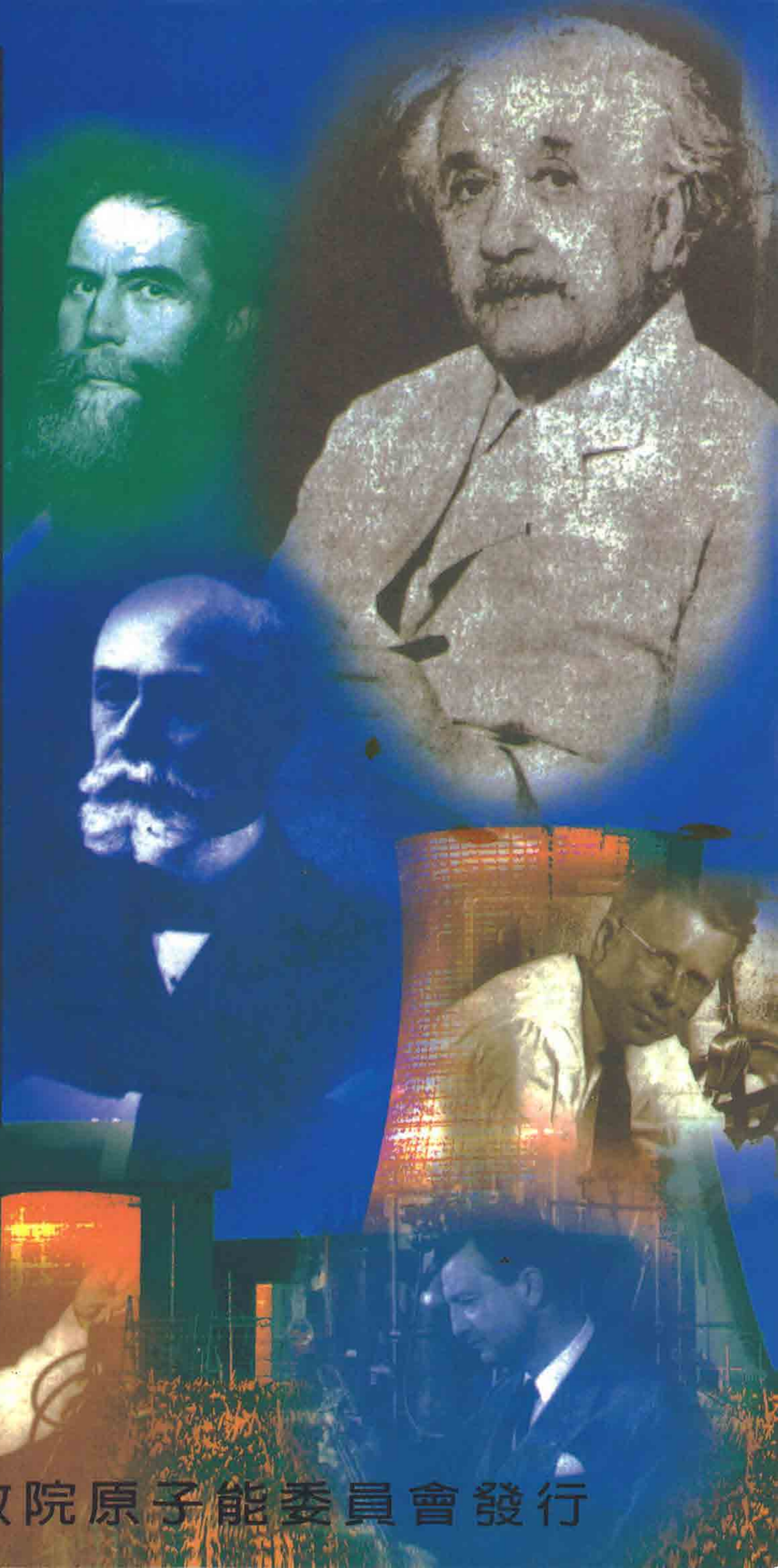


# 原子科學家列傳



行政院原子能委員會發行

# 原子科學家列傳

## 目 錄

翁寶山

- |                            |    |
|----------------------------|----|
| □ 原子科學家列傳之一<br>師生檔：湯姆生與拉塞福 | 1  |
| □ 原子科學家列傳之二<br>波耳與赫畏希      | 5  |
| □ 原子科學家列傳之三<br>赫斯與康普頓      | 9  |
| □ 原子科學家列傳之四<br>同事檔：菲拉與崑姆碧  | 12 |
| □ 原子科學家列傳之五<br>侖琴與勞倫斯      | 15 |
| □ 原子科學家列傳之六<br>柯立芝與愛迪生     | 19 |
| □ 原子科學家列傳之七<br>牟勒與派克       | 22 |
| □ 原子科學家列傳之八<br>哈恩與梅特娜      | 25 |

# 原子科學家列傳

## 目 錄

- |                           |    |
|---------------------------|----|
| □ 原子科學家列傳之九<br>查克克與費米     | 28 |
| □ 原子科學家列傳之十<br>居里家族       | 31 |
| □ 原子科學家列傳之十一<br>貝克勒爾與愛因斯坦 | 34 |
| □ 原子科學家列傳之十二<br>阿斯頓與索迪    | 37 |
| □ 原子科學家列傳之十三<br>威爾遜與奧本海默  | 40 |
| □ 原子科學家列傳之十四<br>尤瑞與席博     | 42 |
| □ 原子科學家列傳之十五<br>泰勒與埃凡斯    | 44 |

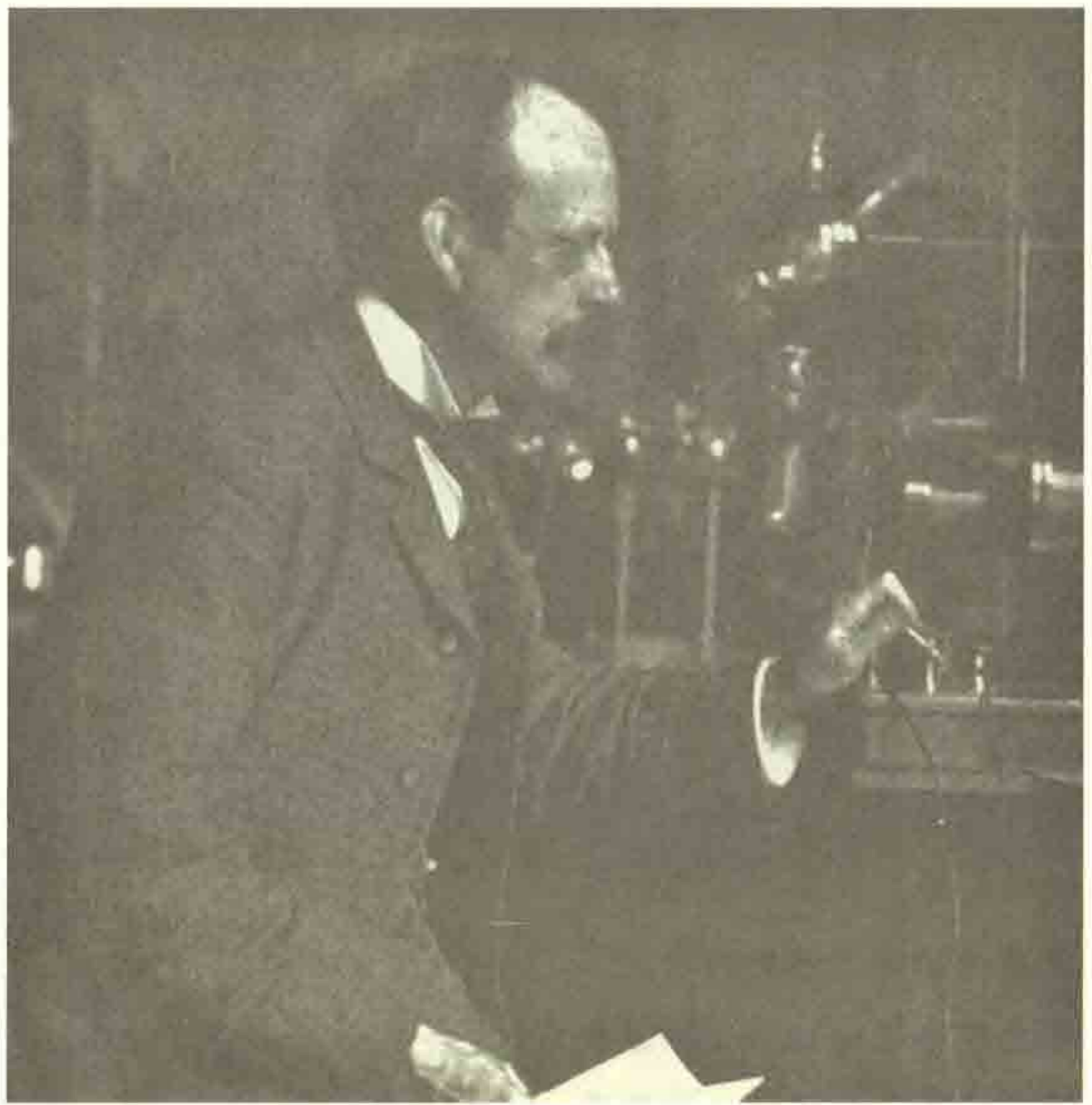
# 原子科學家列傳之一

## ～師生檔：湯姆生與拉塞福

### 前言

今年是發現 X 射線（光）一百周年（1895～1995），而明年則是發現放射性一百周年（1896～1996），世界各處都舉行盛會以慶祝這兩件劃時代的大發現。在這一百年來，有無數的科學家投入原子科學的研究行列，由於他們不眠不休的努力和奉獻犧牲的精神，原子科學終於開花結果，造福人群。緬懷過去的先聖先賢，有感於我國開創原子科學研究時的蕁路藍縷，乃參考美國保健物理學會推出的特刊，介紹百年來傑出原子科學家的事蹟，以策勵將來。

湯姆生（Joseph John Thomson, 1856～1940）

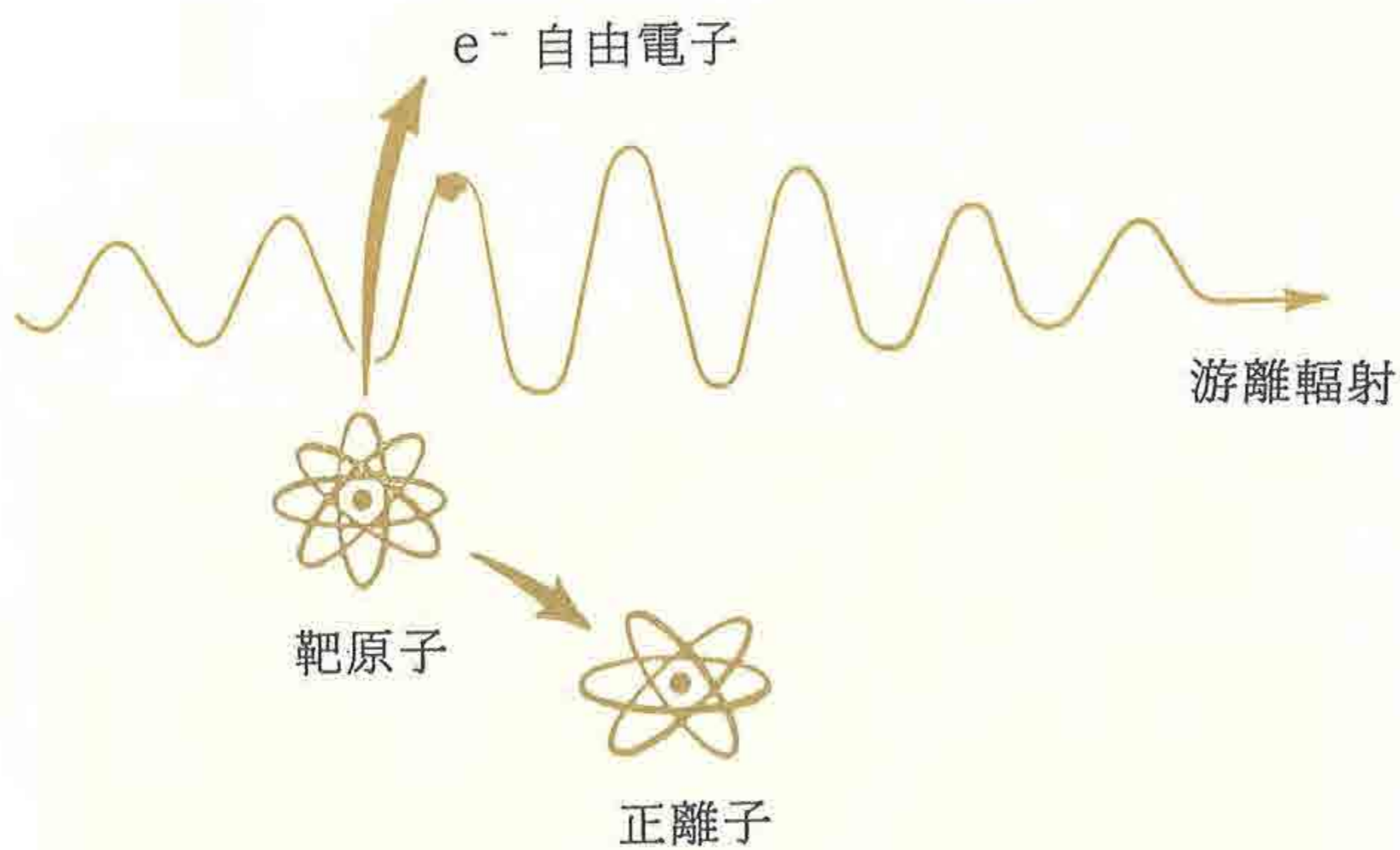


湯姆生約於 1895 年攝於英國劍橋大學卡文的斯實驗室。

在 1884 年湯姆生年僅 28 歲，就擔任英國劍橋大學卡文的斯（Cavendish）實驗室的主任。這位被稱為「年輕小伙子」自己也感到十分驚訝，想不到這位年輕人卻使設備簡陋的實驗室轉

變成為世界上最負盛名的實驗核子物理重鎮。

湯姆生和他的學生拉塞福是最早證實空氣被 X 射線游離。從這游離現象推導出游離輻射（放射線），也就是由原子釋出能量範圍廣大



游離作用示意圖。

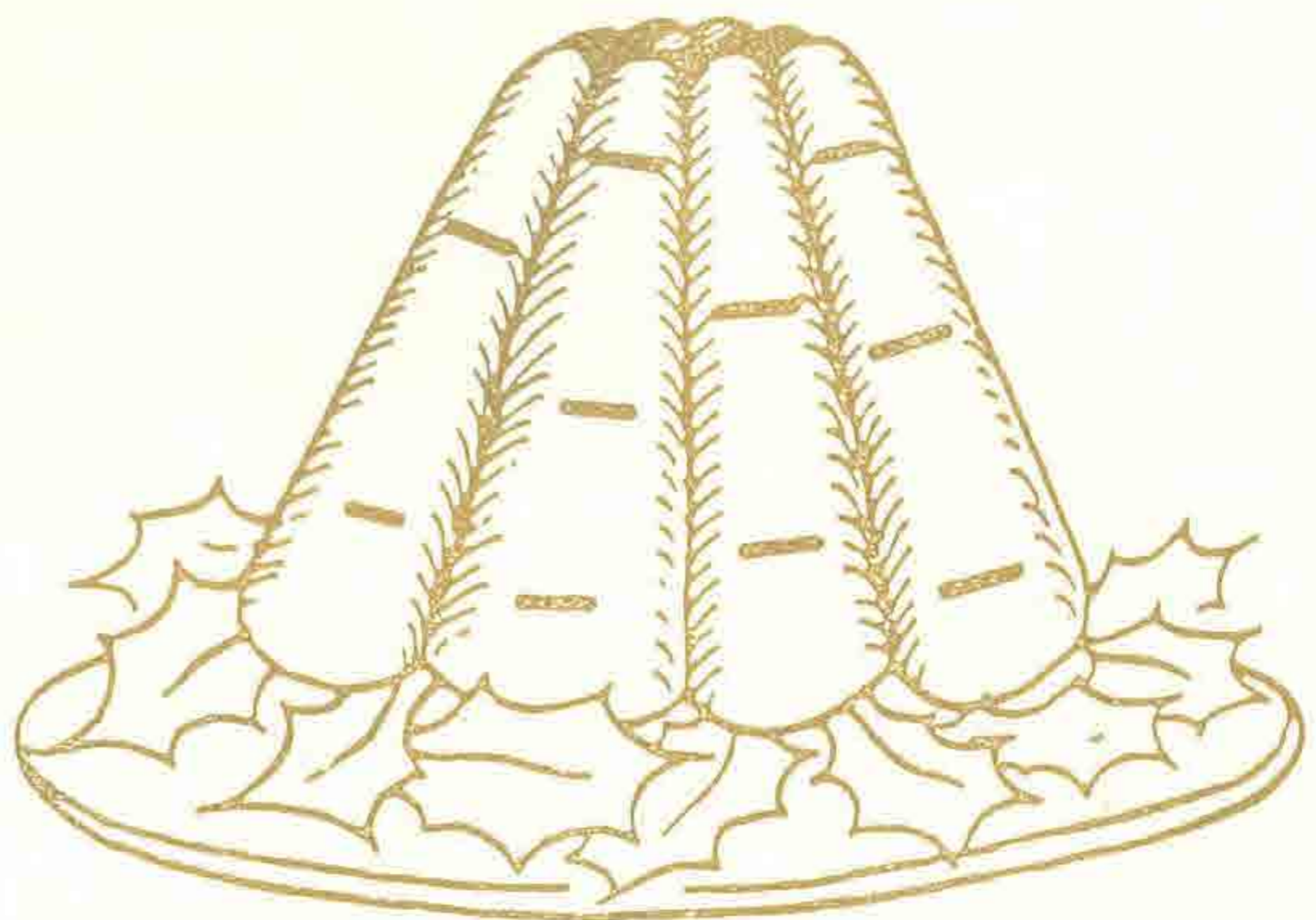
的電磁波和粒子輻射。湯姆生最負盛名的貢獻是探討陰極射線的性質，也就是電子的性質。他藉著電場以偏轉陰極射線；在過去是用磁場使電子偏轉。他終於證實電子為帶負電的粒子。接著他又測定電子的質量，約為氫原子核的二千分之一。在當時電子是被視為最小的粒子。

電子是屬於次原子級的粒子，湯姆生是證明次原子級粒子存在的第一位，從此打開了次原子級的門戶，導致他的高足拉塞福在核子物

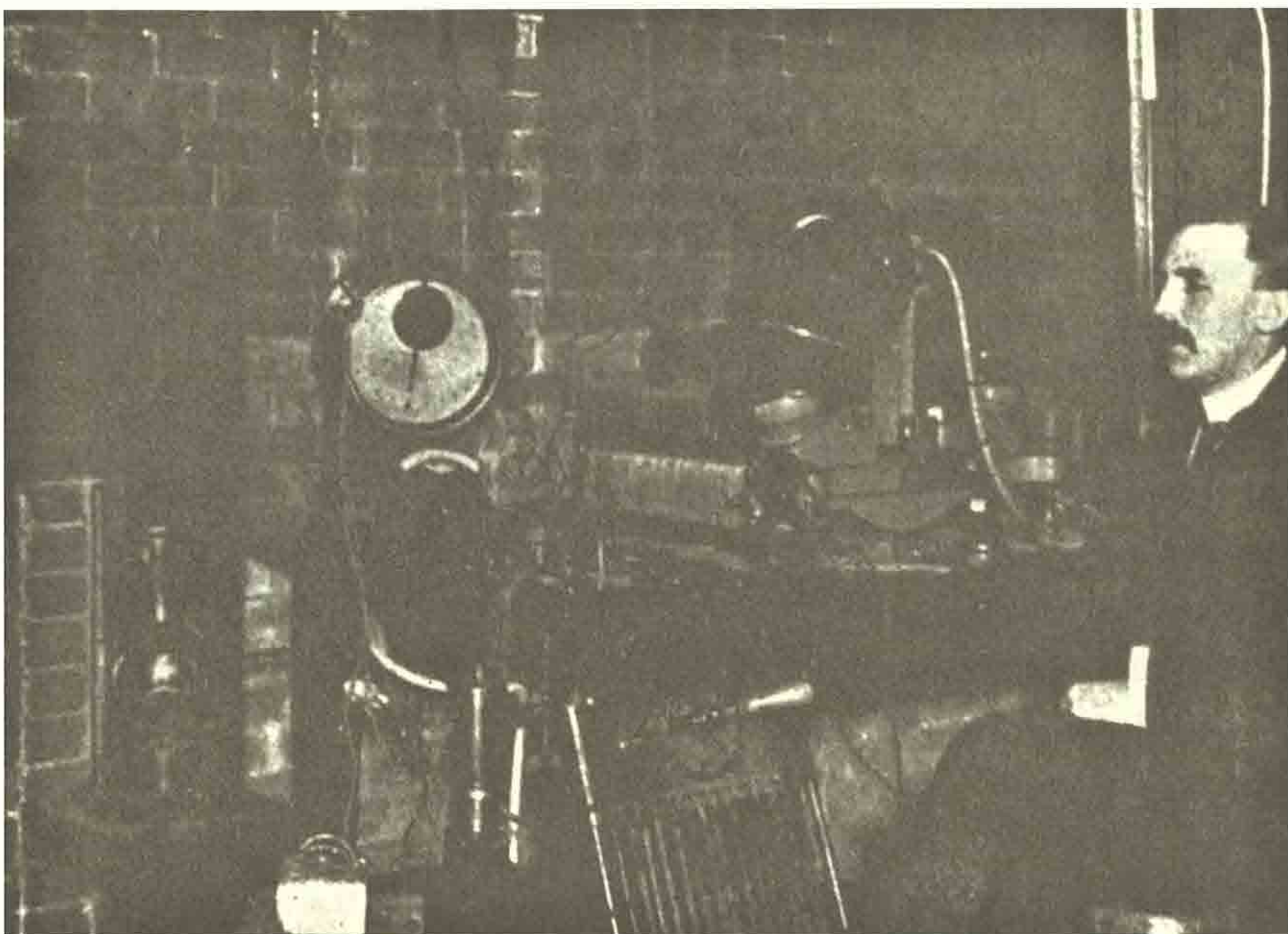
理領域內的貢獻。

後來湯姆生證實電子和物質相互作用的結果會產生X射線，而X射線和物質相互作用的結果卻會產生電子。

第一個原子模型也要歸功於湯姆生，也就是聞名的「葡萄乾布丁模型」。他繪出原子為一球形，充滿了正電荷，同時也有相同數目的負電荷（電子）。在1906年湯姆生因在電子和氣體導電兩方面的卓越成就，獲得



湯姆生原子模型。



拉塞福約於 1903 年攝於加拿大麥基爾大學。

諾貝爾物理獎。

拉塞福 ( Ernest Rutherford, 1871 ~ 1937 )

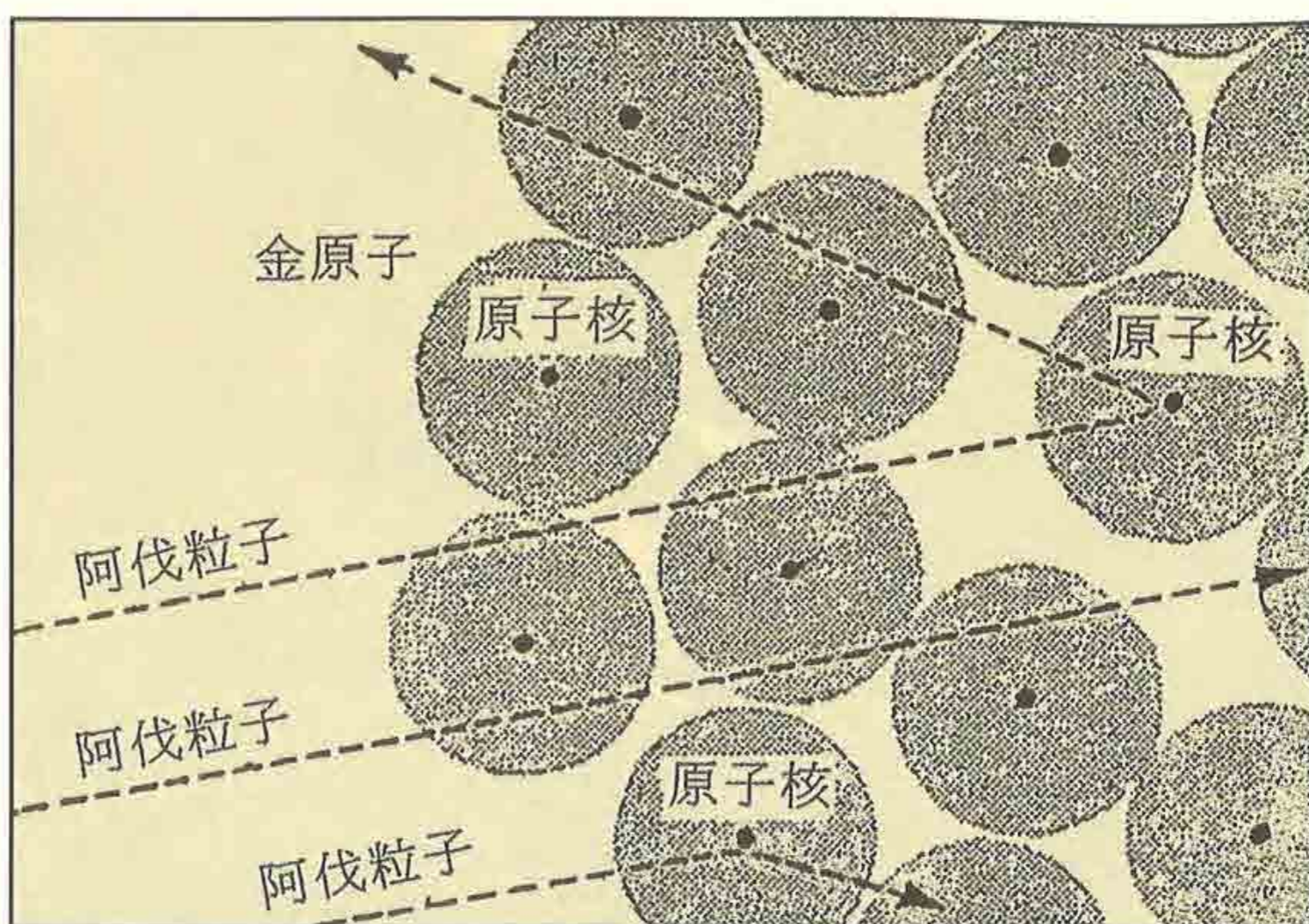
拉塞福被稱為近代物理之父或核子物理之父。他能用一般語言描述原子的理論、觀念以及放射現象。他也把阿伐粒子、貝他粒子以

及質子作定性方面的分析。雖然中子是查克克所發現，但其命名仍可追溯至拉塞福。放射性物質的衰變方程式（指數函數）也是拉塞福首先採用。他又是首位建立半化（衰）期和衰變常數的觀念。當他和索迪在加拿大麥基爾 ( McGill ) 大學共事時，他們證實鈾和釷會變成

不同的元素，也就是「轉變」。在當時這種衰變的過程而導致轉變的現象無法為上流的社會人士所接受，因為一般人認為這是江湖術士所謂的點石成金而非科學的範疇，但是以上的貢獻卻使拉塞福榮獲 1908 年諾貝爾化學獎。

