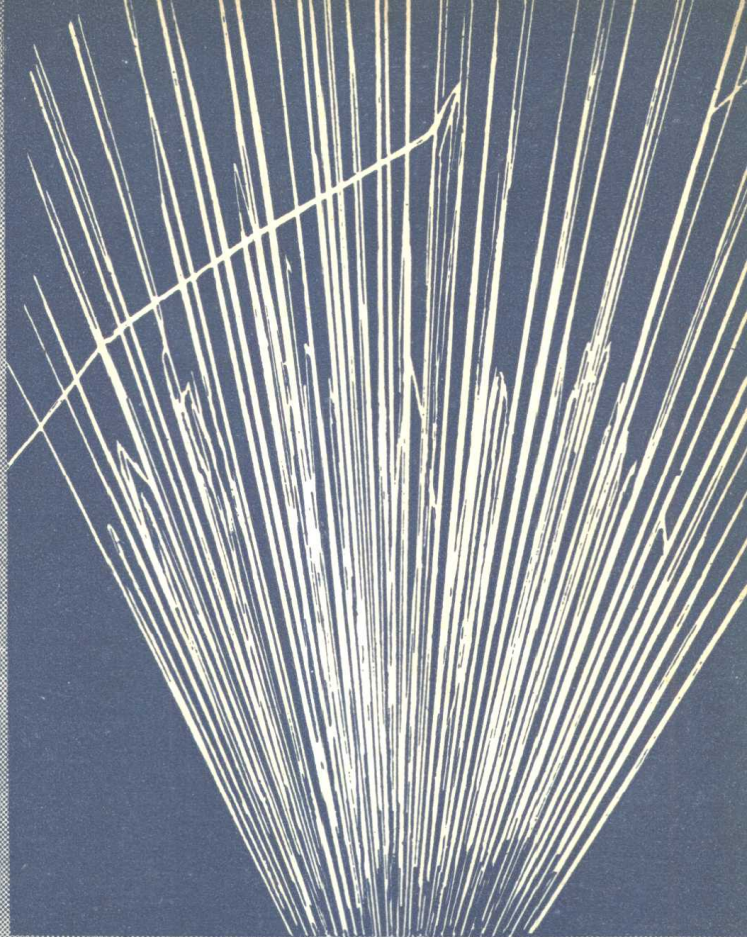


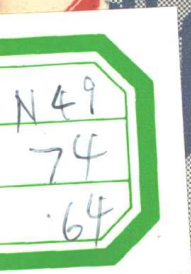


物質的放射性

K. E. 扎波連科著

張大場譯

中華全國科學技術普及協會出版





物質的放射性

K.Б.扎波連科著

張大場譯

中華全國科學技術普及協會出版

一九五四年·北京

出版編號: 096

物質的放射性

РАДИОАКТИВНОСТЬ

原著者: 蘇聯 К. Б. ЗАБОРЕНКО

原編者: 蘇聯 В. И. БАРАНОВА

原出版者: ГОСУДАРСТВЕННОЕ
ИЗДАТЕЛЬСТВО ТЕХНИ-
КО ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ
ЛИТЕРАТУРЫ (1953)

譯者: 張 大 場

校訂者: 李 羣

責任編輯: 莫 奎

出版者: 中華全國科學技術普及協會

(北京市文津街三號)

北京市書刊出版營業登記證出字第053號

發行者: 新 華 書 店

印刷者: 北 京 市 印 刷 一 廠

(北京市西便門南大街乙一號)

開本: 51×45 毫米 印張: 2 $\frac{1}{2}$ 字數: 53,400

一九五四年十月第一版 6,501—26,800

一九五五年二月第二次印刷 定價: 2,300元

目 次

緒言.....	1
鈾的射綫.....	3
瑪麗亞·居里的工作.....	5
鐳與鈾的發現.....	8
鐳的製取.....	9
鐳的性質.....	10
放射性輻射.....	13
原子的構造.....	17
原子的天然轉變.....	20
Д·И·門捷列也夫的週期表與元素的轉變.....	23
放射系.....	29
放射性蛻變的規律.....	31
放射平衡.....	32
自然界的放射性元素.....	35
原子的人工轉變.....	36
偉大的發現.....	40
人工核彈.....	46
超鈾元素.....	49
鈾的分裂.....	51
原子能的逐漸釋放.....	55
放射性元素的應用.....	60
結論.....	66

