

自然科學小叢書

化學元素發見史

上册

M. E. Weeks 著

黃素封 俞人駿譯

王雲五 周昌壽 主編



商務印書館發行

自然科學小叢書

化學元素發見史

上 册

M. E. Weeks 著

黃素封 俞人駿譯

王雲五 周昌壽 主編

商務印書館發行

譯序

民國二十四年夏商務印書館周頌久先生囑託我翻譯這本化學元素發見史 (*The Discovery of the Elements*)，叫我在半年內完成。不意中間以研究工作和家庭瑣事羈絆，加上古部分必須查考之處甚多；下半部轉請同事俞人駿先生逐譯，因而進行殊緩，心疚無已。

這本書是美國康薩斯大學 (*University of Kansas*) 化學副教授韋刻思·瑪麗女士 (*Mary Elvira Weeks*) 著的。先在美國化學教育雜誌逐期發表，一九三四年又彙為單行本；刊行以來，極受讀者歡迎。因為作者係一女史，所以對於各發現人的家世敘述頗多；甚至他們的兒時情狀，以及夫妻間的愛情，都常提到。我在翻譯的時候，常常覺得趣味橫生；我想讀者必不會感到這本科學書有什麼枯燥。

關於材料的取捨，著者實煞費苦心。凡遇同種元素由兩位或兩位以上的專家，同時各自獨立

發現，或是在未真實發現之前，已有人察知其存在；這時韋刻思女士便依據發現時一切重要的步驟，作公平地敘述，而不將發現之功歸諸任何一人身上。但一般科學史或學術史作家，處這種情形之下，輒將本國學者或與本國有關學者擡出，大吹大擂，以宣傳本國的文化，而轉移讀者的觀念——如世之所謂『本位文化』者——以與女史本書觀點相較，真覺無聊萬分。

韋刻思女士既有化學之素養，又具史家的眼光，所以周頌久先生認為這本書很有介紹的價值，不過我的學識淺陋，譯筆不文，深覺有負周先生的重託。敬希讀者不吝賜教，以便再版改正，盼甚感甚。

在翻譯時，遇一梵文名詞，曾得日本梵文學者岡田家武博士代為查考。又第五章謂我國在第八世紀有人名 Maō hōa 者，曾著平龍認一書，認為大氣含有陰陽二物質，德國漢學家克拉普羅茲 (Heinrich Julius Klaproth) 氏以為即氧氮二元素。此點曾蒙傅緯平 (運森) 老先生及蘇繼廣先生代為查考，斷平龍認為『明人的偽作』。又植物名詞一，得黃紹緒先生代為解釋。此外有法文名詞數處，由友人龔道熙博士代為解釋；英文費解之處，由友人暹羅學者吳友仁先生 (Prof.

Eugene Woo) 幫助解釋。德文名詞會得林潔女士代爲查對。謹誌於此，以表謝忱。

克拉普羅茲氏於一八〇七年會就 Maò húa 氏所著平龍認之內容，著成第八世紀中國人對於化學之認識 (*Sur les connaissances Chimiques des Chinois dans le VIII^{me} Siècle*) 一文刊於俄國聖彼得堡科學研究院報告。這篇文章後來輾轉採用者頗多，現在經傅、蘇兩位先生斷爲『明代講風水的偽書』，當然與第八世紀的中國文化無關，特譯出附於譯序之後，以作參考，並插原刊『書影』，藉增讀者美感。

* * * * *
銅山黃素封謹誌於國立上海醫學院，二十五年四月十五日。

* * * * *
本書自前言至第十三章由素封彙譯，十四章起至末尾由同事俞君人駿翻譯，文責各負。

素封附誌，二五、九、九。

再誌

西洋人之親屬稱呼，不若我國之明顯，如 *brother, sister, uncle, aunt* 等等，倘不確知其長幼和關係，實難遽斷爲兄、爲弟、爲姊、爲妹、爲姑、爲嬸、爲姨、爲叔、爲伯抑爲舅父。本書係一史籍，故於此點，特別留意；凡原書未曾表明，而譯者亦無從查得者，概附原文，或竟音譯，以免含糊。我國譯界倘能爲此等字另造新詞，使譯文不致因此而失原意或史實，望讀者注意。

民國二十五年雙十節，素封再誌於滬。

三誌

本書譯本原收入萬有文庫二集，於民國二十六年三月隨其他書籍數百種成套出版，並無單行本發售。因當時出書迫急，稿成未暇細校，以致筆誤及脫落之處頗多；又加以兩人合譯，前後筆調懸殊；每一思及，中心輒覺歉然。蓋如此名著，而不能譯成爲輕鬆流暢的中文，不僅愧對倡譯本書的周頌久先生，且有負購閱本書的讀者。二十八年春，商務印書館出版部主任鄒尚熊先生謂本書將刊單行本，以應讀書界之需要。余遂趁此機會，將舊本紙型中誤寫和誤植的字句，就可能範圍內，悉行挖改；並改排第四九四、五三七、六七七及六八四等四頁，以冀減少若干錯誤。我國雖有「無錯不成書」的流言，但爲民族文化事業計，在上一致努力圖進的今日，我們應當不讓這句話存在。

又舊譯本中漏譯「近三百年間化學元素發見年表」，今由內子代譯；吾友趙琪先生於去冬曾代製索引，茲均補入，以便讀者參考之用。謹就此致謝二位對本書之好意。

中華民國二十八年 六月 三日

銅山黃素封又識於上海。

第八世紀中國人對於化學之認識

——德國克位魯羅森·亨利克·朱利阿斯原著——一八〇七年四月一日在大會宣讀之論文

古人研究化學的情形如何，我們缺少正確的認識，尤以對於亞洲民族爲甚。我從一本中國化學書中，摘出下列幾段記載，或足以誘起我們的研究趣味。由這些記載，我們可以看出中國人民在數百年之前，已有了關於氧氣（*oxygène*）的概念，雖然這概念是不十分正確的。

在最近逝世的勃朗先生（*Mr. Bournon*）從中國所帶來的手鈔本中，有一本小書敘述化學與冶金的經驗，一八〇二年我曾從這本書中，鈔出以下幾段很精采的見地。

這本小書共有六十八頁，書名平龍認——意思是「靜龍的自由」（*Confessions du paisible dragon*）。在序言的末尾，說是馬和（*Mao Hoa*）做的，時在丙申即至德元年三月九日（馬和二字由素封譯者，因原文未註出）。至德並非皇帝的名字，乃是一種尊號或年號，是唐肅宗在位二年

SUR LES CONNOISSANCES CHIMIQUES DES CHINOIS
DANS LE VIII^{ME} SIÈCLE.

PAR

JULES KLAPROTH.

Présenté à la Conférence le 1. Avril 1807.

Comme nous avons si peu de notions exactes sur l'état de la Chimie des Anciens, et principalement chez les peuples asiatiques, il me semble que les extraits suivants, tirés d'un livre Chinois, qui traite de cette science, pourroient offrir quelque intérêt; car ils font voir que ce peuple a eu, il y a déjà plusieurs siècles, des notions quoique inexactes sur les effets de l'oxigène.

Parmi les manuscrits raportés de la Chine par feu Mr. Bournon, se trouve une petite collection d'expériences chimiques et metallurgiques, dont j'ai copié en 1802 les passages les plus intéressants.

Cet ouvrage consiste en 68 feuilles écrites assez serrées, et porte le titre :

平龍認

■ A

二

所自封的。至德兩個字是說「德之久也。」這位皇帝自西曆七五六年至七六二年當權。至德一年正是西曆七五六年。丙申二字的意義是表明第五十八循環的第三十五年。至於作者馬和 (Mao-hhoe) 的姓，我在萬姓統譜（一種姓譜）裏沒有找到；又在文獻通考（文學與歷史的一部重要著作）也沒有查出。他的說法，近於道家 (Dao-cha)，這是顯而易見的。在第一章裏，作者說凡人以其五官所可感覺與觀察的東西，凡人以其精神與猜想力所可推想與摸索的東西，皆由兩種基本元素所構成，即陽與陰是。陽是說盡善盡美，陰乃是盡善盡美的反面。這種學說，在伏羲所作之八卦中已經闡發了。陽所代表的是權力或完善，陰代表的正是前者的反面。

作者常時避免提到這個定義。在他的書中，我們可以明顯地看出他根據這兩個原則，推想到表現在世界的形式之中的，有無窮的變化。從這一點上去觀察，他與道家 (Dao-cha) 學說不同，因為後者解釋人眼所能見到的事物的不同形式，是由於陰陽比例之連續的變動。

我既這樣的述說了馬和 (Mao-hhoe) 學說的原則，我還要進而節錄他的書中之一段，並附以簡短之說明，以告讀者。

Pfan - loann - jise; qui signifie: *Confessions du paisible dragon.* À la fin de la préface on lit, que ce livre est composé par Maò hhóa, l'année Bina - chene premier de celles nommées:

德至

Dschi - de le 9^{me} jour du troisième mois. Ce nom de Dschi - de n'est pas celui d'un Empereur, mais titre honorifique ou Niéne hháo que l'Empereur Ssoú - dsoúnn de la dynastie des Tán, a donné à deux années de son règne, et signifie *persistant en vertu.* Cet Empereur regnoit entre les années 756 et 762 de J. C., et la première des celles appelées Dschi de correspond avec 756 de notre ère. Les deux autres caracteres Binn chene avec lesquels elle est marquée désignent le 35^{me} an du LVIII^{me} cycle Chinois. Pour l'auteur Maò hhóa je ne trouve son nom ni dans le

譜統姓萬

Ouann - chenn - tòann - bôu, qui est un dictionnaire généalogique, ni dans le

攷通獻文

Ouène hhiéne - touann - k'lo, ouvrage historique et littéraire très - important. — Il est aisé de s'apercevoir que son système se rapproche à celui de la secte des Diao - ché. Dans son premier chapitre l'auteur dit : Tout ce que l'homme peut sentir et observer par les sens, et tout ce qu'il peut concevoir par son esprit et par son imagination, est composé des deux principes fondamentaux, le Yâna et le Yae qui désignent le parfait et l'imparfait. Ce système est représenté dans les huit Goua de Fou - hhy. Le Yânn est le puissant ou l'accompli, et le Yae lui est diamétralement opposé.

Nôtre auteur s'écarte pourtant souvent de cette définition, dans le cours de son ouvrage, et on remarque clairement qu'il suppose à ces deux principes des modifications à l'infini, qui se manifestent dans les formés de ce monde. Sur ce point il diffère du système des Daó - ché, qui explique la différence des formes des objets visibles par les changements continuels dans les proportions du Yâna et Yae.

平龍認 第三章

大氣或含真氣 (Hhīá-chānn-ki)

含真氣 (Hhīá-chānn-ki) 是靜止在地面上與昇至雲表的氣體。當陰的成分——牠是組成大氣的分子之一——過大時，則地表之氣便不如雲表以外之氣爲完善或充滿。卽用人之觸覺，就可以覺到含真氣 (Hhīá-chānn-ki) 之存在，但因氣中含有火素 (feu élémentair)，因此我們的肉眼就看不見牠了。有許多方法可以提取氣的成分，並可取出其中「陰」的一部分。我們最先可用「陽」的變化物提取之，如金屬、硫磺及碳等等。當我們燃燒時，這些原質乃與空氣中的陽體混合，而發生此二種元素之新的混合物。

陰氣是永不純淨的。但以火熱之，我們可從青石 (tehine-che) 火硝和黑炭石 (hhe-tann-che) 中提取出來。水中亦有陰氣，牠和陽氣縝密地混合在一塊，很難分解；火素 (feu élémentair) 把陰氣隱藏起來，所以肉眼見不到；我們所見到的，僅陰氣所發生的現象。

註：前一章非常重要，這足以證明中國人在第八世紀的時候，對於氧氣已有了相當明瞭的觀

Après avoir donc ainsi exposé le principe du système de *Mab - hōa*, je passe à l'extrait de son ouvrage, auquel je joins de courtes explications :

Pi'nn - lounn - jine Chap. III.

Atmosphere ou Hhiā - chenn - kī.

Ce *Hhiā - chenn - kī* est le *kī* qui se repose sur la surface de la terre, et qui s'éleve jusqu'aux nuages. Quand la proportion de l'*Yne*, qui fait partie de sa composition, est trop grande, il n'est pas si parfait (ou plein) que le *kī* au delà des nuages. Nous pouvons sentir le *Hhiā - chenn - kī* par les sens du toucher, mais le feu élémentaire dont il est mêlé le rend invisible à nos yeux. Il y a plusieurs moyens qui le purifient et qui lui ôtent une partie de son *Yne*. Cela se fait d'abord par des choses qui sont des modifications du *Y'ann*, tels que les métaux, le soufre (*Licū - hhaufan*) et le *Tine* ou charbon. Ces ingrédients quand on les brûle s'amalgament le *Y'ann* de l'air et donnent de nouvelles combinaisons des deux principes fondamentaux.

Le *Ky' - yne* ou l'*Y'ne* de l'air ne se trouve jamais pur; mais à l'aide du feu on le peut extraire du *Tchîne - chē*, du *Hhō - siao* (salpêtre) et de la pierre qu'on appelle *Hhē - t'ann - chē*. — Il entre aussi dans la compo-

sition de l'eau, on il est si étroitement lié avec le Yfan que sa décomposition devient très difficile. Le feu élémentaire cache le Ky - yne à nos yeux et nous le reconnoissons seulement par ses effets.

Note. Le chapitre précédent est très-important, et prouve que les Chinois du VIII^{me} siècle avoient des idées assez claires de l'oxygène, qu'ils nommoient Ky - yne, ou l'imparfait de l'air. Car quel autre principe de l'air pourroit s'amalgamer aux métaux échauffés, au soufre, au charbon, et former avec eux des nouvelles compositions? Mais les connoissances des Chinois sur cet objet réstoient toujours très-imparfaites, puisqu'ils ne connoissoient pas l'hydrogène et l'azote qui forment la seconde partie de l'air atmosphérique.

Je ne puis donner une explication satisfaisante sur les mots Tchne-ché (espèce de pierre à aigniser) et Hhè-tann-ché, pierre noire qui se trouve dans les marais. On ne les trouve ni dans les dictionnaires ordinaires, ni dans l'Encyclopédie d'histoire naturelle de Ly-tchénn intitulée Bane-càò-gaun-moé. Rien n'ayant changé en Chine que la nomenclature des productions naturelles, et les anciens ouvrages qui en traitent, sont sans commentaires intelligibles pour les Chinois eux mêmes.

念：他們稱牠爲陰氣，或不完美的氣體。若不如此解釋，試問還有什麼別的氣體成分能和燒熱的金屬，或硫磺和木炭相混合，而組成新的混合物呢？但是中國人對這件事的認識永遠是不完全的，因爲他們不知道大氣的組成，其外還有氫氣和氮氣兩個重要的元素。

我對於青石（*tehné-ché* 磨石之一種，磨刀用的）及黑炭石（黑色石頭，可在低溼田地中見之），不能加以滿意的說明。在普通字典中，及李時珍氏所著本草綱目中，皆查不出中國人所著自然物產的名稱，及名稱有關的古代著作，即中國人自己也看不懂。這種情形，迄今未變。

作者確定水是陰氣和陽氣的混合物，對歐洲人是有興趣的。因爲歐洲人曾相信水裏只有一種元素（*element*）。下一章對於水之分解，解釋得更明瞭。

第九章 金屬

主要的金屬有五，除金以外，尚有銀、銅、鐵、錫及鉛。

金是最完善的（屬陽），通常是在物質上用來表示盡善盡美的象徵；因金內並不合陰，所以牠的價值重於四海。銀內已含少量的陰，銅更多些，鉛是一切金屬之最不純淨者。金從不與陰氣混

L'assertion de nôtre auteur que l'eau est un composé du K^y-Yne et du Y^{ana} est intéressante pour les Européens, qui l'ont si long-tems cru un élément. Le chapitre suivant donne encore plus d'éclaircissemens sur sa décomposition.

Chap. IX.

Des métaux.

Il y a cinq métaux principaux, outre le Guin ou l'or, savoir :

鉛錫鐵銅銀

Y^{ne} argent, To^{ann} cuivre, Ti^è fer, Ssi^è étain et Y^ène plomb.

L'or est le plus parfait (Y^{ana}), et en général le symbole de la perfection de la matière, parcequ'il ne contient rien de l'Yne; c'est pourquoi il domine les quatre parties du monde. L'argent en contient déjà une petite quantité, le cuivre encore d'avantage, enfin le plomb est le plus impur de tous les métaux. L'or ne s'amalgame jamais avec l'Yne de l'air, et on le trouve toujours natif. La plus grande chaleur ne le change pas.

Si on purge l'argent de l'Yne il devient or, mais comme il est toujours étroitement lié à son soufre, cette

Memoires de l'Acad. T. II.

opération, devient très-difficile. C'est seulement l'argent de la montagne Si - loun - chane dans le Tienc - dschoï (Hindostan) qui se prête à ce changement — Lad - dsq savoit changer tout argent en or, mais il ne le faisoit pas, car il étoit lui-même possesseur de la montagne d'or.

Le cuivre se trouve natif dans les montagnes, ou mineralisé avec le Ky - yne, ou avec du soufre. Quand on le fond à plusieurs reprises, il perd beaucoup de son rouge. Il est trop étroitement lié à l'Yne pour que l'on puisse l'en détacher. Aussi attire-t-il facilement le Ky - yne de l'air, de l'eau et du Bè - fâne (Alun), de cette composition résulte le

鑄銅

Toünn - sieü, ou verd de gris.

Pour tirer une belle couleur verte du cuivre, il faut calciner de la limaille de ce métal, et ensuite la faire cuire avec du

礬白

Bè - fâne (Alun) dans une quantité suffisante d'eau. Après

que l'eau s'est refroidie, elle deviendra verte, et alors il faut y ajouter du

水 藍

Guéens - chod̄y qui en précipite la couleur verte appelée

小 綠 色

Siab - loü - ch̄, dont on se sert pour peindre les feuilles des plantes et du bambou.

Pour tirer une couleur bleue du cuivre, il faut mêler trois Tçan de limaille de cuivre rouge, avec 17 Tçan de Naô - ch̄, et cuire ce mélange avec de l'eau pure. Hhiéne - pân, qui vivoit sous la dynastie de Hhâne, est l'inventeur de cette couleur.

Si on fond du cuivre avec la pierre Yân - ch̄ il prend une couleur verdâtre et devient plus dur. Les ustensils que l'on faisoit de ce cuivre; sous la dynastie des Ssoûnn sont très-estimés. On croit que les huit Gôa de Tai - hâo - fô - h̄y étoient gravés sur une planche de cet espèce de cuivre.

Note — Bê - fâne, ou Fane blanc est l'Alun, Hh̄ - fâne, ou Fane noir, est du fer sulfuré, et Cinn - fâne, ou

合，且常保其原狀；即加以極高的熱度，亦不會使牠改變。

吾人設將銀內的陰取出，則銀變爲金；但因銀常與所含之硫磺密結一塊，所以提取的手續非常困難。只有印度（Hindustan）錫蘭山（Sri-louann châne）所產之銀，是能這樣變的。老家（Laô-das）能將一切的銀化而成金，但他卻不去化鍊，因爲他本來是金山的主人。

在高山裏，銅或依然保存其本質，或已與陰氣化合，或已與硫磺化合。我們若把牠熔冶幾次，牠便逐漸消失紅色。牠和陰的關係很密切，分解是很難的。牠很易吸收陰氣或水和白礬，因此便成了銅銹，或曰銅綠。

設欲提取美麗的銅綠色，須將銅的碎末燒焦，和以白礬與適量之水，再共煮之。待水冷後，水會變爲綠色。此時須

Fane bleu est le cuivre sulphuré. La solution du Natron, que l'on trouve en grande abondance dans la Mongolie, et dans les provinces septentrionales de la Chine, s'appelle Gajene-chody — Na6-ché est le sel ammoniac, qu'on trouve natif en Chine et en Mongolie.

Je n'ai pu découvrir ce que c'est que la pierre Yân-ché, qu'on tire de la province de Sé-tchouane.

再加以鹼水，鹼水沈澱爲『小綠色』，人多用來畫植物和竹子的葉。

若欲提取銅藍色，須混合三勺 (tean) 之紅銅屑與十七勺 (tean) 之礪砂 (naó-cha)，然後以純水煮之。漢朝的 $\times \times$ (Hhiéne-pánn) 卽此色的發明者。

設將銅和以鹽石 (yánn-ché) 熔之，則銅上生出綠色且變硬，宋朝 (Soóunn) 用這種銅所造的器皿，十分著名。世人相信太昊伏羲 (T'ai-háo-fou-híy) 的八卦，卽雕在此種銅板之上的。

註：按白礬 (bé-fané) 卽普通的礬 (alun)，黑礬 (hè-fané) 係硫化鐵，青礬 (cinn-fané) 乃是硫化銅。天然鹼 (natron) 在蒙古及中國北部最多之溶液，叫做鹼水 (guine-chóy)。礪砂 (naó-cha) 卽鉍鹽或稱礪鹽 (sel ammoniac)，在中國本部與蒙古出產。

四川省所掘出之鹽石 (yánn-ché)，我未能發現出牠是什麼東西。

前言

我們在今日享受的物質幸福，大都因人類對於九十餘種化學元素的知識，時有發明而得；但其中大多數的元素，卻是完全在古代文明史上找不出的。羅馬的貴族，當日雖以窮奢豪華著稱於世，他們探雪花石鋪地，雲斑石築牆，大理石砌樓梯，再加以雕花飾金的天花板，建成華麗精緻的住室，美則美矣，但今日常見的鍍銀器具或銘製家什，卻無從置備；他們的繡金杯碗，可說巧奪天工，但找不出鉑製造的器物；他們藉武力征服了天下，卻不能用武力換得一件鉑製玩具。

睥睨一世的羅馬武夫，也要受當日環境限制，他們無從利用鋁和鈹等輕金屬製造飛機，也沒有氫和氦等輕氣體充氣球，來越山跨海，殲滅敵國。他們雖用火成岩在城市裏鋪成寬敞的道路，可是到了夜間，設無一燈在手，也就不便行走——因為當時還沒有光耀奪目的「鎢絲電燈」和「氬紅燈」哩。他們雖有長長的水道（aqueducts），從山泉、湖沼和江河來導水飲用，但因無氯氣殺菌

消毒，所以時嘗變為流行疾疫的根源。每當遭逢意外之後，也沒有藥來醫治創傷；在呼吸困難時，他們又何嘗有氧氣筒來消平氣喘呢？

一個一個元素發現的經過，以前從無人寫成一本有連貫性的史書。這許多元素的發現報告，和發現者的身世履歷，大部分祇可在舊化學雜誌、名人字典、名人尺牘以及舊化學教科書裏纔能找到；但這些史料，都是近代忙碌的化學家所無暇披閱的。因此，我希望這幾章書，非但對於以前發現元素的男女學者，可以貢獻景仰之忱；並且也能使現代的化學家及其他讀者，對於以前化學元素上的偉大事業，獲得一個認識的機會。

當屬稿時，取捨材料的工作，雖說有趣，但也有相當的困難。同種元素，往往由兩位或兩位以上的專家，各自獨立發現。有時，在一種元素未真實分離取得之前，已有許多科學家察知牠的存在。著者在這種種情形之下，即依發現時一切重要步驟，本公平的判斷，作詳明的敘述，而不將發現榮譽歸於任何一人身上。

本書之成，著者曾得下列三位先生資助最多，謹誌數言，以表謝忱。培利 (Dr. E. H. S. Bailley) 和哥特利卜 (Dr. Selma Gottlieb) 兩博士曾校讀一部分草稿；達英思 博士 (Dr. F. B. Dains) 除對本書取材予以多方助力之外，又供給以大部分的插圖。

韋刻思·瑪麗 女史自序。

目次

第一章	古代所知的元素	一
第二章	鍊金術士所認識的元素——砷、銻、鉍和磷	一九
第三章	再談磷元素	四一
第四章	十八世紀的金屬元素	六一
第五章	三種重要的氣體——氫、氮和氧	八五
第六章	鉻、鉬、錳和鈾四種元素	一二九
第七章	碲和硒	一六五
第八章	鈷、鉬、釩三元素	一八九
第九章	鎢族元素	二三七

第十章	鉀鈉銦三種鹼金屬	二七九
第十一章	鹼土金屬和鎂鎳	三〇七
第十二章	利用鉀鈉所分出的元素——錯鈦銻和鈦	三三三
第十三章	利用鉀鈉分出的另四種元素——鍍硼矽和鋁	三六五
第十四章	由分光器所發見的元素	四二一
第十五章	元素的週期歷	四六三
第十六章	門得雷耶夫預測的元素	四八七
第十七章	稀土族元素	五一五
第十八章	鹵族元素	五五七
第十九章	惰氣元素	六〇一
第二十章	放射元素	六二九
第二十一章	最近發見的元素	六七七
附錄	西名索引	七一五

化學元素發見史

第一章 古代所知的元素

古代人民對於元素的觀念，雖與今人不同，但今人所認為元素的數種物質，自有歷史以來，就被古人所發現。再者，雖然現今沒有一個人知道古代「建築宇宙的基石」——元素——是誰先發現的，然而在羅馬時代博物學家老普利尼（Pliny the Elder 23-79）和希臘（？）藥學家代俄斯科利提斯（Dioscorides Ist. cen. A. D.）兩氏的著作裏，以及希伯來和印度的經典裏，都已提到金、銀、銅、鐵、錫、鉛、水銀等等金屬，以及炭和硫磺兩種非金屬。這些記載，對於我們愛好研究古代元素的人，很有趣味。

*
*
*
*
*

「宇宙間所有的化學變化，好似戲臺上扮演的戲劇，一幕一幕地演過去一樣。在化學變化的戲劇裏，最主要的腳色，當然要推元素了。」（1）

構成宇宙間森羅萬物的元素，原始時代人民用來鑄造器什的材料，都是由各時代各地方的研究家，抱着堅苦耐勞的偉大精神而逐一發現的。古代的希臘哲學家，如退利斯（Thales）、芝諾芬尼（Xenophanes）和赫拉頡利圖斯（Heraclitus）等氏，都承認世間萬物，皆由簡單的元素所構成，惟對於每種元素的性質，則意見紛歧。例



圖一 赫拉頡利圖斯像（Heraclitus 540-475 B. C.）

希臘著名哲學家，制慾苦行，思想深刻，為玄學的創始人。他認為火是一種原質，並認火的變化，乃宇宙間唯一的實在。他說過「世界是活着的火，……萬物變為火，火變為萬物。」

如退利斯氏以爲水是一種元素，他認爲將水蒸發及凝結之後即可產生一切的物質。赫拉頤利圖斯則主張構成萬物的主要元素是火。總之，他們的學說皆由『空想』而來，並沒有什麼實驗的證據！

在耶穌誕生前四百四十年，希臘哲學家埃姆培多克利斯 (Empedocles) 氏首創四種簡單物質的學說；他認爲土、氣、水、火四種元素爲萬物的根源。（素封按：國人亦有譯作地、風、水、火者。）以後數百年間，世人均奉爲真理，不稍疑惑。但在今日，人人都曉得土、氣、水、火不是單純的元素了。這四種之中，以土 (earth) 最爲複雜，其中含有許多種化合物；而且各種化合物的性質，又因其所在地之不同，致彼此有時大大相異。空氣 (air) 所含的成分，計有氧氣、氮氣和氫氣等等。水也不是單體，若加分析，可得氫和氧兩種元素。火更不是元素，牠含有可燃氣體與可燃質料，所以能够燃燒。以上所舉的問題，在現今看來，似乎都十分簡單，孰知這種事實的確定，曾經過古代著名學者的長期討論呢。

許多種複雜的化合物，均被古人誤認爲元素，我們研究科學史的人，特名爲『死元素』(do-

funct elements)以示與現今化學上所謂之元素區別。死元素的經過，均有一番動人聽聞的故事，巴斯刻維爾 (Charles Baskerville) 氏曾著真元素和假元素 (註一)一文，其中述及假元素達一百種之多，可資參考 (2)。

(註一)素封查巴斯刻維爾氏原文，係一篇演說稿，其中曾下元素的定義曰：「元素乃一種物質，在已知的事實中，並未曾有人分解爲此種以外的任何成分。」

古代人民所認識的化學元素，計有金、銀、銅、錫、鉛及水銀等金屬，以及硫磺和炭兩種非金屬，證據確鑿，無容致疑。從聖經的舊約裏，可以查出古代的猶太人，已竟熟識這六種金屬中的四種；或



圖二 老普利尼像

(Pliny the Elder 23-79 A. D.)

老普利尼乃羅馬哲學大家，生平著有自然史 (Natural History) 三十七卷，對於當時天文學，地質學，動物學，植物學，農學，礦物學以及醫學等等均有所討論。

者六種全都認識，也說不定。古代的印度人也曾用過這六種金屬，據累·普累費拉·旃陀羅爵士 (Sir Praphulla Chandra Ray) 所著的印度化學史一書，他曾由第耶那克 (Charuka) (註一) 中引出下邊一句話，足爲佐證，這句話是：

『黃金、五種金屬及其穢屑 (按指其燬渣 (Calces)) 所謂五金，乃指銀、銅、鉛、錫、鐵而言』，砂、白堊、紅砒、寶石、鹽、紅堊及錒，皆爲泥土裏所含的藥物。』(素封案原譯文見於 A. O. Kaviratna

翻譯之 *Charuka Samhita*, pp. 6-7)

(註一)素封又案 Charuka 亦讀作 Charaka 國人譯爲『第耶那克』乃一醫生和聖人 (muni) 的名字；此人即婆羅門教中『毒蛇界』的王名賽夏 (Susha)，篤信『阿由吠陀』(Ayur-veda) 查阿由 (ayur) 的意義爲壽，吠陀 (veda) 爲知識或學問；故知阿由吠陀，乃說明生理、病理、解剖和治療等等的醫書。現今一般梵學家多信此書由第耶那克所作。至此書著作之經過，據說有一次第耶那克巡遊世界，見到處疾病流行，世人痛苦萬狀，第心爲所動，遂化身作聖人 (muni) 之子，入世以治療疾病。此後第耶那克更根據前人的著作 (如 *Ashtanga* 及 *Aureya*) 著成新醫書一部，世人列入阿由吠陀中，但另稱曰第耶那克 (Charaka)。至 Charaka 一字的來源，與 Caru 最有關係。梵文中稱『偵探』或『飄泊求道者』曰 Caru，今此王來世界遊歷，故呼爲 *Charaka*。又 Caru 一字由 Car 變來，其意爲行走或移動。(見 Sir M. Monier-Williams: *Sanskrit-English Dictionary*, 第一章 古代所知的元素)

P. 389; Bhāva-mītra: *Bhāvoprakāśa* “高觀廬先生譯印度哲學宗教史, p. 314, 商務版。”

古代的金屬

在史前石器時代的埃及人的墳墓裏，近來掘出黃金製造的裝飾品，埃及最古時代的金匠，就有很精巧的技術，這是考古學家和史學家已經決定的事實。在紀元前二千年間亞伯拉罕 (Abraham) 的時代，希伯來人已經採用金屬做貨物交換的媒介；基督教的聖經裏，曾經記載過這樁事，讀者可從出埃及記、申命記、列王紀、約伯記、詩篇、箴言、以賽亞書、耶利米哀歌、哈該書和撒迦利亞書裏查出。因為例子很多，所以在此略而不舉，詳見本章參考材料第(4)。紀元第一世紀老普利尼的著作裏，曾列舉在西班牙泰加斯河 (Tagus) 的河牀、意大利波河 (Po) 的



圖三 1540年所用的鍊金爐

河林、色雷西亞 (Thracian) 的赫普儒斯河 (Hebrus) 河林、(註一) 亞洲巴托勒斯河 (Pactolus) (註二) 的河林和恆河的河林，均有金砂發現 (5)。至於鍊金的方法，據近人研究所得，在紀元前第二世紀是用『灰吹法』(cupellation) 到紀元後第一世紀則改用『汞齊法』(6)。

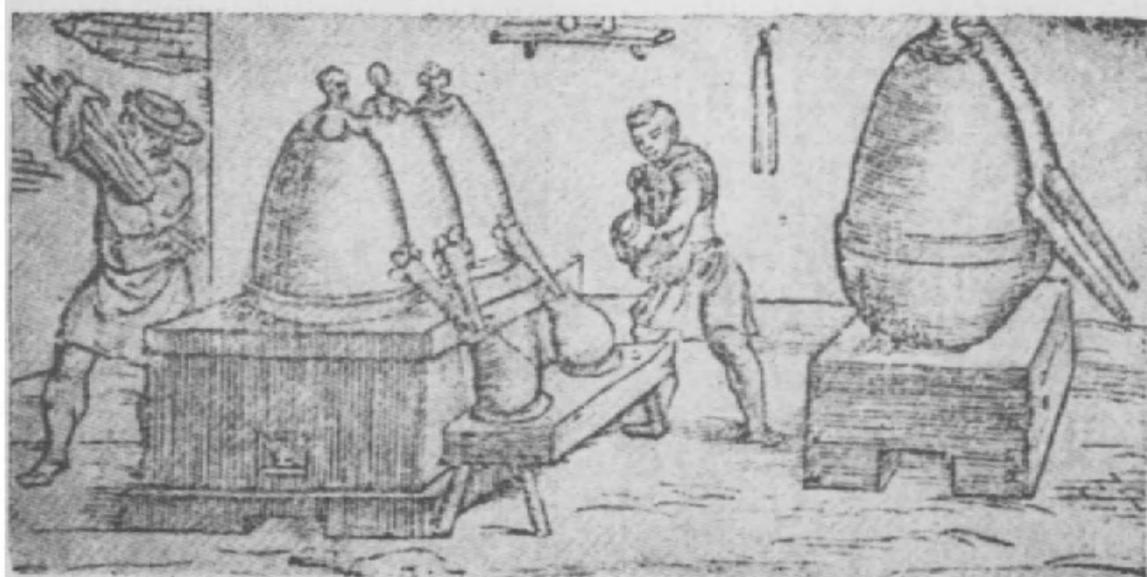
(註一) 素封索赫普儒斯 (Hebrus) 爲馬里作河 (Mariza) 的古名，乃歐洲土耳其 (European Turkey) 的重要河流名稱。

(註二) 素封索巴托勒斯河乃小亞細亞西部古代呂底亞 (Lydia) 地方的一條小河流，以出產金砂著名，呂底亞在紀元前五四六年被波斯人所征服。

銀在自然界裏，多不是單體，不比金子那樣容易採取，所以發現較遲，應用亦較晚。當紀元前三、十四世紀頃，埃及地方因爲產銀絕少，所以牠的價值竟比黃金還高。創世紀上記載亞伯拉罕爲他的妻子撒拉買墓地的時候，是用銀子做代價的。原文說：『亞伯拉罕聽從了以弗崙，照着他在赫人面前所說的話，把買賣通用的銀子，平了四百舍客勒給以弗崙。於是麥比拉、幔利前，以弗崙的那塊田，和其中的洞，並田間四圍的樹林，都定準歸與亞伯拉罕，乃是他在赫人面前，並城門出入的人面前買妥的。此後，亞伯拉罕把他的妻子撒拉埋葬在迦南地幔利前的麥比拉田間的洞裏。』(據

官話和合譯本。由這段話，我們可以斷定在古人未用銀子鑄造貨幣之前，老早就用成塊的銀子做交換貨物的媒介了（7）。據法人雅格奴（Jagnaux）氏所著的化學史，他說腓尼基人第一次航行西班牙的時候，發現西班牙產銀之多，幾乎用他們所有的船都裝載不完；因此在岸傍，就用銀塊代替鉛碼，作為木錨上的鎮壓物（8）。當西班牙人征服祕魯的時候，看見古代居民用銀子所製的傢什，種類非常繁多（9）。

法國化學史家柏特羅（Marcellin Berthelot）氏，認為人類開採銅礦的歷史，至少在五千年之前。柏氏分析古代埃及人所用的銅器，發現其中用純銅製成者為多，用銅的合金所製成者為少（10）、（27）。在舊約的以斯拉記一書上，以斯拉先知曾說過：「我分派祭司長十二人……為我們上帝殿所獻的金



圖四 1540年所用蒸餾水銀的裝置

銀和器皿，都秤了交給他們……（其中有一等光銅的器皿兩個，寶貴如金。）這時大概在紀元前二十多世紀，可知五千年之前，人類就會製造銅器了（11）。在自然界中，純銅鑛的產地頗多，例如埃及、北美洲的蘇比利爾湖（Lake Superior）一帶，以及其他各處，都有發現；古人撿拾了這種鑛物，不必冶鍊，即可用以鑄造各種器什，自然為時較早。就是在沒有純銅出產的地方，而由孔雀石採銅，所有的提煉手續，也並不複雜。

在耶穌誕生前二十五世紀至三十世紀之間，埃及人或者已知製造鐵器；只因鐵器容易生銹，



圖五 1557 的木刻

由這張木刻可以窺見當時蒸餾硫磺的裝置和方法。

所以遠古時代的鐵器，能傳流到現在的，比之金器、銀器和銅器，極其稀罕（25）。古代的人，早知用「鑄鐵爐」鑄鐵，惟當時的詳細手續，已無從考證。但在普利尼氏的時代，鐵已成爲盡人所皆知的鑛產；所以當時的人知道用牠製造器什，應無容置疑。茲引普氏所著自然史一節爲證：

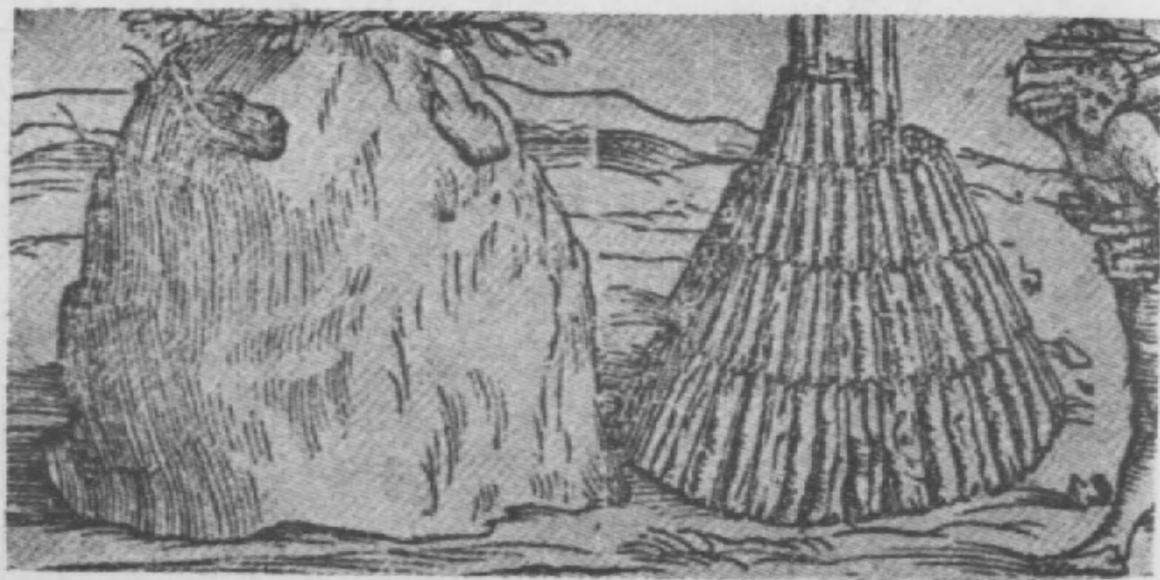
『我們日常的生活，必須利用鐵器的地方很多，例如建築房屋、開鑿山石、以及其他工作等等。但是世上的武夫、刺客和強盜，也是因爲有了鐵的刀斧，作惡纔更兇哩！他們不僅能對面殺人，就是遠隔山川，也可以用鐵製的弓矢，飛着殺人；現在有恃手臂的力量，有靠帶翅的機械（註一）的，還有裝置羽毛的。最後所舉的殺人方法，我認爲是人類犯罪最重的行爲，因爲想把人類殺死得更快，所以使鐵生翅，教鐵學飛。因此用鐵刀鐵劍殺人的罪孽，應當由人類自負，不能歸咎於創生萬物的上天（Nature）……上天爲了貫徹她的仁慈胸懷，特罰鐵生鏽，來限制牠作惡的力量；並且使得對人類有絕大危害的物質，讓牠的自身也毀滅得更快；這也是上天對世界所表示的一種普通的權威。』（12）（素封註：此段係譯意。）

（註一）素封案 engine（機械）一字，由拉丁文 ingenium 而來，原意即「智力」或「發明」。

在古代文字中，關於鐵的記載，最有趣味的莫過於舊約聖經中所收各書。約伯的巧言，有誰忘掉？他說：「惟願我的言語，現在紙上，都記錄在書上。用鐵筆鐫刻，用鉛灌在磐石上，直存到永遠。」（13）在申命記一書第三章第十一節上，我們看見巴珊王，「他的牀是鐵的，長九肘，寬四肘，都是以人肘為度。」若用現在的單位來說，那張鐵牀有六呎寬，十三呎六吋長（14）。

世界上鉛的分佈很廣，並且鎔煉亦較易；古代巴比倫人有用金屬鉛片刻墓誌的風氣（10），舊約的民數記、出埃及記及耶利米書各書上均有記載。羅馬人愛用鉛管輸水，鉛製寫字板和鉛幣等等，因此所耗鉛量特大。又因羅馬人慣用鉛製烹調傢伙，所以當時中鉛毒的人很多。

在紀元前三十世紀，就有關於「錫銅合金」的記載，但當時是否已發現過單純的金屬錫，至



圖六 古代用木塊做木炭的窯

今仍為學術界的懸案。舊約的以西結書上，先知以西結感到上帝的靈示，曾提過鉛這種金屬，他說：『他施人因你多有各類的財物，就作你的客商；拿銀、鐵、錫、鉛，兌換你的貨物。』（15）在紀元第一世紀間，拉丁人稱錫曰『白鉛』（*plumbum album*），稱鉛曰『黑鉛』（*plumbum nigrum*）（註一）（16）。普利尼和代俄斯科提斯二人曾舉出鍍錫的利益，謂銅器之外，如果鍍上一層錫，可防損毀（17）。

（註一）素封案西洋古人稱錫為『亮鉛』（*plumbum candidum*），請參閱拙編《化學發達史》p. 28（滿有文庫）集收本。

中國人和印度人自古即識水銀（註二）近來在埃及開掘紀元前十五、六世紀的古墓，也發現其中有水銀存在（10）。代俄斯科提斯氏說水銀是由硃砂提取而得的（18）。普利尼氏謂水銀的精製法，是把水銀放在皮革上面，施以大壓力，迫水銀穿過皮質，以除去其雜質；並謂水銀有毒性（6）。後來在鍊丹術（alchemy）盛行的時代，水銀成爲一重要的原料，因爲需要的量很大，所以特發明一種專門烤煉汞鏞的爐子來提水銀。（註二）

(註一)素封案我國古代稱赤白頑(讀胡頁反)詳見陳文熙先生論文。

(註二)詳參閱拙編化學發達史第二章「物質改變和鍊金術史」又素封和繡封合釋中國鍊丹術考(Dr. Johnson: *A Study of Chinese Alchemy*)商務出版。

古代的非金屬元素

因爲自然界中有硫磺和磷的單體存在，所以古代一切的民族，一定都很早就認識牠們。在普利尼氏的著作裏，對於意大利和西西利兩處的硫磺礦，敘述極詳；普氏列舉當地的人採取成塊的硫磺治療疾病，用硫磺的蒸氣，以漂白布匹，更用硫磺末製造「硫磺火柴」(19)。十六世紀德國冶金學者阿基柯拉(Georgius Agricola)氏考證當日的火柴，他說將火柴在石塊上磨擦，即可用以燃燭和燒柴(26)。阿基柯拉又會論過火藥，嘗謂「硫磺也要放到火藥裏，在新式的戰爭中，牠可以把鐵製、銅製或石製的(殺人)機械，猛烈地拋出去——這是一種可詛咒的發明。」(20)

關於「硫磺」(sulfur)的古代文獻，已成爲近代化學家難題之一，因爲「硫磺」一名詞，古

人常用以泛指一切可燃的物質。(註一)第八世紀亞拉伯著名鍊金學說家該柏(Geber)氏(註二)認為一切金屬，皆由於硫磺和水銀二者依不同比例化合而成；因此這兩種元素，遂特別招引鍊金術士的注目。第十世紀北波斯名醫阿卜·滿牛兒(Abu Mansur)，認為硫磺可以消解任何金屬的中毒症。十四世紀假該柏(Pseudo-Geber)氏(註三)他說加酸液於鹼性的硫溶液中，可得一種



圖七 阿基柯拉·佐治亞斯氏像
(Georgius Agricola 1494-1555)

德國冶金學者，著有金屬論 (*De Re Metalica*) 一書，乃拉丁文中討論採礦和冶金的名著，曾由美國前任大總統胡佛夫婦合譯為英文，

『硫磺乳』〔素封案硫磺乳又名沈降硫磺，詳見中華藥典第一版本 pp. 646-7〕

（註一）請參閱拙譯德氏著燃燒素學說史第五章。

（註二）該柏又名亞貝·英·海露，詳見拙編化學發達史 pp. 30-33。

（註三）假該柏乃十四世紀曾六百年前該柏之名而從事著述的化學家，可參閱丁維賢先生編著之化學史通考初版

本第二章 238『賈博的事略』 pp. 41-42。

史前的人類對於木炭和烟灰兩種碳素，一定看見過；當普利尼氏在世的時候，木炭的製法，也是用泥封閉木堆，避免空氣而加熱，和現在通用的方法幾乎一樣（21）。碳的同質異構體之中，以金剛石最爲珍貴，牠的名子在舊約的出埃及記和以西結書裏都曾提過（22）。至於印度的古代著作方面，如吠陀經（*Vedas*）、刺馬耶那（*Ramayana*）和摩訶波羅陀（*Mahabharata*）之中，提到金剛石的地方更多。英國大哲牛頓（*Isaac Newton*）氏在一七〇四年所著的光學（*Optics*）一本書裏，曾說過金剛石一定能夠燃燒的話；及至一七七二年，這句話果然被法國大哲人拉瓦錫（*Antoine Laurent Lavoisier*）氏所證實了（23）。一七九七年，英國化學家台耐特（*Smithson Tennant*）氏證實金剛石完全由碳素合成，並無雜質混其中（24）。

參考文獻

- (1) Winkler, "Ueber die Entdeckung neuer Elemente im Verlaufe der letzten fünfundzwanzig Jahre," *Ber.*, 30, 13 (Jan., 1867).
- (2) Baskerville, "The Elements: Verified and Unverified," *Science*, N. S., 19, 88-100 (Jan 1904).
- (3) Ray, "History of Hindu Chemistry," 2nd edition, Vol. 1, Chuckervertty, Chatterjee and Co., Calcutta, 1904, p. 25.
- (4) Ex., 20:23; Deu., 8:13; I Ki., 20:3; Job, 31:24; Ps., 19:10; Prov., 16:16; Isa., 60:17; Lam., 4:1; Hag., 2:8; Zec., 13:9.
- (5) Pliny, "Natural History," translated by Bostock and Riley, Geo. Bell and Sons, London, 1856, Book XXXIII, Chap. 21.
- (6) *Ibid.*, Book XXXIII, Chap. 32.
- (7) Genesis, 23:16.
- (8) Jagnaux, "Histoire de la Chimie," Vol. 2, Baudry et Cie., Paris, 1891, p. 372.
- (9) Thomason, "History of Chemistry," Vol. 1, Colburn and Bentley, London, 1830, p. 53; von Lippmann, "Entstehung und Ausbreitung der Alchemie," Springer, Berlin, 1919, pp. 519-30.
- (10) Stillman, "The Story of Early Chemistry," D. Appleton and Co., New York City, 1924, pp. 2-7.

- (11) Ezra, 8:27.
- (12) Pliny, "Natural History," ref. (5), Book XXXIV, Chap. 39.
- (13) Job, 19:23-4.
- (14) Deu., 3:11.
- (15) Eze., 27:12.
- (16) Pliny, "Natural History," ref. (5), Book XXXIV, Chap. 47.
- (17) *Ibid.*, Book XXXIV, Chap. 48.
- (18) Jagnaux, "Histoire de la Chimie," ref. (8), Vol. 2, p. 366.
- (19) Thomson, "History of Chemistry," ref. (9), Vol. 1, p. 103; Pliny, "Natural History," ref. (5), Book XXXV, Chap. 50.
- (20) Jagnaux, "Histoire de la Chimie," ref. (8), Vol. 1, p. 458.
- (21) *Ibid.*, Vol. 1, p. 680; Pliny, "Natural History," ref. (5), Book XVI, Chap. 8.
- (22) Ex., 28:18; 39:11; Eze., 28:13.
- (23) Jagnaux, "Histoire de la Chimie," ref. (8), Vol. 1, pp. 664-8; Ernst von Meyer, "Geschichte der Chemie," 4th edition, Vait and Co., Leipzig, 1914, p. 371.
- (24) Thomson, "History of Chemistry," ref. (9), Vol. 2, p. 236.
- (25) Berthelot, "Les Origines de l'Alchimie," Steinheil, Paris, 1885, pp. 297-8.
- (26) Billinger, "Assaying with Agricola," J. Chem. Educ., 6, 349-54 (Feb., 1929).
- (27) Berthelot, "La Chimie au Moyen Âge," Vol. 1, Imprimerie Nationale, Paris, 1893, p. 384.

第二章 鍊金術士所認識的元素

鍊金術士的工作，雖然設曾把賤價的金屬，如銅、鐵、鉛、錫之類，變為珍貴的黃金，但他們卻用了神祕奇妙的名詞，把所作的實驗，一一記錄下來，因而逐漸揭開神、鎊及鈹等金屬真面目。到了十七世紀的末葉，磷的微光，纔開始照耀着在黑暗祕密中的鍊金術，遂使神話式的化學，一步一步地往前科學化了。

「鍊金術可比於伊索寓言裏的一位老人，當他快要死去的時候，他告訴他的兒子們，說他在葡萄園裏已埋下許多黃金留給他們。兒子們把葡萄樹四週的泥土都抓鬆了，並沒發現金子。可是樹根四傍的青苔和亂草被他們這樣除去了，結果長成滿園的好葡萄。所以鍊金術士尋求黃金的苦心毅力，竟使得他們的後人，獲得許多有用的發明和有益的實驗，並且間接

促使化學走上光明的大路。」(1)

第一章已將金、銀、銅、鐵、錫、鉛、水銀、硫磺及碳等元素，對於古代的文明的關係，略加敘述；本章擬進而討論砷、銻、鉍及磷四種元素的經過。這四種元素的歷史，雖然沒有上述八種元素那麼悠久，但至少亦在數百年之上。且砷、銻、鉍、磷四種，彼此性質相似，足以引人注意；即在今日，化學家仍把牠們列為一族。牠們早年的歷史，已不可考究；其中只有磷的發現經過，還可以略加追溯。

砷

希臘人和羅馬人雖然用過砷 (arsenic)，但他們

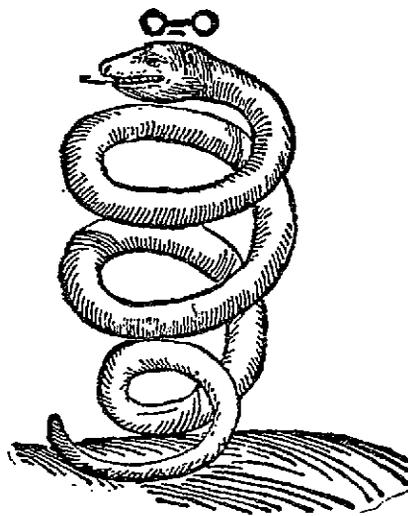


圖八 十六世紀鍊金術漫畫(cartoon)

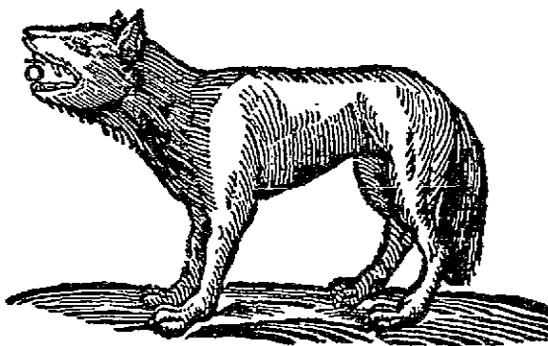
所謂之神，並不是指金屬砷而言；所指的乃是一種含有毒性的硫化物，雄黃(orpiment)和山答利克樹脂(sandarac)（註一）的混合砷。一般奴隸階級的勞動工人，因為採取這種鑛石而斷送性命的，不知凡幾（2）。提製純砷的方法，究竟是誰先發現的，已考察不出，不過一般史家都說是由馬格那·阿柏塔（Albertus Magnus 1193-1280）用雄黃與肥皂共同加熱而得的。這人的名字又有人寫做偉大的亞爾伯特（Albert the Great）（3）。在十六世紀有一位空虛而誇大的醫學方面的鍊金術士，名叫巴拉塞爾士（Paracelsus）（15），他說將「古代的神」（按即砷的硫化物），與雞蛋殼同熱，即得「色白如銀」的金屬砷（18）。但伯特羅（Berthelot）氏認為古人製得金屬砷的時間，或在巴拉塞爾士之前，因為將砷鑛還原為砷，手續甚易。砷的性質，容易昇華，並且容易與其他金屬變為柔軟的合金，又因其硫化物的雞冠石（realgar），從外表看來，同汞鑛的辰砂極相似，所以古代的鍊金術士，每誤砷為水銀的一種。假德謨頓利圖（Pseudo-Democritus）氏曾舉出砷鑛還原的方法，謂「將由砷（即指其硫化物）或雞冠石中所得的汞質而固定之，潑到鐵和銅之上，使之與硫發生作用，那麼金屬砷就變成白色了。」（3）（17）



圖九 馬格那·阿柏塔氏像(Albertus Magnus 1193-1280)
德國基督教的學者和鍊金術士，曾介紹亞力士多德氏學說與拉丁民族。著有礦物學(*De Mineralibus*)一書，此外對於力學、地理及生物學，亦有貢獻。



圖一〇 十七世紀鍊金術士所用代表錒的符號
 (見 Peters' *Aus pharmazentischer Vorzeit in Bild und Wort*)



圖一一 十七世紀鍊金術士用以代表錒的符號
 (見 Peters' *Aus pharmazentischer Vorzeit in Bild und Wort*)

(註一) 藥封案山答利克樹脂，乃一種由名叫 *Caltris glandulicaris* 的檜屬植物所流出的樹脂，故又名檜脂 (Cuni-
 per gum) 原產南非洲摩洛哥 (Morocco)。此物色黃性脆，為半透明的無晶形的塊狀或粉末，用為香料、漆油
 原料等等。

一六四九年，當失儒爾得爾 (Schroeder) 氏刊行藥典的時候，其中曾舉製金屬砷的方法兩種：第一是用石灰使雄黃或硫化砷分解(1)；第二是用木炭還原亞氧化砷(2)。關於砷的性質，在一七二五年經過韓可爾 (G. F. Henckel) 氏的研究，一七三三年經過布朗特·佐治 (George Brandt) 的研究，一七四四年經過布魯烏爾 (G. Brunn) 和謨耐 (Monnet) 二氏的研究，纔漸漸明白而確定(16)。布魯烏爾說過，砷與硫是相似，在大多數的鑛石中，常常含有微量在內(3)。

銻

古代的人誤認硫化砷爲金屬砷，同時亦誤認硫化銻爲金屬銻。東方的消閑婦女，常在化粧時用硫化銻塗抹眉毛，使得變爲黑色，以增美麗(4)。柏特羅氏曾分析一隻稀罕的古代花瓶，——此瓶由台羅 (Tello) 地方廢墟得來，送至盧佛爾 (Louvre) 展覽——結果，發現牠幾乎完全由銻製成，其中所含的鐵量極微(5)。(19)。柏特羅氏又引證古代藥學家代俄斯科利提斯 氏的話如下，謂「任何人如將此種鑛石(硫化銻)放置木炭火上煨燒，及至紅熾以後，還繼續加熱，則



圖一二 失儒爾得爾氏在 1646 年所刊藥典的封面

(John Schroeder: *Pharmacopoeia*, 1646)

變而爲鉛。』(5)關於製造『藥用銻』(antimony medicinalis)的方法，普利尼氏也有同樣的警語，昭示當代，他說『製取時最要事項，乃在審慎觀察「火口」勿使過熱，否則即變而爲鉛』云(4)。由以上所舉證例，可以決定羅馬時代已知用銻，只因那時尚無鑑別金屬的方法，以致一切質柔易鎔而色黑的金屬，都誤認爲鉛。

討論銻的著作，最古的要推發楞泰恩·巴思耳(Basil Valentine)氏所著之銻的勝利車(Curvus Triumphalis Antimoni)一書，因此以前研究古代化學史的學者，多承認發楞泰恩爲銻的發現人。但據最近的研究，如英國之司底爾滿(Sillman)氏，即聲言發楞泰恩是一個虛擬的人名，至銻之勝利車的真正著者，乃是十七世紀初葉住在紹侖吉亞省(Thuringia)佛蘭克夏絲城(Frankenharsen)的一位市議員；他的名字叫邵爾德·佐罕(Johann Thölde)。邵氏在十七世紀初葉經營鹽廠，又曾著德文化學書很多；文筆的流利動人，幾乎可同巴拉塞爾士(Paracelsus)的著作比美。他又自己聲言他所有著作，大半都是從十五世紀聖本篤派(Benedictine)僧人發楞泰恩(Basilus Valentinus)氏所著的拉丁文稿本中翻譯而成(6)。當時一般鍊金術士的

著作，多喜歡討論銻的性質及變化，因為銻的化合物，可以製成當日風行的『長生不老丹』(elixir vitae)和『萬應如意丹』(Paraceca)。至於真正敘述銻元素的科學書，要算藍木瑞·尼古拉斯 (Nicolas Lémery)所著的銻之化學分。



圖一三 藍木瑞·尼古拉斯像
(Nicolas Lémery M. D., 1645-1715)

法國化學家，著有化學教本(*Cours de Chimie*)一書，徐萊氏曾用為讀本；此外藍氏又著有討論銻的論文。

析全集(*Traité de l'antimoine, Contenant l'analyse chimique de ce minéral*)為第一本，讀者可從雅格奴 (Jagnaux)氏所著化學史中，窺其梗概(3)。

銻

古人對於鉍(bismuth)和鉛錫二者的分別，是弄不清的。十六世紀初年，阿基柯拉(Georgius Agricola)氏寫了一部名叫柏爾曼努斯(Berminius)的名著，其中曾謂鉍爲德國著的金屬。他知道鉍是一種特殊的金屬，和當地人所認識的金屬完全相異，他的這種觀念，可說是超乎當時一切專門學者之上，因爲直至十八世紀還有人堅信鉍是一種鉛的學說(7)。當時的採礦工人，因爲習俗相沿的緣故，相信鉛有三種(卽普通鉛、錫和鉍)。又因爲一般人認爲鉍最後可以變而爲銀，所以鉍又有『未成的銀』(tectum argenti)的別名。當開礦工人開到鉍的礦脈時，常常現出一種不愉快之色，喊着：『唉，我們開得太快了。』(7)他們的意思，認爲若是晚些時候開採，這些鉍就要變成銀了！

就是在一七一三年法國國家學院誌(Proceedings of the French Academy)上，法國的學者仍然說鉍是由粗硫、水銀、砷及土四種物質所合成的礦物；至當時的藥典，也載有配製這種金屬的方子(7)。你看一般人對於鉍的誤解多麼深呀！還有一種製取鉍的方法，由藍木瑞(Limery)氏所記載，他說在英國錫礦裏，『工人將錫與同量的酒石酸混合以後，在坩堝中加熱，及至

紅熾而完全熔化以後，傾入有油的鐵臼中，靜俟冷卻，然後將沈在下部的「金屬沈渣」(regulus)和所有的金屬餘渣(scoria)完全分開，加以洗滌，即得錫玻璃(tin glass)，亦可稱爲錫的鑛渣(regulus of tin)。(18)

法國化學家赫羅特(Hellot)氏，在英國西南口岸的康窩爾(Cornwall)地方，看見當地的鑛工，將天然的鉍，加入錫中，使之變硬發亮，並不是依照藥典上所開的方法，做出配合的鉍來用的；赫氏又在一七三七年，用火來分析鉍，獲得金屬鉍一小塊(7)。再後，赫弗理(Claude Joseph Geoffroy)氏將研究鉍的結果，著成鉍之化學分析(*The Chemical Analysis of Bismuth*)，該書刊行問世時，爲西曆一七五三年，那時赫氏已逝世。雖然，赫氏之死，減短了他研究科學的時間，可是即就已發表者而論，如明認鉍爲一種獨立金屬，絕不與鉛相同，並指出鉍的特殊性質等等，皆獨具慧眼，超乎時流，堪爲後人所敬仰者也(7)。

磷



圖一四 樓芬斯德英男爵孔柯爾像

(Johann Kunckel von Löwenstern 1630-1702)

德國的化學師、藥劑師、及玻璃技師，曾任瑞典王查理第十一的「金屬顧問」；對於古代磷的研究，有著作留下。

在化學史上第一位發現磷元素的人，要算十七世紀住在德國漢堡（Hamburg）地方，名叫布朗特·恩尼格（Hennig Brand）的一位商人。讀者之中，或有人批評我用「第一位發現者」為不當，因為古代文明人所用的鉛、金等金屬以及硫、炭等非金屬，也必有首先發現的人，自然不應一筆抹殺；不過那般發現的元勳，只留下他們的功績，讓後人享用，讓後人追懷；至於他們的姓名，早已失傳。即如首先製造車輪的人，其對人類幸福上可說貢獻最大了，現今我們也不知道他的姓氏。

布朗特·恩尼格氏當壯年時代曾充士兵，後來傳說他做過醫生，是一位「奇異而又不認識拉丁字的醫生」（8）。雖然他有了這種缺點，可是他碰了運氣：有一位家私雄富的女人，傾慕他在科學上的深邃造詣，甘願嫁他為妻，從此他就變為一位富家翁了。後來，當他圖謀發財的時候，忽然受了鍊金術士的誘惑，便開始追求「金屬之王」的黃金去了。再後，這位熱心的鍊金術士，想從人的尿裏找出一種液體，使銀變金，——不過他何以發生那種非非的玄想，那是沒有人知道的，但結果，他竟在一六六九年由一種奇特的實驗，發現了一種很奇怪很美麗的物質。牠的顏色是白的，形狀如蠟，能在黑暗的實驗中放出閃爍的亮光，促起了他的興致。這種東西，就是今日所謂的磷。他

對於取得這種發光元素的方法，當初本想極力保守秘密，不過他發現新物質的消息，霎時傳遍了德國，便無法保守秘密了（9）。

在此地同時還有一位很著名的化學家，名叫孔柯爾（Johann Kunckel 1630-1702），他的父親是當時荷爾斯泰恩公爵（Duke of Holstein）朝中的鍊金術士（10）。小孔柯爾曾研究過藥物學、玻璃製造法和金屬的化驗法等等。他曾在薩克森（Saxony）的選帝侯（Electo）佐治·約翰第二（John George II）所辦的德累斯頓實驗室（Dresden Laboratory）裏做研究工作，又在普魯士的威丁堡（Wittenberg）一間著名的醫科學校裏教過化學，再後來又在勃蘭登堡（Brandenburg）的選帝侯威廉·腓特烈（Frederick William）所辦的柏林玻璃廠裏擔任過經理。孔氏的晚年，隨瑞典國王查理第十一（King Charles XI）的幕府供職，瑞典曾賜他『樓芬斯德英的男爵』（Baron Von Löwenstern）和『金屬顧問』等等頭銜（10）。

有一天孔柯爾拿着一種能發光的物質送給在漢堡的朋友看，他當時很自傲，以為無論什麼人都沒有這種寶物，好像現今的化學家拿着一些鈹和鎊同樣的珍貴！但是，他的朋友對於這種奇

物，不僅以前曾經看過，反而帶他到一位名叫布朗特（Dr. Brand）的醫藥鍊金術士的家裏，去看那人的一種能在黑暗中自動放光的物質。後來他倆到了布朗特博士的家裏，發現他所有的發光物質，都讓人家拿去了，於是他又陪了孔柯爾到另外一位朋友的家裏，去賞識這種奇異的元素。

孔柯爾這次受了這種熱烈的引誘以後，就馬上寫一封信去報告住在德累斯頓（Dresden）的一位名叫克拉夫特（Dr. Johann Daniel Kraft）的朋友。不料這位不誠真的朋友，接到信後，隻字不覆，便偷偷摸摸的趕到漢堡，用德國銀幣（thaler）二百，從布朗特手裏買來這種祕密。當這種交易成功的時候，孔柯爾也趕到了漢堡。他用盡種種的方法，想打聽出這個祕密的真像，結果都失敗了。但在失敗之中，他探得這種發光的元素，後來所謂之磷，是由尿裏提取出來的（8）。

孔柯爾以後就開始用尿去做試驗，結果也成功了。他和布朗特有一種相同的脾氣，就是不願公開自己的製造法。他所持的理由，是怕大家都知道磷的製法以後，意外的危險便會不斷的發生。依照荷木柏格（Wilhelm Homberg）氏的意思，孔柯爾提磷的方法，是把新鮮的尿拿來蒸餾，待蒸到水分將近全乾的時候，即取出黑色殘渣，放置地窖裏腐敗；經過數月以後，將黑色殘渣取出，加

兩倍「尿渣」重的細砂，同置曲頸甌中，上接盛水的收容器，最初用微火加熱，繼用大火乾餾。及至尿中的揮發性物質和油質完全蒸出以後，磷質就開始在收容器中凝結，成爲白色蠟狀的固體。這乃是孔柯爾氏不願公開，而且認爲極危險的製磷法之一部分。在實驗室裏當磷的氣體開始蒸發的時候，爲避免發火和炸裂的危險，應該將火焰移開，同時把緊接曲頸甌的收容器，也要使之變冷（8）。

孔柯爾氏不但製得磷質，並且壓成與今日化學實驗室中所用的磷條一樣。並著成一書，名叫奇異的磷質和奇異發光丸論 (*Treatise of the Phosphorus Mirabilis, and The Wonderful Shining Pills*)



圖一五 鍊金術士 (D. Teniers 畫)

(10) 以討論磷的問題。普魯士罕諾弗省 (Hanover) 的腓特烈·佐罕公爵 (Johann Frederick) 因為孔柯爾有了這樣重大的發明，特每年撥給終身養老金給他，以示獎勵。據托姆松·托馬斯 (Thomas Thomson) 氏的考證，孔柯爾的一切取磷的祕密方法 (11) 是荷木柏格 (Wilhelm Homberg) 氏用了葛利克 (Otto Von Guericke) 氏所發明的氣壓計交換而來的；葛利克的氣壓計非常靈敏，牠的上面，有一個小閣，內裝一個小人，在乾燥的天氣，這人即跑出閣外，及空氣變得潮溼的時候，牠又跑進去。

關於磷質發明的歷史，我們應該還須提到一位研究氣體的波以耳 (Robert Boyle)。波氏是英國的化學家，他與孔柯爾氏曾



圖一六 波以耳氏像
(Robert Boyle 1627-1691)

英國化學家和物理學家，其研究氣體的成績，最負盛譽。同時亦為獨立發現磷質的學者。在「定量分析」的實驗上，波氏也是創始人之一。

同時各自獨立地發明了磷質。若是在此不把他的功績略加敘述，未免太不公平。波以耳製磷的方法，與孔氏很相似，但據波氏自述，他在事前並不曉得孔氏的方法。我想像波以耳那樣誠實的人，定然沒有人敢相信他的話是虛偽的。他有一位名叫亨克荷次 (Ambrose Godfrey Hancock) 的助手，曾大規模的製造磷質，運銷歐洲各國地方 (12)。在他的廣告上，當時有下列一段話：

「倫敦城裏卡爾特園 (Covert Garden) 的掃桑波敦街 (Southampton Street) 上有一位名叫亨克荷次的化學家，為人謹慎，善製造各色藥物、化學藥品和複方等等……為使惠顧諸君明瞭磷質起見，特在倫敦城內製造有燃燒性的磷和黑磷以及由酸類、油類和其他各種成分製得的磷質。只此一家，並無分鋪。所有貨物，質優價廉，不問批發或零購，均所歡迎。固體磷批發價錢，每噸五十先令，零售價錢每噸三金鎊。」 (14)

直到一七三七年，磷的製取法還是嚴守秘密，不肯發表。那年有一位遊覽巴黎的旅客，曾將製磷的祕密方法，賣給法國國家科學院 (Academy of Sciences) 及交易完成之後，法國政府即委派專家組織「磷質提取方法研究委員會」，並指命赫羅特 (John Hellot) 氏為主席。查一七三

七年法國國家科學院所刊佈的記錄中，載有赫氏的報告書，非常詳細；一般化學家，皆可一目了然。不過此種製法，以後不久即行廢去。一七七四年，瑞典化學家，甘·佐罕·哥特利卜（Johann Gottlieb Gahn）氏曾由動物骨中，發現磷質。翌年，徐萊（Schneele）氏亦從骨中，析得磷質（8）。考磷質之發明，在化學史上如是之早，而其製取方法，又若是的複雜，實出乎吾人意料之外；即在今日，若按孔柯爾氏方法，也是不容易得到磷質的！

參考材料

- (1) Racon, Francis, "The Advancement of Learning," edited by Wm. A. Wright, 3rd edition, Clarendon Press, Oxford 1885, p. 36.
- (2) Pliny, "Natural History," translated by Bostock and Riley, Geo. Bell and Sons, London, 1855, Book XXXIII, Chap. 22; Book XXXIV, Chap. 55; Jagnaux, "Histoire de la Chimie," Vol. 1, Baurry et Cie, Paris, 1891, pp. 656-8.
- (3) Jagnaux, "Histoire de la Chimie," ref. (2), Vol. 1, pp. 656-8.
- (4) Pliny, "Natural History," ref. (2), Book XXXIII, Chap. 34; Ray, "History of Hindu Chemistry," 1st edition, Vol. 2, Bengal Chemical and Pharmaceutical Works, Calcutta, 1909, p. 54.

- (5) Jagnaux, "Histoire de la Chimie" ref. (2), Vol. 2, p. 325; Chung Yu Wang, "Antimony, Its History, Chemistry, Mineralogy, Geology, Metallurgy, Uses, Preparations, Analysis, Production, and Valuation," Chas. Griffin and Co., London, 1909, pp. 1-5.
- (6) Stillman, "The Story of Early Chemistry," D. Appleton and Co., New York, 1924, pp. 372-6; T. L. Davis, "Questions for the Student of Elementary Chemistry," J. Chem. Educ., 7, 1141-6 (May, 1930).
- (7) Jagnaux, "Histoire de la Chimie," ref. (2), Vol. 2, pp. 331-2; Kopp, "Geschichte der Chemie," part 4, F. Vieweg und Sohn, Braunschweig, 1847, pp. 110-2.
- (8) Jagnaux, "Histoire de la Chimie," ref. (2), Vol. 1, pp. 634-7; Wootton, "Chronicles of Pharmacy," Vol. 1, Macmillan and Co., London, 1910, pp. 360-7; Kunckel von Lössenstern, "Vollständiges Laboratorium Chymicum," vierte Auflage, Rüdigerschen Buchhandlung, Berlin, 1767, pp. 595-609.
- (9) Pogendorf, "Biographisch-Literarisches Handwörterbuch zur Geschichte der exakten Wissenschaften" 5 vols., Verlag Chemie, Leipzig, 1863-1926, Article on Brand.
- (10) Thomson, "History of Chemistry," Vol. 1, Colburn and Bentley, London, 1830, pp. 233-5; T. L. Davis, "Kunckel and the Early History of Phosphorus," J. Chem Educ., 4, 1105-13 (Sept., 1927).
- (11) Thomson, "History of Chemistry," ref. (10), Vol. 1, p. 240; Crell, "Neues chem. Archiv," Vol. 1, J. S. Wehler, Leipzig, 1784, pp. 77-8.

- (12) Thomson, "History of Chemistry," ref. (10), Vol. 1, pp. 285-6.
- (13) Wootton, "Chronicles of Pharmacy," ref. (8), Vol. 1, p. 337; Kopp, "Geschichte der Chemie," ref. (7), part 4, p. 111.
- (14) La Wall, "Four Thousand Years of Pharmacy," J. B. Lippincott Co, Philadelphia, 1927 p. 336.
- (15) F. L. Davis, "Boerhaave's Account of Paracelsus and van Helmont," J. Chem. Educ., 5, 671-81 (June, 1928).
- (16) Kopp, "Geschichte der Chemie," ref. (7), part 4, p. 92.
- (17) Berthelot, "La Chimie au Moyen Âge," Vol. 1, Imprimerie Nationale, Paris, 1893, p. 263.
- (18) Waite, "The Hermetic and Alchemical Writings of Paracelsus," Vol. 1, Elliott and Co., London, 1894, p. 58.
- (19) Von Lippmann, "Entstehung und Ausbreitung der Alchemie," Springer, Berlin, 1919, pp. 629-30.

第三章 再談磷元素

關於發現磷素的記載大部分都是根據樓芬斯德英男爵 (Boron von Löwenstem) 孔柯爾 (J. Kunckel) 氏的著作。其中比較重要的史實，已於第二章中略加介紹。此外尚有其他早期的記載，惟其經過真相，則與前者不同。一九〇二年德國著名化學史和藥學史的著作家培忒斯 (Hermann Peters) 氏曾將保存於罕諾弗 (Hanover) 皇家圖書館中之布朗特 (Brand) 克拉夫特 (Kraft) 孔柯爾 荷木柏格 (Homburg) 來布尼茲 (G. W. Leibniz) 和其他數位當日重要化學家和學術家的親筆信件，加一番徹底的研究。此後他立下一個結論，略謂不管各家的記載如何，但彼此間有一共通之點，即德國漢堡城 (Hamburg) 的布朗特博士確為發見磷素的第一人。普通的歷史文獻，輒將布朗特博士看作荒誕無稽的人物，有時竟不書出他的真姓名，但由這些稀有的信件中，我們卻可以查出確有其人。

德國十七、八世紀間大數學家兼大哲學家來布尼茲 (Gottfried Wilhelm Leibniz 1646-1716) 氏，與布朗特博士相識，且彼此書信往返達四年之久，並曾寫過磷素發現的歷史。根據這位大哲學家 and 數學家的記載，一六七七年布朗特是住在漢堡城新闢部分密卡挨利斯波拉 (Michaelisplatz)。他的夫人對於他的成功，非常得意。由於他的信上，可以看出他在世時靠了這個大發明，曾享受無上的榮譽。在一切實驗中，布朗特頗得一位繼子的幫助，其他一切兒女，也很出力。布朗特博士有時是一位揮金如土和借貸爲生的人。但每年有德幣一千泰勒 (Reichsthaler) 的收入，所以家裏還算過得安樂。他爲人雖多幻想，而不務實際，但因爲當時醫學思潮正以藥物化學 (iatrochemistry) 爲主腦的時代，而且他又以化學技能的熟練極負時望。據亨克荷次 (Ambrose Godfrey Hanckwitz) 氏的批評，他說『布朗特先生是漢堡城中一位老誠持重的人』(15)。當他採用類似鍊金化學家的實驗法而發現這種美麗光輝的元素之後，他便命名曰『冷火』(kaltes Feuer)，或有時稱之曰『我的火』(mein Feuer)，以示親密。後來孔柯爾氏在漢堡所陳列的一種光輝物質，則係白屠英氏的磷 (Baldini's phosphorus)，乃硝酸鈣之磷光體，係在硝酸



圖一七 亨克荷次像

(Ambrose Godfrey Hanckwitz
1660-1741)

亨氏爲德國化學家兼藥學家，受教於英國波以耳氏，曾在倫敦開設藥房，名 Godfrey & Cooke；在化學史上亨氏又爲製取大量白磷，運銷歐洲各國之第一人。

溶液中蒸餾白堊所製得（2）、（3）。布朗特的『冷火』，使孔柯爾大感興趣，於是便寫信告訴德累斯頓城的友人克拉夫特（Johann Daniel Kraft），約他來漢堡同去拜訪布朗特。並向布氏建議，說他們能想法把這種製造的祕密，重價售與皇族貴人。據來布尼茲的意見，孔柯爾和克拉夫特二人，都在此時直接從布朗特博士學得了這種元素的祕密（1）、（4）。

積學多能的克拉夫特博士，隨後在旅行荷蘭、英國和『黑暗的美國』（dem mittlernächt-

Hohon Amerika) 的途中，就把這種新奇物品的來歷，宣揚到漢堡城之外了(4)。他爲了想出售祕方起見，曾在勃蘭登堡(Brandenburg)大選侯威廉·腓特烈(Friedrich Wilhelm)的衙門裏，展覽過這種『冷火』。一六七六年四月二十四日晚九時，宮庭裏所有燭光都息滅了，要克拉夫特博士在大衆面前親自表演。這次他雖當衆表演好幾個實驗，但對於製取法則，仍守祕密。

次年春，克拉夫特博士復往罕諾弗的宮庭中，展覽小瓶二個。瓶中明如火螢。其時來布尼茲氏適在該地約翰·腓特烈伯爵(Duke Johann Friedrich)治下充任圖書館館長兼史記官。隨後來布尼茲問他何不用大塊磷質，使全室光明；克拉夫特博士回答他說，『磷質製取方法，手續至難，故不易辦到。』現今罕諾弗圖書館中所收藏克拉夫特的信件，數達一百五十七封之多。

一六七八年七月來布尼茲氏來漢堡，其目的在促成腓特烈伯爵和布朗特博士間訂立一種合同，俾製磷的祕密，可以公之於世。合同中規定布朗特博士必須將一切關於『冷火』的新發現，長期隨時報告於來布尼茲氏；同時伯爵方面，願此後按月付德幣十『泰勒』與布朗特，並許預付六個月之款額六十泰勒，請布朗特立時將祕方告出(1)。

此事不久，柏策博士 (Dr. J. J. Beecher) 銜曼克來堡·格斯杜塔伯爵 (Duke of Meckleburg-Güstrow) 的命令，來漢堡禮聘布朗特博士；但終遭來布尼茲氏的攔阻和拒絕了。此後來氏乃偕布朗特回罕諾弗，並向腓特烈伯爵建議，請其挽留布朗特於宮庭中，或送至哈爾士山 (Harz Mt.) 上，俟其將祕方試驗確實可靠之後，再放他回去。來布尼茲又極盼望布朗特遷居山中之後，能製取大量磷質，或者可由此將「哲人石」——歐洲當時迷信之製金原料——發現。但布朗特並未移居山中，僅居罕諾弗約五星期。此時在城外製取磷質，並依合同上所規定者將祕方指示於來布尼茲。隨後來氏依法製造，並將一部分製出品，寄與物理學家海根斯 (Christian Huygens) 氏。此時海氏正在巴黎研究光的性質 (1) (5)。因此可知來布尼茲可算是製取此種新元素的第四個人。若按次序舉出，則第一人為布朗特，第二人為克拉夫特，第三人為孔柯爾，來氏則為第四人 (1)。

布朗特博士後來因為入不敷出，頗感生計困難，曾寫信與來布尼茲，聲言按月所入既不足償付旅行川資，又無以贍養家室。布朗特夫人也有信埋怨來布尼茲。並且她的丈夫又嚴責克拉夫特

氏，說他誘惑他拒絕柏策氏的請求，而誤信了來布尼茲。後來又因為克拉夫特在英國舊磷而得到一千泰勒一事，大為震怒。

一六七八年十二月二十四日，克拉夫特博士把這封信轉寄來布尼茲，並謂『你說布朗特氏曾寫了一封憤怒的信給你，現在我附上他寫給我的信，請你比較究竟他對於那個人的話更厲害』（1）。這時來布尼茲曾勸告伯爵，請他增加對布朗特的待遇。他的意思，一半是同情於布氏的處境困難，一半也是想借此以阻止他把祕方再轉售給別人。

這個辦法，總算止了布朗特博士的忿怒，所以在一六七九年他決意再來罕諾弗，預備製取大量的磷質，同時還想把其他種種祕方，一同公開。這次的條件，布朗特除享受免費的膳宿之外，每週得報酬十泰勒。由他這次所寫的第二封信，可以查出他這次為腓特烈伯爵工作兩月。現今在罕諾弗圖書館所存的布朗特的函件，其最後一封的日期是一六八二年八月二十三日。但來布尼茲說這人在十年之後還是活着（1）（4）。因此培忒斯（H. Peters）氏認為在漢堡或他處一定還有布朗特遺下的信件。

來布尼茲曾把布朗特的製磷法，告知巴黎的契思豪的窩爾忒公爵（Count Ehrenfried Walter von Tschirnhaus 1651-1708），並依公爵的請求，附寄他一分樣品。再後，當契思豪的公爵在皇家學院（Royal Academy）的歷史上，把布朗特與來布尼茲二氏的磷素製取法，刊佈問世，因此科爾培爾（Jean-Baptiste Colbert）就推薦他為法國國家科學院的會員。一六八二年七月二十二日，他居然應選了。據培忒斯博士的考究，這種製取法，同時在一六八三年藍木瑞（Nicolaus



圖一八 來布尼茲像

(Gottfried Wilhelm Leibniz 1646-1716)

德國大學者之一，精通數學，哲學，史學和科學，且為微分的獨立發明人。來氏與布朗特（Brand）氏及克拉夫特（Krafft）氏有私誼，並著有『磷之發現史』，其中附述布朗特，克拉夫特，孔柯爾（Kunckel）及柏策（Becher）四人生平傳略。

Las Lémery) 氏所著的化學教本 (*Cours de Chimie*) 第五版上也載過 (1)。

克拉夫特氏到英國之後，就在英皇查理斯第二 (Charles II) 的宮中將磷展覽，同時並呈獻予當代學界聞人波以耳 (Robert Boyle) 氏 (1) (4) (6)。這位英國科學大家，事後亦能自行製取，惟方法略異；在十七世紀一切化學家之中，要以波氏對磷之研究最為清楚 (1)。

當孔柯爾氏自認製磷祕方久已失傳而他又獨自重新發現的時候，荷木柏格曾幫他辯護，但來布尼茲氏立刻為布朗特博士的權利而辯護，並鄭重聲言，謂在克拉夫特和孔柯爾二氏向全世界宣傳磷之後許久，那位真正的發現人依舊在世；他對於自身所受不公平的待遇深致不滿 (1)。克拉夫特氏於一六七九年刊布他的祕方，但一六九二年布朗特博士依然在世，即至一七一〇年來布尼茲尚未接到他去世的消息。亨克荷次氏有一次曾對漢堡大科學家布朗特氏表示過下列的敬意：

「……宇宙間萬物都有牠們的存在時間，生命 (*Vitalis Inertia*) 亦復如是。布朗特氏的精力，朝夜消耗，日見衰頹，到最後終隨其他優美的貢獻同歸於盡了。但他所發明的出類拔萃的火

光（磷）全從技巧中得來，現雖時去人亡，可是這種發明的光芒，將長留在我們的記憶之中……比他的生命在最光榮的時代，還光耀得更久。他的友人和敬仰他的人，聽到他逝世的消息，都感到滿懷的失望……」（15）。

照來布尼茲氏意見，布朗特不是一位愛守秘密的人。他爲了當時微薄的報酬，和將來可得大宗款項的允諾，便很快將一切製法告訴克拉夫特和孔柯爾二人了（1）、（4）。孔柯爾此後在家裏試驗這個祕方，最初迭遭失敗，會寫幾封訴苦的信給布朗特；但是漢堡的這位化學家因爲後悔他的祕方售價太低，所以隻字不覆。同時孔氏所用的是實驗法（去除錯誤法），又錯誤而不確實。只因他曾親眼見過布朗特氏做試驗，並熟知布朗特的蒸餾器裝置法，所以最後校正了錯誤，終於製出磷素——因此他纔敢自認爲磷的發明人（1）、（4）。

一六七六年六月二十五日孔柯爾氏由威丁堡（Wittenberg）寫給布朗特一封信，問他製取磷素的詳細方法，請他用最祕密的文字回覆，務使別人難於瞭解；並且他願保證別無他人會有機會偷看這封信。他又埋怨布朗特，說他把磷送給克拉夫特和潘斯特大厦（Post House）的牧



圖一九 亨克荷次畫像

亨氏傳略已詳於圖一七的附說。此像為弗圖(George Vertue 1718)氏所作，其半身像兩傍所陳列的儀器，都是製磷時應用的。左方有火爐和收容瓶，以收取成品；然後用杓移入模型，做成棒狀，惟一切手續皆在水下操作。像的下方，有燃燒的磷和一隻鸞鳳，寓有「火」和「永久」的意義。

師，所以要求他從此不可再分贈任何人。孔柯爾這時稍稍改變布朗特的取磷法在蒸餾前他加入沙土於尿中，後來在一六七六年六月他把這個新法告訴他的友人威丁堡城的克去買而（*Caspar Kirchner*）氏。克氏當時任威丁堡大學教授，他就把這新法著爲論文發表了。孔柯爾是否會親自製出大量的磷素，吾人已不得而知，但在他的磷素史的末尾，他寫道：『我無論如何，不再製取牠了，因爲由牠可以得到很多害處。』（2）（3）

培忒斯博士研究這些舊信後所下的結論，認爲孔柯爾並沒重新發現過磷素，他只是採用布朗特的方法製取了少許；所以即使世間沒有孔柯爾這人，我們依然可由克拉夫特、來布尼茲和波以耳三人的努力，將磷素的製法傳留於世（1）。

波以耳氏著過一篇論文，題曰空氣中的夜光物（*The Aerial Noctilucan*）。其中說過『一位經驗豐富的化學家克拉夫特先生（*Mr. Daniel Kraft*）會來訪問我，同時把液體和固體磷指示給我和我的朋友們觀看……關於稀罕的汞，他想由我得一些知識……在臨別時，他（克拉夫特）自願向我洩露一部分祕密。他說磷素的重要成分，乃是人體上的東西……』（6）（19）。

一六八〇年九月三十日，波以耳氏會親自完成了製取發光元素的功業。兩星期之後，他把製取的方法交於皇家學會的祕書，要他們祕密收藏；約定在他死後纔可以打開公布。

波以耳氏的助手亨克荷次 (Hankwitz) 氏，名哥德夫利 (Ambrose Godfrey) 會把製磷的方法，一再改良，從事大規模製造，終於發展為商品，運銷於歐洲的科學家 (8) (9) (17)。亨克荷次 氏被這位名師由德國帶至英國的時候，他還年幼，後來他在美頓來 (Maiden Lane) 建立鍋爐廠和蒸餾廠，並曾旅行過荷蘭、法國、意大利和德國。在倫敦他開設一間藥店，頗負盛名；他的名聲之大，可由這件事證明。據說有一次柏林有人寄他一封信，信封外僅寫着『倫敦著名化學家哥德夫利先生收』幾個字，他居然收到了 (15)。在英國他用名子 Ambrose Godfrey 二字作姓名，至於他的德文姓 Hankwitz 一字，僅在正式函件上纔採用。

從一七二一年到一七三三年間，他和斯隆爵士 (Sir Hans Sloane) 往來的信件，至今還保存在大英博物館裏 (18)。一八五八年杏斯 (Joseph Ince) 氏曾根據亨克荷次的信件、日記和筆記等，給他寫了一篇有趣味的傳記 (15)。這位波以耳的大弟子，雖用磷做了許多危險的實

驗，享年猶至八十。一七四一年正月十五日，他始謝世，遺下三子，取名波以耳（Boyle）、恩波羅斯（Ambrose）和約翰（John），皆致力於科學，與父有同好。

亨克荷次氏對於磷的製法，嚴守秘密。一七三三年他在刊佈的一篇論文上，對於磷的製法祇含糊地說了幾句。那時他離開波以耳的研究室已有四五十年之久（8）（10）。他的三個兒子也都祕而不宣，其中一位曾說道：

『孔柯爾氏由尿製磷一事，波以耳先生和荷木柏格先生（Mons. Homberg）諸氏均有介紹；但現在我要請求諸位原諒我，因為我不便把牠的製法公開，或超過我父親於一七三三年在皇家學會所啓示的限度以外。』（16）

在年高的亨克荷次印行那篇含糊不確的製磷法的論文以後二年，他應許御醫亨潘博士（J. H. Hampe）的勸告，遂把祕方公之於世（8）。這事不多年之前，柏林的休潘忒博士（Max Speter）在一個出乎意料的地方，發現了這個失去很久的祕方。夫頓堡著名鑛廠的律師韓克爾（Johann Friedrich Henckel 1679-1744）氏在其已刊印的信件中，有一封是亨潘博士於一



圖二〇 休潘忒博士

德國化學史家，著有部爾哈未 (Boerhaave)，緒弗理 (Geoffroy the Elder)，馬格拉夫 (Marggraf)，卜拉克 (Black)，拉瓦錫 (Lavoisier)，格累姆 (Thomas Graham) 和 康尼乍羅 (Cannizzaro) 諸氏的傳記。曾為大化學家列傳 (*Das Buch der grossen Chemiker*) 一書撰稿。1929年休氏發現波以耳和亨克荷次二氏的製磷方法，此法已失傳二百餘年。

七三五年八月二十九日由倫敦寄他的回信(8)、(11)。信中他回覆韓克爾氏所問種種關於亨克荷次氏和其祕方的問題，亨潘博士寫道：「那位波以耳的著名助手，至今還生在世間，但因年老健忘，所以由他那裏所得的消息極少。」因為亨潘氏反覆請教這位老人，結果總算把韓克爾氏

渴望已久的製磷祕方的要點，都已得到。亨潘博士叫韓克爾氏把一切在製磷時所遇的任何困難，都隨時開給他，以便在需要時，好去再請教這位年老的亨克荷次。

從這封信上，我們可以看出這個祕方的要點，是蒸餾固體和液體排泄物的混合體，但其最重
要的關鍵，即一切手續必須在水中操作。尤其是當製成品灌入模型中，或把製成品切斷的時候，更
要預備多量的水在面前（8）、（11）為避免重覆蒸餾和精製（rectification）的手續起見，亨
克荷次氏曾在水下將磷壓穿皮革，借以除去雜質。同年九月九日，亨潘博士在致韓克爾氏的第二
封信中，又把製磷的其他要點通知韓氏。十月十五日他再給信韓克爾，請他千萬不可洩漏於外人，
並提議磷素的實驗，彼此間則一切公開（8）。

早在一七三一年，韓克爾氏已從來比錫的藥劑師令克（Johann Linck）氏處，學會了孔柯
爾製磷法。令克氏在一七三一年五月二十九日所發的信上，已提及英國亨克荷次有較良的製磷
法，惟不知其詳（8）、（11）。

韓克爾的門人馬格拉夫（A. S. Marggraf）氏於一七四三年發明了一個比較優良的製磷



圖二一 令克氏像 (Johann Heinrich Linck 1675-1735)

令克氏為德國來比錫藥劑師，曾將孔柯爾氏的製磷法介紹與韓克爾 (J. F. Henckel) 氏。『金獅』商標藥房，由令克家人經營三代之久，他們私人的『自然史和藝術的博物館』，著名德國 (採自 Ferchl 著 *Apotheker-Kalender* 1932)。

法，所用的原料爲尿（12）（13）（14），不過當時製磷的營業，不如以前得利爲多，因此他就把製法公佈了。據馬格拉夫氏所云，這種新法是依韓克爾氏的建議用氯化銨、碳酸鉀、陳尿和鉛的燬渣（calx of lead）四者合煮，而後再加蒸餾手續，即得上品的磷素。據米爾克（Mielcke）氏的意見，尿中的磷鹽（ $\text{NaNH}_2\text{HPO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ）在加熱之後即成磷酸鈉（ Na_2PO_4 ），同時碳酸鉀和碳二物，把氯化鉛和氧化氯鉛二物還原爲鉛；其他碳和鉛，就把磷酸鈉還原成高磷酸鈉和磷了（12）。

馬格拉夫和韓克爾二人間關於討論製磷法所往來的信件，休潘忒博士也都研究過。

* * * * *

柏林的休潘忒博士對於磷素的初期歷史，曾給作者極多重要的參考材料，謹書此誌謝。

參考材料

- (1) Peters, Hermann, "Geschichte des Phosphors nach Leibnitz und dessen Briefwechsel," *Chem.-Ztg.*, 26, 1190-8 (Dec. 13, 1903).
- (2) Knuemel, "Vollständiges Laboratorium Chymicum," 4th edition, Rüdigerschen Buchhand-

- lung, Berlin, 1767, pp. 605-9.
- (3) Davis, T. L., "Kunckel and the Early History of Phosphorus," *J. Chem. Educ.*, **4**, 1105-13 (Sept., 1927).
- (4) Leibniz, "Geschichte der Erfindung des Phosphors," *Crelt's Neues chem. Archiv*, **1**, 213-8 (1784).
- (5) "Oeuvres Complètes de Christian Huygens," Vol. 8, Soc. Hollandaise des Sciences, The Hague, 1899, pp. 217, 236, 238, 248-9, 251-2, 256-7, 267; *ibid.*, Vol. 10, 1905, pp. 638-9, 696-7.
- (6) "The Works of the Honourable Robert Boyle," Vol. 4, A. Millar, London, 1744, p. 21.
- (7) Boyle, "A Phosphorus," *Phil. Trans. Abridgment*, 5th edition, **3**, 353-4 (1749); *Phil. Trans.*, **17**, 583-4 (Jan., 1692).
- (8) Speyer, "Zur Geschichte des Trin-Phosphors: Das entdeckte Phosphor Rezept von Boyle-Hanckwitz," *Chem-Ztg*, **53**, 1005-6 (Dec. 28, 1929).
- (9) Smith, E. F., "Forgotten Chemists." *J. Chem. Educ.*, **3**, 39-40 (Jan., 1926).
- (10) Hanckwitz, "Some Experiments on the Phosphorus Urinae, with several Observations tending to explain the Nature of that wonderful Chemical Production," *Phil. Trans.*, **38**, 68-70 (1733-4); *Phil. Trans. Abridgment*, Ref. (7), **9**, 373-0 (1747); *Crelt's Neues chem. Archiv*, **3**, 6-14 (1785).
- (11) "Minerakogische, Chymische, und Alchemistische Briefe von reisenden und anderen Gelehrten an den ehrenvollen Chürfürstlichen Berg-rath J. F. Henckel," 3 Vols., Waltherische

- Luftmahlung, Dresden, 1794-95.
- (12) Buge, "Das Buch der grossen Chemiker," Vol. 1, Verlag Chemie, Berlin, 1929, pp. 231-4. Article on Marggraf by Fiedler.
- (13) Marggraf, "Verschiedene neue Arten, den Harnphosphorus leichter zu verfertigen, und ihn geschwind aus Phosphon und einem besondern Harnsalze zusammenzusetzen," *Crelt's Neues chem. Archiv*, 3, 300-3 (1785).
- (14) Speker, "Zur Geschichte des Marggrafschen Urin-Phosphors," *Chem.-techn. Rundschau*, 44, 1049-51 (Aug. 13, 1929).
- (15) Ince, "Ambrose Godfrey Hanckwitz," *Pharm. J.* (1), 19, 126-30, 157-62, 215-22 (Aug., Sept., Oct., 1858).
- (16) Ince, "On the Discovery of Phosphorus," *ibid.* (1), 13, 280-2 (Dec., 1853).
- (17) Gore, G., "On the Origin and Progress of the Phosphorus and Match Manufactures," *Chem. News*, 4, 16-8 (July 13, 1861).
- (18) Stephen and Lee, "Dictionary of National Biography," Macmillan and Co., London, vol. 22, 1890, pp. 30-1. Article on Godfrey or Godfrey-Hanckwitz.
- (19) "Nitrogen and Phosphorus: A Classic of Science," *Sci. News Letter*, 22, 102-3 (Aug. 13, 1932). Reprint of Boyle's "Aerial Noctluca," Ref. (8).

