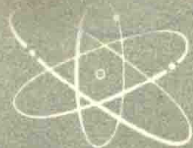


中学物理课程中的原子结构

列茲尼科夫 尤斯柯維奇著



上海教育出版社

中学物理課程中的原子結構

Л.И.列茲尼科夫著
В.Ф.尤斯柯維奇

李 其 蔚 譯

中
學
物
理
教
材

上海教育出版社

一九五八年·上海

Л. И. Резников и В. Ф. Юскович

“СТРОЕНИЕ АТОМА
В школьном курсе физики”

УЧПЕДГИЗ
МОСКВА-1956

根据俄罗斯苏维埃联邦社会主义共和国教育部教育出版社
1956年版译出

中学物理课程中的原子结构

(苏) Л. И. 列兹尼科夫 著
В. Ф. 尤斯柯维奇

李 其 蔚 译

上海教育出版社出版

(上海永福路123号)

上海市书刊出版业营业许可证出 090 号

大东集成联合厂印刷 新华书店上海发行所总经销

开本: 787×1092 1/32 印张: 2 7/8 字数: 65,000

1958年12月第1版 1958年12月第1次印刷

印数: 1—13,000本

统一书号: 7150·275

定 价: (7)0.26元

目 录

引言.....	1
課时的大概分配.....	7
1. 証明原子复雜結構的現象.....	8
2. 原子結構.....	22
3. 轟击原子核的方法.....	34
4. 原子核的結構 原子核的蛻变.....	41
5. 人为放射性.....	52
6. 重核的裂变, 鏈式反应	61
7. 和平利用原子能。原子能动力技術	68
8. 放射性同位素在科学和技術中的应用.....	77
学习“原子結構”一章时需要的裝置、物理仪器和其他 直觀教具一覽表.....	87

引 言

最近几十年來，原子物理学有許多新的發現。这些發現在今天具有实际的意义，而將來的利用更具有巨大的远景。一种元素轉变成另一种元素的实现，原子核組成的确定，人为放射現象的發現，獲得高速帶电粒子設備的建成，新粒子(中子、正电子、各种介子、超子、反質子^①)的發現，基本粒子相互轉变的証明，核反应时放出能量的計算等等，这些远不能充分体现最近原子物理学成就的全部内容。

这些成就的实际意义是巨大的，因为人类獲得了新的、取之不尽的能源，獲得这种能量的技術問題已經解决了。1954年6月27日，苏联建成世界上第一个功率为5,000千瓦工業用原子能發电站，开始工作。現在正在建立功率为50,000-100,000千瓦和更大的工業用原子能發电站。原子动力工程出現了，并且蓬勃地發展着。放射性同位素在科学和技術中广泛地被应用着。

这些应用是与生產裂变物質的工業裝置——核反应堆的建築，防护放射性射綫工具的制造，測量儀器的設計等等有关。人类發現了新的、原子核技術的領域。

在苏联共产党第二十次代表大会关于1956-1960年苏联發展國民經濟第六个五年計劃的指示中，提出了發展和平利用原子能的計劃；指示中指出：

“在第六个五年計劃期間大大地擴大原子能的和平利用。在

① 这种粒子是1955年發現的，反質子的質量与質子相同，但它帶的电荷是負的。

1956-1960 年間建設總發電能力為 200-250 萬千瓦的原子能發電站。原子能電站將首先建築在沒有燃料基地的地區。開展為運輸業建立原子能動力裝備的工作。製造裝有原子能發動機的破冰船。大力在工業、農業和醫學方面進一步利用射線來檢查材料的質量、操縱生產過程、自動調整這些過程以及診斷和治療各種疾病。在科學研究工作中更加廣泛地採用示蹤原子。大大增加劑量測定器、放射量測定器、控制和操縱儀器的生產”①。

蘇聯學者和工程師們在創建和發展原子物理學和原子核技術方面作出了巨大的貢獻。蘇聯科學院 1955 年 7 月 1-5 日所舉行的和平利用原子能大會，和蘇聯學者和工程師們在日內瓦和平利用原子能國際代表大會上的報告都證明：在蘇聯國民經濟的各個部門中利用原子物理學的最新成就已獲得很大的成績。

在中學物理課程中，學習“原子結構”這一章對於物質世界的認識、綜合技術教育和教育具有重大的意義。它向學生介紹了最近 50 年來在物理學中關於原子結構方面獲得的許多成就和它的實際應用。在教學大綱中列入這一章的目的在於提高中學物理教學的科學水平。

