

朱任宏譯

化學元素發現史

中華書局印行



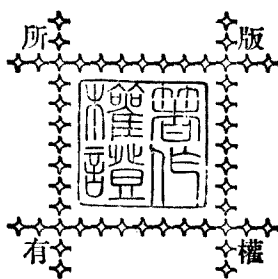
民國二十六年十月發行
民國三十年四月再版

化學元素發現史 (全一冊)



實價國幣二元八角

(郵運匯費另加)



原著者

Mary Elvira Weeks

譯者

朱任宏

發行者

中華書局有限公司
代表人 路錫三

印刷者

美商永寧有限公司
上海澳門路

總發行處

昆明

中華書局發行所

分發行處

各埠

中華書局

譯者贅言

化學元素的發現，可以說是化學上最基本的工作。在原子週期表中所羅列的九十二種元素，現在可以說都發現了。只有第八十五與第八十七兩種，還待證實，但大致沒有問題。到此我們應當有一部專書，來敘述各種元素發現經過的情形，以便作一個結束吧。

近有美人衛克斯(Mary Elvira Weeks)氏著有化學元素發現史(Discovery of Elements)一書，原文曾陸續登載於美國教育化學雜誌上，後來刊有單行本問世。民國二十一年秋，譯者旅居北平時，獲閱此書，乃着手譯述。脫稿後，蒙曾覺之兄校閱一遍，多所改正，後由中法大學月刊分期陸續登載；今又得陳子明兄之介紹，由中華書局另刊印單行本，爰略述本書刊發之經過，並誌謝悃。

書中名詞，以前多從舊譯，現在遵照教育部頒佈之化學命名原則改訂。又從原書中選出曾發現元素的著名化學家像片八十餘幅，刊入單行本中，以資讀者景仰。不過譯者不學無文，錯誤之處，在所不免，尚希讀者不吝指正。

譯者誌於上海

民國二十五年一月

導 言

今日人類能够享盡種種物質的幸福，都由於人類對於九十種單質(化學元素)的智識，有了增進的緣故，這是古代的文明民族所不曉得的，譬如羅馬的貴族，奢侈豪華，可算歷史上有名的了，他們曾有雪花石膏的地板，雲斑石的牆壁，大理石的樓梯，和鑲工精細的天花板，滿佈眼前，美不勝舉，但鍍鎳或鎳的器具，就拿不出來了；他們足以眩耀人的用具，只有人工製造的金碗和金杯，但沒有用鉑與鈿製成的碗與杯；耀武揚威，聲聞天下，固然是他們的慣技；但是無法無權，可以買到一小顆鋁製的玩弄品，這都是很明顯的例證，看出他們受了元素智識缺乏的限制，所以有此結果。

睥睨一世的羅馬人，也不免受了地域的限制，因為他們根本不知道世間有輕金屬如鋁及鈹，與氣體如氫與氮，可以憑借，來跨過山河阻隔的敵國呵。他們在城市中所築就的街衢，雖是康莊大道，平坦無阻，然到夜間，如果手不提燈籠，亦是不能走的，因為當時還沒有鎢絲白光燈和氖管紅光燈裝在街衢中。他們日常所飲的水，都是由河流，湖澤，山水，經過長遠寬大的水道流進來的，給他們的健康不少威脅，因為沒有用氯來殺死水中的微菌，就拿來做飲料，實有害於衛生之道。當肌肉偶然受傷時，亦沒有用碘來醫治傷口；患了氣喘病時，亦沒有用氧氣筒來救急病。這都是他們受盡種種物質供給缺乏的痛苦例證了。

關於化學元素發現的故事，很少人逐一連續記述出來。不過在各種化學雜誌，人名字典，舊書札和古書上，對於元素發現及發現者的身世，是有不少的記錄，但其材料，散處於各書中，未經整理，名目繁多，非今日忙迫的化學家所能盡讀的了。於是在本篇數章書內，希望對於洩露化學元素之祕密有功德的先生和太太們，不特能表示景仰讚美之意，且同時能使一般化學家及其他各種人明白曉得這些發現的大事業，是怎樣成就的呢。

關於下述各章材料的取捨，雖然有趣，但很困難。因為同樣元素，有數人同時發現，各不相謀面的例子，實不鮮見。亦有一種新元素，未經實在分開以前，已有不少的考察者，先認識其存在了。似此情形，只好將發現的步驟，明顯階段，完全敘述出來，不把發現的榮耀聲譽，歸於任何一人所有。

.....

化學元素發現史

目 錄

譯者贅言

導言

- | | | |
|------|--------------------------|-----|
| 第一章 | 古代所知之元素 | 1 |
| 第二章 | 鍊金術家所知之元素 | 8 |
| 第三章 | 十八世紀之數種元素 | 19 |
| 第四章 | 三種重要氣體 | 32 |
| 第五章 | 銻、鉛、錫和鈾 | 54 |
| 第六章 | 碲和硒 | 70 |
| 第七章 | 銻、鋇和釷 | 83 |
| 第八章 | 鉑族金屬 | 110 |
| 第九章 | 三種鹼金屬：鉀、鈉和鋰 | 132 |
| 第十章 | 鹼土金屬和鎂與鋅 | 146 |
| 第十一章 | 利用鉀、鈉分出之元素：鋅、鈦、銻和鈷 | 159 |
| 第十二章 | 利用鉀、鈉分出之他種元素：鈹、硼、
矽和鋁 | 173 |

第十三章	借助於分光器發現的數種元素	201
第十四章	元素之週期系統	223
第十五章	門得雷業夫預測的數種元素	234
第十六章	稀少土元素	250
第十七章	造鹽素元素	272
第十八章	惰氣	293
第十九章	放射元素	307
第二十章	最近發現的元素	329
第二十一章	磷之發現史後記	349
附錄	化學元素發現史年表	358

化學元素發現史

第一章 古代所知之元素

古人對於元素的觀念，與今人所有的，雖完全異樣，但有數種物質，現視為化學元素的，自有歷史以來，就被人民發現了。說到誰先發現這些古代的宇宙建築柱石，是沒有人明白的，但在普林尼太子 (Pliny the Elder) 及帶奧斯科立第 (Dioscorides) 二人的文字，和希伯來及印度的經典中，關於金屬如金、銀、銅、鐵、鉛、錫及汞和非金屬如硫及碳的記錄，實有不少有趣味的指示了。

.....

天地間所有的化學變化，一幕一幕的表演過去，好像戲園中做戲一樣。表演化學變化的主要角色，就是元素。

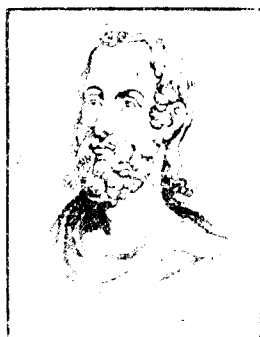
化學元素，用來築就宇宙間形形色色的物質的，是由各時代各地方的研究者，不辭勞苦，逐一發現出來。在古代希臘的哲學家，如退利斯 (Thales)、舍諾朋斯 (Xenophanes) 及希拉克略 (Heraclitus) 數人，都相信世間所有物質，是由單質化合成的，但於元素的意見，則人各不同。退利斯以為水是元素，將水蒸發及凝結，便可產生物質，但希拉克略又以為火是一種構成物質的重要元素了。

在耶穌誕生四百四十年前，有晦披鐸黎 (Empedocles) 首創

地、風、水及火四種元素之說。此說一唱，數世紀後的人，仍然相信不疑。在今日的人，個個都明白地、風、水及火，無一種可稱為元素。此四種中，可算地是最複雜，其中可分出許多化合物，而各種化合物的性質，各不相同，要視各地所取之而異。構成風的空氣中亦含有數種單純氣體，其中最主要的，有氧、氮及氫等種。水亦是很容易分解為兩種不相同的氣體，氧與氫；至若火更不是屬於元素了，牠是含有可燃氣體及燃料。這些事實，在近代人視為十分簡單，其實是曾經世上最智慧的人們辯論與建立的呢。

短命元素的故事，即從前視為元素，後來發現其為複合物的故事，是十分有趣味，但本書只限於論述化學家所公認的簡單元素，對於短命元素的故事，在此不能詳述。讀者欲知其詳，可參閱比斯克維爾(Charles Baskerville)在一九〇四年一月號的“科學”上所發表的真實元素與非真實元素一文，其中所敘述的假元素，有一百種以上。

化學元素，古人所知道的，無疑的有下列各種金屬：金、銀、銅、鉛、錫及



普林尼太子 (Pliny the Elder, 23—79 A.D.) 羅馬哲學家。他著有博物學(Natural History) 一書，共分三十七冊，其中敘述當日之天文、地質、動物、植物、農業、礦物及醫藥等學門。

汞等種，屬於非金屬的，就有硫與碳二種。古代的猶太人，定然知道

上述的金屬四種或六種，這是從舊約書上可以看出來的。古代的印度人，就曉得用黃金及銀、銅、鉛、錫、鐵等種金屬，這可從來角(Sir Praphulla Chandra Ray)著的印度化學史上引沙拉哈(Charaka)的話中看出來了。

古代的金屬

史前時期的石器時代，在埃及人的墓墳中，就有用黃金做的裝飾品，蓋在埃及的最初朝代中，就出有不少心靈手巧的金匠。至阿伯拉罕時代，即有用金屬來做日常交易的媒介物，在下列各聖經書中：出埃及記(Exodus)、申命記(Deuteronomy)、列王記(the First Book of Kings)、約伯記(Job)、詩篇(Psalms)、箴言(Proverbs)、以賽亞書(Isaiah)、耶利米哀歌(Lamentations)、哈該書(Haggai)及撒迦利亞書(Zechariah)，都有說到。普林尼太子(A.D. 23—79)說過：西班牙的退如河(Tagus)、意大利的波河(Po)、加里細亞(Thracia)的希伯斯河(Hebrus)、及印度的恆河(Ganges)，均有金砂出產。西曆紀年前二世紀，就有用淘汰法以提鍊黃金的，到普林尼時，已有用汞齊法的了。

銀因單體存在的，比較很少，所以牠的用途，沒有用金那麼早。西曆紀年前十三四世紀時，埃及出產銀質少許，其價格比黃金還貴。未拿銀來鑄成銀幣用前，定然先拿來做交易的媒介物，因為歷史上有過一段，用銀買地方的事情，就是在創世紀中，阿伯拉罕為

沙拉 (Sarah) 買墳地事，在證人面前，用秤定重量的銀，來做交換品。雅革新 (Jagnaux) 說過腓尼基人初次航行到西班牙時，看見西班牙有許多銀子，非他們的船所能載完，因此他們用銀代替鉛，結在木錨上作鎮壓物用。當西班牙人征服秘魯時，曾發現古代居民所製的種種銀器。

據柏德樓 (Berthelot) 的話，銅的開採歷史，至少在五千年以上。他分析得古代埃及人的用具，由於用純銅製造的多，用其合金製造的少。在以斯拉記 (Ezra) 上，亦說過：“上等光銅的器皿兩個，寶貴如金”的話。單純存在的銅礦，在埃及和北美的蘇必利爾湖 (Lake Superior) 的附近，都有出產，若用孔雀石採取銅質，所有手續，亦極簡便。

耶穌紀年二十五或三十世紀前，或者埃及人就有用鐵器的了，但因鐵器容易生鏽，故其用途，反不及金銀及銅那麼廣大。在古代已有人用爐鑄鐵，但其手術如何，不得其詳。至普林尼時，鐵已成爲日常用品，由他所說的下列一段話，可以明白。

我們利用鐵，可以建築房屋，劈開石塊，此外在其他日常生活上所必須用到的地方，亦是不少。但世上有好戰者、謀殺者和強盜等，有了鐵器後，亦可以增加力量，去做不法的行爲，因爲鐵器不特用來手持殺人，很有效力，即遠隔山川，亦可將鐵製成弓矢及飛刀，借人臂或飛箭之力，向對手胸膛上刺去；

人類有此心腸，我總認為最不道德；因此我們是使鐵生翼，教鐵學飛，可以殺人來得更快。受此罪咎的，當然是我們自己，上天是不受任何罪咎。但她因為懷着仁慈的心，爲着限制鐵的力量計，所以責牠生鏽，可以減少其力量很多；由此亦可以看出她的用心，凡有物質，可以給人類生命有絕大危害的，她總不讓牠存在。

關於鐵的記錄的文字中，最有趣味的，莫過於聖經上所說的了。誰能忘記約伯的巧言呢？“唉，我的話正在寫着！唉，我的話正在印上書本上！我的話正在用鐵筆來雕刻……。”在申命記上，可以看到巴珊（Bashan）的巨人皇帝，名字叫做噩（Og）的，睡在寬六呎長十三呎半的鐵床上的奇異記事。

鉛礦在地上散佈很多，且極易熔化。巴比崙人有用鉛片來刻菓誌文的，在出埃及記、民數記（Numbers）及耶利米書（Jeremiah）上，亦有記載這種金屬的文字。羅馬人用鉛做水管、寫字板及錢幣，銷流很多。他們亦有用鉛來做煮物器具的，但不幸因此而有中鉛毒的了。

耶穌誕生三十世紀前，雖然有錫鏷的合金，但錫是否爲古人所知道的金屬之一，還是一疑問。在以西結書（Ezekiel）上說過一段話：“他施人（Tarshish）因你富有各種的財物，就做你的商客。拿銀、鐵、錫、鉛，兌換你的貨物。”在第一世紀時，拉丁人稱錫爲“plumbum

album”，所以別稱鉛爲“plumbum nigrum”。普林尼及帶奧斯科立第亦說到用錫鍍銅器，可以防其侵蝕腐敗。

古代的中國人和印度人，都知道汞質。在耶穌紀元前一五〇〇年或一六〇〇年時的埃及人墳墓中，就發現有汞質存在。帶奧斯科立第說汞可由辰砂製得之。而普林尼則用皮革緊壓汞，可以使汞變爲純品，且說汞是有毒的。這種金屬，在鍊金術上，視爲十分重要，所以當時用一種特製的爐子，來烤礦石，以便製得多量的汞質。

古代的非金屬

單體硫與硫磺，在世界各國都分佈很豐富，必爲古人所知的，決然無疑。普林尼說意大利西西島上出產硫磺，可取硫塊爲藥用品。取硫的蒸氣以漂白棉布，及用之以製造硫磺火柴，他都說得很詳細。阿基柯拉(Georgius Agricola)說，從硫製得的火柴，在石塊上一經磨擦，即能着火，便可用之使洋燭及木片發火光。且知道可用硫以製造火藥，這可由他對於火藥的意見一段話明白了，他說“將硫製成火藥後，可將戰時用的鐵器、銅器或石器，由自己的堡壘中投到敵人的營地中去，這是一種可呪詛的發明。”

近代的化學家，很不容易了解古人的硫的著述，因爲古人喜歡用硫一字，以名所有可燃物質，這是一種錯誤，可使人眼花迷亂。當第八世紀時，其別(Geber)相信金屬爲硫與汞的化合物，因此這兩種元素，鍊金術家看來十分重要。阿薄·曼蘇(Abū Mansur)說用

硫可以解各種金屬的毒，皮蘇多其別 (Pseudo-Geber) 就說如何加酸於鹼硫溶液中，可以製得硫膏。

木炭與煙炭，均為碳質，這必然為史前時期的人民所知道的，在普林尼時候，木炭是用木材，架成錐形，外塗泥土，使不透空氣，然後加熱製得之，其所用方法，與今人所用的，完全相同。在舊約出埃及記與以西結書上，均說到金剛石為各種碳質中最美麗的話；古代印度典籍中，如吠陀斯 (Vedas)、梵文詩 (Ramayana) 和摩訶波羅陀詩 (Mahabharata) 都有說到金剛石。至一七〇四年牛頓 (Sir Isaac Newton) 在他著的光學書上，說金剛石可以燃燒，後來拉瓦節 (Lavoisier) 於一七七二年證實牛頓的話不錯。前人雖然有的是知道金剛石屬於碳質之一種，但沒有斷定其中不含雜質。其後到一七九七年英國化學家汀孟 (Smithson Tennant) 纔證實金剛石除含碳質外，並不含其他雜質。

第二章 鍊金術家所知之元素

鍊金術家雖然沒有把賤金屬變成爲貴金屬，但是他們的實驗，用玄妙，固作暗昧的名詞記錄出來的，也漸漸揭開金屬砷、銻及鉍的本來面目了。最後到十七世紀的末葉，磷的微光，光照了鍊金術的祕密後，即使科學的化學，一步一步的開始向前邁進。

.....

法蘭西·培根(Francis Bacon)在智識的進步(The Advancement of Learning)一書中所說的話，誠然不錯，就是鍊金術家對於科學界的功德，似伊索寓言中所說的農夫對於兒子的恩典一樣。當農夫快要死時，他即告訴他的兒子，他在葡萄園下埋有許多黃金，留給他們用的，兒子們信以爲真，待他們的父親死後，就去挖掘，費盡許多力勢，終沒有得到黃金；但此一掘，亦未嘗無益，就是可使葡萄根下的泥土疎鬆，來年葡萄十分豐收了。鍊金術家費盡許多心機，目的是在開掘黃金，結果黃金雖沒有掘到，但尋出很多可寶貴的發明和實驗法，留給後人去使用發展。這就是他們的功德，那能一筆勾消呢？

古代的文明民族，曉得應用金、銀、銅、鐵、鉛、錫、汞、硫及碳等元素，前面已述過了。此外還有別種元素，牠們的歷史，雖然不及上述的幾種元素那麼長久，但是至少亦有若干世紀了。屬於此類的元

素，有砷、銻、鉍及磷四種；說來奇怪，牠們原來是一族，彼此性質，有許多相似的地方，故今日的化學家，都稱牠們是同族的元素。牠們早年的歷史，都不十分清楚，只有磷一種，是知道誰人發現的。

砷

希臘人和羅馬人雖然有用砷一字，但他們所謂的砷，不是指金屬砷，是指有毒的硫化物（雄黃與雞冠石）而言。一般勞苦工人，因採取此種礦石而遭遇性命危險的，實不知幾多。誰先製得純砷，是沒有人曉得，有以爲是亞爾伯特第一（Albert the Great, 1193—1280）的，他曾用雄黃與肥皂，加熱，製得此質。在十六世紀時代，有一誇大無實的醫學鍊金術家，名字叫做巴拉塞爾士（Paracelsus）的，乃用硫化砷和雞蛋殼，一齊加熱，製得金屬砷，其色白如銀。但柏德樓謂比此還要在先，已有人製得金屬砷了，因爲使砷礦還原爲砷質，是極容易的。砷之性質，極易昇華，且易與其他金屬成爲柔軟的合金，此外牠的硫化物，雄黃，外表看來，與汞礦辰砂無異，故鍊金術家有視之爲水銀之一種者。皮蘇多其別用下列方法，使砷礦還原：將從砷（硫化物）或雞冠石中得到的汞，傾在經過硫的作用的鐵和銅上，則砷將變爲白色。

在一六四九年，士勒得（Schroeder）刊行藥典時，其中說有兩種製金屬砷的方法：第一法用石灰使雄黃分解；第二法用木炭還原亞氧化砷。至若砷之性質，經過下列諸人，即漢克盧（J. F. Henckel,

1725)、布藍特(Georg Brandt, 1733)、布魯盧(J. Brouall, 1744)和莫聶(Monnet, 1744)研究以後，始漸漸明白確定。布魯盧且謂砷與硫相似，在多數的礦石中，多少總含有此質。

銻

古人誤認硫化銻爲金屬銻，與誤認硫化砷爲金屬砷的情形，正相類似。東方的太太們，是慣用硫化銻塗抹眉毛，使變黑色，來美化她們的容貌。柏德樓相信古代的加爾底亞人(Chaldeans)是知道有此種金屬，因爲從開羅(Tello)廢城買來的一種不常有的花瓶，送到盧甫耳(Louvre)博物館，經他分析得的結果，瓶幾乎完全是用純銻製的，只含鐵少許而已。他又引帶奧斯科立第的一段話，說是用木炭來還原硫化銻礦，熱至紅熾灼時，設仍繼續熱去，則銻將變爲鉛，由此可知當時已知有金屬銻一物了。普林尼說明製造銻藥時，亦有同樣的警語，就是“製造銻藥最緊要的關鍵，在於觀察加熱時，恰到好處，否則銻將變爲鉛了”。由此可知羅馬人定然亦知道銻的製法；不過他們沒有方法鑑別各種金屬，時常濫用鉛的名稱，來名一切柔輒易熔化和黑色的金屬。

關於講述銻的書籍，最先出版的，恐怕要算是發楞泰因(Basil Valentine)著的“銻之勝利車”(Triumphal Chariot of Antimony)一書了。早年的化學歷史家，有認發楞泰因是銻之發現者。但在今日已明白發楞泰因，是一虛擬的人名，真正的作者，乃是紹倫吉亞

(Thuringia)省之佛蘭克夏絲 (Frankenhausen) 城的議員，厄斯人 (Hesse)，名字叫做陀連 (Johann Tholde) 的，於十七世紀的初期間，在本地經營鹽的工作。他用德文寫了不少的化學書，文筆流利動人，與巴拉塞爾士同，且聲明其中翻譯了十五世紀時代的本尼狄克應 (Benedictine) 派的僧人伐倫泰納 (Basilus Valentinus) 所著的拉丁稿本不少。在當時一般鍊金術的作家，多愛說銻，是有原因的，就是因為銻的化合物，是與長生不老的藥和萬應如意丹有關係，所以他們愛拿此題目來做文章。真正寫銻的科學書，最先出版的，還是李瑪侖 (Nicolas Lémery) 所著的論銻的化學的分析 (Traité de l'antimoine, contenant l'analyse chimique de ce minéral) 一書了。



李瑪侖 (Nicolas Lémery),

M. D., 1645—1715

法國化學家。他著有銻論及化學讀本 (Cours de Chimie) 二書，後者為社勒學習化學時所選讀譯本之一。

鉍

古代的人，對於鉍與鉛錫，是分不清楚的。在十六世紀的初年，阿基柯拉寫了一本很有名的書，書名叫做“Bermannus”，其中說到德國人是熟聞鉍的了。他知道鉍是一種特殊的金屬，與當時所知

的其他金屬有別，他的觀念，可以說是超過時代的思想了，蓋在十八世紀時，說鉍是鉛之一種的學說，仍然十分流行。即當時採礦工人，因為積習相沿的緣故，亦相信鉛有三種（普通鉛、錫及鉍），且謂鉍一種，比較變成似銀，故稱之為未完成銀。當他們開礦開到鉍的礦脈時，即現出不愉之色，嘆一口氣，且高呼着，“唉，我們來得太快了。”

即在一七一三年的法蘭西學院的報告(Proceedings of the French Academy)上，仍然說鉍是粗硫、汞、砷及土四種物質合成的礦質；在當時的藥典上，亦載有製此種金屬的藥方。譬如李瑪俐，曾說過下列方法，是在英國錫礦廠中用的；他說“工人用錫與同量的酒石與硝相和，盛於坩堝中，熱至紅熾灼，待完全熔化後，乃倒入油鐵臼中，靜俟冷卻。然後將沉底的精英，使與浮面的渣滓分開，經洗滌後，即得錫玻璃(tin-glass)，此又別稱為精錫(regulus of tin)。

法國化學家希洛(Hellot)，他看見康瓦爾(Cornwall)地方的化錫工人，是用天然鉍代替藥典上所引用的成分，以製造比較堅硬而光亮的錫質，且在一七三七年，他用火焰化驗鉛礦時，獲得一小顆金屬鉍。在後至一七五三年，即有赫弗理(Claude Joseph Geoffroy)，將他的有名的論文鉍之化學分析法發表了。赫弗理雖然早年夭折，完結了他的研究工作，但是他已認清楚鉍是一種單獨金屬，與鉛有別，且牠的性質，亦經考察得十分明白了。

磷

在十七世紀時，住在漢堡(Hamburg)城的商人布藍德(Hennig Brand)，總算是我們知道的發現元素的第一人了。若古代文明國人所用的金與鉛及其他金屬和非金屬，自然亦必有人首先發現的，但這般首先發現元素的人，而今只留下他們的功績，供後人享用而已，至若他們的名字，早已失傳，沒有人知道了，這與在所有各種發明中，貢獻最大的人的名字，就是首先造車輪者，無人知道的情形，甚相類似。

布藍德在壯年時是一軍人，後來傳說變為一愚笨的醫生，目不識一拉丁文。但他有運氣，就是他雖然有許多缺點，却娶得一腰纏萬貫的女人為妻子，變作一富家翁。不久他的妻子死亡，他因為沒有繼承得他的妻子的財產，因此心殊不歡，所以日思發財之道，後來他被鍊金術家的聲名震醒，進而開始追求金屬之王。以後如何使此熱心的鍊金術家，立意想到人尿中，可以找出一種液體，能使銀變金，這是無人曉得的；不過在一六六九年，他實驗的結果，發現一奇異而且美麗的物質，這是大家所知道的。那種奇異而且美麗的物質，就是今日所謂磷質的，是素其色，蠟似其狀，能在黑暗中，大放光明。他對於製造這種發光元素的方法，極力保守祕密，不肯向外洩露，但其發現的消息，不久即為全德國人所曉得了。

與布藍德同時，有一位有名的化學家，名字叫做昆刻(Johann

Kunckel, 1630—1702),他是好斯敦公爵(Duke of Holstein)朝



昆刻男爵 (Johann Kunckel von Löwenstern, 1630—1702)

德國化學家、藥劑師及玻璃專家。他為磷之獨立發現者。曾任瑞典王查理第十一(King Charles XI)之金屬顧問官。

中一鍊金術家的兒子。這位小昆刻是專門研究藥物學，玻璃製法及化驗方法的；曾在薩克森 (Saxony) 國的選舉人佐治第二 (John George II) 的德勒斯登實驗室 (Dresden laboratory) 中工作過；又曾在尉忒堡 (Wittenburg) 一有名的藥科學校教過化學；後來又在勃蘭登堡 (Brandenburg) 國的選舉人腓特烈威廉 (Federick William) 在柏林所辦的玻璃廠中擔任經理職。到晚年時即在瑞典王查理第十一 (King Charles XI) 的幕府中供職，該王賜他男爵 (Baron von Löwenstern) 及金屬顧問 (Counselor of Metals) 的銜頭。



某日昆刻在漢堡的朋友家中，陳示他有的發光物質，大有世間都無，唯我獨有，不勝傲然自得之慨呢。但是他的朋友，又因為以前已看過這種物質，不特不以爲奇，反使他驚異的，即建議引他到一醫生鍊金術家中，名字叫做布藍德的，去看一種能在黑暗中自然發光的物質，這種消息，真使他驚訝不已。後來他倆同走到布藍德家中，因為他已將所有的發光物質，渡讓他人，於是引昆刻到他的友人家中，去看此奇異能發光的元素。

昆刻受此熱烈的引誘後，即刻寫信報告他的在德勒斯登城的朋友，名字叫做克刺夫特博士 (Dr. Johann Daniel Krafft) 的。這位不誠實的朋友，不特不覆信給他，反偷偷摸摸急促地到漢堡城，用二百德銀圓去買布藍德的祕密。此種交易事情快要成功時，昆刻

即趕到漢堡城，躬逢其會。他用盡種種法子，想去打聽祕密的方法，結果都歸失敗，但只知這種能發光的元素，今日所謂磷質的，是從尿中取來。

於是昆刻開始用尿去做實驗，結果亦獲得磷質。他不願意公開他的製造的方法，與布蓋德的態度相同，托辭說是大家知道磷質製法後，恐怕磷質的危險，將時常發生，遺害不淺。依何謨堡(Homburg) 的意思，說昆刻的方法，有如下列所述者：將新鮮的尿，蒸至將近乾燥時，所得者為黑色殘渣，即置地窖中，讓牠腐化，約經數月之久。然後將黑色的殘渣物取出，加二倍於尿渣重的細砂，同盛於曲頸瓶中，上接有水收容器者，初則用小火溫煮，後用大火熱至紅熾灼。等待尿中之揮發性物質及油質蒸發後，磷即開始蒸發，凝結於收容器中，成為白色蠟狀的固體。昆刻以為製磷方法有危險，不願意公開，或者這是僅指其中手續之一部份而已。即在實驗時，為提防發火與炸裂的危險計，當磷氣一開始蒸發時，就應該將火焰移開，同時把收容器緊靠曲頸瓶，待至作用完成磷質變冷時為止。

昆刻不特製得磷質，且壓成今日選習化學的學生所常見的磷條了。他首先介紹磷為藥用品，又用“奇磷及其奇異發光丸粒論”(Treatise of the Phosphorus Mirabilis, and Its Wonderful Shining Pills) 來名他所著的專討論磷問題的書。昆刻能有此重要的發現，推根到底，則漢諾威(Hanover)國的公爵佐罕·腓特烈(Jo-

hann Friedrich) 所有功績，亦未便忘却，就是這位公爵，每年允許供給昆刻養老費，使無凍餓之憂，可以安心做研究工作。據湯姆孫 (Thomas Thomson) 說，何謨堡是用葛利克 (Otto von Guericke) 所發明的風雨表，來交換昆刻的祕密，傳聞葛利克的風雨表，是十分靈感的，表中裝有一個小人，在乾燥的天氣時，這小人就現出來，當空氣變溼時，就立即退了進去。

如果磷的發現史，就這樣的簡單結束，沒有說到一位研究氣體化學有名的英國化學家，名字叫做波以耳 (Robert Boyle) 的，他是與昆刻各不相謀，同時發現磷質，

那就未免太不公平了。波以耳所用製磷方法，與昆刻所用的，很相類似，但據他自己說，在事前是不曉得昆刻的方法。我想以波以耳人格之偉大，定然沒有人不相信他的話的。他的助理員漢克尉息 (Godfrey Hanckwitz) 曾作大規模製造磷質，將所得出產品，運輸到歐洲各國推銷。在他當時所用的廣告上，曾說過下列的一段話：“在倫敦城掃桑波敦 (Southampton) 街卡汾特園 (Co-



波以耳 (Robert Boyle)

1627—1691

英國化學家及物理學家，以從事研究氣體，空氣唧筒，機械熱源實驗，及為磷之獨立發現者，著名於世。亦為定量分析創作者之一人。

vent Garden)中，有一位化學家，名字叫做漢克尉息的，在那裏盡力繼續製造藥品、化學品及複方等……。他是在倫敦城唯一的製造着火磷、黑磷及用酸、油和其他各種成分製得磷質的人。所有出產貨品，性質純良，價格低廉，不問欲批發及零售者，均可向他定貨。固體磷的批發價錢，每英兩五十先令，零售價格，則每英兩三金鎊。”

關於磷的製造方法，到了一七三七年，仍然各保守祕密，不肯向外發表，是年即有一異鄉人來到巴黎城，獻議將磷的祕密製法，賣給法蘭西科學院。交易完畢後，法國政府即組織一磷的製法研究會，指派希洛為研究會的主席。在一七三七年的法蘭西科學院院務報告書中，即載有希洛的磷的製法說明書，書中敘述方法，十分詳細，凡是化學家，均能明悉其中所有手續。不過磷的製法，不久就不用從前的笨法了。蓋在一七七四年，瑞典的化學家建恩 (Johann Gottlieb Gahn) 找出骨中含磷甚多，翌年社勒 (Scheele) 即從骨中分離得磷質，今日吾人讀磷之發現史時，真覺得有點奇怪，就是牠發現那麼早，若用布藍德的製法，反應是那麼複雜，即今人欲用此法製得磷質，仍然是不是容易的了。

第三章 十八世紀之數種元素

在十八世紀時候所分出的元素，爲數不少，然在本章要述的，只有鋅、鈷、鎳及錳四種，最後三種元素，都是瑞典人發現的。馬格刺夫(Marggraf)、布藍特、克琅斯大德(Cronstedt)及建恩諸人對於分離鑑定上述四種元素的工作，在科學界上視爲第一流人物所有的了，至若他們的佳言善語，足供後人警惕仿效的，亦是不少，讀者其留意之可也。其他同在本世紀所發現的元素，當俟下章述之。

曉得怎樣使自己滿足，自由與快樂，那就是科學國度裏的生活，如果人熱烈的追求着，即將能進入其大門。

鋅

鋅還沒有分成爲金屬的數世紀以前，牠的礦石已先有人用來做黃銅的原料了。在古代的冶金家，因爲所用的儀器，不適宜於凝結鋅的氣體，或讓牠逃跑，所以不能覺察出來，有一位寫古代科學史有名的作家，名字叫做翁·李李曼(E. O. von Lippmann)的，想從亞理斯多德(Aristotle)、普林尼及帶奧斯科立第諸人的文字中，找出有敘述及鋅質的地方，結果都沒有找到，但在德蘭斯斐尼亞(Transylvania)多爾時(Dordosch)靠近的廢址中，找得史前時期的達謝人(Dacian)的木偶，其中含有鋅87.5%。據印度化學史著者

來角的意思，謂有印度王馬登拿帕拉 (Madanapála)，在一三七四年即認識鋅質了，這或者是鍊鋅的技術，原來出在印度，最先輸入中國。在中國於一六三七年出有一書，書名叫做“天工開物”，其中有說到鋅之冶鍊法及其用途。

在歐洲未有人冶鋅百年以前，所有用的鋅，都是由葡萄牙商人運自東方商埠者。阿基柯拉曾說到在西利西亞 (Silesia) 地方的爐，如何可鍊成鋅質。即在普魯士的哥斯拉爾 (Goslar) 附近的鍊鉛廠，亦有少量的副產品鋅質出產，羅內西 (G. E. Lohneys) 曾將當時所用的方法，敘述如次：“金屬鋅是在熔爐內，未有用泥磚塗好的空隙中找得的。此可由爐壁上刮落，盛於槽中。但牠的價值很賤，工人當得到主人的允許時，即收拾起來，來做額外的薪金。”

昆刻及斯達爾 (Georg Ernst Stahl) 二人都相信一種礦石，叫做鉍電礦 (calamine) 的，其中含有一種金屬，能與銅成爲合金，變爲黃銅。後來到了一七三五年，瑞典化學家布藍特，又以爲鉍電礦



馬格刺夫 (Andreas Sigismund Marggraf, 1709—1782)

德國化學家。他曾辨別碳酸鉍與碳酸鈉不同；指示泥土中含有一種特殊氧化物，即今稱爲氧化鋁的；又認出氧化鎂，從鉍電礦中分出鋅質，及發現甜菜中含有糖質。

除非雜有銅時，是不能還原爲金屬，但是在後至一七四六年，馬格刺夫將鉍電礦與木炭同熱於密皿中，且無銅雜入其中，而獲得一種金屬，這種金屬所有的硬度、比重及其他性質，均與其他金屬所有的不同。自此以後，鉍遂視爲一種特殊金屬了。

幾種瑞典的金屬

在十八與十九兩世紀的中間，瑞典化學家所發現的新元素，比之他國的化學家所發現的，來得特別多。這由於瑞典國一方面憑借天然賦有的各種豐富稀少的礦石，同時又有大化學家和地質學家，相繼而興，羣起研究之。所以至磷的偶然發現後一世紀內，瑞典化學家，即繼之而發現鈷、鎳及錳三種新金屬了。

鈷

鈷之發現者布藍特，一六九四年六月二十六日，生於米斯孟蘭 (Vestmanland) 省之力打恰德 (Riddarhytta) 附近地方。他曾在有名的烏布薩拉大學 (Uppsala University) 中，研究化學及礦物學，以後即週遊列國，隨地攻讀不已，這是當時歐洲的化學家稀有的事情。遊歷列國完畢，重歸瑞典時，即供職於礦業部，爲人精明能幹，勇於負責，嘗爲造幣局分析組之主任，貢獻於其本國者，實不勝枚舉。此外又兼斯德哥爾摩 (Stockholm) 化學實驗中的指導員，他常爲斯德哥爾摩科學社之顧問，他的重要論文，多在該社的刊物上發表。

布藍特對於科學上最大的貢獻，就是發現鈷質。按鈷的化合物，希臘人與羅馬人是有用來製造玻璃，使生豔麗的藍色的，埃及人即用之以製造人工寶石。在醫學鍊金術家巴拉塞爾士的文字上，最先用到鈷一字。依據柏德樓的意思，以為在十三世紀時，即有人能製得金屬鈷者，因為鍊金術家是曉得如何去鍊鈷礦，使之還原的，但是他們沒有提出純粹的鈷質，及說出這種金屬與其他金屬有別。所以發現鈷的名字，應該由布藍特當之，真無話可說。

在十六世紀時，歐洲製玻璃的工人，因用一種不知成分的礦石，來做製造玻璃的材料。這種不知成分的礦石，與酸相遇時，即現藍色，與銅礦同，然銅礦不能使玻璃生藍色，這是與該礦不同的。因為此種礦石，有此特異的性質，故名之為鈷。英文鈷名為 Cobalt，是從德文 Kobold 引伸得來的，意即是地下魔鬼 (subterranean gnome)。這種惱人的小魔鬼，在哥德的浮士德 (Faust) 上，時常說到：

Salamander shall kindle, *火精燒掉，

Writhe nymph of the wave, 水精飄掉，

In air sylph shall dwindle, 風精消掉，

And Kobold shall slave. 土精勞掉。

Who doth ignore

The primal Four,	你假如不知道這四大的力量，
Nor knows aright	
Their use and might,	不知道這四大的性情，
O'er spirits will he	你不能制服這些魔怪，
Ne'er master be.	你不能克服這些妖精。

*轉抄郭沫若譯的浮士德第97—98頁。

德國古代的迷信，是地下的魔鬼，最喜歡向採礦工人搗亂，使他們沒有一刻鐘可以安心工作，所以凡在礦區內的人民，都向他們的教堂中的主禱教處，請從惱人的地下魔鬼手中來拯救他們。

一七三五年布藍特考察得鈷礦中含有一種金屬，熔化時就有生藍色素的性質。後用火化法，他從鈷礦中提出鈷質，遂用礦石名以名此新發現的金屬。布藍特於一七六八年四月二十九日，死於斯德哥爾摩城，噩耗傳來，世界的科學家，都不勝其悲悼之至，他是在十八世紀時候一位最有本領的化學家。

鎳

發現鎳元素的人，名字叫做克琅斯大德(Alex Friedrich Cronstedt)，他是在一七二二年十二月二十三日，生於瑞典之塞得曼蘭(Södermanland)省中。他的父親是一位軍官，給他受很好的教育，不久他即顯示出他對於物理及數學，是有特殊的天才。他曾

供職於一礦務局，爲一冶金學家，對於他的國家，貢獻很多。他的聲名，總是被人敬重與讚美的，是因爲他有光明的態度，又能發現一很有用處的金屬鎳質，來供給人類應用呢。

鎳與鈷兩元素之發現史，有好多互相類似的地方。譬如說牠們的化合物，都是先被人類用了多年後，纔將牠們本來的面目表露出來。有謂在歐洲還不知道有鎳前，中國早已用牠的合金了。那種合金的名字，中國人稱之爲白銅。在德國亦有一種很重及帶有紅褐色的礦石，其表面上夾有青色的斑點，是用來製造青玻璃的，在當時採礦的人，都稱之爲可非尼古（Kupfernichel）。因鎳（Nickel）之一義，原與鈷（Kobold）義相同，是指一欺騙人的小鬼，故可非尼古一字，可翻譯爲假銅。希拉尼（Hierne）在一六九四年所發表的金屬論文，有說到假銅是銅與鈷或砷的一種混合物，此種見解，距離事實，還十分遙遠，至多只可說是此可爲將來真正事實發現時的胚胎罷了。

當假銅溶於酸中時，即得綠色溶液，此與銅質遇酸，所有作用，正相類似，但克琅斯大德於一七五一年開始研究假銅礦石時，即發現其酸性溶液所有性質，完全與銅之酸性溶液所有的性質不同。在他的許多實驗中，有一實驗是將鐵片放入假銅的酸性溶液中，欲靜俟銅質沉積於鐵片上。然實驗結果，沒有看見銅質沉積，這未免使他驚奇不已，由今日的眼光看來，假銅不含銅質，自然沒有銅質沉

積可言，不過當時不曉得罷了。有的受過風雨侵蝕的假銅礦，表面上雜有綠色結晶體，若取此綠色結晶體，用火燒灼，即還原為氧化物，再加木炭，使與所得之氧化物，一齊加熱，由是克琅斯大德獲得一種白色的金屬，這種金屬，與銅質迥異。後來仔細研究其物理性質、化學性質及其磁性，始知其為一種新金屬，他遂命名之為鎳，曾將發現情形，詳載在斯德哥爾摩科學社的報告書上。他說：

這種鹽經過燒灼後，即變為灰黑色的殘渣，再與三分黑熔劑熔化，即得粗製金屬塊，產量為百分之五十。粗製的金屬塊，從表面看去，微帶黃色，但其斷面，顯現銀白色，閃閃有光亮放出來，是由於有許多小薄片組成的緣故，此與鉍之組成，正相類似。牠的性質，是硬而脆，稍能受磁石吸引，燒灼以後，即變為黑粉，此兩種性質，為鐵質原有的性質，由鐵即傳至於鎳鹽中。這種粗製的金屬塊，又能溶於硝酸、王水及鹽酸中，成綠色的溶液，又可沉澱為黑粉，此黑粉若用珙瑯吹管吹熱時，即放出火質及其所含之金屬部份……。

克琅斯大德觀察得的微帶磁性性質，現知道是鎳的固有性質了。在一七五四年，他用假銅和“黑熔劑”二物，互相混合均勻，盛於坩堝中，此混合物之表面上，即蓋好一層食鹽，然後用大火燒灼。結果他不特使氧化物還原為金屬，且將所鍊得之金屬，亦因受高溫而熔化了。從前所謂假銅的，現在知道是砷化鎳。

是時在瑞典有許多化學家，立刻承認克琅斯大德新發現的元素，即外國的化學家，亦有不少贊同的，不過在法國有撒紙 (Sage) 和莫聶二人，獨持異議，以為鎳完全是一種鈷、砷、鐵和銅的混合物罷了。在事實上，鎳質中常雜有鐵、鈷及砷等雜質；於是有一位分析化學的先驅者，名字叫做柏格曼 (Torbern Bergman) 的，費了許多功夫，做完一套實驗，製得很純粹的鎳質。他將結果，於一七七五年公佈出來，完全證實克琅斯大德的發現不錯，因為他用鐵、砷、鈷與銅四種元素所混合成的混合物，其性質不能與鎳的性質雷同，這是說鎳不是由鐵、砷、鈷與銅合成的一極好的反證據了。柏格曼的學生阿佛孫 (Arfwedson)，亦於是年在烏布薩拉發表他的論文，極力擁護他的老師的說法。



柏格曼 (Torbern Bergman)

1735—1784

瑞典化學家，礦物學專家，兼為著作家。他著有物理與化學小品 (Opuscula Physica et Chemical) 一書，共分六冊。他的學生中，建恩 (Gahn) 發現錳質；赫靈 (Hjelm) 發現鉑質；德利友亞 (d'Elhujar) 兄弟發現鎢質。

雖然有了上述的證據，然仍有不少守舊的人，總不大願意與新元素打相識。譬如在一七九六年，尼科孫 (William Nicholson) 所著的“化學原理”，還說過下列的一段話：

這種金屬至今仍然沒有什麼用途；所以能吸引一般化學家注意的原因，就是欲得一純粹品，不過沒有人能得到……。有以爲鎳是鐵之變種……。在未有人能從純銅與鐵製得此種金屬以前，且要將其所用方法，仔細說明，只好仍然說牠是一種特殊物質，具有種種特殊性質。一般化學家，對於此種見解，均表示同意。

克琅斯大德的聲譽，能傳播於四海內，不特是因爲他發現了鎳質，且因爲他發明有很好的礦石分類法，此法是被幾種不同文字的國家所採用了。柏濟力阿斯 (Berzelius) 稱譽他的話，說“克琅斯大德是礦物學的化學分類法的創作者，他有了科學的天才，用一吹管，來做礦物分類學的工作，所得的成績，是超過他那時代所能有的成績了。”用一吹管來做實驗，能活使靈用，使無害於身體之健康，誠如柏濟力阿斯所說的，須要特別留心與訓練，這是在當時的化學家，很少能夠做到的了。其實克琅斯大德所有的本領，還不止此而已，他能運用一洋燭火，使火焰細如針尖，熱似白光，這更要使人拍掌叫絕。雅革新說克琅斯大德和賴孟 (Rinmann) 二人，互相合作計劃好一種機械，可以用來蒸餾鋅質的，“他們不特是礦物學家而已，且是冶金學家的好手呢。”克琅斯大德亦曾發現鋁石一物，此是矽酸的鋁鹽，可用之使硬水變爲軟水，今日日常用得很多，於一七五六年，他寫成論文，公佈於世。他死於斯德哥爾摩城，時爲一

七六五年八月十九日。

錳

當克琅斯大德逝世時，這位被世上認為錳之發現者，不過二十歲罷了。他的名字，叫做建恩，於一七四五年八月十九日，生於服斯拿（Voxna），此是厄爾蘭（Helsingland）省南部的一鐵礦市鎮。

他在幼年時，父親即不幸逝世，無人撫養，被迫走到礦洞中工作，借以維持生活，他是嘗盡種種苦工的甜酸苦辣的滋味，看慣世間最低最溼的礦洞景緻。最初他是在柏格曼指導之下，學習礦物學，後來乃變為一觀察精密，嫻熟分析法，極其能幹的礦物學家。他與克琅斯大德有相同之點，就是極善用吹管，且他所用的吹管，據柏格曼所說，是一刻不離手的，雖在短距離旅行時，亦必攜帶在身邊。當他某日表演某種紙中含有



建恩 (Johann Gottlieb Gahn)

1745—1818

瑞典化學家，礦物學家，曾為探礦工程師。他經營有製造銅、硫、硫酸及鍛鍊赤鐵礦等工廠。為錳金屬之發現者。

銅質，即取紙張切成四分一，燒成灰質，然後將灰用吹管吹熱，使極微小的紅銅斑點，顯示出來。是時立在側面的柏濟力阿斯，年歲很輕，親見此種奇異，自然十分驚訝。在骨中含有磷質，亦是建恩發現

的，後來社勒利用之，即從骨中分得磷質。

黑錳礦，鍊金術家是用來漂白玻璃，在柏林的玻璃和瓷器專家，名字叫做波特 (J. H. Pott) 的，即於一七四〇年，說明此礦石中所含有的元素，是與世上現所知的元素，沒有一樣相同。克琅斯大德在他的礦物學分類中，亦表示相同的意思。在當時一般人對於黑鎂與黑錳兩名詞，是彼此不分的。但柏格曼心中明白黑錳不是屬於土鹼族的化合物，因為他說過：“所謂黑錳的，無疑的是一種新金屬的化合物，切不要與石灰及氧化鎂混在一處。”然他用盡許多不同方法，都不能使之還原為金屬，最後他將此問題，轉交於他的朋友社勒去研究，社勒獲得此種問題後，費了三年實驗工夫，將所得結果，寫成論文，於一七七四年，在斯德哥爾摩科學社發表，題目名為“錳及其性質說”。他在這篇論文中，公佈了氣體元素氧與氮的存在，將把後來發現鋇與錳等金屬的路徑，此時已經鋪砌好了，他對於科學界上的貢獻，真不小哩。一般人所謂錳的，他以為是一種金屬的氧化物，且說是此必為一新金屬。

由上可知，在當時的化學家，如波特、柏格曼和社勒諸人，雖然知道錳金屬的存在，然沒有人能把牠分出來。至一七七四年，建恩先將溼木炭粉，放入坩堝底及沿邊中，而其中間，即加入黑錳和油的混合粉末，上層又加上一層木炭粉末。似此佈置完畢後，即用一坩堝蓋蓋上，然後用高溫燒灼約一小時，待燒灼完畢後，將坩蓋取

去，即在坩內看見有鈕扣般大的金屬錳。其重量等於所用礦石重量之三分一左右。建恩完成此種難能的還原作用，分得如此重要的金屬錳質，是要享受人間無上的讚美了。

在一七八四年，建恩曾為礦務專門學校的監督，又曾為一八一九年會議的代表，這是在歷史上有名的主張自由的會議。他真是多才多藝，不特為有名的化學家和礦物家，且又為人民的清官，此外還善於經營商業。他因為擔任採礦和鍊金的工作，發明不少工業方法，大有貢獻於工業界；因有他計劃好硫酸廠，柏濟力阿斯即發現一新元素硒質，故硒質雖不是由他發現，然實由他計劃的硫酸廠而始有此發現，其功亦不在發現者下了。在美洲革命時期，需用純銅很多，以為製造船殼之用，建恩即在斯托拉·科帕堡(Stora Kopparberg)地方，建設工廠，製造純銅，以供給當時忽然的大宗需要，由此可看出他對於經營工業的能力一般了。說來奇怪，建恩之面貌、姿勢、嗜好，均與英國的科學家，名字叫做武拉斯吞(William Hyde Wollaston)的，十分相同，這位英國科學家，後來即發現鈹與銻兩種元素，故他時常被入稱為斯德哥爾摩的武拉斯吞。柏濟力阿斯曾說過下列一句話，“他們必有人認為是同胞兄弟。”湯姆孫曾到法蘭(Fahlun)地方，去訪問建恩的家庭，他說：“建恩的態度，真實自然，能使人喜歡，像凡學科學的人一般。”在他所遇着的許多人中，總算是建恩給他所有的印象最深刻了。他繼續的說道：“他的慈祥

和氣的心情，總時常要流露於他的體態中間。”

建恩的科學工作，除了幾篇關於吹管，天秤的靈感，鍊金手續經濟法等數種，寫成論文發表外，其餘的都沒有發表出來，這是科學界上的大損失，人類文化史上一種不幸的事體。他死在斯德哥爾摩城，時爲一八一八年十二月八日，享年七十有三。在哲學年鑑上，有他的傳記，今日的讀者，可以看到他的下列的一段讚美辭：

總而言之，我們可以說是他不特對於實用化學及機械工程，非常精明，即對於公益事業，亦非常熱心，他是礦工和農民的保護者，又是他的故鄉的貧民的救主。世上真不容易找到和他一樣能幹，一樣光明，一樣有用，而且一樣被他的本國同胞所愛戴和讚美的人呀！

他曾在他的故鄉中，設立貧民院。

第四章 三種重要氣體

十八世紀時候的化學家，以氣體為研究問題的中心，當時氣體的製造，不外乎下列幾種方法：(1)酸酵；(2)將各種化合物加熱；(3)使植物與動物腐爛。普利斯特利(Priestley)所謂氣體有各不同之說，漸次為一般人所公認了。而卡芬狄士(Cavendish)所謂由金屬中製得之可燃氣體，與丹聶爾·刺得福德(Daniel Rutherford)的硝氣，和社勒(Scheele)的火氣，性質不同，亦為人所曉得了。即今日所謂氫、氮、氧三種氣體，其製法及其鑑別法，是經過有天才的人研究後，方纔發現出來。

.....

普通人用五官來辨別物質的有無，氣體不能看見，所以普通人不注意，以為牠是等於沒有的了。

十七世紀的末葉，柏赫(Johann Joachim Becher)與斯達爾同創造一種特別的燃燒學說，維繫住一般化學家的心意，將近百年。他們以為凡能燃燒的物質，都含有一種物質，叫做火質的，當物質燃燒時，這種火質，即變成火焰逃走。所謂金屬，即其氧化物與火質之混合體，在當時的化學家，都深信此說不疑，後來到一七七七年，拉瓦節纔將此謬說打破，但當此時期內，在化學史上，就有氫、氮、氧三種氣體之發現。

氫

未有人認氫爲一種單獨的氣體前，已先有人認識牠，將牠收積起來。早在十五、六世紀時，巴拉塞爾士(1493—1541)就用鐵與稀硫酸製得此氣，詳情悉見於他著的 Archidoxa 書上。又翁·黑爾蒙特(Van Helmont)、波以耳、美約(Mayow)與嘿爾斯(S. Hales)似乎都認識氫氣。至一七〇〇年李瑪俐在巴黎科學社的紀念刊上，爲文討論之。翌年邁爾耳(Turquet de Mayerne)刊發藥典，亦述到這種可燃氣體。

但與氫的早年歷史最有關係的人，還是卡汾狄士。他生長於尼斯(Nice)，爲得文(Devonshire)及肯德(Kent)二公爵的後裔，因爲他的母親安耳·卡汾狄士(Anne Cavendish)特別歡喜法國的溫和氣候，所以遷至法國居住。他出生時日，爲一七三一年十月十日。兩年後，他的母親即不幸逝世。這位幼無慈母保養的小孩，後來性格變成十分怕羞，愛過單獨生活，這或者是與早年失養有關係的。他十一歲時，即進哈克尼(Hackney)地方紐堪博士(Dr. Newcome)所辦的學校，至一七四九年與一七五三年之間，乃在劍橋大學肄業。但離畢業期數日前，即離開劍橋，所以沒有得到學校的學位。

他的父親在生之日，他所過的日子，十分平淡，但他的父親於一七八三年死後，他即領到一大宗遺產。不久他的姑母，相繼逝世，又另獲得一大宗遺產。誠如俾奧(Biot)所說的“在有錢的人當中，

他是最有智識；又在有智識的人當中，他是最有錢了”。因卡汾狄士一生所過的生活，十分樸素，他盡將他所有的錢，寄存在銀行中，故後來他去世後，所積得的母子金，變為英倫銀行的最大的積蓄了。

在科學史上所有大發明家的性格，恐怕沒有一個比卡汾狄士再奇怪，這句話實非過甚之辭，乃是證據確實的話。他的性情十分怕羞，遇着生疎人時，就攝手攝脚，苦無好話應酬。在他看來凡世上的人，都是生疎人，不願和他們攀談。他平生唯有的社交，只有兩處地方，一是到皇家學會開會，二是赴班克斯 (Sir Joseph Banks) 家中的星期日晚上宴會，因為當時班克斯時常請在倫敦的科學家，到他的家中坐談，卡汾狄士是被請之一人，所以常去赴會。

除此兩地以外，他很少到別地去了。他說話時，聲音是口吃而帶尖銳的，不能同時和二人以上談話，但因為他有廣博的學問和清晰的思索力，所以皇家學會的會員，個個都敬重他。湯姆孫博士在他的有名的化學史上，說過一段卡汾狄士如何



卡汾狄士 (Sir Henry Cavendish)

1731—1810

英國化學家及物理學家。他是火質學說擁護者。他首先區別氫與其他氣體不同，為氮之獨立發現者，又曾決定水的化學成分。

怕得社交的趣史。即英根豪斯博士 (Dr. Ingenhousz) 某次引一奧大利有名的科學家，到班克斯家中坐談，適卡汾狄士亦在座中，即轉介紹給他認識。在介紹人介紹外國來賓時，自然不免有過譽之辭，而這位外國來賓，初次認識那鼎鼎大名的卡汾狄士，亦不免多說幾句恭維話，說他此次來倫敦赴會的目的，是特意想來拜謁他的，卡汾狄士聽過這種話後，初時還勉強抑住怯懦心情，仍在廣座中應付一切，但奧大利科學家的話，並沒有因此而止步，他竟不能再忍住，即從衆人叢中衝到他所乘的馬車中去了。

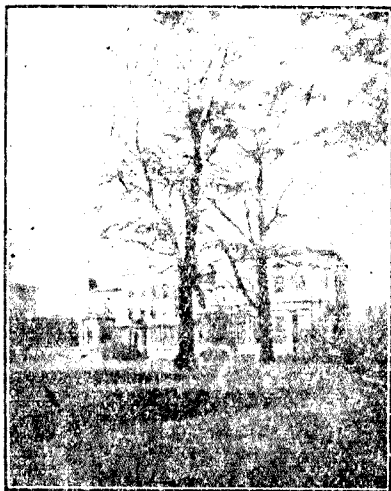
但有幾位科學家曉得如何和卡汾狄士攀談，其中最明白的，恐怕莫過於武拉斯吞了。他曾說過：“和卡汾狄士攀話的妙方，就是在說話時，千萬不要看他，當作他在真空中說話一樣，然後就能聽到他滔滔不絕的說話了。”

他雖然歡喜單獨的生活，但是對於人家的研究工作，未嘗不樂得去探望；他曾將鉑給年輕的大衛 (Humphry Davy)，以爲實驗之用，他有時即赴皇家學會參觀大衛的鹼之分解一實驗，後來大衛在頌揚卡汾狄士的頌辭中，有過下列的一段話：

他對於各門科學，都有深刻的研究；且所討論的，都是十分準確……他的聲譽，將來定比現在還要光輝。一般忙於生活的人，或慣於討論普通問題的人，自然不知道有卡汾狄士的名字，但在科學史上，他的發明事業，總是光芒四射，要與大自然

長存，永久不朽滅呵；他住過的房屋，他生長的時代，和他長大的故鄉，都同時要得一種萬古千秋有名的榮譽呀。

卡汾狄士所穿着的衣服，好像是過時代的英國紳士所穿着的。他的頭戴着歪帽，身穿着灰綠色大衣，頸戴高領，手穿縐花的袖口。他的衣飾與個性，爲有名畫師亞力山大(Alexander)所完全表現出來，這是一幅描他不曉得而急去就膳時的圖形。他有房子三所：一靠近英國博物院，其中收藏圖書及儀器很多；二在索羅(Soho)的底因街(Dean street)中，內藏有重要圖書多種，專爲其他學者，便以閱覽而陳設的；三是住宅，宅名爲克拉判堂(Clapham Common)。這所在城外的克拉判堂，他最歡喜住，後來幾乎完全改爲工作室與實驗室。



卡汾狄士在克拉判(Clapham)之住宅

有許多化學史家，都說卡汾狄士是氫之發現者，但他自己沒有這種意思，這從他發現氫與空氣混合有爆發作用後首先所說的話，就可以明白。他說“這種事實，早已爲人發現了。”不過他最先認識氫與其他各種氣體不同，以由

金屬中得到的可燃空氣的說法，來說明這種氣體，其功績實無可隱諱的了。他用種種不同方法製得純淨的氫氣，且對於其製法及性質，言之極詳，這種貢獻於科學界的成績，要算是第一流化學家所有的了。他雖然亦有錯誤的觀念，就是認氫是從金屬中得來的，不是由酸中的。又最初他以爲氫與火質相同，後來又說氫是火質與水的化合物。這種錯處只可說是完美中而見小疵，不能遮蓋他的聲名於萬一。

卡汾狄士逝世時，沒有人曉得，正與他生前所有的單獨生活，無人曉得的情形，十分相似。他活到七十九歲時，某日，他曉得快要到死期了，即吩咐他的僕人，立即離開他的住宅，非到一定的時間，不能回來。後來他的僕人遵着他的命令，待到一定時間回來時，就看見他的主人已經死了。他死後，舉行公葬，葬於羣聖教堂 (All Hallows Church) 中，靠近他的祖先哈德蔚克 (Elizabeth Hardwicke) 的墳邊，這是後人給他的敬禮。他一生公平無私，不與人爭權利得失，只努力向前促進科學發達而已，這種人生，實在是至高至上的了。他所研究的問題，除電學、天文、氣象及化學外，尚涉及數學、礦物學、冶金學及地質學，他實是一博學多能的科學家。

氮

氮之發現，發表於丹聶爾·刺得福德的博士論文中。他是一位創辦愛丁堡醫學學校的約翰·刺得福德博士 (Dr. John Ruther-

ford)的兒子，又是司各脫 (Sir Walter Scott)的叔父，生於一七四九年九月十二日。他因想接續他的父親的職業，故在愛丁堡大學修完學士學位課程後，即專攻醫學，於一七七二年九月十二日得醫學博士學位。他的論文，是受有名的蘇格蘭化學家布拉克博士 (Dr. Joseph Black)指導研究的。布拉克因看見物質在空氣中燃燒時所得碳氣，已用氫氧化鉀吸收後，仍有一種氣體存在。乃即囑刺得福德着手研究這種剩下氣體的性質。

刺得福德用老鼠藏於密封的空氣中，待老鼠死後，空氣體積即減少十分之一；若將此密封的遺留氣體，繼續用鹼質吸收之，其體積又可減少原有者十一分之一。如此已除去氧氣與碳氣後的氣體，所剩下的氣體，具有何種性質，他即着手考察。後來考察的結果，發現空氣中的氧氣殊不易除淨，蓋老鼠不能生存的氣體，仍可使洋燭燃燒放出微光，在後不能使洋燭燃燒的，又仍然可使磷質燃燒。但他用磷質燃燒於密封的空氣中，所得結果，比前所有的較好，就是剩下的氣體，完全不能維持動物的生命，他稱此氣



刺得福德 (Daniel Rutherford)

1749—1819

蘇格蘭醫生，植物學家及化學家。
氮之發現者。歷任愛丁堡大學植物學
教授及愛丁堡皇家醫學學校的校長。

爲毒氣。他不明白他所謂毒氣的，即今日所謂氮的，是空氣中之一種主要成分。若將空氣中的氧氣及碳氣除去，即得這種氣體。但他的說法與此不同，以爲空氣吸收物質燃燒時所放出的火質後，始成這種氣體。蓋他爲下列類似的謬見迷住，就是用金屬燃燒過的空氣，在當時都以爲這種空氣，是吸收有金屬的火質，現有與此相同性質的氣體，自然使他想出上述的說法了。用酸與金屬製得的空氣(氫)，和用空氣燃燒後剩下的空氣(氮)，不同之點，在他看來，是前種氣體所含的火質，比之後種所含的，來得較多，這是唯一的區別原因。他的大著題名爲“碳酸氣和毒空氣的初論”(Dissertatio Inauguralis de Aere fixo, dicto aut mephitico)，現仍保存英國博物院中。

當他讀完他的醫學課程後，即遊歷英、德、法三國，爲時三年之久，至一七七五年，始返愛丁堡，操醫生業務，自後即不再研究化學的問題。再過十一年以後，他擔任愛丁堡大學的植物學講座；但仍繼續做醫生。他亦有一時期做過愛丁堡的皇家醫學學校的校長。他有和悅可親的性情，對於老師布拉克，尤其是終生執弟子禮，未嘗疎忽間斷。

雖然多數學者都公認刺得福德爲氮之發現者，但是因此遂忽視社勒及卡汾狄士二人所有的貢獻，亦未免太不公平。社勒與刺得福德同時用硫或硫與鐵屑之混合物去吸收空氣中的氧氣而獲得氮氣。卡汾狄士於一七七二年前即發現氮之製法，此可由他寫給普利

斯特利博士的信札中看出來。他的信札是說到氮之製法，是將空氣反復通過灼熱的木炭，然後用氫氧化鉀吸收其中之碳氣，即得所求的氣體。對於氮氣的性質，亦有詳細的記述，茲將其原文，轉述一段如次：“氮之比重，與空氣之比重，相差甚小；兩者之間，似乎氮氣較輕。牠能熄滅火焰，因此可使空氣不宜於燃燒物質。這種性質，好似碳氣一樣，不過牠的熄火程度，不及碳氣所有的那麼利害，即有洋燭一枝，能在純淨的空氣中，燃燒八十秒鐘者，若置於空氣和 6/55 的碳氣的混合氣體中，立刻熄滅；但置於空氣與碳氣同成分的氮氣的混合氣體中，仍能燃燒二十六秒鐘。”由上可知杜勒與士汾狄士都是與刺得福德同時各不相謀而為氮之發現者。

氧

關於討論氧的發現史的書籍，種類繁多，不勝枚舉，茲舉其要者如次：號為東方通的亥涅李治·朱理亞斯·克拉普洛特 (Heinrich Julius Klaproth)，他是德國有名的化學家馬丁·亥涅李治·克拉普洛特 (Martin Heinrich Klaproth) 的兒子，從中國古書上，發見講到此氣的故事，該書作者為茅氏 (Mao-Khóa)，於耶穌紀年後八世紀中間寫成。茅氏相信空氣是由兩種物質組成的，一種叫作陽(氮)，他種是陰(氧)。普通空氣可設法使之比較純淨，其法是用金屬、硫或礬擦去其中的陰。他又說當那些物質燃燒於空氣中時，即與陰結合。陰質是不能單獨存在，但隱藏在某種礦石與硝石中，

若將礦石或硝石加熱，陰質即逸出。不過馬西阿俐(Signor Muccioli) 疑惑這本中國古籍是僞托，未必可靠。

在歐洲的人，最先說空氣不是一種元素的，即為多才多藝的達芬奇(Leonardo da Vinci, 1452—1519)。他有了敏銳的觀察力，就看出呼吸作用和燃燒作用都能使空氣減少，但不能使之完全消滅。

一六六五年虎克 (Robert Hooke) 刊發他的有名的微物論 (Micrographia) 時，其中記載有一種很完全的燃燒理論。就是他認定空氣中含有一種物質(氧)，這種物質，是在硝石中固體存在，此外另有一種不活動的氣體(氮)，牠的含量，亦是很多。美約博士在二十四歲時，就有驚人的發現，說是空氣中含有一種氣體，叫做氮氣精(Spiritus nitro-aereus) (氧)的，在燃燒與呼吸時，都要用到，待至此種氣體用完時，就不能再助物質燃燒了。他以為硝石中含有此種氣精，在鹽的酸性部份中纔含有之，至若鹽的鹼性部份中是不含有的。所以他相信凡是酸質，必含有氣精，各種動物呼吸時，就將這種氣精，吸入血中去。不過近人帕忒孫(T. S. Patterson)對於美約博士的書，加以仔細考察後，以為其中所有燃燒理論，未必有如上述的那樣完全，或者有過譽的地方了。

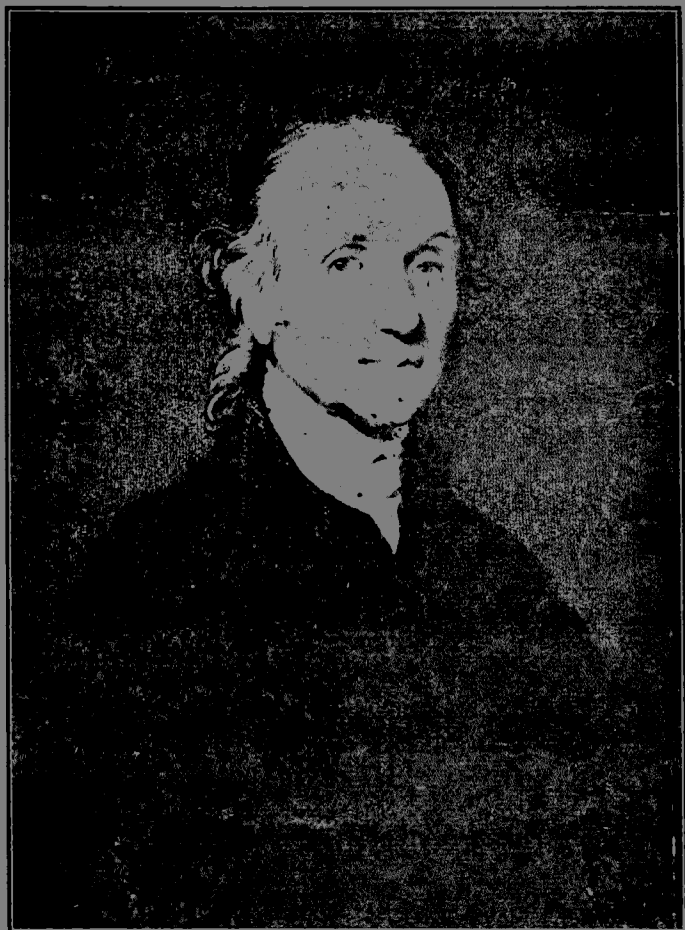
最先用硝石加熱製得氧氣的，是阿利·波遲 (Ole Borch)，但他沒有方法收集起來。後來黑爾斯亦用同樣方法製得此氣，乃在水上收集之，但視為普通的空氣，蓋不相信空氣中有氣精存在之說。

至一七七四年，有一法國共和國軍隊中的醫藥師視察員，名字叫做拜揚(Pierre Bayen)的，在阿佰·洛西亞(Abbe Rozier)所辦的物理學報上發表一討論氧化汞實驗的文章，謂用汞燒灼時，不特不失去其所有的火質，且與某氣體化合增加重量。因此他擯棄火質學說，比之後來證實火質謬誤說的拉瓦節，還早有三年吧。

拜揚雖然手中拿到氧氣，但他和前人蹈同樣的故轍，就是不曉得研究牠的性質，判定牠是一種新元素，誠如帕忒孫所說“拜揚不能算是氧之發現者，正與嘿爾斯無意間製得氧氣，及波以耳有可能性製得氧氣的情形相似，均不能謂為氧的發現者。至若虎克與美約對於氧的初步視察工作，更不能說是有什麼發現了”。

