

# 3  
29001

29001

## 譯者序

自一九四五年八月，美國在日本廣島長崎投擲原子炸彈以後，原子炸彈之將如何運用，如何管理與控制，遂成國際間一重大問題。蓋原子能破壞力之巨大，爲任何現今已知之武器所不能及，人類善用之，則能創造新世界，不善用之，則將毀滅現有之文明。何去何從，端視人類之智慧如何以爲斷。人之智慧誠卓絕矣，從未能破裂原子而取用其能力者，今竟能之，然人之智慧，果能利用此巨大之能力於和平，而不運用於戰爭；用於建設，而不用於破壞乎？此誠爲今日人類最迫切之問題也。

於此問題，國內外加以熱烈討論者，已不乏其人，尤於美國爲多。聯合國亦設一原子能委員會，以司其事，而謀解決。不幸因國際政局之未澄清，美、蘇二國間之競爭未已，歲月蹉跎，迄今日久，猶未獲一完善之解決，此有心人所引爲杞憂者也。

擊破原子之理論見諸核心物理學，而核心物理學，已有半世紀以上之歷史。然應用此理論於實際，使用原子炸彈於戰爭，則於二年前始告成功。且能製造原子炸彈者，僅一美國，於是其他國家遂皇皇然不可終日。凡自忖有研究利用原子能之人才與設備者，如英如法，莫不積極從事，蘇聯更不待論。美則猶精益求精，力爭上游，以期保持其獨特之地位。如報載屬

實，則美國今日所能製造之原子炸彈，以視其前年所投於日本者，已有大巫小巫之別矣。

吾國科學素稱落後，核心理學尤為一般人所未習聞，則欲於此方面與他國競爭，豈無瞠乎其後，望塵莫及之感？國父有云：「迎頭趕上去。」此其時矣。

此書簡單明瞭，淺近易讀，吾今選譯之，志在引起同胞研究此可怕武器之興趣，力求獨立之發展，而使我國防安如磐石焉。凡我同胞，其亦願奮起而圖之乎？

梁明致

三十六年五月書於南京

# 原子能是怎樣來的



## 目 次

第一章	舊的原子世界觀.....	1
第二章	新的原子世界觀.....	7
第三章	要記憶的根本事項.....	13
第四章	看一看原子.....	20
第五章	電子的動態.....	33
第六章	擊破原子的機械.....	50
第七章	原子能的神奇力量.....	65
第八章	最新發現和原子能的前途.....	81



# 原子能是怎樣來的



## 第一章 舊的原子世界觀

古代哲學家，對於物質構造的原理，即物質如何構成，有很多的意見。譬如希臘的德謨克力達斯 (Democritus) 就以爲物質是由一粒一粒很小而不能以肉眼看見的小點造成的；如果把一塊固體的東西割細又割細，最後必至不能再割，因已到最後的小點了。德氏以爲這些小點是堅固的，永久的，不能分割的，所以叫它原子 (Atom)，好像砂粒一般的東西；一切物質就是這些原子構成的。

恩納塞哥拉斯 (Anaxagoras) 一派學者不以爲然。他說：「不是這樣，物質不是粒子聚合成功的，無所謂原子。」他的意思是：物質是能夠無窮地分割，無論割至那麼小，總可以再把它再分爲一半。

究竟誰是對呢？實則他們兩位的說理都是猜想，猜想是他們在那時候研究科學的情形。既然是猜想，那末，每個人都可說他自己的意見是對的，別人的意見，並不見得比自己的更高明些。普通人對於物質的構造，或對於一般科學，都不注意的；惟有努力前進的思想家，才對於自然界的事情，肯費他們的心血來研究。

盧克利第亞斯 (Lucretius) 是羅馬的大詩人，也是本領不小的思想家，他寫了六冊關於物體性質的詩，在那詩裏，他擁護原子論的思想。除了德謨克力達斯等哲學家們以外，希臘或其他國家的學者，都未曾熱誠地擁護原子論。其原因或在亞里士多德徹底贊成恩納塞哥拉斯派學說之故。亞里士多德是當時最出名、最得人敬仰的學者，別人得了他的擁護，無異一登龍門，聲價十倍。然真正的科學也許因此挫折了，因錯誤的思想得了名人維護，就是幾世紀以後，也沒有人敢持異議，於是真理的發現終被犧牲了。所以恩納塞哥拉斯的非原子說的謬論，在歐洲直至中古世紀，還保存在世界各大文化中心區，而使人們給它蒙蔽，因此原子說反被完全抹煞了。

牛頓 (Sir Isaac Newton) 與波義爾 (Robert Boyle) 並不贊同亞里士多德的學說，他們也提出物質由於原子造成的意見，然而那時候大家也不相信。

等到牛頓的才名大顯的時候，這個學說，才得世人的重新考驗。

可是牛頓與波義爾的聲譽，仍然不能完全消除人們的懷疑；遲至一八一七年，美國亞當斯 (John Adams) 猶在懷疑這原子說。在他致哈佛大學教授哥爾威 (Professor Gorham, Harvard University) 的函中，還說：「進行你的試驗，有恆，毋倦罷！如果偶然得着一些精深的發現，你只是欣喜罷了，且莫發表關於物質底蘊的實驗觀察。」這古怪的亞當斯又有一次

寫着：「以前我少讀些古文；很爲盧克利第亞斯發表的數字所撼動，但對於他的原子說，我總覺得有些不解。後來我又讀蒲豐(Buffon)的雄文，我不禁又訕笑他的分子學說。」

雖是亞當斯訕笑原子和分子學說的愚蠢，然在英國默默無聞的試驗室裏，却在做些偉大的事業，給訕笑者以警惕了。

達爾頓(John Dalton)是一位英國學校的校長，也是實驗化學家；他早年就相信原子理論，且提出確能令人折服的事實來證明它。在他以前，無論擁護原子說的，或非原子說的。却沒有人想及實驗證據的重要。在那個時候(一八〇〇年)，要提出實驗的證據實在是一件難事；因爲第一就是無儀器，縱使有了儀器，也極簡陋，且科學工作者也須自行設計，製造自己所需用的儀器。當然沒有顯微鏡來看那直徑僅有千萬分之一英寸長的東西。達爾頓一如其他學者極願對於原子說有所發現，可惜只有一雙笨拙的手，無法施展。他實實在在研究到原子是有重量的，然而他未曾稱過原子。他的研究，是從間接的、比較大的物質的重量而得來的。他證實了全一的元素有全一的原子重量，所有已知的元素都有它們自己的原子重量。那時的化學家都清楚地知道：各種東西，包含地球和天空，都是兩大類物質做成的；一類是化合物，一類是元素，後者是基礎的東西，前者是這些基礎東西以各種不同的方法結合而成的。驟聞之，這意思很簡單，但那時的化學家們都不甚注意，後來他們大家才覺得這確是一個重要的思想。爲什麼以前竟沒有人



想到呢？

直到現在，我們祇發現了九十多個原素。想起來，世界上有那麼多的東西，却由那麼少數幾種分子造成的。這真是奇怪極了。

什麼是元素？假如我們說：**元素**(Element)是化學家不能再分析的物質，那元素的定義便簡單了。例如化學家能分化水為氧與氫，無論他怎樣地去做。氧與氫再也不能分化了。

各種元素的原子結合起來，便成一種新單位物質；這新單位物質可叫做**化合物**(Compound)。但達爾頓提議，稱它為**分子**(Molecule)。在我們的世界，有無數不同種類的分子，已算出、已分類的已經那麼多，而那些未算出、未分類的也許還是不少。自然界經過千百萬年造成了那麼豐富的化合物，而我們的化學家却祇貢獻些少的研究。

九十二種元素大多數都很活動，譬如碳、氧、氫三種，在無數天然化合物中，一齊出現着。它們結合時，並不是只有一種化合物。它們的每一個在一種化合物中可有幾個原子，它們的位置如何，它們排列的形狀如何，對於這化合物的重量如何，嗅味如何，顏色如何，密度如何，沸點如何，是否容易燃燒（即氧化）等等，都可從此決定了。總之，任何化合物的物理性質，全靠它所由造成的小原子，和這些原子在它的分子結構中如何排列而定。那末，現在雖是只有知道九十多種原子，然而變更其結合的數目和種類，便能組成千數百萬種的化

合物了。

這是物質構造的化學觀念，直至十九世紀後期，還是這樣想着，化學家與物理學家都覺得相當滿意。這種見解只是看到世界上的一切事物，都好像磚石砌成的那樣齊整規則。但是分子和原子的真正性質如何，却一些都不知道。話雖如此，這種見解，也有實際的用處。譬如說，化學家知道把氫和氧混合而燃燒起來，它們便要爆炸，成水的分子。他們也知道，許多其他元素也能相互結合而產出別的化合物，並且絲毫不錯的，這豈不是很實際而有用的智識嗎？但是物理學家或許不像化學家那樣的心滿意足，因為物理學家更要關心於找尋物質的歸終結底的性質；他們想尋得根本的原因，想知道為什麼天然界的變化是這樣，他們不願意接受膚淺的實證，雖是這種實證也有實用的地方。他們從未看見原子，也從未秤過它；顯微鏡、天平，都太笨拙，不能應用，所以他們對於原子的大小，只能粗淺地空說。至於為什麼這些小原子化合時發生這樣的相互親愛。想起來一定在它們的性質上，有一種能動的特性，這是無疑的了。說明這能動的特性，他們以為無論原子怎麼小，決不是堅硬而不能分割的，決不是僅有外表而無內在力的東西。這確是使人迷惑的祕密。自從法拉第 (Faraday) 成功了他的偉大的電學研究以後，物理學家一天一天的懷疑着，電的神祕必竟和物質的構造有關係的。

這種迷惑的情形一直延續下去，直至原子破裂器出世時為

---

止。這種器具現在有了大大的改良，並且也有極合於理想的立論。原子物理學的重大發展，正準備來臨了！

## 第二章 新的原子世界觀

我們是又粗又笨的人，我們的器官，只能使我們感覺着四周圍很粗疏的一部份事物，我們也好像被圈禁在這個有限的空間裏面。我們讀這本小書的時候，無數小點子，就是房屋中空氣裏面的原子和分子，都用大力來猛擊我們的面皮和手皮，可是我們一些都不覺得。有些光線，我們的眼睛也看不見，這些光線叫做暗光線 (Dark light)，它常是跟着我們可以看得見的光線來的。宇宙間的小點子，鑽進我們的牆壁，刺入我們的肉體，好似灰塵飛進鐵絲做的雞籠裏一樣。究竟它們在這廣大無邊的空間，從何處來的，只有天曉得了。

我們四周的物質，是怎樣的呢？這塊鋼，那麼硬，那麼韌，究竟是一種什麼東西？那塊和鐵一般硬才拋入池中去的花剛石，又是什麼東西？我們可說：的確沒有東西更比這些堅硬，它們的原子或分子必然排得那麼緊，任何微小的東西都不能擠進去了。那裏知道這塊鋼和花剛石的裏面並沒有那麼多的物質，實在還是一個空曠的空間呀！這真奇怪得很！但是我們切勿聽了這句話，就向靠近的牆壁撞去，不惜撞傷自己的頭骨，去做一個反證。我們目前姑且不去討論它，還是接受這四圍的物質都是空間的思想罷。

假使我們說：全世界的人都去計算一滴水中的原子數目，也要一萬年才算得清；又或說：一隻玻璃杯中水的原子數，就

和大西洋裏有若干玻璃杯水那麼多；這種說法，還是不能幫助我們想像出原子或原子所造成的物質究竟小到怎樣。分子比原子大，但就是說出分子真正的大小，也沒有什麼大意思。如果必須要說出分子的大小，那麼分子如同原子一樣，它的大小各有不同，但是沒有一個分子的直徑可大於一億分之一英寸的。人們對於千分之一英寸，已經不容易看得精密，何況百萬分之一，或一億分之一呢？所以數目的空論，是無益的，不能令人滿足的，祇是使人驚奇罷了。

那末，我們想去說明對於物質的見解，給物質在萬物的構造中一個適當的位置，要怎麼辦呢？說一句笑話，假使我們服一粒仙藥，使我們的身體縮小到同一個帶有負電的電子(Electron)一樣大。那麼我們就可以在物質之中，（這是平時為人跡所萬萬不能到的地方，）自由漫游了。這種旅行或許能夠幫助我們，更能想像出原子裏面的實情如何？

仙丹服下去了！除了我們自己變得小之又小，而我們四圍的東西每件都似變得大之又大以外，其他感覺，一切都沒有。回頭環顧房子，看到牆壁，那是越離越遠，天花板原可以手觸得到的，如今慢慢地升高，升到和天空那樣高。最後它們竟像匿跡而不可見，我們可說是進入漫無邊際的境地了。

這時候，我們不再是舒服地坐在椅子上了，而是被廣漠無垠的大沙漠所包圍着。這沙漠是什麼？就是椅面上的布。在這沙漠裏有高山，有深谷，其實都是布線做成的。登山越谷，要

有幾個鐘頭，吃力得很，才能夠達到椅子旁邊，去俯視地板。但這地板現在已經完全看不到，像黑漆一團了。

我們覺得寂寞極了，但決心再向前去，雖然目的還很遙遠。現在我們已小到能坐在一條大布線的頂上，可以俯瞰下面張口般的大隙，而遠望另一條鄰近的線，但已遠到幾乎不可見其面貌。不過我們仍是巨人，仍是太大，不能摸到分子，更談不上看見電子，我們自問：那些直上雲霄而不能見其頂的是什麼東西呢？冷靜地一想，便知道它們原來就是我們四周的布線分散出來的纖絲。它們形成一種奇怪的叢林，為真實的世界上所未曾看見的。

啊！真奇怪了，我們頭昏了，好像向無底之坑跌下去，這是怎麼一回事呢？實則我們寸步都沒有移動。這時許多線和它們的纖毛都消散了，我們開始向各分子間的空隙裏滑下去，那時情形真是又快又靜，又可怕。偶然有一個電子，為着某種關係，要離開它的正常軌道，用非常大的速率飛進鄰近軌道的時候，我們便可在這裏或在那裏看見它發出新奇而令人目眩的閃電。然而電子本身的動作，還是不能看見，因為我們還是太大，不過若有分子從我們旁邊溜過，那末我們總算小得非凡，可以看得到它的蹤跡了。分子是永遠不休息的，受了熱的激動，它便依照熱力學的定律而碰撞的。最初分子們像一羣小點排成又長又闊又厚的塊子，但不久它們也消失了，因為我們現在已是進入原子和電子的境界了。

最後我們變得更小了，原子也看得見了。在最初的時候，它們還是很小，仍舊是分子的幾何模型中的微點，後來因為我們縮小，原子覺得變大了，竟像那幾何模型一樣大了。原子的核心就首先出現在我們眼前。因為它在原子中是最大的，而原子的質量，大多數——實際上也可說全部質量——都在這核心上。這核心最初看去，好像一個堅硬光潔的圓球，但後來我們再縮小，又看出它是分裂着，看見它是兩種更小的點合成，——這兩小點一個大，一個小。離開原子核心很遠之處，更有等於這核心中的小粒子一樣大小的小點。這些小點衝來衝去，有些接近核心，有些離開核心，但都循着一定軌道而行動，好像地球繞日、月亮繞地一樣的，它們就是電子，可說是原子世界中的衛星。它們行動很快，一秒鐘便能環繞原子核心數百萬次。照物質的通常的意義來講，它們是沒有質量的。原子核心裏的小點，有些也是電子，所以也沒有質量的。

這時候，我們還沒有縮小到像電子那樣小，所以我們還要冒險前進去。最後，我們縮得很小，原子核心消失了，和它聯繫在一起的電子也消失了。當我們縮到和一個電子一樣小的時候，有一個時期，我們覺得已經迷途在無物質無小點的宇宙中間了！什麼都看不見了！我們隔絕在一個真空的區域裏了！然而我們還是行動，還要前進，走了幾個鐘頭，還沒有什麼表現在眼前。也許要走幾天幾月，甚至幾年，才碰見一個電子，至於原子或它的核心，更不知如何可以碰着它。電子離開原子核