物質構造和原子結構的學習，在中學里並不只是局限於十年級課程里最後的一章。在七年級和九年級學習分子運動論基礎的時候這些概念已經開始形成。當學生學習電子理論時又繼續得到了發展。電子和離子導電、陰極射線、電子和一價離子電荷測定等課預為學生學習“原子結構”作了準備。像綫光譜、光譜分析、光電效應等問題，對於自覺的掌握物理課程最後的這個課題具有很大的作用。

所有這些問題，在中學物理教學中都很重要，對於學好“原

① “蘇聯共產黨二十次代表大會關於 1956-1960 年蘇聯發展國民經濟第六個五年計劃的指示”，人民出版社 1956 年版，第 10 頁。

子結構”这一章更是具有特殊的意义。

用实验的方法介绍原子的嬗变,基本粒子的相互转变,借助于这些来认识原子结构时,可以帮助解决教育和教养中最重要的一个任务——使学生形成辩证唯物主义的世界观。

学习“原子结构”这一章时,必须给学生指出祖国学者在发展物质结构的学说中所起的卓越的作用。在原子和原子核的研究中,化学元素周期律起着特别巨大的作用。1869年伟大的俄国学者 Д. И. 门捷列夫所发现的元素周期律不仅是在化学领域中,同时也是现代物理学和其他科学中的指路明灯。

下面一些国际著名的学者在发展关于原子学说工作方面,具有巨大的意义:皮尔·居里和玛丽·居里;卢瑟福;波尔;Д. Д. 伊万宁柯;И. Е. 塔姆;约里奥·居里和伊丽芙·居里;Э. 费米;Д. В. 斯科贝尔琴;А. И. 阿里罕诺夫;В. И. 维克斯勒尔;И. В. 库尔查陶夫和其他许多科学家。

因为“原子结构”这章在中学物理课程中很重要而且材料又新颖,所以许多教师和教学法工作者就要研究它在中学中教学方法。这些努力的结果都刊登在教学法的文献中^①。但是,它们还需要继续改进。本书的目的就是企图提出自己在这方面的某些尝试。

① 参阅“物理教学”: К. Н. 耶里查罗夫:“原子结构”, 1949年第2期; В. Ф. 尤斯柯维奇:“学习‘原子结构’课题的经验”, 1951年第1期; Л. И. 列兹尼科夫:“关于‘原子结构’的问题”, 1951年第2期; 教学电影“原子结构” 1954年第4号; Л. И. 列兹尼科夫和 Э. Е. 爱文奇克主编的“物理教师的教学——教养工作经验”彙集中, Е. М. 舍菲埃尔的文章:“在十年级教学‘原子结构’的经验”, 教育科学院出版社, 1951年; К. Н. 叶里查罗夫:“中学物理课程中原子结构的基本学说”, 教育出版社, 1953年版。

應該指出，在中学物理課程中原子結構教學法研究的書本和論文中大多數是屬於確定該課題的教材內容。而對於“原子結構”教學法的問題，尤其關於這個教材的物理實驗方面的討論還是不夠的。

在本書中對個別問題簡略地敘述了教學法，在許多情況下，用描述原子物理學中的實驗和中学物理實驗來闡明教材。並注意到在課堂上討論個別問題之後應該作的結論。

中學里學習“原子結構”一章時，應該利用物理實驗。這是有可能的。蘇聯教育部教學用直觀教具工廠為中學生產了閃爍鏡和威爾遜雲室。在某些情況下教師和學生自己也可以製作討論原子物理學時所應用的有效的儀器和模型，或其他為了研究原子結構所必需的直觀教具。

如像 B. K. 達比捷夫斯基(莫斯科)為觀察電離粒子的軌跡而設計的擴散室；斯大林格勒師範大學一級教師 П. П. 奧爾洛夫創造的演示用的蓋格計數器；教師 B. Я. 哈夫里克(里加)研究出了利用放射性物質從閃爍鏡中觀察空氣電離的實驗；在莫斯科 588 中學物理教師 Л. С. 德米特里也夫的領導下，學生製造了有效的靜電起電機的模型^①；克什提姆城學生(車里雅賓斯克區)創造了原子能發電站的實物模型。