在 1909 年拉塞福在英

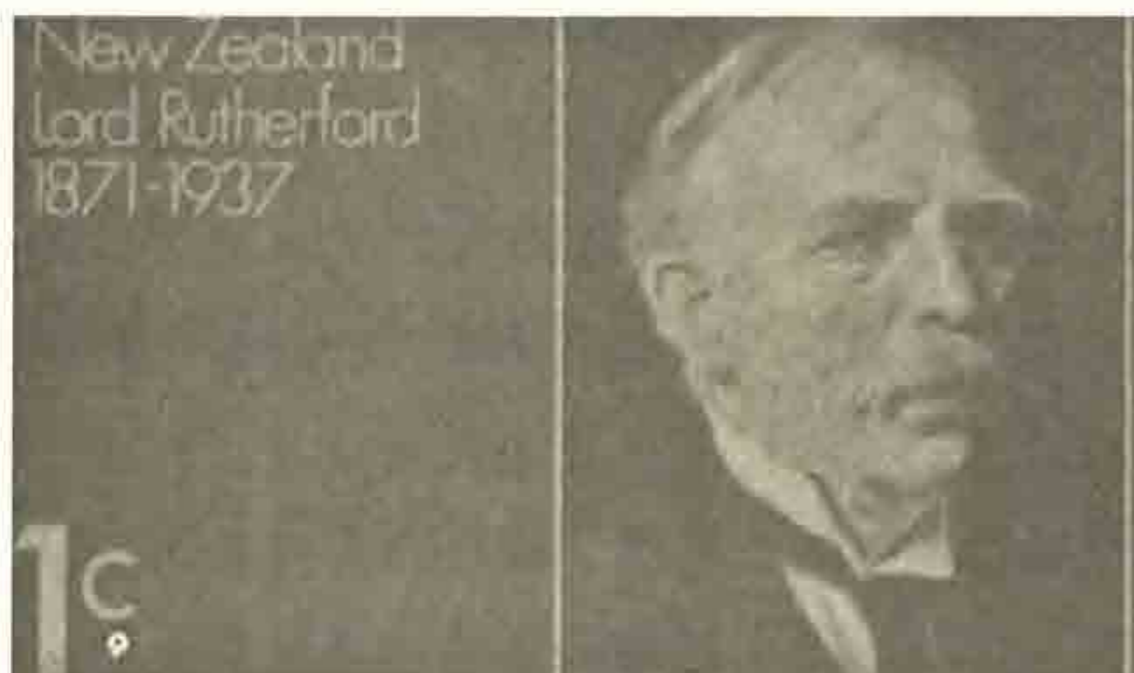
國曼徹斯特 ( Manchester ) 大學用阿伐粒子撞擊一片薄的金箔，他注意到大部分的阿伐粒子都能通過金箔，但卻有八千分之一會回跳。他嬉稱用海軍 15 吋巨砲射擊一張紙，但砲彈卻會回跳而打到你自己。由此簡單的觀察，他認為原子的質量必須集中於很小且帶正電荷的原子核上，而電子則位於遠離原子核的位置。雖然這種類似太陽系行星系統的原子模型在近年來屢經修改，但是在今天一般人對於原子的觀念仍以類似太陽系為主。在 1919 年拉塞福回到劍橋大學出任卡文的斯實驗室的主



拉塞福聞名的阿伐粒子散射實驗。

任，過去他曾在这實驗室作研究生，事師湯姆生，可謂一脈相傳。後來的貢獻為藉人工的方法改變原子核和原子的結構。他用阿伐粒子撞

擊氮，他證實可產生另一元素氧。他嬉稱為玩石彈戲，媒體則稱他分裂了原子。他在 1937 年逝世，葬於西敏寺，靠近牛頓先生。



1971 年拉塞福的出生地紐西蘭為他發行了一套百週年誕辰紀念郵票，並繪出拉塞福用  $\alpha$  粒子撞擊金箔而被撞偏的情形。



1971 年俄國也為拉塞福發行了紀念郵票，且更進一步作圖解釋此碰撞的物理關係。

# 原子科學家列傳之二

## ～波耳與赫畏希

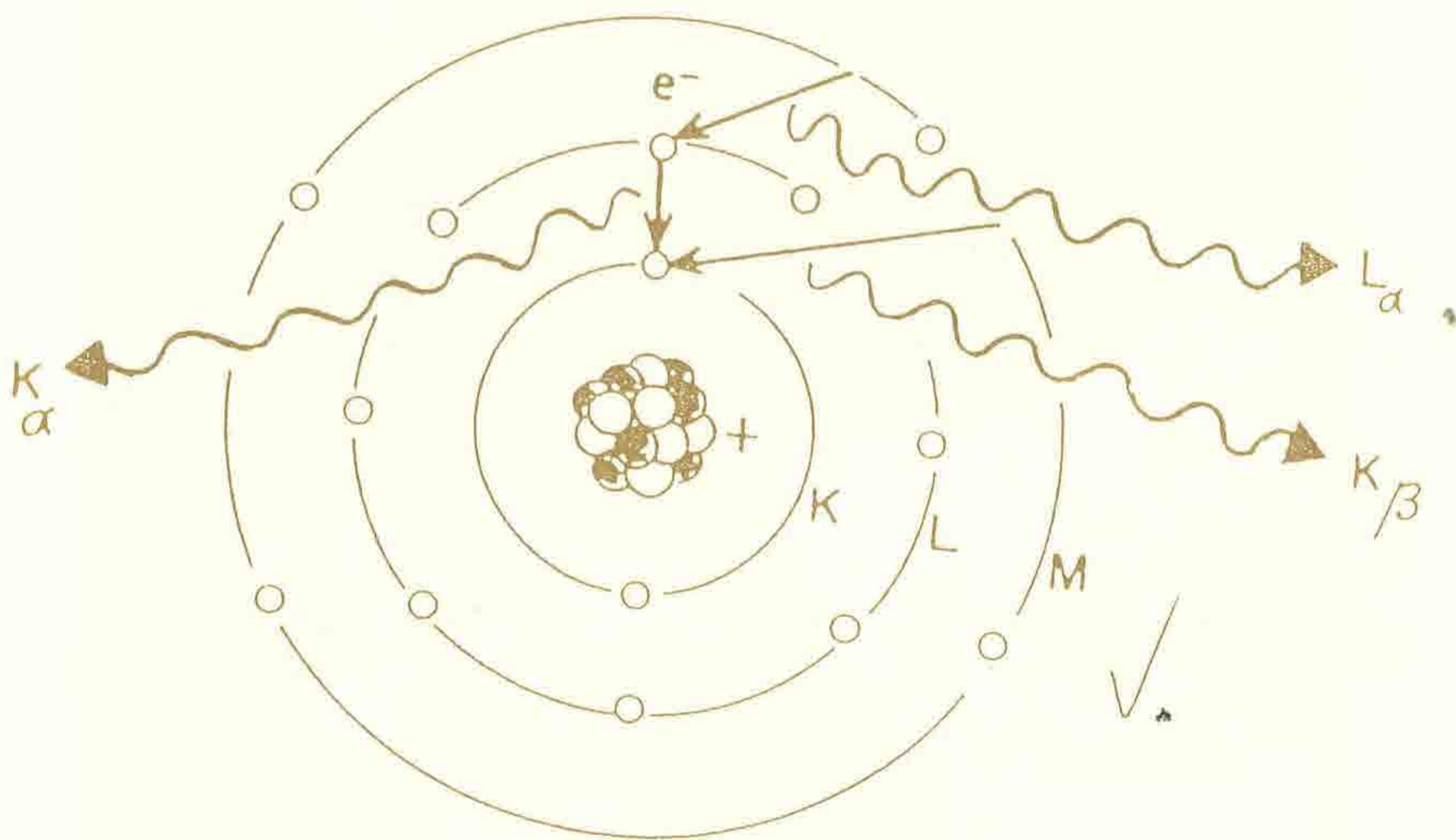
波耳 ( Niels Bohr 1885 ~ 1962 )

本世紀初，拉塞福的原子模型，描繪出帶負電的電子圍繞著帶正電的原子核作圓周運動。但是從電動力學

因為電子在環繞著原子核運動時，依照電動力學應會發出電磁輻射。為了解釋拉塞福的原子模型，丹麥年輕物理學家波耳乃合併了蒲朗克的量子學說與上述的原子模型。

波耳倡議電子在特定的

層殼內運動，也就是在特定分隔的能階上運動並不會發出電磁輻射。只有當電子由較高的能階躍遷（掉落）至較低能階時會發出電磁輻射，而由較低的能階躍遷（提昇）至較高能階時則會吸收電磁輻射。上述躍遷所



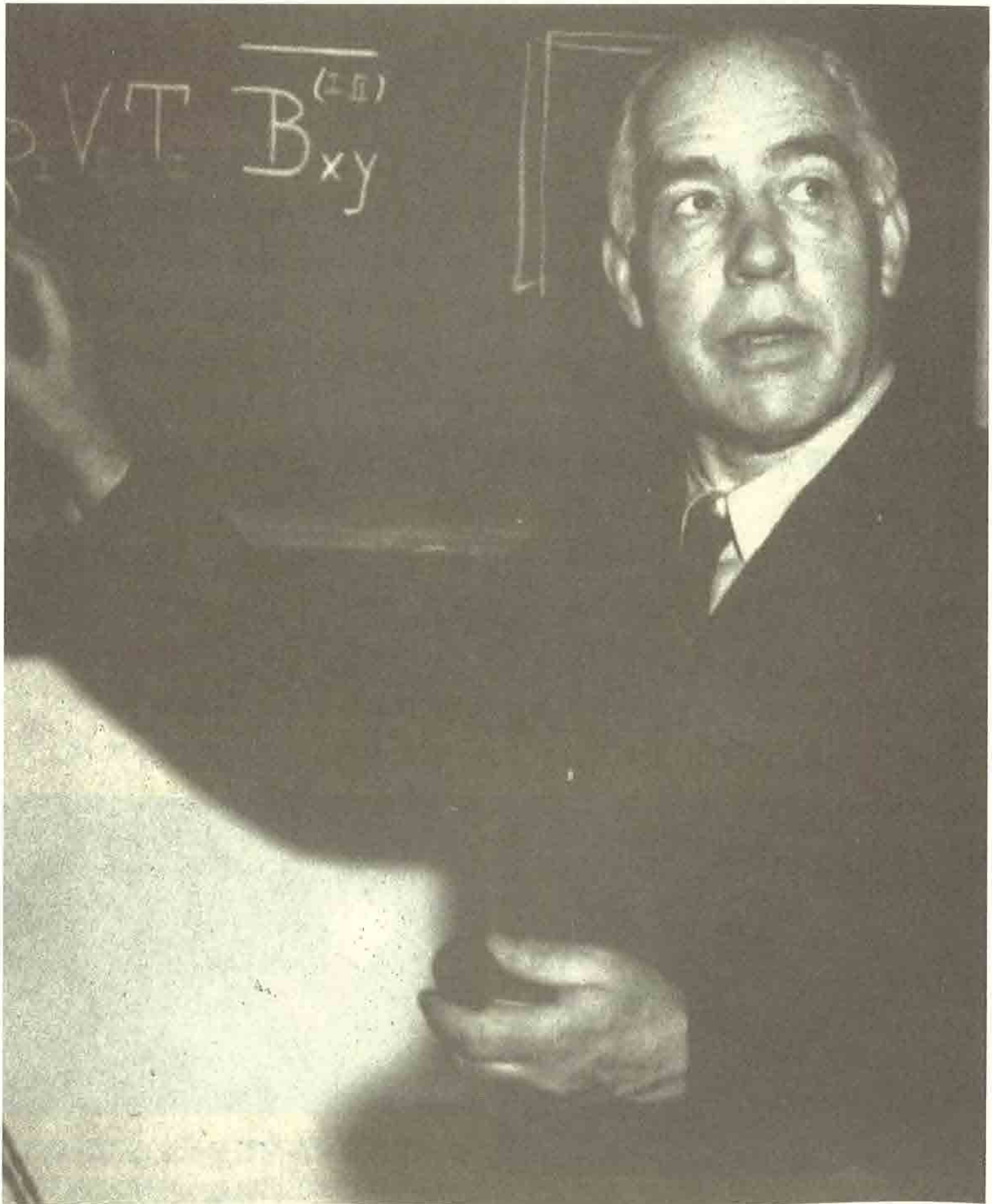
電子自 L 層殼躍遷至 K 層殼時發出電磁輻射  $K_{\alpha}$ 。



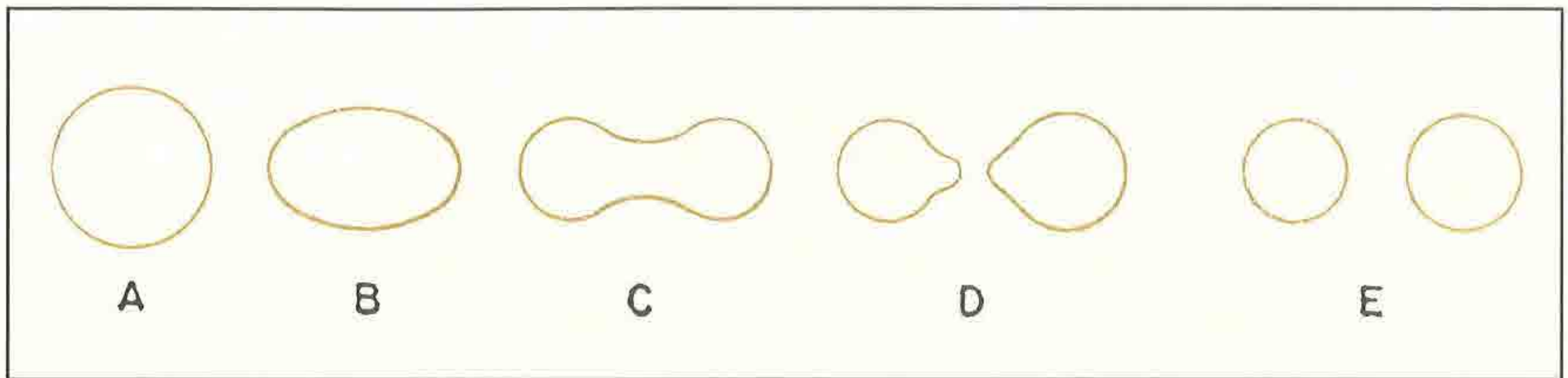
發出或吸收的輻射能量必須等於電子在初始能階和最後能階兩者之間的能量差。這

也可說明為何原子只吸收某些波長的輻射。愛因斯坦稱讚波耳的成就為在思維的領

域裡達到最美妙的境界。在1922年，波耳榮獲諾貝爾物理獎。



留存於美國普林斯頓大學檔案中的波耳照片。



原子核液滴模型：A 為核滴原狀，受外力後伸延為 B，繼而成為啞鈴 C，然後分裂成兩滴 D，最後成為 E。

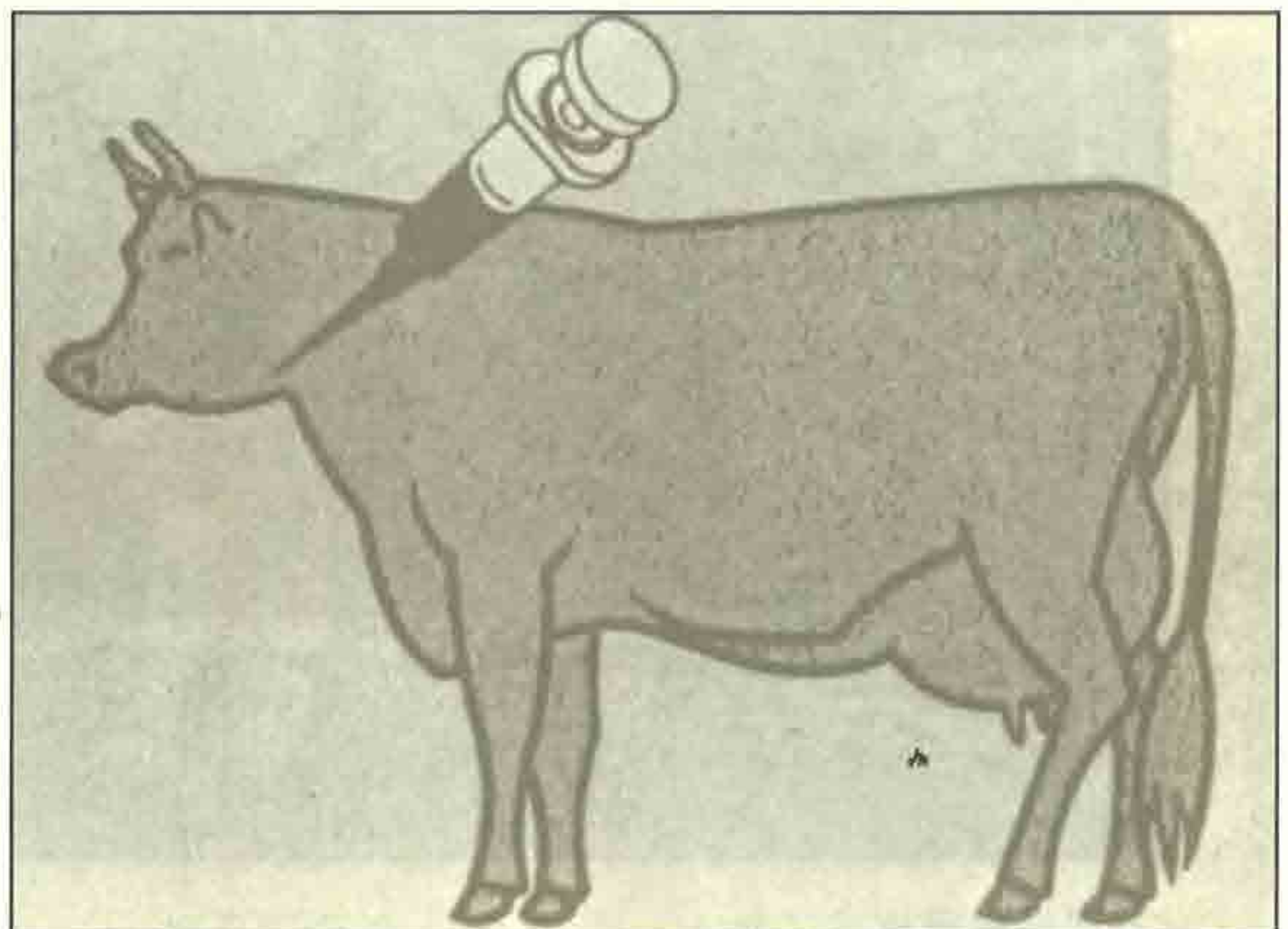
後來，德布格利與許勒丁格描述電子為一駐波而非粒子，這可解釋為何波耳的電子可在特定的能階運動而不會發出輻射。因而導致波耳聞名的互補原理，即電子可視為二個互相獨立自主但卻具相同效力的模型：粒子或波。波耳在後來又假設：入射的粒子如何撞擊一原子核而產生一個處在激發態的複核。這種觀念終於形成他的原子核液滴模型，提供梅特納和弗利希解釋核分裂的理論基礎。

赫畏希 ( George de Hevesy 1885 ~ 1966 )

如同其他傑出的科學家一樣，赫畏希的發現影響

20 世紀的科學界，在 1911 年拉塞福指定他去完成一件工作，他雖無法達成，卻很意外地有一項重大的發現：放射示蹤劑。赫畏希剛加入英國曼徹斯特大學的研究群以調查鐳 D ( 即鉛 210 ) 的放射性質，由拉塞福主其

事。拉塞福正在煩惱於他的分析過程，因為鉛干擾了鐳 D 的分析。當時他並不知道鐳 D 就是鉛的放射性同位素，誤以為可藉化學方法分離出鐳 D。於是拉塞福告訴赫畏希，試從鉛中分離出鐳 D。



示蹤技術：將碳 14 注射於牛體，然後抽血或擠奶，便可在血或奶中測出碳 14 發射的貝他射線。

這件不可能的工作赫畏希完全挫敗，但是在失敗之餘，赫畏斯卻想到藉放射性同位素可用以探討穩定（非放射性）原子的行為，也就是放射示蹤劑的技術。這項技術的分析能力可說是舉世無雙。

赫畏希不但首先使用放射示蹤劑技術於動物和植物，而且是使用天然和人工放射核種；他也是第一位用穩定核種如氘水以量測氫在人體中的移轉。由於他的發現而榮獲 1943 年諾貝爾化學獎。

他又研究中子活化分析技術，就固態的樣品而言，這可說是最有力的非破壞性的元素分析法。除了放射示蹤劑和中子活化分析，赫畏希最大的發現是鈾（*Hf*）元素，這對於元素周期表的組成完整貢獻良多。



赫畏希約攝於 1907 年。

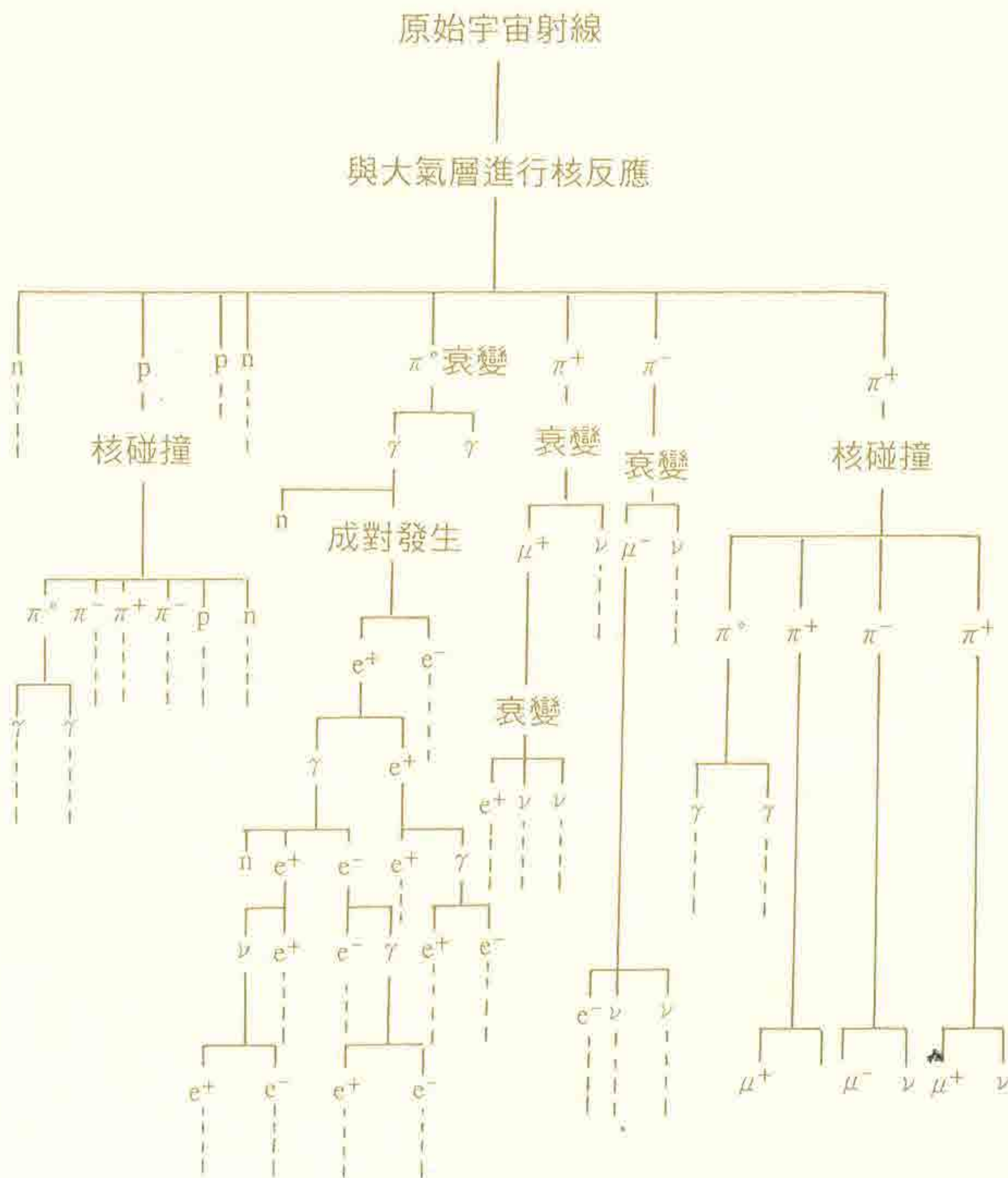
# 原子科學家列傳之三

## ～赫斯與康普頓

赫斯 ( Victor F. Hess  
1883 ~ 1964 )

赫斯係於 1911 年因發現宇宙射線而成名。原先對於這種輻射的性質相當地不

確定，一直到了 1936 年赫斯與其他科學家如密立根才確定此係來自外太空的宇宙

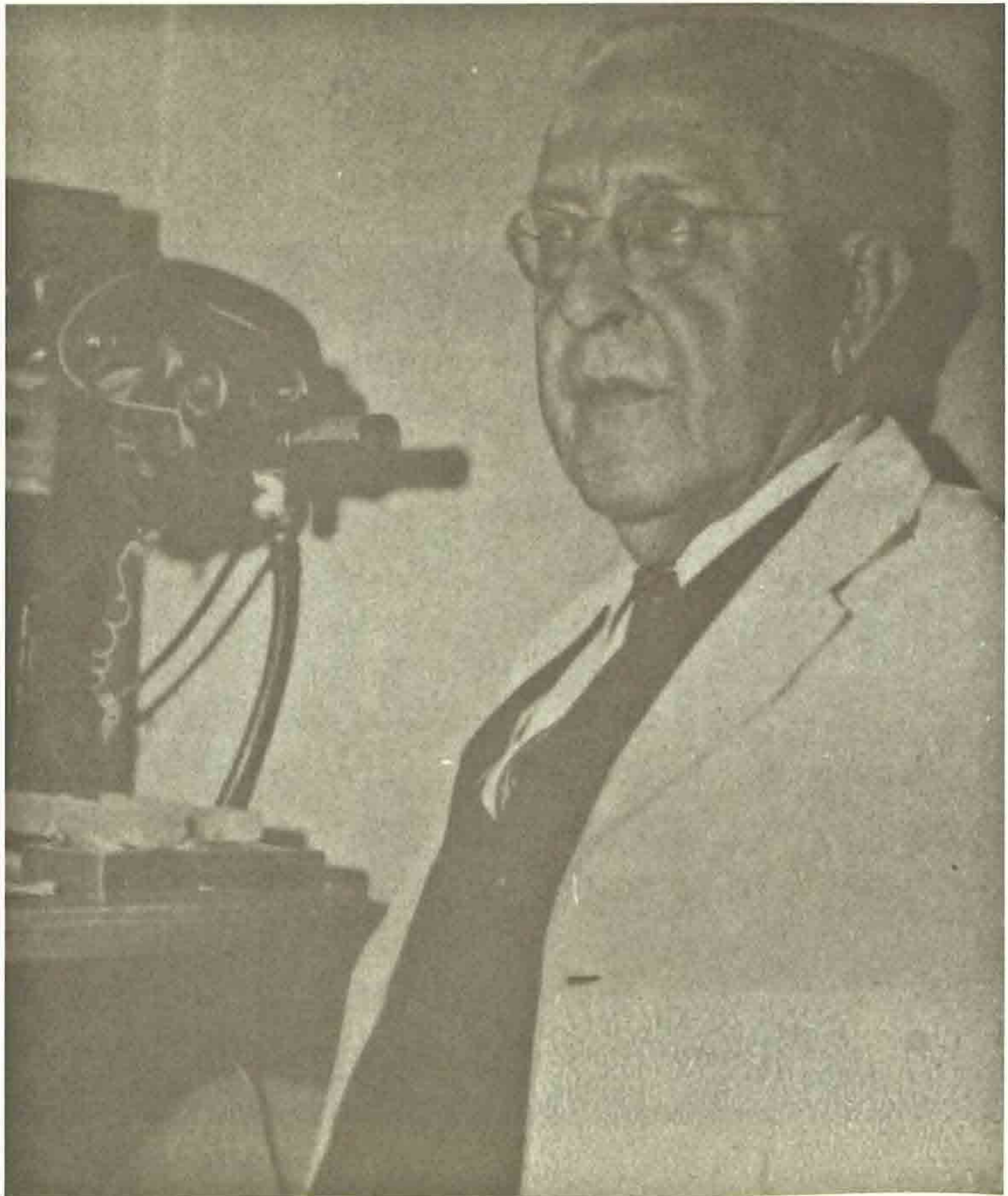


原始宇宙射線與大氣層產生核反應衍生的各種產物與二次輻射。(英文與希臘字均係粒子的名稱)