緒 言

放射性的研究，具有重大的國民經濟意義和科學意義。對放射性的認識，可以幫助我們更深刻地了解物質構造的秘密，幫助我們決定地球的起源和地球的年齡，幫助我們在實際上掌握原子能及發現新的化學元素等等。

自然界的全部物質是用什麼來構造的這一個問題，人們很早就發生了興趣。遠在二千五百年前，古希臘的哲學家曾揣測過：我們周圍的一切物質，都是由看不見的最小微粒所構成，這種微粒就是原子。原子一字從希臘語翻譯過來的，它包含着「不可分」的意思。

後來的一些人們忘却了古代思想家與哲學家的這些原子概念。直到十八世紀，偉大的俄國科學家羅蒙諾索夫才重新發展了原子學說。他斷定：「一切物質——石頭，水，樹木和空氣等都是由看不見的最小微粒——質點構成的」。以

後，這種原子的存在就由實驗證明了。原子是非常微小的，甚至用最高倍的顯微鏡也看不見。在一厘米中可以排列一億個原子，它的重量也微乎其微，譬如氫原子的原子量只有0.000000000000000000000017克。

各種元素的原子也不一樣。譬如，鐵原子比氫原子重約55倍，鉛原子比氫原子重約206倍，由於原子結構的不同，各種原子也就具有不同的性質。所以由各種原子構成的物質，在性質上也有所區別，那是不難理解的。

研究各種不同種類原子的科學家們這樣確定，原子雖然是多種多樣的，但是也並不怎樣繁雜；所有已經知道的原子有100種，都叫作化學元素。所有這些物質，無論是地球上的或是在我們熟識的天體上的，都是由這些已知的化學元素所構成。

所有這些物質，可分為簡單的與複雜的兩大類。由一種元素的原子構成的物質叫作單質，由幾種元素的原子構成的物質叫作複雜物質。複雜物質的最小微粒是分子。分子是由幾個原子化合成成功的。

無論單質或複雜物質，化學家們也漸漸地知道怎樣去獲得它們了。

人們在很久以前就企圖使一種元素轉變成另一種元素。如中世紀的鍊金術士們，爲了要把水銀變成黃金就費過不少心血。可是在當時他們並沒有達到目的。因此就認爲元素也就是原子，決不能互相轉變。這種觀念是如此的根深蒂固，

直到 19 世紀末葉，還有人認為原子是不變的質點。但是在現在，當原子的放射性被發現和加以研究後，我們已認識到這一結論是不正確的。

在自然界中，元素的變化是不斷地進行着。原子的自發蛻變現象，即放射現象，是在 19 世紀末葉被發現的。這一發現使人類有可能洞察物質構造的最神奧的秘密。放射現象的研究，不僅明顯地證明了原子的存在，而且也證明了原子的可變性。

近代的原子學，已有可能用人工方法使一種元素的原子轉變成另一種元素的原子。例如使水銀原子變成金原子。也就是說，中世紀鍊金術士們朝夕追求的夢想，現在已經實現了。

放射性的研究，使科學家們得出另一個重要結論：在原子內部含有巨大的能量。俄國科學院院士維爾那德斯基在剛發現放射現象之後就說道：「人類掌握原子能的時候不會太久了，原子能是這樣的一種能源，這種能源對人類提供了按照人類自己的願望來建設自己生活的可能性」。

由於各國廣大科學界的長期、耐心與堅毅的努力，掌握了原子的內在能而且保證了對於原子世界複雜規律的研究。

在這本小冊子中，我們準備談一談物質放射性發現的經過，元素的人工裂變，地球上未知元素的獲得，原子能的釋放過程以及原子科學領域中的一些其他成就。

鈾的射綫

十九世紀末葉，德國物理學家倫琴發現了一種奇怪的射

綫，即以他的名字命名為倫琴射綫（這就是 X 射綫——譯者註）。這種射綫能穿過各種物質：紙張、木板、金屬板及生物各種組織。所以用倫琴射綫可以攝取不透明物體內部構造的照片。倫琴射綫在醫藥科學及技術等方面已經獲得了廣泛的應用。