在英國的普利斯特利和瑞典的社勒各不謀面的同時發現氧氣，有很多的化學家都贊成這種說法。普利斯特利所得的結果，比之社勒所得的，先行發表，此因社勒的論文，被發行刊物者遲延不發表所誤。誰是氧之先發現者，約根孫博士(Dr. Jorgensen)在他著的氧之發現(Die Entdeckung des Sauerstoffes)書中，說得最明白，奧特衛(Ortved)與斯佩脫(Speter)二人曾將該書之丹麥本譯成德文本。

普利斯特利生於距離黎芝(Leeds)不遠的飛爾德赫(Field-head)小村莊中，那時是一七三三年三月十三日，比之卡汾狄士的年歲，小有一歲半。普利斯特利與卡汾狄士雖有相同的科學興趣，



普里斯特利 (Joseph Priestley, 1733—1804)

英國牧師而爲一化學家，他平日因宗教信仰及政見與時人不同，乃遷居於美國。爲氧之同時發現者。亦爲氣體化學之先驅者。對於火質學說，亦擁護甚力。

但性格與身世，却是完全兩樣，普利斯特利六歲時，他的母親，就不幸逝世，受養於他的姑母家中。他姑母的名字爲岐司力太太（Mrs. Keighley），據他後來說，“她是只曉得以財富及以各種才能用在做善事而不知其他的人。”

他到十九歲時即被送入丹特立（Daventry）的非國教學校（Dissenting Academy）中，受自由教養的教育。三年之後，已修畢各種課程，即遣派到泥州鎮（Needham Market）及喃替赤（Nantwich）的分教會中服務，結果只有小小成功而已。至一七六一年，他即受窩靈吞（Warrington）的非國教學校的聘請，擔任拉丁文、希臘文、法文、意大利文、演說學及民法等科課程。他原是一擅長科學的人，後來出名，亦在科學上，但在當時他所擔任的課程，很少與科學上有關係的，結果他竟有相當的成績，由此已可見他所有的科學的精神一般了。是時他時常向學生鼓吹自由主義。

當普利斯特利在喃替赤服務時，雖是貧病交迫，但秉性愛做科學實驗，曾犧牲所有的微俸，購置抽氣機與電機，以供實驗之用。至一七六六年，因偶然遇逢美國的大政治家兼科學家佛蘭克林（Benjamin Franklin），交談之後，即將自己生活的方式起很大的變化，就是從今以後，決定走向研究科學的路了。後來他做黎芝的牧師時，他的住宅旁邊，即有一扎克斯（Zakes）與尼虞（Nell）的造酒廠。因酒廠中出產碳氣很多，他就取碳氣來做實驗。結果他即發現清水

中含有此種氣體時，其味清涼無比，曾將此清涼水，轉送朋友，他們亦同具此感。此即開後來蘇打水的工業了。

從一七七二年至一七七九年間，普利斯特利曾做瑟爾本公爵 (Lord Shelburne) 的書件。他的主要實驗，包括最大的發現事業，即氧元素的發現，都在此時完成，所以他的大著，名為“各種空氣之考察與實驗”一書，即誠心奉獻於瑟爾本公爵了。至一七八〇年，他為北明翰 (Birmingham) 大教區中的僧侶，此時他就的職位較為合意，生活很好，且時可與瓦特 (Watt)、威季吳得 (Wedgwood) 及達爾文 (E. Darwin) 諸人，在月圓會 (Lunar Society) 中聚會暢談，自然是更加樂不可言了。月圓會開會時期，為每月月圓後之第一星期一的晚上，蓋在當時的街衢中，還沒有電燈光，各會員要在夜間回家，不能不借助於天然的月亮。他的論文，題名為“各種空氣”的，有六大厚冊，亦在此地方完成。

普利斯特利為一熱情人，他對於美國與法國的革命黨，一片忠心報國的熱血，十分表同情。在一七九一年七月十四日的午間，約有八十人正在北明翰酒樓中聚餐，大家興高采烈的開會紀念法國的巴士提爾 (Bastille) 牢獄攻陷後二週年的紀念日。忽有暴徒，用石塊在外擊破窗門，聲氣兇兇，大有咄咄迫人之概，是日開會，普利斯特利雖沒有到會，但平日政見，與人相左，這是大家明白的。那般暴徒將酒樓中的會場搗散後，還不肯休手，湧出北明翰的街市中，

要去燒普利斯特利的教堂、住宅、實驗室及毀壞他所有的儀器。如此搗亂後，他們的暴亂行爲，仍然沒有止步，繼續到三天之久。後來由騎士們費盡不少勢力，始將暴徒趕散，秩序恢復舊狀，但有許多異教徒的教堂與住宅，都已化爲一片焦土了。

普利斯特利的家人，得到朋友的幫助，倖幸沒有受害，但在倫敦地方，已飽嘗三年的苦楚，最後由政府領得些少賠償費，即掛帆西向新大陸，作移居之計了。他到晚年是卜居於賓夕法尼亞 (Pennsylvania) 州的諾森伯蘭 (Northumberland) 鎮上，在此所過的生



普利斯特利之實驗室

活，十分安適，仍然繼續做他的實驗，至一八〇四年二月六日，始溘然長逝，享年七十有一，死後葬於諾森伯蘭鎮的教友會墓中。

普利斯特利對於化學上的工作，首先發現氣體有可以在水上捕集的，但有的不能，須改用在水銀上始可捕集的，因此遂斷定氣體的種類，不止一種。在一七七四年八月一日，他熱氧化汞於玻璃器中，即有一種氣體放出，可在水上捕集得的，此氣就是氧氣了。將燃燒的物質，置於製得的氧氣瓶中，則燃燒的物質，比在空氣中燃燒時，火焰來得特別光亮。過五年後，他又將氧氣與一氧化氮的混合氣體，盛於玻璃瓶中，放在水上，來實驗動物呼吸此混合氣體的作用。結果，找出若有一定量的氧氣或空氣與一氧化氮混合，均使之不適宜於老鼠呼吸時，則前種氣體，須要較多量的一氧化氮去混合。他的實驗原有的記錄，是十分有趣，茲轉錄一段如下：

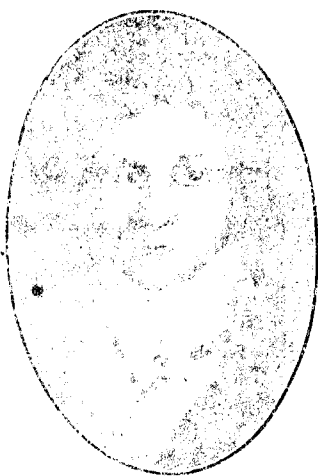
老鼠能在氧氣中舒服過日，與其他上面述及的結果，讀者不要驚怪，我自己亦要親來受實驗，我用玻璃虹吸管從一大瓶的氧氣，吸入口中，我是覺得十分愉快。我的肺部在當時所有的感覺，好像與平常吸收空氣時所有的，並非兩樣，但是我自從吸收氧氣後，覺得經過好久時期，身心上還是十分輕快舒暢。這種氣體，又有誰人知道，將來不變為時髦的奢侈品，可供人類享用。現刻只有兩個老鼠和我，纔能有吸收這種氣體的權利。

氧的發現百年週年紀念日時，有許多學者，聚會於北明翰，等看揭開普利斯特利像的帷幕，同時靜聽黑胥黎 (Thomas Huxley) 的讚頌辭，讚頌這位百年前的發現人的功績和報告他平生的事略，同日在黎芝的科學家，都聚在普利斯特利生長的故鄉中，又美國的化學家，即羣會於靠近薩斯刻罕那 (Susquehanna) 河岸邊的普利斯特利的墓上，一同舉行敬禮，十分熱烈，借以表示後人景仰先賢之意。至若在賓夕法尼亞所開的紀念會，更有重大的意義，一方面慶祝氧的發現的百年週年紀念日，同時又是美國化學會成立的紀念日。

社勒 (Carl Wilhelm Scheele) 於一七四二年十二月九日生於斯特拉爾松得 (Stralsund) 城，該城為瑞典波美拉尼亞 (Swedish Pomerania) 之首府。他有兄弟姊妹十一人，他行第七，因家境窮苦，到十四歲時即為藥劑師白遲 (Bauch) 的學徒。在當時的藥劑師，都要自己由生藥中製得熟藥的，故對於化學，總有相當研究。白遲自然不能例外了，在他的實驗室中，當時備有下列各種物質：各種無機鹽，無機酸，礦石，岩石結晶體，磷，硫，安息酸，樟腦等種藥品。與他共同工作的，就有波尼哈威 (Boerhaave)、李瑪俐、昆刻與牛孟 (Neumann, C.) 諸人。這位十四歲的學徒，不久就能閱讀各種化學書，且能將其中所述的實驗反覆重做一回。他有特別好的記牢化學事實的記憶力，凡是讀過一二回的書，以後他就能永久記

着，不再忘記。

至一七六八年，社勒即改就沙稜堡 (Scharenberg) 藥房的職務，該藥房地點在斯德哥爾摩；同時有一事使他十分失望，就是斯德哥爾摩科學社拒絕發表他早年研究所得的二篇論文，說他的論文，不合科學格式，不允登載。該科學社的編輯人，當時為柏格曼，初則因拒絕社勒的文章，不免弄到彼此不歡，但後來一經解釋明白，又變為很親密的朋友。後至一七七三年，社勒赴烏布薩拉 (Upsala) 去就洛克 (Lokk) 藥房中的職務，某日他看見硝石經熔化後，其性質仍為中和性，但加入醋酸後，即有紅煙放出，這種化學現象，雖發現錳質負有盛名的化學家建恩，亦不能解釋清楚，又在烏布薩拉負有盛名的化學教授柏格曼，亦不能助社勒一臂之力，解決這種難題，最後還是由社勒自己想出解決方法，謂硝精 (spirits of niter) 共有兩種，即今日所謂硝酸與亞硝酸兩種酸。



社勒 (Carl Wilhelm Scheele)

1742 1786

瑞典化學家及藥劑師。為氧之獨立發現者。他曾發現砷酸，辨別亞硝酸與硝酸不同，指出植物中含有酒石酸、枸橼酸、蘋果酸及沒食子酸；又在動物中發現有乳酸及尿酸。

社勒與建恩是親密的朋友，彼此往來的信札，現仍保存很多。社勒由建恩介紹，認識柏格曼，當社勒向柏格曼解說硝酸鉀經熔化後，即改變為有潮解性的亞硝酸鉀時，他是覺得十分有趣，對此年輕的化學家，表示無限敬愛之意，後來彼此成為很親密的朋友。柏格曼從社勒處學習許多實際的經驗，而這位技術專家社勒，即由學問淵博的柏格曼處，領得許多書本中的智識，彼此合作，互得其益，可謂各得其所了。

當時的大學，雖幾次來請社勒去做大學教授，但他不願意改行，以為藥房實是研究事業的中心地，不可隨便脫離，他寫給建恩的信，曾經一次表白此意，謂“為解釋新現象計，使我忘形一切，設最終的追求達到時，這種考察是何等愉快。”

他的最重要的發現，都完成於洛克藥房中，現由他的筆記上，可以看出他發現氧的時期，是在一七七三年前，比之普利斯特利的發現時期，還先一年，該筆記後由諾登瑟德男爵 (Baron Nordenskiöld) 出版發行。他的製氧法，是用碳酸銀、碳酸汞、氧化汞、硝石、硝酸鎂、二氧化錳與砷酸的混合物，各分離加熱，均能製得氧氣，若用碳酸銀或碳酸汞製氧時，同時放出的碳氣，可用苛性鹼吸收之。

他將此實驗結果，寫成一本書，名為“火與空氣”，即於一七七五年年底送給發行者瑞德亞 (Swederus)，但至一七七七年，仍然沒有發表。在一七七六年八月，他看見他的論文，仍然沒有發表，不免

怒火上衝，即致書譴責柏格曼，謂“關於我的火與空氣的實驗，至今仍未見發表，我時常想恐怕有人亦做同樣的實驗時，所得結果，或者不同，但他們的結果，先行發表，後來必然有人借此攻擊我，說我的實驗從他們的實驗中抄過來的，但稍改變面目而已。設有此種不幸事體發生，我只有多謝瑞德亞的賜與了。”從社勒這封信上，他是預先看到，而且十分害怕，後來有人借氧的發現事體，來譏誚他抄襲他人的實驗，故忿怒的話，不免溢於言辭之間；不過大家後來總公認他是氧的獨立發現人。

至一七七六年，他去做哥秉 (Köping) 鎮上一藥房的經理，該鎮位於美拉 (Malar) 湖濱的北岸上，藥房主人為坡盧 (Heinrich Pohl)，他不久死後，即將藥房產業，遺給他的年輕的寡婦，社勒答應仍繼續擔任原職，以為將來定有好處，誰知要替此藥房主人擔死擔子，去還人家的重債務，不過後來他從寡婦手中買來藥房內所有的產業，且經整理一回，亦弄得生意很好。至一七八二年，他的聲譽，已為歐洲各國的科學家所曉得，即他的經濟狀況亦較好，容許他自建新房屋及佈置一設備較完善的實驗室。他的新住宅和實驗室建好後，他的一姊姊和坡盧太太，都為他看管這座房屋。

他到晚年時，因患風溼病，痛苦殊多。當他曉得離死期不遠時，即與坡盧太太結婚，俾他死後，可將生平辛苦掙扎得來的產業，由坡盧太太繼承。結婚兩日後，他即逝世，時為一七八六年五月二十

一日，享年四十有三歲。他一生精神，完全聚會於化學上，由他寫給建恩的一封信上，有謂“這種尊貴的學問，就是我的目的”（Diese edel Wissenschaft ist mein Auge），可見一般了。

社勒到老仍相信火質之說，以為火質無重量，與物理學家所謂以太的相似，且說氫是火質與熱質的化合物。在十八世紀的化學家，對於空氣組成與呼吸作用的見解，還不及在十七世紀時有一部份的化學家那樣清楚。有如卡汾狄士、普里斯特利與社勒三人，是為在十八世紀最能了解空氣的化學家，但仍然死守火質之說，不能超脫凡見。



拉瓦節 (Antoine Laurent Lavoisier)

1743—1794

一位科學大家，為學問而犧牲的拉瓦節，亦是氧的發現者，但他自己沒有這種要求。一七七六年四月二十日，他宣讀他的論文，“硝酸中有空氣存在論”（Mémoire sur l'Existence

法國化學家，在普里斯特利及社勒發現氧不久，於一七七七年即作定量的證實火質之說有誤，將燃燒與呼吸二種作用，加之以正確的解釋。他的學說，曾得當日之大化學家，如柏多勒特（Berthollet）、得摩爾烏（de Morveau）、福克洛（Fourcroy）及克拉普洛特（Klaproth）等贊同。拉瓦節於法國大革命時，犧牲於斷頭臺上。

de l' Air dans L' Acide Nitreux) 時,其中一段,說到下述的話:
“嚴格講起來,普里斯特利不能謂這種發現的本來觀念,非完全爲他所有,但有許多相同的事實,使我們獲得截然相反對的結果,設有人責備我,謂我將這位高貴哲學家的工作,借來作我的實驗的證明,我敢相信我的結論是屬於我的,而無人敢加以否認的了。”在他的有名的論文,即“金屬燒灼時之化合作用及其重量增加之原理”,於一七七五年的復活節日發表,其中有一節,是說金屬燒灼的原理很簡單,就是“由於純淨空氣,能與金屬結合之故;設此與金屬結合的純淨空氣,再行逸出,用之以維持火焰及幫助物質燃燒時,其效力比之普通空氣所有的,要大多好幾倍。”

這種議論,的確是使火質論宣告死刑。拉瓦節雖然沒有發現什麼新元素,但他最先證實氧是一種新元素,其功實不在發現者之下。至若他對於燃燒的解釋,十分準確詳明,開化學科學的新紀元,給後來者一種興奮,而化學能在他上斷頭臺犧牲後沒有幾許辰光,自繼續有新元素發現,這更是令人想到他一生所有的功業與身世所遭遇的殘酷,反映成一悲劇,要於悲悼之餘,發生景仰無已時的意思呢。因他對於科學是有這種的大貢獻,後人都尊稱他爲翁蘭·羅蘭·拉瓦節(Antoine Laurent Lavoisier)。

第五章 鉻、鋁、鎢和鈾

柏格曼與社勒的通信與公告中，有述到德利友亞 (d'Elhujar) 兄弟、赫靈 (Hjelm) 及其他在早年與發現鎢、鋁有關係的人物，其中有許多有趣味的地方。瀝青礦中含有一種新金屬，當一七八九年時，克拉普洛特已先認識，然再過五十年後，皮利哥 (Peligot) 始將該種金屬分出，乃命名為鈾。鉻為今日本族金屬中最通用的金屬，可是發現最後，發現者是法國有名的化學家凡格靈 (Vanqueiin) 他於一七九八年從西比利亞出產的礦石中，分出此原質。

.....

實驗室是將來希望之寺觀，財富幸福之廟堂；即在實驗室裏，人類乃能光大，強健，變為良好。

在十八世紀最末了的二十年間，有許多科學家，已經看見鉻、鋁、鎢、鈾、碲、氯、鈦與鋇等元素的存在，但在當時，其中有數種無法分出，到了後來不久才有人把牠分出。本章為便於序述起見，僅將其有關係之元素鎢、鋁、鈾與鉻四種，分述如次：

鎢

在瑞典有一種白礦出產，俗稱為鎢或重石。最初一般礦物學家，有的以為是錫礦，又有的以為是鐵礦，但至一七八一年，社勒即證明其中並不含錫與鐵，只含有石灰及一種特殊固體物質，此種固

體，他稱之爲鎢酸。依柏格曼的意思，以爲鎢酸中必含有一種金屬無疑。同時另有二位西班牙的化學家，即德利友亞兄弟二人，從一種褐黑色礦石中，命名爲鎢鐵礦的，亦找出含有與此相同的物質，但他們初時亦誤認之爲錫與鐵的礦石。

頓·福斯多·德利友亞(Don Fausto d'Elhujar)於一七五五年生於西班牙之羅哥羅虐(Logrono)，他和他的兄弟頓·胡安·約瑟(Don Juan Jose)，一齊到夫賴堡(Frieberg)礦務學校去學習化學與礦物學，後來又到烏布薩拉，在柏格曼的著名實驗室中研究半年。此位著名的瑞典化學家，在他的日記上，亦述到他們兄弟二人中的一人的事體，即“呂亞特君(Mr. de Luyarte)由西班牙起程，與維利君(Mr. de Virly)同來烏布薩拉，負着研究學問的使命，他們不特去聽講所有高等化學的課程，且去聽講私人教授的各種測驗方法，每人都受過很好的試驗訓練。他們繼續留在此處，至學期終結時爲止。”

在一七八二年七月五日社勒寫給柏格曼的信中，亦述到德利友亞兄弟最近來訪問他的情形，他說“近有二位外賓，來此訪我，在敝舍住過二夜，彼此暢談化學上的問題，甚爲歡悅，他們對於本行，是很有研究的。”

一七八三年德利友亞兄弟二人，共同研究鎢礦，從二種不同的鎢礦中，均獲得鎢酸，此是社勒已先獲得過的了。社勒與柏格曼二

人，雖然老早也想到從此酸中，有可能還原為新金屬的希望，但結果沒有成功，以至德利友亞兄弟獲得鎢酸後，纔從其中分出新金屬。他們所用的儀器，十分簡單，即用一密封閉的泥坩堝，其中盛鎢酸與木炭粉的混合物，在高溫的火焰中燒灼若干時後，靜俟坩堝冷卻，即將蓋取去，乃獲得一黑褐色的金屬塊。用此法製成的金屬塊，甚易用手指磨成碎末，若用放大鏡放大時，即見其中有無數的小金屬鎢粒，最大亦不過針尖那麼大罷了。社勒於一七八四年四月二日寄給柏格曼的信，即述到鎢的發現的事蹟，說“我自聞呂亞特君發現鎢之製法後，不勝欣喜。我希望他不久即有試樣贈送給你”。

一七九〇年德利友亞兄弟二人，同赴墨西哥謀事，及抵墨後，頓·福斯多即任礦務指導員，不久頓·胡安·約瑟因疾病故於美洲，而頓·福斯多又因革命軍興起，遂即離開墨西哥，急返西班牙。他離開西班牙的原因，可由安得烈·得爾·利奧報（André del Rio's paper）上末張的消息欄中看出來，該報的消息欄說：

發現鎢與鉍的大化學家德利友亞，來到墨西哥，領導我們做實驗工作，幾將三十年了，今日他忽然離此他去，在他過去遺留的所有分析實驗工作，適足以反映今後的墨西哥實驗室的慘淡無光。凡是嘗過科學工作滋味的人，沒有願意半途捨棄的；今處在舊政府勢力之下，要將這位博學多才的人，變為一事務員的僕人，自然是和他的本意相違背，實難於繼續幹下去

了。

頓·福斯多回到西班牙後，即爲政府之祕書，且兼任礦務指導員，後來又在比斯開灣的威加拉 (Vengara) 一礦務學校做教員。其後他還做過不少於其本國有利益的事業，至一八三三年二月六日，始逝世於馬得里 (Madrid)。今日用鎢很多，其中最著的，有鎢絲電燈泡，鎢銜接點，及耐高速之鋼數種，這都是受西班牙的兄弟二人在早年時的發現之賜了。

鉍

天然出產之硫化鉍礦，其性質柔軟，而帶黑色，表面看來，很似石墨。此二種異樣物質，即到了十八世紀的末期，都稱之爲鉍，常常作一種物質出賣。社勒早已看出石墨與鉍礦，乃是完全不同的物質。因爲石墨對於硝酸，不能起作用，而鉍礦對於硝酸，即成一種特殊白色的固體物質，他稱之爲鉍酸。柏格曼曾獻議於社勒，謂此鉍酸必爲新金屬之氧化物，且由此定可製得一種新金屬。後來社勒因無適當之爐，可用之以還原鉍酸，故轉託他的朋友，名字叫做赫靈的，另設法還原這種礦石。

比得·雅各·赫靈 (Peter Jacob Hjelm) 與社勒同年齡。前者是在一七四六年十月二日，生於孫拿坡·哈德 (Sunnerbo Harad)，與後者或者是在烏布薩拉認識，因爲他們的通信，於社勒到哥本去不久便開始了。赫靈接到社勒的囑託，研究鉍酸的還原方法，即

想到用碳爲還原劑。爲使鉬酸與碳未能十分密接計，他卽用麻子油與上述兩種試品，磨成漿糊狀的物質。然後盛於密閉坩鍋中，以高溫燒灼之，油因遇高溫而炭化，碳卽使鉬酸還原，製成金屬鉬。

一七八一年十一月十六日社勒寄給赫靈的信，其中有一段話說：

“……你置我的信，許久不覆，我是很原諒你的，因爲我曉得你現在正忙於實驗。我想我們現在又有一種半新的鉬了。法國人或者不承認有這種半新的金屬存在，因爲不是由他們發現的。隨信中寄來酸一包，就是我用坩鍋熔化得來的。如果你既製好鉬粒時，望你寄給我少許，雖少至一小粒亦好，因爲現在我還沒有鉬呢。”

在他第二次寄給赫靈的信上，卽說：“我能斷定你之工作，能給你許多好名聲。”

至一七八二年赫靈乃爲斯德哥爾摩城之皇家造幣廠的分析組主任，過後二十年，卽爲礦務學化學實驗室的主任。他死於一八一三年十月七日。

赫靈教授乃社勒的最相友好的朋友。他們互相往來的信札，現仍保藏於斯德哥爾摩科學社中。他在晚年時所記的日記，亦歸斯德哥爾摩城之皇家圖書館保存。社勒寫給赫靈的信，曾說過下列一句話：“這是我們欲知道的唯一真理，而且牠不是自由考察出來的一

種時髦觀念。”他曉得他信中所說的話，就是他的朋友的意思了。

一七八九年弼利支亞(Pelletier)證實一般礦物學家所謂鉛的，即爲鉛之硫化物。又社勒所謂鉛酸的，是在自然界沒有出產，只可用硝酸去氧化硫化鉛製得之。

鉛比錫更加柔軟，其展延性亦較大，今日無線電播音機上所用之電池、格子及屏幕等，均要用鉛去製造。當日赫靈與社勒視爲一種好玩的研究工作，今日竟變爲很重要的大工業了。

鈾

說到鈾的早年發現史，要和德國的化學家，名字叫做馬丁·亥涅李治·克拉普洛特 (Martin Heinrich Klaproth) 的，最有密切關係了。他是在一七四三年十二月一日生於哈疵 (Hartz) 的偉爾格羅得 (Wernigerode)。他八歲時，即因家中忽遭回祿之災，以至變爲貧無立錐之地的人了。他有兄弟三人，他是最小的一個，因爲境遇所迫，遂赴教堂中爲唱歌員，冀得些金錢，以爲讀書的用費。他在偉爾格羅得時，曾學



克拉普洛特 (Martin Heinrich Klaproth, 1743—1817)

德國化學家及藥劑師。爲德國最有名之礦物學家及分析化學家。他因分析仔細，乃發現鈾與錳，又證實碲與鈦之發現。他亦爲研究氧化鈾之先驅者。

習拉丁文。至十六歲，即爲一藥劑師的學徒。過後五年，學徒期滿，即在刻德林堡 (Quedlinburg) 和漢諾威 二地公衆實驗室中做事，歷時四年。至一七六八年的復活節日，乃爲柏林的偉爾格羅 (Wendland) 實驗室的助理員，有“爲摩爾街中的黃金天使”的銜頭。

至一七七〇年，他爲一著名的化學家發楞廷·路斯 (Valentin Rose) 的助理員，但不到數月，路斯即溘然長逝，當時克拉普洛特不過二十七歲，遭此意外之變，他不特要完全負擔路斯實驗室中的任務，且要替他教養兩個孤兒；小的不幸於幼年就失養。長的名字叫做小發楞廷·路斯 (Valentin Rose the Younger)，及長大後，很能幫助克拉普洛特的研究工作，可謂不負他一番辛苦的教養了。路斯對於克拉普洛特的工作幫忙之處，即將克氏的實驗工作，在未發表前，重新證實一遍，設遇有須改良之點，即設法改良之，這種任務，的確十分繁重。後來克氏買到佛來銘 (Flemming) 在史盤刀街 (Spandan Street) 上的實驗室，他與勒孟 (Sophie Christiana Lekman) 女士結婚，共有有子女四人，其中只有一男，即爲著名的東方研究者，名字叫做亥涅李治·朱理亞斯的。

馬丁·亥涅李治·克拉普洛特對於分析化學與礦物學，均貢獻很多，其論文均載在礦物學的化學知識之貢獻 (Beitrage zur chemischen Kenntniss der Mineralkorper) 上，共分六大冊。他雖然沒有分出一種新元素，但給後來者於發現鈾與鋳及證實碲與鈦

的利便處，其功德亦不能算在發現者之下。

一七八九年他即開始考察瀝青礦，在當時人都視此是一種銻與鐵的礦石。然他先加硝酸，使之溶化，後加碳酸鉀中和，竟獲得黃色沉澱物質，而沉澱物能溶於過剩的碳酸鉀中。此不能不使他十分驚奇，以為其中必含有新元素無疑，他為紀念赫瑟爾 (Herschel) 所發現的天王星 (Uranus)，即以此星名來名此新元素。於是他仿照赫靈製造金屬銻的方法，着手製造金屬鈾，即將黃色的氧化物，用高溫熱於木炭坩堝中。結果獲得黑色有金屬光澤的粉末，他即認此為新金屬鈾，一般化學家，亦相信不疑，約過五十年後，至一八四一年皮利哥方才證實那仍然是鈾的氧化物。

然柏林大學成立時，克拉普洛特已享年六十七歲，即被任為最先的化學教授，以後就繼續做教授

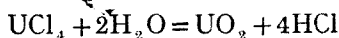


小發楞廷·路斯(Valentin Rose the Younger, 1762—1807)

德國化學家及製藥師，他早年受教養於克拉普洛特家中，後乃在其實驗室中共同研究，所有克氏分析工作未發表前，均先得路氏證實後，始行發表。路氏曾指出蛇紋石中含有銻質。他是一化學家亨利克·路斯 (Heinrich Rose) 及一礦物學家考斯道夫·路斯 (Gustav Rose) 的父親。他的父親大發楞廷·路斯 (Valentin Rose the Elder) 即為低熔點合金——路斯金屬之發現者。

至一八一七年一月一日死時爲止。托馬斯·湯姆斯對於他的性格的批評，有這樣的一段話：“他爲人酷愛科學，秉性純潔，公正無私，謙讓有禮，擅長於說談諧語，信奉教義甚篤，但不拘於儀文末節。”又說：他對於分析化學，所有成功的祕訣，就是遵守下列一句話：“潔淨與精密”而已。

一八二三年亞佛孫(Arfvedson)用氫還原青色的氧化鈾(以爲此是最低級的氧化鈾)，獲得褐色的氧化鈾(UO_2)，但他誤認此爲金屬鈾。至一八一四年皮利哥分析無水氯化鈾，結果有一百分的氯化鈾，即有一百十分的鈾與氯兩種元素。這是不可能的，他唯一的解釋，就是氯化鈾能與水起作用，成氧化鈾與氯化氫兩種化合物：



氧化鈾不能用氫和碳去還原，前人不曉得這種道理，所以都誤認氧化鈾爲金屬鈾了。

於是皮利哥開始用鉀和無水氯化鈾，同熱於密閉的白金坩中。這種實驗是有危險性的，非有勇氣者，不能爲之，因其作用甚猛烈，可使白金坩與其中所含之物質熱至白熱程度。他爲謹慎計，將盛有反應物品的小白金坩，另放入一大白金坩中，且在反應發生時，立刻將酒精燈火移開，如此即可免却金屬鉀有向外逸出，使人受傷之弊。待所有猛烈反應已經和緩時，他又將白金坩熱至極高溫度，以除去其中剩餘之鉀及使鈾凝結成團。俟至坩中物質完全冷卻，他即

將其中所有之氯化鉀，用水溶化，其餘剩殘渣，即為黑色的金屬鈾了，牠所有的性質，完全與前人所謂的金屬鈾不同，無疑地他是真實的首先分出金屬鈾的人了。

尤金·麥爾治亞·皮利哥 (Eugène Melchior Péligot) 是在一八一一年三月二十四日生於巴黎。他曾在里西·亨利 (Lycée Henri) 第六中學及中央工藝學校 (Central School of Arts & Manufacture)



皮利哥 (Eugène Péligot)

1811—1890

肄業，然因受經濟壓迫的緣故，不久即休學。至一八三二年，他幸得良好機會，隨杜馬 (J. B. Dumas) 在百科工藝學校 (Ecole Polytechnique) 實驗室中工作。以後數年間，他總是和杜馬一齊工作，從事於有機化學方面的重要研究。

為巴黎中央工藝學校之分析化學及玻璃製造教授。巴黎造幣廠分析組主任。國立農學院之農業分析化學教授，首先分出金屬鈾質。

皮利哥在中央工藝學校中擔任分析化學及玻璃製造，凡三十五年，此時他寫過不少關於分析化學和玻璃製造的論文。他又曾在工藝職業院 (Conservatoire des Arts et Metiers) 擔任講座和國立農學院 (National Agronomic Institute) 教農業分析化學，多數聽眾對他，都有很好的批評。

他供職於造幣廠中，幾乎有四十年，初是做一個分析員，繼則為檢定員，最後即為分析組的主任。他的住宅，靠近造幣廠的傍近，於一八九〇年去逝。特先得亞(Tissandier)說他：“一生的生活平靜而合理化，所有精力，都聚會於科學上，視為樂事，對待家人，亦厥盡撫養愛護的職責。”他對於學問方面的興趣，範圍十分廣闊，因他所做的論文，範圍甚廣，有論水之分析，甘蔗糖與甜菜糖之化學成分，蠶蟲的化學和生理的研究，波希米亞玻璃之組成，及鈾與鉻之研究等種。

鉻

發現鉻元素的路易·尼哥拉斯·凡格靈(Louis Nicolas Vanquelin)，於一七六三年五月十六日生於諾曼里(Normandy)的一鄉村中，叫做聖安都得伯多(St. André d'Hébertot)的。他在幼年時，即幫助父母在田園中工作，藉以維持小家庭的生活。這位生來聰慧的小孩，初在鄉村學校讀書，成績即超出羣輩，對於副牧師所授的宗教科，極能了解，令彼愛他不已。至十四歲時，他走到羅昂(Rouen)為一藥房的技術員，日操洗滌燒杯等儀器的的工作。後來又持聖安都得伯多的副神父的信，走到巴黎去見 Prémontré 派的修道院院長。他早年在巴黎的生活，備嘗辛苦，唯一相好的兩位朋友，就是那位可敬愛的修道院院長和他在田間做工作時的主人阿基梭(Mme. Aguesseau)了。

他在巴黎，起初三年在各藥房中做工，每當暇時，就專心學習拉丁文及植物學。其中有一藥房的主人是社拉達 (M. Cheradame)，即為著名的化學家安都尼·佛郎士·得·福克洛 (Antoine Francois de Fourcroy) 的從兄弟。當社拉達告訴福克洛一消息，說有一位年輕的凡格靈，是如何喜歡化學的情形時，福克洛就立刻領他到他的家中，要凡格靈做他的助理員。福克洛有未出嫁的姊妹，對於這位年輕的助理員，亦十分慈和相待；他曾有一次患危急的毛病，後來幸得遇救，據述都是由於她們有如慈母般的看護他，病人的心靈上得到這種快慰，才能化危為安，這種恩澤，實使他銘感五內了！



凡格靈 (Louis Nicolas Vauquelin, 1763—1829)

凡格靈一面繼續研究物理、化學、生理學，同時又幫助福克洛在雅罕納恩 (Athenaeum) 教書。他因素性膽怯，對於公衆講話，殊不自然，但與學生熟識後，以他的學問和熱情，在在都足使學生心悅誠服，樂於聽受他的功課。

法國大革命時候的分析化學家及礦物化學家，又為製藥師。曾任百科工藝學校及礦務學校之教授。巴黎造幣廠之分析員。於一七九七年發現銻及鋇。

在法國革命時，凡格靈曾將一不幸的瑞士軍人，從暴徒手中拯

救出來，他是從杜里亞斯(Tuileries)宮大屠殺中逃出來的。因為他參加了革命工作，所以當一七九三年，他乃離開巴黎，走到一軍人醫院做藥劑師，做了沒有幾個月，又回到巴黎，在中央工程學校(Central School of Public Works)中擔任化學，該校後來改爲百科工藝學校。在後他又做礦務視察員及礦務學校的分析教授，且住校中。但是他的私宅，自福克洛逝世後，其姊妹仍然替他看管，他除對她們感謝外，並將他的大部份房屋，聽她們支配，而她們即繼續與他同住，直至死時爲止。

所謂西伯利亞的紅鉛礦，乃是一種很美麗的紅色礦石，出自靠近業卡忒麟堡(Ekaterinburg)的貝爾梭福(Beresof)礦洞中，有人將試樣送到巴黎來。據凡格靈和麥克廓(Macquart)分析的結果，說其中含有過氧化鉛、鐵及鋁質。但據莫斯科丙希恩(Bindheim)的報告，又說在其中含有鉬酸、鎳、鈷、鐵及銅等種。同是一礦石，分析結果完全不同。凡格靈爲解決這種疑問計，乃於一七九七年重做此種礦石的分析實驗。當他取一分磨碎的礦粉與二分碳酸鉀一齊煮沸後，即獲得沉澱的碳酸鉛和一種黃色溶液。此黃色溶液，必爲一種未知酸的鉀鹽無疑。這種黃色溶液，能與高級汞鹽成美麗的紅色沉澱物，又能與鉛鹽成黃色沉澱物。後來他將未知酸分出，加入二氯化錫溶液，結果溶液變成青色(使鉬酸還原爲鉬鹽)。

次年凡格靈即從西伯利亞的紅礦石中分出一種新金屬。其法

將礦石中所有鉛質，先用鹽酸，使之沉澱為氯化鉛，過濾以後，即將所得之濾液蒸乾，製得三氧化銻，然後把三氧化銻，盛於木炭坩堝，又將此木炭坩堝盛入於較大的泥坩堝，其中充滿木炭粉末者。後來將坩堝用高溫燒灼，約過一點半鐘後，俟其冷卻，即從裏面的小坩堝中，獲得黑色網狀的金屬，其重量等於原有氧化銻的重量的三分之一。因牠能和別種物質構成各種花樣不同顏色的化合物，所以福克洛和阿霍尹 (Abbe Haüy) 二人名此新金屬為銻。

凡格靈曾在法國學院 (Collège de France) 和植物園 (Jardin des Plantes) 做教員，但至一八一一年，他的先生又是他的老朋友，福克洛死後，他即繼承他在醫藥學校擔任化學教授。至一八二八年有人在他的故鄉聖·安都德伯多成立加爾威多斯學校 (Department of Calvados)，聘他為代表之一，他認為鄉梓服務，是人生應盡之天職，故樂得就職，好去盡力於他鄉梓的事業。他在早年時，雖然境遇甚窘，將把大好光陰，半數消磨於苦力工作中，但他的學問仍然是很廣博，即對於音樂和文學，亦很有研究，生平尤愛看賀拉斯 (Horace) 和維吉爾 (Virgil) 的佳作。

他的學生，有名字叫做柴華利亞 (M. Chevalier) 的，曾記述過一偶然的事體，因此可以看出凡格靈教授對待人的仁慈一般了。即在一八〇八年，拿破崙下了命令要驅逐在巴黎的西班牙人後，其中被逐的六十人中，有一位是很年輕的學生，新從西班牙來巴黎，跟

凡格靈教授讀書的，亦在被逐之列。那位年輕的學生來自異鄉，舉目無親，今被逐出，處境良可憐憫。凡格靈聞得此項消息後，翌日早晨六時前，還穿着學校制服，即刻趕到警察局，將該生擔保出來。這位由牢獄中保出的學生，名字叫做阿菲拉 (Orfila)，後來亦是一有名的化學家。

大衛對於凡格靈的家庭生活，亦有過下列一段有趣味的記述：

當一八一三年，我看見凡格靈晚年的生活時，他給我所有的印象，就可看出在他那時代法蘭西化學家所有的風度了；與其說他的實驗室是屬於哲學的，毋寧說是屬於藥物學的較妥；但他仍然住在皇家博物院 (Jardin du Roi) 路。他的形態，生活，和其他家中一切佈置，都是十分簡單。特別兩位老處女福克洛，她們是福克洛教授的姊妹，仍然和他同住在一塊。我記得我最初踏入他的門戶時，我被引入到一寢室中，看來好似作繪畫室用的。其中一老處女，即在床上，在那裏修削冬菇，預備我們的飯菜。因為凡格靈想即刻替我弄好早餐，當時我雖極力勸阻，但終歸無效。

其實他們招待時髦的英國紳士，自然異樣一點，不過大衛曉得凡格靈在少年時怎樣受過那兩位老處女的恩典的佳話時，或者他將不作那種的批評話了。

法蘭西的凡格靈和德意志的克拉普洛特，都是那時候當代的

分析化學大家，其實，不僅是那時候當代的分析化學大家而已，却實是全時代的了。依湯姆孫的意見，說：“凡格靈爲法國稀有的勤勉的化學家。”他死在近巴多堡(Chateau des Berteaux) 的故鄉中，其時是一八二九年十一月十五日。

世上有許多有用金屬的用途，都被鉻代替了，舉其最重要的：有淨鋼鉻板用器、自動剪、人造鉻珠寶等種；這都不能不歸功於凡格靈的發現。

第六章 碲和硒

在十八世紀時，下列各種元素：鋅、鈷、鎳、錳、氫、氮、氧、鎘、鉍、鉻等，都被人認識且分出，前幾章已述過了。此外關於碲的發現史，發現者爲翁·賴顯史坦(Baron Muller von Reichenstein)，證實者是克拉普洛特，還沒有述到，現在本章就要補述。至若硒的發現，雖然是在十九世紀初期，與碲的發現，不同在一世紀，但是牠們倆的化學性質和發現的經過情形，却有相連屬的地方。現爲便於敘述起見，所以併在一處來說。克拉普洛特和柏濟力阿斯的論文與通信，對於上兩種元素的發現，有過極詳細的記述，裨益於科學界誠然不小，即在腓特烈·烏勒(Friedrich Wohler)的“一位化學家的幼年回憶”(Early Recollections of a Chemist)上，對於那位瑞典的大化學家，亦寫過有不可忘記的記載了。

“化學家受着哲人的驅使，在霧與氣中，煙與火中，毒物與貧窮中，追求他們的快樂，誠然是人類中的奇人；而且在此許多種類的惡魔中，我不特不以此爲苦，反以此爲十分快樂，設有人要將我的位置和波斯王互相交換，我是寧願意以一死完結。”

碲

碲之發現者，法蘭士·約瑟·米勒 (Franz Joseph Müller) 於一七四〇年生於維也納，他的父親就是杜蘭昔維邦 (Transylvanian) 的財務大臣。他先在本城讀完法律與哲學兩科，其後赴喜尼特慈 (Schemnitz) 入礦務學校，專門研究採礦、礦務學、化學及機械學等科。他在二十八歲時，就做匈牙利的視察員，過二年後，因他對於處理巴納特 (Banat) 地方的採礦及冶金事宜，十分出力，即擢升為該礦務處的指導員及視察員。至一七七五年他就地洛爾 (Tyrol) 的礦務局長，且兼任經理，後來到了約瑟第二 (Joseph II.) 執政時，他即擔任全杜蘭昔維邦的礦廠、冶金處和鹽務處的主任視察員。

在一七八二年，他從藍白色的金礦中，提出一種金屬，初時誤認為銻質。在他的發現新元素的文章上，題名為“沙拉特那 (Sala-tna) 的華茲畢 (Fazebay) 山的馬利亞伊夫 (Mariahilf) 礦洞中之可疑金屬銻的實驗”的，他仍然當作銻質看待。但他後來再仔細考察，即斷定這種金屬，雖然有許多性質和銻所有的很相似，但是必為新元素無疑。他為證實他的發現，乃送標樣少許給柏格曼，請他鑑定，結果因標樣分量過少，柏格曼亦不能證實牠不是屬於銻質。

米勒的重要發現，被人忽略，約過十六年後，至一七九八年一月二十五日克拉普洛特在柏林的科學社中，宣讀杜蘭昔維邦的金礦論文時，方才指示出來。在他當日宣讀論文時，極力使聽者注意這種遺忘的元素，且命名為碲 (tellurium)，意即地球，可以永久

地被人牢記住。說來也奇怪；因此有不少科學歷史家，就誤會說克拉普洛特是碲質發現者，但他深明大義，不願意冒認接收這種不應當的發現的榮譽，堅持到底說是翁·賴顯史坦在一七八二年已經發現的了。

克拉普洛特由金礦中分析出碲質，所用的方法，是用王水溶解礦粉，然後過濾，除去殘渣，濾液中即加水少許稀釋之。當他加入氫氧化鉀液於濾液中，使成鹼性時，即有白色沉澱物分出，但此溶於過剩的鹼液中，只遺留有褐色成球狀沉澱的金粉及氫氧化鐵而已。他將沉澱物濾過後，濾液中乃加鹽酸使成中性，又看見有許多沉澱物出現。將此沉澱過濾，洗滌，乾燥，然後和油混合成油漿，盛於玻璃甌中，徐徐加熱，熱至紅熾灼爲止。等待玻璃甌冷卻後，他即在接收器及甌中獲得金屬球似的碲質了。

翁·賴顯史坦有功於他的邦家中，不特發現碲質而已，此外還做不少有益於國家及社會的事業呢。凱撒·約瑟 (Kaiser Joseph) 指定他擔任國家大事，並賜之歷代可以世襲的翁·賴顯史坦男爵榮譽的職位。他做維也納的大臣凡十六年，至一八一八年方告老休養。他雖然獲得皇上的准許回家休養，豁免了一切報告的職責，但每逢開會討論國家的重要事務時，還是要出席的。這是俾他所有對於採礦及冶金的高見，可供皇上採納。因爲他對於他的國家，有特殊的貢獻，所以得受聖史特芬十字勳章 (Order of St. Stephan) 的

榮譽。此外下列各學會：他本國的礦物學會，柏林的科學家同門會，又耶拿(Jena)的礦物學會，都推舉他為會員。他一生為國盡力效勞，足有六十二年，即對於化學和礦物學的貢獻，亦算不少。享年八十有五，才在他生長的地方維也納與世長辭。

依保羅·第伽特(Paul Diergart)的意思，說佩斯(Pest)大學的植物學和化學教授保羅·吉得柏爾(Paul Kitaibel)，亦不約而同的發現碲質，一七八九年曾有論文發表，專討論本問題。

碲

碲之發現者乃世界有名的瑞典化學家，名字叫做柏濟力阿斯(Jöns Jakob Berzelius)，他於一七七九年八月二十日生於東加特大陸(East Gothland)中的一小鄉村中，該村名字叫做窩飛孫得(Wälfversunda)的。因他的父母都早年逝世，所以他在幼年的生活，形單影隻，十分孤寂，幸得還有祖父在上，可以盡力的擔負他的教育費用。他先進林波平(Linköping)的某學校肄業，後到烏布薩拉專攻醫科，是時他不過二十二歲，就獲得醫學學位。當時在烏布薩拉教化學的是柏格曼的姪兒，名字叫做阿夫濟洛力斯(Afzelius)，其助理員就是在柏濟力阿斯畢業時發現鉍質的伊克柏(A. G. Ekeberg)。所以他那時追從學習化學的老師，不是屬於家學淵源，歷代相傳授的大師；就是當代的大發現家了。

次年柏濟力阿斯即被委任為斯德哥爾摩大學之醫學、植物學

及藥物學的助理員，這種職位，於他後來聞名於各國，很有關係。他在斯德哥爾摩除擔任助理員外，有時亦到斯德哥爾摩的軍士專門學校和醫學研究所兩校講授數小時功課。他的教授法與當時的其他各化學家的教授法不同之點，就是他有特別擅長的口才，和新穎的實驗，足以使學生靜聽注視，樂而忘記其他的一切。他善於教書，不久即傳播到歐洲各國，於是一般對於化學上抱有野心的學生，羣趨於斯德哥爾摩；好似回教徒好向麥加 (Mecca) 去瞻拜聖地一樣。當時的學生，後來成名的，有米特錫利克 (Mitscherlich)、烏勒、格米林 (C. G. Gmelin)、摩散達 (Mosander)、斯翁布利 (Svanberg)、塞夫斯唐 (N. G. Sefström) 和路斯 (Rose) 兄弟輩如亨利克 (Heinrich) 與考斯道夫 (Gustav) 等，都是受他的教化很深的。



柏濟力阿斯 (Jöns Jakob Berzelius, 1779 -1848)

為斯德哥爾摩 (Stockholm) 大學的化學與藥物學教授。曾測定當日所知元素之原子量，又發現磷、鉍二元素與氯化鉀一物，又分出矽、鉍與鎳等元素。他的學生中，有烏勒 (Wöhler)、路斯·亨利克 與考斯道夫 兄弟輩、摩散達 (Mosander)、塞夫斯唐 (Sefström) 與亞佛孫 (Arfvedson) 等，均為後來有名之化學家。

柏濟力阿斯的活潑情形，和對待學生表示同情的態度，可看烏

勒所著的“一位化學家的幼年回憶錄”，就容易明白。該書對於柏濟力阿斯記述的話，是：

當我立在柏濟力阿斯的門前，手按電鈴時，心上是作跳不已。一位衣服整潔，態度儒雅，笑容可掬的紳士，應聲出來迎我，引我進去。他就是柏濟力阿斯了。他歡迎我出自真誠，良可感謝，他說他盼望我好久了，希望我立刻報告我的旅行情形。他對我說話是操德語，他能說漂亮的德語，與法語或英語無異。第一日他即引我到加羅林研究所(Caroline Institute)去，他在那裏對向一般醫科學生講書，但外來的軍官和他的朋友來旁聽課的，亦是不少，以後我也時常去聽，俾我的聽覺，可以熟練聽見他的口音。這是給我一個好機會，可以看到他所有的鎮靜態度，教授方法和表演實驗的技巧。該所專門學校，又是醫科學生的實驗室，要受摩散達的監督。

在當時所曉得的元素，所有的原子量，柏濟力阿斯都有測定過，在測定原子量的人中，最先測定準確的就是他。他測定原子量時，是拿氧的原子量等於一〇〇為單位，與今日所用的十六為單位，自然不同。在他的小實驗室中，看來好像廚房，其中爐上所放着的砂盤，整日在那裏燒着，從來沒有停止過，他所發現的元素，有碲、碲、鈦、鈾、鎳等種。

在斯德哥爾摩的西北角的荒山中，有一有名的礦鎮，叫做法蘭

的。一般平常的旅行家，對於那黑煙滿天的舊鎮，只看見有無數的小木房，草木是不能蕃殖的，空氣是充滿硫酸氣味的，自然不大歡迎去遊歷，但是化學家要另眼看待，因為那邊是硒元素的發祥地，很值得去看看的。柏濟力阿斯和顧問建恩二人，同在格里斯爾摩 (Gripsholm) 設立硫酸廠，該廠製造硫酸時要用的硫化鐵，就是由法蘭礦洞中出產的。在一八一七年九月二十三日，柏濟力阿斯即寫信給他的倫敦的朋友馬爾塞博士 (Dr. Marcet)，說他從硫酸中找出碲質，但翌年二月三日他又寫信給馬爾塞博士說是去歲所說從硫酸中找出碲質，現時曉得完全弄錯了。

“從前我和建恩二人認為是新元素碲的，今日我在斯德哥爾摩又重新考察一遍，發見其中含有不少奇怪的性質，頗令人覺得有趣味。這種新元素，是有金屬的性質，能與硫化合，所得的化合物，定然有人要視作一種新硫質。茲將其所有的性質，略述如次。……如果將此新物質盛於大瓶中加熱，使之昇華，則得紅粉，好似銀珠一樣，但不受氧化作用，此其特點一。以後靜俟冷卻，冷至相當程度，即成流體，可用手指攪成各種形狀，及拉成細絲，此其特點二。……若置之於火焰中，則燃燒成淡青色的火焰，且放出一種氣味，好似萊菔所有的相同；因為有這種氣味，所以使我們相信牠是碲質。

因此新物質所有的性質，有的是與碲相似的，所以我叫牠

爲碲。……現在我寄來一束的細絲，當你們見到時，或者有的已經折斷了，有的還仍然完全的，聊供你與武拉斯吞作玩意兒吧。外面的包裹紙，稍帶有色素，那就是碲昇華時所造成的顏色，因爲我蒸發碲酸鉍溶液時，曾到外面去，沒有關照好，以至用火過大，所以有一部碲質起昇華作用了。”

下列一段是引述柏濟力阿斯的原文，讀者不特可以看到他發現碲質的詳細情形，且可以看見他所有的生動文筆。

在法蘭用來製造硫的原料的硫化鐵，分佈於各地的銅礦洞中。而硫化鐵礦中，又常雜有方鉛礦、方鋅礦及其他別種物質。用硫化鐵製硫的方法，是將水平爐內，先鋪一層乾木柴，後加上一層硫化鐵，頂層即用坭與硫化鐵的碎屑蓋好；煙從爐中流入水平管中，管之前部是用磚製成的，後半部則用木製成的。當爐中的木柴燃燒時，即使下層硫化鐵中過剩的硫質，蒸餾出去；所蒸餾出的硫氣，被熱風帶入管中，遇冷後硫即在管中凝結成粉。

若用此蒸餾好的硫，以製造硫酸，即拿來燃燒時，則在鉛室的底層上，就有一種紅色粉狀的物體凝結起來。起先格利爾摩硫酸廠的舊主人布格林 (Mr. Biuggren) 觀察好久以後，所得的結論是：用別處出產的硫，則沒有這種紅色物質出現。那種紅色物質，有一化學家告訴他，說是碲質，所以後來他不

用法蘭出產的硫了。

後來該硫酸廠的主權，讓渡給建恩和伊格特茲(Eggartz)和我(柏氏)，仍然繼續用法蘭的硫質。紅色的沉澱物，又在鉛室內的酸液中發現。後來愈積愈多，積成一厚層，約有一厘米厚了。本廠用硫製硫酸的方法，與他廠不用硝酸鉀的方法，是有點差別。將硝酸盛於平坦的玻璃瓶中，放在桶底下，一與亞硫酸氣接觸，即起分解作用，放出氧化氮氣體，有了這種氧化氮氣體，纔能使硫完全變為硫酸。

下列一段話，是柏濟力阿斯說明他和顧問建恩二人何以誤會到硫酸中含有碲質一事。

“在初時盛有硝酸的玻璃瓶中，當分解完後，即盛有濃硫酸，其中雜有一種紅色的粉末。這種紅色的粉末，引起我們注意，要作仔細的考察。其產額是用 250 仟克的硫，使起燃燒作用，約可得到 3 克左右。其中主要的成分還是硫質；因為牠和硫質一樣，可以着火燃燒，但遺留的灰燼較多而已，若將灰燼用吹管吹熱，即放一種特異氣味，和腐爛的萊菔或卷心菜所有的臭味相同，依據克拉普洛特的意見，說是燒碲質時，亦可得到同樣的壞味道。

在法蘭硫中所有的物質，好似碲一樣的稀少，為追根到底，問個明白計，所以我打算把牠分出來。於是將鉛室中所有

的沉澱物質，完全取出。初時沉澱物的顏色是紅色，待乾燥後，即改變為黃色，其重量等於四磅。加足量的王水，使整塊固體變成漿糊後，乃用小火溫煮。牠的顏色，即漸漸由紅色變成青黃色。溫煮約有四十八小時後，溶液中即加水和硫酸稀釋之，然後過濾。所濾過的濾液，呈深黃色。濾渣之容積與原有沉澱物的體積相等，其中主要成分是碲、硫酸鉛和其他各種雜質。最後柏濟力阿斯敘述他如何分出那種新元素，有如下段他自己所述的：

試取上述製得的濾液少許，以為研究分出新物質之用；乃加氫氧化鉀，使之沉澱分出。所得的沉澱物，經過洗滌和乾燥後，即與鉀質混合，熱於氣壓表管的末端中，使之起分解作用。然後放入水中，其中有一部份是溶解的，且顯示橙黃色，有如濃啤酒所有的橙黃色一樣，但與碲化氫鉀所生出的紅酒色，完全不同。且液體中沒有銀白色的小球浮起來，有如浮在碲化氫鉀表面上者相同；過數小時後，即有紅片的物質沉澱下來，液體亦同時變成渾濁色。加入硝酸後，可以使紅色沉澱物增加許多。過濾後；將濾紙和紅色沉澱物的一部分置於洋燭火焰中，即能使燭火變成蔚藍色，同時放出一種爛卷心菜的臭味來。若由碲化氫鉀液中，用同法製得純淨的碲質，但能沉澱分出灰色物質，對於燭火焰即生出青色火焰，此外並不放出紅菜蕪的臭

味。……………

於是柏濟力阿斯乃證實不純粹的碲質，所以有特別氣味的緣故，是由於有一小部份的新物質存在其中。

在當初實驗時，常用氧化碲及碲化氫製得純碲，再拿來仔細考察，就知道無論用吹管吹熱，或使氧化物還原，都不能發生那種特異的臭味，只有將碲質盛在玻璃管中，然後加熱，熱時即將手指塞住管口，待金屬氣體逸出熔化的管口時，放在火焰中，方才有那種類似紅物質的氣味放出，且同時使火焰變成藍色了。我們由這個實驗，可以曉得那種紅色物質，一定不是碲質，不過所謂純粹的碲質中，含有那種和紅色物質相同的物質，至若分量多少，那就要看提煉時的小心程度如何，才能決定。……

柏濟力阿斯繼續做他的實驗，不久就判定那種新物質了。

櫻色物質，不能溶解於水，仔細看來，那就是放出特別氣味的主要物質了；後來經過多少實驗後，可以判定牠能燃燒，從前還沒有被人認識過，我叫做牠爲硒，這名字是由月亮得名的，因爲牠和碲的性質，很相類似。牠所有的化學性質，介在硫與碲之間，若還要說精密些時，牠是比較的像硫，不像碲。”

因爲克拉普洛特用地球名來名碲質，所以柏濟力阿斯想到最好用地球的衛星(月亮)名來名碲質的姊妹元素。他對於硒及其化

合物之觀察一論文，是在一八一八年發表於化學與物理年鑑 (Annales de Chimie et de Physique) 上。

他的化學課本 (Lehrbuch der Chemie)，先由烏勒譯成德文，後來又有其他數國文字的譯本。從一八二一年起他將每年的物理和化學的進步概況，做成報告發表，該書題名為物理與化學的進步年報 (Jahresbericht über die Fortschritte in der Physik und Chemie)。

凡是他的學生和朋友，對他都非常尊敬。他的學生烏勒，在斯德哥爾摩和他相處，不過幾個月，但他受他的影響很深，與他後來的一生事業關係甚大。他們彼此時常往來信件很密切，從未間斷，以至柏氏死後方才停止。此外柏氏與馬爾塞、大衛、武拉斯吞和其他各人往來的信件，次數亦是不少。

他到晚年時，方才結婚。在一八三六年一月二十九日，他寫信給烏勒說：“我親愛的烏勒，誠然我現在是新婚過後六個星期的人了。我現在知道生活的另一番滋味，這種滋味，我以前不是有錯誤的觀念的，就是完全不明白的。”新郎比新娘約老有三十多歲，但他們結婚以後，感情甚篤，十分快樂。結婚那一日，瑞典的皇帝查理斯約翰 (Charles Jean) 親來參加典禮，對他表示無限的敬意。當舉行結婚禮那一剎那間前，柏濟力阿斯走進新娘的房門中時，他的岳父即交給他一封信，說是皇帝想在許多來賓面前，要宣讀那封信呢。

那封信是用法文寫好的，聲明柏氏有功於瑞典國家，要賜給他榮譽的男爵銜頭。

硒現在是用來代替錳質，以使玻璃退色，所以牠的主要用途，還是在玻璃工業和陶器工業上。金屬形狀的硒，雖然在黑暗處，不能傳電，但是遇見光時，即能傳電，其傳電度數，是與所照的光度大小成正比。因為牠有這種特別性質，故可以利用之以製造很靈感的電照硒電池了。最先利用這種硒電池，借陽光之力，傳播聲音所用的機器，就是巴爾 (Alexander Graham Bell) 發現的，那時是一八八〇年。今日所用的有聲片，雖然用金屬鹼式的光電池製成的，但是以前最初用的有聲片，光傳照相，和光傳風景等儀器，都是要
用到硒質，這不能不歸功於柏濟力阿斯，從硫酸廠的黏土中將這種金屬發現出來。

第七章 鈳、鉍和釩

鈳、鉍和釩三種元素，雖然在十九世紀初期就有人認識，但因為牠們不易製成純品，故到最近方才成功製出。一八〇一年英國化學家哈特哲特 (Charles Hatchett)，從鈳礦中發現一種新元素，這種礦石，在新英格蘭史上，佔了不少有趣味的篇幅。同年墨西哥的礦物學教授得爾利奧 (A. M. del Rio) 研究由晉馬平 (Zimapan) 來的黃鉛，亦聲稱發現一種新金屬 erythronium，次年柏濟力阿斯的老師伊克柏，分析芬蘭出產的幾種鉍的礦石，結果尋出一種元素，其性質與哈特哲特所找出的鈳的性質很相似。武拉斯吞雖說鈳和鉍是一樣的物質，但路斯和馬利甘克 (Marignac) 却證實牠們完全是不相同的物質。至一八三一年塞夫斯唐從厄克梭爾摩 (Ecker-sholm) 的軟鐵中尋出一種金屬，叫做釩的，後來烏勒證實這種釩質，是和得爾利奧所謂 erythronium 的，是同一樣的物質。

凡是嘗過科學滋味的人，不會輕易把科學放棄。

鈳

在一八〇一年發現鈳元素的英國化學家哈特哲特，生於一七六五年。當他三十歲左右的青年時期，對於化學的研究工作，就非常活動，曾在哲學報 (Philosophical Transaction) 上發表過克倫地

亞(Carinthia)的鉬酸鉛礦的分析，和幾種介殼與骨的實驗結果，又在尼哥孫雜誌上，發表過南新威爾斯(New South Wales)的泥土分析，那種泥土又叫做 Sydnecia，或稱爲 Terra Australis 的。

一八〇一年十一月二十六日，他在皇家學會宣讀論文，題名爲“北美新金屬礦石之分析”，於是他發現元素的名聲大噪，風聞國內外。這種礦石，現稱之爲鈳礦，是一種黑石塊，出產於新英格蘭地方，當哈特哲特分析此礦石時，其中包含不少有趣味的故事。

省長文司洛普(John Winthrop the Younger)平生喜歡研究礦石，收集了許多種類的礦石，這可從一位美國初年的詩人的詩中所描寫的看見一般：

有時他的步調謹慎，但却是徘徊，
把他帶到結晶山，
自然緊抱着他的寶石，
燦爛的光輝，嘲弄那些繞着黑暗修道院的星宿。



哈特哲特 (Charles Hatchett)

1765? -1847

英國化學家及製造家。曾發現鈳質。其大部份研究工作，均在分析與礦物化學上。

有時他馬上做了園丁，把牠鋤出，

認作有價值的效用，作為化學家的商品。

他喜歡到處去尋礦石，有一次在他的住家旁近的溝渠中，即在康涅狄格 (Connecticut) 的新倫敦，他找出鈳礦一塊，後來他寄給倫敦的斯洛安 (Sir Hans Sloane, 1660—1753)，他收到後，即送陳於英國博物院中。這塊礦石，大約陳列在博物院中，約有百年之久了，後來哈特哲特始拿出去分析。

因為鈳礦是一種非常複雜的礦石，其中含有鈳酸、鉍酸、鈦酸、鎢酸、氧化鋳、氧化鈦、氧化鉀和氧化釩等種物質，哈特哲特須有絕大的分析本領，才能發現新金屬鈳。在鈳質發現後四十年間，有不少歐洲的大化學家，整日議論紛紛，說鈳與鉍是同樣的元素，不過到了最後時，馬利甘克和路斯二人才證實鈳與鉍不是同樣的元素。於是哈特哲特從美國礦石中發明新金屬的聲價，才宣告確定。

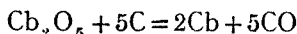
哈特哲特有那樣偉大的本領，早年即放棄科學的研究工作，說來是很可嘆息的一回事。在一八三〇年湯姆孫對他說過下列一段話：“……很不幸的一位最可愛可敬的人，放棄科學的研究工作以來，約有二十五年之久了，他完全是因為受了金錢的害處和多財善賈的分心，便不能不捨棄科學研究的工作。”在一八四五年柏濟力阿斯寫給烏勒的信上，亦有說到與上述相同的意思：“我在卡爾斯巴德 (Karlsbad) 先來此拜訪你們的昆布蘭 (Cumberland) 的皇

帝，他問我曉得幾位英國的化學家，我答：我曉得的有大衛、武拉斯吞、汀孟和馬爾塞諸人，他搖頭不說話，表示不同意，過了好久，最後才說我沒有算到那位最能幹的化學家哈特哲特呵。他即希望我也曉得哈特哲特的名字，不要以為他現在放棄了化學的工作，繼承父業，就不理會他。”哈特哲特後來退隱於倫敦近處的羅韓頓(Roe-hampton)，至一八四七年二月十日方才逝世於折爾息(Chelsea)。

他沒有分出鈣質，這種元素絞盡化學家的腦汁，足有六十年了。至一八六四年，布朗斯登(C. W. Blomstrand)始因氯化鈣在氫氣流中，以高溫之下，使還原為鈣，獲得有光亮的鋼灰色的金屬。

在一九〇一年梅瓦散(Henri Moissan)用磨碎的美國鈣礦粉，和糖炭混合一齊，壓緊以後，即置於電爐中，約用電壓五十弗打，電流一千安培的電，通過燒灼約七八分鐘。鈣礦粉受了這樣高的溫度燒灼後，其中所雜有的錳及一部的鐵與矽，都蒸發出去了，結果所剩的只有鈣與鉍的碳化物。

他用馬利甘克法製得鈣酸後，即取鈣酸八十二份，糖炭十八份，與少許的松節油混合一起，混成漿糊狀的物質，然後壓成圓筒形，置於電爐中，用電流六百安培，電壓五十弗打的電流通過，使受高溫燒灼。結果即起猛烈的反應，若用化學方程式表之，即有



燒灼後所得之殘餘物，在冷卻時，使不與空中的氮相接觸，即

得熔化過後的碎片金屬錠條。梅瓦散所製得的鈳，含有少許碳化物成分，且牠的性質呆板而堅硬，所以他相信這種元素是屬於一種非金屬，與硼和矽相類似。

在一九〇四年布爾克(Clarence W. Balke)的博士論文，是測定鈳與鈹的原子量，過後兩年 Siemens & Halske 公司中的波爾頓(Werner von Bolton)用鋁熱法 (alumino-thermic method) 製得鈳的熔質，並將所得的粗鈳反覆熔化於真空電爐中，便提鍊成純品。德人獨有少許鈳質，視為世上最純粹的鈳，前後保存二十三年之久，到了一九二九年五月間，布爾克纔在美國化學會場中，展覽他所有的這種極光亮的稀少金屬片和金屬棒。因為牠是十分潔白沒有瑕點，而且非常光亮奪目，將來必有人拿來做時髦的珠寶器具有，是無疑義的了。

鈹

因為含有鈳的礦石，總是含有鈹質的，這無怪乎有許多化學家，對於這兩種很相接近的金屬，要混為一談。發現鈹質的，是瑞典的化學家兼礦物學家伊克柏。他在一七六七年一月十六日，生於斯德哥爾摩，他的父親約瑟·伊克柏(Joseph Erik Ekeberg)是一個皇家製船者。當他十歲時，被遣送至卡爾瑪(Kalmar)入校就學，過後兩年，又到梭達羅克拉(Soderokra)上學，因即寄宿在牧師家中，乃獲得機會學習初步的希臘文學，以後他一生都愛讀希臘文

學，不忍釋手了。到十四歲時，又在威斯特威克（Westervik）和卡爾斯克洛納（Carlsrona）兩處上學，他對於科學和文學兩科，有同樣的研究興趣，宜乎他後來能變成一位有名的大學問家。

一七八八年，他即畢業於烏布薩拉大學，提出的畢業論文是“提鍊種子油論”，畢業後即領官費，到德國遊歷。在後回到烏布薩拉不久，即一七九〇年，瑞典與俄和議告成，於是他寫成一篇很美麗的詩，去讚美和平。至一七九四年他對於化學上貢獻的第一篇文章發表後，即開始在烏布薩拉過教書生活。

伊克柏有殘廢之疾，一生痛苦頗多。幼時因受凍過劇，就患半聾症的耳病，至一八〇一年在實驗室中手持住的瓶子，忽然爆裂，又弄到眼睛廢去其一。他後來耳既不聽，眼又不明，真是痛苦至極點了。

因為他的學問異常廣博，所以後來他從事於研究化學，不久即有驚人的成績，發表出來。他對於亦脫拜（Yetterby）和法蘭兩地

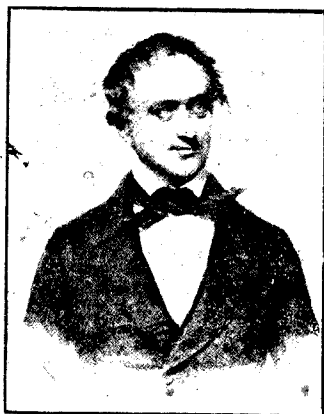


伊克柏（Anders Gustav Ekeberg, 1767—1813）

瑞典化學家、礦物學專家、詩人兼藝術家。當他在烏布薩拉（Upsala）擔任化學講座時，柏濟力阿斯即為其中學生之一。曾發現鉍質。亦是一首先考察氧化鉍的化學家。

出產的各種奇異礦石，有極大的興趣去研究，曾做過許多礦石的分析實驗。在一八〇二年，他分析得芬蘭的基耳多 (Kimito) 出產的鈳礦 (tantalite) 和亦脫拜出產的鈳鈳礦 (yttrotantalite) 中，都含有一種未知金屬。因為這種未知金屬，不易分開，所以名之為鈳。

