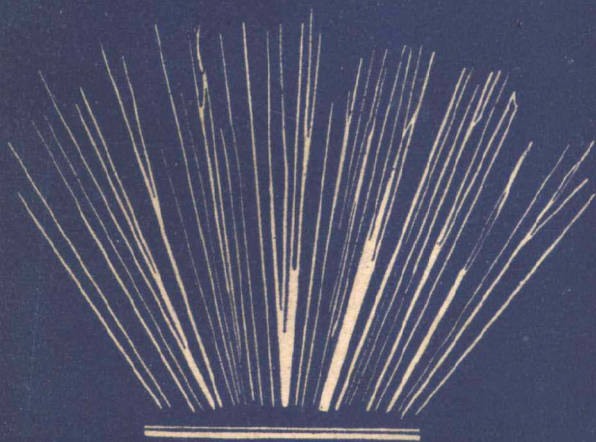


大众科学识丛

放射性

(苏联)扎波連科



科学普及出版社

大众科学译丛之19

放射 性

〔苏联〕扎波連科著

鍾 建 安译

科学普及出版社

1958年·北京

本書提要

今天正在蓬勃發展的原子能科學，是以對放射性的研究開始的。**α**、**β**、**γ**的元素能夠放射特殊的射綫而轉變為其他元素，這就是所謂核轉化；在核轉化中有大量的能釋放出來，這就是原子能。本書着重敘述放射性的發現經過和關於放射性的各種知識，還介紹了用人工取得原子能的方法和各種放射性同位素的应用，是關於原子能的一本啓蒙讀物。

本書曾以“物質的放射性”的書名由全國科普出版過，現根據原書增訂新版參照舊譯本重新譯出。

總號：1222

放射性

РАДИОАКТИВНОСТЬ

原著者：К. В. Заборенко

原出版者：Гостехиздат, 1958

譯者：鍾建

出版者：科學普及出版

(北京市西便門外順義橋)

北京市書刊出版登記證出字第0

發行者：新華書

印刷者：北京市印刷

(北京市西便門外大街21號)

開本：787×1092 1/32	印張：24
1958年12月第1版	字數：45,200
1958年12月第1次印刷	印數：6,050

統一書號：15051·205

定價：(9)2角8分

目次

緒言	1
1. 鈾的射綫	3
2. 馬麗亞·居里的工作	5
3. 鐳和釷的發現	7
4. 鐳的制取	8
5. 鐳的性質	9
6. 放射性輻射	11
7. 原子的構造	16
8. 原子的天然轉變	18
9. 門捷列夫的周期表和元素的轉化	21
10. 放射系	27
11. 放射性裂变的規律	28
12. 放射平衡	29
13. 自然界中的放射性元素	30
14. 原子的人工轉變	32
15. 偉大的發現	36
16. 人工核彈	41
17. 超鈾元素	44
18. 鈾的分裂	46
19. 原子能的逐漸釋放	49
20. 放射性元素的应用	56
21. 太陽能和熱核反应	66
結束語	68

緒 言

放射性的研究在國民經濟和科學上具有重要的意義。對放射性的認識幫助了人們更深刻地理解物質結構的秘密，幫助了人們確定地球的起源和年齡，幫助了人們實際利用原子能和發現新的化學元素等等。

自然界中的一切物質是什麼東西構成的、是怎樣構成的，這個問題早就使人們感到興趣。古希臘的思想家早在兩千五百年以前就曾經猜測說：我們周圍的一切物質都是由看不見的最微小的粒子——原子——所構成的。原子這個詞是從希臘文翻譯過來的，它的原意是“不可再分的”。

其後古代思想家和哲學家們的原子觀念就被人們遺忘了，直到 18 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。他肯定說：“一切物質——石頭、水、木頭、空氣——都是由看不見的最微小的粒子——物質粒——所構成的。”以後，原子的存在就為實驗所証明了。原子是非常微小的，甚至用最高倍數的顯微鏡也看不見。在 1 厘米長的一條綫上可以排下 1 萬萬個原子。原子的重量也非常微小，例如一個氫原子的重量是 0.000 000 000 000 000 000 001 7 克。