第四章 十八世紀的金屬元素

十八世紀所分析而得的元素共有十五種之多，本章先舉鋅、鈷、鎳、錳四種加以說明，其他容在以後介紹。發現這四種元素中後三種的化學家，皆瑞典人。當時的化學家如馬格拉夫（A. S. Marggraf）、布朗特（Georg Brandt）、克隆斯塔特（A. F. Cronstedt）和甘·佐罕氏，都是第一流的學者，對於上述四元素的鑑定和分離，皆有很大的貢獻；而且他們的嘉言懿行，也足為我們後人所師法，望讀者注意。

*

*

*

*

*

「在科學國度裏的生活，就是要曉得怎樣去使自己滿足、自由和快樂。倘使有一個人很熱烈地追求牠，那麼就有很多人可以進入牠的大門了。」（1）

鋅

在提製金屬鋅 (zinc) 成功以前，古人採用鋅礦以製黃銅合金，大約已有數百年之久。古代的冶金家所用的儀器簡陋，不能凝集鋅的氣體，以致散逸，故無從取得鋅的單體。據古代科學史權威



圖二二 馬格拉夫像

(Andreas Sigismund Marggraf 1709-1782)

德國大化學家，曾指出木灰 (potash) 和蘇打 (soda) 的區別，並由黏土發現一種氧化物，今日名爲礬土 (alumina) —— 爲製鋁的原料；又曾證實苦土 (magnesia)，及由異極礦 (calamine) 分出鋅元素。由甜菜製糖，也是馬氏最初發現的。

李白曼 (E. O. von Lippmann) 氏考究亞力士多德、普利尼和代俄斯科利提斯三氏著作的結果，均無討論銻的地方，但在歐洲德蘭斯斐尼亞多爾多須的廢墟上，發現一尊史前的偶像，依化學分析的報告，謂其中含銻質百分之八十七點五（八七·五%）。這尊偶像出國的地點，係古國達謝 (Dacia) 所屬的疆域 (2)。印度加爾各答大學化學講座累 (P. C. Ray) 氏的考證，他說一三七四年印度有一位名叫馬丹阿巴拉 (Madanapala) 的皇帝，即認銻為一種金屬 (3)；因此我們可以假定提煉銻鑛的方法，最初由印度人所發明，以後流傳四方，但第一次所傳入的地方是中國，在中國明思宗崇禎十年（即一六三七）刊有天工開物（註一）一書，其中曾敘述銻的冶鍊法和用途 (2)。

（註一）素封案天工開物一書，為明思宗崇禎十年（一六三七）宋應星所著，其第十四卷附有「倭鉛」一段，述倭鉛的提煉法甚詳，倭鉛即今日之銻。應星曰：「凡倭鉛古書本無之，乃近世所立名色。其實用爐甘石熬煉而成，繁產山西太行山一帶，而荆衡為次之。每爐甘石一觔，裝載入一泥罐內，封果泥固，以漸研乾，勿使見火拆裂；然後逐層用煤炭餅墊其底，鋪薪發火，煨紅罐中。爐甘石銻化石團，冷定毀罐取出，每十耗去其二，即倭鉛也。此物無銅收伏，入火即成煙飛去，以其似鉛而性猛，故名之曰倭云。」案爐甘石今稱曰菱銻礦 (smithsonite)，其成分為 $ZnCO_3$ ，本

韋綱目卷九說爐甘石或稱曰爐先生。『川蜀瀘東最多，而太原、澤州、陽城、高平、靈丘、岢嵐及雲南者為勝……其塊大小不一，狀似羊腦，鬆如石脂。……』此外如格物要論、物理小識均曾提及爐甘石，近人王鑠先生著中國古代金屬原質之化學（科學五卷六期 p. 515-524）考據特詳，可資參考。茲採天工開物的「升煉倭鉛」如下，以承三百年前我國煉鉛的一斑：



升煉倭鉛

在歐洲人發明鋅的鑄鍊法以前之一百年間，他們所用的鋅，全由葡萄牙商人運自遠東(4)，十六世紀德國冶金學者阿基柯拉(Georgius Agricola)氏，曾說過西利西亞(Silesia)地方用火爐製鋅(zincum)的經過。在普魯士哥斯拉爾(Goslar)的錫廠裏，嘗有微量的鋅質發生，此乃煉錫時所得的副產物；羅乃斯(G. E. Lohneys)氏敘述當時的製鋅法，曾謂「錫廠的鑄爐裏，如果四周的爐牆上有孔隙，未曾用泥塗塞，即有鋅(zinc 或 counterfeht)漏出。如將爐壁刮開，下承碗，即可收得。只因這種金屬價格不高，所以廠主常允工友自行收取，以作額外的酒錢(trinkgeld)」(18)(2)

孔柯爾和司太爾(Georg Ernst Stahl)兩位化學家，都相信異極鑛(calamine $H_2Zn_2SiO_4$)中含有一種金屬，能和銅製成黃銅的合金。再後一七三五年，瑞典化學家布郎特(Georg Brandt)氏也以爲異極鑛中若不混雜銅質在內，是不能還原爲金屬的(2)(19)。一七四六年德國化學家馬格拉夫(Andreas Sigismund Marggraf)氏將異極鑛與木炭共置密閉器皿中煨燒，但不放銅質在內，結果曾獲得一種新金屬(20)。牠的硬度、比重以及其他等等性質，都和以前所得

的金屬相異(2)、(19)。從此，鋅就便成爲一種獨立的金屬了。

幾種瑞典的金屬

在十八與十九兩世紀之中，瑞典化學家所發現的新元素，比其他任何國家的化學家爲多。在瑞典，一方面因爲所蘊藏的「稀有鑽石」豐富，另一方面由於大化學家和鑛物學家輩出，羣起努力，所以當磷素偶然被人發現後一百年內，瑞典化學家就繼續發現了鈷、鎳和錳三種新元素。

鈷

鈷 (cobalt) 的發現人布朗特 (Georg Brandt) 氏，一六九四年六月二十六日生於瑞典登士特曼蘭德省 (Vestmanland) 的李達爾海答 (Riddarhytta) 及長卽入著名當代的烏布薩拉 大學學習化學和鑛物學。再長，也同其他歐洲的化學家一樣，卽遍遊各國，隨地攻讀，以完成他的教育。遊學歸來，供職瑞典政府鑛業部，擔任造幣廠的試金科科長，因爲他有豐富的學問和識見，所以

貢獻頗多。此外，他又兼任瑞京斯德哥爾摩化學研究室的所長；在此經營規劃，不遺餘力，指導研究，聲譽遠揚。因此遂被斯德哥爾摩研究院（Stockholm Academy）聘為會員，名重一時；他有很多篇重要的研究報告，都是在這個研究院的院刊上發表的（6）。

布朗特氏在科學上最大的貢獻，要算他發現的金屬鈷。古代的希臘人和羅馬人，常利用鈷的化合物來製造有色玻璃，使牠發生美麗的深藍色；埃及人曾用牠做人工寶石的染色劑。巴拉塞爾士在他的著作裏會提到『鈷』，這是文化史上提到這種金屬的第一次（7）。依據柏特羅（Barthelot）氏的意思，他說在十三世紀以前一定有人會提得金屬鈷，因為當時鍊金術士已經曉得提鍊鈷鑛的方法，和還原鈷鑛的手緒，不過他們還不能提鍊出純淨的金屬鈷，又不知道這種金屬和其他金屬的區別而已（7）。

十六世紀歐洲的玻璃工人，會採用一種鑛石作為製造有色玻璃的材料，可使玻璃染成深藍色，但不知其成分。這種鑛石和銅鑛相似，與酸相遇即變深藍色的溶液；不過有一點不同，即不能使玻璃著色。因為這種鑛石有這種特異的性質，所以當時的人就叫牠『地下小魔』，呼作『古巴特』。

英文的 Cobalt 是由德文的 Kobolt 而來的（漢文術名爲鈷）。這種善於作祟的「古巴特」在德國詩聖哥德（Goethe）氏所著的浮士德（Faust）上有下邊一段話：

火精燒掉，

水精飄掉，

風精消掉，

土精勞掉，

你假如不知道這四大的力量，

不知道這四大的性情，

你不能制服這些魔怪，

你不能克服這些妖精。（註一）

（註一）詩的譯文係採用郭沫若先生所譯的浮士德，由前現代書局出版。本書原著者韋刻思女士所根據的英譯，茲照

蘇丹尼非兒(蘇丹)蘇丹尼非兒

Salamander shall kindle,

Write nymph of the wave,

In air sylph shall dwindle,

And kobold shall slave.

Who doth ignore

The primal Four,

Nor knows aright

Their use and might,

O'er spirits will he

N'er master be (8).

按古代德國人的迷信傳說，認為這個「地下小魔」最喜歡騷擾採礦的工人，鬧得他們不能一刻平安；因此在礦區的人民，往往在教堂裏向上帝祈禱，希望救主能鏟除地下小魔的惡勢力

(7)。

一七三五年布朗特氏證明鉍鑛裏含有一種可生藍色性質的金屬，用火力煨燒以後，可以由鉍鑛中提取而出。一七六八年四月二十九日布朗特氏在斯德哥爾摩城逝世，當時各國的科學界，無不表示深沈的悲悼。在十八世紀的化學界中，他可算是一位很有能幹的學者(6)。

鎳

發現鎳元素(nickel)的是克羅斯塔特·阿克塞爾·夫利德利赫(Axel Friedrich Cronstedt)氏，一七二二年十二月二十三日生於瑞典瑟德曼蘭特城(Södermanland)(5)。克氏的父親充任軍官，素重視兒子的教育；這個孩子自幼即表現對於物理科學和數學的特別天才。及長，克氏離校之後，即服務鑛務局，充冶金技師，對於國家的鑛業貢獻極大。因為他的態度正大光明，又能發明這種有用的鎳質，供給世界人類的應用，所以他的聲譽日隆，為國人所讚美，以至名垂不朽(6)、(24)。

鎳的歷史和鈷的歷史有許多相似之點。譬如鎳的合金在中國的古代稱做白銅(paktong) 〔paktong〕其時代遠在歐洲人應用白銅之前(7)(23)。在德國有一種質重色紅的鑽石，表面上帶着青色斑點，在玻璃製造上用牠染成綠色。當時採鑛的工人，都稱牠做「尼克爾銅」(Kupfernickel) (21)。「尼克爾」(nickel)的義意和上面說的「古巴特」相同，是指一個騙人的小鬼；因此尼克爾銅這個名詞，可以就意譯作「假銅」(false copper)。一六九四年希爾奈(Hierne)氏曾發表一篇關於金屬的著作，認為這種「尼克爾銅」乃是鈷或砷與銅相混而成的一種合體，——這種見解，可說是真理的胚胎(7)。

「尼克爾銅」溶解酸中，成爲一種綠色的溶液，和普通的銅質溶在酸中所成的溶液相同；但據克羅斯塔特氏在一七五一年研究的結果，證明「尼克爾銅」的鑛石的酸溶液，其性質和普通銅的酸溶液完全不同。在他的許多次的試驗當中，有一次他把一個鐵片投進「尼克爾銅」的酸性溶液裏；在他意料中，他認爲銅質不久就會沈積在鐵片的上面，孰料事與願違，等了很久，還沒看見銅的痕跡，遂使他驚訝不已。但在今日毫無足奇；因爲「尼克爾銅」裏不含銅質，乃是學者皆知

的事實(9)。這種當時稱做「尼客爾銅」的鑛石，現在名為紅鎳鑛石(nickelife NiAs)。受過風雨浸蝕的「尼客爾銅」鑛石，牠的表面上每每有綠色結晶生出；克羅斯塔特氏將這種綠色結晶置木炭上煅燒，則還原而為一種白色的金屬，其性質和銅幾乎迥異。後來經他仔細研究一過，發現牠的物理性質、化學性質和磁性等等，完全和已知的任何金屬不同，因此他決定這是一種新金屬，定名為 nickel (漢譯術名為鎳)，並將發現的詳細情形發表於斯德哥爾摩科學院的院刊(7)(21)。

他說：

『這種鹽或礬類(vitriol)經過煅燒以後，即變成灰黑色的塊渣；若再加入三分的黑熔劑而溶化之，即成一種粗製的金屬(negulus)，其產量計每原料一昆達(quinial)(註1)出金屬五十磅。這種粗製金屬的表面，帶有微黃的色澤，然而牠的斷面即現出銀白的光彩，閃閃奪目，其形態亦若由許多小薄片所組成者，完全和鈹的斷面紋理相似。牠的物性硬而且脆，微微感受磁石的吸引，煅燒以後即變成黑色粉末；這兩種性質，乃是由鐵質傳到鎳鹽之中的。所得的粗製

的金屬，能溶在硝酸(aqua fortis)王水(aqua regia)和鹽酸(spirit of salt)中，而成綠色溶液，並有黑粉沈澱。這種黑粉倘使用玻璃吹管吹熱，即可顯示含有燃燒素(phlogiston)的色彩，以及金屬部分等等。』(7)(21)

(註一)素封案昆達指一百磅或一百二十磅的重量。

在上段所引克羅斯塔特氏的記載裏，他說鎳帶有極微磁石感受性，現在已經證明這乃是鎳素固有的性質。一七五四年他將尼客爾銅和黑熔劑(black flux)二物，混置坩堝中，其上用食鹽蓋了一層，再用強火煅燒，結果不僅將氧化物還原為金屬，並將所鍊得的鎳也熔化了。從前所謂的假銅，纔知道是鎳的砷化物！

克羅斯塔特的論文發表以後，瑞典國內和國外有很多化學家承認這種新元素，不過法國方面有兩位化學家不表同情。這兩個人一位名叫薩季(B. G. Sage)，一位名叫謨耐(Monnet)，他們以為克氏的鎳，乃是鈦、鐵、和銅的混合物(22)(7)。在事實上當時所提得的鎳裏，常含有鐵、砷和鈷等等雜質在內，因此就有一位著名的分析化學家，做了很多極費心機的實驗，取得了純

度很高的金屬鎳。一七七五年這人將所得的結果，刊行問世；他說他用鐵、砷、鈷和銅四種元素所製成的混合體，而試驗其性質，發現絕對與鎳不同，因此斷定鎳決不是鐵、鈷、砷及銅的混合物，並進而證實克隆斯塔

特的發現是對的。這位化學家名叫柏格門·托柏侖 (Torbern Bergmann)，乃世界上分析化學的先驅。柏格門的弟子中，有一位名叫阿爾費特孫 (G. A. Arfvedson) 的，一七七五年在烏布薩拉發表一篇論文，極力擁護他先生的主張 (7)。

關於鎳這種新金屬，雖然有上述的證據，然而還有許多守舊的化學家仍然不願意承認牠。即如一七九六年，尼古生 (William Nicholson) 氏所著的化學初步 (First Principles of Che-



圖二三 薩季氏像

(Balthasar Georges Sage 1740-1824)

法國燃燒素學說派 (phlogiston school) 的分析化學家和礦物化學家；1786年著有化學分析 (Analyse Chimique) 一書，對於煤炭，黏土，水及其他多種礦物的分析試驗法，都有討論。

mishry) , 其中還有否認鎳的言論, 茲錄如下:

「這種金屬物質至今仍然沒有用處, 至於一般化學家對牠所最注意的地方, 就是想取牠的純淨的物質; 但這種純淨的金屬至今還沒有人能得到……有的人以為鎳是鐵的變形體。在
未有人能從純鐵或純銅製成這種金屬以前, 並且還沒有人能詳細說明製造時的手緒, 我們覺得還是仍然承認牠是一種具有種種特殊性質的特殊物質為合理。化學界一般意見都是同情



圖二四 柏格門氏像

(Torbern Bergman 1735-1784)

瑞典化學家, 礦物學家兼著作家, 著有理化大綱 (*Opuscula Physica et Chemica*), 計六大冊。柏氏還是一位著名的導師, 他的學生中有發現的很多, 例如甘·佐罕 (Gahn) 發現錳, 挨爾木 (Hjelm) 發現鉬, 得爾徐埃爾兄弟 (d'Elhuyar brothers) 發現鎢是。

這種主張的。』(10)

克隆斯塔特氏不但發現了鐳，並且又發明一種極方便的礦物分類法。這種分類法，曾被人譯許多國的文字，又被許多學者所採用，所以他備受學術界所欽佩。克氏的科學聲望遠揚各國，柏齊力阿斯 (Berzelius) 氏曾稱譽他說：

「克隆斯塔特氏是一位依化學的體系來研究礦物學的創始者，他有了科學上精確的天才，能用一隻吹管來做礦物分類的工作，所得的成績，遠超當代任何人之上。」(11)

他用一隻吹管做實驗，運用靈活，不感厭惡，又無礙身體的健康，誠如柏齊力阿斯氏所說，必須有特別的訓練纔可；在當時很少別的化學家有這種本領。克隆斯塔特還能運用一支蠟燭的火焰，把細如針尖的物體，燒到白熱(11)，這也是別人難能學到的。雅格奴 (Jagannuk) 氏說過，克隆斯塔特和林滿 (Rimann) 兩人共同計畫出一套蒸餾鋅質的設備，可以證明他們兩個人「不但是鑛石學家，並且是冶金學上的能手」(4)。克氏除了上述的貢獻之外，他還發現一種沸石 (zeolite)，其成分屬矽酸鹽，能使「硬水」變軟，在工業上用途極廣。關於此事，克氏曾於一七五六年著文公

佈。一七六五年八月十九日，克氏死於瑞典斯德哥爾摩時年僅四十三歲。

錳

當克隆斯塔特逝世的那年，這位被世人公認為發現錳的人恰好二十歲。他的姓名是甘·佐罕 (Johann Gottlieb Gahn)。一七四五年八月十九日，甘氏生於黑爾星蘭德 (Helsingland) 南部一個名叫服斯拿 (Voxna) 的鐵鑛鎮上 (5)。甘自幼失怙，無人撫養，迫至鑛裏作工，以維持生活。在少年時代，他就嘗盡了工人的種種甘苦，也做慣了『最低層和最溼部分的鑛洞苦工』 (17)。說到他的教育，他起初在柏格門 先生的 (Bergman) 指導之下，



圖二五 甘·佐罕氏像
(Johann Gottlieb Gahn
1745-1818)

瑞典化學家、鑛物學家，探鑛工程師，曾發現金屬錳。此外，甘氏又經營工廠，提製銅，硫磺，硫酸和紅色赭土 (red ochre) 等等出售。

努力學習鑛物學，因而養成精審觀察的習慣，仔細分析的方法，終成爲當代著名的鑛物學大家。他和克羅斯塔特一樣，因爲愛用吹管而成吹管分析的專家。據柏齊力阿斯氏所說，無論他到什麼地方，甚至短期的旅行，吹管總是不離身旁的。有一次甘·佐罕表演某種紙中含有銅質的試驗，將那張紙的四分之一燒成灰質，然後用吹管加熱，使得那種紅色金屬的微粒顯露出來；那時這位年輕的柏齊力阿斯站在他的側面，看得又驚奇，又羨慕（11）。當甘·佐罕和徐萊發現骨中含磷之後，徐萊便設法從骨中分析磷了（12）。

黑錳鐵 (braunstein 或稱 pyrolusite) 這種東西，常被鍊金術用做漂白玻璃的材料。柏林的玻璃和瓷器專家包德 (J. H. Pott) 氏，會於一七四〇年論到牠的成分，說其中所含的土質與世界上所已知的任何元素完全不同（13）。克羅斯塔特氏在他所著的鑛物學體系 (System of Mineralogy) 一書中也有同樣的意思。當時的人分不出『黑錳』 (black magnesia) 和錳的區別。但在柏格門氏的心目中，早已知道錳不是屬於鹼土族化合物的苦土 (magnesia)，乃是另一種物質，關於這點可由他的下邊一段話證明：

『普通所謂之黑苦土 (black magnesite) 乃是一種新金屬的燬渣 (calx) (按指其氧化物) 這種新金屬不應該和石灰或白苦土 (magnesia alba) 相混的。』

柏格門氏用了許多種方法，終不能使牠還原 (13) (25)，因此遂把這個問題交給他的朋友徐萊去研究了。徐萊得到這個問題以後，費了三年的實驗功夫，纔得到結果；後來又著成錳及其性質 (*Concerning Manganese and its Properties*) 一篇論文，於一七七四年送呈斯德哥爾摩國家科學院發表。他在這篇論文裏，更宣佈世間有所謂『氣體元素』的存生，如氧氣和氫氣之類，而立下將來發現鎂與錳等等金屬的基礎。徐萊氏認為錳乃是一種新金屬的氧化物，以前並無人認識 (26)。可知他對於科學的貢獻實在不小。

當時的化學家，如包德、柏格門和徐萊諸人，雖然都承認金屬錳的存在，但是沒有一個人能夠把牠分析出來。一七七四年甘·佐罕在一隻坩堝的裏面盛滿了潮溼的木炭末，又把用油調過的軟錳鏞 (pyrolusite) 末放在炭末正中，上面蓋上一層木炭末 (25)。更用一隻坩堝罩着，用泥封起，加熱約一小時，然後當他把坩堝蓋打開的時候，忽見坩堝內還原出鈕扣一般大的金屬錳，其重約

當鐵末原量的三分之一左右(13)。甘·佐罕因爲完成了這種很難還原的工作，而分出這種重要的金屬錳，這是很使我們佩服的。

一七八四年甘氏被聘鑛務專門學校顧問，一八一九年充參政院會議(Diet)的代表，在政治上這個會議以主張『自由』著名(14)。他不但是個有名的化學家、鑛物學家，並且也是一位廉潔清官，善於經營商業的幹才。他的確是一位多才多藝的能者，他自己有鑛田，又自己擔任開採和冶金的工作，又會發明新的工業製造法；在他的硫酸廠裏，柏齊力阿斯氏曾發現一新元素矽(Silicium)。然而當美國獨立戰爭的期間，美國需要大量的純銅以作製造船殼之用，這時甘氏在斯托拉·考布伯格(Stora Kopparberg)地方的工廠，製出大宗純銅，以供給他們的急需(15)。甘氏的面貌、姿勢和興趣等等，幾乎都和英國的大科學家武拉斯吞·威廉·亥德(William Hyde Wollaston)博士仿佛，因此有人稱他做『斯德哥爾摩城的武拉斯吞』。那位英國科學家後來曾發現了鉑(palladium)和銻(rhodium)兩種元素(16)。柏齊力阿斯曾說過：『他們兩人，可以認爲是一對同胞的兄弟』(16)。托姆松·托馬斯(Thomas Thomson)有一次到瑞典的

法龍 (Fahum) 去拜訪甘·佐罕先生和他的家庭，據他所得的印象，他說：「在他所認識的人當中，甘先生的態度在一切大科學家中最天真、最沈靜、又最令人敬愛的。」他又接着說：「從他臉上的顏色……可以看出他是心地良善的好先生。」（15）

甘氏一生的科學工作，除了發表過關於吹管、精確天秤和冶金的經濟法之外，其餘的都沒有傳流下來，這實在是科學上莫大的損失。一八一八年十二月八日他病死於斯德哥爾摩城，享年七十三歲。至於他的生平履歷，哲學年鑑 (Annals of Philosophy) 上曾略為介紹如次，讀者可以略窺一斑：

「總而言之，我們可以很忠實地說，他（甘·佐罕）不但是一位優秀的實用化學家和精明的機械師，同時在社會上，他還熱心公益，為大衆謀福利；對於朋友，肝膽照人；此外又對鑛工和農民，愛護備至；又在家鄉創辦了貧民養育院，專收養貧苦無援的老弱，他是一位真誠熱烈好學明達的人。世界雖大，但是要想在別處找一位比他更明達更有用的人，恐怕是不很容易的；因此，他祖國的同胞愛戴他和讚揚他，那自然是理所當然的了。」（15）

參考文獻

- (1) Mendeleeff, "First Principles of Chemistry," 5th edition, Vol. 1, translated by Kamensky and Greenaway, Longmans, Green & Co., London, 1891, preface, p. ix.
- (2) Mellor, "Comprehensive Treatise on Inorganic and Theoretical Chemistry," Longmans, Green & Co., London, 1923, Vol. 4, pp. 398-405. Article on Zinc.
- (3) Ray, "History of Hindu Chemistry," 2nd edition, Vol. 1, Onuckoverthy, Chatterjee and Co., Calcutta, 1904, pp. 157-8; 1st edition, Vol. 2, Bengal Chemical and Pharmaceutical Works, Calcutta, 1909, pp. 17, 19, and 22.
- (4) Jagnaux, "Histoire de la Chimie," Vol. 2, Baudry et Cie, Paris, 1891, pp. 209-11; von Lippmann, "Entstehung und Ausbreitung der Alchemie," Springer Berlin, 1919, pp. 591-600.
- (5) Pogendorf, "Biographisch-Literarisches Handwörterbuch zur Geschichte der exakten Wissenschaften," 5 vols., Verlag Chemie, Leipzig, 1863-1926. Articles on Brandt, Cronstedt, and Gahn.
- (6) "Biographie Universelle, Ancienne et Moderne," 85 vols., Michard Frères, Paris, 1811-1862. Biographical sketch of Brandt by Catheaux.
- (7) Jagnaux, "Histoire de la Chimie," ref. (4), Vol. 2, pp. 318-21; L. Gmelin, "Handbuch der theoretischen Chemie," ersten Bandes zweite Abteilung, F. Varrentrapp, Frankfurt

- am Mainz, 1826, p. 1103; Brande, *Met. Dissert.*, 1735, 33; Waite, "Hermetic and Alchemical Writings of Paracelsus," Vol. 1, Elliot & Co., London, 1894, p. 254.
- (8) Goethe, "Faust," part 1, lines 1273-1282. Translation from the "Harvard Classics," vol. 19, P. F. Collier and Son, New York, 1909-1910, p. 51.
- (9) Fritber, "Geschichtliche Entwicklung der Chemie," Springer, Berlin, 1921, pp. 63-4.
- (10) Nicholson, "First Principles of Chemistry," 3rd edition, O. G. and J. Robinson, London, 1796, pp. 363-5.
- (11) Berzelius, "Die Anwendung des Löthrohrs in der Chemie und Mineralogie," Zweite Auflage, 1823; F. C. Phillips, "Chemical German," 2nd edition, Chemical Publishing Co., Easton, Pa., 1915, p. 103; Berzelius, "Om Blåsörrens Användande i Kemien och Mineralogien," Nordstrom, Stockholm, 1820, pp. 1-8.
- (12) Thomson, "History of Chemistry," Vol. 2, Colburn and Bentley, London, 1831, p. 243.
- (13) Jégannux, "Histoire de la Chimie," ref. (4), Vol. 2, pp. 315-6; L. Gmelin, "Handbuch der theoretischen Chemie," ersten Bandes zweite Abtheilung, ref. (7), p. 882. See also Hjeltn, "Versuche aus dem Braunsteinen den Braunsteinkönig (Magnesium) zu erhalten," *Crepell's Ann.*, 7, 158-68; 446-57 (1787).
- (14) Hoefler, "Nouvelle Biographie Générale," Didot Frères, Paris, 1866. Biographical sketch of Gahn by Guyot de Fère.
- (15) "Biographical Account of Assessor John Gottlieb Gahn," *Annals of Potosi*, New Series,

- 8, 1-11 (July, 1824).
- (16) Söderbaum, "Jac. Berzelius Brief," Vol. 1, part 3, Almqvist and Wiksells, Upsala, 1912-1914, p. 242; Emilia Wöhrer-Göttingen, "Aus Berzelius's Tagebuch während seines Aufenthaltes in London im Sommer 1812," *Z. angew. Chem.*, **18**, 1946-8 (Dec, 1905).
- (17) Hoover, radio address of acceptance of the Saunders Medal.
- (18) Bergman, "Opuscula Physica et Chemica," Vol. 2, Mülleriano, Lipsiae, 1792, pp. 309-14.
- (19) Kopp, "Geschichte der Chemie," part 4, F. Vieweg und Sohn, Braunschweig, 1847, pp. 113-20.
- (20) E. F. Smith, "Forgotten Chemists," *J. Chem. Educ.*, **3**, 31-2 (Jan, 1926).
- (21) Bergman, "Opuscula Physica et Chemica," ref. (18), Vol. 2, pp. 231-3; Cronstedt, *Abhandl. der Schwed. Akad. der Wiss.*, **1751**, 293, and **1754**, 38.
- (22) Sage, "Mémoires de Chimie," Imprimerie Royale, Paris, 1773, pp. 116-26. "Essaues de la Mine de Cobalt d'un gris rougeâtre nommée Kupfernickel."
- (23) Baldwin, "The Story of Nickel. Part 1. How 'Old Nick's' Gnomes Were Outwitted," *J. Chem. Educ.*, **8**, 1749-50 (Sept., 1931).
- (24) Kopp, "Geschichte der Chemie," ref. (19), part 4, pp. 157-9.
- (25) Bergman, "Opuscula Physica et Chemica," ref. (18), Vol. 2, pp. 201-3.
- (26) Scheele, "Stimmliche physikalische und chemische Werke," translated into German by Hermbstädt, 2nd edition, Vol. 2, Rothmann, Berlin, 1793, pp. 33-90.

第五章 三種重要的氣體

十八世紀化學家研究問題的興趣，全集中在「氣體」之上；至於當時製取氣體的方法，不外下列三種，即：（一）發酵，（二）將各種化合物加熱，（三）使植物成分或動物成分腐敗。試驗久了，遂發生一種學說，如英儒普利斯特利（J. Priestley）氏所云「氣體有種種不同。」但加萬粒粟（Cacondish）氏「由金屬中所製得的可燃氣體」則完全與拉忒福特（Daniel Rutherford）氏的「濁氣」（mephitic air）和徐萊氏的「火氣」不同。至於今日所謂之氫氣、氮氣和氧氣三種氣體，牠們的製取法和鑑別法，乃是經過真正天才的人努力研究的結果。

* * * * *

「普通的人因為只靠五官來辨別物質的有無，所以往往忽落氣體的存在，以為氣體乃是「無中生有」的東西。」（1）

十七世紀的末葉柏策 (Johann Joachim Becher) 和司太爾 (Georg Ernst Stahl) 兩氏共同創造一種燃燒學說；以為世上凡是能燃燒的物質，其中都含有一種叫做燃燒素 (phlogiston) 的成分，當燃燒的時候，這種燃燒素就變成火焰逸散而去。並且認為金屬的煅渣 (calx) 或氧



圖二六 司太爾 氏像

(Georg Ernst Stahl 1660-1734)

德國化學家，醫生及大學教授，且與柏策 (Becher) 氏共同創立燃燒素學說，著有理論與實驗化學基礎 (*Fundamenta Chymiae Dogmaticae et Experimentalis*)。司氏證實木灰和蘇打的區別，又指出白礬 (alum) 中含有一種特殊的土質。



圖二七 柏策氏像

(Johann Joachim Becher 1635-1682)

德國化學家與醫生，與司太爾 (Stahl) 氏共同創立燃燒素學說。柏氏將自己實驗各種礦物的結果，著成地下物質 (*Physica Subterranea*) 一書；並將對燃燒作用的觀念，著成柏策學派張本 (*Specimen Becherianum*)。

化物之中，含有金屬的本體和燃燒素兩種物質。當時各化學家都迷信這種學說，直到一七七七年，這種錯誤的觀念纔被法國哲人拉瓦錫 (Lavoisier) 氏所打破。就是在這個時期，化學上纔發現出氫、氮、氧三種氣體。

氫

在學術界沒有認識氫 (Hydrogen) 是一種獨立的氣體以前，已經有人知道把牠收集起來了。十五六世紀之交，巴拉塞爾士 (Paracelsus) 氏所說的「氣體在上昇和分散時的確同風相似」(Luft erhebt sich und bricht herfür gleichwie ein Wind) 這句話，往往被人誤認為指氫氣而言的 (2) (37)。豐·海蟒 (Van Helmont) 波以耳 (R. Boyle) 梅猷 (J. Mayow) 和海力士 (S. Halse) 諸氏，好像都認識氫氣。一七〇〇年藍木瑞 (Nicolas Lemery) 氏在巴黎國家科學院的報告 (Memoires) 上也曾述說過牠 (2)。翌年邁爾尼 (Turquet de Mayerne) 氏在死後所發刊的全集上，曾述敘過這種氣體的可燃性 (2)。

論到和氫氣最有關係的早年歷史，那就不能不提到英國加萬粒粟·亨利爵士 (Sir Henry Cavendish) 亨利在尼斯 (Nice) 地方出生，母名安 (Anne)，父系為得文郡 (Devonshire) 和肯特郡 (Kent) 兩公爵的後裔。後來他的母親因為喜歡法國清朗溫和的天氣，就遷移法國住家。他出生的日子是一七三一年十月十日。當亨利年方兩歲的時候，家中遭逢一件最不幸的事情，就是他的慈母離開了人間。這個自幼失了慈母愛護的小孩，後來養成一種過度孤獨和羞怯的習性，從



圖二八 加萬粒粟氏像

(Sir Henry Cavendish 1731-1810)

英國理化學大家，傾信燃燒素學說，為最初指出氫氣與其他氣體不同之學者，並曾獨立發現氮氣。水的化學成分也是由他研究出來的。

不愛過與人交遊的生活。這種性格，當然是和自幼失養有關。年十一，亨利在哈克尼（Hackney）地方入紐卡姆博士（Dr. Newcome）所辦的學校讀書。自一七四九年至一七五三年間，亨利在劍橋大學肄業。只因他在畢業期的前幾天離開了劍橋，所以他沒有得到什麼學位（3）。

加萬粒粟·亨利當父親在世的時候，所過的生活非常平淡，自一七八三年父親逝世以後，他領得一大批遺產，生活就變得裕如了。以後不久，他有一位女親屬（aunt）逝世，又留給他一大宗

遺產，霎時成了一位大財主。俾奧 (Bric) 氏批評他說：「一切有學問的人當中，他是最富的，在一切最富的人當中，他又是最有學問的。」(le plus riche de tous les savants et le plus savant de tous les riches) (4) 這是很忠實的判斷。祇因加萬粒粟氏一生所過的生活，十分樸素，又無室家的耗費，他在銀行裏所存的錢，當他死後所積得的母子金，據說在英國銀行 (Bank of England) 的儲蓄戶裏，算是第一個多的 (5)。

在科學史上一切大發明家的性格，恐怕沒有人比加萬粒粟氏更孤獨的；這句話並不是過甚其詞。他生性最怕見生人，在他的眼睛，幾乎任何人都是生疏的。他一生涉足最多的地方只有兩處，第一是英國皇家學會的聚會，第二是去參加班克斯爵士 (Sir Joseph Banks) 每星期日晚上所請的倫敦各科學家的宴會；除了這兩處地方以外，他絕少到其他地方去。加萬粒粟口吃，且聲音尖銳，不能同時和兩人以上交談，但是因為他有淵博的學識和明晰的思想，所以皇家學會的會員都敬重他。托姆松 (Thomas Thomson) 氏在他所著一本著名的化學史 (History of Chemistry) 上，曾舉出加氏最怕交際的一個例子；據說有一天英根豪斯博士 (Dr. Ingenhausz) 隨

同一位奧大利的著名科學家到班克斯爵士的家裏談心，適巧加萬粒粟也在座，便由英氏介紹給他認識。當介紹人介紹這位外國賓客的時，曾對他稱譽過甚；那位外國賓，又對加氏說出幾句過於恭維他的話，又說這一次來倫敦的最大目的就是要拜訪他。加氏聽過這話，起初還勉強忍耐，終而一忍不能再忍，便從人叢中衝出室外，坐上他的馬車跑回家了（5）。

科學家當中，能瞭解加氏的脾



圖二九 班克斯爵士夫婦像

右班克斯爵士(Sir Joseph Banks)，生於1743年，歿於1820年，為英國博物學家，其所採集的植物標本和昆蟲標本，以及圖書等等，現均保存於大英博物院(British Museum)中。爵士曾於1778年至1820年間任英國皇家學會會長，計四十二年之久。左為爵士夫人，常襄助爵士招待倫敦各科學家。以上二圖均由 Edward Smith 所著的 *Life of Sir Joseph Banks* 上採來。

氣而可和他交談的，要算武拉斯吞博士（Dr. Wollaston）。他說過：『要想和加萬粒粟談話，最好的方法，就是當談話的時候千萬不要睜着眼向他望；你應該把頭揚起，兩眼望着天上，恍若對着空氣交談一般；這樣一來，你就可以聽到他滔滔不絕的長篇大論了。』（6）

他雖然愛好孤獨的生活，但在問題的研究上，他卻對於其他學者的工作，未嘗不樂意問問。例如，有一次他將鉛少許送給青年科學家得維（Humphry Davy）氏，以作實驗之用；也有時他跑到皇家學會去參觀得維氏分解鹼類的實驗（6）。關於此事，後來得維有下列一段頌揚加氏的話：

『他對於科學上一切部門都有高深的見地，並且所研究過的問題，解答異常準確……他將來的名聲一定比現在更輝煌。在日常生活當中，或是普通問題的討論上，這位大科學家的姓名當然是不能提到的，但在科學史上，他那偉大工作的光芒，一定可以和天地同存。就是他所住的房屋，他所生長的時代，以及他的祖國，也都要因他而得到萬古千秋的榮譽。』（7）

加萬粒粟氏所穿的衣服同往時英國紳士所穿之式樣仿佛。他頭上帶着捲邊的帽子，身上穿

着灰綠色的大衣，頸戴高領，上衣套着有縐花的袖口。他的裝束和個性曾被當代著名畫師亞力山大（Alexander）氏表現得淋漓盡致；那幅畫像，據說是在他吃飯時，當他不留意時所速寫的。他在



圖三〇 加萬粒粟氏在加拉巴姆公地
(Clapham Common) 的房屋。

(此圖採自 Thorpe 所著的 *Scientific Papers of Hon. Henry Cavendish*)

倫敦有三座房屋：第一所，靠近英國博物院，其中專收藏圖書和儀器；第二所，在蘇和(Soho)的學長街(Dean Street)，其中皮藏重要圖書，專供專門學者閱覽之用；第三所，在加拉巴姆公地(Clapham Common)，是加氏所最喜歡住的地方，後來這裏完全改作他的工作室和試驗室(8)。

有許多研究化學史的學者，說加氏是氫氣的發現者，但加氏自己並沒有這種要求。我們現在可以舉例爲證。當他發現氫氣與空氣混合後，會發生爆炸作用的時候，他開頭說道：「……此事早被其他一些人看見……。」不過最先認識氫氣和其他的各種氣體不同的是他，因爲他說過「(氫氣)是由金屬中取得的帶可燃性的空氣。」至於他對這種氣體的性質，和由各種不同材料製取純淨氣體的一種方法，其解說的詳確，足以證明他是第一流的化學家；這種功績，實在不容隱諱。不過他認爲氫氣由酸類取得的學說，不如由金屬中取得的學說爲更可靠，這是他的一樁錯誤(9)。起初他以爲氫氣就是燃燒素(phlogiston)，後來又說氫氣是水和燃燒素的化合體。

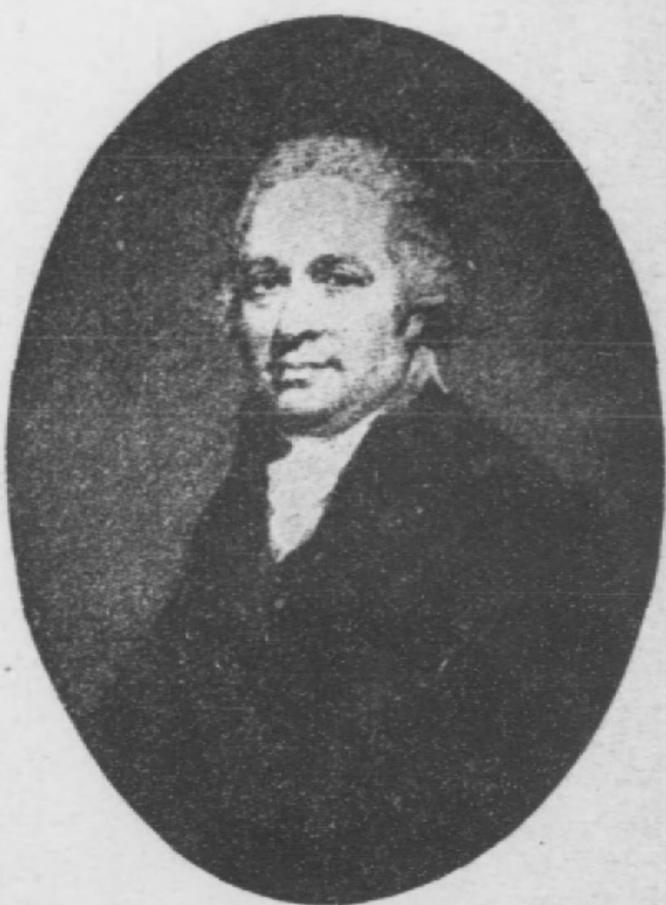
加萬粒粟氏逝世的時候，其孤獨冷靜和在世時的情形一樣。他活到七十九歲的那年，有一天他自己覺得快要死了，就吩咐僕人離開他的住宅，非到一定的某個時間不得擅自回來。後來，及

至僕人回來的時候，看見他的主人早經死了（10）。加氏死後，舉行公祭，以示敬仰，遺骸葬於至聖教堂（All Hallows Church）。他的墳墓就緊靠他的『慈善祖先』哈德威克·伊利沙伯太太（Elizabeth Hardwicke）（註一）的墳傍。綜觀加氏一生，盡瘁於科學事業，無怨無愛，實事求是。他所研究的範圍，計包括電學、天文學、氣象學及化學，以外兼精數學、冶金術和地質學等等；在往古的學者之中，他實在是一位博學多能的偉大科學家。

（註一）素封案哈德威克太太為英國大法官（Lord Chancellor）第一任伯爵 Philip Yorke 氏的生母，Charles Gibbon 的女兒。父 Charles 與大歷史家 Edward Gibbon 為一家，英國肯特郡（Kent）的世家。

氮

氮（nitrogen）這種元素，最初見於拉忒福特·丹尼爾（Daniel Rutherford）氏所提出的『博士論文』，所以他便是氮的發現人。丹尼爾的父親名叫約翰（John），為愛丁堡醫科大學創辦人之一，他的舅父（uncle）名司各脫·窩爾忒爵士（Sir Walter Scott），英國著名文學家。



圖三一 拉忒福德氏像

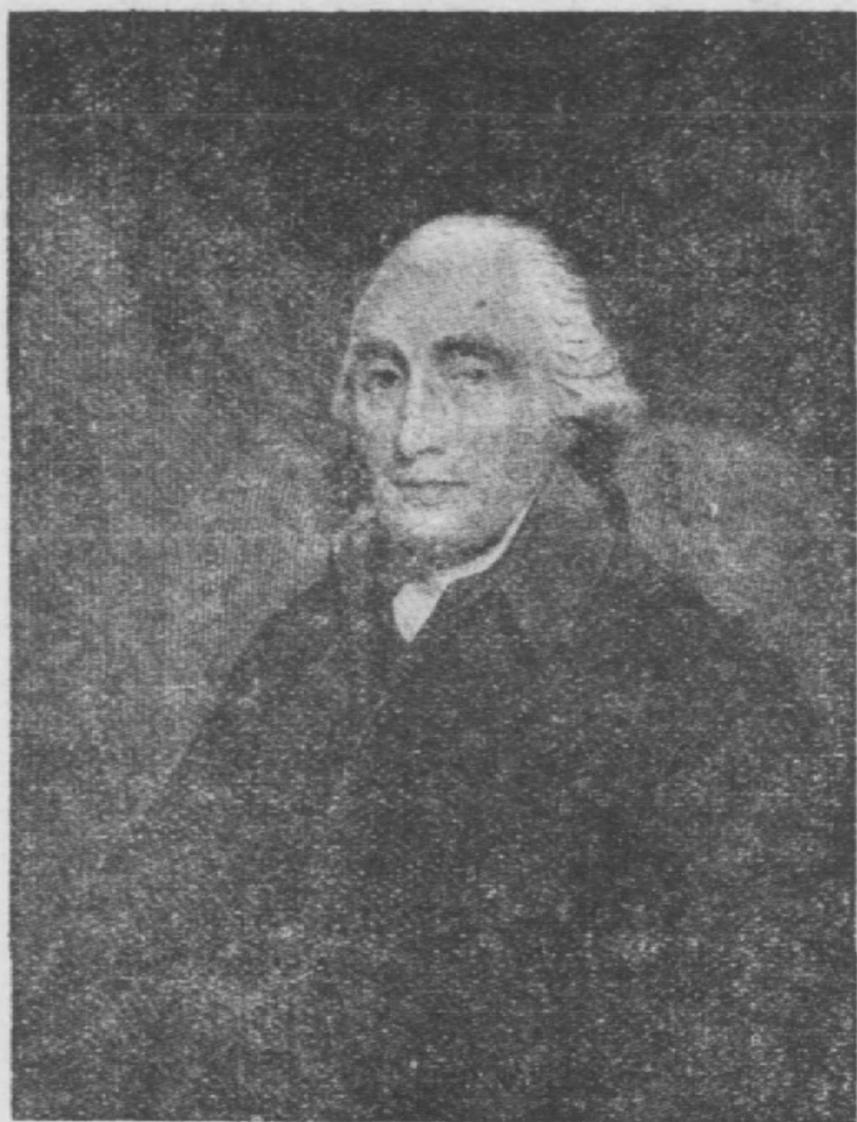
(Daniel Rutherford, 1749-1819)

蘇格蘭醫生，植物學者兼化學家，曾任愛丁堡大學植物學教授，又愛丁堡皇家醫師學院 (The Royal College of Physicians of Edinburgh)。拉氏且為氮氣發現人(上圖採 Ramsay: *The Gases of the Atmosphere*)。

七四九年十一月三日，丹尼爾生於愛丁堡城；年長入愛丁堡大學學習文學；後來因為想繼續父親的職業，遂攻讀醫學功課，曾於一七七二年九月十二日受博士頭銜。指導他做研究工作的教授，是當代蘇格蘭著名大化學家卜拉克博士 (Dr. Joseph Black)。起初卜拉克博士發現凡含碳素的物質經燃燒之後，即使所放出的『固定氣體』(案指二氧化碳氣 (註一)而言)完全被苛性鉀液所吸去，仍有一定量的氣體存在。這時卜拉克博士就命令丹尼爾開始研究這種餘剩的氣體的

性質(12)、(38)。

(註)素封案「固定空氣」(fixed air)一名詞的來源，是因爲這種氣體可以溶於石灰水或苛性鉀溶液之中，而成爲不溶解性的固體粉末，而且常存於聖粉中，故有此種名詞。在現今科學界中，通用二氧化碳或碳酸氣以代此名，詳見拙譯燃燒素學說史第九章「固定空氣」。



圖三二 卜拉克氏像

(Joseph Black, 1728-1799)

蘇格蘭理化學家兼醫生，曾任格拉斯哥大學教授，發現「固定空氣」(二氧化碳氣)，並指苦土(magnesia)和石灰的區別。在物理上，卜拉克氏發現熔解和氣化時的潛熱(latent heat)，並曾測出許多種物質的比熱，又發明冰卡計(ice calorimeter)。

丹尼爾開始研究的時候，他把一隻老鼠放進一隻器皿裏，密封器口，及至老鼠悶死以後，發現器內空氣容積較前減少十分之一；若是器內餘剩氣體再用鹼質吸收，則又繼續失去十一分之一容積。拉忒福德·丹尼爾如是從空氣中除去其『脫燃燒素的空氣』(dephlogisticated air)和『固定空氣』(fixed air)，而研究所餘氣體的性質。當時所謂『脫燃燒素的空氣』即今日之氫氣；至於固定空氣乃今日之二氧化碳氣，前節已經說過。拉忒福德氏在老鼠不能生存的空氣裏點起蠟燭，仍然看見燭光隱顯；及至蠟燭熄滅以後，投磷少許，則磷發光燃燒——因此，他認為很難『用燃燒素將空氣完全飽和。』這句推論的意思，若用現代科學名詞翻譯，就是不容易『從空氣中將氧氣完全除淨。』後來拉氏用磷在閉口的器皿中燃燒，發現結果甚好，因此就採用為分離空氣的方法了。這時他所得的餘剩氣體，完全不能維持動物的生命，所以定名為『濁氣』(mephitic air)或毒氣。不過拉氏不承認這種除去氧氣和二氧化碳氣的『濁氣』是空氣的一種成分，而認為這種濁氣乃是被燃燒物質所吸去燃燒素的『大氣』。依照拉忒福德氏的意見，他說：『……這種揣測可用下列事實證明，即用來煨燒過金屬的空氣，則其中的燃燒素，即被吸而去；其理與此相

同。』他又以爲用酸作用於金屬而製得的氣體(氫)是和空氣經過燃燒以後所剩下的氣體(氮)不同；他說前一種(即氫氣)所含的燃燒素比後一種(即氮氣)所含的爲多。他的一部最有影響的論文叫做固定空氣或濁氣導論 (*Dissertatio Inauguralis de Aere fixo, dicto aut metallico*)，該文原稿現保存於英國博物院 (British Museum) 中 (12)。

拉武福德氏修畢醫科大學課程之後，即遍遊英、法、意三國。三年一七七五年返愛丁堡，遂開業行醫。從此以後，不曾研究化學問題。十一年之後，拉氏會兼任愛丁堡大學植物學教授，仍以行醫爲正業。又會做過愛丁堡皇家醫師學院 (Royal College of Physicians) 校長。拉氏態度和藹，爲人樂天；對待他的老師卜拉克博士，能執弟子禮，故雙方友誼甚篤 (12)。

雖然多數學者公認拉武福德氏是氮素的發現者，可是我們絕不應當忽略徐萊 (Scheele) 和加萬粒粟 (Cavendish) 兩氏的貢獻；否則未免太不公平了。徐氏和拉氏大約同時用硫肝 (Liver of Sulphur) 吸收大氣中的氧氣，而取得氮氣。按硫肝即硫磺與鐵粉的混合物 (13)。加氏在一七七二年以前著過一篇論文，在標題上他寫着：『會寄與普利斯特利博士』；論文中述說

製取「濁氣」的方法。據他說，是將空氣通過燃灼的木炭，然後再用苛性鉀吸收其中的二氧化碳氣。所餘剩的氣體（氮氣），被他仔細研究之後，曾做過一篇很精確的報告。現在摘錄一段如次。

「這種氣體的比重和空氣的相差極微；牠在兩者之中，似乎較輕。牠能使火焰熄滅，使空氣不宜於燃燒，這種性質正同固定空氣一樣；不過牠的滅火程度沒有固定空氣厲害。請見下列試驗的結果，燃蠟燭於純淨的空氣中，可維持約八十秒鐘之久；若放在純淨空氣和固定空氣的混合氣體中，便立刻熄滅；但在純空氣和這種燃過的空氣之等量混合氣體中大概可燃燒約二十六秒鐘左右。」（14）

由此可知，徐萊及加萬粒粟二氏，都是和拉忒福德博士同時各自獨立發現氮氣的學者。

氧

向來討論發現氧氣（Oxygen）的著作，種類甚多。其中有德國「東洋學者」（orientalist）克拉普羅茲·亨利克·朱利阿斯（Heinrich Julius Klaproth）所舉之考證，最饒興味。亨利克

父名馬廷 (Martin Heinrich Klapproth) 爲德國著名化學家。亨利克曾由中國古籍中發現紀元前八世紀中葉，有一位名叫馬和 (Mao-Khoa) (註一) 的學者，著成一書，謂大氣係由兩種不同物質所組成，一名爲陽 (Yan)，一名爲陰 (Yue)。陽是一種完全氣體，亨利克信認爲氮；陰是一種不完全的氣體，亨利克認爲是氧。要想使普通的空氣變得完全 (perfect)，可用金屬、硫磺或炭摩擦，以除去其中的「陰」。他又說，當這些物質在空氣裏燃燒的時候，卽和「陰」結合，但陰氣永不能單獨存在，常存在某種鑽石和硝石之中，倘使遇熱，則陰便逃逸而去 (15) (34)。不過據木西歐利 (Signor Muccioli) 氏的意見，他對於這本中國的古籍很懷疑 (36)。

(註一)請參閱本書譯序中的引證和說明，素對註。

在歐洲最初主張空氣不是一種元素，要推那位多才多藝的達·芬奇 (Leonardo de Vinci 1452-1519) 氏。芬奇觀察敏銳，曾看出呼吸作用和燃燒作用能使空氣減少，但不能使空氣完全消滅的現象 (15) (35)。

一六六五年英國霍克 (Robert Hooke) 氏發刊其名著微物誌詳 (Micrographia) 一書，其



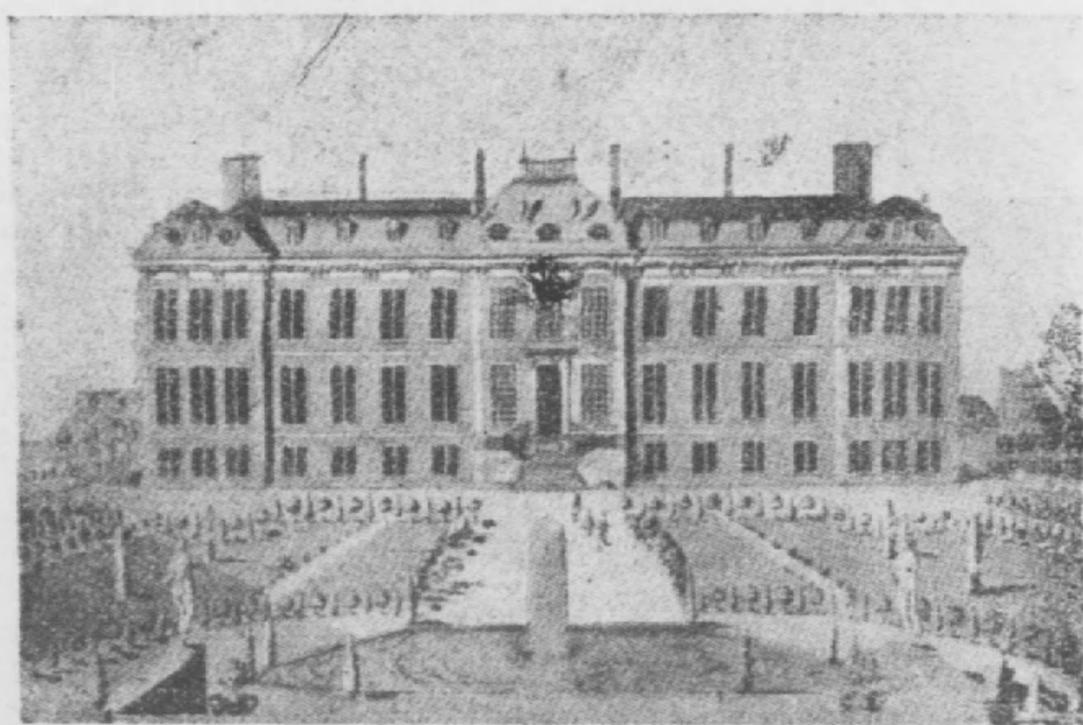
圖三三 達·芬奇氏像

(Leonardo Da Vinci 1452-1519)

意大利藝術家，雕刻家，解剖學家，並為第一流的科學大家。在化學上，芬奇氏為歐洲第一位聲言「大氣含有兩種成分以上」的學者。此外，芬奇氏又為力學和航空學(aeronautics)的開山祖。上圖為氏之自畫像，用紅粉繪成，現存於意大利吐林 (Turin)地方之皇家圖書館中。

中對於燃燒的理論，有一種很完全的記載。他認定空氣中含有一種物質(氧)，可以在硝石 (salt peter)中成為固體存在，另有一種不活動的氣體(氮)，其量特多。梅猷博士 (Dr. John Mayow) 年二十四歲的時候，曾謂空氣中含有一種名叫硝氣精 (spiritus nitroaereus)的氣體，為燃燒和

呼吸時所不可缺少的東西；這種氣體用了之後，物質便不能在其中燃燒。他以為硝石裏含有硝氣精，不過在鹼性部分中是沒有的，僅存在於酸性的部分。所以按照梅猷博士的意見，凡酸類中必含有這種硝氣精，一切生物在呼吸的時候，就把牠吸進血裏（7）。但近人巴太松（J. S. Patterson）氏曾詳究梅猷所有的著作，發現其中所述燃燒理論，並不若一般人所設想的完全，或不免有過譽的地方（18）。查梅猷氏之硝氣精，又名火氣（Fire air），即指今日之氧氣而言。（註一）



圖三四 英國霍克(Hooke)氏的家園

（此處園宅稱曰 Montage House，以後改為大英博物院最初地址；原圖採自 Gunther 著之 *Early Science in Oxford* 第七冊。）

(註一)素封案在 *gas* 一字尙未通行之前，指氣體的名詞。豐·海蟒 (Van Helmont) 氏用 *gatus* 波以耳 (R. Boyle) 氏用 *fartitious air* 拉瓦錫氏用 *elastic fluid* 和 *elastic fixable fluid* 梅猷 (Mayow) 氏用 *spiritus* 一字。至於海力士 (Hales) 卜拉克 (Black) 加萬粒粟和普利斯特利四氏皆用 *air*。 *spiritus* 一字，我



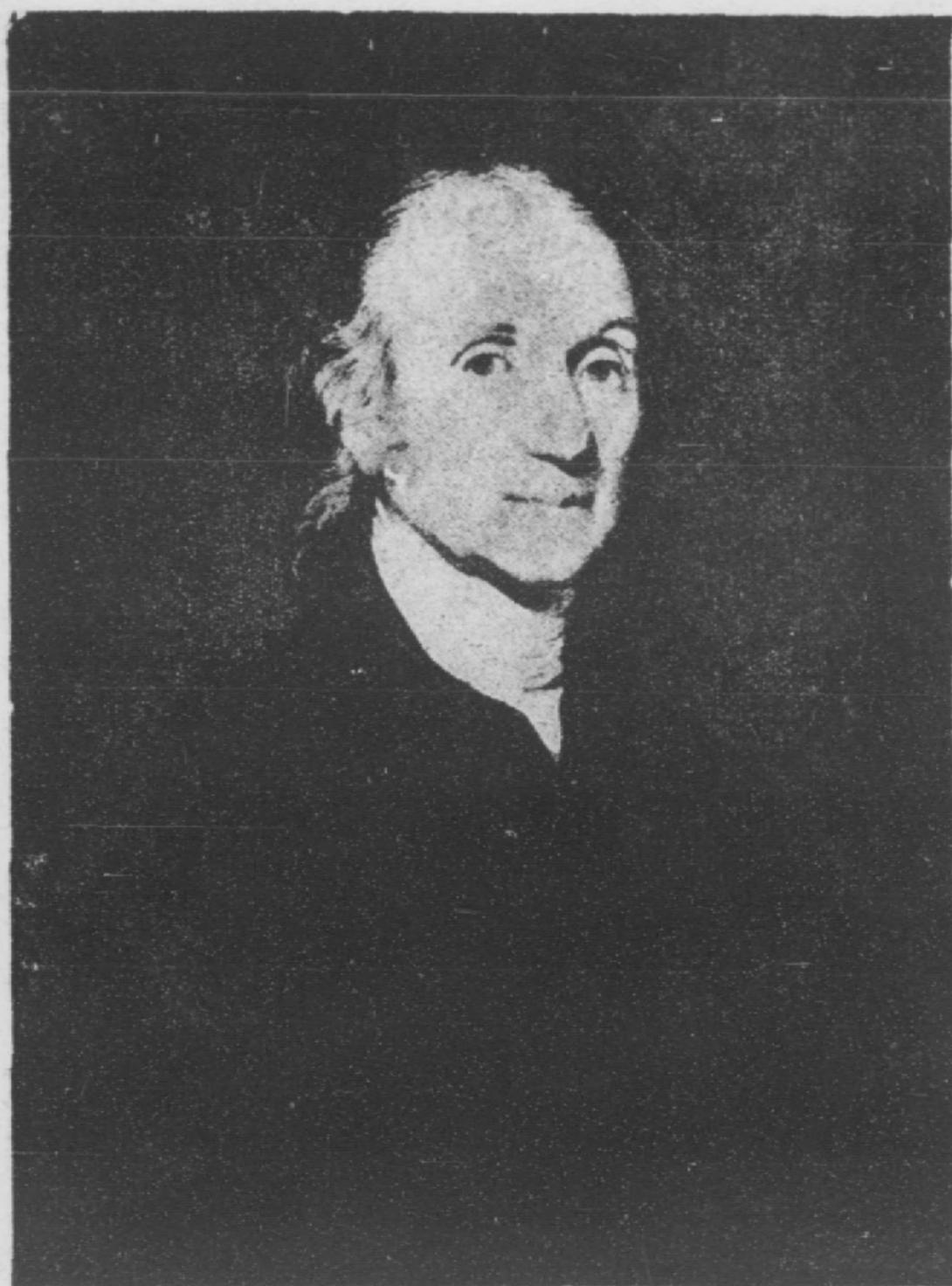
圖三五 梅猷氏像

(Johannes Mayow 1645-1679)

英國醫師兼化學家，年三十四歲逝世，其對燃燒和呼吸作用所下的理論，極負盛名，著有硝鹽和硝氣 (*De Sale Nitro et Spirito Nitro-Aereo*) 行世。

最初加熱硝石而取得氧氣的，是烏累·布爾須 (Ole Borch) 氏，可惜他不知道收集氣體的方法 (19)。再後海力士 (Stephen Hales) 氏採用與烏累氏同樣的方法而製取氧氣，在水上收集，他認為所得的是普通空氣，但不相信大空中會有養氣 (vitalizing spirit) 存在 (19)。一七七四年四月，法國革命軍的醫藥視察員貝岩 (Pierre Bayen) 氏，曾在羅斯爾大長老 (Abbe Rozier's) 所主辦的物理學報 (*Journal de Physique*) 中發表一文，討論氧化汞的化學性質，頗多創見。貝岩氏自謂當煅燒水銀時，不但失去其所含的燃燒素，並且水銀能和氣體化合，而增加其重量。因此他在拉瓦錫氏證實燃燒素學說 (Phlogiston Theory) 爲一錯誤理論之前三年，就先否認這種理論了 (20)。

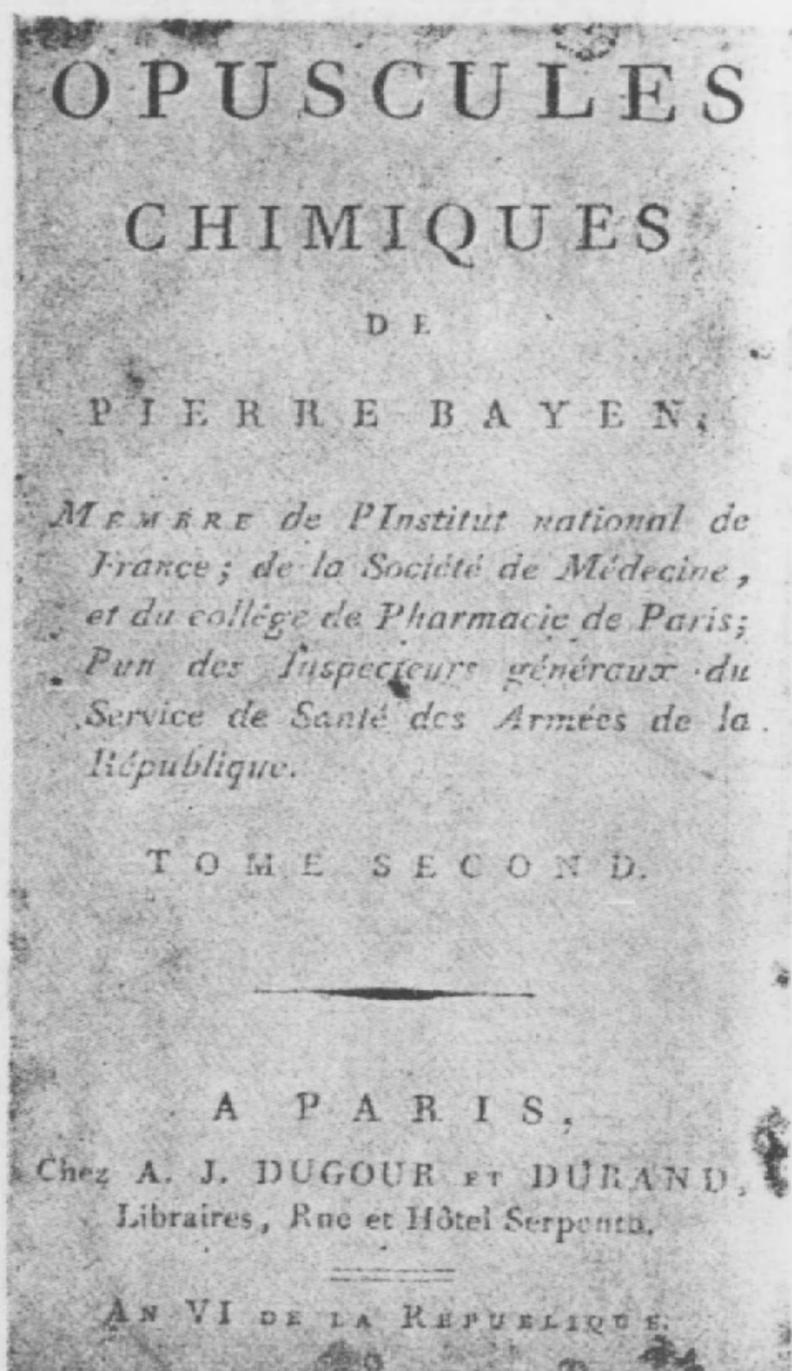
貝岩氏雖然得到了氧，可惜他和其他的學者一樣，而不能作進一步的研究，以致不能決定牠是一種新元素。誠如巴太松 (Paterson) 氏所云，『……(貝岩)不能算是氧的發現人，正同海力士 (Hales) 氏在無意中製得的氧氣，以及波以耳 (Robert Boyle) 氏有取得氧氣的可能的情形一樣。這兩人既不能算爲氧的發現者，那麼霍克 (Hooke) 和梅猷 (Mayow) 兩氏對於氧的



圖三六 普里斯特利氏像

(Joseph Priestley, 1733-1804)

英國教會化學家，以宗教與政治關係，不容於英國社會，遂移居美國，曾與其他化學家發現氧氣，又為水槽收集氣體的首創人；惜擁護燃燒素學說，實為一大憾事。



圖三七 貝岩氏所著化學大綱
(Opuscules Chimiques) 一書的封面。

初步考察工作，更不能說到什麼發現了。』(18)

一般研究化學史的學者，大多認為在氧氣真正發現的時候，同時英國的普利斯特利 (Priestly) 和瑞典的徐萊 (Scheele) 兩位先生，也各自獨立地發現了牠。不過普里斯特利氏的實驗報告，在徐萊氏的以前發表，這是因為印刷徐萊氏論文的工人遲誤所致。若問究竟那一個人是首

先發現氧的人，我們可以讀樂爾根生博士（Dr. Jørgensen）所著的氧氣的發現（*Die Entdeckung des Sauerstoffes*），其中討論極詳。這本書原係丹麥文，由歐爾特外德（Ortved）和休潘忒（Spøter）兩氏譯成德文。

普利斯特利名約瑟（Joseph），生於英國黎芝城（Leeds）附近之飛爾特黑德鎮（Fildhead），時在一七三三年三月十三日（舊曆），比加萬粒栗（Sir Henry Cavendish）氏長一歲半。加氏是創用水槽收集氣體的化學家。普氏和加氏兩人，雖然對於科學有同樣的濃厚趣味，然而他們的生平和性格，卻完全不同。普氏年方六歲，即失去了慈母，此後受養在姑母基斯吉夫人（Mrs. Keighley）家中，據他自己說：『她除了把錢財和智力用在做善事上以外，其餘一無所知。』（21）

十九歲的時候，普氏被家庭送入達崔村（Daventry）的『非國教學校』（Disentwing Academy）受一種自由的牧師的教育。三年之內，修畢一切課程，便被派至尼達姆市場（Needham Market）和南特威赤（Nantwich）兩處教會服務，惟成績不甚佳。一七六一年普氏被委為瓦林敦（Warrington）的『非國教學校』擔任言語教師，教授拉丁文、希臘文、法文、意大利文、演說學

和民法等等課程。雖然這些科目對於他後來享有不朽大名的科學工作沒有多大的關係；但是他的科學精神，卻在這時發榮滋長了——因為他對於學生，可以宣揚他的自由主義。

普利斯特利氏在南特威赤服務的時候，雖然受種種經濟上的壓迫，然而他卻極愛做科學的實驗；他曾把所得的一點微薄的薪俸，置了抽氣機和電動機。一七六六年他偶然遇見了美國大政治家兼大科學家佛蘭克林 (Benjamin Franklin)；他受了這位偉大人物的暗示，就下了一個最大的決心，要終生致力於科學的研究。此後不久，他擔任黎芝 (Leeds) 的牧師，因為他的住室鄰壁，就是扎克斯 (Zaless) 和尼爾 (Neel) 製酒廠，於是酒廠裏所出的固定空氣 (二氧化碳)，他就可以任意採作實驗的材料。結果，他發現「將這種氣體壓入水中，則其滋味異常清涼」；他曾將這種清涼飲料分送朋友們試飲，他們也有同樣的感覺；因此他便開創了蘇打水的工業 (22)。

一七七二至一七七九年間，普利斯特利氏曾做過舍爾伯恩爵士 (Lord Shelburne) 的文本伴侶。他對於化學上的最大貢獻，要算氧的發現——這種大發現，就是在這時候完成的。他的名著各種氣體之實驗與觀察 (Experiments and Observations on Different Kind of Air)，亦在

TO THE RIGHT HONOURABLE
THE EARL OF SHELBURNE,
THIS TREATISE IS,
WITH THE GREATEST GRATITUDE
AND RESPECT,
INSCRIBED,
BY HIS LORDSHIP'S
MOST OBLIGED,
AND OBEDIENT
HUMBLE SERVANT,
J. PRIESTLEY.

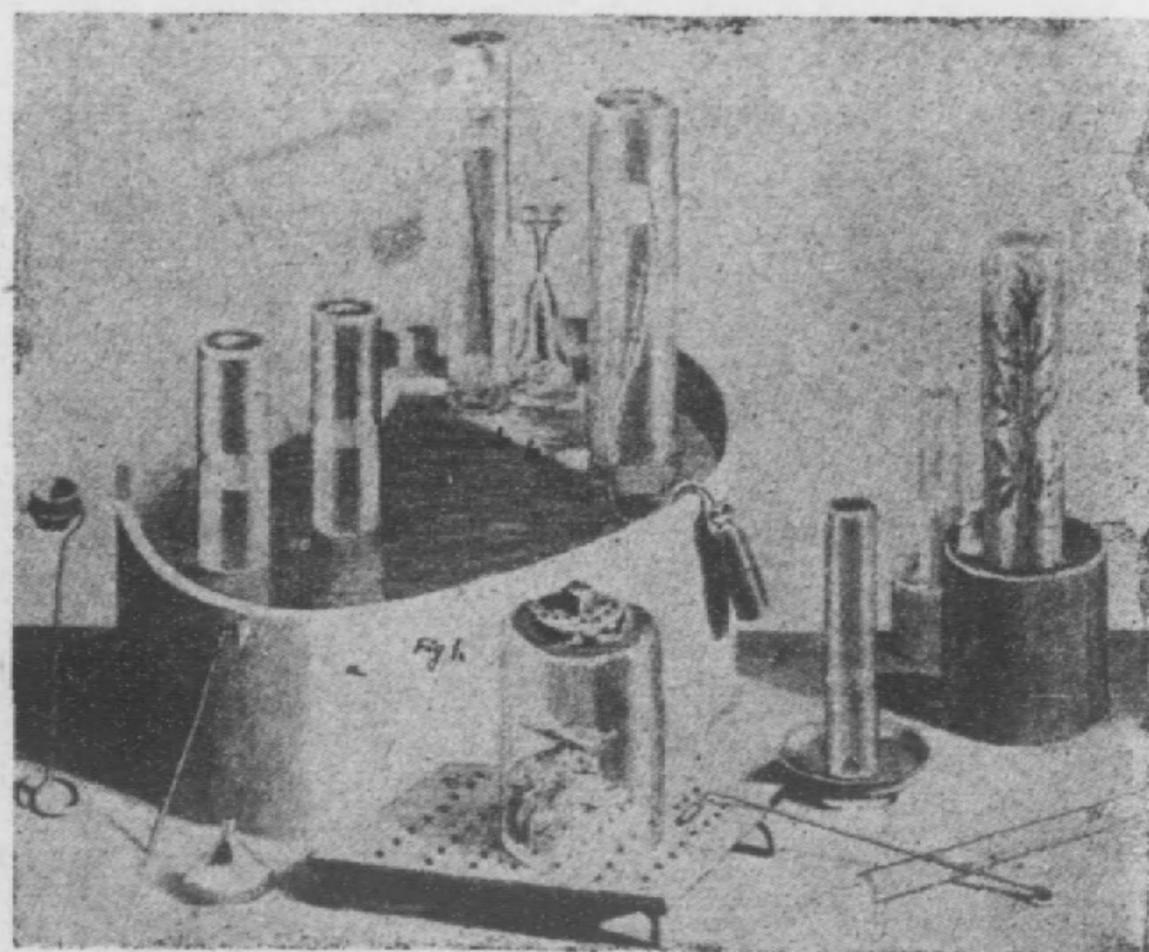
圖三八 普利斯特利氏所著

各種氣體之實驗與觀察一書的致獻頁。

這時脫稿；這部書他很誠心誠意地獻給舍爾伯恩爵士，請看附圖第三八。一七八〇年普氏升任北明翰（Birmingham）大教區中的僧正，這時他的職位較高，又能得與當代名人如瓦特（Watt）、

韋治武德 (Wedgwood) 和達爾文 (Darwin) 諸人在圓月學社 (Lunar Society) 中聚會暢談，自然心滿意足。這個學社，於每月月圓後第一個星期一晚上舉行集會，俾會罷之後，各會員可以乘月而歸，因為當時街衢中還沒有電燈，不能不借助於天然的月亮。普氏住在北明翰城，並且著成六大厚冊的論文，題為各種不同的氣體 (*Different Kinds of Air*)。

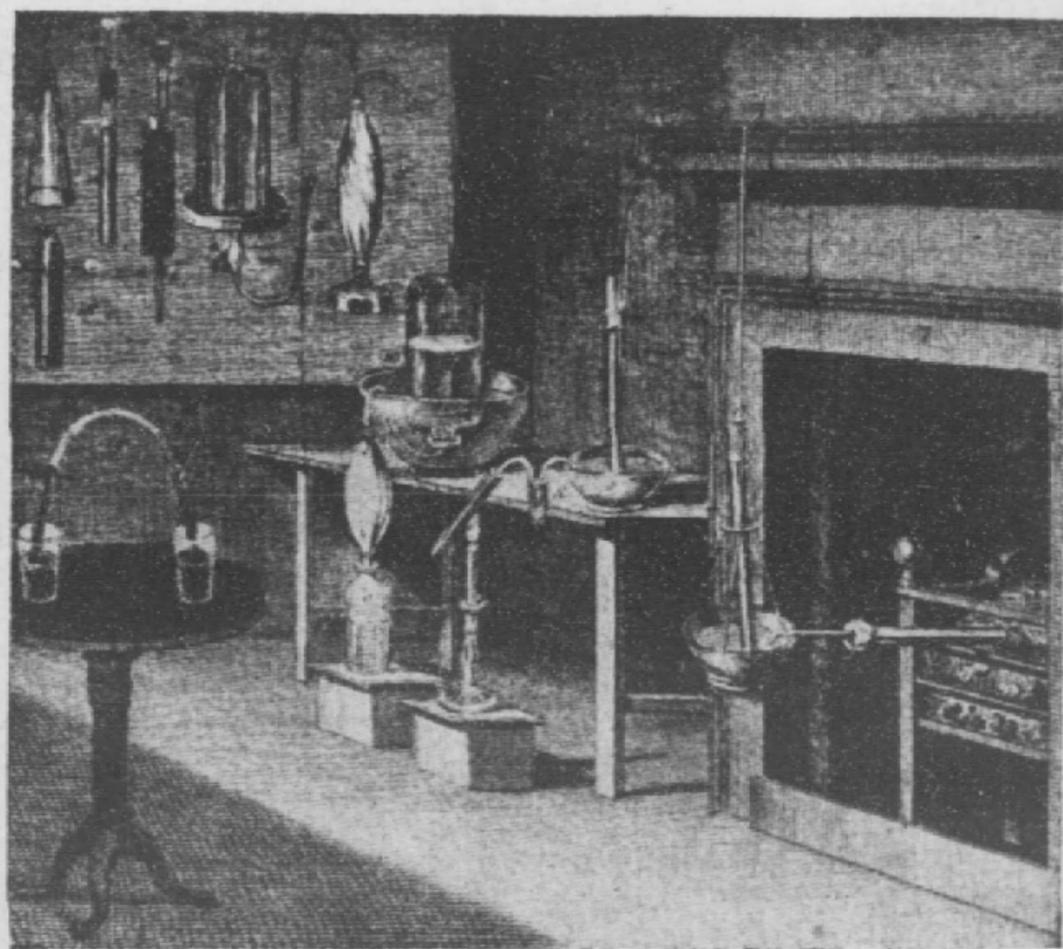
普利斯特利氏對於美國和法國革命黨的忠心報國的熱血，很表同情。



圖三九 普利斯特利氏研究大氣成分所用的儀器

(本圖及圖四〇，圖中每種儀器，均有名稱和說明，惟因圖中所註數字模糊不清，致無從查對，故未譯出。——素封誌。)

一七九一年七月十四日的午間，大約有八十個人正在北明翰旅社 (Birmingham Hotel) 聚餐，以紀念法國巴士提爾 (Bastille) 大牢獄被毀的第二週年，都很興高彩烈。忽然有一些迷信宗教的暴徒 (fanatic)，用石塊投擊窗門，氣焰洶惡，咄咄迫人；這天雖然普氏未曾到會，可是他平日的政見，素和別人相左，這是人人所共知的。他們把旅社的聚會搗散以後，又騷動了整個的北明翰城的街市，接着更把普氏的教堂和住宅付之一炬，並且又把他的實驗室中所有的一切儀



圖四〇 普利斯特利氏的實驗室

(見上圖附誌。)

器完全打毀。他們這樣暴動了三天，還不肯休。及至政府當局把暴徒趕散而恢復了秩序的時候纔停止，可憐許多非國教教徒的教堂和住宅都早已化爲一片焦土了（23）。

當時普利斯特利氏的家人，幸而得着朋友的幫助，纔沒受着什麼傷害，不過全部的家產都盪然了。此後他又在倫敦飽嘗了三年的苦楚，纔由英國政府裏領得一點賠償費，便遷居到美國去了（23）。他晚年住在賓夕法尼亞省（Pennsylvania）的諾森伯蘭（Northumberland）鎮上，那裏社會清靜，生活安適，故得繼續做他所愛的實驗工作（33）。一八〇四年的二月六日逝世，享壽七十一歲；死後葬於諾森伯蘭鎮的教友會公墓。

普氏發現氣體的收集法，並非一律，有的可以在水上收集，有的必須在水銀上纔可；因此他便斷定『氣體』一定有很多種類。一七七四年八月一日他把氧化汞放在玻璃器中加熱，忽然有一種氣體放出，定名爲『脫燃燒素的空氣』（dephlogisticated air），牠可以在水上收集，這就是我們今天所謂之氧氣了。把燃燒的物質，放在盛有這種氣體的瓶中，則這種物質燃燒的火焰，比在空氣中燃燒得更強烈。五年以後，他想試驗這種『脫燃燒素的空氣』對於動物呼吸作用，因將此氣

和一氧化氮在水上混合，盛於玻璃瓶中，從事試驗。結果他發現一定量的『脫燃燒素的空氣』，倘使加入一氧化氮或普通空氣，而使之變為不適於老鼠呼吸的氣體，那麼所加入的一氧化氮量，必定要比普通空氣量為更多。普利斯特利氏的試驗記錄，十分有趣，茲摘錄一段如次：

『我把老鼠放在脫燃燒素的空氣裏，發現牠們過得非常舒服，同時我自己受了好奇心的驅使，又親自試驗過，也證實牠的性質平和，我想讀者不免覺得奇異。我自己試驗時，是用一個玻璃吸管，放進多量的這種氣體，讓我呼吸，以滿足我的好奇心。當時我的肺部所有的感覺，和平時在普通空氣一樣；但自從吸過這種氣體以後，經過好久的時期，身心覺得十分輕快舒暢。有誰能說這種氣體將來不會變成時髦的奢侈品呢？不過現在只有兩隻老鼠和我，纔有享受呼吸這種氣體的權利哩。』（24）

在氧氣發現的一百週年紀念的時候，英國的多數學者羣集北明翰城舉行普氏銅像的揭幕典禮。席間有赫胥黎（Thomas Huxley）氏致詞，讚頌這位百年以前發現家的功績，同時並講述普氏生平事略。同日黎芝（Leeda）的科學家，都聚集在普氏出生的故鄉舉行紀念。美國的化學家

聚集在薩斯圭罕那 (Susquehanna) 岸邊的普氏墓上舉行敬禮，十分熱烈。在賓夕法尼亞所舉行的紀念會，有兩種意義：第一是慶祝發現氧的一百週年，第二是慶祝由他所創立的美國化學會 (The American Chemical Society)。

徐萊名卡爾·威廉 (Carl Wilhelm)，一七四二年十二月九日生於斯特拉爾松得 (Stralsund)。此處在當時為瑞典的波美拉尼亞 (Swedish Pomerania) 的首府。徐萊行七兄弟姊妹共十一，因為家無恆產，所以年方十四即隨藥劑師包煦 (Bauch) 氏學徒。在當時，一切藥劑師必須從生藥中親自製成熟藥，包煦當然也不能屬於例外；因而他對於化學有相當的研究。在包煦氏的化學試驗室裏，備有下列各種物質，如無機鹽類、礦物酸類、幾種鑽石、岩石結晶、磷、硫、安息酸和樟腦等等。再說包



圖四一 徐萊氏出生地斯特拉爾松得 (Stralsund) 全景。

(此圖採自 Zekert 著之 *Carl Wilhelm, Sein Leben und Seine Werke* 一書。)



圖四二 徐萊氏幼年肖像

(Carl Wilhelm Scheele 1742-1786)

瑞典化學家兼藥劑師，曾獨立發現氧氣，發現砷酸，指出硝酸和亞硝酸的區別；又證明植物中有酒石酸（二羥基代丁二酸），蘋果酸（羥基代丁二酸），檸檬酸（3-羧基戊醇〔2〕二酸）和沒食子酸（3,4,5-三羥基苯甲酸）。又在動物界中發現乳酸（2-羥基代丙酸）和尿酸（脲酸）等等。

煦氏化學圖書館裏所收藏的書籍，計有部爾哈末（Boerhaave）、藍木瑞（Lémery）、孔柯爾（Kunckel）和紐盟（Neumann）諸大化學家的著作（27）。這個十四歲的學徒，就熟讀了各種化學名著，並且又把書中所介紹化學實驗程序，一再的親自做過。他有很強的記憶力，凡是化學上的事實，凡經他祇是讀過一二遍的，大概都不會忘掉。

一七六八年，徐萊年二十六歲，即就斯德哥爾摩城沙蘭伯格藥房 (Scharenberg Pharmacy) 的職務，在此有一件事使他很失望，就是斯德哥爾摩科學院拒絕發表他早年所作的兩篇論文；據說因為他文體不合科學論文的格式。當時拒絕徐萊論文的編輯，名叫柏格曼 (Torbern Bergmann)，為瑞典當時著名化學教授，後來成為徐萊的終身知交 (27)。一七七三年徐萊到烏布薩拉 (Upsala) 擔任洛克氏藥房 (Lokk's Pharmacy) 的藥技師職務。有一天，洛克氏忽然看見硝石在熔化以後很久仍為中性，並在加入醋之後，即有紅煙放出。這種化學現象，就是因發現錳而負盛名的甘先生 (Assessor Gahn) 也不能予以明白的解釋；後來請求烏布薩拉大學著名化學教授柏格曼 (Bergmann) 氏幫助解釋，也沒能得到解決。最後還是由徐萊本人想出解決的方法。他認為「硝精」 (spirits of niter) 有兩種，若用現今通用的化學術語來表示，即硝酸和亞硝酸兩種。甘 (Gahn) 氏和徐萊氏日後的友誼很篤，他們當日往來的信件，現在還保存很多。徐萊由甘氏的介紹結識柏格曼，及至柏格曼聽過徐萊解釋硝酸鉀 (potassium nitrate) 熔化的現象以後，就十分發生趣味；從此他對於這位年輕的化學家也十分重視，因而成為很親密的學友。柏氏由

徐氏學了許多實際的經驗，而徐氏因與學問淵博的柏氏交談，他得了很多理論上的知識（27）。當時的大學雖然有很多次聘請徐萊氏做大學教授，但他始終不願改行。因為當時的藥房，確實是一個真正的研究中心，所以不願隨便脫離。他有一次向甘氏說過下邊一段話：

『爲了解釋新的現象，使我能忘卻一切的一切，因爲假使能够達到最後的目的，那麼這種考察是何等的愉快啊！而這種愉快，便可從心裏湧出。』（28）“…… neue Phänomene zu erklären, dieses macht meine Sorgen aus, und wie froh ist der Forscher wenn er das so fleissig Gesuchte findet, eine Ergänzung wobei das Herz lacht.”