在一八〇九年武拉斯吞分析鈳礦和鈳礦以後，就斷定這兩種礦石中所含有的元素，是一而二，二而一的，這種學說，為一般化學家所信賴，經過了有二十餘年，至一八四六年亨利克·路斯 (他是 Valentine Rose the Elder 的孫子，又是路斯 的兒子，而路斯 即是克拉普洛特 的學生。) 最初出來懷疑這種學說。於是路斯 對於美國 及巴維利亞 (Bavaria)、波但美斯 (Bodenmais) 等地出產的鈳礦和鈳礦，都拿出來仔細考察，最後由兩種礦石中提出兩種酸，他名之為 Niobic 酸 和 Pelopic 酸。在後他又找出 Pelopic 酸 中，並不含有新金屬，與初時所料及的完全相反，不過是含有



亨利克·路斯 (Heinrich Rose)

1795—1864

德國 分析化學家及藥劑師。為 小亨利克·路斯 的兒子。他從比較研究 美國鈳礦 及 巴維利亞 的鈳礦 後，即發現鈳與鈳不是同樣的金屬。

Niobium (或 Columbium) 較低級的氧化物而已。據路斯的意思，Niobic 酸和 hyponiobic 酸都是和鉬酸不同。

鈳酸和鉬酸雖然不易分開，但後來馬利甘克竟把牠倆分開了，且說鈳的價數，總是有三價和五價兩種，而鉬的價數，只有五價的一種，他分開鈳酸和鉬酸時，所用的方法，是利用氟鉬酸鉀 (Potassium fluotantalate) 和氟氧鈳酸鉀 (Potassium fluo-oxycolumbate) 的不同溶度，把牠倆分開了。在美國哈特哲特所發現的元素，就叫做鈳 (Columbium)，在歐洲即用亨利克·路斯所命的名字鈳 (Niobium) 來名牠，實則兩種同是一樣的物質。

伊克柏到晚年時，幾乎完全為病魔所纏，對於科學工作的收穫自然很少了。只有幾篇報告分析礦石的論文，為分析黃玉 (topaz) 中的加多林石 (gadolinite) 和鉬礦所得的結果而已。但是當他做米得威 (Medevi) 的泉水分析工作時，獲得一位年輕的學生幫助，這位學生命運帶來要使烏布薩拉大學增加聲價。但那個能猜到這個學生是誰？不用說他就是柏濟力阿斯了。在伊克柏個人的功德上講起來時，他找出柏濟力阿斯這樣的人，比他自己發現了稀少金屬鉬質，還要來得緊要而有價值。

柏濟力阿斯堅決地說伊克柏是發現那種新元素的人，發現的名聲應由他擔當，不能歸於別人所有的。在一八一四年秋天。他曾因此事寫信給湯姆孫，向他抗議，說他有意將他原有筆記上的字

義，隨便改譯爲英文。事體的原委，就是這樣的一回事：在柏濟力阿斯的筆記上，原用鈳一字的，湯姆孫即改用爲鈳了。因此就引起柏濟力阿斯生氣，寫信向湯姆孫抗議了。他的原信是說：“在此我並無輕視哈特哲特的功績的意思，不過對於鈳的性質和牠的氧化物的性質，的確是在伊克柏以前無人曉得的，此層應當注意。”

柏濟力阿斯繼續說明伊克柏製得的氧化鈳和哈特哲特製得的氧化鈳，完全是不同的物質，不能混在一起。

伊克柏有一位新由英國回來的朋友，替他帶回少許哈特哲特製成的鈳酸，即對於武拉斯吞的實驗，亦微有所聞，於是開始對於鈳酸，作仔細的考察了。結果他找出鈳酸中含有多量的鎢酸，故能使其氧化物有酸性作用，能與鹼液化合，及與磷酸銨鈉成有顏色的物質了。後來我和建恩在法蘭近邊發見化石 (fossil)，牠的性質與哈特哲特發見的鈳礦所有的性質，亦是相同，我們做過那種化石分析後，知道牠是氧化鈳和鎢酸的混合物，由此實驗，更加可以證實伊克柏對於鈳酸的考察是不錯的了。

現在我們曉得哈特哲特叫做鈳酸的，就是氧化鈳和鎢酸的混合物，因其中含有此兩種酸，故有牠所有的特別性質，講到哈特哲特對於發現鈳的力量，至多不過等於一大部分而已，對於伊克柏的發現力量，亦未便完全忽視，這和發現鐵質的情

形，十分相似，就是福克洛和凡格靈二人當了發現的名譽時，而汀孟也可以分享其一部份的名譽，我希望你能拿出對待英人汀孟的公平態度，來對待瑞典人伊克柏呀。

至若講到金屬的命名時，我以為原來金屬的發現者，對於這層，未必十分講究。譬如你不喜歡叫鉬為 *menaccanite*，至若哈特哲特原來的命名，是用該礦出產的地方名來命名的；但現刻大家知道在化學上用最初發現該元素的地方名，以名該元素的名，是有許多不實用的地方；況且鈳礦的發現地方，還未能十分確定，是否出自美國，仍有問題。假使稱鈳為鉬質，則沒有上述的那種不方便處，且其中有幾種特性，亦可包含在字義中，據我想來，實找不出第二個字要比此字來得恰切。設有人將金屬鉬磨成粉末，放入任何種酸中，都不能使之溶解，雖用王水蒸濃及煮滾，結果亦是一樣，就曉得用鉬字來名這種金屬，是來得更有意義了。（按鉬之字，是由這個故事 *Tantalus* 演繹出來的。）

同年十一月五日，湯姆孫的回信，說他對於伊克柏的實驗，不甚明瞭，故沒有提到他，至若他改變柏濟力阿斯的名稱，完全是為英國讀者便利起見，並無其他用意。他的回信，有說：

對於鈳礦和鉬礦兩種礦石，我沒有能力將一種去做過實驗的，這是我十分抱歉的事體。關於伊克柏給我許多很好的標

樣，因為裝載那標樣的船，不幸沉於波羅的海中，此外還有多種瑞典文獻，亦同時遭殃，把我視為至寶的東西，一旦付之於海中，良可嘆息！你所舉的新礦石，好似鈳礦的性質，十分有趣。我決將你告訴我的消息，載在下期的我的刊物上，此間還未有別人曉得。

在一八一八年三月廿九日，馬爾塞寫給柏濟力阿斯的信，說：

不久以前，武拉斯吞做鑄鐵礦、鉍礦和鈳礦的實驗時，恰好我亦在他的面前，據我所知道的，哈特哲特的鈳礦是不含鉍的，你疑他有錯，但我以為他是沒有錯的。如果你對此解釋有疑問，我可把牠送給你看看。

伊克柏染有肺癆病，經過長期的掙扎後，遂在一八一六年二月一日，逝世於烏布薩拉，享年四十有六。他死後，柏濟力阿斯曾有信寄給馬爾塞報告一切，並賜誄辭哀誌：“伊克柏患有肺疾，經過長期受罪後，已於昨日逝世了。他是人類當中最可愛的一人，他有廣博的學問，且性喜工作，努力不懈。他是一位化學家兼礦物學家，又是一位詩人兼藝術家。”伊克柏具有仁慈、友愛、歡快的美德，這足以超脫他所有的貧窮與患病的苦惱。此外他又擅長於文學和藝術兩門，這也是他的一種很好的娛樂品。

欲使鉍質從鈳質中分出，可利用其氟化鉀的複鹽的不同溶度，反覆結晶，使之分開。在商業上製造的方法，是取礦石和氫氧化鈉，

先行一齊熔化。然後將不溶解於水中之鈳酸鈉、鉍酸鈉和鉍酸鐵等，從可溶性的鈉鹽中分開。在不溶解的物質中的鐵質，即用鹽酸除去之。最後所餘剩的鈳酸和鉍酸的混合物，乃加足量的氟酸和氟化鉀，使鉍成複鹽氟鉍酸鉀 K_2TaF_7 ，反覆在水中結晶，使與雜質鈳酸分開，最後所得的氟鉍酸鉀，仍含有少許氟酸。

在一九〇三年，汝羅丁堡(Charlottenburg)的波爾頓(Bolton, W. Von)提煉金屬的方法成功後，即有少量鉍質用來製造電燈絲，間亦有用之以製造外科和齒牙的器械。這種金屬製成的器械，醫生向病人施行手術時，只要將牠用火灼熱或放在酸中，不至於受損害，且完全消毒了。可惜牠的價值過高，以至用途不廣。後來至一九二二年，布克爾在支加哥設廠製造，利用西澳洲辟巴拉 (Pilbarra)荒地出產的鉍礦來做原料，其中含鉍質成分甚高，使先製成鉍的錠條，然後用輾輪反覆輾成薄片。自此製法宣告成功後，鉍質就可作為一種商品了。

現在鉍質是拿來製成網狀的絲囊，以為製造放射光器；若用之製造電燈泡中的電極，其中充滿有氙氣者，即能使白光變出為紅光；又把牠裝入真珠寶石中，亦可有增加珠寶的光輝的效用。更奇特的，就是利用牠的氧化物不能溶解於酸中，可以生出一種極稀奇的電化學作用。即用交電流通過一瓶，其中盛有硫酸，以鉛板和鉍板(或鈳板)來作電極用的，可以變為直電流。故早年的無線電收音

機，要用到直電流時，可用伊克柏的鈳化金屬，製成無線電上的整流機，即B電池排除器(B battery eliminators)及自動充電器(trickle chargers)，就可做普通人家的娛樂用品了。

釩

一八〇一年哈特哲特發現鈳質時，有一墨西哥的礦物學教授得爾利奧即正在考察晉馬平出產的黃鉛礦，且斷定其中含有一種新金屬，其性質與銻、鈾很相類似。這位墨西哥的礦物學教授的平生事蹟，我們不大明瞭，不過他在一七六九年，生於西班牙，肄業於夫賴堡及斯社耳特茲(Schemnitz)兩處，後來即在墨西哥城中的礦務學校(Colegio de Minería)教書，共有二十五年之久，這是大家所知道的事。

他發現新金屬後，即名牠為 erythronium，因其鹽質遇熱，即變為紅色之故。但他後來經過仔細研究，又以為從前的實驗是有錯誤，乃看作晉馬平的黃鉛礦中，只含有鹽基性的銻酸鉛，內有氧化鉛80.22%和銻酸14.80%，所以他發表的論文，仍題名為晉馬平黃鉛礦中之銻之發現，表示謙讓，不敢以發現之名自居。至一八〇五年，科勒得梭特爾斯(Collet-Descotils)曾證實得爾利奧的分析結果不錯，以後有二十五年之久，就沒有人去過問那種新元素 erythronium 了。

一八二〇年，得爾利奧去西班牙宮庭中，為墨西哥獨立作辯

護，他的論文，題爲墨西哥 Parting House 來的黃金與銻之合金的分析，於一八二五年十月，在哲學年報上發表。他在墨西哥度過晚年的生活。至一八四九年三月，纔逝世於墨西哥。

一八三一年，瑞典化學家塞夫斯唐從斯馬蘭 (Smaland) 的塔布格 (Taberg) 礦洞中發現一種新元素。塞夫斯唐於一七八七年六月二日，生於赫星蘭 (Norra Helsingland) 的索墾 (Ilsbo Socken)。他是醫科學生，在二十六歲時，即得醫科學位。後乃入醫院中實習有四年，期滿，即就任加羅林外科醫學校 (Caroline Institute of Medicine and Surgery) 的化學和科學的教授，又自一八二〇至一八三九年間，即在斯德哥爾摩新成立的礦務學校中擔任化學。



塞夫斯唐 (Nils Gabriel Sefström, 1787-1845)

瑞典醫生及化學家，爲加羅林 (Caroline) 外科醫學校及斯德哥爾摩礦務學校的化學教授。於一八三一年他發現釩質 (Vanadium)，證實與得爾利奧 (del Rio) 所發現的 erythronium，同是一物。

他發現那種新元素情形，詳見於柏濟力阿斯在一八三一年一月二十二日，寄給烏勒的一封有生趣的信中：

在我將這種標樣寄給你時，我要先告訴你一段趣事，就是在北極的角上，原來住有一位漂亮可愛的女神，名字叫做 Va-

nadis 的。某日有人來敲她的房門。這位生來愛幽靜的神女，一時懶得動手，正在裏面等待第二次的敲門聲，誰知道那位來賓一敲以後，竟回頭跑，一去不復返了。女神覺得有點奇怪，不能再忍住原有的靜態，就急向窗邊開窗門，向外探望誰家人兒，那樣性急心燥。呵，她自言自語道，那就是烏勒燥鬼了。好罷，他是罪有應得的了，如果他走過房時，稍爲費點心注意到窗門，就知道裏面有人，可以進來了。

過後幾天，又有人到去敲門，一次敲不開，就繼續敲下去，此時不能不起來開門，去迎接那位耐心敲門的來客。這位來客就是塞夫斯唐，他倆晤面以後，而釩質即應時而生了。這是一種新金屬的新名稱，以前有人叫牠爲 Erian，意即屬於羊毛（因 Erianae 受教時，看見 Minerva 教人類紡織羊毛），現已被棄不用了。教授先生（Herr Professor）的猜測，說晉馬平的黃鉛礦中，實含有釩質，不是鉻質，可算是猜得不錯。在後塞夫斯唐證實教授先生所考察的標樣，其中含有氧化釩。

釩是一種最不容易找出來的元素。因爲牠能和各種物質，成爲一定的化合物，即與矽質，亦能起化合作用，所以現在可以說，只有我一人才有純粹的釩質。塞夫斯唐初做出的氧化釩，是雜有磷酸、氧化矽、氧化鋁、氧化鋯和氧化鐵等質，實出於我們意料之外，不過我們抱着得到該元素的純質的願望，所

以不辭勞苦，設法把各種雜質，逐次分開；我和塞夫斯唐二人，共同做實驗，足有三星期，將全副精神注意於下列兩事：第一找出氧化釩中的雜質，第二是設法分離這些雜質。後來塞夫斯唐回家去了，遺留下釩質很多，只剩我一個人工作，我繼續做去，也不覺得十分困難。在我們研究工作未完結時，我要將我所有的釩質，完全保留，待研究工作完畢後，試看釩質能餘剩多少，我將寄給教授先生少許。

烏勒沒有發現出釩質，柏濟力阿斯曾寫信去安慰他，說他發現綜合脲素時所需要的聰明才力，比發現十種新元素所需要的，還不知加多若干倍。他繼續對他說：“我已經將塞夫斯唐發現釩的文章，寄給波堅多爾夫 (Poggendorff)，我並向塞夫斯唐提議，請他將他的論文，提出學會中，俾他一人可獨享發現的名字，否則，將我和他的名字，一齊寫在第一篇論文上，反使他發現的聲名不彰著了。如此且可將論文早日發表出去，否則待我的研究結果，那非一時可畢，勢將延至無窮期間了。”

過兩星期後，烏勒的回信說：

可敬愛的教授，我十分多謝你，因為你告訴我那樣美麗的女神 Vanadis 的故事。老實說：我沒有訪到那樣美麗的女神，初時不免有點介意，但現在已經好了，尤其是你的信能給我許多安慰，使我激感不已。我縱使能從鉛礦中找出那位美麗的女

神，至多也不過得到一半發現的名字，因為得爾利奧已經發表過 erythronium 了。但塞夫斯唐用完全不同的方法把牠發現出來，自然應當獨享發現的榮譽。我欲稍知道此種金屬的密切關係，望你寄給我一點鉛礦，即決定再做一回分析的實驗。

因為由郵局通訊，往來時日，定然耽擱不少，現刻請你允許我借此機會，預先說一聲：就是將來我發表礦石研究的報告時，可否將早年研究該金屬有關係的人，都一齊提到，譬如最先發現這種金屬的人，或者是得爾利奧，他的學說，後來如何受梭特爾斯的反駁；又洪德堡（Humboldt）亦是獨立發現者等等，似乎都不能不提到的。至若塞夫斯唐發現的優先權，我無論如何，不至侵犯，尤其是似此情形，若不早日決定，誠屬討厭。但是從他一方面說，一個人不應該給社會以口實，尤其是對於自己反對方的人，即愛將古人的功績埋沒，專門去做顯露自己長處者。我以為洪德堡的名字，無論如何，是不能不述的，因為他是獨立發現者。此外也還有多少人是有連帶關係的。希望你不至嘲笑我應用外交的手段，來交涉這回事體。

烏勒失意的情形，由他於一八三一年一月二日寫給利比喜（Liebig）的信上，更加明顯，可以看出來的：

……現刻我對於一種瑞典的新金屬，覺得十分有趣，發現者在名義上說是塞夫斯唐，其實則是柏濟力阿斯。伊斯爾（Ich

War ein Esel)拿到墨西哥晉馬平的黃鉛礦時，沒有把牠發現出來。我也曾經做過這種礦石的分析實驗，已經找出其中含有一種新物質，後來因為吸收了氟化氫，以至中毒，臥榻數月，沒有工作。

在敘述塞夫斯唐如何分析釩的方法以前，實不能不先述柏濟力阿斯寫給杜隆 (Dulong) 的信，方能使讀者容易明白，該信是一八三一年一月七日寫的。

我定然要將發現新金屬的情形告訴你，其次讓我敘述牠所有的幾種製法。……發現人是法蘭礦務學校的主任塞夫斯唐，他因為考察一種特別柔軟的鐵質，乃從其中發現一種特異的物質，牠所有的性質，不能從已有的物質中找到，但因牠的分量過少，未能作仔細的考察，若想獲得適當的分量，以供研究之用，又非化費許多金錢和力量不能辦到。此種鐵質，是從斯馬蘭的泰布格礦洞中出產的，其中僅含有少許新物質，但塞夫斯唐後來找出鑄鐵中所含的那種稀少新金屬，比在鍛鐵中所含有的較多，於是獲得結論，說是使鑄鐵變成鍛鐵時，其間所有的殘渣中，必然含有新金屬甚多，這種結論，後來證實不錯。因此塞夫斯唐便開始從鑄鐵的殘渣中提出那種新金屬，至耶穌聖誕的例假時，他曾來此間看我，並和我一齊來做關於這種新來的外間金屬的研究。

塞夫斯唐自己記錄發現釩的一段文字，亦是十分有趣：

在數年前，礦廠經理人賴曼，爲着想找出一種方法，可以試驗鐵的性質是否乾脆，乃發現可用鐵質和鹽酸的作用，觀其放出的黑粉多少，就能決定了。由泰布格出產的鐵質，其性質雖最柔軟而富有韌性，有一天我偶然試驗一種鐵質，牠的性質，並不乾脆的，最後乃試驗斯卡梭爾摩(Eckersholm)出產的鐵質，所得的結果，却使我驚奇不小，就是此種鐵質對於鹽酸的作用，與乾脆鐵質對於鹽酸所有的作用相同。我因其時無暇去研究那種黑粉的性質，到一八三〇年四月間，我纔再開始進行我的實驗，試看其中是否含有磷質或其他物質，因爲這些物質對於我所研究的問題，是有很重要的關係。

我溶解了不少的鐵質於鹽酸中，當時我看見鐵質正在溶解時，有幾粒鐵屑，尤其是附着有黑粉的，特別容易溶解，結果乃使鐵棒的中心成一空洞。將黑粉仔細考察後，知其中含有氧化矽、鐵、氧化鋁、石灰、銅、鈾及其他各種物質。我不能判定黑粉究竟是屬於何種物質，因其成分過少，不及二分克，且其中還雜有過半量的氧化矽。這真不易着手考察。但後來經過幾次實驗，知其中所含的不是屬於鉻質，且從幾種比較檢驗法試過後看來，亦能決定牠不是屬於鈾質。我要比較其最高級的氧化作用，但釩質是從低級的氧化物中發現一部份了。

柏濟力阿斯寄給烏勒的信，有一封是專講一種偶然不幸的事體的，就是塞夫斯唐回到法蘭後，他一人繼續做鈳合金的實驗，一學生竟將十克氧化鈳，完全倒去了。結果使他一無所有，於是他不能將實驗繼續下去，只好重新再從硫渣中去提取鈳質。

於一八三〇年五月間，柏濟力阿斯實驗室中，將鈳和鈾的性質，仔細作一比較，結果找出鈳能有兩種化合物，就是三價的鈳和五價的鈳兩種。但柏濟力阿斯和塞夫斯唐二人，始終沒有分出遊離的鈳質。塞夫斯唐於一八四五年十一月三十日，死於斯德哥爾摩，享年五十有八。

烏勒研究的結果，證實得爾利奧在一八〇一年所分析的礦石，是不含鉻，只含有鈳質，即今日所謂褐鈳鉛礦 $[PbCl_2 \cdot 3Pb_2(VO_4)_2]$ 的了。

最後分出鈳質的，是英國化學家羅士哥 (Roscoe, H. E.)。他在一八三三年一月七日，生於倫敦城中。當他九歲時，他的家庭，即由倫敦遷至利物浦。他最初的老師中有一位對他說過：“羅士哥是一個聰明的小孩，但他愛看的東西太多，結果連不規則的動詞都弄不清了。”他的母親深知她的兒子愛看別種東西的脾氣，不特不加以阻止，且鼓勵他在家中去做化學實驗，並允將房子一間，改爲他的實驗室。

他到了十五歲的時候，即進倫敦大學，跟格累謨蘭 (Graham,

Thomas) 和威靈孫(Williamson, A. W.)學習功課。至一八五三年,畢業時曾獲得化學科的獎金,以後就赴海得爾堡(Heidelberg)從本生學習定量分析,他們的實驗室,是專為本生由寺院改變過來的。他得到博士學位後,即和本生同做那有名的光的化學作用的實驗。他們後來彼此相處多年,關係甚深,羅士哥曾收到這位德國老師的信,共有一百二十六封,後來裝訂成冊,送去本生實驗所中保存。

當他二十四歲時,即繼承弗蘭克蘭(Frankland)擔任綿撒斯德(Manchester)大學的化學教授。至一八六二年冬天,因受美洲革命的影響,在郎卡郡(Lancashire)的機織工人,成千成萬的失業,變為遊民了,他乃極力設法救濟工人,籌劃出一套通俗的科學演講集,使工人的精神上,不至墮落,陷入迷途



羅士哥 (Sir Henry Enfield Roscoe)

1833—1915

英國綿撒斯德(Manchester)大學化學教授。曾與本生(Bunsen)共同研究光化學。著有完善的純粹化學與應用化學課本。最先分得純淨金屬鈣質。

中,在當時參加這種通俗科學演講的人,除羅士哥外,尚有廷達爾

(Tyndall)、赫胥黎和其他著名的科學家。這種演講會，每週都有舉行，足連續演講有十一年，每回來聽講的人，都十分踴躍，後來將演講辭，翻印成單行本，每本售一辨士，通行於世界各國。羅士哥的教學法，是主張拿自由教育來做職業訓練的基礎的。

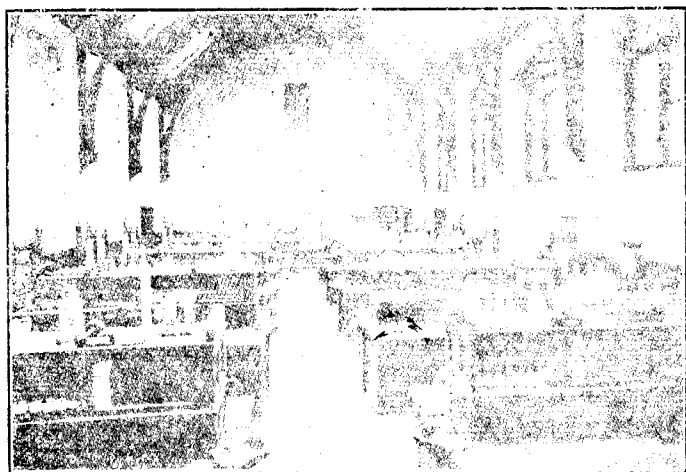
一八六五年，在折細爾(Cheshire)境內的特利阿斯(Trias)的低上疊紀沙岩(Lower Keuper Sandstone)中，出產有一種銅礦，他發現其中含有鈳質，由此銅礦質所得的石灰沉澱物之一種，即含有鈳質百分之二。這種出於意料之外的出產，羅士哥和托皮(Thorpe, E.)二人拿來時，立即着手製造純粹的鈳化合物，以為研究牠的性質的用途。

當羅士哥開始研究各種鈳的化合物時，不久他即發現牠是屬於磷族的三價元素。他又發現柏濟力阿斯所找出的鈳質，實則是氮化鈳VN，此外其他瑞典化學家所研究的鈳質，多是屬於鈳的氧化物。

在一八六七年八月二十六日，他寫給托皮的信：

我希望你能候我到四月間，屆時我可以將鈳和光的問題，告一結束，兼且預備到倫敦講演，你可以幫我的忙了。……最近我對於鈳質找出其氧化物，有 V_2O_5 一種，這種氧化物看來與 P_2O_5 相似。又其氮化物 $VOCl_3$ 一種，亦與 $POCl_3$ 相似。此外還有固體的氮化物，如 $VOCl_2$ 、 $VOCl$ 等種。由此可以說明鈳

酸鉛是與對應的磷酸鹽可爲一種異性同晶體 (isomorphism)。此外還有別點，亦可同時說明，我現刻覺得這種問題很有趣味。



羅士哥之定量分析實驗室

同年九月十二日，羅士哥寫給他的助手的信，說：

請你向約瑟借 Pogg. Ann. Vol. 98 - - 本書，由郵政包裹寄來給我，其中有蘭米斯伯 (Rammelsberg) 專論鈳酸鹽和磷酸鹽的異質同晶體的論文。鈳酸爲 V_2O_5 ，自然沒有問題，不過我覺得有趣的，就是鈳酸鹽可從磷酸鹽得到解釋了。普通的白鉍鹽是 NH_4VO_3 (與 $NaPO_3$ 相似)，這是一種間鈳酸鹽。其次二鈳酸鹽 (bi-vandate)，亦可以類似去解釋，不過現在仍須

重新做製造和分析的工作。我告訴你，我們現刻得有 V_2O_5 、 V_2O_4 、 V_2O_3 、 V_2O_2 （我希望你不久亦有 V）、 $V_2O_2Cl_6$ 、 $V_2O_2Cl_4$ 、 $V_2O_2Cl_2$ 或 $VOCl_3$ 、 $VOCl_2$ 、 $VOCl$ 。在聖安都 (St. Andrew) 地方，我看見黑都盧 (Heddle) 教授，他有一半磷灰石 (apatite) 和一半亞釩酸鹽 (vanadinite) 的結晶體。在多年前，他即想到釩酸的分子式應作 V_2O_5 。

五天以後，他即寫信給托皮詳細報告他的氧化釩的實驗，結論說：“我們現在要有金屬釩，比較什麼都來得重要。”

羅士哥的第一篇論文，爲一八六七年十二月十九日在皇家學會宣讀的巴刻演講辭 (Bakerian Lecture)，至一八六八年二月十四日，他和他的助手托皮在皇家專門學校中演講，表演柏濟力阿斯得到的檸檬色的釩化合物 VCl_3 ，實則是含有氧的。當時在場中的聽衆，看見他用幾克這種含氧的氯化物和氫氣，一齊通過灼熱的碳質上，靜俟其放出的氣體，通過澄清的氫氧化鋇溶液中，檢驗出含有二氧化碳。此即證實柏濟力阿斯是有錯誤了。後來他分析得檸檬色的氯化物，實是今日所謂氧氯化釩 $VOCl_3$ 的了。

當他從事於研究釩質時，牠的化合物，每英兩值三十五金鎊，至若金屬釩，就還沒有人製出來。起先他用盡種種方法，使氧化釩還原，結果都歸失敗，後乃即着手改用氫去還原氯化釩 VCl_2 了。做此實驗時，必須設法避免氧氣與水氣，且釩能與玻璃及瓷皿易起猛

烈的作用，故氯化物須置放於瓷管中的鉑小船中，使受高溫灼熱。瓷管不能用鉑管替代，因為鉑管在高溫時，會有許多小微孔。

當他將管加熱時，氯化氫氣體，即繼續不斷的放出很多，後來到了四十小時後，始漸次減少，以至八十小時後始完全停止放出。等待瓷管冷卻時，乃將其中的小船取出，就在裏面發現有灰色的粉狀物質，氯則完全被逐出來了。所得的灰色粉末，他用顯微鏡放大後，就看見其中含有很光亮的小結晶體，顏色似銀的白光一般。到此時，可以說是分離金屬鈳質的方法，已告成功，該篇論文，即在一八六九年六月十六日，在皇家學會宣讀。

托皮在海得爾堡讀書時，一天在法文報中的通俗科學欄上，看見哥白里(Copley)獎章贈送羅士哥的消息，他即致信道賀，後來得下面的回信：

首先請讓我多謝你的來信，及對於法國的大發現的賀詞，許多巴黎式的奇事，結果都是變為神話，我相信一件也沒有例外，所謂哥白里獎章這個表示，據我所知，即是法文(且是劣法文)中所謂巴刻式的講演。但無論如何，我對於你為此事給我的祝詞，及你前時給我的許多好幫助，我應當十分感激。

羅士哥所著的化學課本，內容豐富，編制完善，是在世界上負有盛名的作品。自初版後，即繼續翻版多回，後來輾轉譯成多國的文字，如俄國、意大利、奧國、波蘭、瑞典，近代希臘、日本、印度、哀

斯蘭、邦加利、土耳其、馬來及坦米爾等國的文字，都有譯本了。他的自傳，是寫得十分生動，能引人入勝。他和斯卡爾馬 (Schorlemmer) 合著的化學原理一書，是為世界各國化學家所知道的一部有名化學書籍。

羅士哥到晚年時，即在南英格蘭武德哥特 (Woodcote) 休養，過着十分舒服的快樂日子。在此，他的太太，即栽種許多花草叢林，且善於招待她的丈夫的朋友。羅士哥小姐曾說過：“我的父親，甚喜交結外國朋友，愈是種族複雜的人，他是愈加喜歡。我記得前年有一次我們開茶話會，在座的人士，有一位中國人，一日本人，一捷克人，一德國人，和我們的家中三人，其中的西洋人，乃是會中最沉靜的人物。”

他過着安靜舒適的晚年生活，至一九一五年十二月十八日，即患胸緊氣促病，不久溘然長逝了。

一九二七年美國西區電燈公司 (Westinghouse Lamp Company) 的原料研究所的馬丁 (Marden, J. W.) 和萊 (M. N. Rich) 二人，用氧化鈳、金屬鈣和氧化鈣三種物質，一齊在電爐中，熱至華氏一四〇〇度，約一小時後，即獲得含量 99.9% 的純金屬鈳了。將上列燒灼得的物質，用冷水冷卻，並攪拌不已，即得球狀的純金屬鈳質。

鐵鈳合金在鋼鐵工業上用途很多。鋼中含鈳少許，即可增加其

堅韌性，彈性及伸張性。在往日塞夫斯唐與柏濟力阿斯二人視為古代瑞典美麗的女神，而今在鐵路工程建築上，逐輪軸上和電氣工程的軸輪上，都佔一席重要的位置了。

第八章 鉑族金屬

最初以科學方法記述鉑的，是布浪利克博士(Dr. Brownrigg)和得幼羅亞 (Don Antonio de Ulloa) 諸人，時在十八世紀中葉。銻、鈹、鐵、錳四種元素，是在一八〇三年和一八〇四年發現的，前兩者的發現人是武拉斯吞，後兩者是他的朋友汀孟。湯姆孫著的化學史和柏濟力阿斯的通訊與日記中，對於這兩位英國大化學家的事略，均有詳細的記錄。此外尚有一種屬於鉑族的釘質，較後些時纔被俄人克路斯 (Karl Karlovich Klaus) 發現出來。他的生活故事，給勒林格得 (Leningrad) 的工業專門學校教授曼斯朱金 (Menschustkin, B. N.) 說得淋漓盡緻。

一位曾在科學界努力工作獲得有成績的人，是古今中外的人類的恩主。

鉑

鉑雖然能單獨存在，散見於各河流的沖積的沙土中，但是沒有發見過古人有用鉑的例證。武德 (Charles Wood) 是一位冶金家兼化驗家，在新西班牙的迦泰基納 (Carthagena) 發見鉑後，即攜回少許到牙買加 (Jamaica) 去，後來又寄給他的親戚布朗利克博士有一小部分，時在一七五〇年間。布朗利克博士收到後，費了一番工

夫，經過提煉製成純品，又將牠的性質研究清楚，即於一七五〇年將所有的一套模樣，呈送倫敦皇家學會。其中包含有天然的鉑礦，純淨的鉑，熔化的鉑，及用鉑一部分製成的刀劍等各種。

在一七三五年，法國和西班牙兩國政府，各派送科學考察團，赴秘魯及厄瓜多爾(Ecuador)兩處去測量靠近赤道的基多(Quito)地方的子午線。腓力五世(Philip V.)遣派兩位海軍將校，隨考察團出發，其中一位，是年輕的著名數學家得幼羅亞(1716—1795)。他考察完畢後，於一七四四年乘法船回來，及抵不列敦海峽，即遭英海軍圍攻，以至被迫投降，但英國海軍官長對他異常友善，不特保護他考察時的記錄，並安全送他到英國。

當得幼羅亞向英國海軍司令請求交還他的記錄時，據他後來的報告，說：“他們全場一致立刻答應，並宣言他們不會與藝術和科學作戰的，即藝術與科學的教授們，他們亦不敢留難，這使我感激不已了。”得幼羅亞抵倫敦之時，即有人介紹他與皇家學會的會長福爾克斯(Martin Folkes)及許多有名之士認識，同時被選為該會的會員。在一七四八年，他發表他的有名的航海日記，其中即有敘述在秘魯如何發現鉑的情形。西班牙人稱鉑為 Platina del Pinto，意即 Rio Pinto 的小銀。鉑之價值未被認識以前，多用來攙假黃金，因此之故，出產地，遂被禁止開採。至一七六六年，得幼羅亞被派至路易斯安那(Louisiana)任執政官。為着土人反對西班牙人

統治的緣故，任事兩年，即卸職走了。

歐洲最著名的化學家，不久對於這種新金屬，感到有極濃厚的興趣了。他們當中對此發表過論文的，在瑞典有晒弗(Scheffer)、柏格曼及柏濟力阿斯，在英國有李維士(Lewis)，在德國有馬格刺夫，在法國有麥克廓(Macquer)、蒲米(Baumé)、布芳(Buffon)、基頓(Guyton)、得利斯爾(Delisle)、拉瓦節及柏勒特，不過直至武拉斯吞的實驗發表後，鉑之製法，方纔簡便。

武拉斯吞是聖公會牧師的兒子，在一七六六年八月六日生於英國諾福克省的東德爾漢(East Dereham)。他的兒童生活不是孤單的，因為他有十四個活潑的兄弟姊妹。入劍橋讀書後，他至二十七歲即領得醫學學位。雖然他有一時期在聖愛德孟斯(Bury St. Edmunds)懸壺爲業，但至一八〇〇年即退隱於倫敦，以期將他所有的時間專門研究物理科學。

鉑發現後的百年間，因爲製造困難，以至用途不多。不過武拉斯吞發現海棉的鉑，加以強力壓鍊，成爲富有展延性的鉑後，就變爲製造實驗用器的通用金屬，武拉斯吞獲此收入，即棄醫業，專做科學研究的工作。時年不過三十有四而已。

在一八一三年四月二十二日，柏濟力阿斯從斯德哥爾摩寫信給倫敦的馬爾塞說：

當你看見武拉斯吞時，千萬代我問候他，並請徵求他是否

可能將不甚柔軟的鉑，其中原有的雜質，如鈹、銻等不要除去，來做一個坩堝。最近我從加里 (Cary) 買到鉑鍋，比之我從前買的較爲純粹，因此之故，牠性質過軟，易被別的東西弄歪。

約過兩星期後，馬爾塞回信說：

你向他說的那樣不純粹的鉑的意思，武拉斯吞頗不以爲然，他囑我向你提議，倘若純鉑性質過軟，可以攪加少許銀質，製成合金，即可增加其堅牢性了。

後來柏濟力阿斯應用武拉斯吞的手續，從一八二九年五月一日他寫給烏勒的信，可見一般：

現在我們應用武拉斯吞的方法，將我們原有的鉑鍋，重新鑄鍊一次，所有手續，進行十分便當。我想武拉斯吞對於我們先前的種種不善的方法，萬不若他的方法來得簡單，定然覺得可笑。據我看來，將鉑鍋底置於塞夫斯唐的鍛鍊爐上熱至紅灼時，則不至再有氣泡的毛病發生了。

銻與鈹

在一八〇三年，武拉斯吞由鉑中分出兩種新元素，可算成功了。他把粗製的鉑溶解於王水(aqua regia)中，然後將過剩的王水蒸乾，將氰化第一汞液徐徐滴入，滴至有黃色沉澱爲止。黃色沉澱物經過洗滌和燒灼等手續後，即變爲白色的金屬。若另取一份黃色沉澱物與硫及硼砂等物一齊燒灼，他亦獲得一種新金屬，爲紀念新

近發現的行星 Pallas 起見，所以他稱之爲鈹(palladium)。

倫敦人士最先曉得此種新金屬的發現，是由於一張匿名的傳單，宣稱有此金屬出售。傳說有一位愛爾蘭的青年化學家成威克斯(Richard Chenevix)，相信此種新金屬是欺騙人的，並企圖證明牠是鉑汞齊。其中詳情，懷特(White)和弗利德曼(Friedman)兩人記錄出來，載於新近出版的化學教育雜誌上。

武拉斯吞另用一部份粗製的鉑溶解於王水中，待溶解後，過剩之酸，即用氫氧化鈉溶液中和之。再後他加入氯化銨溶液，使鉑沉澱爲鉑氯酸銨，又加氰化第一汞，使鈹沉澱爲氰化第一鈹。粗製鉑中所含的兩種金屬，完全從沉澱物中分出，過濾後，即將濾液中加入鹽酸，使過剩之氰化第一汞，起分解作用，然後再行蒸乾。當濾液蒸乾後，所餘的殘渣，以酒精洗滌之時，一切物質盡皆溶解，祇有美麗的深紅色粉末遺留在塢中。這種深紅色的粉末，他後來證明是屬於一種複鹽，即由新金屬與鈉的兩種氯化物合成，因爲新金屬的鹽類顏色是玫瑰花色，所以武拉斯吞即稱牠爲銻(rhodium)。他發現氯化銻鈉複鹽在氫氣流中受熱，很易使之還原，再把氯化鈉洗滌後，銻即餘留下來成爲一塊金屬銻的粉屑。他並且得到成塊的銻質。

湯姆孫謂武拉斯吞是眼快手捷的奇人。他能用金剛石在玻璃上面書寫秀麗而整式的書信，其字跡之小，祇有用放大鏡，他人才

能讀得出來。

柏濟力阿斯與武拉斯吞甚友善，且對他十分敬重，從他於一八一二年十月由倫敦寫給柏多勒特 (Berthollet)的信，可以知道。

我留居在此感到極大的興趣與益處，使我對於過去沒有想到的化學方面的智識，而今獲得熟悉了。但是最有價值的，却是認識可敬可愛的武拉斯吞和聰明伶俐的大衛。我敢說化學家中，欲舉一個與武拉斯吞的為人作一比較，實無其人。蓋武拉斯吞不僅具有智慧的真摯與精密有如他廣博的識見，且他有良善的態度和真實的美德。我和他談話一小時，勝於讀過一部傑作。……他的誠懇、仁愛、以及有偉大的真理的風度，時常從他的理性中發揮出來。

柏濟力阿斯到英國旅行時保留下來的日記，亦曾這樣寫過：

武拉斯吞現任皇家學會的秘書，有無數化學的與物理的



武拉斯吞 (William Hyde Wollaston, 1766—1828)

英國化學家及物理學家。發現銻、鉀二元素。又發明製造壓箔鎊方法。以研究衝擊力、風溼病、糖尿症、銅、鉍、鈦、及其化學當量表著名。

發現，聞名於當世。他年屆於四十至五十之間，風度從容，外貌整潔。他的談話簡潔而明白，姿態輕快而有趣，且他具有大公無私的精神和中庸適度的見解，在在都足以造成這句流行的箴言：凡與武拉斯吞爭辯的人，都是見解錯誤的。

馬爾塞給柏濟力阿斯的信，對於武拉斯吞的友愛性格，描寫得十分盡緻。該信是一八一四年五月二十四日寫的，茲轉述如次：

我的親愛的朋友，你相信罷，當你的四月十二日發出的友善而有趣的信尚在倫敦道上之時，我與朋友武拉斯吞已在巴黎享受榮華的快樂了。將近四月的一個天氣很好的早上，武拉斯吞駕臨草舍對我說：“我帶來一個奇異的消息給你。”“什麼！”我回答“拿破侖回去巴黎了嗎？”“不，”他說，“比那件事更奇的，是我明天赴巴黎，你也是我們的團體中的一個。”我揉一揉我的眼睛，以為我在做夢；但他最後替我證明那不是一個夢；武拉斯吞所說的東西，真是一個福音〔塞拜特 (Sir John Sebright) 給他一個“教皇”的綽號〕，我立刻告訴我的太太，說命運叫我去巴黎居留兩週，給我的各個病人一服良藥，並離開……。

不過托皮談及武拉斯吞時，却賜給我們另外一種不同的敘述：

他的性情與習慣，與卡汾狄士的相似。即如他的科學智識的範圍與確切，他的有恆心，以及他的冷靜和莊嚴的態度，亦

與卡芬狄士的無異。

此外馬爾塞又從別處着眼描寫他：“卓越的武拉斯吞新近丁憂，他的父親遺留給他許多產業，關於這點，我敢說決不會有害於我們的朋友的。”一八一六年一月二十三日，他回答柏濟力阿斯所問的問題，這樣暗示他：

如果你想以皇太子的名義贈武拉斯吞一件禮物，在我想來最好莫如你的那枝瑞典鋼製的獵槍。這位親愛的博士，人稱他是個教皇，對於打獵，異常擅長，且百發百中，無不成功。他不懂得怎樣做拙劣的事情，誠屬不錯。

武拉斯吞是一位研究廣博的人物，從他的出版目錄上可見一般。他的論文題材，變化多端，例如：衝擊之力、仙人指環、風溼症、糖尿病、海暈病、金屬鉍、鈞鉍之檢驗法、反射角度計、測微器、氣壓表、化學當量表以及大氣的有限度論。他於一八二八年十二月二十二日逝世於倫敦。

鉞和鈇

鉞和鈇的發現者汀孟，與武拉斯吞相似，同是牧師的兒子。他在一七六一年十一月三十日，生於約克郡的里士滿(Richmond)鄰近的溫斯勒得爾(Wensleydale)。他九歲時，父親不幸逝世，過後不過幾年，他的母親與他一齊騎馬出去，她由馬背上翻下來，登時慘死於非命。汀孟的初步教育，是很不健全的，但他幼時即嗜讀化學

書籍及做實驗。當他九歲時，他即製造火藥來做煙火。

他於一七八一年赴愛丁堡，在著名的化學家兼物理學家布拉克博士(Dr. Black)指導之下，作研究工作；次年他進劍橋基督學院讀化學、植物、數學和牛頓的原理。他的學校寢室中，顯出凌亂不堪的景象：書籍、新聞紙以及化學儀器，東丟西擲，散在地板上；他的懶惰而無秩序的習慣，對於他一生的科學事業，誠有一個嚴重的障礙。

當他二十三歲時，他旅行經過丹麥及瑞典，曾去拜訪著名的化學家社勒，同時他得到這位偉大的瑞典化學家給他的各種礦石，他得此紀念品，保存至老年時，仍然對於他的英國朋友面前表示得意。汀孟亦曾旅行經過法國及荷蘭，並有訪問過各國最知名的化學家。柏濟力阿斯謂汀孟常藏一瑞典地圖於他的衣袋中，該圖歷用多年，成爲破爛不堪了，並謂他精通法語。在一七九六年，他獲得劍橋的醫學博士學位，但他從未執行過醫業。

同年，他用一個巧妙的實驗，證明金剛石所包含的祇有碳質。此法他以一塊秤定重量的金剛石，置於黃金管中與硝石一同灼燒。所放出的二氧化碳，即與硝石中的鉀質化合，其次便放出了。大多數化學家對於這種有價值的重要的實驗，都覺得要十分的留意，以待結果。但汀孟却在工作時騎了馬出去，讓他的助手去收實驗的結果。幸得這位助手不是別人，而是這位有貢獻的武拉斯吞，故結果

便成功了。

在一八〇三年，江孟找出粗製的鉑溶解於稀王水中，仍然有一塊帶有金屬光澤的黑粉遺留下來。此點前既有人觀察到，且信牠是石墨，但江孟却細心以黑粉和鉛製成合金，結果研究出其中含有一種新金屬。同年秋天凡格靈的一個學生兼朋友得梭特爾斯找出這種粉含有一種金屬，牠能使銻鉑鹽液中的沉澱物變為紅色。當凡格靈用鹼加入黑粉中時，他所製得的一易氣化的氧化物，相信與得梭特爾斯所製得的金屬一樣。

江孟仍然繼續他的研究，到一八〇四年春天，他將所得的結果呈送皇家學會，謂這種粉含有兩種新金屬，可以利用酸與鹼的反覆作用分開之。這兩種金屬，第一種稱之為銱(iri-dium)，因為牠的鹽質是有各種不同的顏色，第二種稱之為銱(osmium)，因牠有一種氣味。

此種發現，他自己說的話，描寫得很詳細：

去年夏天，我做過幾次實驗專研究鉑溶解後所遺留下來的黑粉，我觀察出牠所含的東西，不是如一般人所想的石墨，乃是含有多少未知的金屬成分。今冬以來，我準備將我的實驗重複做一次，以期所得的結果向班克斯報告，同時此種物質的實驗，若能獲得較滿意的程度，擬呈送皇家學會。

在法國前後出版有兩篇論文，一是得梭特爾斯作的，二是

凡格靈和福克洛兩人合作的。得梭特爾斯的主要目的，在於指出此種物質，對於鉑溶液上面所有的影響。他謂鉑與王水起作用時，常常有一小部份黑粉亦與王水起作用，由此考察，他便能證實黑粉中實含有一種新金屬，而此新金屬的性質，又能使鉑沉澱物變為深紅色。凡格靈企圖用更直接的方法，以作此種物質之分析，獲得與得梭特爾斯所發現相同的金屬。但這兩位化學家却未有觀察出黑粉中尚含有別一種金屬，與現在所知道的不一樣……。

汀孟用鈹一字來名得梭特爾斯及凡格靈所發現的金屬，而這個新發現的金屬，即名之為鐵。武拉斯吞與汀孟自從研究發現出這種金屬：鈹、銻、鈹、鐵以來，兩人的友誼往來日多，並密切地互相報告各人的工作。他們從科學工作中，常抽出些少空閒，同去怪人聖蹟(Giants' Causeway)處玩耍。

汀孟具有仁慈而憫人的性格。當他的一個不忠於職務的家僕，被汀孟查出他因為債臺高築勢將自殺時，汀孟不僅原諒那家負債的不幸家庭，且以極仁慈的態度於經濟上幫助他們。

汀孟似武拉斯吞，對於這位偉大的瑞典大師柏濟力阿斯，有極好的友誼和敬重，在一八一二年的夏天，柏濟力阿斯曾來拜訪過他一次。他們同騎馬往郊外去視察百畝寬大的燕麥實驗場。在此場中，汀孟以石灰為肥料，使由一邊以至他邊，逐漸減少。經他將用多

石灰的一邊生長的肥茂之麥，及場中他一邊的病態的麥，向柏濟力阿斯報告以後，他們便去參觀汀孟自己所計劃的石灰窯。

柏濟力阿斯或妒忌這位英國化學家的騎馬術。因為他收到北星社的十字勳章後，即寫信對馬爾塞說：“我在此變為一個騎士了，我的騎馬的姿勢，汀孟能告訴你知道。”

在一八一三年五月，馬爾塞寫信給柏濟力阿斯說：“我們的朋友汀孟經過與一位很多朋友的候補員競爭以後，方纔最近推舉為劍橋的化學教授。他的任務，是每年有二十次演講，這對他當沒有什麼困難。”柏濟力阿斯回信說：“請你代賀汀孟榮任新職，並通知他，我們希望他，一手造出比我們知道的牛頓一生所有的，還要正確。”

汀孟在劍橋命運注定祇能作了一次演講課程，因為他的生命為一悲劇事件所斫斷了。下面的報告，是一八一五年三月二十九日，由馬爾塞寫給柏濟力阿斯的信：

你一定會聽到可憐的汀孟的慘死。我常常想寫信告訴你這個消息，可是一提起筆來，就被這個悲哀的故事抑住了。他在法國居留六個月，回來後，即對於地質學、化學、政治、經濟等，加以特殊的考察，據說他發現出碘質的來源在於海水中。他每週自作報告，約有一月之久，此後就寂寂無聞了。孤寂如他，沿途祇有一人，而且行程太慢了。最後他到了卡利斯 (Calais)，再赴波羅那 (Boulogne)，在此兩地過了十五天，等

候順風，最後掛帆出發。但風平波靜，他們只好回到港中。我們的朋友爲着安慰他的失望起見，遂邀他騎馬散悶；他並請來一位與他同船的普魯士官長，同他們去參拜離波羅那幾里路的拿破侖的紀念碑。

他們經過一渡小橋（馬爾塞繼續說）。這位官長最先渡過，但他在橋上過時，他忽然看見橋中間的樞紐向着溝中陷落。他大聲向汀孟說：“不要再前進，”同時向前衝來，想使橋重新平衡，但時已來不及了；他覺得有另外一種力壓着橋，且使橋傾斜了……，他從馬背上滑下來，墜於十二到十五呎的深溝中。他從震恐中恢復過來，環視自己，並看看可憐的汀孟，臥於溝壁之側，他的身體被他的馬緊壓着。他盡力把馬推開，擡起我們的朋友來，却看到他已死了，……誰曾料想到我們的朋友，參觀他平生最怕的戰地工作，會喪了他的生命呢！你是很明白的，用不着我來對你說了，他的一切朋友與科學界，關於他的死都是一個重大的損失。他本是一個奇人，而且是世上不易再得的一個，他甚愛你，我知道你將很悲傷他罷。

汀孟有“善於表情的和智慧的面孔，銳利而深實的真理觀念，廣大的胸襟，深刻的道德情感，以及爲人類改良的熱誠。”他喜讀維棋爾（Virgil）、米魯敦（Milton）、巴斯葛（Pascal）、格雷（Gray）、罕得爾（Handel）及拉斐爾（Raphael）的藝術作品，他的幽默的風

度，含有“出於天籟的想像的虛構計策，但這又是高明的而非妄想的，由他的思想與表情顯露出來；在有趣的傳說故事上面，他會輕微的染上一些豔麗色彩。這一切都具有高貴的莊重而完善的姿勢，沉靜而雅緻的風度，且有特殊的言辭之美好與簡潔。”

釘

釘元素是鉑族中的小雅各明 (little Benjamin)。自鉑被人發現百餘年後，牠才顯露於世，不過爲着避免牠與先發現的元素相隔過遠起見，在此把牠的故事先說出來。

在一八二八年，柏濟力阿斯與俄國多巴大學的化學教授奧生 (G. W. Osann)，用烏拉爾山中開採的鉑，加以王水溶解後，所剩下的殘餘物，做一番考察。柏濟力阿斯在此工作中，除找到武拉斯吞與汀孟兩人從美鉑的殘渣中發現的鈹、銻、鐵、鉍四種金屬外，並沒有獲得別種新金屬。奧生教授却有不同，他找出三種新金屬，稱之爲 pluranium, ruthenium 及 polinium。至一八四四年，另外一位俄國化學家克路斯，謂奧生的 ruthenium 氧化物，異常不純粹，但其中含有些少新金屬。

克路斯幼年與童年時，均在惡劣的環境中過着困苦的生活。他於一七九六年一月十一日。生於多巴的德俄城中，他的父親是一位油畫家，死於一八〇〇年，後來他的圖畫作品，陳列於克路斯的圖書館中，以資紀念。他死了不久，他的夫人即轉嫁另一位藝術家，祇

有一年，當她的孩子五歲時，她就死去了。她的第二個丈夫另娶一女人爲家室，所以這個小孩發現出他是個奇怪家中的奇怪孩子，無情地把他留下來，幾乎得不到一點愛護。

克路斯不久表現出他對於圖案與彫刻的天才來了，他所愛好的藝術、詩歌與劇曲，時時可助他忘却家庭周圍的痛苦。他就過多巴的初級學校與中學校，他雖然有卓越的成績，但他不能讀完中學的課程，不過他的教師以獎譽來鼓勵他再事努力，加之他幼年時就具有這幾種主要的特性：堅忍、樂觀以及希望，故他卒達到成功之路。當他是個孩子時，他很少有活潑快樂的享樂，及至成年，他一點也不怨恨他兒時的痛苦。



克路斯 (Karl Karlovich Klaus)

1796 - 1864

當他十四歲時，爲生活所驅使，遂在聖彼得堡的一家藥房中做學徒。在此他將餘暇去讀化學、藥物學以及有關係的科學書籍。這種自修功課於克路斯有極大的成勳，不久他經考試及格，初爲藥物助理員，再次升爲藥劑師了。

一八一五年，他回到多巴，經過了大學部的藥物考驗及格後，

俄國化學家、藥劑師及生物學家。專從事於服爾加 (Volga) 的女神花及化石動物與鉍族金屬的考察。又爲鈣之發現者。

復返聖彼得堡藥房。他從自然科學的研究，得到教訓，知道須首先研究自然；於一八一七年他赴沙拉多夫 (Saratov) 擔任藥物的買辦者，因此他更有餘時研究東俄服爾加 (Volga) 的大草原或草原的女神花 (flora) 和化石動物 (fauna)。他將十年研究的結果，送到俄國刊物上去發表。

克路斯於一八二一年結婚後，他很渴望自己開一家藥舖，五年後他在卡鮮 (Kazan) 開設藥舖，不久便成爲此市最好的藥店。在此他的經濟來源漸漸富裕，他即繼續作女神花和化石動物的研究。不久他成爲研究這項題目的專家，舉凡科學探險隊去考察大草原的，都前來請他指示途徑。由是他認識許多著名科學家，把他的誠懇與謙讓的美德及助人的精神刻在他們的印象中。至一八二七年他自己出去考察，途經幼拉爾及服爾加兩地，將收集的材料，寫成一部巨著，題名爲服爾加的女神花。

到了一八三一年，多巴大學化學系，聘請克路斯爲助手時，他將他的藥舖廉價售去，即作長途旅行回到愛沙尼亞 (Esthonia) 去，接任較好的位置，以期專心從事於科學的研究。當他做完他的化學碩士學位的工作時，他獲空閒隨哥伯爾 (Göbel) 及柏克孟 (Bergmann, A) 去考察特梭斯服爾加的鹽池，並預備起草綱要，擬著兩大厚冊的探險記述。此書在一八三七及一八三八年出版於多巴。爲了這部書的問世，他便得到德米多夫獎金 (Demidoff prize) 的報

酬。

他想回卡鮮去，故向教育部的秘書處請求介紹一席大學的職位。秘書處答應了他的請求，不過先要經過試教的試驗，於是他就被派到聖彼得堡的外科醫學院去試教了。

他回到卡鮮後，即被委為化學助教。他熱心去改造舊式的化學陳列館變為一個化學實驗室，且在大學的新建築中劃出六大房間，以為擴充實驗室之用。實驗室的周圍，頗似基新 (Giessen) 的來比錫 (Liebig) 實驗室，其中包括有一間廣闊的演講廳，內陳設有儀器多種，以便做演講時表演之用。他得學校當局允許，撥出一萬盧布，以添購玻璃器具、試藥及儀器。

在一八三八年，克路斯與他的助手卡巴勒羅夫 (Kabalerov) 去分析塞格威斯基 (Sergievsky) 礦泉的泉水，以為他做藥物學博士論文的材料。他即時獲得博士學位後，即擢升為特派教授，再過六年，即升到平常教授的地位了。

至一八四〇年，克路斯對於鉑的渣滓問題，特別發生興趣。想讀者還記得一八二八年多巴大學的教授奧生，曾報告過鉑的殘渣中有三種新金屬，同時又為柏濟力阿斯所否認的事體。克路斯教授想解決這個問題，第一步驟，乃將奧生的工作，重新做一次精細的考察。他從聖彼得堡的鍊鉑者梭波爾威斯基 (Sobolevsky) 手中得到兩磅鉑渣滓，他在其中除得有小量的鐵、銻、鈹、銻外，很奇異的

又提出百分之十的鉑。讀者可讀他下面的報告：

在聖彼得堡的官立造幣廠的實驗室中，有許多留着無用的鉑渣滓，我知道其中有無數的寶藏，故我立刻將我考察的結果，向政府的主管機關報告，並於一八一二年我親赴京城去。

在聖彼得堡他與財務大臣康克令(Count Egar F. Kankrin)商議，請他在俄國介紹用鉑的貨幣。康克令表示完全信任克路斯教授的考察，同時礦務工程師主任柴克林(Chevkin)贈送他二十磅鉑渣滓。

克路斯教授將此次送來的鉑渣滓加以研究後，未有達到他們希望的目的，在下面他說過：

此次的鉑渣滓，沒有第一次送來的那麼好，故我希望在提鍊鉑中獲得利益的事，大概不能達到了。但為科學興趣而研究，也是值得的。自這兩年以來，我已將這種工作，繼續不斷做過了，縱使是對於身體健康有妨礙的實驗，我都不怕艱難去做；現在我將研究的結果，公佈於科學界：(一)好渣滓分析之結果；(二)分離鉑族金屬之新方法；(三)研究不好渣滓之方法；(四)發現新金屬鈦；(五)分析不好的渣滓之結果，及使鉑礦與渣滓分解之簡單方法；(六)鉑族各種已知元素的新性質及其新化合物。以上所述，以作我們祖國的寶貴金屬的化學史的一貢獻。

克路斯從鐵渣 (osmiridium) 中找得的新金屬，乃是粗製的鉑之不能溶解於王水中的一部份。他將鐵渣、碳酸鉀和硝酸鉀，一齊盛於銀坩中，而銀坩又放在希西安 (Hessian) 坩中，坩裏面先鋪有一層氧化鎂。後加熱至紅熾灼，約有一點半鐘時，便將熔質倒入鐵皿中。於是他加多量水於熔質中，裝滿一瓶，置於黑暗處，約有四天之久。

橙黃色液體，含有鉑酸鉀外，尚有其他雜質，加入硝酸後，即有絨線般的黑色沉澱物發現，這就是二氧化鉑，其中含有由百分之十二至百分之十五的氧化鉑。克路斯乃將黑色沉澱物和王水一齊放在蒸餾器中蒸餾之，所蒸餾得之四氧化鉑，即設法凝結收集起來。蒸餾後餘剩下來的殘渣，其中主要成分是三氯化鉑和四氯化鉑。他加入氯化銨於氯化鉑中，即製得鉑氯酸銨 $(\text{NH}_4)_2\text{RuCl}_6$ ，將鉑氯酸銨燒灼，他即製得海棉狀的鉑質。

這項報告，題為幼拉爾鉑礦之殘渣和金屬鉑之化學考察。佔有篇幅一百八十八頁，於一八四四年在卡鮮大學科學年報上發表。次年即刊單行本發行。克路斯受愛國心驅使及紀念奧生的功績，遂用原來的名字鉑 (ruthenium)，以表示俄國的出品用意。奧生所發現的氧化鉑的白色物質，其中實雜有大部份的矽酸、鉍酸、過氧化鐵和氧化鉛。他之所以不能找出這種新金屬的唯一原因，就是過於重視那不溶解的物質，而忽略去考察溶液。

當克路斯教授送一份這種新金屬標樣給柏濟力阿斯時，這位瑞典大師依然懷疑着。由他在一八四五年一月二十一日寄給烏勒的信，可以看出來：

克路斯所做鉑渣滓的實驗以及獲得的新金屬釘，大約已在德國雜誌上發表出來了。他曾將他的原稿，寄出一份給我。你可以看到他用亞硫酸，亦曾製得無色的銻鹽。今歲天氣早寒，十一月初已經冰天雪地，弄得尹斯達 (Ystad) 及斯塔爾孫兩地間的交通，斷絕來往，所以我有三個月不看德國雜誌了。

同時克路斯繼續研究釘的化合物，並將所得的標樣，附有詳細說明，尤其是對於那些化合物的性質和製法，特別加以申述，逐一寄至斯德哥爾摩。因為事實異常明顯，柏濟力阿斯遂於一八四五年在 *Jahresbericht* 上發表，追認釘為新金屬了。

在一八四六年三月九日，柏濟力阿斯並述及克路斯的論文，而寫信給烏勒：

克路斯從卡生送我一份關於釘質的論文，該文我希望於明天在學會中宣讀，其次該文你將在阿威斯坦 (Öfversigten) 可以收到。說來奇怪，他為什麼不把他的原文公佈出來。我手中所有的摘要，已經是一八四四年十一月間的了。他定然沒有要我發表該摘要的意思。至少可以說他對於那件事，沒有提及。

後來柏濟力阿斯向克路斯建議，請他將釘的論文寄給烏勒送去年報上發表，於是這篇論文便在該刊第六十三卷上登出來了。

在一八五四年，卡鮮大學舉行五十週年紀念，將克路斯所著的鉍族元素論文全數收集起來，登載在紀念刊上。他繼續教授無機化學、分析化學及有機化學，教有機化學時，晉閔 (Zinin) 曾做過他的助手，又教無機化學時，助手是柏特勒羅 (Butlerov)。

在一八五二年，克路斯被多巴大學聘請擔任藥物學講座，且兼任掌理藥物專門學校的職務。這座藥科學校，是當時俄國獨一無二的藥科專門學校。他答應就任新職後，即將卡鮮大學的所有職務，由柏特勒羅繼承負責。於是離開他長相愛撫的服爾加的大草原，經過長途跋涉回到愛沙尼亞去了。

他在多巴大學繼續研究鉍族金屬及其合金。專門研究這個問題有了二十年後，他立意出版一種專刊，不僅包括他自己研究的結果，且將其他科學家研究這個問題的結果，亦在採登之列。爲着他想完成這種工作，到一八六三年，俄政府即遣派他到西歐參觀實驗室和鉍提鍊廠，並赴各地有名的科學研究中心地方，參觀圖書，專門參考鉍族金屬的發達史，以克路斯的成功，自然使他到處被人歡迎。他在柏林時，訪問亨利克·路斯及考斯道夫·路斯、波堅多爾夫 (Poggendorff) 及麥格納斯 (Magnus)，在巴黎時，即從事研究得威爾 (Deville, H. S. C.) 和得伯 (Debray, H) 的電爐。

克路斯在一八六四年一月返多巴，此次旅行，他獲得材料不少。但他正在開始工作之際，不幸病魔纏住他，使他不能完成他的大著。他死於一八六四年三月十二日，爲他的學生與同事所哀悼。在聖彼得堡藥物學會，他作了最後的公開演講，極力主張要設獎金學額以資助青年學生。

第九章 三種鹼金屬：鉀、鈉和鋰

有許多化學元素，對於近代生活上有密切關係的，雖然早已被人發現，但後來又寂寂無聞，逃出科學世界之外，不知經過多少年載。試舉鉍、釷與釷三種元素為例，都是發現以後，就被人忘記，再經過數十年，方纔第二次被人指示出來，即如化學家，亦不免患同樣的毛病。同時又另有別種元素，一經發現，即掀動全球，使人注目，例如在一六六九年發現的磷質，當時全歐人士爲之震動的情形，前面既有說過，諒讀者還可記着，此外尚有大衛於十九世紀時發現的鉀、鈉二元素，亦是剛剛發現出來，就使全歐人士注目，與磷之發現情形，甚相類似。這是因爲鉀與鈉的光亮，擺在化學的舞臺上，一經灼燦過人們的眼前，就有使人不能忘記的魔力。但是其同族元素，如鋰質自走入化學的世界中後，則較爲安靜，不爲人們十分重視。鋰之發現者，爲柏濟力阿斯的門生亞佛孫，在當日他比較的不負盛名。

.....