心還非常遠，約如太陽旁邊的行星離開太陽一樣。我們的太陽遠在地球九千三百萬英里之外，這樣的比例，也許是電子距離他們的核心的比例罷。

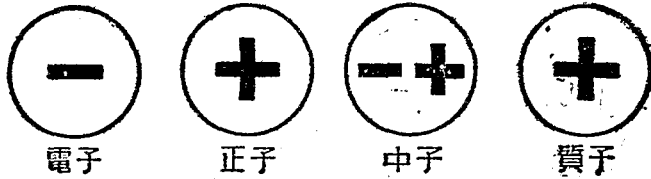
原來如此，難怪我們要等幾天幾月或幾年，才能夠看見一個偶然的電子閃過。所謂物質的稀薄性就是如此，這樣的神奇，真是宇宙間的鬼怪呀！充其極而言之，不過是一羣的電子罷了。這句話，將來我們會知道的。現在沒有一個科學家敢說物質是堅實的。就是假定原子核心有堅實性，而電子環繞四周，空隙很大，那麼物質本身，也不過是由於無數相距很遠而有系統地分佈在很大的空間中的小點所組成而已。這很大空間的大小，比較分佈在其中之許多小點的大小，正是相差懸殊。那麼我們的身體如果可能充分的壓縮，那剩下來的部分，就是真真正正的物質，祇可以放在一個針頭上罷了。

廣泛地說起來，我們的大宇宙，也是十分相像於這種情形的。空間只有其最小的部份，才為行星或恆星所佔據，其餘都是空的，就是空氣也沒有，要想在這宇宙中間任何部份看見一個立方容積裏滿貯物質，真是不容易的。

以上所說，是近代物理學家告訴我們關於原子及原子所造成的物質的思想。他們不像古代的物理學家，未曾教我們奉信這種思想。因為他們也未曾看見原子，但他們曾用巧妙器具，和許多方法去計算它，他們試驗所得的資料，實在可以使人信服，正像他們演繹出來的理論使我們驚奇一樣。



所有原子系中的小點（科學家混稱做次原子，）非帶有正電，即帶有負電。但那和質子（Proton）共同合成原子核心的中子（Neutron），那是中性，不正不負。現在把它們用圖表明如下：



第一圖 原子系中的小點

### 第三章 要記憶的根本事項

物質的幾個普通性質就是重量、顏色、密度、光滑、粗糙等等。至於它能夠帶電與否，通常不看做一種性質，其實也可列入的。世界上大多數的東西，都可帶有多少電量，但因情況不同，電量隨時變化。在適宜的狀況之下，一個物體所帶的電量可以保留相當時間，但手續要極周密的。電可以積聚，也可以飛散，有些在一轉瞬間便飛散了，譬如一個人在冷天走過了毛氈之後就帶一些電，再觸到金屬的東西，所帶的電，立即飛散了。

更有趣味的，電只有一種，而物體上的電荷（Charge）便有兩種，一是正的，一是負的。實則其中的一種，就是因為物體上缺少或逃去了電的表示，以電的量度來講，這些物體上的電，要算在低量度。假如另有一物體放在旁面，它的量度較高，那麼量度較低的物體，便立刻有電流入了。

假如我們的眼睛夠大，能看見電荷，那末在任何時候，都可看見電由一點跑到另一點，這裏堆積起來，那裏又顛倒下去。電是不休息的，跑來跑去，永遠找尋平衡狀態，但又似乎永遠找不到的。

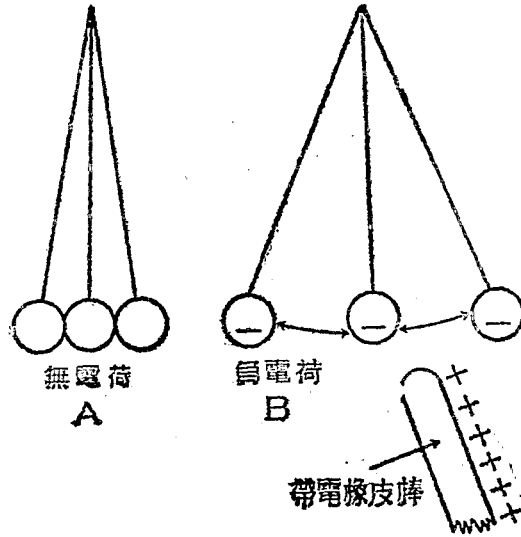
為說明便利起見，我們叫這兩種電荷一為正一為負，但我們的興趣，却在這兩種電荷相互間的作用是怎樣？世界上一切東西，彼此都是比較的，不是絕對的。有些東西，比起它們四

周的物體來，帶電程度少得很，甚至到沒有器具能夠測驗得出。倘欲發生多量的電，那麼我們已經有很完善的發電設備，可在絕緣的傳電器上積電，甚至能夠發光。這種電光，可以代表每一百萬伏特（Volt, 電的壓力單位）的電，能在相隔十五英尺的兩個金屬球的中間橫過着。

如果一個人不懂吸拒定律（Law of attraction and repulsion），任他如何聰明，總是不會了解電的真義。假如沒有這定律的提示，世界上便沒有電話，沒有電報，沒有汽車，沒有無線電，就是沒有電的存在。從其主要點說起來，電不過是有動的電荷和靜的電荷罷了。當電荷在靜止時，像一塊帶電的蠟，或是我們在乾冷天梳過了頭髮的梳子上發生的電，這種都是靜的電。如果電在行動，像在銅線上流過的，那就叫做動電。無論何種情況，總是電。

電荷是最重要的東西，讓我們再來談一談。試看第二圖裏那些帶電的小木髓球，就可知道，要使物體帶電是容易的。把一塊法蘭絨輕快地擦一枝橡皮棒，那棒的面上，便很快地積起許多電。不單是這樣，那棒且有吸力，能把紙屑和木屑吸起來。那擦棒的法蘭絨上面，也帶有電。實則任何兩個不相同的東西，相互摩擦起來，都會生電。

第二圖 A，有三個沒曾帶電的木髓球，用絲線懸掛着。在沒有帶電的時候，它們受地心吸力，擠在一塊。如把一枝經過毛布擦過的玻璃棒觸着，給它們一些電，它們再也不能夠擠在



第二圖 木髓球的帶電

一塊了，好像它們中間有一種彈簧般的力，使它們立刻散開（第二圖 B），直到它們面上的電漏散到空氣裏去才止。

但是當這些帶電的木髓球相互排斥的時候，把另一枝也帶電的橡皮棒移近它們，那些球就會發狂一般的趨向那棒，而圍着在棒的上面。一枝受了電的玻璃棒，仍然會把它們分開。這很清楚地表明兩種電荷有相反的行動。正像上面說過，一是負的，一是正的。

既然所有物質，都假定它的根本性質是電，既然維繫物質的機構，都是用電來做基礎，那末，下面簡單的定律差不多可以說是整個宇宙中的金科玉律：

1. 同電荷，像負電和負電，或正電和正電，彼此互相推拒。

2. 異電荷，像負電和正電，彼此互相吸引。

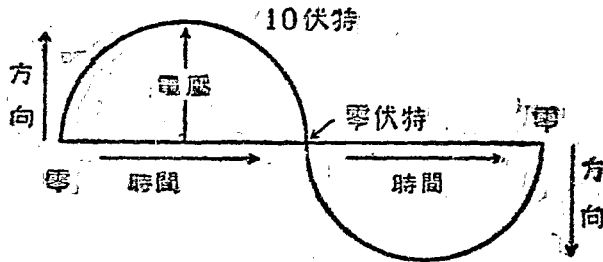
我們想明瞭如何分裂原子，除非把這些定律記在心裏。不然，便不能夠了解本書以下各節的意義了。

也許有些人會覺得我們的說法有錯誤，尤其是我們說到電或電荷有兩種，一是動(流的)，一是不動(靜的)的話。他們或以為比較正確的說法，應該是分做交流電和直流電。其實這句話也不是的。因為這些也都是流動的電，一種是在同一個方向流動，他一種是方向交換的。交流電是在它的傳電器上，前後往返的。這往返的速率，叫做電流的頻率(Frequency)即是每秒鐘轉變方向的次數。假如它每秒鐘往返要有一百二十次，那末就是有六十個循環。這還是低頻率的電流。無線電發送機可以發生高頻率的電流，而在每秒鐘裏改變其流動的方向，要有幾百萬次，或幾十億次才可。這種能改變方向幾十億次的電流，可以稱為超高頻率(U.H.F., ultra-high-frequency)。

剛纔我們何以中途忽然插說交流電？因為要想明白了分裂原子的設備，所以必須懂些交流電的性質。

再看第三圖，更能了解交流電的動態。這圖裏劃着的橫線是代表時間，十足有一秒鐘。如果我們一想電流的速率那麼大，這一秒鐘也是相當長的時間了。橫線的上面代表電流的一方向，下面代表另一方向，正像箭頭所指示的。橫線同時還要

代表零度電壓。譬如有一百十伏特電壓的交流電，轉換方向時，便要通過這零度的地方，以後它就在反對方向流動。在那裏再把電力增長起來，經過了四分之一秒，它又達到了一百十伏特的最高度。於是它又用同一的速率跌回到零度去，而再從這零度起，在相反方向，把上面所說的全部高低變化的程序，重做一番。

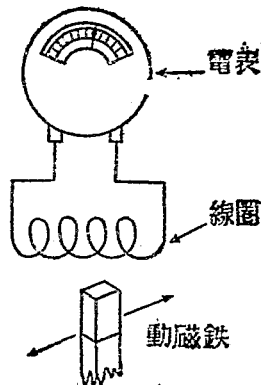


第三圖 交流電的動態

在各種要點之中，我們也要知道磁(Magnetism)的性質。縱使我們不能說它即是電的一部份。磁和電總是很親近的，我們至少要知道：有電流動的地方就有磁性；還要知道，如果一條磁鐵在螺旋形電線旁邊行動，那電線上就要發生電流；磁鐵的行動不止，電流的流動也不止。電流的方向，依照磁鐵行動的方向而定。

電在傳電器或在電線上流過，也要在那器或那線的周圍發生磁場(Magnetic field)。磁場的力量，或範圍的大小，全靠那電流的力量；電流的力量越大，磁場的力量也越大(看第四

圖)。

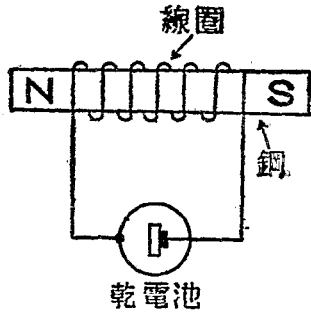


第四圖 電流產生磁場

帶有電流的電線纏在鐵心上，它所發生的磁場便能夠集中而力量增大；它有較大的吸力，它的吸力能達得很遠地方，這種螺旋形電線繞着的鐵棒，叫做電磁鐵 (Electromagnet)。電磁鐵的磁性和通常的磁鐵一樣。因為無論它的來源如何，磁性總是一樣的。

電磁鐵通過了電，如同磁鐵一樣，也有一個北極，一個南極 (第五圖)。假如那電流是交流電，那麼它所發生的磁場，便前後擺動，如同跳舞一般，因為電流每秒鐘改變方向要有好幾次。假如那電流是六十循環的交流電，這電磁鐵每秒鐘改變它的極性 (北極和南極) 便要有一百二十次，螺旋線的末端在一時候是南極，另一時候是北極。這點也很重要，切須牢記，因為現下所用各種巨大的原子破裂器，其中一種便是每秒鐘改

變南北極性要有幾百萬次的。



第五圖 電磁鐵

前面已經說過，同種的電，像正和正，或負和負，互相推拒；異性的電，像負和正互相吸引。磁鐵與電磁鐵種類雖是不同，它們的功用還是一樣。把兩個北極，或兩個南極接近起來，便覺得有力推出。但如果一個南極靠近北極，它們就表示相互吸引。如果磁鐵或電磁鐵的強度足夠，我們竟是不能把它們分開。這是很玄妙的，但是還沒有滿意的解釋。

記住了這些簡單的事實，我們便可前進去探視物質的神祕；現時代最激動人最盪感人的怪事，就是原子如何分裂。



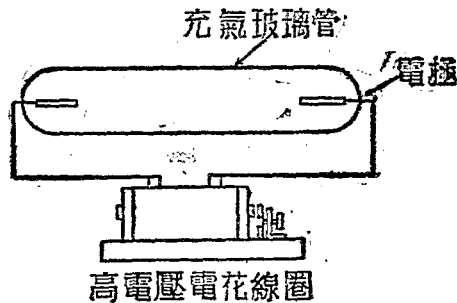
## 第四章 看一看原子

自從達爾頓的定律出世以後，化學家把物質的原素有系統地列成一表，從最輕的開始，到最重的爲止。氫是已知的原素中最輕的，當時列在表裏第一位；鉛是當時最重的，就列在末位。現下氫仍然坐第一位，而鉛則在十九世紀後期，讓位給兩個新發現的原素了。這兩位新客，一名鐳 (Radium)，一名鈾 (Uranium)，都比鉛重，而鈾又比鐳重。所以鈾居末位了。以後也許還有很多新客，逐步推進來，安插在表裏相當的位置。例如氣體的氦 (Helium)，氬 (Argon)，氙 (Xencu)，氪 (Krypton)，氖 (Neon)，及固體的釷 (Polonium)，釷 (Thorium) 等都是後進了。

還有一個研究，很是動人，而且因此發現電子和原子構造的關係。這研究是始於十九世紀下半期，克洛克斯爵士 (Sir William Crookes) 是一位英國有本領有毅力的科學家，當時細心考量着所謂氣體中的放電現象，我們通常以爲氣體（像氧或氫）不能傳電，但當電壓夠高的時候，也能在它們中間流過閃電，就是這個例證。

關於氣體中通過高壓電的試驗，是用兩枝細白金線封入一個玻璃管的兩端；在這玻璃管裏，先除去空氣，而後裝入要研究的氣體。這個佈置，像第六圖所示，絲毫沒有複雜。一經通電，管裏氣體便發光，光的顏色隨氣體的不同而異，但一種氣

體就發出一種的光。這個方法，現下有些化學分析，仍然利用的。霓虹招牌和人造螢光（日光燈），都是利用這些早期試驗而創造的。後來湯姆遜（Thomson）在發現那不可捉摸的電子時所用的放電管，也可說是這些試驗的後進。



第六圖 氣體導電

克洛克斯爵士的工作，在集中科學家的注意於發現電子及成立電子學的研究上，比任何人的工作，都來得偉大。我們不妨談談他的試驗罷。

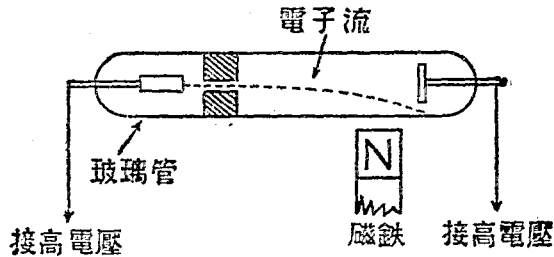
克洛克斯爵士所用的玻璃管，和其他科學家所用的一樣，或者他的器械，比較大些。他也在試驗高電壓下的電通過真空的現象。在這試驗裏，他觀察得到，在簡陋設備所能獲得的最大真空中間，電仍能在管的兩個電極之間繼續流動。這兩電極一個是電進入的叫陽極（Anode），一是電輸出的叫陰極（Cathode）。當電在流動時候，管裏發出一種奇怪的藍光；克氏以為在這個形似臘腸的玻璃管的兩電極之間，必有一種實質

的射線經過着。不過因為這種線在陰極地方出現，所以他就叫做陰極線。這個名稱，現下還是廣用着。

克氏的心思是靈活而有力的，他對於這陰極線的真實性質，便有許多猜想；他以為這線決不是普通的光線。既不是普通光線，那麼，它是物質的小點嗎？倘是如此，它出來時候會受磁場（即磁性吸引力）的影響嗎？他就去試驗一下，竟發現了把強磁鐵拿近這陰極線，那線立刻就離開了兩電極間的正常路徑；磁鐵的一極推它到某一方向，磁鐵的另一極就推它到相反方向去了（第七圖）。無論如何，這線如果真是一種光線，那末它不會給磁力所左右的了。

克氏做了這個比較簡單而却又出色的工作以後，他又確信着他所試驗的不是普通物質，而是另一種的物質；他高興地稱它為輻射性的物質。他以為這線的不同於普通固體，正如普通固體之不同於液體。普通光線不受磁力影響的，從這一點說來，克氏的假想，一定是對的。他對於科學最大的貢獻，便在發現了那種要受磁力影響的神祕射線。這發現是一個萌芽，是一顆種子，後來發明的眩耀人們的電子學（Electronics），便是它的果實了。