很早就知道，某些物質在日光照射以後，能在黑暗中發冷光，即具有微光性。（註一）倫琴射綫也同樣能引起某些物質的發光現象。在倫琴射綫發現後不久，法國的科學家貝克勒耳便想闡明微光現象是否和倫琴射綫的放射有關的問題。貝克勒耳選取了一種具有強力微光性的鹽類：大粒的黃色鈾鹽晶體（鈾鉀硫酸鹽）來作實驗。他把鈾鹽放在用黑紙包住不受光線影響的照相底片上，一同放在陽光下曝曬一天。然後將底片沖洗，發現底片上有一個和鈾鹽晶體形狀一樣的暗痕。這種實驗似乎證實了原來的猜測：發微光的晶體能放出倫琴射綫。

後來才搞清楚底片上暗痕的形成不是由於鈾鹽的發光。知道這一發現是偶然的事：由於陰天的緣故，貝克勒耳已有幾天沒有做實驗了。鈾鹽和底片也都在暗櫃裏放了幾天。當貝克勒耳拿出底片，加以沖洗以後出乎意料地看到底片上放過鈾鹽的地方竟變黑了，並且比第一次實驗中的黑影還要強烈。從此以後，這位科學家就不預先用陽光來照射鈾鹽，乾脆地在黑暗中進行實驗。在這些實驗中，他始終觀察到，鈾鹽和底片接觸的時間愈長，暗痕就顯得愈強。

後來又發覺，含有鈾的其他物質，不管它本身有無微光

性，或者是否預先經過陽光照射，也能使底片變黑。結果是



圖一 鈾的礦石在照像底片上的跡像。

任何含鈾的物質，都能使底片變黑。圖一，就是一張放置過一塊含鈾的礦石而後沖洗出來的照相底片，其中曝光的地方正符合着鈾在礦石中的位置。

在這些實驗中，貝克勒耳特別感到驚奇的是，鈾作用到底片的性能，絲毫不隨時間的久暫而減少。一塊鈾的試料，所引起的黑影，經過一晝夜，和經過一年都是一樣的。

1896年，貝克勒耳發表了他的實驗結果，同時提出了一種猜測，認為鈾在放射一種特殊的射綫，這種射綫能使那受不到普通光綫影響的底片感光。

鈾射綫最驚人的特性，就在於它們是自發地放出射綫的，是不需要任何人為的作用的，可是倫琴射綫需要花費大量的電能才能得到。

瑪麗亞·居里的工作

神秘的鈾的射綫引起了當時在巴黎貝克勒耳實驗室工作的年青的波蘭化學家瑪麗亞·居里·斯克拉多夫斯卡的注意。她決心要弄清楚鈾射綫的性質，這就需要找得一種可靠

而迅速的測量輻射的方法。

貝克勒耳已經發現鈾的射綫也像倫琴射綫那樣能使周圍的空氣變成導電體。這是由於鈾射綫影響着周圍空氣中的氮分子與氧分子的緣故；結果在空氣中產生了帶正電或負電的微粒，這種微粒就叫作離子。在含鈾物質附近每一立方厘米的空氣，可以產生幾十萬個離子。帶電物體在這種空氣中很快就中和。這個過程藉助於一種常見的儀器——驗電器即可顯示出來。

驗電器的主要部分是一根被絕緣木塞固定在一個匣子中央的金屬桿，匣子裏面放着被檢驗的試件，在伸出木塞外的金屬桿的上部黏着一小片極薄的金箔或鋁箔。爲了使金屬箔不受到空氣動盪的影響，所以再在具有金屬箔的桿頂圍一個金屬套，套子上開有小孔，以便觀察金屬箔的位置。