徐氏最重要的發現，都在洛克氏的藥房中完成的。他的實驗筆記後來由諾登瑟德男爵（Baron Nordenskiöld）整理出版，我們可以從那裏看出他在一七七三年前發現了氧氣，比普利斯特利氏發現的時期還早一年。他製取氧氣的方法，是用碳酸銀、碳酸汞、氧化汞、硝石和硝酸鎂加熱；並曾用過二氧化錳和砷酸兩物混合蒸餾。當他知道用碳酸銀或碳酸汞來製取氧氣的時候，他一定知道用苛性鹼來吸收所放出的二氧化碳氣了。

徐萊再將這種實驗的結果，著成一書，名曰火與空氣 (*Fire and Air*)。該書原稿於一七七五年送給出版家斯威德魯斯 (Swederus) 印行，但至一七七七年年底仍未出版。一七七六年的八月，他因為自己的論文還沒發表，便憂鬱不樂地致書柏格曼 (Bergman) 氏，大發牢騷，他說：『從前我就想到我多年辛辛苦苦所做的關於火的實驗，恐怕也有人做出與空氣有關的相似實驗，而把所得的結果比我先發表出來，現在我更相信了。若是這樣，那後來定有人說我的實驗結果，是鈔襲他們的著作，稍加改變而已。到這時，我只有多謝斯威德魯斯 (Swederus) 的恩賜了。』(29) 徐氏發現氧氣的優先權，正如他所躊躇地那樣，而被人奪去了；不過後來世界上公認他是獨立發現氧的人。

一七七六年徐萊氏轉任古平鎮 (Köping) 一家藥房的經理，這鎮是在美拉湖 (Mälaren) 濱的北岸。藥房的主人名波爾 (Heinrich Pohl) 在他逝世之後，將所有的藥房產業，遺給他的年輕的妻子。當時徐萊仍願為寡婦波爾太太繼續擔任主持店務，以為生意一定興旺。不料後來發現波爾虧空的帳目頗多，所以他主張必須清償各方欠人的重債(27)；及至藥房的經濟基礎穩固之

後，他就從這位寡婦的手中買來藥房內所有的產業，而獨自經營。到了一七八二年之後，歐洲各國科學家幾乎人人都曉得徐萊的大名；這時候，他的經濟狀況也比以前更好，容許他自己建造新的住宅和一座設備完善的實驗室。他的姊妹中，有一個嫁波爾家中的人的，這時他就請她來管理家庭瑣事。

徐氏晚年患風溼病 (Rheumatism)，所以痛苦非常。當他自己覺得「不久於人世」的時候，就馬上和他老主人的寡婦波爾夫人結婚，他打算在自己死後，將生平辛苦賺來的產業，再歸還給她。不幸結婚後只過兩天就「與世長辭」了，那天是一七八六年五月二十一日，享壽四十有三。綜觀徐萊氏一生的精力，完全盡瘁於化學之研究，關於這點可以由他寫給甘 (Gahn) 先生的信上證明，他說：「這種尊貴的學問乃是我一生的目的」(Diese edel Wissenschaft ist mein Auge) (30)。

徐萊終生迷信燃燒素的學說，他以爲燃燒素是有質無重的東西，正同物理學家所說的以太 (ether) 相似；並且他還信氫氣是燃燒素和熱質 (matter of heat) 的化合物。十七世紀的化學



圖四三 拉瓦錫氏像

(Antoine Laurent Lavoisier 1743-1794)

法國化學大師，在徐萊和普利斯特利兩氏發現氧氣之後，不久即利用氧氣的性質以解釋燃燒和呼吸作用的原由，並由此證實燃燒素學說的錯誤，而造成化學上一大革命。1794年五月八日法國革命法庭以拉氏為貴族，判處死刑，因死於斷頭臺下，為人間一大慘事。

家對於空氣的組成和呼吸作用的見解，真比十八世紀的化學家來得高明。加萬粒粟、普利斯特利和徐萊三人，乃十八世紀中最能瞭解空氣的化學家，惟至死仍墨守燃燒素學說，實在是一件憾事。法國大科學家拉瓦錫（Lavoisier）氏，我們也很可以認為他是獨立發現氧氣的學者，雖然他自己卻不曾有過這樣的要求。查一七七六年四月二十日，他曾宣讀過一篇在硝酸中有氣體存

在說 (*Mémoire sur l'Existence de l'Air dans l'Acide Nitreux*) 的論文，其中有一段這樣說：「嚴格說來，普利斯特利氏並不能要求這種理論是他創始的；因為我們雖是有相同的事實，每使我們所得的結果截然相反，若是我的證明有鈔襲這位著名哲學家的工作的嫌疑，那麼，最低在結



圖四四 拉瓦錫氏的雕像

(1915年新金山博覽會 (San Francisco-Exposition) 陳列品之一。)

論上，自然不必爭執這種（發現氧的）的權利了。」（31）一七七五年的復活節，他發表一篇著名的論文，叫做論金屬在煨燒時和增加重量時，其與金屬相化合之質素的性質（*On the Nature of the Principle That Combines with Metals during Their Calcination and Increase Their Weight*），其中他論這種質素（principle）說：『牠是空氣中最純潔又最適於衛生的一部分；因此，倘能把已竟固定在（即指「化合」）金屬裏的純淨空氣，再分離而出，則其性質必更宜於呼吸，並且對於幫助火焰和幫助物質燃燒上，也都比普通空氣更好。』（32）

這種議論，足使燃燒素學說宣告死刑。雖然拉瓦錫一生不曾發現過任何新元素，然而他卻是最先證明氧氣是一種新元素的大學者。至於他對於燃燒作用的準確解釋，造成當時化學上一大革命，並給後人一線光明，使得化學在他上斷頭臺之後，（註一）不久就繼續發現許多種新元素。他對於科學上的大貢獻，使得後人永久景仰他的大名。

（註一）索封案拉瓦錫（Lavoisier）名安東尼·勞蘭（Antoine Laurent），一七四三年八月二十六日生於巴黎，家產家富。年二十五歲，被舉為法國國家科學院協助會員，翌年出任農務會監督。一七九三年當法國革命高潮中，拉

氏被誣逮捕下獄。後革命法庭借口拉氏「曾在軍人所吸的紙煙裏，屢水和加不潔物質」的罪狀，判處死刑。一七九四年五月八日，隨其他二十七位政務委員，同死於斷頭臺下。時年五十有一。查拉氏一生所發表的科學論文，共計二百餘篇。實在一位曠世傑出的大科學家。關於拉氏生平，可參閱丁緒賢先生著化學史通考及拙譯燃燒學 學說史第十章『拉瓦錫承襲之遺業』及第十一章『拉瓦錫之工作』。以上二書均商務出版。

參考材料

- (1) Boyle, "Memoirs for a General History of the Air," Shaw's Abridgment of Boyle's Works, Vol. 3, 1725, p. 61; Ramsay, "The Gases of the Atmosphere," Macmillan & Co., London, 1915, p. 10.
- (2) Kopp, "Geschichte der Chemie," part 3, Vieweg und Sohn, Braunschweig, 1845, pp. 200-1; Jagnaux, "Histoire de la Chimie," Vol. 1, Baudry et Cie., Paris, 1891, pp. 385-6.
- (3) Wilson, "The Life of the Honourable Henry Cavendish Including Abstracts of His More Important Scientific Papers," printed for the Cavendish Society, London, 1851, p. 17.
- (4) "Biographie Universelle, Ancienne et Moderne," 85 vols., Vol. 7, Michaud Frères, Paris, 1813, p. 466. Biographical sketch of Cavendish by Biot.
- (5) Thomson, "History of Chemistry," Vol. 1, Colburn and Bentley, London, 1830, pp. 380-8.
- (6) Wilson, "The Life of the Honourable Henry Cavendish," ref. (3), pp. 168-9.

- (7) Davy, Dr. John, "Memoirs of the Life of Sir Humphry Davy, Bart.," Vol. 1, Longman, Rees, Orme, Brown, Green, and Longman, London, 1836, p. 221.
- (8) Wilson, "The Life of the Honourable Henry Cavendish," ref. (3), pp. 163-4.
- (9) *ibid.*, pp. 25-7; Alembic Club Reprint No. 3. Cavendish, "Experiments on Air," University of Chicago Press, Chicago, 1906, pp. 13-25; Priestley, "Experiments and Observations on Different Kinds of Air," Vol. 1, Thomas Pearson, Birmingham, 1790, p. 5 and p. 270; Thorpe, "Scientific Papers of the Honourable Henry Cavendish, F.R.S.," Vol. 2, University Press, Cambridge, 1921, pp. 9-10; Cavendish, *Phil. Trans.*, 74, 119-53 (1784).
- (10) Wilson, "The Life of the Honourable Henry Cavendish," ref. (3), pp. 182-5.
- (11) Ramsay, "Life and Letters of Joseph Black, M. D.," Constable and Co., London, 1918, p. 51.
- (12) Ramsay, "The Gases of the Atmosphere," ref. (1), pp. 61-7.
- (13) Lagnan, "Histoire de la Chimie," ref. (2), Vol. 1, p. 550; Alembic Club Reprint No. 3. Cavendish, "Experiments on Air," ref. (9), pp. 26-7; Scheele, "Sämmtliche physische und chemische Werke," translated into German by Hermbstadt, Vol. 1, zweite unveränderte Auflage, Mayer and Müller, Berlin, 1891, pp. 186-7.
- (14) Wilson, "The Life of the Honourable Henry Cavendish," ref. (3), p. 28, British Assoc. Report, 1839, pp. 64-5; Alembic Club Reprint No. 3. Cavendish, "Experiments on Air," ref. (9), p. 49; Cavendish, *Phil. Trans.*, 75, 372-84 (1785).
- (15) Jørgensen, "Die Entdeckung des Sauerstoffes," translated from Danish into German by

- Ortved and Speler. Ferdinand Enke, Stuttgart, 1909, pp. 3-11.
- (16) Alembic Club Reprint No. 5, "Extracts from Micrographia," University of Chicago Press Chicago, 1902, pp. 48-7.
- (17) Jørgensen, "Die Entdeckung des Sauerstoffes," ref. (15), pp. 8-9; Biegel, Four Eminent Chemists Who Died before Their Time," J. Chem Educ., 3, 1103-5 (Oct., 1926).
- (18) Patterson, "John Mayow—in Contemporary Setting," Isis, 15 (3), 539 (Sept., 1931).
- (19) Jørgensen, "Die Entdeckung des Sauerstoffes" ref. (15), pp. 12-4.
- (20) *Ibid.*, pp. 30-3; Bayen, *Traité de Physique* 3, 285 (Apr., 1774); Bayen, "Opuscules Chimiques," Vol. 1, Dugour et Durand, Paris. An VI de la République, p. li (Éloge by Parmentier); *Ibid.*, p. 228.
- (21) Thorpe, "Essay: in Historical Chemistry," Macmillan & Co., London, 1894, p. 30.
- (22) Priestley, "Experiments and Observations on Different Kinds of Air," J. Johnson, London, 1774, pp. 23-34.
- (23) Thorpe, "Essays in Historical Chemistry," ref. (21), pp. 34-5.
- (24) Jagnaux, "Histoire de la Chimie," ref. (2), Vol. 1, p. 393; Priestley, "Experiments and Observations on Different Kinds of Air," Vol. 2, Thomas Pearson, Birmingham, 1790, pp. 161-2. See also, *ibid.*, pp. 102-87.
- (25) Huxley, "Science and Education: Essays," D. Appleton & Co., New York City, 1897, pp. 1-37.

- (26) Thorpe, "Essays in Historical Chemistry," ref. (21), p. 28.
- (27) *Ibid.*, pp. 56-65.
- (28) Schrele, "Nac'gclassene Briefe und Aufzeichnungen," edited by Nordenstjöld. Norstedt & Söner, Stockholm, 1892, p. 151. Letter of Schrele to Gahn, Dec. 26, 1774.
- (29) *Ibid.*, p. 264.
- (30) *Ibid.*, p. 165.
- (31) "Oeuvres de Lavoisier," Vol. 2, Imprimerie Impériale, Paris, 1862, p. 130.
- (32) *Ibid.*, Vol. 2, p. 127.
- (33) Smith, E. F., "Priestley in America," P. Blakiston's Son and Co., Philadelphia, 1920, 173 pages; O. A. Browne, "A Half Century of Chemistry in America," The American Chemical Society, Easton, Pa., 1926, pp. 3-16; Goldschmidt, "The Birth of the American Chemical Society at the Priestley House in 1874," J. Chem. Educ., 4, 145-7 (Feb., 1927); W. H. Walker, "History of the Priestley House and the Movement for Its Preservation," J. Chem. Educ., 4, 150-7 (Feb., 1927); O. A. Browne, "Priestley's Life in Northumberland and Discussion of the Priestley Relics on Exhibition in the Museum," J. Chem. Educ., 4, 159-71 (Feb., 1927); Newell, "One of Priestley's First Letters Written from Northumberland, Pa.," J. Chem. Educ., 4, 173-5 (Feb., 1927); T. L. Davis, "Priestley's Last Defense of Phlogiston," J. Chem. Educ., 4, 176-83 (Feb., 1927); O. A. Browne, "Joseph Priestley as an Historian of Science," J. Chem Educ., 4, 184-99 (Feb., 1927).

- (34) Klaproth, H. J., "Sur les Connaissances Chimiques des Chinois dans le VIII^e Siècle," *Mémoires de l'Acad. de St. Petersbourg*, 2, 476-84 (1810).
- (35) Lippman, "Abhandlungen und Vorträge zur Geschichte der Naturwissenschaften," Veit and Co., Leipzig, 1906, p. 361.
- (36) Muceloli, "Intorno ad una Memoria di Giulio Klaproth sulle 'Conoscenze Chimiche dei Chinesi nell' VIII Secolo,'" *Archiv. di Storia della Scienza*, 7, 382-6 (Dec., 1923).
- (37) Dobbin, "Paracelsus and the Discovery of Hydrogen," *J. Chem. Educ.*, 9, 1122-4 (June 1932); Weeks, *ibid.*, 9, 1296 (July, 1932).
- (38) Weeks, "Daniel Rutherford and the Discovery of Nitrogen," *ibid.*, 11, 101-7 (Feb., 1934).

第六章 銻鉬鎢和鈾四種元素

在柏格曼 (Bergman) 和徐萊 (Scheele) 兩氏的著作和通信中，曾提到得爾徐埃爾 (delRuyter) 氏兄弟、埃爾木 (Eitel) 氏和他們在早年所發現鎢和鉬兩種金屬的歷史，其經過別饒趣味。一七八九年克拉普羅茲 (Klaproth) 氏已知瀝青鑛中含有一種新金屬，但過五十年之後，始由彼利高特 (Pelissot) 氏分出，命名為鈾。在今日，銻乃是這一族中最通用的金屬，由法國著名大化學家富古令 (Vauquelin) 氏從西北利亞 (Siberia) 所產的一種鑛石中分出，時當一七九八年。

* * * * *

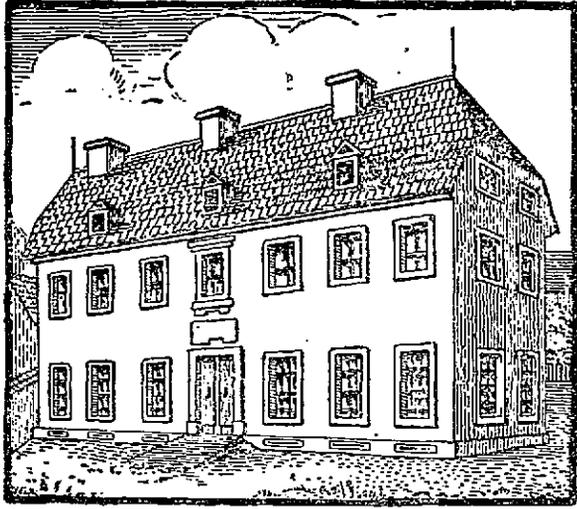
『實驗室是將來的、財富的、幸福的廟堂；這就是說在實驗室裏，人類變為光明強健和良好。』 (1) (*Les laboratoires sont les temples de l'avenir, de la richesse et du bien-être.*)

c'est la que l'humanité grandit, se fortifie et devient meilleure.)

在十八世紀最末的二十年間，歐洲有許多的科學研究家，已經察覺到鉻（chromium）、鉬（molybdenum）、鎢（tungsten）、鈾（uranium）、碲（tellurium）、氯（chlorine）、鈦（titanium）和鈹（beryllium）等等性質完全相異的元素，不過當時的人無法把牠們完全分出；後來過了很久，纔有人能把牠們分出。本章爲簡明起見，僅將關係比較密切的四種元素，如鉻、鉬、鎢和鈾，先分述於次。

鎢

在瑞典出產一種白色的鑛石，通稱 tungsten，意即重石（tung = heavy; sten = stone）（漢譯術語曰鎢）。最初的一般鑛物學家，有的認爲牠是錫鑛，有的認爲牠是鐵鑛，直到一七八一年纔由徐萊（Schaele）氏證明其中並無錫、鐵成分存在，只含着石灰和一種特殊的固體物質。這



圖四五 一千八百年夫賴堡鑛業學校的化學實驗室

德國夫賴堡 (Freiberg) 的鑛業學校對世界鑛物化學研究上，貢獻極多；歐洲第一流的鑛物化學家，多由此校出身。例如發現錫的得爾徐埃爾 (d'Elhuyar) 兄弟，和發現鈾的得爾·利俄 (M. del Rio)，都曾在這裏受過教育；發現銻的賴赫 (F. Reich) 和利赫忒 (H. T. Richter) 兩氏，以及發現鉍的文克拉爾 (Clemens Winkler) 氏，都是這校的教授。

個固體，他稱做鎢酸 (tungstic acid) (20)。柏格曼 (Bergman) 氏相信這種鎢酸中一定含有一種金屬成分。同時在西班牙有兩位化學家，即得爾徐埃爾 (d'Erluyar) 氏兄弟，從一種褐黑色的鎢鐵礦 (wolfram) 中，也找出性質相同的成分，不過他們最初也認為是錫或鐵的礦石 (2) (21) (25)。

得爾徐埃爾 氏兄弟，一名董·浮士圖 (Don Fausto d'Erluyar)，一七五五年生於西班牙的羅格隆約 (Logrono) 地方。及長隨其兄董·朱安·荷塞 (Don Juan José) 同到德國 夫賴堡 (Freiburg) 的礦物學校學習化學及礦物學。再後又進烏布薩拉 (Uppsala) 的大學，在柏格曼 教授的著名化學實驗室中研究半年 (21)。有一位瑞典 化學教授，在他的日記本上曾說到這兄弟兩人中的一個，他寫道：

『得爾徐埃爾 君 (Mr. de Luyarte) 由西班牙 隨得·弗利 先生 (Mr. de Virly) 同來烏布薩拉 研究學問，他們不但去請人私自爲他講授高等化學的課程，並且還去聽私人教授的各種金屬試驗法的講演，每種功課在試驗時的成績很好。他們一直讀到學期終止時纔離開這



圖四六 徐萊氏雕像(Börjeson's Statue of Carl W. Scheele)
徐萊氏曾發現鎢酸和鉬酸，又為最初區別石墨和鉬礦(molybdenite)的學者。上圖採自 Nordenskiöld 氏著之 *Carl Wilhelm Scheele—Nachgelassene Briefe und Aufzeichnungen*。

個地方。』(27)

(得爾徐埃爾氏的原名有種種不同的拼法，如 *Luyarte de Luyart* 和 *d'Eihuyart*，在西班牙文的著作中寫作 *de Eihuyar*)。

一七八二年七月五日，徐萊氏寫給柏格曼先生一封信上，其中說到得爾徐埃爾氏兄弟訪問他的情形。他信上說：

「……有兩位外賓，來到這裏探訪我，留在我家裏過兩天，彼此暢談一切化學問題，快慰萬分；由他們兩人的言談，我發現他們對於化學的研究，並不是沒有心得。」(3)

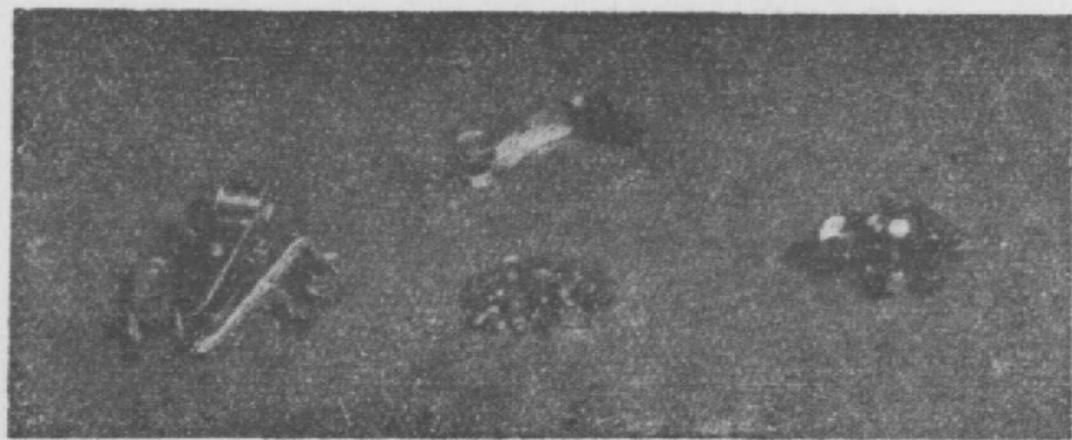
一七八三年得爾徐埃爾氏兄弟共同研究錳礦 (*tmsten*) 及鎢鐵礦 (*wolfram*)；由這兩種不同的鑽石中，他們都得到已前被徐萊氏所發現的鎢酸。以前徐萊和柏格曼兩氏曾謂還原鎢酸，有獲得一種新金屬的希望。這時得爾徐埃爾氏兄弟便採用一套極簡陋的儀器，從事於鎢酸的分析研究。試驗的設備，即將鎢酸和木炭粉末的混合物，盛於一隻密封的泥製坩堝中，加以高熱。及坩堝冷卻以後，將蓋拿去，遂得一種黑褐色的金屬粒；用手指摩擦，即碎成粉末。在放大鏡下觀察，可以

看見其中有許多金屬鎢的粒子；最大的仿佛和針尖一樣（2）、（26）。一七八四年四月二日，徐萊氏寫給柏格曼氏一封信，其中曾說過：

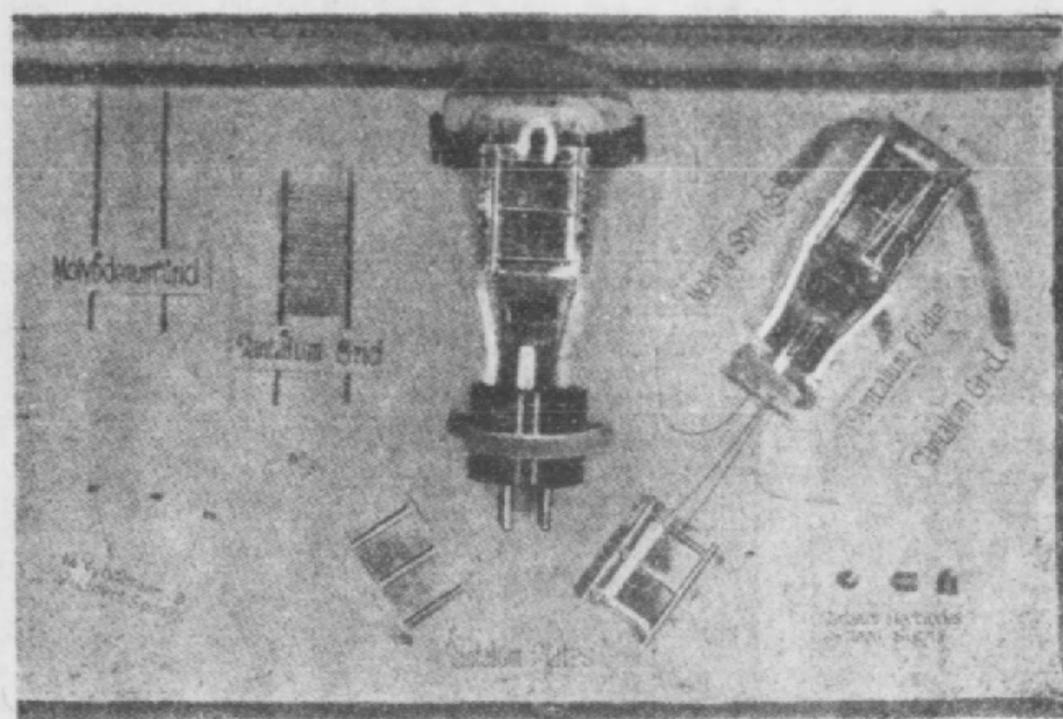
「我聽說得爾徐埃爾君已提出鎢的金屬渣，聞信之後，我非常歡喜；我希望他能送給你一些標本。」（4）

一七八八年，得爾徐埃爾氏兄弟兩人赴美洲謀事，抵埠以後，浮士圖即就任墨西哥鑛廠的指導。不久董·朱安·荷塞（Don Juan José）病死美洲。及至美洲革命暴發，浮士圖即離墨西哥而回西班牙。至於他離開墨西哥的原因，在得爾·利俄·安德累（André del Rio）氏的報告裏，可以窺見其大略：

「過去所留下的分析實驗工作，實在足使人追懷在墨西哥的試驗室裏曾經領導我們做過三十年試驗工作的得爾徐埃爾先生，他是發現鎢和鈾的大化學家。在這個舊政府勢力之下，要這位博學



圖四七 鎢製銜接點 (W. contact points)



圖四八 真空管中所用的鎢和鉀之零件



圖四九 斯德哥爾摩的瑞典皇家圖書館
〔埃爾木 (Hjelm) 氏所作的日記，現藏於此處。〕

多能的科學家變成一個極普通的事務員，自然和他的本意相違；他當然難能繼續幹下去了。世上凡是嘗過科學工作滋味的人，沒有願意半途而捨棄的。」（5）

浮士圖（Fausto）回到西班牙以後，服務於公共信用總會（General Council of Public Credit），並兼任鑛務監督。一八二五年他立下著名的探鑛法律條文，又在馬德利德（Madrid）創辦鑛業學校。一八三三年正月六日，得氏在馬德利德逝世，享壽七十八歲。現今日常用錫的地方很多，最著的如錫絲電燈泡、錫銜接點（contact point）、高速度鋼（high speed steel）等等，這些當然都是受這兩位西班牙兄弟的大發現所賜！

鉬

天然出產的硫化鉬，性質柔軟，帶微黑色，其外表和石墨彷彿。即在十八世紀末葉，歐洲的市場上鉬和石墨都混稱 molybden 或 molybdenum，隨處出賣。惟當時在一七七八年間徐萊氏早已看出石墨和鉬鑛，乃是兩種截然不同的物質。石墨與硝酸相遇，不起任何化學變化；但鉬鑛遇硝

酸之後，即有白色固體物質沈下，徐萊氏遂命名曰鉬酸 (molybdic acid) (2)、(23)。柏格曼氏獻議徐萊，謂鉬酸是一種新金屬的氧化物，其中必有一種新金屬存在。惟當時徐萊氏無適當的高熱鎔爐，可以使鉬酸還原，遂把這個問題交給他的朋友埃爾木 (Hjelma) 氏去研究了 (7)。

埃爾木氏名彼得·雅各 (Peter Jacob)，一七四六年十月二日生於松奈爾波·哈羅德 (Sunnerbo Härrad)，其年齡大約和徐萊氏相同。他和徐萊氏大概是在烏布薩拉認識的，因為在



圖五〇 克拉普羅茲氏像
(Martin Heinrich Klaproth
1743-1817)

克拉普羅茲為德國化學家兼藥學家，以分析化學上和礦物化學上的貢獻，享有盛名。由其研究工作的精審，因而發現鈾和鉛兩元素，並證實碲和鈦兩元素。對於銻土 (ceria) 之研究，克氏乃最初之學者。

徐氏住在科平 (Kopin) 之後不久他們就開始通信了 (7)。埃氏受了徐氏的囑託之後就開始用碳末還原鉬酸；又因為他想使鉬酸和碳末縝密混合，所以他就用麻子油 (linseed oil) 來把牠們調成糊狀。然後把這種糊放在密閉的坩堝裏加以高熱。當灼燒之後，油液都炭化而去，碳遂使鉬酸還原爲金屬。此種金屬定名曰 molybdenum (2) (24) (漢譯術名爲鉬)。

一七八一年十一月六日，徐氏寫給埃爾木氏一封信，其中有下列一段：

『……我知道你忙於試驗，所以我很諒解你許久不覆我的信的原因。我想我們現在又有一種新的半金屬鉬 (new half-metal molybdenum)。但我相信法國人或者不承認有這一種新的半金屬鉬存在，因為他們沒有發現過牠。信中附寄酸一包，這就是我用坩堝中鎔化得來的。如果你有製好的金屬渣，我希望你無論如何寄給我少許，因為我現在並沒有鉬在手裏。』

(8)

還有一次，徐萊氏寫信給埃爾木氏說：

『我敢斷定你的工作，能給你不少的榮譽。』 (9) (As far as I can judge of your

work, it does you all credit.)

一七八二年，埃爾木氏昇任斯德哥爾摩 (Stockholm) 皇家造幣廠的化學分析主任。二十年後，他又改任鑛業學校化學試驗室的主任。一八一三年十月七日，埃氏卒於斯德哥爾摩城，享年六十有七(7)。

埃爾木教授爲徐氏終生摯友。他們往來的信件，現在都保存在斯德哥爾摩的國家科學院 (Academy of Science) 裏。至於埃氏晚年所作的日記，現由斯德哥爾摩的皇家圖書館 (Royal Library) 保存(7)。有一次在徐氏寫給埃氏的信中，有這樣一段話：

『我們所知道的唯一真理，並不是由於靈敏的感覺所能察出的，而是由於精密的研究所得來的結果。』(Es ist ja nur du Wahrheit welche wir wissen wollen, und welche ein herrliches Gefühl ist es nicht, sie erforscht zu haben.) (19)

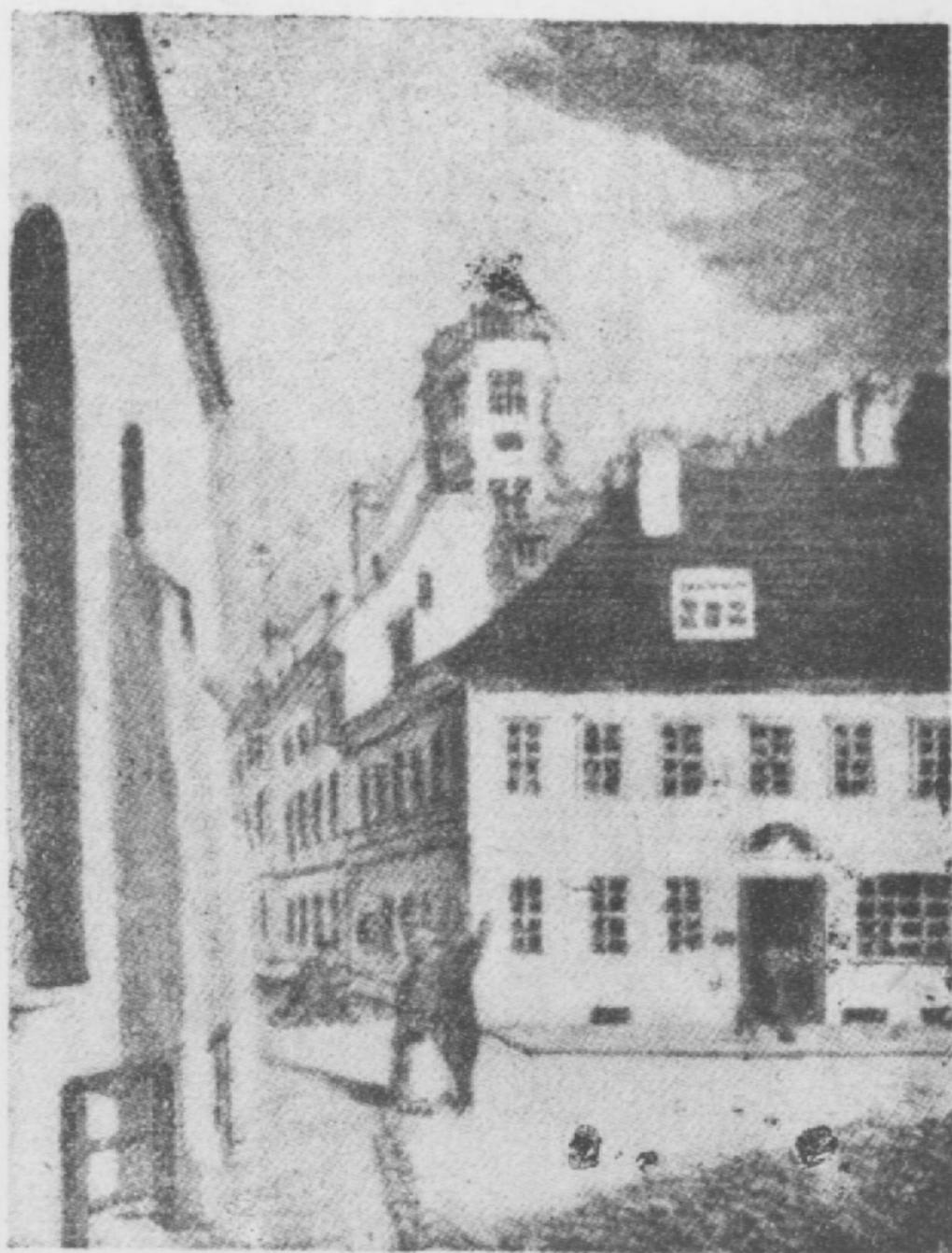
徐萊氏曉得他所發表的意見，正是他朋友心中的意思。

一七八九年培雷狄爾 (Pelletier) 氏證實一般鑛物學家所謂之鉬，乃是鉬的硫化物 (28)。

至於徐萊氏所謂的鉬酸，在自然界中並沒有這種鑛產，乃是用硝酸去氧化硫化鉬所製得的東西。鉬的性質比鎢更柔，其展延性也更大，今日的無線電播音機上所用的電池、格子和屏幕等等，都是用鉬製成的。當日埃爾木和徐萊兩氏當作一種趣味研究的工作，竟成爲今日一種新興的重要工業，這或者出乎他們意料之外吧！

鉬

提到鉬的歷史，牠最初是和德國化學家克拉普羅茲 (Klaproth) 氏最有關係的。克氏名馬丁·亨利克 (Martin Heinrich)，一七四三年十二月一日生於哈茲山 (Hartz) 的弗尼該羅得 (Wernigerode) 地方。克氏年八歲的時候，家中全部財產燬於火，因此兄弟三人均失去了充分的教育費用。馬丁是家庭中最小的一個，因爲境遇所迫，即在教堂中借禮拜時唱詩所得酬報作學費。他在弗尼該羅得的時候，曾學過一點拉丁文；年十六，即就一位藥劑師的店鋪做學徒。五年以後，學徒滿期，即在克末德林堡 (Quedlinberg) 和罕諾弗 (Hanover) 兩處地方的公共實驗室中工作。



圖五一 羅斯氏在柏林的藥房

羅斯氏三代對化學和藥學均有特殊的貢獻，祖名羅斯·發楞丁 (Valentin Rose 1735-1771)，或稱大羅斯 (Rose the Elder)，子亦名羅斯·發楞丁，通稱小羅斯 (Rose the Younger 1762-1807)；孫名羅斯·亨利克 (Heinrich Rose 1795-1864)。上圖採自 Ferchl 著之 *Von Libau bis Liebig*。



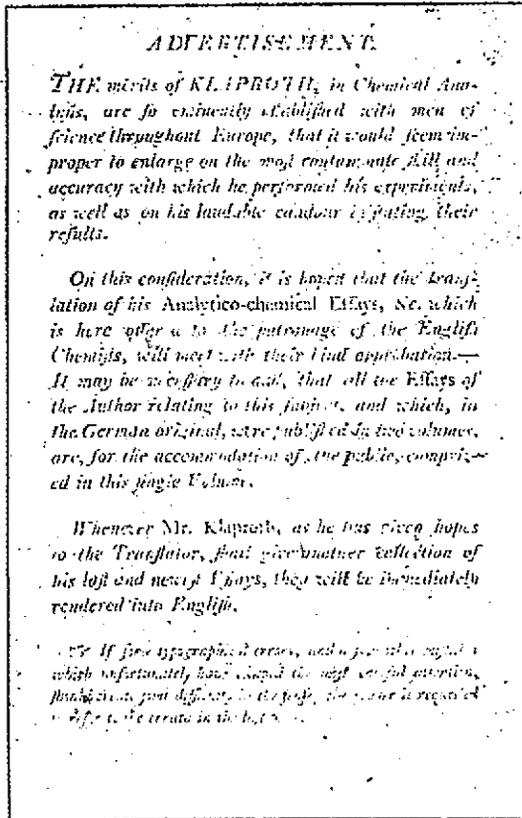
圖五二 小羅斯像

(Valentin Rose the Younger
1762-1807)

小羅斯德國人，自幼隨克拉普羅茲氏習化學，稍長即幫助克氏任分析工作；凡克氏的實驗結果，在發表之前，小羅斯均再用實驗證明，以免錯誤。小羅斯曾證實蛇紋岩 (serpentine) 中有鉻存在；因而為當時知名之化學家。小羅斯的父親大羅斯，曾發明低鎔點的合金。其子亨利克 (Heirich) 亦一化學家，次子加斯塔夫 (Gustav) 乃一礦物學家。

克拉普羅茲·馬丁·亨利克 (Martin Heinrich Klaproth) 氏對分析化學和礦物學都有很大的貢獻 (33)。他的論文集名曰礦物學之化學知識 (Beiträge zur chemischen Kenntniss der Mineralkörper)，共六冊。克氏雖然沒有分出任何新元素，然而他對於後人發現鈾和鋇兩元素和證實碲和鈦兩元素都給以主要的暗示，其功績絕不在發現者之下。

一七八九年克氏開始研究瀝青鑛 (pitchblende) 當時學者都認此種鑛石為鋅和鐵的化
 體。克氏研究之初，先加硝酸使之溶解，再加木灰 (potash 按即碳酸鉀) 使之中和，在過剩的鹼液



圖五三 克拉普羅茲氏著作之英譯本寫影

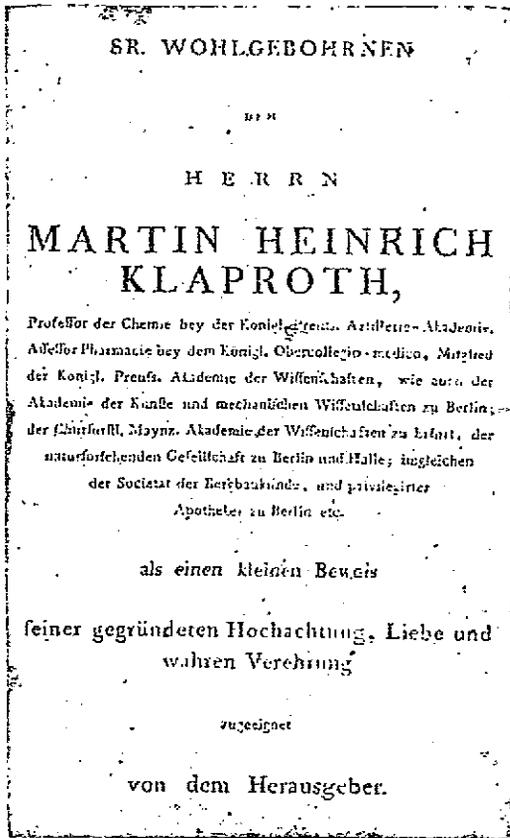
(上圖係譯者序言之一段，書名 *Analytical Essays toward Promoting the Chemical Knowledge of Mineral Substance*)

中，結果獲得黃色沈澱物。克氏斷言沈澱物質中，必有一種新元素存在，因命名爲 uranium（鈾），借以表示對赫舍爾（Herschel）氏當時發現 uranus 之敬意。（素封案 uranus 卽天王星）（12）。此後在埃爾木（Hjelum）氏提製金屬鈾之後，克氏卽開始提製金屬鈾。克氏將黃色氧化物用油調成糊狀，盛於木炭坩堝中，加以高熱，最後燬得金屬光澤之黑色粉末，克氏便認爲此乃金屬鈾（29）。此後五十年間一般化學家都公認克氏所得之粉末爲金屬鈾；及一八四一年巴黎彼利高特（Peligo）氏纔證實牠是鈾的氧化物。

當柏林大學開辦的時候，克拉普羅茲（Klaproth）氏已是六十七歲的老翁，因爲他在化學界上名望很高，曾被當朝聘爲第一任的化學教授。克氏執教於此，直至一八一七年正月一日死時爲止（13）。托姆松（Thomas Thomson）氏對於克氏的性格，有下列一段批評，他說：『克氏酷愛科學，秉性純潔，公正謙虛，熱懷處世，忠於爲友；談話時愛用諧語；他本人雖信教義，但不迷信；至於他在分析化學所有成功的祕訣，全在精確和仔細兩點。』（14）

一八二三年阿爾費特孫（Arfvedson）氏利用氫氣以還原青色的氧化鈾（當時認爲最低

的氧化鈾)會獲得褐色的粉末,當時誤認為金屬鈾,到後來纔證實是二氧化鈾 UO_2 (15)(30)。一八四一年彼利高特氏分析無水之四氯化鈾(UCl_4),結果在百分的氯化鈾中,得到一一〇分的鈾和氯兩種元素。他對這種不可能的結果所下的唯一的解釋,就是氧化鈾能夠和水作用而變



圖五四 徐萊氏著作德文本之「致獻頁」

(徐萊氏著作的德文本,係由 Hermbstädt 所輯。)

成氧化鈾和氯化鈾兩種化合物。



因為當時的學者不能將氧化鈾用氫或碳還原，所以他們都誤認氧化鈾為金屬鈾。以後彼利高特氏曾開始將鉀與無水氯化鈾同置白金坩中，密閉之後，共同加熱。但這種裝置，是一種有危險性的



圖五五 彼利高特氏像

(Eugène Péligot 1811-1890)

法國巴黎中央藝術及製造學校玻璃工藝教授，巴黎造幣廠分析部主任，國立農學院農業分析化學教授，又為第一位分析金屬鈾的化學家。

實驗，一定要有勇氣的人纔能做到——因為白金坩和其中所盛的物質，及達到白熱的程度，一定會發爆炸的作用。他爲了謹慎起見，曾把二隻小白金坩放在一隻大白金坩裏，當小白金坩中的物質開始起反應作用的時候，便立刻熄滅酒精燈的火焰；因為他怕金屬鉀從白金坩中飛出來，而發生傷害。等到所有猛烈反應變得和緩了，他再把白金坩加以高熱，以除去其中所剩餘的鉀質，並使已還原的鉀質凝結或團體。及坩中物質冷卻以後，用水溶去其中所含之氯化鉀，即得黑色的金屬粉末之鉀。——這種金屬的性質和前人所得的完全不同（15）、（31）。無疑地，彼利高特氏是提出金屬鉀的第一個人。

彼利高特 (Peligot) 名攸貞·美爾基俄爾 (Eugène Melchior) 一八一一年三月二十四日生於巴黎，曾在亨利第四中學 (Lycée Henri IV) 和中央藝術及製造學校讀書，後來因爲經濟所迫而失學。一八三二年他忽然得到一個好機會，能使他的天才得以發展，這便是跟隨杜馬 (J. B. Dumas) 氏在高級多藝學院 (École Polytechnique) 實驗室裏從事研究工作。不幾年，他就和杜馬氏共同工作，從事有機化學上的重要研究。

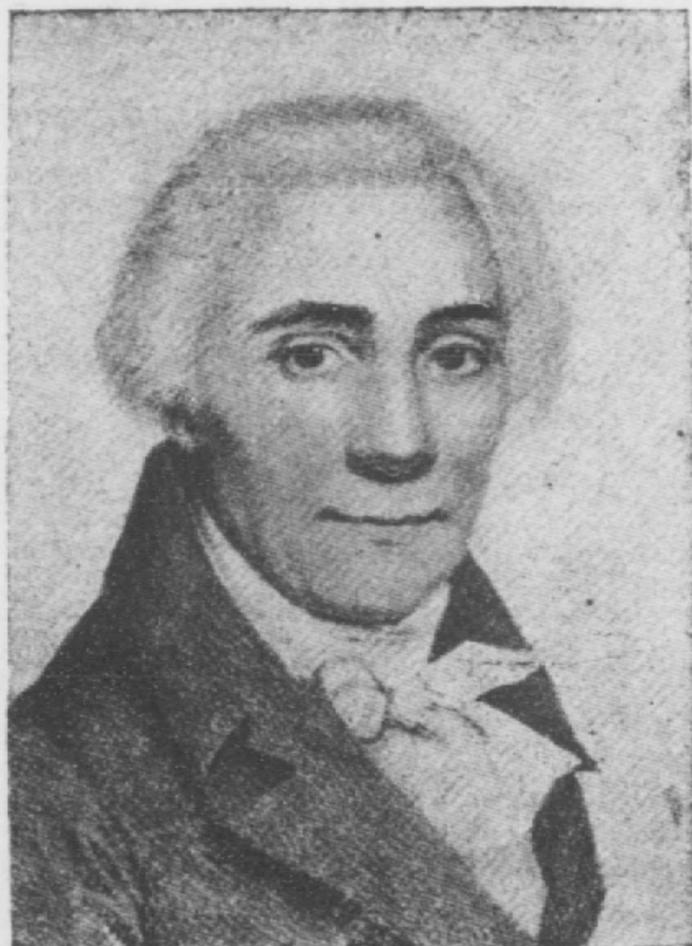
彼利高特氏在中央藝術及製造學校中擔任分析化學和玻璃製造講座，達三十五年之久，其間並就平素研究心得，寫成分析化學及玻璃製造的重要著作各一部。又曾在高級職業學院（*Conservatoire des Arts et Metiers*）擔任事務，和國立農學院講授農業分析化學。

彼氏又曾在造幣廠服務四十年，最初擔任分析員，後升為檢定員，最後又升為分析部主任。他的住宅即在造幣廠內。一八九〇年彼氏逝世，時年七十九歲。提山地愛爾（*Tissandier*）氏曾批評他說：

『他的生活很平靜而合理化，所有精力完全用在他所愛的科學之上；至於對待家庭子女，也極能盡其撫養和愛護的職責。』（34）

彼利高特氏一生研究學問的範圍，十分廣闊，所發表的論文計有水的分析，甘蔗糖和甜菜糖之化學成分，蠶的化學和生理的研究，普希密阿（*Bohemia*）所產的玻璃的組成，以及鋪與銘的研究（6）等等。由此足以證明他對於學問的興趣的濃厚。

發現鉻元素 (chromium) 的化學家，姓富古令 (Vauquelin) 名路易·尼古拉斯 (Louis Nicolas)，一七六三年五月十六日生於諾曼提 (Normandy) 的一個小鄉村上；這個村名叫聖安得烈·特·埃培爾鎮 (St. André d'Hébertot)；又稱為聖安得烈·特斯·柏托鎮 (Saint



圖五六 富古令氏像

(Louis Nicolas Vauquelin
1763-1829)

富氏法國人，生當大革命時期，為當時知名分析化學及礦物化學專家，並任藥劑師。曾任巴黎多藝學校和鑛業學校教授，巴黎造幣廠分析技師。一七九七年富氏發現鉻和鈹兩種元素。

André des Berteaux) 他在幼年時代，幫助父親在田園裏工作；因為他的父親要維持一個大家庭，所以為生活的奮鬥掙扎，十分辛苦。路易·尼古拉斯生來聰慧，最初在鄉村學校讀書的時候，就進步很速，成績很優良。他對於副牧師所教授的宗教學科，也很能瞭解，因此極得他的寵愛(16)。年十四歲，即在盧翁(Rouen)地方一個藥房裏充任助手，並幫助藥劑師洗滌燒杯等玻璃儀器。後來他由聖安得烈·特·埃培爾鎮上一位老牧師的介紹，拜見過巴黎修道院裏主持(Premontre)。他在巴黎最初奮鬥的時候，結交了兩位好友，一位是前面說過的修道院的主持，這人態度良善，和藹可親；一位是巴黎的地主，名叫阿該素(Aguesseau)，路易曾在他的田園裏做過工(16)。

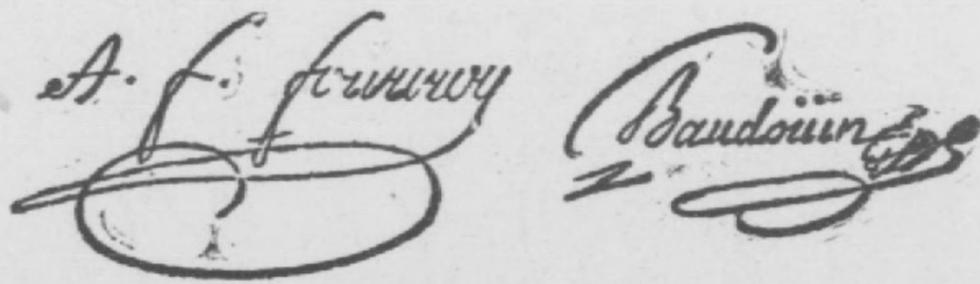
富古令氏住在巴黎最初的三年裏，曾在好幾處藥房中做工，每當工餘的時間，即專心致志地學習拉丁文和植物學。其中有一位藥房的主人，名叫捨萊丹木(M. Cherdane)，這人和當代著名化學家孚克拉(Antoine François de Fourcroy)氏是表兄弟。有一次捨萊丹木氏向孚克拉氏談到這位年輕的富古令君，說他喜歡研究化學，孚克拉氏因而立刻招他到自己家中僱他做實驗室裏助理員。孚克拉氏家中有幾位未曾出嫁的姊妹，都對這位年輕的助理員十分慈愛。有



圖五七 孚克拉氏像

(Antoine François de Fourcroy 1755-1809)

法國大革命時代的化學家，爲拉瓦錫氏新燃燒學說的擁護者，曾同拉瓦錫，德·毛利(de Morveau)和柏托雷(Bertholet)諸氏製定新化學名詞。孚氏個人曾配製和分析多種試藥和藥物。



圖五八 孚克拉氏的筆蹟和簽字

一次富古令患了很重的毛病，由於這幾位老姑娘那般同慈母一樣的看護，他纔得『死裏逃生』。所以在他的心靈上，這幾位老姑娘是他終生忘不掉的恩人。

此後富古令氏一方面繼續研究物理、化學和哲學，同時還幫助孚克拉氏在書院（Athenaeum）教授功課。富氏膽怯，所以當初公衆講話的時候，態度很不自然；及至後來學生們熟識他的學問和熱情以後，他們纔口悅心服地來聽受他的功課。

當法國革命的時候，有一件搖動人心的故事，就是富氏曾從暴徒中救出一位瑞士的軍人。原來這人是由推勒利斯宮（Tuileries）大屠殺中所逃出的。因為富氏曾參加過革命的工作，所以在一七九三年迫而離開巴黎。起初在陸軍醫院任藥劑師，數月之後，即回巴黎，擔任中央工程學校化學講席。這個學校後來成爲著名的高等多藝學院（École Polytechnique）。再後富氏充鑛業視察員和鑛務學校的鑛物分析教授，居住校中。因為他和孚克拉氏的姊妹的情感和洽，所以在孚氏逝世以後，孚氏的姊妹仍然繼續替他料理家務；富氏由於感謝她們的熱忱，曾將自己大部分的房屋，聽從她們自由支配，並且她們繼續住在一處，直到老死（16）、（35）。

有一次，由靠近耶卡泰林堡 (Ekaterinburg 即 Yekaterinburg) 地方的柏累左夫 (Beresof) 鑛洞中，探來一些豔紅色的紅鉛鑛，名叫『西北利亞紅鉛鑛』 (Siberian red lead) 被人帶到巴黎。據富古令和馬廓提 (Maquart) 兩氏分析的結果，證明其中含有過氧化鉛、鐵和鋁等質。但據俄國莫斯科鑛學家平特海莫 (Bindheim) 氏的報告，認為其中含有鉍酸、鎳、鈷、鐵和銅等等。富氏因為想解決這件懸案，特在一七九七年重新做過一次分析實驗 (32)。分析時，他用這種鑛物粉末一分，和碳酸鉀二分同共煮沸，結果他除獲得碳酸鉛以外，還有一種黃色的溶液。這種黃色的溶液中，含有一種性質不明的酸類的鉀鹽。在這種黃色溶液中，如加入高級汞鹽的溶液，即有一種美麗的紅色沈澱物發生；如加入鉛鹽的溶液，即有黃色的沈澱物發現。後來富氏又把這種新酸分出，加入二氯化錫在內，則此溶液遂變為青色（其中變化，即使鉻酸還原為鉻鹽）（17）。

第二年，富古令氏從這種鑛石中分出一種新金屬。他所用的方法，是加鹽酸於鑛石之中，使其所含的鉛質沈澱為氯化鉛，借以除去鉛質；然後將所得的濾液蒸乾，以提製三氧化鉻——提取時是把三氧化鉻放入一隻小炭製坩堝中，混以木炭粉末，其外再套以較大陶土坩堝，然後加以高熱。

及加熱一點半鐘之後，靜置冷卻之。這時坩堝裏面遂有灰色針狀的金屬，結成網狀，其重約等三氧化鉻原重量的三分之一。因為這種金屬能够成爲許多種顏色不同的化合物，所以孚克拉和阿羽伊 (Haly) 兩氏命名爲 Chromium (漢譯術名曰鉻) (17) (36)。(素封案 Chromium 的化合物多帶美麗色澤，故 Chromium 一字由希臘字 $\chi\rho\omicron\mu\alpha$ 變來，意即「美色」)。

富氏此後曾在法國學院 (Collège de France) 和植物園 (Jardin des Plantes) 任職；一八一一年，他的老友孚克拉氏逝世，又接任他在醫藥學校的職務擔任化學教授。一八二八年，卡爾發多斯州 (Calvados) 當局任命他做議員 (deputy)；他的故鄉聖安得烈·特·埃培爾鎮就是屬於這州管轄的。他服務時很能盡心爲國家社會謀利益，所以隨處得人的信仰和推崇。他的幼年時代雖因家境貧苦，把一大半光陰都消磨在勞苦工作之中，但在成年之後，即日夜攻讀，因此知識十分寬泛。他平時酷愛音樂與文學，即荷累斯 (Horace) 和弗爾基爾 (Virgil) (註一) 兩人的名著，他都能隨意引證 (16)。

(註一) 素封案 弗爾基爾 原名 Publius Vergilius Maro，生於紀元前七十年，爲羅馬著名詩人，其著名詩集有三，即

Eclogues, Georgics and Aeneid 均有英文譯本。荷黎斯原名 *Quintus Horatius Flaccus* 爲弗氏同時的羅馬大詩人。

富氏有一位名叫舍發利挨 (*M. Chevallier*) 的學生，曾述說過一段偶然的事體，我們由此可以窺見富氏待人的慈藹。在一八〇八年，當拿破崙下令驅逐住在巴黎的西班牙人的時候，其中被驅逐的六十人之中有富氏的一個學生。這人年歲很輕，剛從西班牙來到巴黎，就拘進囹圄。這時他舉目無親，處境十分可憐。富氏聽到這個消息，第二天早晨六點鐘，就穿上平日學會會員的制服，趕到警察局把這個外國學生擔保出來了。這個出獄的青年，名叫俄非拉 (*Mathien Joseph Bonaventure Oriola*)，後來成爲一位著名的化學家 (16)。

英國大化學家得維 (*Sir Humphry Davy*) 氏對於富氏的家庭生活，會有下面一段動人的描寫。他說：

『一八一三年我看見富氏晚年的生活情況 (素封案此時富氏年五十歲)。他所給我的印象，乃是當時法國化學家所有的風度。假如他的實驗室如其說是哲學的，倒不如說是屬於藥



圖五九 俄非拉氏像

(Mathien Joseph Bonaventure Orfila 1787-1853)

西班牙化學家，幼年曾隨富古令氏在巴黎做研究工作，為近世毒物學 (toxicology) 的創始人，曾在巴黎教授毒物學，醫用化學和裁判化學 (forensic chemistry) 等等課程。

物學的更妥當，但是他仍舊住在皇帝花園之中 (Jardin du Roi)。他的態度、生活和其他家中一切的佈置，都十分簡單。尤其是兩位老姑娘——孚克拉教授的姊妹孚克拉小姐——仍然和他同住一處。我還記得最初走進他的門戶的時候，我進到一間寢室裏，看起來又好像用做會客室似的。有一位孚克拉姑娘正坐在牀上削麥蕈 (Truffe)，以預備飯菜。富氏要他們趕快為我預

備早餐，我也無法推辭。』(18)

富古令氏這樣『隨便地』招待一位時髦的英國紳士，自然免不了對方的驚異；不過假使得維爵士在事前已聽到富氏在少年時候曾受過兩位老姑娘的恩惠的佳話，或許他不這樣批評富氏吧！

法國的富古令 (Vauquelin) 氏和德國的克拉普羅茲 (Klaproth) 可說是當時兩位第一流的分析化學家；並且也是空前的兩位大化學家。托姆松 (Thomas) 氏曾說過：『富古令氏是法國很難得的一位最努力的化學家。』(19) 富氏於一八二九年十一月十五日在故鄉沙托·特斯·柏托 (Château des Bertaux) 逝世，時年六十六歲。

鉻在世上許多有用的金屬中，也佔了

第六章 鉻、錳、鎢和鈾四種元素



圖六〇 得爾徐埃爾·董·浮士圖氏像
(Fausto de Elhuyar 1755-1833)

西班牙探礦學家，曾任新西班牙 (New Spain) 礦務監督，和礦務法庭的主席；並曾擔任墨西哥礦業學院院長達三十年之久。

一個位置，例如淨鋼鍍銘器什、汽車上裝飾品、人造的銘寶石等等，沒有不利用銘的。富古令氏這種發現的重要，現在有很多人知道了。

參考材料

- (1) Vallery-Radot, "Life of Pasteur," English translation by Mrs. Devonshire, Doubleday, Page and Co., New York, 1926, p. 152
- (2) Jagnaux, "Histoire de la Chimie," Vol. 2, Baudry et Cie, Paris, 1891, pp. 344-5.
- (3) Nordenskiöld, "C. W. Scheele's nachgelassene Briefe und Aufzeichnungen," Norstedt & Söner, Stockholm, 1892, pp. 362-3.
- (4) *Ibid.*, p. 370.
- (5) Del Rio, "Analysis of an Alloy of Gold and Rhodium from the Parrington House at Mexico," *Annals of Phil.*, 10, 256 (Oct., 1825).
- (6) Poggenдорff, "Biographisch-Literarisches Handwörterbuch zur Geschichte der exakten Wissenschaften," 5 vols., Verlag Chemie, Leipzig, 1863-1926. Articles on d'Elhuyar and Peltigot.
- (7) Nordenskiöld, "Scheele's nachgelassene Briefe und Aufzeichnungen," ref (3), pp. 373-4.
- (8) *Ibid.*, pp. 399-400.
- (9) *Ibid.*, p. 389. Letter of Mar. 13, 1780.
- (10) *Ibid.*, p. 381.

- (11) Thomson, "History of Chemistry," Vol. 2, ~~Gedurn~~ and Bendley, London, 1831, pp. 193-~~200~~.
- (12) Farber, "Geschichtliche Entwicklung der Chemie," Springer, Berlin, 1921, p. 65.
- (13) Bugge, "Das Buch der grossen Chemiker," Vol. 1, Verlag Chemie, Berlin, 1929, p. 334.
- (14) Thomson, "History of Chemistry," ref. (11), Vol. 2, pp. 197-8.
- (15) Jagnaux, "Histoire de la Chimie," ref. (2), Vol. 2, pp. 322-4.
- (16) "Biographie Universelle, Ancienne et Moderne," 85 vols., Michaud Frères, Paris, 1813. Article on Vauquelin by Chevallier.
- (17) Jagnaux, "Histoire de la Chimie," ref. (2), Vol. 2, pp. 317-8.
- (18) Dr. John Davy, "Memoirs of the Life of Sir Humphry Davy, Bart.," Smith, Elder and Co., London, 1839, p. 166.
- (19) Thomson, "History of Chemistry," ref. (11), Vol. 2, p. 212.
- (20) Scheele, "Sämmtliche physikalische und chemische Werke," translated into German by Herrnpstätt, zweite unveränderte Auflage, Vol. 2, Mayer and Müller, Berlin, 1793, pp. 291-302.
- (21) Bergman, "Opuscula Physica et Chemica," Vol. 6, Libraria I. G. Milleriana, Lipsiae, 1790, pp. 108-9.
- (22) L. Gmelin, "Handbuch der theoretischen Chemie," ersten Bandes zweite Abtheilung, dritte Auflage, Varrentrapp, Frankfurt am Main, 1826, p. 789.
- (23) Scheele, "Sämmtliche physikalische und chemische Werke," ref. (20), pp. 185-200.
- (24) Hjelm, "Versuche mit Wasserbley, zur Darstellung desselben in metallischer Gestalt,"

- Crelle's Ann.*, 13, 39-45 (1790); Hjelm, "Versuche mit Wasserbley und Wiederherstellung seiner Erde," *Crelle's Ann.*, 15, 170-85, 248-80, 353-63, 429-48 (1791).
- (25) Klaproth and Wolf, "Dictionnaire de Chimie," Klostermann² fils, Paris, 1811, Article on "Scheelium."
- (26) D'Elhuyar, "A Chemical Analysis of Wolfram and Examination of a New Metal, Which Enters into Its Composition," translated from the Spanish by Ch. Cullen. Preface by Bergman. London, 1785. German translation by Gren (Halle, 1786).
- (27) Bergman's Autobiography, translated by H. N. Barham and A. E. Pearson from original manuscript in Upsala Univ. Library, x, 2551.
- (28) Lagrange, "Notice des Travaux de Bertrand Pelletier," *Ann. chim. phys.*, 27, 199-200 (1797).
- (29) Klaproth, "Chemische Untersuchung des Uranits, einer neuentdeckten metallischen Substanz," *Crelle's Ann.*, 12, 387-403 (1789).
- (30) Arvedson, "Recherches sur l'Uranog," *Ann. chim. phys.* [3] 29, 148-75 (1825).
- (31) Peligot, "Sur le poids atomique de l'Uranog," *Compt. rend.*, 12, 735-7 (1841); "Recherches sur l'Uranog," *Compt. rend.*, 13, 417-26 (1841); "Recherches sur l'Uranium," *Ann. chim. phys.* [3] 5, 5-47 (May, 1842); [3] 12, 549-74 (Dec, 1844).
- (32) Vanquelin, "Mémoire sur une nouvelle substance métallique contenue dans le plomb rouge de Sibérie, et qu'on propose d'appeler Chrome, à cause de la propriété qu'il a de colorer les combinaisons où il entre," *Ann. chim. phys.* [1] 25, 21-31, 194-201 (Jan, 1795).

- (33) R. Meyer, "M. II. Klapproth, ein deutscher Chemiker des 18. Jahrhunderts," *Z. angew. Chem.*, **34**, 1-3 (Jan. 4, 1921).
- (34) Tissandier, "Eugène Péligot," *La Nature* (1), **18**, 521-2 (April 26, 1890).
- (35) Dains, "John Griscom and His Impressions of Foreign Chemists in 1818-19," *J. Chem. Educ.*, **8**, 1288-310 (July, 1931).
- (36) Vauquelin, "Memoir on a New Metallic Acid Which Exists in the Red Lead of Siberia," *Nicholson's J.*, **2**, 145-6 (July, 1798); "Analysis of the Red Lead of Siberia, with Experiments on the New Metal It Contains," *Ibid.*, **2**, 387-98 (Dec., 1798).

第七章 碲和硒

鋅、鎘、錳、氮、氧、鎢、鉬和鉻等元素，都是在十八世紀期間被歐洲學者認識之後，而又分出的，作者在前三章中已詳加說明。本章擬將牟勒男爵 (Baron Müller von Reichenstein) 發現碲的經過及克拉普羅茲 (Klaproth) 氏證實碲的史實，介紹於讀者。至於硒的發現，大約乃十九世紀初葉的事情；若以著史的眼光論之，本不便與碲相提並論，惟硒、碲二者的物性及化學均彼此相近，姑於本章合併敘述，以便讀者。德國藥學家克拉普羅茲氏與瑞典化學家泰斗柏齊力阿斯氏的科學報告及通信中，對於碲和硒兩種元素的發現史，均有詳實的記載；至於德國大化學家弗勒 (Friedrich Wöhler) 氏在所著一位化學家的早年回憶錄中 (6)，對於這位瑞典大師的生平，也有不少重要的記載。

* * * * *

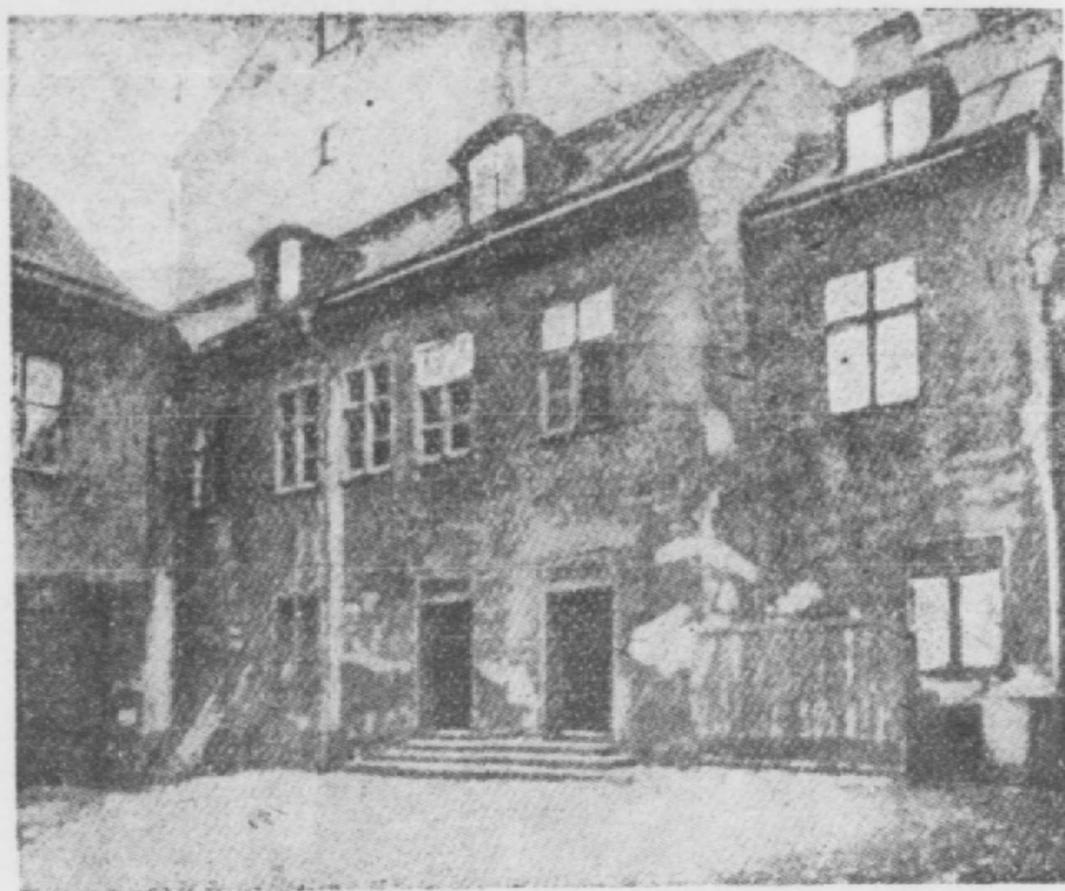
「化學家是一羣俗不可耐的庸人，好像受了狂妄的衝動，而在烟霧、蒸汽、煙灰、火焰、毒物和窮乏 (poverty) 之中尋求快樂——但我個人，在這種罪惡氛霧裏邊，卻獨自逍遙，不染塵埃；老實說罷，我的地位，即波斯王不易也。」(1)



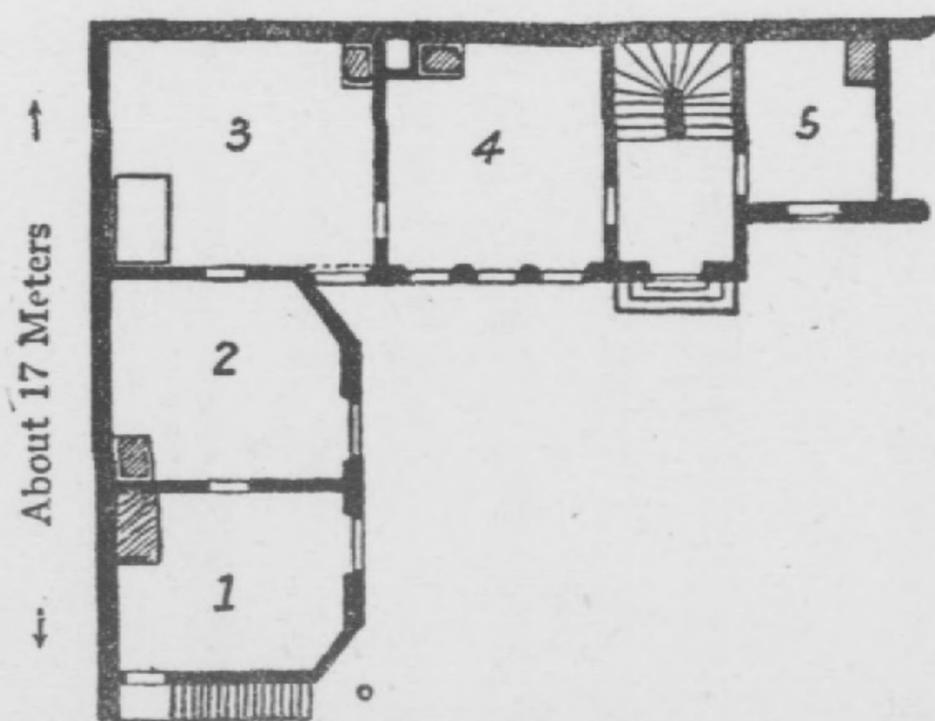
Berzelius

圖六一 柏齊力阿斯氏青年時代肖像

柏氏 (Berzelius) 幼年父母雙喪，由祖父教養成人。初入林刻平中學讀書，後升入烏布薩拉大學習醫學，曾獲醫學博士頭銜。柏氏為愛克伯格 (Ekeberg) 氏高足，愛氏以發現鉍元素著名。



圖六二 柏齊力阿斯氏在 1809-1819 年間的住宅及實驗室



圖六三 柏齊力阿斯氏住宅及實驗室的分配

(此係鋪面(first floor)平面圖,圖中 1 為廚房及實驗室, 2 為實驗室, 3 為寢室, 4 為客廳, 5 為儲藏室。)

碲

碲 (tellurium) 的發現者名牟勒·夫朗茲·約瑟夫 (Franz Joseph Müller) 一七四〇年六月一日生於維也納，其父曾任特朗西爾末尼阿省 (Transylvania) 的財務官 (Thesaurarius)。牟勒幼年在維也納學習法律及哲學，以後即赴匈牙利舍姆尼茲 (Schemnitz) 地方入鑛業學校讀書，在此對探鑛術、鑛物學、化學及力學等科，感覺濃厚趣味。年二十八歲，充土地測量員。二年後，以其辦理巴那特地方的探鑛場和冶金委員會有功，即被探鑛局委為鑛務部測量技師兼主任。一七七五年，牟勒赴提羅爾 (Tyrol) 任鑛務隊長兼監督。後來當約瑟二世 (Joseph II) 執政，牟勒遂擢升為特朗西爾末尼阿省的鑛廠、冶金場及製鹽廠的總視察官 (2)。

一七八二年牟勒氏從薩拉特納 (Salama) 地方一座法齊柏山 (Fazebay Mt.) 的美利阿西夫鑛場 (Mariahilf Mine) 裏，探得一種淡藍色的鑛石，更由其中提得一種金屬，他以為是鈾。當時的人稱這種鑛石為『可疑金』(aurum problematicum)、『奇異金』(aurum paradoxum)。

或『白金』(aurum album)等等名稱。當他提鍊實驗完成之後，曾發表一篇論文，題爲用薩拉特納附近法濟柏山上美利阿西夫鑛穴的鑛石所鍊得之而假設爲銻的實驗 (Versuch mit dem in der Grube Mariahilf in dem Gebirge Faxeby bei Salama vorkommenden vermutheten gediegenen Spiessglaskönig)。再後，他把由鑛石中所提得的金屬仔細考察一番，發現牠的外表雖是和銻彷彿，但其一切性質卻與銻不同，因而斷定爲一種新金屬元素。爲了想求人證實他的發現，曾將標本少許寄與當代化學大家柏格曼 (Bergman) 教授，求其鑑定；但因標本分量過微，柏氏亦不能證明牠不是銻 (3) (11)。

牟勒氏的重要發現，被世人忽略了十六年之久。後來在一七九八年一月二十五日，當克拉普羅茲 (Klaproth) 氏在柏林科學院宣讀一篇關於特朗西爾未尼阿省的金鑛論文時，纔重新把這種長期被人忘記的元素提出。克氏且定名曰 tellurium，意即『地球』(漢譯術語爲碲)，從此牠纔著名於世。克拉普羅茲氏一再說明這種金屬是在一七八二年由牟勒氏發現的，而他本人又從沒有貪圖虛名的心願，我真不懂得爲何一般科學史的作家，都『張冠李戴』，誤認克氏爲碲的

發現人（11）

克拉普羅茲氏由金礦中分離碲的方法，可介紹如下：取金礦研成粉末，用王水溶解，濾出溶劑殘渣，注水將殘渣徐徐稀釋。隨後加苛性鈉溶液，使殘渣液變成鹼性，而有白色沈澱物發現。如鹼液過量，則白色沈澱逐漸溶去，僅留下褐色毛狀的物質——此乃金末和氫氧化鐵（hydrrous ferric oxide）的混合體。克氏這時將沈澱物過濾而去，加鹽酸於濾液使成中性，遂有多量的沈澱發生。取出沈澱物，用水沖洗，再加火烘乾，然後加油調成膏狀，裝入玻璃甌中，徐徐加熱（蒸餾），以至全部熾紅。待冷卻之後，即於接受器和玻璃甌中發現有金屬粒狀的碲存在（3）、（11）。

牟勒氏為國家所成功的光榮事業，並不只是發現碲元素而已。當神聖羅馬皇帝約瑟（Kaiser Joseph）在位時，曾指派他為總督（Gubernialrath），並賜以世襲的「賴亨斯泰恩男爵」（Freiherr von Reichenstein）的榮號。在維也納的宮庭裏，他做了十六年的大臣，直到了七十八歲（一八一八年）纔告老休息。雖然皇帝這時准許不必呈報案件，可是一切內庭的會議還依然招他參加，要他繼續貢獻關於探礦和冶金上的意見。因為他對於國家有特殊的功績，曾由政府頒

給『聖史特芬十字勳章』(Cross of the Order of St. Stephan) 並被鑛務學會 (Mining Society) 柏林科學友誼會 (Gesellschaft naturforschender Freunde) 和耶那鑛物學會 (Mineralogical Society) 選為會員 (2)。當他為國家致力了六十二年，而又對化學和鑛物學



圖六四 馬格那斯氏像

(Gustav Magnus, 1802-1870)

馬氏為德國理化學家，柏齊力阿斯氏的高足，最初致力研究碲元素的學者。一生對學術貢獻極多，在鑛物分析化學上，生理化學上，農業化學上和化學工藝上，無往沒有他的功績。馬氏發明由硫酸廠鉛室內淤積的黏泥 (slime) 中提取碲的方法，特別著名。此外，馬氏對於力學，水力學，熱學，光學，電學和磁學，也各有深博的研究 (上圖係馬氏胞兄弟愛德華所作，由Hofmann著 *Zur Erinnerung an Vorangegangene Freunde* 上採下)。

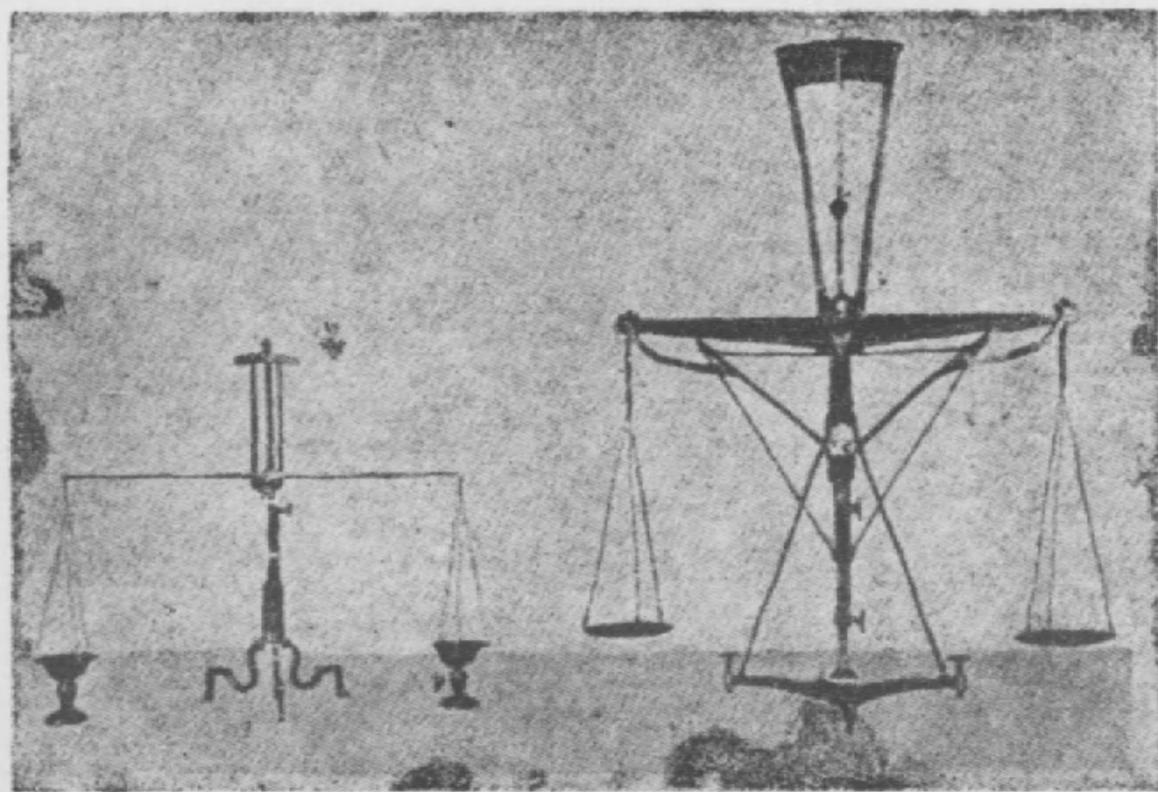
發表了無數的重要論文之後，遂於其出生地維也納與世長辭，時年八十有五（4）。

據提爾蓋爾特·保羅（Paul Diepgart）氏的考證，一七八九年匈牙利培斯特大學（Post Univ.）化學教授基太拜耳·保羅（Paul Kiriaibel）氏也曾獨立發現碲元素，並有論文刊行問世（5）。

硒

硒元素（selenium）的發現人，乃瑞典化學大師柏齊力阿斯（Berzelius）氏。柏氏名仲斯·雅各（Jöns Jakob），一七七九年八月二十日生於瑞典哥特蘭德省（Gothland）東部的韋斐松答村（Wäfferunda），自幼即喪父母，由祖父撫養成成人。先在林刻平（Linköping）地方就學，以後進烏布薩拉大學習醫，年二十二獲醫學學位。當時烏大化學教授名阿夫齊利阿（Afzelius）氏，為化學大家柏格曼氏的 nephew（外甥？），做副教授的名麥克伯格（Ekeberg）——這人在柏齊力阿斯畢業的那一年，曾獨自發現元素鉭（tantalum）。

次年柏齊力阿斯氏被政府委爲斯德哥爾摩醫學院的副教授，擔任醫學、植物學及藥物學等科。這座醫學院極負盛名，柏氏便在此終生致力於學術事業，而獲得不朽的榮譽。斯城的陸軍大學及外科醫學院亦曾延聘柏氏擔任講師。柏氏講授時所採用的方法，特別注意當場實驗，以引起聽者的興趣，這是和當時其他化學教授不同之點。因此，柏氏教授化學的聲望，傳遍歐洲各國，於是愛好化學的學生，『不遠千里而來』斯德哥爾摩——正如回教徒的朝拜麥加（Mecca）一樣踴躍。（註1）當時來從柏氏研究而在後日成名的化學家，見於各國科學史書的，計有下列數氏：



圖六五 柏齊力阿斯氏所用之天秤

密特射利赫 (Eilhard Mitscherlich)

弗勒 (Friedrich Wöhler)

格美楞 (Christian Gottlob Gmelin)

摩散得爾 (Carl Gustav Mosander)

斯文柏格 (L. F. Swanberg)

塞夫斯唐木 (Nils Gabriel Sefström)

羅斯·亨利克 (Heinrich Rose)

羅斯·加斯塔夫 (Gustav Rose)

(註一)素封家回教徒有五大信條，『最好一年要朝拜麥加一次』乃其中之一。麥加在阿拉伯的西岸，靠近紅海，為摩罕默德出胎地。回教徒相信朝拜麥加之後，可以增福減罪，容易昇入天國。此處原著人僅云：「有志學習化學的學生，都把斯德哥爾摩當做他們的麥加。」素封為使意義清楚起見，特改譯如上。又一九二七年當素封旅居爪哇時，聞是年該處荷屬地共有六萬四千一百三十三人往麥加朝拜，其踴躍可知。

柏氏平生言行，和他對待學生循循善誘的態度，弗勒氏在他所著的一位化學家的早年回憶

錄那篇文裏，敘述得如繪如畫，娓娓動聽。弗勒有一段寫道：

「當我站在柏齊力阿斯先生門外，擊動門鈴的時候，我心裏總是忐忑不寧地跳着。不一刻，一位衣冠整齊、面色紅潤、身體強壯、態度莊嚴的主人開門迎接我——他就是柏齊力阿斯先生。相見之後，他很誠懇地招待我，說他已竟盼望我好多日子，接着又叫我報告途中的經過。我們是採用德國語交談的，但柏氏的英語和法語，也如同德語一樣的流利。第二天他領導我參觀卡羅來恩研究所 (Caroline Institute)，他常在



圖六六 瑞典法龍鑛廠鳥瞰

法龍鑛廠為瑞典歷史最久的銅鑛，自從第十三世紀起，迄未間斷，不過近來銅的產額較少，以黃鐵鑛 (iron pyrite) 為大宗。碲元素即由此處的黃鐵鑛中取出。錳元素的發現人甘 (Gahn) 氏，和鈳元素的發現人塞夫斯唐木 (Seifström) 氏，均住在法龍。

那裏對醫科學生講演。但聽者之中，除學生外，尚有陸軍官長和柏氏的朋友。後來我也按時參加他的講演，借以練習瑞典語言。從這裏，使我對柏氏講演時的沈靜態度、清晰口音和嫺熟的實驗，表我十分敬佩。這座研究所裏，有一間專為醫科學生設置的實驗室，由莫桑得爾（Carl Gustav Mosander）氏擔任管理。（6）

柏齊力阿斯氏對於當時已發現的元素的原子量（atomic weight），幾乎完全自己測定過；並且所測得的數值，比以前和當時的人都更準確。柏氏測算原子量時，係定氧之原子量等於一〇〇作標準，但今日則以氧等於一六為標準。在他的一間小如廚房的實驗室裏，爐上的沙盤（sand-bath），整日燒得灼熱，他個人也是『夜繼以日』地忙着工作；計他一生所發現的元素，有矽（silicium）、砂（silicon）、釷（thorium）、鈾（cerium）和銻（zirconium）五種。

在瑞典斯德哥爾摩西北大約一百英哩的地方，有一所著名的鑛城，名叫法龍城（Fahlun）。城的四周，都是荒山不毛之土，植物稀少而瘦弱；城內房屋，多係木塊建成，小而且舊。至於城上，鎮日煙霧繚繞，充滿了硫酸煙的臭味。這樣的地方，在一般旅客的眼中，絕無一遊的價值；可是假如一位

化學家來到這裏，他追想到硒元素最初同此地的關係，他就不免留戀起來了。柏氏和甘 (Assessor Gahn) 氏二人都是格利普修爾木 (Gripsholm) 一家硫酸製造廠的股東，這裏就用法龍 (Fah-lun) 出產的黃鐵礦做原料。一八一七年九月二十三日，柏氏寫給倫敦馬塞特博士 (Dr. Marcet) 一封信，報告自己會同甘 (Gahn) 氏兩人從硫酸取得一種新元素碲 (7)；在翌年二月六日又致函馬塞特博士，聲明去年所發現的元素錯了 (8)。柏氏寫道：

『以前甘 (Gahn) 氏和我兩人認爲是碲的那種東西，現今我在斯德哥爾摩又重新仔細研究一番，發現牠真是一種新物質，而帶有引人注目的性質。這種物質有金屬的性質，能與硫化合，因此或有人認爲是一種新的硫磺。茲將其性質略舉數種如下……將此物放入一隻大瓶中，加熱之後，則起昇華現象，而結出狀似銀珠的硫花，惟不起氧化作用。當冷卻時，待冷至某種流體程度，則可用手指隨意揉捏，或抽成線狀細絲。若將此種新物質放在火焰中，則火焰即變作碧藍色，且放出如蘿蔔的氣味；因此氣味，可使我人信之爲碲。』