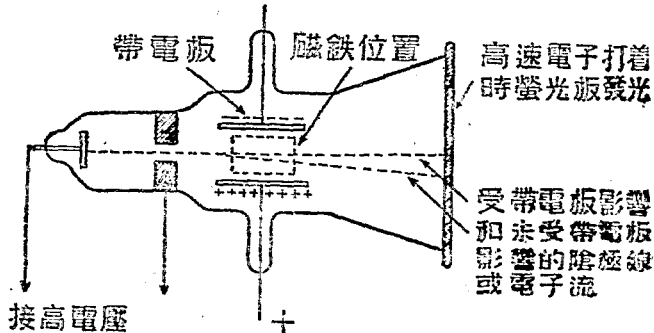
克氏之後，英國劍橋實驗物理學試驗所裏，有許多才具很好的青年科學家。其中之一就是湯姆遜教授（Prof. John J. Thomson）。他知道了克氏的發現以後，渴想繼續克氏的工作，便自己去造一套儀器，來幫助研究。



第七圖 陰極線的彎曲

湯氏想：如果在陰極線管中的線要受磁鐵的影響，為什麼它不受靜電場 (Electrostatic field) 的影響呢？靜電場正像磁場一樣，也是看不見的，但是容易產生出來。像後文中第十四圖所說，兩塊金屬板，和一個電池相聯，彼此分開，中間就成了一個看不見的電力場。如果一個帶電的物體，放置在這兩板中間的電場裏，它就會被一個板吸去，而受另一個板的排斥，要看它自己的電荷是怎樣來定的。

他所造製的簡單而巧妙的儀器，如第八圖。在這新設計的



第八圖 陰極線在電場中的影響

陰極線管裏，放着二個小金屬電極（在圖的左邊）。這些電極接着最高的電壓，就會發生一行電子線，向管的中部射出去，再經過二塊封在管中而帶電的金屬板。當經過這些金屬板的時候，電子的行列竟改變方向，而傾向於正電板，這因電子本身帶負電的緣故。他用這個簡單設備，竟發現了很多關於電子的知識。

靜電場和磁場是一樣的，也能把電子的行列彎屈起來，他得到這個結果，驚喜異常。於是再造了更大的玻璃管，利用高度抽氣唧筒，使玻璃管中的空氣，抽到比海平面上的空氣更稀薄，不下三千萬倍。他試驗了不止幾星期，也不止幾個月，竟費了幾年，直到一八九七年，他積起許多試驗的資料，才向世界公佈。原子的堡壘，到這時候才被打破了，物質原來是小電點所組成的，這句話大致不錯了。他說：這小電點只有等於各原素中最輕的氫原子重量的一千八百分之一。

這小電點，斯通尼博士 (Dr. Johnstone Stony) 後來叫它電子 (Electron)。它是帶負電荷的，所以它是負電點。後來更證實，不止物質的根本性質就是電，而且電流也不過是這些電子的流動。這些電子是由電池或發電器的負極出來，而歸於正極；換句話說，它們受負極排斥，而被正極吸引的。

他再想着：一羣負電子是彼此相互排斥的；如果強迫它們聚在一塊，它們就要分開，正像絞緊了的發條一經放手而鬆開一樣。那末，我們可否把它們聚集起來，而成功一顆原子呢？

當然不能，各種物質的原子裏，必定有一正電，它的電量等於電子的總負量。他以為這正電也許就在每個原子的中心；所以有好些時，都假定每個原子的核心是正電性的東西所組成；有一個電子，就配着一單位正電。並且每個原子裏有幾許電子，所以也必有幾許帶正電的東西。這個幾許的數目，相當於原子的重量，原子越重，即其質量越大，它所有的電子和帶正電的東西也越多。

他的理論固然是美妙而簡單，但是也有未盡善之處。譬如如何以正電核心不把所有電子吸到它那邊去？什麼東西阻止它這樣做？湯氏和他的同伴就想到這一定是因為電子好似太陽的衛星，只能向核心旋轉罷了。例如氫原子，只有一個電子，和一個在它中心的正電；電子繞着那正電而旋轉，其旋轉次數或多至每秒一億次。原子越重，則其所有的電子越多，於是這些電子就在許多層的軌道上旋轉着。自從湯姆遜發表他的著名試驗以後，電子的理論大致奠定了。

雖是這個理論不能完全使人滿意，但對於假設世界為永久不變之小型拾球般的固體所堆砌而成的思想，和當時學者所提出的許多問題，總要比較合理些，比較有意識些。他未曾揭露宇宙的祕幕，祇是捲起這祕幕的一角。然而全世界的科學家受了他這種新的感召，都加倍努力去尋求宇宙的神秘了。

在湯姆遜發表電子說一年以前，法國有一位鼎鼎大名的物理學家裴魁爾 (Henri Becquerel)，也曾做了一個很神秘的

試驗。這試驗亦有許多價值，對於電子理論，增加不少的證實。

斐氏偶然把幾張沒受過光的影像片，放在試驗室裏一只抽屜內，和幾塊表面上似乎沒有變化而帶有鈾質的礦石放在一起。後來就照常沖洗那軟片，而在使其顯影的時候，斐氏發現了每片都有些地方模糊不清。他是很精細的，認為這是由於鈾礦的作用。為證實其懷疑起見，他再做了一個很簡單的試驗；再把幾張新的軟片用黑紙包得很好，裝在全不透光用硬紙所做的容器裏，再拿一小塊鈾礦放在這包裹的上面，然後放入全不透光的抽屜裏去。

後來把這些軟片取出來不使受光，但在顯影時，仍有模糊不清的地方；這顯然由於鈾礦出來的一種看不見的放射作用。這個試驗，覺得特別有趣和有意義，因為前兩年雷琴(Roentgen)才發現X線。而現在自然界裏，也能夠放出如同雷琴的真空玻璃球，受高電壓的激動時所發出的強烈而能深透的X線一樣，這是多麼奇怪！

斐氏因此迷惑了，急想求助於其他物理學家。他偶然地把他的奇怪的經驗，告訴居禮夫人。居禮夫人本來正在做一夠有趣味而且與斐氏的試驗有相當關係的研究。聽了斐氏的話，她和她的丈夫便接受了斐氏未完成的工作，設法去取出那能從一塊普通物質發生X線的東西。

經了幾年不斷的努力，居禮夫婦到底發現了一種新元素

——鐳，並且還知道一件驚人的事實。就是鐳元素天天在把自己破裂，天天在用射線或小點的姿態，散佈其本質。還有須注意的，這種自毀的變化，沒有他物能夠阻止它的。極端的熱、冷或壓力，都無法攔住這原子內部自然而動的力量。

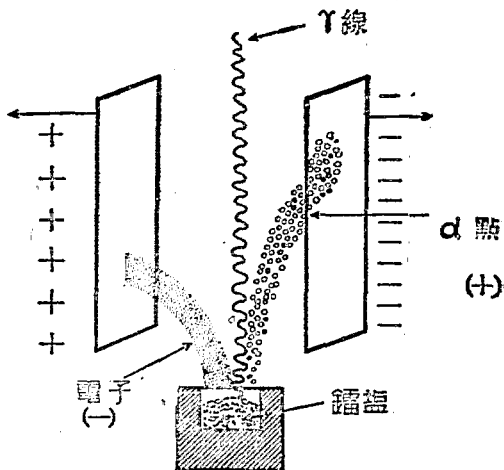
最後，這兩位夫婦科學家又找出，雷琴發現的奇妙的X線，鐳也能發出來，它用每小時一萬英里以上的速率發出兩種小點。其中的一小點，受磁場和靜電場的作用，都可彎屈它的正常路徑。總之，這小點恰如克洛克斯和湯姆遜用真空管發現的小點一樣。那末，鐳是發放電子嗎？是的。第一種小點，像X線的，叫做 $\gamma$ 線（Gamma，希臘第三字母）；第二種是電子，雖是一小塊祇在顯微鏡裏才能夠看見的鐳，每秒鐘也要發出無數百萬顆的電子，這電子叫做 $\beta$ 點（Beta，希臘第二字母）；第三種叫做 $\alpha$ 點（Alpha，希臘第一字母），後來就知道這 $\alpha$ 點就是氦元素的原子核心。

科學的研究，到這裏便根本搖動了！舊時代的原子世界觀念，給克洛克斯、雷琴、湯姆遜和居禮夫婦澈底推翻了，昔年赫胥黎（Hexley）、斯賓塞（Spencer）、丁鐸爾（Tyndall）和其他物理學者，對於一切問題都有一現成的答案，這種自以為滿足的態度，現下消聲匿跡了。新的活動範圍，可以看見了，所以一切的努力現在要從新佈置，重起爐灶了。

加拿大的路得福（Ernest Rutherford）比較居禮夫婦更多一些證明，就是這種放射完全是從鐳來的。他簡單地把一小塊



鐳放在一個大磁鐵的兩磁極中間任它放射罷（第九圖）。他察得一部份放射線彎到一方向，另一部份彎到相反的方向，而第三部份竟然不彎。鐳的放射線，也可以任憑它們經過兩個帶高電壓的金屬板而分開。電子被吸向板的正電， $\alpha$ 點則被吸向板的負電。其 $\gamma$ 點則



第九圖 鐳的放射線

近於 $X$ 線，而 $\alpha$ 點後來證明為氦原子的核心。顯然，這裏所表見的，與數年前克氏管、湯姆遜管所表見的，其中必有些關係。雷琴也表示 $X$ 線即 $\gamma$ 線，也可以用人為的方法發生，它與由鐳發出的 $X$ 線是恰巧一樣的。

單說鐳原子天天在放射，還是不夠；說得未免太簡單，還不能解釋什麼。電子的存在，已相當確定；但是說電子可組成一個原子，則沒有事實證明。至於說到鐳原子破裂的結果，一部份是產生無數億的電子，那麼這是比較的確實了。但是仍舊不能滿足一般有更深刻研究的物理學家。

古時煉金術士曾經幻想着改變普通元素為黃金，多少人耗費了畢生之力於此事，但是到底沒有達到目的。如今發現了

鐳的放射作用，就可給人們一個新的努力方向。因為自然界既有一物質（即鐳）常常自行蛻變成功比它自己稍輕的鉛質和第一種最輕元素——即祇重於氫的——氦，那末，人們就有以人為的方法改變一種元素成另一種元素的新希望了。

在鐳和它的放射作用發現以後，路德福就首先想及這種蛻變的特性。但是他却並沒有做過發財的夢。假如鉛能夠變為金，其實也沒有好處，因為這樣就要減低金幣的價值。路德福只想證明當時已成立的電子理論是否確實。他不是有從鐳射出的速率每秒二萬英里的原子彈丸供他使用嗎？如果把這些原子彈丸一直射到其他原子裏，那末，將發生什麼呢？會不會有些彈丸，射中其他原子，而竟把它破裂呢？會不會從其他原子打下幾許電子，從此就使這被擊的原子根本改變它的性質呢？假使來自鐳的電子直射到其他原子，能不能使這些電子留在被射中的原子裏，使從這種原子組成的元素在其化學行為上發生一永久的根本的變化麼？這種研究的期望是很大的，很能誘惑人們的。所以路德福必須要出全力以赴之，熱心而又忍耐。假使沒有那樣忍耐的功夫去做這工作，核心物理學在今日的進展如何，還是一個問題。

路氏所試做的實驗，仔細想起來，也並不見得十分動人。就是在那時候，也已經有了證據，表明物質的原子裏大概是一個空間；各個電子和別一個電子的距離，或是各個電子和原子核心中間的距離，比較電子或核心的大小，那是相差很大的。

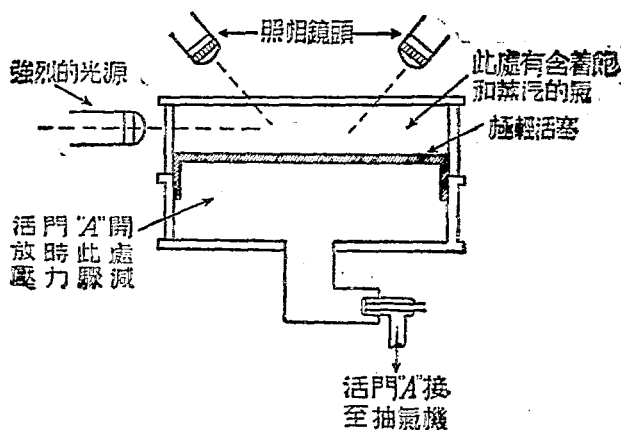
但是路氏知道要實驗起來，決非一朝一夕可能完成的。最後他忍耐地工作了數年，用巧妙的方法，才得到重要的收穫。

第一，他以爲不能太希望着打擊電子的成功，因爲在較輕的原子裏，電子很少；不單是它們走動的空間比較它們的大小是非常廣闊，而且它們繞核心而走，也非常快，每秒鐘要繞幾百萬次。那末，想打着它們，就無異於想從美國波斯頓去射中在大西洋中間的一個目標。

談到打破原子之先，我們須把另一原理和一器具介紹一下。單純的一具光學上的顯微鏡，自然不夠看見電子、原子、或分子的。假使我們不能察出電子或其他小點行動的蹤跡，就想得到今日我們所有的原子知識，那是不可能的。

有一天，湯姆遜去訪問威爾遜(Charles T. R. Wilson)，就和威氏討論，在一個威氏所發明的「霧室」裏，研究結霧成的時候，計算塵埃所用之原理，可否應用於電子的窺測。

威爾遜用巧妙方法來計算塵點的。在他多年研究的結霧實驗裏，他察知那霧室裏的空氣忽然膨脹而冷卻的時候，其中所含的水氣凝結在看不見的塵點上，而把這些塵點做核心（第十圖）。他就設計了一小箱子，放進帶有水汽的空氣和小到看不見的塵點。然後用特種的唧筒抽去空氣，使它急速膨脹，因此溫度變冷。在這情形之下，水汽便凝在塵點上，這是什麼理由，當時他自己也不甚了解，祇見小箱子裏充滿了小霧點罷了。



第十圖 威爾遜霧室

湯姆遜頗熟悉威爾遜的霧室實驗。他想：這小箱子式的霧室，能否用來解決電子問題？電子會不會像塵點一樣，聚集而凝固着少許的水汽，因而使它自己的行動表現出來？湯氏知道得很清楚：塵點雖是那麽小，但一定大於電子，無止數百萬倍。他又想着：每個塵點也許帶着一些電，而這些電也許就是水汽凝結在塵點上面所產生的。總之，霧的小水點是把塵點做核心的，這類核心是形體很小而帶電的一種東西。電子既然是一個單位的負電，當霧室裏的壓力忽然下降，室內的空氣忽然膨脹的時候，也許它自己可以做核心，而使霧室裏的水汽凝集在它上面了。另外一個特別配置的強烈光源和攝影機，便可用來記錄這試驗的結果了。

雖當時威爾遜不甚信服湯姆遜的推理，而且湯氏自己，也

不敢自信有些把握，但是威氏到底照着湯氏的意思做去。經過數年的辛苦，才發現那顯為電子所凝集的水滴。這水滴成功銀線形，能在霧點中穿過。

這是一九一一年事，湯氏和他的同伴知道了，皆大歡喜。電子確是不能在威爾遜的霧室裏看得見，可是它的蹤迹是明顯的；當它走過室內的時候，它留下一條很薄的水線痕跡；這痕跡雖是很小，但還是夠大，足以捉獲和反映出最微小的光線。不單是電子能夠如此觀測，就是 $\alpha$ 點的痕跡，也能夠看的。我們的設備，雖是不能使微小的東西看得見。但總可以曝露出它的行蹤，這是一件最重要的事。因為假使沒有威爾遜的霧室，恐怕電子學和核心物理學的全部知識，到現在還是和當時湯氏所遺留給我們的不明瞭情形，相差不遠。

$\alpha$ 和 $\beta$ 小點的速率都是非常大，甚至最快的攝相機也沒法攝取它；但是它們能留下痕迹，洩露了它們的行蹤；這總是重要的發明。威爾遜確是近代科學的英雄。他因為對於電子學有這樣的貢獻而竟獲得諾貝爾獎金，這是十分應該的。