各種元素的原子互不相同。例如鐵原子大約是氫原子的 56 倍重，而鉛原子却是氫原子的 207 倍重。由於結構不一樣，各種原子也就具有不同的性質。因此由各種原子所構成的各種物質在性質上也互不相同，這是可以理解的。

研究者們學會了辨認各種原子的方法以後，才發現原子的種類是不很多的。已經知道的只有一百種左右不同的原子，它

們叫做化學元素。一切形形色色的物質，不論是在我們地球上的或是在宇宙中為我們所知的部分里的，都是由我們所知的這些化學元素的原子所構成的。

所有的物質可以分為簡單的和複雜的兩大類。由一種元素的原子所構成的物質叫做單質，由幾種元素的原子所構成的物質叫做複雜物質。複雜物質的最小粒子叫做分子。分子是由幾個原子構成的。

久而久之，化學家們也就學會了制取各種單質和複雜物質的方法。

科學家們早就想設法使一種元素變成另一種元素。

例如中世紀的煉丹家們想把水銀變成黃金，就費過不少心思。可是當時他們並不能達到這個目的。因此人們就認為，各種元素是不能互相轉變的，也就是說各種原子是不能互相轉變的。這個觀念非常根深蒂固，直到 19 世紀末期，人們還認為原子是不可變的粒子。可是在放射性已經被發現了並且被研究清楚了的今天，我們知道這個結論是錯誤的。

在自然界中元素的轉變不斷地進行着。原子的自發分裂現象，也就是放射現象，是在 19 世紀末期發現的。這一發現使人們洞悉了關於物質結構的最奧妙的秘密。對放射現象的研究不但証明了原子的存在，而且也証明了原子的可變性。

原子的存在被確鑿地証明了，原子的大小也被測定了。科學家們學會了數出原子個數和測定原子重量的方法。這是科學史上的一大成就。但是用人工方法使一種元素的原子轉變為另一種元素的原子卻是現代原子技術上一個更大的成就。例如，已經可以使汞的原子轉變為金的原子，也就是說已經實現了中世紀的煉丹家們夢寐以求的願望。

對放射性的研究還使科學家們得出了另一個重要的結論。

原来，原子内部是隐藏着巨大的能量的。俄国科学院院士维尔纳德斯基在放射性被发现以后不久就写道：“原子能，这种使人类可以按照自己的意志来建设自己的生活的动力源，被人们掌握的日子就在不远了。”

各国研究者大军的长期的、耐心的、顽强的劳动，保证了原子世界复杂规律的研究，而终于使人们掌握了原子内部的能量。

我们就要在这本小册子里谈谈放射性的发现，谈谈元素的人工裂变，谈谈取得地球上所没有的元素的方法，谈谈释放原子能的各种过程和原子科学的其他一些成就。

1. 铀的射线

19世纪末期，德国物理学家伦琴发现了一种奇怪的射线，后来这种射线就用他的名字命名为伦琴射线。这种射线能够贯穿纸张、木板、金属薄板、生物组织等各种物质。利用伦琴射线可以在照像底片上得到可见光所不能透射的物体内部结构的照片。伦琴射线在医学、科学和技术上获得了广泛的应用。

很早就知道，某些物质在受太阳光照射以后，能够在黑暗中发冷光，也就是具有微光性。伦琴射线也能引起某些物质发光。在发现伦琴射线以后不久，法国科学家贝克勒尔就决定去研究微光现象是不是和伦琴射线的放射有关。贝克勒尔选了一种微光性很强的盐来做实验，这就是大粒的黄色铀盐结晶（铀微光钾硫酸盐）。他把铀盐放在用黑纸包着而不受光线作用的照像底片上，一起放在太阳光下曝晒一天。显影以后他发现底片上有一个和结晶轮廓一样的暗像。这个实验似乎证实微光现象和伦琴射线的放射有关的假定。