我們眼前，呈現有一片目無邊際的科學沃土，至今還未有完全開墾，但其前途，實有無限繁榮的希望，那就是哲學的領域了。

鉀與鈉

至一七〇二年，斯達爾就辨別出天然鹼與人造鹼，即蘇打與碳酸鉀，完全是不同的物質。有數種鈉鹽的結晶體，與鉀鹽的結晶體，完全不同，很容易把牠們分別出來。曾經應用實驗方法，證明這兩種鹼質不同的，在一七三六年有得蒙西阿（Monceau, D. de 1700-1781）的實驗，又在一七六一年，即有馬格刺夫的實驗，他是用別種方法去分別這兩種不同的鹼鹽。

有許多早年的化學家，雖然也猜想到鹼土是一種金屬的氧化物，但蘇打與碳酸鉀真正的性質，未到十九世紀時，實無一人真正猜對的。因為十八世紀時，法國大化學家拉瓦節，依然以為牠們是含有氮素。他說過下列的話：

到了現刻，對於蘇打的主要成分，並不比對於碳酸鉀的成分，來得明白些，這些物質，是否植物未經燃燒前就有的，至今仍然不能十分斷定。氮是含有氮素，我已經得到證明，同樣可使我們猜到蘇打與碳酸鉀的主要成分，或者亦含有氮素，不過這種猜想，至今還沒有很好的實驗，可以證實其不錯。

拉瓦節視為元素的，共有三十三種：

光	熱	氧	氮	氫	硫	磷
碳	鹽酸根	氟酸根	硼酸根	銻	銀	砷
鉍	鈷	銅	錫	鐵	錳	汞
銅	銀	金	鉑	鉛	鎢	鋅

石灰 氧化鎂 氧化鋇 氧化鋁 氧化矽

他對於這張表有註解，說：“在上表中，還不能將固定鹼、蘇打與碳酸鉀，列入其中，因為這些物質，雖其中主要成分，未能十分斷定，但是屬於一種化合物，是無疑問的。這種普通鹼的化學性質，仍然不清楚，直至十九世紀初期，英國出來一位年輕的化學家大衛，始首先將此二種鹼質，利用電流，分解成功。



大衛(Sir Humphry Davy, 1778 - 1829,

英國化學家及物理學家，為創立電化學者

之一人，發明採礦者須用之安全燈。首先分出鉀、鈉、鈣、鋇、錒及鎂。又大衛與法之給呂薩克(Gay-Lussac)及博納(Thénard)各獨立發現硼之分離法。

在那個碧藍色的康瓦爾(Cornwall)海灣中，聳然直立有怪石磷磷的聖邁克爾(St. Michael)山。山中有一巨大的岩石，被古代人民築好堡寨圍住，借以抵抗敵人。

靠近山灣有一小小的貧贊斯(Penzance)鎮，可引起歌劇熱者，追想到海盜直伯(Gilbert)和薩力凡(Sullivan)的冒險奇蹟，同時那處又是化學家大衛生長的地方，其風景之優美，實使他在幼年時，愛

戀不已了。他有詩說過：

紅光豔豔的嚴靜黃昏，
以其遲徊不定的安靜光芒，
悄悄的來覆在羣山上；
光輝搖搖巔簸於深淵上，
卽在此，從海中，古來歇爾山，
突起你巉巖的崖石。
在你下面的周邊，傲然深碧，
有迴環往復的波浪，
雪白如銀的潮水流繞；
和風吹緣你峭壁的周圍，
峭壁有唵哨的青藤爲蓋，
你巖洞中有喃喃之聲。

大衛生於一七七八年十二月十七日。他生來是個健康活潑與多情的小孩，因爲他擅長演述各種故事，以及背誦出故事原來的詩歌，故很多小朋友特別和他要好。他的教師卡杜博士(Dr. Cardew)稱他最擅長的本領，就是將古典文學譯成英文詩。他的學校生活，雖然到十五歲卽告結束，但他離校後，仍然繼續努力學業，未嘗有一日間斷。至一七九五年，他卽跟貧贊斯鎮的醫藥師波拉斯(Bingham Borlase) 做一學徒，過兩年後，他卽動手研究自然哲學與化

學。當時他所讀的化學書，爲拉瓦節著的化學原理，所用的試藥，是無機酸與鹼質，儀器卽爲窗門玻璃與香煙管子。及他至二十歲，卽爲柏多斯博士(Dr. Beddoes)在克力夫吞(Clifton)新設立的氣體研究所的管理員。氣體研究所成立的唯一目的，是想研究各種氣體對於藥物上的功用如何。這位創辦人柏多斯博士的家庭，是充滿快樂的空氣，而且朋友甚多，大衛得參預其中，自然是其樂難言，在當日有名的文人，如索思(Southey)和哥爾利治(Coleridge)諸人，他都有緣認識。

至一八〇一年，大衛由羅福爵士(Count Rumford)介紹到皇家學會，做一化學的助教和實驗室中的指導員。他到會後，第一次演講的題目，是講流電學的問題。他在當時演講的，現在仍可在哲學報看到：

大衛第一次出席演講時，一般有名的哲學家如班克斯、羅福及其他諸人，均出席旁聽，他講畢後，聽者都覺得十分滿意，拍掌稱讚不已。因爲他的年歲很輕，舉止磊落大方，眼睛閃爍有神，說話全身有力，在在皆足以表示他的高超的境界。自然能爲人所羨慕愛戴了。

文學家與學會中著名的科學家，都愛聽他的演講。他卽小心翼翼將實驗的記錄，完全摘錄出來，並快樂地向聽衆指示一切疑問。他繼續擔任皇家學會的職務，共有十一年，一直到他結過婚後，方

纔告退。

大衛對於化學上最大的成功，就是關於電化學上的工作。他最先用飽和的苛性鹼水溶液，通電使之分解，結果只有使水分解，一無所獲。至一八〇七年十月六日，他想到別種方法，使苛性鹼分解，這就是他自己說的：“水爲使苛性鹼起分解作用之一大障礙物，我必須用熔化的碳酸鉀來做電解劑，方有成功的希望。”

他很奇異的發現電解熔化碳酸鉀的結果，是有光亮的物質在陰極處放出，且在接觸面上，時常看見火花四射。次將電流由逆向通過，火花總在陰極處放出來。因爲完全乾燥的碳酸鉀，不能傳電，所以他讓牠與空氣接觸片刻。下列的話，是他自己說的：

將一小塊碳酸鉀，與空氣接觸數秒鐘後，即可使電流通過其表面上一層，然後把碳酸鉀盛在絕緣的鉑杯中，乃用二百五十對鋅板及銅板做成的大電堆所生的強電力與陰極相連接，而陽極即與鹼的表面處接觸的鉑絲相連接。似此佈置完畢後，即將全副儀器，暴露在空氣中，靜待其作用發生。

不久即看見有活動的作用發生了。靠近兩極的碳酸鉀，先行熔化。繼則碳酸鉀的表面一層，沸騰不已，但在下層部份，看不見有膠性的流質流動，只有形似小球而帶有金屬光澤的物質，好似水銀一樣發生出來。這種剛才發生出來的小球體，其中有一部分着火爆發很快，但另一部分，並不着火爆發，不過

表面一層，漸次變為淡暗無光，到了後來完全被白色的薄膜遮住了。

那種小球狀的物質，經過我幾次試驗後，知道是屬於我所求得物質了，其有特別着火的性質的，即是碳酸鉀中的主要成分，從實驗上看來，我是明白鉛並沒有什麼作用，不過為電分解作用的媒介物而已，若拿銅、銀、金、石墨或碳來做電極時，使電流可以完全通過，亦可得到相同的物質。

在陰極上所得的小球形金屬物質，若投入水中，立即噼噼作響，奔走於水面上不已，且在片刻間就有可愛的淡紫色的火花隨之放出，這種奇異現象，使他驚怪不已，後來他找出這種新金屬是能使水中的氫逸出，所以能生火焰。因為這種新金屬，是由碳酸鉀 (potash) 中取出的，故名之為鉀 (potassium)。大衛的兄弟約翰·大衛博士 (Dr. John Davy)，當鉀質第一次分出來時，恰好在座，眼望見他自己的兄弟實驗成功，一時興奮，狂叫不已！

大衛用同樣方法去電解氫氧化鈉時，結果找出須用較大的電流，方能使牠完全分解，因為他說過：“欲使氫氧化鈉完全分解，須用較大的電流，纔有好結果，否則所用的電流過弱，則得到的鹼質，十分細小輕薄了”。他又繼續說：

我用一百分之六吋強度的電池，以使碳酸鉀分解，結果很好，我差不多得到約四十至七十喱 (Grain) 的鉀質，而每粒鉀

質的厚度，約為四分之一吋；但用同樣的電流去分解蘇打時，則所得的鈉質，不過十五至二十厘，其厚度約為八分之一或十分一吋的絲條而已。此外還有一點不同，就是由碳酸鉀製得的物質，初得到時，雖在空氣中初生成時亦是流質；但是由蘇打製得的，要有在製造時的高溫，纔是流質，待至室溫時，即變為固體，其金屬光澤，與銀無異。

大衛發現了鉀質後，不到幾天，即發現另一種新金屬，他名之為鈉(sodium)。但是這兩種新金屬的性質，還待考察，因為當時有不少化學家，仍然相信鉀、鈉是屬於一種鹼與氫的化合物。例如給呂薩克(Gay-Lussac)與提納(Thenard)兩人，就是贊成此說的代表。他們以為鉍既然是氨與氫的化合物，那麼同理可以類推出鉀也必然是鉀與氫的化合物了。不過後來證實鉀質中，實不能放出氫，於是大衛的主張，說鉀、鈉二質都是新元素的學說，始漸次為一般化學家所信任。

科謨斯(Combes, A.)是讚美大衛的人中之一，他曾將大衛發現的鉀、鈉趣史，作詳細的記述，並送至尼科孫雜誌上發表：

在一八〇七年，我曾去聽他所講授的課程，現在我從我當日摘錄的筆記上，發現出他說過下列的話：“凡是已知成分的物质，能被電池的陰極吸引的，必先含有一種可以燃燒的物质，並具有陽性的性質；故由此可以類推出：凡是不知成分的

物質，能被電池的陰極吸引的，自然要有陽性的性質，並一定含有一種可以燃燒的物質了。”他在一八〇一年時演講錄上，說到他是因爲想從固定鹼中找出能燃燒的物質來，因此有鹼金屬的發現，但是沒有想到那種由陽極分出來的物質，以爲是能燃燒的，乃是一種金屬性的物質。他能有先見之明及類似之比，見證於實驗，故後來却獲得有重大的發現。

無論你從那一方面說起，大衛分離鹼金屬的方法，總算是十分奇巧了。他不久利用鹼金屬同樣的電解分離法，就有鹼土金屬的發現，同時鹼金屬自身亦變爲研究他種元素的一種很好的工具了。

鋰

鋰之發現者爲亞佛孫 (J. A. Arfvedson) 他在一七九二年一月十二日，生於斯加拉爾坡 (Skaraborgs Län) 的斯加基摩·布律克 (Skagerholms-Bruk) 附近。他是柏濟力阿斯的學生，在一間後來纔著名的斯德哥爾摩實驗室中發現鋰質，那時他年紀很輕，只有二十五歲。他發現鋰的情形，柏濟力阿斯在一八一八年二月九日寫給柏多勒特的信，曾有詳細提及：

亞佛孫君是一位年歲很輕而且能幹的化學家，來到我的實驗室中，足有一年。他發現過一種新鹼質。這種鹼質，他是由一種礦石中發現出來的，而這種礦石，出產於烏托 (Utö) 礦洞中，首先被盜都達 (d' Andrada) 發現後，他即命名爲矽酸鋁

[Petalite, $\text{Si}_4\text{O}_{10}\text{Al}(\text{Li}, \text{Na}, \text{H})$]。其中含有氧化矽百分之八十，氧化鋁百分之十七，及新鹼金屬百分之三。從此礦石中，用常人所用的方法，即可將此新鹼質分離出來，即將礦石粉末與碳酸鋇一齊加熱，使新鹼金屬與其他雜質分開。

這種鹼質比其他各種鹼質，易溶於酸中，即氧化鎂的溶度亦是趕不及。因為牠有這種特別性質，故能把牠發現出來。就是拿新鹼質的鹽類來化驗時，結果獲得的重量，比之假定此鹽類的鹼質，是屬於鈉或鉀所有的，亦大許多。凡鹼的鹽類不能被酒石酸沉澱分出的，自然容易想到其中所含的鹼質，必含有鈉。亞佛孫曾反復分析矽酸礦三次，結果都是一



亞佛孫(Johan August Arfvedson, 1792—1841)

樣，後來經過仔細考察其中所含有的各種成分，方纔發現新鹼質所有的性質，與目前所知道的鹼質所有的性質，完全不同。我們乃名此新鹼質為鋰(lithium 從 litha 一字出來的)，所以

冶金家、化學家兼礦物學專家。鋰之發現者。他對於氫與金屬硫化物的作用，有過研究。一八二三年他將氫通過熱的青色氧化鈾，乃得第二氧化鈾 UO_2 ，當日即視之為金屬鈾。他是柏濟力阿斯的門生之一。

表示牠是從礦石中發現出來的，與其他兩種鹼質，由植物中發現出來的，是有些不同。

關於記載亞佛孫分析矽酸鋁的文字，由他親手寫的，可在一八一九年的物理與化學年報上看見。他分析矽酸鋁的結果，說其中含有氧化鋁、氧化矽和鹼金屬。至若鹼金屬的測定法，他是使牠變為硫酸鹽後，方纔決定的。據他自己分析矽酸鋁所得記錄是：

在鹽中的鹽基性物質，仍然尚待研究。因為牠的溶液，不能被過剩的酒石酸和氯化鉑沉澱分出。由此可知牠不是屬於鉀質。我曾另取一部份同樣的溶液與數滴的純碳酸鉀溶液相混合，亦不能看見有渾濁色的發現。其中不含鎂質，可決然無疑。因此這種鹼質是屬於鈉質了。不過假定牠是屬於鈉質，則製成鹽時應有的重量，據我計算的結果，總比直接分析礦石所得的，高有百分之五。於是我猜想洗滌時，或者還有雜質沒有洗淨，又或者是做實驗時有不周到處，生出錯誤來。所以我反復多做二次，而結果相差很小，其中有矽：78.45, 79.89；氧化鋁：17.20, 17.30；硫酸鹽：19.50, 17.55。到後來將硫酸鹽仔細研究，始知其中另含有一種固定鹼質，牠所有的性質，前人還沒有曉得。

現在曉得前人所謂矽酸鋁的，是一種矽酸鋁鋰的複鹽 $\text{LiAl}(\text{Si}_2\text{O}_6)_2$ 了。

柏濟力阿斯於一八一八年四月二十日寫給他的倫敦朋友馬爾塞博士的信說：亞佛孫又從黝輝石(spodumene)及紅雲母(lepidolite)兩種礦石中，分出鋰質。黝輝石中約含有鋰百分之八，而紅雲母中則約含有百分之四。在一八二四年春天的一日，那年是值得人們紀念的，就是烏勒走到斯德哥爾摩與瑞典著名的化學家，如柏濟力阿斯、希新格(Hisinger)、亞佛孫及勒斯(Retzius)諸人，成羣結隊到烏托島旅行，該島距離波羅的海的海岸，不過二英里路。能使他們渴望着去旅行的，不特是因為該島上有許多鐵礦出產，且因為該島出產有許多稀有的礦石，包含有矽酸鋁鋰礦及黝輝石兩種，亞佛孫即從其中分出鋰質來的。此外紅雲母出產亦不少。

亞佛孫對於幾種最重要的鋰鹽，均有過仔細的考察。所考察的結果，不久即逐一被凡格靈證實了。鋰與鉀不同的地方：就是牠不能在酒石酸中沉澱分出，又與鈉不同之點，即鋰之碳酸鹽僅稍溶於水中，至若鋰鹽在火焰上，有極美麗的紅色，是在一八一八年，另由一化學家格米林發現出來。

亞佛孫與格米林都想從鋰的化合物中，分出鋰質，結果都沒有成功。他們先用鐵或碳去還原氧化鋰，失敗以後，就改用電離方法，亦因電流過小之故，沒有結果。後來柏魯特(Brandes)用很強的電流，使氧化鋰分解，方初次獲得白色可以燃燒的鋰質，同時大衛用同樣方法，亦製得少量的金屬鋰質。

以上所舉的數位化學家，雖製得有鋰質，但都因分量過少，難以供給實際考察牠性質的用途。至一八五五年，本生與馬泰孫 (Matthiessen) 二人，始獲得足量的鋰質，將牠的性質，考察清楚。他們製鋰的方法，是取純淨的氯化鋰，盛於小厚壁的瓷鍋中，然後用柏濟力阿斯式的酒精燈燒熱，待熔化時，即以四對至六對碳鋅棒電池生出來的電流，通過其中，使起電解作用。結果不到數秒鐘後，在陰極上就可看見一種熔化的銀白色的球狀物體，約再過三分鐘後，即結成如豆粒般大的物體了。他們用鐵勺將球狀物質取出，盛於石油瓶中。以後繼續用同樣方法，使氯化鋰電離，每三分鐘，即將鋰質取出一次，如此繼續下去，至一兩氯化鋰完全電離為止。他們又找出鋰質，不特在礦物界中含有之，即動植物兩界亦含有不少。

一位有名的礦物學家霍尹對於亞佛孫推崇備至，由他在一八二〇年六月十二日寫給柏濟力阿斯的信上，可以知道一般。他的信說：“請先生代致候亞佛孫，他可說是你的門生，同時又是我最敬重的人物。”

同年亞佛孫在沙德曼蘭省 (Södermanland) 的希登所 (Heden-sö) 購買一鐵廠和一大宗產業，因此柏濟力阿斯對他很擔心，以為這位年輕的化學家，從此以後將捨去研究科學的工作了。柏濟力阿斯的話，不幸而言中；就是亞佛孫自購買那種大宗的產業後，恐怕因得失心太利害，以後雖有繼續做過幾種研究的工作，亦是錯誤百

出。由湯姆孫的敘述亞佛孫做的氧化鈾及氫對於金屬的硫化物的作用之實驗後，便繼續的說：“亞佛孫依然小心翼翼去分析各種礦石，但他到了晚年，似乎失去活動能力了。如他所分析的金綠玉(chrysoberyl)就是不確實，他誤認氧化鎔和氧化鋁的化合物是氧化矽了。”他在一八四一年十月二十八日，死於他自己的家鄉希登所。

第十章 鹼土金屬和鎂與鎴

一個人能具有大衛與柏濟力阿斯兩人合併的天才，纔可分出鹼土金屬來。當柏濟力阿斯用鹼土金屬和汞的混合物去電離時，是能使氧化鈣和氧化鋇各分解為鈣和鋇的，而大衛即在同時亦用電離方法，製得多量的鋇、鐿、鈣、鎂的汞齊。及至一八〇八年，他將汞蒸餾分開，即獲得鋇、鐿、鈣、鎂四種金屬。在一八一七年，德國的藥劑師製出有多種氧化鋅出售，但被檢查員沒收了，以為他們用碳酸鋅冒充氧化鋅，且將此碳酸鋅加熱，立刻變為黃色，若用硫化氫氣體通過其酸性的溶液中時，即有黃色沉澱物發現，看去似硫化砷一樣。不過那種黃色沉澱物，經過斯多倫耶 (Stromeyer)、洛羅夫 (Roloff)和赫爾曼 (Hermann)的研究，知道牠不是屬於硫化砷，實是一種未知金屬的硫化物。有了此輩人的公論後，德國藥劑師被誣為假造的不白之冤，纔昭雪過來，而新金屬鎴，即在此時應運而生，使化學世界中多增一份活潑分子，來湊熱鬧了。

如果物質不能毀滅，

人心也永久不會死亡；

如果造物是混雜不分，

他的永久不朽性仍是十分一定！

且又想到你所愛的智慧之光，
依然在大地上燃燒着，
其光輝較純潔又較明亮，
再不至因生人之意而昏暗。

鈣

古人雖常用石灰，但他們不懂石灰的化學性質。斯達爾(1666-1734)看見生石灰和水相合變為熟石灰後，他以為生石灰的土質和水元素化合，成爲一種鹽質。他並稱這種特別的土質與燃素化合會造成一種金屬。十八世紀的化學家，雖然多數相信石灰與氧化鋇均是元素，但拉瓦節却相信這些都是氧化物。他說過：“我們大約所曉得的金屬，只限於自然界現成所有的一小部份，例如其中有與氧的結合，較易於與碳的結合的，全是不能還原或恢復金屬狀態；除開其氧化物的形體以外，其餘的非我們所能視及，因此我們難以把牠從土質中區別出來。即如我們剛認為土質一類的氧化鋇，大約就是其中之一；牠經實驗後表現出來的性質，與金屬物質有密切的關係。嚴格的說，一切我們稱為土質的物質，不外是我們難以用方法分出來的金屬的氧化物而已。”牛孟用盡了許多方法，企圖使生石灰還原爲金屬，結果歸於失敗，但因為有此困難的還原法，而新方法，新儀器以及大衛的天才就覺得十分需要。

以大衛的熱誠性格，不以他最近有了發現鉀、鈉的勝利，便心

滿意足，不求上進。他把戰勝者的赤誠，努力去解決更加困難的鹼土分解的工作。他最初的嘗試，用一電流通過潮溼的鹼土，在牠上層用焦油腦蓋住，以防和空氣接觸。結果只有些微鹼土起了分解作用，不過無論那一種分解得的金屬，立刻會與鐵陰極結合。

於是大衛擬直接用鉀來做還原劑。他說：“我用乾燥而純淨的石灰、重晶石、碳酸鋇、氧化鎂盛於玻璃管中，使與鉀接觸，然後加熱，但因我用了甚少的分量，及我不能將溫度加高而不使玻璃不熔化，故我用此法得不到好結果。”鉀質雖然能侵蝕土質和玻璃，但仍然沒有球形的金屬發現出來。

他最後用的適當方法，就是將不傳電的與乾燥的土質（石灰、氧化鋇或氧化鋇）與過剩的碳酸鉀相混合，然後加熱使之熔化。當他用焦油腦蓋上鹼土的混合物，及用電流通過時，他不久就看見有球形的金屬升起並發出火焰來。但火焰消滅後，除有原來所用的碳酸鉀和鹼土外，餘無別物遺留下來。

這次失敗，雖使大衛大大的失望，但他不久便想出別一種進攻的計劃了。此時他用氧化汞和石灰混在一齊，即獲得少量的鈣汞齊質。他並做出別種鹼土與汞、銀、錫、鉛的合金，但他却沒有獲得充分的足以為鹼土金屬分離的合金來。不過到了一八〇八年五月間，柏濟力阿斯寫信給大衛，說他與皇家醫生逢廷 (Pontin) 博士用汞與石灰混合，將此混合物通電後即分解了石灰；他們有同樣的成

功，分解了氧化鋇及製得鋇汞齊。

大衛有了這個暗示的幫助，最後想出一種獲得鹼土金屬的方法。他用二分溼土和一分氧化汞混合，一齊盛在與強電池的陽極相連的鉑杯中，然後他在混合物中間留一空洞，倒滿水銀，以便五百電池所生的強電流可以通過去。一條鉑絲插入水銀中間，使與電池的陰極相連接。用此方法，大衛即獲得足量的鈣汞齊質，故他能把水銀蒸餾出去，第一次看見銀白色的鈣質了。

大衛於一八〇八年七月十日寫的信，承認感謝柏濟力阿斯及逢廷博士。他述了他初時的失敗後，並說：

自從我拜讀你們的論文後，我不過作了新的與更成功的嘗試而已，而且我將你們的高明手術，與我先前使用過的方法結合起來，我便成功製得足量的鈣汞齊質，以作蒸餾。水銀在高溫時是從汞齊中蒸發出去，而鹼質即遺留在瓶內。用同樣方法，我也製得鋇、鋇、鎂三種金屬，但我不懷疑其他土質可作出同樣的結果。……謹書此信，致敬於你和你的同僚逢廷博士，並希將致敬他的意思，轉達一聲。

鋇

十七世紀初期，波羅那有一個鞋匠卡斯柄奧羅拉斯 (Casciorolus) 看到重晶石與燃燒物質混合，熱至紅灼時，則此混合物有磷光放出。他將此發現，轉告訴與他同城居住的一位鍊金術家貝加特

羅(Begatello, S.)及一位數學家馬吉納斯(Maginus)。他們得到這種奇異的新聞後，即着手製造發光物質，名之爲波羅那石(Bologna stone)，運往各地銷售，這種波羅那石的名稱，有時亦用到去名重晶石。過後有人以爲這種礦物，是屬於石膏的一種，但克琅斯大德分別牠是一種特殊物質。至一七五〇年，馬格刺夫說牠含有硫酸，但他相信其中之鹽基質，是屬於石灰質。

至一七七九年，杜勒始將氧化鋇和石灰兩種物質，首先分別清楚，他由重晶石中製得氧化鋇，所謂重晶石，實是一種硫酸鋇。他曾將條形的重晶石和木炭粉末蜜糖等質，混合一齊加熱，使之還原爲硫化物。他以鹽酸溶解硫化鋇後，加過剩的碳酸鉀，使鋇沉澱爲碳酸鋇。金屬鋇於一八八〇年爲大衛首先製出來。

鋇

最先區別出氧化鋇和氧化鋇是兩種不相同的物質的人，大約是愛丁堡的克洛福德(Crawford)他考察了阿該爾郡(Argyleshire)的斯特龍定(Strontian)出產的鉛礦中的一種礦後，即宣稱他發現了一種新土質。這種新土質，他名之爲氧化鋇(strontia)，不過有人疑牠是碳酸鋇。到了一七九〇年，他刊行“氯化鋇論文”，舉出四大理由，說氧化鋇是一種新土質：(一)氯化鋇在熱水中，比在冷水中較易溶解，而氯化鋇的溶度，則對於溫度甚少影響；(二)氯化鋇比之氯化鋇容易溶解於水中；(三)氯化鋇溶於水中時，其溫度降下

效應較大；(四)兩種氯化物的結晶，形狀不同。他的論文發表不久後，即有下列諸人，和普 (Hope)、克拉普洛特、給爾滿 (Kirwan)、弼利支亞、福克洛及凡格靈相繼表示同意。弼利支亞還證實氧化鋇是無毒，牠與氧化鋇的性質，完全不同。大衛應用分離鈣和鋇的方法，亦分離得到鋇質。

鎂

在十八世紀時，有所謂氧化鎂粉 (magnesia alba)，當作一種萬應膏藥，在羅馬市上出售。其出產地方，保守得十分祕密。荷夫曼 (Hoffmann, 1660-1742) 最後說這種粉可由硝或鹽滷液中製得之。但他所製得的氧化鎂粉，常雜有石灰質。此時大家相信當碳酸鹽燒灼後，與火中的鹼性結合，即成苛性鹼。不過到了一七五五年，愛丁堡的布拉克發表一篇有名的論文，題為“氧化鎂粉、熟石灰及其他鹼質等實驗”，明白地指示出碳酸鹽經過燒灼後，即減少重量，因為其中有一部分變為二氧化碳氣體，向空間逃走了。且謂氧化鎂與石灰，完全是不同的物質，不能混為一談。過後四年，柏林的馬格刺夫亦獨立的發現同種見解。

當大衛做了有名的實驗分析出鎂時，前面既述及，他即名之為 Magnium。因為用 Magnesium 一字，易於和 Manganese 一字相混。不過大衛的話，不為人所遵從，大家仍然喜歡用 Magnesium 一字。他原來用之以名那種金屬的名字，現已不能為人所認識了。

大衛所製得的鎂質，分量非常稀少，直至一八三一年，法國出來有一位化學家布西 (Bussy, A. B.)，方才初次製得一塊整塊的鎂質。他在一七九四年五月二十九日生於馬賽。他有過一時期曾在百科工藝學校讀書，但他因喜歡研究化學，所以不久放棄了他的軍事生活，轉而做一個藥劑師的學徒。在里昂及巴黎讀了藥物學後，他即成爲藥科學校的化學教授魯祕克 (Robiquet) 的門生。布西於一八二三年畢業於藥科學校，至一八三二年，他即獲得醫學學位。

他的大部分研究雖是屬於藥物學性質的，但至一八二三年，他却發表一篇論文，題名爲“論氧化鎂之金屬根本成分”，指出如何去用新方法來分離得鎂質。他的方法，用氯化鎂和鉀質同熱於玻璃管中，即得到氯化鉀和鎂質兩種混合物質，而氯化鉀易溶於水，可用水洗去；同時鎂質不能溶解於水中，可以分出來。

過後數年布西即在藥科學校中講授藥物學一科，至一八五六



布西 (Antoine Alexandre Brutus Bussy, 1794—1882)

法國化學家、藥劑師及醫生。爲巴黎藥物學校化學教授。他服務於藥物學校中五十餘年，又爲校長約有三十年。一八三一年他製得整塊的鎂質。

年，他即升為藥學專門學校的校長。他一生擔任藥物與化學雜誌的編輯職務，共有五十六年之久。他於一八八二年一月一日死在巴黎，享年八十有七歲。

鎳

鎳之發現者，是德國哥庭根(Göttingen)大學的化學和藥物學教授斯多倫耶，那時是一八一七年。他於一七七六年八月二日降生，其時火質學說已經到了苟延殘喘的時期了。他初在原鄉哥庭根城中讀化學、植物和藥物學，後留學巴黎，跟一位分析化學大師凡格靈來做研究工作。他受他的老師的教化很深，此後他終身專事研究各種礦石的分析。

至一八〇二年，他成為哥庭根的一間醫學專科學校的名譽講師，同時擢升很快，到了一八一〇年即升任為正式教授了。在德國各大學的情形，有如美國大學相似，大學教授在政府中常任有職務。斯多倫耶做漢諾威全境的藥房視察員。於一八一七年秋天，他



斯多倫耶 (Friedrich Stromeyer)

1776—1835

德國醫生、植物學家、化學家及藥劑師。為漢諾威(Hanover)全境藥房之視察員。發現鎳元素。他的三十種礦石分析論文集，是一部不朽的分析化學書籍。

赴希爾得珊 (Hildesheim) 視察，在途中看見有藥房製造藥品，若依照漢諾威藥典，是應該用氧化鋅，但是他們竟用碳酸鋅來代替。在當時他所見的情形，詳述於他在一八一八年四月二十六日寫給許威格 (Schweigger) 的信上。

去年我到希爾得珊主要區域，考察各藥房的實際情形時，我們最可敬愛的累堅西 (Regency) 囑我順途視察皇家藥房的一般情形，結果我發覺其中有幾家藥房用碳酸鋅代替氧化鋅去製造藥品，而碳酸鋅的來源，又多數由於薩爾基特 (Salzgitter) 地方的化學製造廠出產的。此種碳酸鋅有素白而帶光澤的顏色，遇熱至紅熾灼時，則漸變為黃色，終則變為橙黃色。雖然在其中檢不出牠含有鐵與鉛兩種雜質。

斯多倫耶為着想解決他們何以用碳酸鋅來代替氧化鋅的原因，於是親赴薩爾基特去參觀藥行。

後來我去參觀薩爾基特 (他說)，首先到製造碳酸鋅的製造化學廠中去考察；當我向該所藥物製造部的負責者耶士特 (Jost)，詢問何以竟用碳酸鋅來代替氧化鋅時，他即說明理由，謂他們的碳酸鋅，一經熱至紅灼時，即帶有黃色。於是懷疑其中含有鐵質；不過他們當初是很小心使鋅不含鐵質，且在氧化鋅中，亦檢驗不出其中是含有鐵質。

斯多倫耶對於碳酸鋅改變為氧化鋅時，是無法使牠避免不生

顏色，覺得非常有趣味。

我自聽見他的報告後(他說)，即着手仔細考察氧化鋅，結果發現碳酸鋅受熱後變顏色的原因，是由於其中雜有特別金屬的氧化物；這種金屬氧化物的存在，現在既無人懷疑了。我用一種特殊方法，將牠由氧化鋅中提出來，且使之還原為金屬。

他獲得那種金屬的方法，述之於下：他將不純粹的氧化鋅，溶於硫酸中，再通過硫化氫，即有混合的硫化物沉澱分出，所得的沉澱物，用濾紙濾過，洗滌乾淨後，又溶於濃鹽酸中，然後蒸乾，以除去其中過剩的酸液。蒸發過後所得的殘渣，他即加水使之溶解，後又加碳酸銨溶液，使所有沉澱分出之鋅銅等鹽質，再溶於溶液中。此時因為新金屬的碳酸鹽，不大溶於過剩的碳酸銨液中，所以仍然沉澱分出；他即過濾，洗滌及燒灼之，使牠變為氧化物。最後他將所得之櫻黃色的氧化物，加入燈煤，盛入泥曲頸甌中，加熱燒至溫紅熾灼為止。過了些時，他將曲頸甌的甌蓋揭開，即發見有灰藍色金屬，金光四射顯露在目前了。

不過他初次只得到三克的新金屬，未能將牠所有的性質，加以仔細的研究。後來他很幸運的從別一處獲得多量的金屬，其中情形，可由他給許威格的同一封信中看出：

我現刻很高興告訴你一個好消息，就是紹涅柏克 (Schö-

nebeck)的赫爾曼和馬德堡 (Magdeburg) 的洛羅夫兩人,因為對於那種新金屬非常有趣味,乃給我一個好機會,使我在這幾天內,能繼續做我的實驗。數年前當我到馬德堡去考察藥房時,有過這一回事體,就是幾間藥房所用的鋅,都是由赫爾曼廠從西利西亞 (Silesia) 出產品製造出來的,以為其中含有砷質,均被沒收充公,因該質溶於酸中,通過硫化氫氣體後,即有黃色沉澱物發生,在當時從化學的眼光看來,牠是屬於雄黃 (orpiment),毫無問題的。

這回事對於赫爾曼是不能漠視的,因為這與他所主持的製造所的信用,是很有關係,即如醫學的顧問洛羅夫,對於這種問題,亦非常關心,因為他是對於藥劑師視察員所報告的東西,要直接負責任的,且曾將其中詳細情形,草一篇報告,送呈胡斐蘭 (Hufeland),胡氏即將該篇報告在他所辦的醫學雜誌二月號上發表了。赫爾曼也曾將該種氧化鋅,加以仔細的考察,但結果是看不出其中是含有砷質。

他不能從氧化鋅中找出砷質來,於是他向醫學顧問洛羅夫要求,重新多做實驗一次。他要多做一次實驗,是沒有問題的,現在他看出最初以為是雄黃的沉澱物,不一定對了;實在是由於另有別種金屬作怪,這種金屬,或者還是新的,牠所有的性質,以為是和砷質很相似。他們想解決這種問題,於是他

們在數天內，即將西利西亞的氧化鋅和雄黃類似的沉澱物，以及由其中所取出的金屬，都寄來給我，要我對於這些東西作一仔細考察，尤其是要特別注意的，試看其中是否含有砷質。

斯多倫耶接到他們寄來的標樣後，仔細實驗的結果，即發現赫爾曼和洛羅夫兩人由西利西亞取來的氧化鋅中提出的東西，正似他由薩爾基特處提出的，完全是屬於同樣的物質。

我以為西利西亞的氧化鋅中所含有的那種金屬（他說），就是我從前發現的那種了；使硫化氫氣體通過時，能使牠成黃色的沉澱物，正與雄黃所有的顏色相同，所以在當時我很相信其中是含有砷質了。後來多做幾次實驗，都是得到同樣的結果。於是我立刻將實在情形，用書信告訴赫爾曼曉得；同時我亦將實在情形，向醫學顧問洛羅夫報告，他給我的信是前天收到。

這種發現，對於赫爾曼固然是大有益處，就是他可以將他的舊業，即藥物製造所，恢復過來，蔚然成原有的興旺景象，同時對於斯多倫耶亦是討了便宜不少，就是對於這種新金屬和牠的化合物的性質，可以有機會多從事於研究了。因為這種新金屬，常和鋅在一起，所以他名之為鋇（cadmium），原義是從一種鋅礦，名字叫做 Calamine 脫胎過來的。他從事於研究這種新金屬時，曾得到兩位學生的幫助不少，一位是畢倫斯威克（Brunswick）的馬泥（Mahner），

另一位是漢斯堡(Hamburg)的西門子(Siemens)。

當斯多倫耶正在研究鑄質時，另有哈勒(Halle)的雷斯尼(Meissner)和柏林的卡斯騰(Karsten)兩位先生從未曾預聞過斯多倫耶、勒羅夫和赫爾曼的工作，各分開獨立研究，亦發現鑄質了。

在一八一七年或者就是斯多倫耶發現鑄質的那一年，他得到公爵顧問的榮譽銜頭了。後來他發表了許多關於礦物學和化學的論文，又在大學校中盡心教書多年，於一八三五年八月十八日，死於他自己生長的城中。這座故鄉城，亦是他多年服務的場所。

第十一章 利用鉀、鈉分出之元素：銻、鈦、銻和鈦

鈦族各種金屬礦石，散佈於天然界很廣。在一七八九年間，德國化學家克拉普洛特。從錫蘭出產的風信子玉礦(zircon)中，分析出氧化銻(zirconia)。過後兩年，又有英國牧師格列高(Gregor. W.)，在他教區內的康瓦爾，發現一種黑砂，命名為“Menachanite”，其中尋出有氧化鈦(titania)的成分，但他的發現，不為當時的一般科學家所重視，不久就為人忘記了。再過四年後，克拉普洛特始從匈牙利出產的紅電氣石中，再發現出氧化鈦，乃命名為 Titanerde。又在一八〇三年，希星格和柏濟力阿斯正在考察瑞典的 Bastnäs 重石，即今日所稱的銻礦(cerite)時，乃由其中發現出氧化銻(ceria)。而本族元素中之最後一種土質，所謂氧化鈦(thoria)的，是在一八二八年，柏濟力阿斯從挪威海濱以外的一小島上所出產的黑花岡岩礦中找得之。因銻、鈦、銻、鈦四種金屬，比較不易分離，故須要各種的不同方法，始能把牠們分析出來，比方利用猛烈的還原劑如鈉和鉀，就是其中之例。

.....

在於短期間，化學一門科學的進步，其速率比任何智識為快。

銻

鉛之礦石，散佈於自然界甚廣，且牠為世人所採用，已歷數世紀了。聖約翰既有說到風信子石，是十二種寶石之一種。可用來裝飾四方城之牆基。

古人雖常用風信子玉為凹彫刻的寶石，以及中世紀時已曉得風信子石(hyacinth)和暗黃風信子石(jargon)之可貴，但這類礦石中，裏面含有一種新金屬，從未有人注意到，直至於十八世紀的末期。氧化鉛在當時被輕視忽略的原因，實由於牠和氧化鋁過於相似之故，這是有待於克拉普洛特的分析本領，纔能把牠區別出來。在一七八九年，他分析錫蘭出產的鉛礦，發現其中含有多量的一種新金屬，他即名之為 Zirconerde，即今日英文中之氧化鉛。從前分析過鉛礦的人，大抵錯誤百出。比方舉一個著名的例：柏格曼分析錫蘭出產的風信子石，所得的結果，報告如下：

氧化矽	氧化鋁	氧化鐵	石灰
25%	40%	13%	20%

但克拉普拉特分析同樣的礦石，所得的結果却是

氧化矽	氧化鐵	氧化鉛
25%	0.5%	70%

不久摩爾烏 (Morveau, G. de) 和凡格靈兩人即證實他的結果。此種礦石就是今日大家所知道的矽酸鉛 $ZrSiO_4$ 。

至一八〇八年，大衛想利用電流使氧化鉛分解，結果沒有成

功。但到了一八二四年，柏濟力阿斯將乾燥的鉀和氟化銻鉀的混合物，盛於一小鐵管中，此鐵管又放入鉛鍋內，然後加熱，結果便得到銻質。他提取這種金屬的方法，是待作用完成時，靜俟鐵管冷卻，置於蒸餾水中，以後所有各種手續，可引用他自己的話來說明：“由鐵管中倒入蒸餾水中的物質，待鹽質完全溶化後，黑色粉即畢露於眼前，同時也有少量的氫氣放出……似此製得的銻質，很容易沉澱分出。此可以用水洗滌及乾燥，即不至於有氧化作用發生。其形狀似黑色的木炭，既不能把牠壓成塊片，也無金屬的光澤顯露出來。”

用柏濟力阿斯的方法製得的銻質，雖不甚純粹，其中雜有氧化銻不少，但他選取材料，却合乎科學的法則。後來有不少研究家，如威斯(Weiss L.)、璃曼、衛德金(Wedekind)及梅瓦散諸人，繼續去努力工作，漸次製得比較更純粹的銻質。到了最近一九一四年，有荷蘭愛和汶(Eindhoven)的金屬電燈廠的原料研究員漢布格(Hamburger)和里利(D. Lely)兩人所得的金屬，純度竟達100%。他們所用的方法，是將四氯化銻和鈉質的混合物，盛在彈殼中，用電通過，使受熱而起分解作用。似此製得的金屬，形如鱗片狀，但可壓為棒條，拉做細絲，或磨成鏡般光滑的表面。

不過這種元素著名的地方，在於牠的氧化物。因為牠的氧化物用以塗在冶金爐中的內壁時，一則能經耐高溫，二則可經久用；又因為牠的熱傳導性很小，故可塗得很薄。若用之以製造坩堝等物，

不特能耐高熱，礦滓與酸等種種的侵蝕作用，且在熱至紅熾灼時，即投入水中，亦不至有爆裂的危險。

鈦

英國牧師中，曾發現過新元素的，前有普利斯特利，後有格列高，可以說是先後媲美了。這位後來的牧師，在一七六二年生於康瓦爾，幼時曾在布里斯它爾(Bristol)及劍橋兩處上學，預備將來做一牧師，成績斐然可觀，尤其是對於數學和文學兩科，負有盛譽。他初時在接近於托特涅斯(Totness)的得特福德(Deptford)及得文郡(Devonshire)的布勒頓·克羅夫里(Braton Clovelly)兩處擔任牧師職務。最後即調近康瓦爾格蘭邦(Grampond)的克里德(Creed)做牧師。

他對於英國的各種礦石，富有研究的興趣，因此他分析各種礦石的技術，亦極熟練，國外人士，如柏濟力阿斯等稱他為世上稀有的礦物學家。他是康瓦爾皇家地質學會的創辦人，又是該會的名譽會員。他所分析過的下列礦石：如碳酸鋇、黃玉、銀星石、鈾雲母及本地出產之砷酸鉛等種所有的工作，得世人稱譽不少。

在他分析過的各種礦石中，他視為最有興趣的，就是一種黑磁鐵砂。這種礦石出產於他教區內的米拿現(Menachán)山谷中。他所著的那篇論文，載於一七九一年的克累爾斯年報(Crelles Annalen)，論文之前，附有編者的介紹文，如：

格列高寄給我這篇論文，登於年報上，我是覺得十分榮幸，應該向他道謝。今由我的長兒卡爾 (Carl) 譯成德文，俾德國分析化學家，可以得飽眼福。

論文開場，略述砂質，如：

這種砂質 (格列高說)，在康瓦爾州的米拿現教區的一山谷中，出產很多。谷中有一山溪，橫流其間，其源出自龔喜爾里 (Gonhilly) 山。砂質是黑色，由表面上看去，好似火藥一樣。牠的大小，固然是參差不齊，就是形狀，也不一致。砂質裏面混雜有乾燥白砂，此種白砂粒，比之黑砂，更為美觀。……格列高分析得黑砂的成分，是：

磁鐵	氧化矽	櫻紅灰	損失
$46\frac{9}{16}\%$	$3\frac{1}{2}\%$	45%	$4\frac{15}{16}\%$

將此櫻紅灰溶於硫酸中，即成黃色溶液，若受鋅、錫或鐵還原後，即變為紫色；若再將磨碎的灰粉與木炭粉一齊熔化，乃得紫色的殘渣。

格列高謙讓的說，他的研究工作，還沒有完全成熟，所發表的論文，不外是一篇斷片事實的記錄，至若如何說明問題，尙有待於靈巧的技術家和高明的哲學家去解釋。他將黑砂的事，告訴他的朋友和琴茲 (Hawkins, J.)，並得這位友人同意，說他的黑砂，一定是一新礦石。

有了這位那樣有名的礦物學家的意見（格列高說），以及此種砂的特殊性質，使我相信牠必含有一種新金屬了。爲着區別牠與別種物質不同計，故我大膽地以牠出產的地名，即米拿現教區，來名這種新金屬爲 Menachanite。

他還小心地聲明，謂他日或有其他化學家的研究，可以解釋這種礦石的特殊性質，並將其中的新奇處，完全揭露出來。只可惜他有種種職務在身，牽制不能繼續研究那種黑磁鐵石砂。那種黑磁鐵石砂，即今日我們所知道的鈦酸鐵 FeTiO_3 。說來奇怪，他的報告發表以後，引不起他人的注意，所以這種鈦質，與碲質一般，就很快的爲人忘記了。

格列高患了肺癆病，經過了長期掙扎的痛苦後，即於一八一七年六月十一日，死在克里德地方。自他死後，湯姆孫有一次提及他，說：

康瓦爾的格列高，是一位精細的人。他專門從事分析化學，分析工作雖然不多，但所得的結果，都是精確無匹。可惜他早年夭折，以至科學界不能多得他的幾分好處。

格列高的摯友，透利斯特 (J. Trist) 是華揚 (Veryan) 地方的著名牧師，他對於格列高熱心基督教義務的情形，曾這樣說過：“他在教區中服務時，所有教區的人民，對於物質和精神兩方面，都得到他的許多幫助；而且他的使人快樂和領益的談話，也寬展了他的

朋友們的心田。”

讀者恐怕還記得這位有名的化學家克拉普洛特罷，他是第二次發現碲質的人，對於首先發現這種元素的翁賴顯史坦，仍然推崇備至，將發現碲的榮譽，推在他身上。其次格列高的發現，既被人忘記，而今又為克拉普洛特再次發現出來了。在一七九五年，維也納的符本(Würben)伯爵，贈送克氏一塊匈牙利波日克(Boinik)出產的紅電氣石 (red schorl)，他把牠分離出一種新氧化物。這種新氧化物，從表面看去，與格列高從前由康瓦爾出產的 Menachanite 中分出的，十分相似，於是他再取 Menachanite 來分析，以便將二者作一比較，他在下面說過：

康瓦爾州的米拿現教區，出產有一種礦石，稱為 Menachanite 的，內部含有灰黑色的砂質，並有磁性作用，牠為人所注視，已有好久的時期了。米拿現的格列高，甚喜研究礦物化學，他不特是 Menachanite 礦石的發現者，且對於此種礦石，將平生研究的結果，記錄下來遺給我們。他的主要結果，謂在 Menachanite 中的成分，除鐵質外，尚有一種未知性質的金屬氧化物。我對於此種礦質，亦曾經過相當的研究，所得的結果，就是 Menachanite 中除鐵質以外，那種未知性質的第二種主要成分，實與匈牙利的紅電氣石中所有的主要成分，完全無異。那就是氧化鈦罷。此種見解，從大體而論，與格列高考究

Menachanite 時所有記錄下來的結果，可互相適應。

克拉普洛特何以名此種新金屬爲鈦質，是有他的奧妙理由存在的：

這種新發現的元素(他說)，是有牠的奇特的性質，必須有一種名稱來稱呼牠，以表示牠和其他物質有別。我以爲最好的方法，莫如檢取一個“顧名思義”的命名，來稱呼某一種新元素，方纔不至使人生出許多誤會來。爲其如是，所以我援引命鈦名的例子，借用神話上的名來名這種金屬。這就是用地球神的長子 Titans 之名，來名這種新金屬爲鈦(titanium)。

克拉普洛特、凡格靈、路斯及其他諸人，都想設法把這種金屬分離出來，但是均歸失敗。至一八二二年武拉斯吞在麥忒·塔德維爾(Merthyr Tydvil)鐵廠的鐵渣中，找出一小塊的立方結晶體，疑是那種金屬。但烏勒在一八四九年，證實牠不是粹純的金屬，乃是一種氮化物與氟化物的混合物。又後來到了一八二五年，柏濟力阿斯曾用鉀還原氟鈦酸鉀 K_2TiF_6 ，製得不純粹的金屬鈦粉。因爲他所得的黑粉，表面看來，雖有金屬的性質，但不能溶於氟酸中，這是一極好的證據，證實其中所含的金屬鈦，是十分稀少。

在一八四九年，烏勒和得威爾二人，曾再應用柏濟力阿斯的方法，欲製得純粹的鈦質，不過他們所用的坩堝，是用蓋蓋好，可以避免和空氣接觸，結果製得的金屬，亦是不純粹，仍雜有氮化物，於是

他們乃將鉀與氟鈦酸鉀，盛於小坩堝中，在氫氣流中加熱，使之還原。他們以爲如此，即能製得純淨的鈦質。後來結果製得的黑粉，放在顯微鏡下觀察時，是有金屬光澤。在烏勒與得威爾二人的意見，以爲這就是純淨的金屬鈦質，不過依據索通 (W. M. Thornton, Jr.) 的意見，却以爲他們還是以氮化鈦認爲鈦質。

在一八八七年，尼爾孫 (Nilson, L. F.)，柏特孫 (Pettersson) 二人，用鈉還原四氯化鈦，在一不透空氣的鋼筒中舉行，結果獲得金屬，牠的純度，是有95%。後來梅瓦散在電爐中，使不與氮矽二種物質接觸，乃製得僅含碳2%的鈦質。

在一九一〇年，罕特 (Hunter, M. A.) 改變尼爾孫與柏特孫二人所用的方法，用純淨的氯化鈦和鈉質，同盛於鋼彈中，其容積爲1000c.c.，且能支住四萬仟克的壓力者，然後加熱，使起分解作用。彈蓋即蓋在軟銅製的填隙環上，以六條韌帶支繫住。當溫度漸次昇至低紅熱時，彈內即起猛烈的反應。反應後所有之氯化鈉，即用水洗去之，而純粹的鈦質，就可以分出了。

因爲氧化鈦 TiO_2 的曲折率很大，故可做一種上好的白色不透明的塗料。金屬鈦亦能與鐵化合，成爲鐵鈦合金，此可用之以除去鋼中所有的空氣泡，使鑄鋼不含小孔。似此藏在格列高的教區內的砂土中的金屬，歷了數世紀之久，現已成爲人類的用品了。

鈾

瑞典有一個富翁，原名叫希新 (Hissing, W.)，但後來發達了，他就被稱為希新格，在西棉蘭 (Westmanland) 地方，他擁有著名的利達拜爾丁 (Riddarhyttan) 財產，以及巴斯特內斯 (Bastnäs) 礦產；在此礦產中，他曾發現過砷石。他生於一七六六年十月二十八日，幼時即喜研究瑞典出產的各種美麗礦石。當他十五歲時，就將那有名的砷石寄給著名的社勒，請他分析，結果獲得他的回答，謂其中不能獲得何種新元素。這是證明鼎鼎大名的化學家，有時也免不了錯誤。但依據諾登瑟德的意見，說這種錯誤，是很可原諒的，因為那種礦石的標樣，實不易選取，雖然採用近代分析方法擇取標樣，有時亦不免有落空的毛病。

柏濟力阿斯對於砷石，曾說過下列一段話：

靠近西棉蘭的巴斯特內斯鐵礦洞，現已停止開採，其中藏有一種礦石，牠的比重特別大，當時之人，稱之為巴斯特內斯重石，社勒想從其中採取鎢質，結果沒有成功。後來便無人去研究那種礦石，直至一八〇三年，克拉普洛特、希新格和我，方纔同時去考察。結果我們找出其中是含有一種新物質，克拉普洛特名牠為 Terreochroite。希新格和我則稱牠為氧化第一鈾 (cerous oxide)，因為牠還有一種高級的氧化第二鈾。這兩種氧化物所成的鹽質，顏色和性質，都各不相同。鈾 (cerium) 名之來源，是從新近發現的星球名字 Ceres 引伸得來的。克拉

普洛特即改稱爲 Cererium，但此名不久就被人擯棄不用。那種重石的主要成分，是矽酸第一鈾，故稱之爲鈾石 (cerite)。後來又在別處出產的礦石，例如加多林石、阿第石 (orthite)、褐簾石 (allanite)、釷鈾石 (yttrocerite)、氟化第一鈾等種中，都尋出含有鈾質。

柏濟力阿斯與希新格分析鈾石的主要目的，在於尋出氧化釷，蓋在社勒與德利友亞二人分析鈾石時，還不知道有氧化釷一物，故無從注意及之。不過柏濟力阿斯與希新格分析鈾石的結果，亦沒有得到氧化釷，只有新發現出鈾土 (earth ceria) 罷了。

烏勒在他著的“一位化學家的早年回憶錄”上，對於希新格的家庭，曾有過一段很微妙的敘述：

我們在法蘭停留五天之後 (他說)，隨即趕到斯琴開提堡 (Skinnskatteberg) 的希新格的地產那裏去，再由此進行二十四小時後，於一天下午達到目的地，遇見柏濟力阿斯。這位可敬的，溫和的，及最天真的希新格，對於瑞典的植物學和地質礦物學有很多貢獻，又對於柏濟力阿斯初學時，曾慷慨幫助學費等，是爲大家所熟聞和稱道的事，他現在即住於此處，有廣大森林、花園與鐵礦洞圍住的一所住宅中，過着帝王家庭一般奢華的平常生活，我們住在裏面，歷時一週，以一部份的時間，消磨於考察他所收集的物品，用吹管去實驗那些未知的礦石，

以及朗讀我所譯的希新格著的礦物誌。有時柏濟力阿斯與希新格伴着我到利達拜爾丁礦洞去旅行，該處只有巴斯特內斯歇(Bastnäshaft) 礦洞，纔有鈾石出產。是時該礦洞早已停止開採，我們在烈日之下，收拾有百餘種特異的鈾石與褐簾石的標樣。

希新格實是一瑞典特出的礦物學與地質學者了。他死於一八五二年六月二十八日，享年八十有五。

瑞典的建恩與法國的凡格靈，都想製造金屬鈾，結果均歸失敗。摩散達製得無水的氯化第一鈾後，即使之與鉀蒸氣起作用，然後將殘渣，用冷酒精洗滌，獲得一種櫻色的粉末，後來磨擦使之光亮變為有金屬光澤的鈾質。不過似此製好的鈾質，仍然距離純品很遠，因為其中還有許多氧氯化鈾質。至一八七五年烏勒、喜烈布藍德(W. F. Hillebrand) 與諾吞(Norton)，最後用電去電離熔化的氯化第一鈾，首先製得成團的鈾質。後至一九一一年希爾士博士(Dr. Alcan Hirsch) 製得電解鈾質，其中僅含雜質2%(是氧化鐵、氧化鈾與碳化鈾)。他精鍊此粗鈾質的方法，是使之變為汞齊，然後將汞齊盛於中空而裏面塗有氧化鎂的石英管中，使汞蒸發，製得鈾質。這種費力工作，他在威斯康星大學研究，足足化去三年多的時間。

鈾與鐵能結合成一種特異的自燃合金，就是將此種合金，一經

磨擦，即有火花放出，故可用之以製造自動生火機器。

鈳

柏濟力阿斯於一八一五年，分析法蘭的一種稀少礦石時，即發現其中有一種新金屬的氧化物，乃名之爲鈳 (thorium)，蓋所以用之以紀念古代斯干的那維亞的神名 Thor。過十年後，他再去分析此種稀少礦石時，又以爲從前誤認爲新金屬的，實是磷酸釷。他十分喜歡鈳之一字，至一八二八年，他再發現一種新元素時，仍用原名名之爲鈳了。

他發現了鈳質的情形，據他自己說：

我曾做過挪威布衛 (Brevig) 鄰近的羅霍 (Lövö) 島上的黑花崗石的實驗。厄斯麥 (Esmarck) 牧師，最先發現此黑花崗岩石。他是教會大學的名教授貞斯·厄斯麥 (Jens Esmarck) 的兒子。他將標樣寄給我，囑我去考察，謂其比重特別大，以爲是一種銻礦。此種礦石，表面看去，是黑顏色的非結晶體，完全好像由亦脫拜得來的加多林石一樣；其外層有時蓋上一層銹色的薄皮。

此種礦石，即今人所謂鈳石 (thorite) 的了。其中主要成分爲矽酸鈳 ThSiO_4 。

鈳質與本族其他各種金屬所有的性質相似，很不容易分離出來。柏濟力阿斯曾用鉀與氟化鈳鉀的混合物，盛於玻璃管中加熱，

製得不純粹的鈾質。後來里利札與漢布格二人，也曾用鈉與氯化鈾盛在不透空氣的鋼筒中，舉行蒸餾，製得含量 99% 的鈾質，且成整個的金屬塊。說來奇怪在本族中的鈾、鈾、鉛及鈾四種，都是利用大衛所發現的鹼金屬去分離出來的。

一八九八年，巴黎居利夫人和蒙斯德 (Münster) 大學的斯密特教授 (G. C. Schmidt)，各不謀面的分別發現出鈾、釷兩質，甚為相似，均是一種放射元素。自有此種放射元素發現後，於是大開放射元素之門，不久即有一套的各種放射元素，相繼發現。即今日說到放射元素，仍然是首推鈾質為開宗明義者。關於放射元素的發現史，暫時保留不講，俟待下章再述。

第十二章 利用鉀、鈉分出之他種元素：鉍、硼、矽和鋁

鉍之發現，由於阿霍尹觀察綠玉石(beryl)與綠柱石(emerald)的結果，謂此兩種礦石十分相似，疑其屬於同種物質。自有他的建議後，凡格靈乃細心分析此兩種礦石，結果在一七九八年他找出這兩種礦石，原來同是一物，且其中含有一種新金屬，乃命名為氧化鎔，即今所謂氧化鉍的了。再過後三十年，烏勒與布西纔分離出此種金屬。至一八〇八年，法國的給呂薩克與提納，以及英國的大衛用鉀還原硼酸，分得硼質。柏濟力阿斯於一八二三年，首先製得粉狀矽，但結晶矽又還過後三十年，纔由得威爾利用電解方法製得之。鋁質是在一八二五年，由丹麥的物理學家厄斯忒德 (Oersted) 最先分出，又過兩年後，烏勒應用比較良好的方法，亦製得鋁質。不過這種重要的金屬，能在商業上製造，是完全歸功於得威爾、荷爾 (Charles Martin Hall) 和赫洛特博士(Dr. Paul L. T. Héroult) 三位科學家了。

但因說明新現象，就使我的擔心與憂慮除去了，又當其尋出一種重要的研究時，實使考察者心花怒放，不勝其喜慰之至。

鉍

論到鉍的發現時，福洛克曾說過：“鉍之發現的源泉，不能不歸功於幾何學的一大部份力量。因為我們可以說，先有幾何學後，方纔有鉍的初期觀念，如果沒有幾何學，就再過若干時間，恐怕仍然沒有人能得到鉍質；蓋當時祇有克拉普洛特的綠柱石分析和丙希恩的綠玉石分析的結果，若無阿霍尹說這兩種礦石的幾何形狀全相同的話，還不能引起後人想到再去研究這種問題。”

克拉普洛特分析秘魯綠玉石的結果，找得其中含有下列各種成分：

氧化矽	氧化鋁	氧化鐵
66.25%	31.25%	0.50%

他能獲得那樣貴重的寶石來做分析的材料，據他自己說，是“我不能不致謝於皇子加利特星 (D. Gallitzin)，賜給我綠柱石以為分析的材料，他是一位有名的熱心研究礦物的學者。”

柏格曼、阿沙 (Achard)、丙希恩及凡格靈，均分析過綠玉石，謂此是一矽酸鈣鋁化合物。其實綠玉石與綠柱石是完全相同的物質，不過從前沒有人注意到，直至法國著名的礦物學家阿霍尹出來，方纔由這兩種礦石的結晶形狀及物理性質上，看出實是相同的物質。於是他即囑托凡格靈去做化學分析實驗。

凡格靈起先亦沒有看出這種新金屬的原因，實由於其性質與氧化鋁的十分類似，至一七九八年，他始找出綠玉石酸溶液，加入

氫氧化鉀溶液後，所沉澱分開的氫氧化合物，不能溶於過剩的酸液中，也不能變成膠質溶於碳酸鈣液中，以及其鹽類含有甜味，這都是與氧化鋁所有的性質，完全相異的地方。他的論文於一七九八年二月中旬，即革命月曆開始後的第六年五月二十六日，在法國科學社宣讀，證實綠玉石與綠柱石有同樣的成分，即含有氧化鋁，及一種新金屬；後並將所用的試樣贈一份給法國科學社保存。此種新金屬後由理化年報的主筆的建議，命名為氧化銻 (glucina)，意即甜也。綠玉石標樣是由柏靈 (Patrin) 供給的，他是熱心提倡科學的人，甚為科學界所重視。

凡格靈以為柏格曼對於綠玉石的化學性質，發生之錯誤見解，完全由於他自己不大願意，將“全副活動的心靈，應用到繁瑣的實驗上去”。譬如柏格曼，即丙希恩亦然，都是將實驗完全付托他們的年輕學生去做，結果這般學生雖然看見新物質，亦不能辨別出來。按丙希恩分析綠玉石的結果，其中含有氧化矽 68%，氧化鋁 27%，石灰 8%，又鐵 2%，其總量成分為 101%。

當凡格靈已發現銻與氧化銻後，再去分析秘魯綠柱石時，所得的結果，和他自己以前分析得的，以及克拉普洛特所分析得的，都是大不相同。他最後分析得的是：

氧	化	矽	64.60
氧	化	鋁	14.00

氧	化	鉛	13.00
石		灰	2.56
氧	化	鉛	3.50
水	氣	或	揮
發	性	物	
總			數 99.66

後來格米林分析西伯利亞的綠玉石，乃證實凡格靈所得的結果，大致不錯，但其中不含石灰，只含有氧化矽、氧化鋁、氧化鉛及少量的氧化鐵。

因為氧化鉍所成的鹽類，和氧化鉛所成的鹽類，都是有甜味，克拉普洛特為分別起見，所以特名後種為氧化鉍，即至今日，亦仍採用此種名稱。而今可明白綠玉石與綠柱石都是矽酸鋁鉍 [$\text{Be}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_3)_6$]了。

最先分出金屬鉍的是烏勒和布西兩人。他們分別利用鉀和氮化鉍的作用，製得鉍質。烏勒取板狀的鉀質和氮化鉍互相交換安放在鉑坩中，然後將坩蓋蓋住，熱於酒精燈之上，不久即有猛烈的反應發生，鉑坩亦燒至白熱了。靜俟反應完結，反應物冷卻時，他即將坩蓋揭開，放入多量的水中，灰黑色的鉍粉即分出。後來烏勒又仔細考察所得的鉍粉，知其由無數的金屬微粒合成，且可以磨擦成黑色的金屬光澤。不過他想使其熔化成錠，結果却是失敗了。

首先利用電離方法製得純粹鈹的，是法國的化學家勒波 (P. Lebeau)。他將純粹的氟化鈹加入於氟化鈉或氟化鉀中，使成傳電後，即盛在鎳坩中。複氟化鹽先用本生燈火燒熔，次將陽極碳棒放在氟化物的混合物中，而鎳坩即與陰極相接觸，以電壓八十的二十安培的電流通過其中。約不到一小時後，即看見有結晶的鈹附着在鎳坩上。後來將所得的鈹質用水及無水乙醇洗滌後，放入真空的乾燥器中（內含有五氧化磷的）乾燥之。結果勒波獲得純度 99.5 到 99.8% 的鈹質。這種研究變為他於一八九八年六月得博士學位論文時用到的材料了。

因為鈹與鋁的合金，是很強硬，輕便，又不容易被侵蝕，故為製造飛機必需的原料。又因鈹礦分佈於天然界甚多，將來需要增加時，其價格或者還可以減少些。

硼

到了十九世紀初年，硼酸屬於何種物質，還是一個啞謎。拉瓦節以為其中是含有氧，並將硼酸根列在他所擬的元素表中。至一八〇八年，法國有給呂薩克與提納及英國的大衛，最先證明硼酸成分，他們都是用鉀還原硼酸獲得一種新元素，法國化學家即名之為 bore，而英國的大衛即稱之為 boracium。

給呂薩克於一七七八年十二月六日，生於里摩日 (Limoges) 鄰近的聖李阿納 (St. Léonard)。他比之大衛的年歲，先出生十一

日。他在聖李阿斯受完初等教育後，即到巴黎上學，至十九歲時，即正式爲工藝專門學校的學生，而此時即與他後來彼此長久相愛而且同伴工作的提納認識了。

不久他在專門學校中，結識柏多勒特，彼即對他說過下列的話：

“年輕的人兒，這是你的命運帶來要有發現的了。”他有過一個時期，和柏多勒特的兒子，同在亞舅西盧

(Arcueil) 製造廠中做應用氯漂白亞麻布的工作。後來至一八〇二年的新年一天，給呂薩克即就工藝專門學校的助教職，從那時起他時常代替福克洛講授化學的功課了。

二年以後，給呂薩克與俾奧二人，曾冒險乘氣球上昇雲表中，去研究高空空氣中的磁力性質及其化學成分。有一次他們上昇至七〇一六米處，仍然還想上昇，給呂薩克乃將氣球中的小物件，向外擲下，以便減輕氣球的重量。而一般在田野間的女牧童，看見有白色的粗木凳從天空中落到叢林中，都不勝驚怪了，即老農夫聽見一般女牧童說的奇事時，也是不能說出道理來，以爲上天如果有凳



給呂薩克 (Joseph Louis Gay-Lussac, 1778—1850)

法國工藝學校及植物園化學教授。與提納合作不用電池製得鉀質，又分得錒質。一八〇九年給呂薩克乃發表其著名的氣體化合定律。

子從空中直接降落，則牠所有的工作，必然是不會那樣粗笨吧。

給呂薩克曾與洪德傑同到意大利遊歷及研究學問，及後回到法國，即在工藝專門學校，與提納共做長期的研究工作，提納是一個木匠的兒子，於一七七七年五月四日生於諾戎森內(Nogant-sur-Seine) 鄰近的盧提亞(Louptière)。他在本鄉的牧師處受完全初等教育後，即到巴黎去專攻化學，苦學三年，乃始獲得凡格靈和福克洛諸大化學家的青眼看待。福克洛曾周濟過一位在幼年貧窮無可告訴的農家子凡格靈，而今凡格靈已飛黃騰達，乃轉而資助提納可得巴黎教書匠的恤金了。給呂薩克與提納於一七九八年，在工藝專門學校認識，不久他倆都擢升為教授。



提納(Louis Jacques Thenard)

1777 1857

大衛分離鹼金屬的方法，於一八〇八年傳到巴黎時，拿破崙即刻供給給呂薩克與提納二人一種電流很強的高壓電池，但在此種電池裝置完畢前，他們已找出別種製鹼金屬的方法，即利用鐵質在高溫時，去還原苛性鹼，這種法人新發現的製鹼方法，大衛亦認為比他

法國工藝學校化學教授。二氧化二氮之發現者。與給呂薩克合作，共同研究鉀、碲、碘與氮等元素。又對於脂肪酸、醴與醴等，亦有研究。

自己發現的方法較為完善。而法國化學家即用他製的鉀質，想去還原硼酸。

給呂薩克與提納的實驗摘要。於一八〇八年六月二十一日，即在學校中宣讀。其中說到從鉀與硼酸所起的反應上面看來，唯一可以解釋的地方，就是說酸中含有可燃燒素與氧兩種物質。給呂薩克於宣讀論文時，因為實驗發生爆炸危險，以至受傷很重，幾乎把眼睛炸壞了。

給呂薩克與提納二人，為確定證明硼酸的成分計，不特把硼酸分解以後，就算完結，且又設法綜合成硼酸。據他們於同年十一月三十日在理化年報上發表的論文，說“硼酸成分的問題，已經解決。我們不特能分解硼酸，且亦能綜合得硼酸。”他們所用的方法，是：

為分解硼酸計，乃用等量的鉀金屬，和純淨的透明硼酸，盛於銅管中，此銅管即與一灣曲的玻璃管相接。然後把銅管放在小火爐上，玻璃管之末端，即插入水銀瓶中。一切儀器，已經預備就緒，即將銅管徐徐加熱，熱至低紅熱；保持這種狀態，約過幾分鐘；待反應完結時，將火取去，靜俟瓶中物質冷卻，和取出來。

給呂薩克與提納將實驗時的情形，作詳細的敘述如次：

當溫度熱至 150 度時，混合物忽然灼熱得十分利害，如果用玻璃管時，就有驚人的事體發生了。因為熱力生出很多，可

稍許使玻璃管熔化，且有時候即行爆裂，而裏面的氣體，即從裂口中急速的噴出。實驗的開始到終結，只有空氣和少許的氫氣放出，氫氣的分量，約爲用同量的鹼金屬與水起作用所放出的氫五十分之一。當鉀質用來分解硼酸之一部分，互相起反應時，即得橄欖灰色的鉀、硼酸鉀及硼酸根的混合物。然後加水少許，溫煮片刻，去吸取管中的混合物，而硼酸根即行分出，此可用冷水或熱水去洗滌乾淨。不能溶解於水中的一部分，就是硼酸根了……。

將所得的新“根”，在氧中燃燒，或者最好莫如用氧化劑去氧化牠，比方用氯酸鉀、硝酸鉀或硝酸，給呂薩克與提納，即獲得人造的硼酸，現該種標樣，仍然保存於學校中。他們獲得實驗結果後，即斷定“這種新物質，我們現在叫做 bore 的，是有一定的性質，可列在碳、磷、硫等元素一類中；當牠變爲硼酸時，是需要氧素很多，但未變成硼酸前，必先變爲氧化硼，這是可以斷言的。”

次年給呂薩克對於化學界，更有重大的貢獻，即發明那很有名的氣體化合定律。以後他即在工藝專門學校及植物園兩處擔任化學講座。庫耳他(Courtois) 於一八一一年發現碘質後，給呂薩克與提納即繼續研究碘的性質，將研究所得結果，刊諸報告書上，雖今日的一般化學家，亦仍十分重視這種報告。給呂薩克於一八五〇年五月九日死在巴黎。大衛有一次稱譽他說：“給呂薩克是靈敏、活

潑、慷慨、謙讓、兼有智巧心思及熟練手術的一種人，所以我要推崇他爲近代法國化學界中的第一流人物。”

提納與給呂薩克共同研究無機化學，有許多貢獻外，即他後來一人對於有機化學的研究，亦是不少。他比他的著名同夥，較後七年逝世，即死於一八五七年六月二十日，享年八十歲。自他死後，他同居的鄉人，爲紀念他計，將鄉名改爲拉·勞特亞·提納 (La Louptière Thenard) 了。

大衛分離硼的方法，與法國化學家所用的方法，十分相似。當他專心研究鹼時，也曾把電流通過硼酸中，結果在陰極部分發現有黑色可燃燒的物質，但他在那時候沒有留心去考察牠罷了。次年他將硼酸與鉀的混合物，盛在銅管中，然後燒熱，熱至紅熾灼有十五分鐘。結果他找出鉀質既完全沒有了，只有橄欖灰色的粉末，遺留在銅管中，這種灰色物質，對於酸及水，均不起作用。大衛研究這種問題所發表的論文，是在一八〇八年六月三十日，宣讀於皇家學會。

矽

大衛雖然明白氧化矽不是一種元素，但他利用強電流無法使牠分解，即用鉀蒸氣通過紅灼的氧化矽，亦不能使牠分解。後來給呂薩克與提納發現四氟化矽與鉀的混合物，受熱以後，即能起猛烈的化學作用，餘剩下來的，是一種櫻紅色可以燃燒的固體。這或者

是那種不純淨的無定形的矽質了。

柏濟力阿斯用氧化矽、鐵與碳的混合物，熱至極高的溫度時，即製得矽化鐵。將鹽酸加入於矽化鐵中，使分解成氧化矽，沉澱分出，同時有氫氣放出，但其分量，比之以專用鐵所得的較多，這是明白表示其中另含有別種金屬了。

至一八二三年，柏濟力阿斯最後看出那種類似金屬的物質，是由氧化矽中得來的，同時用兩種不同的方法，製得其無定形體。其中第一法即用鉀質，熱於四氟化矽的蒸氣中，此即是給呂薩克與提納用過的方法，於是獲得櫻色的物質，將此櫻色的物質置諸水中，即有氫氣逸出，而新元素矽即沉澱分出，成爲櫻黑色的粉末，其中雜有多少難溶於水的氟矽酸鉀。大衛、提納與給呂薩克諸人，雖然在先都製得有那種櫻色的粉末，但只有柏濟力阿斯一人纔有耐心，把其中所有氟矽酸鹽，經過長期洗滌，以至洗淨爲止。

柏濟力阿斯製矽的第二種方法，就是將氟矽酸鉀和過剩的鉀質，熱在一齊，結果先製得矽化鉀，然後加水，使之分解，獲得無定形的矽質，沉澱分出。據他自述說：

沒有別種物質，比製造這種物質還要來得容易，下列所述的，就是我所採用的方法：先將氟化鉀或氟化鈉與氟化矽的複合物，熱至幾近於紅熾灼，逐去其中的水氣後，即盛於一端緊閉的玻璃管中。此時將鉀質碎片倒入玻璃管中，經熔化與輕輕

