging due to radiation exposure 輻射暴露引起老化 精確的老化定義以敘述如何度量老化，在目前是不可能的。雖然廣大的動物實驗工作正在進行，以決定構成自然或生理老化以及其對由於輻射暴露而老化之關係。很顯然兩者均可用同樣的單位度量。

有充分的事實說明生命是受遺傳控制的。例如，甲蟲在生命開始第一個月死去者可能是有缺陷生物體，它們雖可在早期生存，却不能在後期繼續生存。須強調者，在目前的知識中，我們不知道未成熟的老化與因輻射暴露引起的壽命縮短是否為相同的現象。事實上，老化是一種過程，會因輻射或其他原因而引起生理退化。

於胚種或軀體組織中累積之點突變是老化的主要作用結構已有某些證據。由輻射誘導的染色體斷裂及誤結合是各種形式之組織變化的來源，疑為導致老化的原因。

照射後有許多遲延效應與生理老化有關。問題於是發生：照射是否會加速老化的過程和發展老化有機體的疾病。照射過的器官顯示血管和結締組織發生變化，形成皮膚纖維、慢性肺脹大、腎傷害以及心臟肌肉、淋巴器官和內分泌腺等的局部纖維化。萎縮和缺陷之發展在皮膚、淋巴器官、骨髓和性腺中特別顯著。色素沉積之變化可由皮膚及頭髮中發現。這些老化的事實，可由單一或重複接受劑量照射的實驗動物中得到證明。

另一方面，某些特定的變化可用來決定年齡與老化，並不受照射的影響而改變。老鼠與鼯鼠尾巴筋的伸張性隨年齡的改變是可度量的。甚至受到約1,100 倫琴的暴露，於控制群中也不改變其彈性。一典型的老化現象是CBA 鼯鼠中良性肝瘤的發展，甚至高的照射劑量下，於控制群中也不會使出現的時間少於正常的一年。

雖然動物研究的結果必須很小心以用在人類的經驗上，但輻射會引起未成熟的老化之事實却占了優勢。

Agriculture, use of radioisotope in 放射性同位素在農業上的應用
放射性同位素是相當新的研究工具，不容易經由其他的方法得到的新知識，可藉它得到更容易且更準確的資料。用於農業方面的優點可分列於下：

1 減少由於微生物作用、疾病、蟲類、雜草而引起的生產、儲藏及分配之損失。

2 更進一步了解生命的過程後，現在可用於增加土地及其他資源的生產力。例如，發展最佳的養育和培育。

3 新地區和新資源之發展。例如，利用電力可以提供灌溉設施以及許可農場資源之採掘。

下面所列是同位素的特殊用途。

1. 土壤和水

- (1) 水源的灌溉、研究和測量。
- (2) 土壤之組成、通氣和結構。
- (3) 土壤中主要與次要元素之化學分析及其用途。
- (4) 有機體之分解。
- (5) 營養之需求和肥料（形態、配置、攝取、瀝濾、消毒、氮之固定）。

2. 植物

- (1) 水和營養物的攝取和損失。
- (2) 植物內部、水、營養物和造成產品之移動。
- (3) 化學組合。
- (4) 光合作用、呼吸、發酵過程。
- (5) 蛋白質、脂肪、碳水化合物、維生素、激素和生長物質的合成、退化和移動。
- (6) 改良形態之培育。
- (7) 再生產。

- (8)微生物學，包括病理學和發酵。
- (9)環境因素。
- (10)除黴菌劑和殺蟲劑的作用及殘餘。
- (11)處理與儲藏。

3. 動物

- (1)營養。管理問題、需要、缺陷症狀與營養、維生素、鎮靜劑的利用。
- (2)生理學。哺乳、腎的功用、肝的功用、腸胃之吸收、酵素之功用、內分泌之功用。
- (3)遺傳學和培育。
- (4)再生與胎兒之發展。
- (5)病理學。微生物體、癌、生理擾亂、昆蟲。
- (6)新陳代謝。碳水化合物、蛋白質、脂肪、礦物質。

4. 昆蟲學

- (1)昆蟲之分布和數目之研究。
- (2)疾病之傳播。
- (3)昆蟲生理學。
- (4)昆蟲之控制。輻射、殺蟲劑。
- (5)長壽。
- (6)寄生蟲學。

5. 獸醫學

- (1)診斷之應用。
- (2)治療之應用。
- (3)疾病之過程、傳染的、惡性的、病理的、生理的。
- (4)藥理學

6. 工程和機械過程

- (1)熱輻射和溫度。
- (2)時間和效率之研究。
- (3)儀表規劃。

Air-borne radioactivity 空浮放射性 任何放射性氣體或粒子空浮於壹結構物之內部或圍繞地球之大氣層。

Air contamination 空氣污染 空浮放射性或空氣污染可為氣體或粒子物