如果用電綫把電池的一極和驗電器的金屬桿相聯，另一極和大地相聯，則桿和箔便帶有電荷。由於同性的荷電體相互間的斥力，於是可移動的金屬箔便離開金屬桿而發生偏離，並一直保持這種位置。這現象叫做驗電器帶電。但只要一把含鈾物質放入驗電器，金屬箔便迅速落下而貼近金屬桿，這現象叫驗電器放電。上述現象之所以發生是因為鈾的射綫在空氣中形成大量的荷電微粒——離子。具有與金屬桿及金屬箔相反電荷的離子，被金屬箔吸引着。由於金屬桿與金屬箔的電荷減少，因而它們之間的斥力也隨着減少，金屬箔逐漸貼近金屬桿——驗電器便放電了。鈾的射綫所造成的

離子愈多，則驗電器的放電速度也愈快。因此用驗電器可以判斷物質電離的能力。

瑪麗亞·居里利用這種儀器，來比較各種含着不同鈾量的物質所具有的電離能力，她發現電離的能力與物質所含鈾量有關。電離作用最大的是金屬鈾。

當時已經確定鈾的放射強度，是不受外界影響的。譬如把一塊金屬鈾加熱，直到赤熱的程度，或冷却直冷到液體空氣的溫度（攝氏零下一百八十度），或加高壓或放在強有力的電磁場中，所有這些作法都完全不能改變鈾的電離的能力。鈾的射綫仍以同樣的強度放射。

瑪麗亞·居里決定進一步證明是否其他物質的原子也具有鈾原子這樣的特性。她在測量了一百多種不同物質的電離能力，確定了金屬鈾及它的一切化合物，也都具有像鈾一樣的輻射。

瑪麗亞·居里把自己的各種實驗加以比較，得出一個結論：看不見的輻射的自發放射性是某些元素的原子的特性。她把這種特性稱為放射性。「放射性」是由拉丁文「光綫」（paguy）一字產生的。「放射性」的這一名稱是強調着由鈾與鈾原子所放射出來的光綫，和普通光綫，倫琴射綫及其他各種輻射一樣，是直綫地向四面傳播着的。

不久，瑪麗亞·居里又發現了一個驚人的事實：即有兩種天然的含鈾礦物：瀝青鈾礦與綠鈾銅礦所具有的放射性比金屬鈾的放射性還強。例如，捷克雅希莫礦區的瀝青鈾礦的

輻射強度比純鈾的輻射強度要大3倍。這就有可能來作出下列的假定：即瀝青鈾礦與硫銅礦中含有着一種不知道的、放射性比鈾還強的元素。用化學分析法來加以分析時，查出了在這種礦物中所含的未知元素尚不到1%。

爲了要證實這一個引起礦物的更強有力的放射性的新放射性元素存在的假定是否正確，瑪麗亞·居里用人工方法配製了一種與天然綠鈾銅礦（鈾銅磷酸鹽）具有同樣化學成分的物質。可是這種人造「礦石」的放射性並沒有加強；這證明了天然硫銅礦的放射性之所以升高的加強是由於在它裏面具有着一種比鈾的放射性還強的元素。

於是瑪麗亞·居里和她的丈夫物理學家皮耶·居里便一同開始了探索這一新元素的工作。

鐳與鈾的發現

居里夫人面臨着最困難的工作。從小量礦石中分離出其中的一種新元素，這一件事情是非常困難的了。而且對這一新元素也僅僅知道它是具有着所假定的高度放射性而已，以外什麼也不知道了。這唯一所知的特性是探索未知元素的一條綫索。爲了要分離出一定量的新元素，就需要把幾十公斤礦石分解爲各成份，然後再精細地測量每一個成分的放射性。居里夫婦是在極端困難的條件下完成這一艱苦工作的。他們在簡直不能稱爲實驗室的房間內工作着，裏面竟連基本的設備也沒有。濕度與溫度的劇烈變動常常使決定物質的電離能力的精密儀器的指示度歪曲了。

居里夫人克服了一切困難，終於獲得了成功。1898年4月，他們預先作了一個報導：即在鈾礦中應該含有着新的元素。同年7月，他們從鈾礦中分離出了一種放射性極強的鈹化物。瑪麗亞·居里認為正是在這種由礦物中分離出來的鈹化物中含有一種新的放射性元素，並把它命名為鈹。