敲擊，使與管中的物質混合均勻。於是用酒精燈加熱，當未熱至紅熾灼時，即見管中的物質，微微爆炸，同時矽亦被還原了。俟至管中物質冷卻時，即倒入水中，使其中溶解的物質，完全溶解為止。初時見有氫放出，最後製得不能存在水中的矽化鉀了。

洗滌後的物質，即是矽化氫，熱至紅熾灼時，即能在氧氣中燃燒十分猛烈，不過矽質是不能完全氧化的，然後盛在有蓋的鉑坩堝中，徐徐熱至紅熾灼。此時只有氫受氧化，而矽則不起燃燒作用，但牠與氯則易起作用。其中雜有少量氧化矽，可用氟酸溶解之。若未經強烈過的矽質，即能溶解於酸中，同時有氫氣徐徐放出。依我的綜合實驗結果，氧化矽中是含有氧素52%。銻質亦可用同樣方法製得之。

柏濟力阿斯所製得的，是一種不純粹無定形的矽質。

最先製得結晶矽的，是得威爾一人，時在一八五四年。當他從事於研究鋁質時，曾用強電流去分解不純粹的氮化鋁鈉，結果製得一種色灰質脆的粒狀熔質，由此熔質，遂取出一種有金屬光澤能發微光的片狀物體了。

得威爾對於他自己實驗後所得的結果的解釋，是一種合金的性質，即由甲種金屬溶在乙種金屬中，正與真正的溶液性質相似。據他自己說：“譬如碳、硼、矽等溶於鐵或鉛中，當冷卻時，即行分

出，設用一種試液，僅能溶解鐵與鋁，而不能溶解碳、硼及矽的，則其結晶體，即可分出。這就是製造硼、矽兩種非金屬，好似金剛石一樣硬時，須運用到的原理了。”結晶矽雖然是有金屬的光澤色，但他相信牠不是屬於金屬。他繼續的說：“我相信這種新形狀的矽質，與普通矽質所有的關係，正好像石墨與碳所有的關係一樣。”

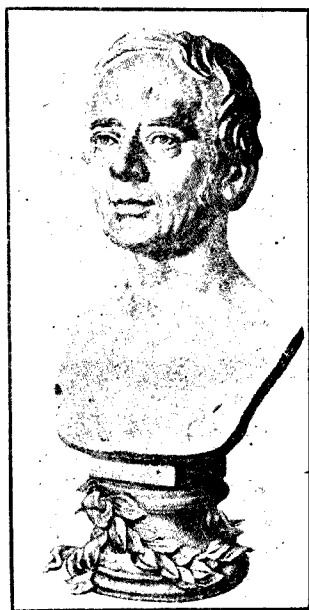
鋁

鋁為分佈大地上最豐富的一種金屬，且其用途亦最多，然不為人所知，却經過許多世紀，最初斯達爾知道礬是含有一種特殊的鹽基，與其他鹽基的性質，完全迥異，不過他只有臆測而已，實際上的證明工作，還是讓他的學生馬格刺夫去做。馬氏於一七〇九年三月三日生於柏林，起初跟他的父親學習藥物學及化學，後來即在牛孟指導之下繼續研究，亦曾在哈勒專攻醫藥學，又在夫賴堡聽一著名的礦務指導員漢克盧的指導，作更高深的化學及冶金學的研究。他一生鞠躬盡瘁於科學事業，足有五十年的歷史，對於科學界的貢獻很多，尤其是對於分析化學的貢獻，他要被後人視作開路先鋒的導師。他曾證明碳酸鉀與蘇打是二種不相同的物質，又碳酸鋅中含有一種特殊金屬鋅質，又氧化鋁、氧化鎂和石灰是三種不同的土質，都由他首先說出，此外他又是磷質的最先製造者，他對於化學的貢獻真多。他於一七八二年八月七日死在他的本城市中，享年七十有三歲。自他死後，有一德國著作家克累爾，稱他為當代德國最著名

的化學家兼一位大師，他的學生後來負有盛名的，有阿沙與克拉普洛特二人。

柏濟力阿斯與大衛均利用強電流去分離氧化鋁中的鋁質，結果沒有成功。說到鋁之發現者，雖然一般多數化學家推崇烏勒，其實厄斯忒德之功亦是不少，未便輕易忘却的。

厄斯忒德 (Hans Christian Oersted) 在一七七七年生於南丹麥之蘭格蘭 (Langeland) 島上，是年即為拉瓦節破除火質學說的年代。他的父親是一位熱心希望做一位藥劑師而又不成功的人，家資貧淡，難於供給他的兒子的教育經費。厄斯忒德在幼年時，只能從一本舊教科書上自修算術，有時即到私家教授處聽講。當他長大到十二歲時，即幫助他的父親料理藥業事宜，由此引起他研究化學的興味。因為他很想進哥本哈根 (Copenhagen) 大學，所以他自修很勤勉，至十七



厄斯忒德 (Hans, Christian Oersted, 1777—1851)

丹麥物理學家、化學家、醫生及藥劑師。發現電流能生磁性。首先分得金屬鋁。

歲，即如願獲得准許入學的證書。後來他在哥本哈根大學讀科學、哲學、醫學等科，至二十二歲，便獲得醫學博士學位。

此時他即主講化學及玄學的功課，且兼管藥物學的事宜。當弗打 (Volta) 的發現發表後，他立即對於物理及電學發生研究的興味。後來他赴德參觀各著名大學，一般科學家看見這位熱心科學研究者，年歲那樣輕，性情如此活潑，小孩氣概，還是十足表現出來，都不勝羨慕之至。到一八〇六年，他即擢升為哥本哈根大學的物理教授，他的最重要的發現，可以代表時代的，就是電流能生磁性，以及磁與電彼此的密切關係的發現。

在一八二五年，他研究電流對於化學的反應時，他想從氧化鋁中分出鋁質來。他首先用氯氣通過紅熾灼的木炭與氯化鋁的混合物，製得液體的氯化鋁。然後用鉀汞齊與氯化鋁起作用，結果他製得鋁汞齊，即將鋁汞齊蒸餾於不透空氣的皿中，逐去汞質，得到好像錫的金屬鋁了。

厄斯忒德曾將他自己所用的方法，敘述如次：

氯與黏土中的燃素所化合成的化合物（即氯化鋁），為一種易於氣化的物質，其氣化的溫度，比水的沸點，所高甚少；其顏色稍帶淡黃，這或者是雜有礬的原因；其質很柔軟，但仍然成結晶的形式；牠極易吸收水氣，故易溶解於水中，且同時放出許多熱力來。若將氯化鋁與鉀汞齊，一齊作急速的受熱時。

即起分解作用，成氯化鉀與鋁汞齊。鋁汞齊與空氣一經接觸，亦即起分解作用。設鋁汞齊在不通空氣處舉行蒸餾，則可得整塊的鋁金屬，其顏色帶有光澤色，很似錫質所有的。其次作者找出汞齊與鋁都有一種特殊的性質，所有實驗，雖然未有完結，但是其中含有重要的結果，是十分明顯的事。

厄斯忒德所得的金屬鋁，一定是不能純淨的，因為烏勒做他的實驗時，用鉀汞齊與氯化鋁蒸氣起作用後，所得到的灰色熔質，再加熱時，尚有綠色的鉀蒸氣放出來。最近邁爾 (Kirstine Meger) 研究厄斯忒德未發表的論文，及福熙 (I. Fogh) 重覆去做他的實驗時，結果都是找出這位丹麥大物理學家僅用含鉀 1.5% 的稀汞齊，去和過剩的氯化鋁起反應，即可製得金屬鋁質。

因為厄斯忒德的結果，在不很著名的丹麥雜誌上發表，所以不為一般科學家所注意。不過他有了電磁石的發現，足以表彰他的聲名了。他活了七十有四歲纔逝世的。

烏勒是一位德國稀有的多才多藝的化學家，他於十九世紀初年，即一八〇〇年七月三十一日，生於法蘭克福爾 (Frankforton-the Main) 靠近的埃申希恩 (Eschersheim) 一小鎮中。他的父親就是一位鍾愛自然喜歡實驗的人，很愛他這賦有同嗜好同性格的孩子。烏勒十四歲時，即進佛郎克蘭 (Frankfurt) 高等學校肄業，平日成績，不過為一中材學生而已。因為他專心於收集礦石和做各

種化學實驗，故忽略學校中所指定的功課，不過，他有這種偏愛癖性，結識不少在當時有名的礦石收集者，譬如翁哥德 (J. W. von Goethe)，就是其中的一人。

烏勒對於新元素覺得很有趣。當柏濟力阿斯由瑞士的硫酸中發現硒質不久時，他即從波希米亞的酸中亦找得硒質。又斯多倫耶教授剛剛發現鎳質後，這位年輕的烏勒，即將從鋅中取得的鎳標樣寄給他。不過烏勒最大的野心，是想製得鉀質，但因為用俄羅斯銅片及鋅片互相交接生得的電流，因電流過小，結果沒有成功，於是另想完全用化學的製造法，即仿效給呂薩克與提納所用的方法，將碳酸鉀與木炭同盛於石墨的坩堝中，熱至紅熾時，使之起分解作用，製得鉀質。他做這種實驗時，得到他的姊妹幫助，替他做吹風爐的工作，當她看見成球的金屬鉀質漸漸顯示出來，亦不禁喜悅之至。



烏勒 (Friedrich Wöhler)

1800—1882

德國化學家。為格米林 (Gmelin)

及柏濟力阿斯的學生。曾任哥庭根大學化學教授。最先綜合得脲素及述明金屬鋁之性質。他用鉀質從鋁、銻及鉍之氯化物中，分得其金屬部份。又對於鈦、銩等金屬，亦有研究。

這位年輕的烏勒，嗜好甚多。他曾得過數學的獎章，擅長於油

畫和彫刻，喜收集羅馬的古銅古錢，及其他值得紀念的小廢物。又善吟咏德國最著名的詩歌。他十九歲時，即進馬爾堡 (Marburg) 大學，專攻醫藥學，但翌年即改就海得爾堡 (Heidelberg)，俾能在格米林 (Leopold Gmelin) 指導之下做研究工作。他對於醫藥學特別有興趣，很想做一實際有本領的醫生，尤其是喜歡研究產科。後來至一八二三年九月二日，即獲得醫藥外科及產科的醫學博士學位。

當他選修醫學課程時，仍然繼續做他的化學實驗，是時格米林 教授認出他有驚人的化學技術，勸他放棄學醫，專做化學的工作。於是烏勒即致信柏濟力阿斯，請求允許他進斯德哥爾摩大學的實驗室中工作。在八月一日，此位瑞典大化學家即回答一封有名的信，說：“那位在格米林指導之下工作的人，當然可來跟我作實驗，……你想什麼時候來，你就那時候來罷。”

柏濟力阿斯即刻就看出他的新進來的學生，具有奇特的天才，因為他指定他分析泡沸石(zeolite)時，此是一極困難的問題，他竟能應付極得其法。不過以其單稱柏濟力阿斯有一極好的學生，毋寧說烏勒跟到一位循循善誘的師長，就是當他開始做全部分析工作時，他的先生對於他施每一種手續，必先作詳細的指示。當烏勒工作過快時，柏濟力阿斯必對他說：“醫生如果工作過快，結果必壞呵”。烏勒雖在斯德哥爾摩工作，為時不到一年，但他自隨柏濟力阿

斯工作後，一生所受的教訓殊多，後來他對於無機化學與有機化學的偉大貢獻，堪與他的老師前後媲美。他們師生情誼，達於神交地步，所有彼此意見，並不為狹小的國界所牽制。故柏濟力阿斯在世時，與烏勒互通音訊，而此類書信，既富有愉快的泉源，且足為一般化學家當作他們有趣的科學歷史來讀了。

烏勒於一八二五年，乃為柏林大學化學科的會員，至一八二八年，便推升為正教授。因為他曾發現鉍之分離法及脲素的綜合法，故有盛譽，永久而為人類所稱讚。

初時烏勒用厄斯忒德的方法，不能製得金屬鉍，前而既有述過。但後來他得到厄斯忒德的鼓勵，經過許多嘗試，仍用厄斯忒德的方法，先製得無水氯化鉍，然後另行建議一新法，以分離金屬鉍。他用過剩的熱碳酸鉀溶液，加入沸騰的明礬液中後，將所得的氫氧化鉍，經過洗滌與乾燥，即與木炭粉、糖與油等物混合，調成漿糊狀的物質，然後置入能密封的坩堝中加熱，最後製得氧化鉍與木炭的混合物，將乾燥的氯氣通過此紅灼熱的黑色混合物時，即得無水氯化鉍。

烏勒曾說過他在一八二七年分得金屬鉍，是用鉀質分解無水氯化鉍，且利用鉍質在水中不起作用的性質。因此反應過於猛烈，故不能用玻璃器，須用白金坩堝，且坩堝上有蓋蓋住，以絲網着。只要溫熱之，便能使此反應立刻發生，且可使白金坩堝變為白熱的。因為白

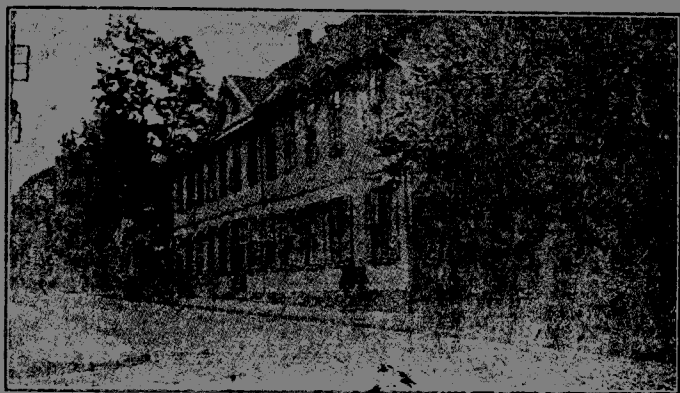
金坩受了侵蝕，所以他想改用瓷坩與厄斯坩 (Hessian crucibles) 反復實驗，以冀獲得不含白金雜質的鋁質。當反應完畢坩坩冷卻後，他即倒入水中，而金質鋁即呈灰色粉末分出。烏勒所製得的鋁質，分量固少，且含有鉀、鉍或氯化鋁的雜質，故不是純品。不過他最先敘述鋁質的性質，而且至一八四五年時，他卒用鋁粉製成成團的金屬鋁。他亦用同樣方法，製得鉍與釷二種金屬。

烏勒一生的生活，長遠而且複雜。雖然他對於研究科學工作從未間斷，但有時還抽出餘暇作社交活動；而他對於朋友間的友誼，亦信愛至篤。因為烏勒與利比喜，多年相交的歷史，彼此相知甚深，故利比喜在最後一次寫信給他時，曾說一段極誠懇的話：

縱使我們歸仙屍體化為塵土後，而在生前連結我們的緣分，却可使我們的記憶永誓不忘，只如我們有一次——不是常常的——同在一處努力工作，毫無嫉妬或立心不良，已足使我們永遠保持着密切的友誼關係了。

至一八三五年烏勒在哥庭根大學，接任斯多倫耶而為化學教授，過口授生涯，直至年衰方休。他到了晚年時，常以快樂的家庭自娛。他有一子四女，到了夏季時，他們都前來省親，有時即住在鄰居的人家中，因為他的住宅過小，不能收容那麼多的小孩子。他接到許多珍貴的科學獎章，但他視為最得意的，就是在他六十、七十及八十歲生辰紀念日時，由一般學生所敬賀他的禮物，以及綜合脲素

五十週年紀念時所獲得的榮譽。



烏勒在哥庭根之住宅

最近美國有名的化學家斯密士博士 (Dr. Smith, E. F.), 有一次描寫年老的烏勒, 說:

將到耶穌聖誕節前二、三天, 在哥庭根大學的化學實驗室中, 差不多寂然無人聲了。祇有幾位學生仍然留在其中。到了晚間, 才有一學生開始歌唱着“Stille Nacht, Heilige Nacht。”於是實驗室中的其他學生, 一個一個的圍繞過來, 隨着那位唱歌的人來唱。不久我們看見實驗門推開, 老師從外面進來。他即刻脫去他在實驗室中愛戴的黑布便帽, 放在手臂上, 兩手搓搓, 站立於門內處, 即點首示意, 那時歌聲還沒有停止。待歌聲停後, 老師進來, 且說“君子, 多謝你,” 說過後, 又向後退却了。

烏勒的房內，陳設滿了他的兩位心腹之友利比喜與柏濟力阿斯的像片。在他未去世前的不久，他對一位要離別的朋友，遲疑的伸出手送他一個小箱，外面用紙裹住，且說：“你為紀念我計，當要把箱子好好保存。並且你未有到車上時，切莫去開箱子。”箱子裏面有一湯匙及下述的一句話：“此是柏濟力阿斯的贈品，他用此鉗匙來做研究工作，已做有多年了。”烏勒於一八八二年十月九日逝世。依據他的遺囑，他是不願意用黃銅或大理石做的石碑，來安置在他的墓上，他只要用石塊做的，上書腓特烈·烏勒(Friedrich Wöhler)字樣就得了。

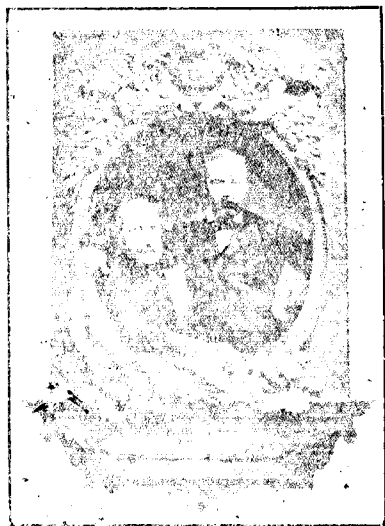
最先製得純鋁的，為法國的大化學家亨利·得威爾 (Henri Sainte-Claire Deville)，他於一八一八年三月十一日生於安提勒斯 (Antilles) 的聖湯姆孫 (St. Thomas) 島上。得威爾兄弟二人，都是在巴黎的聖巴比高等學校 (Institution Sainte-Barbe) 中求學。哥哥查理斯 (Charles) 入礦務學院，在波蒙 (Élie de Beaumont) 指導之下，研究地質學。而行居弟弟的亨利·得威爾，即選修醫學課程，跟提納研究化學。兄弟二人同組讀書，同為校中之優秀學生。他們一生，彼此相愛，情至深切，當亨利·得威爾的一兒與查理的女孩結婚時，他們做父親當中的一個人說過：“我的兄弟與我，不知如何區別出這對新夫婦，誰是屬於誰的孩子，就是說我的兒子和他的女兒結婚呢，還是我的女兒和他的兒子結婚呢。”

亨利·得威爾的第一篇論文，是一八三九年發表，專討論松節

油的研究，過後二年，即從妥路香中分出甲苯。不過他對於化學上最重要的貢獻，還在無機化學與物理化學方面的較多。

在一八四四年舊教大學會發現提納委一個年歲不過二十六的得威爾，為北山康 (Besancon) 學院的主任，是時未免要大驚小怪了。其實提納老成持重的觀察，是不至有錯的，而得威爾的真實本領，實比他所臆測的，還要高明好幾倍。後來得威爾在北山康想出一種新分析水的方法，可以測驗城內的飲水，又成功製得無水五氧化氮。

溴之發現者巴拉 (Balard)，到法蘭西專門學校時，得威爾即繼任高等師範的空席位，他在此校中，首先製得美麗的鉛錠。得威爾於一八五四年，因預備製



查理斯·得威爾 (Charles Sainte-Claire Deville, 1814--1876)

法國地質學家，他曾探險阿索 (Azores) 及加拿里島 (Canary Islands) 兩地，又研究硫之同素體。

亨利·得威爾 (Henri Sainte Claire Deville, 1818--1881)

北山康大學 (Besancon University) 主任兼化學教授，後為高等師範化學教授。他發現妥路香中含有甲苯，又製得無水五氧化氮，又用工業方法製造鉍、鈉二質成功。

造低級的氯化鋁，即用鈉與氯化鋁 AlCl_3 起作用，結果他沒有製得低級的氯化鋁，但得一意外的重要發現。即他初次製得一粒美麗能發光亮的金屬鋁，於是他立刻設法使工業製造，進行便利。

自他第一次在高等師範學校實驗製造鋁質成功後，是時拿破侖第三執政，即資助他在爪味爾 (Javel) 地方設立工廠，作大規模的製造。因為用得威爾的工業製鋁法，須用到多量的鈉質，所以他同時必須想能製得價廉物美的鈉質後，然後他的製鋁方法，方纔可說是完全成功。當他着手研究鈉的製造實驗時，鈉的價值，實比鉀質較高，但他心中明白自然界產鈉鹽比鉀鹽較多，而且鈉的等量，亦比鉀較小，故以鈉製造鋁，較為合算。

自製造鈉質的方法成功後（即使鈉每仔克的價格，在一八五五年，值二千佛郎，至一八九一年降至值十佛郎），得威爾乃即着手製造多量的鋁質。在法國南部的阿爾茲 (Arles) 省鄰近的巴斯 (Baux) 鄉，出產一種含鋁成分甚多的泥土，以巴斯鄉名稱之為巴斯泥 (bauxite)，用之以為製造鋁的原料。得威爾的製鋁法，是從巴斯泥中製得純氧化鋁，然後與木炭粉及食鹽混合，即於氯氣中加熱，首先獲得氯化鈉與氯化鋁的複鹽，再將此複鹽與過剩的鈉質熔化，最後製成鋁質。此金屬鋁即可鑄成錠條了。

不分皂白的造謠者，慣弄風波，欲使烏勒與得威爾，彼此不相諒解，即對得威爾說，謂烏勒所得的鋁質，是那樣不純淨的，但他堅



荷爾 (Charles Martin Hall, 1863—1914)

美國化學家、發明家、冶金術家及慈善家，他首先利用電解法製鋁成功。因此經濟輕便製鋁法，故今日鋁在家具製造，工業與運輸上均需用甚多。

持說他是應得鋁的發現的榮譽。此位法蘭西的化學家對於造謠者的態度，輕輕避開不談，由此即可從側面看出他的性格了。且待他製得足量的鋁質時，乃鑄成一片，簡單的題上烏勒名字及日期一八二七年，送給那位德國的大化學家。得威爾與烏勒二人所有的交情，彼此甚為濃厚，即對於各人的重要研究工作，亦有許多互相幫忙的地方，在得威爾著的鋁之性質製法及應用 (L' Aluminium, ses Propriétés, sa Fabrication et ses Applications) 一文中，有說到下列一句話：“我是很高興說的，我有難得的幸運，能在由一位德國的柏濟力阿斯繼承者所開闢的大道中，多走幾步。”

得威爾對於硼、矽、鎂及其他鉍族中的金屬，都有過重要的考察。研究鉍的工作，是十分危險，他常時因為嗅到鐵酸的氣味而中劇毒了。但他出名的地方，還是在於敘述氣體分離的定律。得威爾為人，可以說是一熱情、活潑、迷人、同情、快樂和寬大的人。他在高等師範教書時，他和學生同檯食飯，談笑自若，但不失其體統。他結婚以後的生活，十分愉快，養有五子，後來個個都成家立業了。他是在一八八一年逝世的，自他死後，他的家人和一般在世界上的科學同志們，都不勝其悲悼之至。而蓋棺的時候，即由他最要好的友人巴斯德 (Louis Pasteur) 致哀辭了。

扮演鋁戲的第二幕中的人物，就是美國人。得威爾的方法，雖然可以將鋁製成商品，但其價值，仍然過昂。美人荷爾為奧柏林

(Oberlin)大學的學生，因為他受烏勒的門生朱衛特(F. F. Jewett)教授的鼓勵，乃下決心，認定一生，努力於研究鋁之經濟製法。他在一間簡陋的木頭實驗室中，以家庭製造的電池為儀器，就開始努力研究這種問題。在一八八六年二月二十三日，此位年輕的學生（二十一歲），即奔跑入他的教授辦公室中，以小扣般的鋁粒相示，此即是用電最先製得的鋁質，未料到此小小鋁粒，而今日巨大的美國製鋁廠，要視之為無上珍品，雖玉冠珠寶，亦難於比擬其價值了。現在奧柏林大學中的色非恩西 (Severance) 化學實驗室，有完全用鋁鑄的荷爾少年的像，借以紀念他發現鋁製造的功蹟了。



赫洛特 (Paul Louis Toussaint Hérault, 1863—1914)

法國冶金學家。同時獨立發現鋁之電解製造法，故現稱此法為荷爾與赫洛特法。他自設計一種電爐，對於鐵及鋼之冶鍊法，貢獻很多。

當荷爾完成了他的製鋁法時，過一二個月後，即有一位同年齡的年輕的法蘭西化學家赫洛特博士，亦獨立地發現同樣的方法。赫洛特博士於一八六三年生於加爾瓦多斯 (Calvados) 的忒利阿庫耳 (Thury-Harcourt)。在一八七〇年戰爭發生時，他和他的祖父，同寄寓於倫敦，故能操流利的英語。過後三年，即回法繼續受教育。

當他在聖巴比高等學校肄業時，不過十五歲，即能閱讀得威爾那篇有名的鋁的研究論文了。他利用他在一八八五年時獲得的遺產品，即小製革廠中的蒸汽機與發電機，來電離各種鋁的化合物。次年他即嘗試電離冰晶（cryolite），結果所用的鐵陰極是熔化了。因為溫度還不够高使鋁化合物熔化，所以赫洛特以為所得的，實是一種合金。過後數日，他想法將氯化鋁鈉加入電解質槽中，以為可使其熔化溫度降低，結果他發現碳陽極被侵蝕了。於是他即斷定此一定是受氧化鋁的作用之故，因為碳極被侵蝕時，而氧化鋁即被還原。此種斷定，實與事實符合，蓋買來的氯化鋁鈉，在溫空氣中暴露日久後，已有一部份變為氫氧化鋁。而赫洛特製鋁的方法，實可謂發現於一簡單事實的觀察中。

赫洛特即對於鐵與鋼的冶金法，亦有極重要的貢獻。他常往來於美國，即在一九一一年荷爾受柏慶獎牌（Perkin Medal）時，赫洛特竟不辭勞苦，遠涉重洋，來到美洲，參預恭祝典禮並恭賀他。此種盛大的典禮，由他這種偉大的行動上，已可看出他堪稱為他的同鄉得威爾的繼承者了。赫洛特博士逝世於一九一四年，即在歐戰爆發前三個月。

第十三章 借助於分光器發現的數種元素

有許多元素，因為在地殼中所含成分過少，實不能用普通礦石分析法發現出來。但在一八六〇年，自本生與克希荷夫發現分光器後，即有一種光學儀器，其全部構造，可分為三部分：（一）為視軸儀，此由一金屬管構成，其一端備有鏡頭，他一端即用僅有一長裂縫的片子隔住，在透鏡的焦點處，可讓來自被視察的發光體的光線通過之；（二）為轉盤，上裝有三稜鏡一，以便接收由透鏡中分散傳來之平行光線；（三）為望遠鏡，以便觀察三稜鏡上所放出的光譜。利用此種分光器，不久即發現銫與銣兩種新金屬，此等新元素，均與大衛及亞佛孫在早年時所發現的鉀、鈉、鋰，列在同一族的元素中。後來克魯克司（Sir William Crookes）利用分光器又發現鉈（thallium）質，此元素不久就被蘭賈（C. A. Lamy）證實了。夫賴堡礦務學校的賴哈（F. Reich）與利希脫（H. T. Richter），於一八六三年從方硫鋅礦中發現一種稀少的元素，因其能在藍色光譜中顯示光線，故名之為銲（indium）。

.....

世上蘊蓄了有無數寶藏，

我們欲盡開闢之，勢有所不能的。

他以為在自然界中實無大小之分。每種現象都包含有無

數量的複雜因子，將酒精燈的燈心上灑了鹽質後，所放出黃色火焰，他視為實有可能的完成化學分析的遙遠明星。

在早年一七五八年時，馬格刺夫已注意到鈉鹽在火焰中顯示黃色，而鉀鹽即顯示淡紫色。至一八〇二年武拉斯吞博士考察燭光通過三稜鏡時所顯示出的光譜，是一種不連續的光帶了。他說：

用同樣的方法，將火焰低部分一狹小的藍光線通過三稜鏡，作單獨的考察時，結果所能看見的光譜，並不是一套連續的各種不同的色素，但是可分為五條色影，彼此相隔頗遠。第一條是紅色影，其沿邊處即聯接有黃色的色影；第二與第三兩條均是青影；第四與第五，均是藍影；最後一條，即與太陽光譜中的藍光與紫光的部分相當了。

在一八一四年，有一年輕的德國物理學家夫牢荷佛 (Josef Fraunhofer)，精於製造玻璃的技術，製得一極精緻的三稜鏡，首先看見太陽光譜中的黑線，且用字母表示其中極明顯的八種光譜。一位英國科學家托爾波特 (Henry Fox Talbot)，即能利用三稜鏡以分別鋰與鐳二種元素，雖然此二種元素的鹽類，均是顯示紅色的火焰。他說以前布魯斯脫 (Sir David Brewster) 考察光譜時，從透過亞硝酸氣中的光線所看見的黑線，是由於光線被吸收的緣故。以上諸人的工作，對於科學界上，雖然有多少貢獻，不過還沒有一人能懂分光器的分析法道理。此中原理的發現，固有賴於本生的天才

與克希荷夫的聰明與技巧。

本生(Robert Bunsen)爲哥庭根大學的近代語言學教授的兒子，於一八一一年春生於哥庭根城中。他在和敏典(Holzminden)的中學畢業後，即進哥庭根大學，追隨斯多倫耶教授學習化學。至十九歲時，即獲得哲學博士學位。此並不足表示本生成熟過早，因爲阿斯特瓦德(W. Ostwald)曾說過那時候的學生，比現在畢業的較早了。

因得漢諾威政府的資助，此位年輕本生得以徒步旅行各國，增廣科學智識，曾到德意志、法蘭西、澳大利及瑞士諸國。且參預上述諸國的科學會議。他在外研究地質的成因，參觀工廠與礦洞，又與各種技術人員及教授們交換智識，共有三年之久。至一八三六年，他即繼承烏勒爲加塞爾(Cassel)高等工業學校的教員。後來又曾在馬爾堡及布列斯特羅等地擔任教席，最後即在海得爾堡繼承格米林的職位，在此校中他繼續任教共有三十八年，到七十八歲，方纔告老休養。

本生第一篇發表的論文，是敘述沉降氫氧化鐵，有解除砷毒的作用，此種發現，大有造於人類的幸福。他在加塞爾與馬爾堡時，對於氰化四一烷二砷(cacodyl cyanide)之研究，固屬重要，但亦十分危險。因爲他在加塞爾實驗時，還沒有裝好通風箱，僅戴上一面簍接一長管，與外界新鮮空氣相通。當他正在考察氰化四一烷二砷

時，忽發生爆炸危險，面套被爆碎，傷及右眼，幾將陷於不治之症；但後來經過長久醫治恢復原狀後，而又繼續研究，卒獲成功了。

自他有此一次不幸的遭遇後，在後凡遇有危險的工作，都十分小心了。某日他有一學生得布茲(H. Debus)，欲研究雷酸汞(mercuric fulminate)，本生即加之反對，且說：

當我走到馬爾堡，在藥品貯藏室中發現約有一兩雷酸汞，盛於一用玻璃塞塞好的瓶中。我即將瓶帶至一個很深燧的石洞內，把牠放進裏面去。

本生對於鼓風爐的氣體，有過充分的研究後，即由此而聯想到發明那有名的氣體分析方法，他又發明弗打電池，現即用他的名字來名此種電池，此外油點光度計，冰與蒸氣熱度計，及本生燈，都是由他一人發明的了。自著名的嘿克拉山(Mount. Hekla)爆發後，他即走到丹麥去探險，考察挨斯蘭(Iceland)溫泉，備嘗艱苦，用熱度計量得其溫度，作學理上解釋其作用，在美國間歇溫泉的科學考察未發表任何記錄以前，此已先行發表了。

銻與銻

與本生相交多年的朋友羅士哥，共同做過不少的光化學研究的工作後，即忽然中斷。其原因詳見他在一八五九年十一月十五日寫給羅士哥的信上，茲摘錄如次：

現刻克希荷夫和我共同做一種普通工作，使我們不能安

睡，就是克希荷夫無意間發現一種奇特的發現，即找出太陽光譜中的黑線的成因，又能在太陽光譜中用人工方法增加此等黑線，即在光譜中原來無此線者，亦能製得之，其位置恰與夫牢荷佛線 (Fraunhofer lines)，處於相同的位置上。利用此種方法，即能決定太陽與星宿的成分，十分準確，與我們在實驗室中，用化學藥品決定硫酸氮等的成分，毫無異樣。即在地球上面的各種物質，利用此種方法，亦容易決定出來，與決定太陽所有的沒有差別，茲試舉一例來說明，我能檢驗出二十克海水中的鋰質呢。

克希荷夫 (Gustav Robert Kirchhoff) 是從普魯士剎尼格斯堡 (Königsberg) 來的一位年輕教授，最近跟本生從布勒斯特羅來到海得爾堡，在本生看來，以為此是在布勒斯特羅時期中最大的發現了。克希荷夫氏於一八二四年三月十二日，生於剎尼格斯堡，行居第三，父是一位裁判官。當他到了二十四歲時，即為柏林大學的教授會中之一會員。他在布勒斯特羅任過非常教授後，於一八五四年即來到海格爾堡和本生共同工作多年。至一八七五年，他成就了許多東西，方纔離開他的同伴本生，回到柏林擔任大學部物理教授之職，並與赫爾姆霍斯 (Helmholtz) 共做研究工作。他死於一八八七年十月十六日，時享年六十有三歲。

克希荷夫的好思考的心，比之本生，還要強烈，因為他很喜歡

研究純粹數學，所以他對於牛頓、夫牢荷佛及克勞修司 (Clausius) 的研究工作，都十分熟悉。他對本生說過，可不用各種色素的玻璃片，置於火焰前，借以區別相似顏色的火焰，而應當改用三稜鏡，也能將光的光線因子分開。依據此種原理，他倆即發明本生—克希荷夫分光器。此種儀器，不獨在普通化學分析上，用途甚大，且為發現新元素的無上利器。

他們注意到將普通鹽散播於本生燈火焰上，能由分光器中看見黃線，其位置恰好在太陽光譜的雙黑線上，就是所謂D線的了。於是他預備可同時觀察黑D線與鈉光線，將太陽光線與黃鈉光線同時射入分光器的長裂縫中，結果他很奇異的看見黑線並不能變為黃線，祇有更加變為黑色罷了。克希荷夫對此不得解答的問題，竭力費神，夜以繼日，去希求解答，最後即成功用人工製得黑D線了。他所用的方法，



克希荷夫 (Gustav Robert Kirchhoff, 1824-1887)

德國物理學家兼化學家。為海得爾堡及柏林兩大學的物理學教授。他分別發現輻射與吸收的定律，現稱此為克希荷夫—斯塔沃定律 (Kirchhoff Stewart law of radiation and absorption)。將夫牢荷佛線 (Fraunhofer lines) 的太陽光譜，加之解釋，與本生合作，發明分光器分析方法，又發現鉍與銣二元素。

是不用日光，乃用能發光而有連續光譜沒有黑線的火焰來代替之。此外將黃色鈉焰置於長裂縫的前面，所有情形，有如上述的相同。克希荷夫即用一致振動說 (sympathetic vibration) 來解釋此種現象。謂出自光亮火焰的白光，經過鈉焰，便失去與黃線相當的振動，所以光譜在此位置上即含有黑線。

在一八六〇年四月十一日，本生致信羅士哥說：“親愛的羅士哥，若我仍然未做我們的光化學工作，請你不要生氣。”並述及他已做過一種新鹼金屬的研究。同年十一月六日，他又寫信給羅士哥說：

我有很好的幸運，來研究我的新金屬。我現有五十克純鉑氯酸鹽，我很容易製得此種絕對純粹的鹽質。其實此五十克鹽質是從六百倍重量的礦水中得來的，另外還有二磅半氯化鋰副產品。因為我有簡單的方法分離牠，就尋出牠的分佈是很廣闊的。因其光譜線為很美麗的藍色，所以我將名牠為銫 (cesium)。下星期日希望有時間



本生 (Robert Wilhelm Bunsen)

1811—1899

海得爾堡化學教授。與克希荷夫共同發明分光器，創立分光器分析科學，又發現銫與銣，他首創碘定法，為本生燈及本生電池之發現者。曾從事於四一烷二碑根及光化學等研究工作。

能做一個原子量決定的實驗。

本生於一八六〇年五月十日在柏林科學社中發表他發現的鉀質。

在他的論文中之一篇，是有述到本生與克希荷夫二人如何獲得此種新元素。

如果你將杜爾克亥謨(Dürkheim)礦水中的母液體，滴一滴於分光器的火焰上時，你將只能看見鈉、鉀、鋰、鈣及鋇等種元素的特殊光譜。又如果你利用已知的方法，將鈣、鋇及鎂三種元素的化合物沉澱分離後，所餘剩的殘渣，即以硝酸預先處理過醇液溶化之，以固定其中的鹽基，其不溶化的氧化鋰，即用碳酸銨除去之，所得的母液體，除能在分光器上顯出鈉、鉀及鋰三種元素的光譜外，另有二條很明顯的藍線，彼此很相接近，其中有一條，幾將與 $Sr\delta$ 線重合了。

據現在所知，沒有一種元素，能在光譜中有類此二條藍色光線的；牠若為一種新元素，則當屬於鹼金屬，可無疑義。我們預備名此新金屬為鉀，蓋此字來源，出自古人用之以表示蒼天上部的蔚藍色一字 caesius。我們用此名稱，似乎十分恰當，就是只要有此種新元素幾百萬分之一毫克時，與碳酸鈉、氧化鋰及氧化鋇等混合物，亦能在火焰中顯出美麗的藍色來。

以前亦有許多化學家，是研究過鉀礦的，但結果都歸失敗，沒

有找出新金屬來。在一八四六年普拉特涅 (Plattner) 曾分析厄爾巴 (Elba) 的坡拉克斯石 (Pollux), 結果不能將各成分總合成 100%。又在鮑 發現四年後, 皮薩尼 (F. Pisani) 亦曾分析過坡拉克斯石, 找出普拉特涅 誤認硫酸鈉 爲鈉 與鉀 的硫酸鹽 的混合物。

至一八六一年二月二十三日, 距離鮑 的發現日期, 不過在後數個月, 而本生 與克希荷夫 即在柏林科學會場 中發表, 謂另外還有一種新鹼金屬, 茲將其報告, 摘錄於次:

如果有人將薩克森 (Saxony) 的紅雲礦 (lepidolite), 利用已知方法, 調成鹼溶液, 使其他已知元素, 完全分開, 然後加入氯化鉍, 即得沉澱物很多, 此沉澱物用分光器考察之, 能看見鉀 的光譜。

如果將此沉澱物, 再三用沸水洗滌, 並時用分光器考察之, 結果發現二條極明顯的紫色線, 介於 $Sr\delta$ 與鉀 的 $Ka\beta$ 線之間。設將沉澱物繼續洗滌, 則此二紫色線更加正對鉀 的連續光譜上, 而鉀 的光譜即消失了。不久可看見紅、黃、青三色的新光線。此種新光線, 決不是屬於現在所知道的各種元素所有的。在此各線中, 我要特別提出來說的, 就是有二條顯著的紅線, 恰在光亮的夫牢荷佛 線 A 之後, 或者說可說是與此相當燦爛的 $K\alpha$ 線, 其光線却是位於太陽光譜的紅線之極端處。由此新鹼金屬所現出來的很明顯深紅色的光線, 我們便名牠爲鈷

(rubidium), 其符號 Rb 是由 rubidus 一字引伸得來的。該字原義, 是古人用之以表示深紅色。

本生因為想找到無色火焰, 來做此種研究工作之用, 於是發明出他的有名的燈了。

本生雖然分離得鉀質, 但他沒有分出銣質, 只看見其光譜。過後二十年, 塞塔堡博士(Dr. Setterberg)始由氫化銣中雜有氫化鉍的混合物中, 用電離法, 纔製得純銣質。他即在本生實驗室中舉行此種電離的實驗。

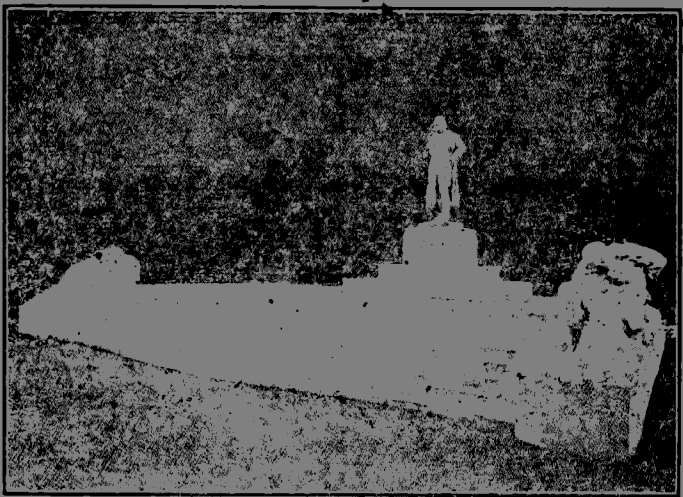
在一八八六年, 海得爾堡大學舉行五百週年紀念時, 早餐會竟延長到三小時後, 始宣告散會。本生為冗長的演講辭所催眠而熟睡了, 但後來演講者說到某一聲音特別響亮處, 就把這位年老的化學家驚醒, 於是他用手搓搓眼睛, 同時用輕聲細語告訴他的鄰客說: “我以為我有一試管的鉀質, 讓牠倒在地板上去。”

又某一次有一英國婦人, 方纔互相介紹後, 女人誤認他為大使佐塞亞·本生 (Josias Bunsen), 即問他有無著完他的 Gott in der Geschichte 一書, 本生即刻回答: “唉我的短短壽命阻止着我呵。”

羅伯·本生是一位最有謙讓的君子。當他演講遇有必須說到他的發現時, 他却不說“我發現的”, 而常說“人們發現的”話。可是當他的演講辭述及光譜分析術時, 又以為他的門生便表示極力推

崇，謂他們理解他，並覺得他的偉大成就以爲可傲。本生曾得到不少榮譽勳位和獎章，但他對於此等名位，說過一句很沉痛的話：“這些物品因能使我的母親高興，故對於我有點利益，但現在我的母親已去世了。”

本生一生沒有結過婚，此與凡格靈及卡芬狄士二人相同，有人問他爲什麼緣故不結婚呢？他即回答“我沒有時候。”或者因他無家庭束縛，故能整天在實驗室中，耐心地教授學生各種精細的化學技術，使他們對他更加敬愛了，當他到了七十歲時，寫給羅士哥的信



海得爾堡本生紀念碑

說：“在此年頭，快要臨老時，回憶過去快樂的日子，比現在所有的，更加思慕不已，尤其是使人戀念的，就是他們曾和我們做過長久真

正朋友的人呵。”在他長久的工作以後，他有極好的休養，借克希荷夫或赫爾姆霍斯到靠近海得爾堡的栗子山中散步。

本生生來有智慧的心靈，愉快的性格，強健的身體，而且十分長壽。他在七十六歲時，還發明蒸氣熱度計，過後二年他方纔辭退海得爾堡的教授職務，此後又還多活十年壽命。在他的晚年期間，他獲得許多各種榮譽勳位和他的學生及同事所送給他的許多敬禮。羅士哥說本生臨死前靜睡三日，他的面孔還顯示出“他最光榮的一天時所有的智慧表情。”他是在一八九九年八月十六日去世的。

有了本生與克希荷夫二人的光榮研究後，已將路基築就，其他各種新元素，即借助於分光器而發現了。後來其中曾借助於分光器而發現的元素，共有十一種，即鉍、銻、鎳、氫、鐳、鈦、銻、鈷、鎳、鈷、鎳及鎳是。

鉍

克魯克司最先注意到鉍質的存在。他生於一八三二年六月十七日，幼年在契貧安 (Chippenham) 初級小學校讀書。至十六歲即進皇家化學專門學校，是時何夫曼 (Hofmann) 首先為化學講座，雖然他有此位大師的鼓勵，但仍不能使他對於有機化學發生興趣。他第一篇發表的論文，是“硒氰化物”，當時他不過十九歲罷了。至一八五九年，他即開始刊發化學新聞，後來至一九〇六年，他仍然

單獨擔任此重要刊物的主編者。

某日，在本生與克希荷夫發表鉀之發現不久後，克魯克司偶然考察哈庇 (Harz) 的替愷羅得 (Tilkerode) 硫酸廠的殘渣物。此殘渣物由何夫曼在多年前送給他的，因為其中含有硒之化合物，可使之變為硒氰化物；後來將硒分開後，克魯克司即將殘渣物保存好，以為其中尚含有碲質。

當他用分光器考察此殘渣物時，結果他發現沒有碲的光線，而硒的光線亦很快就消失了。不久即有美麗青線顯出，為他從前沒有看見過的。他即斷定此中必含有新元素，因其光譜是青色，故名之為鉈 (thallium)，意即青枝也。他的初步報告，登於一八六一年三月三十日的化學新聞上。初時他雖然以為鉈質是屬於一種非金屬，與硫相似，但不久他即改變宗旨，而於一八六二年因在世界博覽會場中陳列“鉈是一種新金屬元素”的標樣，却獲得獎賞了。

克魯克司因為研究稀少氣體，及對於放射性與分子物理的發現，將變為永久不朽的人了。白來木賽 (Sir William Ramsay) 於一八九五年發現氬後，克魯克司即證實此氬與羅掣 (Sir Norman Lockyer) 用分光器在太陽中觀察到的氬，是同一物。克魯克司又發明放射計 (radiometer) 及閃鑠鏡 (spinhariscope)。當他在皇家學會的玻璃工人管理委員會 (Glass Workers Cataract Committee) 中工作時，曾作了不少大有裨益於人類的實際研究工

作。他曾製成一種無色玻璃，能將白熱玻璃時傳來之有害於人的光線割斷，借此保護工人的目力。克魯克司曾往訪慶伯利 (Kimberley) 有名的金剛石礦洞兩次，於一九〇九年，寫成一冊金剛石小叢書，敬獻給他的妻子。

後來巴斯刻維爾 (C. Baskerville) 著克魯克司的傳記時，對於他的家庭，有過下列一段有趣味的敘述：

禮拜天的晚上，克魯克司是在家中。在他讀書室中，藏書滿架，你可看到在英倫或在世界上最智慧的科學家，在那處討論尚未解答的問題，有時問題若不能解答，書房中不禁爲之淡暗，與抽煙放出的濃煙，互相映照。快到十一點鐘時，從雲霧中忽現一道彩霞，就是克魯克司太太進來，很迷人的引他們同進樓下的餐室中去了。克氏是忠實地執行他應盡的義務，辯論時，發言謙和而有力量，這都是由他年少時學習得來的。他在辯論之時，初則彬彬有禮，後來却不免粗暴起來，不過說回來，他倒有豁達大度，廣博智識與豐富經驗表現出來。

自克魯克司太太於一九一六年逝世後，他即終身不再娶了。及至一九一九年四月四日，他纔與世長辭，享年八十有六歲。

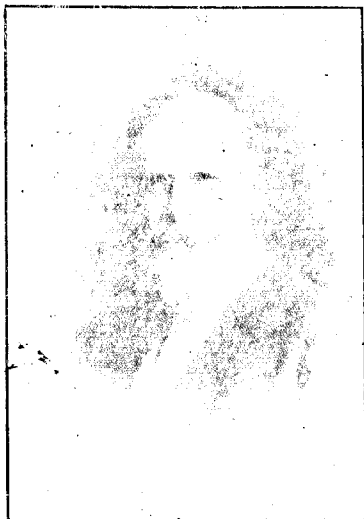
雖然克魯克司是首先考察鉍的青光線，不過有許多化學史家，尤其法國的，都歸功於蘭賣最初分析得鉍質。蘭賣於一八二〇年生於法國之著拉 (Jura) 區的涅尼 (Néry)，進過巴黎的高等師範誼

書，至三十一歲，即獲得里黎 (Lille) 的博士學位。他先在里摩日教物理學，後又到里黎授物理學課程。

在一八六二年四月，他爲里黎的教授時，曾去考察勞斯 (Loos) 硫酸廠中出產的粘泥，此廠製造硫所用的原料，是比利時出產的硫化鐵礦。他亦曾看見克魯克司發現鉍質時所看見的青光線。蘭賣分離鉍質的方法，最好引用他自己的話來說明：

常用硫化鐵在適宜的坑中燃燒時，即得二氧化硫、亞砷酸、亞碲酸及氧化鉍等物，與含鐵銹的塵灰，同載至第一鉛室中。在第一鉛室中，如果除用通氣管外，即無其他各種通道與其他鉛室相通，而氧化鉍即行沉澱，漸次堆積起來，到了最後即變爲硫酸鉍與鉛、鐵及其他來自硫化鐵中的複雜的硫酸鹽混合一齊。

鉍質 (蘭賣繼續說) 是由第一鉛室的堆積物中取出的。其



克魯克司 (Sir William Crookes)

1832—1919

英國物理學家兼化學家。爲皇家專門學校之化學教授。發明放射計及閃爍鏡。化學新聞之創辦者及主筆。他首先考察出鉍之青線及最先證實太陽中及地球上之氦，同是一物。又發現鉍 X_1 。

方法是將此堆積物熱至將近乾燥時，加入等量的王水，即將酸液蒸完，然後加二倍重量的沸水於此殘渣中，靜俟此溶液冷卻，以製得多量的黃色片狀的結晶體，後將此粗結晶體反覆結晶數次，製成純品，此即四氯化鉍了。我用四個或五個的本生電池，使此氯化物起分解作用，乃在陰極上獲得純鉍質。此即是我們最初分析得新金屬鉍質時所用的方法。

雖然蘭賣說克魯克司所得的鉍質，實是一種硫化物，但是後者的答辯，謂他在一八六二年五月一日，已經製得金屬鉍，不過因牠的性質，易於氧化的緣故，故未敢將所得的黑粉，加熱熔化，製成鉍條。在後法國學會中的一委員會，其中委員包括有得威爾、拍盧茲 (T. J. Pelouze) 及杜馬 (J. B. A. Dumas) 諸名人，都贊成鉍質之分離者，實為蘭賣，不是克魯克司。

蘭賣對此新金屬的化合物，加以仔細研究後，即斷定牠有兩種



蘭賣 (Claude Auguste Lamy)

1820—1878

為一八七三年法國化學會的會長。首先製得鉍錠。他將鉍化合物的性質研究清楚，知其有毒性作用。又著有光學、電學、高熱計、有機化學與無機化學及糖工業技術等種論文多篇。

鹽類；即第一鉈鹽與第二鉈鹽。第一鉈鹽的價數爲一，第二鉈鹽的即爲三，因第一鉈鹽之性質與鹼金屬鹽頗相似，又第二鉈鹽與鋁鹽相似，故杜馬說：“根據金屬分類的道理，鉈質可以說有兩極端相反的性質，故稱之爲似是而非之金屬，或屬於非驢非馬的金屬，亦非過語。”

至一八六五年，蘭賣變爲巴黎中央工藝製造學校的化學教授。他發表的論文，有論磁性、物理學進步、鉈之毒性作用及石灰在水中的溶度等種。他於一八七八年三月二十日去世於巴黎。

銱

著名於世的夫賴堡礦科學校的物理學教授賴哈 (Ferdinand Reich)，及其助手利希脫，於一八六三年發現銱元素。賴哈於一七九九年二月十九日，生於本堡 (Bernburg)，曾受教育於來比錫、夫賴堡、哥庭根及巴黎等學校。

賴哈於一八二二年步行到哥庭根，跟斯多倫耶學習化學，斯氏特稱許他，謂“因爲他的精明和他的適宜的選擇”之故，因奉夫賴堡當局之命，乃替礦務學校購買儀器、礦物標本及珍本書籍。次年旋赴巴黎，負着同樣的任務，爲夫賴堡礦務學校及哥庭根大學的斯多倫耶，購置鉑皿、標準天秤、儀器及礦物標本。在巴黎時，曾進索爾奔 (Sorbonne) 礦務學校及法蘭西專門學校肄業，並有遇及布龍納 (Brongniart)、阿刺各 (Arago)、給呂薩克、提納、利比喜、波蒙及

洪德堡諸大師。他特別讚美給呂薩克，“因為他有謙讓誠實，精密周到和學問廣博的好處。”

賴哈於一八二四年起，至一八六六年為止，均擔任學校的視察員，其職務以收集礦物標本，購置必需用品，保藏表冊，編纂圖書目錄，及刊發礦物與冶金的逐目錄為主體。他對於磁針傾斜的結果，有極深遠的研究，又曾將夫賴堡地方上的雨量與雪量，記錄得十分準確。他從巴黎回來後，即開始演講法國的度量衡制度，而米突制則最先由賴哈、赫得 (Herder) 與布蘭得盧 (Brandel) 諸人傳入薩克森民族中。賴哈對於各層岩石溫度的考察，負有科學研究的興趣，又他推算得地球密度的平均數值，與卡汾狄士所得者，甚相符合。

自一八三〇年至一八三一年的各期內，賴哈仍繼續私人教授夫賴堡曾經受過教育的市民六十人，其中多數在礦廠與製鍊廠中服務者。此種私人教授課程，雖然可以增加他的收入，但後來又不繼



賴哈 (Ferdinand Reich)

1799—1882

夫賴堡礦務學校之物理學教授及稽查員。錒之發現者。他對於磁針傾斜的結果，夫賴堡的雨量與雪量及岩石各層深度之溫度，均有研究與記錄。

續了，就是他們要求他所授的課程，須比他對於正式生所授的要較為通俗。他亦曾教授礦物學十二年，又擔任普通化學的講座多年。

因為賴哈對於學生的學業，非常關心，常在夜間，施行個別教授，所以他們敬愛他有如骨肉之親。他有時亦用法文教授外國學生，因為他們對於德意志語言，多數是不大懂的。

由製鍊廠中冒出來的煙霧，對於五穀草木及家畜，遺害甚大，成爲一極嚴重的問題了。當時有普拉特涅教授，想將其中之二氧化硫除去之，賴哈即計劃一種簡單的儀器，可以決定煙霧中的二氧化硫的含量。雖在喜伯多夫(Hilbersdorf)建築一爲歐洲最高的煙囪，結果尚不特不能減少其害處，且適足遺毒於較遠距離的果實與樹木。賴哈教授曾研究過德、比、英諸國的製鍊廠與化學廠四十所中冒出來的煙霧的成分，但仍不能解決此困難，直至一八九〇年他死後，在哈爾斯布魯克(Halsbrücke)建築一極高的煙囪，纔將此問題完全解決。

到一八六三年，賴哈開始想從欣麥爾斯孚斯特(Himmelsfürst)礦洞中的夫賴堡鋅礦中，找出鉈質來，此種礦石的主要成分爲含砷的硫化鐵礦、方硫鋅礦、方鉛礦、氧化矽、錳、銅及少許錫與鎳。將此方鋅礦燒灼後，除去其中大部份的硫與砷，乃用鹽酸分解之。在一八六三年某日，有一薩克森製鍊廠中的冶金師溫克勒(C. Winkler)來訪問賴哈教授時，賴哈即以一種稻草黃色的沉澱物相示，並說：

“此是新金屬的硫化物。”因為賴哈教授患色盲症，所以信任他的助手去做分光器的考察實驗了。

利希脫於一八二四年十一月二十一日，生於德勒斯登。他為夫賴堡礦務學校中的一冶金化學家。當他將方鋅礦放在鉑絲圈套中置於本生燈火焰上燒灼時，即看見明顯的青色光線，此與鉍所有的藍色光線不同。因此新金屬有特別的青色光譜，故名之為銻(indium)。發表此篇論文時，也把賴哈教授的名字列入，後來賴哈覺得十分懊悔，因為利希脫實有意獨佔此發現的榮譽。



利希脫 (Hieronymus Theodor Richter, 1824 - 1898)

後來賴哈與利希脫找出銻有兩條線，其中一條比較光亮，比之鋇的藍線，還要容易屈折，另一條比較不光亮的，則更容易屈折，且位置很接近於鈣的藍線上。銻之化合物，能在本生燈火焰中顯出那樣光輝的青紫色，故不用分光器，亦能將其考察清楚。

夫賴堡礦務學校之校長。首先考察銻之光譜。為一冶金學家、分析化學家及吹管分析之能手。

他們分出少許的銻之氯化物與氧化物，後用氧化銻與碳酸鈉的混合物，同熱於木炭上，用吹管吹火，即得不純粹的金屬銻。純粹的金屬銻是白色，富於延長性，易於熔化與錫同，又設在紙上橫過

時，即能顯示一條痕跡。

賴哈和利希脫找得從鋅分離錒，比之從原有方鋅礦中分離錒，較爲容易，他們已先製得氧化錒後，即將氧化錒盛在瓷坩堝中，用氫或煤氣還原之，即製得金屬錒。又在氫化鉀層中，他們成功使金屬錒熔化了。由賴哈的提議，溫克勒曾對於錒及其化合物，作過仔細的研究。

在威爾斯(Wells)著的“科學發現年報”上，讀者可以看見敘述首先發現的金屬錒的一段有趣味文字：

一八六七年四月，由利希脫贈送科學社錒標樣兩份，以爲陳列之用。此兩份錒標樣，都是稜形結晶，每份約長四吋，其橫截面爲梯形，高約半吋，上下兩底各爲 $\frac{1}{2}$ 與 $\frac{1}{4}$ 吋不等。此金屬甚爲純粹，與鎊相似；由利希脫定價，共值銀八百鎊。

賴哈教授從未參加政治運動，即他藏書甚多的圖書館中，亦找不到一冊關於政論的書籍。但過後數年，他竟爲平民的官吏，對於一般貧苦民家的利益，盡力資助保護。他自己雖然沒有兒子，不過他曾教養他兄弟路德威(Ludwig)的兒子十一人，此等姪輩均是早年失去慈母而不得溫飽的孩兒。其中之姪女，有與賴哈夫婦同住多年者，又有一姪兒，由他資助，得修完大學教育。

賴哈生平喜歡旅行，即在少年時，每到各處旅行，必記錄筆記。至一八六五年，他告老休養，購置一小房屋，此後在此小房屋中，共

~~~~~  
度過二十年，專致力於他的科學書報。自他的妻子於一八七六年逝世後，該房屋即由他的一個姪孫女看管，以至於他在一八八二年四月二十七日死時為止。

至一八七五年，利希脫爲夫賴堡礦務學校的校長。他的美國學生麥開 (L. W. McCay)，稱他爲一“神經質，易激動，善變化的矮子。”他是一冶金與分析專家，曾將普拉特涅著的“吹管分析”一書增版一次。他的論文中有一篇是論用氯水由金砂中提出金的方法。他對待學生，十分嚴肅，但他們喜歡他有使人不失望的幽默和閃爍有光的談諧姿勢。利氏於一八九八年十月二十五日死於夫賴堡。

## 第十四章 元素之週期系統

在未繼續敘述化學元素之發現以前，須先簡略的說明兌貝拉奈 (J. W. Döbereiner)、得陳科度亞斯 (B. de Chancourtois) 與牛蘭斯 (Newlands) 在早年時，如何設法分類元素，及邁爾 (L. Meyer) 與門得雷業夫 (Mendeléeff) 各分別將元素的週期系統，作簡單討論的情形。元素有此分類後，即使門得雷業夫預測許多未發現的元素的性質及其化合物，十分準確，且後來證實是大有助於元素的發現。

戒備妄想，積極工作，不作聲勢，努力的去追求神聖的與科學的真理。

誰叫你到那塊聖地去，

那處敲着有和諧的聲音呢？

雖然鹼金屬與分光器大有助於發現隱藏着的元素，但每種新發明都是一意外的事體。邁爾與門得雷業夫於一八六九年未發現週期定律以前，實無法預知何種元素尚未發現，亦無從預測得其物理的與化學的性質。

週期定律的大發現，實遠始於耶拿的教授兌貝拉奈的三元素組的學說。他於一七八〇年生於耶拿鄰近的荷夫 (Hof)。他的父親

是一馬車夫。他所受的教育，是很不健全的初等教育，曾在各處的藥房中實習，又出席聽講幾次的哲學、化學、植物學、礦物學與語言學，但他後來發展為一研究化學極有本領的人，在一八一〇年，有一主筆基蘭(A. F. Gehlen)及奧古斯公爵(Duke Carl August)都稱他是耶拿出奇的化學教授。他的人格與性情，不久即深得公爵與詩人歌德的讚賞了。

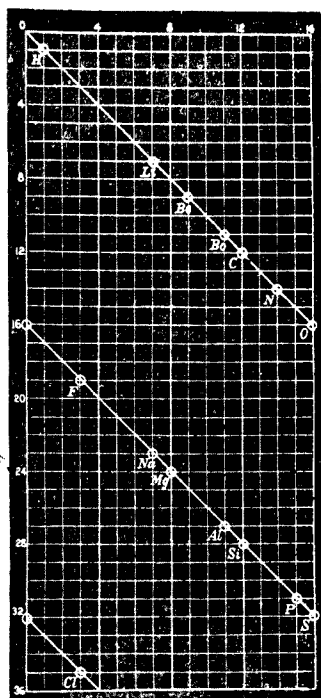
兌貝拉奈於一八二九年注意到有幾組三元素組，其當中之元素，即其原子量介在其他二元素之中，所有性質，亦介於其他二元素之間。

兌貝拉奈教授對於鉑的觸媒作用的研究，亦造詣極深，曾著有書籍，論普通化學與藥物化學，酸鹵之製法及礦水的治療作用等種。他在利比喜前，已先在分析化學上指示後人一種實驗室中的指導法了。他死於一八四九年三月二十四日。

得陳科度亞斯(1820—86)是巴黎礦務學校的教授，他於一八六二年，在圓柱上製成一地球式的螺旋圖形 (telluric screw)，即將元素的符號，置放於圓柱上，依其原子量的大小升降排列。他將圓柱面的周邊，分為十六等份，其平面圖的縱軸，即代表原子量。然後在圓柱的表面上，畫一與軸成四十五度角的螺旋線圖形。結果找得螺旋線，必與一已知縱軸相交於離底成為十六倍數之處。例如鋰、鈉、鉀的原子量為七、二十三、三十九，均在一垂直線上，又氧、

硫、硒、碲即在另一垂直線上。

得陳科度亞斯觀察得同在一縱軸上的元素，其性質十分相似，謂有週期回復的性質，即是：“元素的性質，乃數目的性質。”他將他的地球式的螺旋圖型及石印品，送呈法國科學院。可惜他的文字，過於晦澀，地質學家對於他所用的名辭，比之化學家較為熟悉，結果他想發表他的圖形的計算，不為人所了解，而宣告失敗了。



得陳科度亞斯的地球式螺旋圖形

之一部份。

牛蘭斯對於元素的分類法，另有特別重要的貢獻。他於一八三七年生於英國南克 (Southwark)，他的父親是一蘇格蘭國教的牧師，曾教授他讀書。當他十九歲時，即送到皇家學院的化學系，跟何夫曼研究。因他的母親是意大利的血統，故他對於意大利甚表同情，於一八六〇年自動參加加里波的 (Garibaldi) 的軍事工作。迨意大利之自由獲得後，他即趕回倫敦，曾為一分析化學家，又在英國南方的聖沙威阿爾初級學校、女子醫學校及倫敦學院等校教書。他為維



~~~~~  
多利亞船塢鄰近的鍊糖廠的主要化學技師，後來與他的兄弟牛蘭斯 (B. E. R. Newlands) 合著糖論一書。

在一八六四年，他將元素依其原子量的大小排列成行，注意到每第八種元素，即有相同的物理與化學的性質。因此他將元素分成各族及週期，但此八音律，他竟一無所獲，只有得到英國化學會一般的嘲笑而已。一般人不知原子量的重要，有意嘲笑他，謂他欲照原子量的順序排列，倒不如將元素名的起首字母，按照順序排列起來較為得法。化學會拒絕發表他的論文。但至一八八七年，皇家學會又因為他有此發現，贈他以大衛的獎章。

在自然報上的名人言行錄中，替爾登 [W. A. T. (Tilden?)] 說過：此種遲緩的認識，即在門得雷業夫及邁爾得到同樣的獎章五年後，仍然對於牛蘭斯不能有公道的評語。“如果牛蘭斯是一個法國人，”他說：“則科學社及化學會雖然在先弄錯，但至後來一定不至那樣遲延纔小心給他們的本國人以一種榮譽”。不過牛蘭斯仍然按期到化學會，以他的文雅及仁慈，獲得許多朋友的愛戴。他於一八九八年七月二十九日，因患流行性感冒病而逝世的。

元素之週期系統，為德國的邁爾與俄國的門得雷業夫同時所發現的。邁爾於一八三〇年八月十九日，生於鄂爾敦堡 (Oldenburg)。他的父親為一個醫師，其母親即為其父的助手。他兄弟兩人均學醫，不過羅塔·邁爾後來成為一化學家。其兄弟鄂斯略·伊

彌(Oskar Emil), 即爲一物理學家。因邁爾的身體不很健康, 所以他住在鄂爾敦保公爵的拉斯得 (Rastede) 夏日避暑花園中, 在園丁主任指導之下, 受戶外的教育。因此他不特將身體培養得十分強健, 且對於自然界亦發生無窮的興趣。他於一八五四年得符次堡大學 (Würzburg University) 的醫學博士學位。

邁爾在此時即明白自己對於研究工作, 比之對於行醫, 更加有興趣。於是他即赴海得爾堡跟本生與克希荷夫研究。後來克希荷夫即引起邁爾對於應用數學上發生研究的興趣。一八五八年他先爲北勒斯勞的物理與化學的教員, 過六年後, 即與其弟鄂斯喀·伊彌同爲數學與數學物理的教授。邁爾所著的“近代化學理論”一書, 於同年發表, 其中包括有他最先創設的不完全的週期表, 使他的名聲傳聞到科學界。

一八六八年, 德、法二國正在交戰期間, 他赴一臨時由卡爾斯魯厄工業學校改設的軍人醫院中服務。他運用他過去所學的醫學智識, 對於治療軍人的創傷與疾病, 獲得神奇功效, 迨戰事完結後, 他即獲得獎章。

他於一八六九年十二月, 將五十六種元素排成一族及分族的表。他將元素的原子量與其體量的關係, 用圖解表示出來, 結果找得圖形被最高點分爲六部份。在第二與第三兩部份中, 其原子量之增加爲十六單位, 又在第四與第五兩部份中, 其原子量之增加數值

較大，每份爲四十六單位。然後他又製得另一圖形，以表示元素的物理性質，如可溶性、揮發性、可鍛性、脆薄性與電化性，均有週期的性質。凡揮發及易以熔化的元素，均在圖形中向上昇的一部份中，又難於熔化的元素，即在圖形中向下降的一部份中，或在其極小部份中。



邁爾 (Lothar Meyer)

1830—1895

德國化學家及醫生。爲北勒斯勞及杜平根二大學化學教授。與門得雷業夫共發現元素週期定律。此外他還從事研究血中的氣體，化學物之分子容積，自動調溫器，石蠟及洋紅(fuchsine)之分子構造式等問題。

一八七六年，邁爾爲杜平根(Tübingen)大學中的化學教授。他辦理大學中的事情，十分熱心，不失爲一領導者了，以他的能力及聲望，使各地學生皆趨來就學。他死於一八九五年四月十一日。

特咪吐力·門得雷業夫(Dmitri Ivanovich Mendeléeff)於一八三四年二月七日，生於西伯利亞南部的托波兒斯克(Tobolsk)。他是俄羅斯與蒙古族的後裔，爲一極大的家庭中的最年輕者。有謂其家中共有十七個小孩，但又有謂只有十一個。

其母親馬利亞·喀爾利夫·門得雷業夫(Maria Kornileff Mendeléeff)，最喜歡她最小的兒子特咪吐力，常稱他爲米特貞

卡 (Mitjenka)。當米特貞卡還很年輕時，他的父親是托波兒斯克小學的主任，因兩眼球生翳而失明了。雖然政府每年還送他恤金一千盧布，但此實難以供養一大家人。所以馬利亞·喀爾利夫生來命苦，不特要看護她可憐的盲日丈夫，及她的八個未成年的小孩，且要兼做商業上的事體，就是喀爾利夫的家人，最先在托波兒斯克設立玻璃廠與造紙廠，而今馬利亞·門得雷業夫，雖則家務很多，但亦不能不兼做玻璃廠的主任，使廠務進行，十分有效與順利。