『因爲這種新物質的性質和碲相似，所以我稱牠爲 selenium (素封案其意爲希臘神

話中「月的女神」)。……現在爲增加足下和武拉斯吞博士的興趣，特寄上硒絲一根，雖是在途上牠一定會折斷的，但總有一部分能送到你們的面前。紙包上的顏色，是由硒質昇華染成的。有一次當我用火蒸發硒酸銨 (ammonium selenate) 的時候，中間因事離去，以致火力太猛，結果使硒質都昇華了。』(8)

茲由柏齊力阿斯的著作中，摘出下列數段報告，讀者不特由此可以看到柏氏發現硒的經



圖六七 馬塞特醫師像

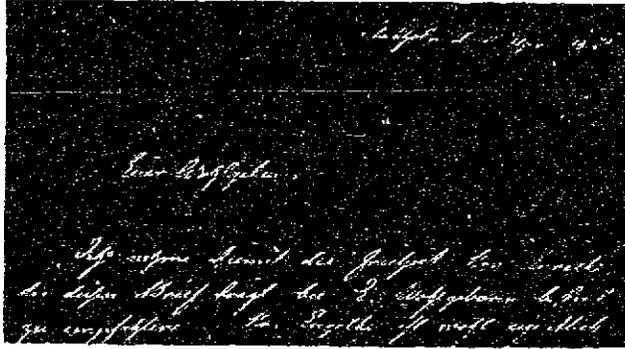
(Alexander Marcet 1770-1822)

瑞士醫師兼化學家，曾任倫敦該氏醫院 (Guy's Hospital) 化學講師，與柏齊力阿斯，武拉斯吞 (Wollaston) 和台耐特 (Tennant) 諸人友善，稱名當時。馬氏平生研究生理化學甚勤，曾與柏齊力阿斯共同研究二硫化碳的性質。

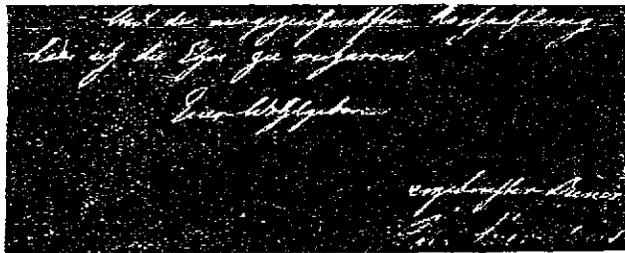
過，且可窺見他的生動文墨之一斑：

『在法龍城 (Fahlan)』

用以提製硫磺的黃鐵鑛 (Pyrite)，隨處都可在銅鑛中發現。黃鐵鑛中常混有方鉛鑛 (Galena)、方硫錳鑛 (Blende) 及其他等雜質。在一隻長而且平的鍊爐裏，內中先鋪一層木塊，木塊上堆起一層黃鐵鑛，其上部係被一薄層泥土或已分解過的黃鐵鑛蓋着。烟由爐中



• • • • •



圖六八及六九 柏齊力阿斯氏墨蹟

流進水平的衝風管，其前部爲磚，以外爲木。這時在下面燃灼木塊，於是黃鐵礦下層的過剩硫磺，卽因熱蒸餾而去；已成氣體之硫，遂趁熱氣流而凝結於衝風管中，呈硫華狀……

『若燃燒此種由蒸餾而得之硫磺，以製硫酸，則在鉛室的底部，凝結有紅色粉末狀的物質。這種事實，以前曾由格利普修爾木（Grigaholm）地方硫酸製造廠的主人俾油格累木先生（Mr. Bjuggren）所發現。後來俾氏改用別種硫磺爲原料，遂無紅色物質凝結；再後俾氏從一位化學家的口裏，聽說紅色物質含有砷，他就從此不再用法龍出產的硫磺了。

『自從這座硫酸廠被甘（Gahn）、挨革爾茲（Eggertz）和我三人買來之後，依然又燃燒法龍的硫磺來製造。結果又在鉛室內酸液的底部，發現紅色物質；有時竟積至一耗（bin）之厚。在這家工廠裏用硫磺製造硫酸的方法，是和其他工廠不混硝酸鉀的方法不同。用幾隻平面露口的玻璃器，盛以硝酸，放於桶底之下，及其與亞硫酸氣體相遇之後，卽分解硫酸而生氧化氮（nitrous gas）氣體，足使所有的硫磺完全變爲硫酸……』

在前文之後，柏氏又說明他和甘（Gahn）氏二人，何以發生一種錯誤的思想，而認爲由硫酸中所

取得的是碇，茲再引證如次：

「平面露口玻璃器中所盛的硝酸，及其完全分解之後，在硫酸的底部，即發生紅色粉末狀的沈澱物。這種沈澱的粉末，引起我們的注意，因而就做了一番詳細考察的工作。總計我們燃燒過二千五百尅（ H_2O ）重的硫磺，所沈澱的粉末約重三克。其中主要成分還是硫磺；因為牠可以和硫磺一樣地燃燒；不過燃燒後留下很多灰燼，如用吹管加熱，即放出如同腐敗的蘿蔔或白菜的臭氣——這種氣味，依克拉普羅茲氏的實驗，正同燃燒碇時所發生的氣味相同……」

「在法龍硫磺中所含這種物質的分量極微，亦如所含的碇量似的。我因為想探出牠的真面目，纔預備把牠分析出來。這時，我先把鉛室底部所沈積的粉末全部取出，然後加熱烘乾，計得四磅左右。當溼時，粉末呈赤色，及乾後則變為黃色。於是加足量王水，以處理黃色沈澱物，則在普通火力之下即全部溶作漿糊狀——其顏色遂由淡紅而逐漸變為黃綠色。這樣讓牠溶解四十八小時之久，加入水和硫酸，再從事過濾手續。所得的濾液呈深黃色。至濾後所餘的殘渣，其容積幾與未溶解前仿佛，不見減少；而其中的主要成分，乃硫磺、硫酸鉛及其他種種雜質的混合體。」

從以上所得濾液中分析新元素的步驟，柏齊力阿斯氏亦有詳細的記錄，茲摘一段如次，以示一斑：

「我假設以上所得的濾液中，含有新元素存在，故取濾液少許，以作分析之用。先加氫氧化鉍，使之發生沈澱。取出沈澱物，用水洗至極淨，乾燥後，放鉀少許，同置玻璃管中加熱，則沈澱物即燃燒而分解。將玻璃管插入水中，則一部溶解於水，使水變作濃啤酒的橘黃色；其與「含鉀的碲化氫」(hydrotelluride of potassium)所呈的紅酒一般的色澤，絕不相同。這種液體並不能把銀白色小顆粒蓋着，但在「含鉀的碲化氫」的液體，則此種顆粒常浮在表面；數小時後，液體變為渾濁，且有紅色羽毛狀沈澱物發現——倘加入硝酸，則沈澱物即隨而增多，其量幾隨硝酸為正比。過濾之後，收集所起之沈澱物，置蠟燭火焰上燃燒，則火焰外圍變為碧藍色，且放出如同腐敗白菜的臭氣。若由「含鉀的碲化氫」的液體中，依同法取得純淨碲質，其色灰白，燃後生綠火焰，並無特別臭氣發生……」

燃燒不純淨的碲質所放出的臭氣，後來經柏齊力阿斯氏證明，是因其中含有微量的新物質而起。茲再錄柏齊力阿斯氏原文如次：

『在我以前的許多次實驗中，我會利用氧化碲和碲化氫氣體作原料，慎重地試驗純碲多次，不論是用吹管加熱，或是用氧化物還原，都沒有臭氣發生，只有用玻璃管加熱，且將管的一端用手指閉起，使得化氣的金屬由熔化的玻璃管小口逸出，這時纔會發生臭氣。由小口放出的火焰呈藍色，其臭味與紅色物質相同。……我從這些實驗中，似乎證明那些紅色物質並非碲質；但這種碲中，含有一種（新的物質），其量隨提製手續精粗而定……』

柏齊力阿斯氏繼續實驗工作，此後不久即判定為一種新的元素。他說：

『可以放出一種特殊臭氣的那種物質，據我審慎研究之後，知道牠是一種不溶於水的櫻色物質。我們的實驗結果，不久就打算報告出來——牠是一種有燃燒性的單質，以前無人發現過，因此我特命名曰 selenium（硒）。Selenium 一字由 Selene 變來（在希臘神話中乃「月之女神」），以示此種的性質和碲相似（素封案碲原名為 tellurium，意即地球，前節已說過）。硒之化學性質，介乎硫與碲之間；若再細加比較，則與硫相近之點比碲為多。』（9）

以前克拉普羅茲氏借『地球』二字的意義，為新元素 tellurium 命名；今柏齊力阿斯氏則

取地球衛星「月亮」二字，以名前種元素的同胞，而稱之爲 selenium。至於柏氏研究硒元素及其化合物的結果，曾發表於一八一八年之理化年報 (*Annales de Chimie et de Physique*)。

柏氏所著化學教科書 (*Lehrbuch der Chemie*)，曾由弗勒 (Wöhler) 教授譯成德文，日後又譯成其他數國文字。自一八二二年起柏氏按年刊行物理化學進步年刊 (*Jahresbericht über die Fortschritte in der Physik und Chemie*)，以報告一年來物理和化學上特殊的貢獻。



圖七〇 柏齊力阿斯氏像

(Jöns Jakob Berzelius 1779-1848)

柏氏青年時代，見圖六一；柏氏學成之後，任斯德哥爾摩醫學院化學兼醫學教授。對化學上的貢獻極多，如測定當時已知各元素的原子量，並發現硒元素，銻土 (earth ceria)，又分離取得矽，鈦和鋳三元素。柏氏的門人中，有弗勒，羅斯兄弟，摩散得爾 (Mosander)，塞夫斯唐木和阿爾費特孫 (Arfvedson) 諸人，在化學界皆負盛名。

柏齊力阿斯先生的門人和朋友，都對他非常敬重。弗勒氏在斯德哥爾摩雖僅從柏氏數月，但弗氏一生言行，卻無往不受這位瑞典大師的燻染。此後他們信使往返，討論學術問題，未嘗間斷，直至柏氏逝世時方纔停止。同時柏氏也和馬塞特博士（Dr. Marcet）、得維（Davy）及武拉斯吞等人通信，而且信件也很多。

柏氏到了五十七歲的晚年纔結婚。一八三六年一月二十九日他寫給弗勒氏的信中，有一段這樣說：『是的，親愛的弗勒，我現在是一位新婚後纔六個星期的新郎，並且也纔知道這種生活的滋味和以前孤獨生活時完全兩樣，以前的生活是錯誤的，或者說不識認生活。』（10）新婦的年齡比柏氏小三十多年，可是夫妻間的愛情十分濃密。結婚的那一天，瑞典國王約翰·查理斯（King Charles Jean）賞給他許多光榮的待遇。在結婚典禮舉行之前，當柏氏纔走進新婦的家裏，他的岳父就交給他一封由皇上賜下的聖旨，要柏氏高聲向來賓宣讀。這封信是用法文寫的，內容述說柏氏有功於瑞典國家，所以特由皇帝賞給『男爵』（Baron）的頭銜（10）。

以前在玻璃工業上，都是用錳做漂白劑，自從晒被柏氏發現之後，遂取錳而代之，所以晒在今

日的主要用途，還是在玻璃工業和陶器工業上。金屬形狀的硒，在暗處爲不導體；及遇光之後，即可導電；至導電之強弱，是同遇光的多少成比例。因爲硒有這種特別性質，所以能用來製造感應極敏的『光電硒電池』(photoelectric selenium cell)。在科學史上，第一位應用這種硒電池所製成的光線電話器 (photophone)，再借光線作用，來傳遞聲音的是培爾·亞力山大·格累姆 (Alexander Graham Bell) 氏，時在一八八〇年。雖然新式有聲電影片都是用光電池 (photoelectric cell) 製造的，但以前在製造有聲影片、光傳照相 (phototelegraphy) 和電視 (television) 時，都缺少不了柏氏所發現的硒；讀者由此可知硒對文化進展上的貢獻了 (12) (13)。

參考材料

- (1) J. J. Becher, "Acta Laboratorii Chymica Monacensis, seu Physica Subterranea," 1669; Howe, "Chemistry in Industry," 3rd edition, Vol. 1, The Chemical Foundation, Inc., New York, 1926, frontispiece.
- (2) Wurzbach, "Biographisches Lexikon des Kaiserthums Oesterreich," 60 vols., Hof- und Staatsdruckerei, Vienna, 1891. Article on Müller, Freiherr von Reichenstein, Franz Joseph.
- (3) Jagnaux, "Histoire de la Chimie," Vol. 1, Baundry et Cie, Paris, 1891, pp. 500-4.
- (4) Poggenorff, "Biographisch-Literarisches Handwörterbuch zur Geschichte der exakten

- Wissenschaften," 5 vols., Verlag Chemie, Leipzig, 1863-1926. / richte on Miller von Rotherstein
stein, Franz Joseph.
- (5) Diergart, "Tellur und Brom in der Zeit ihrer Entdeckung," *Z. angew. Chem.*, **33**, 299-300 (Nov., 1920).
 - (6) Wöhler, "Early Recollections of a Chemist," translated into English by Laura R. Joy, *Am. Chemist*, **6**, 131-6 (Oct., 1875); "Jugend-Erinnerungen eines Chemikers," *Ber.*, **8**, 888-52 (1875)
 - (7) Söderbaum, "Jac Berzelius Brief," Vol. 1, part 3, Almqvist and Wiksells, Upsala, 1912-1914, pp. 157-8.
 - (8) *Ibid.*, Vol. 1, part 3, p. 161.
 - (9) Berzelius, "Recherches sur un nouveau corps minéral trouvé dans le soufre fabriqué à Fahlun," *Ann. chim. phys.*, **9**, 160-6 (1818).
 - (10) Walbach, "Urtiefwechsel zwischen J. Berzelius und F. Wöhler," Vol. 1, Verlag von Wilhelm Engelmann, Leipzig, 1901, pp. 642-3.
 - (11) Klaproth, "Extrait d'un Mémoire de Klaproth sur un nouveau métal nommé Tellurium," *Ann. chim. phys.*, **25**, 278-81, 327-31 (1798); "Abstract of a Memoir of Klaproth on a New Metal Dominated Tellurium," *Nicholson's J.*, **2**, 372-6 (Nov., 1798).
 - (12) Rankine, "Telephoning by Light," *Nature*, **104**, 604-6 (Feb. 5, 1920).
 - (13) Friend, "A Textbook of Inorganic Chemistry," Vol. 2, part 2, Clus. Griffin and Co., London, 1931, pp. 297-8 and 301-2.

第八章 鈳 鈹 釷 三元素

鈳 鈹 和 釷 三種金屬，在十九世紀早已有人認識，不過很難製成純品。至於純粹金屬元素的提製成功，乃是最近的事。一八〇一年英國化學家哈特哲德 (Charles Hatchett) 氏從鈳鑛中發現一種新元素，這件事在

新英格蘭的歷史上很有趣味，同年墨西哥的鑛物學教授得爾·利俄 (A. M. del Rio) 氏研究由晉馬笨 (Zimapan) 來的黃鉛，也說是發現了一種名叫 eryth-



圖七一 哈特哲德 氏像

(Charles Hatchett, 1765?-1847)

英國化學家兼製造家，曾發現鈳元素；其研究工作，大部都屬鑛物化學和分析化學的範圍。

ronium 的新金屬。翌年柏齊力阿斯的老師愛克伯格先生 (A. G. Ekberg) 分析芬蘭出產的鉬鐵，曾發現一種元素，其性質與哈特哲德所尋出的鈳，彼此很相似。武拉斯吞博士 (Dr. Wollaston) 以爲鈳和鈳是同樣的物質，但羅斯 (Heinrich Rose) 和馬利甘克 (Maignac) 二人卻證明牠們是兩種完全不同。後來在一八三一年塞夫斯唐木 (Sefstrom) 氏從厄克梭爾摩 (Eckerholm) 的軟鐵中，發現一種金屬，定名爲鈳，可是由弗勒的研究，曾證實這種金屬是和得爾·利俄氏所謂之 erythronium 相同。

* * * * *

『凡是嘗試過科學滋味的人，他是不會把科學輕意丟開的……』(1)

鈳

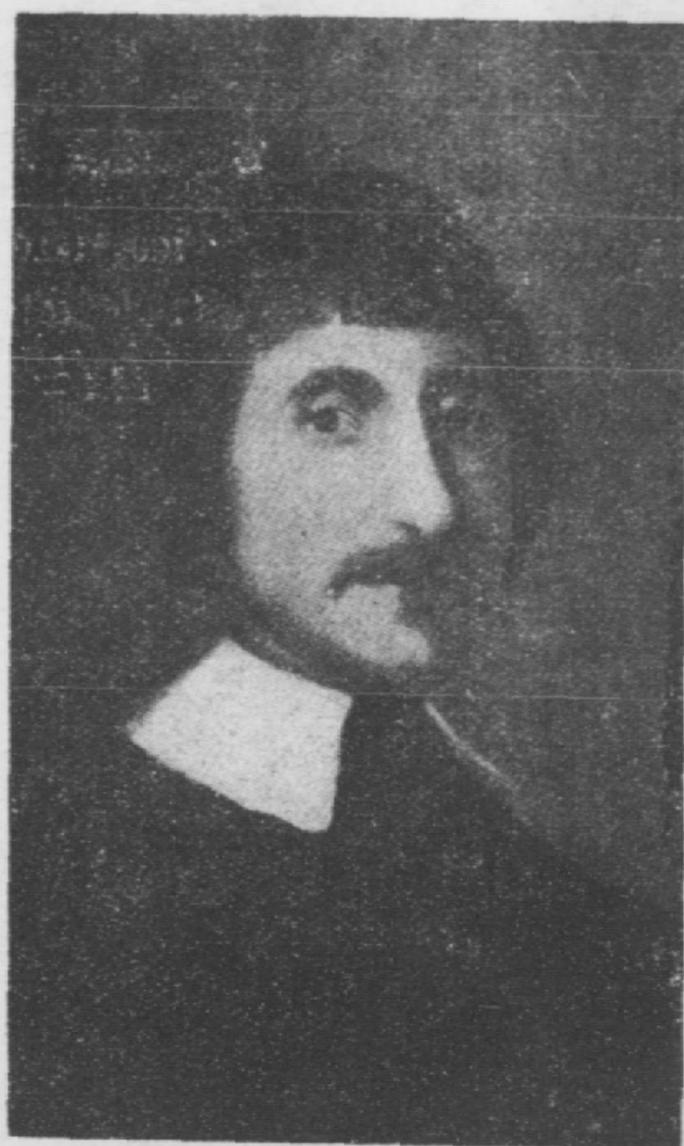
鈳 (columbium) 元素的原名爲 niobium，其初在一八〇一年由英國化學家哈特哲德 (Charles Hatchett) 氏所發現。哈氏生於一七六五年，當三十歲左右的青年時期，他便致力研究

化學會將分析克倫地亞 (Carinthia) 地方的鉬酸鉛礦，和幾種介殼骨塊的結果，發表於哲學會報 (*Philosophical Transactions*) (2)；又在尼古生雜誌 (*Nicholson Journal*) 上，發表過分析新南威爾斯 (New South Wales) 的泥土的結果。那種泥土叫做 *Sydneyia*，或稱爲 *Terra Australis* (31)。

哈氏的成名，是由於一八〇一年十一月二十六日他在英國皇家學會宣讀一篇論文。這篇論文的題目是北美鑽石中分析一種新金屬的報告 (*Analysis of a mineral from North America containing a metal hitherto unknown*) (3)。從他的報告裏，社會上知道他發現了一種新元素，因此他的名聲大噪英國內外。這種鑽石，現在稱做鈎礦，是新英格蘭地方出產的一種黑色石塊，當哈特哲德分析這鑽石時，其中包含了很多有趣味的故事。

美國康涅狄格省的省長小文司洛普 (John Winthrop 1606-1676) 氏 (30) (40) 平生愛好研究鑽石，他所搜集的鑽石，種類極多；這件事可從一位美國詩人的詩句中，窺見一斑：

他雖然疲倦，卻仍徘徊着，
走到了結晶的山上，
那裏自然界所收藏的寶石，
在黑暗中恍若是星斗的燦爛光輝，



圖七二 小文司洛普氏像

(John Winthrop The Younger
1606-1676)

氏爲美國康涅狄格省第一任省長。其本人乃一鍊丹術士，醫生，兼化學製造家。哈特哲德 (Hatchett) 氏即由其所發現之何續 (columbite) 中提得元素鈳。

他用了化學家的儀器之外，

有時還會用園丁的鍬子，把牠們掘出（47）。

文司洛普氏住在康涅狄格省（Connecticut）的新倫敦地方，有一次文司洛普氏在他住家近傍的一個湖裏，找出鈾礦一塊；後來就把牠寄給倫敦的斯隆爵士（Sir Hans Sloane 1660-1753）。斯隆爵士收到以後，會把牠陳列在英國的博物院裏（4）。這塊礦石大約放在那裏經過一百年之久，纔被哈特哲德氏拿去分析。

因為鈾礦是一種十分複雜的礦石，其中含有鈾酸、鉍酸、鈦酸、鎢酸、氧化錳、氧化鈦、氧化鈾和氧化鈷等物質。哈特哲德氏須具有絕大的分析才能，纔會把其中的新金屬（鈾）發現出來。在鈾素發現後四十年之內，歐洲的各大化學家都認為鈾和鉍是同樣的元素，直到最後經馬利甘和羅斯二人的研究，纔證實牠們是不相同的。從此以後，大家纔公認哈特哲德氏是從美國礦石中發明一種新金屬的化學家。



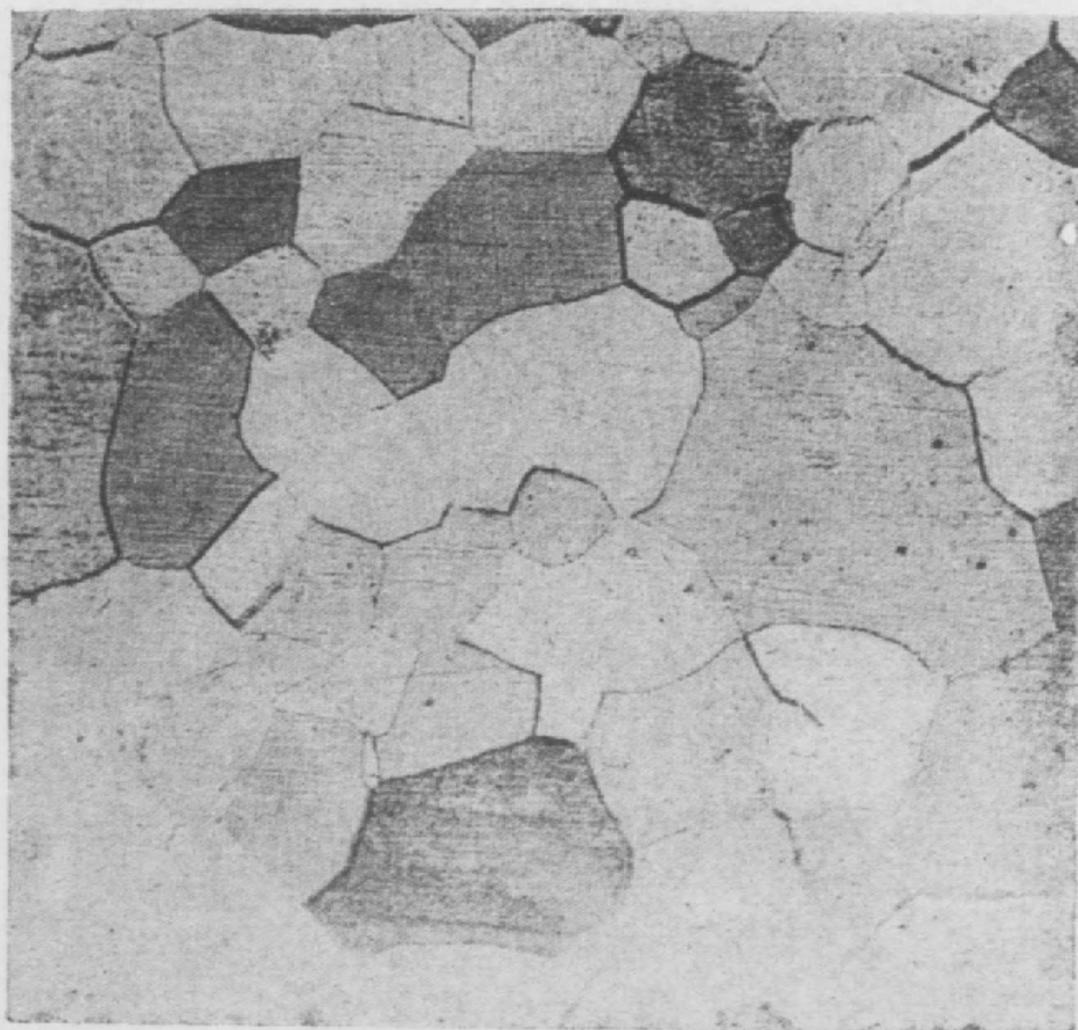
圖七三 斯隆爵士像

(Sir Hans Sloane, 1660-1753)

斯氏爲大英博物院的創辦人。他本人可說是一位醫學家，藥學家，旅行家，書籍、金石、古董、貨幣和博物的收藏家。

哈特哲德氏具有偉大的化學天才，可惜青年時代就放棄科學的研究工作；若就學術的立場看來，這是一件很不幸的事。一八三〇年托姆松 (Thomas Thomson) 氏曾批評他說：『這樣一位最可愛最可敬的人，竟放棄科學的研究工作超過二十五年之久，真是一件極可惜的事情。他完全受了金錢的誘惑，和多財善賈的心事，促使他捨棄科學的研究事業。』(5) 一八四三年柏齊力阿斯氏寫給弗勒氏的信上，

第八章 鈞鉍鈦三元素



圖七四 顯微鏡下的鈞

(約放大 300 倍)

Royal Crescent, Brighton
 January 9, 1827
 Gentlemen
 I shall be glad if you will
 send one Dozen of La Rose Champagne Bottles
 of Reims to be forwarded to W. T. Brande Esq
 No 20 Grafton Street Park by Square on
 Thursday Morning next (the 11th Inst) and
 debit my account with the amount

 I also wish you to send to me
 at this place in the course of the present W.
 Six Bottles of the same Champagne with two
 Six Bottles of the same Port as the last
 and Six Bottles of La Rose Champagne as before

 I am Gentlemen
 Yours most obed^t Serv^t
 (W. T. Brande Esq
 No 20 Grafton Street
 Court Garden) } Chas Hatchett

圖七五 哈特哲德氏墨蹟

原物由美國賓夕法尼亞大學的斯密斯氏紀念收藏所(Edgar F. Smith Memorial Collection)所保存。在英國德得維(Davy)氏之後供職於皇家學院的布朗特(William Thomas Brande 1788-1866)氏，即哈氏的女婿。

也說過和以上意思相同的話。他說：『我前次來此，曾在卡爾斯巴德 (Karl-sbad) 拜訪你們的昆布蘭 (Cumberland) 的皇帝，當時他問我認識幾位英國的化學家。我回答他道，我認識得維 (Davy) 。



圖七六 愛克柏格氏 像

(Anders Gustav Ekeberg 1767-1813)

愛克柏格氏 爲瑞典人，除精於化學和礦物學之外，且爲一詩人和藝術家。當柏齊力阿斯氏在烏布薩拉大學讀書時，愛氏已任該校化學教授。愛氏爲鉍之發現人，其對鉍土 (yttria) 亦有相當的研究。

武拉斯吞 (Wollaston) 台耐特 (Tennant) 和馬塞特 (Marcet) 諸氏。他聽過之後，搖頭不言，表示我把那位最能幹的哈特哲德氏忘記放進去。他似乎希望我也應當曉得哈特哲德的名字，不要以爲他現在放棄化學的工作，繼承父業，從事馬車製造商，就不睬他了。』(6) 哈特哲德後來退隱在倫敦附近的羅韓倫 (Rochampton)，一八四七年二月十日於折爾息 (Chelsea) 逝世，享壽

八十二歲。

他沒會分出來鈾質。這樣元素，費了化學家的心機，足有六十餘年。一八六四年布朗斯登 (C. W. Blomstrand) 氏採用強烈的氫氣火焰，在高溫之下使氯化鈾還原為鈾，纔分出這種有光亮的鋼灰色的新金屬 (48)。

一九〇一年麻桑 (Henri Moissan) 氏將磨碎的美國鈾礦粉和『糖焦炭』 (sugar char-coal) 混在一起，壓緊以後，放進電爐；用五十弗一千安培的電流燒七八分鐘。這時，鈾礦粉受了這樣高溫度，其中所混的錳以及一部的鐵與矽，都蒸發而去，結果他得到了鈾和鉍的碳化物。

他又採用馬利甘克氏的方法製得鈾酸，更用此物八十分，糖炭十八分，加入微量松節油，混置一齊，調成糊狀，壓成圓柱形。再把這些圓柱放置電爐裏，用六百安培五十弗的電流通過。牠們受了這樣的高溫，遂起猛烈的反應。若用化學方程式表示，則為：



燒後所得的殘餘物，在冷卻時不讓牠和空氣的氮素接觸，就可以在熔化後得到一種發生金



圖七七 麻桑氏像

(Henri Moissan, 1852-1907)

法國化學家，曾任法國藥學院 (École de Pharmacie) 及巴黎大學 (Sorbonne) 化學教授，為最初取得氟氣並加以仔細研究之一人。麻桑氏利用電爐曾製造出金鑽石及多種希罕的金屬。其對於無機化學之研究，促起當時一般化學家羣起研究無機化學的興味。

屬紋理的碎片。麻桑氏所製得的鈎，含有少許碳化物成分，性質堅硬，因此他相信這種元素是一種非金屬，或與硼或矽類似(49)。

一九〇四年布爾克 (Clarence W. Balke) 氏所提出的博士論文，是測定鈎與鉬的原子量(7)、(18)；兩年過後西門子及哈爾斯克公司 (Siemens & Halske Co.) 裏的波爾頓

(Werner von Bolton) 氏採用鋁熱法 (aluminothermic method) 會製得鈳的熔質並將所得的粗鈳反覆放入真空電爐中熔化，終於提煉成純品 (17) (18)。這是德人在世界上獨有的微量純鈳，前後保存達二十三年之久。一九二九年五月，布爾克氏曾在美國化學會場中展覽這種極光亮的稀少金屬片和金屬棒，而與德國頡頏。因為牠十分潔白，並且光亮耀目，所以有人認為將來必有一日，會被人拿來做時髦的珠寶、器具和粧飾品 (8)。

鉬

因為含鈳的鑽石，幾乎都是含着鉬 (tantalum)，因此許多化學家把這兩種金屬混為一談，這也是無足怪異的。發現鉬的是瑞典的愛克柏格·安得斯 (Anders Gustav Ekberg)，他是一位化學家兼礦物學家。愛氏在一七六七年正月十六日，生於斯德哥爾摩 (Stockholm)，他的父親名約瑟 (Joseph Erik Ekberg)，曾充皇家造船工程師。當他十歲，他的家長送他到卡爾瑪 (Kalmar) 入校就學，兩年過後，又送他到梭達羅克拉 (Söderöarna) 讀書，因為他那時寄宿在一

位牧師的家裏，所以獲得學習初級希臘文學的機會。此後他一生愛讀希臘文學。年十四歲，又在威斯特威克 (Westerwik) 和卡爾斯克洛納 (Carlskrona) 兩處讀書，他對於科學和文學兩科，可算是有同等興趣的學者。

愛氏在一七八八年畢業於瑞典的烏布薩拉大學，所提出的畢業論文為從植物種子煉油論 (Oils Extracted from

Seeds)。畢業後又領官費

遊歷德國。後來回到烏布

薩拉不久，即在一七九〇

年當瑞典與俄國和議告

成的時候，他刊行一篇美

麗的詩歌，讚美和平。一七

九四年，他發表他的第一



圖七八 羅斯·亨利克氏像

(Heinrich Rose, 1795-1864)

德國分析化學家兼藥物學家，父小羅斯 (Valentine Rose the Younger) 及祖羅斯 (Valentine Rose)，均為學術界上知名之士。亨利克曾比較研究美國出產的鈶和巴威出產的鉍，而證明鈶和鉍乃兩種獨立的金屬。

篇化學論文，此後遂在烏布薩拉被人聘為教師。

愛克柏格殘廢一生，頗感痛苦。他幼時因為受凍過劇，發生半聾的耳病。一八〇一年，在實驗室裏，他手裏所拿的一隻瓶子忽然爆裂了，又把眼睛炸瞎一個（9）。



圖七九 托姆松氏像

(Thomas Thomson, 1773-1852)

蘇格蘭的化學家兼主編人，其所著之化學史 (*History of Chemistry*) 二冊，不僅史實詳確，而且文筆十分流暢。對於道爾頓氏的「原子學說」，托姆松氏為最初的重要擁護人。

在他從事化學研究之前，他在學問上已有異常廣博的根基。他對於伊特比（Ytterby）和法蘭（Falun）兩地出產的各種奇異鑽石，有極濃的研究興趣，曾做過許多分析的實驗。一八二〇年他由芬蘭基耳多（Kiruna）地方出產的鉭礦（tantalite）和伊特比出產的鈳鉭礦（ytrotantalite）裏，分析出一種新金屬。因為這種是前人所不會知道的金屬，不易分開，所以名之為 tantalum，這字的意思是「使人煩惱」（32）（漢文譯名爲鉭）。

武拉斯吞氏在一八〇九年分析過鈳礦和鉭礦（10）。他曾斷定這種鑽石中所含有的鉭、鈳兩種元素，是一而二二而一的。他的學說深得當時一般化學家所信認。直至一八四六年纔爲羅斯氏所懷疑。他是 Valentine Rose 的孫子，克拉普羅茲（Klaproth）氏的學生。羅斯對於美國及巴威的波但美斯



圖八〇 用鉭所製成的化學實驗用品。

(Bodenmais) 等地出產的鈳鐵和鉬鐵，都會仔細考察過，最後由這種鑛石中提出兩種酸，他名之爲 niobic acid 和 pelopie acid (按 niobic acid 卽今日之鈳酸) 後來他又發現 pelopie 酸中並無新金屬存在，故知與最初所料想的完全相反，僅含有鈳 (niobium = columbium) 的低級氧化物。據羅斯的意思，鈳酸 (niobic acid) 和低鈳酸 (hyponiobic acid) 都和鉬酸不同 (11)。

鈳酸和鉬酸雖然不易分開，但後來馬利甘克 (Marignac) 氏竟把牠們分開了，並且證明鈳有『三價』和『五價』兩種，而鉬只有五價的一種。他分開鈳酸和鉬酸時所用的方法，是利用氫鉬酸鉀 (potassium fluoantate) 和氫氧鈳鉀 (potassium fluo-oxy-columbite) 的不同溶度，纔把牠們分開的 (12)。(20) 同是這一種鈳，不過美國的學者沿用哈特哲德氏所定的名稱，叫牠做 columbium；歐洲方面，卽用羅斯·亨利克氏所命的名子，稱牠爲 niobium (素封案我國教育部所頒布的術名爲『鈳』)。

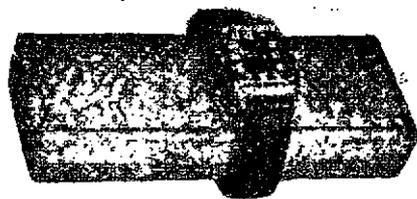
愛克柏格氏的晚年，苦於病魔，故對於科學上的貢獻較少，只有報告幾篇分析鑛石的論文，如

分析名叫加多林石 (Gadolinite) 的黃玉 (topaz) 和由鈹礦所得的結果等等。當他做米得威 (Mederi) 泉水的分析工作時，曾得一位年青學生的幫助，後來這位學生竟使烏布薩拉大學的聲譽日高。他的名字是柏齊力阿斯 (Berzelius)，現在凡是略知化學發達史的人，沒有不知道他的。在愛克柏格個人的功績上講來，他找出柏齊力阿斯這樣的人，比他自已發現出稀少金屬元素的鈹，還更重要，還更有價值！

柏齊力阿斯氏堅決地宣揚愛克柏格氏乃是發現這種新元素的人。

一八一四年秋天，他曾寫信給托姆松 (Thomas Thomson) 氏，向他抗

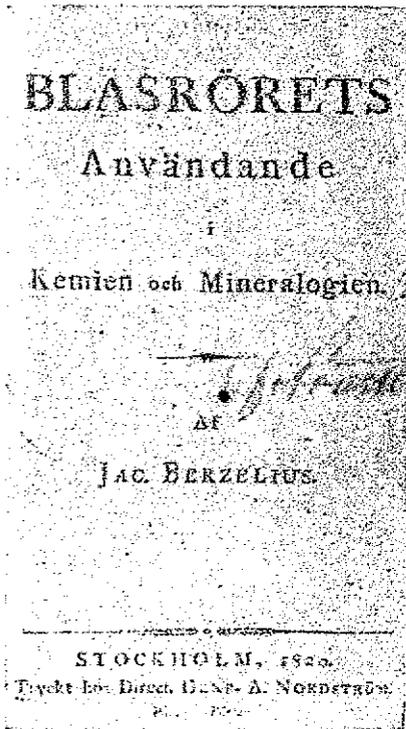
議；說他有意將他原著上的字義，隨便改譯為英文，以淆亂聽聞。這件事體的原委本來是這樣的：在柏齊力阿斯的報告上，原用 tantalum 一字的，而托姆松曾改為 columbium，因此柏齊力阿斯氏便寫信向托姆松氏抗議。他的原信上說：「在此我並無輕視哈特哲德氏的功績，不過對於鈳的性質和牠的氧化物的性質，的確是在愛克柏格先生以前全然無人曉得的，這層應請台端注意。」



圖八一 用鈹所製成之鈹殼

柏齊力阿斯氏又繼續說明愛克柏格氏製得的氧化鉍，和哈特哲德氏製得的氧化鉍，是完全不同的物質，不應混在一起。他說：

「愛克柏格先生有一位新從英國回來的朋友，替他帶來哈特哲德氏製成的鉍酸少許，及至他聽見武拉斯吞氏的實驗以後，便開始對於鉍酸作仔細的考察了。結果他找出鉍酸中含有多量的錳酸，故能使其氧化物發生酸性作用，又能與鹼液化合，及與磷鹽化合成爲帶顏色的物



圖八二 塞夫斯唐木氏的簽字

(原書係柏齊力阿斯所著之吹管分析，注意右方塞氏所簽之 Sefström，惟距今年代悠遠，已不清楚。)

質。後來我和甘先生 (Mr. Gahn) 在法龍近邊發見新的化石，(註一) 牠的性質與哈特哲德氏發見的鈳鑛的性質亦是相同。我們做過那種化合物分析後，知道牠是氧化鈳和錳酸的混合物。

「現在我們知道哈特哲德氏所說的鈳酸，乃是氧化鈳和錳酸的混合物，因其中含有這兩種酸，故有特別的性質；至於說到哈特哲德氏發現鈳的經過，實在和發現鐵的情形一樣：就是孚克拉 (Fourcroy) 和富古令 (Vauquelin) 二氏當享受鐵的發現名譽時，而台耐特 (Tennant) 氏也可以分享一部分的聲望。我現在希望你能拿出對待英人台耐特 的公平態度，來對待瑞典人愛克柏格。(註二)

「至於論到金屬的命名，我以為這種金屬的發現者對於這層並未十分注意。譬如你不喜歡用 menachanite 代鈳 (註三) 而哈特哲德氏 原來的命名，是用該鑛出產地的名稱來命名的；但現在大家知道化學上用最初發現該元素的地方名，來稱這元素，常有許多不實用的地方；何況鈳鑛的發現地方，現在尙未十分確定呢？牠的原鑛石是否來自美國，仍是疑問。假使稱牠爲 tantalum (鈳) 也沒有上述那種不方便的地方，且其中含有之特性，亦可包含在字義中，我

認為實在找不出更恰當的字來。按 tantalum 的名詞，本由 *tantalus* 一字演變而來，以表示其原性的頑固。現在還有一個笑話，假設有人將金屬鉭磨成粉末，放入任何種酸裏，都是不能溶解的，雖用王水加濃及煮滾，結果亦是一樣；從此也可以曉得用 *tantalum* 字來稱這種金屬，更來得有意義了。」(13)



圖八三 塞夫斯唐木氏像
(Nils Gabriel Sefström
1787-1845)

瑞典醫生兼化學家，曾任加多林醫學研究所和斯德哥爾摩續業學校教授。一八三一年塞氏發現鉭元素，其性質與得爾·利俄 (del Rio) 氏所發現的 *erythronium* 完全相同。

(註一) 由布羅德都 (Broddo) 所採來的一種鉭礦。

(註二) 參見本書第九章，第二五八頁。

(註三) 參見本書第十二章，第三四二頁。

托姆松氏在十一月五日回信，他說他對於愛克柏格的實驗不甚明瞭，至於他改變柏齊力阿

斯氏定名的原因，完全是爲英國讀者的便利，並無其他意思。他的信裏說：

『對於鈳鐵和鉬鐵兩種東西，從沒得做過一種實驗，這是我十分抱歉的。關於愛克柏格氏給我許多很好的標本，因爲裝載那標本的船不幸沈於波羅的海，此外還有許多種瑞典的標本，亦同時遭難。這是我認爲極寶貴的東西，一旦沈沒，深覺可惜。足下所舉的新鑽石，好似鈳鐵的性質，十分有趣。我決將足下告訴我的消息，在我所編的刊物下期上發表，因爲此間完全無人曉得。』(14)

馬塞特(Marcel)氏在一八一八年三月二十九日致柏齊力阿斯的信上，曾說過下面一段話：

『以前武拉斯吞博士(Dr. Wollaston)曾在我的面前，做過錫鐵鑛(wolfarm)鈳鐵和鉬鐵的實驗。就我所知，哈特哲德氏的鉬鐵裏，絕沒有錫的成分存在。你疑惑他有錯誤，這是我敢爲他擔保的。倘使足下願知其詳，我可以把所有證據，送上求教。』(15)

愛克柏格氏患了長期的肺癆，終於一八三一年二月十一日，歿於烏布薩拉(Upsala)，時年

四十六歲。柏齊力阿斯曾寫一封信寄給馬塞特博士 (Dr. Marcet)，表示他對於恩師謝世的哀痛。他說：「愛克柏格患過長期苦惱的癆病，已在昨日謝世。他是最可愛的一個人，有廣博深遠的學識，且努力工作。他是一位上等的化學家和鑛物學家，又是一位樂天的詩人，愛好和高超的藝術家 (16)。」(註一) 愛克柏格氏具有仁慈、友愛和歡快的美德，這足以超脫他所有的貧窮與病苦的煩惱。此外他又擅長文學和藝術兩門，也是他一生離不了的娛樂品。

(註一) 原文如下：“Eikberg vient de mourir après une maladie hecétique longue et malheureuse. Cet homme était des plus aimables; il possédait des connaissances solides et un penchant irrésistible pour le travail. Hêtaît bon chimiste et minéralogène, heureux poète et très bon peintre.”

從鈣中分出鉬，可利用其氟化鉀的複鹽經過『再結晶』(recrystallization) 而得。在商業上的製造法，是把鑛石和苛性鈉先一齊溶化，然後從可溶性的鈉鹽中，將不溶解於水中之鈣酸鈉和鉬酸和鐵濾出。至於其中的鐵質，可用鹽酸的作用除去。這時餘下的鈣酸和鉬酸的混合物，須加足量的氟酸和氟化鉀，使鉬變成複鹽氟化鉬鉀 K_2MoF_6 ，再反覆在水中結晶，使與鈣酸分開；最後

取得的氫鉍化鉀，其中仍含有少許的氫酸（7）。

普魯士沙羅丁堡城（Charlottenburg）的豐·波爾頓（Werner von Bolton）氏，在一九〇三年發明精製這種金屬的方法以後，市場上即有人採用少量的鉍質來製造電燈絲（34）。同時還有人用鉍製造外科和牙科的器械。據說醫生用這種金屬製成的器械，在施行手術時，只要將牠放在火上灼熱一下，即可將菌殺滅；且浸在酸中，也不至受損毀；可說既省事又耐用。只因牠的價值過高，所以用途不能推廣。後來布爾克博士（Dr. Balke）在支加哥設廠製造，利用澳洲西部辟巴拉（Pilbara）荒地出產的鉍礦做原料，先製成鉍的錠條，然後用輾輪輾成薄片，遂在一九二二年二月將鉍質製作商品，出售市場（8）、（19）。

現在有人用鉍質製成網狀絲藝，用做製造『人造絲』的工具；又可用作氖光燈（neon sign）中的電極，而使白光變為紅光。又可把牠製入真珠寶石中，增加珠寶的光輝。並且牠的氧化物，不溶於酸中；這一種希異的『電化學』性質，使得我們利用牠改變電流。如將交流電通過盛有硫酸的瓶子，其中以鉛板和鉍（或鈳板）作電極，即可變為直電流（7）、（19）。以前的無線電收音機上

採用直電流時，完全要用愛克柏格的鉍化金屬來製造整流機——即B電池排除器(B Battery eliminators)和自動充電器(tricesle chargers)等等機件。那時成千成萬人家的娛樂用品，可說都少不了鉍的。

鉍

一八〇一年哈特哲德氏發現鉍質的時候，墨西哥有一位鑛物學教授得爾·利俄(Andres Manuel del Rio)氏正在研究晉馬笨出產的黃鉛鑛。並且他斷定其中含有一種新金屬，性質與鉻和鈾很類似。這位墨西哥的鑛物學教授的生平，學術界上留下的記載不多，我們只知道他在一七六九年十一月十日生於西班牙，受業於夫賴堡(Freiburg)及舍姆尼茲(Schemnitz)兩處，後來曾在墨西哥城的鑛務學校(Colegio de Minería)充鑛學教授五十年(一七九五至一八四九年)(2)(50)其他則一無所聞。

得爾·利俄氏在此曾發現新金屬一種，因其鹽質遇熱，即變為紅色，故定名為erythronium

(素封案拉丁或希臘文中, erythros 一字均爲「紅」)
(44)。但後來他經過進一步的仔細研究,又決定從前的實驗是錯誤的。他說明晉馬笨的黃鉛礦,只是一種鹼性的鉻酸鉛,其中含有氧化鉛八〇・二二%和鉻酸一四・八〇% (12)。他發表的論文,題名晉馬笨地方黃鉛礦中所含鉻之發現 (21), 表示謙讓。一八〇五年科勒·得士哥特爾斯 (Collet-Descotils) 氏曾證實得爾利俄的分析結果; 此後二十五年間, 就沒有人過問這種名叫 erythronium 的新元素了。

一八二〇年得爾·利俄氏赴西班牙宮庭, 爲墨西哥獨立作辯護, 他有一篇論文題爲墨西哥 Paríng House 的黃金與銻之合金的分析 (1), 發表於一八二



圖八四 瑞典斯馬蘭的塔布格鐵山

[塞夫斯唐木氏所發現之鈷, 卽由斯馬蘭 (Småland) 塔布格山 (Taberg) 的鐵礦中取出。]

五年十月分的哲學年報。他在墨西哥度過晚年的生活，直活到一八四九年三月二十三日，纔在那裏謝世。

一八三一年，瑞典化學家塞夫斯唐木 (Nils Gabriel Sefström) 氏從斯馬蘭 (Småland) 的塔布格嶺山 (Taberg Mine) 中發現一種形狀如鐵的新元素。塞夫斯唐木 氏於一七八七年六月二日生於赫星蘭 (Norr Hälsinglan) 的依爾絲布·索墾 (Isbo Soeken) (2)。他幼時習醫，二十六歲獲得醫料的學位。隨後入醫院實習四年，期滿即就任加羅林醫學研究所 (Caroline Institute of Medicine and Surgery) 的化學兼科學教授。又自一八二〇至一八三九年間轉任斯德哥爾摩 中新成立的鑛業學校，也是擔任化學教授 (2)。

據柏齊力阿斯 氏一八三一年一月二十二日寫給弗勒氏 的一封信裏，關於他發現那種新元素的情形，有幾段極生動的報告：

『關於我今天寄你的這件標本，我要先告訴你一段趣事。在以前極北的地方住有一位漂亮可愛的女神，名字叫做釩鈉 弟絲 (Vanadis)。據說有一天，來一個人敲她的房門。這位生來愛

幽靜的神女，一時懶得動手，要等待第二次敲門的聲音傳到了耳鼓，她纔去招待。那知道那位來賓一敲之後，看見沒人迎接，竟回頭跑開了。女神有點怪異，壓不住原有的鎮靜，就急速把頭伸出窗外，去探望客人是誰。同時她又想問這人「爲何你那樣心急？」呵，她自言自語道，那正是弗勒呀。好罷，他空跑一趟是應該的。如果他走過門前稍爲費點功夫從窗外瞧瞧，就知道裏面有人，可以進來了。如今他竟匆匆地在窗外跑過了。

「過後幾天，又有人來敲門，他一次敲不開，就繼續敲下去。這時那神女不能不起來開門去迎接那位有耐心的客人了。這位客人就是塞夫斯唐木。他倆晤面接合以後，就產生了「鈇」。

「這是一種新金屬的新名稱，以前有人叫他 *Wool*，意思是羊毛（因 *Wool* 受教育的時候，看見 *Minerva* 教人類紡織羊毛），現在棄而不用了。我認爲 教授先生（註一）所揣測的說晉馬笨的黃鉛礦中含有鈇質，而不是銻質，真是猜中了。以後塞夫斯唐木證實這位教授所考察的標本，其中含有氧化鈇。

「鈇是一種極難找出的元素，因爲牠能和各種物質成爲一定的化合物，卽與矽質亦能起

化合，所以現在只有我一人有這種元素的純質。塞夫斯唐木氏所做出的氧化鈦，其中雜有磷酸、氧化矽、氧化鉛、氧化鈦和氧化鐵等質，不過我們抱着得到這種元素的純質的希望，所以盡心設法，把各種雜質逐一分開。我和塞夫斯唐木二人，共同做過三星期的實驗，將全副精神注意以下這兩個問題：第一，是分出氧化鈦的雜質，第二，是找出分離的方法。後來塞夫斯唐木回家了，遺留下鈦質很多；因為材料的豐富，我一個人繼續做去，也不感覺困難。目下在我研究工作未完結時，我要將我所有的鈦質完全保留。及至研究工作完畢之後，試看鈦質餘剩之多少，我將寄給教授先生（註一）少許。」（23）

（註一）素封 案 章 刻 恩 女 士 原 書 譯 文 作 "The Herr Professor"，此乃對第二身的尊敬稱呼，為德、法兩國所慣用，並非指第三身而言；茲特依習俗鑿一字以表示之。

弗勒沒有發現出鈦質，柏齊力 阿斯曾寫信去安慰他，說他發現合成脈素時所須要的聰明才力，比發現十種新元素還高。他繼續對他說：「我已經將塞夫斯唐木氏發現鈦的文章寄給波根多爾夫（Pogendorff）氏；我並向塞夫斯唐木提議，請他將他的論文提出學會，俾他一人可獨享發

現的名譽。否則，如我和他的名字同時寫在一篇論文上，反使他發現的聲譽不著名了。如此，且可將論文早日發表，如果要等待我的研究結果，那是不能很快完成的。」（23）

兩個星期過後，弗勒氏回他信說：

「可敬愛的柏齊力阿斯教授：

「我十分感謝你，因為你把那美麗女神釩鈾（Vanadis）的故事告訴我。老實說，我沒有訪到那樣美麗的女神，但起初不免有點介意。我縱使能從鉛礦中找出那位美麗的姑娘，至多也不過得到發現的名譽的一半，因為得爾·利俄氏已經發現過Erythronium了。但塞夫斯唐木創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。及至我知道這種金屬的密切關係，要把你給我一點鉛礦，打算再做一次分析的實驗。

「因為由郵局遞寄遲慢，耽擱不少，此刻請你允許我預先說明，將來我發表鑽石研究的報告時，可否將早年研究該金屬有關係的人，都一同提起。譬如尚待解決的最先發現這種金屬的得爾·利俄和得士哥特爾斯的反駁，以及洪保德的發現，凡此似乎都不能不提到。至若塞夫斯

唐木氏發現的優權，我絕對沒有侵犯的心意，尤其是在這種情形糾紛正多的時候。但是從另外一方面看來，我也有困難，一個人也不應當爲人掩沒前人的功績，而招引社會或敵方的反對。我認爲洪德堡的名字，無論如何是不能不提的，因爲他是獨立的發現者；此外還有些人，是有連帶關係的。我希望你不要嘲笑我應用外交的手段，來向你交涉這樁事情……」（23）

弗勒氏失意的情形，在他一八三一年正月二日寫給利比喜（Liebig）的信上，更加明顯。他寫道：

「……現在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木，其實乃是柏齊力阿斯。我那時拿到墨西哥馬笨的黃鉛礦，沒有把牠發現出來，我是個笨伯（Ich war ein Fasel）我也曾經做過這種鑽石的分析工作，曾經找出其中所含的一種新物質，後來因爲接觸了氟化氫而中毒，以致臥病數月。」（24）

在敘述塞夫斯唐木分析鈳的方法以前，爲使讀者容易明白起見，實不能不先轉錄柏齊力阿斯氏寫給丟隆（Dulong）氏的一段信。這信是在一八三一年正月七日寫的。他說：

「我一定要將發現新金屬的經過告訴你，其次讓我敘述幾種製法……發現人是法龍鐵務學校的主任塞夫斯唐木先生，他因為考察一種特別柔軟的鐵質，曾從其中發現一種特異的物質，前此從未有入見過。祇因牠的分量過少，所以對牠的性質，未能作仔細的研究；要想取得更多的分量，以供研究之用，又非花費許多金錢不可。這種鐵質，是從斯馬蘭的塔布格鑛山（Taberg）上採得的，其中僅含有少許新物質。但塞夫斯唐木後來發現鑄鐵中所含的這種新金屬，比鍛鐵所含的較多；於是便立下一條結論，認為「當鑄鐵變成鍛鐵時，其間所生的殘渣，一定含有新金屬甚多。」這種結論，後來證實不錯。因此塞夫斯唐木先生便開始從鑄鐵的殘渣中提取這種新金屬，在耶穌聖誕節例假的時候，他曾來此間看我，並和我一齊做過這種外來的（nouveau débarqué）新金屬之研究。」（25）

塞夫斯唐木所述自己發現鐵的一段文字，十分有趣，茲譯錄如下：

「好幾年以前，鑛廠經理林滿（Rimann）氏想發明一種方法，來試驗鐵的性質是否易脆；因而發現用鐵和鹽酸作用之後，而察其所放的黑色粉末，以作決定的標準。塔布格鑛山所出

產的鐵，其性質雖最柔而富韌性，但有一天我偶然試驗一種鐵，發覺牠的性質並不很脆。最後試驗由厄克梭爾摩（Ekersholm）所出產的鐵，發現牠與脆鐵對於鹽酸所有的作用相同，使我十分驚奇。我因為當時無暇去研究那種黑色粉末的性質，直到一八三〇年四月間，纔再開始進行這種實驗；我當時曾檢查其中是否含有磷質或其他物質，因為這些物質對於我研究的問題都是有重要關係的。

「我當時把大量的鐵溶到鹽酸裏，我發現當鐵正在溶解時，有些鐵屑，溶解最快，尤其是其中的黑色粉末特別容易溶解。結果竟將鐵棒的中心，溶成空洞。後來我把這種黑粉仔細研究之後，纔知道其中含有氧化矽、鐵、氧化鉛、石灰、銅及鈾等等。我這時因為所得的黑色粉末，重量不過二分克（decigram），所以不能判定牠究竟是何種物質；並且這二分克的粉末，還雜有過半量的氧化矽在內，故不易研究。後來經過好幾次實驗，發現其中並無銻在內，且用比較試驗法分析過後，亦決定其中並無鈾質存在。我會用最高級的氧化作用，以比較其結果；但鈾質卻從低級的氧化物中，發現了一部分。」（26）

在柏齊力阿斯氏寫給弗勒氏的信裏，有一封是報告一件不幸的事件；他說：「……塞夫斯唐木回到法龍以後，他一人繼續做鈳合金的實驗，不料他的一個學生竟將十克重的氧化鈳完全丟去，使他沒有繼續做研究的材料。因為他不能繼續做這實驗，只好重新再從硫渣中提取鈳質。」

(27)

一八三〇年的五月間，在柏齊力阿斯的實驗室裏，曾將鈳和鈾兩種物質做一仔細的比較研究。結果發現鈳有兩種化合物，即三價的鈳化物和五價的鈳化物。但柏齊力阿斯和塞夫斯唐木二人卻始終沒有分出鈳的單體。一八四五年十一月三十日塞夫斯唐木死於瑞典的斯德哥爾摩，享壽五十八歲。

據弗勒氏研究的結果，證明得爾·利俄(Del Rio)氏在一八〇一年所分析的鑽石(45)，確實祇含鈳而無鉻(26)。這種鑽石即今日所謂之褐鈳鑽(Vanadinite)，其分子式為 $(\text{PbCl}_2 \cdot 3\text{Pb}_2(\text{VO}_4)_2)$ 。

最後分出鈳素的，是英國化學家羅斯科爵士(Sir Henry Enfield Roscoe)。羅氏於一八

三三年正月七日生於倫敦，年九歲隨父母由倫敦遷居利物浦。有一位他的小學校長曾經批評他說：「羅斯科是一個聰明的孩兒，祇是心神不定，東張西望，自己連不規則的動辭都弄不清。」（素封案羅氏此時或者學習拉丁文或法文，係指這種文字的文法而言）（36）。他的母親深知他有「東張西望」愛看別種東西的脾氣，可是對他不特不嚴加阻止，反而鼓勵他在家中去做化學實驗，並且把一間房子改做他的實驗室。



圖八五 托皮爵士像

(Sir Edward (T. E.) Thorpe, 1845-1925)

英國化學家，以研究液體比容（specific volume）對於其化學成分的關係著名；其與羅斯科爵士共同研究磷的氧化物和鈳的化合物等等問題，亦深得化學界的稱許。托氏所著化學教科書和化學史論文，極受讀者歡迎。

羅斯科十五歲即進倫敦大學，隨從格累姆(Thomas Graham)和威廉孫(Alexander William Williamson)學習功課，一八五三年畢業，獲得化學科的獎金。以後赴德國海得爾堡(Heidelberg)從著名學者本生(Bunsen)氏學習定量分析。這時本生氏的實驗室，是由一座寺院改造而成的，據說專爲本生氏而設。他得到博士學位及榮譽(Summa cum laude)以後，即和本生同做『光對化學作用』的實驗。他們後來彼此相處多年，關係甚深。羅斯科收到這位德國老師的信一共有二百二十六封，後來裝訂成冊，送與本生學會(Bunsen-Gesellschaft) (38)。

羅斯科氏年僅二十四歲時，即繼弗蘭克蘭(Frankland)氏之後擔任英國綿撒斯德大學(Manchester Univ.)的化學教授。一八六二年冬季，英國因受美洲革命的影響，郎卡郡(Lancashire)的機織工人，成千成萬的都失業了；羅氏這時極力設法救濟他們，曾籌劃一套『通俗科學演講集』(Science Lectures for the People)，使他們的精神不至因失意而陷入迷途。當時參加通俗科學演講的學者，除羅斯科以外，尚有廷達爾(Tyndall)、赫胥黎和其他著名的科學家。這種科學演講會，每週舉行，以後會連續進行了十一年，每次聽講的人都十分踴躍。後來將講辭，刊成單

行本，每本售價一辨士，風行世界各國（39）。羅斯科的教育意見，主張拿自由思想做專門訓練的基礎（28）。

一八六五年羅斯科氏在折細爾（Cheshire）境內的特利阿斯（Trias）的低上疊紀沙岩（Lower Keuper Sandstone）中所產的銅鑛裏，發現鈳質（37）。由這種銅鑛所得的石灰沈澱物，其中有一種約有二%的鈳質。這種出乎意料之外的出產，羅斯科便和托皮爵士（Sir Edward Thorpe）二人立即着手製造純粹的鈳化物，以作研究牠的性質之用。

當羅斯科氏開始研究各種鈳的化合物時，他發現鈳是屬於磷族的三價元素。此外他又發現柏齊力阿斯氏所得的鈳是一種一氯化鈳， V_2Cl_3 ；至於瑞典化學家所研究的鈳質，大多都是鈳的氧化物。

一八六七年八月二十六日，羅斯科寫給托皮爵士的信上，曾說過下面一段話：

「……我希望你能陪我住到四月間，這時我可以將鈳和輕金屬等的研究問題，告一結束；並且請你幫助我到倫敦講演。最後，我曾發現了鈳。鈳的酸有 V_2O_6 一種，看來好像和 P_2O_6 相

似；又其氯化物 VOCl_2 亦與 POCl_2 相似；此外尚有固體的氯化物，如 VOCl_2 及 VOCl 等等。由此可以說明釩酸鉛的異性同晶體 (isomorphism) 以及牠的磷酸鹽等問題。我現在感覺這種問題很有興趣……』 (40)

同年九月十二日，羅斯科氏寫給他的助手一封信，其中說過：

「請你向約瑟 (Joseph Heywood) 氏借 *Pogg. Ann.* vol. 98 一本，由郵政包裹寄給我，這本年報裏有蘭米斯伯格 (Rammelsberg) 氏專論釩酸鹽的異質同晶體的論文。釩酸是 V_2O_5 ，在我的腦筋裏自然沒有問題了；不過倘使釩酸鹽一切問題都可由磷酸鹽的性質來解釋，我便會發生無上的快慰。普通的 NH_4 鹽是 NH_4VO_3 (與 Na_2PO_4 相似)，這是一種偏釩酸鹽 (meta-vanadate) 又如二釩酸鹽 (bi-vanadate) 亦可以解釋，不過現在還要重新製取和分析。我會否告訴過你，我們現在已製得 V_2O_5 、 V_2O_4 、 V_2O_3 、 V_2O_2 (我希望我們不久也有了 V)、 $\text{V}_2\text{O}_2\text{Cl}_6$ 、 $\text{V}_2\text{O}_2\text{Cl}_4$ 、 $\text{V}_2\text{O}_2\text{Cl}_2$ 或 VOCl_3 、 VOCl_2 、 VOCl 在聖安德 (St. Andrew) 地方，我看見黑都盧教授 (Prof. Heddle) 他有一半磷灰石 (apatite) 和一半亞釩酸鹽 (vanadinite) 的結

晶體；並且在許多年之前，他就認為釩酸的分子式應作 $V_2O_5 \cdots \cdots$ 。』(40)



圖八六 蘭米斯伯格氏像

(Carl Friedrich Rammelsberg
1813-1899)

德國化學家、礦物學家、結晶學家。蘭氏將硫化物和硒化物溶於二硫化碳之中，待其蒸發至乾，收得硫和硒的結晶體，而證明這兩種元素的同形性 (isomorphism)；並由此證實釩酸物 (vanadates) 和磷酸物亦彼此為同形性物質。此外並證明許多種有機物的同形性。至蘭米斯伯格氏所著之結晶學、冶金學、礦物化學和分析化學的教科書，均文字流利，材料豐富，系統分明，為學術家所推重。

五天以後，羅斯科氏寫信給托皮爵士，詳細報告他的氧化釩的實驗。他的結論是：『我們現在最重要的事情，是取得金屬釩。』(40)

羅斯科氏關於這個問題的第一篇論文，是一八六七年十二月十九日，他在英國皇家學會所宣讀的培克爾紀念演講辭 (Bakerian Lecture)。一八六八年二月十四日，他和他的助手托皮爵

士曾在皇家專門學校(Royal Institution)演講，並當場試驗柏齊力阿斯氏所得到的檸檬色的
鉍化物 VOCl_3 。其中實在含有氧的成分。當時在場中的聽衆，看見他用這種氯化物數克，同輕氣放
置一處，一齊通過灼熱的木炭上，靜候牠們放出氣體。然後再把這種氣體，通過澄清的氫氧化鉍溶



圖八七 羅斯科爵士像

(Sir Henry Enfield Roscoe 1833-1915)

英國綿撒斯德大學化學教授，曾與本生 (Bun-
sen) 氏共同致力於光化學 (photochemistry) 之
研究，著有理論化學與應用化學教科書，極得讀者
稱揚。

液中，檢查牠含有二氧化碳存在。由此證實柏齊力阿斯氏所定的分子式有了錯誤。後來羅斯科氏所分析得檸檬色的氯化物，實在就是今日所謂氧氯化鈳（vanadyl chloride），其分子式應爲 VOCl_2 （12）（26）。

當羅氏最初研究鈳的時候，鈳的化合物每噸價值爲三十五金鎊；至於金屬鈳，還沒有人能製出。他因爲想還原氧化鈳，曾用盡種種方法，但結果都失敗了。後來他纔採用氫氣以還原氧化鈳 VOCl_2 的方法。做這實驗時，必須設法避免氧氣與水汽，又因鈳對於玻璃及瓷皿能起猛烈的爆炸作用，故氯化物須放於瓷管裏的鉑船塢上，再去加高熱，纔能保險。瓷管是不能用鉑管替代的，因爲鉑管在高溫時，會發生許多小微孔。

當羅斯科氏將管加熱的時候，他發現氯化氫的氣體，繼續不斷的大量放出，直至加熱到四十小時之後纔漸次減少，到八小時之後，始完全停止。及至瓷管冷卻，將其中鉑船塢取出，發現船裏面有一些『淺灰色粉末狀存在，氣是完全被逐出了。』羅斯科氏將所得的淺灰色粉末，放在顯微鏡下觀察，他看見其中『含有極光亮的金屬小結晶體，呈銀白色。』到這時，分離金屬鈳的方法纔告成

功隨後羅斯科把發現鈇的經過，著成論文，一八六九年六月十六日宣讀於皇家學會（33）。

當托皮爵士在海得爾堡讀書的時候，有一天在法文報的通俗科學欄裏，看見一段消息，說法國會將哥白里獎章（Copley Medal）贈送羅斯科氏。這時他便寫了一封信道賀他，後來他接得羅氏的回信說：

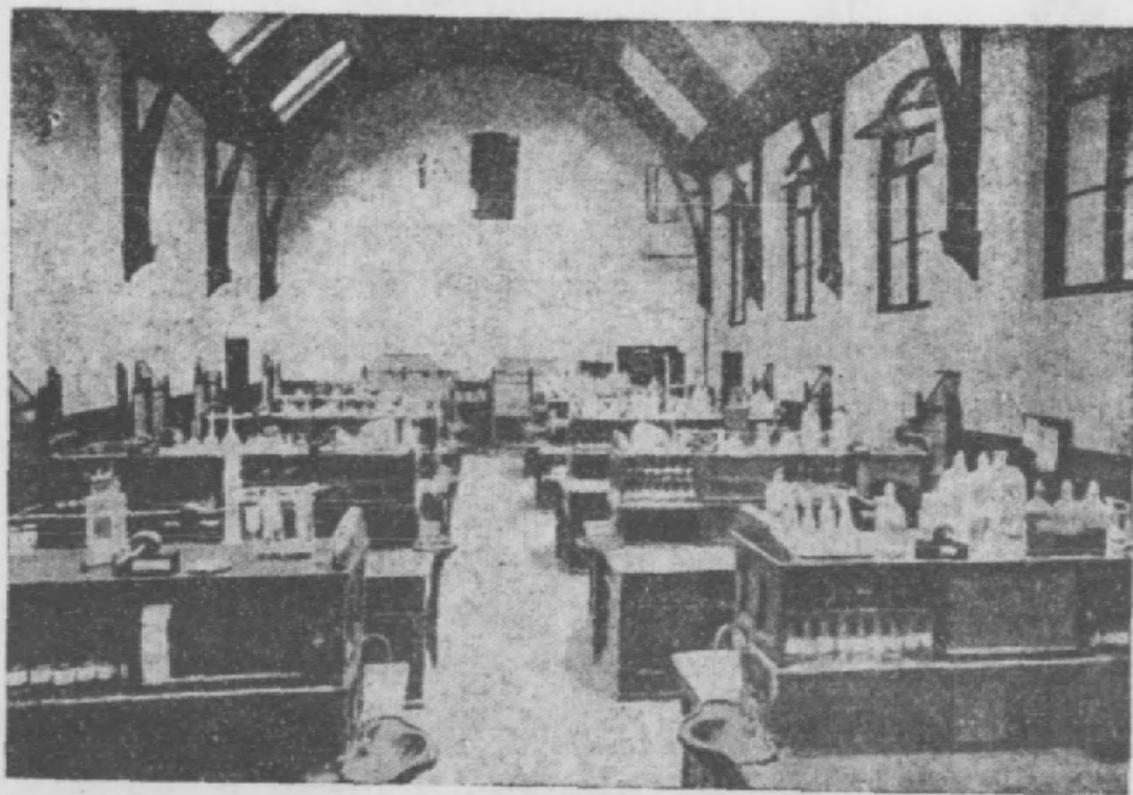
「我請你首先讓我多謝你的來信，及對於法國大發現的賀詞。許多巴黎式的奇事，結果都是神話，我相信這一次也沒有例外。——所謂法國對我的培克爾紀念講演曾贈送我哥白里獎章這個表示，據我所知乃是法國人（且是劣等的法國人）的玩笑。但無論如何，我對於你為這事給我的祝詞，以及你前次給我的一切好幫助，我都應當感激的。」（41）

羅斯科氏所著的化學教科書，內容的完善，在世界上負有盛名。自初版刊行後，曾重版多次，後來譯成多國的文字，如俄文、意大利文、奧國文、波蘭文、瑞典文、近代希臘文、日本文、印度斯坦文（C. F. du）哀斯蘭文（Icelandic）、邦加利文（Bengali）、土耳其文、馬拉巴文（Malayalam）（註一）及坦米爾文（Tamil）等等。他的自傳，文筆十分生動（42）。他和斯卡爾馬（Scharlemar）氏合著的

化學原理 (*Treatise on Chemistry*) 爲世界各國化學家所稱揚的一部好書。

(註一) 素封案 Malayalam 卽印度馬拉巴海濱上一種語言，乃坦米爾語之一支，又稱 Dravidian 語，今簡譯爲「馬拉巴文」。

羅斯科氏到了晚年，在英格蘭南部的武德哥特 (Woodcote) 地方休養，生活十分舒快。在這裏，有他的別墅；他的太太爲他栽了許多種草花和開花的灌木，並且善於招待丈夫的朋友。他的女兒羅斯科小姐曾說過：「我的父親，歡喜交結外國朋友，愈是種族複雜的人，他愈喜歡。我記得他晚年的某一次宴會，座上的客人計有一位中國人，一位日本



圖八八 羅斯科爵士定量分析實驗室

(上圖採自羅氏自著 *The Life and Experiences of Sir H. E. Roscoe*)

人，一位捷克人，一位德國人，和我們的家中三人；其中的西洋人最爲沈靜。』（43）

羅斯科氏過着舒適安靜的晚年生活，一九一五年十二月十八日他忽然患了胸緊氣促病（*angina pectoris*），立刻溢然長逝了，享壽八十二歲。

一九二七年，美國西區電燈公司（Westinghouse Lamp Company）研究部裏的馬丁（J. W. Marden）和利須（M. N. Rich）兩位研究員，曾將氧化鈳、金屬鈣和氧化鈣三種物質同放電爐裏，熱至華氏一千四百度約一小時之久，曾獲得純度達九九·九%的金屬鈳。再將這種燒過的物質，用冷水冷卻，取得珠狀的純金屬鈳（35）。

『鐵鈳合金』（ferrovanadium alloy）在鑄鋼工業上用途很大。若鋼中含鈳少許，其堅韌性、彈性及伸張性即可增加。以前塞夫斯唐木與柏齊力阿斯二人視爲古代瑞典美麗的女神，而今在鐵路工程建築上，輪軸上和電氣工程的機械上，都佔了一個重要的位置。

參考材料

(1) Del Rio, "Analysis of an Alloy of Gold and Rhodium from the Parking House at Mexico."

- Annals of Phil.* (2), 10, 256 (Oct., 1825).
- (2) Poggenдорff, "Biographisch-Literarisches Handwörterbuch zur Geschichte der exakten Wissenschaften," 5 vols., Verlag Chemie, Leipzig, 1863-1926. Articles on Hatchett, del Rio, and Seibstr"m.
- (3) Hatchett, "Outline of the Properties and Habitudes of the Metallic Substance lately discovered by Charles Hatchett, Esq., and by him denominated Columbinum," *Nicholson's J.* (2), 1, 32-4 (Jan., 1802); *Cretch's Ann.*, 37, 197-201, 257-70, 352-64 (1802).
- (4) "New Metal Columbinum," *Nicholson's J.*, 14, 181 (June, 1808).
- (5) Thomson, "History of Chemistry," Vol. 2, Colburn and Bentley, London, 1831, p. 231.
- (6) Wialach, "Briefwechsel zwischen J. Berzelius und F. Wöhler," Vol. 2, Verlag von Wilhelm Engelmann, Leipzig, 1901, p. 644.
- (7) Balke, "Metals of the Tungsten and Tantalum Groups," *Ind. Eng. Chem.*, 21, 1002-7 (Nov., 1929); Balke and Edgar F. Smith, "Observations on Columbinum," *J. Am. Chem. Soc.*, 30, 1637-68 (Nov., 1908); Balke, "The Atomic Weight of Tantalum," *J. Am. Chem. Soc.*, 32, 1127-33 (Oct., 1910).
- (8) "American Chemical Industries. Faststeel Products Co., Inc.," *Ind. Eng. Chem.*, 22, 1409-12 (Dec., 1930).
- (9) "Biographical Account of Mr. Ekeberg, Assistant Professor of Chemistry at Upsala," *Annals of Phil.* (1), 4, 241-3 (Oct., 1814); *Konigl. Vetenskaps Acaademiens Handlingar*, 1813, p. 276.

- (10) Wollaston, "On the Identity of Columbium and Tantalum," *Nicholson's J.*, 25, 23-8 (Jan., 1810).
- (11) Rose, H., "On a New Metal, Pelopium, Contained in the Bavarian Tantalite," *Phil. Mag.* (3), 29, 409-16 (Nov., 1846); *Obituary of H. Rose, J. Chem. Soc.*, 17, 437-40 (Proc. of Mar. 31, 1864).
- (12) Jagnaux, "Histoire de la Chimie," Vol. 2, Baudry et Cie., Paris, 1891, pp. 341-5.
- (13) Söderbaum, "Jae Berzelius Bref," Vol. 3, part 6, Almqvist and Wiksells, Upsala, 1912-1914, pp. 18-20.
- (14) *Ibid.*, Vol. 3, part 6, p. 25.
- (15) *Ibid.*, Vol. 1, part 3, p. 123.
- (16) *Ibid.*, Vol. 1, part 3, p. 40.
- (17) Giles, "Observations on Niobium, Tantalum, and Titanium," *Chem. News*, 95, 1-3, 37-9 (Jan. 4 and Jan. 25, 1907); von Bolton, "Das Niob, seine Darstellung und Seine Eigenschaften," *Z. Elektrochem.*, 13, 145-9 (Apr., 1907).
- (18) "Rare Metals," *Farnsteel Products Co.*, N. Chicago, 1929, pp. 7-22.
- (19) Balke, "The Production and Uses of Ductile Tantalum," *Chem. Met. Eng.*, 27, 1271-8 (Dec. 27, 1922).
- (20) Martignac, "Recherches sur les Combinaisons du Niobium," *Ann. chim. phys.* (4), 8, 5-75 (May, 1866); "Recherches sur les Combinaisons du Tantalé," *Ann. chim. phys.* (4), 9, 249-76 (Nov., 1866).
- (21) Del Rio, "Discovery of Chromium in the Brown Lead of Zimapan," *Gibb. Ann.*, 71, 7.

- (22) Collat-Descoûts, "Analyse de la mine brune de plomb de Zimapan, dans le royaume du Mexique, envoyée, par M. Humboldt, et dans laquelle M. del Rio dit avoir découvert un nouveau métal," *Ann. chim. phys.* (1), 53, 268-71 (1805).
- (23) Wallach, "Briefwechsel zwischen J. Berzelius und F. Wöhler," ref. (6), Vol. 1, p. 386. Letter of Feb. 6, 1831.
- (24) Von Hofmann, "Zur Erinnerung an Friedrich Wöhler," *Ber.*, 15, 3170 (Dec., 1882); Hofmann and Emilie Wöhler, "Justus Liebig's und Friedrich Wöhler's Briefwechsel," Vol. 1, F. Vieweg und Sohn, Braunschweig, 1888, pp. 38-9.
- (25) Söderbaum, "Jac Berzelius Bref," ref. (13), Vol. 2, part 4, pp. 98-9.
- (26) Selstöm, "Sur le Vanadium, métal nouveau, trouvé dans du fer en barres de Eckerstholm, forge qui tire sa mine de Taberg dans le Småland," *Ann. chim. phys.*, 46, 105-11 (1831).
- (27) Wallach, "Briefwechsel zwischen J. Berzelius und F. Wöhler," ref. (6), Vol. 1, pp. 340-1.
- (28) Schuster and Shipley, "Britain's Heritage of Science," Constable and Co., London, 1917, pp. 149-50.
- (29) Roscoe, "On Vanadium, One of the Trivalent Group of Elements," *Phil. Mag.* (4), 35, 307-14 (Apr., 1868).
- (30) "Alchemy in Old New England," *J. Chem. Educ.*, 8, 2094 (Oct., 1931); Newell, "Colonial Chemistry. I. New England," *ibid.*, 2, 161-4 (Mar., 1925).
- (31) Hatchett, "An Analysis of the Earthy Substance from New South Wales, called Sydneia, or

- Terra Australis," *Nicholson's J.*, 2, 72-80 (May, 1798).
- (32) Ekeberg, "Of the Properties of the Earth Yttis, compared with those of Glindie; of Fossils, in which the first of these Earths is contained; and of the Discovery of a new Substance of a metallic Nature (Tantalum)," *Nicholson's J.*, 3, 251-5 (Dec., 1802).
- (33) Roscoe, "Researches on Vanadium. Part II," *Phil. Mag.* (4), 39, 146-50 (Feb., 1870).
- (34) Farnsted Products Co., Inc., "Metallic Tantalum," *J. Chem. Educ.*, 2, 1168-9 (Dec., 1925); von Bolton, "Das Tantal, seine Darstellung und seine Eigenschaften," *Z. Elektrochem.*, 11, 45-51 (Jan. 20, 1905).
- (35) "Vanadium New Member of World's Metal Family," *J. Chem. Educ.*, 4, 686 (May, 1927); Marden and Rich, "Vanadium," *Ind. Eng. Chem.*, 19, 786-8 (July, 1927).
- (36) Thorpe, "The Right Honourable Sir Henry Enfield Roscoe," Longmans, Green and Co., London, 1916, p. 18.
- (37) *Ibid.*, p. 123.
- (38) *Ibid.*, p. 26.
- (39) *Ibid.*, pp. 38-9.
- (40) *Ibid.*, pp. 125-30.
- (41) Thorpe, "The Right Honourable Sir Henry Enfield Roscoe," *rel.* (36), p. 129.
- (42) Roscoe, "The Life and Experiences of Sir Henry Enfield Roscoe," Macmillan, London, 1906, 420 pp.

- (43) Thorpe, "The Right Honourable Sir Henry Enfield Rosece," *ref.* (36), pp. 199-200.
- (44) Humboldt, *Gift. Ann.*, **18**, 118 (1804).
- (45) Wöhler, *Pogg. Ann.*, **21**, 49 (1831).
- (46) C. A. Browne, "Some Relations of Early Chemistry in America to Medicine," *J. Chem. Educ.*, **3**, 268-70 (Mar., 1926).
- (47) Waters, "A Sketch of the Life of John Winthrop the Younger, Founder of Ipswich, Massachusetts, in 1633," printed for the Ipswich Historical Soc., 1899, p. 76. Poem on Winthrop by B. Tompson.
- (48) Blomstrand, "Über die Säuren der Tantalgruppe-Minerale." *J. prakt. Chem.*, **97**, 37-50 (Heft 1, 1866); *Oefversigt af Akad. Förel.*, **21**, 541 (1864).
- (49) Moissan, "Nouveau traitement de la niobite; préparation et propriétés de la fonte de niobium," *Compt. rend.*, **133**, 20-5 (July, 1901).
- (50) Del Rio, "Elementos de Orictognosis," "Elementos d'Orictognosis ou de la connoissance des Fossiles, disposés suivant les principes de Werner, à l'usage du Collège royal des mines du Mexique," Imprimerie de Zamiga et Oñiveros, Mexico City, 1795. Review in *Ann. chim. phys.*, **(1)**, **21**, 221-4 (Feb., 1797).