可是以后发现，铀盐的微光对于照像底片上的成像并没有

影响。这个发现是偶然的。由于天气阴暗，一连几天无法进行实验，而铀盐也就和照像底片一起在暗橱里放了好几天。当贝克尔尔把照像底片显影出来的时候，他惊奇地发现底片上放着铀盐的地方显出了结晶的像，而且得到的像甚至比第一次实验得到的还要黑一些。以后贝克尔尔又不使铀盐预先受太阳光的照射而在黑暗中继续实验，他始终发现，铀盐和照像底片接触的时间越长，像就显得越黑。

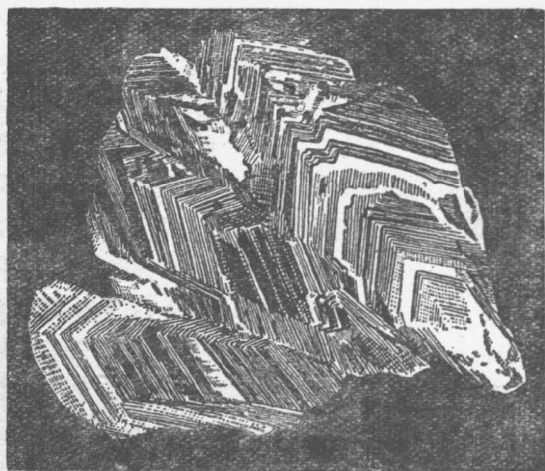


圖 1 一塊鈾矿石在照像底片上留下的像

接着又发觉，其他一些含铀的物质，也能使照像底片变黑，这和铀盐有没有微光性、是不是预先经过太阳光照射都没有关系。任何一种含铀的物质都能使照像底片变黑。圖 1 是用接触过一块含铀矿石的底片洗出来的照片。白的地方相当于铀在矿石中的分布（在底片上这些地方是黑色的）。

在这些实验中，特别使贝克尔尔感到惊奇的是，铀对照像

底片起作用的能力完全不随時間而減弱。同一塊鈾一晝夜間在底片上所造成的黑影，和一年以前實驗時是一樣的。

1896年貝克勒爾發表了他的實驗結果，并且提出假設說：鈾能放出一種特殊的射綫，使受不到可見光作用的照像底片變黑。

鈾射綫的最驚人的特性，就是它們是自發地放射出來的，不需要任何人的作用，可是比方說要得到倫琴射綫，却需要消耗大量的電能。

2. 馬麗亞·居里的工作

神秘的鈾射綫引起了當時在巴黎貝克勒爾實驗室工作的波蘭女青年化學家馬麗亞·居里-斯克拉多夫斯卡的注意。她決心要弄清楚鈾射綫的本性。這就需要找出一種能可靠而迅速地測量輻射的方法。

早先貝克勒爾就發現過，鈾射綫也象倫琴射綫一樣，能使 ^{空氣} 周圍的空氣變成導體。這是因為鈾射綫對組成空氣的氮分子和氧分子起作用，產生了帶正電荷或負電荷的粒子。這種粒子叫做離子。在含鈾物質附近，每立方厘米空氣里會產生幾十萬個離子。在這種電離了的空氣中，帶有電荷的物體就迅速放電。利用一種叫做驗電器的儀器就很容易發現這種作用。

驗電器的主要部分是一根金屬杆，金屬杆固定在一个匣子中心的絕緣塞上，要檢驗的試樣就放在匣子里。在塞子上面突出來的金屬杆的上部，附着有一小片極薄的金箔或鋁箔。為了使金屬箔不受空氣振蕩的影響，金屬杆上部和金屬箔用一個金屬套圍起來，套上開有小孔，用來觀察金屬箔的位置。