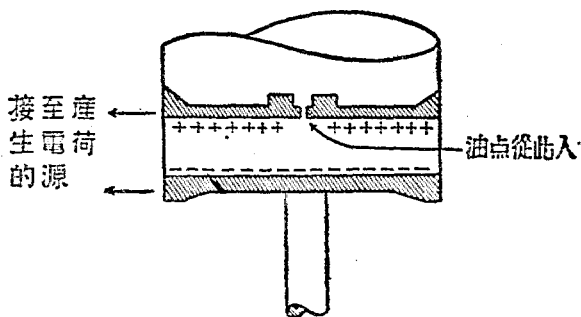
(注) 凡原子或次原子(即小於原子的小點)經過威爾遜霧室都能表現它們的行蹤和它們的碰撞情形。霧室裏的空氣充滿了飽和水汽一旦膨脹起來，空氣立刻變冷，其中水汽就變成過飽和了。在這時候假如氦原子經過霧室，它就會把空氣分子裏的電子打出；於是空氣分子就帶了電而成為小水點(顯微鏡才看得見的小)凝集的核心了。用適當的強光，這些小水點，便可反映出來。

## 第五章 電子的動態

繼續威爾遜的發明之後，就是密爾根 (Robert Anchens Millikan) 的有名實驗。密氏想確切地計算電子的電荷究有幾何。因為電子不只是一個帶電的小點，也可以說是電的一小單位，計算這小點的電量，和這小點的重量或質量，有連帶的關係。湯姆遜曾經精密的估計，電子的質量約等於質子(Proton)即正電點的質量的一，八〇〇分之一。密氏以為如果他能夠算出電子的負電荷，也就能夠獲得關於電子質量的數據，這種數據當然也有無限的價值。電荷和質量，這兩者是相互關聯的。各專家對於電子說的研究和計算方面的理論，常常有所發表。但是電子的真實性質，究竟是怎樣，到現在還是宇宙間的一大祕密呢。

計算這不可捉摸的電子的電荷，密氏想出一種方法，造成一種巧妙得很的設備，因此他就得到新的發現而且獲得諾貝爾獎金。

像第十一圖所表示的一樣，密氏用兩塊黃銅板，通着多量的電。在上面的板的



第十一圖 密爾根實驗

中央，有一個很小的孔，小油點可以從這小孔裏漏下去。把一個特製的油點噴霧器，放在這上面的銅板上，而從這器具噴出來的小油點的直徑很小，約為一萬分之一英寸，它從小孔漏下來，祇因地心吸力的緣故，毋須再用外力的。

密氏先計算那兩塊銅板沒帶電時，油點漏落下的速率。他用一種很強的光，便可清楚地看見每一小油點漏落時怎樣行動的。

假如小油點帶有電量，（使小油點帶電，可有兩個方法：（一）利用特製噴霧器的噴霧作用，（二）把它放在鐳的放射線裏，那時鐳所放射出來的質點，可能使它帶電），當這小油點達到兩塊銅板中間的靜電場裏的時候，把這電場的強度調節到適宜的程度，便能使這油點在兩板中間停止着。這是地心吸力和電場對它的斥力兩相平衡的緣故。倘使這油點上的電量稍有改變，就可測量出來的。經多年的工作，密氏知道油點上的帶電分量，多少不定，但不會少於某一限度的。所以他最後就把這最小限度的電量，當做一顆電子所應有的電量，他從油點落下的速率和電場的電力等因素，算出了一個電子在小油點上實在所帶的電。受了鐳轟擊過的油點就會失去一個或一個以上的電子，因此它在電場內便可以受斥力而行動。這種油點，從電方面來說已不是中和性的了，因為每一個油點失去了電子，都變成帶正電的質點了。這時候，油點在電場內的速率和未受轟擊前的速率，就不相同了。

這個試驗的成功的可能性如何，原來沒有把握。但是在一九〇九年，耐心的密氏到底獲得了關於電子所有電荷的重要數值。他同時再求得關於電子質量的數值，這也是大有價值的。

那末，以前認為不可能的實驗觀測，密氏竟把它一個一個做成功了。電子還是電子，和以前一樣，不能看見，但是它的行動，竟可以觀測出來。在那時除去了一個電子以前，這些小油點，還是中和性的。但是失了一個電子，便把這中和性完全改變了，使那帶電的銅板裏的電場更能控制正在跌落的油點了。密氏從這樣方法計算電子的質量，等於氫原子質量的一，八〇〇分之一。

在這試驗之後，電子的神祕性便減少了，但當時還是不能完全了解；牢實地說，就是今日所知道的，比從前也不見得多得如何，雖是電子學已經成爲一種新而有用的科學了。湯姆遜確定了電子的質量，密氏又算出它的電量。至於它在各種物理方面的動態，我們雖知道了很多，但是除此以外，電子仍舊是給自然界的暗幕所籠罩着，尙未澈底明瞭。

那時候的學者們，就不再對於電子發生興趣，而移轉他們的注意於那更大的單位——原子——了。他們常疑問着：一件大家都知道，而且很容易試驗出來的事情，就是同類的電是相互排斥的。那末，一羣負電子怎樣能夠團結起來，而成功一個原子？和它們相反的正電量究在何處？豈是還有同樣小的單位正電嗎？倘真如是，它們擠在原子的核心呢？還是散佈在原子



的全部機構裏呢？

一時議論紛紛，一般人們尚在猜想着：可能有電子環繞原子的正電性核心的情形，像我們的大宇宙一樣，這正電性核心是一種原子間的太陽。假如真有這種正電性核心，我們怎樣辦？威爾遜已經用照相照出電子和 $\alpha$ 點（即氦原子核心）的路徑，但是我們怎樣去解釋這正電性核心呢？這核心是否受着一羣旋轉的電子所保護呢？這正電是否可以分做小單位，而每一單位的電量，和一電子有相反而相等的電荷呢？它還是一個完整的球，總電量等於留存在原子裏的一羣電子的總電量呢？

路德福是湯姆遜的後進，很有天才，他和密爾根一樣，去從事當時認為沒有希望的工作。他去轟擊物質的原子，去把它破裂；他實在是做一個破裂原子的先鋒。

但是拿什麼做彈丸呢？簡單地考慮一下，便知道了，破裂這樣偉大的原子是要很大的力量。而且還要相當熟練的射擊術。即如一個十四英寸的彈子，它的打擊力若和攻下原子的衛城所需要的一個理想大砲的射擊力相比較，恐怕是微乎其微了。因為十四英寸的彈子，祇有每小時五百英里蝸牛式的速率，而射擊原子的，那麼須用每秒一萬或兩萬英里的速率，而且射出彈子至少數百萬粒才可。這樣艱巨的工作，恐怕大多數的人們都不敢擔任的。

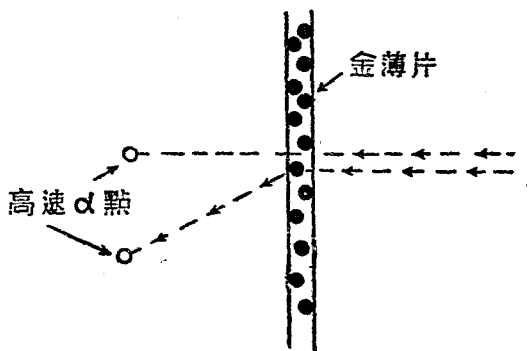
但是路氏往什麼地方去找這樣的理想彈子呢？用什麼鎗械和那種炸藥呢？顯然的，人們還沒有創造這種鎗械和這種炸

藥。但是自然界裏已有非常小的 $\alpha$ 點；它每天從鐳元素裏放射出來的。路氏不過設計做出一種儀器，用來可以使這可怕的鐳的放射物落在比較沈靜的原子上面。靠着耐心和敏銳的觀察，他總有一天可以用一個方法，把 $\alpha$ 點分開，或當他原子放射出小粒子的時候，把一個 $\alpha$ 點捉住。

這種怪想，似乎有些不可能，好像用一枝鎗來打下一個正在飛行的蜜蜂一樣。

一九〇九年，路氏開始他勇毅的工作；這工作在後來看，成爲人工蛻變物質的第一次試驗。（這裏所謂人工蛻變物質，就是改變一元素而成功另一個元素之意）。

路氏的方法是簡單的（第十二圖）。把從鐳出來的 $\alpha$ 點打在一張約有三十萬分之一英寸厚的金葉上面。用一具改造過的威爾遜霧室去觀察這些小點穿過金葉後的行蹤。所有其他物質的原子都是相隔很遠的，沒有影響。這時候大概有數百萬個 $\alpha$ 小點，在金原子中間自由進入。但是路氏偶然地發見着幾個 $\alpha$ 點，當離開金葉表面時，它的路線和這表面成一銳角而射出的。這必然是一個 $\alpha$ 點自打到金葉裏而把



第十二圖 路德爾實驗

和它一樣堅實的東西相撞而出來了。這是一種反射作用，但是這種 $\alpha$ 點（即氦原子），經過金葉的時候，只有少數幾個會反射散開的。

從這事實，我們須要放棄以前的觀念，就是說原子核心是一個軟而像霧又帶正電的東西，因路氏確信他已經打着堅實無比的核心了。最後，他的卓越的試驗使他發表如下的結論：正電是在原子的中心，大致像我們的太陽在宇宙的中央一樣。這樣的想像，雖路氏死了好幾年之後，却没有反駁的人們。更重要的事實，就是這些正電性核心，實在是原子中最堅實的部份。至於十分微細的電子，給飛速的 $\alpha$ 點打着它們的時候，就不過把它們輕輕掠開罷了。大家都只有猜測原子的構造是怎樣，惟有路氏才開始把事實推敲起來。他是第一個把現在所謂物質核心論，即核心物理學，作具體研究的第一人，一樁一樁的把更合理更完全的原子觀念創造出來，貢獻給我們。

應用 $\alpha$ 點，穿過薄金葉的試驗成功以後，路氏又想，倘把 $\alpha$ 點射擊氮氣(Nitrogen)，也許有新的資料可以得到。這氮氣會像薄金葉的試驗有一樣的怪現象嗎？ $\alpha$ 點留下的像霧一般的痕跡將是完全直線的呢？還是照斜角度走開，好像石塊在水面上跳躍的時候離開水面的方向一樣呢？他便想把氮氣試驗一下，看看能否證實他的核心理論。

事情沒有金葉試驗的那麼快。氮氣原子裝在威爾遜霧室裏，不像薄金葉的原子那麼緊密，我們不能期望這 $\alpha$ 點和氮原子

碰撞也有很多的機會。然而路氏却不相信，他還要去做幾年的試驗，到底得着確實的結果。

路氏在試驗的時候，親見了神出鬼沒的條紋，他知道了這些條紋是 $\alpha$ 點的路線。這路線是折着的，他確信，這折着的原因，就是氮原子的核心的碰撞。但是這種現象，是很少見的，因為數百萬個 $\alpha$ 點，只有一點能夠射中一個氮原子核心，因此而改變路線。 $\alpha$ 點的重量比較起來是很大，它的行動也很快，那些環繞氮原子或任何其他原子的核心周圍的電子，是當不住它的。一隻巨象要比人多重幾噸，但是 $\alpha$ 點，比起渺小的電子來，差不多還要大二千倍。那末，這樣比例起來，人類尚且有衝開巨象而使牠改道的機會，這 $\alpha$ 點撞破其他極輕的東西，也決無問題了。所以，路氏和他的同事看得很清楚， $\alpha$ 點的改道，必因撞着比它更大而有更可怕之抵抗力的東西，乃至於此。因為 $\alpha$ 點已經用着比最快之鎗彈更快三或四億倍的速率而行走的。

在路氏把氮和 $\alpha$ 點的碰撞情形記錄下來以後，不久路氏就知道，這一定是他以前所想做的所謂氮原子分裂作用，這試驗他做了再做，以求確實；最後他得到一個結論：氮原子受了 $\alpha$ 點直接轟擊以後，便不能支持而破碎了，發出一個氫原子；這被打的氮原子實在變成另一種性質不同的原子了。路氏最感興趣的，是由於受打的氮原子射出來的小點。它真是氫嗎？他察出，它的路線也可以用強磁鐵改變，它也受電場的影響，如

全電子一樣；所不同的，電子帶負電，這新發見的小點帶正電，且有一重量，等於電子重量的一，八〇〇倍。

一九一九年路氏便向全世界發表一種推翻過去一切理論的學說。他說，原子大致像達爾頓所說的一樣，至少從實用上可說是如此。不過我們不能夠再說原子是不可分割的。我們不如說，原子是由更小的點做成；一種是電子，另一種是質子(Proton)，後者重於前者約有一，八〇〇倍，但帶有等量而相反的電。路氏更說：每種原子都有用質子造成的核心，有一質子，便有一電子；但電子環着質子的周圍而旋轉。原子重量越大的，每個原子裏的電子和質子的數目也越多。每個原子的重量，大多數由於質子的存在，差不多需要二千個電子來抵當一個質子的。

路氏還有很多證據來確立原子有核心的觀念。雖是照現下情形來看，原子的組織並不像他當時所設想的恰巧一樣，但他所描寫的情形，大致是正確的。他的工作，在科學史上還是偉大的。

路氏以後，就是摩斯萊(Henry G. T. Moseley)的傑作了。摩氏也是核心理論的研究者，他受路氏的鼓勵，而渴想一嘗研究原子的滋味。路氏給他一個機會，叫他去看看，究竟原子重量和原子核心所帶的電，兩者中間，有何關係。當時摩氏，祇是年逾二十，但聰穎過人，聽了先生的話，便熱烈地去做。他用X線和一種方法（我們這裏沒有時間來討論），竟能解答

了路氏的疑問。是的，原子重量和電的中間，確有關係。核心裏的電，是和每元素的原子重量成比例的。這樣看來，路氏的臆斷是正確的。

當時大家都以為原子祇是簡單的電子和質子的混合物；質子組成核心，電子繞着它行走。這種想像的原子組織，並不能完全令人滿意，不過當時所能知道的，只是如此。下文可以看見，純從電的方面來看，原子實在並不如此的。

路氏是首先擊破原子的人。天然力擊破鐳原子已有無數年代了，但天然力是在原子裏面的，所以鐳的放射是自發的破裂。路氏則從外面打進去，把氮原子射開而改變其化學和物理的根本的性質。

現在我們解釋原子的化學活動性，即是各原子的化合力，這便是它們的電力相互交換的作用。淺言之，就是有些原子渴求一二個電子，使它們能達到組織中的平衡狀態，在他方面，他原子為了同樣理由很願放棄一二個電子。當這兩種原子碰頭的時候，這種交換便會發生，有時帶些爆炸。這種電子叫做「價」電子，（所謂「價」，是指在化學反應上，一個某種原子能夠和幾個氫原子相化合或相代替之意。）世界上的變動，就是由於這些小變化所造成的。這樣原子的聯合，要先有適當的接觸，而且常常要用些熱來幫助，結果便有新的電的結合。但是也有些不發生化學變化的元素和化合物，好像氦和氟，因為已經完全達到了原子裏的組織平衡，它們對於任何使它們放棄

電子或接受電子的努力，都要反抗。這些所謂穩固的元素，在原子家庭中可以說是無情的份子了。

這種關於原子構造的巧妙觀念，不久就受人反駁而改變了。不過這次變不是打倒它，而是補充它。第一，我們要問，電子和質子既然聚居着那麼近，爲什麼它們不會擁抱起來，而對消各自的電呢？它們怎樣能夠仍然分開？是不是我們忽略了另一種小點，即第三種小點，由一質子和一電子相互緊抱而成的嗎？

假如這第三種小點存在的話，當然它沒有電，但有重，且比起一電子來是有相當大的重量。這個理論很有道理，引起各處的科學家都注意着它；結果，這種小點到底被發現了。

查特威克 (James Chadwick) 在一九三二年竟找獲了這種小點，他也是路氏一派研究原子專家。其實另外有兩個德國人，叫柏卡爾 (Becker) 和波得 (Bothe)，比查氏先發現了這種小點，不過他們沒有認識它，所以偉大的功勞還是歸於查氏。

柏氏和波氏用電離化的氦原子轟擊鈹元素 (Beryllium)，這氦是由於放射性的元素釷 (Polonium) 射出來的。當這些氦彈子打着鈹原子時候，鈹便變爲碳元素，同時且發出一種很厲害的放射物來 - 居禮夫人的女兒，連同她的女婿里奧 (Jean Federic Joliot)，便在巴黎做同樣的試驗，也發現了這從鈹元素變出來的放射物，有可怕的穿透力，大爲驚異。