第九章 鉑族元素

在歷史上最初用科學眼光以記述鉑的學者，首推第十八世紀中葉的布朗利格博士 (Dr. Brownrigg) 及同·安托尼俄·得·烏羅阿 (Don Antonio de Ulloa) 等氏。銻 (rhodium) 鉑 (palladium) 鐵 (osmium) 及銻 (iridium) 四種元素，發現於一八〇三及一八〇四年之間；前二種由武拉斯吞博士 (Dr. Wollaston) 所發現，餘者由其友人台耐特教授 (Smithson Tennant) 所發現。關於這兩位大化學家的生平，托姆松氏在其所著的化學史 (*Thomson's History of Chemistry*) 上，及柏齊力阿斯 (Berzelius) 氏的通信和日記上，均有生動詳實的記載。鈳 (ruthenium) 乃是在俄國發現的一種鉑族元素，發現人名克勞斯·卡爾·卡爾羅維赤 (Karl Karlovich Klaus) 遠在前數種之後。克勞斯氏生平言行，列寧堡 (Leningrad) 多藝學院的門修提金教授 (Prof. B. N. Menschutkin) 記述極美。

「一位在科學上努力工作而有貢獻的人，乃是全人類和古今各時代的恩人。」（1）

鉑

在許多河流的沖積層砂土中，常有天然的鉑粒發現，但是古人利用這種金屬的史料，卻至今

所知不多。武德（Charles Wood）

氏在十八世紀初葉，曾於新西班

牙（New Spain）的卡塔基那

（Cartagena）地方採得鉑粒少

許，攜至牙買加（Jamaica）；後來

在一七四一年分贈布朗利格博

士（Brownrigg）一部分，以作研



圖八九 得·烏羅阿氏像

（Don Antonio De Ulloa 1716-1795）

西班牙算學家，海軍官員，旅行家。烏氏一七四八年所刊行的航行祕魯的日記，其中曾提到鉑這種金屬。

究資料。武德為當時冶金學家兼鑛物分析的技師，故重視此種新金屬。布朗利格博士於收到武德

氏贈品之後，即從事提鍊；九年之

後著成簡明論文一篇，備述鉑之

性質，連同標本，送呈倫敦皇學家

會(Royal Society of London)。

標本中，計有天然鉑鑛，提鍊的鉑

鎔化的鉑；此外尚有劍一把，劍柄

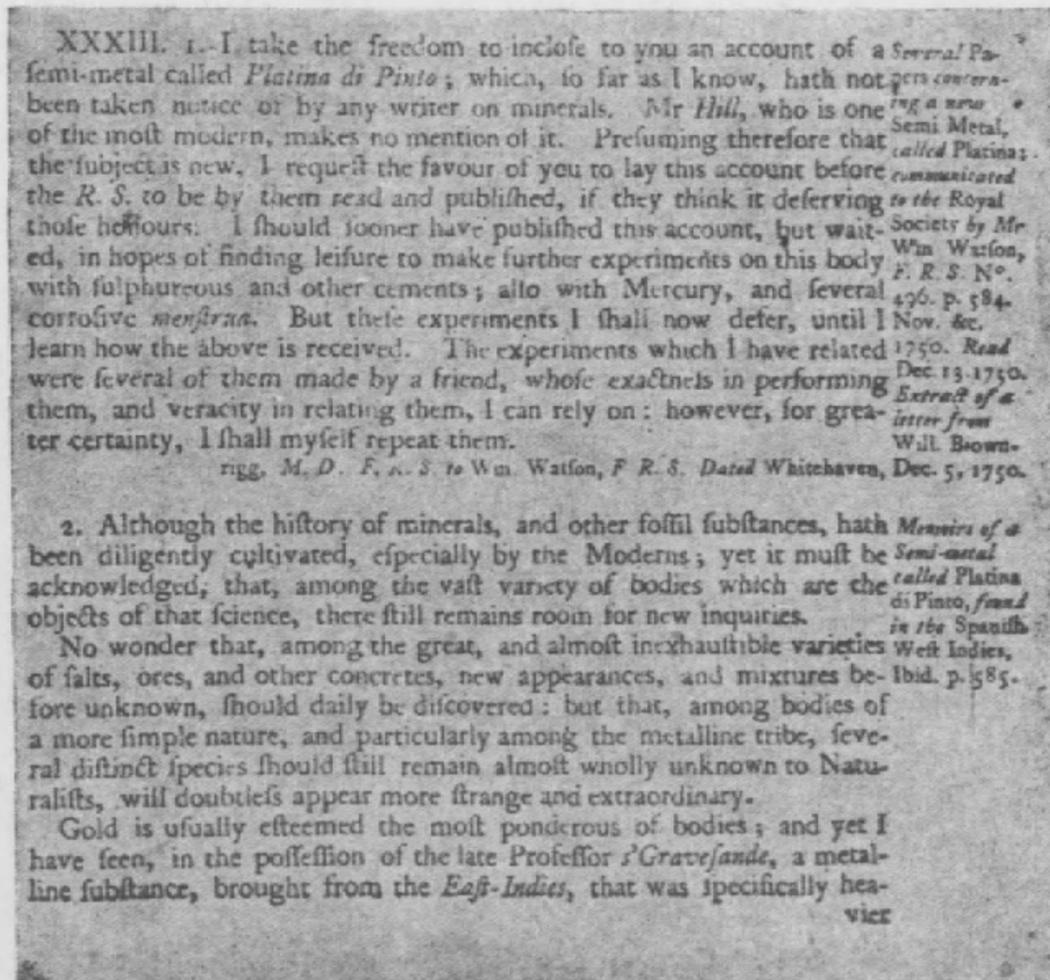
係用一部分含鉑的金屬所造成

(2)。

法國和西班牙兩政府曾於

一七三五年聯合派遣科學考察

團赴魯祕和厄瓜多爾兩處，以測



圖九〇 英國哲學會報書影

上圖由該會報第十卷中攝下，為瓦特孫 (William Watson) 描寫鉑之一段；並有布朗利格博士 (Dr. Brownrigg) 一函，其中亦討論這個問題。

量赤道附近基托 (Guito) 地方的子午線。西王腓力五世所委的負責大員，是兩位海軍將官；其中一人名同·安托尼俄·得·烏羅阿 (Don Antonio de Ulloa)，乃一青年數學家。一七四四年，烏羅阿氏乘法船回歐洲，及抵布里頓角 (Cape Breton) 之路易堡 (Louisburg) 海口，忽遭英國海軍壓迫，擄至英國。惟英國海軍官員在途中待遇得烏羅阿氏極周到，不僅保護他的科學記錄，還保險他的平安。

後來，得烏羅阿氏向英國海軍司令部請求退還一切科學記錄。據他親述交涉的結果，他說：『他們立時應許全部退還，並且慷慨聲言，不願引起純粹科學、文藝或學術專家間的戰爭。』及烏氏抵倫敦之後，即由當局介紹與皇家學會會長福克斯·馬丁 (Martin Folkes) 氏及其他科學界聞人相見；同時並被舉為皇家學會國外會員(32)。一七四八年，得烏羅阿氏刊佈所著航海日記，名噪一時；書中他曾敘述在祕魯發現鉑的經過(35)。當時西班牙人稱此種金屬曰 *platina del pinto*，意即『利俄·平托 (Rio Pinto) 的小銀』；並且在牠的價值未為人發覺之前，常被奸商竊入黃金，借以圖利，因此當局遂下禁止開採的命令(2)。一七六六年西班牙政府派得·

烏羅阿 (de Ulloa) 氏任路易斯安那 (Louisiana) 總督，適逢土人熱烈反對西班牙人統治，故就任兩年即迫而離去 (34)。

此後不久，歐洲各國著名化學家，均注意於此種新金屬之探究，興趣之濃，出人意料。其中曾刊印研究報告者，可舉下列十二人爲代表：

瑞典

舍斐 (Scheffer)

柏格曼 (Bergman)

柏齊力阿斯 (Berzelius)

英國

路易·威廉 (William Lewis)

德國

馬格拉夫 (Margraf)

法國

馬柯魁爾 (P. J. Macquer)

包美 (Baume)



圖九一 馬柯魁爾氏所著化學字典的封面

馬氏 (Pierre Joseph Macquer, 1718-1784) 為法國最著名之燃燒素學者，一七六六年出版化學字典一部，極負盛名，惟上圖乃係德文本的封面。此外，在最初研究鉛的化學家中，馬氏亦其中之一。



圖九二 包美氏像

(Antoine Baumé 1728-1804)

法國藥學家兼化學家，著有實驗與理論化學 (*Chymie Experimentale et Raisonnée*)，其中討論一七七三年所用之化學儀器、化學愛力(親和力)、火、空氣、土、水、硫、石膏、白礬、黏土、硝石、火藥、硼砂、砷、玻璃、磁、以及普通酸類、鹼類、金屬和礦產。包美亦為最初研究鉑者之一人。

古堂 (Guyton)

彪封 (Buffon)

得利爾 (Delisle)

拉瓦錫 (Lavoisier)

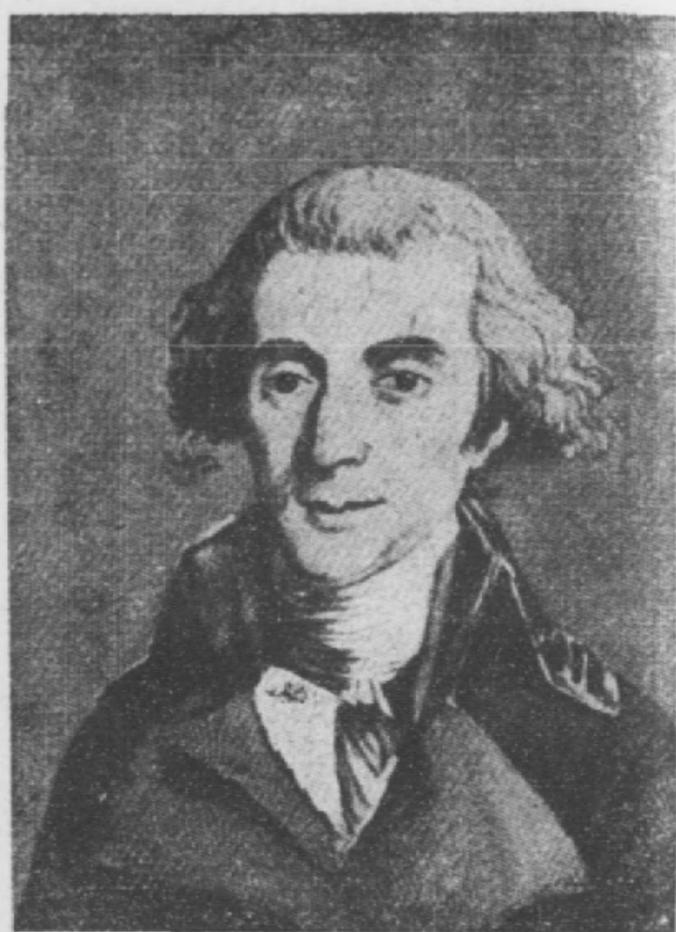
培雷狄爾 (Pelletier)

至於用鉑製造器什和物品的方法，大概在武拉斯吞 (Wollaston)氏從事實驗之前，就不很難了 (3)。

武拉斯吞名威廉·海德 (William Hyde)，1766年八月六日生於英格蘭的諾福克喜累 (Norfolkshire)。其父為聖公會牧師，共生子女十五人，均活潑可愛。威廉有兄弟姊妹十四人，童年時代，同遊同居，故絕不寂寞。及長，威廉入劍橋大學習醫學，年二十七考得學位。畢業後曾於柏利·聖埃德蒙滋 (Bury St. Edmunds)懸壺濟世；1800年退居倫敦，專門研究物理科學(4)。

鉑質堅固，不易製為器什，故在發現後之一百年間，用途仍不甚廣。後武拉斯吞博士發現海綿狀鉑塊，經過強力壓榨，即生展性，而可以煨燒又錘薄。從此鉑遂用為製造儀器的材料，採用者極多。武拉斯吞氏由此所得進益甚豐，故自三十四歲起，即棄去醫業，而致志於純粹科學之探討。

柏齊力阿斯氏於一八一三年四月二十二日曾由瑞典 斯德哥爾摩致倫敦 馬塞特博士 (Dr. Marcet) 一函，其中有一段說：



圖九三 培雷狄爾氏像

(Bertrand Pelletier 1761-1797)

法國化學家及藥學家，曾研究多種金之砷酸物、磷酸物及磷化物，又研究磷對鉑的作用。此外又發明製造肥皂新法及精鍊製鐘用的金屬。培氏任比利時醫院視察官，其子約瑟(Joseph Pelletier, 1788-1842)和卡文頓·約瑟(Joseph Caventon)曾發現金雞納霜(quinine)、弱金雞納鹼(cinchonine)、番土龍鹼(strychnine)、和馬錢子鹼(brucine)。

「足下遇見武拉斯吞博士時，萬懇代為致候，並希便詢能否用一些富有展性的鉑，且其中仍含鈮與銻等天然成分者，製成一隻坩堝。我最近從開利(Carr)買得的坩堝，其材料比我從前所用者較純，因此故不耐別種物質之浸蝕。」(5)

大約隔兩星期之後，馬塞特氏回答柏齊力阿斯氏說：

「武拉斯吞博士對足下倡議採用含有雜質之鉑，以作製造儀器之材料，不表同意。他說若

於純鉑之中，屢以微量白銀，則所製成的器什，更爲耐用；足下不妨嘗試一下。」（6）

柏齊力阿斯氏曾依武拉斯吞氏所提出的合金製法，從事製造坩堝；此事可由一八二九年五月一日柏氏致弗勒（Wöhler）氏的信中見之：

「吾人正採用武拉斯吞博士所創製之柔軟鉑齊法，擬將舊日所備鉑坩堝，重新鑄造；其法甚易，且極簡單。余意武氏對於其他種種繁笨無用的方法，必啞然失笑。據我看來，卽將此種坩堝底部，置塞夫斯唐木氏煨爐（Serapion's forge）上燒至紅熱，亦不至有氣泡發生。」（7）

銻與鈹

一八〇三年武拉斯吞博士由鉑鑛中分出兩種新金屬，均告成功。其製法，先將粗製之鉑塊溶解於王水中，然後蒸發多餘的酸，再徐徐逐滴加入氰化亞汞（mercurous cyanide），直至發生黃色沈澱時爲止。此種沈澱物如經洗滌及燒灼等等手續，卽有白色新金屬出現。

如用硫磺及硼砂屢入所得之黃色沈澱物中，加以大熱，則有另一種金屬顆粒發生——武拉

斯吞氏爲紀念當時新發現之 pallas (天體上之武女星)，而名之曰 palladium (漢譯標準術名爲『鈳』) (6)。

關於最初發現鈳的經過，懷特 (White) 和夫利得曼 (Friedmann) 兩氏在一九三二年二月的化學教育雜誌上曾述說一段滑稽的故事。據說在鈳纔製出不久，倫敦城內發現一種匿名的傳單，聲言有鈳出售。這時有一位愛爾蘭的青年化學家成內維克斯·理查 (Richard Chenevix) 氏，他認爲這種新金屬是騙人的，而欲證實牠是鉑和汞的合金，惟結果不詳 (8) (21)。

武拉斯吞博士後來又把一部分粗製的鉑，溶於王水中，並加入氫氧化鈉溶液，以『中和』過剩的酸量。然後又加入鹵砂 (sal ammoniac)，使鉑沈澱爲鉑氯酸銨 (ammonium chloroplatinate)；更加入氰化亞汞使鈳沈澱爲氰化亞鈳。過濾後，加鹽酸於濾液中，使多餘的氰化亞汞起分解作用，然後加熱蒸發至乾。武拉斯吞氏這時用酒精 (醇) 洗滌蒸發後所得的殘餘物，發現任何物質盡行溶解，只留一種暗紅色的粉末沈在器底，狀極美麗——後來他證明這是一種複鹽，由另外一種新金屬和鈉所成的氯化物 (3)。因爲這種新金屬的鹽類帶着玫瑰的豔紅色，所以武拉斯吞博



圖九五 彪封氏像

(Georges Louis Leclerc, Comte de Buffon, 1707-1788)

法國博物家，以文章風格美麗著名，為植物園 (Jardin des Plantes) 之創始人，著自然史四十四本，記述和討論博物問題。在最初研究鉑之學者，彪氏亦其中之一。

士叫他做 rhodium (漢譯術語爲銻)——(素封案希臘文中稱玫瑰花曰 rhodon)。

武拉斯吞氏又繼續進行分析金屬銻的工作，結果他發現在氫氣流中使氯化鈉銻 (sodium rhodium chloride) 的複鹽加熱，極易還原。隨後先將氯化鈉用水洗去，金屬銻便成爲一種粉末狀的物質留下來了。

據一位著名化學史家托姆松 (Thomas Thomson) 氏的記述，他說：武拉斯吞博士是一位眼光敏銳、手爪靈活的學者。他能用金剛石在玻璃上刻出娟秀微小的文字，別人必須拿起放大鏡纔能看出 (4)。

柏齊力阿斯和武拉斯吞的交誼很篤；並且由柏氏在倫敦寫給柏托雷 (Claude L. Berthollet) 的信上可以看出他很敬佩武氏的人格和能力。這封信是在一八一二年十月間寫的。茲錄其中一段如次：

「我在這裏得到許多從所未聞的化學新知識，使我不僅感到濃厚的趣味，還獲得學問上的益處。其中我認爲有無上價值的幸運，就是我結識了兩位化學界的偉人：可敬可愛的武拉斯

吞和聰明活潑的得維 (Humphry Davy)。我敢斷言說，在目下一切青年化學家之中，沒有一個人能比武拉斯吞博士的智力更高，學識更富，工作更精，計謀更多的；並且他還有溫良的態度和實摯的心懷。我和他談話一小時之後，油然而感到「同君一夜話，勝讀十年書」的情境……他那種儉約、仁愛和真誠的大風度，時常從他的理性中流露出來。」(5)

在柏齊力阿斯氏旅行英國所作的日記裏，我們發現有一段描寫武拉斯吞博士的話，可作武氏的寫照。柏氏說：

「現任英國皇家學會秘書武拉斯吞博士，因其對化學及物理上有多數新發現，得以稱名當代，聲譽儒林。武氏年逾不惑，態度從容慈藹，言詞明達簡潔，姿勢 (gesture) 輕微多趣，處處令人望之敬愛。並且他還有大公無私的精神，和中庸和平的論調。他的這些美德，遂使當時產生一句公用的口頭語，說是「凡同武拉斯吞博士爭辯的人，見地都是錯的。」(30)

馬塞特博士 (Dr. Marcel) 在一八一四年五月二十四日寫給柏齊力阿斯氏一封信，其中敘述武拉斯吞博士待遇友朋的真情，十分生動，茲節錄於次：

「我親愛的朋友，你會相信嗎，當你在四月十二日寫給我的那封又有趣又真摯的信，還在寄往倫敦的途上的時候，我已竟陪着武拉斯吞博士離開倫敦，來到巴黎享受華麗快樂的生活了。在四月底的一個春光朗麗的早晨，武拉斯吞忽然來到我的房裏向我說：「我有一件新奇的消息告訴你！」我隨口問道：「什麼？難道拿破倫回到巴黎了麼？」他接說出「這樁事比拿破倫回到巴黎還新奇……我……預定明早動身到巴黎，也請你加入我們的團體。」

「我聽過之後，伸出手揉一揉我的眼睛，以為正在做夢；但最後證明這並非是一場空夢。因為武拉斯吞所說的話，恍若聖經裏的福音 (Gospel) 一般（記得塞布賴特·約



圖九六 武拉斯吞氏像
(William Hyde Wollaston
1766-1828)

英國理化學家，為銨和鉀兩種元素的發現人，並發明一種新法，可使鉑展成薄片。武氏興趣極廣，於學問無所不窺；所發表的論文，除理化外，尚有論糖尿病和靈芝草方面的工作。

翰爵士(Sir John Sebright)曾爲武氏起一個綽號叫「教皇」，我立刻告訴我的內人，說命運要我們到巴黎玩耍半月，我便給每個病人一劑藥，就出發了……」(10)

托皮·愛德華爵士(Sir Edward Thorpe)在他所著一部化學史上，對於武拉斯吞博士的敘述，與前面天地懸殊。他說：

「他的性情和習慣是同加萬粒粟(Cavendish)氏差不多的。至於武拉斯吞科學知識的精確和寬泛，處世的嚴肅，態度的冷酷和緘默，凡此種種，也都同加萬粒粟氏仿佛。」(11)

還有一次馬塞特博士(Dr. Marcet)批評武拉斯吞氏說：「出類拔萃的武拉斯吞在最近喪了父親，他得了一大筆遺產，我以爲這一筆產業或不至害了我的朋友吧。」(12)後來在，一八一六年正月二十三日，他又回覆柏齊力阿斯所提出的問題，答曰：

「如果你想用皇太子的名義送給武拉斯吞一件禮物，我認爲以貴國瑞典所製造的精美鋼獵槍爲最好。這位親愛的博士——人家稱他做「教皇」——很愛打獵，射擊的技術可說很成功。他所能做的事情，沒有一件拙劣的。」(10)

- 武拉斯吞博士是一位興趣廣博的學者，這一點可舉他的著作目錄爲證。他的論文，計包括 1. 撞擊力 (force of percussion), 2. 仙環 (fairy-ring), (註一) 3. 痛風 (gout), 4. 糖尿病, 5. 暈船病, 6. 金屬鈦 (metallo titanium), 7. 鉍和鈾的特殊性質, 8. 反射角度計 (reflection goniometer), 9. 測微計 (micrometers), 10. 氣壓計, 11. 化學當量表, 12. 大氣的一定限度。

(註一)「素封案」仙環」乃商務綜合英漢大辭典所譯名詞，謂「庭野中茂草或某種菌類繁生所成之圈，相傳往昔由小仙人之舞蹈而生。」後以此句解釋詢之商務編審部農學家黃紹緒先生，其覆書解說甚詳，茲轉錄如次：

「素封宗兄：

手函敬悉。Fairy ring 爲實有之植物，其學名爲 *Agaricus campestris*，乃 Mushroom 之一種；我國舊籍稱之爲「芝」，神話中所謂「靈芝」是也。此種菌類，每由中心一二株，向周圍繁殖，自爲圓形或近圓形。鄙見如此，未知當否……尚復，並候

刻安！

弟紹緒上。二十五年三月四日。」

一八二八年十二月二十二日武拉斯吞博士逝於倫敦，享壽六十有二（13）。

鉞與鈦

鐵 (osmium) 和銱 (iridium) 兩種元素的發現者名叫台耐特·斯密斯松 (Smithson Tennant)，他的父親也同武拉斯吞的父親一樣，都是傳教的牧師。台耐特於一七六一年十一月三十日生於英國約克郡 (Yorkshire) 的溫斯萊代爾鎮，此處距利亦蒙德城 (Richmond) 甚近。台耐特年方九歲，不幸失怙；數年之後，當他同母親一齊騎馬出外的時候，他的母親忽然從馬身上跌下，登時受傷死去，可謂慘矣。一個在青年時代就失去父母的孩子，所受的教育當然很難完整；只因他自幼即愛讀化學書，又做好各種簡單的實驗，遂種下後日成爲大化學家的苗子。據說，當他九歲的時候，就會親手做爆竹用的火藥 (14)。

一七八一年台耐特入愛丁堡大學，在著名理化學大家卜拉克博士 (Dr. Black) 指導之下，從事研究工作，這時年方二十歲。翌年入劍橋大學的基督學院 (Christ's College)，攻讀化學、植物學、數學及牛頓原理 (Newton's Principia) 等科。當他住在學校裏的時候，他的書籍、報紙、實驗儀器等等，隨便堆在地板上，十分凌亂——他這種怠惰而無秩序的習慣，對他終生的科學事業上發生絕大的障礙 (15)。

台耐特年二十三歲，即遍遊歐洲大陸的丹麥和瑞典等處，途中曾拜訪當代化學大師徐萊（Scheele）氏。相見之後，徐萊贈予台耐特各種歐洲大陸特產的鑽石，以作紀念。迨至台氏晚年，每當賓客晤談，輒將徐氏昔年所贈鑽石舉示座中來賓，且自引爲無上光榮。荷蘭和法國也到處有台耐特氏的足跡，在這裏他也拜晤了許多第一流的化學大家。據柏齊力阿斯的記載，他說台耐特到了歐洲之後，衣袋裏無時不帶着一張破舊不堪的瑞典地圖，看起來好像用了很多年似的。他說的法國話「很流利清楚」（30）。台氏曾於一七九六年獲劍橋大學醫學博士學位，但終生未嘗執行業務。

在他取得博士學位的那年，他曾由一個聰明巧妙的實驗，證明金剛石純由碳素形成。實驗時，是把已知重量的一塊金剛石，放進黃金做成的管子裏，再加入硝石（saltpeter）少許，然後用高熱灼燒。管裏所成的二氧化碳氣，遂與硝石中的鉀化合，然後放出；到後來金剛石完全合成氣體，因此證明了牠的性質的底蘊。這種用價值昂貴的金剛石來做的重要實驗，一般化學家對之，必定會小心謹慎，靜觀最後的現象，但台耐特卻依然接着每日規定的運動時間，屆時騎馬出遊，讓他的助手

去等待最後的結果。因為這位助手就是武拉斯吞，所以結果很好（14）（16）。

一八〇三年台耐特將粗製的鉑溶於稀王水中，發現有金屬光澤的黑色粉末留在器底。前人也曾觀察到這種東西，不過認為牠是石墨，遂不加深究。台耐特卻將這些黑色渣滓製成鉛的合金，仔細推敲之後，證明牠是一種新金屬（17）。這年的秋季，富古令（Vauquelin）氏有一位又是門生又是朋友的化學家，名叫科勒·得士哥特爾斯（Collet-Descotille）；這人從台耐特所取得的黑色粉末中，發現一種金屬——在實驗時如加入含氮的鉑鹽溶液（ammoniacal platinum solution），則有紅色沈澱物生出（18）。後來富古令氏用鹼液處理這種黑色粉末，製得一種容易揮發的氧化物——富氏以為這種氧化物中所含的金屬，是同科勒·得士哥特爾斯所獲得者一樣（19）。

台耐特繼續研究這個問題，所得的結果於一八〇四年春報告於皇家學院（Royal Academy）。他說這種粉末裏含有兩種新金屬，可用酸和鹼的交互作用來分開。其中有一種的鹽類，顏色彼此不同，台氏定名曰 Iridium（素封案 iridium 或由希臘文 iris 一字而來，原意為天使，或

虹霓，) (漢文術語爲鈹)。另一種因其帶有臭味，台氏命名爲 osmium (素封案 osmium 由希臘文 osme 一字變來，其原意爲臭味，) (漢譯學名曰銱) (20)。

關於發現這兩種元素的經過，發現人自己敘述得特詳，茲轉錄如次：

『去夏當我從事分析鉑鹽溶液中所遺下的黑色粉末時，我認爲這些物質並不是一般人所揣想的石墨 (plumbago)，乃是幾種世間沒有認識的金屬成分。我打算在冬季再把實驗仔細重做一遍，將結果報告給班克斯爵士 (Sir Joseph Banks)；同時，我還打算着，若是實驗做得不很差池，更呈送皇家學會請求公開發表。

『後來在法國有兩篇研究報告發表，一篇是得士哥特爾斯先生 (M. Desotils) 做的，另一篇的作者是富古令和孚克拉 (M. Fourcroy) 兩位先生。得氏論文要點，在指出這種物質對於鉑溶液所起的作用。他說明當鉑與「硝—鹽酸」(nitro-muriatic acid) (註1) 起作用時，常有一小部的黑色粉末也隨着發生作用。作用後的沈澱物呈深紅色，還有其他與鉑鹽不同的性質，得氏便由此種觀察推定黑色粉末中含有一種新金屬存在。富古令先生則致力於分析

工作，採用直接方法以取得新金屬——所得結果與得氏的發現相同。不過這兩位化學家，都不會注意其中尚含有另外一種新金屬存在，而世人所不知者……」

(註一)素封案即王水。

得士哥特爾斯和富古令二氏所發現的金屬，台耐特氏定曰銱 (Iridium)，前已言之。他自己所發現的一種新金屬命名爲銱 (osmium)，發表於一八〇五年一月號尼古生雜誌 (Nicholson's Journal) (20)。

在發現銱、銻和鐵四種新金屬的全部研究工作中，自始至終都和武拉斯吞及台耐特二人有關；並且這兩人彼此互相磋商，以誠相待，成爲學術上的至友。當工作的餘暇，他們也曾一同到巨人關 (Giant's Causeway) 旅行過。

台耐特·斯密斯松 (Smithson Tennant) 稟性寬和，肝膽照人。有一次一位替他管理產業的帳房 (steward)，因爲行爲失檢，弄得虧空不堪，等到台耐特迫而要親自審查帳目的時候，這人就自殺了。此後，台耐特不僅不向他的家人索還舊欠，還盡量對他們給以經濟的幫助，卻是人所難

能(14)。

台耐特亦如武拉斯吞，不僅同瑞典化學大師柏齊力阿斯有誠摯的友誼，並且還很敬重他。一八一二年的夏季，柏氏曾來英國訪問台氏一次。相見之後，台氏陪柏氏乘馬出遊，參觀台氏所做的肥料試驗。這片試驗場計一百英畝(acre)，其中種植燕麥。田中撒以石灰，作為肥料；惟石灰量則自一端向他端逐漸減少，以至於無(31)。台氏指示柏氏觀察在石灰量較多的一端，則麥苗盛旺，肥而且高；在對邊無石灰的一端，麥苗不僅瘦小，且帶病態。然後又引導柏氏參觀其所設計的石灰窰(30)。

英國化學大家台耐特氏善於騎馬，柏齊力阿斯或難免妒忌他。後來在柏氏獲得瑞典王所頒『北極星十字大勳章』(Cross of the Order of the Northern Star)時，曾寫信給馬塞特博士(Dr. Marceat)說：『我在這裏要成爲一個騎士了，台耐特會把我騎馬的姿勢報告你的。』(Me voilà donc une espèce de chevalier, moi, dont Tennant peut vous apprendre comment je monte à cheval.) (24)

一八一三年五月間馬塞特博士寫給柏齊力阿斯氏一封信，其中說過「我們的朋友台耐特先生，他最近同一位交遊廣泛的候補員，經過長期的競爭以後，纔被選為劍橋大學的化學教授。他的任務是每年演講二十次，這件事在他並不很難吧。」（22）柏齊力阿斯氏隨手回答他「請足下代我恭賀台耐特氏榮任新職位，並且請你告訴他，說我們希望他著成一本牛頓的傳記——其內容要比我們已竟讀過的更確實。」（23）

可惜台耐特的命運只允許他在劍橋大學演講一次，便死於非命而與世長逝了。他的死是當日科學界一大損失。他死時的悲慘，可從一八一五年三月二十九日馬塞特博士致柏齊力阿斯氏的信中看出。他說：

「你一定聽見了台耐特死時的悲慘。我每當要提筆報告你這段悲慘的故事時，不禁悲從中來，弄得欲書不能，以致遲延至今。他在法國住了半年，回來的時候，帶來許多在異鄉對於地質、化學以及政治經濟等等，特殊觀察的結果。據說，他還從海水中發現碘質，認海水為碘的本源。起初，他每星期都有信息帶來，大約一個多月之後，便消息杳然。他途上走得很慢，因為他對於途中

的新事物太過注意。最後他走到卡雷 (Calais)，更由此至部隆 (Boulogne)，大約在這兩處地方當中逗留了半月，就趁着順風，乘船出發了。啓程之後，因為風勢變小，船身不能前行，迫而退回海口。我們的朋友這時便騎馬出遊，以破除失望中的寂寞。同時他還邀了一位同船的普魯士的官員，約定去遊覽部隆數哩之外的拿破倫紀念碑 (column)。

「途中他們必須經過一條吊橋。普魯士的官長騎馬在前，當他走在橋上的時候，忽然看見橋身離開中心而向外移動，立刻要倒到溝裏；便回頭大聲喊着對台耐特說「千萬不可再走了！」說時遲，那時快，他衝上了橋身，想使橋身重新平衡，無如時間已趕不及了；他覺着有另外一種力量壓着橋身，使得牠傾斜了……他自己就從馬身上跌下，墜入一條十二呎至十五呎深的河溝裏。等他心神略定，擡頭向四周一看，發現可憐的台耐特正躺在溝的壁邊，一匹馬整整地壓在他的身上。他急忙把馬推開，拖出我們的朋友，啊，他已竟死了……有誰能料想到我們的朋友，爲了要參觀他生平最怕的「戰爭品」，而竟斷送了性命呢！我也不必多說，想來你已經明白，台耐特之死是整個科學界的損失。他是一位出類拔萃的人物，世間不會多見的學者。他生平很愛你，

我想你對他的慘死一定萬分悲傷的。」(24)

台耐特氏逝世之後，英國哲學家年報上描寫他說：「台氏面貌，聰明多情……真理的觀念，銳利而自然……心地坦白，情感渾厚，對於促進人類幸福之事業，尤具熱忱。」(15)平素愛讀弗爾基爾 (Virgil)、密爾頓 (Milton)、巴斯卡爾 (Pascal)、格雷 (Gray)、亨得爾 (Handel) 及拉腓爾 (Raphael) 等氏的藝術作品。台氏舉止言動，均極談諧滑稽，每講述一故事，言外趣味橫生，聽者爲之捧腹，而台氏面色不稍動；至其口齒的伶俐，言詞的簡明，罕有敵比。(15)

釘

釘 (ruthenium) 在鉑族元素中是一個最小的兒子。大概當鉑元素發現後一百多年，牠纔初現眉目。牠的哥哥鈹、鉞、鉍和銻四位，都比牠大約三四十歲；現在我們特先介紹牠的生平履歷，免得牠隔離牠的哥哥們太遠，以致讀者無從窺見牠們整個的系統。

瑞典的化學大師柏齊力阿斯氏與俄國多爾巴特大學 (Univ. of Dorpat) 化學教授歐散

(G. W. Osann) 氏，在一八二八年共同考察烏拉爾山 (Ural) 鉑礦的成分。他們先從鉑礦中取得粗製金屬鉑，再用王水溶解，而研究溶後的殘餘物。柏氏於其中僅取得鈳、鐵、銻和鉍四種金屬，其性質與以前武拉斯吞和台耐特二人由美洲鉑礦裏所提得者無異，且此外無別種東西存在。歐散教授則不同，他想到自己曾經發現三種新金屬，且定名為 *pluranium*, *ruthenium* 和 *polinium* (25)、(36)。及至一八四

四年，俄國化學家克勞斯教授 (Prof. Klaus) 證明歐散氏所發現的氧化鈳並非純體，含有雜質極多，惟其中確亦含有微量之新金屬 (26)、(33)。

克勞斯 (Klaus) 氏名



圖九七 克勞斯氏像

(Karl Karlovich Klaus 1796-1864)

俄國化學家，生物學家，藥物學家；平生對窩爾加河 (Volga) 流域的動植物研究很勤。化學方面，除發現元素鈳之外，對鉑族各金屬均有研究。

卡爾·卡爾羅維赤 (Karl Karlovich) 其在孩提時代和童年時代的環境惡劣嚴酷；一七九六年正月十一日生於德俄共管的多爾巴特城 (Dorpat) 中，城在埃斯塞尼阿 (Esthonia) 現名塔夫 (Tartu) 父爲畫師，歿於一八〇〇年；卡爾晚年常懸亡父作品於圖書室中，以爲紀念。卡爾的母親在他的父親逝世不久，卽與另外一位畫家結婚，不幸卡爾年方五歲，他的母親就死了。他的繼父不久又續娶一個妻子，卡爾跟着他們生活，不僅感不到慈愛的撫育，甚至也沒有人看護他 (36)。

克勞斯·卡爾年稍長，卽表現對於圖畫和雕刻的天才；並因愛好文藝、詩歌和戲曲的關係，使他忘記了所處家庭環境的嚴酷。再長，入多爾巴特的中等學校 (Grade school) 及高等學校 (Gymnasium)，雖是功課成績均列最優等，也沒得在高等學校畢業的機會。不過因爲他常受教師們的獎勵和鼓舞，使他繼續努力不已，所以他在幼年時代，卽表現出多種重要的性格，如堅忍、樂觀以及百折不回的毅力——立下他日後成功的基礎。雖然在青年時代，他很少享受過快樂的生活，可是他到成人以後，卻不會報怨兒時所感受的苦痛。

後來，他年方十四歲，爲了生計所迫，就在俄京聖彼得堡城 (St. Petersburg) 進入一家藥鋪

做『徒弟』。工作空暇的時候，即自修化學、藥物學以及其他相關的學科。因為他在自修時很努力，所以進步很迅速，以後不久，先報考『藥技師助理員』的試驗，獲得及格證書，以後又經考試而昇為藥物供給人 (PROVISOR) (36)。

克勞斯於一八一五年返至多爾巴特，加入多爾巴特大學藥學科考試，待試驗及格後又趕回聖彼得堡的藥房。他由學習自然科學而引起研究自然界的欲望；以後自一八一七年赴沙拉杜夫 (SARATOV) 充任藥房買辦員時起，即利用工餘之暇，研究俄國東部窩爾加草原 (Volga steppes) 的植物和動物。克氏在此研究十年的心得，均發表於俄國各學術雜誌。

自克勞斯氏於一八二一年結婚之後，即希望獨立經營藥房，五年後曾在卡桑 (Kazan) 開張，不久即成爲全城中最有名望的一家。因爲營業的進益很厚，便繼續作該處動植物之探討。此後，克氏握俄國東部動植物學界的權威，名噪一時，凡來考察此處草原的科學團體，沒有不先向他請教的。並且由於他待人的誠懇和謙虛，使他結識了許多著名的科學大家。至於他自己在一八二七年考察烏拉爾河和窩爾加河間的結果，使他刊行一部窩爾加河流域植物誌 (Volga Flora) 的巨

一八三一年當他接到多爾巴特大學聘他擔任化學科助教授的時候，便立刻廉價招頂自家的藥房，長途跋涉，趕至埃斯索尼阿(Esthonia)接任，以便專心從事科學的研究。當他完成化學碩士學位的工作時，即與古拜爾(Göbel)和柏格曼(A. Bergmann)結伴考察外窩爾加(Trans-Volga)一帶鹽地的情形。所得結果，著成報告兩巨冊，於一八三七年及一八三八年，在多爾巴特刊行問世。因為科學界重視他的著作，隨後曾獲得丹米多夫獎金(Demidoff Prize)。

後來克勞斯想回到卡桑，特上書教育部祕書處請求一個大學教授的職位。祕書處認為他有教授的資格，不過要他先在聖彼得堡外科醫學院作一次『試講』(註一)之後，纔能決定(36)。

(註一)『試講』一名詞由 *trial lecture* 譯成，因師範學校向有『試教』的名稱，今仿此，素封自註。

克勞斯就任大學化學助教授之後，會將原有的化學博覽院(chemical museum)舊址改為新式的化學實驗室，熱心規劃，不遺餘力。後來，又從新建的校舍中撥出空房六大間，仿歧孫(Giesen)地方利比喜氏實驗室的佈置，均裝新式設備。另闢演講廳一間，以作講演(demon-

stration)之用。再後，又由當局撥款一萬盧布（約合五千美金），添購玻璃器、試藥和儀器。

克勞斯於一八三八年同他的學生卡巴來羅夫（Kabalero夫）共同分析塞爾基維斯克礦泉（Sergievsky Mineral Springs）的水，將結果著成藥學博士論文。及他獲得博士學位後，立即升為特別講師，六年後再升為普通教授。

一八四〇年，克勞斯氏對於鉑在王水中溶得的殘餘物，感有深長的興趣。我想讀者一定還記得多爾巴特大學歐散（G. W. Osann）教授在前面的報告，他說鉑的殘渣中含有新金屬三種，但為瑞典柏齊力阿斯氏所否認。克勞斯氏有意解決這個懸案，因而將歐散教授的工作，重新仔細實驗一番。他由聖彼得堡名叫索卜來維斯克（P. G. Sobolevsky）的鍊鉑匠的手中，購得鉑渣兩磅，當他分析過後，不僅從其中提出微量的鈹、銻、鐵、鉍等元素，並且取得百分之十的鉑，使他喜出望外。在他自己所做的報告上，他說：

『在聖彼得堡國家造幣局的實驗室裏，堆着大量的鉑渣，無人用過。我發現這些鉑渣中，尚含有極貴重的成分；所以就把自己分析的結果，立刻呈報政府鑛務大員，請他們知道利用；並在

一八四二年親赴首都……』（36）

克勞斯博士到了聖彼得堡，即拜謁最初在俄國創用鉑幣的財政大臣康克英伯爵（Count Egar F. Kanrin）。晤談之後，伯爵對克勞斯的考察報告，無任欽佩。同時，政府鑛務工程師主任契夫金（Chevkin）氏送給他二十磅的鉑渣，作為禮物。

克勞斯教授將契夫金氏所贈送的鉑渣分析之後，發現其中並無大量的鉑質存在，請讀下面他自己的報告：

「這次的鉑渣，比較第一次的為劣，所以不能應用我的方法，從中取得有利的鉑。但若只就科學的觀點而論，卻是值得研究的。自從兩年前我初次承認牠的價值起，即繼續辛勤分析，不辭勞苦，持以恆心，不避有礙健康的實驗；至今敢以奉獻於科學界上，約有下列六端：

第一、上等鉑渣（含鉑較富的）分析後的結果；

第二、分離鉑族各種金屬的方法；

第三、從下等鉑渣（含鉑較少的）中提取金屬的方法；

第四、新金屬鈳的發現；

第五、分析下等鉛渣的結果，及分離鉛鏷和鉛渣的最簡方法；

第六、鉛族中各種已知金屬的新性質及新化合物。

以上所述各節，對於我國所產貴重金屬的化學史料，皆有貢獻也。』（36）

克勞斯氏由一種天然的『鐵鈳齊鏷』（osmiridium）（註一）中獲得新金屬一種，乃是在王水中不會溶解的一部分粗鉛。克氏將鐵鈳齊鏷灰鹼（potash）和硝酸鉀混合一起，盛以銀製坩堝，外面再套上一隻德國埃斯（Eise）地方製的大坩堝，而放在一層苦土（magnesia 卽氧化鎂）之上（27）。然後加熱燒紅，約經一小時半，即傾入一隻鐵器中。再由大量的水中，取出已熔化的物質，裝滿瓶中，置黑暗地方再經四日夜。

（註一）素封案 osmiridium 亦名 iridosmine，乃鈳和鈳的天然合金，其中含有微量的鈳、銻、鐵、銅和鉛等質。顏色

同鋼相似，有金屬光澤；置王水中，即被侵蝕。

由上所得之橙黃色溶液，其中除含有鈳酸鉀（Pot. ruthenate）之外，尚有其他雜質；及加入

硝酸之後，即有狀似天鵝絨的黑色二氧化鐵洗滌發生——其量約當氧化鈦的百分之十五至百分之二十。克勞斯博士將黑色沈澱物與王水一同蒸餾，曾得四氧化鐵的黃色結晶（素封案此物亦稱無水鐵酸（anhydride osmic acid））。在蒸餾後所餘的殘渣中，其主要成分為三氯化鈦（ruthenium sesquichloride）及四氯化鈦。克氏再加入氯化銨其中，遂製得氯鈦酸銨（ NH_4 ） RuCl_6 （ammonium chlororuthenate）。若將此種施以燻燒手續，即製出海綿狀的鈦質（27）（38）。

克勞斯氏這篇報告，名為烏拉爾鉑礦的殘渣及金屬鈦之化學研究（*Chemical Investigation of the Residues of Ural Platinum Ore and of the Metal Ruthenium*），載於一八四四年卡桑大學科學年報（*Scientific Annals of Kazan University*）上，佔有一百八十八頁之多。翌年又印成單行本刊行。克氏把這種新金屬發現之後，一方面受了愛國心的驅使，一方面又想紀念前人研究這種礦物的功績，仍命名曰 ruthenium——意即俄羅斯（Russia）（現漢譯術名為鈦）。以前歐散教授認為是氧化鈦的白色物質，現在纔知道其中含有矽酸、鈦酸、過氧化鐵及氧化銻（ SiO_2 ）。

onia) 歐散教授所以找不出這種新金屬，是因為他只知用鹽酸去處理不溶解的殘渣，而不會檢查所得的溶液(37)。

克勞斯氏由鉛渣中取得新金屬鈳之後，即將成品少許寄呈瑞典化學大師柏齊力阿斯請求指教，但這位大師依然不肯輕信。柏氏於一八四五年一月二十一日致弗勒(Wöhler)氏一函，其中會述及鈳，茲錄如下：

「克勞斯氏用鉛礦渣所做的實驗，及其所取得的新金屬鈳，想都在德國的科學雜誌上早已發表了。他曾將論文的原稿寄我看過。你看他也曾用亞氯酸製取出無色的鈳鹽。今年因為天氣冷得過早，十一月間已竟斷絕了耶斯答(Ystad)和斯拉爾松德(Stralsund) (註一) 間的交通，因此三個月不曾接讀德國的雜誌了。」(28)

(註一) 案耶斯答爲瑞典極南端的小港口，斯拉爾松德爲德國北部一小埠，中間隔波羅的海，入冬則結冰，素封註。

克勞斯氏發表前次論文之後，仍繼續研究鈳之化合物，並將每次所製得之標本，連同詳細說明書，逐一寄至瑞典首都斯德哥爾摩。後來因爲證據確鑿，柏齊力阿斯方始承認爲新元素之一；會

於一八四五年著文刊於化學年報 (*Jahresbericht*) (36) (37)。

一八四六年三月九日，柏齊力阿斯先生在寫給弗勒氏的信上，又曾提及克勞斯氏的論文。他說：

「克勞斯氏由卡桑寄來一篇關於釘的論文提要 (*Nachrichte*)，我打算明天拿到科學院裏宣讀，你以後可以在報告 (*Öfverrigsten*) 上看到。我怪他不曾把較長的原稿刊佈出來。以前在一八四四年十一月間我曾存着一本；但他一定沒有要我替他印行的意思。至少可以說他不曾向我提過這件事……。」

最後柏齊力阿斯氏向克勞斯氏建議，要他把自己的論文寄給德國的弗勒氏，請他登在化學年報 (*Annalen der Chemie*) 上。現在我們可以從這個雜誌的第六十三卷上找出來 (29) (39)。

俄國卡桑大學在一八五四年舉行開辦五十週年紀念典禮時，曾將克勞斯博士研究鉍族元素的論文彙爲一冊，分贈世界，以示敬意。此後克氏仍在卡大擔任無機化學、有機化學及分析化學教授；在無機化學課程上，由布特來羅夫 (*Alexander Michaylovich Butlerov*) 氏任助教，在有

機化學課程上，則有齊英·尼科來挨維須 (Nikolai Nikolayevich Zinin) 氏任助教。

克勞斯氏於一八五二年被多爾巴特大學聘為藥物學講座，並兼任藥學院 (Pharmaceutic Institute) 院長——這座藥學院乃俄國當日唯一的藥學學府。他接得正式聘書之後，即辭退卡桑大學的教職，便告別了長期愛戀的窩爾加河流域草原，趕回挨斯索尼亞去了。至於他在卡大所任的職務，後來全由布特來羅夫氏擔負了。

克勞斯氏到了多大，仍然繼續研究鉑族金屬及其合金。當他專門探討這個問題經過二十年的長期之後，他很想把自己及其他各專家的心得，寫成一本鉑族全



圖九八 得布勒氏像

(J. Henri Debray, 1827-1888)

法國化學家，曾與得維爾 (Henri Sainte-Claire Deville) 氏共同在高等師範學校 (École Normale Supérieure) 研究氣體分離 (gaseous dissociation)。在元素方面，得布勒氏曾研究鉍、鉬、鎢及鉑族各金屬。

書。一八六三年俄政府派他出國考察西歐各大實驗室及鍊鉑廠，並赴各處學術中心的圖書館，搜集關於鉑族元素的史料。克氏是當時俄國科學界的權威，自然到處受人歡迎。到了柏林，他曾遇見羅斯·亨利克 (Heinrich Rose)、羅斯·加斯塔夫 (Gustav Rose)、馬格耐斯 (Magnus) 及波根多夫 (Poggendorf) 諸人；在巴黎則從事研究得維爾 (Henri Sainte Claire Deville) 和得布勒 (H. Debray) 兩人所創製的電爐 (36)。

一八六四年正月克氏遊罷歸來，搜得大宗材料，擬即着手著述；不意突患重症，遽爾不起，延至三月十二日逝世，全校師生，惋惜不置。從此不僅多一哲人，而其所從事著作的鉑族金屬全書，亦永無問世的一日，嗚呼痛哉。克氏死前曾在聖彼得堡藥學會公開演講一次，極力主張設置免費學額，以資助有志寒士。此乃克氏一生最後的言論，其嘉惠後輩的善意，尤足使後人追慕 (36)。

參考材料

- (1) Priestley, "Experiments and Observations on Different Kinds of Air," J. Johnson, London, 1774, p. xvii.
- (2) Dixon, "Biographical Account of William Brownrigg, M. D.," *Annals of Phil.*, 19, 321-38.

- 401-17 (Nov., Dec., 1817).
- (3) Jagnaux, "Histoire de la Chimie," Vol. 2, Bandry et Cie, Paris, 1891, pp. 402-5.
- (4) Thomson, "History of Chemistry," Vol. 2, Colburn and Bentley, London, 1831, pp. 246-50.
- (5) Söderbaum, "Jac Berzelius Bref," Vol. 1, part 3, Almqvist and Wiksells, Upsala, 1912-1914, pp. 40-42.
- (6) *Ibid.*, Vol. 1, part 3, p. 47
- (7) Wallach, "Briefwechsel zwischen J. Berzelius und F. Wöhler," Vol. 1, Verlag von Wilhelm Engelmann, Leipzig, 1901, p. 253.
- (8) "Reward of Twenty Pounds for the Artificial Production of Palladium," *Nicholson's J.*, 7, 75 (Jan., 1804); Chenevix, "Enquiry concerning the Nature of a Metallic Substance lately sold in London as a new Metal, under the title of Palladium," *Nicholson's J.*, 7, 85-101 (Feb., 1804); 176-82 (Mar., 1804); Letter from Wollaston to Nicholson concerning Pd, *Nicholson's J.*, 10, 204-5 (Mar., 1805); Thomson, "History of Chemistry," ref. (4), Vol. 2, p. 217.
- (9) Wollaston, "On a New Metal Found in Crude Platina," *Nicholson's J.*, 10, 34-42 (Jan., 1805).
- (10) Söderbaum, "Jac Berzelius Bref," ref. (5), Vol. 1, part 3, p. 98.
- (11) Thorpe, "History of Chemistry," Vol. 1, G. P. Putnam's Sons, London, 1909-1910, p. 114.
- (12) Söderbaum, "Jac Berzelius Bref," ref. (5), Vol. 1, part 3, pp. 128-9.
- (13) Poggenдорff, "Biographisch-Literarisches Handwörterbuch zur Geschichte der exakten Wissenschaften," 5 vols., Verlag Chemie, Leipzig, 1863-1926. Articles on Wollaston and Claus.

- (14) Thomson, "History of Chemistry," ref. (4), Vol. 2, pp. 232-40.
- (15) "Some Account of the late Smithson Tennant, Esq.," *Annals of Phil.*, 6, 1-11 (July, 1815); 81-100 (Aug., 1815).
- (16) S. Tennant, "On the Nature of the Diamond," *Nicholson's J.*, 1, 177-9 (July, 1797).
- (17) "Discovery of two new Metals in crude Platina by Smithson Tennant, Esq. F. R. S.," *Nicholson's J.*, 8, 220-1 (July, 1804).
- (18) Collet Descoteils, "On the Cause of the different Colours of the Triple Salts of Platina, and on the Existence of a new Metallic Substance in the Metal," *Nicholson's J.*, 8, 118-26 (June, 1804.)
- (19) Vauquelin, "Mémoire sur l'iridium et l'osmium, mélangés qui se trouvent dans le résidu insoluble de la mine de platine, traitée par l'acide nitromuriatique," *Ann. chim. phys.* (1), 89, 150-81 (Feb., 1814); 225-50 (Mar., 1814).
- (20) Tennant, "On two Metals found in the black Powder remaining after the Solution of Platina," *Nicholson's J.*, 10, 24-30 (Jan., 1805).
- (21) A. M. White and Friedman, "On the Discovery of Palladium," *J. Chem. Educ.*, 9, 236-45 (Feb., 1832).
- (22) Söderbaum, "Jac Berzelius Bref," ref. (5), Vol. 1, part 3, p. 46.
- (23) *Ibid.*, Vol. 1, part 3, p. 61.
- (24) *Ibid.*, Vol. 1, part 3, pp. 117-9.

- (25) "New Metals in the Trajan Platina," *Phil. Mag.*, **2**, 391 (Nov, 1827).
- (26) J. C. Brown, "History of Chemistry," P. Blakiston's Son, Philadelphia, 1913, p. 523.
- (27) Jagnaux, "Histoire de la Chimie," ref. (3), Vol. 2, pp. 406-7.
- (28) Wallach, "Briefwechsel zwischen J. Berzelius und F. Wöhler," ref. (7), Vol. 2, p. 520.
- (29) *Ibid.*, Vol. 2, p. 580.
- (30) "Aus Berzelius's Tagebuch während seines Aufenthalts in London im Sommer 1812," translated into German by Emilie Wöhler-Göttingen, *Z. angew. Chem.*, **18**, 1946-8 (Dec, 1905) and 19, 187-90 (Feb, 1906).
- (31) Tennant, "On the different Sorts of Lime used in Agriculture," *Nicholson's J.*, **3**, 440-6 (Jan, 1800).
- (32) St. John, "The Lives of Celebrated Travellers," Vol. 2, J. & J. Harper, New York, 1832, pp. 320-88. Chapter on de Ulton.
- (33) Klaus, "Ruthenium, ein neues Metall der Platinerze," *Ann.*, **56**, 257-61 (Heft 3, 1846).
- (34) Dimitry, "A King's Gift," *Mag. Am. History*, **16**, 308-16 (Oct, 1886).
- (35) Ogburn, "The Platinum Metals," J. Chem. Educ., **5**, 1871-84 (Nov, 1928).
- (36) Menschutkin, "Karl Karlovich Klaus," *Ann. int. platine* (Leningrad), No. 6, 1-10 (1928).
- (37) "On the New Metal Ruthenium," *Phil. Mag.* (3), **27**, 230-1 (Sept, 1845).
- (38) Klaus, "Mine de platine; osmium, ruthenium," *J. Pharm. Chim.* (3), **8**, 381-5 (Nov, 1845).
- (39) Klaus, "Beiträge zur Chemie der Platinmetalle," *Ann.*, **63**, 337-60 (Heft 3, 1847).

第十章 鉀鈉鋰三種鹼金屬

有許多種化學元素，常在發現之後經過了很多年的長久歲月，還不會打動一般科學界的絲毫注意；有時就是對近代生活上很有密切關係的元素，仍然碰到這種淒慘的遭遇，例如碲、釩和鈦三種元素，都是在發現之後被人忘記了幾十年，同時也不會獲得化學家的重視，到後來又第二次重新被人發現的。但磷在一六六九年發現之後，霎時轟動全歐。再後得維（DAV）氏在十九世紀初葉分離鉀鈉成功之後，立刻引起歐洲社會極濃的趣味。這些元素，好像能放光輝的磷似的，一經發現，宛如名角踏上了舞臺，頓時成爲全體觀衆目光集中的焦點。但鋰這種元素，卻是無聲無臭的走進了化學的世界，世人也不大注意牠；牠的發現者名叫阿爾費特孫（J. A. Arfwedson），乃柏齊力阿斯的門人，在當時也沒有什麼大名望。

「在科學上，我們面前有一些無限的希望；在形勢上，我們面前有一個肥美而未經開發的國家；在哲學上，我們面前有一處值得努力的田園。」（1）

鉀和鈉

早在一七〇二年，德國司太爾（Georg Ernst Stahl）氏已把「鹼」分成天然的和人造的兩種。這兩種就是碱和木灰。碱（soda）乃是重碳酸鈉，木灰（potash）乃是碳酸鉀，都不是純淨的物質。司氏又發現有數種鈉鹽和鉀鹽的結晶形，彼此皆不相同。至於最初利用實驗方法來證實這種區別的學者，要算一七三六年得·蒙蘇（Duhamel de Monceau 一七〇〇至一七八一年）氏的工作。後來在一七六一年馬格拉夫（A. S. Margraaf）氏也曾獨立地發現出牠們的差別，但所用的方法與前不同。

化學家雖然在很早以前就猜到「鹼土」是金屬的氧化物，但碱和木灰的真性質在十九世紀以前還沒有人猜對（28）。法國大哲拉瓦錫（La Voisier）氏以為其中含氮，他說：

「直到現在，一般學者對於碱的主要成分的認識，並不比木灰的認識更多。我們也不能決

定，植物是否在未燃燒之前就發生了這種物質。因為我們已經證實氮（阿莫尼亞）中含有氮素，所以相信大概在鹼類之中，氮素也是一種重要的成分；不過論到碱和木灰，我們只是一點假設，並沒有足以證明的實驗。」（29）

在拉瓦錫氏所作的元素表裏，他共舉出三十三種物質，茲鈔如下：

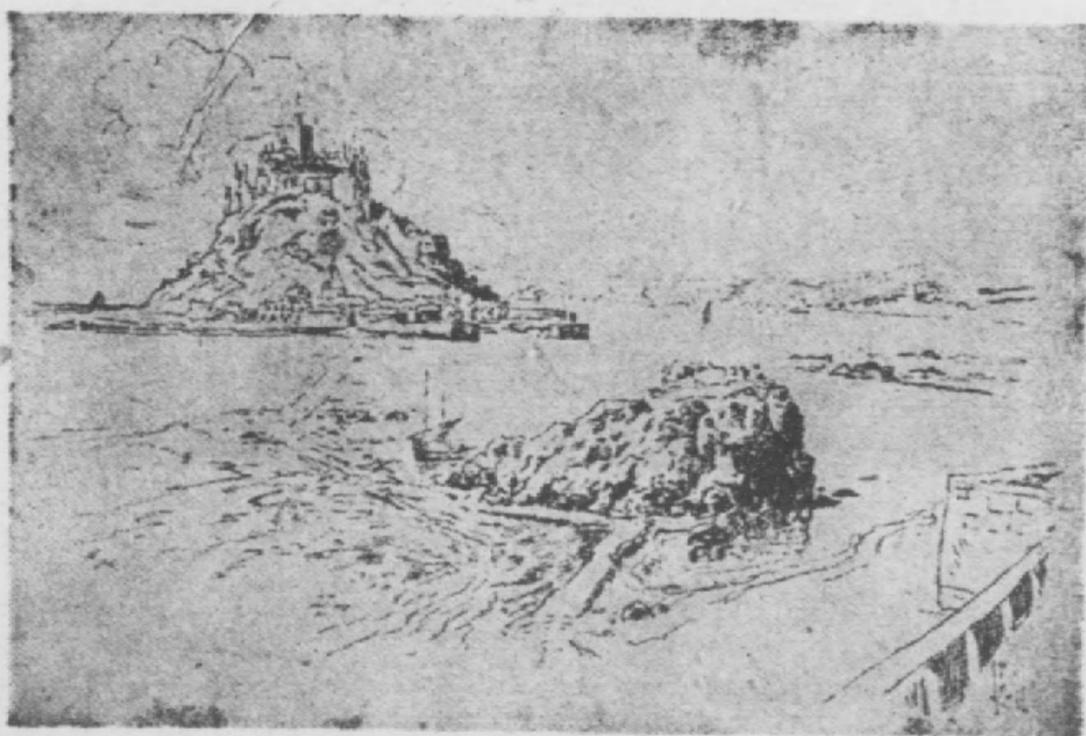
光 (light)	熱原 (caloric)
氧 (oxygen)	氮 (nitrogen)
氫 (hydrogen)	硫磺 (sulfur)
磷 (phosphorus)	碳 (carbon)
鹽酸基 (muriatic radical)	硼酸基 (boric radical)
銻 (antimony)	銀 (silver)
砷 (arsenic)	鉍 (bismuth)
鈷 (cobalt)	銅 (copper)

錫(tin)	鐵(iron)
錳(manganese)	汞(mercury)
鉬(molybdenum)	鎳(nickel)
金(gold)	鉑(platinum)
鉛(lead)	鎢(tungsten)
鋅(zinc)	石灰(lime)
苦土(magnesia 氧化鎂)	重土(baryta 氧化鋇)
礬土(alumina 三氧化二鋁)	矽土(silica 二氧化矽)

拉瓦錫氏在上表之後，又加了一節註釋，說道：「我在這一張表裏，沒曾把碱和木灰兩種固定鹼類 (fixed alkalis) 列入，雖其中主要成分的性質至今還不明白，但牠們一定都是化合物」(30)。這些普通鹼類的化學性質，直至十九世紀初葉纔被英國青年化學家得維 (Sir Humphry Davy) 氏所發現——他發現時是借用電堆 (voltaic pile) 做分離的工具。

在英國空窩爾郡 (Cornwall) 極西南部的海岸上，有一個海灣，海岸好像鋸齒一般地參差不齊，向北方凹入，抱着一片碧藍的海水。岸上聳立着一座高大的聖邁克爾山 (St. Michael)，其上有古代建築的大礮寨。灣裏的西北面是彭桑斯鎮 (Penzance)。一般愛好『歌話戲劇』的朋友，在這個鎮上，可追想到歧爾柏特 (Gilbert) 和薩利凡 (Sullivan) 兩氏所編的名曲；那曲裏敘述彭桑斯鎮的海盜的活動，可說驚人魂魄。(註一) 但化學家則尊彭桑斯鎮為化學大師得維 (Humphry Davy) 爵士的出生地。得維氏有詩描寫這鎮

第十章 鉀鈉鎂三種鹼金屬



圖九九 得維爵士的出生地

此圖係英國空窩爾郡 (Cornwall) 靠近彭桑斯鎮 (Penzance) 的海灣和聖邁克爾山 (St. Michael) 的形勢，大化學家得維 (Sir Humphry Davy) 氏即出生於此。



圖一〇〇 得維爵士像

(Sir Humphry Davy 1778-1829)

英國理化大家，為電化學創始人之一，曾發明礦洞中應用之安全燈。在元素研究上，得維爵士曾分出鉀、鈉、鈣、鋇、鋁和鎂六種金屬。同時得維在英國，與該·律薩克 (Gay-Lussac) 和泰那爾 (Thenard) 二氏在法國，又各自獨立發現元素硼。

的風光，讀者從此可以看出他的家鄉的美麗景色，茲譯錄如次：

海中聳立着邁克爾山，

映着靜悄黃昏的夕陽，

落霞萬紅千紫，

山色有綠有黃，

山影浮搖海下，

碧波萬頃盪漾。

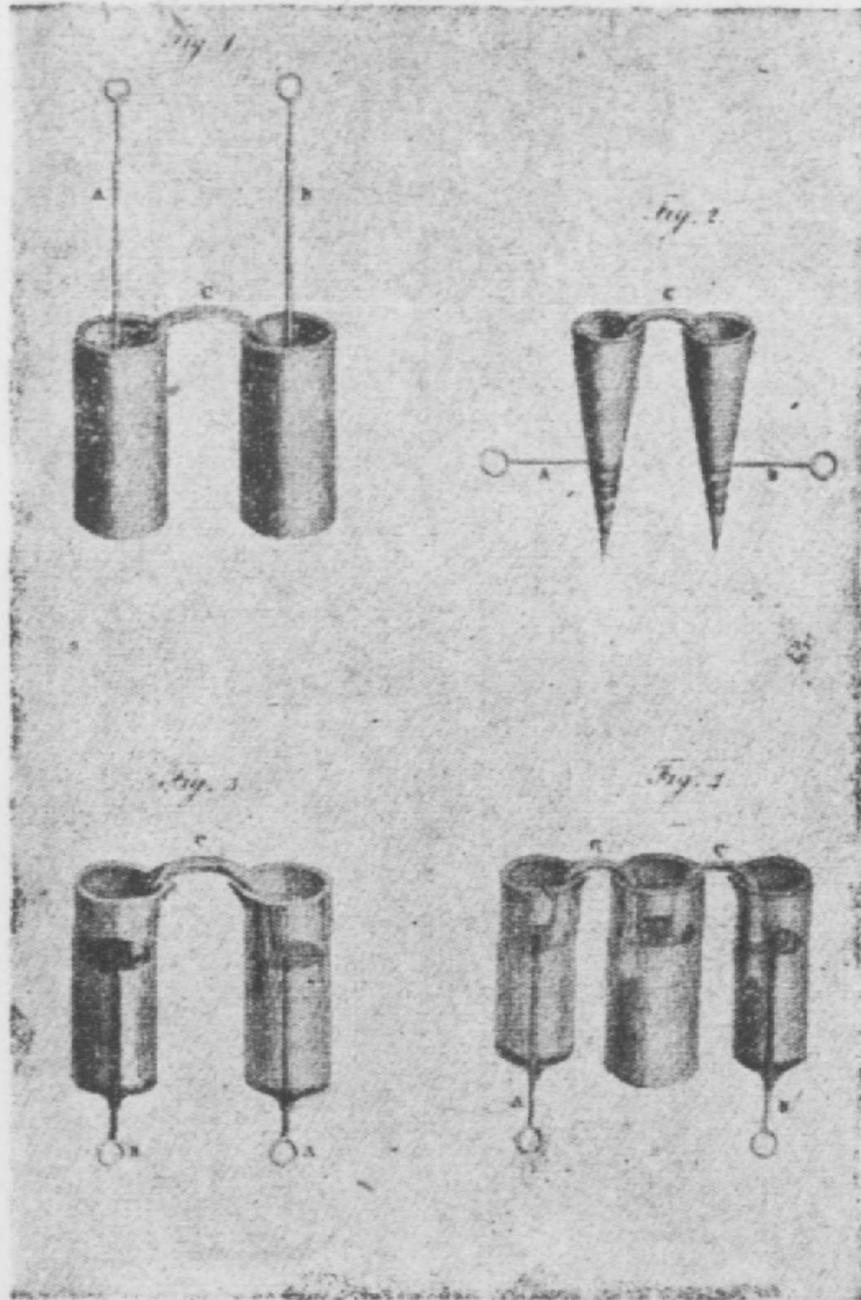
山根浴在碧波裏，

波頂銀花點點飛，

微風由西吹來，

浪紋迴轉東去；

西風吹動峭壁上的春籐，
四周發出希索的微聲（2）。
山洞裏也恍若起了不平之鳴。



圖一〇一 得維爵士所用的電化學儀器

Fig. 1. — 瑪 瑙 杯，
 Fig. 2. — 圓 錐 杯，
 Fig. 3. — 玻 璃 管，
 Fig. 4. — 兩隻杯夾一筒

圖中AB即電線，一
 連陽極，一接陰極；
 C則為一塊潮溼的
 石綿。

(註一) 萊封案薩利凡 (Arthur Seymour Sullivan) 爲英國有名作曲家，一八四二年生，一九〇〇年歿。波爾柏特 (W. S. Gilbert) 爲著名腳本作家，腳本亦稱戲詩 (libretto)，一八三六年生，一九一一年歿。薩利凡和波爾柏特二氏合著戲劇多種，均頁盛名，其中有彭桑斯鎮的海盜 (The Pirates of Penzance) 一劇，即本書作者章刻思女士所指的「名曲」。友人薛君曾以中法大學月刊第七卷第三期第八十九頁讀薩利凡和波爾柏特二人爲大海盜，未知何所根據。彭桑斯鎮的海盜又名 *The Slave of Duty*，詳見 *The Complete Plays of Gilbert of Sullivan* 爲 Modern Library Giant 收本。

得維 (Davy) 名哈姆夫利 (Humphry)，生於一七七八年十二月十七日。幼年健壯活潑，富於情感，且愛好講述故事，和背誦詩歌，因此結識了許多小朋友。他的教師卡爾丟博士 (Dr. Carlone)，說他在校中成績最好的功課，是將古典的文學翻譯成現代的英文詩 (3)。得維在十五歲，即脫離學校生活，但他對於學問的努力，卻終生未稍終止。一七九五年，得維從彭桑斯鎮的外科醫生兼理藥業的普拉斯·平干 (Bingham Borlase) 氏學徒，時年十七歲，二年後遂開始研究博物和化學 (20)。得氏當時所讀的化學書，乃拉瓦錫著之化學基礎 (Elements of Chemistry) 所用的實驗藥品，不外幾種常見的礦物酸類及鹼類；所用的試驗器具，大半是酒杯和煙斗 (吃煙用的)。

年二十歲，任氣學研究所（Pneumatic Institution）監督；氣學研究所乃當時培多斯博士（Dr. Beddoes）在克利夫吞（Clifton）所設立的機關，專門研究氣體在醫學上的價值。得維氏這時最大的快樂，一方面可以分享培多斯博士的美滿家庭生活，同時又由培多斯的介紹，得以結識當時第一流的文人，如騷提（Robert Southey）和科爾利治（Samuel T. Coleridge）等氏（4）。

一八〇一年拉姆福德伯爵（Count Rumford）為得維氏在英國皇家學院（Royal Institution）謀得一個位置，擔任化學助教（assistant lecturer）和實驗室指導。至於他第一次在學院講演流動電（Galvanism）的情形，英國哲學雜誌（Philosophical Magazine）上有下列一段記載：



圖一〇二 培多斯博士像

（Dr. Thomas Beddoes 1760-1808）

培多斯氏英國醫師兼化學家，曾在克利夫吞（Clifton）創立氣學研究所，以研究各種氣體在治療上之價值。得維氏年二十歲時即任該所監督。

「……班克斯(J. Banks)爵士、拉姆福德伯爵，以及其他著名哲學家等等都到場了。臺下的聽衆都異常滿意，拍掌稱許之聲，不絕於耳。得維先生年歲甚輕，然舉止十分大方。由他眼睛裏射出的智慧的光芒，他的活潑的態度，以及全體(Court ensemble)而言之，在在足以表示他已達到超人一等的境界，這是不容置疑的。」(5)

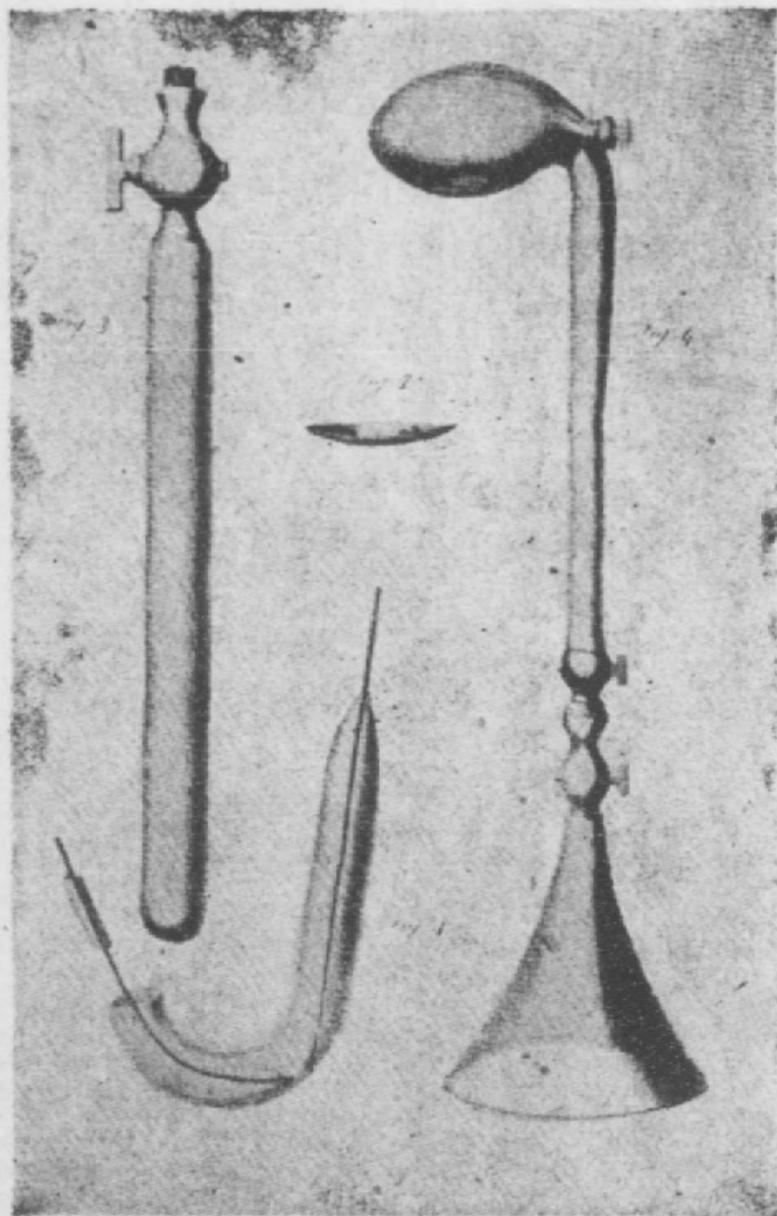
每當得維氏演講時，不僅科學家爭先恐後，即文學家及上流社會的人物，也隨着蜂湧而至。凡他所做過的實驗，都有很詳審的記錄；凡對於這些實驗有興趣的人，他也很樂意地向他們解釋一切。得維在皇家學院一連服務十一年，直到他結婚的時候纔辭職。

得維氏一生最大的成功，是在電化學(electrochemistry)上的貢獻。他起初從事通電分解苛性鹼時，因其採用飽和的水溶液，結果只是將水分解了，並不會分解鹼類本身。但在一八〇七年十一月六日他忽然改變計劃，據他自己說「鹼溶液裏水，可以阻礙任何解離作用的發生，所以我採用被火熔化的鉀灰(Potash)做電解劑」(22)、(23)、(26)。

在實驗的當兒，他忽然發現陰極的地方有一道強光，而且由接觸的地方又泛上一片火焰，使

他驚異萬分。隨後他又把電流倒轉過來，使電流的方向和前相反，然而火焰終是在陰極地方浮泛上來。因為完全乾燥的鉀灰，是一種非導電體，所以得維把牠在空中曝露一些時候。他說：

「將鉀灰一小塊，曝露大氣中經數秒鐘之久，使其表面有導電力量，然後再放在鉑製的絕



圖一〇三 得維氏所用的儀器

- Fig. 1.——在氣體中加熱鉀元素的屈玻璃器；
 Fig. 2.——盛鉀的鉑製小盤；
 Fig. 3.——鉑製管子：在蒸餾實驗中，用牠來收容鉑製小盤；
 Fig. 4.——在硫或磷中取電花的儀器。

緣盤上，與一電池的陰極連接，該電池係由四吋大小和六吋大小的小電池二百五十隻連接一處而成，這時活動力甚強；另有一鉛絲連於陽極，使之與鹼塊表面上部接觸。全部儀器都放在空氣中。

「在這種設置之下，不久即有顯明的作用發生。當兩極地方有電通過時，鉀灰便開始溶化。其上部的表面，頓起沸騰現象；而其下部，即陰極的表面，並沒變成膠性的動體；只有帶着強度金屬光澤的顆粒，酷似水銀滴的物質發生。有的顆粒，遇熱之後，即起火焰而爆炸；有的顆粒，並不發火，而且牠們的表面，逐漸失去光澤，終至外面生出一層白色薄膜。

「這些顆粒，經過我無數次的實驗之後，證明就是我所要發現的物質；並且那種有奇特可燃性的質素（principle），乃是鉀灰中的主要成分。至於鉑，牠對於實驗的結果並無絲毫的作用，僅在電解作用上充任一種媒介物（medium）而已；同時若用一塊銅、銀、金、鉛，甚至一塊木炭，作為電極，造成電流的通路，亦可獲得相同的物質。」

這種小小的金屬顆粒，始終都發生在陰極上面，而且擲進水中之後，即起火焰，造成奇觀。初在

水面上急速奔躍，發出刺刺的聲音，隨後即放出紫紅色的火光而燃燒。得維氏又發現這種新金屬在水中燃燒後能放氫氣，因而推定牠在水中所放出的光焰，乃是氫氣燃燒的現象（6）。（23）。因為這種新元素是得維從 Potash（鉀灰）中發現的，所以他定名曰 potassium（鉀），並無其他特別意義。當得維·哈姆夫利第一次取得鉀素的時候，他的胞弟約翰（有醫學博士頭銜）也在場；據他說，他的哥哥一時十分興奮，幾乎歡喜得發狂（7）。

後來得維氏又用同樣的方法電解蘇打（soda），也得到滿意的結果。蘇打即土碱，其成分為碳酸鈉。不過在電解時，要通以較大的電流，纔會分解（6）；得氏自己說過：「分解時必須電池中的作用，有更強大的力量纔可以；不然，則所用的碱塊，就要薄而且小。」

他又根據實驗的結果，向我們說道：

『我用六吋大小的電池一百個連成一隻大電池，將重四十噸（strain）至七十噸的鉀灰塊，其厚度可使帶電金屬表面約隔四分之一吋，所得結果甚好；但，如用碱塊（蘇打），雖重量僅在十五噸至二十噸之間，電線間的距離不過八分之一吋或十分之一吋，而通以與前強度相同

的電流，則不能促起電解作用。

『由木灰中所取得的物質，當初出時，在普通氣溫中爲流體；但由碱（蘇打）中所取得的物質則不然，祇在初生時的高溫狀況下爲流體，冷後則爲固體，且帶有如銀一般的金屬光澤。』
(23) (24)。

當得維氏發現鉀元素不過幾天的期間，他又發表分出了第二種新金屬——這種元素他命名曰 sodium（漢譯爲鈉）。惟當時有許多化學家，認爲這種物質爲鹼與氫的化合物，故得維氏仍須繼續研究牠們的根本性質。該·律薩克（Gay-Lussac）和泰那爾（Thénard）兩氏就是主張這種論調的學者，他們說，因爲：



所以：



到後來，始終沒有人能從 potassium 裏取出氫氣，從此得維氏之『鉀、鈉乃兩種新元素』的主張，

纔得存在(8)。

在讚揚得維氏發現功績的人中，有一位空布先生(Mr. A. Combes)會將得氏的發現趣史，著作文章，刊於尼古生雜誌(*Nicholson's Journal*)，茲引一段如次：

「一八〇七年我曾參加過得維氏的系統演講，據我當日所記的筆記，他曾舉過這件事實，認為一切已知成分的物體，而能在電路(voltaic circuit)中被陰極吸去的，必含有可燃性的物質在內，但其本質為陽性；若從反面看來，似乎也可以說，一切成分未明的物體，倘通電後被陰極吸去者為陽性，那麼牠們也要含有可燃性的物質了。在得維氏一八〇一年(註一)的演講裏，他說當他依據上面的理論從固定鹼中尋找可燃性物質時，結果他找到了；但是他同時發現這種物質帶着金屬的性質，卻是他事前所不曾料到的。這時他在機敏的推測和切實的類比兩步功夫之後，又繼以實驗的探討，所以最後能成功他的發現大業。」

(註一)案尼古生雜誌所記的年代，疑有錯誤。

得維氏分離鹼金屬(alkali metals)所用的方法，無論從那一方面看來，都可說巧妙萬分。以

My dear Sir
 Had me business
 wanted Rumford with the charge
 of the letter - in recommending
 her to your kindness I
 think I will do best with
 a syllable to you. He
 is accompanied by M. D'Ivory
 his nephew & my respected
 gentleman. I am, my dear Sir
 very sincerely yours
 H. Davy

圖一〇四 得維爵士的墨蹟

原文係一介紹函，乃爵士介紹 Mme. Lavoisier de Rumford 與格拉斯哥的 Dr. Ure 相見者。

後不久，他便運用分離鹼金屬的電化學方法來分離鹼土金屬(alkali earth metals)。(註一)結果都得『如願以償』；同時鹼金屬的本身，又被人用作分離別種元素的工具，其例很多，容於下章述之。

(註一)素封鹼金屬係指鉀、鈉、鎊和銻五種，均係性柔而帶銀光的金屬。至鹼土金屬乃指鎂、鈣和鋇三種而言；若謂鹼土(alkaline earths)，則除鎂、鈣、鋇三種的氧化物外，亦有專家認為氧化鋯亦屬此類，但有人否認。

鋰

鋰(Lithium)元素的發現者名阿爾費特孫·佐罕·奧古斯德(Johann August Arfvedson)，一七九二年一月十二日生於瑞典斯卡拉普格府(Skaraborgs Län)的斯卡韋荷姆斯·布儒克(Skagerholms-Bruk)地方(10)。阿氏幼年從柏齊力阿斯先生研究化學；年二十五歲，即在斯德哥爾摩城柏氏的實驗室中發現鋰元素。至於他發現鋰的經過，柏齊力阿斯氏在一八一八年二月九日致法國柏托雷(C. L. Berthollet)氏的信中，敘述頗詳，茲譯錄如次：

「青年化學家阿爾費特孫君，強幹精明，在我的實驗室裏祇有一年的功夫，便發現出一種新鹼質。阿君所用的材料，乃丹德拉達 (D'Andrada) 君以前由攸桃島 (Dio) 的鑛洞所採得一種鑛石，丹氏名之曰「花瓣鑛」 (petalite)。這種鑛石的成分，如以整數計之，計含砂土八〇%、鉛土一七%、又新鹼質三%之譜。在分析出新鹼質的時候，是採用一種很平常的方法——將花瓣鑛石研成粉末，屢入碳酸鋇，然後加熱；這時各種土質逐漸分開，因而取得新鹼質。

「這種鹼質比其他各種固定鹼類的吸酸量（註一）為大，即苦土（氧化鎂）也比牠不上。因為牠有這種特色，故為人所發覺。用這種新鹼作鹽基 (base) 所製成的鹽，比之用木灰 (potash) 或蘇打作鹽基所取得者，其量超出甚大，已由分析實驗上證明。同時並獲得一結論，凡由鹼類 (alkali base) 所成的鹽，其不能被酒石酸所沈澱而出者，即可推定其所用之鹼為蘇打。阿爾費特孫君所作花瓣鑛石的分析實驗，前後重做三次，結果彼此完全一致，隨後將每種成分仔細考察一番，發現其中的鹼性物質的性質，與前人所已發現者不同。這種新鹼，我們命名 Ithion (Ithia)，以表明牠是由鑛物界中採來的（素封案希臘文稱「石」曰 Ithos），與其他兩種由植

物界而來的，以示區別。』(11)

(註一)素封案原文作 capacity for saturating acids 其意即「使酸類達飽和的能力」查苦土與錳皆易溶解於酸類中，此處即指其在酸類中的「溶度」而言。

阿爾費特孫氏本人所著分析花瓣鑛石的報告，刊於一八一九年出版之理化年報 (*Annales de Chimie et de Physique*)。據阿氏分析結果，謂其中含有砂土、礬土 (alumina) 及鹼金屬一種。至阿氏測定這種鹼金屬的方法，是把牠變成硫酸鹽後，再來研究的。

「這種鹽的鹽基，仍有繼續研究的必要。因為這種鹽的溶液，既不能被過量的酒石酸所沈澱，也不受氯化鉑的影響，故決定牠不是鉀。我又取這種鹽類溶液少許，滴入純淨木灰汁，亦無渾濁現象發生。牠裏面既不含苦土 (氧化鎂)，因此牠一定是由蘇打作鹽基所做成的鹽類了。據我核算的結果，假若原來的鹼質為蘇打，則較所分析之鑛物的重量超出百分之上，且每次如此。這時，我心裏起了兩條疑問，我認為這種過餘的重量，倘若不是因為最初洗滌的不淨，就是實驗時分析的技術不精確。但我反復又做了兩次，結果其差別亦極微，計

砂

土 (silica)

第一試——七八·四五

第二試——七九·八五

礬土 (alumina)

第一試——一七·二〇

第二試——一七·三〇

硫酸物 (sulfate)

第一試——一九·五〇

第二試——一七·七五

後來我把這種硫酸物詳細考察一番，發現其中所含的固定鹼類，牠的性質是從來沒有人見過的。』(21)

這種花瓣石 (petalite) 的成分，現今久已證明是矽酸鋁鋰 $\text{LiAl}(\text{Si}_2\text{O}_6)_2$ (註一) 一種複鹽。

(註一) 素封案 petalite 乃一種帶色的鑽石，或紅或白，呈各種色彩，有白色紋理，現美國馬薩諸塞省及瑞典埃爾巴均有出產，茲擬譯為「花瓣鑽石」，因為柏齊力阿斯和阿爾賽特孫二氏定名為 petalite 的時候，還不曾決定牠的成分哩。

柏齊力阿斯氏在一八一八年四月二十二日寫給倫敦馬塞特博士(Dr. Marcel)的信中，報告阿爾費特孫氏又從黝輝石(spodumene)和紅雲母(lepidolite)中發現鋰質——前一種礦石中含鋰約百分之八，後者僅含百分之四。

一八二四年的春季，德國弗勒(Wöhler)氏來瑞典斯德哥爾摩城旅行。有一天假期，他曾和瑞典著名化學家結伴旅行攸桃島(Uto Island)島，離波羅海海岸僅二哩，同行者除柏齊力阿斯和阿爾費特孫二氏外，尚有希生革爾(Hisinger)和累齊烏斯(O. Reizius)二人。

他們對這座小島感着極濃厚的趣味，一來因為島上富於鐵礦，二來就是島上所產的稀奇礦物特多。阿爾費特孫用來提取鋰的花瓣石和黝輝石，便是這裏的稀奇礦石(9)。此外如紅雲母亦出產(12)。

阿爾費特孫氏對於大多數重要的鋰鹽，都曾詳細研究過，其結果並由法國分析化學大家富古令(Louis N. Vauquelin)氏所證實(13)。鋰和鉀不同之點，即鋰不能被酒石酸沈澱而出，至鋰和鈉相異之處，即鋰的碳酸物不如碳酸鈉容易溶解(素封案在水中約差十五倍)。鋰鹽在火

焰上燃燒，即放出極美麗的紅光，這種現象最初是由格美楞 (O. G. Gmelin) 氏在一八一八年發現的 (14) (25)。

阿爾費特孫和格美楞兩氏都想從鋰的化合物中分出鋰的單體，可惜都沒成功。他們先用還原法，將鐵或碳鑄入氧化鋰中，加熱促其分解，沒得結果；後來改用電離法，復因電力過小，而告失敗 (14)。最後布朗得斯 (Brandes) 氏採用電力更強的電池，纔由鋰礦 (lithia) 中取得白色可燃性的金屬，英國得維爵士也採用同樣方法製得金屬鋰少許 (14) (15) (31)。

以上各位化學家，其所取得的金屬鋰，分量太微：一八五五年本生 (Bunsen) 和馬提生 (Augustus Matthiessen) 二氏曾製得多量之鋰，方足供研究其性質之用 (16)。本馬二氏製鋰的方法，是用厚壁瓷製小坩堝，盛以純淨氯化鋰少許，用酒精燈加熱；及氯化鋰熔烊，即用炭鋅棒電池四隻至六隻所生的電流，通入其中。在數秒鐘之後，氯化物遂起電解作用，而在陰極上發生銀白色的金屬渣，二三分鐘之內，即結成豆粒般大小。本馬二氏便用鐵匙將此金屬粒取起，移置盛有煤油的杯中，如是繼續加熱通電，最後將氯化鋰一囑完全還原為鋰 (16)。此後本馬二氏更證明鋰素不

僅存於礦物界中，動植物界中均有其蹤迹。

當時法國著名礦物學家阿羽伊教士(Abbé Haüy)曾於一八二〇年六月十三日致函柏齊力阿斯，備述崇拜阿爾費特孫的熱忱。信中說過：「敬請代為致候阿爾費特孫君，他是先生門下的青年高足，同時也是我所最景仰而又最敬重的人物。」(17)

同年阿爾費特孫氏在瑞典瑟得曼蘭特省的黑丹索地方(Hedensö)購得一間鐵廠(Forge de Ten)和一大批產業。柏齊力阿斯氏聞信，深恐年輕有為的阿氏從此拋棄學術事業，而墮入生財的路途，不禁爲他擔心(17)。不幸阿爾費特孫氏的前途，竟被柏氏猜中了；據托姆松氏的批評，在列舉阿氏所作「氧化鈾」，「氫氣對於金屬硫化物作用」等等實驗之後，接着便說「阿爾費特孫也會經很細心地分析過許多種礦物；但到後來，似乎不甚注意學術事業了。他分析的金綠玉(chrysoberyl)的結果，既不如以前的工作爲準確，並且還把氧化鉍(Stuonia)和礬土(alumina)的化合物誤爲砂土」(18)。一八四一年十月二十八日阿氏在黑丹索住宅逝世，時年四十九歲。

參考材料

- (1) DAVY, Dr. John, "The Collected Works of Sir Humphry Davy, Bart.," Vol. 1, Smith, Elder and Co., London, 1839, p. 117. Quotation from Sir H. D.
- (2) Paris, "Life of Sir Humphry Davy, Bart.," Vol. 1, Colburn and Bentley, London, 1831, pp. 38-4. Ode to St. Michael's Mount in Cornwall.
- (3) DAVY, J., "The Collected Works of Sir Humphry Davy, Bart.," ref. (1), Vol. 1, pp. 10-1.
- (4) *Ibid.*, p. 51.
- (5) *Ibid.*, p. 88.
- (6) JAGNAUX, "Histoire de la Chimie," Vol. 2, Baudry et Cie, Paris, 1891, pp. 68-78.
- (7) DAVY, J., "The Collected Works of Sir Humphry Davy, Bart.," ref. (1), Vol. 1, p. 109.
- (8) FÜRBER, "Geschichtliche Entwicklung der Chemie," Springer, Berlin, 1921, pp. 116-9.
- (9) WÖHLER, "Early Recollections of a Chemist," *Ann. Chemist.*, 6, 131 (Oct., 1875).
- (10) FOGGENDORF, "Biographisch-Literarisches Handwörterbuch zur Geschichte der exakten Wissenschaften," 5 vols., Verlag Chemie, Leipzig, 1863-1926. Article on Arfvedson.
- (11) SÖDERBAUM, "Jac Berzelius Brief," Vol. 1, part 1, Almqvist and Wiksell, Uppsala, 1912-1914, pp. 68-4; "Lettre de M. Berzelius à M. Berthollet sur deux Métaux nouveaux," *Ann. chim. phys.* (2), 7, 199-201 (1818).
- (12) SÖDERBAUM, "Jac Berzelius Brief," ref. (11), Vol. 1, part 3, pp. 171-2.
- (13) VAUQUELIN, "Note sur une nouvelle espèce d'Alcali minéral," *Ann. chim. phys.* (2), 7, 784-8 (1818).

- (14) Jagnaux, "Histoire de la Chimie," ref. (6), Vol. 2, pp. 124-9.
- (15) L. Gmelin, "Handbuch der theoretischen Chemie," ersten Bandes zweite Abtheilung, dritte Auflage, F. Varrentrapp, Frankfurt am Main, 1826, pp. 597-8; Brandes, *Søber. Ann.*, 8, 120 (1820).
- (16) Bunsen, "Darstellung des Lithiums," *Ann.*, 94, 107-10 (1855).
- (17) Söderbaum, "Jac Berzelius Brief," ref. (11), Vol. 3, part 2, p. 165.
- (18) Thomson, "History of Chemistry," Vol. 2, Colburn and Bentley, London, 1831, p. 229.
- (19) Gregory, "The Scientific Achievements of Sir Humphry Davy," Oxford University Press, London, 1930, pp. 37-57.
- (20) *Ibid.*, pp. iii-vii and 1-9.
- (21) Arfvedson, "Analyses de quelques minéraux de la mine d'Urbö en Suède, dans lesquels on a trouvé un nouvel alkali fixe," *Ann. chim. phys.* (2), 10, 82-107 (1819); *Afhandlingar i Kemi, Fysik och Mineralogie*, 6, (1818); *Sci. News Letter*, 18, No. 493, 186 (Sept. 20, 1930).
- (22) Davy, "The Decomposition of the Fixed Alkalies and Alkaline Earths," *Sci. News Letter*, 14, No. 390, 201-2 (Sept. 29, 1928).
- (23) Davy, "The Decomposition of the Fixed Alkalies and Alkaline Earths," *Alcembic Club Report* No. 6, Univ. of Chicago Press, Chicago, 1902, 51 pp.
- (24) Davy, "The Bakerian Lecture, on some new Phenomena of Chemical Changes produced by electricity, particularly the decomposition of the fixed alkalies, etc.," *Sci. News Letter*, 18,

- No. 493, 186-7 (Sept. 20, 1930).
- (26) Kopp, "Geschichte der Chemie," Vol. 4, F. Vieweg und Sohn, Braunschweig, 1847, p. 41.
- (26) Brockman, "Fused Electrolytes—An Historical Sketch," J. Chem. Educ., 4, 512-23 (April, 1927).
- (27) Combes, "Second Letter on the Subject of the New Metals," *Nicholson's J.*, 21, 365 (Suppl., 1808).
- (28) Davy, "Electro-Chemical Researches, on the Decomposition of the Earths; with Observations on the Metals obtained from the Alkaline Earths, and on the Amalgam procured from Ammonia," *Nicholson's J.*, 21, 366-88 (Suppl., 1808).
- (29) Oeuvres de Lavoisier, Vol. 1, Imprimerie Impériale, Paris, 1864, pp. 119-20.
- (30) *Ibid.*, Vol. 1, pp. 185 and 187.
- (31) Thomson, "History of Chemistry," ref. (18), Vol. 2, pp. 264-5.

第十一章 鹼土金屬和鎂鋇

分離鹼土金屬的專家，要兼具得維和柏齊力阿斯二人的天才纔可。及柏氏將鹼土（alkali line earth）和水銀混合，利用電解法以分析石灰和重土之後，得維氏遂於一八〇八年製得多量鹼土汞齊，然後將水銀蒸餾而去，曾獲得鋇、鈣和鎂四種金屬。一八一七年德國許多藥房所製造的氧化鋅，被政府藥業視察官證明係用碳酸鋅所冒充；並在加熱之後，即變黃色；或在酸中溶解而通以硫化氫



圖一〇五 得維爵士像

見前圖第一〇〇，爵士曾任倫敦皇家學院化學教授及演講員；英國著名科學家，詩人及人道主義的知行家。又為「得維獎章」(Davy Medal)的贈予人。

之後，卽生黃色沈澱，其形狀頗同硫化亞砷仿佛；當局認爲毒物，悉數收沒充公。這時藥商挨爾曼（Hermann）氏商請藥業視察官斯特羅邁厄博士（Dr. Stromeier）和醫學顧問羅露夫博士（Dr. Roloff）的同意，共同研究這種黃色沈澱物，最後由斯博士證明牠並非硫化砷，乃一種世人從未發現的新金屬，因命名曰鎬。從此，不特挨爾曼的藥房名譽，立時恢復，而吾人的化學世界也多了一種新元素。

物質既不滅，

人心當不死；

心物化爲一，

永存定無疑！

且論智慧光，

永遠耀世人，

光輝潔如斯，

人意豈能熄（1）。

If matter cannot be destroy'd,

The living mind can never die;

If e'en creative when alloy'd,

How sure its immortality!

Then think that intellectual light,

Thou loved'st on earth is burning still,

Its lustre purer and more bright,

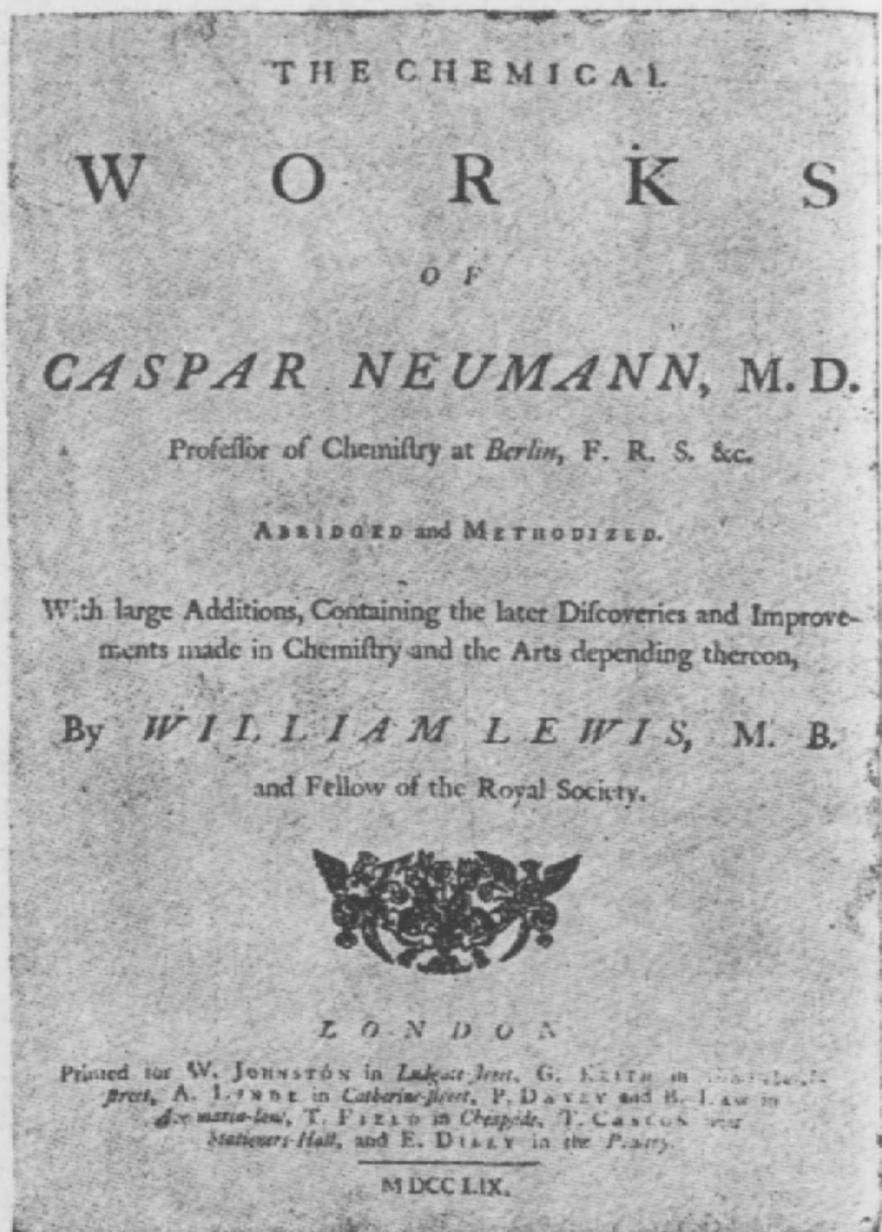
Obscured no more by mortal will (1).