在中學里有些不能進行的複雜的實驗，就用示意圖，圖表，和描述它們的作用和構造原理的幻燈片來說明。列入本書中的插圖和圖表，已在教學的實踐中驗證過。

為了中學的教學，出版了圖表、“原子結構”的電影和幻燈片。建議組織觀看寬銀幕電影“世界第一”(蘇聯科學院原子能發電站)，“示蹤原子”和“和平利用原子能”。

① Г. М. 伊萬諾夫：“新式演示用的靜電起電機”(莫斯科，1939 年)一書中描述了中學的靜電起電機。

在莫斯科全蘇工業展覽會上陳列着許多屬於原子物理和技術的陳列品——工業設備、儀器、機構、材料；以及各種關於原子性質和原子核技術的資料，關於原子能和放射性同位素在工業、農業、醫療和其他方面的應用^①。這些陳列品也可以很好地用來向學生介紹原子物理和它的應用。

用實驗的方法敘述原子物理，能使學生確信原子和基本粒子存在的真實性和對它們認識的可能性。最好在課堂上給學生指出和分析利用威爾遜雲室或厚層照相底片獲得的基本粒子、離子和原子核軌跡的照片。當然，在中學里應該分析在最簡單情況下快速荷電粒子軌跡的照片。例如 α 粒子、質子和電子在威爾遜雲室中的運動以及具有磁場時的運動， α 粒子為原子核發射時 α 粒子軌跡末端形成的折綫，原子核的蛻變等等。

講述“原子結構”這一章時，可以適當地列舉一些最簡單的數字例子，說明我們在原子物理學領域中所遇到的高速粒子，原子核中驚人的物質密度和巨大能量儲存和變化時間的極度短促等等，這些說明，利用原子物理學中描述原子，基本粒子和實驗方法的資料來解決一些習題，會幫助學生更好地掌握相應的物理現象。

可惜，在中學物理教學文獻中，除П. А. 茲那敏斯基教授主編的習題集外，都沒有關於原子物理的習題，而這本習題集中這方面的習題數目也還是不夠的。

習題和例題的編輯也是一個較困難的工作。因此在本書中列入了一些在教學過程中可以利用的，關於原子物理學的例題，習題和問題。

某些例題和習題的分析可以安插在教師的講述里，而另一

^① Г. П. 哈烏斯：“社會主義技術展覽會”，“物理教學”，1956年，第4期，第14-25頁。

些可以在学生家庭作业中解决。某些习题和问题在学年末了复习教材时,在课外作业中来解决是比较好的。解出全部的习题是不必要的。

当拟定和解决本书所列入的习题时,为了计算方便,可以采用下面列出的物理常数的近似值:

光速 $C = 3 \times 10^{10}$ 厘米/秒

标准状态下 1 [厘米]³ 气体的分子数 $n = 2.68 \times 10^{19}$

阿伏伽德罗常数 $N = 6.02 \times 10^{23}$

电子质量 $m_e = 9.1 \times 10^{-28}$ 克

原子量:

质子 $m_p = 1.00757$

氢 $m_H = 1.00813$

中子 $m_n = 1.00894$

α 粒子 $m_\alpha = 4.00274$

氦 $m_{He} = 4.00386$

原子质量单位 $m_a = 1.66 \times 10^{-24}$ 克

电子的电荷 $e = -4.8 \times 10^{-10}$ 静电单位

$= -1.6 \times 10^{-9}$ 库仑

氢的第一个轨道半径 $r = 0.53 \text{ \AA} = 0.53 \times 10^{-8}$ 厘米

量子常数(普朗克常数) $h = 6.623 \times 10^{-23}$ 尔格·秒

1 电子伏特 1 电子伏特 = 1.6×10^{-12} 尔格。

本书所叙述的材料只是大概应该讨论的范围。教师在自己个人经验和具有的设备基础上,可以根据“原子结构”这章教材适当地改变课堂教学的结构和内容。

关于这一章课外作业的教学方法,可以有各种不同的形式,需要单独加以研究。

課时的分配

第一課：用以証明原子复雜結構的現象

1. 放射性。
2. α 射綫, β 射綫, γ 射綫的性質。
3. 閃爍鏡、威尔遜云室。

第二課：原子結構

1. 观察 α 粒子散射的盧瑟福实验和原子的星云模型。
2. 氫光譜和氫原子的能級。

第三課：对原子核作用的方法和原子核的蜕变。

1. 迴旋加速器。
2. 盧瑟福关于原子核蜕变的实验。

第四課：原子核的結構

1. 中子的發現。
2. 核的組成。

第五課：人为放射性

1. 人为放射性。
2. 原子核的結合能。

第六課：核分裂。鏈式反应。

1. 重核的分裂。
2. 鏈式反应。
3. 重核分裂时釋放的能量。

第七課：和平利用原子能

1. 原子动力工程。
2. 苏联科学院的原子能發電站。
3. 原子發動机的建造。

第八課：和平利用原子能(續)