這放射物是否像那鐳射出來的 $\gamma$ 線嗎？不，它比當時曾看

見過的任何線都強，它能經過幾英寸的鉛，而不至於給人們完全攔住。

查氏研究這問題，夜以繼日。硼(Boron)、碳、鋰(Lithium)等元素都可以蛻變的，蛻變的時候，也發出可怕的放射物，這些放射物也可以穿過鉛和其他固體。所以查氏不相信這是一種輻射，好像X線的輻射一樣，他的估計，這種強有力的東西，當做放射線，或是看不見的波動，都是不大可靠的，所以他以為我們找到了渴望着好久的電子和質子的中性結合物了。

但這個中性的放射物，何以有非常大的穿透力？他的解答，就是這結合物——不久就被叫做中子 (Neutron)，因為這在電學上說是中性的——不受正電或負電的東西所影響，所以能夠很自由地經過物質。在物質的各原子中間，凡帶了電的東西，都會被劇烈地排斥，但是中子却能潛入進去。

現在可以明白了。原子的核心是由緊湊的質子和中子所組成；後者是電子和質子的結合物，沒有電性。氦原子有二個質子，二個電子，和二個中子。那質重而結構複雜的鈾竟有九十二個質子，和一百四十六個中子。九十二的數目，稱為原子序數 (Atomic number)。每個鈾的同位素 (Isotope)，都有同數的質子，即九十二個；所不同的祇是中子的數目。像鈾二三五同位素，有一百四十三個中子，而鈾二三四便有一百四十二個，鈾二三八總共有一百四十六個。質子數加上中子數，就是原子的重量。原子裏面，每一質子就配合一電子，不過這些電



子，是在原子的核心外面環繞的。

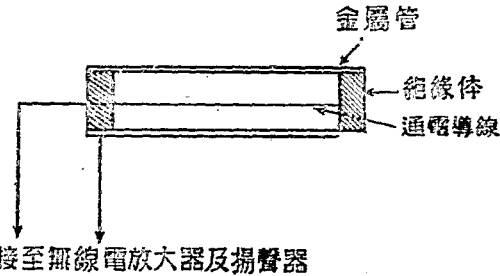
小點的家庭日見擴大，這新來的份子——中子——因有大的攻擊力，便給科學家常常用來轟擊原子。它在質量上像質子，但沒有電，所以經過他原子的時候，不受原子裏帶電小點的作用。

原子裏的小點——通稱次原子，在這般次原子的目錄中，現在還要加上一個。討論這個小點，必然要引導我們去討論那些遨遊於各星體間的更小質點。這些質點，行動得很快，跑進地球上空的，也多得非凡。科學家稱它們叫宇宙線。線，這個字，不甚妥當，容易使初學者誤解；因為這些小點，並不排成有秩序像波狀的行列，它們從地球外面打過來，有時進來的，有時不進來的。

宇宙線，因為帶了電，不只是在變相的威爾遜霧匣中，即在小而簡單的蓋格（Gieger）計算器中，也可使人知道它的存在的。

這計算器（第十三圖），不過是在一個管形金屬傳電器的中央，再放一個線形傳電器，名叫中央傳電器罷了。管形傳電器是外電極，中央傳電器是內電極。這兩傳電器，必須彼此隔絕，而接着高電壓的。又把一個通常的無線電擴大器，接聯在這計算器上。於是每次帶電的宇宙線在穿過那金屬管的時候——這是很易做的——假如它的電是和內電極的電，性質相反的話，它便受到吸引向內傳電器上去。當這宇宙線直衝到

內電極時，它必掠過空氣而使空氣電離化，（即空氣變成導電體）；它經過的路線便成電流，發生在這兩個電極中間。這小電流轉瞬即逝，不



第十三圖 蓋格計算器原理

過估一秒鐘的極小部份，用無線電擴大器就能立即接受這小電流，而使擴音器發響。

這簡單而巧妙的設備，全世界科學家，都用來計算宇宙線的強度。

對於這問題有興趣的人們都想知道，地球的磁場對於這些小點有什麼影響，而這些小點落到地球來的時候，是否因地而異。那麼只要加添一個小而有敏感的繼電器（Relay）和一個螺形線圈（Electro-solenoid），而把它們和小計算器聯起來，那麼每一宇宙線的質點經過時，便有一種滴嗒之聲。這叫做宇宙線自動計算器，全世界物理學家研究這種引人注意的問題時，大抵都要應用它的。

密爾根也受着這問題的吸引，而渴想知道宇宙線小點的性質，他尤其想知道這些小點的能量。這種能量，物理學家多用另一種單位，叫做電子伏特（Electron-volt），而並不用小點的速率來計算的。有一百萬電子伏特的小點，固然行動很快，

但總不及那有二百萬電子伏特的那麼快。地面上的大氣約有二百英里厚。當時科學家想：宇宙線穿過這大氣而達到地面的時候，仍有非常大的能量。所以米氏渴想去計算這能量。但他很知道，這工作並不容易的。

因為太忙於研究其他一樣引人注意的問題，密氏把計算宇宙線小點的工作，交給其高足安德生(Carl D. Andersen)。他爲了這事，便設計一隻特種的威爾遜霧室。這特種霧室備有一特製的攝影機，放在一個很強的電磁場的兩個電極中間。

這霧室上加配一個很強的磁鐵，可以使試驗者知道他所照出的小點有何速率。因為帶電的小點，經過那強磁鐵的兩極中間時，它們的路線成一弧形。從弧形的彎曲方向，可以知道小點帶電的性質。正電有一方向，負電另有一相反的方向。

做了這個新試驗，而攝取千數百張照相以後，安氏碰着一個奇異小點；它行動的弧形，正和電子行動的弧形相反；經過六毫米厚的鉛板以後，仍舊不會失去其速度，它的路線也比質子——最大的正電點——的路線長幾倍。

安氏想：這是一種原子的炸藥，大可進行研究的。這是毫無疑問，但它究竟是什麼東西？

以後的觀察和照出的相片，證明了這種原子小點帶有正電，叫做正子(Positron)，在安氏發現正子以前，一位英國數學家，名狄拉克(P. A. M. Dirac)已經預料到；自然界裏的小點藏庫中，也許還匿起了一種小點，他稱這種小點，叫反電

子 (Anti-electron)，他的意思是說帶正電的小點，因電子是帶負電的。實則正子並非他物，不過帶正電的粒子；表面上看來，它被電子包圍，但倘允許自由行動，那麼它的生命也很短促的。或在這裏，或在那裏，我們總可找獲這種壽命祇有數百萬分之一秒的正子；它們被自由電子所包圍，這是異類的電相互吸引的關係。但是其中究竟有那麼一回事呢？

我們還不敢確說。因為正子和電子，表面上是電量相等而且相反，那麼這兩個整體的東西相合，結果應等於零。不但如此，這兩點表面上看來，似乎應該完全消失，而發出一種 $\gamma$ 線。 $\gamma$ 線不是物質而是一種能量。科學家已經知道，物質和能量聯繫得很緊密的；換言之，所有物質可以看作一種凝結了的或是膠質般的能量。

這樣看來，次原子的小點，比我們以前所想像的，更複雜了。最初我們只知道電子，以後接續着知道質子、中子、正子；最近又查出重子 (Deuteron)，和氘 (Deuterium)，而重子乃氘的基本質點，後者即所謂水的同位素。

什麼是水的同位素？同位素 (Isotope) 在現在是十分普通的名詞。就是化學性質相同的元素；所異的，是在它們的質量。許多普通元素，像氧、氫、氮、鈉、和其他，都有同位素，在九十二元素裏，差不多已經有了三百種同位素了。譬如氦的原子量有二十的，有二十二的。重氫是氫的同位素，但它對於破裂原子的作用，有更重要的功效。

遠在一九二〇年前，首先破裂原子的路德福氏（Ernest Rutherford），在做了許多物理的和數學的研究之後，便說：氫可能有兩種，一種只有一個質子，另一種就有二個質子，所以這後一種的重量，應等於通常的氫的二倍。總之，路氏已懷疑到氫的同位素的存在，但這怪物的發現，却還在幾多年之後。我們說它是怪物，因為它在通常水的四千分中，祇有一分，所以也有稱為水的同位素；實則它是氫的同位素；它和另一種氫的同位素（更重而更稀少），名為氚（Tritium）的，若和我們已知的三種氧的同位素化合起來，照理論上說，至少可得十八種不同的水。

我們過去以為水是簡單的東西，現在却知其不然。烏萊（Arnold C. Urey）氏首先發現了重氫（氘），就從通常的水中取出重水。更發現在通常的水中，總有一很小部份是重水。

我們現在對於這同位素氘所以感覺興趣，並不在它能造成重水，而在它能用來破裂原子。當它被電離化了的時候，它就放出重子，有很大的力量，可用來攻擊其他原子。它可說是一種容易做成的小點，有二個質子，而沒有電子，和其他原子不同；其他原子的組織，便要比較複雜些。

中子也很有用，可以用來攻擊其他原子的。因為沒帶電量，它能夠自由地進入電離化了的空間，即原子的空間；也就是說，其他較複雜的質點所不能去的地方，它都可以進去。從純粹的物理學上說，中子也是很重，也很有力量的，如果能夠

---

把它裝成一塊堅實無隙的東西，祇要大小像栗子一樣，那麼它的重量已夠和五千個很重的火車頭相等，這是多麼厲害！

## 第六章 擊破原子的機械

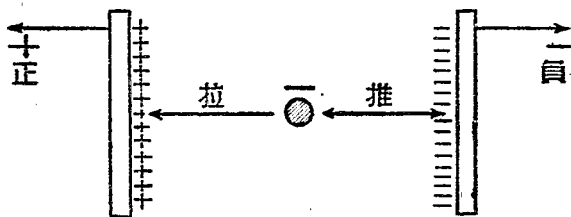
物質的原子，是不可捉摸的小點，它是那麼小，想用數目來說明它，是沒有意義的。而且它所造成的質料又是那麼硬。它是用很大的力量縛緊着的；要和它比較，那麼花崗石也還算鬆軟。一種物質的許多原子中間，都是空的，比較這些空間的大小，即是比較各原子間的距離，那麼原子本身是非常小的。假如有幾千隻蜜蜂，飛在一塊，我們想用大粒的彈子，去打中它們，是很難的。打破原子還要困難，至少也和打中飛着的蜜蜂一樣難。最初研究原子破裂的時候，發射了無慮數十億的彈子，但也只能偶然地打中了一個原子罷了。

以前打原子的炮手，都用從鐳來的 $\alpha$ 點做彈子。這種彈子速度相當快，打起來也相當重，不過鐳的元素很少，這種彈子的供給不多。鐳是金屬元素（通常所謂鐳，實在是溴化鐳）。應用量却須極少，少至幾乎不能看見；於是 $\alpha$ 點的射擊率當然也小。但是假如有了大量的鐳，把它用在試驗室裏，那又要發生大危險，因為它放出很多熱能，足夠燒人，使人痛得要死。

打原子的炮手，須用力量更大的彈子。 $\alpha$ 點的速率是每秒二萬英里。倘有每秒十萬英里的東西，當然更好了。所以需要的彈子供給量要更多，質要更密，速率要更快。

帶電小點的速率，和它所在的電場中的電力，兩者中間有一些奇異的關係。我們把第十四圖研究一下，便能得到這個關

係的概念。這裏有兩塊金屬板，通以直流電；把一個帶了電的小點，放在這兩塊板的中間。一塊是接正電極，另一塊是接負電極。假如來了一個小點是電子，它是帶負電的。那麼它在這兩板的中間，就有兩種力作用在它上面，負電板推它走開，正電板吸它過來。所以這小點便向正電板走近。它的速率多小，要看兩板中間的電壓差如何來決定，電壓差越大，速率也越大。大略說十萬伏特的電壓，要比一萬伏特的電壓推動電子要有十倍快。轟擊原子的專家想找用一百萬伏特或再高的電壓，但這麼大的電壓，不



第十四圖 電場對於帶電點速率的關係

單是傳電不易絕緣，並且難於控制，而危險也很大。

帶電的小點還有一個性質，我們必須先要了解，然後能夠再談核心物理學。我們須回想克洛克斯 (Sir William Crookes) 和湯姆遜 (Prof. J. J. Thomson) 兩氏最初用陰極線管所做的實驗工作（看第八圖）。當時已注意到，磁的性質像電，也能影響帶電小點的行動。但磁的影響，對於小點的速率無關。磁祇能改變電子的路線，但不會加減它的速率。高速率的電子，放到很強的磁場裏面，它的路線變成彎曲，這彎曲的曲度，一方面要看小點自己的速率，另一方面要靠磁場的強弱。

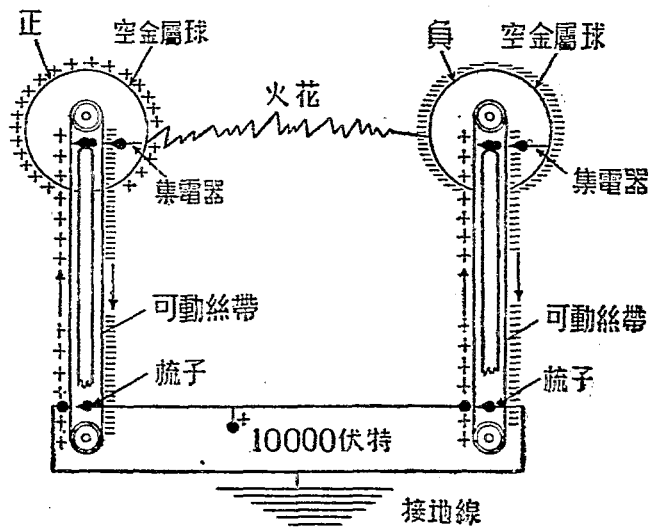


最初設計轟擊原子的炮手，絕不注意到磁的影響。他們因為要想使電子得到高速度，祇要設法產生很高的電壓。假如能用頻率很高的交流電，這問題就可變得很簡單，但是這件事不可能的。因為交流電要把電子一拉一推，電子向前推去了，又要拉它回來。只有高電壓的直流電才能適用，但這又是一個技術上的困難，最難解決。

關心這事的人們還可記得的，一百五十多年以前，已經有發生高伏特的發電機。再早在十五世紀的時候，歐洲人所試驗的，還是低電壓。當時他們只知道，玻璃、琥珀、或松香和毛布或絲布相摩擦，就會發生電；在理想的情形下，這些電可能在某些物體上大量的積聚起來，甚至發生很亮的電光，從一個帶電較多的物體上，跳到附近帶電較少的物體上。所謂帶電的多少，實即就是表明電壓的高低。無論電發生在什麼地方，或是發生的電量如何多少，總是用伏特來計算的。高電壓，這個名詞，須要超過了一千伏特的時候，才可用的。

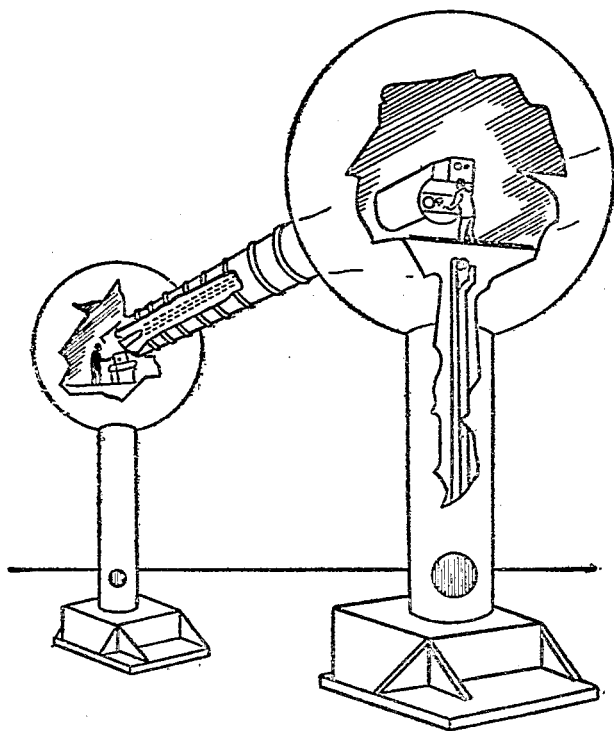
一位美國年輕的工程師，名叫格拉夫 (Dr. Van de Graaf) 他對於原子的擊破，也有興趣的，發明了一種巧妙的高伏特的發電機。像第十五圖所表示的，這發電機有兩個大的空心金屬球，彼此分開，但都和地球相聯的。每個球都承接在一個柱上，每個柱的裏面，都有一個可以循環不息的絲帶。這些絲帶是用電動機去拖動的；它們動得很快，當它們帶着電的時候，旋轉起來就會把下面所受到的電一同轉上來，傳給金屬球，一