如果用導綫把電池組的一極和驗電器的金屬杆聯接起來，并把電池組的另一極接地，那末金屬杆和金屬箔就獲得電荷。

因为在帶同种电荷的物体之間有排斥力，所以可动的金屬箔就偏离金屬杆并且長時間地停留在這個位置上，这时驗电器就充电了。但是只要在驗电器里放一些含鈾的物質，金屬箔就会很快地趋向金屬杆，这时驗电器就放电了。这是因为鈾射綫在空气中形成大量的帶电粒子——离子。帶电的金屬杆和金屬箔吸引帶相反电荷的离子，結果金屬杆和金屬箔的电荷就减少了，因而它們之間的排斥力也減小了，于是金屬箔就逐漸地趋向金屬杆，也就是驗电器放电了。鈾射綫所形成的离子越多，驗电器的放电也就越快。这样，利用驗电器就能判明物質的电离能力。

馬丽亞·居里利用这种仪器比較了含鈾量不同的各种物質的电离能力。她發現电离能力和物質的含鈾量有关，电离作用最强的是金屬鈾。

鈾是一种有展性、有光澤的灰色金屬，外表有点像鉄，但是比鉄重。在自然界中，鈾以化合物的形式存在，構成各种矿物。化学家們在貝克勒尔的發現以前很久就已經学会了分离鈾和它的各种化合物的方法。在鈾的各种化合物中，大家最熟悉的是它的硝酸鹽，在照像上就要用到这种鹽。鈾应用于陶瓷工業和玻璃工業中。最近由于鈾在原子能动力技术中的应用，鈾的生产急速扩大了。

人們發現，鈾的放射强度是不受外界作用的影响的。人們把一小塊金屬鈾燒到紅热，再冷却到液体空气的温度(-180°C)，又使它受高压力的作用，最后又把它放在極强的电場或磁場里，但是所有这些作用都絲毫不曾改变鈾的电离能力；鈾放射射綫的强度始終不变。

馬丽亞·居里决定进一步檢驗其他物質的原子是不是也具有像鈾原子那样的性質。她測量了几百种物質的电离能力，精

果發現金屬釷和它的各種化合物也具有跟鈾類似的放射性。

馬麗亞·居里把自己的實驗結果比較了以後，就得出了一个結論說，自發地放出看不見的射綫的這種能力，是某些元素的原子所特有的性質，她把這種性質叫做放射性。放射性這個詞是從拉丁文“radius”一詞來的，原意是光綫。“放射性”這個名稱強調指出，鈾原子和釷原子所放出的射綫，就像可見光、倫琴射綫和其他種類的輻射一樣，是成直綫地向四面八方傳播的。

不久以後馬麗亞·居里又發現了一個驚人的事實：有兩種天然的含鈾礦物——瀝青鈾礦和綠鈾銅礦——具有比金屬鈾更強的放射性。例如，從捷克雅希莫礦區采得的瀝青鈾礦，放射強度比純鈾的放射強度還要大3倍。這樣就只得假定，瀝青鈾礦和綠鈾銅礦含有一種放射性比鈾還強的未知元素。

為了考察這個假設是不是對，馬麗亞·居里就用人工方法。配制了一種成分和天然綠鈾銅礦相同的物質（鈾銅磷酸鹽）。可是這種人造“礦石”並不顯出高于尋常的放射性，這說明，天然綠鈾銅礦具有特別強烈的放射性，是因為它含有一種放射性比鈾強的元素。

於是馬麗亞·居里就和她的丈夫、物理學家皮耶爾·居里一起去探索這種新元素。

3. 鐳和釷的發現

居里夫婦面臨着最困難的工作。要從礦石中分離出一種含量很少的什麼元素，這已經是一個非常困難的任務了，何況對於這種新元素的性質，除了推測它有高度放射性以外，就什麼也不知道。這個唯一的已知特性是探索未知元素的綫索。為了取得一定量的新元素，需要把幾十公斤的礦石分解為各個成

分，然后再仔細地測量每一個成分的放射性。居里夫婦是在非常困難的條件下完成這一艱苦工作的。他們的工作室簡直就不能稱為實驗室，里面連最基本的設備都沒有。屋子裡很潮濕，溫度變化很大，因此他們用來測定物質電離能力的精密儀器的示數常常受到歪曲。