特咪吐力·門得雷業夫是一十分喜歡數學、物理與歷史的小孩，但不喜歡拉丁文。他最先的科學教師是他的姊夫巴撒真 (Basargin)。巴氏為一民主立憲黨黨員，於一八二五年十二月，企圖顛覆尼古拉第一失敗後，即被放逐了。此次有名的壯舉，托爾斯泰在他著的戰爭與和平一書中，描寫得十分盡緻。

門得雷業夫十六歲時，即修完小學的功課，但他距離畢業不久時，便遭遇兩重不幸的事變。第一他的可憐的父親，因患肺病而逝世了；第二玻璃廠失慎而崩塌了。馬利亞·門得雷業夫時年已五十有七，即與兩個年紀最幼的兒子，一同乘馬車遠赴莫斯科。門得雷業夫因受不正當的政治影響，不能進大學，母親又轉赴彼得格勒求見中央教育學院的主任普利諾夫 (Pletnoff)，普氏是她新近的丈夫的朋友，因此得政府的經濟幫助，門得雷業夫才能在數理系中開始

工作。

過後數月，馬利亞·門得雷業夫已將身上的重負卸下，以為她的兒子門得雷業夫可得到求學的機會，私心稍慰了。後來他寫那部著名溶液論的序文時，曾說：

此種考察即由她的最小的兒子敬獻於其母親了。她一方面管理工廠的任務，同時即能將她自己的經驗教訓她的兒子。她是以身作則來教訓他，以恩愛來改正他的錯誤，因為希望他學科學，所以與他同離開西伯利亞，將她後來所有的資財與精力，為他而犧牲了。當她死時，她說：“絕戒妄想，積極工作，不

作聲勢，努力的去追求神聖的與科學的真理。”她是明白詭辯術常可以迷人的，有幾多是仍可以學習得來的，又如何可借助於科學避免暴燥的舉動，有了愛情即可避免固執，迷信，不真實及錯誤的弊端，乃以發現真理的安全，求更發展的自由，公



門得雷業夫 (Dmitri Mendeléeff)

1834—1907

彼得格勒大學化學教授。著有化學原理一書。曾從事研究俄、美二國之重要石油礦。元素週期定律為俄之門得雷業夫與德之邁爾各分別發現的。

共幸福與內心快樂以代替之。門得雷業夫謹遵從其母的臨終教訓，守之不渝。一八八七年十月。

當門得雷業夫在教育學院畢業時，曾以成績優越獲得金牌的獎章。在一八五九至一八六一年之間，即在巴黎隨勒諾(Regnault)及在海得爾堡隨本生共同工作。至一八六一年回到彼得格勒時，即獲得博士學位，且被聘為工業專門學校的化學教授。八年後，他即為彼得格勒大學的普通化學教授。

同年三月他即在俄羅斯化學會發表他的有名的“元素的原子量與其性質之關係”一文。門得雷業夫所以能獲得大發現的榮譽，實因勇於斷定其某元素之原子量，不適合於他的系統的，是由於其決定時不正確之故，又有未發現的元素，將來發現時，必適合於他的週期表中的空格上的。他還預測許多未發現元素的性質，其中有三種，他稱名為 ekasilicon、ekaaluminum、ekaboron 的，即今日所謂鍺、銦與鎳的，於他生時親見其逐一發現了。因此他於一八八九年在他的法拉第演講辭上，說：“週期定律第一能使我們看見很遠的未發現的元素，這都是前人難以用化學看法看見的；第二這些新元素，不知過後多久纔發現，但其所有性質已先顯在我們眼前了。”門得雷業夫的週期表，比之前人任何人所有的都較為完全，且是由實驗徹始徹終找出的結果。

他極願意承認邁爾的請求，說他是一獨立的發現者。他於一八

八七年被邀到曼徹斯特在英國聯合會中講演，但他因在會中不能操英語講演，故他僅起來舉行一鞠躬禮罷了。於是邁爾起來，代為致謝英國科學家盛意款待門氏的好意，他恐怕人誤會，使人生出不好的印象，故代為作致謝辭時，起首即微笑地說：“我不是門得雷業夫，我是邁爾。”他同時亦得到許多好的評論。至一八八二年，大衛獎章即聯合贈給門得雷業夫與邁爾了。

門得雷業夫及其門徒對於化學的貢獻，範圍很廣，即他的著述亦成功很大。他著的化學原理一書，雖然是草率寫成的，但為俄國文中最好的課本了，因此彼得格勒學院贈他得米多夫獎金 (Demidoff Prize)。該書的格式，寫得十分特別，即註解所占的篇幅，比之大字原文所占的還要多；雖然這種著述十分特別，但仍不失為化學上的大著作。他又曾考察過巴庫 (Baku) 的煤油場，高加索的石油泉，與賓夕法尼亞的煤油場。

門得雷業夫對於藝術與文學，亦極能欣賞。他有時寫寫藝術的論文，而他的書房中，滿架他夫人所繪的拉瓦節、牛頓、伽俐略 (Galileo)、哥白尼、格累謨蘭、米特錫利克、路斯、瑟甫勒爾 (Chevreul)、法拉第、杜馬及柏德樓的鉛筆速寫像片。他最喜歡的著作家，就是朱理斯·味倫 (Jules Verne)，當他晚年病時，所有主要的安慰品，就是閱讀北極旅行記 (The Journey to the North Pole) 一書。他因患肺炎病，死於一九〇七年二月二日，是日恰為星期六，尼古拉皇

帝打給門得雷業夫太太的電報說，“自門得雷業夫不幸去世後，俄國遺失一位她可愛的兒子，但他將永久爲我們紀念着了。”

第十五章 門得雷業夫預測的數種元素

有三種未發現的元素，門得雷業夫預先命名爲 *ekaaluminum*、*ekaboron* 及 *ekasilicon*，並將其性質預測十分詳細，於後十五年內相繼發現了。第一種發現者，是法人得波斯班都朗 (L. de Boisbaudran)，第二種是瑞典人尼爾孫，第三種是德人溫克勒。此三種元素，現即名爲鎵、銦及銻，借以紀念出產此元素的三種礦石的國家，亦即是三發現者的國家了。

凡爲一無機化學工作的領導者，不特是一理論化學家，且兼是一分析化學的能手；又不特是一技巧嫻熟的工匠，且亦是一有思想成形的藝術家。

物質的純潔，是世上最精美的了。

當門得雷業夫預測將來必有元素去佔領他的週期表的空位，並將此數種未知元素的性質，預早詳細斷定，但沒有想到其中有三種新元素，親身即能看見發現出來了。

鎵

其中一種未知元素，因屬於鋁族中的一種，故牠名爲 *ekaaluminum*，不久即被得波斯班都朗所發現了。得波斯班都朗於一八三八年四月十八日，生於科納克 (Cognac)，是一新教貴族的後裔。

他的父親與兄弟都是蒸酒師，他有時亦是公司中的夥伴。他的母親是受過高等教育的婦人。曾教他讀外國文、文學和歷史。因為他讀了工藝學校的講義，即將他的科學基礎築好，對於物理化學兩門，尤為特別喜歡。他一生得到家人的同情和精神幫助很多，來木賽也說過，他們的家訓是：“公正，仁慈，以及個人負責的責任心。”他的叔父曾資助他築就一個私人的小實驗室，鎩質即在此實驗室中發現。



得波斯班都朗(Lecoq de Boisbaudran, 1838-1912)

法國化學家，曾發現鎩、釷及鎳三種金屬，又完成分離稀土元素方法。與木生、克希荷夫及克魯克司同為分光器科學之發現者。

他發現此種元素，並非出自偶然的。蓋得波斯班都朗曾研究過光譜十五年。且發現出同族的數種金屬所放射出來的光譜，其光線依同樣的普通排列，有重複可能。當時他急欲拿鋁族元素來證實此定律，結果在鋁與錒之間，有一不知下落的元素，他以為多數礦石既經過仔細的分析，所以他不大希望從此礦石的主要成分中找得新元素。但是認識這種分量很少的新元素的困難，竟逃不開他了，他曾說過：“在自然組中有一假定物質，其確實化學反應，具有不可避免的不確性，欲單從其精密計算許多反

應的直接應用法，而獲得成功，是成爲問題的了；因爲這種預測的許多反應中，倘稍有一點差誤，即可使所欲求得的物質，逸出理論上所指定的分析位置。”

一八七四年間，得波斯班都朗開始考察高比里牛斯 (Hautes Pyrénées) 的阿革盧斯山谷 (Argeles Valley) 的皮耳非特 (Pierrefitte) 洞中出產的硫鋅礦。當他將礦石調成溶液後，乃放入金屬鋅於溶液中，即見有沉積物蓋在鋅上。又當此沉積物在氫氧焰燒灼過後，即用分光器考察之，結果看見有二條以前沒有看見的光線。若將沉積物專在本生燈上燒灼時，則此線即不能看見。

下列一段乃是得波斯班都朗的化學新聞記錄：

在一八七五年八月二十七日 下午三、四時之間，我看見由皮耳非特的方硫鋅礦的化學考察結果，是有找出一新物質的可能性。其氧化物，或是一種次鹽，在含有氯化物與硫化物的溶液中，可用金屬鋅使之沉澱分出。用鋅還原以後所得者，不顯示金屬性質。

我只有少許的物質，使我無法將此新物質從多量的鋅中分出。在數滴的氯化鋅溶液中的新物質，使之變濃後，即在電花下受作用，結果所看見的光譜，其主要部分是紫線，此線甚狹小而易看見，且居於波長表上的 417 處。同時我亦看見其在 404 處的十分微弱的光線了。

約過一月後，得波斯班都朗就在巴黎的符次實驗室化學組中舉行一套實驗，證實他所發現的新金屬鎩，實是一真實的元素，並以紀念其本國，把國名來名此新元素了。爲實現他想分離此種金屬的計劃，老山 (La Vieille Montagne) 與新山 (La Nouvelle Montagne) 兩個鋅礦工程學會，即送他多量的鎩礦石。

得波斯班都朗用含有過剩鹽酸的王水，以分解數百仟克的粗方硫鋅礦。他亦用稍許過剩的方硫鋅礦，以便能用盡王水中所有的硝酸。濾過後，將所得澄清的酸液中，即加入鋅片，使銅、砷、鉛、鎳、錳、鉍、汞、硒、銀、鉍、錫、銻及金等質均沉澱分出。在酸未完全用盡以溶化鋅時，得波斯班都朗即將海棉狀的沉積物濾過。然後再加過剩的鋅於濾液中，在水鍋上加熱數小時，使鹽基性鋅鹽及鋁、鐵、鎩、鈷和鉻等質的氫氧化合物，均沉澱分出。

雖然硫化鎩不能從其純鹽中沉澱分出，但易被硫化鋅一齊夾帶下來。故得波斯班都朗加醋酸銨與醋酸於上述的沉澱物的鹽酸液中，乃通過硫化氫。當沉澱物的光譜仍然能看 $Ga\alpha(417.0)$ 線時，即繼續加入鋅質於濾液中，以至所有鎩質完全沉澱爲止。

得波斯班都朗將氫氧化鎩溶於氫氧化鉀中，即用五個或六個本生電池的電流去電解其溶液，結果製得約一克的金屬鎩。此是一八七五年十一月最先製得的鎩質。同年十二月六日，他即送呈科學社有三四毫克固體鎩。又三月後，他又奉上一瓶液體鎩的標本。因

鎳未雜有固體時，即有繼續保持液體之趨勢，故其鎳標本在攝氏下三十度，仍是一種液體。得波斯班都朗與古夫萊瑟（Jungfleisch）後來在札末盧廠（Javel Works），從四千仟克的方硫鎳礦中提鍊得七十五克的鎳質。

門得雷業夫所預測的 Ekaaluminum

(Ea)的性質

原子量約68

金屬比重為5.9；熔點甚低；不能氣化；

在紅熾灼時始能分解水氣；稍溶於酸及鹼液中。

氧化物：分子式為 Ea_2O_3 ；比重5.5；

能溶於酸中，成鹽式 EaX_3 ，其氮氧化物必溶於酸與鹼液中。

其鹽類有成鹽基性鹽之趨勢；其硫酸

鹽必能成摻質；其硫化物必為 H_2S

或 $(NH_4)_2S$ 沉澱分出；其無水氮化

物，比之氯化鎳更易氣化。

此種元素將來可用分光器分析法發現

出來。

得波斯班都朗所發現的鎳的性質

原子量為69.9

金屬比重為59.4；熔點30.15；在溫和

溫度時不能氣化；對於空氣無作用；

其對於水氣有無作用未詳；其氮氧

化合物溶於酸、鹼二液中。

氧化物： Ga_2O_3 ；比重未決定；溶於酸

中，成鹽式 GaX_3 ，其氮氧化物溶

於酸與鹼液中。

其鹽類易以水解成鹽基性鹽；能成摻

質；其硫化物在特殊狀況之下，可用

H_2S 或 $(NH_4)_2S$ 沉澱分出之；其氮

化物比之氯化鎳較易氣化。

鎳質是借助於分光器發現的。

註：一九三二年的原子量表，鎳質的原子量為69.72。

得波斯班都朗發現鑛質，並非借助於門得雷業夫的週期表及所預測的性質，實完全依據他自己光譜的定律。門得雷業夫於一八七五年十一月二十二日即在計算報告 (Comptes rendus) 上發表，謂他相信鑛與 ekaaluminum 實是同樣物質。後來對於新元素的性質及其化合物多從事考察時，即證實上說不錯，由上列一表，亦可以見其一般。

得波斯班都朗研究稀少土質，成功不小，曾發現釷 (samrium)，及鐳 (dysprosium) 二種元素。即在分光器範圍中研究所得，亦是很著名的。

得波斯班都朗能操流利的英語，但對於微細處不甚講究，故他有時連翻譯他自己的法文思想，都因過於草率以至弄錯了。據來木賽說，他有一次在午餐時說出“湯熱死了”一句話，驚動他的同席的一有體面而年輕的英國婦人。他到晚年纔結婚，這與柏濟力阿斯相同。他因患骨節病甚劇，以至早年斷送了他的科學研究工作，但他仍在疾病中掙扎多年，至一九一二年五月八二十日，始與世長別，享年七十有四。

雖然鑛是一種稀少元素，但其用途却很有趣。因其融點為攝氏三十度，沸點即為一千七百度，故鑛石英寒暑表可用之以量高溫度，比之普通水銀寒暑表，能量高有許多倍數的高溫度。

門得雷業夫還預測一種元素 ekaboron，其原子量介於四十(鈣)與四十八(鈦)之間，將來定有發現的一天。這種元素，後來即被尼爾孫發現了。尼爾孫於一八四〇年五月二十七日生於東哥德蘭 (Oster Gothland)，曾在風景美麗的哥德蘭島的菲拜 (Visby) 受過教育，至十九歲時，即赴烏布薩拉讀生物、化學與地質學。

在一八六五年，他正在預備博士考試時，即接到他的父親忽然患中風病的信。雖然尼爾孫亦因常患吐血病之故，以至身體十分瘦弱，但他即刻回到哥德蘭島，擔任管理田園工作，購置機器和打穀機，收穫五穀及安慰其抱病的父親。過後數月，父子二人之病，均告痊愈。因常在戶外過活，故對於尼爾孫的肺病，極易痊愈，從此以後，他一生都十分健康和快樂。

他回到烏布薩拉，考試及格後，即擔任管理實驗。在實驗室中，有柏濟力阿斯的天秤、吹管及其製造之物品等項，此時他真正為



尼爾孫 (Lars Fredrik Nilson)

1840—1899

為烏布薩拉大學及斯德哥爾摩農業專門學校之分析化學教授。鈦之發現者。他研究土壤學及肥料後，即將其本地荒土，使變為可耕種之地。又與柏特孫共同研究稀土質，製得金屬鈦。

大師的學生了。尼爾孫已做完幾種硒化學物的研究後，即與柏特孫共同開始研究一種黑褐色的稀土礦石 euxenite，意在計算得稀土質的化學的與物理的常數，以便證實週期定律。雖然他們後來沒有達到實驗的目的，但尼爾孫從加多林石及黑褐色的稀土礦石中，共提煉出稀土氧化鈣六十三克，且使之變為硝酸鹽。後加熱分解此鹽質，有如馬利甘克所做過的實驗相同。結果除獲得少許純氧化釷外，還有一種未知土質，這種意外發現，實使他不勝驚喜了。

他將此新土質的性質，經過仔細考察清楚後，即發現其中有一種元素，此元素之性質，即與門得雷業夫所預測的 ekaboron，幾乎完全相似。尼爾孫乃名之為鈦 (scandium)，借以紀念其祖國，其實應當用鄉村名來名此金屬，因其祖國已發現過許多新元素了。鈦質與門得雷業夫所預定之 ekaboron，為同樣的物質，是由克利甫 (Per Theodor Cleve) 指示出來。下列即是鈦的預測性質與實際考察的一種比較表。

門得雷業夫所預測的 Ekaboron

尼爾孫所發現的鈦 (Sc) 的性質。

(Eb)的性質。

原子量44

原子量44

此元素能成一種比重為 3.5 的氧化

氧化鈦 Sc_2O_3 之比重為 3.86；其鹼

物 Eb_2O_3 ；其鹼性作用比鋁較強；

性作用比鋁較強，但比之氧化鈣及

但比之氧化鈣及氧化鎂則較弱；不

氧化釷則較弱；不能溶於鹼液中，能

溶於鹼液中，能否被氯化銨所分解，

仍屬疑問。

其鹽類是無色，且在氫氧化鉀及碳酸

鈉液中成膠狀的沉澱物質。其鹽類

亦不能成結晶體。

其碳酸鹽不溶於水中；或者成鹽基性

鹽沉澱分出。

其與鹼質合成之複鹽，或者不是一種

摻質。

其無水氯化物 EbCl_3 比之氯化鋁不易

氯化，又其水溶液比之氯化鎂，一定

比較容易起水解作用。

Ekaboron 或者不是用分光器發現出

來的。

註：一九三二年的原子量表，銦的原子量為 45.10。

退蘭 (Tobias Robert Thalén) 首先研究銦與鏡的光譜。雖然

銦鹽不能吸收光線，但其元素可用電花與弧光譜考察出來。此二元素的原子量，不久即被尼爾孫決定了。

由一八七八至一八八三年，尼爾孫為布薩拉大學的分析化學教授，但至晚年時，即在斯德哥爾摩的高等農業學校中教書。他找

亦不能為氯化銨所分解。

銦鹽為無色，遇氫氧化鉀及碳酸鈉即

成膠狀的沉澱物質。其硫酸鹽不易

成結晶體。

碳酸銦不溶解於水中；且極易失去二

氧化碳。

其與鹼質合成之硫酸複鹽，不是一種

摻質。

氯化銦 ScCl_3 在 850° 始起氯化作用。

氯化鎂約在 100° 以上，即起氯化作

用。其水溶液不起水解作用。

銦質不是用分光器分析法發現出來

的。

出他的故鄉的瘦瘠的石灰荒地，是由於缺少鉀質之故。後來由尼爾孫建議，盡量採用加里里瀉鹽為肥料時，即使哥德蘭變為收穫甘蔗甜菜極豐富的地方了。

尼爾孫因長在實驗室中工作，故很少消遣的閒暇時間，但他的短期的休息，總是十分愉快的。斯德哥爾摩大學的化學教授柏特孫，曾說過他：

在尼爾孫為主任的私人實驗室中，有時借助於談話、軼事、雙關笑話或偶然唱歌等等，以資提起工作時間的精神，已成為慣例了，但是在空閒時候，交視科學材料，不宜為談話之資。尼爾孫是不願意在空閒時來討論科學的，當他想娛樂時，如果有人敢談及政治與哲學的問題，簡直是衝犯他了。他和他的朋友在一齊時，他總是得意忘形，而且表現出是最快樂的一個。他有千百種方法，可以打斷那種使人厭倦的談話。比方他初時板起面孔，靜聽片刻，然後插入短期的無意識的觀察，繼之正經加重語氣，講述好笑而有價值的政治和科學軼話，同時在他的粗而黑的眉間，顯出一幅滑稽的姿勢來。似此一種使人忍笑不住的喜劇，如果是先沒有知道，必更加覺得有趣。他的聽者，初則迷惑，然後有含笑的，有大笑的，於是在一片刻間，將那急迫的政治與哲學的談論，銷聲滅跡於一羣的笑聲中，而尼爾孫的加重的聲音，有似快樂潮中的大波濤一般，瀾滿於那

一剎那間了。

尼爾孫有愛清潔與守秩序的習慣 此與其他大分析學家相同，而他的格言，謂：“物質的純潔，是世上最精美的了。”却永遠不爲人忘記了。他死於一八九九年五月十四日，享年五十有九。

鍤

門得雷業夫預測的第三種元素 (ekasilicon)，是屬於矽族元素中，於一八八六年由溫克勒發現出來，乃名之爲鍤，所以紀念其祖國。似此三種“國家”的元素，即法之鍤質，瑞典之銦質，又德之鍤質，均在俄國大化學家預測之後十五年間相繼發現了。雖然門得雷業夫是敘述 ekasilicon 性質的第一人，但週期表之發端，實遠在七年前由英國的化學家牛蘭斯，首先注意到在矽與錫二極端之三組元素中，尚有一種未知下落的元素呢。

溫克勒 (Clemens Alexander Winkler) 於一八三八年十二月廿六日，生於夫賴堡，但長大於薩克厄爾士 (Saxon Frzebirge) 的次和便退盧 (Zschopenthal) 一鄉中，其父庫爾特·亞力山大·溫克勒 (Kurt Alexander Winkler) 即在此鄉中操熔鍊工作。其父親是一著名的化學家與冶金學家，曾從柏濟力阿斯及塞夫斯唐研究，且在熔鍊廠中設有完備的冶金實驗室。

因他很喜歡研究自然界，所以其父親教他如何區別植物、動物及礦物，但他無收集標本的野心。他只愛將每種標本加之以仔細考

察，並無佔爲己有的慾望。至十二歲時，他即進夫賴堡小學，在此他跟布賴托皮特(August Breithaupt)研究礦物學。溫克勒不喜歡讀外國文，但他對於本國文字，很有研究，他所著的科學論文，不特因其內容充實，且因其文章美麗，故極爲後人所推崇。

他繼續在德勒斯登的實科中學及刻姆尼斯(Chemnitz)的技術學校讀書，假期內即在他的父親實驗室中消磨時日。當他一八五七年就進夫賴堡礦務學校時，他對於分析化學上的智識，已比所聽授的爲多，因他有充分的準備及良好的天資，故對於研究工作，進步甚速，且無妨礙於他喜歡玩的各種玩意兒。

他的論文，論硫酸廠中給呂薩克塔的反應的，是經過多次實驗，吸收紺青廠中的惱人的二氧化硫的結果。因爲他想分析此等氣體，乃發明溫克勒氣體滴管(Winkler Gas buret)，即備有一可通三路的活塞的滴管，完成他自己的分析方法。同時他借資於製造鎳鈷二種金屬，使爲商品，賴以維持個人的生活費用。

至一八七三年他接任夫賴堡的化學工程與分析化學的教授職位。欣利克斯(G. D. Hinrichs)曾說過：“溫克勒的分析工作的純熟，實使我不勝驚奇，以至後來發現其父親庫爾特·溫克勒爲柏濟力阿斯的高材生，方纔知其是有所出自的呢。”溫克勒從其父親處學得清潔的習慣，不久即將不整潔的實驗室整理就緒，開始訓練學生，小心工作，可無須用樹膠帷裙。某日有一新來學生，穿上一大帷

裙，溫克勒即問他：“你是否要去煉石灰呢！”

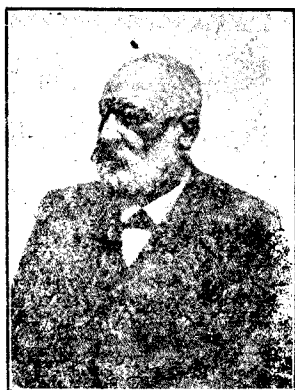
一八八五年的秋天，夫賴堡礦務學校的礦物學校教授衛斯巴哈(Albin Weisbach)在夫賴堡鄰近的欣麥爾斯孚斯特(Himmelsfürst)礦洞中發現一新礦石，名為富銀礦 (argyrodite)。一化學家利希脫(他與賴哈共同發現銻質)用吹管做過定性分析，找出富銀礦中含有銀、硫及少許汞質。於是衛斯巴哈教授乃屬溫克勒將此富銀礦做一定量分析實驗，以便決定其中所有的成分。溫克勒前後所得的結果，甚相符合，不過總是低有百分之七，於是他即斷定其中必含有一種未知元素。

他相信此種礦石，不是一種硫化銀鹽，而新元素必屬於砷、銻、錫同分析組的元素，乃將其粉末與碳酸鈉及硫一齊熔化，然後加水溶解之，且將所得溶液濾過，以除其殘渣。加鹽酸於濾液中，使成酸性後，即使砷、銻二質成硫化物沉澱分出，使之分開，因新元素不能成沉澱物分出，一定仍在溶液中成一種鈉硫化鹽。但當溫克勒稍加少許的鹽酸時，即有硫質沉澱分出，但無硫化物分出。雖至將濾液完全蒸乾時，除有氯化鈉殘渣外，別無其他各物了。

溫克勒不因此次實驗失敗而自餒，但更加努力不斷的，越時四月之久，設法找出此難於摸捉的元素來。至一八八六年二月六日，他按常濾過硫的沉澱物質，抱着失望的神勢，不作意的將澄清的濾液倒入於多量的鹽酸中。忽然見有多量的片狀的白色沉澱物，即

刻分出，使他不勝驚喜了。此是新元素的硫化物，易溶於氫氧化銨液中，但加入多量的鹽酸時，又即刻分出。因其有特異的性質，即不能溶於濃酸中，但易溶於水及稀酸中了。

這種新元素，他稱之為銻 (cermanium)，是從其硫化物在氫氣流中加熱分得了。此種灰色的金屬粉，比之銻質較難氣化，但其氯化物，則極易氣化，所以溫克勒蒸乾過濾硫後的濾液時，只有氯化鈉，此外一無所獲，即因此故，蓋氯化銻已完全氣化了。所謂富銀礦的，今日已知其為銻與銀的複硫化物 $\text{GeS}_2 \cdot 4\text{Ag}_2\text{S}$ 。



溫克勒 (Clemens Alexander Winkler, 1838—1904)

夫賴堡礦務學校教授。氣體分析之先驅者。又為鑄鉛金屬製造家。他發現元素，且作鋼質之初步研究工作。

溫克勒初以為銻是與銻、砷相似的元素，應與門得雷業夫所預測的 ekastibium 相同，即應位於銻銻之間，自有此新元素發現後，舉凡科學界上的人，都十分注意。門得雷業夫於是年二月六日在德國化學會誌上發表 (Berichte der deutschen chemischen gesellschaft) 新元素若適於銻與銻之間的空位時，應有的各種性質。不過他以為由新元素氯化物易溶於水中的性質及其硫化物為白色看

起來時，則銻應為 ekacadium，是介於鎘與汞之間的元素。同時北勒斯勞的利希脫寫信給溫克勒說，他相信銻即是 ekasilicon，為錫族中位置最低的一種，即介於鎳與砷之間未發現的元素。過二日後邁爾在德國化學會誌上發表，謂他亦相信銻即為久欲求得的 ekasilicon，且說他早已向他的高級學生表示過此種意思。

溫克勒積數月的辛苦與失望，現已臨到終止時期，轉而受到一般有名的化學家的鼓勵，不禁興高彩烈，現在他還有許多工作，急待繼續做的，他欲得較多的銻化合物的企圖，亦愈覺困難了。純富銀礦是含有銻百分之七，此種好銻礦，現已告竭，勢必從多量的較壞的銻礦中去提鍊銻質。他起初以為還可採得多量的富銀礦，故對於可寶貴的銻化合物不甚寶貴。不過後來他總算獲得足量的銻化合物，證實銻質即是門得雷業夫於一八七一年所預測的 ekasilicon 一種元素。下列一表，即為預測的 ekasilicon 所有的性質與實際銻所有的性質的比較表。

	Ekasilicon	銻
原子量	72	72.32
比重	5.5	5.47
原子容積	13	13.22
價數	4	4
比熱	0.073	0.076

二氧化物之比重	4.7	4.793
二氧化物之分子容積	22	22.16
四氯化物之沸點	100度以下	86度
四氯化物之比重	1.9	1.887
四氯化物之分子容積	113	113.35

門得雷業夫所預測的，只有一樣不對。他以為 *ekasilicon* 與鈦相同，是很難液化與氣化的。邁爾對於此點不同意，後來證實他的話不錯。溫克勒後來說銻質與他所期望在天然界中所存在的完全相反。譬如他以為銻質能與氧化合，且與鈦銻同存在於斯干的那維亞的稀少的礦石中，但未料到其與多量的砷銻合在一齊，同存在於銀礦中。

溫克勒對於純粹化學及應用化學上，都是貢獻很多，此外對於其他各方面的興趣，亦甚廣闊。他有詩的天才，此點與大衛及伊克柏相同，他的許多詩歌，現仍保存在夫賴堡高等學校中。布朗克(O. Brunck)說溫克勒的詩歌，形式優美，用字恰當。溫克勒為娛樂他的來賓起見，常作滑稽的化學詩歌，給他們去唱，同時手執他們所選擇的任何一種儀器，開始作舞。他於一九〇二年辭去教授職，因患癌病，死於一九〇四年十月八日。他的聲譽，將流芳百世，永不忘於人間了。

第十六章 稀少土元素

稀少土元素，彼此十分相似，且在其極複雜的礦石中關係密切，實不易把牠們分開。但是牠們可由兩種混合物，即加多林的氧化釷及克拉普洛特、柏濟力阿斯與希新格三人的氧化鈾中，經過繁雜的手續得到，他們本來相信他們的發現是純粹的氧化物。摩散達、德獵封騰 (Delafontaine)、馬利甘克、克利甫、波斯班都朗、烏爾班 (Urbain)、詹姆士 (Charles James) 等所得的專利研究品，均從所謂“氧化釷”中分解得各種氧化物，即現在所知道的氧化釷、氧化鈾、氧化鈾、氧化釷、氧化釷、氧化釷、氧化釷、氧化釷及氧化釷。其後經過摩散達、馬利甘克、波斯班都朗、柏藍尼 (Brauner)、翁衛盧斯巴哈 (Auer von Welsbach)、得馬開 (Demarcay)、霍布金司 (Hopkins) 及其他堅苦的研究和應用絕技，始將老氧化鈾分為氧化鈾、氧化釷、氧化釷、氧化釷、氧化釷、氧化釷和氧化釷 (iillinia)。其中有若干稀少土元素，至今仍未分成單質，且多數含量甚少，即其化合物之價值，亦至為貴重。

稀少土元素，不特迷惑了我們的研究工作，及破壞了我們的思考力量，且引入我們於虛無漂渺的夢鄉中。牠們在我們前面展開，好似大海一樣，暗示着鬼鬼祟祟，怪相百出的景象。

在斯干的那維亞半島上，藏着有許多稀少土礦，歷來無人過問，一直到了一七八八年某日，有長官阿立第阿斯 (Lieutenant Arrhenius) 其人，在靠近斯德哥爾摩的亦脫拜小鎮中，找得一種不平常的黑色礦石。那有名的芬蘭科學家加多林 (Johann Gadolin)，即從此種新發現的礦石中，發現稀少土元素。

他於一七六〇年六月五日，生於靠近赫星法斯 (Helsingfors) 的亞波 (Abo) 地方。他的父親雅各·加多林 (Jacob Gadolin) 是一位很有名的天文學家兼物理學家，教他愛好自然界及了解她。他在亞波大學

畢業後，即赴烏布薩拉隨柏格曼研究，後往丹麥、德意志、荷蘭及英格

蘭等國旅行，以期得到廣博見聞。至一七九四年，加多林考察長官阿立第阿斯所發現的黑色礦石時，即找出其中約含有新土元素百分之三十八。不久伊克柏即證實此種分析，而礦物學家，後來便名此礦石為加多林石，借以紀念芬蘭的化學家。



加多林 (Johann Gadolin)

1760—1852

芬蘭亞波大學化學教授。首先發現複雜土質氧化釷礦石，後由此即分出各種單純稀土質之氧化物。他對於瑞典亦脫拜出產之稀土礦石，有過仔細研究。

加多林在亞波大學，身任化學教授，共有二十五年之久（1797—1822），在此期間，他潛心研究此奇怪的亦脫拜礦石。爲分析目的起見，他並涉及熔劑以分解鐵礦，即對於熱化學的貢獻亦很多，且幫助解決化學比例及化學親和力的問題，此外又刊行瑞典第一部內容採用拉瓦節的意見的教科書。

他自告老休養後，還活了三十年，於一八五二年八月十五日，死於芬蘭的衛諾（Wirmo）地方，享年九十有二。在一八二七年亞波城及該大學的建築爲火災所毀，而加多林的重貴的礦石標本，因而損失。於是大學即遷到赫星法斯去了。

氧化釷及氧化鈾

伊克柏、克拉普洛特及凡格林，均有考察過加多林的新氧化物，此氧化物即名爲氧化釷（yttria），是由 Ytterby 一字演繹得來的。至一八〇三年克拉普洛特在鈾石中發現另一種土質，命名爲 terre ochroite，即今日所謂氧化鈾（ceria）的。柏濟力阿斯與希新格二人雖曾獨立發現氧化鈾，但後來再仔細考察，即知他們所謂氧化釷與氧化鈾的，實無一種是純粹的氧化物。

氧化鑷與氧化鈳

柏濟力阿斯的助手摩散達已證實氧化鈾與氧化釷的成分，十分複雜。他是於一七九七年九月十日，生於喀爾馬（Kalmar），受過藥學與醫士的教育，曾有一時期擔任軍醫官。他同柏濟力阿斯同

住多年，他的太太的祖先，原是荷蘭籍，常幫助柏濟力阿斯了解他祖國的語言。當斯德哥爾摩科學社遷移至巨大的新皇宮時，摩散達即為礦物標本部的管理員，另佔一間鄰近的房屋。他亦任過加羅林專門學校的醫科學校的醫科學生化學實驗室的主任，他在此校中擔任化學與礦物學教授多年。



摩散達(Carl Gustav Mosander)

1797—1858

瑞典軍醫官、化學家、兼礦物學專家。為斯德哥爾摩科學院之礦物部管理員。加多林學院之化學及礦物學教授。發現氧化釷及氧化鈾。後種氧化物後由衛盧斯巴哈 (Welsbach) 再分為氧化鐳及氧化鈹。

當烏勒走到斯德哥爾摩時，他倆時常攜手遠遊，而摩散達曾極力幫助此位由德國來的朋友，收集各種珍貴的礦物，以便攜帶回到他自己的祖國去。由柏濟力阿斯寫給烏勒的信，時常提到這位摩散達，他慣用他的乳名佩忒·摩西 (Pater Moses) 來呼他。今舉一八二四年十月十二日，柏濟力阿斯寫的信為例：

現在只有我一人，變為化學的孤寂者了。佩忒·摩西現在出去做他的考察工作。希新格還沒有回來，亞佛孫新近結婚，被新娘纏住，……不過我還是和平常一樣的快樂，自己一人往來於實驗室中及寫字檯上，近來在實驗室中忙於小事體，即欲

將製造氧化鋰、氧化釷及氧化鈾的工作，趕快作個結束。

同年十一月他寫的信：

千多謝萬多謝，謝你賜給我有趣味的書信及美麗的礦石，此礦石在數日前我已陳列在適當的地位了。佩忒·摩西和我一樣的多謝你，我在實驗室中看不見烏勒在他的檯前，心中總是戛戛不安，雖然有時望望摩西的面孔，聊以自慰，但此種騙局的損失，總算是太大了。……

摩散達很容易於一八二五年七月十五日，完成及格的考試，此是意中事。後來烏勒寫信給他的瑞典老師時，說：“摩西現在可以叫做佩忒·摩西博士了，我當向他道賀。”

在一八三九年摩散達將硝酸銻加熱時，所得的一部份分解物，即加稀硝酸。在所得酸液中，他獲得一種土質，乃名之為氧化鏷（lanthana），意即隱藏，同時不溶於稀硝酸部分的，仍用原名氧化銻。同年塞夫斯唐的學生愛爾特曼（Erdmann）在挪威的礦石中，亦發現氧化鏷，他名此礦石為摩散達石，借以紀念摩散達。

在二月一日柏濟力阿斯寫給烏勒的信：

這是完全證實了。當我把愛爾特曼的小標本告訴摩散達時，他即說他在銻石中亦找到一種似乎是新的物質。雖然我們每天彼此看見，但他從來未將他的工作情形向我道及一字……當我正在病的一月間，我不相信摩散達對於的土質曾做有

一點成績。我推測他以為“讓柏濟力阿斯去對牠苦惱罷，於是我將從苦役的命運中得自由。”幾天前，他又是舊調重彈。最先使人明白的，就是希新格和我所謂銻的，實是兩種氧化物的混合物，其中沒有一種，能有混合物所有的性質，……我現在研究純氧化銻，並找出將土質加入後，不改變牠的性質。如果情形不是如此，那麼土質之發現，應在摩散達發現之先了。……摩散達不先告訴我，他將用某字來名他的新土質。此種消息，我只有告訴你一人。請你不要向外發表。……

在二月十二日，他寫信說：“摩散達似乎願意聽我的話，名此新土質為鏷 (lanthanum)，稱其氧化物為氧化鏷。”

再過數月。至六月十八日柏濟力阿斯又寫信給烏勒說：

我對於摩散達沒有什麼新聞可報告。他有好久不繼續做他的實驗，他亦沒有提到他找出有什麼新發現，此並非有意保留，實在是因為他沒有做出什麼東西，不過他有他的設立泉水的計劃，所以他忙到很少空閒了。……如果你真寫信給摩散達，大約你將可以得到一點消息，來補充你的年報的內容。

烏勒耐心等了幾個月，至一八四〇年二月二十五日，纔寫信說：“化學世界，實不明白摩散達何以不將鏷的消息報告出來。”又過二年後，柏濟力阿斯寫信說：“摩散達仍然工作他的鏷質，但所述出的很少。同時我所知道的，已比當初所推測的較勝一籌了。”

至一八四二年五月十三日，柏濟力阿斯又和摩散達談及此種問題。柏濟力阿斯的話是：

我向佩忒·摩西建議，我們不久在年報上，應有一篇討論鈾的論文。他竟付之一笑，走向他的實驗室中去，因為他住在科學社內，拿來半乳鈾的淡黃色粉末，問我“這是什麼？”我自認我不曉得。他說：“先生，當我拿到純淨的氧化鈾時，其外表就是如此。我因欲更進一步，已費去一年的光陰了。”他還說他沒有將工作完全結束時，不欲發表任何結果，雖然他每天早晨都來和我閒談片刻，且時常談到欲製純淨品的困難情形，但他很少告訴我明白他的真正結果，而我亦很自滿，就是待問題一齊解決時，以為更加有趣味了。

在一八四一年，摩散達將稀硝酸加入氧化鏷中，提出玫瑰色的新氧化物，他相信其中含有新元素。他命名此新金屬為鈾 (didymium)，因為他說：“此好像是不易分離的鏷的雙生子。”

烏勒反對這種名稱，因 Didym 一字是德文的形式，牠的聲調，殊屬軟弱笨拙，“似有點幼稚粗俗，”但柏濟力阿斯不以烏勒之意為然，曾替摩散達辯護：

否，可愛的朋友，我雖不喜歡此名稱，但我亦不欲且不能請摩散達去改變牠，因為他既向外公佈了。你當然不大明白我們的朋友佩忒·摩西。他是不理他人的建議的。如果有人提議

改變他所命的名稱，必遭他極力反對，且得不到他的原諒的，同時他仍然保持原名，決不去再加改變。他原欲取一以D爲起首的字，以使用此字母來做此元素的符號，使與其他已知元素的符號有分別。你說同一子音重複的字，兼有同樣母音重複的聲調，很使人不生快感，這話是對的；但要知習慣即成自然，久後自不覺討厭，望你亦要有同樣的用法。

柏濟力阿斯還舉出許多有機名稱，其聲音比之 Didym 一字，還要生強。至一八八五年後，由翁衛盧斯巴哈分解得銻質，方纔公認牠不是一種純土質。

氧化釷、氧化錒及氧化錒

前面既說過，原來稱爲氧化鈾的，可分解爲不溶解的氧化鈾及溶解的氧化釷兩部分，摩散達亦用同法去考察氧化釷。在一八四三年他考察得已將氧化釷中的氧化鈾、氧化釷及氧化銻分離後，至少還含有三種以上的他種土質。此即是一種無色氧化物，他名之爲氧化釷 (yttria)，一種黃色土質，名之爲氧化錒 (erbia)，另一種是玫瑰色的，即名之爲氧化錒 (terbia)。他用氫氧化銨將牠們分別沉澱分開。在此三種物質中，氧化錒之鹼性最弱，故最先分出，而氧化釷之鹼性最強，故最後分出。

摩散達的工作，後由德臘封騰、馬利甘克、斯密司(J.L.Smith)、克利甫及波斯班都朗諸人證實了。不過因爲有別種理由，將名稱稍

爲變更而已。即原有之名稱氧化銣與氧化鈹，互相更換，將往日所謂銣的，現用之以表示玫瑰色的氧化物了。釷 (yttrium)、鐿 (ytterbium)、銣 (erbium)、鈹 (terbium) 四名之來源，均是從瑞典一小鎮名 Ytterby 演義出來的，因在此小鎮中，首先發現此等稀少土質。

在未述完摩散達的主要工作以前，似乎他奉獻於他的聞名老師的一片真心，不可不加以敘到。在一八四八年四月十八日，他因爲翻譯柏濟力阿斯課本，曾說過下列一段話：

我的親愛的烏勒，我因要說我以為不錯的話，時常使我心中跳動不已。你有機會時，你可先去試驗，然後再來下判斷，我確相信你將認識我說的真理。或者大師不久就要走到另一世界去，但據我們及我們的繼承者看來，他的聲名是千秋萬古爲人尊重和敬愛的，而且他在此所成就的——你是和我一樣知道的——不是爲虛榮的原因而努力的，實完全出於一片熱誠，爲真理和光明而奮鬥的；他的研究動機，時常有一純潔的心腸存着，當他能爲科學職務而竭盡他的偉大精力之時，那種維護科學與他自己的權利，捨他自己以外，將屬之誰人呢？不可能的……文字翻譯外或毫無所獲吧。

柏濟力阿斯於一八四八年八月七日，死於斯德哥爾摩。他臨近死時，心中還十分明白，不過到了最後六天，他即陷於半睡狀態中，

不能再說話了。摩散達比他後死十年，即在一八五八年十月十五日，死於靠近德羅特寧爾摩 (Drottningholm) 的翁斯爾摩 (Angs-holm)。

氧化鉶、氧化鏷及氧化鈳

一八七八年瑞士化學家馬利甘克發現氧化鉶中，含有一種新土質，他命名為氧化鏷 (ytterbia)，馬利甘克 (Jean Charles Galissard de Marignac) 於一八一七年四月二十四日，生於日內瓦，是法國新教徒的一個後裔，他的祖宗是十七世紀末年由隆給多 (Languedoc) 逃到瑞士去的。當他十六歲時，即進巴黎的工藝學校。後又進礦務學校讀書兩年，獲益甚多，以後他即週遊於斯干的那維亞及德意志等國之間，隨地讀書。至一八四〇年他到基森，在利比喜指導之下，作研究工作，雖然他受此位大師的影響很深，不過他愛研究無機化學之心，實較有機化學為切。



馬利甘克 (Jean Charles Galissard de Marignac, 1817—1894)

瑞士化學家，曾發現氧化鏷及氧化鉶，即對於其他稀土質的貢獻亦多。為日內瓦大學化學教授。他對於多種元素之原子量，有過仔細決定，由分離鉍酸與鈳酸的结果，乃知鉍、鈳不是同種物質。

馬利甘克一生的工作，和斯塔斯(Stas)的一樣，作有許多原子量的精密決定，以期考察普牢特(Prout)的假定，甚得柏濟力阿斯的贊許，因為他曾說過下面的話：

我對於你所做的原子量測定實驗，視為無上珍貴。你有將一實驗反覆多次試驗的耐心，你有變化你的方法的才具，能得唯一實用而可靠的結果；加之你的態度謹慎，以得到天秤記錄的數目，可證實你有完全化學家的自信心。

馬利甘克在塞威勒(Sèvres)的瓷器廠中工作以後，即回到瑞士，擔任日內瓦專門學校的化學教授。由一八四五年至一八七八年之間，他教授化學與礦物學兩門功課，同時在一低溼黑暗的地窖中做研究工作。在他的生活史最後十年間，因患心臟病，常臥病不起，卒以此病而死於一八九四年四月十五日。

他於一八四〇年開始研究稀少土質，當時他不過二十二歲罷了。依克利甫的說話：“馬利甘克對於稀少土質的工作，無疑的要在此門化學的範圍中，佔十分重要的地位。”馬利甘克於一八七八年由加多林石中製得的硝酸鉍，加熱使之分解。然後用水吸取其殘渣，結果獲得兩種氧化物；第一種是紅色，他仍用氧化鉍一字名之；第二種是無色，就命名為氧化釷。次年尼爾孫從氧化釷中，分得氧化釷(scandia)，此即門得雷業夫在其週期表中所預言的ekaboron的氧化物了。

氧化銻、氧化鈦及氧化鈹

將氧化銻中所含之氧化釷及氧化鈾除去後，克利甫還從其中分出他種物質。他生於一八四〇年二月十日，爲斯德哥爾摩某商人之第十三子。至一八六三年他在烏布薩拉大學畢業後，有一時期在巴黎的符次實驗室中工作，到了一八七四年即爲烏布薩拉的教授。他是一自然界的愛好者，他所喜歡研究的科學，不限於一種，其中最喜歡的有化學、地質學、植物學及水力學。他富有文學天才，不特寫他的科學報告時，十分清晰暢曉，即寫其他文學上的作品，亦極有文學的價值。



克利甫 (P. T. Cleve)

1840—1905

瑞典化學家、地質學家、植物學家及水路測量家。爲烏布薩拉大學化學教授。銻之發現者，亦爲鈦之獨立發現者。

但克利甫出名的地方，在於發現稀少土質。他獲得氧化銻後，即將其中所含之氧化釷及氧化鈾除去，而銻之原子量，仍然不能爲常數，於是成功再將其中分得氧化銻、氧化鈦及氧化鈹三種土氧化物。鈦之吸收光帶，曾由索烈 (J. L. Soret) 在先不久考察過的，謂其中含有一種未知元素，殆後即證明與克利甫所發現之鈦，實同爲一種元素。因爲克利甫是獨立發現此

種鈹元素，故一般化學家採用他的命名。鈹之一字是由他的故鄉名得名的，而鈹(thulium)一字，即從斯干的那維亞的舊名 Thule 一字引伸得來的。

雖然克利甫對於有機及無機兩門化學，都十分有興味，但他對於生物學的興味，並未因此而減少。他到了晚年時，特別注意研究斯加基拉克(Skagerak)及北海中之浮游生物，尤其是對於鮮水的海藻及矽藻類有研究，擬借此以測定海洋潮流之方向。

他雖然很少時候和他的同事一齊娛樂，但他有時亦和他的家人及朋友，去參加社交公開的夜會。罕斯(Hans)及尤拉(Astrid Euler)曾批評過他說：“他是慣用反解語對待一般固執的人，及自作多情無故尋惱的人，即對於自矜博學的，其偏見甚於宗教和俗人所有的人，亦採同樣的對待方法；他爲人是豁達而有廣大的理解力，只有對於他的直言，不肯放鬆罷。”他到六十五歲，方纔辭去教職，希望能多致力於研究海藻。不過還不到數月後，他因患胸膜炎甚劇，即與世長辭，時在一九〇五年六月十八日。

氧化鈔與氧化鈹

馬利甘克在一八五三年即相信摩散達發現的氧化鈹，不是純粹物質，後來至德臘封騰和波斯班都朗去做光譜工作時，便發現氧化鈹的光譜，常因其來源不同而異其形式。波斯班都朗於一八七九年加氫氧化銨於氧化鈹溶液中，乃得他種土質，先比氧化鈹沉澱分

出。因此新氧化物之光譜，與氧化銻所有者不同，故波斯班都朗遂斷定此必爲新土質，乃名爲氧化釤 (samaria)。至一八八六年，他由氧化釤中還另分出一種土質，此土質即證實與馬利甘克在一八八〇年由殺馬爾斯啓石 (samarskite) 中所分出者相同，暫時名之爲 $Y\alpha$ 。後來波斯班都朗得馬利甘克之同意，乃名此氧化物爲氧化釷 (gadolinia)。此兩種土質名，均由其原有礦石名殺馬爾斯啓石與加多林石而得名了。

氧化釷與氧化鐳

馬利甘克、波斯班都朗、克利甫及柏藍尼 (Bohuelav Brauner) 都相信銻是各元素之混合物，但無一人能解決此難以分離的問題。至一八八二年布拉格 (Prague) 大學的教授柏藍尼，用分光器考察由氧化銻分出的各部份時，看見在藍邊界內 ($\lambda = 449 - 443$)，有一組吸收光帶。又在黃邊界內 ($\lambda = 590 - 568$)，另有一組吸收光帶。此兩組光譜，現已明白屬於氧化釷及氧化鐳二種土質所有的了，迄至一八八五年，始由奧爾翁·衛盧斯巴哈男爵從氧化銻中分出。

衛盧斯巴哈男爵，別號卡爾·奧爾 (Carl Auer)，於一八五八年十一月一日，生於維也納。在本地的初級學校及實業學校的功課讀完後，即到海得爾堡跟本生學習工作。此位由奧大利來的幽靜、勤勉、不講社交的小孩，不久即爲德國大教師所鍾愛的一人了。奧爾對於無機化學特別有趣味，尤其是對於各種礦石，他因爲受此地

所有的稀少土質礦石的引誘，所以急欲求得此種礦石的標本。雖然他最初所得的標本甚少，不足小掌所有，但是本生看見時，却笑微微地對他說，你可以着手考察了。卡爾·奧爾自從在海得爾堡時，就很虛心考察稀少土質，以後一生即繼續不斷的研究此種問題。

他在維也納科學社，於一八八五年六月十八日，發表他做硝酸銱的分離實驗時，聲明已成功由氧化銱中分得兩種土質，乃命名為氧化鐳(praseodymia)及氧化釹(neodymia)，或名為青氧化銱(green didymia)和新氧化銱(new didymia)。有很多化學家對此仍抱懷疑態度，據他後來說：“只有本生一人，當我對他表現此種發現時，即刻承認銱的分離是成功了。此位表示承認的本生，曾經對於銱的研究，發表過極完善美麗的論文，由此可知他是如何不存私見，以判斷一般青年的研究工作。氧化釹與氧化鐳均證實不能再分為簡單的氧化物了。”

卡爾男爵首先發明白熱煤氣燈罩，實為發光體的歷史上一極



衛盧斯巴哈 (Baron Auer von Welsbach, 1858—1929)

奧國化學家及化學工程師。鐳與釹之發現者。又為衛盧斯巴哈燈罩、鐵絲電燈及自動火柴之發明者。

重要的貢獻。他無須製造一種能直接發光亮的氣體，而改使不發光亮的火焰，因用熱難熔化的燈罩之故而放光亮了。據他自述，問題是：“不在於找出一種方法，使不熔化的化合物，成爲有一定的形式。而在於用許多實驗證明，某數種氧化物的分子混合物，有特殊性質，非其中成分所有的了。”他曾對一位工程師說：“我的工作，只注意於重要的理想。”

翁衛盧斯巴哈男爵經過許多失敗後，最後將燈罩沙浸入於硝酸鈦一千克，硝酸銻十克，硝酸鉍五克，硝酸鎂一克半，及水二千克的混合物中，始獲得良好結果。在一八八五年十一月二十三日，他最先獲得的自熱燈專利品，在德國的註冊爲奧爾光明紗 (Auerlicht)，在美國爲衛盧斯巴哈燈罩紗 (Welsbach mantle)。

卡爾男爵常慣用“更光明”(more light)的字眼，以爲座右銘，但他更喜歡用這兩字“plus lucis,”借以紀念初年攻讀拉丁文時的困苦情形。一九〇一年約瑟 (Franz Josef) 皇帝擢陞他有世襲 Freiherr von Welsbach 的榮譽爵位。當皇帝對他說：“我聽人說你已將你的發明事業成功了。”翁衛盧斯巴哈男爵即刻回答說：“陛下，是的，到現在全世界上人民，已有四十萬人因應用我的發明而得到職業了。”此種回答，實使約瑟不能多讚一辭的。

卡爾·翁衛盧斯巴哈又發明一種能自動生火的鐵與銻的合金機器，及鐵絲電燈泡；但此鐵絲電燈，雖開用金屬絲電燈泡的先河，

不久却被鎢絲及鈹絲電燈泡代替了。

他的故鄉在衛盧斯巴哈堡，俯瞰克倫地亞·阿爾卑斯山 (Carinthian Alps)，風景至為優美，其唯一喜歡的娛樂，便是打獵、釣魚及種花。在他的花園中，滿佈從遠地舶來的花木，其中有由黎巴嫩 (Lebanon) 傳來的西洋杉，因栽種得法，故在嚴寒氣候中，亦能長在八百米高地。他的堡壘地上一層，設備有一極完善的實驗室，內有他的叔母贈送他的珍貴的分光器，以為他初年研究之用的，又有一圖書館，其中包含珍本不少，內有屬於本生的手稿本，此外還有一標本室，其中收藏稀土質不少。此等珍品，均由他的忠實小狗巴則 (Buzi) 看管，雖一紙之微，不許任何人攫取，只有他的主人，纔有享用的權利。至一九二九年八月二日，卡爾男爵因患腹痛病，經過許多醫生診治，均視為頑病，不易治療的，“他即起來，先走入花園中，視察一週，後走入讀書室，燒去幾篇論文，其後即在他的父親照片前，徘徊良久，又走入實驗室中，將分光器蓋好。輕輕用手撫摩，再斜視其他各物，與他的未了的鈹族一類的工作握別分離，然後將書房關好，靜靜睡下。”再過十二小時，即與世長別了。

氧化鈦與氧化鎢

在一八八六年，波斯班都朗從純淨的氧化鈦中分出二種土質，即氧化鈦與氧化鎢。他是用分沉澱法分開的，最先加氫氧化銨，後加飽和硫酸鉀液，則此含有多種成分之鈦溶液，即依下列：鈹、鎢、

鈹及鎂的次序分出。波斯班都朗因所得原料過少，不足為研究稀少土質之用，曾密告烏勒教授，謂他研究的材料，多取自火爐邊的大理石片。

氧化鈿及氧化鎔

德馬開 (Eugène Anatole Demarcay) 為鎔的發現者，於一八五二年誕生於巴黎，他在黎西康多塞 (Lycée Condorcet) 讀書，曾到英倫一年，至十八歲時，即入工藝學校。他不特對化學有興趣，即對於地質學、自然史及語言學，均有極大興趣。他說話談諧，性情廉潔，富有獨立思想，不久即得他的教授加和爾 (Cahorus)、符次、得威爾、杜馬、孚得盧 (Friedel)、珂紐 (Cornu)、叔繪柏格爾 (Schutzenberger) 及波斯班都朗諸人之贊許，且性喜純粹科學，因得以與新進科學家如梅瓦散、柏克勒爾 (Becquerel) 和居里等時常過從。他在工藝學校做加和爾的助手多年後，即辭去職務，週遊阿爾基利亞、埃及及印度。後來回到巴黎，即專心致力於純粹科學的探討。



德馬開 (Eugène Anatole Demarcay, 1852--1904)

法國化學家，首先發現鎔元素，又用分光器法證實居里夫婦共同發現之鎔質。即對於松油精與醚，及金屬在低溫低壓時之揮發作用，亦有研究。

他在一八七六年開始研究有機化學。他研究 C_5 的松油精及不飽酸之醴，對於香料工業上，是有特殊的貢獻。當他研究氮的硫化物，曾因失慎而遭災甚大。即鐵瓶亦完全炸裂，一眼受傷，且受震驚，及後恢復原狀時，他又繼續做危險的壓縮氣體的研究。在他的部爾發得·柏替亞(Boulevard Berthier)的有名實驗室中，設備有最精緻的真空器，在巴黎可算是首屈一指了。他用此真空器來研究鋅、鎳、以及金在低溫與低壓時所有的揮發性質。

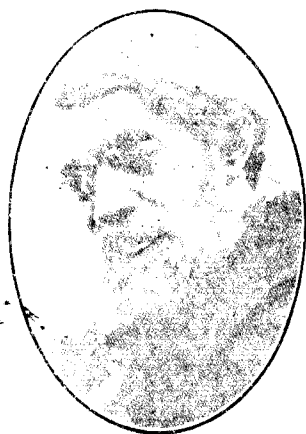
因欲研究高溫對於電火光譜的效應如何，故德馬開特構造一有粗而短的第二圈套線的感應圈，俾能放出灼熱光亮而成球狀的電花。乃用極純淨的鉑為電極，因此除已知的鉑分光譜以外，他即可以避免其他雜質的光譜，只能看見他所欲考察的物質的光譜了。他用此儀器以研究稀少土質的光譜。

一九〇一年德馬開竭力研究硝酸鎂鈰的一套的分部分，結果乃發現新土質氧化銻(europia)。因為他讀複雜的光譜，有如讀書一樣，所以他常被人請去為新元素之評斷者，在居里買來的銀鹽中的鏷質，最先就是德馬開看見此元素的光譜。

如果天假之年歲，德馬開定能多研究銻的化合物，但不幸於一九〇四年即逝世，使此研究工作即行終止。他雖然明白他的壽命不長，但他並不在意，以為“人生一刻尚存，苟能朝聞道，即夕亦可以了。”

氧化鐿及氧化鐳

在一九〇七年烏爾班(Georges Urbain)從氧化鐿中分出二種物質，即由硝酸溶液中，分得數部分的硝酸鐿結晶體，由是獲得兩種不同性質的氧化物。其中之一，他名之為新氧化鐿 (neo-ytterbia)，蓋取此名，將來可以永久紀念鐿之原發現者馬利甘克。其二即名為氧化鐳 (lutecia)，是由他的故鄉巴黎的舊城名演義得來的。所謂新鐿 (neoytterlium)的，現在簡稱為鐿 (ytterbium) 了。此二種元素雖然與衛盧斯巴哈同時分別發現的 Aldebaranium 與 Cassiopeium 二種元素完全相同，但現在都沿用烏爾班的命名了。



烏爾班 (Georges Urbain)

1872—

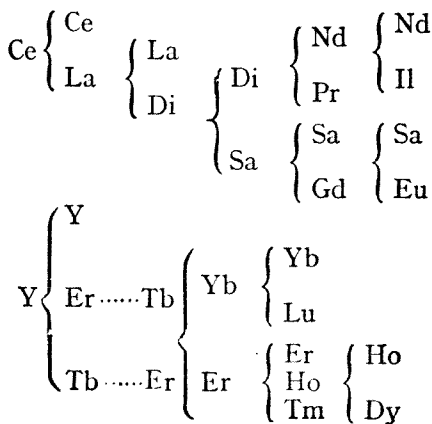
法國索爾奔化學教授，又為法蘭西學院生理化學生物學部之化學組主任，鐳之發現者。為法國傳授摩茲力定律(Moseley's law)之第一人。他從事於研究稀土質、原子量、分光術、陰極熾光與磁力等問題多年。

烏爾班誕生於一八七二年四月十二日，至一八九九年即獲得巴黎大學博士學位，後來即為巴黎大學之一教授。他從事於他的研究工作時，常得到居里及波斯班都朗的鼓勵與贊助。現在他為索爾奔的教授，且為洛司柴爾德 (Baron

Edmond de Rothschild)新近成立的法國生理化學生物學部之化學組主任。烏爾班教授為法國學院及國際原子量委員會的會員。他不特研究稀少土質、光譜術、磁學、陰極磷光及原子量，負有盛名，即對於美學，亦甚得時人稱贊。比方他設計紀念叔繪柏格爾百週年的金屬板，是其一種。

烏爾班發現氧化鎳的消息，未傳到美國前，新罕木什爾 (New Hampshire) 大學的教授詹姆士，製得有多量的純氧化鎳。因為他過於小心，乃遲延發表他的發現，以至發現的名為他人所得，不免十分悔恨，但對於烏爾班的結果，即刻承認，並無爭名之意。

下列一圖表，就是詹姆士教授在大英百科全書第十四版上所製就的，說明如何由原有複雜土質氧化鈾及氧化釷中，分出各種稀少土金屬的氧化物的情形。



稀少土金屬的種類，在各族中可算是最多的了，但其週期地位，至今仍未十分確定。銻、鐳、鐳、釷、釷及釷則已製出有純金屬了。

第十七章 造鹽素元素

造鹽素元素，依氯、碘、溴及氟的次序逐一發現了。一七七四年社勒雖然用二氧化錳與鹽酸製得氯氣，但仍信以為一種化合物，至一八〇一年大衛始證實其為單純元素。一八一一年庫耳他由海藻灰水中分得碘質。十五年後，巴拉即發現溴，此有功於科學史上甚大，因為一般化學家由此發現方纔認識元素有同樣的關係，而兌貝拉奈不久便認清楚氯、溴及碘實為很相類似的三種元素。氟之研究，經過多年而且遭遇不少意外變故，有幾位很負盛名的化學家，竟因此而殉難，後來至一八八六年，始由梅瓦散經長期努力，方纔製得氟質。

單純的物質的研究，常是很模糊不清的。

科學的任務，不單是滿足人類的認識和理解，以達到高深的研究，且牠尚有比較不明顯的，但又比道德或者更為重要的一種職務，這就是有分配自然生產的力量，以及為人類的幸福宇宙造平等。

使氯、碘、溴、氟四種造鹽元素完全明白，既經過一世紀的時間。氯之存在，雖然在一七七四年即由社勒作肯定的證實，但梅瓦散分離得氟時，已屆一八八六年了。

氯

社勒做他有名的黑錳粉研究時，即用磨成細末的黑錳粉(粗二氧化錳)與鹽酸起作用，發現酸放出一種窒息氣體，與熱王水氣味相似，尤能使人肺部難堪。他以為二氧化錳已吸得鹽酸中的火質，故名之為不含火質的鹽酸氣 (dephlogisticated muriatic acid)。又知此氣能稍溶於水中，使水變為酸味，且能漂白有色素的花和綠樹葉，以及與各種金屬起侵蝕作用。

拉瓦節以為凡酸均含有氧素，亨利博士(Dr. William Henry)將電花通過氯化氫氣體，即得氫氣，由此斷定氫由水中得來，故以為水必為鹽酸的主要成分。柏多勒特為拉瓦節的學生，但不相信火質之說，知燒灼過的二氧化錳，失去其中之一部份氧素，且與鹽酸再起作用時，比之用同量的新鮮二氧化錳，獲得較少量的使人窒息的失去火質的鹽酸氣。於是他就斷定：

“此是由於二氧化錳中的活空氣(氧)與鹽酸結合，而產生失去火質的鹽酸氣。在此我應當聲述此理論先由拉瓦節在幾年前提出，後由福洛克在他著的化學與自然史的原理一書上，用以解釋失去火質的鹽酸的已知性質。”

柏多勒特以為現所知道的氯氣，實是一種鹽酸與氧的疎鬆化合物，若採用他的說法，便是：

失去火質的鹽酸氣，是由活空氣與鹽酸結合而成，但其中

的活空氣，已失去其一部份的彈性成分，很疎鬆的附着於鹽酸上，故光能使之極易分解，因光對於活空氣的愛力，較大於鹽酸所有的了。

一八〇七年大衛用鉀與鹽酸製得氫氣，乃斷定此氫必來自酸內部的水中，而水中的氧，即與鉀化成氧化鉀。但給呂薩克及提納均反對此種解釋。他們謂氫斷不是由酸與水中得來，實是由於鉀中放出的，此鉀放氫後，即復變為氫氧化鉀，然後與酸起作用。他們用燃燒的木炭，試驗“氧化鹽酸”（氯），因不見有氧素，遂謂須有水存在時，始能生產氧素。他們用乾木炭熱氯氣，欲使之分解，結果亦歸於失敗一途。

給呂薩克與提納均相信（一）鹽酸含四分一重量的水分，（二）而氧化鹽酸氣即為氧與其他物質化合成的化合物，（三）用甘汞與磷加熱所得的物質，有乾鹽酸、氧及磷三種合為一體的化合物。大衛最後對於三種反應之批評，亦有三點：（一）鹽酸是由氧化鹽酸（氯）與氫化合而成；（二）氯為一種元素；（三）用甘汞與磷加熱所得的，是氯與磷的化合物。

因為柏多勒特、給呂薩克、提納、福洛克及沙普塔爾（Chaptal）均出自拉瓦節所創辦的法蘭西學校中的人物，平日耳濡目染，不免篤信拉瓦節之說甚深，故咸以為酸中必含有氧素，但不久看見大衛的學說時，即相信不疑了。但在愛丁堡的繆耳博士（Dr. John Mu-

rray) 與在斯德哥爾摩的柏濟力阿斯，仍然好久相信氯為一種化合物。

至一八一一年碘素發現後，氯為元素之說，愈見明顯，故在一八二〇年柏濟力阿斯亦相信了。當他的女僕安娜 (Anna) 某日洗滌一個瓶，說是嗅及氧化鹽酸氣味時，柏濟力阿斯立即回答：“安娜，以後不要再說氧化鹽酸，應當從今日起即說氯吧。”

迨後由巴拉製得溴及給呂薩克製得不含氧的氯化氫氣以後，往日所有疑團，現已明白了，大衛於一八一〇年十一月十五日在皇家學會正式宣讀氯素論文。

大衛的生命，十分短促，自晚年結婚後，即染病不起。一八二九年二月他在羅馬寫的信，說：“如果我死後，我希望我已做完我的職責，不負此生。”再過三週後，他就因患麻木症轉劇，至成為不治之病。他的兄弟約翰大衛醫道高明，用盡良藥及治療手術，均歸無效。春季一來，他以為邀他的兄弟由羅馬轉赴日內瓦，借避意大利的溼熱氣候，較為有益。經過長期旅行，不勝車馬舟楫之勞，而大衛即於一八二九年五月二十五日逝世於日內瓦。他的欲望為生命要有用處，已如願以償，而他的聲譽，將永久的被人們視為最高無上的大科學家與人道家了。

碘

碘為最美麗的元素，庫耳他 (Bernard Courtois) 於一八一

年首先考察出，他是在一七七七年二月八日，生於一有名的老第戎高等學校(Dijon Academy)街中對面的小屋中。他的父親冉·巴特斯特·庫耳他(Jean Baptiste Courtois)爲一硝石製造者，又曾贊助一律師基唐·得摩爾烏(Guyton de Morveau)講授化學。此小孩生長於化學環境中，所有時間，總在他的父親的硝石礦廠中或在高等學校實驗室中爲多。

至一七九一年基唐受命召集立法會議後，庫耳他即辭去高等學校的職務，專心於製造硝石的工作。這個孩子幫助他的父親在廠中工作相當時後，便跟奧舍耳(Auxerre)的藥劑師佛利賣(M. Fremy)做學徒，共有三年之久。佛利賣是一有名的化學家愛德曼·佛利賣(Edmond Fremy)的祖父。同時摩爾烏爲愛德曼·佛利賣工藝學校的校長，因得他的推薦，庫耳他乃得入學校的實驗室中，受福克洛指導之下，做研究工作。他做此種研究工作兼習純粹化學課程，十分熱心而且高興。不過到一七九九年他被召至他的故鄉的一家軍醫醫院中做一藥劑師。至一八〇四年，他在舍金(Seguin)之下擔任製造工作，對於阿片曾作有過極重要的研究。

雖然庫耳他後來經營工業失敗，但他爲一誠實人，父子二人曾掙扎甚力，企圖償清舊債。至一八〇八年庫耳他與出身微賤，略能寫讀的少女謨蘭(Madeleine Eulalie Morand)結婚。