射線，赫斯因而榮獲 1936 年諾貝爾物理獎。他又研究宇宙射線的生物效應、季節性的變化，以及其強度受到磁場擾動的影響。然而，在他的事業中，對人類健康影

響最大的卻是他研究鐳元素的醫療用途、鐳毒害的性質和診斷。在 1945 年至 1965 年間，赫斯度量成千位鐳工作人員的全身鐳負擔量。這些度量所使用極靈敏的技術

是他在福特漢（*Fordham*）大學發展出來的。早在第一次世界大戰期間，他是首先用蓋氏偵檢器以偵檢加馬射線，故對於低輻射量的偵測，早已有良好的基礎。



約於 1945 年攝於福特漢大學，赫斯正利用靜電計與游離腔以度量呼吸樣本的氡。

## 康普頓 ( Arthur Holly Compton 1892 ~ 1962 )

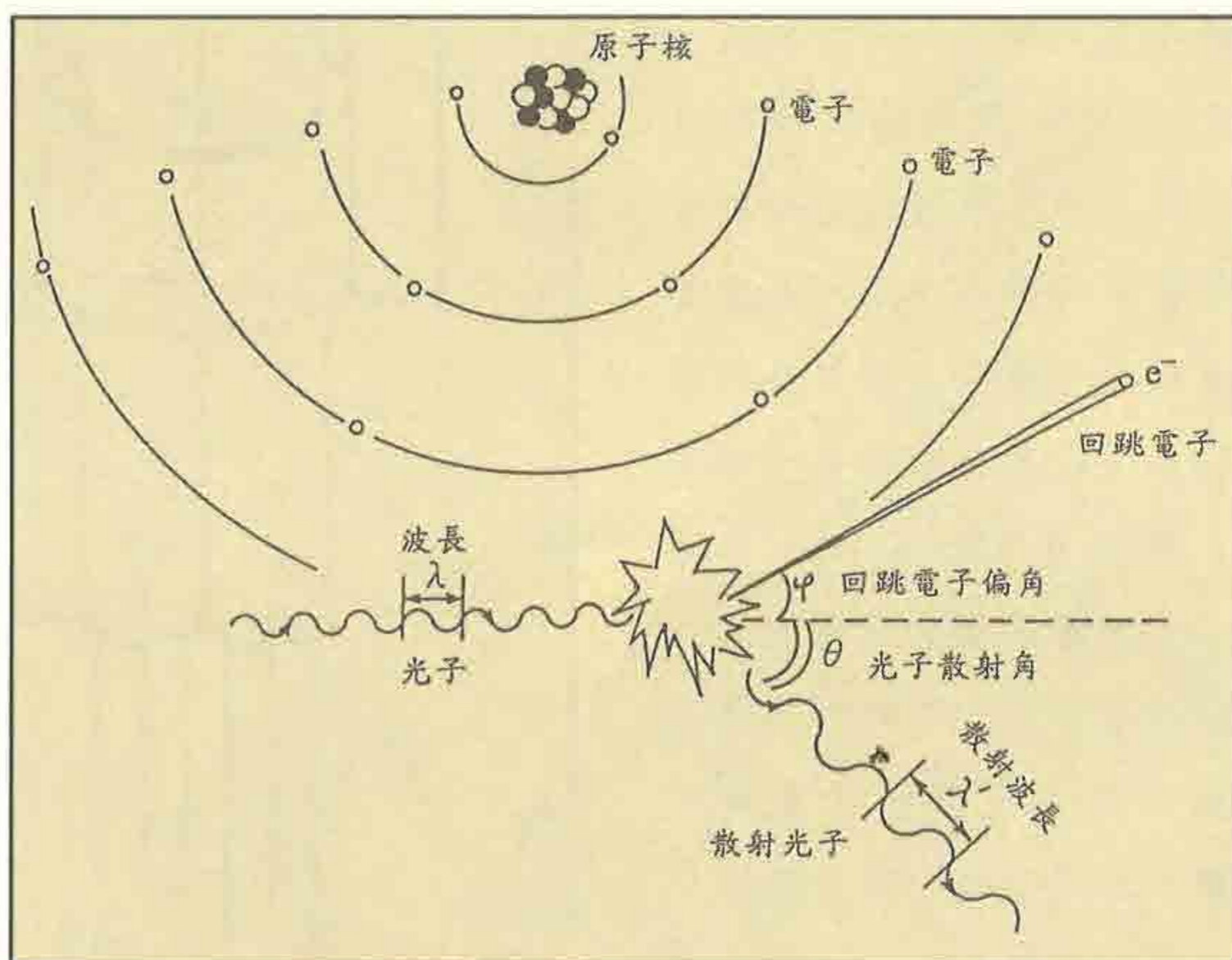
首先成功完成核反應器鏈反應的費米認為身材高大與相貌俊美的人與智力成反比，但他承認康普頓是例外。在康普頓一生事業中，很早就展現無比的智力。在1719年他從普林斯頓大學獲得物理學博士後不久，他到英國劍橋大學事師拉塞福以探討散射加馬射線的性質。到了1920年代初期，他在聖路易的華盛頓大學繼續同樣的研究，惟不用加馬射線，而以X射線作為研究對象。他發現X射線經由石墨散射會降低能量。他假說X射線的行為像粒子（即光子），與石墨起碰撞後轉移其能量給石墨的電子。如將X射線視為波的一種，則此現象無法發生。例如聲音的波長（間距）從物體的表面反射時並不會改變。這種實驗證明電磁輻射具有粒子與波的性質，終於使他榮獲1927年諾貝爾物理獎。他的研究又轉向宇宙射線的探討。在全球數千不同位置度量結果顯示，宇宙射線的強

度受到地球磁場強度的影響，也提供確證，宇宙射線含有帶電粒子。在第二次世界大戰爆發初期，由於其聲望高而被邀出面領導冶金實

驗室。此屬於芝加哥大學的實驗室曾協助引導美國科學界的力量致力於發展原子彈。



康普頓利用游離腔度量宇宙射線。



康普頓散射。

# 原子科學家列傳之四

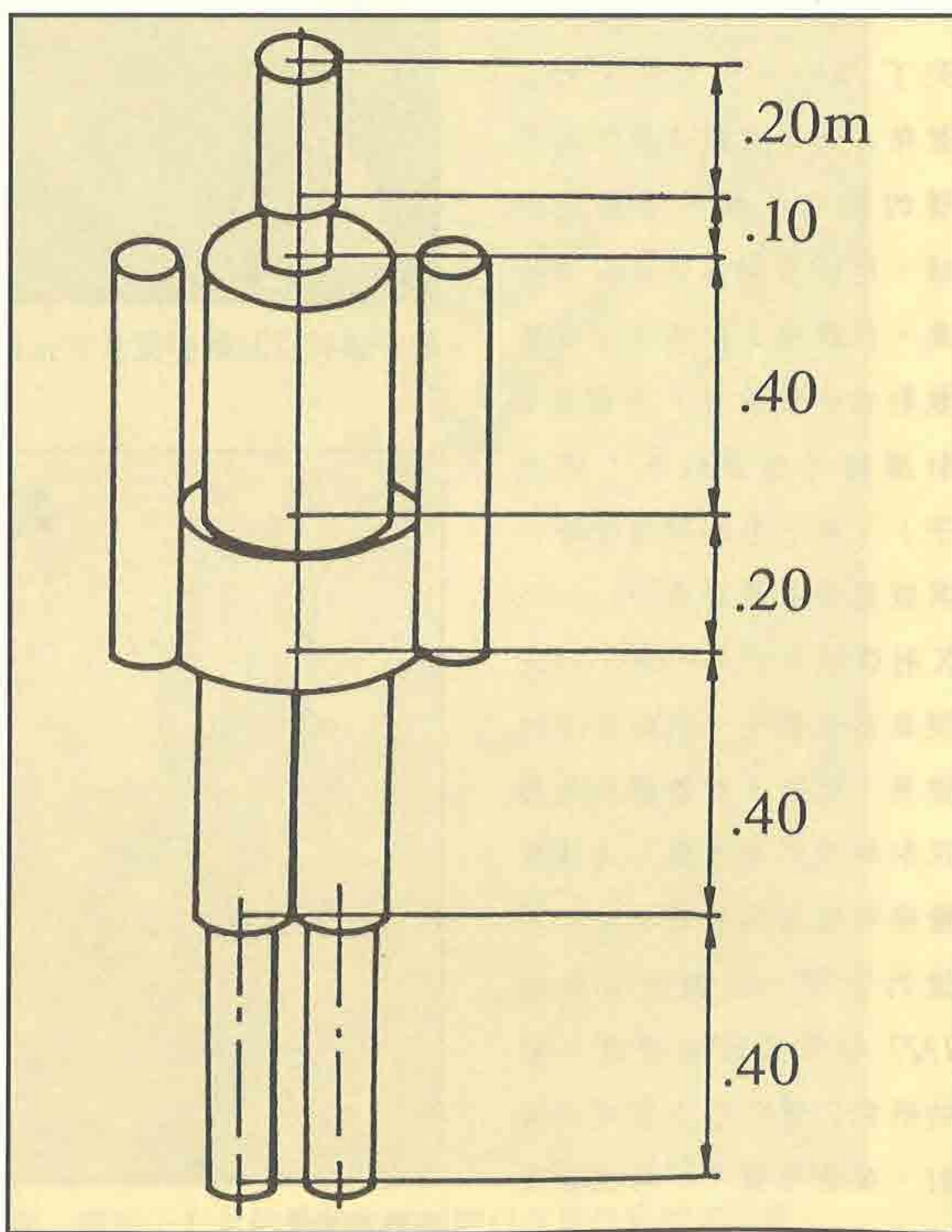
## ～同事檔：菲拉與崑姆碧

菲拉 ( Gioacchino Failla  
1891 ~ 1961 )

菲拉為生物物理學與放射生物學的先鋒。1915年他在紐約紀念醫院倡議吸收輻射能量，也就是今天的吸收劑量先驅。他把這觀念應用於鐳治療癌病的劑量估計，當時他的表示方法是每立方公分人體組織吸收輻射的能量（微卡）作為單位。在1922年他開始他的研究生涯。不久之後他致力於改善輻射的醫學應用，其重要成果之一是設計與製造氣產生器，也是美國的第一個產生氣的裝置。在1921年菲拉首先建議輻射劑量的表示法應使用所吸收輻射能量，也就是今天的吸收劑量先驅。他把這觀念應用於鐳治療癌病的劑量估計，當時他的表示方法是每立方公分人

體組織吸收輻射的能量（微卡）作為單位。在1922年他的實驗室增設一部X光機，美國的第一個人形假體

是他製造的，因此他能測定X光在人體中的過濾作用以及X光與人體距離的關係。1924年他到巴黎和居里夫



假體的一種。

人共事一年。1925年他回到美國以後，他向醫師建議可準確投射所需要的輻射劑量到病人的身上。由於他的貢獻，奠定了國際輻射單位與度量委員會以及輻射研究學會的基礎。菲拉在晚年離開了紐約紀念醫院而到哥倫比亞大學任教，在輻射突變和誘發癌病兩方面，菲拉都有很大的貢獻。

### 崑姆碧 ( Edith Quimby 1891 ~ 1982 )

崑姆碧是在紐約紀念醫院開始她的事業，時在1919年，當時菲拉已在這所醫院建立第一個實驗室致力於輻射的醫學應用。當菲拉需要一位研究助理時，崑姆碧前往應徵，從此就與菲拉共事多年。鐳在當時已廣泛應用於治療癌病，但卻缺乏標準的程序和技術，所用的方法可說是權宜之計，對於腫瘤是否從鐳針接受所需要的劑量，毫無把握。崑姆碧是第一位測定在人體的組織中，

從不同的鐳針排列方式，所獲得輻射劑量的分布。在1932年她所描述的輻射治癌技術，被選為最有效的鐳針組合，廣泛地用於美國。在同一時期，她定量從貝他和

加馬輻射產生同樣的生物效應例如皮膚發紅，為比較生物效應的先鋒。這比較生物效應的觀念，仍為放射生物學領域所採用；這也是射質因數的基礎，用以轉換吸收



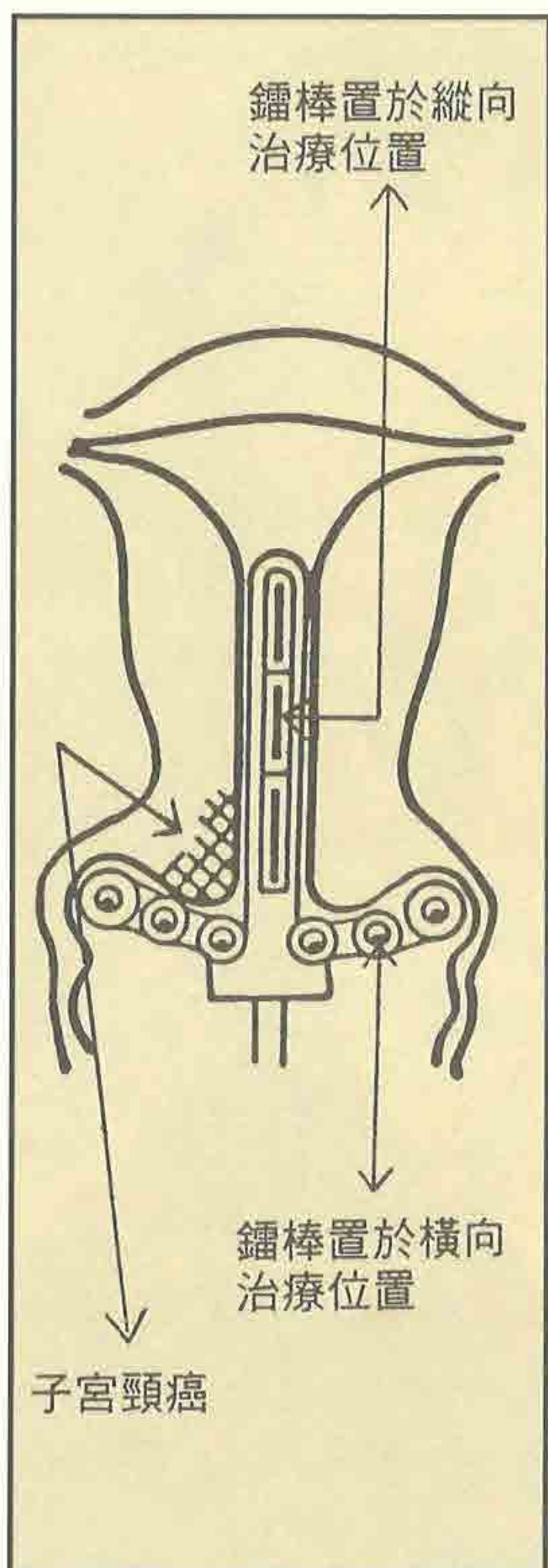
菲拉攝於哥倫比亞大學。



劑量（戈雷或雷得為單位）為等效劑量（西弗或侖目為單位）。過去雖有人用 X 光底片作為估計輻射曝露之用，但崑姆碧為第一位發起大規模的膠片佩章使用方案。她把 X 光底片切成小塊

狀，包以黑紙，分發給實驗室人員佩帶，時約在 1923 年。1940 年崑姆碧與菲拉轉任哥倫比亞大學，利用加速器和核反應器製造新的醫用人工放射性同位素，經臨床試驗後供病人作診斷和治

療疾病之用，如放射性碘和鈉，使崑姆碧成為核子醫學先鋒之一。從此崑姆碧在哥倫比亞大學教導下一代，以輻射物理與放射性同位素的臨床應用二科目為主，終其一生。



崑姆碧所發展鐳的排列用以治療癌病。



崑姆碧攝於美國放射學學會。

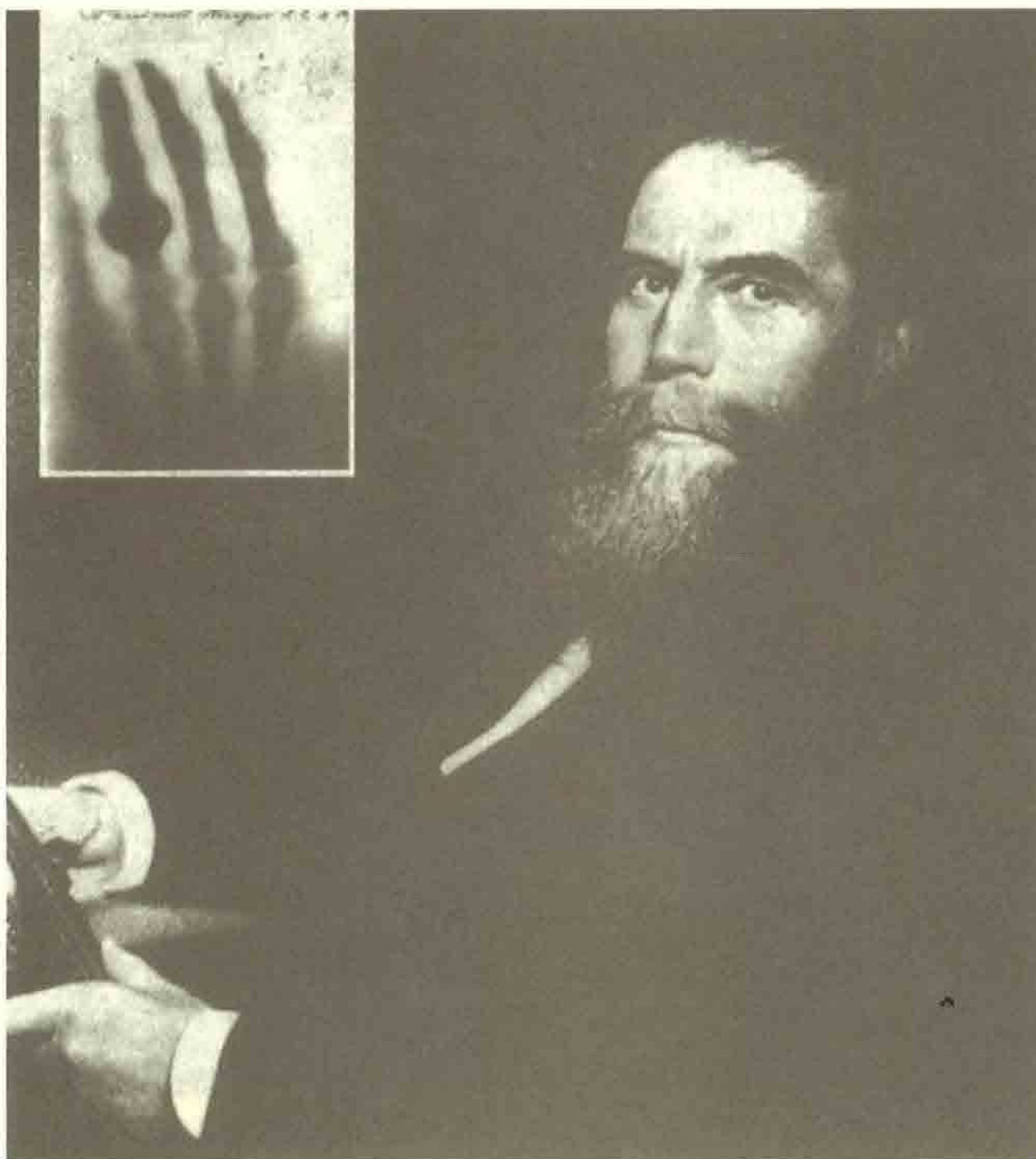
# 原子科學家列傳之五

## ～倫琴與勞倫斯

倫琴 ( Wilhelm Conrad  
Röntgen 1845 ~ 1923 )

在 1895 年 11 月 8 日，倫  
琴在德國烏茲堡 (Würzburg)  
大學注意到在他實驗過程，

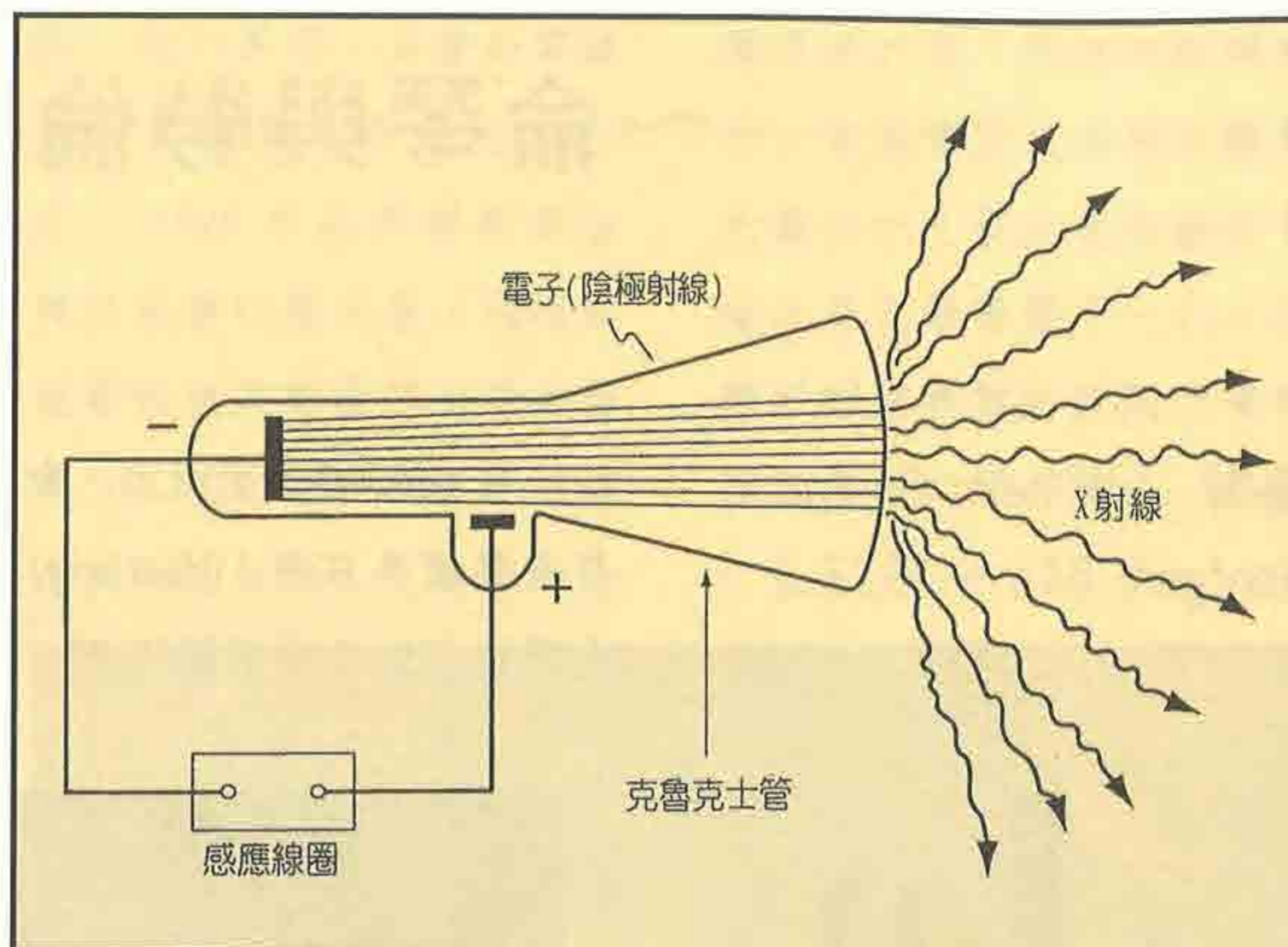
附近的桌上出現螢光。他的  
立即反應為有一種不可見的  
光來自半真空狀況的克魯克



倫琴攝於 1895 年。

士 ( *Hittorf-Crookes* ) 管，他用這管以研究陰極射線，也就是電子。這神秘的射線居然會穿過包在管外不透明的紙張。X射線(光)終於誕生了。倫琴花了兩個月的時間徹底地探討X射線的性質，由於他的發現，帶來物理學與醫學革命性的進展。他也榮獲1901年諾貝爾物理獎，也是首屆的諾貝爾獎。當他被詢及發現X射線時的思索，他回答說：「我不思索，我只探討」。

倫琴在獲獎之前曾遭遇到許多困難。當他在荷蘭求學時遭受其他同學的戲謔而

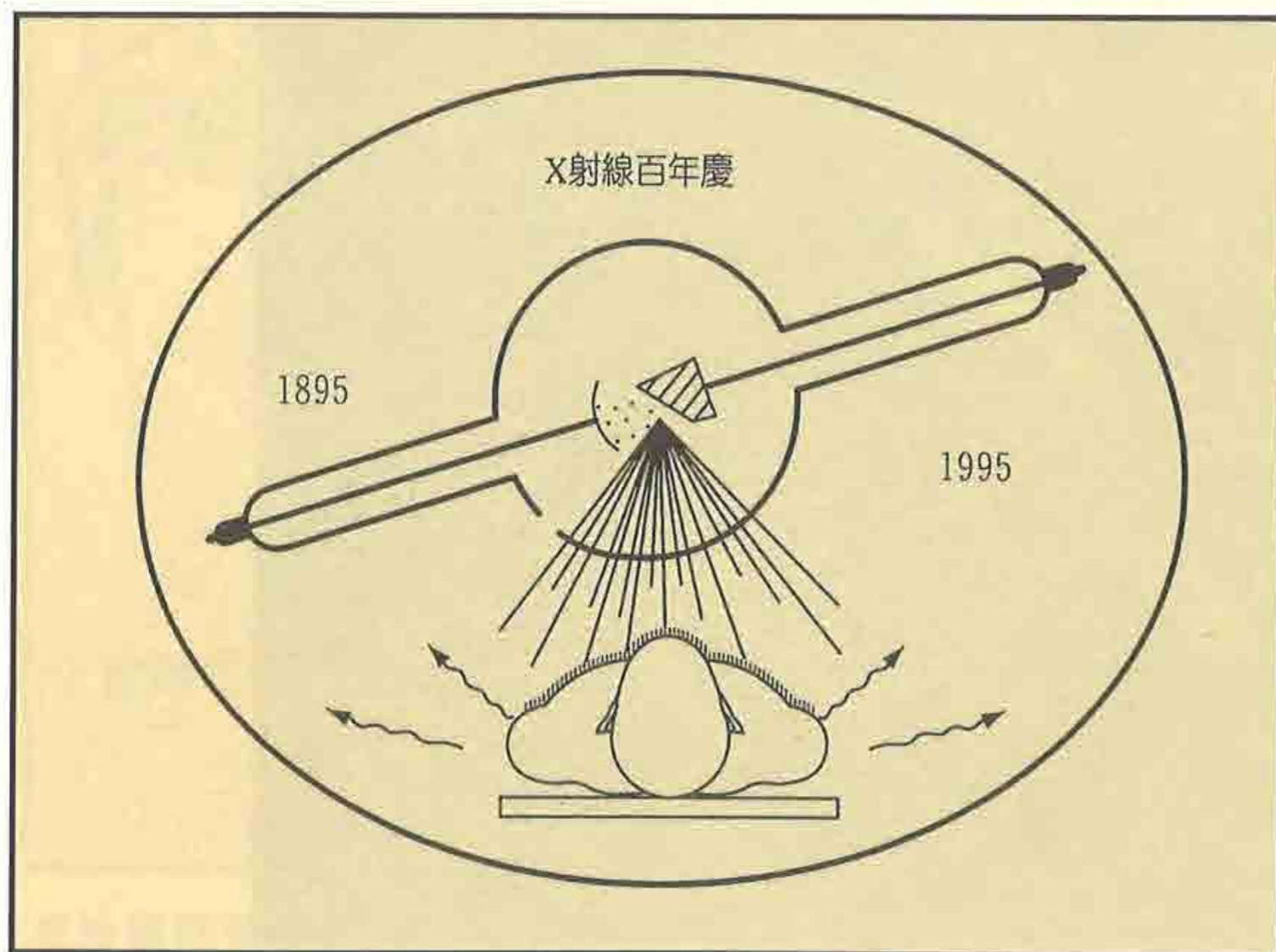


產生 X 射線的陰極射線示意圖。

被開除。他從瑞士獲得博士學位後到烏茲堡大學求職時，因缺少一張大學畢業文憑幾乎失敗。甚至在發現 X

射線以後，有人指控他是剽竊別人的作品。倫琴重義輕利，不求榮華富貴，捐出諾貝爾獎金，臨終之前竟然一文不名。他的獵涉也很廣，例如氣體比熱、彈性、壓縮性、毛細管作用、晶體導熱、蒸汽與氣體的紅外輻射吸收、壓電性、電介體極化與對流電流的電磁效應等。

當歐陸正在熱烈探究新發現的X射線時，在同一年卻是滿清政府與日本政府簽下馬關條約割讓台灣的國恥年。我們更應努力研究原子科學，奮發圖強。



X 射線百年慶標誌。

勞倫斯 ( Ernest O. Lawrence 1901 ~ 1958 )