個球積聚正電，另一個球積聚負電。最後因為這些球上已經造成很高的電壓，四周的空氣再也支持不住了，於是在兩球的中間，正負電相接觸而中和，發聲好像響雷，非常厲害。其時電壓高大，足夠有六百萬伏特。倘把一條長而空的管子放在兩球中間，那高大的電壓，便可用來推動原子裏的小質點，去轟擊他原子了。



第十五圖 格拉夫高壓發電機

那末，擊破原子的設備應該放在這兩個大球的中間，像第十六圖所示。這些球須夠大，可以藏着實驗的儀器和工作的人們，但這裏很是安全的。不過高速度的小點在兩球中間的長管裏跑過時，要發出一種射線，那是不能避免的。



第十六圖 格拉夫原子擊破器

格拉夫和他的同事設計了這種設備以後，美國麻省工科學院便把它應用起來。有一條特製的大真空管在兩球中間架着，另用一種小質點或離子（即是電離化的原子，或帶正電，或帶負電），受了六百萬伏特的高電壓，以高速度從管中的一端向前飛跑。放在他端而給這小點轟擊的東西，受了這些小點或離子的衝擊，因此就破裂了。

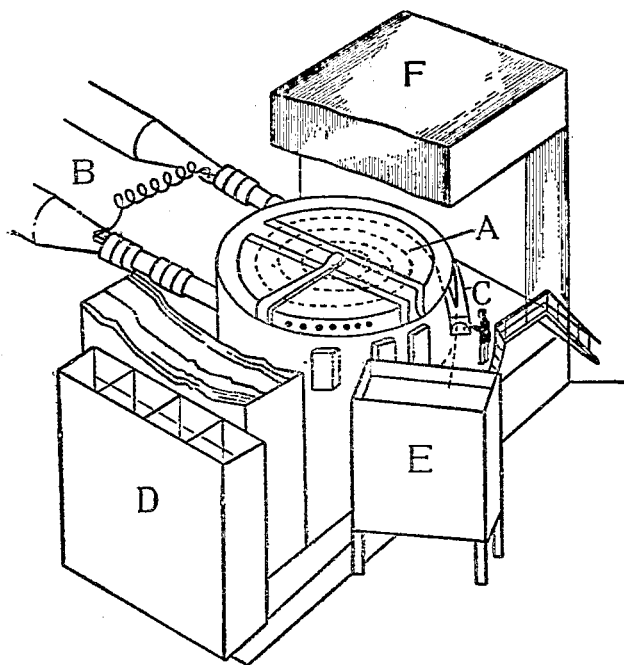
要發生高電壓，還有許多方法。可以應用來做原子破裂器。最有趣味而最巧妙的，就是加利福尼亞大學教授羅倫斯 (Prof. E. O. Lawrence, University of California) 所發明的迴旋加速器 (Cyclotron) 或稱原子轟擊器。他的方法是連續地應用低電壓來創造高電壓。好像打鞦韆的小孩子，把他的腳連續用力推動鞦韆板，越盪越高。我們想了解這機械的原理，必須先把以前學過的幾個基本事項，溫習一下。

- (1) 交流電起始在一方向流着，繼續又在反對方向流動。因此改變電極的正負性，就是最初從正到負的流動，後來就改變方向的流回去。這方向的改變，每秒幾千次，甚至幾百萬次。
- (2) 所有帶電的小點，放在一靜電場裏，它便向帶着相反的電的物體上跑去。所謂靜電場的意思，就是在兩個帶相反的電的傳電器的空間。
- (3) 帶電的小點，經過強的磁場，它的路線就要彎曲。彎曲的程度要靠小點行動的速率，和磁場的強弱。速率越慢，路線越彎。

迴旋加速器是人類創造的機械中最有價值之一。既經明瞭以上幾件簡單事實，我們便可進行去研究它的玄妙工作。

第十七圖係表示迴旋加速器的中心部份，它的構造如下，一隻重的銅圓桶放在一個大電磁鐵的兩極中間。所謂電磁鐵，即中心有一條軟鐵，上面纏有螺形的電線，倘有電流經過這電線，便發生磁力；所以每圈電線，當電流通過時，都有它的磁

場。這磁場的強弱和範圍，要看經過那電線的電流是怎樣。所以電線纏成螺形，就是要使磁力集中。照這樣做法，可以創生很強的磁場。倘不是如此，便不能做成迴旋加速器，因為它必



第十七圖 迴旋加速器(原子轟擊器)

須要很強的磁場來發它的效力的。最近在加利福尼亞山上新造的迴旋加速器，那磁鐵中心的鋼條，竟有四，八〇〇噸以上的重量。

那鋼做的圓桶不只是放在這極大電磁鐵的兩極中間，而且

把它剖成兩個半圓形塊，所以每塊都像D字形。這兩塊相距好幾英寸，彼此之間，要有很好的絕緣，所以要這樣做的道理，是因為當這個儀器應用的時候，在這兩個半圓塊中間，將有很大的電壓差。這部份的機器，叫做加速箱 (Acceleration chamber)。

這些D形半圓塊和一個很強的無線電振盪器 (Radio oscillator) 或發振器 (Transmitter) 的兩端相聯。這振盪器的作用是在創生週率很多——假如說每秒一千萬週率——的交流電。一千萬次的週率，即是兩千萬次的電流方向的轉變。那末，每個D形塊上電流方向的轉變從正變負，每一次恰費二千萬分之一秒；另一個D形塊也同時要轉變，每次也費二千萬分之一秒，不過方向相反罷了。

假如振盪器在作用時，一個帶電的小點，放進這推進箱裏，這小點便在這些D形塊中間來來去去，非常之忙。倘這小點原來是負電的，放進那帶負電的一個D形塊裏，便要給這D形塊推開，而受另一D形塊吸去，因為這時候另一D形塊一定是帶正電的。

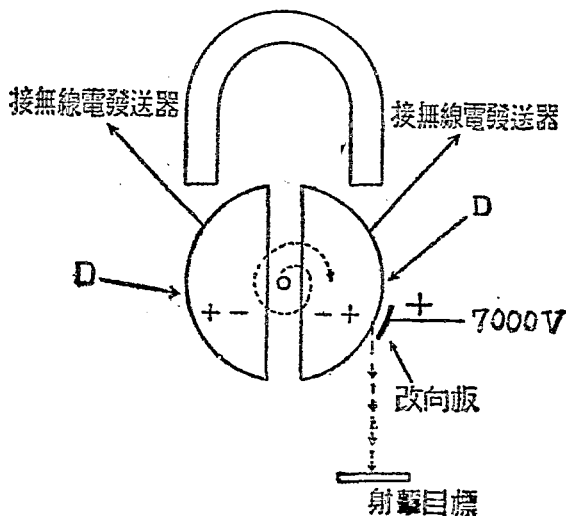
可是一經吸引，那同電性的另一D形塊，因為電流方向改變，自己立刻變為帶負電，反要推開這小點了。所以這個非常忙的小點，跳來跳去，永遠不能獲得休息，正像那振盪器的振盪作用一樣。

這樣的跳躍有什麼結果？當然，小點的電壓，亦即其速

度，不會增加，它不過瘋狂地跳躍而已。

但是這迴旋加速器裏很強的磁場，作用起來，便發生很有趣味的事情。這小點不再前後跳躍了，而在圓形的路線上環繞着移動了。最初的圓路並不十分大，但因 *D* 形塊每轉變電極一次，就多給小點一些能力（即電壓）一次，這小點因此越來越快，它的圓路，也跟着越來越廣，用着瘋狂的速率向外圈旋轉出來（圖十八），它的速率或可超出每秒十萬英里。

當小點走到那 *D* 形塊的外圍，它便和另一個強的靜電場相近。這靜電場是用一小塊金屬造成的，叫做偏向板 (Deflecting plate)（圖十八）；它的電是與小點的電相反的，所以它把小點吸過來，使其離開原來的路線，而進入一個叫做轟擊箱 (Bo



第十八圖 迴旋加速器中的電力旋轉作用

ombardment chamber)，實則這箱可說是物質的受難箱，因為是受轟擊的物質放在這裏，它的破裂也在這裏。那些強力帶電的小點經過薄金屬做的管子而逃出空氣中去的，也在這裏。

從一較大的迴旋加速器發出來的小點是十分強的，假如人們站在其中，就要立刻死了。即使停留在裝置這器的機房裏，當它工作的時候，也不能多站幾分鐘，因為空氣已變成危險了。而用這麼大的力量射出來的小點穿過了厚磚牆以後，雖遠在數百英里以外，也能夠給人們察出了。

上面只討論一個小點，實則在使用這器的時候，無數億的小點會立即射出來。它們大多數是浪費的，也許十億之中祇有一個能夠射中目的物，而使其變質。這辦法是胡亂的，沒有效能的，然而在已知的各辦法中，它已經是最好的了。

我們以上敘述迴旋加速器，不免有些皮表的說明。現在我們要從新把這電力旋轉的詳細情形，再檢討一下。

第一，圓鐵桶裏面的空氣必須盡量抽去。不然，這些疾走的小點遲早終會碰着空氣，以致行動受阻礙；於是這機器便要失却作用。所以這圓桶必須和一個很有效能的唧筒連起來，差不多繼續不斷地應用這唧筒，然後圓桶才能盡量抽空。在 *D* 形塊裏的空間來來去去的小點，是什麼東西？質子却是一種常用的小點。它們是帶正電的；實則所有原子彈丸都是帶正電的，因為帶負電的電子太小而不中用。惟帶正電的質點才是大得夠做彈丸。質粒越大而又動得越快，它們的轟擊力也越大，它們



也越有機會來破碎原子。

本文的原著者耶第 (Yates)，曾親見過一架中型的迴旋加速器，這器使用的步驟，簡述如下。

### 第一步驟

那D形塊的加速箱，通常用油散唧筒 (Oil diffusion pump)，抽去裏面的空氣；雖未完全抽盡，但是亦要達到高度的真空。假如爲修理它裏面的白熱絲 (下面再談)，須打開這箱 (打開時，須很留心，且須緩慢些)，那麼再要抽空，就先用普通唧筒，等到大部份空氣已經抽去了，再改用油散唧筒，完成抽空工作。約在半小時之內，這器便可使用，但亦要看第二步驟的進展如何。

### 第二步驟

一隻普通真空管有三個部份：(1)板 (Plate)，(2)白熱絲 (Filament)，(3)柵網 (Grid)。柵網放在前二者中間，是用來管制在這板和絲中間的電流的。這三部份，除去其玻璃做的泡子以後，封入在接通加速箱的一個導管裏，而和伏特計、毫安計等相聯通着——這些儀器是放在迴旋加速器前面鑲板的上面。真空管和那些附帶的儀器，統稱爲電離化計 (Ionization gauge)，實則它們的作用，等於一隻真空計。所以毫安計上的刻數，就是指真空的程度。這些器具很是精密可靠，而且敏捷。如開用高壓電流而沒有這種電表，那是非常危險的。

### 第三步驟

這加速箱放在大磁鐵的兩磁極（二十七英寸厚）中間，它的位置，要安排妥當（這是要經驗才知道妥當與否），稍有移動，就會嚴重地阻礙迴旋加速器的使用。所以常用軟鐵製的墊塊來鞏固它的位置。在使用這器以前，且須留心檢查。這架笨重的機器，竟會這樣靈巧，這樣容易損壞，是出人意料之外的。

#### 第四步驟

因為加速箱、振盪器、螺形線圈、油散唧筒，和轟擊箱等主要部份都會發生大熱，苟非有大量冷水，或其他減熱劑來冷卻，這迴旋加速器便不能實用。通常是用自來水的，但是一旦停止，便會發生嚴重的困難，因機器一經發動，熱就很快地發生出來，所以使用者在事前，必須把各個必要的導管活門打開起來。

#### 第五步驟

在迴旋加速器附近的房子裏，有一個五十千瓦的發電機，藉一組電流調節器，而和大電磁鐵上的螺形線圈相連。這螺形線圈裏流過一〇〇安培的直流電，電壓一二五伏特，和電阻一·一歐姆。最要緊的，是供給螺形線圈的電流，須時常調整均勻，所以要用調節器。當那發電機一動，工作便進入第六步驟了。

#### 第六步驟

前已說過，質子是從兩個 *D* 形塊的中間部份射出來。它是

用電子轟擊普通氫元素所發生的氫原子。氫原子除去了電子以後，就是質子，亦即氫的核心。轟擊氫原子所用的電子，那是從上面說過的白熱絲而來。爲使白熱絲發熱需要特種電流。因爲我們必須要記得，凡經過白熱絲的電流，必定發生它自己的磁場；這磁場要和在迴旋加速器的兩磁極中間的強磁場起相互作用。所以市上所見的交流電或任何直流電，都會對白熱絲施以很大的壓力，而很快的使其折斷。爲防止這件危險事情的發生，必須另外用一個真空管的振盪器，來發生一種高週率的電流（二，〇〇〇千週率）。所以第六步驟的工作，不外乎產生白熱絲電流的方法。

### 第七步驟

射擊的目標通常是碲（Tellurium），鎘（Cadmium）等元素，先要把它們放在轟擊箱裏，正在一扇鋁質製的窗的前面，接受質子羣的猛擊。於是關閉箱門，放開水管，祇要數分鐘後，這猛擊的工作就開始了。

### 第八步驟

在迴旋加速器的後部，裝着一隻放在銅匣裏的推拉式的振盪真空管；這振盪器要用二十千瓦電力，而發出二千一百萬週率的短波，這電路中，還配着調整柵極電流的裝置，兩隻大形的功率真空管的板極電流，要用一萬伏特的高壓，而對於絲極電流，那麼用變壓器和整流器來調節的。

### 第九步驟

這個步驟是迴旋加速器的最後步驟，不外把改向板施以五萬伏特的負電壓工作。怎樣做呢？另用一個高壓的電源，這個電源是用一個兩極整流真空管（Kenotron），接連於試驗X線用的變壓器而得到的。當質子羣的螺旋旋動達到盡頭的時候，就給改向板引了出來。這板是放在D形塊的開口處的附近，它是帶負電，而質子是帶正電，所以可能拉引它們出來的。

#### 第十步驟

當這迴旋加速器開動的時候，人們不能立在旁邊，至多不過兩分鐘。人們的衣服是擋不住原子破裂後出來的東西的放射作用。這可怕的放射，不只是出於質子之手，而被擊的目的物和藏放這目的物的器具，都會有質點放射出來。倘是人們在旁立着超過兩分鐘，血液裏的紅血球很易破壞的。

這時候，工作的人們，便要進入控制這機器的另一房間裏去；不單是為求安全起見，而且也要便利於其他工作，就是把小量氫氣裝入加速箱裏去。這氫氣藏在一個鋼罐裏面，這罐有一活門和一隻壓力袋相連，通過這活門，氫氣便可放出來的。放出來的時候勿宜太多，活門也須留心使用。這氫氣一到加速箱，便有許多要受那由白熱絲發出來的電子所打擊，而化為質子。這質子羣便成功行列狀而經過了鉛窗，開始轟擊它的目的物。有時為使質子行列要有相當的密度計，氫氣的供給，須常常補充。

轟擊有些物質，須要二小時或以上之久。工作者須留心看

着半透明的厘米刻度計，在這條尺上有一小光點，由電流計的鏡子上反射出來，（這電流計接連支住轟擊目的物的黃銅桿而接通地線）。用這方法，質子上的電流，可以直接算出，因為一看反映出來的光線在厘米刻度計上面射到什麼地方，便可求得。因為轟擊目的物有金屬的蓋子蓋起來，所以其他發射出來的東西，不至於影響這電流計的。