在諾曼底(Normandy)與不列顛沿海濱的淺水灘上，蕃殖海

草種類甚多，有的因受潮水作用，即泊流到岸上來了，在十九世紀初年法國的作家均名此等海草爲 varech (今則 varech 僅用以名海中的 Phanerogams, 專爲打索捆包用者)，而英文名 Wrack 與 Wreck, 即由此字引伸而來。將低潮中生的石藻(Fucus)、昆布(Laminaria)及其他棕色海草化爲灰燼後，即用水吸取其灰中之成分，庫耳他就把獲得的母液，命名爲海草湯(salin de varech 或 soude de varech)。

庫耳他所得的海草灰，其中含有鈉、鉀、鎂及鈣之氯化物、溴化物、碘化物、碳酸鹽及硫酸鹽。在當時所重視的只有鈉與鉀二種混合鹽，提取之法，乃將乾海草放在沿海濱的縱長的溝中，先燒成灰燼，然後再做泡浸灰燼的工作。

將泡浸所得溶液，繼續蒸發時，氯化鈉先沉澱分出，其次爲氯化鉀與硫酸鉀。在母液中主要成分爲鈉與鉀的碘化物，此外還雜有一部份氯化鈉、硫酸鈉、碳酸鈉、氰化物、多硫化物及由硫酸鹽因燒灼而還原的亞硫酸鹽及次亞硫酸鹽。

庫耳他常用硫酸，以除母液中的硫之化合物，一八一一年某日他要用比平日較多的硫酸，始能達到目的。於是有很美麗的紫色氣體，滿佈室內，其能刺激人與氯無異，這實使他不勝驚奇。此紫色氣體，若在冷卻處凝結所得者，並非液體，實在是一黑色，有金屬光澤的結晶體。

庫耳他注意到此種新物質，不容易與氧及碳結合成化合物，即在紅熱時，亦不起分解作用，能與氫和磷或化合物。又發現其能與某種金屬直接起化合作用，而不至於沸騰，能和氮化合成一種有爆炸性的化合物。有此幾種特異性質，自然使他相信其為一種新元素，但他因缺少自信力，兼且他的實驗室的設備，甚為簡陋，職務亦甚忙迫，故請他的第戎的兩個朋友，即對左米斯 (Charles Bernard Desormes) 及其將來的女婿克雷蒙 (Nicolas Clément) 在他們的文理高等學校實驗室中，繼續研究，並允許他們在科學界發表此種發現。

庫耳他曾致力於製造碘化合物及其他化學藥品，但至一八三五年，因營業失敗而歇手，即到城中為人傭工。據佛利賣所說，庫耳他曾製得很純淨的碘質，且將樣本贈送他的化學朋友，並注意到碘與有機化合物的作用。佛利賣說：

稱庫耳他僅為一硝石製造者，殊不公平；他實是技巧嫻熟的化學家，他應接收碘之發現的榮譽，不應當讓他因貧窮而苦死了。

庫耳他於一八三八年九月二十七日逝世於巴黎。曾因改良醫術而在一八三一年獲得皇家學院的蒙統獎金 (Montyon prize) 六千法郎，已用得精光，所遺一貧窮而未受教育的寡婦，日做花邊以求活，忙到耳聾目盲，仍難於達到目的。其最後數月在養老院中的

生活，尤爲可悲可憫，令人不忍卒讀。

在第戎學院的禮堂中，陳設華麗，滿佈路易十四式的裝飾物，於一九一三年九月九日，舉行碘之發現百年週年紀念的市民大會典禮。其時將紀念的名譽獎章，即置於庫耳他的誕生的地點上，又次年即用他的名字來名這一條街了。

當對左米斯正在努力研究應用化學時，克雷蒙（1779—1841）即努力於純粹科學的研究工作，曾製得新物質，並將其性質考察清楚。他在一八一三年發表的論文，說是：

由海草灰中吸取的母液，其中含有多量的一種性質奇特的物質，極易吸取，只要將硫酸注入母液中，然後置混合物於曲頸甌中加熱，而甌口即用管接入一球中，便可製得純品。此物質原來是黑色和發光的沉澱物，但加入硫酸及遇熱時，即立刻變爲美麗的紫色氣體放出了。此氣即凝聚在管與球中，成光亮的結晶片，與硫化鉛結晶體的光澤相同。若用少許蒸溜水洗滌，就可得純品。

克雷蒙相信碘爲元素，與氯的性質很相似，最先將碘送給沙普塔爾及安培評判，後來又送給大衛。在英的大衛與在法的給呂薩克均各獨立的證實其爲元素。大衛證實碘氣不能用電流灼熱的碳絲分解。給呂薩克於一八一四年發表他的有名的研究工作，曾述到製得碘化氫及牠能與汞、鋅、鉀起作用，成爲金屬碘化物與氫，此外並

無其他各物。

至一八二〇年，日內瓦的哥印得(Coindet)即介紹用碘以治療頸腺腫病。不過在古代的人，亦無意中知道用海棉灰以醫治此病。

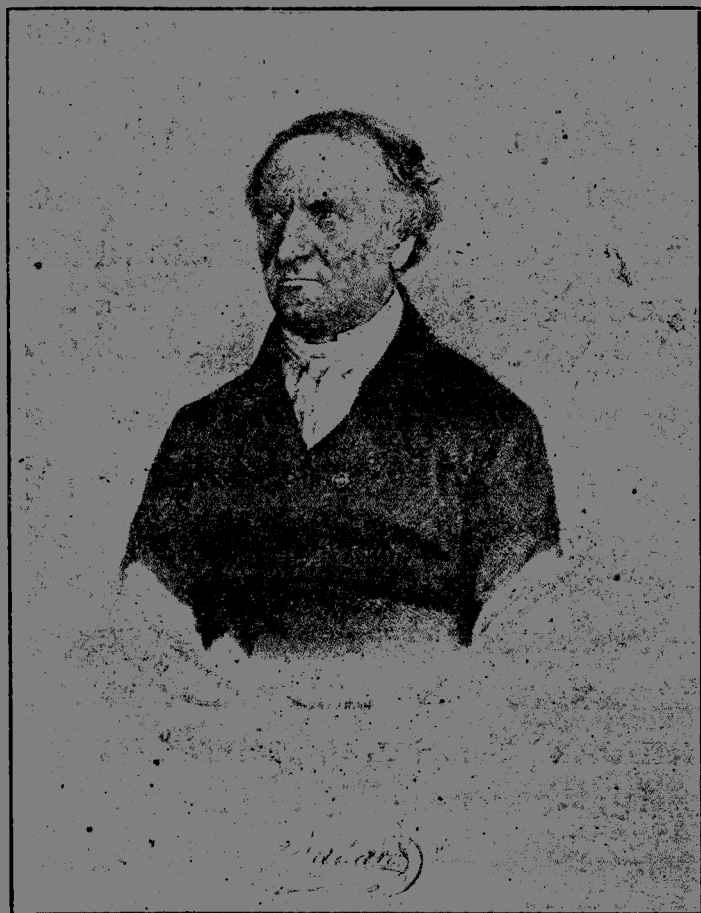
溴

一八二五年在海得爾堡的化學實驗室中，有一位新進來的學生，名字叫做羅威(Carl Löwig)。即刻就得到他的先生格米林的青睞了。因為羅威從他的家鄉克壘次那哈(Kreuznach)帶來一瓶紅水，是用氯氣通過鹽泉水的母液中而用醚吸取製成的。格米林教授吩咐他多製些，以便研究其性質。但同時巴拉在物理與化學年報上發表，他已發現溴素了。在巴拉所述的溴素的性質，與羅威由克壘次那哈泉水中所得的，正相雷同。所以發現溴素的聲名，為巴拉所得，不是屬於羅威所有了。

羅威於一八〇三年三月十七日誕生於克壘次那哈。在他的幼年時，即學習藥物學，到了後來，才專門研究化學。他繼續研究溴的化合物數年後，即於一八二九年刊發“溴及其化學關係論”一單行本。

至一八三三年他被召至一新創辦的沮利克(Zurich)大學中服務，校中設備，雖屬草創，簡陋至極，但他分析過許多瑞典的礦水，發表有專著了。他著的一本有機化合物化學(Chemie der organischen Verbindungen)，根據最新理論，實為當時的拜斯坦(Bei-

stein), 爲化學家人手必備的一部好書了。



巴拉 (Antoine Jérôme Balard, 1802—1876)

法國化學家及藥劑師，發現溴素。爲索爾奔及法蘭西學院之化學教授。他又發現次亞氯酸，由研究札衛盧水的組成後，遂完成由海水中提取各種鹽質的工業方法。

至一八五三年羅威繼承本生主持北勒斯勞。他所負擔的責任，爲沮利克與北勒斯勞二處的校長。他在海得爾堡教書六學期，在沮利克四十學期，在北勒斯勞七十二學期，希望能再教多二學期以上，就成一百二十學期。但此種希望，竟不幸不能成爲事實，就是一日他在動物園中散步，偶然走路不慎失足，以至臂骨折斷，成爲不治之病，他於一八九〇年四月二十七日，當他做過八十七歲生辰紀念後十天，就瞿然長逝了。

巴拉 (Antoine Jérôme Balard) 於一八〇二年九月三十日，生於曼皮列 (Montpellier)。因其父母甚爲貧苦，故過繼受教養於他的教母家中，他曾在曼皮列專門學校肄業，及十七歲時，卽爲藥科學校的製造師，至一八二六年，乃在該校畢業。

一八二四年，當他研究一女神花的鹽池水時，卽注意到硫酸鈉能由一盤的鹽水母液中結晶分出。後來繼續研究此廢物母液的用途，做過實驗不少，乃發現加入某種試藥後，母液卽變爲棕色。他考察此種現象時，年歲不過二十三，就有此種重要的發現，杜隆於一八二六年七月一日寫信給柏濟力阿斯的信就述到了。

……此間另有一段新聞。……此新物質之位置，介於氯與碘之間。發現此物質爲曼皮列的巴拉。他從海水中得到此新物質，名之爲 *muride*。卽將曼皮列鹽水的母液，通過氯氣，使成飽和，然後蒸餾，便可製得了。所得者爲黑紅色液體，沸點 47° 。

其氣味與亞硝酸相似。比重爲三。用濃硫酸保藏之。能與各金屬化合成中性物質，其中多有易於氯化者，尤以鉀的 muride 爲甚。

因 muride 一名不爲法國學會的委員會所採用，其中的委員爲凡格靈、提納及給呂薩克。現此元素名之爲溴 (bromine)，其義卽爲惡臭之意。

當巴拉有此重要發現時，還是一不著名的青年化學助理員，他卽在他的專校化學系中服務，注意到從石藻灰中的灰水，加氯水與澱粉，卽成兩層，下層成藍色，因碘與澱粉起了作用，上層卽爲淡黃色。

此年輕助理員，乃卽斷定有二種可能的解說，黃色物質不爲灰水中某成分與氯所成的化學物，卽爲氯而從其他化合物中釋出的新元素，巴拉初以爲第一種解說較爲有理，但後來他用盡各方法，想使此新化合物分解，結果都歸失敗。於是決斷第二種解說，理由較爲充足，且謂此新元素，是與碘、氯二元素，很相類似。

後來找出溴可從溶液中振盪分出，其法先加醚後加氫氧化鉀，分別振盪。將所得的溴化鉀，加硫酸與二氧化錳，加熱蒸餾，溴卽蒸餾分出，凝結於水中，成紅色液體。在室溫時，汞爲金屬中唯一的液體，而溴卽爲非金屬中唯一的液體了。

在法蘭西學院報告上的禮拜一的公證話，於一八二六年八月

十四日，由凡格靈、提納、給呂薩克三人共同簽名發表如次：

我們至少應當承認我們所能做過的幾個實驗，還不能證實那現在很急切需要的溴的簡單存在的問題呢。現巴拉的論文，已將溴的問題解決，其中有許多實驗，實足使人生趣的，即溴不是單質的反證實驗，亦已做到了。溴的發現，在化學上十分重要，應給巴拉於科學上最榮譽的地位。我們以為此年輕的化學家，應由學會加獎，藉以鼓勵，即其論文，得由我們提議，刊印於 *Receuil des Savants Étrangers* 上，實可視為一種榮譽的事件。

至一八四二年巴拉代替提納在索爾奔任職，至一八五一年他即接聘法蘭西專門學校的教授職位。他首先發現次亞氯酸，曾決定札衛盧 (Javelle) 水的組成，又發明各種提取海水中的鹽類的工業製造法。他專門研究此等技術，歷二十年之久，曾由海水中直接提取得硫酸鈉，此是蘇打工業的基本原料。又從海水中提取得鉀鹽，其用人工製得的碳酸鉀，與由植物灰取得的，互競銷路，結果使此物質的價格，低廉很多。在一八五八年前，斯塔斯佛 (Stassfurt) 的礦產還未發現，所有世上照像用的溴，都是用巴拉方法製造。

因巴拉早年的貧窮情形，使他印象很深，所以對於研究工作及日常生活，都非常省儉。雖然他養活了三個兒子及一妻子，但在老年時，他的繼子給他莫大的安慰。他在一八七六年逝世，因他有很

多的成功，故有榮譽，又心情寬大，和善，熱情，所以極得人敬愛了。

如果有人曉得大化學家利比喜如何失去發現溴的故事時，今日得由巴拉發現之，必視為更難能可貴了。即在數年前，一德商請利比喜考察一瓶物質，他沒有經過十分仔細研究，即斷定此是氯化碘。殆後他聽見溴的發現事體時，始忽然大悟，悟昨日實驗之非，遂特別名此瓶為“錯誤瓶”，置於特別的櫥架內，以誌往日疏忽的罪咎。因此過後數年，有他的最親愛的朋友烏勒如何失去發現鈾的機會時，利比喜立即就明白如何可以安慰他了。

利比喜讀過巴拉的溴的論文後，便從靠近克壘次那哈的狄奧多沙盧 (Theodorshalle) 的鹽水中製得溴素二十克。由他實驗結果，使他斷定溴是一單純物質，與巴拉所見相同。

氟

氟的歷史，實是一幕悲劇。馬格刺夫於一七六八年即知有氟酸，越後三年，社勒就着手研究此酸。在拉瓦節想，以為凡酸皆含有氧，但大衛即表示此酸不含氧素。安培向大衛建議，謂氟酸是由氫與一種未知元素結合而成的化合物。叔繪柏格爾便表示相信此未知物質氟，必為所有元素中最活動的一種，且預測其所有的性質數種。因為此種元素十分活動，故欲使其分離，實是一種艱難而且危險的工作，有不少先進的考察者的生命，竟為之摧殘與犧牲了。

大衛、給呂薩克與提納三人，均因吸入少許氟化氫氣體之故，

而受害甚深。大衛親見他的銀與鉛容器，均受侵蝕，且相信用螢石器必能使氟分離。在愛爾蘭皇家學會中有二會員，即替柏累立 (Tipperary) 的兄弟二人佐治·諾克斯 (George Knox) 和勒華蘭·托馬斯·諾克斯 (Reverend Thomas Knox) 製成一種很靈巧的螢石儀器。但他們不能使此造鹽素釋出，結果有盛譽的托馬斯·諾克斯，因受氟酸毒而患可怕的痛苦。這位可敬愛的托馬斯·諾克斯幾將因此而犧牲性命，佐治·諾克斯，則在那不勒斯 (Naples) 休養三年，始恢復健康。不魯舍拉 (Brussels) 的盧悅 (P. Louyet)，雖然完全知悉諾克斯兄弟的逆運，但仍繼續此危險的工作甚久，卒因此而為科學上的殉道者了。此外南錫 (Nancy) 的尼克斯 (Jérôme Nicklès) 教授，亦遭遇同樣的犧牲壯舉了。

佛利賣親看過盧悅做他的實驗，亦擬用電分解無水氟化鈣，乃在陰極處獲得鈣質而在陽極處即有一種氣體釋出，此一定是氟氣。但因其易與他種物質化合成為三價或四價的化合物，故佛利賣用盡各種方法，不能收集此種氣體及研究其性質。當他任氮與氟化物起作用，並無氟氣放出，只得氮化氟而已；又用氧代替氮與氟起作用時，即得氧氟化合物。

欲由此實驗求得氟氣，似乎希望很少，但至一八六九年，有英國化學家哥耳 (George Gore) 分離得少許氟氣，但此氣立刻與氫化合，並發生爆裂作用。當他用電分離無水氟酸時，以煙炭、瘰瘡木

炭及其他各種木炭或金屬如鈮、鉑、黃金、……爲陽極，結果煙炭立即粉碎，所有各種木炭，都是很快變爲碎片，而金屬鈮、鉑及黃金極，均受侵蝕，結果沒有氣體放出。梅瓦散對於哥耳的論文，有過極準確的記述。

此種難能的工作，最後至一八八六年爲梅瓦散所完成了。梅瓦散於一八五二年九月廿八日，生於巴黎蒙托隆街(Rue Montholon)五號。當他十二歲時，他的家人即遷至森內瑪倫(Seine-et Marne)的摩幼(Meau)區中，在此他即進市立專門學校肄業。他首先跟他的父親在鐵路辦事處學習化學功課。

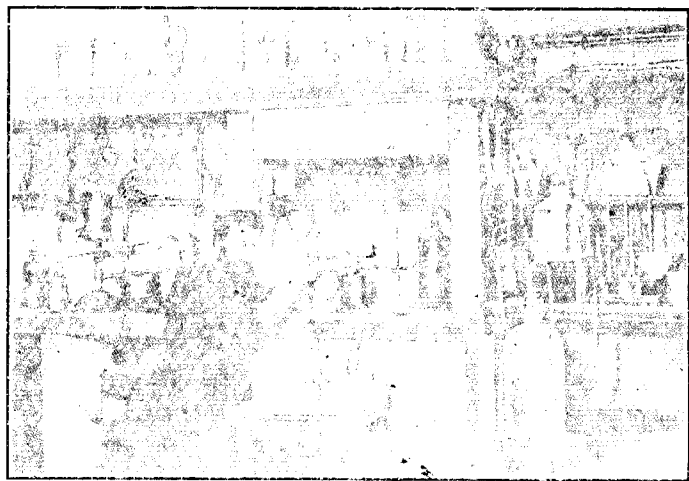
他到了十八歲就離開學校，爲一巴黎市伯尼李街(Rue Pernelle)與聖德尼街(Rue Saint-Denis)交點處的班都賴(Bandry)藥房的學徒。他在此利用他原有的化學智識，拯救一吞神毒以圖自殺的人。至一八七二年，他決定離開藥肆，以便跟佛利賣在歷史自然博物館中研究。他在此不特對於化學與藥物二門的智識進步很快，且兼爲藝術及文學的鑒賞家。他曾編有一本詩劇，爲奧特安(Odéon)所採用表演。到後來他對於早年的頹廢失望，不禁好笑，且說：“我相信我較好變爲一化學家。”至一八七九年，他考入高等藥科學校一年級，得入該校肄業。

過三年後，梅瓦散一生最得意的時代，即與雷奧尼·盧加女士(Léonie Lugan)結婚。他已證實她爲他理想中的夫人與同伴者，

實是一寬厚愉悅的女主人，很能幫助他做研究科學的工作。盧加先生 (M. Lugan) 亦是他的理想中的岳父，很同情於梅瓦散的科學的探討工作，極願意以物質上的贊助兒女的家庭，俾梅瓦散得專心致意於科學的研究，而無家室負擔之累。最初梅瓦散在藥物學校中，因無實驗室，故他最先的實驗是在蘭克賴街 (Rue Lancry) 的房屋中做的，但後來底布累 (Debray) 允許他借用來細勒街 (Rue Michelet) 的臨時兵營中的強電池，以為做實驗之用。

佛利賣由電離實驗的結果，曾斷定氟或已從鈣、鉀與銀的氟化物中分出，但因實驗時所用溫度過高，故放出的氟即刻侵蝕收容器。他製成無水氟化氫後，即走入進退兩難的境界中，因用潮濕的氟化氫，雖能傳電，但所得的只有氫、氧及臭氧而已；若用乾燥的氟化氫，便不能傳電。

梅瓦散明白如果他要製造氟氣，一定不能選用十分安定的固體，有如氟化鈉一類的物質，但要用易於氣化的物質，如鹽酸及五氟化磷便是。他初步的實驗，用氟化矽為電解質，知此質十分安定，縱使將氟分出，亦要與矽化合發光的，所以矽可用之以試驗此種新造鹽素。他用三氟化磷及三氟化砷做過許多實驗，結果都歸失敗，且曾因中氟的劇毒，而間斷四次，但到最後一次，在陰極處獲得少許砷粉，而陽極處即有少許氣泡逸出，此氣泡未走到電解質的表面上，已與過剩的三氟化砷結合成五氟化砷。



梅瓦散教授在巴黎高等藥科學校製氟圖形

梅瓦散最後用乾燥的氟化鉀與無水氟酸為電解質。他所用儀器，為一鉛U管，以兩片鉛銻為電極，裝入管內，上用螢石螺旋蓋蓋住，再加上蟲膠封好。此U管用氯化甲烷冷卻，近代的冷卻器，仍多沿用此氣者，可冷至 -23° 。

成功時期降臨了。即在一八八六年六月二十六日，有氣泡在陽極處逸出，用砂試驗，立即發光。後二天即將下列古銅古色的佈告，在學會中公佈：

對於此逸出的氣體的性質，自然各人可有種種不同的假設；但最簡單的，我們以為是有氟氣存在，不過謂牠為一種氫的過氟化物，或氟酸與臭氧的混合物，亦足以解釋牠有如此活

潑的性質，能與結晶矽起猛烈的作用。

此篇報告，由底布累在學會中宣讀，因為梅瓦散不是會員，而主席即指派底布累、柏德樓及佛利賣三人組織一委員會審查此種發現。在此等名流前面，梅瓦散竟手足無所措，不能表演出來。不過次日，他重新預備新原料，在委員會中完滿的表演出來了，因為佛利賣對於此發現的情形，較為接近，故能說出很懇切的話：“一個教授親見他的學生，比他自己還要前進高超，總是十分愉快的了。”

氟之分離成功，使梅瓦散的名譽，在科學界大為彰著，一八九三年，他另有一極大的成功，使他的名聲愈加顯著。在發現氟素六年後二月，他用糖炭在高壓之下，製得人造金剛石。他所製得的金剛石，多是類似黑色金剛石一種，但其最大者，長 0.7 mm.，為無色物質。他的同伴，愛此小金剛石，不忍釋手，乃名之為“攝位者”(Regent)，視之與在廬甫耳(Louvre)的 137 哩重的真金剛石同樣珍貴。



梅瓦散 (Henri Moissan)

1852—1907

巴黎高等藥科學校之化學教授。

發現氟素。又利用其所有電爐製得鈾、錳與鈇等種金屬。

梅瓦散的電爐，實可視為研究的無上寶貴的利器，他曾利用之製得不少種類的稀有金屬，如鈾、鎢、釷、錳、鈦、鉬、鈾、鈾及鈾便是。此等工作，多在特律帶尼路 (Avenue Trudaine) 的愛迪生廠中做的。梅瓦散太太受他的丈夫做實際研究工作之賜，是第一先用鋁鍋煮食物的一人了。

梅瓦散秉性喜歡清潔，他的實驗室的地板，每星期六必用蠟塗過一次，以保持清潔無疵的境界。斯托卡 (Alfred Stock) 說過：梅瓦散教授，於某日特別注視地板，且發出譴責的口語，謂“誰這樣做？”斯托卡博士及後仔細觀察，始看見有水滴數點，由他的洗滌瓶上滴到那光滑如漆的地板上了。

梅瓦散為巴黎一最有名的和藹的科學教授。他有口若懸河的口才，和悅耳清心的聲調，經過仔細選擇的實驗，又說話詼諧有趣，是以使索爾奔的聽講者趨之若鶩了。正好到了五點鐘時，大教室的兩門，即由二僕人同時開開，再過十五分鐘後，即開始講授。梅瓦散足足講了一點十五分鐘，聽者莫不稱心快愉的。來木賽曾稱譽過他：

他的語言學天才是值得敬佩的；擅長於操最好的法文。他的人格是高貴使人敬佩的，且善於表情，常能使聽衆發生愉快之感。凡私人認識他的人，總是永久念念不忘他，因為他為人十分和善，圓通，且真愛科學，得由他的生命及工作而益彰著

了。

梅瓦散在幽靜的凡格靈街上有一所很藝術而寬大的住宅，有他的 Corot 的美景，和他的珍藏的手書，亦足以自豪了。梅瓦散夫婦及他們的兒子路易(Louis)時常利用假期，到意大利、西班牙、希臘、亞爾斯山或底里尼斯山旅行，至一九〇四年梅瓦散即到美國參加聖路易 (St. Louis) 世界博覽會。

因為他繼續做氟與一氧化碳二種毒氣的工作，自然他的壽命要促短許多。他在一九〇七年二月二十日逝世。他唯一的兒子路易，是藥科學校的助理員，後為歐戰的犧牲者，曾贈送學校二十萬法郎，以設立兩種獎金：第一是紀念其父親的梅瓦散獎金，第二是紀念其母親的盧加藥物獎金。

第十八章 惰 氣

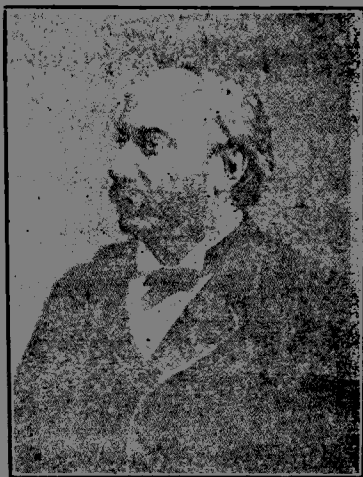
在一八九四年累力男爵 (Lord Rayleigh) 與來木賽二人發表空氣中另含有新元素後，驚動了科學世界。此新元素經過仔細研究後，知其不易與其他物質化合，故名之爲氫氣，即其他與此氣體類似的氣體，亦包含有許多趣史。在一八六八年有天文學家楊森 (Jules Janssen) 與羅挈分別觀察得太陽光譜中有黃線 D_3 ，此爲地球上已知元素所沒有的光譜，而羅挈即憶測此爲太陽中的元素，名之爲氦。又至一八九五年英國的來木賽與瑞典的克利甫和蘭烈 (Langlet)，各分別發現放射礦石中，亦含有此氦素。其後不久由來木賽與特刺味斯 (Travers) 研究的結果，另發現有氖、氬及氪三種氣體，亦是不易與他種物質化合的，此與氫、氬二氣相似，統名之爲貴重氣體中的貴族階級。氦爲此族元素中最重的氣體，將提在第十九章放射元素中一併討論。

欲藉準確與精微的工作，來找尋新東西，在沒有科學想像的人看來，好似是空虛無益的工作。其實在科學界上最大的貢獻，多是由於準確計量與長期努力，從一步一步的由許多結果中篩出來的成績。

到了十九世紀的末年，一般化學家都以爲空氣中所含有的氣

體，已研究清楚，無人再想到其中還有新元素，可以找出來。不過卡芬狄士在一七八五年，已先預言空氣中含有一種未知氣體，因他用電通過氧與空氣的混合物時，所得氣體，即用鹼液收吸之，結果找出還有一部分的火質空氣(氮)，不能氧化而被吸收，且謂“因為遺留在管中的殘餘氣體，不到火質空氣全量的 $\frac{1}{120}$ ；所以如果在空氣中另有一種火質空氣，不能還原為亞硝酸時，我們可以斷定其體積亦一定不能超過 $\frac{1}{120}$ 。”此種重要的實驗，為化學家所忘記，已有多日，以至於一八八二年累力男爵開始研究空氣的比重時，方纔想起來。

斯特刺特 (Robert John Strutt) 為累力男爵第三，於一八四二年十一月十二日誕生於忒靈 (Terling)。他的思想清晰與能幹，在做學生時代，已可見其一般，即在一八六五年，他在英國劍橋大學之名譽卒業試驗的四年級優



累力男爵第三斯特刺特 (Robert John Strutt, the Third Lord Rayleigh)

1842—1919

劍橋卡芬狄士實驗室的物理學教授。

他對於銀的電化學當量與氣體壓縮性及其含量等問題，均極有研究。他因考察得由空氣中製得的氮，比之由氨中製得的氮較重，於是發現第一種貴重氣體氫。又對於光學及音學上的貢獻，他亦很多。

等生的考卷中的評語，是：“斯特刺特的論文，是十分完善，可直接送去發表，無須改正。”

自大物理學家馬克斯威 (Clerk Maxwell) 於一八七九年逝世後，累力男爵即繼承他擔任劍橋卡汾狄士實驗室的教授職位，當他身任教授時代，學生人數驟增，即莘吞 (Girton) 與紐喃 (Newnham) 二專門學校的女子，亦得以本學期內首先允許與男生同時進來，因購買新儀器的經費不充足，乃自捐五百鎊，又向友人處募捐，共得一千五百鎊，以為添購儀器之用。

至一八八二年累力男爵對英國學會說，他要開始考察氫與氧的比重，是否恰好為 1:16；十年後，據他的報告，謂此比例數值，應改正為 1:15.882。在他研究氣體的壓縮性及其化合容積時，意欲在某種限度的狀況之下，計算得其分子容積，累力男爵亦曾計量氮的密度。

他用三種不同方法製得的氧，其密度都相同，不過計量氮的密度時，就因來源不同而有差異，此實使他莫明其妙。由氨中製得的氮氣，總比由空氣中吸去氧，二氧化碳及水氣所得的，較輕千分之五。他即致信於英國的自然雜誌上，請求讀者解釋，但無人能答覆此問題。

於是累力男爵自己想，有下列四種可能的解說。(一)由空氣中製得的氮，或者仍然含有氧素；(二)由氨中製得的氮，或者雜有氫

素；(三)空氣中的氮，或者含有 N_2 分子，此與臭氧相似；(四)由氮中製得的氮分子，或者有一部分分解，故使其密度減少了。

上述第一種假設，是不可能的，因為氧、氮二氣的密度，相差很微，必然混雜很多，纔能使差千分之五的重量。又由氮中製得的氮氣，由實驗證明完全不含氫氣。第三種假設，亦未必十分合理，因用電過氮氣，不能使其密度增加，故來木賽得到允許後，只得再做空氣中的氮的實驗。

由此實驗結果，即使他有驚人重要的發現，在此未述發現前，請先述其為人的性格，以便容易了解其所以有此發現吧。來木賽的父母，年近四十，始行結婚，他倆結婚後一年（一八五二年十月二日），即生育一小孩，於是此良善的蘇格蘭父母的願望，遂得以完滿了。此小孩生來喜歡自然界、音樂及書本，且不久即愛讀外國語言學。他的家人的朋友，對於此很活潑的小孩，時常在格拉斯哥（Glasgow）的新教的聖馬太（Free St. Matthew）禮拜堂中，靜坐默無一言，不禁驚奇至極。後來仔細看他時，他原來在那裏注視德文或法文聖經。蓋他已熟習英文聖經，無須乎再讀，他的外國文的智識，即用此法學習得來。他又注視教堂戶牖上的鑲嵌細工的幾何圖形，曾做了不少他的幾何命題。

淮夫（H. B. Fyfe）為他在格拉斯哥高等學校時的級友，對於來木賽的第一次的化學實驗，曾說過下列的一段話：

在當時他對於化學的理論，完全不懂，但時常在家中做實驗，他是在他的寢室中做的，其中陳列有藥瓶多種，內分盛酸、鹽及水銀等等藥品。當我們一齊着手做時，我看他使用藥品與儀器，十分純熟，我們在下午有時在我的屋中共做我們所能做的製造氧與氫及由糖製造草酸的單純化合物的實驗，我們有時亦做玻璃工作……我們用口吹管及使用我們自己製造的本生燈，如此使他變為一吹玻璃的能手。我想他此時的練習，與他後來很有益處。除開燒瓶、曲頸甌及燒杯外，其他各種儀器，幾乎都由我們自製。

來木賽擅長於玩各種有益的遊藝，如散步、騎腳車、搖船、游泳、潛水、溜冰、唱歌、吹口笛及講故事，所以他的朋友很多。淮夫亦述過來木賽一段游泳與沒水表演的優美姿勢的事蹟：“即一八七六年在巴黎時，我們每日下午一行四人，走到森內(Seine)去洗澡，當來木



來木賽(Sir William Ramsay)

1852—1916

蘇格蘭化學家與物理學家。與里力男爵共同發現氫，又與特刺味斯，以發現氦、氖及氙。特東恩(F. E. Dorn)發現氫後，來木賽即與格黎(Whitlav Gray)測定其密度，證實為氫族中最重的氣體。

來木賽一段游泳與沒水表演的優美姿勢的事蹟：“即一八七六年在巴黎時，我們每日下午一行四人，走到森內(Seine)去洗澡，當來木

賽沒水一次後第二次預備沒水時，那般洗澡的人，即互相傳語，謂英國人又將沒水了，凡在洗澡堂內的人，及在外面的洗衫婆，都爭來探望呵。”

來木賽曾從海格爾堡的本生，及杜平根 (Tübingen) 的斐體 (Fittig) 讀書，他在杜平根時，與一美國朋友雷新 (Ira Remsen) 甚為友善，彼此往來，一生沒有間斷過。雖然來木賽後來學習得德文很好，但最初對雷新說的德國話，確實使他莫明其妙。但他後來猜到了，且笑着說：“呵，我猜想你須要一演講教室。”在後他們二人，有時還道及此偶然的故事，而雷新曾經為來木賽最先“開放前面的大門”，引以為一件很可紀念的事體。

氮

來木賽自得到累力男爵的允許，再做空氣中的氮氣問題後，他即將氮氣反覆通過紅灼熱的鎂質，視其是否能完全被吸收。實驗結果，將氮氣反覆通過灼熱的鎂質後，仍留有四十立方厘米的氣體，其比重約為原有氮氣的 $\frac{15}{14}$ 。來木賽教授做此實驗時，自然是很小心，將灰塵、水氣及二氧化碳完全除去。最後經過長期的實驗，所有能被吸收的物質，均被吸收，只剩原有體積的 $\frac{1}{80}$ 而已（讀者恐尚能憶及卡汾狄士所得的餘剩氣體為原有體積 $\frac{1}{120}$ ）。

此最後所得的氣體的密度為 19.086，而來木賽與累力均相信其為一種變態的氮，與臭氧相似。不過當來木賽考察其光譜時，不

特看見氮的光帶，且有一羣的紅與綠的光線，爲其他氣體所沒有的。克魯克司曾仔細考察光譜，約觀察出有二百條線。

於是累力與來木賽二人互相合作，幾乎每日都有信件往來。來木賽於一八九四年五月二十四日寫的信，說：“你有想到在週期表上第一行中有氣體元素的位置麼？”又在八月七日，他寫的信又說：“我很多謝你的建議，所以我欲將該篇論文，由我們聯合發表，現刻我有很幸運的機會，可多得Q的分量(因在此已有其他二個X，故讓我稱之爲Q或 Quid)。”

英國學會於是月在牛津開會時，來木賽與累力即公佈發現第一種惰氣，驚動了當時在會中的會員了，此氣由主席馬登 (H. G. Madan) 的提議，稱爲氩(argon)，義即懶惰之意。累力於一九一九年逝世。

特刺味斯說來木賽與累力男爵的通信，現仍存在，“此即表示彼此毫無猜疑之心。”凡去訪問累力實驗室的科學家，莫不驚嘆他所用的儀器十分簡單。將主要的儀器裝置完善，再加上神技的運用，其他比較次重要的部份，自然即不覺其爲十分重要了。他的論文，繕寫清楚，凡屬於數學的部份，格式優美，怡神悅目。他所收集的五本投稿本，上賜以箴言：“男爵的工作很多，其中佳趣無窮，可去自由採訪。”

自氩發現後，波斯班都朗聽見此消息後，即預斷此必屬於許多

未知的絕對的不活潑元素之一種，且牠們的分子量，必為 20.0945 ， 36.40 ± 0.08 ， 84.01 ± 0.20 ，與 132.71 ± 0.15 。他預先斷定最先兩種，必比其他各種含量較多。

氦

法國的天文學家楊森 (Pierre Jules César Janssen)，於一八六八年走到印度考察日全蝕時，首先用分光器考察包圍太陽的紅色氣層。他注意到有一黃線 D₃ 與鈉的黃線不相符合，且在實驗室中所找不到的。當英國的天文學家羅挈找出此新線非現在已知元素所有的，乃名此為太陽中所有的物質為氦 (helium)，其後二十五年間，均假設此是存在於太陽中的元素，而在地球上所沒有的。這是羅挈研究的結果，發現太陽中有氦素存在。他做此種研究工作时，曾得佛朗克蘭教授 (Edward Frankland) 幫助之力不少。

在一八八八年至一八九〇年之間，美國的大礦物化學家喜烈布藍德注意到黑鈾礦中加無機酸，即有一種不活潑的氣體放出，他相信此是氮氣。後來來木賽看見此篇論文時，即不同意。乃重做此實驗，用另一種鈾礦 cleveite 為原料，亦得到少量的氮氣，此與喜烈布藍德所得的相同，但還得到有氫及其他分光譜差異的氣體。因為他沒有分光器，故將此未知氣體的試品，送給羅挈及克魯克司二人考察，據克魯克司實驗後的話：“當我從他手中收到此氣時，通電後，即有一道燦爛的黃光放出來了。”

一八九五年三月十七日，來木賽寫給布希孟(Buchanan)的信說：“克魯克司以為其光譜是新的，我從所用的方法看起來，除非是氦，亦不能說牠不是新的，但此決不是氦。我們想多製此種氣體，過數日後，我希望我能獲得足量的成分，以便決定其密度。我猜想此即是我們所要求得氦的同族元素氦氣了。……”經過一星期後，此新氣體，即證實與克魯克司在太陽中尋出的元素氦，是同一物質了。

同年三月二十四日喜烈布藍德寫給他的夫人的信說：

先講一極重要的新聞吧。我將新氣體盛在真空管中，佈置好後，可以同時在分光器中看見此新氣體的光譜及氦的光譜。初以為此新氣體是氦氣；不過牠有一很光亮的黃線與鈉的黃線甚相類似。我被迷住了，但起首即嗅到老鼠氣味。我在星期六日早晨告訴克魯克司，當時哈黎(Harley)、畢爾資(Shields)和我正在黑室中看此光譜，忽然我接到克魯克司打來的電報，我將電報揭開，你將奇怪其中有什麼特別消息？

使太陽光譜有黃線的物質，實是一種元素，名為氦素，但此元素在地球上還沒有找到，我給克魯克司的氣體，我稱之為氦。由牠的光譜看起來，好像是新東西。其光亮光線的光波長為587.49。因其線過於光亮，所以將氦線遮住了。我昨晚即刻打電報給柏德樓……“從我的克利甫石得到的氣體，實是氦與

氮的混合物，克魯克司分別其光譜。星期一送至科學社……來木賽……。”

同時瑞典的化學家克利甫自諾登瑟德發現克利甫石後，他即是該礦石的命名者，他有一學生蘭烈亦開始考察此礦。雖然來木賽在克利甫與蘭烈二人的研究未完之前，已將氮的發現發表了，不過他們是各別的先後發現者。且蘭烈首先製得的氮，實比來木賽所得的較為純淨，此大有助於牠的原子量的決定。分光器計量的實驗，即歸退蘭教授去做。

氮、氖與氫

來木賽還繼續做其他的不活潑氣體的研究，幫助他做此種實驗的，有他的助理員特刺味斯(Morris William Travers)。特刺味斯博士於一八七二年一月二十四日生於倫敦，即在倫敦大學中肄業，於一八九三年獲得博士學位，不久他即對於來木賽發現的新元素，十分注意，以為還能再發現一種介於氮與氫間的元素，又另有兩種，其原子量均比氫的較高。

來木賽與特刺味斯，想從稀少礦石中加熱，製得新氣體，結果沒有成功，其次他們即做下列的嘗試，其實這是他們唯一的希望，即擴散氫氣，利用其不同的比重，分成兩份。罕普孫博士(William Hampson)送他們一升的液體空氣，他們須要液體空氣，並不是想來液化氫氣，不過想借以練習手眼，然後不至將可貴寶的十五升的

氫氣，作孤注一擲。他非常小心，將液體空氣的餘剩物保藏起來，希望能從裏面獲得一沸點較高的成分。已將大部份的空氣蒸發出去後，所餘剩的殘渣，其中主要成分，還是氧與氮，來木賽與特刺味斯乃用灼熱的銅與鎂除去之。

某日此年輕的化學家午飯後回到實驗室去，一同事帶着笑容對他說：“特刺味斯此時就將有新氣體發現麼？”他即假裝十分自信，回答“自然，不久就要有了”。於是來木賽與特刺味斯開始考察此最後剩餘的二十五立方厘米氣體，結果找得此是不活潑的氣體，立刻裝入普西開(Plücker)管中，與感應圈接好，觀察其所有的光譜。結果找得牠有一光亮的黃線，比之氫所有的較為淡青色，又有一光亮的青色線，與氫、氮、汞或氫所有的各線，完全不同。

他們在一八九八年五月三十日發現此氣，名之為氪(krypton)，義即深藏之意。是晚工作到十一點鐘，始將新氣體的密度決定，來木賽與特刺味斯找出牠在週期表上的位置，介於溴與銣之間，在當時他們有此發現，何等興奮，而年輕的化學家特氏，幾將明早應博士考試的時間忘記了。

雖然氪無疑的為零類新元素之一，但此非他們所欲求得的。在他們初意，所欲求得的是比氫還要易於氣化的氣體，後來他們繼續研究此種較輕的氣體，來木賽教授與特刺味斯博士用低壓之下沸騰的液體空氣，使氫氣液化成固體，然後任氫氣化，收集其最初蒸

發的一部份。此氣即有複雜的光譜，來木賽在他的筆記本中，記述如次：“在氫氣中，最輕的一部份，有明顯的光譜，其中有許多是紅色的，淡青色的，及少許紫色的。黃線亦十分光亮，即在高度真空管中，仍保持此色，且放磷光。”

特刺味斯博士說：在真空管中所考察的最易氣化的氫的殘餘氣體，據他們的意見，無疑的又發現另一種新氣體，因為他說：

由管中所放出的深紅色光線，可以報告他自己的故事，已將其蹤影看見，是不會忘記的。二年來的辛苦是值得的，但在研究工作未完結前，尚有許多困難，仍須打破的。此一段發現未知氣體的故事，實似一幕戲劇。就是在一剎那間，此氣所有的光譜，十分光亮，至少是十分重要，為我們見所未見的了。

威廉的三十歲老的兒子威利·來木賽(Willie Ramsay)詢問他的父親：“你將何以名此新氣體？我喜歡稱牠為 Novum。”做父親



特刺味斯 (Morris William Travers)

布里斯施大學名譽教授。歷任邦加羅爾印度科學院的主任。與來木賽共同發現惰氣：氦、氖及氩。他在玻璃工業界上，亦負有盛名。

的贊成兒子的此種建議，但以爲用同義的氖 (neon) 一字較好，此氣即於一八九八年六月公佈。現在市民可在熱鬧街頭上，看見深紅色的燈光，其中即裝有氖氣，此氣曾經使來木賽教授及特刺味斯博士十分滿足。

借液體空氣的機器之助，他們製得多量氙與氪，後來因氪氣中再行反覆分蒸溜，又得一種更重的氣體，乃即名之爲氙 (xenon)，義即奇怪之意。此氣在一八九八年七月十二日發現。真空管含有此氣，即放出美麗的藍光。

來木賽有稀有的談諧性格。某日他對來訪問他的挪威化學家偉社 (Waage) 說：“他能說少許的德語，再加上我能說的挪威話，這是你很明白，無人可以企及，而非一般本地人所可以比較的，那麼我們就能彼此十分相好了。”在他某次旅行的記錄上，他說：“我要和三位小鬼，同去巴黎，此小鬼要比我，律師……可怕的化合物，更加古怪，有了三位律師，及一化學家……比方 NCl_3 ，就能把全世界隨時放一炸爆呢。”

來木賽爲科學界稀有的語言學家。他能對着德國聽衆，完全操純粹的德語，又與法國科學家會議時，就完全講法國話。一九一二年他爲世界化學會的主席時，對於五方雜生的聽衆，最先操英語，後順序操法語，德語，有時亦說意大利話，十分純熟，實使當時的聽衆，不勝驚奇了。雖然他擅長於言辭之學，但他的談諧性格，有時使

他寫給他人的信，富有好笑的資料。

來木賽喜歡遊歷，到處看見有好風景時，就很熱心。在美國的蒙大拿(Montana)的大瀑布上，可以看見他寫的下列的記述：

此是一美麗的市鎮，文化很高。在美國的市鎮，電車是其主要特徵。空間架有電線，車在街道上行駛，十分迅速，與我們的電車無異，好似牠毫不注意人的生命一樣，但此間甚少異外事變。我以為此是適者生存的道理，凡不被殺戮的，就能生存了。一般市民，熙熙攘攘，十分安閒快樂，有不少競騎腳車的。家畜亦分佈各處很多，比之在牧場中所有的，有過之無不及了。

來木賽後來對於放射元素所有的工作，其有功於科學界，比之發現不活潑氣體還要重要而出名。他是在一九一六年七月二十三日逝世的，比之他的有名的同僚累力早死三年。

特刺味斯由一九〇六至一九一四年為邦加羅爾(Bangalore)的印度科學院的主任，後來至一九二一年即為玻璃工業學會的會長。他又是布里斯施大學的名譽教授。在一九二八年他寫好一本書，題名為“稀少氣體之發現史”，其中所有儀器圖畫的說明，多從來木賽的筆記本中脫胎過來。

第十九章 放射元素

一八九八年發現鐳元素，可以接續自然放射光、熱及其他輻射線。這種奇異現象，後經居里夫婦及其他科學家考察後，就發現其他互相有關係而不十分穩定的放射元素，一齊約有四十種，都與鐳質相像。這些元素在週期表上，不是分佔在四十個空格中，祇是擠在十個空格內。法揚(K. Fajans)、索得(F. Soddy)、羅素(A. S. Russell) 和夫勒克(A. Fleck) 諸位曾各別解釋這多種放射同位元素的存在，及敘述他們由鈾與釷變而成的學理。屬於專門討論這等放射元素的文獻，十分廣博，實舉不勝舉，所以在下文所敘述的發現史，好像滄海一粟，極其渺小簡略的了。

“鐳不是屬於任何私人的貨寶，牠是一種元素，為大眾享用的。”

元素這樣輾轉飛舞變化，十分快捷，已被我們看得十分清楚了；

他們是向着他們的道上，繼續進行分化，顯示出絕對的不安定呢。

曾經在科學界有過特殊貢獻的一家人，其中有一人的名字，便是柏克勒爾(Henri Becquerel)，他在一八九六年注意到一種能放

磷光的鹽類，比方硫酸鈾鉀，放在靠近攝影片上，以黑紙遮住，該片不久就變黑色不透明，好像遇見日光一樣。後來他繼續研究，發現所有鈾化合物，包括不放磷光的，都能放出一種透過光線，和 X 光線一樣，不特可使攝影片變黑，且能使周圍的空氣變成導電體，若以已有電荷的驗電器驗之，則金葉全失去靜電荷，而互相接合。現已明白這種放射線，共有三種：第一種是 α 線，內包含有氦原子，每一原子氦就帶有二正電；第二種是 β 線，專放出負電子的；最後一種是 γ 線，這就繼續放出一種波長極短而能有透過性的輻射線了。



比雷·居里(Pierre Curie, 1859—1906)

索爾奔的物理學教授。與其兄弟哲舅·居里 (Jaques Curie) 共同研究結果，即發現釷電氣。他最先提出物理現象對稱的觀念，又研究磁性與溫度的關係，與其夫人共同發現鐳，並考察其性質。

居里 (Jaques Curie) 共同研究結果，即發現釷電氣。他最先提出物理現象對稱的觀念，又研究磁性與溫度的關係，與其夫人共同發現鐳，並考察其性質。

放射性一門科學，能有驚人的迅速發展，實不能不歸功於居里先生。(M. Pierre Curie) 及其妻居里夫人 (Mme. Marie Sklodowska Curie) 對於這門科學有過特殊的貢獻呀。居里先生於一八五九年五月十五日生於巴黎，自幼就乘受賢達父母的教養。年少時曾遍遊各地，過了幾多歡娛日子，所以這位生長於都市的小孩，有

機會與自然界接觸，收藏許多動植物標本，來做自己研究的材料。在叔鐸柏格爾爲理化實驗館的主任時，居里便在他指導之下從事研究冷凝管、磁學、壓電和自然界對稱的原理等種問題。至一八九五年他得到索爾奔學院的科學博士學位後，於是由叔鐸柏格爾介紹爲該院物理學的講座。

居里夫人爲華沙文科中學校(Warsaw Gymnasium)中一數理教授斯羅道斯啓博士(Dr. Sklodowski)的女孩，生於一八六七年十一月七日。因她的慈母早年逝世，所以這位小孤女是在她的父親的實驗室中長大的，由嚴父督責教養。不久她就很熱烈的發生愛國之念，曾祕密參加一學生團體，設立夜校，授工農友們以各種智識。後因在此很少求進益的機會，乃決定離開可愛的故鄉，轉赴巴黎就學。

當她做學生時代，足有四個整年，是住在一冷酷的小頂樓房中，每天須親自手提煤球，走上六層樓上，用酒精燈烹調些少食物。這是她初到巴黎時的寢室，現她仍然視該寢室爲她的家吧。待她就入索爾奔後，一位著名的數學物理學家榜卡累(Henri Poincaré)就極力稱讚她的才能，又李李曼(Gabriel Lippmann)也抱着濃厚的興趣，來參觀她的研究工作。

她初次遇見居里先生，是在巴黎城中一位波蘭物理學家中。因彼此對於科學、社交和慈善事業的工作，都有同樣的興趣，所以後

來漸漸互相了解，成爲同心同德的密友，使居里先生說出一段極懇切的話：“真不易使我相信在天上人間中，有比一種能使人如迷夢的共同生活，再來得圓滿的了；你的夢是爲你的國家；我們的夢是爲全人類；又我們的夢是爲科學。”他倆於一八九五年結婚，後居里和柏格爾就設法把他倆安排在一實驗室中工作，俾可以互相合作，居里先生說過：“我已得一妻子，能爲我表現我的主張。”

鈾與鐳

居里教授仍繼續研究結晶發展的問題，他的少婦，就預備她的考試功課。她的論文，有許多化學家都公認爲博士論文中最可寶貴的一篇。她接續做柏克勒爾最先做過的工作，即試驗多數已知元素對於驗電器金葉放電的能力怎樣，其中元素有由得馬開及烏爾班兩處借到的稀少元素。試驗結果只有鈾與鈾兩種化合物，纔能使驗電器的金葉接合。鈾有放射性質，在蒙斯德大學的物理學教授斯密特亦獨立發現了。

比上述的發現貢獻更大的，就是居里夫人觀察得一種瀝青鈾礦所有的放射性，比之預定其中鈾質所有的，還大多四五倍。她就斷定這種礦石中除鈾外，必然另含有別種放射元素，因這種礦石的成分爲一已知數，所以新放射元素的成分，定然十分稀少，而且很活動的。如果想取得這種新元素，勢必須從多量的瀝青鈾礦中，施繁複的手續，方纔有製就的希望。這種瀝青鈾礦出產於波希米亞的

約喜斯塔(Joachimsthal)鈾礦洞中，由澳大利亞政府供給。

居里夫人將由瀝青鈾礦中每次分出的部份，都用驗電器驗之，最後獲得一極活動的部份，與銻質一同分出。至一八九八年她相信這是一種新元素時，便命名為鈾 (polonium)，借以紀念她的故國。這種新元素，又名為鐳 F (radium F.)。柏林的馬克窩博士 (Dr. Willy Marckwald) 將光滑的銻片，放入由瀝青鈾礦中分得的銻部份溶液中，亦獲得金屬的沉積物。這種沉積物他稱之為放射碲 (radiotellurium)，後來證實與居里夫人發現的鈾，同是一物。

自從鈷、鎘及鎳三種元素發現後，就證實門得雷業夫的預言不錯，至一八九一年他又有新元素的預言，說：“我可先批後斷，還有新元素繼續發現出來，不過沒有上次那樣確定罷。我將舉一為例，但是我還沒有看見牠十分清楚。”於是他就預言一種沒有發現的元素，可命名為“dvi tellurium”，其原子量約為 212。因鈾與碲很相似，其原子量為 210，或者這便是門氏預測的“dvi tellurium”了。

後來居里夫婦二人和助手柏夢 (M. G. Bemont) 做完許多繁難的分開氯化鋇部份的工作後，就找出其中最不易溶解的一部份，最有放射性了。蓋在居里夫人的實驗過程中，已先找出放射性是一原子的性質，是與活動元素存在的分量有關。因此她就懷疑氯化鋇中另有別種活動元素隱藏着，遂將這種有放射性的氯化鋇部份，轉送給馬開做分光器考察的工作。後來馬氏考察得有一新光線在

紫外線光譜地位中，此外還有別種光線，在多數放射性的製成品中，都可以看見的，若將分離手續繼續進行，則鋇的光線，便漸漸變為暗淡了。

居里夫婦二人繼續找這種新元素時，在未找出以前，總是夢想牠的鹽類的外表，是如何美麗奪目。但最後得到牠的氯化物，是一種沒有顏色的鹽類，能在夜間放光，這比他們當初夢想的，還更美麗奇怪！這種新元素鐳能在夜間放光，好像磷質一樣，在他們初次看見鐳光，不禁驚喜交集，正與布藍德和昆刻初見磷火時候所有驚喜情狀相同。這可拿居

里夫人的說話為證，她說過：“使我們十分高興的，就是在夜間走入工作室中，看見盛在我們所得的物品的瓶中，能放微光，使瓶的半影，顯在眼前。這實是一可愛的奇景，我們覺得十分新鮮。這些放光管看來，很像飄渺的仙燈！”

這種新物質，現稱為鐳(radium)，能在夜間放光，設非具有這種特別性質，或者現在仍然是一種遺漏的元素呢。牠雖然有很明顯



居里夫人 (Mme. Marie Skłodowska Curie, 1867—1934)

巴黎大學放射元素學教授。與其丈夫居里教授共同研究，她就發現鐳與鈾，並奠定放射元素科學之基礎。

的光譜可以考察，不過利用驗電器法測定時，比之用分光器法，更加靈感約有五百萬倍。

烏爾班教授說：

我得到特許的權利，使我的眼睛，可以看見鐳之誕生時日。居里先生是我的老師，對我很親切信任，自覺不勝榮幸之至。他的夫人在那裏動手操作大量的瀝青鈾礦，好似孔武有力的男人一樣，我是親自看見的。我看見最初次分得的溴化鐳部份。我又看見鐳之結晶體能在暗處放光，使其光譜，可以看見。每禮拜天朗芝萬(Langevin)、白靈(Perrin)、底貝拿(Debiere)、科東(Cotton)、薩納西(Sagnac)，和我們一齊到居里小屋中去閒談，習以為常事。主人總是很誠實坦白，將他的觀念，向我們道出，並希望我們加之批評……。

後來阿斯特瓦德(Wilhelm Ostwald)在他的自傳中，亦有一段記述訪問鐳之誕生地點的話：

經過我懇切的請求後，得進居里實驗室中參觀，鐳質就在此實驗室中發現不久，我得親自看見這種物品。居里夫婦二人因出外旅行，故未遇見。實驗室在馬厰與芋窖之間，假如我沒有看見實驗桌上的儀器時，必然想這實是一滑稽的笑話。

一九〇三年居里先生被催促去接受法國的大勳章時，乃回信說：“請你替我向部長道謝並轉告他，我是無須乎虛榮的，但十分需

要一實驗室。”居里夫人至今仍視原先做實驗的小暗室，為一生最快樂做實驗的日子了。

鈾族元素

一九〇〇年克魯克司製就一種含有鈾鹽及少許第二鐵鹽的混合溶液。他加入過剩的氫氧化銨與碳酸銨於此溶液中時，就發現沉澱分出的氫氧化鐵，含有一種強烈的放射元素。在後他考察清楚這種和鐵一齊分出的放射物質，就說：“為明顯計，這種新物質應有一名稱，我暫時名之為鈾 X，意即是鈾中的未知物質，待後來弄清楚時再說。”現已知這是鈾 X₁。鈾有兩種：即鈾1與鈾2是。

一九一三年卡爾斯魯厄 (Karlsruhe) 的哥靈 (O. H. Göhring) 與法揚 共同找出鈾 X₁，放過β線後，就變為一種壽命很短促的 Brevium，現稱此質為鈾 X₂。法揚 於一九一七年為明興 大學的物理化學教授，至一九三〇年曾到康乃爾 大學講學。



法揚 (Kasimir Fajans)

1887—

波蘭 物理學家及化學家。明興 大學之物理化學教授。與哥靈 (Göhring) 共同發現 X₂ (brevium)。一九一三年他與索得 (Soddy) 同時因研究 α 及 β 放射線結果，發現週期表中之元素放射移位定律。

他和居里夫人均爲華沙人。門得雷業夫在一八七一年預測鈾 X_2 的發現，說：“在第五類第十二列中有第三位空一元素，尙未發現，其位置是介於 $Th = 231$ 與 $U = 240$ 之間，能成氧化物 R_2O_3 ，又其原子量約爲235。”

因鈾X能放射兩種 β 線，故可產出兩種放射物質：即鈾 X_2 與鈾Z是。鈾Z於一九二一年由罕恩教授 (Professor Otto Hahn) 發現的，是屬於本族的分枝元素，不過鈾 X_1 分解時，可得鈾 X_2 99.65%，而鈾Z只有0.35%。

罕恩教授爲馬因河邊之法蘭克福 (Frankfort-on-the-main) 人。他早年做過放射元素工作，旋即追隨來木賽，及後又與美馬女士 (Miss Lise Meitner) 一同做實驗。他是德國原子量委員會中之一委員，又爲柏林達連的愷撒威廉大學 (Kaiser Wilhelm Institute) 的化學系主任。美馬女士原籍維也納，亦爲該校的職員之一。

一九一一年安多諾夫 (G. N. Antonoff) 在綿撒斯德大學受刺得福德 (Sir Ernest Rutherford) 指導，發現這族中的第六位元素，稱之爲鈾Y。安多諾夫後來又回到聖彼得堡。鈾Y與鈾Z，都是本族的分枝元素。索得說：“安多諾夫的成功，並不是因爲他用了特殊的化學方法，實是因錯過了繼續分離的適當時期而獲得的。”總之，在鈾族中的鈾1，經分解爲鈾 X_1 後，這便接續分解爲鈾 X_2 、鈾Z、鈾2和鈾Y。

鐳族元素

一九〇七年耶魯大學最近的教授波爾武 (Bertram Borden Boltwood) 發現一元素 ionium, 這是鐳素的母體。波爾武教授曾受教育於明興、來比錫、曼徹斯特及新黑汾 (New Haven) 等大學, 爲人擅長於實驗的技術, 且富於同情心, 實是一“雍容大雅, 有君子風度”的學者。他用實驗證明鈾、ionium 和鐳都有同母系的關係, 同時罕恩及馬克窩亦獨立發現 ionium。



波爾武 (Bertram Borden Boltwood, 1870—1927)

美國耶魯大學物理及化學教授。爲放射元素 ionium 之發現者, 此種元素爲鐳之母體, 又罕恩 (Hahn) 與馬克窩 (Marckwald) 亦各分別獨立發現 ionium。

本族元素中第二種便是鐳, 其分離方法, 至爲繁難, 常很容易遺失的。但到了一九一〇年卒爲居里夫人與底貝拿分得, 是一種能放光亮的白色金屬; 後來因爲他們要研究其性質, 故未設法保存其金屬形式。

鐳能不斷的自然接續放射, 分析爲原子量較低的元素, 這和其他放射元素所有的性質相同。居里先生和其夫人視察出與鐳化合物接近的空氣, 亦有放射的性質。這種奇異的現象, 到了一九〇〇

年纔由惇恩 (Friedrich Ernst Dorn) 獲得正確的解答。他於一八四八年七月十七日生於東普魯士之加斯塔 (Guttstadt), 曾肄業於哥尼斯堡 (Königsberg), 後來就在丹穆斯達 (Darmstadt) 和哈勒兩地擔任物理學教授多年。惇恩考察得鐳之分解物, 其中一種為氣體。這種氣體初時命名為鐳之放射物, 或稱之為愚通 (niton), 因其由鐳素放射得來, 故今名為氡 (radon), 實較能表明其來源處的真義。這種氡氣, 位於來木賽發現的貴重氣體中最後一種, 到了一九一〇年經來木賽與格雷 (Robert Whytlaw Gray) 決定其比重後, 就證實牠是氣體中最重的了。

一九〇四年布魯克斯女士 (Miss Harriet Brooks) 在蒙特利奧 (Montreal) 的馬計盧大學 (McGill University) 中研究“短命活動沉積物”時, 發現將物質暴露於氡氣中, 就能在物質上成一層薄膜, 這種現象, 索得曾與“一種不斷的雪花, 靜靜地蓋住於一適當的



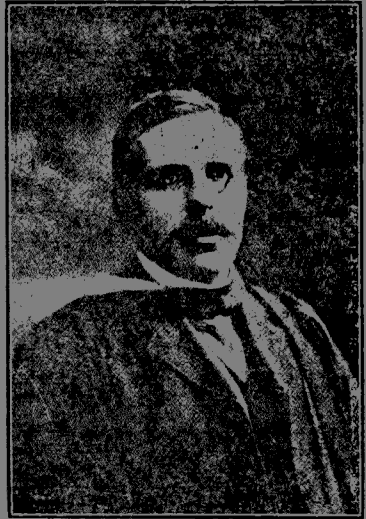
布魯克斯女士 (Miss Harriet Brooks)

一九〇二年刺得福德 (Rutherford) 與布魯克斯女士因研究由各種來源的 α -線的滲透力, 乃首先利用擴散法決定氡之密度。由此研究, 即發現鐳A、B與C三種物質。上圖為布魯克斯女士一八九八年在馬計盧大學 (McGill University) 得學士時之照片。

表面上，變為目不能睹，沒有重量，只有強烈放射性的沉積物”互相比較。刺得福德依據布魯克斯女士的考察和他自己的研究，就決定釷能成三種連續的分解物品，即釷A、B、C是。這三種物品，現已分出，又從“長命活動沉積物”中，另發現釷亦能接續分解為釷D、E和F(針)三種物品。

刺得福德於一八七一年生於新西蘭之納爾孫(Nelson)省。在新西蘭和劍橋二大學畢業後，至一八九八年就赴加拿大為馬計盧大學的物理學教授。在此他供職九年，做過許多可寶貴的放射能的研究工作，後來就改就曼徹斯特大學的物理學教授，次年便獲得諾只化學獎金。到一九一九年乃為劍橋大學的教授。

罕恩與美馬及法揚都發現釷C還可分解為釷C'與釷C''兩種物質。一九〇〇年何夫曼(K. A. Hofmann)和斯塔斯(E. Strauss)



刺得福德 (Sir Ernest Rutherford)

1871—

為馬計盧、曼徹斯特及劍橋三大學的物理學教授。他曾鑑別出各種放射物質中之三種輻射作用，又計劃好一種方法，可以計量 α 微粒及決定原子核中的正電子數值。

就注意到鐳D與鉛十分相像，能成爲彼此不易分離的物品。厄爾斯忒(Elster)與開忒(Hans F. K. Geitel)都是首先着手研究“放射鉛”，發現鐳D爲其中的主要成分。

何夫曼和拜耳(A. Baeyer)在明興大學有同事之誼。厄爾斯忒於一八五四年十二月二十四日生於德國布蘭克堡(Blankenburg)，曾肄業於柏林及海得爾堡二大學中。至一八八一年他就開始執教鞭於服爾分步忒文科中學(Wolfenbüttel Gymnasium)中，先後共有四十年，和其密友開忒(1855—1923)做過許多著名的研究工作。他們說普通鉛有放射性質，並非這種元素原有的，但是因爲雜有他種放射性物質的緣故。老鉛沒有含鐳D，故沒有活動性。厄爾斯忒教授於一九二〇年四月八日死於服爾分步忒。

來木囊、索得、法揚和布勒底(Georg Bredig)都對於由各地來源的鉛，有不同的原子量，發生研究的興味。法揚曾特遣派其助手勒謨特(Max E. Lemberg)走到美國和哈佛的查理(T. W. Richards)共同研究鉛的原子量問題。法揚曾供給查理教授多種含有鉛質的放射性礦石。查理和勒謨特研究過錫蘭、科羅拉多、英格蘭、挪威和波希米亞等地出產的鉛質後，就在一九一四年發表論文，說由上述各地出產鉛的原子量，比之普通鉛的數值207.2，減少許多。同時維也納的翁尼斯密特(Hönigschmid)和何洛特(M. S. Horowitz)，又馬賴西居里(Maurice Curie)亦分別有同樣的發現。

現已明白鉛有兩種不可分離的同位元素 (isotopes), 在週期表上同佔在一位置上, 但各有不相同的原子量和放射性質。嚴格說起來, 放射元素中其物理與化學性質真正相異的, 只有鈾、thoron、鐳、錒和鈾 X₂ 五種。此外其他各種放射元素, 都是安插在已被他元素佔領地位的週期表中。

因鈾的放射性, 有時完全失去, 又因所有鈾礦中的鉛鈾之比為一常數, 故相信鈾最後是分裂為安定與不活動的鐳 G (或稱之為 uraniolead), 這種物品混在普通鉛中, 是不能分離的。總言之, 鐳的同族元素, 共有 ionium、鐳、釷和鐳 A、B、C'、C''、D、E、F 及 G 等種。

錒族元素

鈾與 ionium 能分裂出許多放射元素, 上面已述過。這裏還有第三族錒族元素, 以原始錒 (protoactinium) 為其鼻祖。這種元素於一九一七年由罕恩教授與美馬女士共同發現出來, 但索得和克蘭斯頓 (John A. Cranston) 亦是同時的獨立發現者。到了一九二七年格洛斯 (Aristid V. Grosse) 製得粉白色的五氧化二原始錒二毫克。原始錒為鈾 Z 與鈾 X₂ 的同位元素, 這三種同位放射元素所有物理的與化學的性質, 已證實與門得雷業夫所預測的 eka-tantalum 完全相同。

一八九九年有一位年輕化學家底貝拿發現另一種放射元素, 他是孚德盧的助手, 又是居里家人的親友, 他從瀝青鈾礦的溶液

中，加氫氧化銨獲得此質。現稱此質爲錒 (actinium)，一九〇二年基西盧 (F. Giesel) 由釷與鈾中亦分得此質，他就名之爲 emanium。

錒族元素和鐳族元素很相像。一九〇四至一九〇五年之間，基西盧和高李威斯啓 (Todeusz Godlewski) 分別用過剩的碳酸銨，加入含有錒與鐵的溶液中，乃發現錒X和氫氧化鐵一齊沉澱分出。

基西盧(1852—)曾在布藍士外喜·畢希勒公司(Braunschweig Buchler and Company) 中任製造金雞納的化學師多年，在他早年時，就提出多量的放射元素，爲人很慷慨，願將他製得的鐳質，供給世界上的各研究家考察之用。

高李威斯啓爲一著名植物生理學家愛彌盧·高李威斯啓(Emil Godlewski) 的幼子，於一八七八年一月四日誕生於波蘭的勒謨堡(Lemberg)。他在克拉科(Cracow)的舊雅革羅王大學(Jagellonian University) 畢業後，就赴斯德哥爾摩進大學院，追隨阿立第阿斯



克蘭斯頓博士 (Dr. John A. Cranston)

工業化學會的顧問。格拉斯哥(Glasgow) 分會的主席。與索得 (F. Soddy) 共同從事於放射性的重要研究工作，爲原始錒之獨立發現者，此元素即爲門得雷業夫所預測的 eka-tantalum。

(Arrhenius) 研究一年。其後改就蒙特利奧大學，跟刺得福德工作一年，曾發表放射性論文三篇。其後回到波蘭，即為勒謨堡高等工業學校校長兼物理學教授。他仍然繼續研究放射性和電化學的問題。但不幸他的壽命過於短促，一九二一年因在實驗室中中煤氣毒而斃命了。

一九〇六年罕恩教授在錒與鐳X之間，另發現一種放射錒。這是一種不活動的氣體，可稱之為錒 (actinon)，和氫很相似，亦被基西盧和底貝拿分別發現了。在本族的各種元素，如錒 A、B、C、C'、C''及D都和鐳族中之相當元素，非常相像。波爾武曾證實錒、鐳和錒等族中的元素，其中有極密切的關係，又索得和喜欽女士 (Miss. A. F. Hitchins) 算得由純錒製造品中繼續生成的鐳質。