在 1920 年代，唯一可行以探討原子核的方法，係利用拉塞福所發展出來用阿

伐粒子撞擊原子核。利用這種方法的難題是帶正電的阿伐粒子與同樣帶正電的原子核兩者之間的互相排斥。阿伐粒子所帶的能量不是很高，使上述難題一時無法突

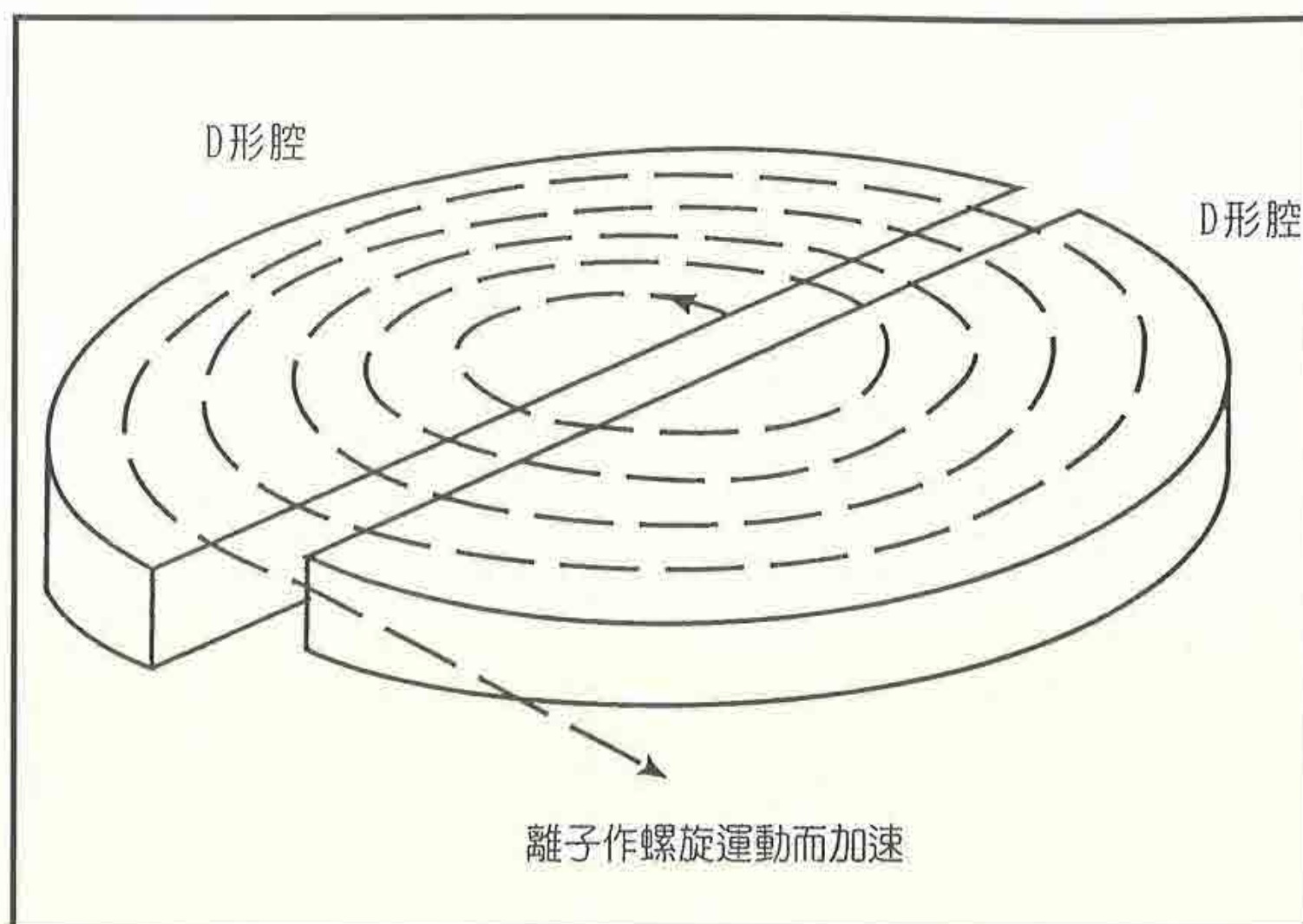
破。因此，拉塞福的方法適用於輕元素的原子核，因其所帶的正電荷較少。反之，對於高原子序數較重元素的原子核，拉塞福的方法則行不通。為了克服這難關，科



1948 年勞倫斯攝於 4.67 公尺迴旋加速器的離子源位置。

技界曾致力於發展新的機器，期能加速帶電粒子至很高的能量，勞倫斯所研製的迴旋加速器經證實為所有新研發的機器中最為成功的，遂成為高能物理領域裡最重要的研究工具。

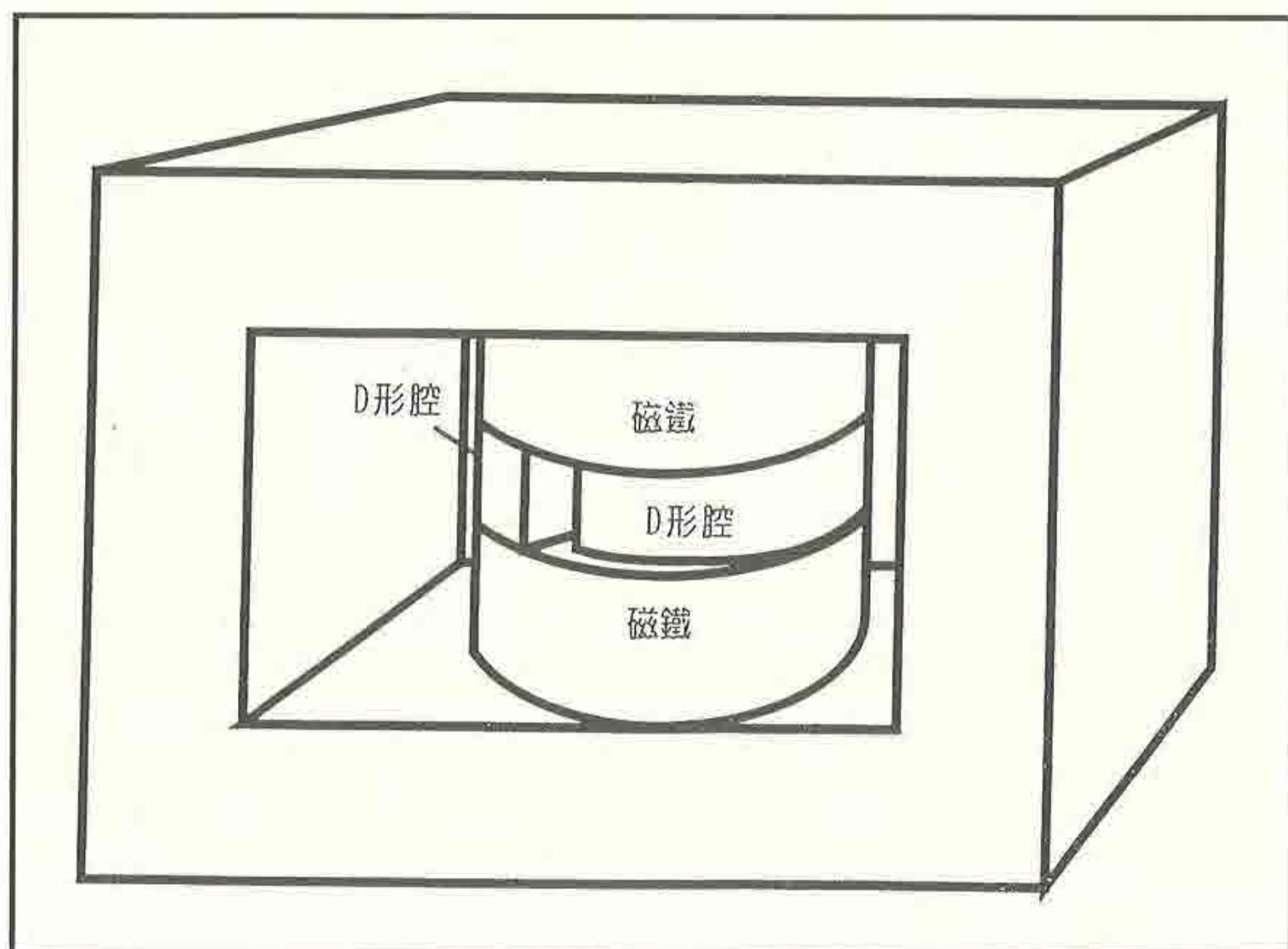
勞倫斯對於迴旋加速器的構想始於 1929 年，他閱讀一篇懷特樂 ( R. Wideroe ) 的作品。他描述加速的方法可用一對直線並排的圓筒以及用交變電場。勞倫斯領悟到可把懷特樂的一對圓筒改為兩個 D 形腔，平面部分相對著，然後置於一磁鐵兩極之間。在這兩個 D 形腔之間，離子 ( 例如帶正電的質



迴旋加速器橫截面圖。

子) 經過一連串的步骤作螺旋形的加速運動。因此，迴旋加速器可以為小體積但卻可產生很高能量的離子。勞倫斯設計的第一個迴旋加速器，直徑只有 11.5 公分，但可加速質子至 80 千電子伏。後來，勞倫斯利用改良的迴旋加速器以調查核反應過程並產生多種新的醫用同位素，例如早期用於治療白血病的磷-32，在 1939 年勞倫斯榮獲諾貝爾物理獎。我國台北榮民總醫院與行政院原子能委員會所轄核能研究所均擁有此新型的迴旋加速器。

子) 經過一連串的步骤作螺旋形的加速運動。因此，迴旋加速器可以為小體積但卻可產生很高能量的離子。勞倫斯設計的第一個迴旋加速器，直徑只有 11.5 公分，但可加速質子至 80 千電子伏。後來，勞倫斯利用改良的迴旋加速器以調查核反應過程並產生多種新的醫用同位素，例如早期用於治療白血病的磷-32，在 1939 年勞倫斯榮獲諾貝爾物理獎。我國台北榮民總醫院與行政院原子能委員會所轄核能研究所均擁有此新型的迴旋加速器。



迴旋加速器縱剖面圖。

# 原子科學家列傳之六

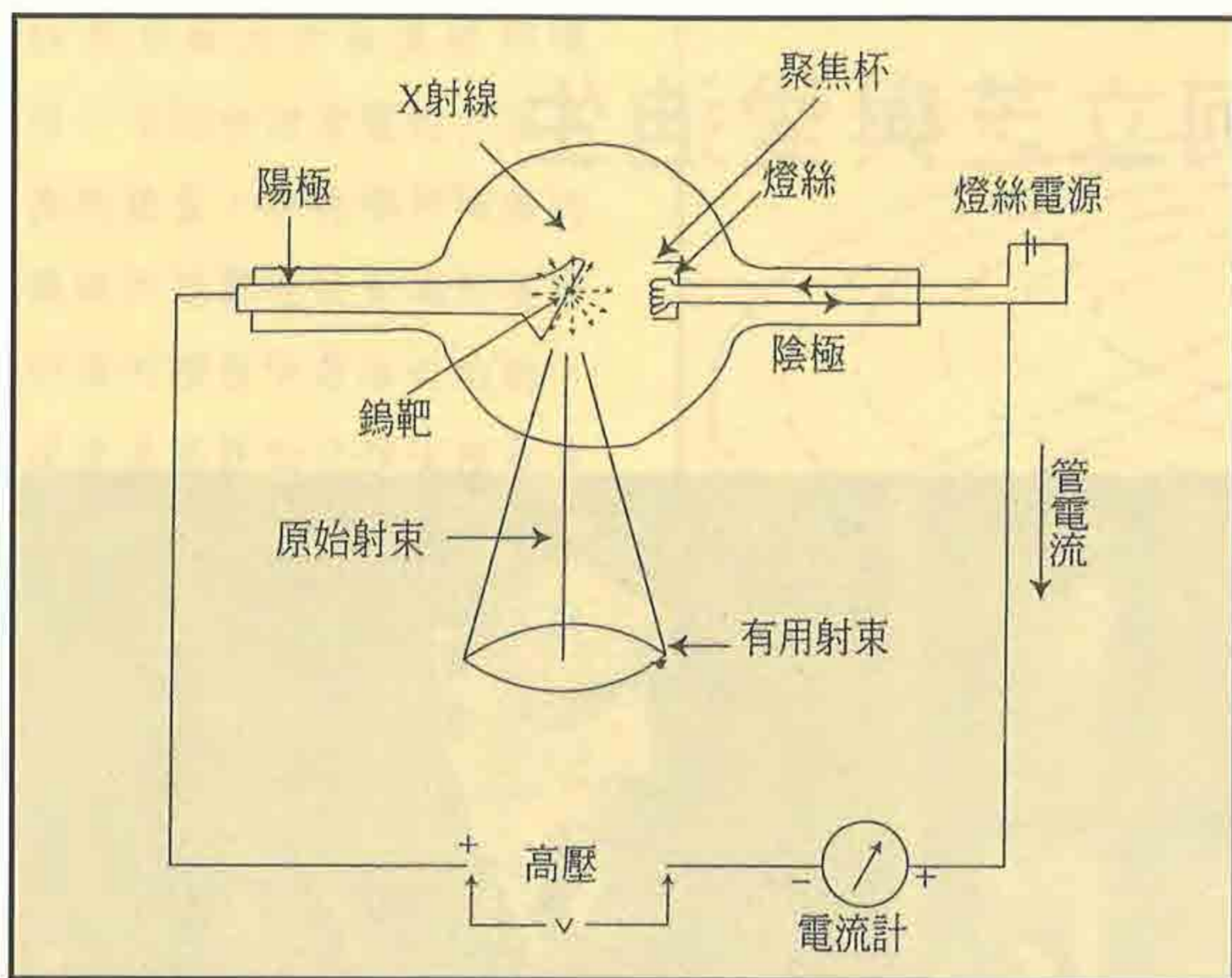
## ～柯立芝與愛迪生

柯立芝 ( William David Coolidge 1873 ~ 1975 )

在 1913 年柯立芝革命性地創新了放射醫學，研製了今天所謂的柯立芝管。柯立芝管並未涉及新的科學原理或發明，只是帶給他的雇主奇異公司一項新的產品，但是在醫學界卻成為一個新的里程碑。柯立芝於 1905 年受雇於美國奇異公司所屬研究實驗室，其工作項目之一係把電燈泡內脆弱的碳絲更換為鎢絲。但是在冶金方面當時既有的鎢不易製成鎢絲，柯立芝卻很成功地完成這件工作，並使改良過的電燈泡於 1911 年上市。奇異公司也製造 X 光管，柯立芝的鎢絲技術以及其他的配合可大大地改善 X 光管的性能。他利用加熱的鎢絲作為電子的射源，並作為陰極。



柯立芝與移動式 X 光機，約攝於 1920 年。



圖中的 X 光管係源自柯立芝管

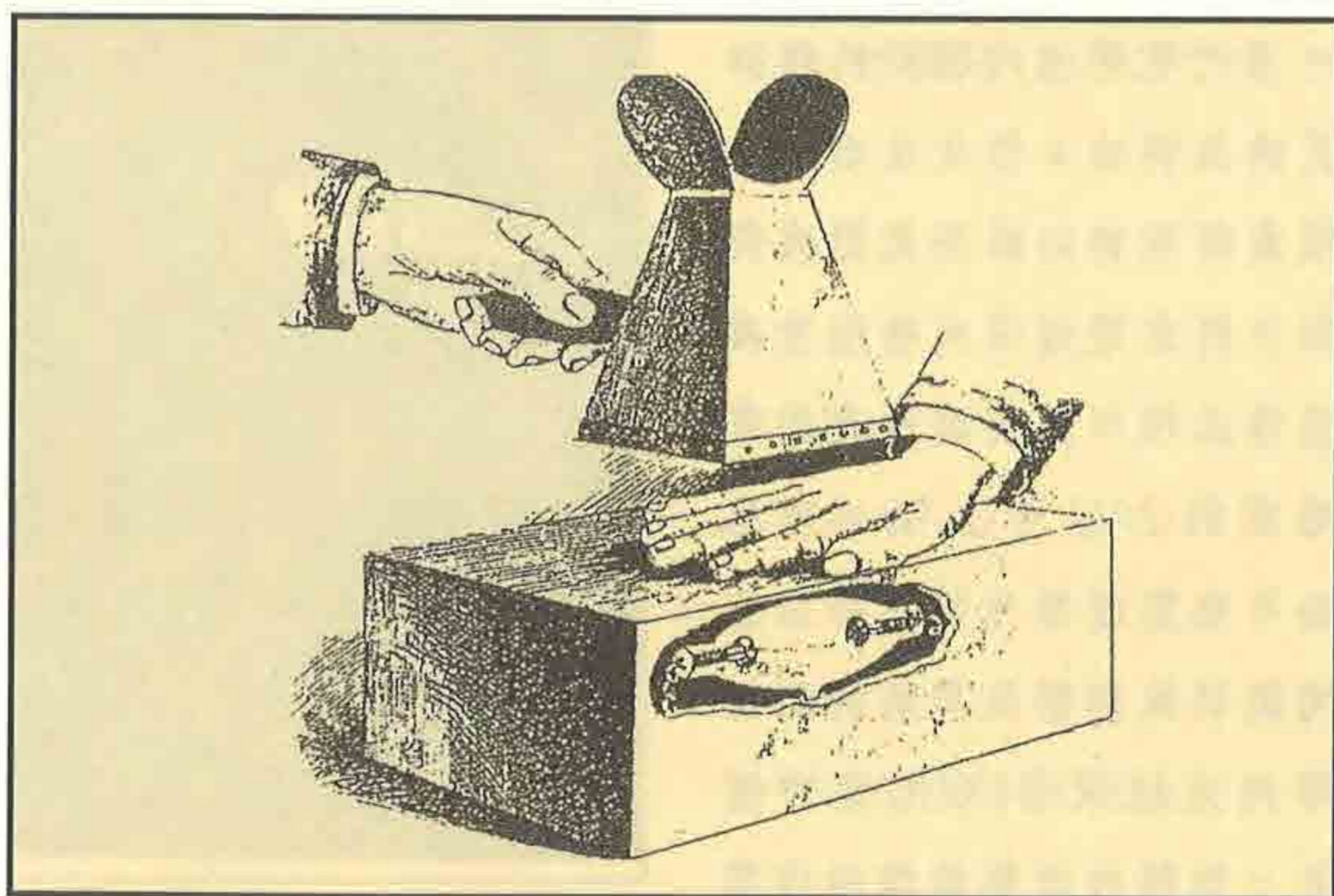
因為管中剩餘的氣體分子原本作為電子的射源，如今已無用，所以柯立芝管（又稱為熱陰極管）可抽到高度的真空狀態，可耐受較高的操作電壓。較高的電壓可產生較高能量的 X 光，更可有效地治療深部的腫瘤。此外，X 光的強度較為穩定，上下起伏變化很小，操作人員容易操作與控制 X 光的品質，也就是 X 光的能量。柯立芝後來昇任研究實驗室主管，最後任奇異公司的副總裁兼研究部主管。第二次世界大

戰開始，他被任命評估鈾研究的軍事重要性，導致建立曼哈頓工程區以發展核武器。到 1975 年他共獲 83 件

專利，並入選國家發明人榮譽府第，也是唯一在仍健在時接受此項榮譽的當選人。

愛迪生 ( Thomas Alva Edison 1847 ~ 1931 )

在 X 射線被發現的那一年 ( 1895 )，愛迪生早已享盛譽。他獲得的專利數以百計。從第一個實用的電燈泡至電影攝影機，均是他的傑作。當他知道倫琴發現了 X 光，也開始籌措必須要的設備以調查這新的現象。由於不易獲得 X 光管，愛迪生自行研製，但是仍脫離不了電燈泡的樣式。他研究的範



愛迪生設計的早期萬花筒（螢光屏）圖。



愛迪生試以 X 光照射腦部而獲得影像，約攝於 1900 年。

圍很廣，但最主要的是改善螢光屏用以觀測 X 光的影像。在調查數千種材料之後，愛迪生認為鎢酸鈣遠比氧化鉑銀（倫琴發現的）作為螢光屏更為有效。在 1896

年 3 月，愛迪生用鎢酸鈣作成一類似萬花筒，英文稱為 *Vitascope*，後來則稱為螢光屏。雖然類似的裝置早已有入研發，但愛迪生的型式很快就成為醫生觀看 X 光影像

的標準工具。就在這研發過程，愛迪生最得力的助手戴禮（*C. Dally*）卻發生變性皮膚疾病，進而發展成為癌症，導致死亡。這是在美國第一件輻射傷亡的案件。



# 原子科學家列傳之七

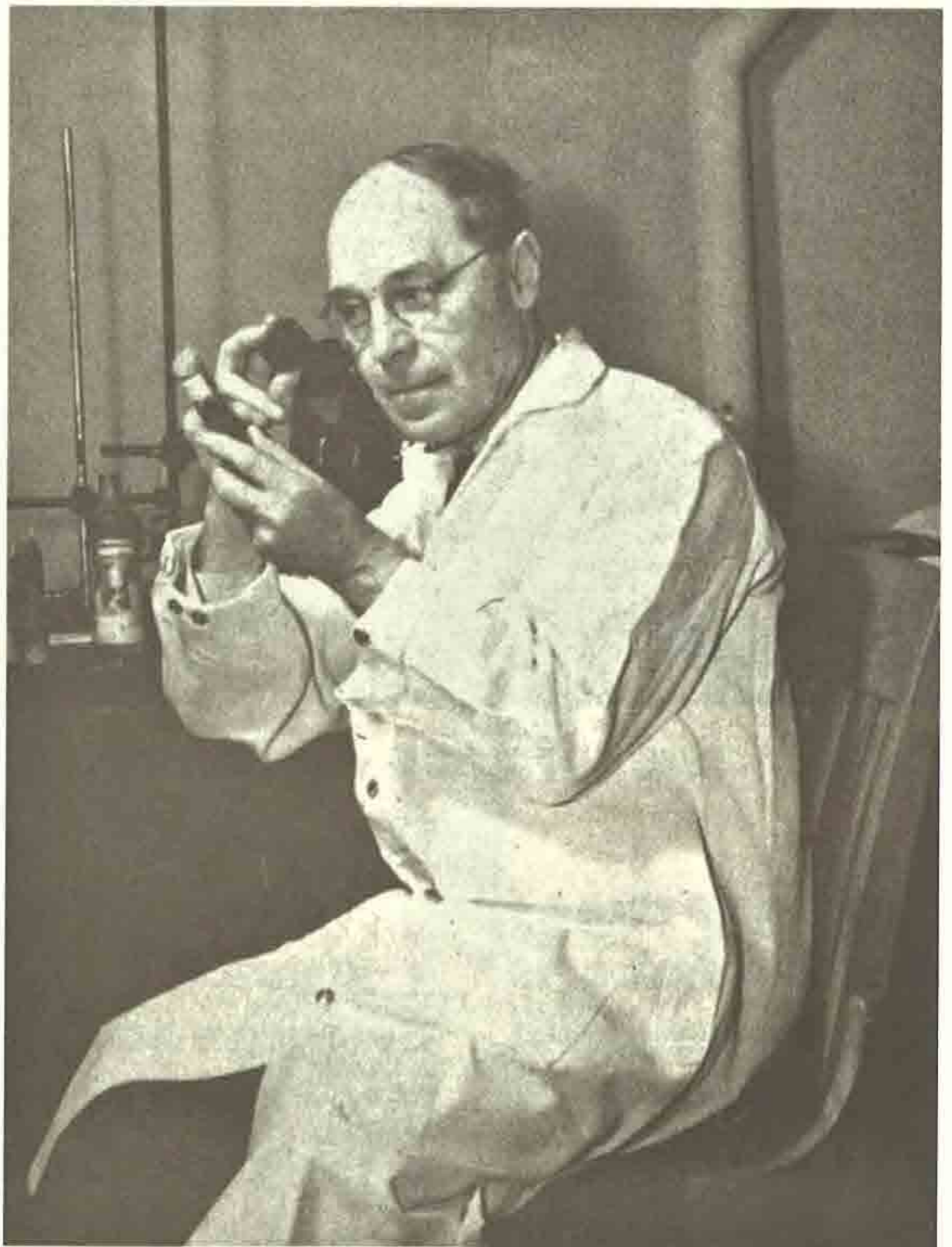
## ～牟勒與派克

牟勒 ( Hermann Joseph Müller 1892 ~ 1967 )

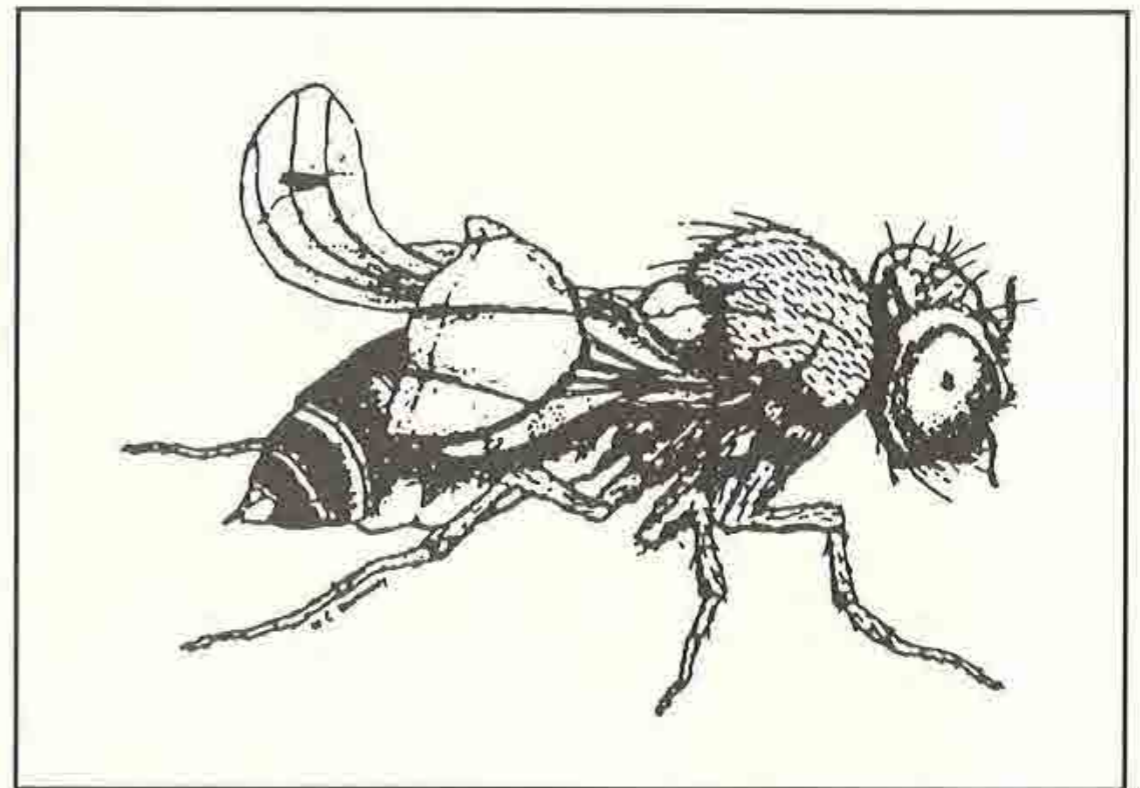
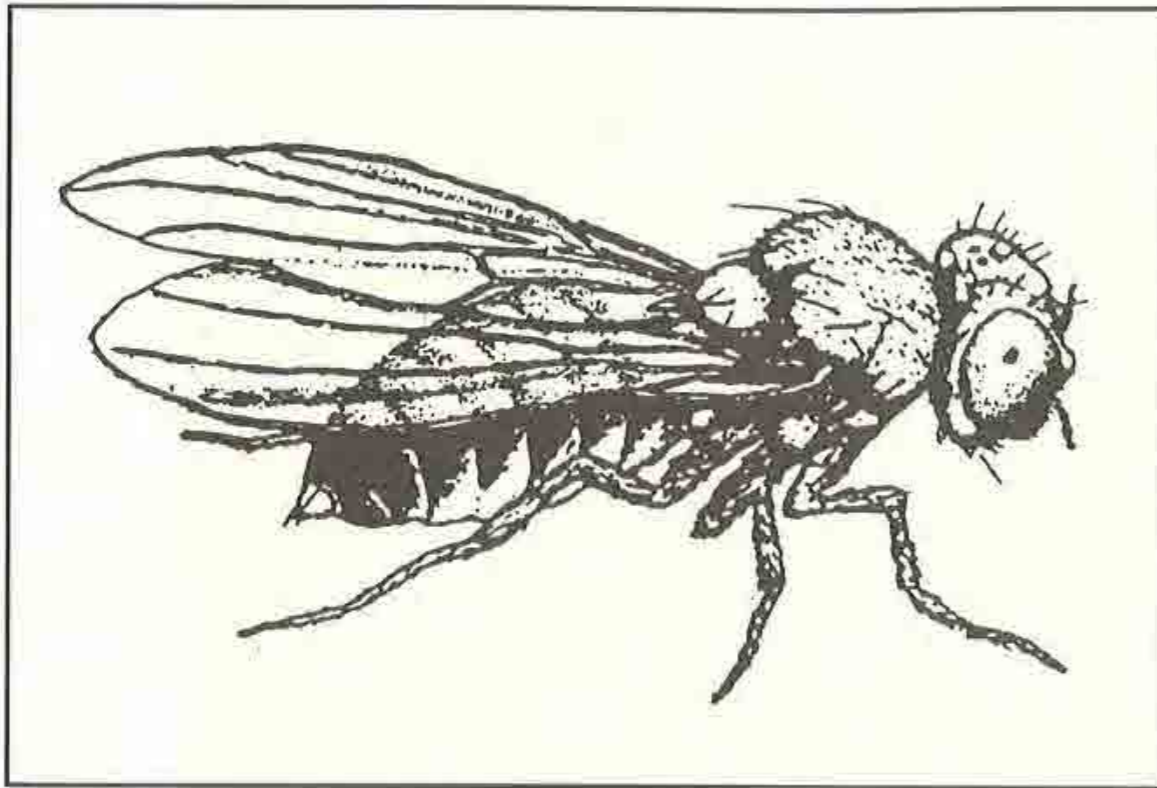
開美國，在一年之後任職於列寧格列應用植物研究所遺傳實驗室。在史達林恐怖統