鈣

雖然古人用石灰的方面很多，但他們對石灰的化性卻一無所知。十七世紀德國化學家司太爾（Georg Ernst Stahl）氏，以為生石灰變成熟石灰時，則係石灰中的土素和水素結合成鹽的

變化。司氏更相信世間尚有若干種土質，及其與燃燒素 (*phlogiston*) 結合之後即變為金屬。統觀十八世紀化學家的意見，殆十之八九承認石灰和重土 (*baryta*) 為元素，但法國大哲拉瓦錫 (*Lavoisier*) 氏則主張牠們是氧化物 (2)。(12) 拉氏說過「我們現今所認識的金屬，大概不過自然界中所有金屬的一部分；其中和氧的親和力比碳為大的金屬，意即與氧化合比較與碳化合較易的金屬」，都不易還原為金屬狀態，因此我們只能發現牠們的氧化物，而不易與土質作顯明的區別。我們前面所認為土質的重土 (*baryta*)，大概十有九成就是一種氧化物；牠在實驗上所表現的性質，同金屬物質十分接近。嚴格說來，我們目下所稱為「土質」的一切物質，恐怕都是我們現在無法還原的金屬氧化物吧」(12)。德國化學家紐盟 (*Neumann*) 氏曾做過由生石灰製取金屬元素的工作，惜未得成功 (3)；因為這種還原的方法過難，所以必須要有新的方法，新的儀器以及像維氏那樣的天才了。

維氏以前曾製得鈉鉀兩種元素，前章已經介紹，但他素有致力學術的熱誠，當不甘從此自餒。對於研究鹼性土質這個困難的工作，他便抱着不顧艱苦的雄心，勇往向前。他的第一步工作，



圖一〇六 紐盟氏化學論文集的封面

紐盟 (Caspar Neumann 1683-1737) 氏曾自經營藥房，並任柏林大學化學教授。紐氏所有著作，均經得維和徐萊二氏詳細讀過。

是將用石腦油 (naphtha) 掩蓋的潮溼鹼性土質，通以電流，而察其變化，結果，只有很少部分起了分解作用，而其所得的一點金屬，又立刻同陰極上的鐵結合了 (3)。

後來得維氏又直接用鉀作還原劑，至於實驗時的情形，他曾記載道：『我會用玻璃試管，(分

別盛起)乾燥純潔的石灰、重晶石(barytes)、鏹鏷石(strontites)和苦土(magnesia),然後再加鉀熱之;但是,因為我所用的分量太微,又因為不能熱到使玻璃熔化的溫度,所以不能得到滿意的結果。』這時鉀雖是對土質和玻璃起了侵蝕作用,然而並沒有明顯的金屬顆粒發生(3)。

得維最後把這種乾燥而不傳電的土質,如石灰、和重土等等,混以多量的木灰(Potash),加熱熔化。當他用石腦油(naphtha)把這些鹼性混合物掩蓋之後,而通以電流,不久即泛起許多金屬狀的顆粒,但隨時又發生火焰而燃燒。待火焰熄滅之後,其所餘下的物質,與最初所用的木灰及土質完全相同,此外並無別種東西(2)(3)。

得維氏對於這次的失敗,雖是萬分失望,但他不久又計劃出別種進攻的路線。這次,他用石灰同氧化汞混置一處,曾製得微量的鈣汞齊(calcium amalgam);又將其他鹼性土質與水銀、銀、錫和鉛等等,以同法製得各種合金;祇因其所獲得的合金都不多,故不足用作分離鹼土金屬之需。一八〇八年五月,瑞典柏齊力阿斯氏致函得維,報告他同瑞皇御醫蓬丁博士(Dr. Pontin)電解石灰的經過,他說起先是把石灰和水銀混在一齊的;此外他們電解重土(barytes)和製取鏹汞齊,也

同等的成功（2）（13）。

得維氏得到柏氏的提示之後，便發明一種取得鹼土金屬的方法。這方法是將潮溼的土質和氧化汞，依重量三與一之比而混合，同置一白金板上，使與一電力很強的電池的陽極相接。然後再在上述混合物的中間，掘一小洞，貯入水銀一大滴，以便由『五百隻小電槽合成的大電池』所生的強電流得以通過。這時再用一根白金絲插入水銀滴中間，使與電池陰極相連。得維氏利用這種設計，曾取得多量的鈣汞齊，然後更蒸餾出其中所含的水銀，因此在化學史上第一次製得銀白色的金屬鈣（2）、（3）。

一八〇八年七月十日得維氏致書柏齊力阿斯氏，除深沈地感謝他和蓬丁博士的指教之外，並報告當初屢次失敗的經過。得維寫道：

『自從拜讀你們的大作之後，我便合用你們的實驗手緒，和我個人以前所運用的方法，從事一種新而且有望的嘗試，結果曾取得多量汞齊合金，足供蒸餾之用。及熱至紅熾之後，水銀即離合金而蒸發，只有鹼金屬（bases）單獨留下。用同樣的方法，我也曾從鋇礦石（strontites）、

重晶石和苦土中製得牠們所含的金屬；但用其他土質則不能得到這種結果，遂使我懷疑起來……我這封信雖是寄給你的，但實在是致謝你和蓬丁博士兩位的好意的，敬懇向蓬丁博士代為致意。」（14）

鎂

遠在十七世紀初葉，意大利北部菩隆雅（Bologna）地方有一位名叫開斯秀儒拉斯·文孫迪鄂斯（Vincentius Casciorolus）的鞋匠，他發現將重晶石（heavy spar）和可燃性物質混合之後，及熱至紅熾，即生磷光。開氏把這件發明的權利，分與同城的培加太樓·西彼俄（Scipio Be-



圖一〇七 蓬丁博士像

〔Dr. Pontin (M. M. af Pontin)
1781-1858〕

瑞典國王御醫，曾與柏齊力阿斯氏共同利用電解法，將石灰和重土分別與水銀一齊通電，以製取鈣汞齊和鎂汞齊，著有柏齊力阿斯氏傳行世。

stello) 和馬哥耐斯(Maginus) 兩氏共擔, 然後大量地配合, 運往各處銷售。培加太樓是當時的化學家, 而馬哥耐斯爲數學家, 所以開氏要借他們的名字。這種配合物, 當時稱爲「普隆雅石」(Bologna stone), 但其中所含的重晶石(heavy spar)也是叫這個名字。同時還有人認爲這種礦物乃石膏的一種, 不過克羅斯塔特(Cronstedt) 氏則把牠列爲一獨立的物種(special species)。再後, 馬格拉夫(Marggraf) 氏於一七五〇年聲言重晶石中含有硫酸, 惟其中的主要部分爲石灰(18)。

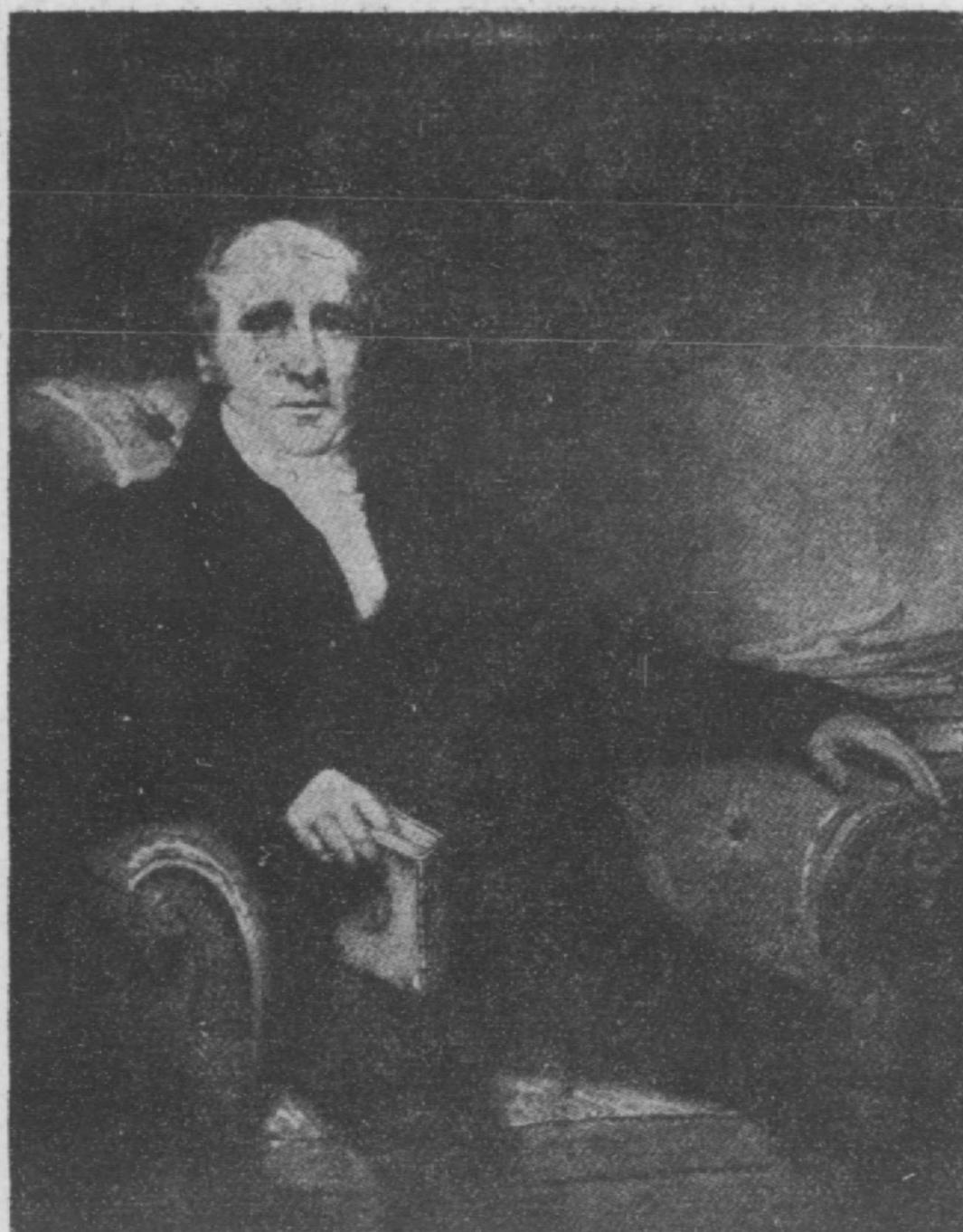
重土和石灰的區別, 最初是由瑞典化學家徐萊(Scheele) 氏在一七七九年指出的。徐萊由重晶石(heavy spar) 中提出重土, 按重晶石乃天然出產的硫酸鋇。提製時, 徐氏將重晶石、木炭末和蜂蜜三物調成糊狀, 然後加熱使之還原——因此遂將硫酸物還原爲硫化物。

徐萊氏又將所得的硫化鋇溶於鹽酸中, 再加入多量的碳酸鉀, 使之成爲碳酸鋇而洗滌(15)。但金屬鋇是一八〇八年由得維爾士(Sir Humphry Davy) 所取得的(2)(3)。

鋇

在科學史上最先區別重土和鋇土 (*Strontia*) 不同的，大概是英國愛丁堡的克勞福德 (Crawford) 氏 (18) 有一次他得到一種礦物，猜想是由蘇格蘭阿該爾郡 (Argyllshire) 思創提安 (Strontian) 地方的鉛鑛洞裏採得的，便加以研究。後來克勞福德氏斷定牠是一種新的土質，因命名曰『思創提亞土』 (*strontia*) (漢名擬簡稱鋇土)。至於克氏主張『思創提亞土』為一種新土的理由，據他在 1790 年所刊佈的氯化鋇論叢 (*Treatise on Barium Nitrate*) 中，曾舉出下列四點：

1. 氯化鋇在熱水中比在冷水中更易溶解，但氯化鋇的溶解度則對於溫度的改變甚小。
2. 氯化鋇較氯化鋇更易溶解。
3. 氯化鋇溶解水中之後，其使溫度降下的效應大。
4. 氯化鋇和氯化鋇的結晶形狀不同。

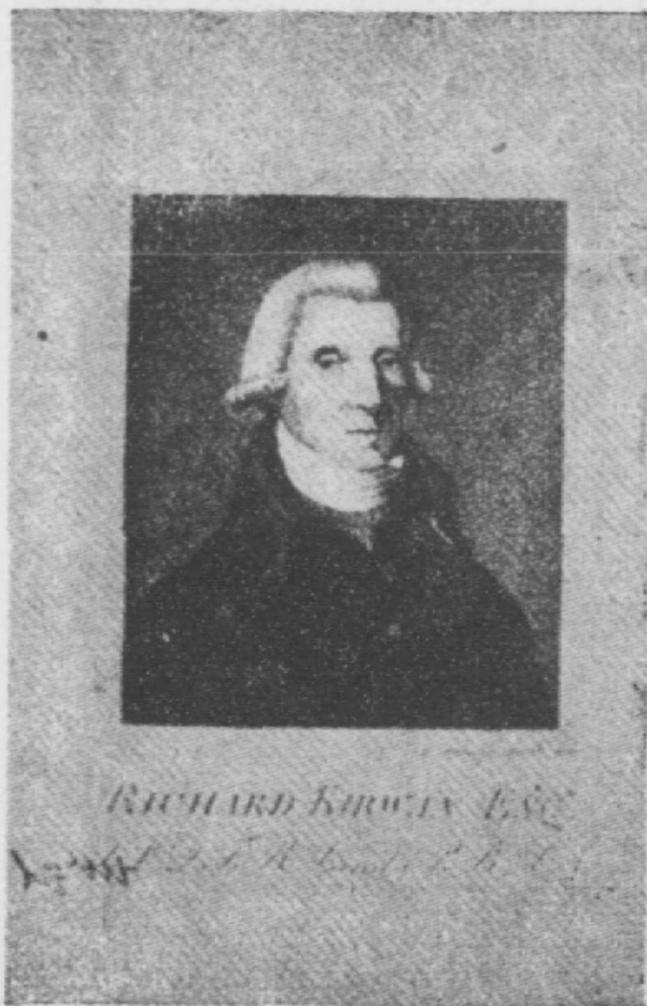


圖一〇八 荷普氏像

(Thomas Charles Hope, 1766-1844)

蘇格蘭的化學家兼醫師，曾繼卜拉克(Dr. Joseph Black)氏任愛丁堡大學教授，為英國教授拉瓦錫氏燃燒學說之第一人。荷普氏與克勞福德(Crawford)氏又最初指出重土和鋸土的區別。

克勞福德氏的意見發表不久，即有荷普 (Hope) (26)、(30)、克拉普羅茲 (Klaproth) (19)、客爾萬 (Kirwan) (28)、(29)、培雷狄爾 (Pelletier) (16) 諸氏，以及孚克拉 (Fourcroy) 和富古令 (Vauquelin) 二人，相繼表示贊同 (17)。此外，培雷狄爾氏又發現鋇土對動物無毒性，然重土則不可服用。及一八〇八年，得維運用分離鈣鋇二元素的方法，而取得鋇 (strontium) 的金屬單質 (5)、(3)。



圖一〇九 客爾萬氏像

(Richard Kirwan, 1733-1812)

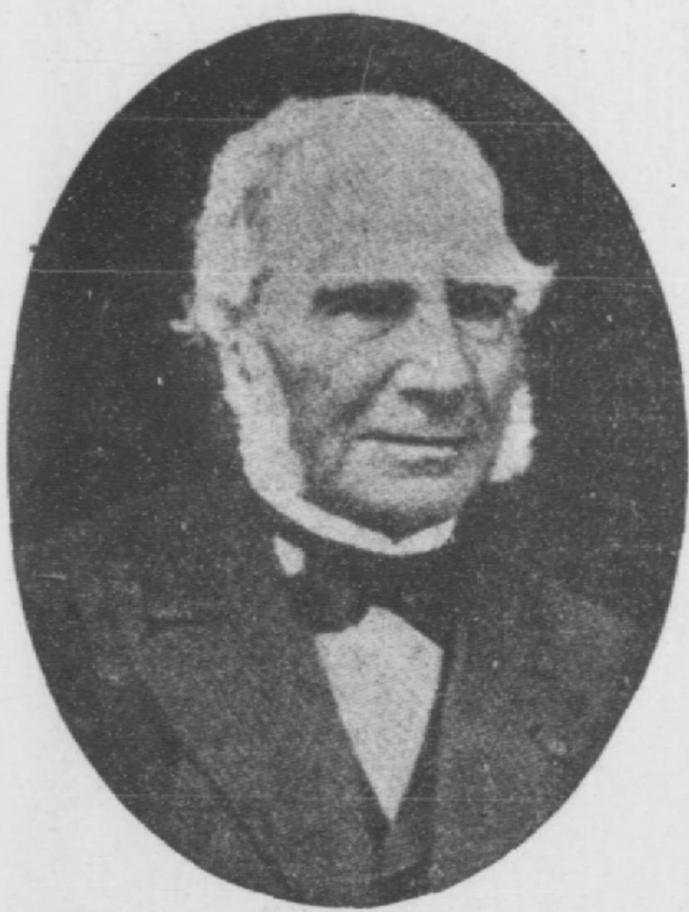
愛爾蘭化學家，著有水的分析，為定量分析的最初著作，其對鋇土 (strontia) 的早年研究，亦負盛名。

鎂

十八世紀在羅馬城的市面上，有一種白色粉末的白苦土 (*magnesia alba*)，當作神秘的萬應靈藥出售，對其來源，保持了許多年的祕密。後來和夫曼·夫利德利赫 (*Friedrich Hoffmann* 1660-1742) 氏發現這種粉末可用硝 (*nitre*) 或食鹽的母液 (*mother liquor*) 來製造。不過他所製出的成品，其中混有石灰。這時一般化學界多相信一切碳酸物經過煨燒之後，即與火中的苛性質素 (*acid principle*) 結合而成爲各種的苛性鹼。但至一七五五年，英國愛丁堡的卜拉克博士 (*Dr. Joseph Black*) 會發表白苦土·石灰·及其他鹼性物質的實驗 (*Experiments upon Magnesia Alba, Quicklime, and some other Alkaline Substances*) 一論著，其中證實『碳酸鹽』經煨燒之後，即減少重量，因鹽中有一部分『固定空氣』(二氧化碳) 被逐逸去 (26)。卜拉克博士的研究結論，謂苦土 (氧化鎂) 與石灰爲截然不同的兩種物質；四年之後，柏林的馬格拉夫 (*Marggraf*) 氏又獨立證實這一點的區別 (18) (20) (21)。

當英國得維爵士由其上述著名實驗，分出微量的金屬鎂時，即命名曰 *magnium*，而不主張用 *magnesium*——因為他說 *magnesium* 易和 *manganese* 相混。惟後人均採用 *magnesium*，至今幾乎沒有人知道當日得維所提的名稱。

得維爵士最初所提取的金屬鎂，分量極少；成塊的鎂，乃一八三一年法國化學家彪西 (Antoine Alexandre Brutus Bussy) 氏所製出，產量較前略多。



圖一一〇 彪西氏像

(Antoine Alexandre Brutus
Bussy 1794-1882)

法國化學家，藥劑師兼醫學家，巴黎藥科學院化學教授，彪西氏在該校前後計五十餘年，曾任校長三十年。一八三一年，彪西最初製得成塊的鎂。

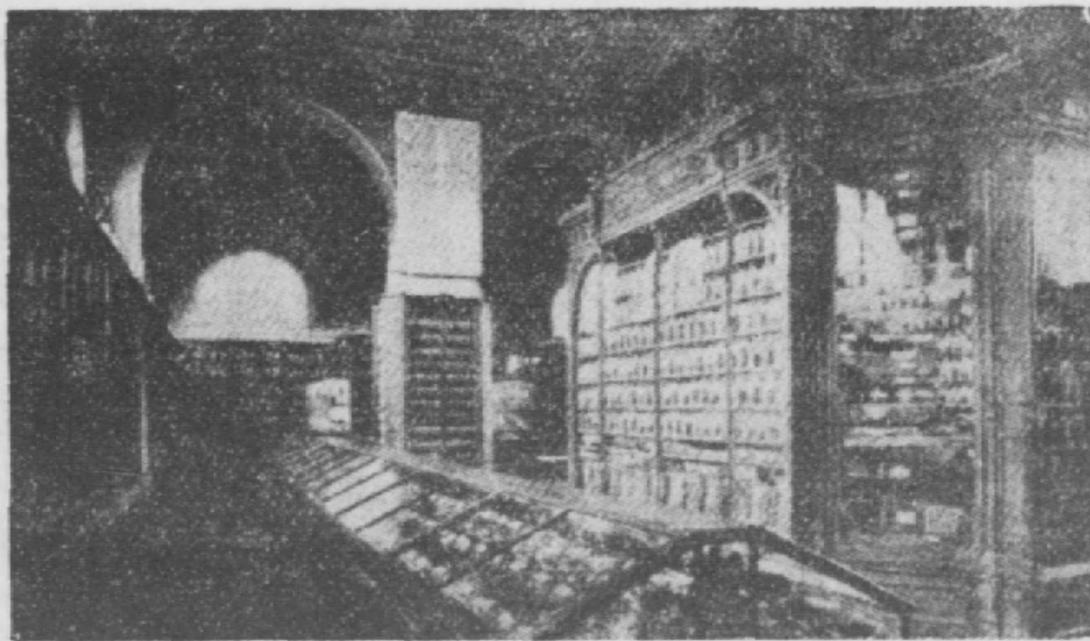
彭西氏於一七九四年五月二十九日生於馬賽，曾入高等多藝學校(Ecole Polytechnique)讀書，旋因性愛化學，遂拋棄軍事工作而學配藥。彭氏先後入里昂及巴黎藥學專門學校讀書，得爲藥科學院(Ecole de Pharmacie)化學教授(Préparateur)洛貝克(J. P. Robiquet)氏的門人。彭西於一八二三年畢業於藥科學院，一八三二年獲得醫學學位。

彭西氏所研究的範圍，雖是多與藥物學有關，但在一八三一年發表論苦土的基本金屬(On le Radical Métallique de la Magnésie)一文，卻屬純粹化學方面之研究。彭西在這篇論文中，詳述製鎂的新法，謂將氯化鎂與鉀同置玻璃管中加熱，當作用完成之後，用水洗去氯化鉀，卽有光耀的金屬鎂顆粒發現(8)(20)(27)。

彭西氏在藥科學院醫學部擔任藥物學教授多年，一八五六年受任醫科學院院長，又曾擔任藥學與化學雜誌(Journal de Pharmacie et de Chimie)編輯達五十六年之久。一八八二年二月一日，彭西氏在巴黎逝世，時年八十有七(22)。



圖一一一 法國高等藥科學院實驗室之側面風景
〔該校原名 École Supérieure de Pharmacie〕



圖一一二 法國高等藥科學院之藥品展覽室

自該校在一八〇三年創辦時起，富古令（Vauquelin）氏即任校長，直至一八二九年逝世為止，計二十六年。

鎘

鎘 (cadmium) 由德國革丁根大學化學兼藥學教授斯特羅邁厄博士 (Dr. Friedrich Stromeyer) 所發現。時在一八一七年。斯特羅邁厄於一七七六年八月二日出生，其時正燃燒素學說奄奄待斃的當兒 (8)。斯氏起初在故鄉革丁根 (Göttingen) 學習化學、植物學和藥物學等科，後留學巴黎，從當代分析化學大師富古令氏研究；此後終生師法富氏，終生致力於礦物之分析 (9)。

一八〇二年斯特羅邁厄就革丁根醫學院的 *Privatdozent*，至一八一〇年即昇任正教授 (professor ordinarius)。在德國各大學之教授，亦如美國一部大學教授相似，常擢昇為政府官吏，或兼任政府職務。此後斯氏即出任罕諾弗省 (Hanover) 藥商視察專員。一八一七年秋季斯氏赴希爾得斯海姆 (Hildesheim) 視察，途中發現藥商均用碳酸銻代氧化銻配藥，但據當時德國罕諾弗省藥典必須用氧化銻。一八一八年四月二十六日斯特羅邁厄氏致什淮革 (J. S. C. Sch-

weigger) 氏一函，敘述此事頗詳，茲錄一段如次：

「去年我國攝政當局委我視察希爾得斯海姆區所屬各重要城市的藥商時，曾發現少數藥房用碳酸鋅以代替氧化鋅，此乃大誤。據云此種原藥，完全由薩爾茲歧特 (Salzgeber) 地方的化學藥品製造廠購來。查碳酸鋅為帶光澤的白色物質，熱至紅熾，先變黃色，繼呈橘色，其中並無鐵、鉛等雜質。」(此段譯意)

因為斯氏想尋出他們所以用碳酸鋅代替氧化鋅的原因，遂親赴薩爾茲歧特調查各製藥廠。斯氏曾述調查經過如下：

「在這次旅行中，我曾便道赴薩爾茲歧特調查製造碳酸鋅的製藥廠；在這裏，我責問他們為何用碳酸鋅代替氧化鋅出售。據該廠藥物部負責人約斯特君 (Mr. Jost) 的回答，他認為碳酸鋅一經燒至紅熱，即起黃色，因此遂疑其中含鐵在內；但在當初製造時，特別注意於鋅鐵的分離，並在氧化鋅中，似乎亦不易檢出有絲毫鐵的成分存在。」

斯特羅邁厄氏對於「加熱碳酸鋅之後，如其顏色不褪，即不能變為氧化物」一事，感有深長趣味，

他接着又說道：

「約斯特君的報告，促使我把氧化鋅仔細考察一番；結果我發現碳酸鋅熱後變色的原因，是由其中含一種特殊的金屬氧化物而起，這種氧化物向來沒有人料到。現在我已採用一種奇特的方法，從氧化鋅中把牠取出，並已還原為金屬狀態……。」（10）

至斯氏提取這種金屬的方法，可略述如下：

將不純的氧化鋅溶於硫酸中，通以硫化氫氣，即有混合的硫化物沈澱而出。再將沈澱物濾過，充分洗滌，溶解濃鹽酸中，然後加熱蒸乾，以除去其中



圖一一三 斯特羅邁厄氏像

(Friedrich Stromeyer 1776-1835)

德國醫學家、植物學家、化學家和藥學家，曾任罕諾弗省(Hanover)的藥商視察官，為鎘元素發現人。斯氏三十種礦物分析報告總集，乃分析化學上不朽之作。

多餘之酸。蒸發後所得的殘渣，再用水溶解，然後再加多量的碳酸銨溶液，使沈澱物中所有之鋅或銅重行溶解。因為新金屬的碳酸鹽，在過量的碳酸銨溶液中不能溶解，所以斯特羅邁厄博士 (Stromeyer) 能用過濾法把牠取出。及取出之後，先用水洗滌清淨，再燃燒成氧化物。這種氧化物帶褐色，斯氏混以煙灰，置入玻璃曲頸甌（或陶器的），熱至低紅程度；待冷後將甌口打開，即發現有藍灰色帶光澤的金屬存在其中（10）。

斯氏這次最初所取得的新金屬，重量僅有三克，故不能詳細研究其性質。後來斯特羅邁厄氏忽然出乎意料地得到這種新金屬頗多，足供研究其性質之需。關於此事之原委，斯氏在致什淮革博士 (Dr. Schweigger) 的前函中，曾經說過：

「現在我有一件很可歡喜的消息報告你，想來是你悅於知道的。最近幾天之內，我發現射內培克 (Schönebeck) 的挨爾曼先生 (Mr. Hermann) 和馬格得堡 (Magdeburg) 的羅露夫博士 (Dr. Roloff) 都對我所研究的金屬感到濃厚的趣味，因此我可以對牠更進一步的研究。猶憶數年前當我在馬格得堡視察幾處藥房的時候，發覺各藥房用以配藥的鋅，及溶於酸中

再通以硫化氫之後，即起黃色沈澱，當局疑其中含有砷的成分，據實驗結果以爲是雌黃（orpiment），故悉行沒收充公。查製鋅原料，全由西利喜阿（Silesia）運來，經射內培克地方挨爾曼君的製藥廠出售。

『挨爾曼先生對於貨物沒收充公一事，認爲有關他的藥廠的名譽，故十分關心；至於羅露夫博士，因爲他本人擔任醫學顧問，並在我視察的時候，協助編製所有報告，寄與胡腓蘭特（H. F. Folland）氏發表，所以也異常關心。這篇報告，後來由胡氏就其所主編醫學雜誌二月號披露。挨爾曼氏曾將這種氧化鋅加以審慎的研究，但結果並未發現其中含有絲毫的砷（24）。』

『挨爾曼先生因爲從鋅中檢不出砷的蹤跡，特請醫學顧問羅露夫博士重新實驗。這次的實驗使羅氏對於起初認爲雌黃的沈澱物發生了疑問——這種東西，雖其性質很同砷相近，卻爲另一金屬，或者是一種新的。因爲羅氏和挨氏兩位先生想澈底解決這個疑問，特求我幫助，並且在這幾天之內，曾把西利喜阿出產的氧化鋅，形似雌黃的沈澱物，以及由其中所取得的金屬等等都寄給我，要我重新做一次實驗，主要的目的在證明其中究竟含不含砷。』

據斯特羅邁厄氏詳細實驗的結果，發現挨爾曼和羅露夫二氏由西利喜阿出產的氧化鋅中所提取的金屬，其性質完全同他以前由薩爾茲歧特 (Salzgitter) 出產的碳酸鋅中所取得者一樣。所以他又說：

「就以上所舉各點而論，我認爲西利喜阿氧化鋅中所含的金屬，與我以前所發現者或係一物；惟因其在通硫化氫之後，能發生同雌黃形，狀相似的沈澱物，故被人疑爲含砷在內。有幾次實驗，足以證實這種意見。我已經把這種情形專函告知挨爾曼先生，同時亦擬將詳情報告醫學顧問羅露夫博士，至於他寄我信，也是前天接到的。」

這種發現，對於挨爾曼和斯特羅邁厄都是有益的，因爲由此可以證實挨爾曼氏並非是出售劣貨的藥商，而斯氏由此也得到一個切實研究這種金屬的機會。挨氏不得斯氏的助力，恐怕不易恢復他的營業的名譽；斯氏沒有挨氏供給這個機會，或者不會注意這個大發現。斯氏以爲所發現的金屬常同鋅結合一齊，因據產鋅鑽石之 calamine (異極礦，其分子式爲 $H_2Zn_2SiO_6$)，而名之曰 cadmium (漢譯術名曰鎘)。查斯氏研究金屬鎘之初，曾得布朗斯威克 (Brunswick) 地方

的馬耐爾 (Mahner) 君和漢堡的西門子 (Siemens) 君的幫助頗多，這兩人都他的學生。

同時哈雷 (Halle) 地方的邁斯耐爾 (Meissner) 氏和柏林的卡爾斯頓 (Karsten) 氏，也獨立發現了這種元素；據說他們對於斯特羅邁厄、羅露夫和挨爾曼三人的工作完全不知 (25)。(11) 斯氏在發現鎢元素之後，曾得朝廷賜以宮庭顧問 (Hofrath) 的榮銜，這或者同他的發現有關。斯氏對鑛物學和化學的研究，盡瘁一生，刊行論文多篇，又致力科學教育多年，於一八三五年八月十八日在原籍革丁根逝世，時年五十有九。綜觀斯氏一生，以服務鄉梓時間最久 (8)。

參考材料

- (1) Davy, Dr. J., "The Collected Works of Sir Humphry Davy, Bart., Vol. 1, Smith, Elder and Co., London, 1839, p. 234. Poem by Sir H. D.
- (2) Jagnaux, "Histoire de la Chimie," Vol. 2, Baundry et Cie, Paris, 1891, pp. 140-4.
- (3) Davy, H., "Electro-chemical Researches, on the Decomposition of the Earths; with Observations on the Metals obtained from the Alkaline Earths, and on the Amalgam procured from Ammonia," *Nicholson's J.*, 21, 366-83 (Suppl., 1808); 22, 54-68 (Jan., 1809).
- (4) Jagnaux, "Histoire de la Chimie," ref. (2), Vol. 2, pp. 130-37.
- (5) *Ibid.*, Vol. 2, pp. 138-40.

- (6) *Ibid.*, Vol. 2, pp. 153-5.
- (7) Davy, Dr. J., "The Collected Works of Sir Humphry Davy, Bart.," vol. 1, p. 400.
- (8) Pogendorf, "Biographisch-Literarisches Handwörterbuch zur Geschichte der exakten Wissenschaften," 5 vols., Verlag Chemie, Leipzig, 1863-1926. Articles on Stromeyer and Bussy.
- (9) Thomson, "History of Chemistry," Vol. 2, Colburn and Bentley, 1831, pp. 217-21.
- (10) Letter from Dr. Stromeyer to Dr. Schweigger, *Annals of Phil.*, 13, 108-11 (Feb., 1819); translated from *Schweigger's J.*, 21, 297 (May 28, 1818); Stromeyer, "New Details respecting Cadmium," *Annals of Phil.*, 14, 269 (Oct., 1819); *Ann. der Physik*, 60, 193; *Sci. News Letter* 19, 75-6 (Jan. 31, 1931).
- (11) Budgen, "Cadmium: Its Metallurgy, Properties, and Uses," Chas. Griffin and Co., London 1924, p. xiii.
- (12) *Oeuvres de Lavoisier*, Vol. 1, Imprimerie Impériale, Paris, 1864, p. 122.
- (13) Brockman, "Fused Electrolytes—An Historical Sketch," *J. Chem. Educ.*, 4, 612-23 (Apr. 1927).
- (14) Söderbaum, "Jac Berzelius Brief," Vol. 1, part 2, Almqvist and Wiksells, Upsala, 1912-1914, pp. 7-8.
- (15) Scheele, "Sämmtliche physiscie und chemische Werke," Vol. 2, 2nd edition translated by Hermbstädt, Rottmann, Berlin, 1793, pp. 179-82.
- (16) Pelletier, "Extrait d'Observations sur la Strontiane," *Ann. chim. phys.* (1), 21, 113-43 (Feb. 28, 1797).

- (17) Fourcroy and Vauquelin, "Extrait de deux Mémoires sur un nouveau moyen d'obtenir l'acide Baryte pure, et sur les propriétés de cette terre comparées à celles de la Strontiane," *Ann. chim. phys.* (1), 21, 276-83 (Mar., 1797).
- (18) Kopp, "Geschichte der Chemie," Vol. 4, F. Vieweg und Sohn, Braunschweig, 1847, pp. 42-65.
- (19) Klaproth, "Analytical Essays toward Promoting the Chemical Knowledge of Mineral Substances," Cadell and Davies, London, 1801, pp. 223-37 and 387-98.
- (20) Wootton, "Chronicles of Pharmacy," Vol. 1, Macmillan and Co., London, 1910, pp. 354-8.
- (21) Bugge, "Das Buch der grossen Chemiker," Vol. 1, Verlag Chemie, Berlin, 1930, pp. 240-52. Biographical sketch of Black by Max Speiser.
- (22) Bourquelot, "Le Centenaire du Journal de Pharmacie et de Chimie, 1809-1909," Octave Do-in et Fils, Paris, 1910, pp. 53-4.
- (23) Roloff, C₂H, *Gib. Ann.*, 61, 205 (1819); 70, 194 (1822).
- (24) Hermann, K. S. L., *ibid.*, 58, 95, 113 (1818); 66, 276 (1820).
- (25) Karsten, O., *Archiv. Berg. Zölit.*, 1, p. 209.
- (26) Irvine, "Scotland's Contribution to Chemistry," J. Chem. Educ., 7, 2810-4 (Dec., 1930).
- (27) Busst, "Mémoire sur le radical métallique de la magnésie," *Ann. chim. phys.* (2), 46, 434-6 (1831).
- (28) Smith, E. F., "Forgotten Chemists," J. Chem. Educ., 3, 35 (Jan., 1926).
- (29) Brockman, "Richard Kirwan-Chemist, 1733-1812," *ibid.*, 4, 1275-82 (Oct., 1927).

空想民權論叢書

三四三

(30) Dains, "John Griscom and His Impressions of Foreign Chemists in 1818-19," *ibid.*, 8, 1907-8 (July, 1931).

第十二章 利用鉀鈉所分出的元素——銻、鈦、鈾和鈷

含有鈦族中各元素的泥土，在世界上散佈很廣，德國化學家克拉普羅茲氏曾於一七八九年，由分析錫蘭島所產的風信子玉 (zircon) 中，發現了銻土，亦稱二氧化銻 (zirconia)。兩年之後，一位名叫格羅高爾·威廉 (William Gregor) 的英國牧師，從他在空窩爾郡 (Cornwall) 所管轄的教區裏探得一種黑沙，由這些黑沙中他取得一種化合物，命名曰『門那陳鏞』 (menacharite)，或鈦土，亦即氧化鈦鏞 (titania)；惟其發現不受科學界的重視。四年之後，克拉普羅茲又由匈牙利所產的紅色電氣石 (red schorl) 中取得氧化鈦，而定名曰鈦鏞 (titanerde)。希生革爾 (Wilhelm von Hisinger) 和柏齊力阿斯二人當一八〇三年研究瑞典出產『柏斯耐斯』的重石 (heavy stone of Bastnäs) 的時候，曾發現鈾土，亦稱二氧化鈾 (ceria)。柏斯耐斯的重石『現名鈾鏞 (ceria)』。一八二八年柏齊力阿斯氏得到挪威海濱附近一座小島上所產

的黑花剛岩 (syenite)，他由這種鑽石，分出鈦族中最後的一種土質，名曰鈦土，或稱氧化鈦 (tioria)。鋳、鈦、銻、鈷四種金屬，不易分離，故曾發明許多種分離方法；採用鈉、鉀兩種物質以促起強烈還原作用的，乃是許多方法中的一種。

『在這短時期化學的演進，其速率之快，直勝過其他種種學科。』(1)

鋳

含鋳(zirconium)的鑽石，在自然界裏散佈很廣；並且千數百年以來，已被人類所採用。在新約聖書的啓示錄上，聖徒約翰述說聖城耶路撒冷的情況，謂「城中有上帝的光榮，城的光輝如同極貴的寶石，好像碧玉，明如水晶。有高大的牆，有十二個門。……牆有十二根基。……城是四方的。……牆的根基是用各樣寶石修飾的。第一根基是碧玉，第二是藍寶石，第三是綠瑪瑙，第四是綠寶石，第五是紅瑪瑙，第六是紅寶石，第七是黃璧璽，第八是水蒼玉，第九是紅璧璽，第十是翡翠，第十一是紫

瑪瑙，第十二是紫晶……』上邊第十一種名叫紫瑪瑙 (jacinth = hyacinth) 的寶石，乃是一種黃紅色透明的錳石。

雖然古人常用『風信子玉』(zircon) 作為陰文雕刻的寶石，雖然在中世紀已有人珍視紫瑪瑙和淺色錳石 (jargon)，但是這些鑽石裏所含的一種金屬，直至十八世紀末葉纔被人發覺。因為錳土 (氧化錳) 和鋁土 (氧化鋁) 兩種東西的形狀很相似，所以被人誤認為一種物質；後來賴克拉普羅茲氏的分析本領，纔證明牠們並非一種物質。一七八九年 [克氏分析錫蘭島 (Ceylon) 所產的『風信子玉』] 發現其中含有一種新土質，因命名曰錳鑛 (zirconite)，在英文中稱曰錳土 (zirconia) (9) (31) (32)。在發現含錳土質之前，一切分析錳鑛的結果，大抵都是錯誤的。茲舉著名化學家柏格曼·托柏恩 (Torbern Bergman) 氏分析錫蘭島出產的紫瑪瑙 (hyacinth) 的結果如下：

砂土 (silica)	二五%
錳土 (alumina)	四〇%

第十二章 利用鉀鈉所分出的元素——錳、鋁和鈦

氧化鐵(iron oxide) 1.3%

石灰(lime) 1.0%

但克拉普羅茲氏分析以上同種紫瑪瑙的結果，可表如下：

矽土(silica) 1.5%

氧化鐵(iron oxide) 0.5%

鋯土(zirconia = jargonite) 7.0%

克氏的分析結果，後來由得·毛利 (Guyton de Morveau) (註1) 和富古令 (Vauquelin) 兩氏證明無誤) 9) (33) (34) (35) 至於這種鑽石的成分，在今日久已決定為 ZrSiO_4 稱曰矽酸鋯 (zirconium silicate)。

(註1) 得·毛利氏所發表的科學論文，署名為 Ch. (oyen) Guyton 不用 Guyton de Morveau。

一八〇八年英國得維爾士 (Sir Humphry Davy) 會利用電流以分解鋯土 (zirconia)，但沒得成功；後來柏齊力阿斯氏在一八二四年，會將乾燥的鉀和「氟化鋯鉀」混合一處，貯於一

隻小鐵管中，密閉其口，放入鉑製坩堝中，加熱分解。待鐵管內物質反應作用完成之後，將管放置空氣中冷卻，然後投進蒸餾水裏，以觀其變化。茲錄柏氏的記錄如下：

「從管裏倒出一些黑色粉末，及落入蒸餾水中之

後，好像鹽粒落進水裏一樣，霎時就溶化了；溶時尚有微量的氫氣放出……在此種情況下所得的銻，很容易沈澱下來。取出沈澱物，可以用水洗滌，用熱烘乾，而不至發生氧化作用。至洗滌和乾燥後的成品，形如木炭粉末，既不能壓成餅塊，亦不能擦出金屬光澤。」（15）

雖然用柏齊力阿斯的方法所取得的銻，其中仍含銻土（二氧化銻）很多，不甚純粹，但他選



圖一一四 得·毛利氏像

(Guyton de Morveau 1737-1816)

法國化學家兼營法律上代言人。一七九四至一八一五年間任高等多藝學校(École Polytechnique)化學教授。毛利氏曾與拉瓦錫、孚克拉(Fourcroy)和柏托雷(Bertholet)諸氏，依燃燒作用的新觀點，製定化學新名詞。毛氏對於銅之構造，最初加以深沈之研究。

擇原料的方法，卻很帶着科學的精密性（37）。其後致力研究這種元素的專家，計有維斯·路易（Ludwig Weiss）及瑞曼·攸貞（Eugen Naumann）（38），未得金特（Wedekind）（39），和麻桑（Moissan）（40）等氏，於是所製得的銻，遂逐漸更純。最後一九一四年荷蘭愛恩德荷文（Eindhoven）地方非利普斯電燈金屬材料廠（Philips Metal-Incandescent Lamp Works）的兩位研究員，會取得極純的銻（100%）——這兩人的名字，一位是利利工程師（D. Lely, Jr.），一位是漢布鳴爾（J. Hamburger）。製取的方法，是將四氯化銻和金屬鈉混置一處，盛入一空球中，利用電流加熱，使銻分離而成單體。所得金屬銻為薄片狀，可以壓成棒，抽成絲，又可磨成光瑩如鏡的表面。

銻的氧化物至今仍著名於世。冶金爐的內壁，用銻土（二氧化銻）塗抹掩蔽之後，可經久不破；又因銻土的傳熱性很低，可以塗得極薄。且銻土性質堅固，耐火難鎔，若用銻土製成坩堝等實驗儀器，不僅能耐高熱，能耐鑛渣和多種酸類的侵蝕，即熱至紅熾時而登時投進冷水裏，亦不至破壞。

鈦

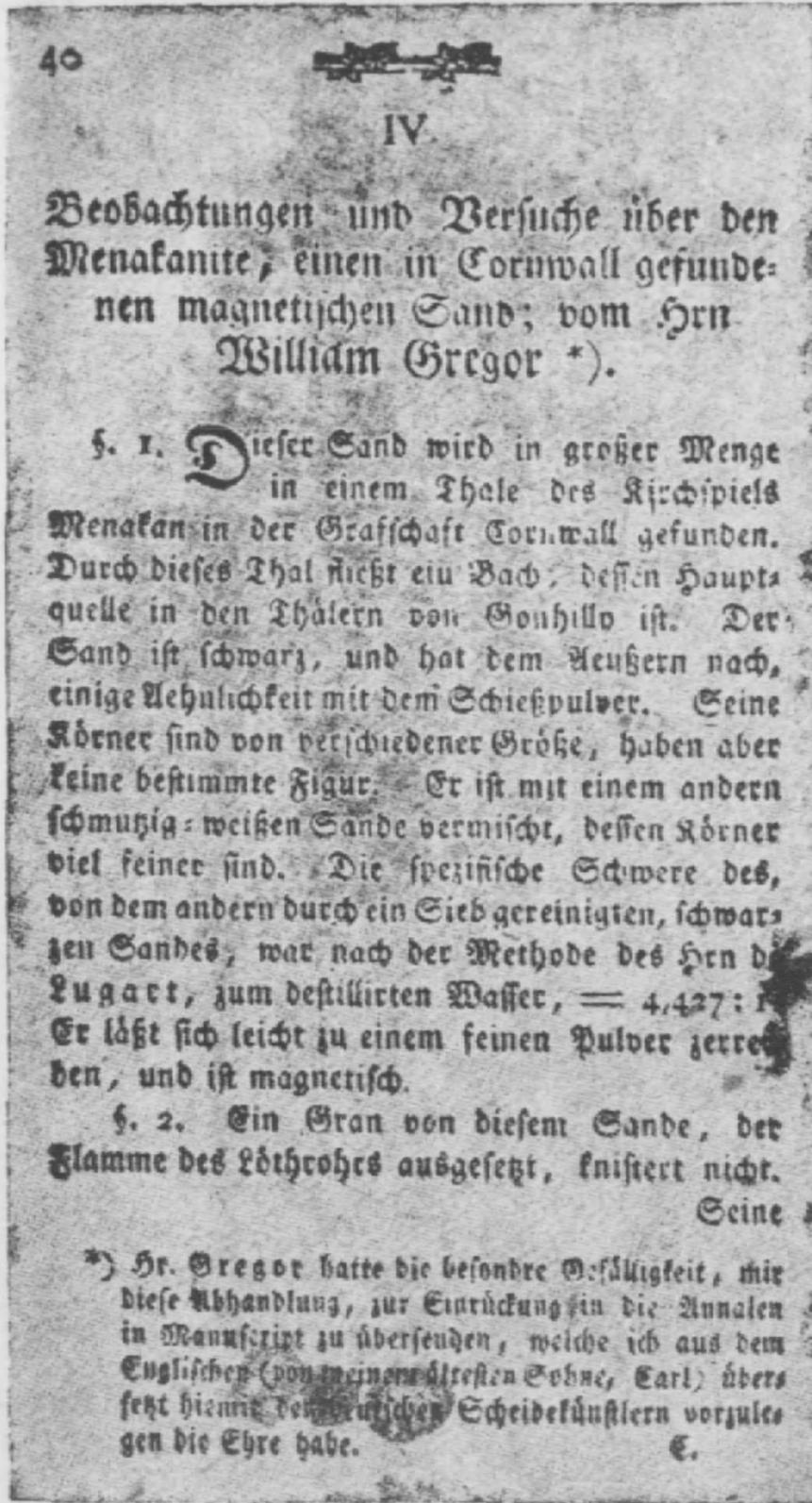
英國的牧師中，不僅普里斯特利 (Joseph Priestley) 曾經發現過元素之外，還有格累高爾 · 威廉牧師 (Rev. William Gregor) 發現了元素鈦 (titanium)。

格累高爾氏於一七六二年生於空窩爾郡 (Cornwall) 及長曾入布里斯托爾 (Bristol) 和劍橋等處學院研究宗教學科，預備將來充任牧師職位；在校成績優異，對於數學和文學兩科，尤其特別心得。離校後先在得特福德 (Deptford) 充牧師，繼遷至得封郡 (Devonshire)，最後在克利德 (Cred) 任牧師 (2)。

格累高爾氏極愛研究英國各處出產的鑽石，並且有極精確的分析技術，國外化學名家如柏齊力阿斯等人，曾稱譽他做「鑛學名家」，其學術之高超可知 (3)。格氏且為空窩爾郡皇家地質學會 (Royal Geological Society of Cornwall) 的創辦人，和榮譽會員。至格氏所分析的鑛物，如碳酸鈹、黃玉 (topaz)、銀星石 (wavelite) 一種鹽酸性的磷酸鈷 (含銻雲母 (uranilinner))

(16) 及土產砷酸鉛 (17) 等等, 結果皆很精確 (4)。

格氏對於所分析的礦物, 最感興趣的, 莫如由門那陳谷 (Menachan Valley) 採來的黑色磁性砂。這片谷地由格氏宣教區內所管轄。至格氏分析此種鑛石的結果, 曾發表於一七九一年刊行



圖一一五 格累高爾牧師著作書影

英國格累高爾牧師 (Reverend William Gregor) 為鈦元素的發現人。格氏報告發現這種元素的論文, 發表於一七九一年的克累爾氏化學年報 (Crell's Annalen), 上圖即該論之一頁。

的克累爾氏年報 *Croll's Annalen* 文前附有編者「案語」道：

「格累高爾先生把這篇論文的原稿寄給我，要我今年刊上發表，使我感覺無上的榮幸。茲特囑犬子卡爾（*Carl*）譯成德文，貢獻於德國各位分析化學家之前，想必為列位同道所歡迎也。」

格氏論文，開頭敘述黑色磁性砂（*black magnetic sand*）的產地及形狀，有一短文如次：

「這種黑色的磁性砂，產於空窩爾郡門那陳教區（*Menahan parish*）的山谷中，其量頗大。谷中有一大河，其源發自工希利山（*Gonhily*）。砂粒色黑，形如火藥黑末粒的大小不一，並且每粒的形狀也彼此不同。砂中又混有污穢的白色砂粒，顆粒比較細小……」

格氏將此砂中的黑色部分分出，從事分析，所得結果如下：

磁鐵 (<i>magnetite</i>)	46.2%
砂土 (<i>silica</i>)	31%
棕紅色煨渣 (<i>reddish brown calx</i>)	45%

損失 (Loss)

4.16%

以上分析所得的棕紅色煅渣，及溶解於硫酸之後，即成黃色溶液；如用鋅、錫或鐵從事還原，即變作紫色。若將磨成粉末的煅渣，屢以木炭粉末共熔，可得紫色的金屬塊。

格累高爾氏對於自己的論文，很謙虛地表示不好，請求讀者指教。他說過這篇論文不是成熟的研究結果，乃是各種片段事實的記錄；至於詳明的解釋，須待分析名手和哲學專家的研究；他說他本人的學識和技術是不夠的。格氏的朋友豪金斯·約翰 (John Hawkins) 氏，在看過格氏的黑砂和論文之後，一致地認為是一種新元素。

格氏又說道：

「由這位大名鼎鼎的鑛學家的意見，和這種黑砂所帶的特殊性質，使我相信其中必定含有一種新的金屬物質。因為想表明牠和別種鑛物的不同，我特地為牠起了一個新名字——這個名字是隨產地得來的，出產地是門那陳教區，所以這種金屬我叫牠「門那陳鑛」(Menachan

→menacharite) ！」

格氏對自己的報告，還謹慎地聲明，謂將來或有其他化學大家能予以更詳明的解釋，使這種礦物的特性質，可以『大白於世』。隨後格累高爾氏以職務羈身，未得繼續研究（5）；現在我們叫牠做鈦鐵礦（ilmenite），分子式為 $FeTiO_3$ ，確實含有一種新元



圖一一六 克累爾氏像

(D. Lorentz von Crell 1744-1816)

克累爾氏為化學教授，及黑爾姆斯塔特（Holmstädt）礦廠的法律顧問（counselor）；曾任 *Chemische Annalen für die Freunde der Naturlehre Arzneigehelrtheit, Haushaltungskunst und Manufakturen* 及 *Neues Chemisches Archiv* 的主筆。

素在內。惟格氏報告發表之後，不為學術界所注意，遂致鈦的命運，亦如碲相同，不久就被人忘掉了。

格氏於一八一七年六月十一日死於克利德（Creed），時年五十五歲；死前曾患肺癆頗久。英國托姆松（Thomas Thomson）氏在所著化學史曾論格氏說：

「空窩爾郡的格累高爾先生，為人精細，專門討究分析化學；雖然所做的分析工作不多，但

所得的結果極確。惜格氏未得享其天年，以致對科學上的貢獻不多。』(6)

未爾揚 (Verjan) 地方有一位名叫特利斯特 (J. Trist) 的牧師，這人是格累高爾先生的摯友，據特牧師的批評，他認為格氏是一位忠心實踐基督教義的好人。他說：『……對於他的(格氏的)鄰人，不論在性靈上或現世生活上，無不予以助力；並且由於他的指示，使得他的朋友所處的社會，也都快樂而有生氣了。』(2)

當德國大化學家克拉普羅茲 (Klaproth) 氏證實碲元素是一種新單體的時候，他對於最初發現人牟勒男爵 (Baron Müller von Reichenstein) 的功績，仍然推崇備至，牟勒因而得以不朽。這件事，本書第七章曾經述及，想讀者必能記得。至於格累高爾氏的發現，也是由於克拉普羅茲氏將自己繼續研究的結果，重新公佈於世，纔使得格氏一番心力不至湮沒無聞。一七九五年克氏曾分析過匈牙利露英尼克 (Boinik) 出產的『紅色電氣石』 (red schorl)，而認為新的氧化物；這種電氣石是由維也納的浮爾本伯爵 (Count Würben) 贈予克氏的。(7)(8) 因為這種氧化物的外表，和前次格累高爾氏所分析的『門那陳鑛』十分相似，所以克氏便同時分析



圖一一七 克拉普羅茲氏像

(Martin Heinrich Klaproth 1743-1817)

德國著名分析化學家，柏林大學第一任化學教授。一八一〇年克氏刊行其與佛爾夫(F. Wolff)氏同著的化學字典。至克氏一生分析鑛石的結果，均載於所著 *Beiträge zur Chemischen Kenntniss Mineralkörper* 六冊中。克氏又由研究格累高爾氏的「門那陳鑛」(menachanite)的結果，而斷為一種新元素，且命名為鈦。

這兩種鑛石，以作比較研究的根據。請讀克氏的報告如下：

「近數年來，曾由空窩爾郡的門那陳教區內，掘出一種鑛物 (Fossil)，顏色灰黑，形如砂粒，帶有感應磁鐵的性質，頗為一般化學家所注意。這種東西，因為出產於門那陳，故有「門那陳鑛」之稱。門那陳地方的格累高爾先生，治鑛物化學極勤；他不僅將第一次發現這種鑛物的經過，公

之於世，並將運用化學方法研究牠的結果，也詳細地報告出來。格氏報告中最可注意之點，即「門那陳鑛」內除含鐵之外，還有一種性質不明的金屬氧化物。據我採用下列實驗方法所得的結果，發覺門那陳鑛中除含鐵之外，那種性質不明的第二種主要成分，是和匈牙利所產的紅電氣石裏之主要成分完全一樣；這種東西即鈦的氧化物 (Oxyd of titanium)。就上述意見看來，以前格累高爾氏實驗門那陳鑛所起的現象，幾乎十之八九是和我研究紅電氣石時所生的結果相同。』(21)

克氏主張叫這種元素爲 titanium (漢譯標準術名曰鈦)，他的理由很特別，茲特介紹如下：

『我現在常想爲這個新鑛石，定一個足以表示其特性的名稱，結果總想不出；因此我纔改變主張，以爲最好找出一個與原物毫無關係的名字，免得發生錯誤。現在仍採取爲鈦命名的辦法，要引用神話上的故事，替牠起名字；希臘神話上說「地球」的第一代兒子們叫 Titans (泰坦族)，所以我叫這一族新金屬曰 Titanium (註1) (鈦)。』(8) (9)。

(註1) 案詞源太旦族 (Titans) 亦有人譯作泰坦族，乃希臘神話中最古的神族名，至其族中任何一個神皆稱太旦或

泰坦 (Titan) 這個神族是由烏蘭那 (Uranus) 和基阿 (Gaia) 的子孫，計有克羅那斯 (Cronus)、阿特拉斯 (Atlas)、埃彼蓋薩斯 (Epimetheus)、俄西阿那斯 (Oceanus)、提西斯 (Tethys) 和普羅密修斯 (Prometheus) 等神。當太巨神族同俄利姆彼阿諸神 (Olympia) 開戰時，太巨神朝遂被覆滅。

克拉普羅茲 (Klaproth)、富古令 (Vauquelin) 和羅斯·亨利克 (Heinrich Rose) 三氏及其他各化學家，都設法想得這種金屬，可惜全沒成功 (22)。一八二二年英國武拉斯吞博士 (Dr. Wollaston) 在麥忒·提德維爾 (Merthyr Tydvil) 地方的煉鐵廠裏，曾從礦渣中發現許多微細立方結晶體，而疑為鈦的單體，後來在一八四九年由弗勒 (Wöhler) 氏的研究，纔證明牠並不是鈦，乃是鈦的氮化物和氟化物的混合體 (18)。又在一八二五年，柏齊力阿斯氏 曾用鉀來還原氟鈦酸鉀 (pot. fluotitanate) K_2TiF_6 ，而取得無定形的鈦，質地極不純粹 (20)。雖然這種無定形的黑色鈦，帶有金屬光澤，只因不能溶解於氟酸中，故知其所含金屬鈦不多 (23)。

一八四九年弗勒和得維爾 (Deville) 二氏曾依柏齊力阿斯氏方法以製取純鈦，惟用封口坩堝，以屏除外界的空氣。不過所製出的成品，仍含氮化鈦 (titanium nitride) 在內，於是乃將金

屬鉀和氟鈦酸鉀盛『船塢』(boat)裏，置氫氣中加熱。最後製出一種灰色粉末，在顯微鏡下呈金屬光澤(7)、(10)、(18)。這種物質，在弗勒和德維爾的心目中，以為就是純鈦，不過松吞(M. Thornton)氏還認為他們所取得的是氮化鈦(23)。

一八八七年尼爾松(Lars Fredrik Nilson)和培忒松(Otto Petersson)兩氏曾在閉口的鋼管中，用鈉以還原四

氯化鈦，結果獲得純度達

百分之九十五的金屬鈦

(24)。至於麻桑(Mois-

son)氏利用電爐所取得

的鈦，其中絕無氮和矽等

雜質，惟含碳素約百分之

二(25)。



圖一一八 培忒松氏像

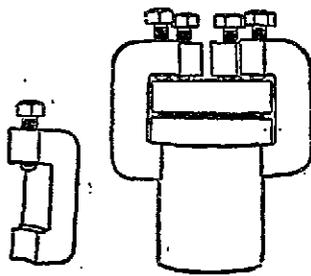
(Sven Otto Pettersson 1848-)

一八八一至一九〇八年間，培氏任瑞典斯德哥爾摩大學化學教授。曾同尼爾松(Lars Fredrik Nilson)氏研究金屬鈦，以及鈦和鎢(germanium)的物理性質。在理論化學上，培氏為贊成阿累尼烏斯(Arrhenius)氏的電離學說之第一人。

一九一〇年罕忒 (M. A. Hunter) 氏改良尼爾松和培忒松所用的方法，會製得純度達九九·九%的金屬鈦若干。他的方法，是將極純的氯化鈦和鈉的混合體，同置於爆炸機器中，加以高熱。這隻機器用鋼鑄成，內空，容積為一千立方呎 (c. c.)，能耐四萬磅的壓力而不至破裂。其中的小蓋，是放在軟銅做的填塞物之上，由六條帶子繫着 (見附圖一一九) (The lid, which rested on an intervening gasket of soft copper, was securely held in place by six braces)。

(素封案此段意義不明) 及熱度昇至低紅熱 (low redness) 時，則其中立起爆烈之反應。然後用水瀝去所成的氯化鈉，即得純粹的金屬鈦 (26)。

鈦在空氣中燃燒，則生二氧化鈦 (TiO_2)，通常為白色；因其折光指數 (refractive index) 甚高，故可做上等不透明白色塗料，又可用作釉藥。金屬鈦和鐵接合，則成「鈦鐵」(ferro-titanium)，乃一種有



圖一一九
罕忒氏提製純鈦用的爆炸器

(原圖見 *Rensscluer Polytechnic Institute, Eng. Sci. Series, No. 1, p. 6, (1911)*).

用的合金，如加於已鎔的鋼中，可以防止鋼中發生氣泡，而使鑄成的鋼器可免發生孔隙的弊病。由此可知無數世紀以來藏在格累高爾先生教區內的鑛物，一旦被化學專家分離為單體之後，即可直接造福於人類。

銻

瑞典有一位名叫希生·威廉 (Wilhelm Hisinger) 的大富豪，擁有發士特曼蘭德省 (Västmanland) 李達爾海答 (Riddarhytta) 地方的財產，以及柏斯耐斯的鑛廠 (Bastnäs Mine)。後來昇為貴族，外人改稱做他希生革爾 (Hisinger)。李達爾海答是發現鈷元素的布朗特 (Georg Brandt) 氏的出生地，本書第四章曾經提過。柏斯耐斯鑛廠乃是「銻鑛」(cerite) 的出產地，最初激起研究興趣的銻鑛材料就是由這裏發現的。

希生生於一七六六年十二月二十八日，自幼即愛祖國所產各種美麗的鑛石。年十五，曾寄銻鑛少許與當代著名化學家徐萊 (Schuele) 氏，請他分析。後來徐萊也做過一番研究工夫，據他的

回答，說是鈾礦裏面並沒有任何新金屬在內。由此我們可以證明就是鼎鼎大名的人物，有時也會發生錯誤的。但諾登瑟德男爵 (Baron Nordenskiöld) 則認為鈾礦很難處理，即採用近代新式方法，亦不易分析，所以他說徐萊的錯誤是「很可原諒」的 (11)。

柏齊力阿斯氏對於鈾礦，會有下邊一段敘述：

「在發士特曼蘭德附近的柏斯耐斯鐵礦山裏，蘊藏着一種比重極高的礦石，曾經被人發現，不過現在這處礦山已停止開採了。這種礦石，當時的人稱做「柏斯耐斯的重石」(heavy stone of Bastnäs)。徐萊曾這裏想取得錒元素，但沒得成功。從此這種礦石遂湮沒無聞，直至一八〇三年方纔由克拉普羅茲氏 (44)、希生

第十二章 利用鉀鈉所分出的元素——銻、銻、銻和銻



圖一〇 瑞典刻平(Köping)的徐萊像

革爾 (Hisinger) 氏和我 (29) 同時所注意。結果我們找出一種新物質，克拉普羅茲 叫牠「黃赭鑛土」(terre ochroite)，希生革爾 和我叫牠「氧化低鈾」(cerous oxide)。因為牠有兩種氧化物，除上述的氧化低鈾之外，還有一種高級的氧化鈾——這兩種氧化物的鹽類，所呈的顏色和性質彼此不同。Cerium (鈾) 字由 Ceres (栖里茲) (註一) 一字演變而成；起初由克拉



圖一二一 克隆斯塔特氏像

(Axel Friedrich Cronstedt 1722-1765)

瑞典化學家兼礦物學家，鎳的發現人，所著礦物體系 (System of Mineralogy) 一書，曾譯成許多種文字。克氏當時所謂的重礦，今日稱為鈾鑛 (cerite) ——「柏斯耐斯的重石」(tungstein of Bastnäs)。徐萊氏以為其中含有鎢在內。

普羅茲氏創用，但不久即廢。這種重石的主要成分為矽酸亞鈾 (cerous silicate)，故有「鈾礦」(cerite) 之名。後來又從其他各處出產的礦石中取得鈾質，例如加多林石 (gadolinite)、褐簾石 (allanite) (註二)、氟化亞鈾、鈾鈾礦 (yttrocerite) 和褐簾石 (orthite) (註三) 等等。(12)

(註一) 塞德里茲 (Ceres) 乃火星和木星軌道間的第一個小行星，當時甫由彼阿齊 (Piazzi) 氏所發現。

(註二) 塞封索 allanite 和 orthite 為一物，見商務地質礦物學大辭典 p. 922。

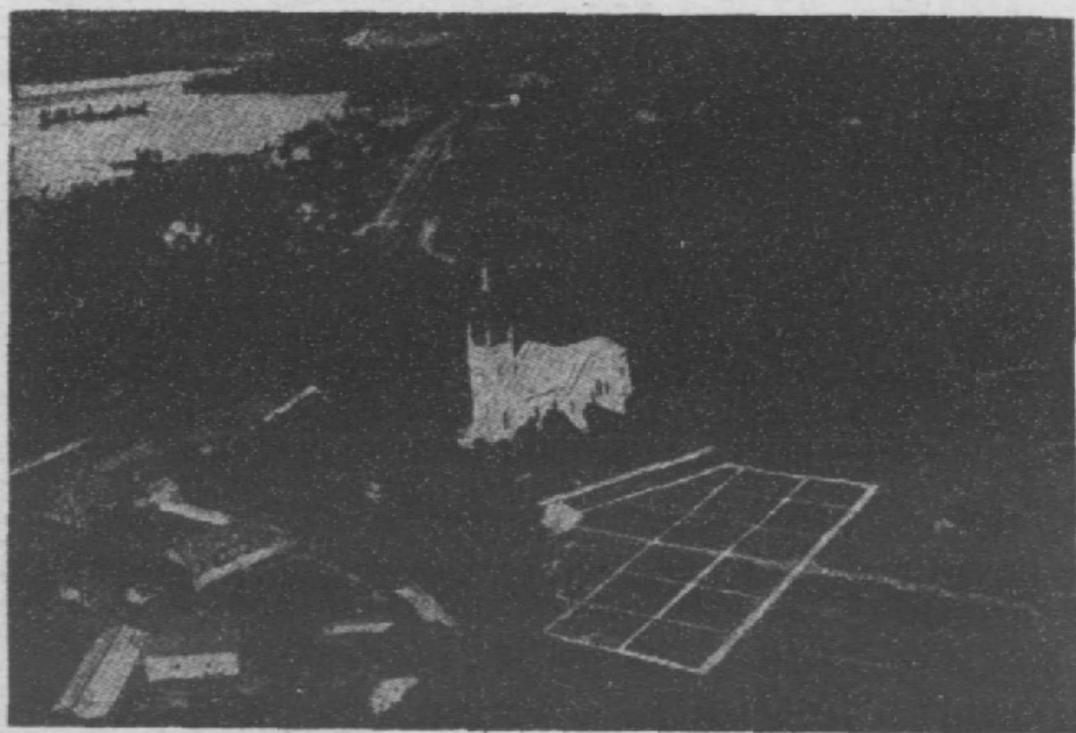
柏齊力阿斯和希生革爾二氏分析鈾礦 (cerite) 的主要目的，是想找出「鈾土」(yttria) 但當徐萊和得爾徐埃爾 (DeLanyer) 兩氏從事研究這種礦石時，還不認識鈾土，所以無從注意 (29)。雖然柏、希兩人沒曾發現出鈾土，可是他們研究的結果，卻把「鈾土」發現出來了。(註一)

(註一) 維尼古生雜誌 (Nicholson's Journal) 第九冊及第十冊所載論文，謂由得爾徐埃爾及柏齊力阿斯二氏所作。

在德國化學家弗勒氏所作的一篇一位化學家的早年回憶錄 (Jugend-Erinnerungen eines Chemikers) 裏，對於希生革爾氏的家庭描寫得十分。

「在法龍 (Fahlun) 地方我們逗留五天之後，即趕到斯金斯開台堡 (Skinskatteberg)。

那裏有希生革爾氏的產業；再由此趕了二十四小時的路，在一天的下午遇見了柏齊力阿斯先生。那位端莊和藹而又富創作天才的希生革爾氏就住在此地。因為他對於瑞典的地球構造鑛物學 (geognostic mineralogy) 和植物學上有很多貢獻，又因為他對柏齊力阿斯起初研究的費用，很豪爽的資助過，所以他的名聲很高。他的住宅很輝煌，四周繞以偉大的森林和花園，以及產鐵的鑛山等等；生活的闊綽，幾和王侯將相相埒。我們在這裏過了一星期的快樂生活，一部分的時間用在觀察希氏所採的標本，和用吹管試驗不認識的鑛



圖一二二 瑞典斯金斯開台堡鳥瞰

此處為瑞典鑛學家希生革爾 (Wilhelm von Hisinger) 氏的地址；鈾鑛即在希氏此處的鑛場中發現。



圖一二三 李達爾海答地方的「洗礦臺」

希生革爾 (Hisinger) 氏於一七八一年曾在李達爾海答 (Riddarhyttan) 發現銻礦。發現鈾之布朗特 (Georg Brandt) 氏即生於此處。

石還有一部分的時間，朗讀我所翻譯的希生革爾的鑛物地理學。我又和希生革爾和柏齊力阿斯二人結伴到李達爾海峽的鑛場去旅行，那裏只有柏斯耐斯豎坑 (Bastnashafte) 一處地方出產銻鑛 (cerite)。這時鑛坑的門口，已竟廢棄而不開採；我們在烈日之下，採集「銻鑛」和褐簾石 (cerin = allanite) 的標本，多至數百件。(13)

希生革爾氏是當時瑞典最負盛名的鑛物學家和地質學家，一八五二年六月二十八日逝世，享壽八十五歲。

瑞典的甘 (Gahn) 氏和法國的富古令 (Vauquelin) 氏均曾致力以製取金屬銻，惜結果都未成功。莫桑得爾 (Mosander) 氏曾製得「無水氯化亞銻」，並使之與鉀蒸氣發生很長時間的作用，及將殘渣用醇洗淨之後，即得一種櫻色粉末；若加一度研磨手續，遂起金屬光澤。這時所得之銻，仍不純淨，其中氧氯化物 (oxychloride) 甚多。德國弗勒氏亦曾製出不純的銻。希雷布朗德 (Hillebrand) 和諾爾吞 (Norton) 二氏，最後曾於一八七五年，利用通電析離已鑄化的氯化亞銻的方法，最初製出成塊的金屬銻。一九一一年希爾什·阿爾康博士 (Dr. Alcan Hirsch) 又製



圖一二四 希雷布朗德氏像

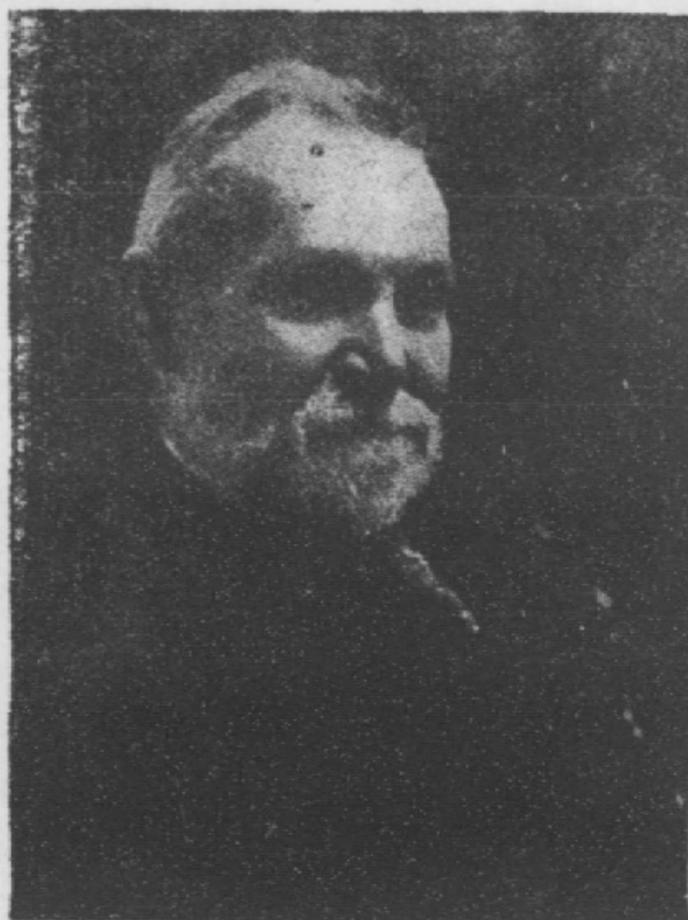
(William Francis Hillebrand
1853-1925)

美國地質調查所化學技師，以後轉任美國標準局(Bureau of Standards)化學主任技師。一九〇六年任美國化學會會長。著有矽酸和碳酸岩石之分析 (*The Analysis of Silicate and Carbonate Rocks*)一書。

得電解的鈾少許其中僅含有鐵、氧化鈾和碳化鈾等雜質約百分之二。提鍊的方法，是將含有雜質的鈾，先變為「汞齊」，然後放入塗有氧化鎂的石英管中，而蒸去水銀，即得較純之鈾。這種方法是希爾什博士在威斯康星大學 (Wisconsin Univ.) 研究三年的結果。

鈾與鐵共鎔，可以製成一種有自燃性的合金，若經打擊，即有連續不斷的火星放出，故可用以製造「自動燃煤氣機」 (automatic gas-lighter) (28)。

鈦



圖一二五 諾爾吞氏像

Thomas H. Norton (1851-)

美國威斯康星大學化學教授，著有關於染料、棉子油工業、木灰提製法、空中氫氣利用法等書。曾與希雷布朗特（Hillebrand）氏共同研究鈦的提煉法。諾氏又曾出任土耳其和薩克森的美國領事。

一八一五年當柏齊力阿斯氏正從事分析法龍地方所產的稀罕鑽石時，曾發現一種新物質而疑為一種新金屬的氧化物。柏氏為欲紀念古代斯干的那維亞地方名叫Thor（素封案係北歐神話中的雷神，乃一紅鬚紅髮的少年，乘山羊車，手持一鐵鎚，動則發生雷電）的天神，故稱這種金

屬曰 thorium (鈷)。十年之後，柏氏又發現這種物質並非新土質，乃是一種磷酸鈣。後來柏齊力阿斯氏在一八二八年果真發現出一種新元素，這時因為他很愛『thorium』一字的緣故，他便稱這個新元素做 thorium (鈷)了。

柏氏自述發現鈷的經過說：

『我用來做下列實驗的鑛石，乃是由挪威西南部勒佛島 (Løvo) 上所產的黑花崗岩 (syenite) 中找出的。起初由埃斯馬爾克牧師 (Esmarck)所發現，埃氏為克利斯提阿尼阿大學 (Christiania Univ.)著名教授，其父名顏斯 (Jens)。顏斯先生發覺這種鑛物的比重很大，擬為鉍土 (earth of tantalum)，特寄贈標本若干，囑我加以研究。鑛物色黑，無結晶形狀及紋理；從外表看來，幾乎完全同伊特比 (Ytterby)出產的加多林石 (Gadolinite)一樣，表面常包着一層鐵銹色的薄皮。』(12)

這種鑛物的主要成分是矽酸鈷 ThSiO_4 ，現今名為鈷石 (thorite)。

『元素鈷』亦如本族中的其他金屬，極難分離為單體。柏齊力阿斯把鉀和氟化鈷鉀的混合

物置玻璃管中加熱，曾取得不純粹的釷素。利利 (D. Lely) 和漢布鳴爾 (L. Hamburger) 兩氏曾將鈉與氯化釷共同蒸餾，而流入一隻空鋼筒中，因此製得純度達百分之九十九的釷塊 (9)。(41) 綜觀本族中鈾、鈾、鈾和釷四種元素的分離，均須借助於得維爵士 (Sir Humphry Davy) 所發現的鹼土金屬，實在是一件很有趣的事。

一八九八年居禮夫人在巴黎，又斯密特教授 (G. C. Schmidt) 在德國明斯忒大學 (Münster Univ.) 各自獨立發現釷為一種放射性元素，其性質與鈾相同 (43)。自從這種性質發現之後，科學界遂開闢了一條新的研究道路，接踵發現了一大族的放射性元素。至今公認釷素是這一大族元素的鼻祖。關於這族元素的發現經過，將來另章詳述，茲不多贅。

參考材料

- (1) Klaproth, "Ueber die vorgegebene Reduction der einfachen Erden," *Orell's Ann.*, 15, 110 (1791).
- (2) "Biographical Notice of the Rev. William Gregor," *Annals of Phil.* (L), 11, 112-4 (Feb., 1818).
- (3) Söderbaum, "Jac Berzelius Bref," Vol. 3, part 6, *Almqvist and Wiksells, Upsala 1912-1914*, p. 47. Letter of Berzelius to Thomson, Autumn, 1816.
- (4) Pogendorf, "Biographisch-Jäherarisches Handwörterbuch zur Geschichte der exulten Wtlg."

- sensschaffen," 5 vols., Verlag Chemie, Leipzig, 1863-1926. Article on Gregor.
- (5) Gregor, "Beobachtungen und Versuche über den Menakanit, einen in Cornwall gefundenen magnetischen Sand," *Crelle's Ann.*, 15, 40-54, 103-19 (1791).
 - (6) Thomson, "History of Chemistry," Vol. 2, Colburn and Bentley, London, 1831, p. 231.
 - (7) Jagnaux, "Histoire de la Chimie," Vol. 2, Bandry et Cie, Paris, 1891, pp. 389-40.
 - (8) Klaproth, "Analytical Essays towards Promoting the Chemical Knowledge of Mineral Substances," Cadell and Davies, London, 1891, pp. 200-10.
 - (9) Mellor, "Comprehensive Treatise on Inorganic and Theoretical Chemistry," Vol. 7, Longmans, Green and Co., London, 1927, pp. 1-2, 98-9, 174-8. Articles on Titanium, Zirconium, and Thorium.
 - (10) Wöhler, "Sur le Titane," Letter to Pelouze, *Compt. rend.*, 29, 505 (Nov. 5, 1849); Wöhler and Deville, "Mémoire sur l'affinité spéciale de l'azote pour le titane," *Compt. rend.*, 45, 480-3 (Oct. 5, 1857); "Recherches sur le Titane et son Affinité spéciale pour l'Azote," *Ann. chim. phys.* (3), 52, 92-7 (Jan., 1868).
 - (11) Nordenskiöld, "Scheeles nachgelassene Briefe und Aufzeichnungen," Norstedt & Söner, Stockholm, 1892, p. 351.
 - (12) Jagnaux, "Histoire de la Chimie," ref. (7), Vol. 2, pp. 195-9.
 - (13) Wöhler, "Early Recollections of a Chemist," translated by Laura R. Joy, *Ann. Chemist.*, 6, 131 (Oct., 1875); "Jugend-Erinnerungen eines Chemikers," *Ber.*, 6, 838-52 (1875).

- (14) Rev. 21:20.
- (15) Jagnaux, "Histoire de la Chimie," ref. (7), Vol. 2, p. 176.
- (16) Gregor, "Experiments on a Mineral Substance Formerly Supposed to Be Zeolite, with Some Remarks on Two Species of Uran-glimmer;" *Proc. Roy. Soc. London*, 1, 209-10 (July 4, 1805).
- (17) Gregor, "On a Native Arseniate of Lead;" *Proc. Roy. Soc. London*, 1, 331 (Apr. 13, 1809). Communicated by Chas. Hatchett.
- (18) Wöhler, "Note sur le Titane;" *Ann. chim. phys.* [3], 28, 382-3 (Mar., 1850); [3], 29, 166-87 (June, 1850); *Phil. Mag.* [3], 36, 67-8 (Jan., 1850); "Ueber die Natur des metallischen Titans;" *Ann.*, 73, 34-49 (1850).
- (19) Wollaston, "On Metallic Titanium;" *Annals of Phil.* [1], 21, 67-8 (Jan., 1823).
- (20) Berzelius, *Pogg. Ann.*, 4, 3 (1825).
- (21) Klaproth, "Analytical Essays towards Promoting the Chemical Knowledge of Mineral Substances;" ref. (8), pp. 499-509.
- (22) Rose, H., *Pogg. Ann.*, 16, 57 (1829).
- (23) Thornton, "Titanium;" *Chem. Catalog Co.*, New York City, 1927, pp. 42-5.
- (24) Nilson und Pettersson, "Über einige physikalische Konstanten des Germaniums und Titans;" *Z. physik. Chem.*, 1, 27-8 (Feb., 1887).
- (25) Moissan, "Préparation et propriétés du titane;" *Compt. rend.*, 120, 290-6 (Feb. 11, 1895).
- (26) Hunter, "Metallic Titanium;" *J. Am. Chem. Soc.*, 32, 380-6 (Mar., 1910).

- (27) Hillebrand and Norton, *Pogg. Ann.*, 155, 631 (1875); 156, 466 (1876).
- (28) Levy, "The Rare Earths," Longmans, Green and Co., London, 1915, pp. 314-7.
- (29) Hisinger and Berzelius, "Account of Cerium, a New Metal Found in a Mineral Substance from Bastnaë, in Sweden," *Nicoliscn's J.*, 9, 290-300 (Dec., 1804); 10, 10-2 (Jan., 1805); Berzelius, "Analyse de la gadolinite," *Ann. chim. phys.* [2], 3, 26-34 (Sept., 1816).
- (30) Hirsch, "The Preparation and Properties of Metallic Cerium," *Met. Chem. Eng.*, 9, 540-4 (Oct., 1911).
- (31) Klaproth, "Kleine mineralogische Beiträge," *Cvells Ann.*, 11, 7 (1789); *Ann. chim. phys.* [1], 1, 6 (1789).
- (32) Klaproth, "Analytical Essays, towards Promoting the Chemical Knowledge of Mineral Substances," ref. (8), pp. 175-94.
- (33) *Ibid.*, pp. 195-9.
- (34) de Morveau, "Sur l'Hyacinthe de France, congénère à celle de Ceylan, et sur la nouvelle terre qui entre dans sa composition," *Ann. chim. phys.* [1], 21, 72-95 (Jan., 1797).
- (35) "Extrait d'un Mémoire du Cit. Vauquelin, contenant l'analyse comparative des Hyacinthes de Ceylan et d'Expailly, et l'exposé de quelques-unes des propriétés de la terre qu'elles contiennent," *Ann. chim. phys.* [1], 22, 178-210 (May, 1797).
- (36) "Extrait d'une Lettre de M. Berzelius à M. Dulong," *Ann. chim. phys.* [2], 26, 43 (1824).
- (37) Venable, "Zirconium and Its Compounds," Chem. Catalog Co., New York City, 1922, pp. 22-6

- (38) Weiss and Naumann, "Darstellung und Untersuchung regulinischen Zirkoniums," *Z. anorg. Chem.*, **65**, 248-78 (Jan. 8, 1910).
- (39) Wedekind and Lewis, "Studien über das elementare Zirkonium," *Ann.*, **371**, 368-87 (Heft 3, 1910); Wedekind, *Ann.*, **395**, 149-94 (Heft 2, 1912).
- (40) Moissan, "Sur la volatilisation de la silice et de la zircone et sur la réduction de ces composés par le charbon," *Compt. rend.*, **116**, 1222-4 (May 29, 1893).
- (41) Leiy and Hamburger, "Herstellung der Elemente Thorium, Uran, Zirkon, und Titan," *Z. anorg. Chem.*, **87**, 209-28 (May 26, 1914).
- (42) Venable, "Zirconium and Its Compounds," ref. (37), pp. 126-32.
- (43) "Classic of Science: Radioactive Substances by Mme. Curie," *Soc. News Letter*, **14**, 137-8 (Sept. 1, 1928).
- (44) "Classic of Science: Account of Experiments Made on a Mineral Called Cerite, and on the Particular Substance Which It Contains, and Which Has Been Considered as a New Metal, by M. Yauquelin," *Soc. News Letter*, **20**, 188 (Aug. 29, 1931).