1. 原子發動机的建造(續)。
2. 放射性同位素在科学和技術中的应用。

1. 証明原子复雜結構的現象

研究“原子結構”这一章的任务之一是使学生了解研究原子物理学的方法。最重要的是使学生了解这门科学领域中許多重要原理的獲得，是基于实验的。在許多情况下实验的結果便是建立新的原子理論的基础。

根据这个理由，必須在一开始就要使学生回憶起有关放射性的基本現象——在化学課程中已学过的 α 射綫， β 射綫和 γ 射綫；在第一課主要講关于研究它們的实验方法以及 α 与 β 粒子的性質，然后再过渡到原子結構的討論。

这样的叙述能使學生認識到这些建立原子核結構理論基础的現象和实验的实质。用这种根据历史發展的方式来研究原子物理的問題就能更好地揭露在物理学这一部門中复雜的自然現象。

第一課中最好要指出放射性射綫的电离作用和發光作用。利用幻灯片可以叙述关于研究 α 射綫、 β 射綫和 γ 射綫的实验，指出放射性射綫的热的和化学的效应。在學習核的結構以后，必須再一次提到放射性現象，同时進行解釋。

*

*

*

“原子”这个名詞是表示“不可分割的”意思。那么在“原子結構”这一章中所指的不可分割的結構是什么呢？这种表面的矛盾是各种关于物質結構的概念在历史發展上的反映。

按照古代学者的見解，原子是不可分割的物質的粒子。羅馬学者和詩人盧克勒茨在“論物性”一書中寫到：“……因为物体是某种我們感觉所不能了解的微粒，那么毫无疑問，不能够再將它們分割成为几部份，从它們的性質看來，它們是最小的东

西……”^①。

对于原子的这种观点存在了二千年。化学家拉瓦錫和道尔顿認為化学元素是永恒不变的。十九世紀的后半叶,偉大的物理学家麥克斯韋还寫道:“原子是不可能再被分割的物体”^②。

一直到上世紀末几乎所有的学者都确信这种見解。十九世紀末叶物理学的勃蓬發展,根本改变了这种对原子的不正确的观点。在对原子这种观点根本破坏的進程中,陰極射綫的發現——在高真空管中的自由电子流,和倫琴射綫性質的發現和研究是最重要的階段。放射性現象的發現具有特別重大的意义。

然后,教师應該簡短地叙述貝克勒耳关于放射性鈾的發現,以及皮尔一居里和瑪麗一居里發現的放射性元素鐳和釷。

如果物理教研室中存有少量放射性鹽类(例如威尔遜云室或閃爍鏡中的放射性物質),就可很容易演示驗电器的帶电現象。

1. 把放射性实验物接近帶了电的驗电器,就引起它的小箔片的張开。

2. 为了达到同样的目的,B. Я. 哈夫里克提出了下



皮尔一居里(1859-1906)

① 盧克勒茨:“論物性”,苏联科学院出版社,1946年版。

② Л. К. 麥克斯韋:“講演和論文集”,苏联國家科学技術書籍出版社,1940年版,第127頁。

面的实验①。把驗电器的金屬殼接地。取下仪器前面的玻璃板，把从閃爍鏡中取出的放射性物質，放在仪器內絕緣的支架上，仪器的軸上荷有正电或負电。放射性物質的电离作用引起了驗电器的放电，于是小箔片間的角度逐漸減小。这个实验的提出还建議先把两个相同的驗电器用導綫連接起來。在驗电器帶电之后把導綫取去，并在其中的一个放入放射性物質。于是这个驗电器要比另一个驗电器放电迅速得多。