除了鈹化物以外，瑪麗亞·居里又分離出也具有強烈放射性的鋇化物。這就提供了下列的論據，即認為在礦物中含有和鋇同時分離出來的第二種未知的放射性元素，這一元素她命名為鐳。1898年12月居里夫人宣佈了鐳的發現。鐳的輻射與鈾相類似，但是它的電離作用却比鈾大許多倍。後來又查明了鐳的放射性強度，也和鈾一般，實際上是不隨時間的久暫而減小的，而鐳所發射出的能却比鈾大得多。

可是物理學家和化學家們還不能夠闡明放射性元素不斷發射能的原因。甚至有些人還懷疑鐳究竟是不是一種化學元素，因為它只能由放射中來發現，而純粹的鐳當時還未曾分離出來。因此為了要證明鐳的存在，必須把它分離出相當足夠的數量，以便確定它的化學性質與物理性質。

鐳的製取

從礦物中分離出可感觸到的數量的純鐳來，真是一件非常繁複的事，這至少需要提煉幾噸的而不是幾十公斤的礦石。居里夫人早已明白，打算依靠法國政府和法國科學院的幫助是不行的。如果既沒有實驗用的礦石，自己又無力購買這種昂貴的礦石，只有決定利用生產的廢料了。居里夫人知

道在精煉鈾礦時，鈾和鈾是一同分離出來的，而鐳和鋇也是一同分離出來的。於是她便請求工廠把精煉過鈾礦的廢料送給她。在雅希莫城的工廠中，這種廢料本是被拋棄掉的，所以居里夫人用不着花很多代價而得到了整噸整噸的鈾礦廢料。當這種寶貴的貨物運到巴黎後，居里夫人便開始進行提煉工作。她們夫婦按每20公斤的廢料作一份，分別裝入大桶中而後將這些廢料和蘇打，酸類一同加熱，攪拌，注入大量的液，再對每一桶的溶液與沉澱的放射性加以測量。終於，他們獲得了愈益大量的鐳劑。不久，她們夫婦倆進行了分工，皮耶担任研究鐳的性質，瑪麗亞繼續提取鐳鹽。一天晚上，當瑪麗亞·居里走進實驗室內，看到一種奇異的景象時，就像着了迷似地呆住了：盛着鐳溶液的杯子在閃耀着微弱的淺藍色的光。在這種藍光下甚至可以看書。由鐳的射線所引起的發光是和强有力的發光現象相似的。由廢料中所提煉出的第一份鋇鐳氯酸鹽含鋇太多。因此排除鋇鹽的耐心工作開始了。在提製不含鋇的鐳鹽時，瑪麗亞·居里費了三年九個月的時間。終於從一噸的瀝青礦中分離出將近0.1克的氯化鐳鹽，它的外表有點像食鹽。鐳鹽的放射性比鈾要強幾百萬倍。接着從氯化鐳鹽中居里夫人又獲得了金屬的鐳。在蘇聯純鐳鹽的獲得是在1921年，由蘇聯科學院院士B.Γ. 赫魯平首次完成的。

鐳的性質

鐳是一種遇到空氣就很快失掉光澤的銀白色軟金屬。鐳以及鐳的鹽類無論在外表上與化學性質上，都和鋇及鋇的鹽

類很相像。

鐳具有着一種奇特的強烈放射性。鐳鹽在黑暗中發光，鐳輻射出可以用各種方法觀察到的看不見的光綫。如果把用黑紙包着的照相底片靠近鐳鹽粒，那末，底片不久便會感光，也就是在沖洗後出現黑影。

在鐳的看不見的放射綫的作用下，塗着一層硫化鋅或鉍氰化鋇的板也會在黑暗中發光，就像在倫琴射綫的作用下發光一樣。

鐳的電離能力非常強大。這樣就有可能來發現極微量的鐳。例如即使把幾毫克的鐳，平均分配給地球上所有的人，這些微量的鐳也足以讓每個人觀察到。

鐳的輻射引起了和它隣近的各種物質的變化。例如：無色的玻璃變成了各種顏色，白色透明的鑽石表面變成黑色的石墨。鐳的射綫分解水成氫和氧的二個組成部分，此外，還可造成臭氧和過氧化氫，這些變化全是憑藉射綫的輻射能來產生的。