治之下以及不同意共產政權的作法，迫使他離開蘇聯而前往蘇格蘭，在那裡他研究

被尊稱為輻射遺傳之父，1960年代初期牟勒開始其果蠅突變研究。他的同事的摩根 ( *T. H. Morgan* )，亦為美國遺傳學家。開始時牟勒對於果蠅的突變率深感不耐，他是第一位用熱提昇果蠅的突變率。結果仍不滿意，他於1926年11月左右用50千伏X射線照射果蠅，結果更大大地增加突變率。因此，他是第一位展示用輻射誘發遺傳改變的人。不但如此，他以量化的方式決定突變的頻率。他整整花費二十年時光從事於此項研究工作，終於榮獲諾貝爾獎。他在政治上傾向左派，對於優生學的觀點頗具爭議性，對於輻射傷害持不同的看法。在1931年他被迫離



牟勒在美國印地安那大學審視果蠅。



果蠅突變。左圖為正常的，右圖為突變的果蠅，具捲曲翅膀。

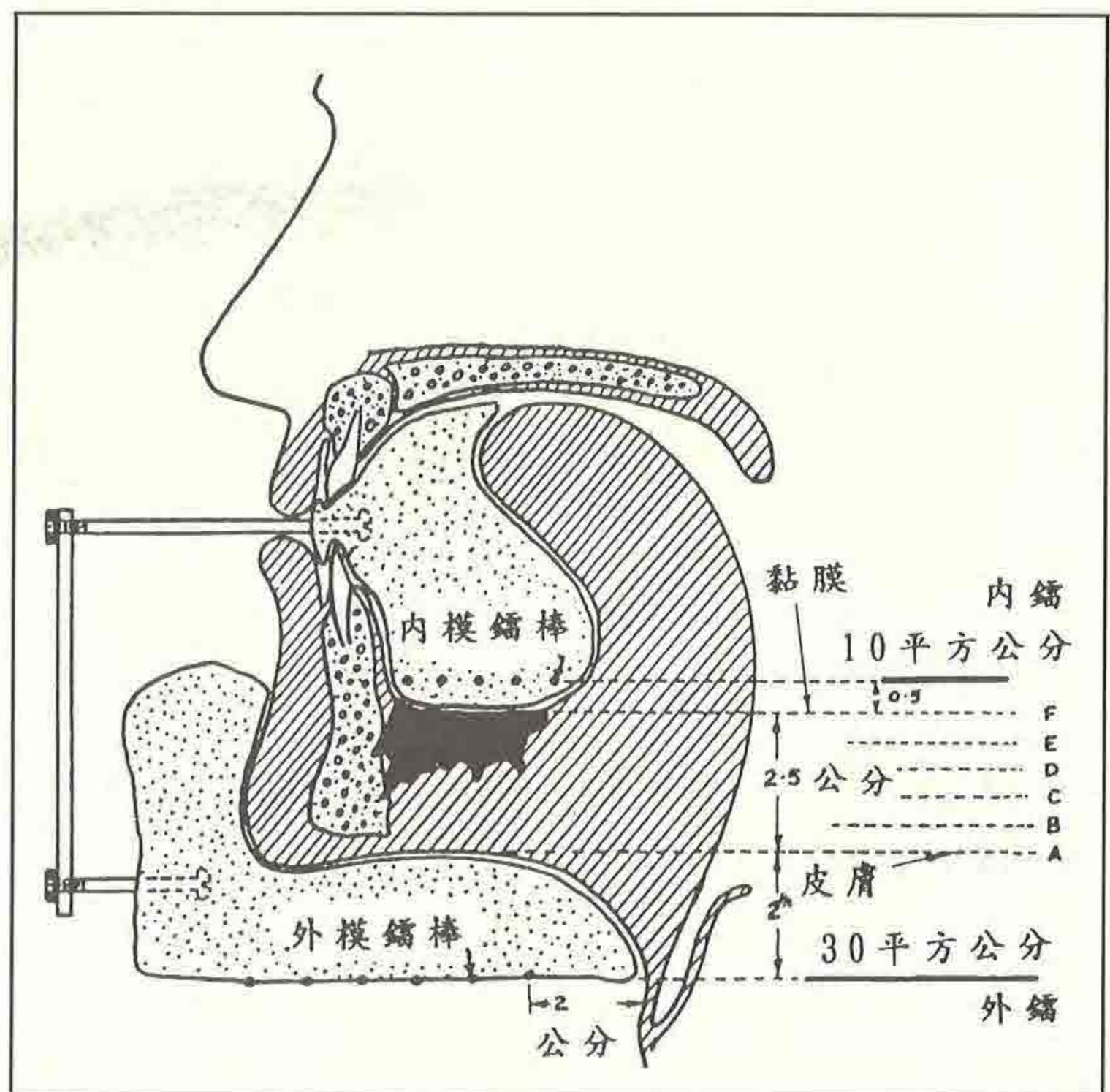
突變頻率與劑量率的依存關係。就在這時候，他開始警告那些不必要的輻射照射會導致誘發癌病的危險度以及遺傳效應。1940年代後半，美國正在大力發展核武器，牟勒回到美國，他對於放射性落塵的危害，也大聲疾呼。

康組織卻不會造成太高的劑量，堪稱為放射治療的里程碑。在1938年派克離開英國而前往美國西雅圖的瑞典醫院，從事於高電壓X光的

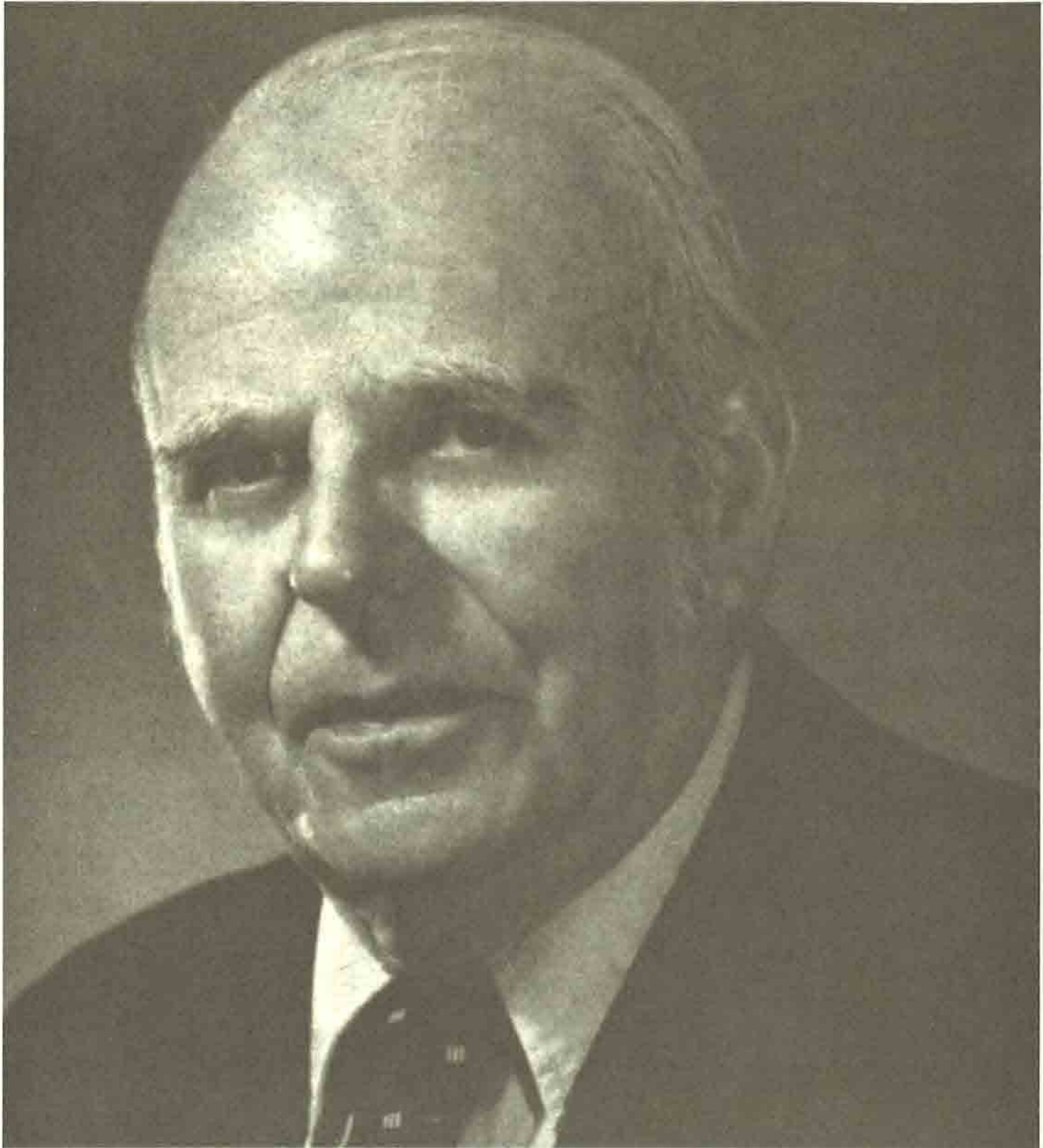
放射治療研究。第二次世界大戰開始，他參加位於芝加哥大學的冶金實驗室，擔任輻射防護工作，也是第一批獲得「保健物理學家」頭銜

派克 ( Herbert Parker 1910 ~ 1984 )

派克於1932年開始他的輝煌事業，他和白德勝 ( J. R. Paterson ) 在鐳治療方面發展出一套稱為曼徹斯特系統，這套系統可使醫生排列鐳棒於最佳的幾何形狀，能使腫瘤獲得最高的輻射劑量，而對於其附近的健



鐳治療口底癌。



派克先生玉照。

者之一。未幾，他離開芝加哥任職於橡嶺，建立保健物理部門，遂後成為橡嶺國家實驗室的一部分。1944年他回到華盛頓州在漢福特工廠建立保健物理部門，到了1956年他被任命為漢福特工

廠總經理，他的成就之一為建立「侖卜」的劑量單位，取自英文 *Roentgen Equivalent Physical, rep*（每立方公分人體組織吸收93爾格的輻射能量），又稱為 *Roentgen Equivalent Parker*，甚至 *Roent-*

*gen Equivalent Biological, reb*。第一個銻在空氣中的最高許可濃度每立方公分  $3.1 \times 10^{-11}$  微居里也是他建立的。

# 原子科學家列傳之八

## ～哈恩與梅特娜

哈恩 ( Otto Hahn 1879 ~ 1968 )

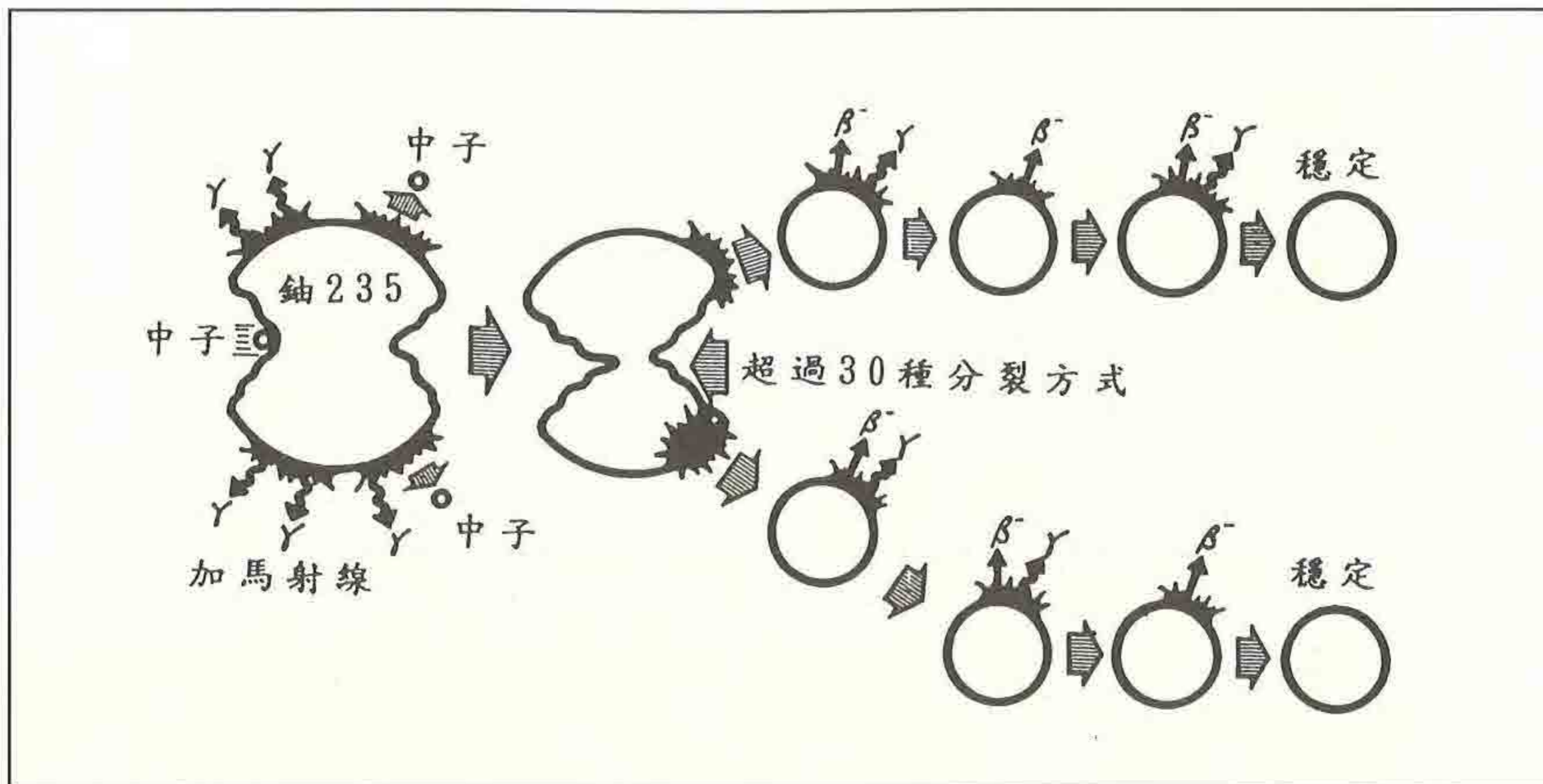
的核子物理現象正相反。哈恩有自知之明，他是學化學

的，卻踏入物理的領域，因此他把這問題交給梅特娜去

哈恩為一德國化學家，由於他所發現的核分裂終於導致第二次世界大戰有了結尾。哈恩發現核分裂的故事始於 1938 年。當他看到一篇報告，由伊蓮·居里（居里夫人女兒）撰寫，以中子撞擊鈾會產生釷系中的一個核種。他們想到這可能是類似於鐳的超鈾元素。哈恩告訴伊蓮的先生約里奧，這種想法是不對的，他要重複此項實驗。就在他和同事斯特拉斯曼 ( F. Strassmann ) 重複伊蓮的實驗時，卻發現銀的三種同位素在此反應中出現。這是不可思議的事，因為銀的質量只有鈾的一半而已。這種反應難以解釋。當他們在 1939 年 1 月 6 日發表此結果時，與當時所知道



哈恩教授約攝於 1950 年。



核分裂反應。

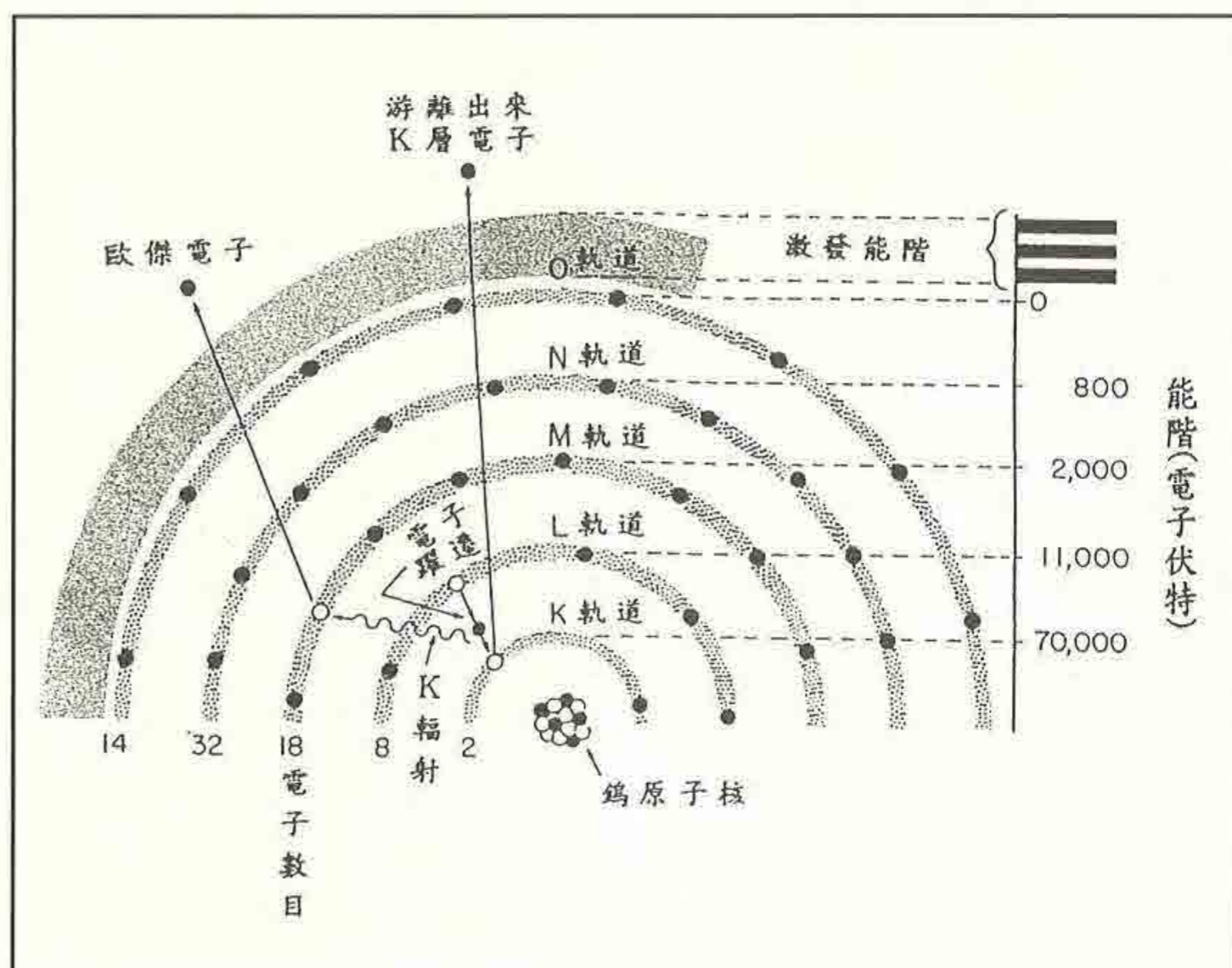
解釋。在 1938 年 12 月 19 日他寄給老朋友梅特娜的信中稱，「也許妳可以解釋這怪誕的現象」，梅特娜後來告訴他，這就是原子核的分裂（簡稱核分裂）。在 1944 年哈恩榮獲諾貝爾獎，但卻無法前往領獎，因為他遭受英國拘留，當時英國想知道德國研製原子彈失敗的資訊。

梅特娜 ( Lise Meitner  
1878 ~ 1968 )

梅特娜除了發現核分裂的現象外，她還有許多其他的貢獻。她在 1906 年獲得

物理博士學位，即前往柏林大學與哈恩共事。她的第一件成果係利用阿伐衰變過程，發射阿伐粒子的原子核

會回跳，這回跳能量可用於純化放射性物質。後來，在奧地利威廉大帝研究所，她是第一位解釋內轉換電子的



歐傑電子的形成。



梅特娜教授玉照。

現象，也就是原子核自身加馬射線的能量把軌道電子擊出。她也是第一位描述歐傑電子的來源，也就是外層軌道電子吸收內層軌道躍遷時釋出的光子能量而被擊出。在 1938 年當德國納粹黨併吞奧國時，這位具猶太人血

統的女性科學家即逃難至瑞典。在此之前，她和哈恩以及斯特拉斯曼已從事於中子撞擊鈾的實驗。她逃出納粹的魔掌後，哈恩與斯特拉斯曼仍繼續這實驗，並發現銀的出現，且靠書信與梅特娜彼此聯繫。當她收到哈恩的

信不久，她到丹麥訪她的姪兒弗立希共渡聖誕節，就在渡假期間他們證實鈾原子核的分裂才會產生銀。他們利用波耳原子學說解釋了核分裂的現象，並致函學術期刊「自然」，命名此現象為核分裂。

# 原子科學家列傳之九

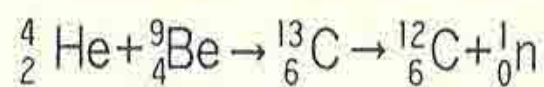
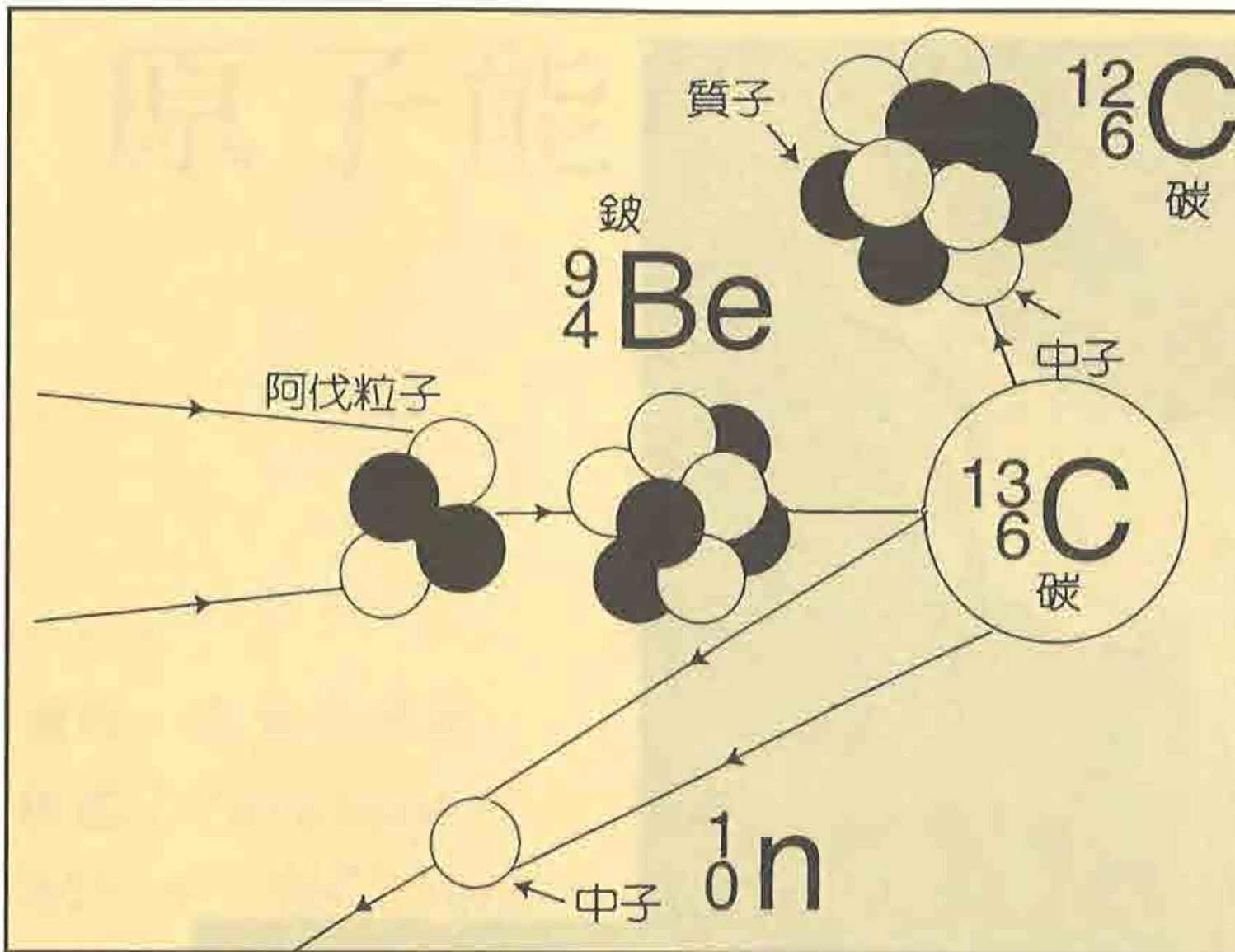
## ～查兌克與費米

查兌克 ( James Chadwick  
1891 ~ 1974 )

1907年查兌克在英國曼徹斯特大學註冊入學，意外地發現自己走上物理的道路。他原本是要攻讀數學，但卻害羞而不願道出，將錯就錯留在物理的領域，想不到卻成為本世紀最傑出的物理學家之一。1913年他完成碩士學位，就到德國與蓋革 ( *H. Geiger* ) 共事，在那裡他是第一位證實貝他粒子的能量帶有某種範圍，一直到最大值。第一次世界大戰爆發時，他被困在德國，並被囚禁於一個跑馬場的馬廐裡。戰爭結束後他立即返回英倫，並參加拉塞福的研究群。拉塞福正在思索不帶電的次原子粒子的存在而引起了查兌克的好奇心，於是乃開始一連串的實驗以證實