可以放映放射性射綫对照相底片的作用(圖1)的幻灯片。

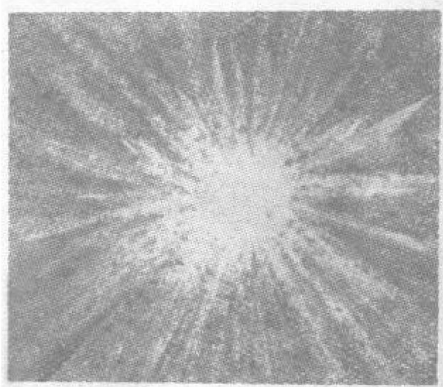


圖1. 放射性射綫作用的照片。

一开始就使学生注意到因放射性蛻变而放出大量能量是十分重要的。对于这一点在課堂中講述(圖2)所描繪的实验是很有說服力的。仪器是由两个用灵敏气压計 M 相連接的小燒瓶組成。它被放置在大的盛水的容器里。每一个小燒瓶中都通过軟木塞的孔插入一个試管，在一个試管内裝着錘 R 。这个小燒瓶中的空气因錘的蛻变受热而膨脹，于是气压計中的液柱就要移动。可以用电流加



瑪麗—居里(1867-1934)

堂中講述(圖2)所描繪的实验是很有說服力的。仪器是由两个用灵敏气压計 M 相連接的小燒瓶組成。它被放置在大的盛水的容器里。每一个小燒瓶中都通过軟木塞的孔插入一个試管，在一个試管内裝着錘 R 。这个小燒瓶中的空气因錘的蛻变受热而膨脹，于是气压計中的液柱就要移动。可以用电流加

① “利用閃爍鏡觀察空气的电离”，“物理教学”，1955年，第3期。

热預先安裝在左面小瓶中的小螺旋綫而把气压計上示度。根据气压計中液柱的移动可以判断放出的热量。可以看到：在一小时內 1 克鐳連同它蛻变时產生的放射性產物放出的热量大約有 140 卡。

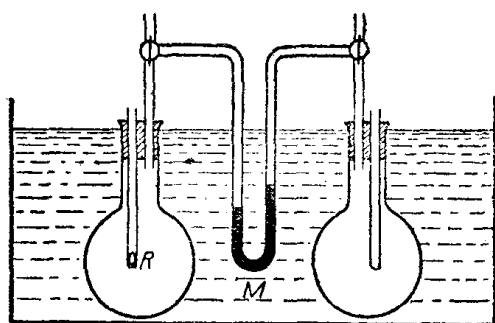


圖 2. 顯示和測量放射性物質蛻变时放出热量的实验。

此外，可以利用画在黑板上的示意图或幻灯片來說明放射性射綫的复雜組成。它受到磁場或电場作用时分成三种独立的射綫①。

必須利用学生已有的磁場对于电流作用的知識。特別重要的是要使学生注意确定帶电粒子在磁場中运动时电荷所帶的符号。要使学生知道， γ 射綫和倫琴射綫一样是不帶电的， α 射綫具有較大的速度和能量，并帶正电；而 β 射綫却帶負电。 β 射綫是自由电子流。把 β 粒子的运动速度、質量、能量和电荷的量值告訴学生。在原子物理学中粒子的能量通常是用电子伏特來表示的。

利用簡單而易制的小仪器——閃爍鏡(圖 3)，每个学生都可以在塗硫化鋅的屏上觀察到实验物質鐳所輻射出來的 α 粒子，虽然 α 粒子看不見，但当它打击在屏上时就激起閃光，这証明 α 粒子是真实存在的。这种閃光可以直接觀察和計数。