鈾族元素

鈾族元素與上述三族元素，顯然是獨立分離的。一九〇五年罕恩在來木賽指導之下，發現錫蘭的鈾鈾石(thorianite)殘餘物中含有放射鈾 (radiothorium)，過二年後，他就說明中鈾 (mesothorium) 為鈾分裂後的中間物品。

因鈾鹽所有放射性力比之鈾礦所有的較小，所以波爾武認為放射鈾經過精鍊手續後，必然損失很多。他假定放射鈾為鈾的直接產生品，計算得其放射性減少一半時須經過的時間，至少是六年，但由罕恩實驗所得的結果，只有二年。因此罕恩就假定在鈾與放射

鈾之間，必然還有一種尚未發現的不發光的中鈾物質存在。這種中間物品，在精鍊時很容易由鈾中析出。

他找得新製好的鈾鹽，有正常的放射性。越4.6年後，就減少至最小限度。又計算得那種未發現的元素，應經過五年半後，始能將其所有放射活動力減少一半，在芝加哥大學有二位化學家麥科 (H. N. McCoy) 和路斯 (W. H. Ross) 後來就證實這種預言了。該種新元素，初稱為中鈾的，現就稱為中鈾 1，這是因罕恩後來發現中鈾 1 還能分裂為一壽命很短促的物質中鈾 2 的緣故。索得因為對於中鈾 1 的化學解釋十分清楚，開創他的放射性同位元素的新理論，乃獲得諾貝獎金。



夫勒克 (Alexander Fleck)

著有放射同位元素論文多篇。他證實下列各種物質不能分開，即鈾中的鈾 X 與放射錒，鉛中的錒 B 與鈾 B，錒中的新鈾 2，錒中的鐳 E，及鈾中的鐳 A，都是分不開的；又證實法揚和哥靈發現的鈾 X₂，現供職於皇家化學工業公司 (Imperial Chemical Industries, Ltd.) 中。

因為中鈾 1 的價格較為低廉，故常用之代替鐳質，以為醫藥上治療及為製造錶面發光體之用。在商業上，由獨居石砂 (monazite sand) 副產品中提鍊此質的方法，保守秘密甚久，無人知其底蘊，

但後來索得和馬克窩分別發現其化學性質與鐳相同，所以由瀝青鈾礦中提取鐳的方法，亦可用之以提取中鈾1了。

一九〇二年刺得福德和索得加氫氧化銨於鈾液中，將所得氫氧化鈾濾過，濾液蒸乾後，並逐去其中的銨鹽，發現殘剩物的活動性，比原有鈾鹽更大。由此考察，便發現鈾族中的新元素鈾X。

在馬計盧大學的馬唐爾 (Macdonald) 電機工程學教授奧恩茲 (R. B. Owens) 和刺得福德都注意到將鈾化合物盛於開口瓶中，使與空氣流接觸，則其放射性不是一常數，由此種變異現象，他們便發現鈾能放出一種氣體，現稱之為氡 (thoron)。這種氡氣，和釷、釷二種氣體為同位元素，且為一首先發現的放射氣體。

祁革教授 (Geiger) 和馬茲登 (Marsden) 都注意到由氡中放出 α 微粒的期間，十分短促，似乎應為此數值之二倍。他們得到刺得



索得 (Frederick Soddy)

1877—

為格拉斯哥，亞比登 (Aberdeen) 及牛津的化學教授。他發現放射元素放出一 α 微粒後，其在週期表中的地位，就向左移動兩行，又有一 β 線起變化時，就向右移動一行。這種定律，可以解釋放射同位元素之存在，為羅素 (A. S. Russell)、夫勒克、索得及法揚諸科學家同時分別發現出來。

福德的提議後，就找出這種奇異性質，是由於壽命很短的鈾之分裂物存在的緣故，並且名之爲鈾A。祁革生長於德國紐斯大斯(Neustadt)，曾受教育於埃爾蘭根(Erlangen)、明興和綿撒斯德等大學中。他是沙羅騰堡(Charlottenburg)鑄學研究所的主任。

鈾A很容易蛻變爲鈾B，這是另一種比較的短壽命的物質，後由刺得福德找出其很容易再分裂爲鈾C。劍橋紐喃學院(Newnham College)中的巴得斯特(Bathurst)的門徒斯拉脫女士(Miss J. M. W. Slater)將鉑絲醮有鈾的混合物的放入鉛器中，熱至 700°C .時，可使鈾B氣化，凝結於冷鉛管中，若再熱至 1000°C .，則所有鈾C，仍然固着於鉑絲上。

馬茲登和巴拉特(Thomas Barratt)，又罕恩和美馬女士都分別發現鈾C還可再分裂爲鈾C'與鈾C"。在本族中最後一種元素爲鈾D，或稱之爲鈾鉛(thorio-lead)，索得所說“元素演化進程”，到此便告一終結。總言之，鈾可繼續分裂爲中鈾1、中鈾2、放射鈾、鈾X、氡和鈾A、B、C、C'、C"與D等種。

一九一三年放射同位元素由法揚、索得和羅素分別得到解釋。夫勒克在格拉斯哥對於放射元素的化學性質，盡力研究三年後，索得就得到他的幫助，演繹出一種法則，說：凡由 α 線分裂出的物質，其化學性質與比其母體在週期表中同類中低二位的元素的性質，是相同的。

羅素爲格拉斯哥大學的卡內基 (Carnegie) 研究員，不久也發現同系的推論，說：凡由β線分裂出的物質，其化學性質，與比其母體在週期表同類中高一位的元素的性質，亦是相同。

譬如有α線變化的元素，即放出含有二個正電荷的氦原子的，其原子數(在週期表中元素順序排列的數目)就減少2，又其原子量就增加四單位；再有β線變化的元素，即放出陰電子的，其原子數便增加2，但原子量仍不變。故設有二β線變化和一α線變化的元素，其最後變成的元素，有如鈾2，其所有化學性質，完全與其曾祖父相同。索得說過：“放射孩子的性質，時常與其曾祖父相同，實沒有化

放射同位元素及其變質

在週期表中之分類及原子數目

81 l	82 Fb	83 Bi	84 Po	85	86 Rn	87	88 Ra	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U
III b	IV b	V b	VI b	VII	0	I	II a	III a	IV a	V a	VI a
											UX ₁ → U ₁
										UX ₂ → U ₂	
										UZ → U ₂	
										UY ⁺ → Pa	
										Io → Ra	
										Ac → RaAc	
										AcX → An	
										MsTh ₁ → Th	
										MsTh ₂ → RaTh	
										ThX → ThA	
										ThA → ThB	
										ThC → ThC'	
										ThD → ThC'	
										ThC' → ThD	
										ThC' → ThD	

向右方之長箭號，表示α線變化；又向左方之短箭號，即表示β線變化。

學方法，可以使牠們分開。”

在週期表中最後十二種元素，所有放射變化的情形，已由羅素、法揚、索得和夫勒克研究清楚，十分明白，有如前表所示。

銨的放射同位元素有三種，鉛的有七種，銻的有四種，釷的有七種，放射惰氣有三種，釷有四種同位元素，錒有二種，釷有六種，eka-tantalum 有三種，又鈾有二種。

一九〇三年居里夫婦和柏克勒爾一齊獲得諾貝化學獎金。居里家中有兩位活潑可愛的女孩，他們共同工作之後，就常借此以取樂，其幸福實難於筆述了。不過這種好夢難久，居里先生於一九〇六年四月十九日竟因橫過巴黎鬧熱街衢中，忽被一載重貨車輾傷，立刻斃命了。

居里夫人遭此意外之變，不勝悲痛之至，曾因此患病很久，但後來病體痊愈，健康恢復過來時，

就決定一心一意於教養二小女和努力於科學事業。她的女孩，由她親自教養。其長女愛里尼 (Irène) 現繼承其父母的志向，從事於科學研究工作，次女伊佛 (Ève) 就是一有名的鋼琴師。



居里家庭

居里夫人自其丈夫逝世不到一年後，就為巴黎大學的教授，與一極能幹的助手底貝拿共同工作。她專做放射能的研究工作和指導學生研究事宜，其助手便管理實驗室和教授遠地來的許多學生的功課。後來巴黎大學特意購一段地方，為她建築實驗室，且名該路為居里路。居里學院與巴斯德學院互相合作，居里夫人曾為鐳、氣二質的治療效用，研究許久。歐戰時，她就完全負責管理法國軍醫院中用鐳治療各病的任務。

一九一一年她又獲得諾貝爾物理學獎金，一人獲過兩次諾貝爾獎金的，只有她一人。同年法蘭西學院因囿於陋習，說她是女子，拒絕選舉她為會員，但至一九二二年二月七日，復選舉她為特別會員。法國女子之獲有這種榮譽的，當推居里夫人為第一人了。

她在法國度日，終使她變成為一真正的法國人。她曾將她的生活史，縮寫成於下列幾句話中：“我生長於華沙的教師家中。我與居里先生結婚後，生有二個小孩。我在法國做我的工作。”

第二十章 最近發現的元素

當摩茲力 (H. G. J. Moseley) 發現元素的X光譜與其原子數的簡單關係時，在週期表中尚有第43、61、72、75、85、87和91七種元素，沒有發現。第91種元素因有放射性質，故先提在第十九章討論。早年一九二三年科斯特 (D. Coster) 和赫威斯 (Georg von Hevesy) 就說第72種元素鈦 (hafnium) 分佈於天然界很多，但因其與鈦相似，故不引人注意。第43種元素鐳 (masurium) 和第75種元素銻 (rhenium) 都是在一九二五年被窩爾忒 (Walter) 和挪得克 (Ida Noddack) 發現出來，現銻已變為一種商品。第61種元素釷 (illinium) 是霍布金司 (Hopkins)、赫黎斯 (Harris) 和袁特馬 (Yntema) 在一九二六年發現的，但意人洛拉 (Rolla) 和斐喃得斯 (Fernandes)，又美人科爾克 (Cork)、詹姆士 (James) 和福社 (Fogg) 都是獨立發現者。阿力選 (Allison) 及其同僚用磁光分析法，乃發現第85與第87二種元素，命名為砒 (alabamine) 及銻 (virginium)。這等元素的性質，現仍須繼續進行研究。

於紫外光求之，因牠喜居於暗中，
利用結晶柵格可攝其影，
藏在原子核心的祕密，因此悉行洩露，

脫離了原有的束縛，不再受熱與力的拘束。

因各個元素核心上有不同的電荷數，

使吾人稱之爲神靈或色，味，和臭。

門得雷業夫的週期表，雖然很有幫助新元素的發現，但亦有缺點，無法解釋的。比方氫的原子量，比鉀較重，但氫在表中應當排在鉀前面，這是因氫是一種惰氣和氦相似，又鉀爲鹼金屬，就和鈉相似。碲與碘的排列法，亦有同樣的缺點，至若放射同位元素的排列法，那就更使人如墜入五里霧中了。

後來英國有一位年輕物理學家，因從事研究X光的結果，最後發現一種比較完善元素分類法。他的名字叫做摩茲力，於一八八七年十一月二十三日生於威馬司 (Weymouth)。他的父親，是牛津大學著名的動物學教授，不幸在他年輕時，他的父親就去世了。他曾在牛津特麟尼替學院 (Trinity College) 和伊吞 (Eton) 兩處讀書，於一九一〇年獲得碩士學位。在他未畢業前一年，就走到綿撒斯德與刺得福德討論，可否從事物理學上的研究。

他在曼徹斯特大學擔任物理學講座二年後，就辭去職務，改就約翰·哈林 (John Harling) 研究員，俾能專心做研究工作。他的實驗天才，不久就被他的同僚看出，且因他有靈巧的實驗技術，廣博的物理學智識，使人親近的和藹態度，又歡喜幫助他人，所以極得人信仰愛戴。一九一四年英國聯合學會在澳洲開會時，他就很熱心



摩茲力 (Henry Gwyn Jeffreys Moseley, 1887—1915)

英國物理學家，他所研究過的元素的 X 線光譜，多過五十種以上，就發現元素的原子數目與由陰極線撞擊放出的 X 線的頻率，有一種關係存在其中。他在歐戰時，被殺於達爾尼爾(Dardanelles)地方，時年歲不過二十有七而已。

參預原子構造討論會，並報告他對於稀少土質的X線光譜研究的結果。

第一流科學家，很少有和他一樣短壽命的。當英岡加入歐戰時，他就回到英國，加入軍隊中，爲一信號官，於一九一五年六月十三日赴達釐尼爾 (Dardanelles)。是年八月十日他正在打電話給他的部屬時，忽然有一土耳其子彈飛來，穿過他的腦袋中。他死時，不到二十八歲。他死後，遵他的遺囑，將他所有的儀器和其他大部份的私產贈送皇家學會保存。他的研究成績，可說是在原子構造智識上開一新紀元，他的聲名，將在科學史上永久不朽了。

在他未加入軍隊中服務以前，對於勞莫教授 (Professor Laue) 所發現的“結晶中原子的有秩序的排列，對於X光所有的功用，是和光格對於光所有的功用完全相同的”一原則，十分注意。當陰極線撞擊在對陰極或標的上時，所有放出的X光線，實是對陰極的材料特種放射。後來他得到達爾文的曾孫小達爾文 (C. G. Darwin) 之助，利用一有鉑製的對陰極的X光管中，完成了高頻率的X光譜。

他希望能找到光線之頻率和原子數上的關係，所以費盡苦心用各元素來做對陰極去考察其結果。將放出的光線，使經過一結晶體繞射後，就發現下列一種簡單的關係：設將已知元素，按其在週期表上的位置順次排成號數時，則X光線放出的頻率平方根。是與

其原子數成正比例的。

摩茲力的元素排列法和門得雷業夫依照原子量大小來排列的，所得結果都是相同。不過元素排列的方法，不按照原子量大小去排列，改用按照原子數（摩茲力數目）排列時，則所有氫、鉀與碘、碲排列上的缺點，都可以避免了。

摩茲力的研究結果，不特對於元素排列的方法，和已知元素與放射同位元素間彼此所有關係的地方，是有特殊貢獻，就是對於幾種未發現的元素，給與考察的便宜，亦是貢獻不少的。首先利用這種新方法來考察新元素的，就是巴黎的一位著名化學家烏爾班，他將自己製好的稀少土質，帶到牛津去考察。由是摩茲力就在他的面前顯示出鉀、銻、鎳和鎳所有的特殊光線，在數天內將烏爾班費了二十年獲得的結果證實了。烏爾班看見這種在科學上極其基本重要的工作，由一位很年輕的人發現出來，不禁驚奇至極，乃立刻將摩茲力的X光線分析法轉授於其門徒，且說：“他的定律是十分精確合於科學的分類法，可以代替門得雷業夫的比較近於浪漫的元素分類法。”

鉛(元素第72種)

摩茲力說過，在他研究過的鋁(第13種)和金(第79種)之間的元素中，還有第43、61和75三種元素，沒有發現，因其X光光譜可以預告十分準確，所以比較的容易尋出。一九一一年烏爾班教授看見

celtium 的弧光譜，以爲就是第72種元素。

當摩茲力和烏爾班共同考察一種稀少土質，以爲其中含有新元素，結果只看見鐳和鐳的十條光線罷了。後來他們都因受戰事的影響，沒有繼續工作，到了一九二二年烏爾班纔回頭去繼續研究。達微尼亞 (M. A. Dauvillier) 得到烏爾班的指示後，引用布魯克 (Brogie) 改良的X光分析法，就看見二條不是很明顯的光線，這與預測第72種元素所有的十分符合。

自一七九一年格列高在康瓦爾發現鈦質後，其原子量由路斯、摩散達和杜馬諸大化學家所決定的，彼此所得不是十分符合，門得雷業夫乃預測其中還有一種未發現的元素。不過後來纔證實鈳礦中是含有第72種元素很多。

波雅 (Niles Bohr) 依據他的原子構造之分量理論，以爲烏爾班從稀土中得到的 celtium，不是第72種元素，因其價數是四不是三，應當屬於鈳族中。他說原子的化學性質，可由其中電子的排列及數目決定之，尤其是他所稱爲“價數電子”(valence electrons) 的，即在原子最外一層的電子的排列與數目，能決定其性質。因爲在週期表中二種鄰近元素的外層電子總有多少差異，所以其化學性質亦有明顯的差別。不過在稀土族中的元素，又鐵和鉑組中的各三種元素，其構造的差異處，便在原子的內層，因此這些元素彼此比較的不易分開。今依據波雅的理論，在稀土族中的元素，只有介

於鐳(第57種)與鐳(第71種)之間的,其原子內層構造是有差別。若第72種元素的原子外層構造,便與鐳所有的十分差異,所以其所有的化學性質,亦應該與稀土元素不同,但和銻質很相像罷。波雅乃將此意授意於赫威斯,請從銻礦中去找第72種元素。

一九二三年一月科斯忒和赫威斯同在哥本哈根,由銻礦中找出這種新元素。他們是借助於摩茲力的X光分析法找出的,但科斯忒原來已做過這種工作,所以這種新元素一被他看見時,就逃不開了。

銻之一字是借以紀念哥本哈根城,但發現這種新元素的人,都不是丹麥人。科斯忒教授生長於荷蘭,而赫威斯就是匈牙利人。科斯忒是赫羅甯根大學(Groningen University)的物理學和氣象學教授兼物理實驗室主任。曾在荷、法、英、德及美等國雜誌上,發表許多討論X光光譜,原子構造理論,X光之L級數中之托克斯定律(Stokes's law in the L-series of X-rays),柱體在黏稠液中



科斯忒 (Dirk Coster)

赫羅甯根皇家大學的物理學與氣象學教授。與赫威斯合作,即發現銻質。著有X光線及原子構造等種論文多篇。

轉動等種論文。

赫威斯於一八八五年生於布達佩斯(Budapest)，曾肄業於布達佩斯、柏林和夫賴堡等大學中。因從事於研究工作之故，他曾追隨過卡爾斯魯厄(Karlsruhe)的哈柏(Haber)，曼徹斯特的刺得福德、利物浦的敦尼(Donnan)和科斯忒諸大師。最後他在哥本哈根的波雅學院理論化學組中，和科斯忒共同考察X光工作時，便發現鉛元素。從一九二六年赫威斯就為夫賴堡大學的理論化學教授。到一九三〇年他來康瓦爾大學作巴卑爾(G. F. Baker)化學輪迴講學。他所專研究的問題，有理論化學、電化學、放射性學和同位元素之分離法等種。



赫威斯(Georg von Hevesy)

鉛在地中隱藏了很久，併非因為牠的成分很少，實是和銻質相像，不易區別的原因，後來赫威斯將博物館中保藏的銻礦，曾經湯姆孫、蘭米斯伯、諾登瑟德、馬利甘克和其他研究銻礦專家分析過的，再取來分析時，纔發現其中都含有新元素

夫賴堡大學物理化學教授。匈牙利化學家，與赫羅寧根大學(University of Groningen)的科斯忒博士(Dr. Dirk Coster)合作，乃在銻礦中發現鉛質，且詳細考察其性質。著有X光線，放射性質，稀土質，及電傳導等化學分析論文多篇。

鉛約由百分之一至百分之五。這種新元素，比之金銀在天然界中分佈還多。因為從前的化學家不知如何製得不含鉛質的鉛質，所以自從這種新元素發現後，鉛的原子量，有重新決定的必要了。

赫威斯教授和占先(Thal Jantzen)由氧化鉛在氫化鉀鉍複鹽中，反覆結晶數次，乃製得純淨氧化鉛。在後製得其純金屬，所有結晶形狀，完全與鉛質相同。阿克盧(A. E. von Arkel)和波亞(J. H. de Boer)用四碘化鉛氣體通過灼熱的鎢絲，亦製得金屬鉛質。

鐳與錒(元素第43種與第75種)

在錳族中有第43 (eka-manganese) 和第 75 (dwimanganese) 二種新元素，於一九二五年六月由德國柏林的物理工業試驗所(Physico-Technical Testing Office)中二位化學家挪得克和塔克(Ida Tacke)，又偉爾納·西門子實驗室(Werner-Siemens Laboratory)中的柏喜(Otto Berg)發現出來。這兩種新元素的發現，並非出自偶然，實經過長期研究鉛礦和釷礦纔發現的。鉛礦中含有第24至第29種，第44至第47種，又第76至第79種等元素(即由鉻至銅，鈳至銀，又鐵至金)，而釷礦中就含有元素由第39至第42種，又71第至第74種等(即由釷至鈾，又錒至鐳)。因此想從這一種或兩種礦石中提取那未發現的第43種和第75種元素。

挪得克、塔克和柏喜因研究地殼中已知元素的比較頻率，就發現單數原子數的頻率，比之雙數原子數的頻率，是較少的，又從鉛

礦與鈳礦中所有已知的頻率上看來，亦知有從這種礦石中進行提取新元素的希望。兼且新元素第43和第75二種，都是屬於錳族，故其物理性質和化學性質，是有許多可以預測的。後來這兩種元素就由鈳礦中提出，乃命名為鐳(masurium)和銻(rhenium)，借以紀念在歐戰時德國所喪失的兩州。主持這種繁難分離工作的，便是挪得克和塔克二人，柏喜不過幫助考察其 X 光光譜而已。在鐳與銻未發現前，錳在週期表 VIIa 中，是沒有分枝元素的。

一九二五年塔克在紐連堡(Nuremberg)的德國化學家聯合會上講演新元素後，主席即向她致謝，並謂以前沒有過女人在本化會中講演過的，希望後來能有許多女化學家繼續來講演。塔克和挪得克結為夫婦後，仍然聯合繼續努力做研究工作。因為他們有此重要發現，故獲得利比喜獎金了。

一九二五年英國的羅靈(F. H. Loring)和德藍西(J. G. F. Druce)，又捷克斯拉夫的多爾朱西克(V. Dolejšek)和亥羅威斯禮(J. Heyrovský) 都分別發現商業上所有純錳鹽，含有雜質元素第75種。初時英國化學家因想尋出原子數第93種元素，即將錳和其他重金屬使成硫化物沉澱分出後，將所得濾液蒸乾，殘渣拿來做 X 光分析，就知其中含有元素第75種的線了。

亥羅威斯禮博士為布拉格(Prague) 查理斯大學(Charles University) 的理論化學教授，又布拉格科學研究所中的多爾朱西

克就用別法亦從錳鹽中查出有第75種元素。他們是用落汞極法考察幾種錳的溶液後，將所得記錄，以電流密度為縱軸，應用的電壓力為橫軸，繪成圖形，注意其奇特彎曲處。因在甘汞陰極上的電壓介於-1.00與-1.19之間時，圖形就有奇特的彎曲，所以起初以為含有雜質鋅。但後來明白其中不含鋅、鎳、鈷和鐵，他們就推想其中含有未發現的元素第43和第75兩種。圖形是成鋸齒形狀，這便表示雜質沒有和汞變成為合金。若使用他們的落汞極和所謂偏光圖(polarograph)儀器相聯接，就能自動記錄電解反應。

將鋅片置放於濃錳溶液中後，他們把沉積的鋅、鉛、鎳、鎳和鈷等分開。後來使重金屬變為硫化物，完全分開後，在溶液中他們找不到含有元素第43種，但看見元素第75種的X光光譜罷了。這種新發現的元素，他們主仍用門得雷業夫所用的 dwimanganese 一名來名牠。當羅靈將他製好的 dwimanganese 樣品帶到布拉格查理斯大學去作偏光圖考察時，捷克斯拉夫化學家立刻就證實他的結論了。

鐳的純粹品，雖然還沒有人得到，但鐳的生產量，卻是增加很快，一九二八年牠的價值為每克一萬金元，到一九三〇年，就降到每克只值三金元。美國標準局中的米哲博士(Dr. W. F. Meggers)對於鐳的弧光譜，曾作充分的研究。

釷(元素第61種)

只有一種稀土元素是在沒有 X 光分光器以前發現的。故赫威斯教授說過：

……不借助他種指示的方法，竟將一十分相似而且十分稀少的土質，幾乎完全分出，這實是在實驗化學上的一卓越成就呢！

早在一九〇二年布拉格波希米亞大學教授柏藍尼就預測在鈹和鈰之間有一種未發現的元素，他是門得雷業夫的朋友。因為稀土的性質，到此地忽起變化，例如鎂和稀土的硝酸複鹽，其差異處是等量增加的，但到鈹和鈰之間，便是例外。這兩種元素，可用分結晶法完全分開了。

新罕木什爾大學的新近教授詹姆士是首先利用這種硝酸鎂複鹽分結晶法的，因他欲尋出摩茲力所指出未發現的第61種稀土元素，所以從事這種工作多年。一九二六年科爾克教授正在密爾根大學使用一精製 X 光儀器來考察詹姆士和福社製得的純土質時，而伊里諾斯大學中的霍布金司教授和其共同僚就宣稱發現這種難於摸捉的新元素了。

因為獨居石中含有鈹(元素第60種)和鈰(元素第62種)，所以霍布金司以為其中亦含有元素第61種。林洗燈光公司 (Lindsay Light Company)和衛盧斯巴哈燈罩公司，將提鍊鈹、鈰用過的獨居石殘渣送給霍布金司，他領得後，除提出純淨的鈹和鈰兩種鹽類



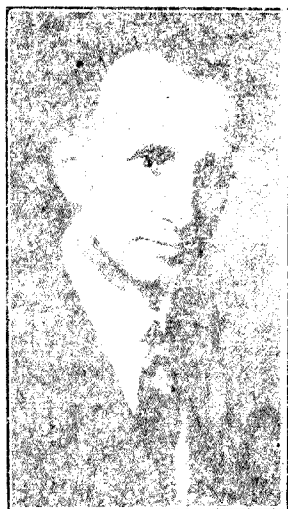
詹姆士 (Charles James, 1880—1928)

新罕布什爾大學(University of New Hampshire)的化學系主任。著有稀土論文多篇。獨立發現鐳與釷兩種元素。他生長於英國，追隨來木賽從事研究工作。

送美國標準局後，便將這兩份樣標作分光器考察，結果發現其中都含有新光線。

霍布金司教授和赫黎斯博士便將其改製成溴酸鹽，以替代硝酸鎂的複鹽。因為硝酸鎂的複鹽溶度，是隨其原子數增加而增加的，假如用這種鹽類來使各元素依其原子數大小分離時，則元素第61種就有混在成分較多的鈹與鈰的弊端。若用其溴酸鹽，就沒有這種弊端，因鈹先在比較易溶部份分開，其結晶次序，是：鈰(其溴酸鹽最不易溶解)、鈰、釷、元素第61種、鈹和鈹。雖然鈹和鈰可與他種元素一齊分出，但鈹與釷就沒有這種弊端。

霍布金司教授做這種研究工作時，得到赫黎斯博士和袁特馬博士幫助之力不少。霍赫二人是在厄班城 (Urbana) 做實驗，而國家研究會研究員袁特馬就在耶魯斯倫 (Si-oane) 物理實驗室中做X光線實驗。他們是經過五年的長期研究，



霍布金司 (B. Smith Hopkins),
伊里諾大學 (University of Illinois)
的化學教授。

釷 (第61種元素) 之發現者。他以
研究稀土，原子量測定，及利用磁光法
之新化學分析方法，著名於世。

纔獲得這種難能可貴的結果。這好像柴科夫斯開 (Tschaikowsky) 的“一八一二前奏”出現後，俄羅斯的詩歌就代替法蘭西的詩歌而興起，而今霍布金司的光譜，鈹線漸漸變淡，就有新線 (5816A. U. 與 5123 A. U.) 繼之明顯了；其次這種新線的 X 光光譜，和由摩茲力法則預測的，亦十分符合。所以在稀土中最後發現的元素第 61 種，就顯在週期表中了。

霍布金司氏於一八七三年九月一日生於密爾根奧窩索 (Owosso) 地方，曾肄業於阿爾比溫專科學校 (Albion College) 和哥倫比亞及霍布金司等大學中。歷任威斯康星卡洛爾專科學校 (Carroll College) 和內布拉斯加·衛斯利大學 (Nebraska Wesleyan University) 教授，至一九一二年就改就伊里諾斯大學的教授，其為人態度和藹，誨人不倦，又專長於評閱稀土論文，這是為他的門徒數千人所永久不能忘記的。他著書很多，其中有二本是討論稀土元素的，亦為美國人首先發現新元素的。波爾武教授發現的 ionium，雖然有其特別放射性質，但仍然是一種沒有從鈹中分開的元素。

因詹姆士教授製就的稀土樣品，拿來 X 光分光器考察時，亦顯示鈹的光譜，故他亦為這種新元素的獨立發現者。他早年嘗試發現這種 eka-neodymium 的工作，和對於其他稀土上的貢獻，霍布金司和愛德盧 (H. A. Iddles) 有過詳細的記述。

佛羅稜薩 (Florence) 的皇家大學教授洛拉也算是元素第 61

種的獨立發現者，他稱之為florentium。他是用巴西的獨居石，先使鉞質分開，然後製成硫酸鉞的複鹽，利用部份結晶法分開這種新元素。當佛羅稜薩大學的無機和理論化學教授布倫特 (Rita Brunetti) 女士考察K級數中的X光吸收光譜時，就斷定其中含有一種新元素。洛拉的結果，於一九二四年當作包裹寄出，至被延誤至一九二六年十一月纔發表。但他的可寶貴的工作，亦未便因此就埋沒不彰。



洛拉 (Luigi Rolla)，佛羅稜薩皇家大學 (Royal University of Florence) 的科學院教授。獨立發現第六十一種元素。著有星雲中的稀土質及電離差與元素週期性關係的論文多篇。

銻(元素第87種)

好久以前已有人想到自然界中還有未發現的鹼金屬 (元素第87種)和造鹽素(元素第85種)各一種，但有許多人用盡種種方法都沒有找出來。因為這兩種未發現的元素，其空位都在週期表中的放射元素範圍中，又因為凡不活動的同位元素的原子數，沒有大過於83的，所以赫威斯教授以為第85和第87二種元素，必為放射元素，或者可由釷、中鈾、或鈾、又或他們的同位元素(元素86、89或84)的分裂物質中找出來。他就依據索得、法揚、夫勒克和羅素的法則，

推論元素第87種必為元素第89種的 α 線產品，或為元素第86種的 β 線產品；又元素第85種就為未知元素第87種的 α 線產品或為鈾的同位元素的 β 線產品。

但格累謨蘭 (C. F. Graham) 以為“因放射性元素的分解物，並沒有經過元素第87種，實在沒有理由相信牠比其他鹼金屬更加有放射性質。”

當德藍西和羅靈找尋元素第93種時，曾看見很微弱但十分清楚的X光光譜，介於元素第87種的理想 $L\alpha_1$ 和 $L\alpha_2$ 之間。

在一九二七年至一九三〇年之間，阿拉巴瑪多藝學校 (Alabama Polytechnic Institute) 物理系的阿力選博士完成他的磁光化學分析法，即用一待考察的化合物的透明水溶液，置於單色的偏極光經過之處，同時使受磁場的作用，則在已施磁力以後，到能看見一個或一個以上的最小光度，常遲延約一兆分之一秒，這實是所用的化合物的特徵。阿力選博士解釋這種現象，謂為法刺第效應 (Faraday effect) 之差異遲延時數（法刺第效應是指偏極光面的旋轉，由於光線經過磁場時所發生的效應而言）。

所有特殊的最小光度，雖有他種物質在溶液中，亦不至於消失，除非其在溶液中的濃度，降至水 10^{11} 份中含有該化合物一份時為止。阿力選博士和墨飛 (E. J. Murphy) 曾考察許多元素的一類氯化物，硝酸鹽，硫酸鹽和其氫氧化合物，這些元素的當量，有由氫

(1.008)至鉈(204.39)等種，最後獲得結論謂：差異遲延時數是與陽離子的當量成反比例；換言之，最小光度在其任意線路表中顯示時，是依照化合物中的金屬元素當量的次序的。

一九二九年的秋天，阿力選和墨飛考察一種含有鋰質的紅雲母石和一種含銻的矽酸鋁礦 (pollucite) 時，都是在未發現的鹼金屬 eka-caesium 部份，發現最小光度。其氯化物、硝酸鹽、硫酸鹽和氫氧化合物，都能在適當地點上發現特殊的最小光度。阿力選乃名此新金屬為銻 (virginium)，借以紀念其故鄉。

一九三一年十月康瓦爾大學化學系的帕佩(J. Papish)教授和威尼亞(E. Wainer)也從分光器上看出有這種元素。他們研究結果，以為這種新元素，多少和銻銻二質相像，並且其主要光譜，是在赤外線之中，所以 eka-caesium 溶液十分稀薄時，是不易視察出來。因其不能用分光器考察出來，決定不是一種可以感覺得的放射元素。有了這種假設後，他們就着手要從一種含有多量銻質和其放射物，及銻銻等質的銻礦中來找這種未發現的元素。他們取這種礦石製成明礬，反覆結晶後，最後的一部份，是能顯出五條 X 光光線，和摩茲力法則預測的相符合。因為有了這種線，可知各部份中定然含有其可溶的明礬質。

因康瓦爾的化學家不能證實阿力選和其同僚用磁光器考察的結果，乃以為前視為元素第 87 種所有的最小光度，實是出自複離

子，如 Sn Cl_3^+ 或 Re Cl^+ 所有的了，因為這種複離子，亦有與預測的 eka-caesium 相同的當量之故。但阿拉巴瑪的化學家，有適當的化學方法，可以消滅錫和銻複離子所有的最小光度，只使元素第87種所有的，得以獨立顯示出來。阿力選的結果，後由佐治亞(Georgia) 恩摩大學(Emory University) 中麥奇教授(Professor J. L. McGhee) 和羅凌斯女士(Miss. M. Lawrenz) 證實。

據科學服務 (Science Service) 報上說：赫星法斯工業大學 (Helsingfors Technical University) 的教授阿瓦拉 (G. A. Aar-tovaara)，因從事研究這種未知鹼金屬，儀器炸裂，兩眼睛受傷很重。

砒(元素第85種)

阿力選和墨飛以為元素第85種 eka-iodine，必然介於針氫之間，待他們得到比沙普教授(Professor E. R. Bishop) 和索瑪女士 (Miss A. L. Sommer) 幫助時，就用一種有放射性的獨居石一百磅來提取這種新元素。到一九三一年五月他們就發表說已提出這種新元素，命名為砒(alabamine)。他們採用的方法，是使獨居石先溶於王水中，後用水抽提數次，所得到的水溶液，拿來做磁光儀器考察用。據他們考察的最小光度，謂牠在溶液中成為 peralabamic acid, HAbO_4 。後來加入硫酸，使王水逐出，剩餘殘渣，就用二氧化硫去還原，亦看見其氫酸 HAb 的最小光度。他們亦製得其與鋰之

化合物 2.5×10^{-6} 克。

最近霍布金司和休社(G. Hughes)考察得用磁光化學分析法，比之用弧光譜法，較爲靈驗，約有千餘倍數。因眼力不易看清楚最小光度，故他們改用光電讀法，以使結果比較可靠。阿力選又製成一種極靈敏的光電池可代眼力用的，使磁光器成爲十分便利可靠的研究利器了。

當元素第85種和第87種得到證實時，就把週期表中所有空位，一齊填滿。不過這二種元素的化學性質和物理性質，尙待研究。又有許多化學家想得到一種比鈾的原子量更大的元素，不過離成功仍是很遠，而新近發現的中子(neutron)，化學家都以爲是原子數爲零的。

第二十一章 磷之發現史後記

雖然磷之發現史的材料，大半是根據昆刻的記錄，有如在第二章所述的，不過在別處亦有多少不同的說法。一九〇二年德國著名的化學和藥物學歷史家比德斯(Hermann Peters)曾詳細研究漢諾威皇家圖書館中所保藏的布藍德、克刺夫特、昆刻、何謨堡、利比尼(G. W. Leibniz)及其他各人的手札，結果發現有各種不同的材料，不過有一點相同：即磷原來是漢堡的布藍德發現的。雖然亦有很多歷史的記載，說布藍德是一虛構的人物，不能說出其真正姓名來，但在這等稀有的舊手札中，已十分明白顯出他是一實有的人物了。

利比尼與布藍德有私交之誼，彼此常往來信件，至少有四年，且著有磷的發現史。據這位哲學家與數學家說：布藍德於一六七七年生於漢堡城內的米歇黎烈斯(Michaelisplatz)新區域中。他的妻子夫賴·馬加烈打·布藍德(Frau Margaretha Brand)以他的成就，表示得意，由她的手札的時日看來，她是親見她的丈夫的重要發現的。這位醫生有一繼子，常來幫忙，即其他小孩，也來幫忙。雖然他用錢很浪費，有時難免要向人借貸，不過他們每年有一千德幣(Reichsthalers)收入，家用總算充足。他有幻想不切實的毛病，但於他所有的化學技能，就在巴拉塞爾士派醫學校流行時，為

同輩中所推崇了。漢克尉息 (Ambrose Godfrey Hanckwitz) 曾尊稱他爲“漢諾威之年老誠實布藍德”。

當布藍德做鍊金術實驗，發現一美麗放光的元素時，他就稱之爲冷火 (cold fire)。後來昆刻在漢堡陳列的發光體，是由白堊在硝酸中蒸餾得的一種有磷光的硝酸鈣。布藍德的冷火，昆刻看來，十分有趣，立刻寫信報告他的德勒斯登的朋友克刺夫特，克氏接到信後，也來漢堡。他們同去訪問布藍德，並建議代向某貴人前出售他的祕密，可以獲得很好的報酬。據利比尼說：昆刻與克刺夫特均於是時從布藍德醫生處學得祕密。

克刺夫特博士獲得磷的祕密製法後，就將此消息向外傳播，他曾到荷蘭、英國及美國。目的在於出售這種祕密製法，某次在勃蘭登堡的選舉人腓特列威廉朝前表演冷火。即一六七六年四月二十四日，在晚間九時許，所有洋燭火，均已熄滅，克刺夫特就把“永燃火”(perpetual fire)所有的種種實驗，都在當衆中表演出來。不過他始終沒有發表這種火的製法。

次年春天克刺夫特走到漢諾威朝廷中，利比尼就在這朝王佐罕腓特烈之下掌握圖書及史籍，克氏乃陳示他的兩小瓶物品，能放出火螢光。利比尼立即建議，設能製得多量的磷質時，當可使全房間十分光亮。克刺夫特的回答，說這是不可能的，因欲製得多量時，就有種種不能避免的困難。現漢諾威圖書館中仍保存有克刺夫特

的信一百五十七件。

一六七八年七月利比尼走到漢堡，爲佐罕腓烈特公爵與布藍德訂立合同，其中訂明布氏有隨時將冷火新發達情形告訴利氏的義務。同時公爵方面，就允每月給布氏三十馬克，且須預付六個月的款後，纔將祕密製法傳授出來。

不久柏赫來到漢堡，爲米開盧堡·考斯脫公爵 (Meckleburg-Güstrow) 去禮聘布藍德。不過這次接洽，沒有成功，被利比尼破壞後，反將布藍德帶回漢諾威去，並向佐罕腓烈特建議，說最好將布氏養在朝中或送到哈疵山 (Harz Mountains) 上，待祕密製法試驗成功爲止。利比尼以爲把布藍德博士送上哈疵山，就可製得多量的磷質，或者還有製得智慧石 (philosophers' stone) 的希望。不過布藍德到底沒有上哈疵山，仍然停留漢諾威有五個禮拜，在城外製得新鮮磷，同時實踐諾言，將磷之祕密製法，傳授給利比尼。後來利比尼亦製得足量的磷質，且寄出一部份給巴黎的海展斯 (Christain Huygens)，他收到後，就着手研究其性質。所以利比尼可說是製得磷質的第四個人了 (其他製得磷質的有布藍德、克刺夫特及昆刻三人)。

布藍德因所得的報酬不多，表示很不滿意，曾寫信去責備利比尼，說所有收入，實不够做路費及家用。他的太太，亦同樣寫信去詈利比尼，他自己亦遷怒於克刺夫特，因爲他曾勸他相信利比尼，不

要相信柏赫的緣故。即對於克刺夫特在英國爲着磷質獲得三千馬克的報酬，亦含有譴責之意。

一六七八年十二月二十四日，克刺夫特博士將布藍德的信，轉寄給利比尼，並說：“你說你接到有他（布藍德）責備你的信，我亦接到有他責備我的信，茲寄來給你看。你可以比較那封信來得客氣些。”利比尼曾請求公爵對於布藍德要自由優待些，一半出於同情心，同時欲阻止他不要將他的祕密轉售於他人，亦是一大原因。

這種機警的請求，結果使布藍德的怒氣，稍爲平和，一六七九年他再來漢諾威，準備製造大宗的磷質及發表他的其他化學祕密。除供給他膳宿及旅費外，每禮拜還有工錢三十馬克，這由他後來的信，可知他這次回來漢諾威，就在佐罕腓特烈公爵之下工作有二個月。布藍德在漢諾威圖書館中所存最後的信，是一六八二年八月二十三日寫的，不過據利比尼說，他以後還活有十年。比德斯亦說布藍德或者還有信遺在漢堡或其他各處。

利比尼將布藍德的製磷法，轉告訴巴黎的翁特希亞斯（E. W. von Tschirnhaus, 1651—1708）公爵，並送他標樣一份。翁特希亞斯在皇家學院發表布藍德與利比尼的方法時，哥比（Colbert）即推舉他爲法蘭西科學院的會員，一六八二年七月二十二日他即被選出。據比德斯博士說：在李瑪俐第五版的化學讀本一書上，亦載有這種製法。

克刺夫特走到英國時，就把磷質陳列在查理第二王前，又給波以耳看見。這位英國大科學家後來應用稍為差異的製法，亦製得磷質，且研究其性質，比之第十七世紀時候的任何化學家，都較為詳細。

當何謨堡擁護昆刻為磷之製法失傳後的再發現者時，利比尼即極力維護布藍德應有的權利，聲稱磷之真正發現者，比之克刺夫特及昆刻二人知道有磷時還過活很久，他即利用這點來攻擊對方的偽說。克刺夫特雖然在一六七九年發表他的製法，但布藍德在一六九二年還是活着，且利比尼說，到了一七一〇年仍然沒有聽見他逝世的消息。漢克尉息稱譽這位漢堡大化學家的話，說：

凡是物質，都有他們的時代，所以將來的真理，亦有其時代性。這位布藍德的身價，現在一天減少降低一天，好似到最後就要在他最好的實驗當中完全毀滅。他的顯着的火，是他的藝術的產品，在我們腦海中的印象比他自己的更深刻……，也將比他的火光更能光照長久，他的最好的職業，必有一時候回復到他的火球上。他的熟人與知友將阻止他的這種繼續的降下……。

據利比尼說：布藍德並不將他的製磷方法保守祕密，但恰好相反，他太容易將方法告訴克刺夫特及昆刻，只要目前獲得少許禮物及將來允付更大的報酬罷了。當昆刻在家中實驗製法時，第一次是

沒有成功。他即寫信給布藍德訴苦，但這位漢堡化學家不久反悔他從前所訂的合同，過於失虧，就不回答他的信。同時昆刻應用嘗試與錯誤的方法，接續做實驗，兼且看見布藍德的蒸餾儀器，故最後卒將錯誤處更正，製得磷質。後來他即大膽無恥說自己發現磷的製法了。

一六七六年六月二十五日昆刻由溫脫堡(Wittenberg)寫給布藍德的信，直接向他要磷的詳細製法，且建議藥方須說得模糊，使他人看見時不能明白其中意義所在，又說這裏不會有人拆閱信件的。他對於布藍德送磷給克刺夫特及佩斯堂(Pest House)的牧師，表示不滿意，哀求他以後不要將磷再送給任何人。昆刻只把布藍德的方法稍為改變，即在蒸餾前，先加入砂質於尿中。一六七六年六月他將他的新方法告訴他的朋友克時馬亞(Caspar Kirchner)，他是溫脫堡大學的化學教授，就將此新方法向外發表。昆刻曾否作大規模的製造磷質，是不得而知，不過他寫在磷史一文的末尾，說：“無論如何，以後我不再製磷，因為由磷所得的害處，實在太多了。”

比德斯由研究這類古書札的結果，斷定昆刻不是磷之再發現者，不過運用布藍德法製得少量磷質罷了，即無昆刻，後來磷之製法，經過克刺夫特、利比尼及波以耳諸人的努力，亦不致於失傳的。

波以耳在他的“螢光氣”(Aerial Noctiluca)論文上，曾說到：

“那位有經驗的化學家克刺夫特來訪問我們的目的，在於告訴我及我的朋友知道他所有的液體磷及固體磷……。”他（克刺夫特）為報答聽見“非普通彙消息的盛意計，臨別時，就對我說，他的磷質，必然屬於人體中成分之一……。”一六八〇年九月三十日波以耳成功製得放光元素，二禮拜後，他就將他所用的方法，送交皇家學會的書記，不過他們沒有發表，以至他死時為止。

波以耳的助手哥夫賴·漢克尉息（Ambrose Godfrey Hanckwitz），就將製法改良，使變為可作大規模的商業製法，並將所得出品，運送歐洲，供各科學家使用。漢克尉息是在幼年時，為他的老師自從德國帶過來。他在女童街（Maiden Lane）內築好有爐及蒸餾鍋，又曾遊歷荷蘭、法蘭西、意大利及德意志等國。他在倫敦把藥物學的基礎築好，負有盛名，某次有人由柏林寄給他的信，只寫“倫敦著名化學師哥夫賴收，”亦收到了。他在英國用的名字，常簡稱為哥夫賴，至若德國原有的名字，只留為拘禮時稱呼。

池和斯羅尼（Sir Hans Sloane）在一七二一年與一七三三年間來往的信件，現仍保存於英國博物院中，一八五八年尼茜（Joseph Ince）曾根據他的通信、日記與筆記，寫好一篇有趣味的傳記。雖然他從事於有毒的磷之實驗多年，不過這位波以耳大師的弟子，還活到八十歲以上。他逝世於一七四一年一月十五日，共育有兒子三人，名為波以耳、亞波斯及哥夫賴，他們都是繼承父業，從事於科

學工作。

漢克尉息將製磷方法，保守十分祕密，他離開波以耳實驗室四五十年後，於一七三三年所發表的論文，仍然說得十分模糊。他的兒子亦採用同樣政策，比方其中一人曾說過：

所謂從尿中製得磷質的昆刻方法，我們可以看到波以耳、何謨堡及其他諸人的記述。但恕我在此不能將我的製法向外發表，或比我父親於一七三三年在皇家學會敘述的更加詳細。

這種模糊記述的磷之製法，發表不過二年後，老漢克尉息就答應皇醫漢皮博士(Dr. J. H. Hampe)的引誘，將祕密公開了。不過數年前，柏林的斯佩脫方纔在一處沒有預料到的地方，找出這種長久渴望的遺失藥方。即在那著名的夫賴保礦物學顧問官漢克盧的來往公開信札中，發現漢皮一七三五年八月二十九日，由倫敦發出的信。漢皮博士回答漢克盧詢問漢克尉息及其祕密製磷法的話，是說這位著名的波以耳助手，現仍健在，不過已經年老，十分古怪，你要我問的事，不易從他獲得確實消息。不過後來因為他能忍耐，勤於訪問，卒從這位老人處獲得漢克盧要問的磷的製法消息。漢皮博士後來還對漢克盧說，設製磷遇有困難，若有必要時，還可來信告知，我當再去訪問老漢克尉息。

這封信可視為磷之製法的真答案書，書中是述到人體中的固體排泄物與液體排泄物的混合物蒸餾情形，其警語，說“最要緊的

地方，凡事須在水中動作，尤其是把磷注入模型中或切斷時，更須預備有足量的水量。”漢克尉息為避免重蒸餾提鍊計，他用柔皮壓縮磷質，後即保藏於水中。同年九月九日漢皮給漢克盧的信，對於製法更作詳細的敘述。又十一月十五日的信，他即囑漢克盧不要將祕密製法告訴任何人，且要將磷之實驗情形，時常通消息。

漢克盧早在一七三一年就從黎比里藥劑師林克 (Johann Linnck) 處學得昆刻製磷的詳細方法。據林克一七三一年五月二十六日的信，說製磷最好用英國漢克尉息的方法，不過他不得其詳罷。

一七四三年漢克盧的學生馬格刺夫，找得從尿中製磷的比較完善的方法，因為後來磷之生意已不像從前那樣興旺，他就急將這種方法發表出來。據馬格刺夫說，新方法是從漢克盧的報告中想起的，當氧化鉛、氯化銨、碳酸鉀與陳尿一齊溫煮，然後蒸餾，便可得多量的磷質了。據美盧克 (Mielcke) 說：尿中所含的磷酸氫鈉銨鹽 $\text{NaNH}_4\text{HPO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 遇熱，就變為間磷酸鈉 NaPO_3 。同時碳酸銻與碳還原氯化鉛與氧氯化鉛為鉛，而鉛即使間磷酸鈉變為焦磷酸鈉與磷。斯佩脫博士亦有研究這種專述磷之製法的有趣味的馬格刺夫與漢克盧的通信。

.....

柏林的斯佩脫曾慷慨賜以早年磷的發現的參考材料，謹此誌謝。

附錄 化學元素發現史年表

第十七世紀

一六二七年一月二十五日，磷之獨立發現者波以耳生於愛爾蘭。

一六三〇年昆刻出世，他為磷之早年著作家。

一六三七年中國書籍“天工開物”出版，其中說到鋅之冶煉方法及其用途。

一六四五年美約生於倫敦，他為早年燃燒理論之著作家。

一六四九年士勒得記述金屬砷之兩種製法。

一六六五年虎克在他的“微物論”上發表燃燒理論。

一六六九年美約看出空氣中含有兩種不相同的成分。

一六六九年鍊金術家布藍德發現磷質。

一六七九年美約逝世。

一六九一年波以耳逝世。

一六九四年六月二十六日布藍特生於瑞典米斯孟蘭之力打哈德村中，他為鈷之發現者。

第十八世紀

一七〇〇年李瑪俐為文討論氫。

一七〇一年邁爾耳謂氫為一種可燃氣體。

一七〇二年昆刻逝世。

一七〇九年三月三日馬格刺夫生於柏林。

一七二二年十二月二十三日，鏷之發現者克琅斯大德生於瑞典塞得曼蘭。

一七三一年十月十日卡汾狄士生於尼斯。

一七三三年三月十三日(舊曆)普利斯特利生於鄰近黎芝的飛爾德赫小村莊中。

一七三五年布藍特分得鈷。

一七三七年希洛製好一顆金屬鈹，同年他又宣佈磷之祕密製法。

一七四〇年波特說黑錳礦中含有一種新金屬之氧化物。

一七四〇年六月一日米勒生於維也納，他為碲之發現者。

一七四〇年至一七四一年之間，武德在新西班牙迦泰基納發現鉑。

一七四二年十二月九日社勒生於瑞典波美拉尼亞之斯特拉爾松得城。

一七四三年八月二十六日拉瓦節生於巴黎。

一七四三年十二月一日克拉普洛特生於哈疵偉爾格羅得。他首先從事考察鈾、鈦及鈾。

一七四五年八月十九日建恩生於瑞典南厄爾蘭的服斯拿鎮。

中，他爲錳之發現者。

一七四六年馬格刺夫由鉍電礦中還原得金屬錳。

一七四六年十月二日鉍之發現者赫靈生於瑞典孫拿坡·哈德。

一七四八年得·幼羅亞爲文記述鉍之發現情形。

一七四九年十一月三日氮之發現者刺得福德生於英國愛丁堡。

一七五〇年布朗利克博士亦爲文記述鉍一物。

一七五三年小赭弗理刊發他著的“鉍之化學分析法”一書。

一七五四年克琅斯大德分得鎳質。

一七五五年德利友亞生於西班牙羅哥羅虐，與其兄弟約瑟作共同研究，他乃分得鎳質。

一七五五年愛丁堡的布拉克認識氧化鎂粉與石灰不同。

一七五九年馬格刺夫亦獨立發現氧化鎂粉與石灰是不相同的物品。

一七六〇年六月五日氧化釷發現者加多林生於芬蘭亞波。

一七六一年十一月三十日鐵與鉍之發現者汀孟生於英國約克郡溫斯勒得爾。

一七六二年鉍之發現者格列高生於康瓦爾。

一七六三年五月十六日鎢與鉍之發現者凡格靈生於聖安都得

伯多。

約在一七六五年鈎之發現者哈特哲特出世。

一七六五年八月十九日克琅斯大德逝世於斯德哥爾摩。

一七六六年八月六日鈹與銻之發現者武拉斯吞生於英國諾福克的東德爾漢。

一七六六年十二月二十八日土質氧化銻發現者希新格出世。柏濟力阿斯、希新格及克拉普洛特均有考察過此種土質，但克氏是各別考察者。

一七六七年一月十六日鉍之發現者伊克柏生於斯德哥爾摩。

一七六八年四月二十九日布藍特逝世於斯德哥爾摩。

一七七一年社勒爲文討論氟酸。

一七七二年刺得福德發現氮。（社勒、普利斯特利及卡汾狄士亦分各同時發現氮。）

一七七四年四月拜揚用氧化汞加熱製得氧氣。

一七七四年社勒發表他的名著“錳及其性質論”，乃爲後人發現錳、鋇及氯之先聲。

一七七四年八月一日普利斯特利製得氧氣（社勒比普氏先製得此氣，但其結果至一七七七年始行發表）。

一七七四年建恩分得錳質。

一七七五年阿佛孫發表他的博士論文，擁護其師柏格曼謂鎳

爲元素之說(阿氏非一八一七年發現鋰的亞佛孫)。

一七七五年社勒由骨中分得磷質。

一七七六年八月二日鎳之發現者斯多倫耶生於德國哥庭根。

一七七七年二月八日碘之發現者庫耳他生於法國老第戎。

一七七七年拉瓦節推翻火質學說，創作燃燒性質的正確解釋的理論。

一七七七年五月四日提納出世。

一七七七年八月十四日厄斯忒德出世。

一七七八年社勒辨別石墨與鎢礦不同。

一七七八年十二月六日給呂薩克出世。

一七七八年十二月十七日大衛生於康瓦爾貧贊斯。

一七七九年社勒分別石灰與氧化鋇不同。

一七七九年八月二十日柏濟力阿斯生於瑞典窩飛孫得。

一七八〇年兌貝拉奈出世，他首創三元素組學說。

一七八一年社勒發現鎢酸。

一七八一年赫靈分得鉬質。

一七八二年八月七日馬格刺夫逝世。

一七八二年米勒發現碲質。

一七八三年德利友亞兄弟發現鎢。

一七八六年五月二十一日社勒逝世。

一七八七年六月二日塞夫斯唐生於瑞典索墾，他是釩之發現者。雖然得爾利奧所發現的 erythronium，亦即釩質，但他不能辨別此新金屬與鉻不同。

一七八九年克拉普洛特由瀝青礦中發現鈾質，但沒有分出來。同年他又發現土質氧化銻。

一七九〇年克洛福德看出氧化鋇為一種新土質。

一七九一年格列高發現新金屬鈦之氧化物。

一七九二年一月十二日鋰之發現者亞佛孫生於斯加拉爾坡斯加基摩布律克。

一七九四年拉瓦節逝世。

一七九四年加多林發現土質氧化鈾。

一七九四年五月二十九日布西生於馬賽。他首先製得一整塊鎂質。

一七九五年克拉普洛特再發現鈦質，但他沒有分得純金屬。

一七九六年一月十一日鈎之發現者克路斯生於多巴德俄城中。

一七九七年汀孟證實金剛石中只含有碳質。

一七九七年十一月十日摩散達生於瑞典喀爾馬，他為鑷及鉍之發現者。

一七九八年二月凡格靈發現鉍，及分得鉻。鉍為烏勒於一八二

八年首先分得。

一七九八年一月二十五日克拉普洛特促德國化學家注意米勒發現的礬質。

一七九九年二月十九日錮之發現者賴哈生於德國本堡。

第十九世紀

一八〇〇年七月三十一日烏勒生於德國埃中希恩。

一八〇一年得爾利奧從墨西哥晉馬平出產的黃鉛礦中發現新金屬 erythronium (釩)。後來他誤認此金屬為鉻。

一八〇一年哈特哲特從新英格蘭出產的礦石中發現鈳質。

一八〇二年伊克柏發現土質氧化鉍。

一八〇二年九月三十日漠之發現者巴拉生於法國曼皮列。

一八〇三年三月十七日羅威出世，他為漠之獨立發現者。

一八〇三年克拉普洛特、柏濟力阿斯及希星格分析鈾石後，乃發現土質氧化鈾。

一八〇三年武拉斯吞發現銻與鈮。

一八〇四年二月六日普利斯特利逝世於賓夕法尼亞諾森伯蘭。

一八〇四年汀孟發現鐵與鈹。

一八〇七年十月六日大衛分得鉀質。過數日後他又分得鈉質。

一八〇八年大衛分得鋇、鋇、鈣及鎂。

一八〇八年給呂薩克與提納分得硼質。大衛亦獨立分得此質。

一八〇九年武拉斯吞誤認鉍與鈎爲同一種金屬。

一八一〇年二月二十四日卡汾狄士逝世。

一八一〇年十一月十五日大衛在皇家學會中宣佈他證實氮爲元素之說。

一八一一年庫耳他發現碘質。

一八一一年三月二十四日皮利哥出世，他首先分得鈾質。

一八一一年三月三十一日（或五月三十一日）本生生於哥庭根。

一八一三年二月十一日伊克柏逝世於烏布薩拉。

一八一三年十月七日赫靈逝世於斯德哥爾摩。

一八一三年克雷蒙證實庫耳他發現的碘質。

一八一四年夫牢荷佛發現太陽光譜中的黑線。

一八一四年給呂薩克發表他的有名的碘研究論文。

一八一五年二月二十二日汀孟逝世於波羅那。

一八一七年一月一日克拉普洛特逝世。

一八一七年四月二十四日氧化鎳與氧化鉬之發現者馬利甘克生於瑞士日內瓦。

一八一七年六月十一日格列高逝世。

一八一七年亞佛孫發現鏷質。

一八一七年斯多倫耶發現鎳質。

一八一八年柏濟力阿斯發現硒質。

一八一八年三月十一日亨利得威爾生於安提勒斯的聖湯姆孫島上。

一八一八年十二月八日建恩逝世於斯德哥爾摩。

一八一九年十二月十五日刺得福德逝世。

一八二〇年得陳科度亞斯出世，他是地球式的螺旋圖形發現者。

一八二〇年七月十五日蘭賣生於法國涅尼。他首先製得金屬鉈。

一八二三年柏濟力阿斯分得無定形矽。

一八二四年三月十二日克希荷夫出世。

一八二四年十一月二十一日利希脫首先看見銻的藍光線。

一八二四年柏濟力阿斯分得不純淨的銻質。

一八二五年厄斯忒德分得不純淨的鋁質。

一八二五年十月十二日(或爲一八二六年?)賴顯史坦逝世於維也納。

一八二五年柏濟力阿斯分得不純淨的無定形鈦質。

一八二五年羅威分得溴質。

一八二六年巴拉亦分得溴質。他的結果比羅威先行發表。

一八二七年烏勒分得鋁質。

一八二八年烏勒分得鉍。布西亦獨立分得鉍質。

一八二八年柏濟力阿斯由鈦石中分得氧化鈦。

一八二八年十二月二十二日武拉斯吞逝世於倫敦。

一八二九年兌貝拉奈首創三元素組的學說。

一八二九年五月二十九日大衛逝世於瑞士日內瓦。

一八二九年十一月十五日凡格靈逝世於多巴堡。

一八三〇年塞夫斯唐發現鈳質。

一八三〇年八月十九日邁爾生於德國鄂爾敦堡。

一八三一年布西製得成塊的鎂質。(大衛於一八〇八年已分得鎂質)

一八三二年六月十七日克魯克司出世。

一八三三年一月七日羅士哥出世，他首先分得金屬鈳。

一八三三年二月六日頓福斯多·德利友亞逝世於馬得里。

一八三四年二月七日門得雷業夫生於西伯利亞的托波兒斯克。

一八三五年八月十八日斯多倫耶逝世於哥庭根。

一八三七年八音律發現者牛蘭斯出世。

一八三八年四月十八日得波斯班都朗生於法國科納克。

一八三八年九月二十七日庫耳他逝世於巴黎。

一八三八年十二月二十六日鎳之發現者溫克勒生於夫賴堡。

一八三九年摩散達發現氧化鎳。

一八四〇年二月十日鈹之發現者克利甫生於斯德哥爾摩。

一八四〇年五月二十七日銦之發現者尼爾孫生於瑞典東哥德蘭。

一八四一年皮利哥分得鈾質。

一八四一年摩散達發現氧化鈹。

一八四一年十月二十八日亞佛孫逝世於希登所。

一八四二年十一月十二日累力生於英國忒靈。

一八四三年摩散達由加多林石中分得氧、鈹與氧化鈹。

一八四四年克路斯發現鈳。

一八四五年十一月三十日塞夫斯唐逝世於斯德哥爾摩。

一八四七年二月十日哈特哲特逝世於折爾息。

一八四八年八月七日柏濟力阿斯逝世於斯德哥爾摩。

一八四九年三月二十四日兌貝拉奈逝世。

一八五〇年五月九日給呂薩克逝世於巴黎。

一八五一年三月九日厄斯忒德逝世。

一八五二年一月一日鎳之發現者德馬開生於巴黎。

一八五二年六月二十八日希星格逝世。

一八五二年八月十五日加多林逝世。

一八五二年九月二十八日梅瓦散生於巴黎。

一八五二年十月二日來木賽生於英國格拉斯哥。

一八五四年亨利·得威爾完成他的工業製鋁法，同年他又製得結晶砂。

一八五七年六月二十日提納逝世。

一八五八年九月一日衛盧斯巴哈男爵卡爾奧爾出世。

一八五八年十月十五日摩散達逝世。

一八五九年五月十五日居里出世。

一八六〇年本生與克希荷夫發明分光器。

一八六〇年五月十日本生與克希荷夫宣稱發現鉍質。

一八六一年二月二十三日本生與克希荷夫宣稱發現銻質。

一八六一年春天克魯克司看見鉍的青線。

一八六二年春天蘭賣分得金屬鉍。

一八六二年得陳科度亞斯發表他的地球式的螺旋圖形。

一八六三年赫洛特與荷爾出世。他們各分別發現金屬鋁之電解製法。

一八六三年夏天賴哈與利希脫發現銻。

一八六四年牛蘭斯與邁爾各分別將元素排成族類。

一八六四年三月十二日克路斯逝世。

一八六七年十一月七日居里夫人生於波蘭華沙。

一八六八年揚森與羅挈分別發現太陽紅色氣層中的氦之 D₁ 線。

一八六九年六月十六日羅士哥宣稱分得釩質。

一八六九年邁爾與門得雷業夫分別發現元素週期系統。

一八七〇年 ionium 之發現者波爾武出世。

一八七二年一月二十四日特刺味斯生於倫敦。

一八七二年四月十二日鎰之發現者烏爾班出世。

一八七三年九月一日釷之發現者霍金司生於美國密歇根。

又佛羅稜薩的洛拉及美國化學家科爾克、詹姆士及福社諸人，各分別發現此種元素。

一八七五年八月二十七日波斯班都朗發現鐳，此是利用光譜術首先發現的元素。

一八七六年巴拉逝世。

一八七八年馬利甘克由氧化鉀中分得氧化鐳。

一八七八年三月二十日蘭賣逝世於巴黎。

一八七九年波斯班都朗發現氧化鈾。

一八七九年尼爾孫發現銻。

一八七九年克利甫發現氧化鈦及氧化錳。又索烈於一八七八年亦獨立發現氧化鈦。

一八八一年得威爾逝世。

一八八二年二月一日布西逝世於巴黎。

一八八二年四月二十七日賴哈逝世。

一八八二年十月九日烏勒逝世。

一八八五年與科斯特共同發現鉛質之赫威斯出世。

一八八五年六月十八日衛廬斯巴哈宣稱由氧化鐵中分得氧化鎳與氧化鈹。

一八八六年得陳科度亞斯逝世。

一八八六年波斯班都朗發現氧化鎢及氧化釩，但後種即與馬利甘克於一八八〇年所發現之氧化物相同。

一八八六年二月六日溫克勒發現銻。

一八八六年二月二十三日荷爾製得電解鋁質，又後數星期赫洛特亦獨立製得電解鋁質。

一八八六年六月二十六日梅瓦散分得氟質。

一八八七年十月十六日克希荷夫逝世。

一八八七年十一月二十三日摩茲力生於英國威馬司。

一八九〇年皮利哥逝世於巴黎。

一八九二年累力發現空氣中的氮比之由氨中分得者較重。

一八九四年來木賽與累力宣稱發現氫。

一八九四年四月十五日馬利甘克逝世。

一八九五年來木賽與克利甫各分別發現氮。

- 一八九五年四月十一日邁爾逝世。
- 一八九八年五月三十日來木賽與特刺味斯發現氫。
- 一八九八年六月來木賽與特刺味斯發現氦。
- 一八九八年七月十二日來木賽與特刺味斯發現氫。
- 一八九八年七月居里夫人發現針。
- 一八九八年七月二十九日牛蘭斯逝世。
- 一八九八年九月二十五日希利脫逝世。
- 一八九八年十二月居里及其夫人共同發現鐳質。
- 一八九八年居里夫人與斯密特各分別發現放射元素釷質。
- 一八九九年五月十四日尼爾孫逝世。
- 一八九九年八月十六日本生逝世。
- 一八九九年底貝拿發現銅。

第二十世紀

- 一九〇〇年惇發現釷(鐳放射元素)。
- 一九〇〇年克魯克司發現鈾 X_1 。
- 一九〇一年得馬開發鎔。
- 一九〇二年刺得福德與索得發現釷 X 。
- 一九〇四年十月八日溫克勒逝世。
- 一九〇四年得馬開逝世於巴黎。
- 一九〇四年至一九〇五年間基西盧與高李威斯諾各分別發現

銅X。

一九〇五年罕恩發現放射針與新針一。

一九〇五年六月十八日克利甫逝世於烏布薩拉。

一九〇六年罕恩發現放射銅。

一九〇六年四月十九日居里逝世。

一九〇七年波爾武發現 ionium。又罕恩與馬克窩亦獨立發現此種元素。

一九〇七年二月二日門得雷業夫逝世。

一九〇七年二月二十日梅瓦散逝世。

一九〇七年烏爾班發現鐳。

一九〇七年波爾頓製得鈾錠。

一九一〇年居里夫人與底貝拿分得金屬鐳。

一九一〇年罕特製得純度99.9%的鈾質。

一九一一年安多諾夫發現鈾Y。

一九一二年五月二十八日波斯班都朗逝世。

一九一三年法揚與哥靈發現鈾X₂(即為第九十一種元素 eka-tantalum)。

一九一三年十二月與一九一四年四月摩茲力發表他的論文：“元素之高頻率光譜論”。

一九一四年查理發現鉛之放射同位元素。

一九一四年嚇洛特與荷爾均逝世。

一九一五年八月十日摩茲力被殺於達釷尼爾。

一九一五年十二月十八日羅士哥逝世。

一九一六年七月二十三日來木賽逝世。

一九一七年罕恩與美馬發現 protoactinium。索得與克蘭斯頓亦獨立發現此元素。

一九一九年四月四日克魯克司逝世。

一九一九年六月三十日累力逝世。

一九二一年罕恩發現鈾Z。

一九二三年一月科斯忒與赫威斯發現銨(第七十二種元素)。

一九二五年六月挪得克、塔克與柏喜宣稱發現鐳與錒(第四十三與第七十五兩種元素)。

一九二五年波希米亞的亥羅斯克與多爾朱西克由錳鹽中發現第七十五種元素。又英人羅靈與德藍西亦由錳鹽中發現第七十五種元素。

一九二六年六月霍金司、赫黎斯與袁特馬宣稱發現釷(第六十一種元素)。

一九二六年十一月洛拉與斐喃得斯宣稱發現第六十一種元素，其初步工作於一九二四年六月作包裹寄出，故延時至二年後始行發表。

一九二七年波爾武逝世。

一九二九年八月五日衛盧斯巴哈逝世於克倫地亞衛盧斯巴哈堡中。

一九三〇年阿力選與巫飛宣稱發現第八十七種元素釷，由於他們利用磁光分析法的結果。

一九三一年五月阿力選、巫飛、比索與蘇馬宣稱發現第八十五種元素砒。

一九三一年十月柏皮遲與威蘭獲得第八十七種元素的分光器證據。

397



(30)
(11866)
2.81