轟擊工作做完以後，便可除去振盪真空管的板極和絲極的電流，而且那些發電機和電流調節器等，都可休息了。這時候除了油散唧筒偶然發響外，其餘都是靜默無聲。關住自來水龍頭，開着緊閉的門，取出了轟擊目的物。這時候，它已經變成放射性物質了。速即送到初步觀察室去試驗，然後再移到電離箱(Ionization chamber)裏去測定它的放射性如何大小。

## 第七章 原子能的神奇力量

天空中的獵戶星座 (Orion)，它常常發光如火；再看那千百萬顆閃耀着的恆星，也永久的把熱發散出來；這些事情，表示那宇宙中間蘊藏着無盡的能量。人們想取用這種天然能力，在一九四一年以前，以為萬萬做不到的。

鈾是九十二種元素之一，前已說過，它有好幾個同位素。其中有一個同位素叫做鈾二三五，能量最大。倘若有一滿茶匙的鈾，而把它的原子破裂起來，那末它發出的能量，將等於二十萬加倫汽油。倘是把煤來計算，那是更大了，足夠相當三十萬磅，或一百五十噸。還有一種更好的估計，就是把煤的能量乘五百萬倍，或汽油的能量乘三百萬倍。倘若一克質量裏的能量，完全發放出來，那麼竟可把三千個火車頭升起二十五英里。任何物質，當其完全毀滅時，將比它在燃燒時要多發出一百八十億倍的能量。鈾二三五的破裂時候放出的能，雖是沒有這樣厲害，但是也夠大了。

哥倫比亞大學教授樊美 (Enrico Fermi, 意大利人)，接連着做了許多偉大事業，結果，他竟發現新的能量的來源，而創造新的世界。他把中子用來射擊鈾原子，中子是中和性的質點，它的運動却不算快，但是它把原子擾亂起來，便會放出很大的能量，而且是人們如今從原子裏取得能量的最大者。

另一位教授但寧 (John Duening) 氏，也是哥倫比亞大學

教授，和樊氏共同合作。他們把成千累萬的中子，打擊那小小的一塊鈾元素。但是事實是如此，在這中子彈如下雨般的射擊之下，鈾原子並不全部爆炸，只在這裏或那裏炸裂一下，好像受潮的爆竹一樣，燒起來只有一停一響的聲音，忽然撲撲，忽然撕撕。純從理論上說起來，應該有無數次的爆炸，把全部鈾質化成雲霧一般。但事實上並不如此，這理由在下文裏自會明瞭。

除樊但兩教授以外，還有其他學者也做關於原子射彈的工作。柏林皇帝威廉研究院 (Kaiser Wilhelm Institute) 梅特那 (Lise Meitner) 與韓恩 (O. Hahn) 兩位博士。他們也發現了另一神祕而更令人迷惑的事實。因為鈾受了中子攻擊而正在破碎的箱子裏面，竟找出鋇 (Barium) 元素。梅博士正在做這種試驗的時候，德國之蓋世大保 (祕密警察) 知道她是血統不同的人 (即不是純粹的日耳曼種人)，把她送至丹麥去了。她心中雖是痛苦，還想把這些已爆炸的鈾原子所發出的能量計算出來。她已經知道了這種能量的多少，祇想用數學方法來證明它。

鈾的原子序是九十二，鋇是五十六 (所謂原子序是指在原子核心裏的質子數)。因為五十六加三十六，等於九十二。那麼應當還有三十六的元素嗎？是的，原子表中有原子序三十六的原子，就是稀罕的氬 (Krypton)。那末，中子把鈾原子破裂是否成功鋇和氬嗎？重的鈾原子是否給別的物质分為兩個獨立

生存的東西，一是氣體，一是金屬嗎？理論上說起來這是可能的。原子蛻變的試驗，也不止一次，但從來沒曾做得這樣準確。

梅博士純用算學方法，算出鈾原子經這樣的分裂所發出來的能力，恰等於她當時在柏林試驗鈾原子爆炸發現鋇的時候所放發的能力。

然而事情的進展，還不止於此，還有一種神祕的現象，就是兩位哥倫比亞大學教授所做的鈾原子爆炸，也會發生一停一響的聲音，這是什麼緣故？

原子學家早已知道了，鈾有三個同位素，它們存在分量的多少，有一定的關係。一個是二三四，另一個是二三五，最後一個是二三八；在天然普通鈾元素裏，三種都有，不過鈾二三五祇有一百四十分之一。

鈾二三五的數字，是把核心裏的中子的數目加上鈾的原子序九十二（就是質子數）而得來的。譬如鈾二三八的核心裏，有一百四十六個中子，加上九十二，就等於二百三十八。

是不是鈾二三五的質子和電子的分佈或結合的情形，比較特殊一些，使它特別容易受到中子的轟擊，而其他兩種正像受潮的爆竹那樣的不受影響呢？那末，拿純粹的鈾二三五來試一試，便可解決這問題了。

明密梭打大學（University of Minnesota）教授尼爾氏（Prof. A. O. Nier），就從事於這個研究，設法把鈾的同位素分



劈開來。他得到了極少量的鈾二三五(只是幾萬萬萬分之一)，就連同一些鈾二三八，送到但寧教授那邊去。但教授和他的同伴。先把鈾二三八放在迴旋加速器的轟擊箱裏去試驗一下，覺得非常安靜，沒有發見什麼，知道鈾二三八不是一個爆炸物。後來再用鈾二三五來試驗，先把打它的中子，在進入轟擊箱以前經過水，以減少它的速度。工作的教授們，便返回控制房裏去一看，那計數器上的針動得厲害，示波器 (Oscillograph) 所指示出的能量，約有二億電子伏特 (Electron-volt)。物質開始破裂了，從來沒有看見這樣的厲害。所謂原子裏的維繫力 (Binding force)，如同膠質一般，現在竟能融解起來了。好在鈾二三五的分解是一步一步來的；不是全部一齊爆炸，而是數百萬或數萬萬的小點的局部爆炸。然而就是這些局部爆炸，也足夠使那鈾二三五的溫度高到白熱而發光。

更好在鈾二三五分裂成功鎰和氦。假使所有它的核心裏的質子羣，一齊都解放出來，那麼如何辦法？這種結果將不堪設想了。倘把數量來說，藏在鈾原子裏的全部能量，一齊放射出來，恰可等於燒煤放出來的能量的一百八十億倍。現下還沒有方法可以控制這麼多的能量，因為它所發生的混亂或將波及附近物質，甚至危及整個地球，亦未可定。

第一個問題如何產生原子能，現在已經解決了。這方法還算簡單。現在的問題，就是要產生鈾二三五的分量多一些。要有幾盎斯，才能夠用得很久；可是要一克還不能聚攏起來，這

個多量也就談不到了。起初鈾的產生不出試驗室的規模之外，每十天可以做出百萬分之一·〇三六克。照這樣快慢，要取出一克來，約需二萬五千年；要一磅更非一百二十億年不可。

那末，想利用鈾的特性，就要先解決第二個問題，如何改良把鈾二三五和其他二種同位素分開的方法。

我們現在並不是閒談星期日報紙副刊裏所載誇大的奇蹟。美國有許多試驗室，包含奇異電氣公司 (General Electric Company) 和威斯汀好斯公司 (Westinghouse Company) 都在積極設計提取鈾二三五，以期得到可能用的分量。

尼爾教授所產生的鈾的分量，最初少至須用顯微鏡才能看見；然而不久已能夠增加到一萬一千倍了。這個結果確實可以感動人們，不是一件小事。一架價值二百美元的提鈾機，可於四十萬天之內取出鈾一磅；那末，倘有五萬架之多，只要八天便夠了。倘建造一座這樣大的工廠需費五千萬美元，也不是一樁壞的生意，比一隻四萬五千噸戰艦的造費還便宜得多。這放射原子能的機器的發明，好像從天而降，霹靂一聲，就是當時許多有名的核心理學專家，也沒曾預料到的。

這件奇蹟起始於一九四一年，後來就寂然無聞了，因為政府已經下令禁止洩漏消息的緣故。於是一小羣研究原子破裂的專家，就在各種相互聯繫的試驗室裏，分工合作地研究，結果就是造成了原子炸彈。經過一次小型的試驗性的原子炸彈實驗（在新墨西哥地方）後，便在一九四五年八月七日那天，正

式應用了一次，把日本的一個大城市廣島燒乾了，剷平了一半。這樣一來，一般人才十分驚異，非常恐怖。因為人類竟能放出宇宙裏祕密的和基本的能量；這能量可作為和平之用，也可作為戰爭之用；假使用在後面一種，豈不是把人類和文明一齊毀滅了嗎？而且使用這能量的人們的手術，還不是十分巧妙，地球本身也是一個大炸彈，萬一弄得不好，豈不會把地球也擊破了嗎？原子炸彈的祕密，也不是能夠永久保持的，美國人固然知道了它，但是別國也有一樣聰明的人；這些聰明人遲早也會發現如何把有組織的物質化成可怖的能量的方法；也許他們的方法，並不和美國人的方法相同，而效果却是一樣的，也許或有更大的效果呢。

上面我們已經告訴了，物質是能量的現象，根本上，二者是一樣的東西。愛因斯坦在數年以前，用算學方法說明質量能夠改做能量的時候，他就有這個意思。他的質能變換公式是  $E=mc^2$ 。這式中  $E$  表能量， $m$  表質量， $c$  表光的速度；用每天所講的淺白話來說明其意，就是根本的宇宙能量等於質量乘上光的速度的平方。它的速度是每秒鐘十八萬六千英里。麥克斯威爾 (James Clerk Maxwell) 和其他許多人，在很久以前，便付度過了；光在某種情形之下，是和物質有密切關係的。愛因斯坦的公式已經把這兩種現象親密地聯結起來了。把十八萬六千的數目平方起來是一個非常龐大的數目。照這樣說，一盞斯物質可能供給十億千瓦小時 (Kilowatt hour) 的能量；換句

話說，一粒胡桃可供一座小城中幾年的使用。

當愛因斯坦宣佈他的公式時，要放射這種能量還是一個夢想。大凡做過關於原子實驗工作的人們，大抵都以爲人類將不會控制這可怕的祕密；卽是其中最樂觀的人，也不敢說出什麼時候才可以實現這個夢想。有些人還以爲這事太可怕，如實現起來，真不堪設想；還有許多人以爲人類常常要發生劇烈的戰爭，可否把這樣危險的工作交給它，是一疑問。而且還有必須顧慮到的，就是那接近真正原子爆炸的物質，能夠經得起震動而不會化成灰燼，四隣的東西不會同歸於盡嗎？

在一九四一年很久以前，物理學家早已想去找尋一個能夠破裂原子的彈丸。電子太小，重子（Deuteron）也不能用，找了很久，都沒找出一個東西，能夠把任何原子的核心破裂開來的。蛻變和產生同位素是一件事，真實的破開核心，又是一件事。同位素是容易造成的，就是要更澈底的蛻變，譬如把一種元素變成他種元素，也許容易做到，這不過把一種原子外層的電子打去一二個罷了。但想做到把一個原子的核心裂開，則是另一回事了。核心是宇宙的能量所在地，是最堅固的東西。惟有用中子才有辦法。它比較大原子的核心還小，但它在電的方面說起來是中性的，所以不受電子或質子所吸引或排擠。描得準，走得慢，中子便能輕輕地鑽進鈾原子裏面去；它不跳開，也不會給別的力量擠開。一旦鑽進裏面去，變化就要開始了。

鈾原子的組織是不容多一個中子進來的，倘是多一個，便

會發生大紛亂。所以中子這個東西，當初以為是沒有電而不至於害人的，現在竟變成原子平衡的大擾亂者。因為它一旦鑽進了鈾原子的核心，它便立刻破壞鈾原子，使它發生分裂作用 (Fission)，而同時發生劇烈的能量。T. N. T. 炸藥的力量還沒有這樣大。在使用中子以前，曾經用那高電壓控制下走得很快的小點，來破裂原子的核心。後來證明了這方法是錯誤的。因為這些小點一撞到核心就會跳開，好像網球打着火車頭一樣。至於緩行的中子，它能夠順利地滑進鈾原子的組織裏，因此反能發生震動世界的巨大變化，而使有人口七千萬的國家於四十八小時之內屈膝而投降了。當時不過把一極小量的鈾元素，約有中子質量的五分之一，用每中子只有一電子伏特的能量，產生二億的能量。所以全部變成能量的時候，其力量之大，實是空前所未見；愛因斯坦的公式，也於此證明了。

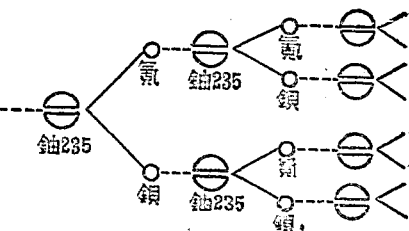
最初放射出來的原子能很少，除了最靈巧的科學儀器，發生一些變化外，也很少希望着能夠產生足以影響任何物的分量。必須要射出無數個中子，而且要切切實實擊中着鈾的核心，才會有相當大的結果。直至一九四一年，這個希望還是很少的。不過轟擊用的小點已找到了，原子的爆炸也試驗出來了。現在所需要的，是一種起炸的程序 (Igniting process)，鏈式的反應，從一個開始侵入的中子能夠射擊出更多的活動中子來，而由它們再去担任轟擊的工作(看第十九圖)。這是一種新的炸藥。這種程序可以控制嗎？起始的爆炸，會不會引起鏈

式爆炸，而使我們的整個地球都分裂嗎？最先發動爆炸的人們，實有非常重大的責任。

首先做成功一連串爆炸的，是茹里奧—居禮夫婦 (Joliot-Curie)，可是這爆炸發動了，却又很快地消失了。這是一九四一年政府禁止洩漏消息以前的事。

截至那時為止，我們祇知道，在各個鈾的同位素裏祇有鈾二三五是最好。這是從用中子去破裂它的方法上說的，但也必須用純粹的鈾二三五而後可以。倘是攙和着鈾二三四或二三八，那麼它的行動就會緩慢，那鏈式反應就不會發生。直至禁止消息洩漏之日為止，我們還沒有知道生產大量鈾二三五的方法。所謂大量，是指幾個盎斯或一盎斯的幾分之幾而言的。但是即使祇要產生這麼少的分量，大概也要用着幾千幾萬噸的鈾礦呢？

不過鈾二三五能發生鏈式反應的事實，早已發明了。當它被緩走的中子破裂以後，其他中子就會給這個破裂放射出來。這些被放射



第十九圖 鏈式反應

出來的中子，又會破裂其他鈾二三五的原子，和再放出其他中子來。還有許多別種方法，那是用迴旋加速器去轟擊鋰 (Lithium 最輕的金屬，色白如銀)，這樣也能產生中子，而這些中子便去轟擊那鈾二三五的靶子。可是，在那時候鈾二三五似

乎也不是做原子炸彈的最完善的東西。於是有孟赫頓計劃 (Manhattan project) 照這計劃，不但是要找出一種新奇而比較鈾二三五更好的代替物，且須想如何把它從原料中提煉出來的方法，和如何使它發生那鏈式反應。當時雖費了幾億美元，利用美國整個產業機構來供使用，也不見得有很大的成功希望。

假使鈾二三五是最好的東西，但是想到它的生產量應該如何，才能足夠發生有效的爆炸，也是幾乎沒有希望的。從鈾礦裏煉出的鈾，有二三五和二三八兩種，前者僅佔一百四十分之一。後者好似在一包鈾二三五的爆竹裏藏着的濕木屑，只有使這爆竹妨礙作用而已。而且鈾二三五也須有相當的多，才能夠發生鏈式反應。因為用費太大，從來沒曾取出那麼多的東西來。即使有多量製出，誰敢担保不會有一二個遊離出來的中子，進入鈾二三五的核心裏去，把鈾的全部都破裂了，甚至連提取鈾的人們都消滅了。

最後孟赫頓計劃，只發現了兩個新的人造的元素：一個叫做鏷 (Neptunium)，另一個叫做鐳 (Plutonium)。前者是有鈾二三八混雜着的時候，而用電子轟擊鈾二三五所產生的。當鈾二三五破裂而發出中子來，這些中子就被附近的鈾二三八吸到它的核心裏，而另成爲另一種的新東西。這新東西確是一種元素，不過好像從鐳變出來的暫時性的元素一樣，不能久存。它不久便會破裂，而變成功另一比較穩定的元素；鐳不只是一個同位素，而且像鈾二三五一樣，也會給中子破開。因為鈾