405006



自然科學小叢書

化學元素發見史

下 冊

M. E. Weaks 著

黃素封 俞人駿譯

王雲五 周昌壽 主編



商務印書館發行

自然科學小叢書

化學元素發見史

下 冊

M. E. Weeks 著

黃素封 俞人駿譯

王雲五 周昌壽 主編

商務印書館發行

第十三章 利用鉀鈉分出的另四種元素——鉍硼矽和鋁

阿羽伊長老 (Abbe Haiy) 考察綠玉石 (beryl) 與綠柱石 (emerald) 二物，發覺其極度相似，幾至不可分辨，結果遂將鉍元素 (beryllium) 發現。法國分析化學家富古令氏根據阿長老的建議，將這兩種礦物做了一番仔細的化學分析的研究，於是在一七九八年發現這兩種礦物確實是同樣的物質，而且其中還含一種新的土類金屬；他命名為「甜土」(glucina)，現今稱做鉍土 (beryllia) (即今日之氧化鉍)。三十年後德國化學家弗勒 (Wöhler) 和法國化學家彪西 (Bussy) 二氏，各自獨立將這種金屬分出。元素硼 (boron) 的分出，是一八〇八年。法國該·律薩克 (Gay-Lussac) 氏和泰那爾 (Thenard) 氏以及英國德維 (Davy) 氏三人用鉀還原硼酸所得的粉末狀的矽雖然在一八二三年就由柏齊力阿斯 (Berzelius) 氏所製出，但是結晶形的矽元素，乃是三十餘年後纔由得維爾 (Henri Sainte-Claire Deville) 氏用

電解法製出。鋁是丹麥的物理學家厄斯泰德 (Oersted) 氏在一八二五年最初分出的；兩年之後弗勒氏又用一種較好的方法製出來。至於這種金屬能在商業上成爲大宗的商品，就應當歸功於得維爾、豪爾 (Charles Martin Hall) 以及赫羅爾德博士 (Paul L. T. Heroult) 幾人的苦心了。

* * * * *

「可是新現象既經說明，我的擔心和憂愁就消失了；而且每逢找出一種重要的新研究材料時，實在使研究的人欣喜得心花怒放。」(1)

鉍

論到鉍的發現，孚克拉 (Fourcroy) 氏有一次說過：「我們所以能够發現鉍，就要把大部分的功效歸於幾何學；因爲有了幾何學，我們對於鉍纔有初期的觀念。我們也可以說假使沒有幾何學，恐怕再經過若干年代，也不能發現這種金屬的。因爲當時如果沒有阿羽伊長老發現出兩種鏷



圖一二六 阿羽伊長老像

(René-Just Haüy 1743-1822)

阿羽伊為法國礦物學家，曾推演而得結晶學的定理，並依結晶體皆由相似的平行六面體所構成之事實，而解釋岩石的劈裂性 (cleavage)。又為承認綠玉石 (beryl) 和綠柱石 (emerald) 在幾何學上完全相當的第一人。富古令 (Vauquelin) 根據阿羽伊長老的建議，作以上兩種礦物的化學研究，因而發現新元素鉍。

石的幾何形狀的完全相同而僅有克拉普羅茲 (M. Klaproth) 氏對於綠柱石的分析結果，以及平特海莫 (M. Bindeheim) 氏對於綠玉石的分析結果，恐怕仍舊不能引起當時學者認為這種工作是不可能的 (5)。

克拉普羅茲氏分析祕魯出產的綠玉石，曾發表其中含有之成分如下表：

砂土 (silica, "silex")

66.25%

鋁土(alumina, "alumine 或 argil") 31.25%

氧化鐵(iron oxide) 0.50%

關於實驗上所浪費的材料，他說道：「這次分析工作上所用的綠寶石，完全是加利特斯皇子 (Dimitri Gallitzin) 所贈給我的，他對於研究礦物的熱忱，極值得欽仰。」(22)

綠玉石也會被柏格曼 (Berzmann)、阿哈特 (Achat)、平特海莫 (Pindheim) 和富古令 (Vauquelin) 等氏分析過，他們都以為是一種矽酸基的鋁鈣化合物(23)。其實這種礦石與綠柱石的完全相同點，卻沒有人注意到。直到法國著名礦物學家阿羽伊長老，纔將牠們的結晶體，以及物理性質，加以詳細的研究，而證實其完全相同；同時並請富古令氏從事化學的分析。

富古令氏雖然在先即因為牠的性質與氧化鋁十分相似，沒有將這種新金屬察出；可是在一七九八年他發現綠玉石的酸溶液，加上苛性鉀溶液之後，所沈澱的氫氧化合物，不能溶於過剩的鹼液中。其他方面，也與氧化鋁不相同；如不能結成礬塊，而可溶於碳酸銨中，牠的鹽類具有甜味等。富古令的論文，在法國革命日曆開始後的第六年五月二十六日，即一七九八年二月中旬，在法

國科學院(French Academy)宣讀(6)(23)其主旨則在證實綠玉石和綠柱石含有同樣的成分，而且這兩項鑽石都含有矽、氧化鋁及一種新金屬。他曾將這種新金屬的標本送一分給法國科學院保存。又經法國理化年報(*Annales de Chimie et de Physique*)主筆的建議，他將這新金屬名爲 *elucina*，這字本有甜的意思(漢名特譯爲「甜土」)。富古令分析時所用的綠玉石是市民巴靈(Citizen Parin)氏所供給的。巴靈氏對於促進科學發展的熱忱，是科學界任何人都熟悉的。(23)

富古令氏認爲柏格曼氏對於綠玉石的化學性質所下的錯誤結論，是由於他不肯「將整個活動的心靈，應用到實驗上細微末節的小地方。」譬如柏格曼和平特海莫二人，都是一樣，常將實驗交給他們年青的徒弟們去做，——他們雖然看見了有新物質發生，但是不能辨別出來是甚麼。按平特海莫氏的分析結果，他說綠玉石含有砂土六四%、鋁土二七%、石灰八%和鐵二%(總計101%)(23)。

在富古令氏發現銻與氧化鋁之後，他曾分析過一塊祕魯出產的綠柱石，其結果與他從前所

分析的以及克拉普羅茲 (Klaproth) 氏所分析的，迥然不同；茲將他這一次分析結果抄下：

砂土	六四·六〇
鋁土	一四·〇〇
鉍土	一三·〇〇
石灰	二·五六
氧化鎳	三·五〇
水及其他揮發性物質	二·〇〇
合計	九九·六六

不久格美楞 (J. F. Gemelin) 氏分析一塊由西伯利亞出產的綠玉石，證實富古令的分析在該物的重要成分，大致不錯；只是格美楞氏未曾分出石灰，他僅分出砂土、鋁土、鉍土和少量的氧化鐵 (26)。

因為鉍土 (yttria) 和『甜土』都能組成具有甜味的鹽類，所以克拉普羅茲氏特意叫後者



圖一二七 格美楞氏像

(Johann Friedrich Gmelin
1748-1804)

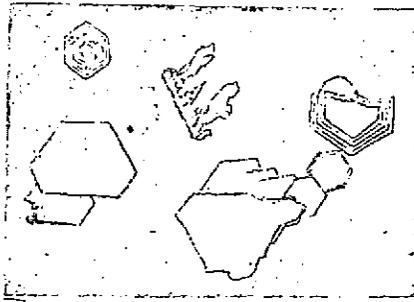
著名化學史作家，著有化學史（*Geschichte der Chemie*）一書，於一七九七至一七九九年間刊行。曾任丟平根和革丁根兩處大學的化學教授，為 Leopold Gmelin 之父。

為鉍土 (earth beryllia)，我們至今仍舊用這名字。現在我們知道綠玉石和綠柱石同是矽酸鋁鉍 ($\text{Be}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_3)_6$)。

金屬鉍最初是由弗勒 (Wöhler) 和彪西 (Bussy) 在一八二八年八月用鉀和氯化鉍相作用，而各自獨立發現出來的 (7)、(8)。弗勒氏把一層一層的氯化鉍和板狀的金屬鉀，互相重疊放在鉑坩堝中，緊緊蓋住，然後用酒精燈加熱而得。當作用時，隨即發生猛烈的反應，以致鉑坩堝燒

至白熱；及完全冷卻之後，把坩堝打開，投進大量的水中，於是灰黑色的鉍粉，即分離而出。弗勒氏將這種不能溶解的物質洗出，發現是一些金屬微粒；及經磨擦之後，即呈黑色的金屬光澤，可是他並沒有設法把鉍鎔化（8）。

最先用電解法製造純粹鉍的，是法國化學家勒善（P. Lebeau）氏（27）（29）。他先把氟化鉀或氟化鈉加入純粹的氟化鉍中，使成導體；將這種混合物放在鎳製坩堝中，用本生燈加熱鎔化後，乃取八十分之二十安培的蓄電池一隻，將其陽極連於混合物上，陰極連於鎳坩堝上。如是不到一小時，則有鉍的結晶體，附在鎳坩堝。然後取出結晶體，逐次用水及純乙醇洗過，再置於真空乾燥器中乾燥之，遂獲得含有九九·五%至九九·八%的金屬鉍。這次研究的結果，就是他在一八九八年六月所做的博士學位論文的材料。



圖一二八 純鉍之六角形結晶

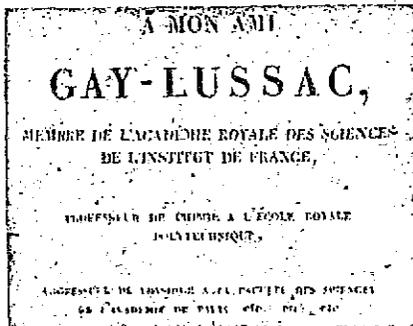
〔原物最初由法國化學家勒善（P. Lebeau）氏所提取而得。〕

因為鋁和鉛的各種合金，都質輕而堅強，又不容易受外物侵蝕，所以為飛機製造的必需品。又因自然界的鋁鉛兩種礦物分佈很多，所以當需要增加的時候，牠們的價格是有減少的希望的。

硼

硼酸的化學組成若何，直至十九世紀的初年，還是一個啞謎。法國化學大師拉瓦錫 (Lavoisier) 氏相信其中含有氧，並且在他的元素表中，也將硼酸基排列進去（註一）（20）。一八〇八年法國的該·律薩克和泰那爾二氏，及英國的得維氏，最先證明硼酸的成分。他們證明的方法，都是用鉀來還原，由是而獲得一種新元素。這種元素，法國化學家

第十三章 利用鉀餉分出的另四種元素——鉍、矽、硼、鋁



圖一二九 泰那爾氏著作之「呈獻頁」

泰那爾 (Thénard) 氏所著作之化學專書 (*Traité de Chimie*)，共五冊，在內封面上，印有「獻給友人該·律薩克氏」字樣，此其書影。

名之爲 bore，而得維爾士卻叫牠做 boracium。

(註一)見本書第十章第一節中所開之元素表。

該·律薩克名約瑟夫·路易 (Joseph Louis Gay-Lussac)，一七七八年十二月六日生於法國利摩日 (Limoges) 附近的聖·雷俄那特 (St. Leonard) 地方，他的年齡只比得維爾士長十一天。他在聖·雷俄那特受過初等教育之後，即到巴黎進學，十九歲入多藝專門學校讀書，在此



圖一三〇 該·律薩克像

(Joseph Louis Gay-Lussac 1778-1850)

法國多藝專門學校和植物園 (Jardin des Plantes) 的化學教授。與泰那爾氏共同不借電池的助力，而製取鉀，又曾分離硼元素。一八〇九年該氏發現氣體化合的容積定律。

不久，就認識了泰那爾，後來他們兩人成爲終生良友和工作的侶伴。



圖一三一 泰那爾氏像

(Louis Jacques Thenard 1777-1857)

法國多藝專門學校化學教授，爲二氧化二氮的發現人，曾與該·律薩克氏共同研究鉀、硼、碘和氯。泰氏又研究過多種脂肪酸、酯類及醃類。

再後不久，他在工業專門學校 (École des Ponts et Chaussées) 中又認識了柏托雷 (Berthollet) 氏。柏氏曾經對他說：『年輕的朋友，你的命運是要使你有一些發明的。』(3) 他和柏托雷的兒子在阿爾庫爾 (Arcueil) 一家用氯漂棉布的工廠裏，做過一個時期的工作。一八〇

二年新年的那一天，該·律薩克就任多藝專門學校的助教，他從此常代孚克拉 (Foureroy) 氏去講授化學。

兩年之後，他和俾奧 (Biot) 氏曾冒險坐汽球上昇天空中，研究磁針的動作，以及高空中空氣的組成。有一次他們昇至七千零一十六米尺的高處，但是還想再向上昇，該·薩律克便將許多小物件丟出去，借以減輕汽球的重量。這時有一位收羊女立在田間，她忽然看見天空中掉下來一把白色的木椅子，覺得十分驚奇；農夫們聽見她的報告之後，也不能說出所以然來；不過他們認為如果那把椅子真是由天上直接降下來的，那嗎這椅子的工程，決不會是如此粗笨罷。

再後該·律薩克和著名地學家洪保德 (Von Humboldt) 氏遊歷並研究意大利各處，事後回到多藝專門學校，便和泰那爾 (Louis Jacques Thenard) 氏開始做長期的研究工作。泰那爾是一位木匠的兒子，一七七七年五月四日生於諾戎·蘇·桑 (Nogent-sur-Seine) 附近的盧亞 (Louviers) 亞村 (La Loupière)。他幼年在家鄉受當地牧師的教育，以後就跑到巴黎 學化學。在巴黎 勤勉地學習三年，繼得着富古令 和孚克拉 兩位先生的青眼相待。在富古令 的幼年困難中，孚克拉 曾幫



圖一三二 該·律薩克和俾奧二氏乘汽球上升

(採自 Appleton 著 *Beginners' Hand Book of Chemistry*)

助過他很多。今番富古令也同樣的幫助泰那爾（Thenard），使他在巴黎寄宿學校（Parisian Pension）裏得一個教員的位置。一七九八年該·律薩克和泰那爾二人，在多藝專門學校裏晤面，不久他兩人都在那裏做了教授。

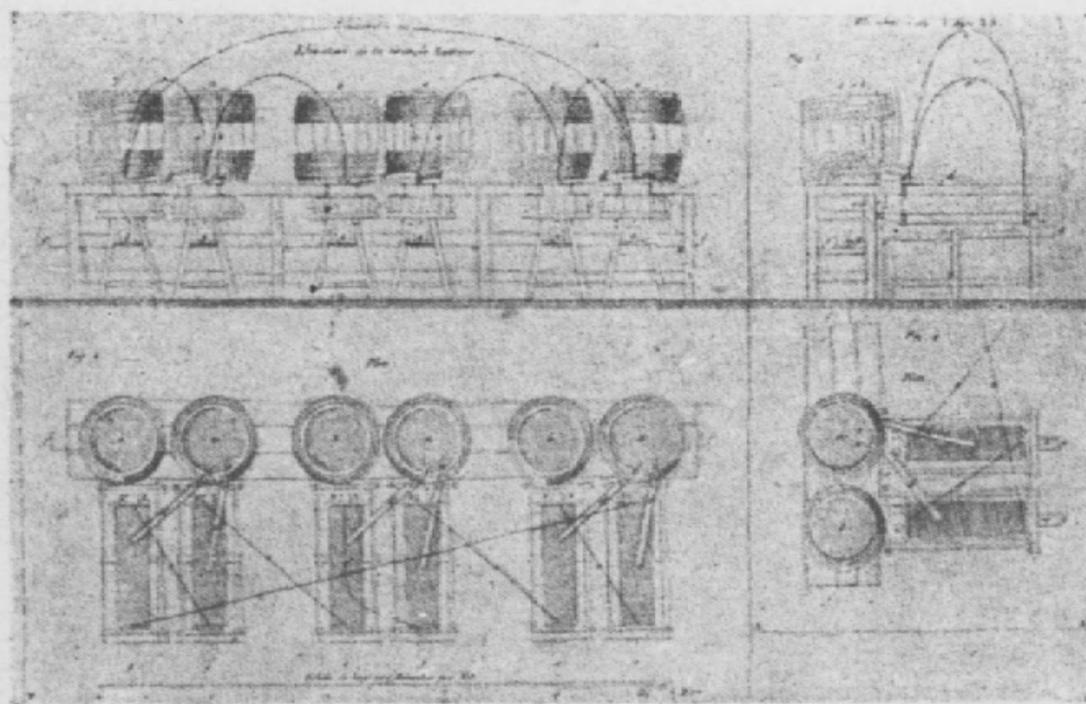
當得維氏分離鹼性金屬的消息，在一八〇八年傳到巴黎之後，拿破崙便供給該·律薩克和泰那爾二氏一具電力很強的電池（voltare pile）。這電池還沒有裝好之前，他們表示這些金屬可以不用電池，只將金屬鐵在高溫度時遞原苛性鹼，即可取得。這種新方法，英國得維氏也覺得他自己的方法為好，不久就採用了。法國化學家用這種方法所取得的鉀，不久也就利用作分解碳酸的材料。

一八〇八年六月二十一日多藝專門學校宣讀該·律薩克和泰那爾二氏寫來的一篇實驗摘要。他們說到用鉀處理硼酸所得到的結果，祇可認為酸中含有可燃物質和氧兩種東西（21）。正當宣讀這篇東西的時候，該·律薩克因為實驗時發生爆炸，幾乎把眼睛炸壞了，病得很厲害（20）。



圖一三三 取鉀設備

上圖為該·律薩克和泰那爾二氏用鐵還原木灰(potash)而取鉀的儀器。



圖一三四 拿破崙賜給多藝專門學校的大電池。

RECHERCHES
PHYSICO-CHIMIQUES.

PREMIÈRE PARTIE.

RECHERCHES SUR LA PILE.

1. **N**OTRE premier soin dans ces recherches, a dû être de nous occuper de la construction de la grande batterie que l'Ecole polytechnique doit à la munificence de S. M. I. et R. Cette batterie dont nous allons donner la description, est composée de six cents paires carrées. Chaque paire formée de l'assemblage de deux plaques, l'une de cuivre, du poids d'un kilogramme, et l'autre de zinc, du poids de trois kilogrammes, a trois décimètres de côté : la surface d'une plaque est par conséquent de neuf décimètres car-

圖一三五 該泰二氏書影

該·律薩克和泰那爾二氏合著物理化學之研究 (*Recherches Physico-Chimiques*) 一書, 在第一頁上有致謝拿破崙賜給多藝專門學校大電池的辭句, 詳見以上書影。

在學術界還沒有完全承認該·律薩克和泰那爾二氏的證明以前, 他們不僅想分析硼酸, 還想把硼酸再配合起來。在同年十一月三十日, 他們在理化年報 (*Ann. de Chi. et de Phys.*) 上發表說: 「硼酸的組成若何, 已不成問題; 實則我們已經能夠將硼酸隨意分析和隨意配合了。」他們

所用的方法如下：——

『分解硼酸時，先將等量的金屬鉀和純淨透明的硼酸，放在一隻紫銅管中，管上連着一支曲玻璃管。將銅管置於小火爐中，玻璃管之一端置於盛水銀的燒瓶裏。及一切儀器佈置妥當後，即徐徐加熱，使銅管全部熱至微紅；如是數分鐘，手續即畢；待冷卻後取出其中物質即得。』

該·律薩克和泰那爾曾詳述過實驗的經過。茲錄於下：——

『當熱度高至一百五十度時，如果是用玻璃管做實驗的，那些混合物就立時驚人地灼熱起來，十分厲害。因為所發生的熱度太高，所以玻璃管就少許熔了，甚至破裂了；而且管內空氣差不多沒有一次不是向外着力噴出的。從實驗的開始到實驗的末了，只有空氣和氫氣泡放出——這兩種氣體的放出量，還不及同量的鹼金屬與水起作用時所放出的五分之一。在分解一部分的硼酸時，金屬鉀即已用盡；而此兩種物質在互起反應時，遂變為一種橄欖灰色的物質，即鉀、硼酸鉀及硼酸根等的混合體。置該物於試管中，加水少許，徐徐熱之，然後以冷水或熱水洗滌，其不能溶解的一部分即硼酸根……』

將新取得的硼酸根放在氧氣中去燒，或者最好用氯酸鉀、硝酸鉀或酸硝來氧化。該·律薩克和泰那爾二氏曾製出人造的硼酸，並將製成品送給多藝專門學校。他們得了這種實驗的結果，即斷定說：『這種我們現在提議命名為 bore 的物體，具有一定特性，可以放在碳、磷或硫的旁邊而不起變化，並且我們以為要是把牠變成硼酸，那是需要多量的氧氣，但在還未變成硼酸以前，須經過氧化硼的變化的。』（21）（38）。

次年該·律薩克又對化學界有更大的貢獻，乃是化學上著名的氣體化合定律。他後來就在多藝專門學校及植物園 (Jardin des Plantes) 兩處教授化學。及一八一一年庫爾特瓦 (Courtois) 氏發現碘之後，該·律薩克和泰那爾會將碘的性質仔細研究一番，並將結果作成報告書，至今依然為化學界所珍視。該氏於一八五〇年五月九日在巴黎逝世（3）。英國學術大家得維 (Davy) 氏曾說道：『該·律薩克為人靈敏、活潑、慷慨、謙虛，具有智巧的心思，和熟練的手腕，我們應當推崇他為當代法國最偉大的化學家。』（4）

泰那爾除和該·律薩克合作了很多無機物的研究，此外他對於有機化學也有很重要的貢

獄，泰那爾比該氏多活七年，當一八五七年六月二十四日他八十歲的時候，纔與世長辭。他同村的人爲尊敬他起見，將村名改爲泰那爾·盧提亞村 (La Loupière-Thénard) (29)。

得維分離硼元素的方法，和法國化學家所用的方法極其相似；他在專心研究鹼類時，將電流通過硼酸，會發現在陰極上積有一種色暗而且可燃燒的物質，但是當時他並沒有仔細去研究牠。(36)。次年他把硼酸和鉀的混合物，放在一隻銅管裏，用火燒熱至紅熾，停留十五分鐘；等他去觀察其中所含的物質時，則鉀已不復存在，全部都變爲灰色的粉末。加水或酸於粉末中，亦不發生沸騰現象。得維氏發現金屬硼的論文，是一八〇八年六月三十日在英國皇家學會宣讀的。(28)。

砂

得維爵士雖然相信砂土不是一種元素，但是他也不能用強電流的電池去分解牠，並且他曾用鉀蒸氣通過紅熱的砂土去分離砂元素，也沒得成功。該·律薩克和泰那爾二氏看出四氟化矽

和鉀共同燒熱時，有強烈的反應發生；且由此可獲得一種紅褐色的可燃的固體。這或許是一種極不純淨的無定形的矽（39）。

柏齊力阿斯（Bezelius）氏將矽鐵和碳的混合物，燒至極高的熱度，曾獲得鐵化矽。加鹽酸於鐵化矽中以分解之，則有矽土的洗滌發生；此時所生的氫氣，較專用鐵所分出的爲多，足以證明其中必另含有別種金屬在內（9）。

最後至一八二三年柏齊力阿斯終於察出這種類似金屬的物質，是由矽土中得來的；且曾用兩種不同的方法，取得牠的不定形物。第一法是在四氟化矽的氣體中將鉀燒熱，與該·律薩克和泰那爾二氏前曾做過的實驗一樣，結果獲得一種褐色物質。投此物於水中，即放出氫氣，而有矽元素產生。此物爲深褐色粉末，不能溶解，其中混有難溶解之氟矽酸鉀，故洗滌於水底。這種褐色粉末，以前雖先後由維氏、泰那爾氏和該·律薩克氏諸人製得，但僅柏齊力阿斯氏一人由其耐心和長時間的洗滌，將雜質氟矽酸鹽洗去而取得純體（9）、（32）。

在第二法中，柏氏將氟矽酸鉀與過剩之鉀共熱，結果矽化鉀易被水分解，遂有不定形之矽而

沈於六底。

柏齊力阿斯氏在一八二四年八月所發表的論文中，關於分解砂土的經過，曾曰：（32）

『沒有一件東西比製取砂元素更容易；我所採用的方法如下：先將鉀或鈉與砂的複氯化物，熱至紅熾，使其中水氣（hydrometric water）逸出，然後置於玻璃試管中，緊閉其一端。再將鉀的碎片加入該管，溶解之，敲擊之，使之與管內粉末混合均勻。再後用酒精燈加熱；及將達紅熾時，每有輕微爆炸聲發生，此乃砂元素還原的明證。等到管中物質冷卻之後，傾入水中，將能溶解之物完全溶解，這時起初放出氫氣，而有 silicuret of potassium 產生。』

『洗出的物質即 hydruret of silicon 及燒至紅熾時，投入氧氣中，即能猛烈燃燒，惟不能完全起氧化作用。然後盛於有蓋的鉛製坩堝中，用火徐徐熱至紅熾。此時氫氣即獨受氧化，而砂則不能再在氧氣中燃燒，但砂卻最易受氫氣所侵蝕。所製得之微量砂土（氧化砂），可用氟酸溶解之。若砂未曾經高熱的火候，氟酸即能將其溶解而徐徐放出氫氣。據我的合成實驗的結果，則氧化砂中含氧之重量，為全重之五二%；錯也能用同樣的方法製取。』（32）

柏齊力阿斯氏由前法所製得的矽，質地不純潔而且是无定形的。

最先製得結晶矽的是得維爾·亨利 (Henri Sainte-Claire Deville) 氏，時當一八五四年 (9) (31)。在他研究鉛的過程中，他用強度的電池分解不純淨的氯化鉛鈉，結果獲得一種色灰性脆的粒狀物質，熔後即得一種有鑲質光澤之片狀物體。

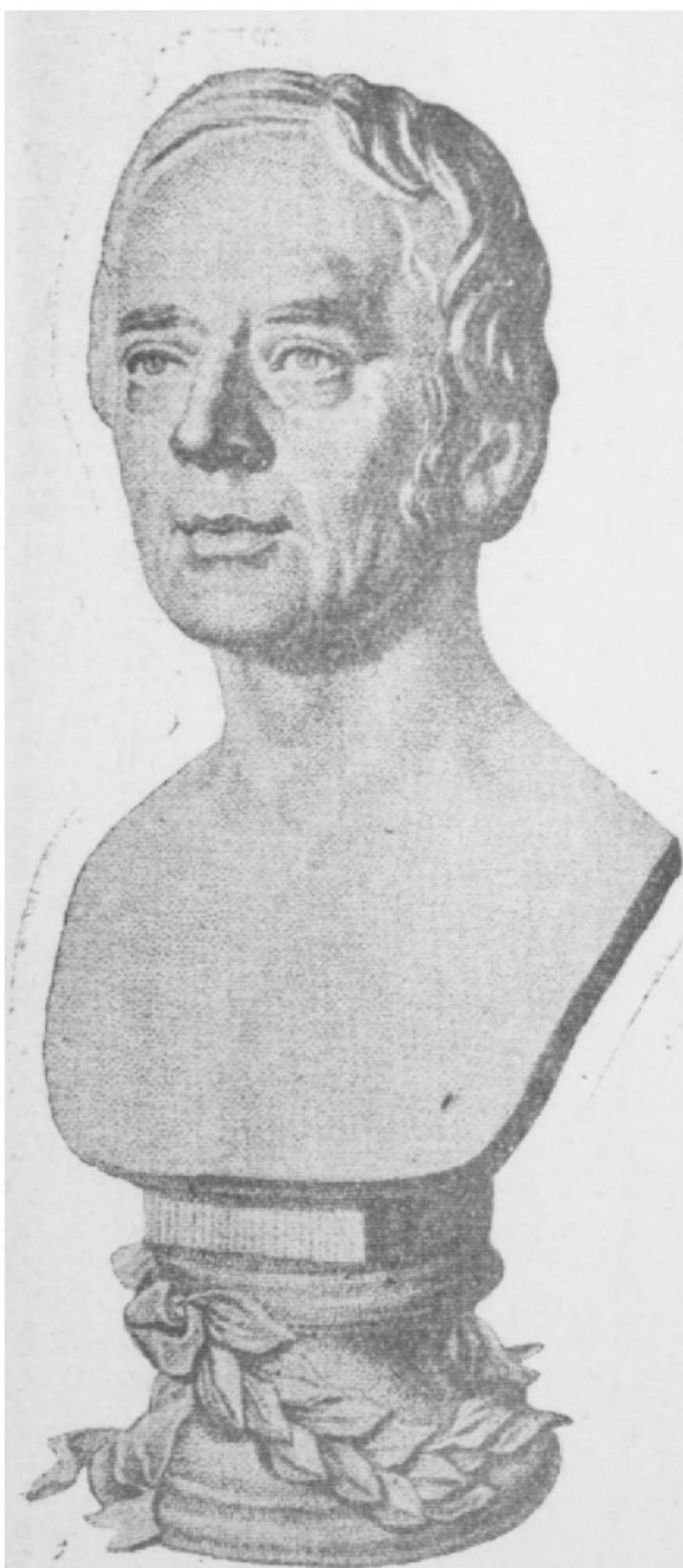
得維爾氏解釋他的結果，說這種合金帶有一種真正溶液的性質，好像一種金屬溶解在另一種金屬中似的。他說：『譬如碳、硼和矽能溶解於鐵及鋁等類金屬中，冷卻之後又能分開，並且若加入反應劑使將碳、硼和矽的結晶體分出。這就是製取像金剛石一般硬的硼和矽兩種類似金屬物質時，所運用的原理。』這種結晶體的矽，雖然具有金屬的光澤，但是他相信這種元素不是真正的金屬。他又說：『反過來說，我相信這種新的矽和普通矽的關係，正和石墨與碳的關係一樣。』 (33)、(34)、(35)。

鋁

鉛在地面蘊藏最多，而且是用途最廣的金屬，不過被人發現很遲。司泰爾（Georg Ernst Stahl）氏最初察得明礬內含有一種與普通金屬（base）迥然不同的物質，但未細加研究，直至他的學生馬格拉夫（Andreas Sigismund Marggraf）氏纔將牠證明。馬格拉夫氏於一七〇九年三月三日生於柏林，先後在他的父親和紐盟先生（Casp. Neumann）兩人手下學習化學和藥學，繼入德國哈勒大學（Halle University）習醫，後來又在夫賴堡（Freiberg）著名鑛務監督韓克爾（J. Fr. Henckel）氏那裏做化學及冶金的研究。馬氏致力於科學的研究，前後垂五十年，爲分析化學的鼻祖。綜馬格拉夫氏一生的貢獻，其主要者，第一是證實蘇打（soda）和木灰（Potash）的差異；第二是異極鑛（calamine）中含有一種特殊的金屬鋅；第三是鉛土、鎂土和石灰是三種各不相同的土質（earth）；第四，他可說是歷史上第一個製得磷的人。一七八二年八月七日馬氏在家鄉逝世，時年七十有三。德國化學雜誌主編克累爾（Crell）氏尊他爲當代德國最卓越的化學家，同時他一定也是一位良師，因爲化學界名人如阿哈特（Franz Karl Achard）和克拉普羅茲（Martin Heinrich Klaproth）等都是他的學生（10）（40）。

柏齊力阿斯和得維兩氏用強電流分解鋁土的工作，未得成功。一般化學史家，雖是推崇弗勒（Wöhler）氏為最先分離鋁的化學家，可是厄斯泰德（Oersted）氏的功勞卻也不應輕易埋沒啊（11）（42）。

厄斯泰德氏名漢斯·克利斯興（Hans Christian Oersted），1777年生於丹麥南部的



圖一三六 厄斯泰德氏像

(Hans Christian Oersted 1777-1851)

厄氏為丹麥之理化學家，醫師兼藥劑師，曾發現電流之磁的作用，又為分析金屬鋁之第一人。

蘭該蘭德島 (Langeland) 上，正值拉瓦錫 (Lavoisier) 氏推翻燃燒素學說的年頭。他的父親是一位很不得志的藥劑師，沒有多餘的錢來做兒女們的教育費，因此漢斯便獨自一人從一本舊教科書裏學習算術，有時在私人教師家裏學一點功課。年十二，在父親的藥房裏做助手，便由此引起了他研究化學的興趣。他因為很想進哥本哈根大學 (University of Copenhagen) 讀書，所以勤勉自修，年十七歲即獲得該校的入學證書。他在哥本哈根大學攻讀科學、哲學和醫學等科，年二十二獲得醫學博士頭銜 (41)。

此後厄氏主講化學和玄學，兼營藥房事宜。及意大利物理學家弗爾塔 (Volta) 一七四五至一八二七年) 的發明發表之後，厄氏隨即對物理學及電學發生了興趣。當他參觀德國各大學時，凡他所遇着的科學家，無不稱贊他年輕有為，求知熱烈，腦筋活潑，有赤子一般的氣度。一八〇六年就任哥本哈根大學的物理學教授。電流的磁性，和電與磁的關係，乃是厄斯泰德不朽的發現。

一八二五年厄斯泰德氏研究電流的化學作用，並且致意要把向來推測鉛土中所含的金屬分出來。起初他把氣氣通過燒紅的木炭和鉛土的混合物上，曾獲得氯化鉛的液體。後來讓鉀汞齊

和鉛土互起作用，就得着鉛汞齊；以後將鉛汞齊中之汞在不通空氣處提出，最末取得一種形狀如錫的金屬（11）。

厄斯泰德氏曾將他的方法敘述如次：

『氣和泥土中可燃燒的物質（氯化鉛），在水的沸點稍高時（按即攝氏百度以上）即能氣化，其色微黃，這或許是因爲帶有雜質碳的原故；其質柔軟，但仍爲結晶體；極易吸水，且能立即溶於水中而放熱。與鉀汞齊同置一處，加熱至紅時即起分解，而產生氯化鉀及鉛汞齊。這種鉛汞齊若與空氣接觸，即行分解。故使之隔絕空氣，將其中之汞提出，即得光澤顏色與錫相似的金屬。作者除此之外，又在汞齊與鉛中，發現仍有其他特殊的性質，所以我的試驗不能說是圓滿如意，但此次實驗結果之重要，是不容否認的。』（42）（43）。

厄斯泰德所得的一定是不純潔的金屬鉛，但後來弗勒氏重做這個試驗時，他發現鉀汞齊與氯化鉛發生作用之後，加熱至完全氣化，使鉀成綠色蒸氣散出，則有灰色鎔質存在。最近邁耳（Kirstine Mayer）氏研究厄氏所未曾發表的論文，又福煦（I. Fogh）氏重做厄氏當日的試驗，

結果都證明這位丹麥的物理大家，只要用含一·五%鉀的稀汞齊，去和過剩氯化鋁起作用，即可以取得金屬鉛（42）（44）（45）。

因為厄斯泰德氏的試驗結果，登在一種不著名的丹麥刊物上，以致科學界無人注意。可是他對於電磁石（electromagnetism）的發現，卻獲得了他所應得的獎金、榮譽和勢力。厄氏享年七十四歲，一八五一年逝世（41）。

弗勒（Friedrich Wöhler）氏為德國最多才多藝的化學家之一，於一八〇〇年七月三十一日生於美因河邊之法蘭克福（Frankfort-on-the-Main）附近的埃射海莫（Eschersheim）。他的父親是一位喜歡研究自然和愛好做試驗的長者，他也很希望自己的孩子能在這樣的嗜好和性格中發展。弗勒年十四歲入法蘭克福（Frankfurt）高等學校肄業，成績平平。這時因為他一心一意地收集礦物標本和從事化學試驗，所以每天教師指定的功課，常常擱置不做；可是他由於這種癖性卻認識了幾位著名的礦物收集家，哥德（Johann Wolfgang von Goethe）乃是其中的一位（13）。

弗勒對於新發現的
元素，興趣特濃。及柏齊力
阿斯（Berzelius）氏在
瑞典硫酸中發現硒質之
後，弗勒隨即在波希米
（Bohemia）所產的硫酸
中也發現同樣的物質。斯



圖一三七 弗勒氏像

(Friedrich Wöhler 1800-82)

弗勒氏為德國大化學家之一，曾受業於格美楞（Leopold Gmelin）及柏齊力阿斯（Berzelius）二氏門下。弗氏為合成脲素（urea）的第一人，又曾用鉀作用於鋁、鉍及鈳的氯化物，而析得鋁、鉍和鈳等金屬。

特羅邁厄教授（Stromeyer）剛發現了鎘，年輕的弗勒便從鋅中製出該物送與斯特羅邁厄氏看。可是弗勒氏的最大願望，是想製取新元素鉀，但是他的電池是用俄國銅幣和鋅片互相交置產生的，只因電力太小，不足這種試驗之用，所以他纔發明一種純粹化學的方法以取鉀——這方法與該·律薩克和泰那爾二氏所用的大同小異，乃將木灰與木炭同置石墨的坩堝中，熱至紅熾，而取鉀質。在實驗時，弗勒的「西斯特」（sister）因為擔任打風爐的工作，所以她一看見有光亮的

鉀球發生也和她的博樂茲一樣喜悅(13)

這位年輕的弗勒還有別種興趣。他曾得過數學獎金，作過油畫和彫刻，在羅馬廢墟中收集過金幣和其他小物件，並且還愛朗吟德國著名的詩歌。年十九歲即入馬爾堡大學(Marburg Uni.)開始學醫，但次年因為想在格美楞(Leopold Gmelin)氏手下做研究，遂又轉入海得爾堡大學(Heidelberg Uni.)。他專心

學醫，並且想做一個專長於產科的醫師。一八二三年九月二日，弗勒氏獲得內科、外科和產科的博士學位，並得榮譽(in-significum laude)(13)。

在弗勒氏研究醫學的整個時期中，他依然繼續化學的



圖一三八 格美楞·利俄波爾德氏像
(Leopold Gmelin 1788-1853)

利俄波爾德爲 Johan Friedrich Gmelin 之子，任海得爾堡大學化學及醫學教授，與克勞特(Karl Kraut)氏合著無機化學手冊(*Handbuch der anorganischen Chemie*)，又曾發現鐵氰化鉀。

實驗工作；及格美楞教授 (Gmelin) 發現他的化學天才，便勸他放棄醫學而專習化學。這時他就上書請求柏齊力阿斯教授，允許他加入斯德哥爾摩 (Stockholm) 的實驗室。八月一日這位瑞典化學大師就給他一封著名的回信，信上說：『凡在格美楞先生 (Herr Leopold Gmelin) 指導之下，作過研究的，來到我這裏實在沒有多少東西可學……你甚麼時候願意來就來吧！』

柏氏一定馬上就發現他這位學生的天才了，因為柏氏最初就指定他一件煩難的分析工作——分析泡沸石 (zeolite)。我們若承認柏氏有一位能力超羣的學生，也要承認弗勒氏有一位鳳毛麟角的教師，這位教師最先親手把全部的分析工作做了一遍，將每項手續的細微末節，指示給他的學生。每當弗勒做得過快時，柏齊力阿斯教師就吩咐他說：『醫生，快是快，工作不大好！』(13)
弗勒氏在斯德哥爾摩雖不會住到一年，但是柏教授的教導卻影響了他終生的工作，並且像他的教師一樣對於有幾和無機化學，都有很大的貢獻。他這樣聰敏的腦筋，是不能受狹隘的境界所限制的。柏齊力阿斯此後時常和弗勒通信，凡是對化學史有興趣的化學家，他們一定會承認這些信為當時科學史中最豐富最有用的資料。

一八二五年弗勒氏任柏林大學化學部教員，一八二八年升為正教授。弗勒氏有兩項發現，永遠為世人所不能忘記的，即「鋁的分出」和「脈素的合成」。這兩種都是在這裏做出來的。

前面說過，弗勒氏用厄斯泰德氏的方法不能製出金屬鋁。然而弗勒經過厄斯泰德的勉勵，曾用厄氏方法製出一種無水氯化鋁，並且另行計劃一種分離的新方法。這種無水氯化鋁製取法，是將多量的熱碳酸鉀溶液，加入於沸騰的明礬溶液中，將所得的氫氧化鋁，經過洗滌與乾燥的手續，再混以木炭末、糖與油等物，調成膏糊。再置此糊於密閉的坩鍋中加熱，得鋁土與木炭之縝密混合體。最後再將此種黑色混合體，熱至紅熾，通乾燥的氯氣於其上，遂得無水氯化鋁（12）、（46）。

弗勒氏有一次說過：他在一八二七年



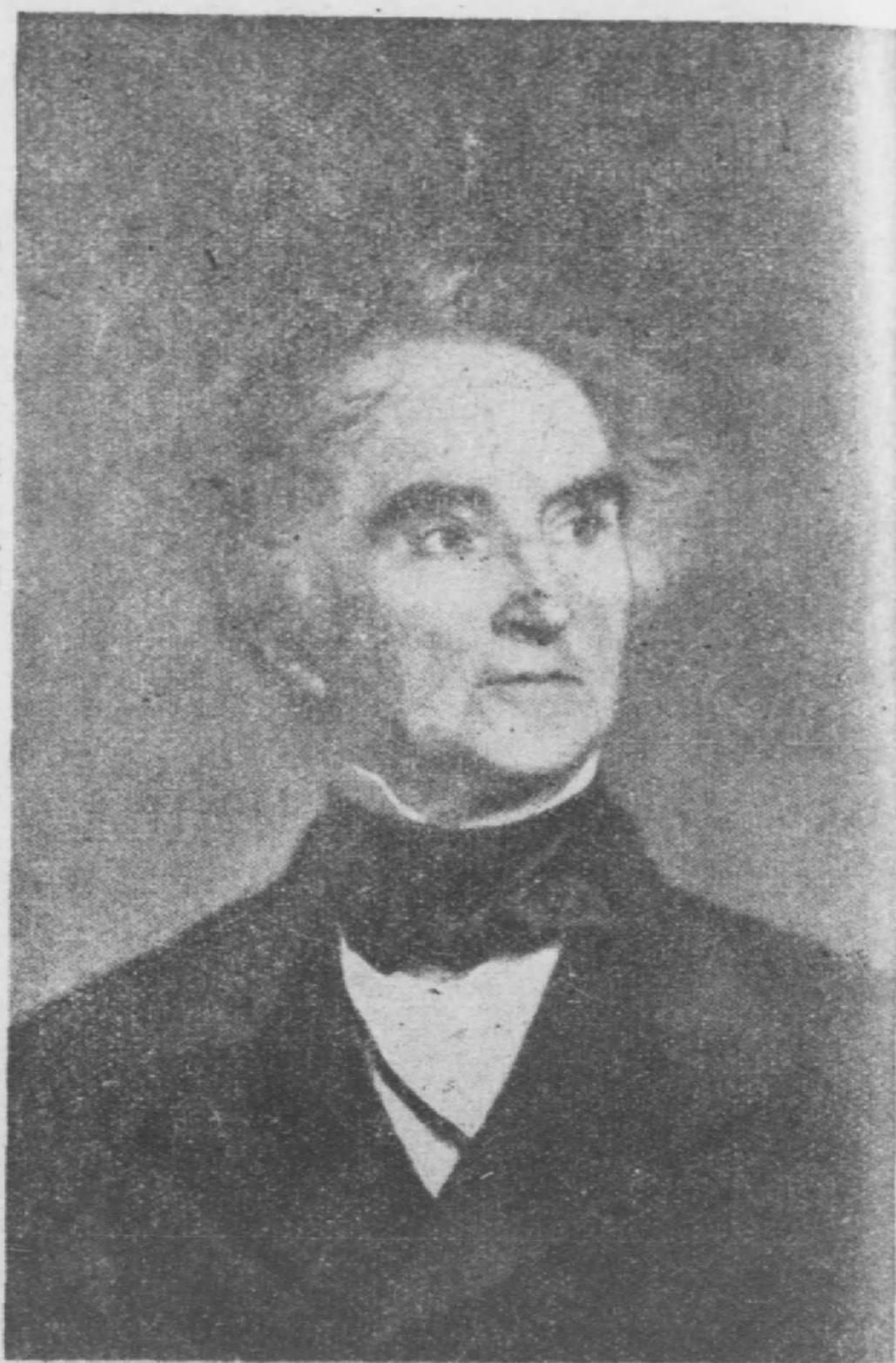
圖一三九 鋁製弗勒氏掛像

（此像乃 Dr. Howard M. Elsey 鑄以贈送 Dr. F. B. Dains 者；按 Elsey 氏服務於美國 Pennsylvania 省之 Westinghouse Research Laboratory。）

分解鉛所用的方法，是根據在水中，依鉛的固定性，用鉀分解無水氯化鉛而做的。因為所起的作用過於猛烈，不能用玻璃器具，所以他用些鉛製坩堝，並將其蓋緊緊縛住。雖然開始用微火去熱坩堝，但不久全部都達於白熱。不過這鉛鉛本身並沒有發生變化，但是他爲着避免鉀與鉛發生變化起見，特採用瓷坩堝與挨斯坩堝（Hessian crucibles）重復試驗。當他讓坩堝完全冷卻之後，投入水中，金屬鉛的灰色粉末總是完全分離出來的。弗勒氏所得的鉛，分量甚微；而且其中還雜有鉀、鉍或氯化鉛（12）等雜質，並非純品。總之，他是第一位舉出鉛的性質的人。在一八四五年他還熔解鉛粉製成塊狀的金屬鉛（49）。此外，他還製得鉍與鉍，所採用的方法，與前相同（8）。

弗勒氏活到八十二歲，不僅壽高，而且一生所作的專業很多。對科學的發展，盡心盡力，不辭勞瘁；對社會的福利，遇有機緣，爭先爲之；對於朋友，則披肝瀝膽，以誠相許。弗勒和利俾喜（Liedig）爲終生至交，利氏寫給弗勒的最後一封信上，會謂：

「縱令我們死了，我們的屍體化成塵埃，但是我們生前的連繫，是在我們的記憶中永久不會忘掉的；因爲我們兩人，在同一場合之中繼續奮鬥，雙方都毫無嫉妬與惡意，且能繼續維持最



Justus Liebig

圖一四〇 利俾喜氏像(Justus von Liebig 1803-1873)

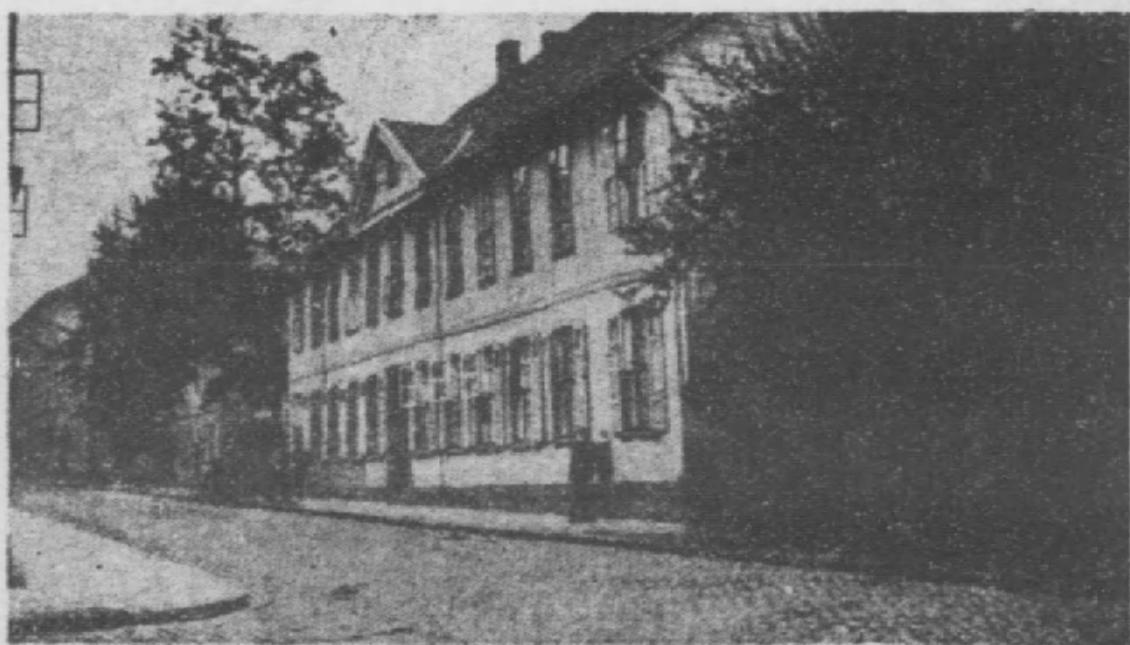
德國有機化學及農業化學大家，爲弗勒氏學友，又爲一著名化學年報的主編，曾任歧孫大學化學教授。氏發現氮酸銀和雷酸銀的異構作用 (isomerism)，並證實食物在動物體內燃燒後可發生能 (energy) 和熱。

第十三章 利用鉀鈉分出的另四種元素——鉍、硼、矽和鋁

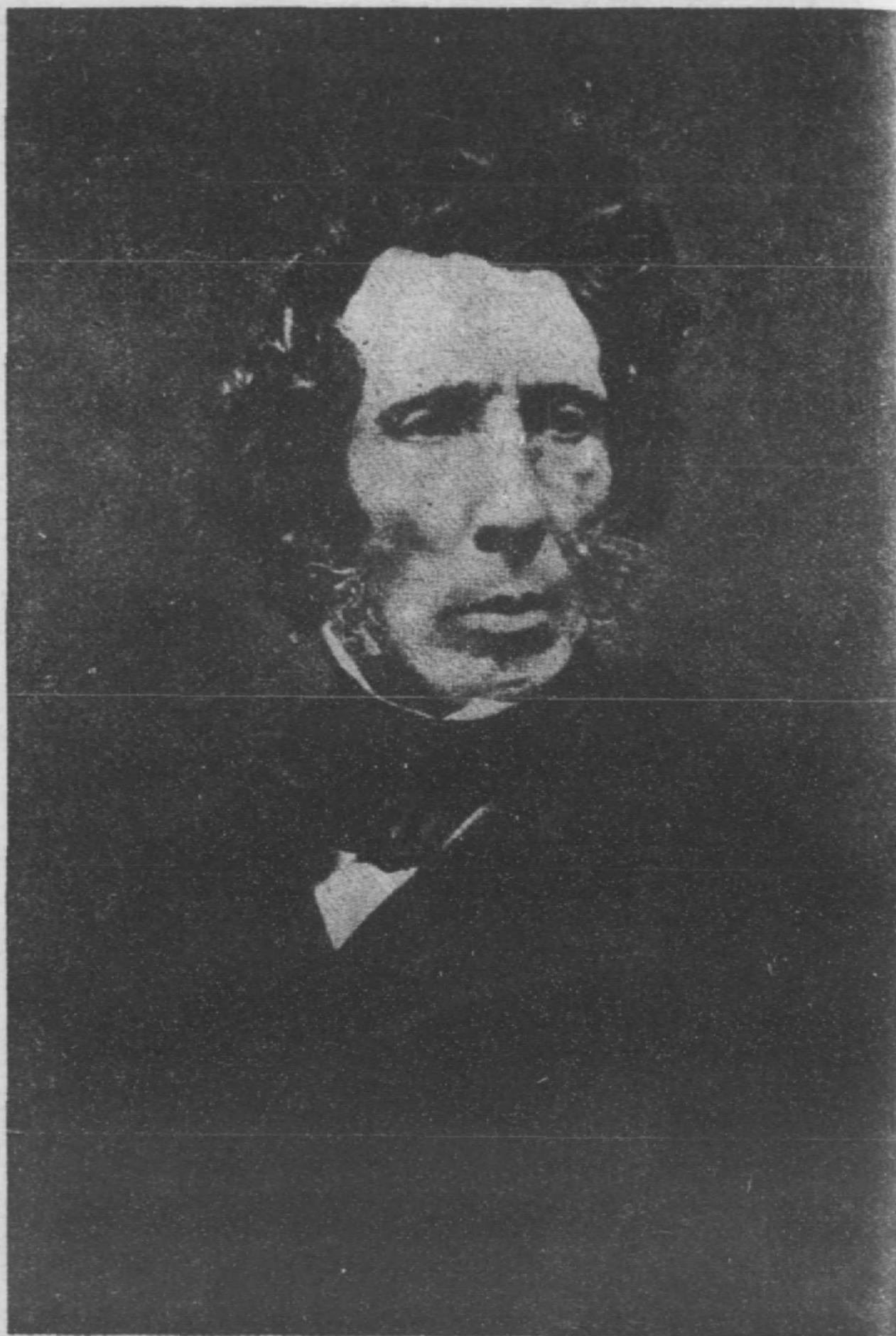
親密的友誼，真不是常有的。」（14）

一八三五年弗勒氏繼斯特羅邁厄（Stromeyer）氏之後，在革丁根大學（Göttingen）做化學教授，終其餘年。他晚年的家庭生活很快樂。他有一子四女，每當暑假，子女輩皆携內孫和外孫同來瞧見這位老人，這時候因為他家中的房屋過小，不能容下這許多孫兒孫女；於是他便送他們到左右的鄰舍家中借宿。他一生得到各種科學方面的榮譽，但其中最使他感覺快慰的，要推在他六十壽辰、七十壽辰、八十壽辰，以及在他發明合成脲素五十週年的四個日子，他的學生們替他所舉行的紀念盛會（13）、（48）。

最近逝世的英國化學史大家斯密斯（Edgar Fahe Smith）氏，有一次敘述這位年老的弗勒氏說：



圖一四一 弗勒氏在革丁根的住宅外景



圖一四二 弗勒氏老年時代像

弗氏曾任革丁根大學化學教授，對於鈦、鋁、鉍、鉍及釩等金屬均有研究；並將柏齊力阿斯的化學教科書及希生革爾 (Hisinger) 氏的礦物地理學譯成德文。

「在耶穌聖誕節前兩三天，革丁根大學的化學實驗室差不多是無聲無臭了，只剩下兩三個學生在裏邊。傍晚的時候，有人唱出「清靜的夜，聖潔的夜」的歌聲。實驗室中的學生，一個個地走攏來圍繞着唱歌的人，並且都也很莊嚴的和着唱。不一刻我們看見實驗室的門打開了，那位老教師走進來。他馬上將他在實驗室中常戴的一頂黑色便帽脫下，放在手臂下，兩手搓了一搓，在歌聲幽揚中，他光着頭皮站在門中了。當歌聲唱完的時候，這位老教師走上前去，向大家說道：「謝謝你們，諸位，」然後又走開了。」（15）

弗勒氏的房裏，滿掛着他兩位好友利俾喜（Liebig）和柏齊力阿斯（Berzelius）的照片。在他死前不久，當他和一個朋友離別的時候，他拿出一隻紙包的匣子，送給那人做紀念。他說道：「請你留下這件小東西做紀念，不過我請你上了車子以後再打開。」後來他的朋友打開一看，原來裏面藏着一隻湯匙，還寫着一句話，說「這是柏齊力阿斯先生送我的禮物，他在研究工作中，用過這隻湯匙很多年。」弗勒氏死於一八八二年十月九日。按照他的遺囑，他的墓上不設立銅製的或大理石製的紀念碑，只放一塊石頭上面刻着「Friedrich Wöhler」（弗勒·夫利德利赫）就夠了。

最先製造純淨的鋁的是法國的大化學家得維爾(Henri Sainte-Claire Deville)氏，他在一八一八年三月十一日生於西印度羣島中之聖托馬斯小島(St. Thomas)。得維爾名亨利(Henri)和他的哥哥查理斯(Charles)都在巴黎之聖巴卜學院(Institution Sainte-Barbe)讀書。他的哥哥入鑛科，在菩蒙教授(Élie de Beaumont)指導之下習地質學；他進醫科，在泰那爾(Thenard)氏指導之下攻化學。兄弟二人均為該校的優秀學生，而且同在一組。兩兄弟在整個生命的過程中，都很互相親愛，當亨利的一個兒子和查理斯的女兒結婚時，他們的父輩中有一位說過：



圖一四三 菩蒙氏像

(Louis Élie De Beaumont 1798-1874)

菩蒙氏為法國地質學家兼鑛工程師，曾任法國國家科學院(Académie des Sciences)終身祕書。

「我和我的哥哥都不知道這一對新夫婦中，誰是自己的兒子或女兒，也不知道還是我的兒子娶了他的女兒，還是他的女兒娶了我的兒子。」（16）（註一）

（註一）素封家堂兄弟姊妹通婚，此為歐洲各國當日習慣和法律所許，與我國風俗不同。



圖一四四 得維爾氏兄弟合像

兄查理斯 (Charles Sainte-Claire Deville)，生於一八一四年，歿於一八七六年，法國地質學家，對於硫之同質異相體，曾有一番研究。弟名亨利 (Henri)，生於一八一八年，一八八一年逝世，比兄少四歲。初任培宗松大學 (Uni. of Besançon) 化學教授兼教務長，繼任高等師範學校化學教授。亨利氏對化學之貢獻，除由妥路香 (Tolu Balsam) 中提出甲苯並發現五氧化氮之外，又曾將鋁和鈉作大量製造，變為商品。

亨利的處女作是一篇研究松節油的論文，發表於一八三九年，兩年後他又從安路香(Henri) (註一)中發現甲苯(Toluene)，不過他最重要的工作還是在無機化學與物理化學方面。一八四四年當泰那爾氏委這位年僅二十六歲的得維爾·亨利(Henri Sainte-Claire Deville)做培宗松大學(Besançon)教務長的時候，一般守舊的大學教職員們，都引為驚奇。可是泰那爾氏的觀察是不錯的，得維爾的本領比他所預料還高明。在這個大學中，得維爾氏發明了新的『水的分析法』來檢查該城的飲水，又發明了無水五氧化氮的製法(17)。

(註一)詳見中華藥典第一版，pp. 718-9 (素封誌)。

當溴的發現者巴拉(Balard)氏到法國專門學校(Collège de France)任職時，得維爾被任為高等師範學校(Ecole Normale Supérieure)校長，最初的美麗的鉛塊，乃是在這個學校中所取出的。一八五四年得維爾想用鉛及三氯化鋁($AlCl_3$)試製低級的氯化鉛，結果雖不會得到此種低級的氯化鉛，但是得到了一種異常重要的發現，即美麗而發金屬光澤的鉛球；從此他就馬上研究牠在工業上有利的製造方法(35)。

雖然他第一次的試驗是在高等師範學校做的，但是仁慈的拿破崙第三馬上資助他在耶瓦爾 (Javel) 地方設立工廠，促成大量的製造。又因為得維爾氏的工業製造法需用大量的鈉，所以他就發明了一種製鈉法，使得出品價廉而量大。在他們開始試驗的時候，鈉的價值雖然比鉀高，但是他知道自然界裏的鈉化物比鉀化物為多，而且因為鈉比同量的鉀為輕，他又知道用鈉比用鉀要經濟得多。

製鈉的方法完成之後，鈉價一落千丈。原來在一八五五年每尅值二千法郎的鈉，到一八九一年每尅僅值十法郎。這時，得維爾氏便企圖鋁的大量生產，可以成功。適法國南部普羅封斯省 (Provence) 阿爾城 (Aries) 附近的包村 (Baux) 上，發現一種礦物，名曰『包村礦』(bauxite)，(即鐵礬土 $H_2Al_2O_6$)。據得維爾氏的製法，將這種礦物所得的鋁土，直接混入木炭和鹽中，及導入氟氣熱之，遂得鈉及鋁的複雜氯化物；再將此項鹽類用過量的鈉溶化之，於是即得成錠的金屬鋁 (18)。

有些愛好造謠的人，欲使弗勒和得維爾兩人發生惡感，就勸告得維爾說弗勒所造出的鋁很

不純潔，他應當表明他自己纔是鋁的發現人。但這位法國化學家終不受這種謠言的蠱惑，其性格由此可見。等到他得到足量的可熔的鋁時，他就鑄了一隻紀念章，上面只刻了弗勒的名字和一二七年的日期，送呈那位德國化學界的大師。他兩人的友誼總是很好的，並且共同研究過很多重要的問題。得維爾氏在他著的一本鋁之性質製法及應用（*The Aluminium, ses Properties, sa Fabrication et ses Applications*）一本書上，他寫道：『我很榮幸能够在柏齊力阿斯氏的承繼者所開闢的大路中，多走幾步。』（18）

得維爾·亨利氏對於硼、矽和鎂以及鉛族金屬等，都有重要的研究。鉛的研究是很危險的，他時常因為嗅到鐵酸氣而中毒。但他所以成名，還是在於氣體分離定律的製定。他爲人熱心、活潑、惹人歡喜、富於同情心，而且快樂寬大。當得氏在高等師範學校時，他常和學生們一桌吃飯，和他們講笑話，但是卻從來不會失掉一點尊嚴（19）。他在一八八一年逝世，他的家族以及全球的科學界都爲他舉哀。蓋棺時的哀詞，是法國大科學家巴斯德（*Pasteur*）氏所誦的。

製鋁的第二齣戲是在美國表演的。得維爾氏的製法，雖然使鋁變成商業上的產品，但是價值

仍屬昂貴，美國俄柏林學院 (Oberlin College) 裏有一位名叫豪爾 (Charles Martin Hall) 的學生，因為受弗勒先生門人求挨特教授 (F. F. Jewett) 的鼓勵，便決心要製出價廉的鋁金屬。他在一間設備不週全的實驗室裏，用自製的蓄電池，開始和這問題奮鬥。一八八六年二月二十三日，這位二十一歲的青年，握了形如鈕扣一般的滿把鋁粒，跑入求教授的辦公室中給他看。因為這幾粒鈕扣般的鋁，促起了電解製鋁的方法，所以現在美國造鋁公司把當日的這幾粒東西看做皇



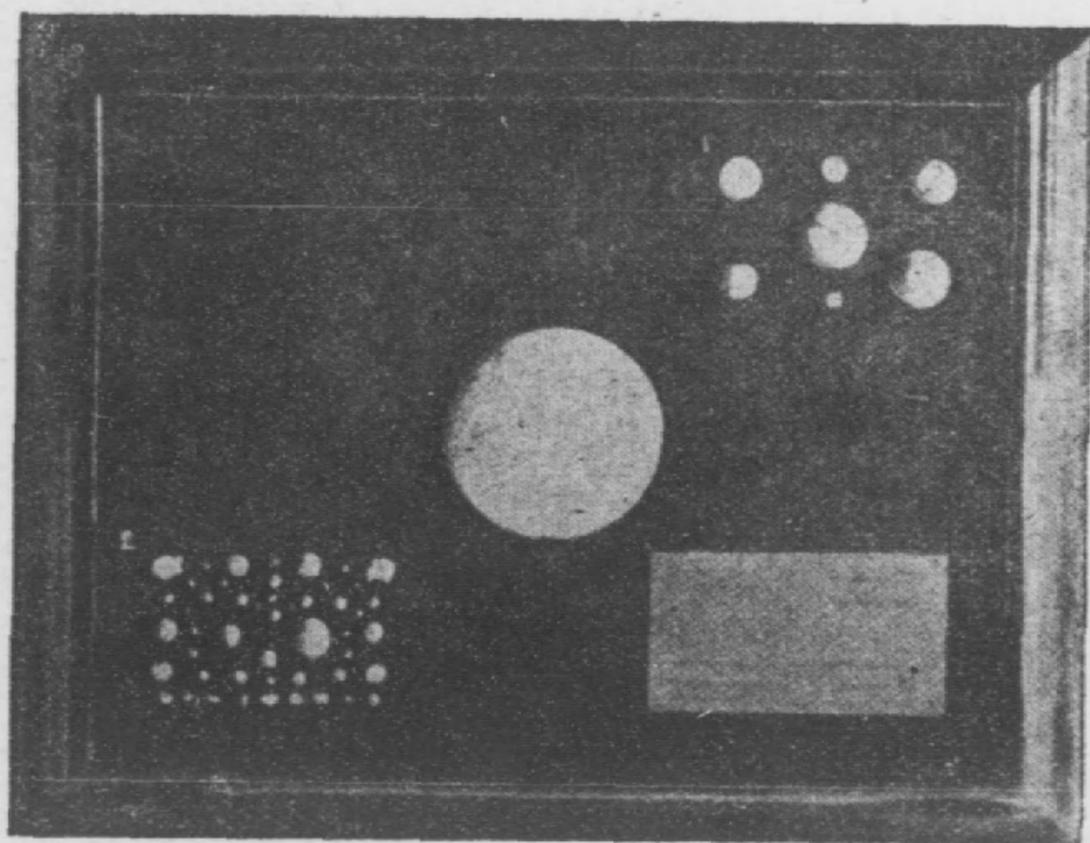
圖一四五 求挨特氏像

(Frank Fanning Jewett 1844-)

求氏曾任美國哈佛大學歧布斯 (Wolcott Gibbs) 氏的助理研究員，繼應日本帝國大學之聘，任化學教授。旋回國任俄柏林學院 (Oberlin College) 化學及礦物學教授。求氏曾受業於弗勒先生門下，深知鋁之重要，故能啓發豪爾 (Charles M. Hall) 氏而得將鋁製作商品。

冠上的珠寶一樣。現在俄柏林學院中，我們還可以看見一座鋁鑄的豪爾氏的像（11）。

豪爾氏完成這樁製法一兩月之後，有位年紀和他相仿的法國化學家赫羅爾德（Paul Louis Toussaint Héroult）氏，也獨立地發現了這種製鋁法。赫羅爾德博士於一八六三年生於卡爾發多斯（Calvados）的圖利·哈爾科特（Thury-Harcourt）地方。當一八七〇年法、普戰爭開始的



圖一四六 珠寶一般珍貴的鋁粒

上圖是一隻木製鏡框，左邊下方乃豪爾（C. M. Hall）氏於一八八六年二月二十三日在俄柏林學院求學時代最初所取得的鋁粒；右上角乃豪爾於同年十二月所取得的，體積較大。中間一個大鋁球，乃美國製鋁公司（The Aluminum Company of America, Pittsburgh）最初依豪爾氏法所製成的。現皆存於美國製鋁公司，重視如無價珍貴。



豪爾氏為美國化學師、發明家、冶金家及慈善事業家，曾於二十二歲的青年時代發明鋁的商業製取法，因而使鋁成爲賤價的金屬，今日日常用品由鋁所製成的，幾乎觸目皆是。

圖一四七 豪爾氏鋁鑄像 (Charles Martin Hall 1863-1914)

時候，他被家人送到倫敦和祖父同住，於是他學會了一口流利的英語。三年之後他又回到法國，繼續他的學業。

在聖·巴卜學院 (Institution Sainte-Barbe) 裏，他學習得維爾氏對於鋁的研究，及十五歲即能讀得氏的著作。一八八五年，在他所得遺產中，有一家造革廠，其中備有蒸汽機與發電機，於是他就用這兩件機器從事分解各種鋁化合物。第二年當他想要電解冰晶石 (cryolite) 的時候，他的電池上所用的鐵陰極忽然熔化了。因為赫羅爾德以為當時所發生的熱力，決不會把鐵熔化，所以他就認為是由於產生了一種合金而然。數日後，當他想用氯化鈉鋁以減低電道的熱度時，又發



圖一四八 赫羅爾德氏像

(Paul Louis Toussaint Héroult
1863-1914)

法國冶金學家，與豪爾氏同時發明鋁的電解製取法，故今日有「豪、赫二氏製鋁法」的名稱。赫氏對於鋼鐵的電冶金術 (electrometallurgy) 上頗多貢獻。

現碳陽極也被侵蝕了。這時他斷定是由於氧化鋁的作用，因為牠在碳極上被電力所還原了。這種斷定是與事實符合的。因為他買來的氯化鋁，事前曾放在潮溼的空氣裏，已變而為氫氧化鋁 (hydrated alumina)。所以赫羅爾德氏的奇異製鋁法，可以說是由簡單的觀察中得來的。

赫羅爾德氏對於鐵與鋼的冶金法，也有重要的貢獻。他時常游歷美國，當蒙爾氏於一九一一年接受『柏琴獎章』(Perkin Medal)時，他特意遠涉重洋，到美國參加授章典禮，並向蒙爾氏致賀。從他這種偉大的舉動上，可以看出他實在是化學大家得維爾氏的後繼人。赫博士於一九一四年當歐戰爆發前三月逝世，享年五十一歲。

參考材料

- (1) Nordenkiöld, "Scheeles nachgelassene Briefe und Aufzeichnungen," Norstedt & Söner, Stockholm, 1892, p. 151. Letter of Scheele to Gahn, Dec. 26, 1774.
- (2) Jagnoux, "Histoire de la Chimie," Vol. 1, Baudry et Cie, Paris, 1891, pp. 695-703.
- (3) Bugge, "Das Buch der grossen Chemiker," Vol. 1, Verlag Chemie, Berlin, 1929, pp. 386-404.
- (4) Davy, J., "Memoirs of the Life of Sir Humphry Davy, Bart., Vol. 1, Longman, Rees, Orme, Brown, Green, and Longman, London, 1836, p. 469.

- (5) Mellor, "Comprehensive Treatise on Inorganic and Theoretical Chemistry," Vol. 4, Longmans, Green and Co., London, 1923, pp. 204-7. Article on beryllium.
- (6) Jagnaux, "Histoire de la Chimie," ref. (2), Vol. 2, pp. 169-72.
- (7) Bussy, "Préparation du Gluconium," *J. chim. médicale*, 4, 453 (1828); *Dingl. poly. J.*, 29, 466 (182-).
- (8) Wöhler, "Sur le Gluconium et l'Yttrium," *Ann. chim. phys.* [2], 39, 77-84 (1828).
- (9) Jagnaux, "Histoire de la Chimie," ref. (2), Vol. 1, pp. 707-10.
- (10) Smith, E. F., "Forgotten Chemists," *J. Chem. Educ.*, 3, 86 (Jan., 1926).
- (11) Holmes, H. N., "The Story of Aluminum," *ibid.*, 7, 233-44 (Feb., 1930).
- (12) Jagnaux, "Histoire de la Chimie," ref. (2), Vol. 2, pp. 158-64.
- (13) von Hofmann, A. W., "Zur Erinnerung an Friedrich Wöhler," *Ber.*, 15, 3127-290 (1882).
- (14) von Hofmann, A. W., and Emilie Wöhler, "Aus Justus Liebig's und Friedrich Wöhler's Briefwechsel," Vol. 2, F. Vieweg und Sohn, Braunschweig, 1886, p. 324 Letter of Liebig to Wöhler, Dec. 31, 1871:
- (15) "Some Experiences of Dr. Edgar F. Smith as a Student under Wöhler," *J. Chem. Educ.*, 5, 1555 (Dec., 1928).
- (16) Gay, "Henri Sainte-Claire Deville; Sa Vie et ses Travaux," Gauthier-Villars et Fils, Paris 1889, p. 5.
- (17) *ibid.*, p. 9.

- (18) *Ibid.*, p. 33.
- (19) Vallery-Radot, "The Life of Pasteur," Doubleday, Page and Co., New York City, 1926, p. 146.
- (20) "Oeuvres de Lavoisier," Vol. 1, Imprimerie Impériale, Paris, 1864, pp. 135-7.
- (21) Gay-Lussac and Thénard, "Sur la décomposition et la recombinaison de l'acide boracique," *Ann. chim. phys.* (17), 68, 169-74 (Nov. 30, 1808); *Sci. News Letter*, 19, 171-2 (Mar. 14, 1931).
- (22) Klaproth, "Analytical Essays towards Promoting the Chemical Knowledge of Mineral Substances," Cadell and Davies, London, 1801, pp. 325-S.
- (23) Vauquelin, "Analyse de l'Aigue marine ou Béryl; et découverte d'une terre nouvelle dans cette pierre," *Ann. chim. phys.* (11), 26, 155-77 (May (30 Floral), 1798); "Discovering the Sweet Element: A Classic of Science," *Sci. News Letter*, 18, 346-7 (Nov. 29, 1930); *Nicholson's J.*, 2, 358-63 (Nov., 1798); 393-6 (Dec., 1798).
- (24) "Beryllium Foreseen as Aircratic Metal," *J. Chem. Educ.*, 7, 720 (Mar., 1930).
- (25) Vauquelin, "Analyse de l'Émeraude du Pérou," *Ann. chim. phys.* (11), 26, 250-65 (June (30 Prairial), 1798).
- (26) Gmelin, J. F., "Analyse du béryl de Nertschinsk en Sibérie, et examen de quelques caractères qui distinguent la glucine qu'il contient," *ibid.* (11), 44, 27-9 (Oct. (30 Vendémiaire), 1803); *Crelle's Ann.*, 35, 87-102 (Zweytes Stück, 1801).
- (27) Marcial, "La Découverte, la Préparation, les Propriétés et les Applications du Glucinium," *Chimie et Industrie*, 22, 1034-92 (Dec., 1929); 23, 30-3 (Jan., 1930).

- (28) LUVY, "Electro-chemical Researches on the Decomposition of the Earths; with Observations on the Metals Obtained from the Alkaline Earths, and on the Amalgam Procured from Ammonia," *Phil. Trans.*, **98**, 343(1808). Read June 30, 1808; "An Account of Some New Analytical Researches on the Nature of Certain Bodies, Particularly the Alkalies, Phosphorus, Sulphur, Carbonaceous Matter, and the Acids Hitherto Undecomposed, etc.," *ibid.*, **99**, 75-85 (1809). Read Dec. 15, 1808.
- (29) Lebeau, "Recherches sur le Glucinum et ses Composés," *Ann. chim. phys.* (7), **16**, 457-503 (Apr., 1890).
- (30) Blois, "Mélanges Scientifiques et Littéraires," Vol. 3, Michel Levy Frères, Paris, 1858, pp. 1-5-42.
- (31) Sainte-Claire Deville, H., "Note sur deux procédés de préparation de l'aluminium et sur une nouvelle forme du silicium," *Compt. rend.*, **39**, 321-6 (Aug. 14, 1854); *J. pharm. chim.* (3), **26**, 285-9 (Oct., 1854); *J. prakt. Chem.*, **63**, 113-20 (Zweites Heft, 1854); "Du silicium et du titané," *Compt. rend.*, **40**, 1034-6 (Apr. 30, 1855).
- (32) Berzelius, "On the Results of Some Chemical Analyses, and the Decomposition of Silica," *Annals of Phil.* (1), **24**, 121-3 (Aug., 1824). Extract from letter to Dulong.
- (33) Gay, "Henri Sainte-Claire Deville, Sa Vie et ses Travaux" ref. (16), pp. 37-9.
- (34) Sainte-Claire Deville, H., and Caron, "Du silicium et des silicures métalliques," *Ann. chim. phys.* (3), **67**, 435-43 (Apr., 1863).
- (35) Sainte-Claire Deville, H., "Recherches sur les Métaux et en particulier sur l'Aluminium et

- sur une nouvelle Forme du Silicium," *ibid.*, (37), 43, 7-33 (Jan., 1855).
- (36) Davy, "Some New Phenomena of Chemical Changes Produced by Electricity, Particularly the Decomposition of the Fixed Alkalies, and the Exhibition of the New Substances Which Constitute Their Bases, Etc.," *Phil. Trans.*, 98, 43 (1803). Read Nov. 19, 1807.
- (37) Friend, "A Textbook of Inorganic Chemistry," Vol. 5, Chas. Griffin and Co., London, 1917, pp. 176-81.
- (38) Gay-Lussac and Thenard, "Recherches Physico-Chimiques," Vol. 1, Imprimerie de Crapelet, Paris, 1811, pp. 276-308.
- (39) *Ibid.*, Vol. 1, pp. 313-4; Vol. 2, pp. 64-65.
- (40) Bugee, "Das Buch der grossen Chemiker," ref. (3), Vol. 1, pp. 223-39. Article on Marggraf by Max Speter.
- (41) Lenard, Philipp, "Grosse Naturforscher," J. F. Lehmanns Verlag, München, 1924, pp. 183-8.
- (42) Edwards, Eray, and Jeffries, "The Aluminum Industry," Vol. 1, McGraw-Hill Book Co., Inc., New York City, 1930, pp. 1-13.
- (43) Oersted, "Oversigt over det Kongelige Danske Videnskaberens Selskabs Forhandlinger," 1824-25, 15-6.
- (44) Meyer, Kristine, "H. O. Oersted, Naturvidenskabelige Skrifter," *Kobenhavn*, 2, 465 (1920).
- (45) Fogh, "Det Kgl. Danske Videnskaberens Selskab Mathematisk-fysiske Meddelelser," 3, 3-17 (1921). (In German.)

- (40) Wöhler, "Sur l'Aluminium," *Ann. chim. phys.* (2), 37, 66-80 (1828); *Pogg. Ann.*, 11, 116-61 (1827).
- (47) Edlör's Outlook, "Friedrich Wöhler," *J. Chem. Educ.*, 5, 1537-8 (Dec, 1928).
- (48) Warren, "Contemporary Reception of Wöhler's Discovery of the Synthesis of Urea," *ibid.*, 5, 1539-53 (Dec, 19'8).
- (49) Bugge, "Das Buch der grossen Chemiker," ref. (3), Vol. 2, p. 37; A. W. von Hofmann and Emilie Wöhler, "Ans Justus Liebig's und Friedrich Wöhler's Briefwechsel," ref. (14), Vol. 1, p. 251.
- (50) Warren, "The Wöhler Plaque," *J. Chem. Educ.*, 6, 559 (Mar, 1929).

附錄

美國豪爾氏發明商業製鋁法五十週年紀念

黃素封

(1)

我國市場上都把鋁叫做「鋁精」，真是糊塗萬分。鋁和鋼是風馬牛不相及的兩種金屬，鋼是用鐵來煉成的，但鋼怎樣可以再煉成所謂鋼精的鋁呢！

那末，鋁究竟是從什麼東西提煉出來的？關於這些，倒是個很有趣味的故事。

德國大化學家弗勒 (Wolfer) 氏在一八二七年最初從氯化鋁裏提出了鋁。氯化鋁是一種淡黃色的結晶，像米粒或豆粒一般大小，很容易昇華。昇華這個名詞，是指固體物質直接變成氣體的現象。衣箱裏所放的「衛生丸」——洋樟腦——過了幾個月，就逐漸變小，以至於消失，那是昇華。冬天洗後結了冰的衣服，你把牠露在風口裏頭，雖然冰不會熔解，卻也會乾燥，這也是昇華。

弗勒把那種容易昇華的氯化鋁和鉀混在一起，放在鉛製的小鍋裏加熱。因為鉀是一種極容易着火燃燒的金屬，所以在加熱之後，就常常要起爆發。為要避免爆發的危險，他實驗時非常經心，一俟小鍋裏的鉀和氯化鋁起了變化，就立刻停止加熱。等到

釜的溫度低了，便把牠們倒在一桶冷水裏，來除去其中能够溶解的部分。弗勒氏後來從水裏取出一些灰色粉末，這就是世間第一次製出的金屬鋁。

成塊的鋁是弗勒氏在一八四五年製出的，那時距他第一次取出鋁粉末的時候，已隔了十七年之久，可知發明和發現不是容易的事情。

(二)

一百年以前，鋁的價值比黃金還貴。一八五五年，巴黎舉行大展覽會，其中有一小塊的鋁放在最珍貴的珠寶旁邊。直到一八八四年，鋁還是珠寶店的商品。這年紐約城五馬路上有一家珠寶店，爲華盛頓紀念碑，做成一頂一百兩重的鋁冠，當未交給顯主之前，曾放在玻璃裏展覽，一時觀衆擁擠如雲。

拿破崙第三在宴會上，用過鋁製的叉子；暹羅的國王用過鋁製的鑲鏈；法國皇太子纔一週歲的時候，國務大臣曾替他買來一件用鋁做的玩具——鋁在那時是貴族的珍品，據說八十年前他在歐美的市價，每噸約在我國今日國幣一百六十元之上，世人所爭求的黃金怎樣配和牠比較呢！

五十年前鋁的價值，現在很少人去追索了；前面所舉的事實，讀者或不免有神話的感想。但今日牠的價值確實每磅不到一塊錢——甚至在上海的乞丐會從垃圾箱裏拾起人家丟棄的破鋁鍋做飯桶，這又何嘗是五十年前的人所夢想到的呢！

(三)

究竟怎樣會使貴重的鋁大跌價的，本來有一段很動人的故事。

距今五十三年前的春天，美國俄海俄省俄柏林大學有一位名叫杰特 (Dr. F. F. Jewell) 的化學先生，一天當他在教

室裏講到鋁的時候，他說道：『假使你們當中有人能把鉛變成價格低廉的商品，一定會致富！』

坐在前排有一位細而且高的學生，他聽了先生這句話後，就用手臂推動鄰近的同學，向他耳語道：『讓我瞧瞧！』這位學生的名字叫做豪爾·查理斯·馬丁（Charles Martin Hall），年僅十九歲。

在當時，無異一齣難發的啞劇，因為講臺上的教師和其他的同學都沒有注意他們。不料自從那時起，豪爾就連日加夜的住在家屋後一間木棚裏做實驗。電池是自己做的，爐子是自己砌的，其他必需的儀器也是臨時東拉西湊而成的。在這裏他忙了三年的歲月，居然做成了當時大科學家所曾失敗的工作。

一八八六年二月二十三日——恰巧是在距今五十年之前——豪爾忽然走進埃特先生的實驗室，歡天喜地把手裏所握的幾粒金屬交給他。宋先生也喜出望外地伸手去接。你猜這是什麼？原來是豪爾用簡便方法所提出的鋁粒。

豪爾的這種提製方法，使得近來每年能出產四萬萬磅的鋁，其價值僅那時二千六百七十五分之一。

(四)

製鋁的原料是礬土或稱氧化鋁，這很容易採得的，可是用牠來製造廉價的金屬，不知有幾多人接踵失敗了。豪爾想用電解法取鋁，但礬土的銻點在攝氏二千度之上，那又是他自製的風箱和火爐所辦不到的。

不先把礬土銻化，則不能電解，要使礬土銻化，又沒法加上二千度以上的高熱。豪爾窮思熟慮，百般實驗，最後纔想出一種銻法來處理牠。銻法是先將一種容易銻化的鹽加到礬土裏，以後使鹽物鹽化的時候，礬土就溶解在牠的裏面，最後再去通電分解牠們。

豪爾最初用的鹽物是螢石，結果不甚好。隨後採用氟化鈣，也接着失敗了。最後換用冰晶石（cryolite），纔得了一點成績。

這一位的發明，使得化學家們忙得加緊，連電氣觀察和設計在緊要的工作中，他不停地運了兩小時的電流，居然取得了銀白色的金屬鋁。等到那鋁粒冷了，他揉一揉眼睛，仔細地打量一下，頓時覺得肩上的擔子輕了大半。他緊握着這幾顆鋁粒，獨自步出那間木棚的實驗室，在二月天的冷風裏，去拜見他的化學教師求先生去了。這時他的年齡剛剛二十二歲。

(五)

豪爾的誘錳電解取鋁法，被求特先生和其他各大化學家證明簡便而有價值之後，不久傳遍全國，人人都說他是一位肯苦幹的學生。

一八八八年的感謝節，美國匹茲堡城 (Pittsburgh) 裏開辦了一間煉鋁廠，那是第一次採用豪爾氏的方法的，到今天，匹茲堡城已成世界著名的鋁城，產額極大。

說到鋁的用途，真是罄竹難書。除了常見的茶壺、飯鍋、水杓、刀叉之外，如飛機的機件、快車的裝置、起重機、安樂椅、搖籃、馬蹄釘、錶鏈和首飾，都離不掉鋁。你早晨漱口時所用的牙膏，那牙膏管就是鋁做的。打仗時所用的毒氣 H₂、Cl₂、F₂ 也是在鋁罐裏配成的。現在世界上還有幾千位專家，忙著研究鋁的合金和鋁的新用途，那麼牠的將來一定會比現在還要重要了。

二十五年二月二十三日豪爾氏發明製鋁法五十周年紀念日寫。

第十四章 由分光器所發見的元素

在地殼裏含藏好幾種元素，因分量稀少，故用平常鑛物分析法則，永不會發現。幸而到一八六〇年，本生（Bunsen）和克希荷夫（Kirchhoff）二氏發明了分光器，這是備有視準器（collimator）的一種光學儀器，牠的構造是一根金屬管，一端裝透鏡，另一端封住，僅留一細孔隙，其地位適處於透鏡的焦點上，以迎由白熾試驗物所射來的光線。連以旋臺，其上具稜鏡，受透鏡射來的平行光線而分散之。最末接一望遠鏡，用以觀察稜鏡所生的光譜。用這座儀器，不久就發現了二種新金屬，即銫（cesium）和銣（rubidium）二元素；和以前得維（Davy）同阿爾費特孫（Arfvedson）所發現的鈉、鉀和銍三種元素同屬一族。連接着克盧克斯爵士（William Crookes）用分光器所發現的銩（thallium），同時並得拉密（C. A. Lamy）的證明。到一八六三年，夫賴堡（Freiberg）鑛業學院的賴赫（F. Reich）和李希特（H. T. Richter）在鋅鑛中

所發現的一種極稀少的元素，在光譜的靛青部顯現光輝的線條，定名為銻（indium）。（按原名 indium，由 indigo 一字而來，其意為『靛青』——譯者註）。

前進！我們須闡明，

時刻向虛無中尋出東西（1）。

自然界的一切，在他看來，無所謂渺小，也無所謂偉大；並且每一種現象，都包涵着無限紛雜的因子。一盞平常酒精燈的燈心上，撒了鹽之後，由其所放出的黃色火焰，能借以完成分析多數星辰的化學成分（2）。

遠在一七五八年，馬格拉夫（Margraf）氏已注意下列二事：即火焰上撒以鈉鹽，則火焰呈黃色；銻鉀鹽則生薄荷綠色（3）。及一八〇二年，武拉斯吞（Wollaston）氏用稜鏡檢視燭焰的

光譜曾發見不連續的帶光譜（4）（22），他說過（33）：

「若用同樣方法，檢視火焰下部射來的藍色狹細光線，則經過稜鏡後，所得光譜，並非一系連續而顏色不同的線條，乃為彼此相隔的五像。第一為寬大的紅色部分，邊緣護以帶光輝的黃色；第二、第三同為綠色，第四、第五為藍色，其中最後的像，相當於太陽光譜中的藍色及紫色部分……。」

一八一四年，有一位青年德國物理學家夫勞恩荷斐（Josef Fraunhofer）氏對於玻璃技術，有深湛的訓練，造了一具無上精細的稜鏡，於是太陽光譜的暗黑線條，纔第一次有明白的研究。他又用文字指出最顯著的八個部位來（3）（23），鋰和鋇（註一）二種元素的鹽，在火焰中都呈紅色，但是一位英國的科學家道爾普特（Henry Fox Talbot）（24）依靠三稜鏡，可以把牠們辨別出來。他說：布盧斯忒爵士（David Brewster）（33）把光線通過亞硝酸蒸氣而生成的光譜，所見的暗黑線條，實由光線的吸收而起（65）（25）。總之這是無疑的，以上的一切貢獻，都佔重要地位，但是以上幾人，都不算樹立分光分析學的鼻祖；斯學之創立，到底需要本生的天才，克希荷夫的



圖一四九 道爾芬特氏像

(William Henry Fox Talbot 1800-1877)

英國考古家、物理學家及光學、攝影學前輩。尼內未(Ninevah)亞述古碑銘最早的翻譯人。一八三九年在氯化銀紙上印刷底片，二年後發明光力式(calotype)製正片。

熟練技巧和高厚的智慧。

(註一)其時錫鹽非常稀少，道爾
| 著特所用的試驗品，實受惠
| 於法拉得 (Faraday) 所
贈。

本生 (Robert Bunsen) 爲

革丁根 (Göttingen) 大學近代
語言學教授之子，於一八一一年
春(註一)生於該城，在霍次明頓
(Holzminden) 學院卒業後，即
考入革丁根大學，從斯特羅邁厄
(Stromeyer) 教授習化學。十九
歲即受哲學博士學位，這並非說

第十四章 由分光器所發見的元素



圖一五〇 一八一八年在烏次希那台爾議員 (Utzschneider) 及
賴興巴克 (Reichenbach) 二人前，夫勞恩荷斐 (Fraunhofer) 展
覽他最新式分光器，此二人皆爲他在本尼提克鮑恩 (Benedict-
beuern) 玻璃及光學工場中的同事。

他同他們討論他的最近研究，多關光的繞射，因而引成他發現光
柵譜，波長的精密測定，又確定光之波動說 (undulatory theory
of light)。

本生早熟，俄斯特發爾特 (Wilhelm Ostwald) 曾加以解釋，那時學生的畢業期，實較目下為早。

(註一)關於本生誕日，寫傳家分爲兩說，一作三月三十一日，一作五月三十一日。

年輕的本生，其後得罕諾弗 (Hanoverian) 政府的資助，到各地旅行，科學知識得以大進；曾步經德、法、奧、瑞士等地，會晤各國大科學家，在各地遊歷約有三年之久，考究地質的組成，訪察工廠和礦場，交遊各種專門技師和大學教授 (2)；到一八三六年，就繼弗勒 (Wöhler) 氏任卡塞

爾 (Cassel) 高等工業學校教職，以後在馬爾堡 (Marburg) 和布累斯勞 (Breslau) 地，又擔任相仿的職務；最後在海得爾堡 (Heidelberg) 大學榮膺格美楞 (Leopold Gmelin) 的繼



圖一五一 布盧斯忒 爵士像

(Sir David Brewster 1781-1868)

蘇格蘭物理學家，在吸收、反射、曲折、偏光和雙曲折結晶方面的研究，最爲聞名。不列顛科學促進會創辦人之一。發明萬分筒，改良實體鏡。他的光學研究，使燈塔的建築大爲進步。

任者，在該處任教職達三十八年之久，到七十八歲的高年時，方告退休（2）、（50）。

本生在早年第一個報告中，就發表了對於人類幸福大有裨益的研究；他證明新沈澱的氫氧化鐵，為砷毒的解毒藥。在卡塞爾和馬爾堡時，作重要而危險的四甲聯脾（cacodyl）研究，其時卡塞爾的實驗室中，缺乏透風櫥的裝置，工作時載一面罩，用長管通入新鮮空氣，有一次在研究氰化四甲聯脾時，發生爆炸，面罩擊破，右目就此失明，連生命也幾遭不測；但健康恢復後，此項研究，總抵成功。

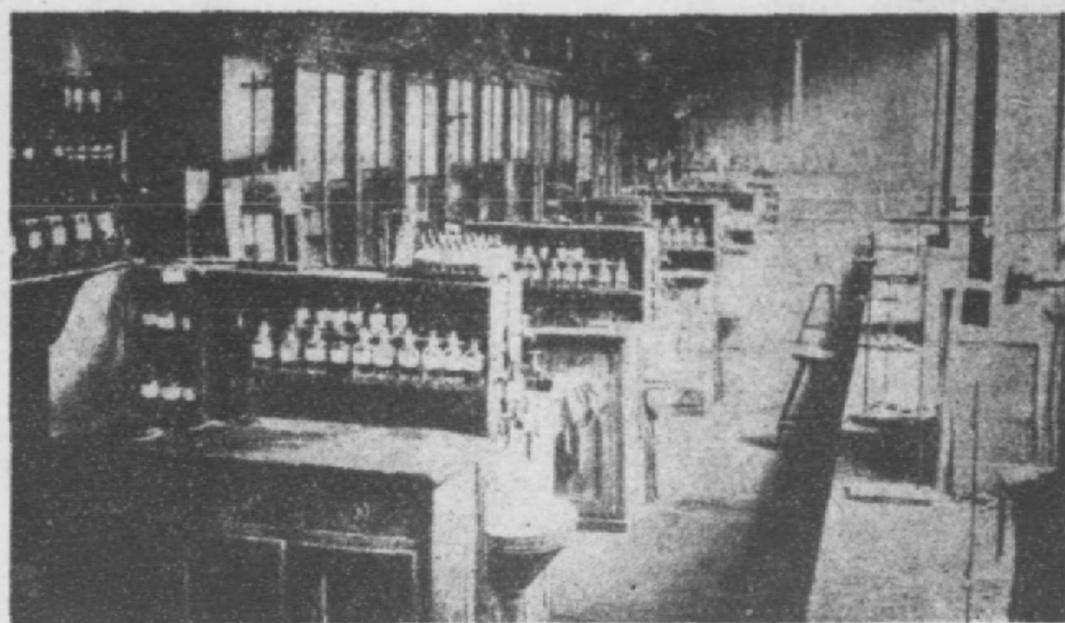
經過了這一次嚴重的災禍後，使他非常小心，有一次他的學生得布斯（Heinrich Debus），



圖一五二 本生氏像

(Robert Wilhelm Bunsen 1811-1899)

德國化學家，研究四甲聯脾基（cacodyl radical），冰洲（Iceland）的噴泉，光的化學作用。本生燈、本生電池、油斑光度計、冰卡計、蒸氣卡計、節溫器、常高水浴、濾抽機各物的發明人。



圖一五三 海得爾堡(Heidelberg)本生的老實驗室,現已坍塌。



圖一五四 得布斯氏像 (Heinrich Debus 1824-1915)

德國化學家, 在倫敦該氏(Guy's)醫院和格林威(Greenwich)皇家海軍大學教書多年。製純粹紫色精, 發現 glyoxaline, 使氫氰酸還原成甲胺。又為他的老師本生教授寫了一冊有趣的傳記。

在研究工作上想用一些爆炸酸汞 (Mercuric fulminate)，本生表示不贊同而說道 (6)：

『我初來馬爾堡時，在貯藏櫃中曾見有玻璃塞的瓶，內裝爆炸酸汞一盞斯左右，但我取出後，立刻已把牠投入附近的石坑中去了。』

本生對於鼓風爐 (blast furnace) 中的氣體，做過極徹底的研究；其他各種著名氣體分析法的新發展，和這件事都有深切關係。他發明的弗打電瓶，至今用他名字來題名；此外又發明油斑光度計 (grease-spot photometer)、冰和蒸氣的卡計 (calorimeters) 和本生燈。一八四五年，有名的海克拉 (Hekla) 火山大噴火後，即隨丹麥探險隊前往，研究活噴火泉及冰洲 (Iceland) 的沸噴泉 (geysers)，在大危險中作精細的溫度計量，對於火山活動情形所下的解釋，早於美國沸噴泉的科學記載。

銫和銣 (cesium, rubidium)