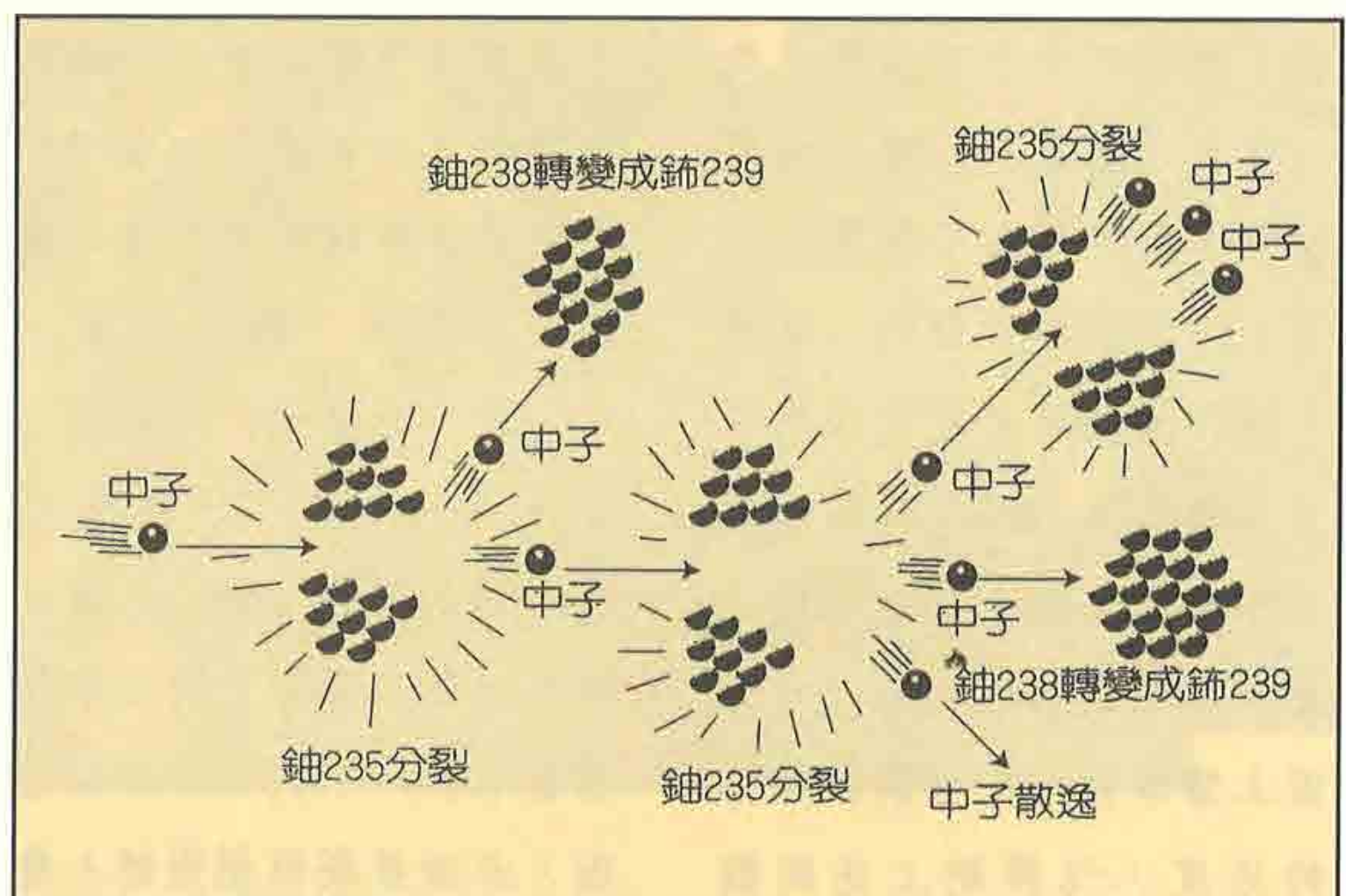
查兌克先生玉照。



阿伐撞擊鈹產生中子。

這種粒子的存在。開始時，所有的實驗都失敗，到了1930年波赫與貝克 (W. Bothe and H. Becker) 描述一件不尋常的事情，用阿伐粒子撞擊鈹金屬會產生另一種穿透力非常強的新的加馬射線。查克認為這種不尋常的加馬射線頗符合拉塞福所思索的中性粒子。1931年底，約里奧—居里夫婦 (居里夫人女婿與女兒) 宣稱此穿透力強的新「加馬射線」會從石蠟撞出高能的質子時，仍相信它是一種加馬射線，但查克認為此並非加馬射線，乃繼續他的實驗工作，終於在1932年，證實

此新加馬射線乃是具有與質子同等質量的中性粒子，而命名為中子，並榮獲1935年諾貝爾物理獎。中子提供物理學家—最好的工具以探討原子的構造。它還能產生



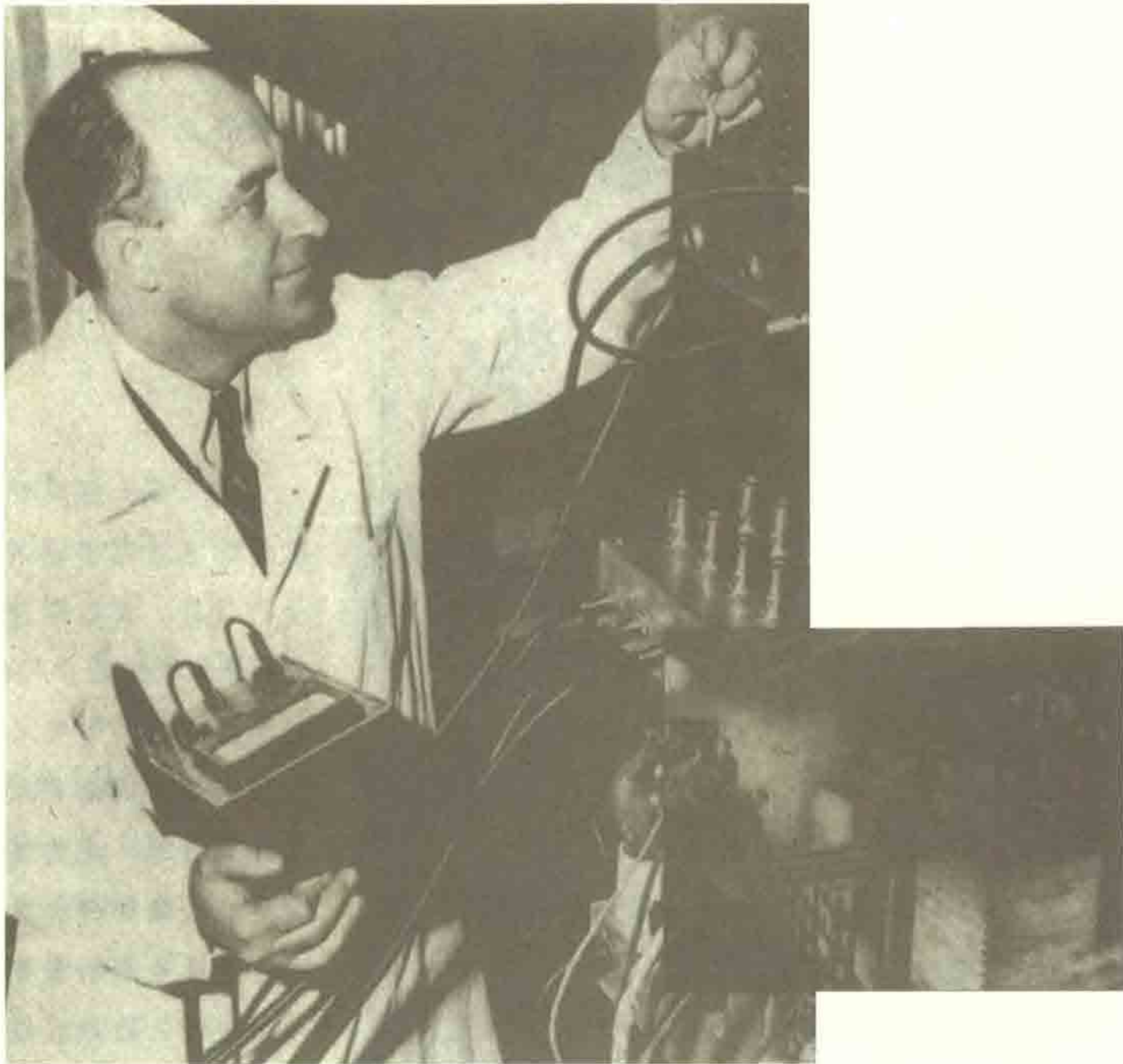
核分裂與鏈反應。

很多新的放射性同位素甚至誘發核分裂之鏈反應。波赫稱讚查克的發現為核子物理歷史的開端。

費米 (E. Fermi 1901 ~ 1954)

費米第一個成就係提供數學的方法以描述某些次原子的行為，就在那時候另一位科學家狄拉克 (P. Dirac) 也進行同樣的研究，所以在核子物理上稱為費米—狄拉克統計力學。他的第二個成就是成功地解釋在貝他衰變過程會產生新的粒子，他稱為微中子。雖然在理論物理方面他有卓越的成就，但是在實驗方面的成就卻是使他





費米攝於芝加哥大學 CP-1 反應堆。

最負盛名的原因。當約里奧—居里（居里夫人的女婿與女兒）用阿伐粒子撞擊鋁而產生人工放射核種時，費米也確認查兌克新近發現的中子可提供一方法，從較高原子序數的靶產生放射核種。費米注意到當在一木造的桌面上撞擊靶時，會誘發較高的活度，他歸納上述的觀察，認為中子的速度經木材

散射而慢下來以後，誘發靶的活度更為有效。他也認知用中子撞擊鈾後會有潛力產生新的元素，稱為超鈾元素。由於他發現新的放射性元素以及用慢中子進行實驗，終於榮獲 1938 年諾貝爾物理獎。實際上所謂新元素並不新，它們只是分裂產物，由鈾分裂而產生的。費米獲獎後不久，離開義大利

而前往美國，任職於哥倫比亞大學。他進行了一連串的實驗導致建造第一個核反應堆（俗稱原子爐）CP-1，也是第一個達成自持鏈反應的控制。這事件發生於 1942 年 12 月 2 日，地點為芝加哥大學斯德球場西側看台下的手球場。費米為第一位能控制核分裂的科學家。

# 原子能科學家列傳之十

## ～居里家族

彼埃·居里與瑪麗·居里 ( Pierre Curie 1859 ~ 1906, Marie Curie 1867 ~ 1934 )

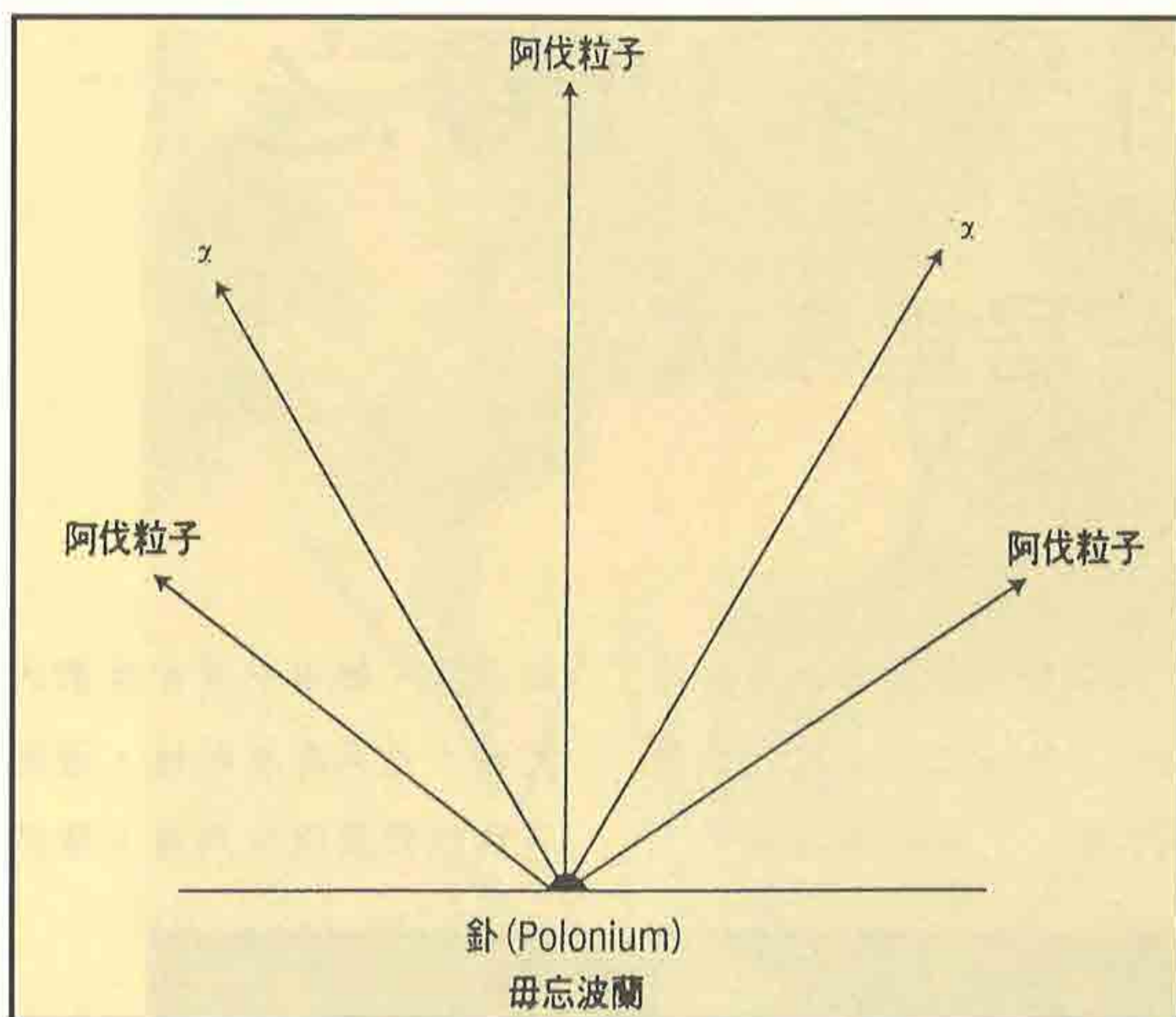
在彼埃遇見瑪麗時，他已經享有令譽。在 1880 年他和他的弟弟雅各已發現壓電現象，也就是在晶體上施加壓力即可產生電位。他也探討磁的現象並確定所謂的居里點，高於此點的溫度，物質的磁性即消失。在 1895 年他和瑪麗結婚後，彼埃遷就瑪麗的研究興趣。他們共同探討那時新發現鈾礦的放射性。此現象雖已為貝克勒爾所發現，後人以其名「貝克」做為放射性物質活度的單位，但放射性這名詞卻為瑪麗所創。在用化學

方法從礦中萃取鈾以後，她注意到剩餘的殘渣較純鈾更具放射性。她下結論說除了

鈾以外，鈾礦中還含有新的元素，也具有放射性，因而導致他們發現釷與鐳。他們



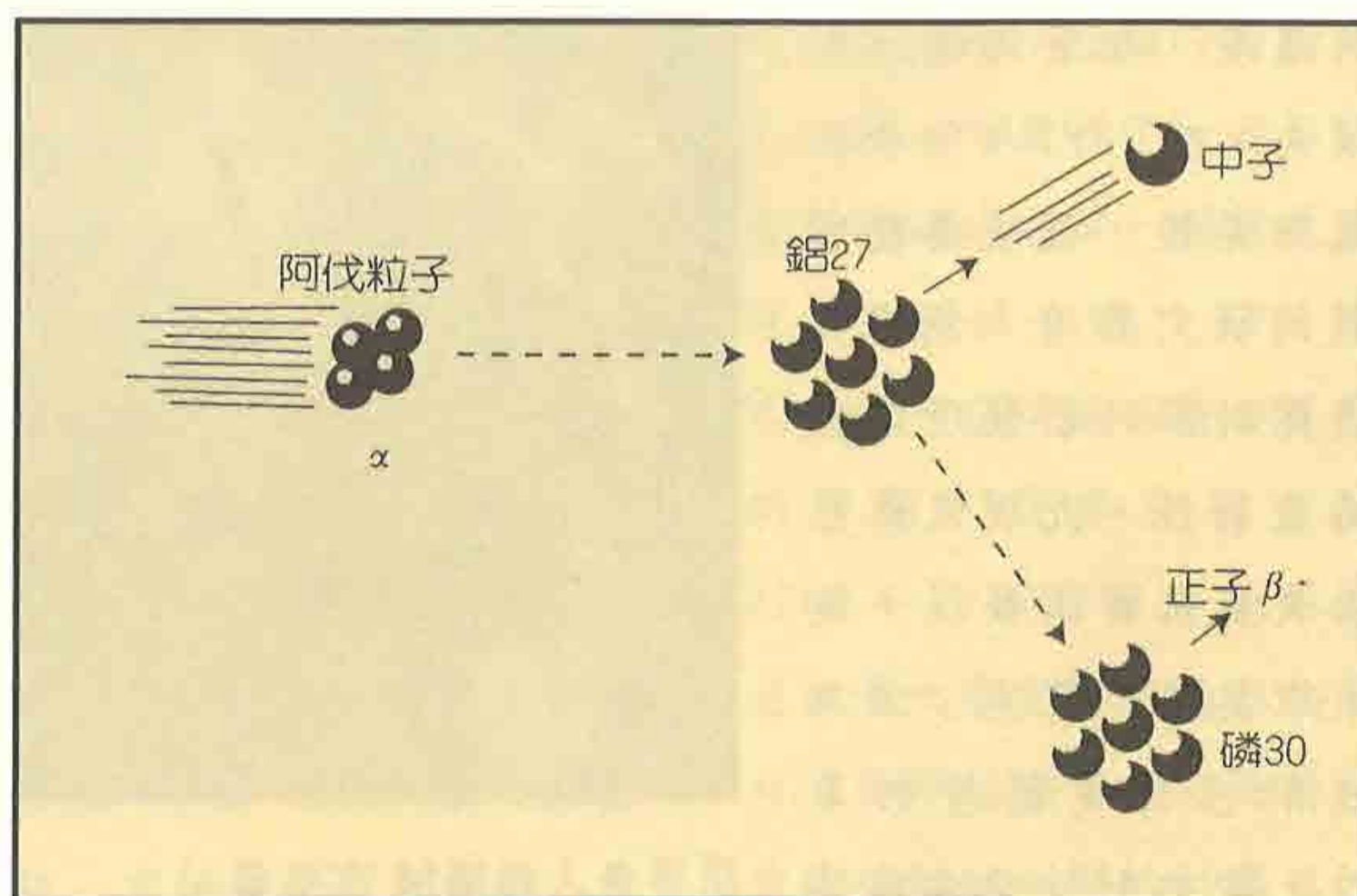
居里夫人約攝於 1920 年。  
這張彼埃·居里教授的玉照為居里夫人最喜歡的一張。



居里夫婦發現鈾，鈾之命名係紀念波蘭。

在很困難的條件下，不眠不休地工作四年以上，才從鈾礦中分離出上述的元素，並測定其化學性質。他們對於放射性的研究終於在 1903 榮獲諾貝爾物理獎。但是很不幸地，在三年之後，當彼埃在風雨中橫跨馬路時被壓斃。從此彼埃在巴黎大學文理學院的教職由瑪麗接任。這是該校 650 年來的第一位女性教授。在 1910 年放射學大會決定採用居里作為放射性的基本單位。一年之後居里夫人榮獲諾貝爾化學獎，以表揚她發現鈾和鐳。她是第一位獲得兩個諾貝爾

獎的科學家。她的餘生則致力於鐳的用途，例如用鐳治療癌。居里夫人於 1934 年 7 月 4 日罹患惡性貧血而逝世，過度的勞累是她致病的



人工方法產生的放射性同位素。

重要原因。

約里奧 - 居里夫婦 ( Jean Frédéric Joliot 1900 ~ 1958, Irène Curie 1897 ~ 1956 )

在 1925 年約里奧接受了一職位，擔任居里夫人的特別助理。第二年他和居里夫人的長女伊蓮結婚，成為最佳的科學伴侶。約里奧為一化學家，伊蓮則為物理學家，配合得很好。但是在他們早期的研究生涯中，失敗居多。他們未能發現中子，誤判中子為加馬射線。他們錯過發現正子的時機。但是由於他們不斷地觀測各種粒子，終於發現人工放射性，



約里奧－居里夫婦約攝於1934年。

為他們最大的成就。約里奧和居里注意到，用阿伐粒子撞擊鋁時，會發射中子和正子。但是只要阿伐停止撞擊，中子的發射立即中止，但正子的發射卻不然。經他們仔細的分析後證實了用阿伐撞擊鋁會產生磷，而磷會發射正子。他們不但是首先

發現人工放射性，也是首先用實驗證實核轉變，由一種元素轉變成另一種元素。在發現人工放射性之前，可用於醫學及科學研究的放射性物質均屬於天然產生的。現在可用人工的方法產生不同種類的新放射性同位素，其影響何其大。他們因而榮獲

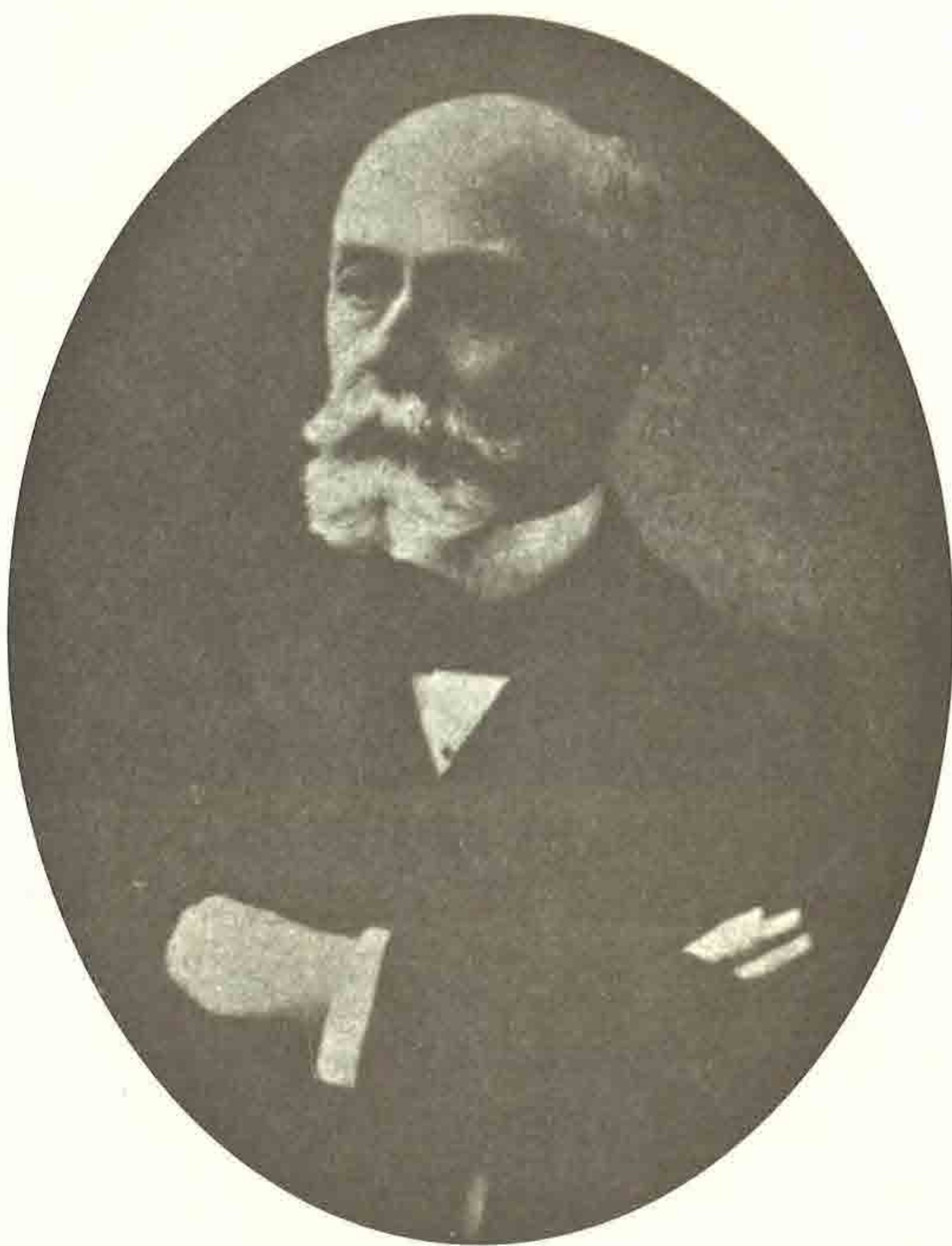
1935年的諾貝爾化學獎。在第二次世界大戰期間他們協助搶運重水到英國，德國雖控制了法國和挪威，卻無重水可用於發展原子彈。二次世界大戰結束以後，他們則致力於建造法國第一座核反應器。

# 原子科學家列傳之十一

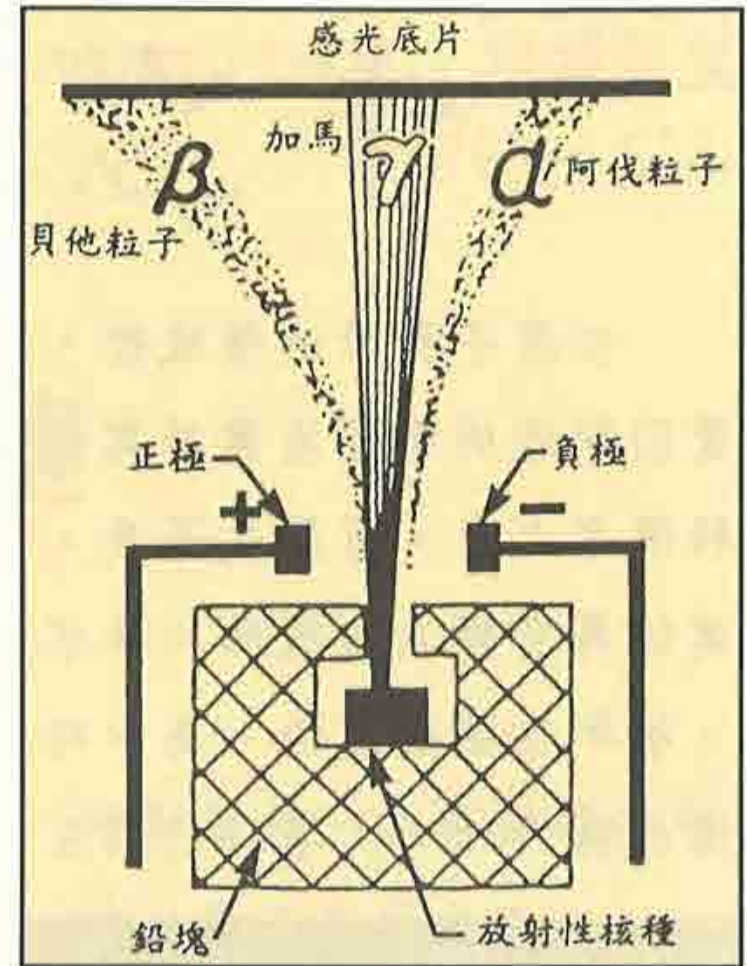
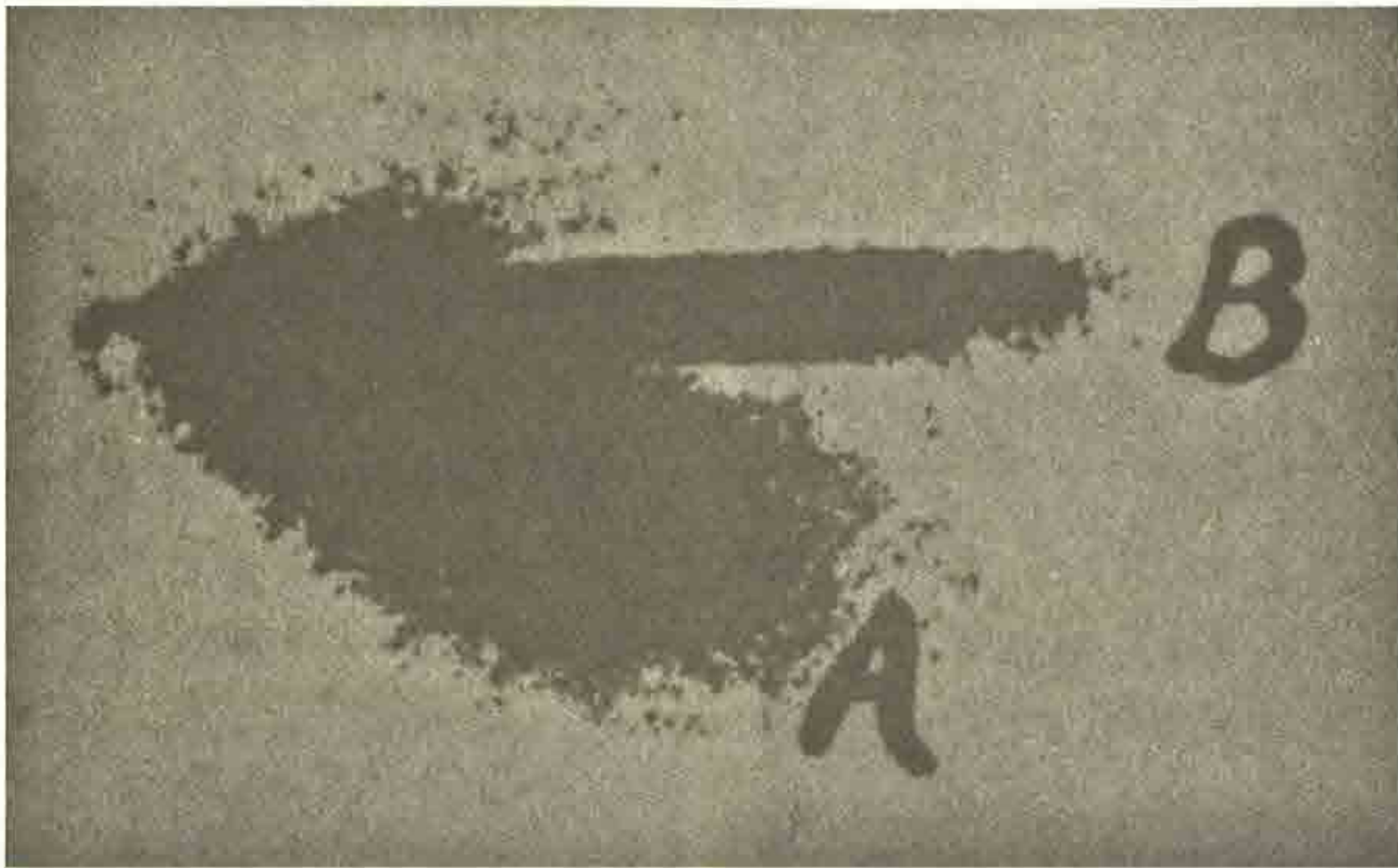
## ～貝克勒爾與愛因斯坦