多量鐳的輻射對人的健康是有害的。關於這一點貝克勒爾首先深信。有一次貝克勒爾準備去講演時，在他襯衫的袋子裏裝了一小管鐳鹽；過了幾小時，他受到十分嚴重的灼傷。皮耶·居里爲了要證明鐳對皮膚的影響，曾經用自己的手來嘗試放射綫的輻射。他詳細地描寫了這現象的經過。首先給鐳輻射過的地方發紅，隨後便出現了潰瘍和死肉，幾個月後才得痊癒。

醫生們經過研究，證明鐳的射綫是特別有力地影響着的

生長迅速的細胞。因此恰當地應用鐳可以治療癌腫。鐳還可以醫治匍行疹和狼瘡等皮膚病，新的鐳療法在醫藥界中很快便得到證實，並得到「居里療法」的名稱。鐳的輻射也影響着植物。如果在土壤中加以大量的鐳，植物就會被摧毀。反之，如果加以少量的鐳，植物就加速地生長。

我們再來說明鐳的另一個重要的性質。鐳製劑的溫度永遠比它周圍環境的溫度要高。這首先由皮耶·居里發現。他把一枝盛有 0.2 克鐳鹽的小管放在一個夾壁器皿內，壁間所含的空氣被抽盡來防止向四周傳熱。在另一個同樣的器皿內放着具有銀鹽的小管。插入兩個器皿中的溫度計標示出不同的溫度。盛有鐳鹽的器皿的溫度差不多要高十度（攝氏）。皮耶·居里測定出一克鐳在一小時內分泌一百三十六卡（註二）熱。

科學家們對鐳劑觀察了一年，也並未發現它的輻射強度有什麼變化。把它加熱到攝氏二千度，冷卻到液體空氣的溫度（攝氏零下一百八十度），加以電場和磁場的作用，這些作法都未曾改變鐳的放射性；鐳仍在繼續不斷地放射具有強大能力的射綫。於是就產生了這樣一幅引人入勝的遠景：一方面分離出大量的鐳，一方面又利用它來獲得熱能。但這是辦不到的，因為在礦物中所含的鐳量太微小，要想提取鐳却要耗費很大的力量，資金和時間。

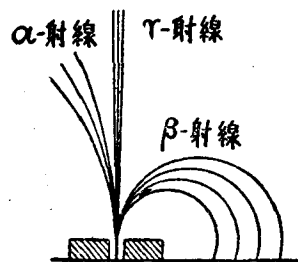
從 1910 年起在各國所創立的一些工廠的實例中，可以看出，這是一件多麼艱巨和繁重的事情。所有這些工廠一年內總共祇出產 A 二克鐳-A。鐳是屬於最貴的貴金屬。1 克鐳

的價格在各個不同時期內計值 10 萬到 40 萬盧布不等。

放射性輻射

什麼是放射性輻射呢？正如居里夫人的實驗所指明的，放射性輻射的源泉是某些元素如鈾、釷、鐳等的原子。我們已經知道具有強大能力的輻射，是由原子核內發射出來的。現在需要闡明鐳的輻射的性質。鐳所放射出來的射線是不是原子的質點呢？

為了解答這一問題，皮耶·居里及以後的盧瑟福先後研究了鐳的射線在磁場與電場中的動態。鐳的射線在磁場與電場中的動態是依賴於這些射線是否帶有電荷而定。如果射線不帶電荷，則電磁場不能改變一束射線的方向，反之，如果射線帶有電荷，射線便會彎曲。射線的彎曲方向依賴於磁場或電場的方向以及質點的電荷符號。



圖二 放射性輻射在磁場的影響下分為三種射線。

這種研究指出了放射性輻射的複雜性。在強有力的磁極之間，狹窄的放射性射線束被分裂為向左向前和向右的三種射線（圖二）向前的射線稱為 γ 射線。它和倫琴射線一樣是不受磁場影響的，受磁場影響而極度偏向一邊的並帶有負電荷質點流的射線稱為 β 射線。與 β 射線偏向相反方向的射線稱為 α 射線（註三）。因此，放射性輻射便分成了三種射線。