二三五和鈾二三八是結合得很緊密，很不易拆散，鐳元素因為是一個獨立的元素，可能接受普通的化學作用，和它的父母鈾元素離開。那末，鐳真是製造原子炸彈的好東西了。至於如何生產它，當然還是一大祕密，它的原料必須取自加拿大的落磯山脈 (Canadian Rockies) 中的鈾礦，這是無疑的了。

這過渡的餘，正是好像達到鐳元素的旅程中一個歇足站罷了。然而造成這兩種元素的過程中，從鈾二三五放出的中子，效力不大。因它走得太快，在給鈾二三八吸收以前，大多數的中子已經滑走了。這是首先須要解決的問題。而且其他雜質也會吸去了許多中子。所以第一須要除去雜質，第二須要防止中子在未被吸去以前的逃走。增大有活動力的原料也許有益。至於放射出來的中子，大可設法減少其速度。這並不是一個新的問題，我們早已知道了，因為把這些小點通過重水，或石蠟，它們的速度便會減少了。

做鉛筆用的石墨，也能減低中子的速度，而且不會吸收它，所以決定把少量的鈾埋在這石墨堆裏面。

當孟赫頓計劃開始進行的時候，還不知道，最後用鈾二三五還是用鐳來製造原子炸彈。所以依照專家委員會的主張，生產這兩種元素的工廠都建立起來。

當時曾用二種巧妙的方法去分開鈾二三五和鈾二三八。一種方法是應用迴旋加速器原理：我們還記得，這原理就是利用一強磁場來把帶電小點的路線彎曲轉來。因為鈾二三五輕於鈾



二三八，所以在磁場內鈾二三五變得更厲害。於是在電磁場中的路程的末端，安置着適當的機械，便可分離這二種元素。

第二方法是用一比顯微鏡所能看見的範圍還要小的分濾器（這器是祕密製造的），迫令氣體的鈾化合物經過這器，鈾二三五比較容易蒸發，所以比較易濾過。於是在這器之外，便可聚成較多的鈾二三五。

樊美博士 (Dr. Enrico Fermi) 是世界著名的核物理學家，他專做關於鏈式反應的工作。他的試驗室設在芝加哥大學的足球場的看球臺之下。他在那裏建起一個堆塊 (Pile)，能夠放射出很多的能量。他的工作，可算是十八世紀意大利人伏打 (Volta) 首創電池以後第二個偉大事業了。這兩位都是開歷史上的新紀元，可謂先後輝映。不過伏打能夠把一種能量改變成功他種能量，而樊美竟把物質的基本能量放射出來，功績更大了。

樊氏在那看球臺的底下做工作，他是首先試驗鏈式反應的。他最初把鈾塊埋在石墨磚的各角裏。這些磚，叫做緩和劑 (Moderator)，這就是說，它能減少中子的速度。這些磚是層層相疊，成了一堆的。

這種作用，一旦發動了，人們能夠控制它嗎？當時的希望，只有一法；那就是用鎊塊，塞入這個堆塊裏面來制止大量中子的危害作用。這個辦法先把它試驗一下，然後應用。所以結果恰如所料沒有錯誤。現在才可說是人類進入原子時代了，

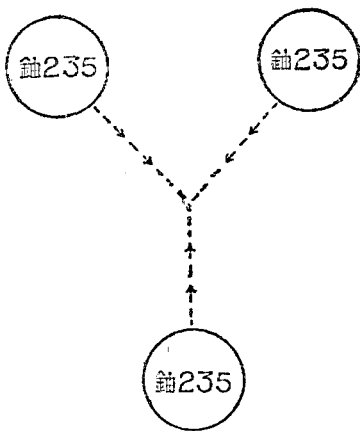
但是人們的前途更多些危險，因為在他的手中，已有毀滅他自己的工具了。

然而這個堆塊比較在華盛頓州耶啓馬 (Yakima) 附近沙漠地方的亨福特 (Hanford) 製造廠裏的設備，還是相去甚遠。製造原子炸彈的原料就是在這個廠裏做的。在那裏工作的人們都知道，這個新的轟擊器所產生的放射物，裏會發出無數可以致命的放射線和大量的熱。這些熱唯有大河像哥倫比亞河才能夠完全把熱散去。這放射對於生物的組織是致死的，故這種堆塊須在離人遙遠而有厚壁隔離的器具裏工作着。就是那用來冷卻堆塊的水，也因為受着放射作用，對於人們也能致命，必須完全消滅它的危險性，而後才可放回河裏去。吹過這堆塊的微風也能放射。立在堆塊的比較熱的部份旁邊，或太近或太久，則穿的衣服也可能受着放射。所以每個工作者可說都在死圈裏行動，每人身上都要帶一隻驗電器 (Electroscope) 或照相的軟片。驗電器裏放電 (Discharge) 過早，便是表示危險的來臨；那軟片的變化，便是表示放射的程度。甚至房子裏也須裝置驗電器警告機。

從當時哥倫比亞河裏溫度顯著的升高，便可知道那些堆塊裏發出多麼的熱。在許多副產物中，其中所含的放射是那麼大，假使它能夠發散出來，就會使許多地面上，不能再有人們居住了。

第一個原子炸彈首先試放在新墨西哥州 (New Mexico)，

老斯·亞拉摩斯 (Los Alamos) 附近的沙漠裏，這是最危險的工作啊。直到那時為止，做這些工作的科學家極力設法控制鈾的積聚量多到能夠自行爆炸的危險。假如發生自行爆炸，這是很危險的。現用巧妙的機械，去安排這元素，成功一個一個的小分量。一方面使各個小分量都不至於單獨發生危險，另一方面又使這些小分量可以忽然會合 (圖二十)，而致全部質量都能爆炸。(不過這裏所謂爆炸，並非尋常化學上的爆炸。這裏並不用引起爆炸的引藥。) 在爆炸以前，必須把那些鈾的小分量用很厚的包被物質分開着。



第二十圖 不爆炸分量的會合

在老斯·亞拉摩斯沙漠裏試放的原子炸彈，在爆炸時候，發出了非常大的熱，在廣闊的地面上，把石塊化成稀粥，沙粒融為玻璃。在那炸爆的中心裏所發出的熱，也許可和太陽的熱度相等。地球面上或它的內部，都沒有可以相比的熱量的。

倘使鈾元素不須要在一定的大小分量就能夠爆炸，那麼，這種試驗，簡直是不可能的。只因鈾元素的原子更容易受中子侵入而分裂，所以我們必須要用它來做炸彈的原料了。雖然原子炸彈的實在的構造是怎樣，現下還不知道，然而我們可以假

定：那些要受中子轟擊的小點，不外是鈾和鐳的混合物罷了。這混合的作用，就是擊破核心的中子迅速地應用和產生。因此，核心的破裂會那麼大，而至人們不能不因自己的工作而屈膝了。

在原子炸彈裏的鐳元素的原子能，在爆炸時所放出的遠不過是它的一小部份。照我們現下所知道的，原子核心的結構並不因爆炸而有多大混亂。破一個核心，就會發出非常大的力；那末，如果把這質量全部的力都放射出來，那麼更將可怕了。思念及此，能不駭然。

破裂鐳元素原子的鏈式反應，進行得像閃電一般那麼的快。這進行的程序原來是這樣的。假如我們使用鈾二三五而論，一個中子進入了一個鈾二三五的原子核心裏，便把這核心破裂。破裂的結果是造成鋇 (Barium) 和氬 (Krypton)，並發出  $\beta$  點 (電子)  $\alpha$  點 (氦核心)  $\gamma$  線 (短 X 線) 和更多的中子。這些中子再進入附近的鈾二三五原子，而破裂它的核心。這個程序進行得很快，直至全部質量都變化而後已。因最初破裂鈾二三五原子所發出的中子走得太快，不能進入附近的鈾原子，所以要用石蠟、重水，或石墨，來減低它的速度。一個炸彈的爆炸，實在費去了無數的中子小點。但起初發動的時候，只要比較少數的中子罷了。

這是原子能的小史。我們將往何處去，——毀滅我們已有的舊文明呢？還是創立一新文明呢？——關於這問題，許多人

---

還在躊躇着。但是我們總要用在有利的一方面啊。

## 第八章 最新發現和原子能的前途

原子能在最近的將來能否應用到日常生活上面，是一問題。人們對於這個問題，也許有時過於樂觀；然而假使有一個出人意料的發現，那麼明天就能應用，也未可定。譬如原子炸彈最初造成時候，許多物理學家和工程師，都以爲須候五十年或一百年，才能釋放出原子能來，有些人們還且堅決地預料這件事萬萬做不到。但是現在究竟如何？今日的科學進步非常之快，目前以爲是遙遠的、渺茫的希望，也許不久就能實現，我們再也不敢在事先武斷，或否認的了。

關於原子能的研究，我們現在還是面對着幾個困難問題。我們首先需要的是，要有一種方法，可使原子能逐漸放出，而不發生大爆炸。要這樣做，就是須要使那些能釋放原子能的原料繼續地而且和緩地爆炸。想把這能量變爲可用的工作，顯然地要用一種原子鍋，而使從這鍋發出的熱能用於煮水，或煮水銀，或推動輪機（Turbine），或其他氣體機關，或者，也可用鈾二三五和一種調節物相混和，便可和輪機聯合起來。作爲原動力機。當然，使用這原子鍋的工人也要有着足以防禦放射作用的掩蔽物，因爲鈾二三五既然是能力的來源，一定要放射得很厲害的。

因爲生產鈾二三五的費用還不知道要多少，所以很難比較這種能力來源和汽油或煤的貴賤。有人也許以爲美國政府生產

鈾二三五的工廠已經陳舊了，每磅鈾二三五的生產費還可大大的減少，照現在的估計是每磅一萬到五萬美元左右。然而我們也要知道，一磅鈾二三五，從它的能量說起來，等於價值五萬二千美元的最好的航空汽油。假如一磅鈾二三五祇要需費二萬美元，那麼原子能便可與煤競爭了。

理想的而是最有效的方法，就是把原子能直接變成電流，但是目前還沒有希望的。想用來推動汽車或飛機，恐怕一時也不可能的。放射問題也還是沒有方法解決，幾英尺厚的掩蔽物，想起來一定要用來保護那坐車或坐飛機的人們的。

自從一九四五年八月美國宣佈了使用原子炸彈以後，核心理學又有幾個值得注意的新發現；這些發現大多數是在軒納克他祇(Schenectady)地方之奇異電力公司(General Electric Company)的試驗室所做的。在那裏使用着是一架新的轟擊器，名叫威應迴旋器(Betatron)。它是一個油煮餅形狀的玻璃箱，恰巧裝置在一個可以旋動的磁場上面。這個磁場會使玻璃箱裏的電子旋轉，並且越轉越快，以至於差不多有像光線那麼快的速率。

我們說過，原子能的奇點，大部份是在於這樣的事實：物質可以直接改為能量，物質和能量不過是一樣的東西的正反兩面罷了。舊的傳奇上說：不論權力很大的君王和所有他的下屬人馬，都不能毀滅一針頭。這就是所謂物質不變或物質常存的定律(Law of Conservation of Mass)，但是在今天原子能可

以解放出來，就是說物質可以直接改變成能量，這不啻給這個定律一個重大的打擊嗎？人類竟能完全毀滅物質了。那麼可能有相反的程序嗎？即是可能從能力創出物質否？這也許是可能的。

當電子流的速度，用感應加速器的助力，增加到每秒一八六，〇〇〇英里的時候，它越走越快，質量越大。近於光線速度的時候，它的質量，比它不動時候要大二百倍。總之，物理學家確能創造物質了。

感應加速器也是最好的能夠發生X線的一個機器，祇要用著一千萬伏特的高電壓便可發生了。不久以前，就有人說過一百萬伏特的X線管的製造；當時，大家十分高興。當高速度的電子打着金屬的目標物的時候，X線就在管中發生出來。電子走得越快，X線發生也越多了。

受了這些新的放射線轟擊以後的物質，它的性質，又要發生新花樣。這些線是波長很短很短的放射線，倘使射入原子核心裏去，便要發一萬萬萬度的熱量。那時的原子，就要吐出科學家所謂介子（Mesotron）的小粒子來了。這顯然是能量已經改變成物質了。介子就是一種從天空跑到地球來的宇宙線的組織的一份子。這豈不是直接創造出來的小點嗎？實在是核心理學家破天荒的試驗。介子這個小東西，祇能生存幾百萬分之一秒的時間，它被人們創造了，但是離開它的來源幾英尺遠以後，就會神祕地消滅了。



如果把威爾遜霧室掛在感應加速器旁面，還有一件驚人的事情會發生的。一種小點，浸在從感應加速器出來而有強力的射線裏，這點就會疾馳而過，不但造成一條發光的路線像超新星 (Supernova; nova 是新星，所以 Supernova 可以叫做超新星。所謂新星是暫時的星，何以叫做暫時的，因為它非常光亮地閃爍一下就消失了) 一樣，只閃爍一下，而且是另有八條光線，如輪輻一般，四圍射出來。這是很奇異的，人們從來所沒有看見過的。這究竟是什麼一回事？

實則另有一種新的爆炸出來了。即是一個氧的原子被擊破成八個小東西了。上面講過的鈾二三五，分裂起來不過有兩個小粒子。如果也可分裂八個而不是兩個，那麼原子炸彈的爆炸性，將比現在更要大了。現下分裂原子的方法，只能鈾原子所有的能力的一部份，還不及總量的千分之一。奇異電氣公司所製造的X線，雖很有力量而能像中子一樣的分裂鈾原子，但總不能夠把鈾原子打得破碎。這種X線也能夠把鈾原子的所有電子剝奪淨盡，而餘剩一顆質量很大的核心。一立方英寸大小的無電子而填塞很密的鈾原子核心，可有幾噸的重量。這種赤條條的鈾原子，就是造成太陽和其他形小而質重的星體的中心物質，這是無疑的了。

還有一次感應加速器破碎了一顆氦原子後，同時再發出一顆質子和二顆中子，而餘剩的質子和中子，又立刻造成一個新而有原子量十一的碳原子了。

倘是鉛元素受到這新X線的擊擊，還有一種奇異的東西發生出來，鉛質太韌，不能分裂，但是可能把它蛻變而噴出一顆質子和一顆中子；它的原子序便要從八十二改爲八十一。八十一是鉈元素(Thallium)的原子序。鉛的原子量亦將從二百零六改爲二百零四，而二百零四又是鉈的原子量。但是鉈只停留四、五分鐘，就要噴出一顆負電子，而再成爲鉛。這真奇怪之極了。

從蛻變作用來說，感應加速器的效力比較要大三倍。直到近來，後者還是轟擊原子最好的工具，然而現下情形，感應加速器用高電壓的X線，比迴旋加速器，有更大能力來擊破原子了。所以奇異電氣公司的物理學家和工程師，就設計把這兩種加速器結合起來，成爲一種強力的機械，稱爲合成加速器(Sigmatron)。

依據估計，這新的機械能把電子的質量增加到比電子靜止時的質量的一八三七倍。於是向來微小的電子將有像質子或中子那麼重的質量了。這個研究，現下還是理論階段，然而近代核物理學家，很可能的於短時期內把理論變成事實的。

這些物理學家現下正在自己詢問着：如果電子的質量增到像中子或質子那麼大，它的電仍舊是負電呢？還是失去了電量而變爲中子呢？還是改變了電性而成爲質子呢？我們要知道感應加速器已經創造出正電子了。

合成加速器的出世，必定會得大大地促進關於原子的研

---

究，我們已經踏進了非常重要的新發現的門口了，讓我們快快地準備去接受這新貢獻罷。

民國三十七年二月發行  
民國三十七年二月初版



中華文庫  
初中第一編  
原子能是怎樣來的 (全一冊)

◎定價國幣二元二角

(郵遞匯費另加)

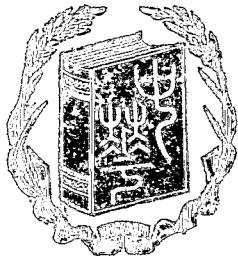
編譯者 梁明致

發行人 李虞杰  
中華書局股份有限公司代表

印刷者 上海澳門路八九號  
中華書局永寧印刷廠

發行處 各埠中華書局

(一三六九七)



( 13697 )