貝克勒爾 (Antonie Henri Becquerel 1852 ~ 1908)

貝克勒爾出生於科學家世家。他的祖父在電化學方面有卓越的貢獻。他的父親則在螢光和磷光方面也有卓越的成就。貝克勒爾不但繼承其先人對於科學的興趣，而且從他父親那裡繼承了許多父親研究過的礦石和化合物。貝克勒爾已有一些能發螢光的料可供他探究神秘的射線。貝克勒爾所選擇的材料為鈾和鉀的雙硫酸鹽。他使這種材料曝露於陽光，然後用黑紙把曝光的材料和感光底片包在一起。經過一段時間沖洗底片，可顯出鈾晶體的影像。他下結論說：發磷光的材料所發出的輻射能穿過不透光的紙張。開始時他想到的是鈾會吸收太陽的能量，然後發出 X 射線。在



貝克勒爾教授玉照。



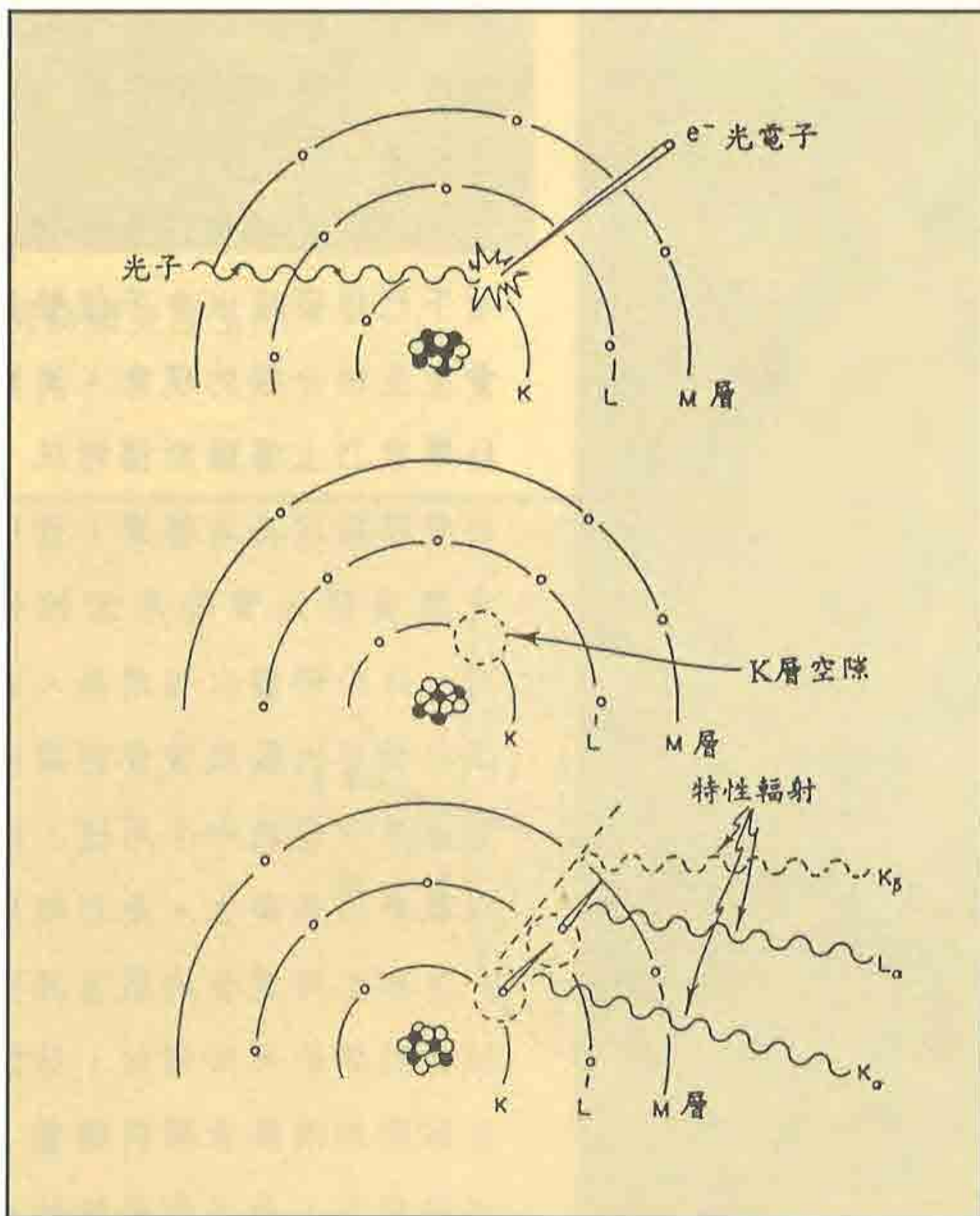
放射性物質所發射的阿伐和貝他粒子，貝克勒爾利用磁場使它們分開所留下的一張照片。圖中的A，B是貝克所加的註解。

現今多用電場偏轉阿伐和貝他粒子。

2月26日和27日，巴黎上空多雲，貝克勒爾原本打算

把包好的鈾和感光底片要曬太陽，只好送回抽屜。到了

3月1日他沖洗底片，本來以為只能看到模糊的影像，想不到卻看到非常清晰的影像，使他大為驚訝。鈾不需要外來的能源如陽光也能發射輻射，因此他發現了放射性，從材料中自發的發出輻射。貝克勒爾展示鈾所發出的輻射在特性方面部分和X射線類同，但也有不同於X射線的特性，因它會受磁場的影響而偏轉，故必含有帶電粒子。他在1903年榮獲諾貝爾物理獎，現在我們以其名字「貝克」，做為輻射度量的活度單位。



光電效應示意圖。

## 愛因斯坦 ( Albert Einstein 1879 ~ 1955 )

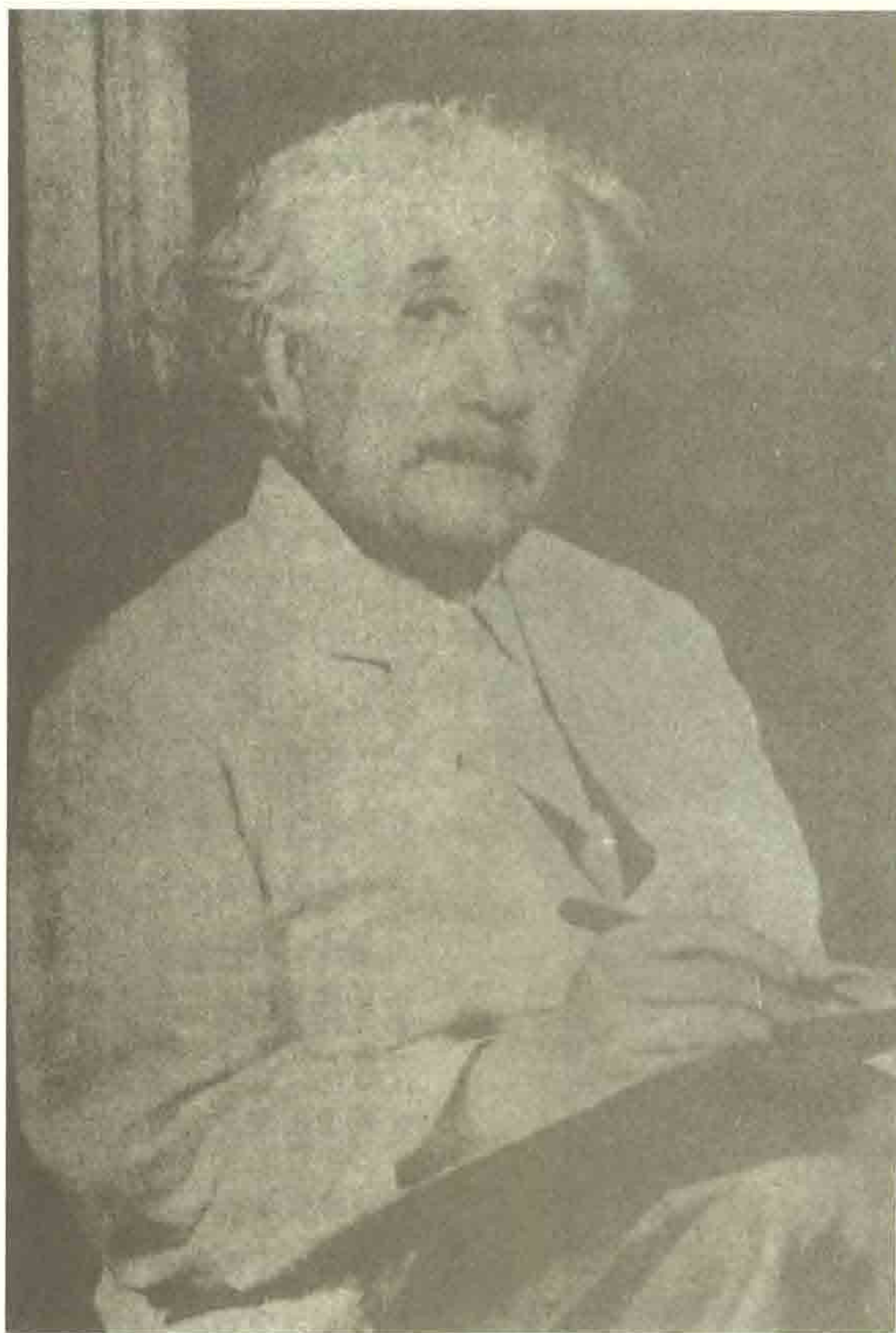
在原子科學的領域裡，愛因斯坦的名望凌駕於其他科學家之上，且歷久不衰。這位具有猶太血統的科學家，幼年在德國渡過，高中時遷居義大利，大學時代則在

瑞士蘇黎世工藝學院就讀。在1900年愛因斯坦完成了大學的學業。1902年任職於瑞士專利局，工作乏味，下班後在家中進行自己所喜歡的研究。在他26歲時，也就是1905年，愛因斯坦共計發表了5篇論著，其中第二篇光電效應使他在1921

年榮獲諾貝爾物理獎。最引人注目的是他所提出相對論的質量和能量的關係，這兩者是一體的兩面，可以互相轉換，這導致核能的實現（質量的損失可以轉變成能量）。

1912年秋天愛因斯坦回瑞士母校任教，他的座右銘為「研究的目的是追求真理」，時常告誡學生不要選擇輕鬆的途徑。1914年他遷居柏林，任職於普魯士皇家科學院及柏林大學。由於身具猶太人血統，在德國受到歧視，他於1931年接受美國普林斯頓高級研究所的邀請，於第二年離開德國前往美國。

1938年德國在希特勒統治下已經發現以中子撞擊鈾會產生核分裂的現象。美國科學家乃上書羅斯福總統，由愛因斯坦具名簽署，信中建議展開鈾實際用途的研究，終於研製出核武器。第二次世界大戰戰後愛因斯坦倡議原子能的和平用途，阻止戰爭的再發生。愛因斯坦一生和志同道合的朋友共同探討科學的未知領域，休閒生活則為演奏音樂與讀書，淡泊明志，為本世紀的科學巨人。



愛因斯坦先生玉照。

# 原子科學家列傳之十二

## ～阿斯頓與索迪



阿斯頓先生玉照。

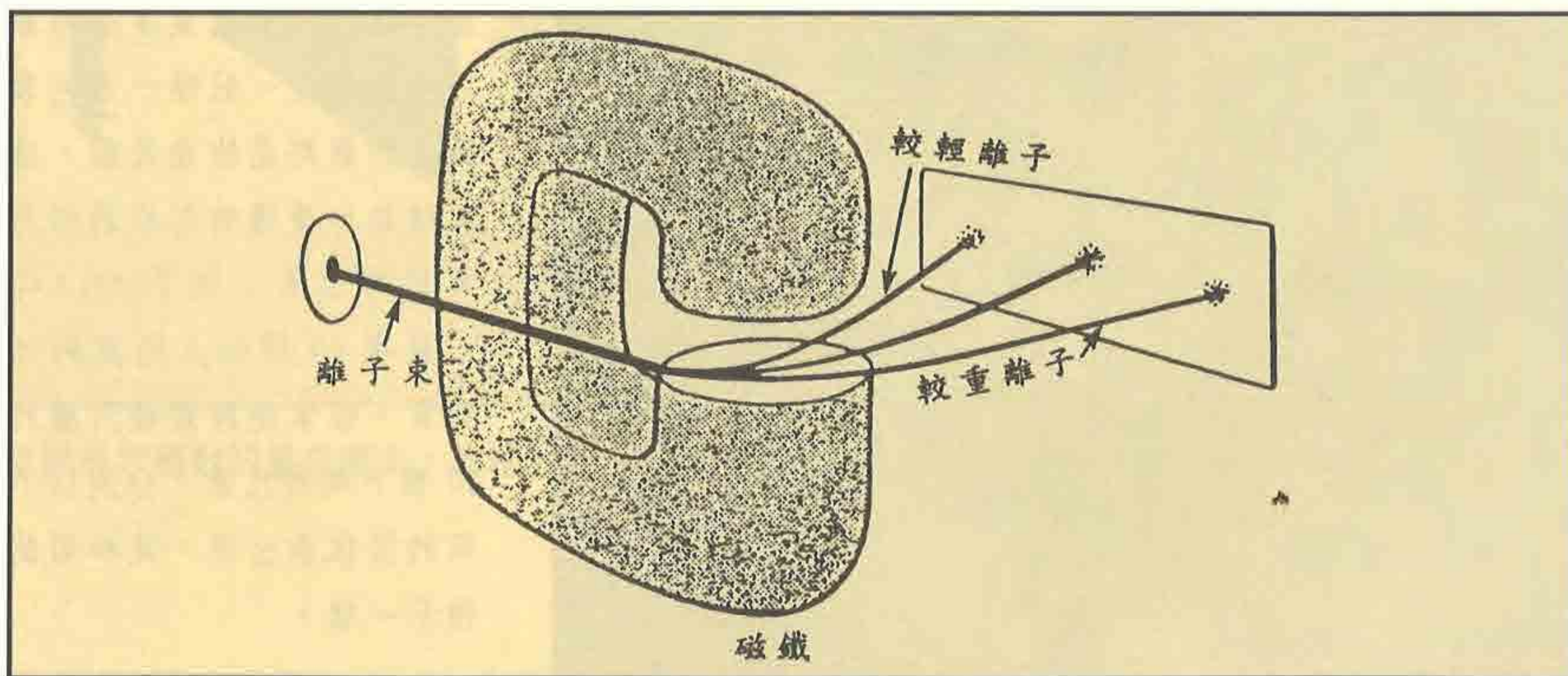
阿斯頓 ( Francis W. Aston 1877 ~ 1945 )

阿斯頓畢業於英國伯明罕大學，在 1919 年加入湯姆生的研究群，開始同位素測定的研究。他利用電場加速帶正電的離子，再經由一磁場使高速的離子偏轉。因為質量的不同，輕的離子偏轉的程度較重的離子大為大，提供測定不同原子量的正確方法。阿斯頓用這種方法估計同位素存在於某種元素的

相對數量，並證實幾乎所有的元素都有同位素。

阿斯頓用的研究儀器，就是日後所稱的質譜儀。他的實驗打破了以往所謂一種元素的所有原子都相同，且元素不可再分的古老觀念。今天所謂元素是指具有相同原子序數的原子所構成的物質，但其各原子的原子量則未必相同。

1922 年阿斯頓榮獲諾貝爾化學獎。他證實許多穩定（非放射性）元素乃是同



質譜儀原理。



位素的混合物。

附註：同位素（Isotope）：

係指原子序數相同但質量不同的原子稱之為同位素。

索迪（Frederick Soddy  
1877 ~ 1956）

索迪出生於英國，畢業於牛津大學，在加拿大麥吉爾大學任教而參與拉塞福的研究工作。1903年他回到

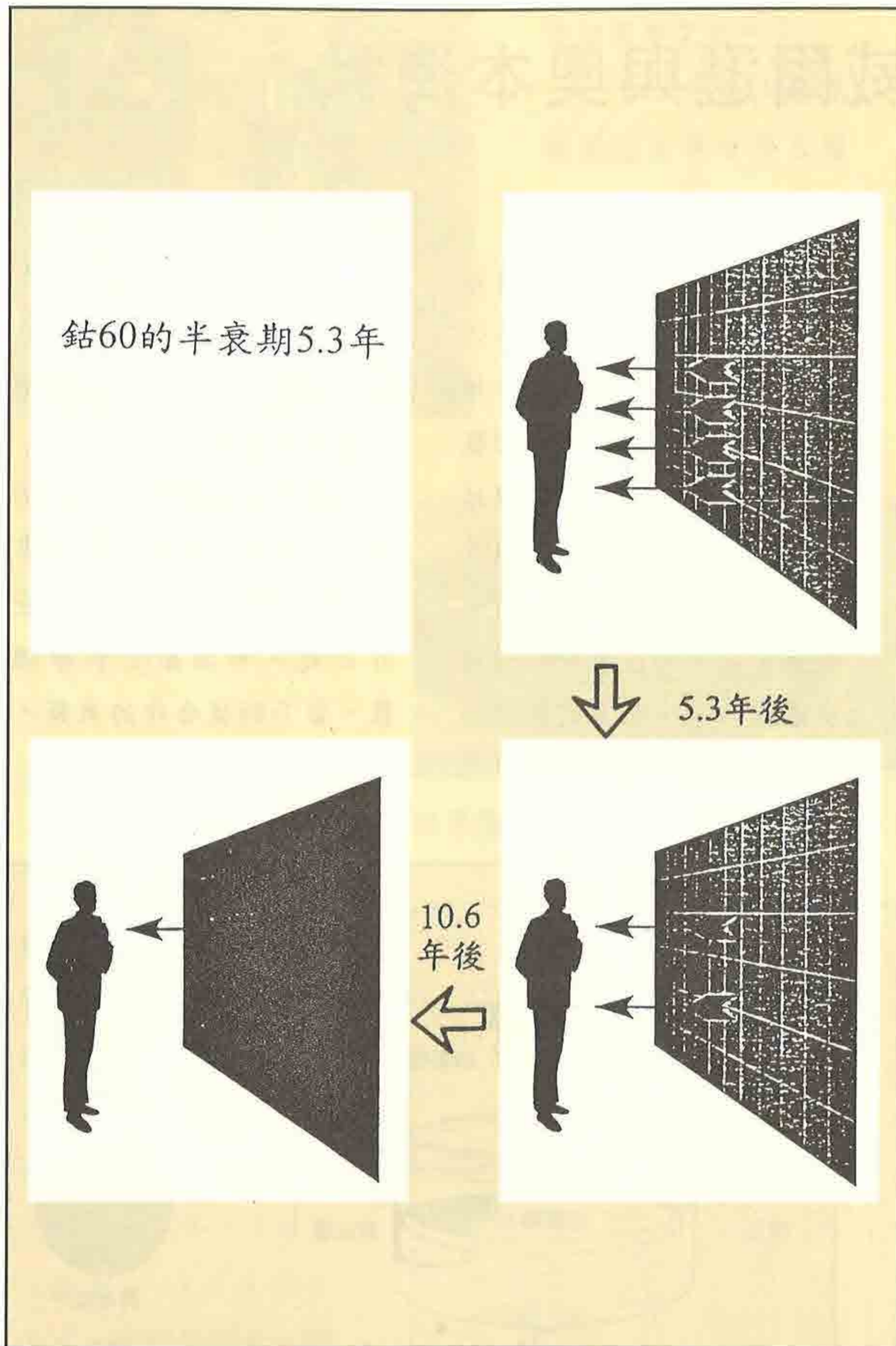
英國，任職於倫敦大學。索迪證實拉塞福所謂的阿伐粒子就是被游離的氦原子，也就是氦原子核。

在1902年，拉塞福和索迪宣布，放射性是某些元素的原子自發衰變的結果。某些種元素可藉此轉換變成他種的元素。因此，原子並非不可再分，它能自行衰變，有時變成質量較小的元素。由此更衍生出所謂核種的半化期又稱為半衰期。鈾元素使半數的同一核種的原子衰變成其他原子約需50億年，而氦僅需要3.82天。同一核種的半化期是不變的，不受溫度和壓力的影響。

1921年索迪榮獲諾貝爾化學獎。他對於放射性物質衰變後的最後產物做了預測。鐳經一系列衰變後的最終產物是鉛。釷經一系列衰變後的最終產物也是鉛。這兩種鉛和普通的鉛均為鉛元素的同位素。到了1913年已發現40種以上的放射性物質，經索迪歸類後只屬於10種不同的元素，分別以不同的同位素出現，就和鉛的情形一樣。



索迪先生玉照。



箭頭表示輻射的量在減少，每經一個半衰期即減少一半。

附註：

核種 ( Nuclide )：

係指原子之種類，由其核內的中子數、質子數及核之能態可區分之。

衰變 ( Decay )：

如果同位素物質很活潑，便會排出多餘的粒子或能量，即放出輻射，直到能形成穩定的原子核為止，這種現象就稱為放射性同位素的衰變。

# 原子科學家列傳之十三

## ～威爾遜與奧本海默



威爾遜先生玉照。

威爾遜 (Charles Thomas Rees Wilson 1869 ~ 1959)

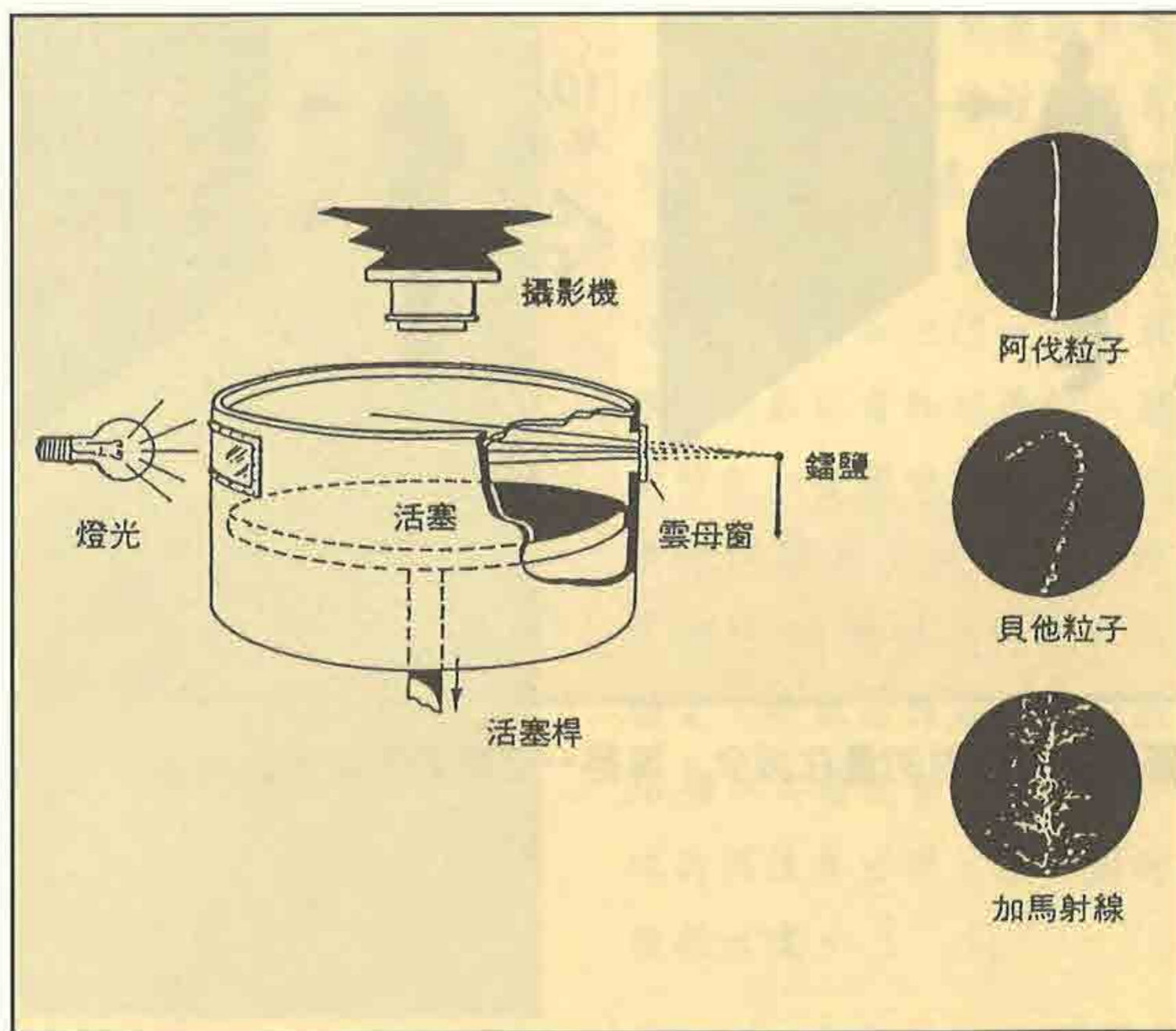
威爾遜生於蘇格蘭，擅長手藝。他畢業於英國曼徹斯特大學，然後到劍橋大學當研究生。他在1900年曾發表一篇論文，討論空氣中常會有一些離子產生的情形。後來師事湯姆生，開始研究霧室，以觀測電子通過空氣時所留下來的痕跡。

霧室是一個具有窗口的

盒子，在它的下方還有可推動的活塞。引進飽和水蒸汽的空氣以後，當活塞向下移動時，盒子內的空氣即膨脹冷卻，使得部分水蒸汽凝結而成為輕巧的雲霧。就像天空的雲裡，水蒸汽容易在有灰塵或帶電的空氣分子凝結成液滴一樣。霧室從此成為觀測游離粒子的利器，舉凡

電子、阿伐粒子、正子，以及介子都可用霧室觀測其軌跡。因此，他在1927年榮獲諾貝爾物理獎。

霧室的起源是湯姆生的要求，身為弟子的威爾遜專心一志的遵照老師的吩咐全力以赴，研製新的科學儀器，留下師徒合作的典範。



威爾遜霧室以及其所顯示阿伐、貝他、加馬三種輻射的徑跡。



奧本海默（左）與戈洛弗士將軍（右）視察第一顆原子彈試炸後被毀的鐵塔。

奧本海默 ( J. Robert Oppenheimer 1904 ~ 1967)