如果教研室中閃爍鏡不多时，觀察現象利用課間休息时间

① α 和 β 粒子的运动容易在黑板上描繪出來。但是，應該指出，磁場强度矢量的方向垂直于圖的平面。如果利用电場，那么电場强度矢量應該平行于圖的平面。

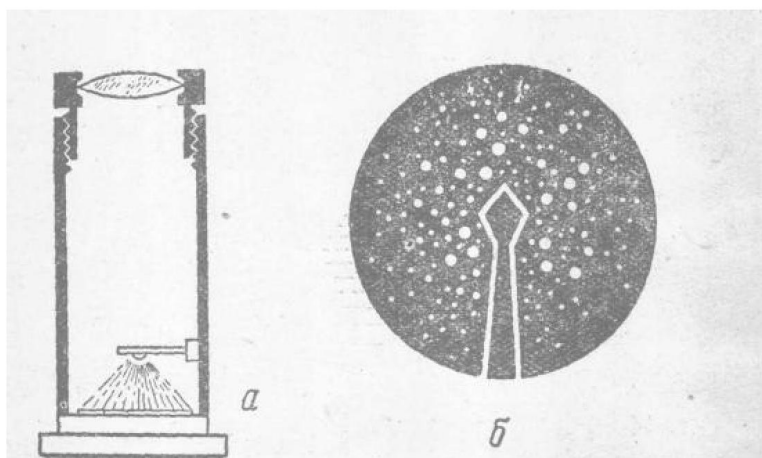


圖 3. 閃爍鏡。

a) 儀器的示意圖；

b) 在屏上的閃光。

在暗室中進行。因此所有的閃爍鏡必須預先安裝好(按正常的眼睛調節閃爍鏡目鏡的焦點)。在觀察的過程中,每個學生可以根據自己的眼睛適當的調節這個儀器目鏡的焦點。

為了說明 α 粒子的性質,必須研究由鐳形成氦和氦放出氦核的現象。可以用盧瑟福的實驗來說明,(圖4)就是這個實驗的示意圖。氦放在管壁很薄的小玻璃管A中, α 粒子能夠自由地通過管壁。這個小管放於較厚的容器B中,容器B的上部是一端封閉的光譜管C。在容器B中利用汞來排斥 α 粒子。經過一定時間使管C放電,就能看見氦的光譜。上述實驗指出了化學元素可以轉變,說明它們從一種元素轉變成另一種元素。

用威爾遜雲室可以給全體學生演示 α 粒子的徑跡。

威爾遜雲室是觀察和記錄快速帶電粒子的基本儀器之一。這個儀器的道理是很簡單的。我們知道,為了使蒸汽凝結須有凝結核心。這樣的“核心”可能是大小不同的灰塵,煙粒等等。

離子同樣也可以作為凝結核心。英國物理學家威爾遜利用了一個現象設計了雲室。它是一個圓柱形容器,器壁和蓋子都用

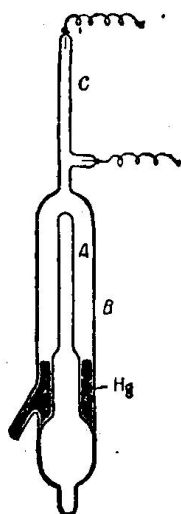


圖 4. 观察氦蜕变
產物的仪器。

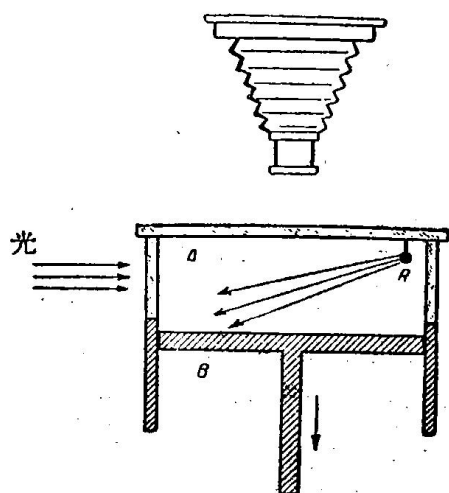


圖 5. 威尔遜云室。

A——云室的空間。B——活塞。R——放射性物質。

玻璃作成(圖 5)。当移动活塞 B 时云室 A 的体積迅速改变。活塞急速下降使水蒸汽变冷而得到过饱和蒸汽。这些蒸汽將在 α 粒子、电子、質子和其他帶电粒子运动途徑中所形成的离子上凝結。用光照耀云室就可以攝下在粒子运动途徑中形成的霧狀水滴的照片，它記錄了这些粒子在云室中的徑跡(圖 6)。

現代的云室具有可以在云室中同时進行蒸汽的膨脹、照明和攝影的裝置。

在解釋威尔遜云室的構造和作用原理时，應該放映这个仪器的幻灯片。

苏联物理学家提出了一种利

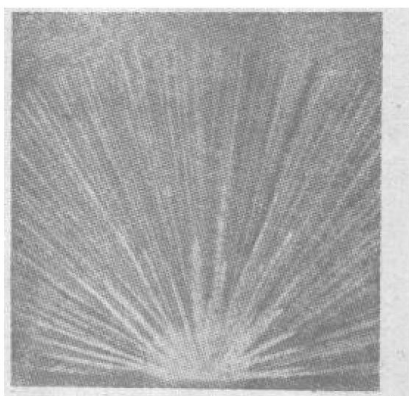


圖 6. 在威尔遜云室中放
射性物質所放出的
 α 粒子的軌跡。