居里夫婦克服了一切障礙而獲得了成功。1898年4月，他們預告說：鈾礦里肯定有一種新元素。到同年7月，他們就從鈾礦里分離出了一些放射性很强的銻化合物。馬麗亞·居里認為，那種被她命名為釷的新的放射性元素，就含在這些銻化合物內。

除了銻化合物以外，居里夫婦還分離出了一些同樣具有強烈放射性的鋇化合物。這樣就有理由認為，礦石中還有另一種能隨鋇一起分離出來的未知的放射性元素。這種元素被命名為鐳。鐳的發現是居里夫婦在1898年12月宣布的。鐳的放射和鈾的放射相似，但是鐳的電離作用要強幾百萬倍。以後又查明，鐳的放射強度像鈾一樣實際上是不隨時間而減弱的，但是鐳放出的能量比鈾多得多。

那時候物理學家和化學家還不能說明放射性元素不斷放出能量的原因。甚至有人懷疑鐳是不是一種化學元素，因為人們當時只能根據放射性知道有鐳，而不能分離出純淨的鐳。要證明鐳的存在，就必須分離出足量的鐳，以便確定它的物理性質和化學性質。

4. 鐳的制取

要分離出可以感觸到的數量的純鐳是一件非常複雜的事，這需要提煉數以噸計而不是以公斤計的大量礦石。居里夫婦早就知道，指靠法國政府和法國科學院的幫助是無望的。他們沒

有實驗用的矿石，又無力購買这种昂貴的矿石，于是他們就决定利用礦業生产中的廢料。他們知道，在精煉鈾矿时，钋是和銻一起分离出来的，而鐳是和鋇一起分离出来的，因此他們就請人家把提取过鈾以后的矿石廢料送給他們。雅希莫城的工厂一向是把这些廢料拋棄了事的，現在就把成吨的这种廢料免費地送給居里夫婦。当这批寶貴的貨物运到巴黎的时候，居里夫婦就开始进行提煉工作。他們把矿石分成二十公斤一份裝在大桶里，和苏打、酸类一同加热，攪拌，倒出大量的液体，再測量倒出的每一份溶液和沉淀物的放射性。結果，他們所获得的制剂的放射性越来越强。不久，两个研究者就进行了分工：皮耶尔專門研究鐳的性質，而馬丽亞就繼續制取鐳鹽。一天晚上，馬丽亞·居里走进了實驗室，就像着了迷似地呆住了。她看見了一种不平常的景象：盛着鐳鹽溶液的杯子在發出柔和的淺藍色的光。在这种光的照耀下甚至可以看書。鐳射綫所引起的發光是和强的微光現象类似的。最初从矿石里提煉出的几份氯化鋇和氯化鐳的混合物中所含的鋇太多，因此馬丽亞·居里就細心地把鋇鹽除去。她化了45个多月的時間来制取不含鋇的鐳鹽，終於从1吨瀝青鈾矿中分离出了0.1克左右的氯化鐳。这种鹽在外表上有些像食鹽，它的放射性比鈾的放射性强几百万倍。馬丽亞·居里又从氯化鐳中制得了金屬鐳。在苏联，純淨的鐳鹽是赫洛平院士和他的同事在1921年第一次制得的。这一成就保證了苏联对放射性的研究工作的进一步發展。

5. 鐳的性質

鐳是一种柔軟的銀白色金屬，放在空气中就迅速失去光澤。鐳和鐳鹽在外表和化学性質上跟鋇和鋇鹽很少差別。

鐳具有很强的放射性，这种放射性使鐳显出一些不平常的

特性。鐳鹽在黑暗中能够發光。鐳能放出看不見的射綫，这些射綫可以用种种不同的方法来發現。如果把用黑紙包着的照像底片放在鐳鹽粒附近，照像底片很快就会感光，也就是說在显影以后底片上就出現黑影。