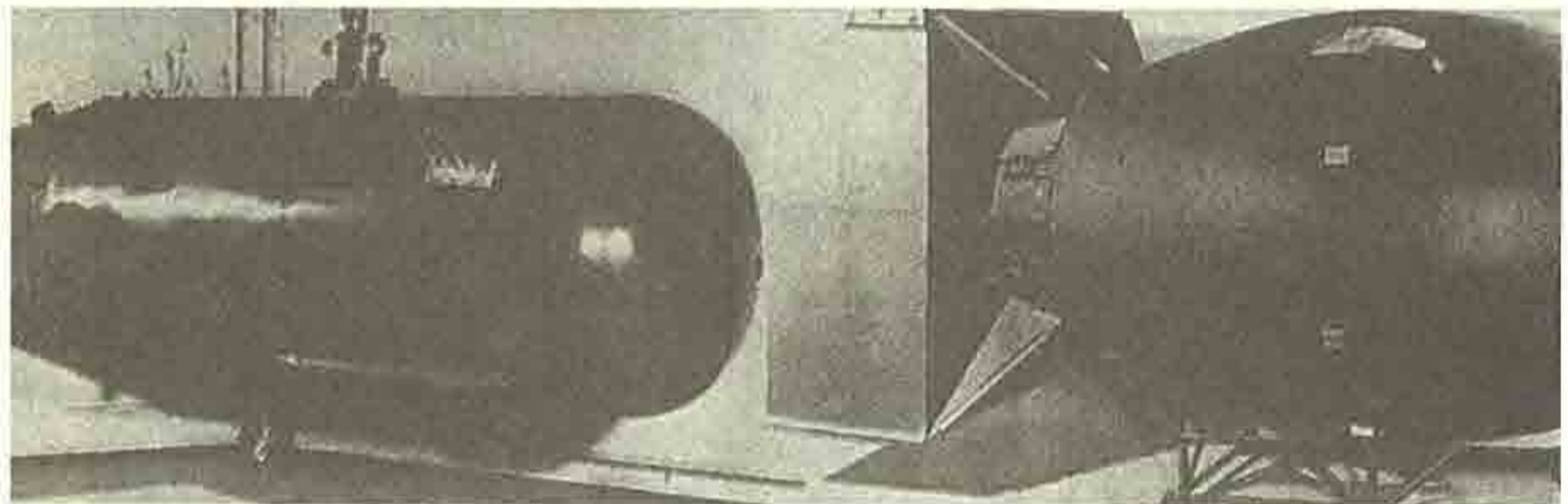
奧本海默出生於紐約富裕的家庭，以最高的榮譽畢業於哈佛大學。隨後又到英國劍橋大學深造，得與拉塞福共事。後來又到德國哥廷根大學進修，完成博士學位。1929年回到美國，因健康欠佳，隱居於新墨西哥州的農場。

休養了一年，他任教於加州大學（柏克萊）與加州理工學院。

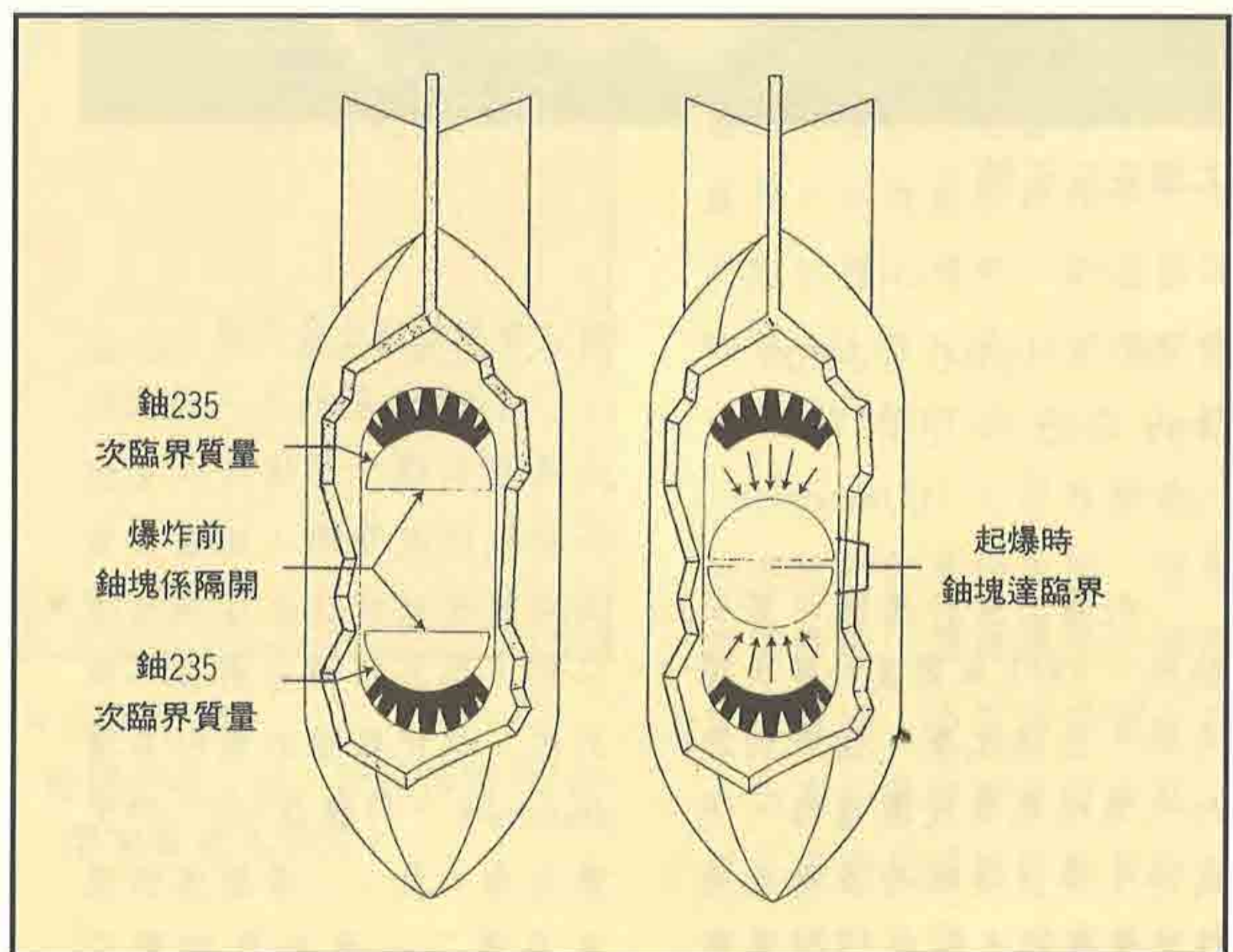
在第二次世界大戰爆發之前，他即被肯定為世界上十名首席理論物理學家之一。

1942年奧本海默被邀出任曼哈頓工程區計畫的負責人，主持原子彈的研製工作，選擇新墨西哥州為研製中心，建立今天所謂的洛色拉莫士

國家研究所。1945年7月16日凌晨5：30在距國家研究所100英里的阿拉摩哥多沙漠舉行第一顆原子彈試爆，結果圓滿成功。戰後他恢復教職，最後出任普林斯頓高級研究所所長。



美軍轟炸日本長崎、廣島的原子彈。



早期槍法型原子彈示意圖。

# 原子科學家列傳之十四

## ～尤瑞與席博



尤瑞先生玉照。

尤瑞 ( Harold Clayton Urey 1893 ~ 1981 )

尤瑞出生於美國印第安那州，1917年畢業於蒙大那大學，主修化學。後來到加州大學柏克萊校區進修，完成博士學位後到丹麥哥本哈根大學事師波耳。1923年底返美，先後任教於約翰霍普金

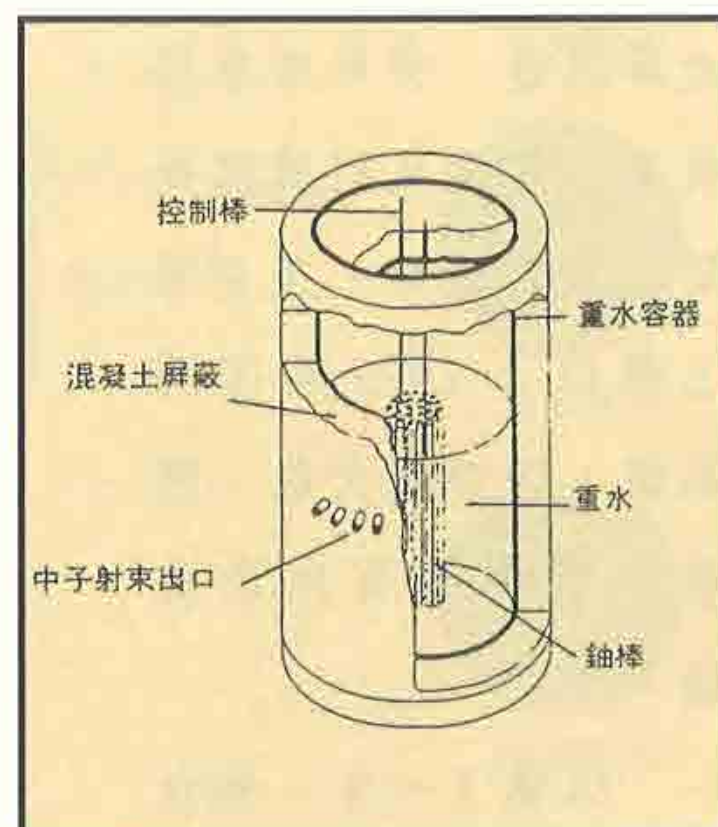
斯大學與哥倫比亞大學。

在1931年秋天，尤瑞從美國國家標準局獲得少量快蒸發乾的液態氫，他在哥倫比亞大學就把這試樣作光譜分析，終於辨識出兩種不同的氫。他把較重的氫命名為 *deuterium*，符號為  $^2H$ ，中文譯名為「氘」。希臘字的原意為第二。至於氘的原子核，其符號為 *d* 或 *D*，英文

則為 *deuteron*。氘又稱為重氫，它和氧結合成為重水，可作為核反應器的緩和劑，用來減低核分裂所產生的快速中子的速度。

鈾 235 與鈾 238 分開不易，尤瑞在哥倫比亞大學設計一種經由多孔柵欄的氣體擴散法，使氣態的氟化鈾藉擴散的快慢，分離鈾 235 與鈾 238。

二次大戰結束，尤瑞的興趣轉向海洋地質與宇宙射線。而在此之前，他因為發現氘而榮獲 1934 年諾貝爾化學獎。

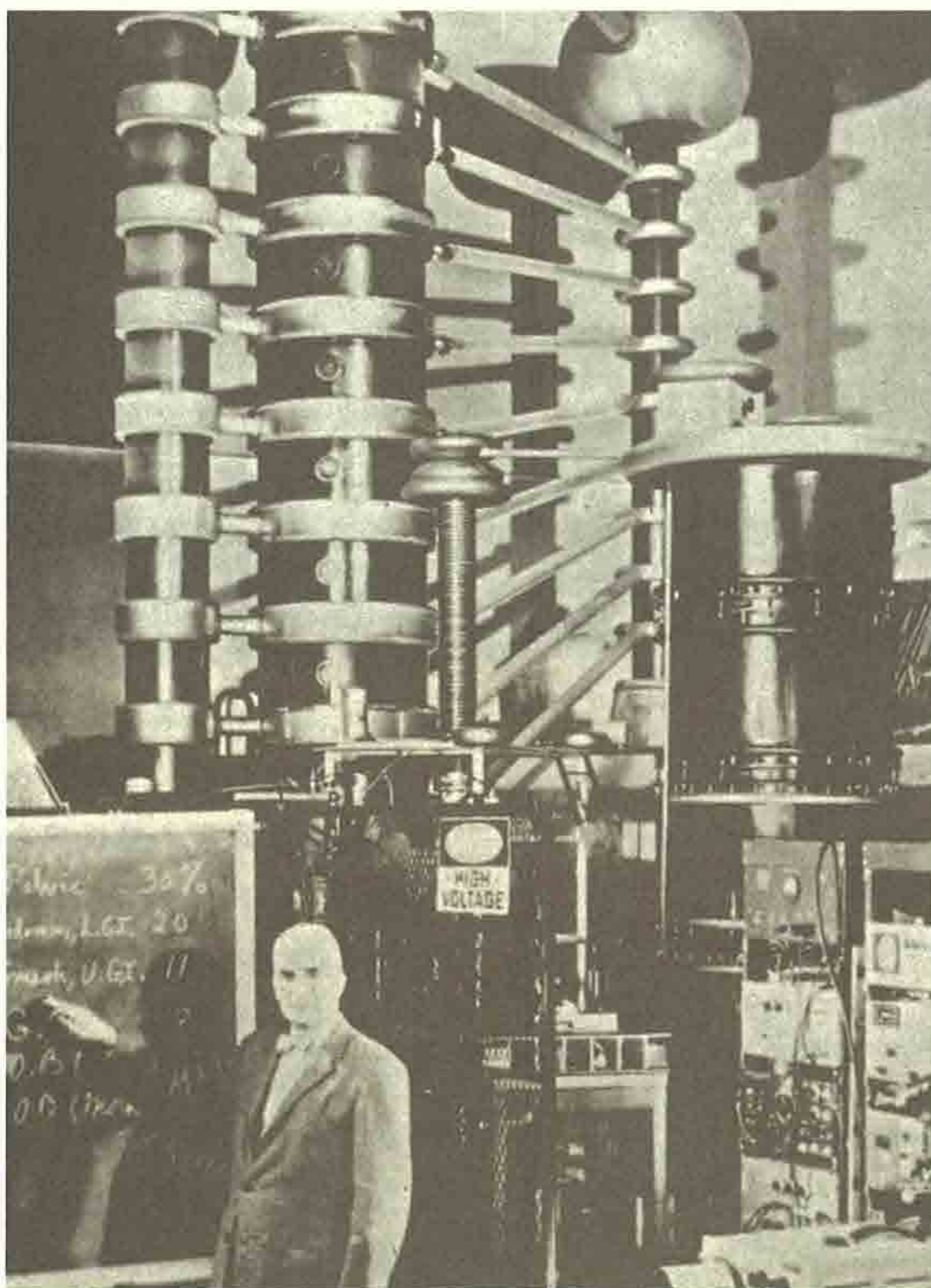


重水反應器（原子爐）示意圖。



# 原子科學家列傳之十五

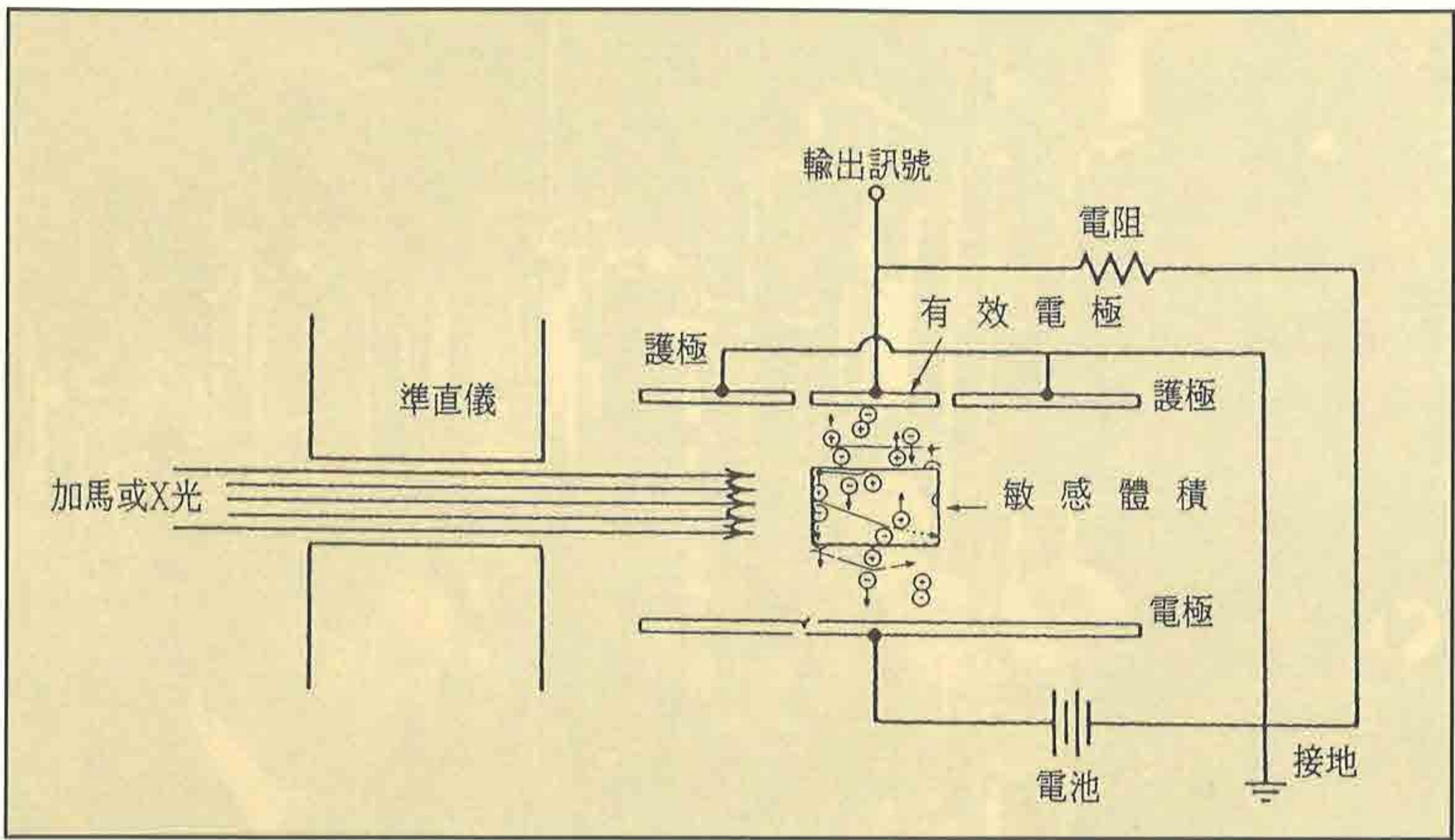
## ～泰勒與埃凡斯



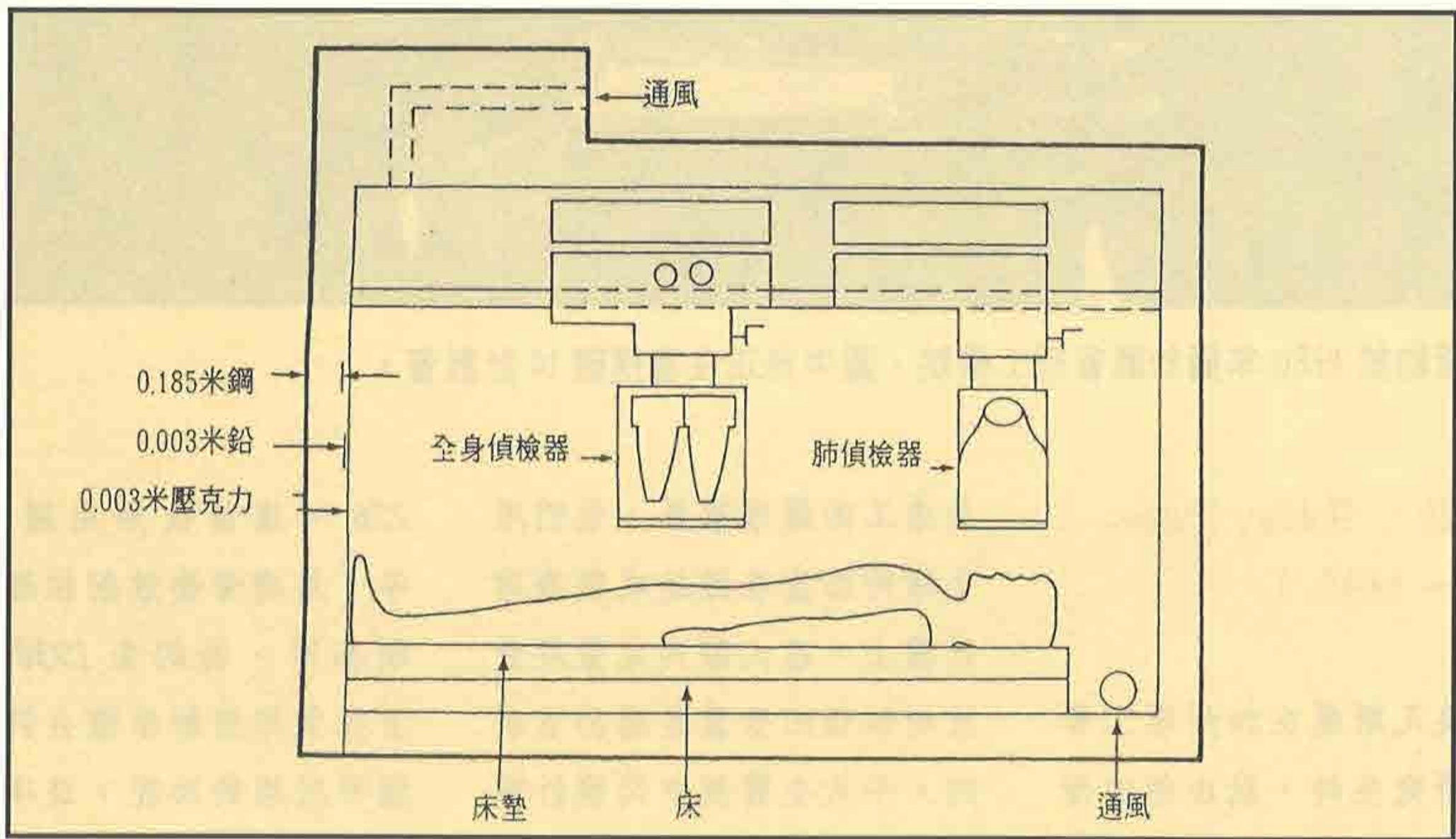
泰勒約於 1958 年攝於前美國國家標準局，背景為 1400 千伏直流發電機（上）及 560 千伏 X 光機（右）。

泰勒（Lauriston S. Taylor  
1902 ~ 2004）

泰勒於 26 歲時即為美國國家標準局 X 射線組的負責人。在 1929 年他建立美國國家輻射防護與度量委員會（NCRP），其性質相當於國際放射防護委員會（ICRP），為美國管制機關諮詢輻射防護的指引機構，他在此機構擔任主席。在國家標準局，泰勒集中於 X 射線的度量。大約在 1929 年，他研製出全球第一部手提輻射測量計。他在標準局研製第一個自由空氣游離腔，作為度量 X 射線強度的原始裝置，也是第一個使用護極的游離腔。使用護極可使電場均勻，並可減小游離腔的尺寸和重量。在 1930 年代中期，他製成美國第一



裝有護極的游離腔。



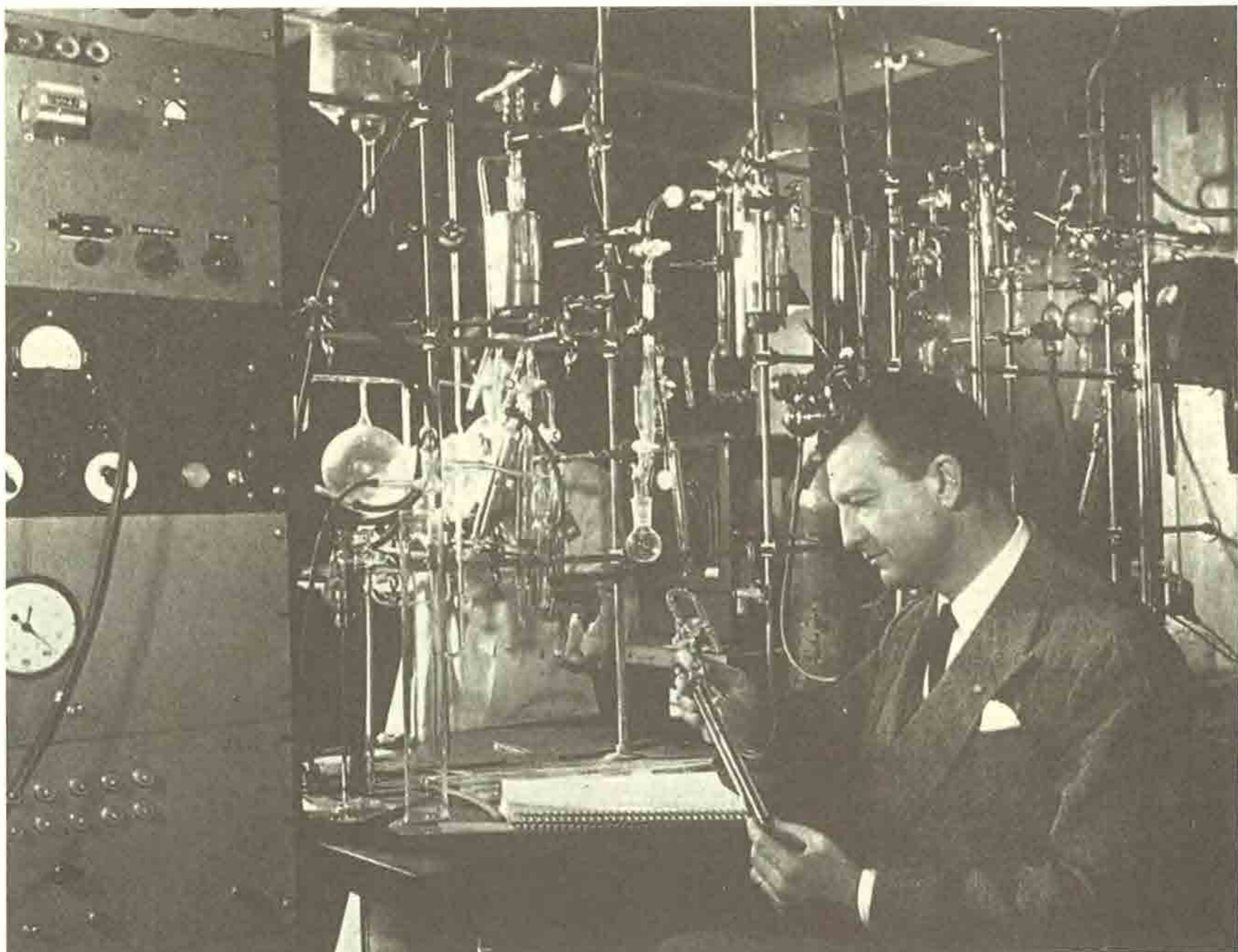
全身計數器。

加壓游離腔，在當時是全球唯一可操作的自由空氣游離腔。國際放射防護委員會係依1928年第二屆國際放射學會議決議而成立的，它是輻射防護最具影響力的國際

機構。泰勒從1937年至1950年擔任該會的秘書，而在1934年至1950年他兼任同樣具影響力的國際輻射單位與度量委員會的工作。1953年泰勒出任國際輻射單

位與度量委員會的主席，一直擔任到1969年為止。泰勒在輻射防護領域的成就，無人可比擬的。





埃凡斯約於 1950 年攝於麻省理工學院，圖中他正在審視碳 14 計數管。

### 埃凡斯 ( Robley Evans 1907 ~ 1995 )

埃凡斯還在加州理工學院當研究生時，就由他的指導教授羅伯密立坎推薦給洛杉磯縣衛生官員，因為當時在洛杉磯區域出產含鐳的專利藥物，衛生官員很關心會對公眾構成危害。埃凡斯畢業後任職於麻省理工學院，繼續調查鐳的毒害。埃凡斯研製第一個全身計數器以度

量漆工的鐳吸取量，他們用含鐳的漆塗在鐘錶或儀表的針盤上。在人體內定量度量放射核種的含量是屬於首創的。今天在醫院中閃爍計數器如此的普遍係直接出自其原始的計數器。埃凡斯不但度量體內鐳的含量，他也調查其新陳代謝、危害、以及減輕危害的方法，為體內劑量測定術的先驅。他負責擬定放射性物質在體內的限制值，相當於 0.1 微居里的鐳

226。這值被沿用超過 40 年，為趨骨物放射核種的限制基準。他約在 1930 年代首先使用放射核種去評估人體甲狀腺的功能。這項技術經得起時間的考驗，一直到 1980 年代仍為醫生有力的診斷利器，他被肯定是核子醫學奠基者之一。