在鐳的不可見射綫的作用下，塗有一層硫化鋅或鉑氰化鉀的屏就能在黑暗中發光，就像在倫琴射綫的作用下發光一样。

鐳的电离能力極强，因此極微量的鐳也可以發現出来。例如，如果把几毫克的鐳平分給地球上所有的人，那末每个人所有的極微量的鐳还是可以利用專門仪器發現出来的。

鐳的輻射能使它附近的物質起各种变化。例如，無色的玻璃会变成有色的，在白色透明的金剛石表面上会形成黑色的石墨。鐳射綫能把水分解为氫和氧两种成分，除此以外，还形成臭氧和过氧化氫。所有这些变化都是憑借放射性輻射的能量来进行的。

多量的鐳輻射对于人的健康是很危險的。第一个體驗到这一点的是貝克勒尔。有一次他准备去做演講，就把一小管鐳鹽裝在背心的口袋里，几个鐘头以后他感到了十分严重的灼伤。皮耶尔·居里为了檢驗鐳对皮膚的作用，曾把自己的一只手讓放射性射綫照射。他詳細地記述了这时产生的各种現象。起初被鐳照射过的地方發紅，然后就出現了潰瘍和死肉，几个月以后伤口才痊癒。

医生們經過研究，証明鐳射綫对于發育迅速的細胞有特別强的作用。因此正确地利用鐳，就可以治癒癌腫。用鐳还可以治疗像髮癬、狼瘡之类的皮膚病。医学上很快地就建立了用鐳来治病的新方法，并且得到了居里疗法的名称。鐳的放射对植物也有影响。植物碰到大量的鐳就会死亡。相反地，如果把少量的鐳施到土壤里去，就会使植物加速生長。

我們還要指出鐳的一種重要性質。鐳製劑的溫度總要比它周圍環境的溫度高。這一點是皮耶爾·居里首先發現的。他把一支盛有約0.2克鐳鹽的小管放在一個夾壁器皿里，夾壁間的空氣事先抽掉，以免熱量散失到周圍的空間里去。在另一個同樣的器皿里放了一小管鋇鹽。插在兩個器皿里的溫度計顯示出不同的溫度。盛鐳鹽的器皿的溫度差不多高出10度。據皮耶爾·居里測定，一克鐳在一小時內放出136卡[●]的熱量。

科學家們對一塊鐳試樣觀察了一年，也沒有發現它的放射強度有什麼變化。把它加熱到 $2,000^{\circ}\text{C}$ ，冷卻到液態空氣的溫度（ -180°C ），讓它受電場和磁場的作用，所有這些都不會改變鐳的放射能力，鐳仍舊繼續不斷地放出具有很大大能量的射綫。因此人們曾產生一種美妙的想法，就是要大量地提煉鐳，再利用它來取得熱能。但是這個想法是不能實現的，因為鐳在礦石中的含量極少，要把它提煉出來就要消耗許多精力、資金和時間。

從1910年起，各國陸續建立了一些制鐳的工廠，從這些工廠的實例中可以看出提煉鐳是多麼困難而複雜的事情。所有這些工廠每年也不過煉出1—2克的鐳罷了。鐳是一種最貴重的金屬。1克鐳的價格在不同時期漲落於10萬到40萬盧布之間。

6. 放射性輻射

放射性輻射究竟是什麼東西呢？居里夫婦的實驗證明，放射性輻射的源泉是某些元素如鈾、釷、鐳等的原子。人們已經知道，具有很大大能量的射綫是從原子核內部放出來的。人們還

● 把一克水加熱 1°C 所需的熱量叫做一卡。

需要闡明鐳輻射的本性。鐳所放出的射綫是不是那些構成原子的粒子呢？

为了回答这个问题，皮耶尔·居里和以后的盧瑟福研究了放射性射綫在磁場和电場中的情况。这种情况要看射綫是不是帶有电荷而定。如果射綫不帶电荷，那末磁場或电場就不改变射綫束的方向；如果射綫帶有电荷，那末它們在磁場或电場中就要偏轉。射綫偏轉的方向由場的方向和粒子的电荷符号来决定。

这种研究表明放射性輻射的本性是很复杂的。一細束放射性射綫在强磁铁的兩極之間通过时，就分成向左、向前和向右

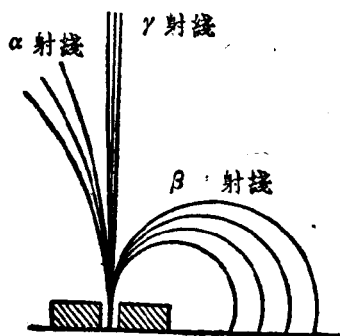


圖 2 放射性輻射在磁場的作用下分成三部分

的三束（圖 2）。繼續向前的射綫叫做 γ 射綫。这种射綫和倫琴射綫一样是不受磁場影响的。在磁場作用下向着帶負电的粒子所偏轉的方向猛烈偏轉的射綫叫做 β 射綫。偏轉方向和 β 射綫相反的射綫叫做 α 射綫^①。这样，放射性輻射就被分成了三种射綫。

进一步的研究証明， γ 射綫、 β 射綫和 α 射綫被各种固体物質吸收的程度是不同的。如果用一張紙把一個盛着放射性物質的开口鉛匣盖起来，那末在射出的射綫束中就没有 α 射綫，因为它們都被紙吸收掉了。要阻擋 β 射綫，鉛匣就要用許多層紙或几毫米厚的鋁板盖起来；

① α 、 β 、 γ 是希臘字母表的头三个字母，讀作阿耳法、貝塔、伽馬。

可是 γ 射綫还是能穿过这样的鋁板而不被显著吸收。要吸收 γ 射綫，需要相当厚的一層吸收物質——最好是鉛，因为鉛具有很强的吸收 γ 射綫的能力。

我們再詳細地談談每一种射綫的性質。

我們已經指出过， γ 射綫在磁場里是不偏轉的。这种射綫是一种电磁輻射，它以光速即每秒30万公里的速度在空間里傳播。 γ 射綫的性質和倫琴射綫相似，但是 γ 射綫具有更强的貫穿能力。要完全吸收貫穿能力最强的 γ 射綫，就需要15—20厘米厚的鉛板。 γ 射綫能够破坏生物細胞，因此長時間地受 γ 射綫照射对生物是有害的。为了避免使人受到 γ 射綫的作用，鐳剂要放在特制的厚鉛罐里。 γ 射綫的强度随着距离的增加而迅速降低。跟鐳剂的距离如果增加到兩倍， γ 射綫的作用就减弱到 $1/4$ ；距离如果增加到5倍， γ 射綫的作用就减弱到 $1/25$ 。

在磁場中猛烈偏轉的 β 射綫是电子。电子是最小的帶負电的粒子；一切原子都含有电子。放射性原子所放射出的电子具有很大的速度。在某些場合，电子的速度几乎等于光速。电子的速度越大，它的能量就越多，要阻擋它的运动所需要的物質層也就越厚。要吸收 β 射綫，需要3毫米厚的金屬板。

α 射綫在磁場中的偏轉比电子弱得多。这是因为它的粒子速度比电子小，而質量又比电子大。 α 射綫是由迅速运动着的帶正电的粒子所構成的，这种粒子差不多比电子重7,000倍，比最輕的气体——氫——的原子重3倍。 α 粒子已經被相当仔細地研究过了。測定一个 α 粒子的电荷值的实验是很有趣的。人們使 α 粒子流射向一塊金屬板，測定 α 粒子使金屬板所获得的电荷值。要求出一个 α 粒子的电荷，就要用射在金屬板上的 α 粒子的数目去除金屬板所获得的电荷值。但是又怎样数出射在金屬板上的 α 粒子的数目呢？为了达到这个目的，人們設計了