其後本生和其終生密友羅斯科 (Henry Roscoe) 爵士，進行一列精密的光化學研究，但中

途特然又停止了，中止的緣因，最好抄錄一八五九年十一月十五日他寫給羅斯科信上的話，讓他自己來說明（7）：

『目下（他說）克希荷夫和我二人，合着進行一件尋常的工作，這件事使我們不能安睡……當克希荷夫在尋覓太陽系光譜上黑線的原因，和太陽光譜上試用人工的方法加增黑線，或使無線的光譜在夫勞恩荷斐線相應的地位上生出這些黑線的這些研究中，忽然得到了一種神奇而完全料不到的大發現，由此得到一種方法，可用以決定太陽和恆星的化學構成，其準確一如我們用化學藥品測定硫酸氫氣等物，即用以測定地球上物品的組成，手續的簡易，亦一如測定太陽內的物質組成，例如我已能在二十克海水中，探知鋰素的存在。』

克希荷夫（Gustav Robert Kirchhoff）是普魯士刻尼格斯堡城（Königsberg）的一位年輕教授，這時剛跟本生從布累斯勞來夫賴堡。大家一致公認，這是本生在布累斯勞時代的一個最大發現。克希荷夫於一八二四年三月十二日生於刻尼格斯堡，為裁判顧問（Counselor of Justice）的第三子。二十四歲即入柏林大學擔任教職，其後又在布累斯勞任教職，一八五四年起來夫賴堡，



圖一五五 克希荷夫氏像

(Gustav Robert Kirchhoff 1824-1887)

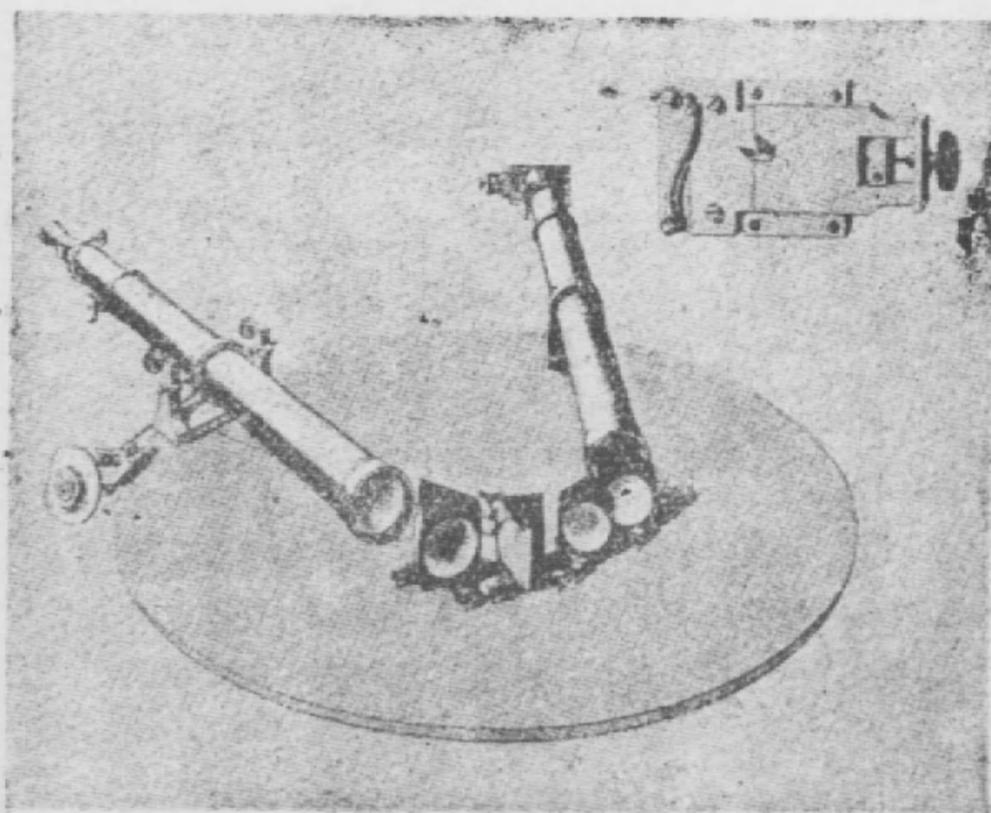
德國物理學家及物理化學家。海得爾堡和柏林二大學的物理學教授。克希荷夫·斯丟阿特 (Kirchhoff-Stewart) 輻射定律和吸收定律的獨立發現人。解釋太陽光譜上的夫勞恩荷斐 (Fraunhofer) 線，和本生合創立分光分析學，又發現銻、鉀兩素。

和本生前後合作多年；到一八七五年，又棄去這光榮的成功地而回柏林任物理教授，和赫爾姆霍斯 (Helmholtz) 合作，歿於一八八七年十月十六日，享年六十三歲。

克希荷夫的心靈，若和本生比較，則充滿着更多奇妙的思想，熱愛純粹數學，對於牛頓、夫勞恩荷斐 (Fraunhofer) 和克勞修斯 (Clausius) 數人的研究工作，都有澈底的認識 (8)、(46)。

他曾證明給本生看，在分辨相仿的有色火焰時，不必用有色玻璃來檢視，可用稜鏡來替代，務使光線分散而顯現其原來組合的元色（9）。根據這項定律，他們發明本生—克希荷夫分光器，這座儀器，不單在化學分析上極有功用，即在新元素的發現上，也極佔重要地位（28）。

食鹽撒在本生燈火焰上時，在分光器上可見黃色線，位置恰在太陽光譜D線的暗黑雙線上，他們倆注意這一點之後，就使太陽光和黃色鈉光同時落於分光器的狹隙上，以便同時觀察暗黑的D線，和光亮的鈉線，但結果發見暗黑線並不變黃，而較前更暗時，不覺大為驚異。克希荷夫整個心魂給這件事困住了，他費了一天一夜的精神，設法去解釋，牠最後終得成功，能用人工法來生暗D線，他用



圖一五六 本生—克希荷夫式分光器

發光焰代日光，而得一種連續光譜，此時光譜上並無暗黑線，然後再如前，轉黃色鈉焰於狹隙前，克希荷夫用交感振動的比喻作爲說明，就是從發光焰來的白光，經過鈉焰時，失去和黃線相應的各種振動，故在該處的光譜上，僅含一暗黑線（9）、（34）。

一八六〇年四月十一日，本生在給羅斯科的信上說：『親愛的羅斯科，請不要恨我，假使在光化學方面，我至今仍沒有做過什麼事。』以下就爲自己解釋一番，他正在找尋一種新的鹼金屬（9），同年的十一月六號，他又有信給羅斯科：

『關於那新金屬，我總算是幸運得很，近於純粹的氯化鉑（chloroplatinate），我目下已有五十克，要牠絕對純粹，當然也非難事。提製這五十克，用了六萬擔（quintal）——每擔計一百二十磅——鑛水，方始得到，同時得副產物氯化鋰計二磅半，因爲在分離上，已尋到一個極簡便的方法，所以我感覺牠的分佈，似乎很廣，牠有美麗的藍光帶，我將稱牠爲銻（cesium），下星期日，希望有時間作第一次的原子量測定。』

本生於一八六〇年五月十日，向柏林科學院正式宣示他的新發現（8）。



圖一五七 本生氏像

(Robert Wilhelm Bunsen 1811-1899)

海得爾堡大學化學教授，和克希荷夫共同發明分光器，樹立分光分析學，發現銨鉀兩素，又為發展碘素分析法 (iodimetric method) 的第一人。

本生和克希荷夫在一張報告上，曾述及這新元素發現的經過：

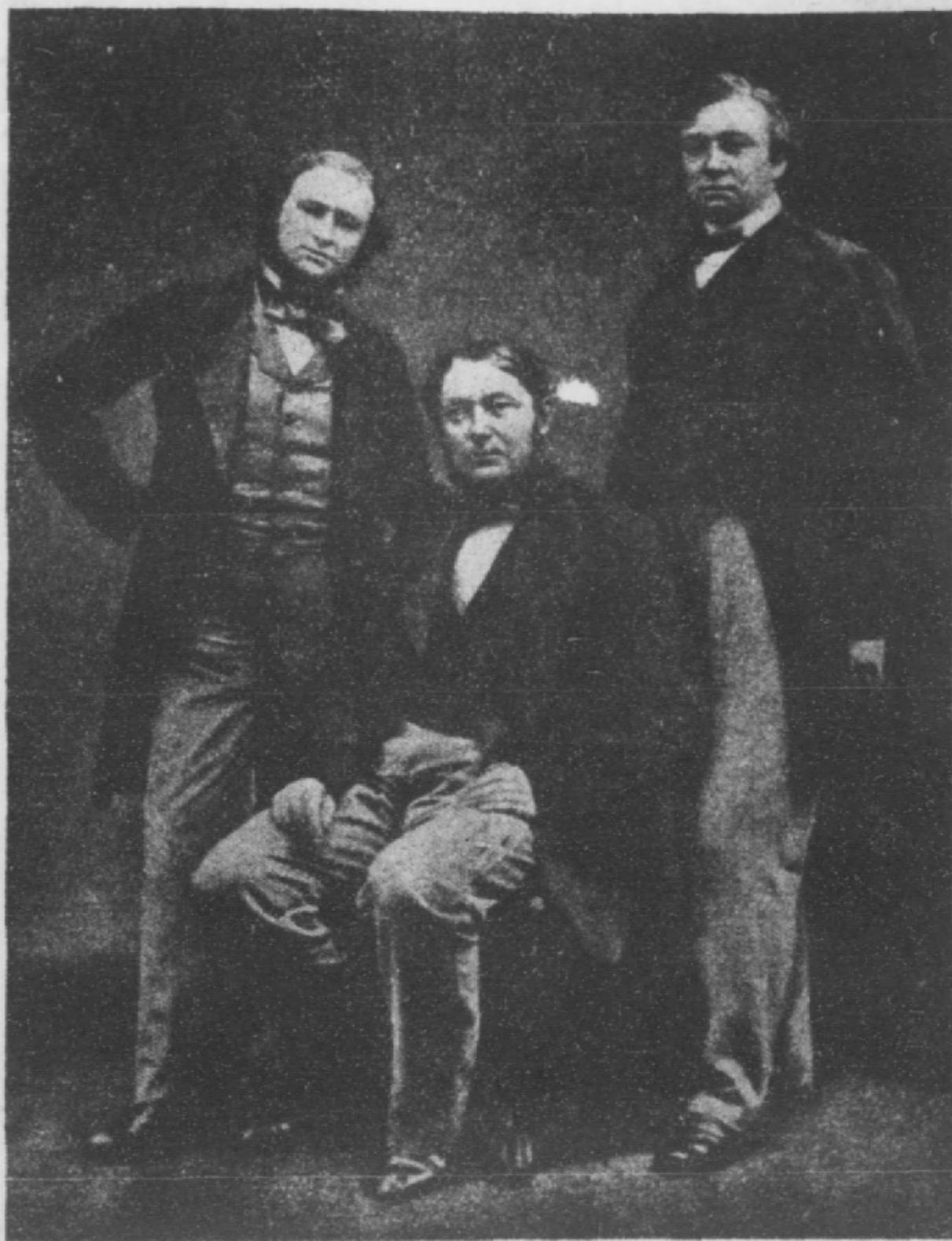
「若放丟克海姆 (Dikheim) 鑛水的母液一滴於分光器的火焰上，我們僅見鈉、鉀、鋰、鈣和銨的各種特有光澤，若用平常的分析方法，先把母液中所含的氧化鈣 (lime)、氧化銨 (strontia) 和氧化鎂 (magnesia) 沈澱，再把殘餘部分，用酒精溶解，酒精中預置硝酸，用以處

治鹽基化合物，除鈉線、鉀線和鎳線外，另有二條顯著而密接的藍線，其中一線和 U_{I} 線，幾乎完全符合。

「目下我們知道，並無其他物質，在光譜的這部分，能顯現這兩條藍線，所以可以下一結論，確認在母液內，必有新物質的存在，且必屬鹼金屬。我們建議用鈹字來（符號用 Ca ）命名此新金屬，因為古時曾用 *Cæsium* 一字，來指天空上部的藍色，所以對於這個名稱，我們覺得非常正確而便利。微量鈹素和蘇打、氧化鋰、氧化鋇混合後，在白熱的蒸氣中，顯現美麗的藍色，即可證明有新元素存在。」（4）（29）（30）。

以前其他化學家都考檢過鈹素的礦物，但無不失敗，沒有一個能辨識此新金屬。到一八四六年，普拉特納（*Platner*）曾經分析埃爾巴（*Elba*）送來的鈹榴鑽石（*pollux*），分析結果的總和，不能湊成一〇〇%（10）（36）。在鈹素發現以後四年，彼薩尼（*F. Pisani*）重行分析這鑽石，發見普拉特納的錯誤，就誤在把硫酸鈹當做了硫酸鈉和硫酸鉀的混合物（8）（37）。

一八六一年二月二十三日，在鈹素發見後數月，本生和克希荷夫又向柏林科學院報告另一



圖一五八 (自左至右)克希荷夫,本生,羅斯科(H. E. Roscoe)

(攝於一八六二年)

克希荷夫和本生發明分光器,又創立分光分析科學。羅斯科和本生在光化學方面合作研究,又為製取金屬鈳的第一人。



圖一五九 普拉特納氏像

(Carl Friedrich Plattner 1800-1858)

夫賴堡 (Freiberg) 鑛務學校冶金學教授。吹管分析和煨金等專書的著作人。羅斯 (Heinrich Rose) 訓練出來的分析專家。一八四六年作銻榴鑛石的精密分析時，分光器猶未發明，故不能認出新元素銻的存在。

新金屬元素的發現，報告上說：

『從薩克森 (Saxony) 來的紅雲母石 (Lepidolite)，我們用常法製成溶液，溶液中除鹼金屬外，不含其他元素，此時傾入氯化鉑少許，得大量沈澱，在分光器上若檢視沈澱，則僅見鉀素的線。』

『乃用沸水把沈澱洗滌數遍，每隔片時，即用分光器檢視，發現在 H_{β} 和鉀素 K_{α} (註一) 線間，有二條深紫的線。倘繼續洗滌，這二條線逐漸較鉀素的連續光譜加深，最後鉀線消失，在紅色、黃色和綠色部分，出現新線多條，此等線不屬於目下所已知的元素；我們可以舉出在顯明的夫勞恩荷斐線 A 旁邊二條特別紅的線，或和牠相應和而最明亮的 H_{β} 線做代表，其地點恰在太陽光譜的最紅端，導源於新鹼金屬，能發強烈的深紅色光線，更依據 rubidus 一字的原來字意，我們定名為鉀 (rubidium)，符號用 Rb，因在古時，也常用 rubidus 一字來代表最深的紅色。』(4) (30) (31) (35)。

(註一) 本生和克希荷夫葉 K 而用 K_{α} 作為鉀 (Kalium) 的符號。

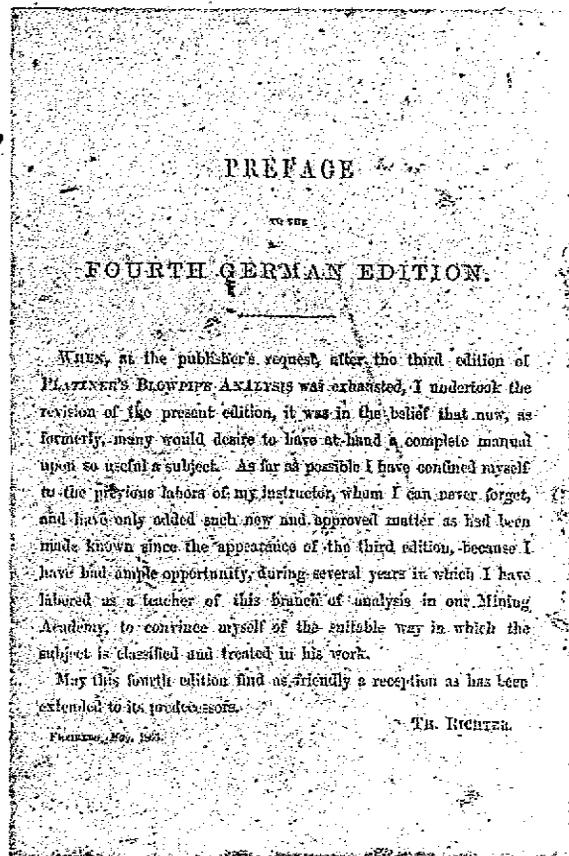
爲了想得一種無色的火焰，本生經過一番研究後，遂發明有名的本生燈。

在鉀素的分離上，本生雖告成功 (42)，但他僅在光譜上探知了鉀金屬的存在 (41)，山脫堡 (Carl Setterberg) 博士在二十年後，始用化學方法，把牠分離成功。他用鉀的氰化物和氰化鎂同時電解，電解部分的研究，就在本生研究室中完成的。

一八八六年，海得爾堡大學舉行五百週年紀念大會，一席豐盛的早餐吃了三點鐘。在冗長的演說時，本生早已入睡了，中途演說者的高聲，把這個高年的化學家突然驚醒，他拭目向他的鄰座

第十四章 由分光器所發見的元素

四三九



圖一六〇

普拉特納的吹管分析一書，由其昔年門生李希特 (Hieronymus Theodor Richter) 改訂發行，此人和賴赫 (Ferdinand Reich) 共同發現錳素。

耳語：『我算在夢中，把一根滿盛鉀素的試驗管，落到地板上去了。』（11）

又有一次，人家剛替他向一位英國貴婦人介紹，那個英國婦人，誤認他是大使喬西斯·本生（Josias Bunsen），立刻問他是否已把 Gott in der Geschichte 一書完成，本生答着：『啊！不當令的死阻止了我。』（註一）（11）

（註一）Ach daran hat mich ja mein frühzeitiger Tod verhindern.

本生實在是一個最謙虛而卑下的人，在演講時，有時需要提到他自己的發現，他從不說『我已經發現』而祇說『人類已經發現』，演講上述及光譜分析時，學生每鼓掌示敬，稱頌他偉大的功績。本生會獲得無數榮譽和獎章，有一次他慘然說道：『這些東西，對於我的價值，全在牠們能使我母親快樂，但現在她已死了』（註一）（21）（49）

（註一）Solche Dinge hatten nur Worth für mich, Weil sie meine Mutter erfreuten; sie ist nun todt.

他和富古令（Vauquelin）及加萬粒栗（Cavendish）一樣，終身堅守不娶，有人訊其由，他老是答：『我永遠找不出適當的時候。』因為沒有家室之累，所以對於學生，更覺親切，他時常終日陪

學生在實驗室中工作，耐心着指示他們，一切詳細的化學手續。七十歲時，給羅斯科的信中說：『我在目下飛奔的歲月中，沈浸在過去快樂時日的回憶中生活着，現在想來，其中最使我感到愉快的，要算在我們多年真誠的友誼生活時代。』工作一天後，他最歡喜在海得爾堡城附近遍植栗樹的山上，和一二老友如克希荷夫或赫爾姆霍斯輩，散步其間。



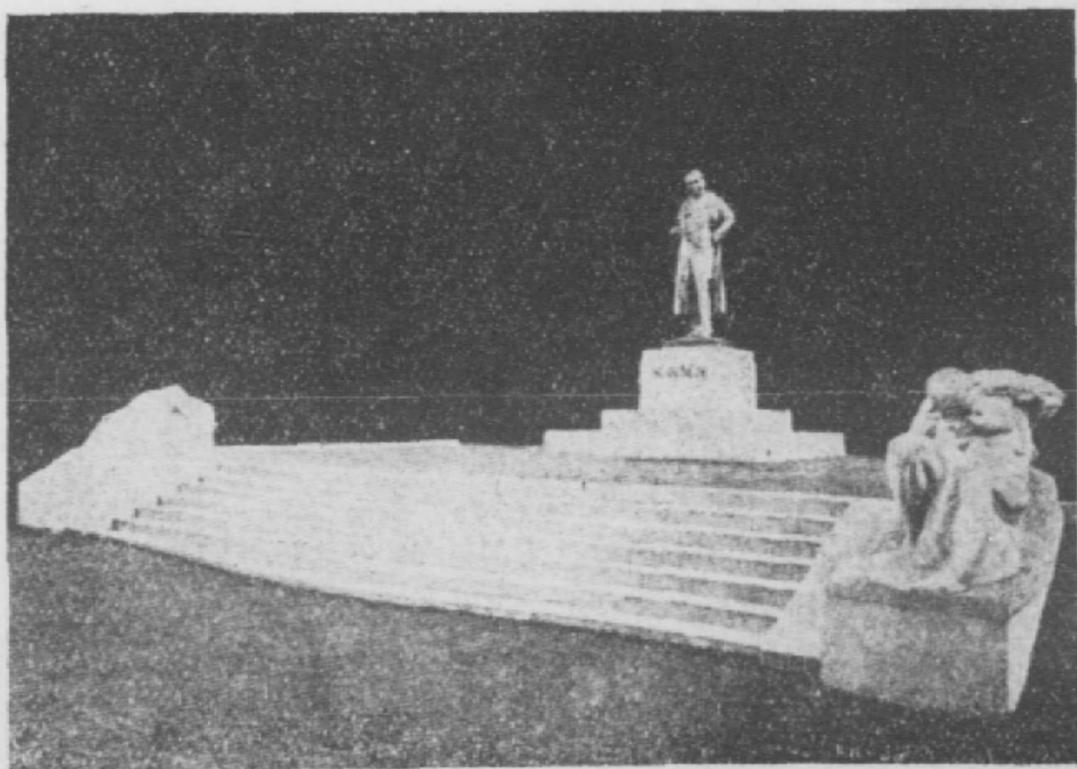
圖一六一 赫爾姆霍斯氏像

(Hermann (Ludwig Ferdinand) von Helmholtz 1821-1894)

蓬 (Bonn) 和海得爾堡兩大學的生理學教授。柏林大學物理學教授。眼膜曲率器的發明人，此器用以檢查眼網膜，他又用數學公式表示能力常住定律。

天賦他一付英明的心靈、愉快的性格、強壯而健康的身體、和長久的壽命（48）。發明蒸氣卡計時，已經是七十六歲的老翁，七十八歲始辭海得爾堡大學教授職，此後又活了十年。晚年的生活，非常愉快，以前的學生和同事，無不向他稱榮致敬，本生於一八九九年八月十六日去世，死前三日，一直彌留於平靜的睡眠狀態中，羅斯科爵士曾記述他的面容，終始保持着『他一生中最光榮時那種智慧的表情。』（13）

自從本生和克希荷夫二人的研究，開闢了新路以後，其他各種新元素，受賜於分光器而發見者，計有鉈（thallium）、銻（indium）、鎳（gallium）、氦（helium）、鐳（ytterbium）、釷（holmium）、銩



圖一六二 海得爾堡大學本生紀念像

(thulium) 鈔 (samarium) 釷 (neodymium) 鐳 (praseodymium) 和鐳 (lutecium) 等各種。

鉍 (thallium)

克盧克斯 (William Crookes) 爵士，是注意鉍素存在的第一人。生於一八三二年六月十七日，初在契彭罕姆 (Chippenham) 初等學校讀書，十六歲入皇家化學院，其時荷夫曼 (Hofmann)

雖為第一任教授，但對於他竟毫無影響，他始終沒有注意有機化學，他第一篇論文的題目是『關於氰化硒』，出版時年僅十九，一八五九年起，開始刊行『化學新聞誌』 (Chemical News) 。



圖一六三 荷夫曼氏像

(August Wilhelm von Hofmann
1818-1892)

德國化學家，在倫敦皇家化學院任第一任教授多年。苯胺顏料工業的創立人。由苯製硝基苯和苯胺的第一人，德國化學會創辦人之一，前後任會長十四次。

直到一九〇六年，他是這分重要雜誌的唯一主編人。

一天離本生和克希荷夫報告鉀素發現後不久，克盧克斯湊巧在分析哈茲 (Hatz) 省鐵爾克羅台 (Tikende) 硫酸廠送來的幾分殘體物，荷夫曼在數年以前，就交給他研究，因為裏邊含有硒化物，能製氰化硒，硒素分離以後，克盧克斯仍把殘體留下，他相信裏邊還含碲素。

用分光器把殘餘體檢查後，並無碲線出現，而在器上硒線也漸見褪去，但同時卻有美麗的綠線出現，為以前所從未見過的新線；他就下一結論，認為裏邊必含一新元素，因為光譜中現綠線，故命名為鈹 (thallium)，此字意作綠樹枝 (green branch)。第一個報告在一八六一年三月三十一日出版的化學新聞誌上發表 (38)，起先他誤認這是和硫相仿的一種非金屬，但不久就變更他的信仰。一八六二年把標本送到國際博覽會去陳列，瓶上表題着「新金屬鈹素」一行大字，因而贏得一筆獎金 (14)。

克盧克斯爵士對於稀有氣體的研究，以及在放射學和分子物理上的貢獻，將長為人類所記。八九五年拉姆塞 (William Ramsay) 爵士發現氮氣後，克盧克斯首先證明牠和羅克貝



圖一六四 克盧克斯爵士像

(Sir William Crookes 1832-1919)

英國物理學家及化學家。皇家學院教授，輻射計和閃爍鏡的發明人。化學新聞的創辦人兼編輯人。觀察銻素綠線的第一人，又為最先證明太陽氦和地球氦為同一種元素者。鈾 X_1 的發現人。

(Norman Lockyer) 爵士用分光器在太陽大氣中所見者相同。他又發明輻射計 (radiometer) 和閃爍鏡 (spinhthariscopes)，在皇家學會玻璃工人白障眼委員會服務時，擔任的實際研究，對於人類更有偉大的裨益。他創製了一種近於無色的玻璃眼鏡，玻璃熔化時射來的白熱有害光線，都

被隔斷，工人的眼睛，從此都有了保障（14）。他曾經二次到基姆柏利參觀著名的金鋼石鑛區，後來在一九〇九年寫了一冊關於金鋼石的小書，獻給他的妻子。

巴斯克維爾（Charles Baskerville）氏曾給克盧克斯寫一篇傳記，關於他的家庭生活，有下面一節有趣的描寫（15）。

「星期日晚上，克盧克斯爵士總是留在家裏；書室之內，典籍高堆到天花板，一大羣從英格蘭和其他各地來的第一流科學家，圍聚着討論尚未解決的問題。菸煙繚繞，彌漫一室，討論問題的結果，總不比濃厚的煙霧清楚，鐘準在七點打着的時候，克盧克斯夫人從煙霧中劈隙而入，非常溫和的帶着賓客到樓下食堂去。對於每件事，他總是週到而細心，辯論時守禮而勇敢，對於少年人有屈從而自卑的德性，博學多能，屈伸自在，剛柔隨機應變，克盧克斯爵士實在是最可親的人了。」

自夫人於一九一六年去世後，從此他就鬱抑不樂，心神終老不復安寧，自己也隨即於一九一九年四月四日過世，享年八十有六（14）。

雖然在分光器上看到鈇素綠線，克盧克斯爵士無疑是世間第一人，但很多史家，特別在法國方面，咸信鈇金屬的分離成功，當歸功於拉克密（Cloude Auguste Lamy）；此人於一八二〇年七月十五日生於法國儒拉（Jura）區乃累（Néry）城，初在巴黎高等師範學校（École Normale Supérieure）攻讀，三十一歲得利爾（Lille）大學的博士學位，卒業後最初在利摩日（Limoges）教物理學，其後又到利爾大學任物理學教授（16）。

一八六二年四月，正是利爾當教授的時代，他分析路斯（Loos）硫酸廠送來的黏質礦泥，這個廠是用比利士的黃鐵礦做原料，在分光器中，他檢得綠線，這也就是導引克盧克斯發現鈇素的綠線。關於鈇素的分離，拉克密所採用的方法，最好抄用他自己的記錄，來報告分離的經過：

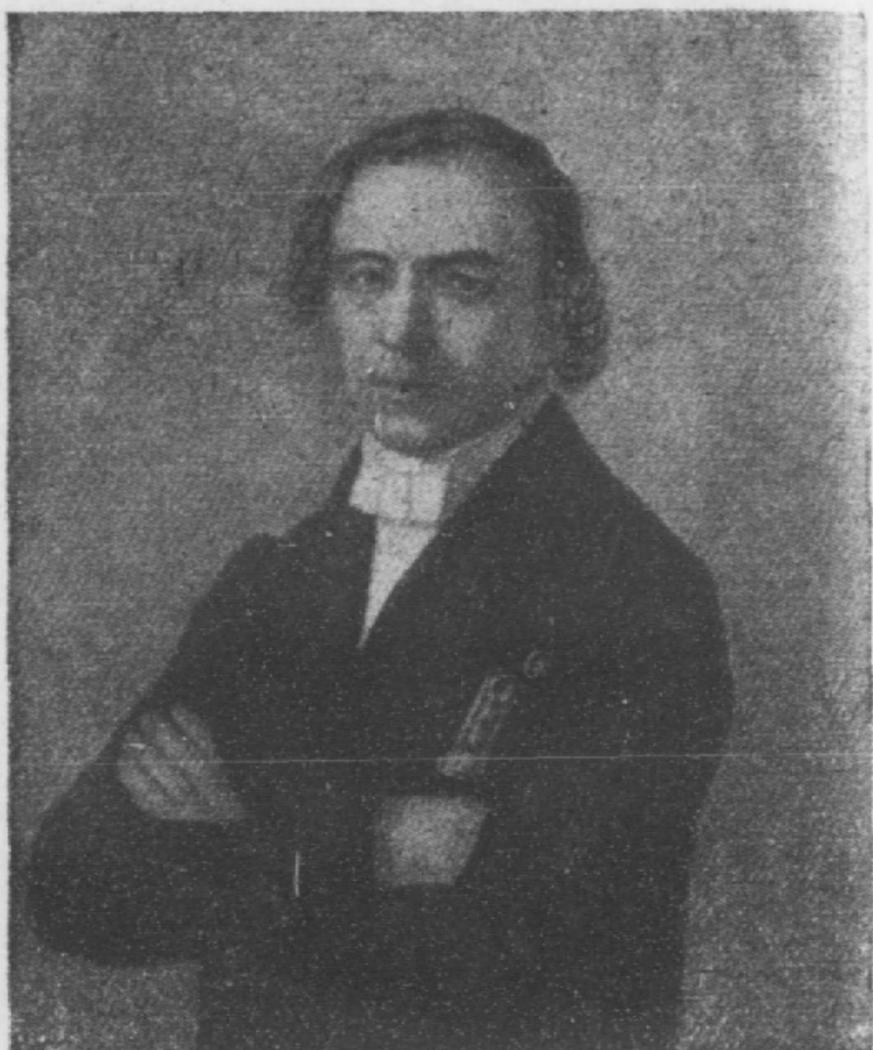
『黃鐵礦在坑爐中燃燒時，同時生成二氧化硫、亞砷酸、亞硒酸和鈇的氧化物，這些都跟着鐵塵，同時帶入第一鉛室；第一鉛室中假使除氣管以外，和以下各室沒有其他連接，沈積於此的氧化鈇，最後變成了硫酸鈇和硫酸鉛、硫酸鐵以及黃鐵礦中的其他雜物，同聚在一起。』

（拉克密繼續着說），『鈇素可從第一室沈積物中分離出來，其法為將沈積物和等容量的

王水(aqua regia)同熱，在將乾的時候，王水已近於完全逃散，乃用兩倍其重量的沸水，溶解殘體，液體冷卻時，我們可以看到多量的黃色結晶片，再結晶幾次後，遂得六氯化鉈，乃用五個本生式電池來電解氯化物，受電解作用後，在負極上我們就得純粹的鉈素，用這個方法，我們方始第一次分出這新金屬。』(17)(39)。

拉密曾經宣稱，克盧克斯爵士所見的鉈素，實在是一種硫化物，但後者答稱在一八六二年五月一日，他已製得金屬鉈素，只因牠的揮發性太強，他不敢把所得的黑粉熔解而製成鋼錠(18)；後來法蘭西學院組織了一個委員會來辦理這件案子，委員包括得維爾(Henri Saint-Claire Deville)、柏盧斯(Théophile Jules Pelouze)和杜馬(J. B. A. Dumas)，他們一致否認克盧克斯，而判定拉密是分離金屬鉈素的第一人(17)(44)。

把新金屬的化合物詳細研究以後，拉密教授所得的結論，認鉈素能製成二系鹽化合物，其中亞鉈系鹽是一原子價，鉈系鹽是三原子價；亞鉈系鹽的一切化合物，性質近於鹼金屬類，而鉈系鹽的化合物，和鋁素相近。杜馬有一次說過，「根據平常所採用的金屬元素分類法的觀點來說，鉈素



圖一六五 杜馬氏像

(Jean Baptiste André Dumas 1800-1884)

阿忒尼爾 (Athenaeum) 和索爾蓬兩大學的化學教授。設計蒸氣密度測量法，發展有機化學中的式型理論，否定柏齊力阿斯的二性電化論 (dualistic electro-chemical theory)。研究脂肪醇，杜馬和潘立哥脫 (Péligot) 始發展同系概念。

實具相反各族元素的特性，所以我們稱他為一種怪僻的金屬，或金屬中的鴨嘴獸 (ornithorynchus) 也不能算誇張的一件事。」(註一)(40)(41)。

(註一)「Il n'y a pas d'exagération à dire qu'un point de vue de la Classification généralement

acceptée pour les métaux, le thallium offre une réunion de propriétés contradictoires qui autoriserait à l'appeler le métal paradoxal, l'ornithorynche des métaux."

到一八六五年，拉密升任巴黎中央工藝學院的化學教授，他發表的報告，有關於磁性物理學的進步，鉈的毒性，石灰在水中的溶度等等研究，一八七八年四月二十日逝於巴黎（16）。

銻 (indium) (註1)

一八六三年在夫賴堡有名的鑛業學校內，擔任物理學教授的賴赫 (Ferdinand Reich) 和他的助教李希特 (H. T. Richter) 發現了新元素銻 (indium)。賴赫於一七



圖一六六 賴赫氏像

(Ferdinand Reich 1799-1882)

夫賴堡鑛務學校物理學教授兼監督。銻素發現人，研究磁針傾斜的變動，夫賴堡的風量和雪量以及深度不同處岩石的溫度。

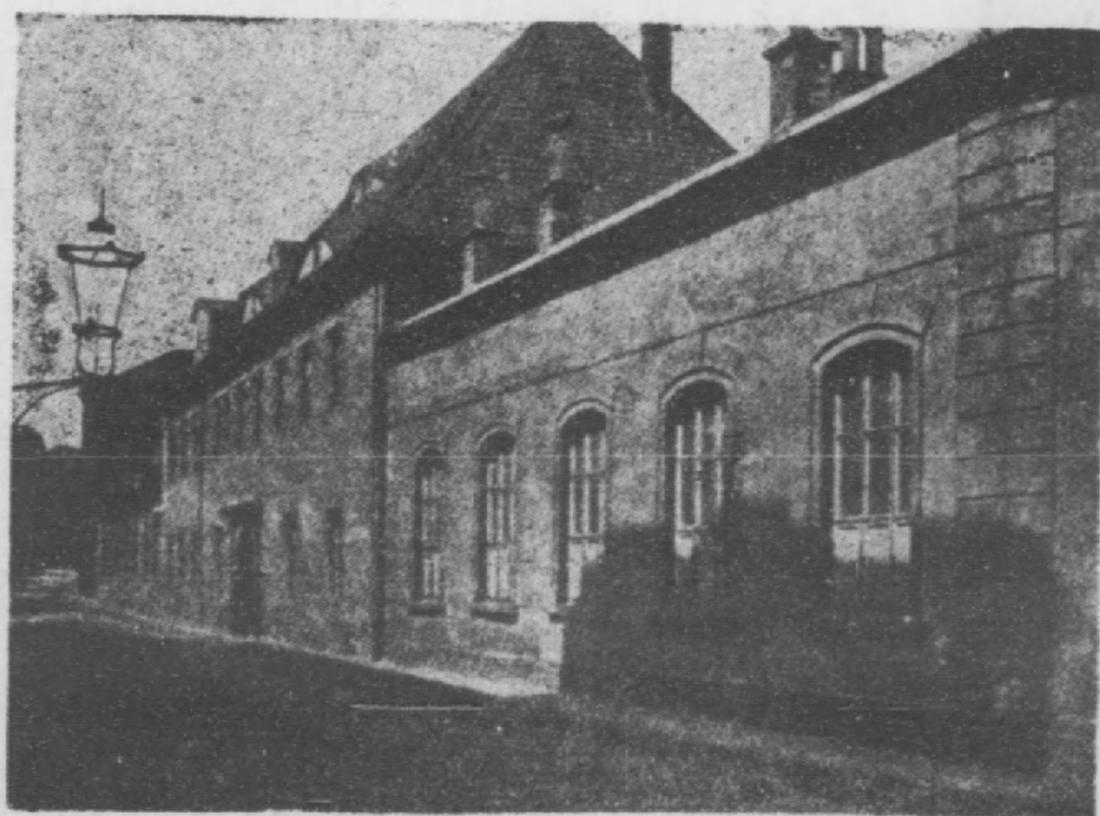
九九年二月十九日生於柏恩堡 (Bernburg) 城在萊比錫 (Leipzig) 夫賴堡 革丁根 和 巴黎 等
地求學。

(註) 賴赫 和 李希特 二人的像片，以及搜尋關於錒 素之材料時，作者多得普林斯敦大學 (Princeton University) 麥克堪 (U. W. McCay) 教授及夫賴堡學院 院長布爾克 教授 (O. Brück) 之贊助，不勝感激，特此誌謝。

一八二二年，他步行到革丁根，從斯特羅邁厄 研究化學，他敬慕斯特羅邁厄，『因為他的工作清楚明白，選擇物料，謹嚴而適當。』(51) 夫賴堡 的學校當局，曾請他擔任鑛務學院 中 (Mining Academy) 辦理儀器鑛物，以及購買珍貴書籍的事務；次年他又負着同樣的使命，到巴黎 去為夫賴堡學院 和革丁根 的斯特羅邁厄 選購白金器具，校訂砝碼儀器以及鑛石等。停留在巴黎 時，往索爾蓬 (Sorbonne) 學院 (指巴黎大學 之科學部和文學部授課所在地——譯者註) 鑛務學校 和法蘭西大學 (Collège de France) 等地讀書，得識布隆尼阿 (Brongniart) 阿拉哥 (Arago) 該·律薩克 (Gay-Lussac) 泰那爾 (Thenard) 利俾喜 (Liebig) 善蒙 (Élie de Beaumont) 和洪保德 (Alexander von Humboldt) 等有名科學家，他特別仰慕該·律薩克 『簡潔而謙恭的生

活，和深湛而豐富的學識。」（51）

從一八二四年起到一八六六年退職時止，賴赫在學院中任監督的職務，對於鑛石的收集、用品的購買、記錄的保存、圖書的編目、鑛務和冶金曆的編輯，都一手負責辦理。對於磁針傾斜差，有深入而徹底的研究；此外夫賴堡的雨量 and 雪量，做過多年準確的記錄，從巴黎回來後，開始講演法國的度量衡制度，所以賴赫、赫得（Herder）和布楞特爾（Brendel）三人，實在是把米突制介紹到薩克森來的創導人。對於深度不同處岩石的溫度，賴赫觀察所得的結果，極有科學上的意義；關於地球平均密度的研究，和加萬粒粟的結果也極吻合。



圖一六七 夫賴堡鑛務學校化學實驗室

從一八三〇年到一八三一年，賴赫曾在夫賴堡市六十位受過教育的市民前，開始一組有系統的演講；這些市民，大部分和鑛業或鑛物化鍊廠，都是有相當關係的人士，有了演講，雖可以增加多少收入，但後來他又把演講中途停止，理由是這般人所歡迎的東西，都是不十分科學的，和平常在學生面前講演的不同。他在鑛物學方面，也曾擔任過十二年教職，其他如普通化學的教務，也會擔任過好幾年。

賴赫是在平時最注意學生幸福的一個人，他訂出一個晚上，專門招待學生，學生也完全把他當做朋友一樣看待，對於不十分諳熟德意志語言的外國學生，時常用法文來加添課外演講，體諒學生，深切若是，誠是難得。

從鑛物化鍊廠冒出的煙霧，有害於農間的作物，糧秣和收穫，實在是一個極嚴重的問題；普拉特納教授正在想法如何移去二氧化硫的時候，賴赫就設計了一具極簡便的儀器，能計量一切蒸氣和其他種種氣體中的二氧化硫量。當希爾伯斯多夫（Hilberdorf）歐洲高煙肉樹立後，仍沒有戰勝這個難題，反之對於果子和樹木的損害面積，較以前更廣大了，賴赫教授曾經研究德國，比

國和英國四十個鑛物化鍊廠的煙問題，但問題仍沒有解決，他死後到一八九〇年，哈爾斯勃流克（Halbrücke）造了最高煙囪後，纔算解決。

一八六三年，賴赫開始從夫賴堡希曼爾斯夫斯脫（Himmelfurst）鑛的鋅鑛石中，尋求銻金屬，這鑛石中所含最主要的成分是砷黃鐵鑛、閃鋅鑛（blende）、鉛輝鑛石（lead glance）、氧化砷、錳、銅和其他少量的錫和鎳（19）（43）。把這些雜鑛石悶燒以後，大部分硫和砷都已散去，然後用鹽酸分解（47）。文克爾（Clemens Winkler）當時為薩克森顏料廠冶金專家，一八六三年曾訪候賴赫教授，賴赫教授指着一堆柴黃色的沈澱對他說：『這是一種新元素的硫化物』（52）。賴赫自己是色盲患者，所以就信託他的助教來做分光檢查。

李希特（Hieronymus Theodor Richter）於一八二四年十一月二十一日生於德累斯頓（Dresden）市，在夫賴堡的鑛業學校任冶金學講師，他放一些閃鋅鑛在白金的線圈上，然後放在本生燈上燒，發見一種輝煌的靛青線，和鉀素的各種藍色線都不相合（52）。因新元素在分光器上，呈顯特殊色線，就命名為鈹，研究報告印行的時候，二人共同具名，但賴赫教授對於這個錯誤，表

示遺憾，因李希特一再設法表示，好像他是銻元素的唯一發現人（20）、（51）、（52）。

賴赫和李希特以後又發見銻素有二條線，較亮的一條比銻素的藍線屈折性稍高，而較暗弱的一條更高，地點在鈣的藍線附近，銻化合物在本生燈光焰中，生極亮的靛青色和紫色，就是不用分光器，也可以辨認出來。

他們又分出少量銻素的氯化物和含水氧化物，用吹管在焦炭上把氧化銻和碳酸鈉細心加熱後，得不純粹的金屬銻若干（21）、（43）。金屬銻色白而有延伸性，是和錫同樣易於熔解的金屬，拉過紙面時，能留下一個痕蹟。



圖一六八 李希特氏像

(Hieronymus Theodor Richter
1824-1898)

夫賴堡礦務學校校長。銻素特有藍色譜線最先觀察者。冶金學家、試礦家、吹管分析的權威學者。

賴赫和李希特兩人，探知銻鏷中分離錒素，比在閃銻鏷中容易後，乃製成氧化錒，放在瓷坩堝上，可用氫或發光氣（illuminating gas）還原，在氰化鉀層下融化錒素，後來也告成功（44）（45）。文克爾曾依賴赫的提議，作金屬錒和化合物的澈底研究（20）。

在威爾斯（Wells）的『科學發現年刊』（*Annual of Scientific Discovery*）上，關於最初的金屬錒，我們可以找到下面一節極有趣的記載：

「一八六七年四月，賴赫在科學院（*Academie des Science*）陳列錒素標本二件，都是棱晶體四吋長，其截面是一個不等邊的四邊形，高半吋，低邊的闊度為二分之一吋，一為四分之三吋，金屬質是非常純粹的，極像鎢素，李希特曾估計二標本的代價值八百鎊。」（21）

對於政治生活，賴赫教授毫無趣味，所以在他廣博的圖書館中，也不藏這方面的書籍。他擔任過貧民的事務官幾年，對於貧者施惠極多，他自己沒有親生的子女，但對於傷妻而不幸的哥哥路易（Ludwig）所生的十一個孩子，在教育上和扶養上，都盡力贊助，有幾位侄女在賴赫夫婦的家裏住過好幾年，其中有一個侄子，還靠了他們的贊助，而完成中學和大學的教育（51）。

賴赫酷愛旅行，幼時一切旅行經歷，都有日記可稽；到一八六五年年終告退時，買了一所屋子，在新居中沈醉於科學書和科學雜誌中者將近二十年，自一八七六年妻去世後，一直到一八八二年四月二十七日自己謝世時止，全賴他的侄孫女幫助他料理家務。

李希特於一八七五年任夫賴堡鑛業學校的校長，他的美國學生麥克堪 (DeRoy Wiley McCay) 曾描摹他是一個神經質的，有興奮性而多動的玲瓏人物。他是冶金學和試金術 (assaying) 的專家，普拉特納的吹管分析 (Blowpipe Analysis) 一書以後各版，他曾負責改訂幾次，他有一張研究報告，有關於用氯水分離金礦中黃金的方法。對於學生，雖然非常嚴厲，而他的學生卻最愛欣賞他的談諧和智機 (20)。李希特於一八九八年九月二十五日在夫賴堡逝世 (16)。

參考材料

- (1) Goethe, "Faust," Part 2, lines 6265-6.
- (2) Ostwald, Wilhelm, "Männer der Wissenschaft—R. W. Bunsen," Verlag von Wilhelm Veit-cher, Leipzig, 1905, pp. 4-7.
- (3) Farber, "Geschichtliche Entwicklung der Chemie," Springer, Berlin, 1921, p. 210.

- (4) Jagnaux, "Histoire de la Chimie," Vol. 2, Baudry et Cie, Paris, 1891, pp. 132-6.
- (5) Debus, "Erinnerungen an Robert Wilhelm Bunsen," Th. G. Fisher and Co, Cassel, 1901, p. 126.
- (6) *Ibid.*, p. 23.
- (7) Ostwald, "Münner der Wissenschaft—R. W. Bunsen," Ref. (2), pp. 13-22.
- (8) "Chemical Society Memorial Lectures, 1893-1900," Gurney and Jackson, London, 1901, pp 530-2. Bunsen Memorial Lecture by Sir Henry Roscoe.
- (9) Ostwald, "Männer der Wissenschaft—R. W. Bunsen," Ref. (2), pp. 25-30.
- (10) Meyer, Ernst von, "History of Chemistry," 3rd English edition from 3rd German, Macmillan, London, 1906, p. 426.
- (11) Ostwald, "Männer der Wissenschaft—R. W. Bunsen," Ref. (2), pp. 35-8.
- (12) *Ibid.*, p. 40.
- (13) "Chemical Society Memorial Lectures, 1893-1900," Ref. (8), p. 553.
- (14) Tilden, "Sir William Crookes," *Trans. Chem. Soc.*, 117, 444 (1920).
- (15) Baskerville, "Sir William Crookes," *Science* (N. S.), 31, 100-8 (Jan. 21, 1910).
- (16) Pogendorf, "Biographisch-Literarisches Handwörterbuch zur Geschichte der exakten Wissenschaften," 5 vols, Verlag Chemie, Leipzig, 1863-1926. Articles on Lamy, Reich, and Richter.
- (17) Jagnaux, "Histoire de la Chimie," Ref. (4), Vol. 2, pp. 186-9.
- (18) "Thallium und Verbindungen desselben," *Jahresber. Chem.*, 1862, 176-69.
- (19) Reich and Richter, "Preliminary Notice of a New Metal," *Chem. News*, 8, 123 (Sept. 12, 1863).

- (20) McCarty, "My Student Days in Germany," *J. Chem. Educ.*, **7**, 1085-6 (May, 1930).
- (21) "The New Metals," *Wells' Annual of Scientific Discovery*, 1864, 174-7. Indium, rubidium cesium, and thallium are discussed.
- (22) Wollaston, "A Method of Examining Refractive and Dispersive Powers by Prismatic Reflection," *Nicholson's J.*, **4**, 100 (Feb., 1803).
- (23) Lennard, "Grosse Naturforscher," J. F. Lehmanns Verlag, München, 1929, pp. 169-76.
- (24) Sheppard, "The Chemistry of Photography. I. Historical Considerations," *J. Chem. Educ.*, **4**, 306-12 (Mar., 1927).
- (25) Talbot, "On the Nature of Light," *Phil. Mag.* (3), **7**, 117 (Aug., 1835).
- (26) Talbot, *Pogg. Ann.*, **31**, 592 (1834).
- (27) "Bunsen and the Geysers in Iceland: A Classic of Science," *Sci. News Letter*, **19**, 262-71 (Oct. 25, 1930); Bunsen, "Ueber den innern Zusammenhang der pseudo-vulkanischen Erscheinungen Islands," *Ann.*, **62**, 1-59 (Heft 1, 1847).
- (28) "Classics of Science: Spectrum Analysis," *Sci. News Letter*, **19**, 121-2 (Feb. 25, 1928); Kirchhoff and Bunsen, *Pogg. Ann.*, **110**, 161 (1860).
- (29) "On a New Alkali Metal, by MM. Bunsen and Kirchhoff," *Chem. News*, **2**, 281 (Nov. 24, 1860).
- (30) "Discovering the Alkali Metals: A Classic of Science," *Sci. News Letter*, **19**, 186-8 (Sept. 20, 1930).
- (31) "On a Fifth Element Belonging to the Alkali Group, by Professor Bunsen," *Chem. News*,

- 3, 357 (June 15, 1861).
- (32) Thalbot, "Facts Relating to Optical Science. No. 1," *Phil. Mag.* [3], 4, 114 (Feb. 1834).
- (33) Brewster, "Observations on the Lines of the Solar Spectrum, and on Those Produced by the Earth's Atmosphere, and by the Action of Nitrous Acid Gas," *ibid.* [3], 8, 384-92 (May, 1836).
- (34) Kirchhoff and Bunsen, "Chemische Analyse durch Spectralbeobachtungen," *Ann.*, 118, 349-61 (Heft 3, 1861).
- (35) Bunsen, "Ueber Cæsium und Rubidium," *ibid.*, 119, 107-14 (Heft 1, 1861).
- (36) Plücker, *Pogg. Ann.*, 69, 443 (1846).
- (37) "Analysis of the Mineral Pollux of the Island of Elba," *Chem. News*, 10, 49 (July 30, 1864); *Bull. soc. chim.* [2], 1, 456-7 (1864); Pisani, "Étude chimique et analyse du pollux de l'île d'Elbe," *Compt. rend.*, 58, 714-6 (Apr. 18, 1864).
- (38) Crookes, "On the Existence of a New Element, Probably of the Sulphur Group," *Chem. News*, 3, 193-5 (Mar. 30, 1861).
- (39) Lamy, "De l'existence d'un nouveau métal, le thallium," *Compt. rend.*, 54, 1255-8 (June 16, 1862); *Ann. chim. phys.* [3], 67, 385-417 (Apr., 1863); "Nouvelles observations sur le thallium," *Compt. rend.*, 55, 836-8 (Dec. 1, 1862).
- (40) Pelouze, H. Sainte-Claire Deville, and Dumas, "Rapport sur un M.moire de M. Lamy, relatif au thallium," *Compt. rend.*, 55, 866-72 (Dec. 8, 1862); *Ann. chim. phys.* [3], 67, 413-27

- (Apr., 1863).
- (41) Setterberg, "Ueber die Darstellung von Rubidium- und Cäsiumverbindungen und über die Gewinnung der Metalle selbst," *Ann.*, 211, 100-16 (Heft 1, 1862).
- (42) Bunsen, "Ueber die Darstellung und die Eigenschaften des Rubidiums," *ibid.*, 125, 367-8 (Heft 3, 1863).
- (43) Reich and Richter, "Vorläufige Notiz über ein neues Metall," *J. prakt. Chem.*, 89, 441-2 (Heft 7, 1863).
- (44) Reich and Richter, "Ueber das Indium," *ibid.*, 90, 172-6 (Heft 3, 1863); 92, 480-5 (Heft 8, 1864).
- (45) Richter, "Sur l'indium," *Compt. rend.*, 64, 827-8 (Apr. 22, 1867).
- (46) Lenard, "Grosse Naturforscher," Ref. (23), pp. 269-70.
- (47) Mellor, "Comprehensive Treatise on Inorganic and Theoretical Chemistry," Vol. 5, Longmans, Green and Co., London, 1924, pp. 406-20 (article on thallium); pp. 388-90 (article on indium).
- (48) McCay, "My Student Days in Germany," *J. Chem. Educ.*, 7, 1094-9 (May, 1930).
- (49) Oesper, "Robert Wilhelm Bunsen," *ibid.*, 4, 431-9 (Apr., 1927).
- (50) Froudenberg, "The Study of Chemistry at Heidelberg: A Glimpse of an Historic Home of Research," *ibid.*, 4, 441-6 (Apr., 1927).
- (51) Tuschner, "Ferdinand Reich," Mitteilungen des Freiburger Altertumsvereins, Heft 51, pp. 1-38.

(52) Brunck, "Ein Beitrag zur Geschichte der Chemie. Freiberg und die Chemie," *Technische Blätter (Wochenschrift zur deutschen Bergwerks-Zeitung)*, No. 5 (Feb. 1, 1931) and No. 8 (Feb. 22, 1931), pp. 1-8.

鉈素發現史的補充



圖一六九 拉密氏像

(Claude Auguste Lamy 1820-1878)

法國化學會一八七三年份會長。製鉈素金屬鉈的第一人。於其化合物作澈底研究，並證明皆有害。衆多關於光學、電學、測高溫學、有機及無機化學和製糖工程等論文的著作者。

第十五章 元素的週期歷

元素發現史繼續敘述以前，略述得培賴納(Döbereiner)、培哥育(Beguyer de Chancourtois)和紐蘭茲(Newlands)三人關於元素分類的各種嘗試，極見需要。此外邁耳(Lothar Meyer)和門得雷耶夫(Mendeleeff)各自獨立發展的元素週期歷，也須有一個簡單的討論。根據這個分類，門得雷耶夫能預言好幾樣尚未發現的新元素和化合物的特性，到驚人的確度，對於以後各種新元素的發現上，足證有極大的幫助。

* * * * *

抑制一切忘念，用工作來替代說話，

忍心尋覓神聖而科學的真理（1）、（15）。

是誰叫他到那塊聖地去？

那邊打着愉快而和諧的鐘聲（2）。

尋覓各種未知元素時，鹼金屬和分光器的幫助雖多，但每一次發現，到底都是始所不料的。一八六九年以前，邁耳和門得雷耶夫尚未發現週期歷，尙餘那幾種未知元素，牠們的物理和化學特性到底怎樣，這種切都是我們無法預知的。

得培賴納 (Johann

Wolfgang Döbereiner) 教

授所發現的三連組 (triads)

(10)、(11)，實在是走向

這大歸納前的一重要步驟。



圖一七〇 得培賴納氏像

(Johann Wolfgang Döbereiner
1780-1849)

耶那大學化學教授。他發現的三連組元素在化學元素的系統分類爲一大進步。他著作極多，論文發表更富，都關於一般和藥物化學、礦水、醋之製造，以及鉑素接觸劑之應用等。本幅畫像現藏耶那市立博物館。

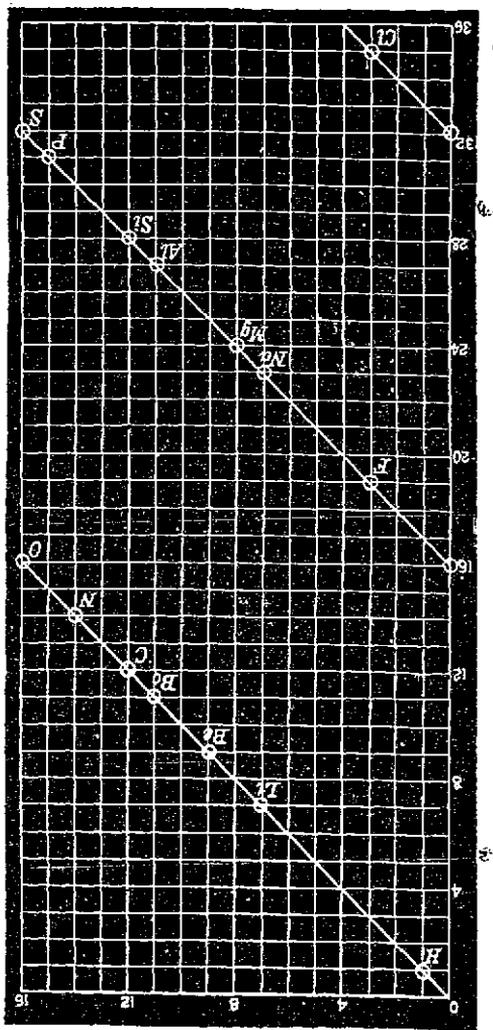
他於一七八〇年十二月生於耶那城附近的荷夫(Hof)地方，生爲御者子，所受的基本教育，當然非常淺薄。在製藥鋪裏學得了多少實際經驗，在哲學、化學、植物學、礦物學和語言學的講學會裏，聽過幾次演講。但是他對於化學研究所展露的才能，真是驚人，後來到一八一〇年，編輯人蓋倫(A. F. Gehlen)和奧古斯德(Carl August)公爵合請他在耶那當化學的特任教授(22)，他的品性和才能，不久就博得公爵和詩人歌德(Goethe)的器重(23)(24)(27)。

得培賴納於一八二九年就開始注意幾個三連組間的關係，凡三元素中，中間一元素的原子量在其他二者之間時，其性質也在其他二者之間(29)(31)。

得培賴納教授對於白金的接觸作用，也有澈底的研究，(註一)關於普通化學、藥物化學、醋的製造、和診斷用的鑛水等，都有著作行世，且在利俾喜以前，就教授分析化學上實用的試驗法，逝於一八四九年三月二十四日。

(註一)有一時期得培賴納在研究上曾得歌散(Gottfried Wilhelm Osann)幫助，此人在白金方面的研究，後來引成克勞斯(Klaus)發現鉑素(Platinum)。

巴黎鑛業學校的地質學教授項古蒙(Alexander E. Beguyer de Chancourtois) (一八二〇——八六)於一八六二年在一個垂直的圓柱形上，做了個螺旋輪(telluric screw helix)，各元素的符號，依原子量的比例，配放在高低各位置上，因為氧氣的原子量十六，所以在圓柱的圓



圖一七一 項古蒙發明螺旋輪一部分

周上等分爲十六分。原子量在出發點用縱座標表出，然後依序前進，所成旋輪和軸線恰成四十五度角，而螺線經出發線時都爲十六的倍數，例如鋰、鈉和鉀三元素，原子量爲七、二三、三九，相交於同一垂線；氧、硫、硒和碲四元素，則交於另一垂線。

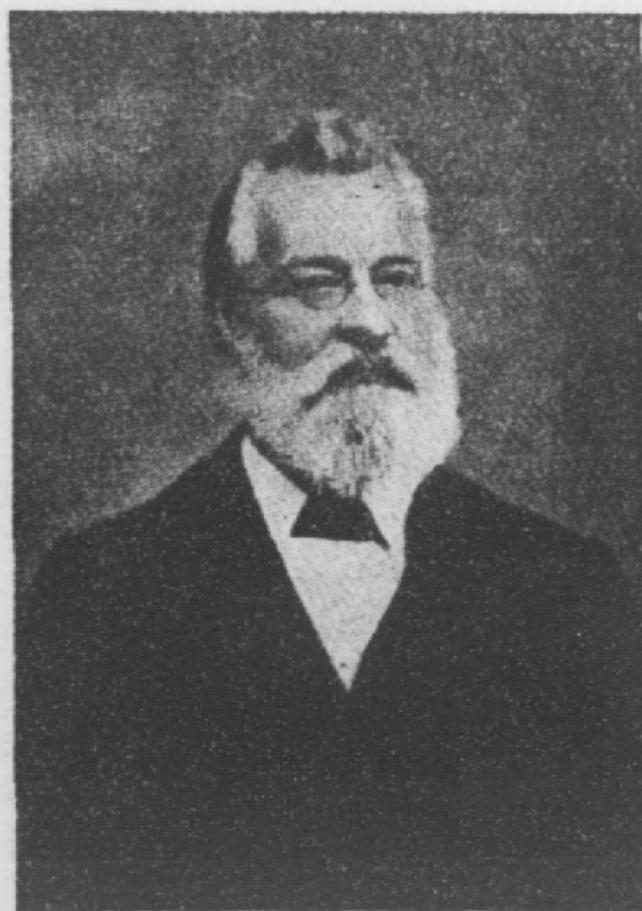
項古藁發見同一出發線上的元素，有極大的相同性質，就想到特性的週期出現，因此創『物質的性質爲數的性質』之說（the properties of substances are the properties of numbers）乃把石印就的論文和螺旋輪的模型，上呈法蘭西學院（12）（13）（14）。但真是不幸得很，不醒目而含糊的文筆，所用的專門名詞，都是化學家不熟悉的，還是地質學家懂得多，因此 *Comptes rendus*（註一）學報，也沒有把他的圖樣印出來，他的貢獻不爲世人所賞識者，都是這一切不幸的環境造成的結果（19）。

（註一）*Comptes rendus*（譯者註 *Comptes rendus* 爲法國科學雜誌名）最後雖把論文印出，已是三十年後的事了，見參考（35）。

此外關於元素的分類上另一個大貢獻，是紐蘭茲（John Alexander Reina Newlands）的

業績，他於一八三七年生於英國薩塔克 (Southwark)，父為蘇格蘭國教的牧師，幼時從父勤讀，十九歲進皇家化學院從荷夫曼學，對於意大利敬仰極深，因為是他母系先祖的故鄉，故於一八六〇年在加利巴爾提 (Garibaldi) 所統帶的軍中任義勇兵，自意大利自由運動勝利後，即返倫敦任化學師，並在薩塔克州聖薩維夏市 (St. Saviour) 拉丁語學校、女子醫學校和倫敦大學等處教書，曾任維克托利阿·多克斯 (Victoria Docks) 城大鍊糖廠總化學師多年，其後並和兄 (B. H. R. Newlands) 合刊關於糖的著作一冊。

一八六四年，他把元素依原子量加增序而排列，發見每過八種元素後，相同的物理和化學特性，即重行出現 (6)。因此把元素分成自然的系族，



圖一七二 紐蘭茲氏像

(John Alexander Reina Newlands
1837-1898)

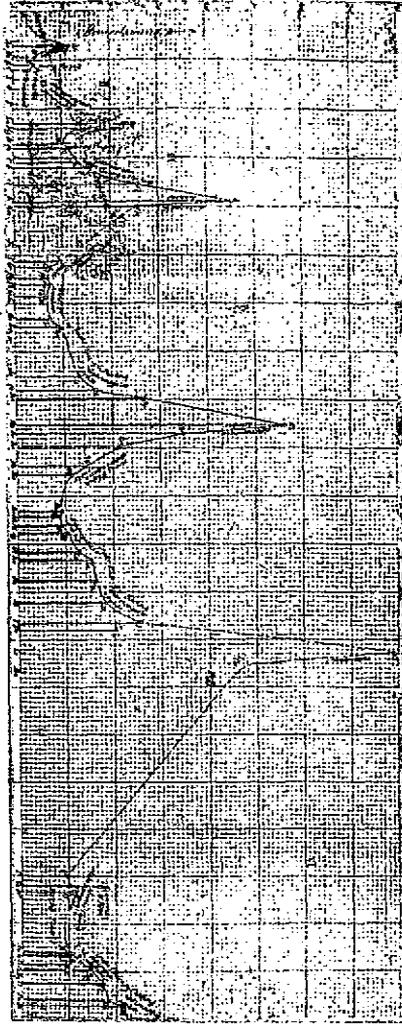
女子醫學院及倫敦學院化學教授。八進定律的發現人。又為鍊糖化學的權威學者。

但他的八進定律(Law of octaves)除了引起英國化學會的嘲笑外，別無其他成效。原子量的重要意義，當時極少人注意，有一個聰明人加以譏笑，問他何不把元素，依開始字母的秩序排列起來，也許可得相同的結果(3)(18)。化學會拒絕他刊印論文，但後來到一八八七年，皇家學會終因此項功績而追贈他得維(Davy)獎章(9)(17)。

W. A. T. 先生(不知是否 Tilden)在自然界(Nature)寫的一篇小傳上說，門得雷耶夫和邁耳得得維獎章五年以後，紐蘭茲纔得得維獎章，這樣遲緩的處置，對於紐蘭茲實在是一件不公平的事，他說：『假使紐蘭茲是一個法國人，科學院和化學會就算在開頭時弄錯了，以後分配榮褒時，決不至把本國人放在最後的。』(36)幸而紐蘭茲決不計較這些地方，照舊出席化學會例會，他的和氣守禮，深得友朋的尊敬，至一八九八年七月二十九日，染流行性感冒而歿。

德國的邁耳和俄國的門得雷耶夫同時獨立啓發並推進元素的週期系統，邁耳(Julius Lothar Meyer)於一八三〇年八月十九日生於俄爾頓堡(Oldenbourg)的發累爾(Varel)，父親是醫生，母親在手術上當助手，因此所生二子，都受醫學的教育；但以後邁耳雖成化學名家，而哥哥

Oskar Emil 則仍投入醫界。邁耳是一個不十分強健的孩子，因此在俄爾頓堡大公爵建在拉斯泰特 (Rastede) 避暑別墅園丁長指導下，受過戶外生活的教育，使他有一個結實的身體，對於大自然養成了一種永久的愛好，到一八五四年，得浮茲堡 (Wurzbourg) 大學醫學博士的學位(33)。



圖一四三 邁耳所發現原子體積的週期曲線

縱座標為原子體積，橫座標為原子量。

就在這時候，邁耳發現自己對於研究工作，比醫業更有趣味，因此到海得爾堡從本生和克希荷夫學，不久克希荷夫引起他對於實用數學的深切興趣；一八五八年邁耳在布累斯勞大學任物理和化學的特許講師，六年後和哥哥同在該處任數學和數學物理的正教授，同年邁耳出版近代化學理論 (*Modernen Theorien der Chemie*) 一書，他的第一張不完全的週期表，也收印入書內，使他的名聲震驚了整個科學世界(4)。



圖一七四 邁耳氏像

((Julius)Lothar Meyer 1830-1895)

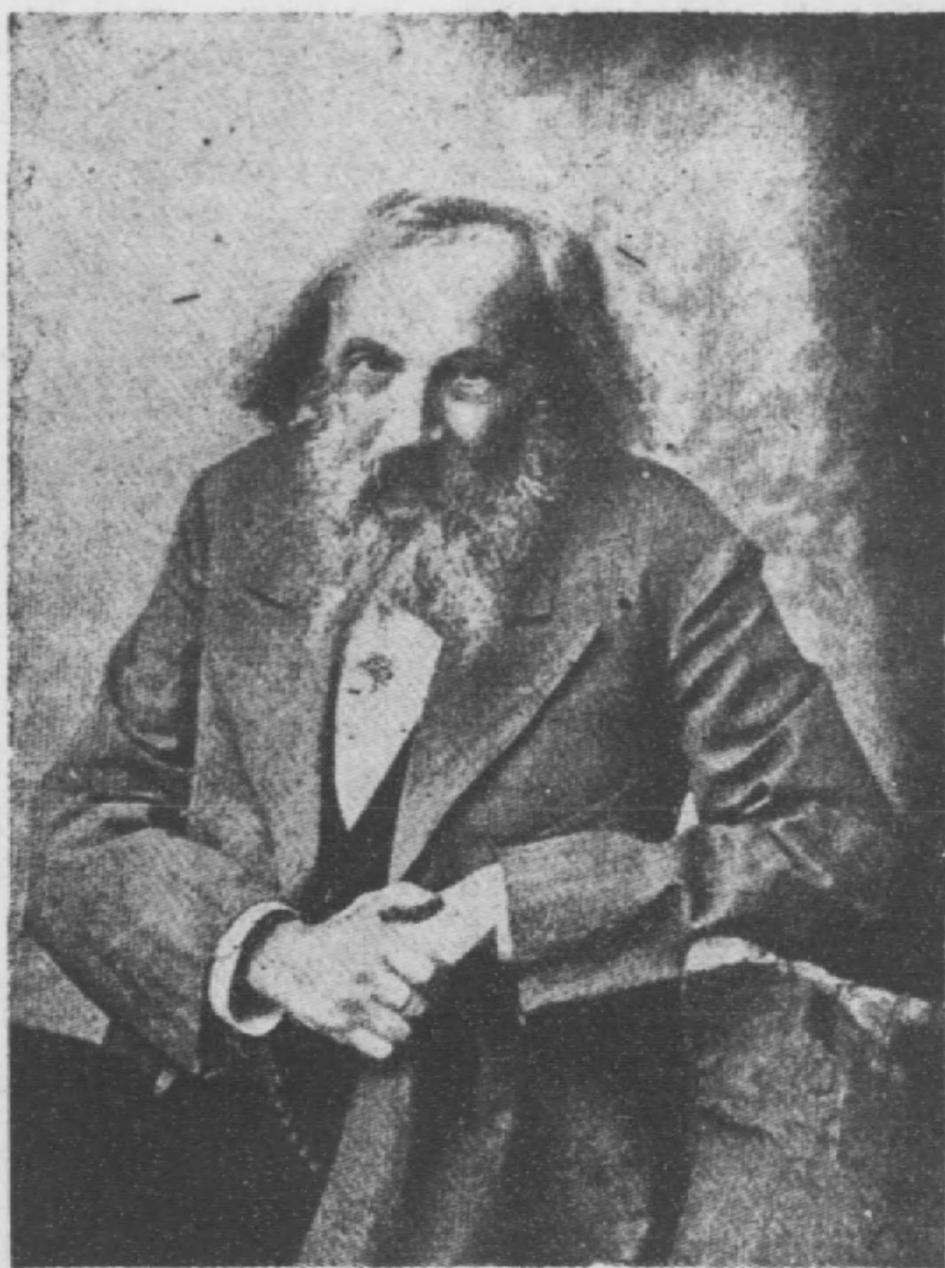
德國化學家兼醫學家。布累斯勞及丟平根 (Breslau and Tübingen) 兩大學化學教授。與門得雷耶夫為元素週期系統之共同發現人。研究範圍在：血液中氣體分量、化合物分子體積、原子量、靈敏節溫器、石蠟屬及洋紅之構造式研究等各方面。

一八六八年他到卡爾斯盧埃 (Karlsruhe) 工業大學，其時適逢普法戰爭，學校暫作陸軍病院，他乘此機會，發揮了他所受的醫學訓練，任外科軍醫官，在戰時貢獻極多，故戰後得受獎章一枚 (4)。

到一八六九年十二月，他把五十六種元素在表中列成正族和支族 (sub-group) (26) (30)。他劃一根曲線，顯示各元素的原子量和原子體積間的關係，發現這根曲線在各最高點，可分成六段，在第二和第三段上，原子量的增加率為十六單位，在第四、第五二段上，原子量有較大的增加，每段約四十六單位，於是他更創製熔度、揮發性、展性、脆性和電化性的各種曲線，發覺各種特性，都呈現週期性，揮發和易熔性的元素，在各曲線的上升部分，而難熔的元素則在下降部分，或最低各點上。

一八七六年，邁耳在丟平根 (Tübingen) 大學任化學教授，他在大學中除熱心教課外，兼任校長職位。他的名望和才能，招到了全世界各地的學子，都趨前就學 (4)。歿於一八九五年四月十一日。

門得雷耶夫(Dmitri Ivanovich Mendeléeff)於一八三四年二月七日生於西伯利亞西部的托善爾斯克(Tobolsk)，他是俄國和蒙古的混合種後裔，一個大家庭中最年幼的孩子，有幾位寫傳家說，這一家共有十七個孩子，而比較保守的史家也說有十一個孩子。



圖一七五 門得雷耶夫氏像

(Dmitri Mendeléeff 1834-1907)

彼得格勒大學化學教授。名教本化學原理之著作人。曾研究俄美兩國主要油田。元素之週期系統獨立在俄國為門得雷耶夫，德國為邁耳所發現。

母親馬利亞 (Maria Korniloff Mendeleeff) 特別喜歡她最小的孩子，愛用 Mitjenka 一名來稱呼 (15)。在托善爾斯克中學任校長職的父親，傳染白障而雙目失明時，Mitjenka 的年齡還很小，政府雖有養老金一千盧布 (約合美金五〇〇)，但這樣小的數目，難以維持大家庭中衣食各項所需，馬利亞祇得依從她的悲苦命運，當心地可憐的瞎眼丈夫和八個須依賴她的孩子外，另外找尋工作。她娘家在托善爾斯克創設玻璃工場和造紙廠各一所，所以她亦擔任了玻璃工場的場長，她非但長於家務，實在也是一位富有能力而成功的行政婦人 (9)、(21)。

門得雷耶夫幼時就精於數學、物理和歷史等科，但不愛拉丁文，他的姊夫巴薩爾根 (Bassarin) 是他的第一個科學教師，巴薩爾根是一個受過完備教育的俄國人，因欲發動革命而遭驅逐 (9)、(25)，他是『十二月革命者之一』 (Decembrists) 會於一八二五年十二月，參加推翻尼古拉 (Nicholas) 大帝第一的革命運動，不幸慘遭失敗，俄國的大文豪托爾斯泰 (Tolstoy) 伯爵在戰爭與和平一書中，對於這幕有名的反抗運動，曾有過動情的描摹。

門得雷耶夫十六歲就完畢中學內各門功課，但就在他畢業前不久，一個變料的悲劇發生了，

他的無用的父親，適於此時喪於肺病；同時玻璃工場毀於火災，馬利亞這時已經五十七歲了，她祇得騎着馬，帶了兩個最小的孩子，出發向數百里外的莫斯科奔去，抵莫斯科後因政治地位的低微，門得雷耶夫不能在大學中註冊入學，她就到彼得格勒（Petrograd）去見丈夫的至友，在中央教育研究所任主任的撥雷脫那夫（Platonoff）先生，撥雷脫那夫遂幫她在政府中請得了公費，使門得雷耶夫在數理科入學讀書。

數月以後，馬利亞終卸下了她煩重的負擔而去世，在她一息僅存時，唯一能安慰她的是：門得雷耶夫終得到了一個受教育的機會。數年後，門得雷耶夫在討論溶液的一本名著的序言上寫着：「這本研究集是一個母親的最小孩子紀念她而貢獻的。經營一個工場，同時再親自教導，她用例證來啓發他，用情愛來改正他，更希望他能置身於科學的研究。她拿出最後的積蓄和精力，陪他離開西伯利亞，彌留時最後的遺言是：「抑制一切忘念，用工作來替代說話，忍心尋覓神聖而科學的真理。」她懂得對話法如何會欺騙人，什麼是應該學習的；工作時要依賴科學的幫助，遠離暴躁的習慣，用謹嚴的愛，用自己發現的真理，更求發展的自由，此外更拿大眾的幸福和

內心愉快，以替代一切迷信、偽理和錯誤。

『門得雷耶夫對於母親的遺言，永久視作聖言，一八八七年十月誌。』(1)

門得雷耶夫在教育研究所畢業時，因為學業優良，曾得金質獎章。一八五九年至一八六一年，在巴黎和累諾(Regnault)合作。又在海得爾堡和本生合作，到一八六一年回彼得格勒時，已得博士學位；並在工業學院推任為化學教授，八年後在彼得格勒大學任普通化學教授職。

同年四月，他向俄國化學會呈上著名的論文『元素特性與原子量的關係』，門得雷耶夫被稱為發現者，他的大功績全在他有大勇氣，他認為有幾個元素，不合於他的週期系統，其故在元



圖一七六 累諾氏像

(Henri Victor Regnault 1810-1878)

法國物理學家及化學家。精密測量比熱、融解熱、汽化熱、聲之速率，有機原子團之理論亦有貢獻。康尼乍羅(Cannizzaro)、凱古來(Kekulé)、門得雷耶夫等皆出其門下。

TABLE II.
THE ATOMIC WEIGHTS OF THE ELEMENTS.
Distribution of the Elements in Periods

Groups	Higher Salt-forming Oxides	Typical for small Period	Large Periods				
			1st	2nd	3rd	4th	5th
I.	H ₂ O	Li = 7	K 39	Rb 85	Cs 133	—	—
II.	RO	Be = 9	Ca 40	Sr 87	Ba 137	—	—
III.	R ₂ O ₃	B = 11	Sc 44	Y 89	La 138	Yb 173	—
IV.	RO ₂	C = 12	Ti 48	Zr 90	Ce 140	—	Tb 232
V.	R ₂ O ₅	N = 14	V 51	Nb 94	—	Ta 182	—
VI.	RO ₃	O = 16	Cr 52	Mo 96	—	W 184	U 240
VII.	R ₂ O ₇	F = 19	Mn 55	—	—	—	—
VIII.			Fe 56	Ru 103	—	Os 191	—
			Co 58.5	Rh 104	—	Ir 193	—
			Ni 59	Pd 106	—	Pt 196	—
I.	H = 1, Na = 23	Cu 63	Ag 108	—	Au 198	—	
II.	Mg = 24	Zn 65	Cd 112	—	Hg 200	—	
III.	Al = 27	Ga 70	In 113	—	Tl 204	—	
IV.	Si = 28	Ge 72	Sn 118	—	Pb 206	—	
V.	P = 31	As 75	Sb 120	—	Bi 208	—	
VI.	S = 32	Se 79	Te 125	—	—	—	
VII.	Cl = 35.5	Br 80	I 127	—	—	—	
		2nd small Period	1st	2nd	3rd	4th	5th
Large Periods							

圖一七七 門得雷耶夫之元素週期表

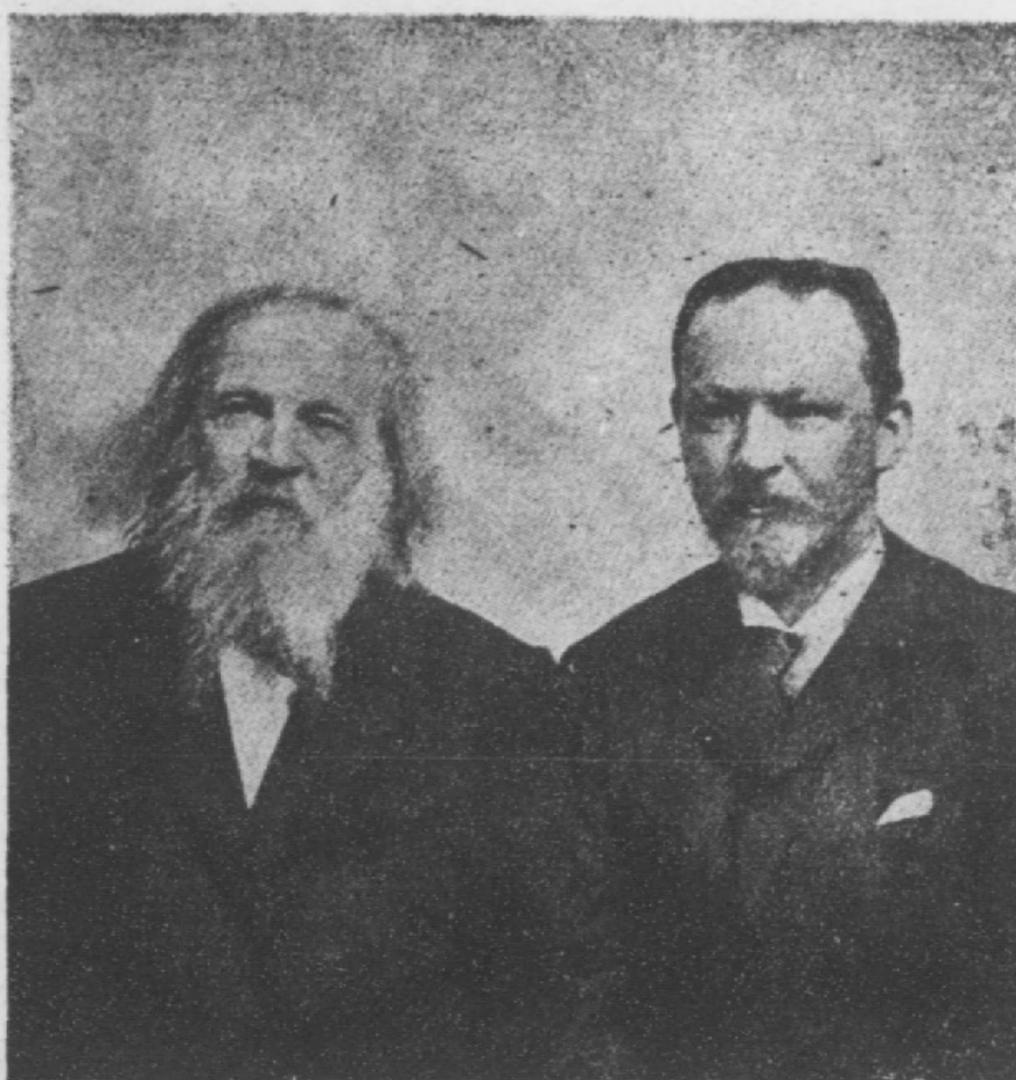
各組皆橫式排列

(採自門得雷耶夫化學原理第一卷)

素的原子量測定時有誤；此外週期表上各空格，日後將有新發現的元素插入補滿（30）、（32）、又預測其他未知元素的特性；其中有三個，他稱作新矽（ekasilicon）、新硼（ekaboron）和新鋁（eka-aluminium），目下正式的學名爲銻（selenium）、銦（scandium）和鎩（gallium），都在他生時先後發現。（註一）所以一八八九年他在法拉得（Faraday）講演中說：『週期律第一次幫我們探尋各種未發現的元素，這是以前化學界所意想不到的，新元素未發現以前，我們已能顯示各種特性到確切無誤的程度。』（5）、（20）、（28）。門得雷耶夫的週期表，實在比以前任何人的都來得完備，並且更根據於實驗的結果。

（註一）見第十六章。

對於邁耳獨立發現的請求，他也極謙恭而加以承認，一八八七年不列顛科學協進會在曼徹斯特（Manchester）請他演說，他因爲不慣於用英語來演說，僅起立向會衆領首道謝，邁耳於是起立而向英國的科學家道謝款待的盛意，他恐怕會衆誤會，所以開頭就用最謙恭的話說：『我不是門得雷耶夫，我是邁耳，』大衆都鼓掌致敬，一八八二年的得維獎章，就合贈給門得雷耶夫和邁耳。



圖一七八 門得雷耶夫及布勞納(Bohuslav Brauner)

攝於普累格(Prague)

布勞納為普累格之菩希密阿(Bohemain)大學化學教授。門得雷耶夫曾將布瓦菩德耶、尼爾孫、文克爾(Lecoq de Boisbaudran, Nilson, Winkler) 布勞納數人像片，合配一架，因此四人對於週期歷之發展，皆有功績。此外布勞納曾為門得雷耶夫寫優美之傳記一篇。

二人(7)。

門得雷耶夫和他的學生，對於化學內各門都有貢獻，此外他在文字方面的造就，也頗可觀。化學原理 (*Principles of Chemistry*) 一書，雖在匆促中寫成，但在俄文中是最好的一冊化學教科書，因此彼得格勒學院贈他得密多夫 (Denidoff) 獎章；這本書用極怪的體裁寫成，書中註解所佔的地位，較大體字的正文更多，但不論牠是多少怪僻，在化學界總是一冊著名的典籍。此外又研究過巴庫 (Baku) 的油田、高加索 (Caucasus) 的石油精泉、和賓夕法尼亞 (Pennsylvania) 的油田 (8)。

門得雷耶夫對於美術和文字，有極深的趣味，有時也讀關於美術的文字，書齋中掛滿了他妻子所繪名科學家拉瓦錫、牛頓、笛卡爾 (Descartes)、伽利略 (Galileo)、哥伯尼 (Copernicus)、格里姆 (Graham)、密特時利赫 (Mitscherlich)、羅斯 (Rose)、卻佛勒爾 (Chevreul)、法拉得、杜馬和柏特羅 (Berthelot) 等的像片。他最愛的作家是弗恩 (Jules Verne)，最後一次病中，讀北極旅行記 (*The Journey to the North Pole*) (6) (25)，為唯一的安慰，於一九〇七年二月二號星期六得肺

炎而卒。俄皇尼古拉在給他未亡人的弔喪電中說：『門得雷耶夫教授的去世，使俄羅斯失去一個最好的孩子，他將長留在我們的記憶中。』(5)



圖一七九 項古藁氏像

(Alexandre-Emile Beguyer de
Chancourtois 1820-1886)

巴黎高等礦業學校監督兼地質學教授。曾在法國，小亞細亞，愛斯蘭德及格林蘭等地作地質探測。又為慈善家，預防礦井煤氣爆發起見，強迫礦主在每礦開挖兩穴。在化學方面最重要的貢獻為將元素作成螺旋形排列。

參考材料

- (1) Harrow, "Eminent Chemists of Our Time," D. Van Nostrand Co., New York City, 1920, p. 22; Walden, "Dmitri Iwanowitsch Mendelejeff," *Ber.*, 41, 4723 (1908). Last words of Maria Mendeléeff to her son, Dmitri.

- (2) Goethe "Faust," part 1, lines 148-9.
- (3) Meyer, Ernst von, "History of Chemistry," 3rd English edition from 3rd German edition, The Macmillan Co., London, 1906, pp. 387-8.
- (4) "Chemical Society Memorial Lectures, 1893-1900, Gurney and Jackson, London, 1901, pp. 1427-9. Lothar Meyer Memorial Lecture by Bedson.
- (5) Griffiths, "Biographies of Scientific Men," Robert Sutton, London, 1912, pp. 126-36.
- (6) Mendeleef, "Principles of Chemistry," Vol. 2, English translation from 5th Russian edition by Kamensky and Greenway, Longmans, Green and Co., London, 1891, p. 487.
- (7) "Chemical Society Memorial Lectures 1893-1900," ref. (4), p. 1420.
- (8) Thorpe, "Essays in Historical Chemistry," The Macmillan Co., London, 1894, p. 364.
- (9) Harrow, "Eminent Chemists of Our Time," ref. (1), pp. 19-40.
- (10) Venble, "The Development of the Periodic Law," Chem. Publishing Co. Easton, Pa., 1895, pp. 11-2; 28-36.
- (11) Wurzler, "Report on Döbereiner's Triads," *Gilbert's Ann.*, 56, 332 (1815); Döbereiner, *ibid.*, 57, 436 (1817); "Versuch zu einer Gruppierung der elementaren Stoffe nach ihrer Analogie?" *Pogg. Ann.*, 15, 301 (1829).
- (12) Beguyer de Chancourtois, "Mémoire sur un classement naturel des corps simples ou radicaux appelés vis telluriques," *Compt. rend.*, 54, 757-61 (Apr. 7, 1862); 840-3 (Apr. 21, 1862); 967-71 (May 5, 1862).

- (13) Vanuile, "The Development of the Periodic Law," *ref.* (10), pp. 73-6; 82-5.
- (14) Beguyer de Chancourtois, "Tableau du classement naturel des corps simples, dit vis tellurique," *Cempr. rend.*, **55**, 600-1 (Oct. 13, 1862).
- (15) Walden, "Dmitri Iwanowitsch Mendeleeff," *Ber.*, **41**, 4719-800 (1908).
- (16) Newlands, "On Relations among the Equivalents," *Chem. News*, **7**, 70-2 (Feb. 7, 1863); **19**, 59-60 (July 30, 1864); 94-5 (Aug. 20, 1864); "On the Law of Octaves," *ibid.*, **12**, 83 (Aug. 19, 1865); "On the Discovery of the Periodic Law, and on Relations among the Atomic Weights" *ibid.*, **49**, 198-200 (May 2, 1884).
- (17) Presentation of Medals, *Proc. Roy. Soc. (London)*, **43**, 195 (Nov. 30, 1887).
- (18) Venable, "The Development of the Periodic Law," *ref.* (10), pp. 74-85.
- (19) Hartog, "A First Forecasting of the Periodic Law," *Nature*, **41**, 186-8 (Dec. 26, 1899).
- (20) Mendeleeff, "The Periodic Law of the Chemical Elements," *J. Chem. Soc.*, **55**, 634-56 (1889).
- (21) "Chemical Society Memorial Lectures, 1901-1913," Gurney and Jackson, 1914, pp. 125-53. Mendeleeff Memorial Lecture by Tilden.
- (22) Chemnitz, "Die Chemie in Jena von Rollnick bis Knorr (1629-1921)," Verlag von Frommannschen Buchhandlung, Walter Biedermann, Jena, 1929, pp. 26-31.
- (23) Schiff, "Briefwechsel zwischen Goethe und Johann Wolfgang Döhreiner (1810-1880)," Herrmann Böhlau Nachfolger, Weimar, 1914, 144 pp.
- (24) Döbbling, "Die Chemie in Jena zur Goethezeit," Verlag von Gustav Fischer, Jena, 1923, 220 pp.

- (25) Tilden, "Famous Chemists. The Men and Their Work," George Routledge and Sons, London, 1921, pp. 241-58.
- (26) Meyer, Lothar, "Die Natur der chemischen Elemente als Function ihrer Atomgewichte, *Ann.*, Supplementband VII, 1870, 354-64 (Heft 8).
- (27) Leves, "The Life and Works of Goethe," E. P. Dutton & Co., New York City, 1916, pp. 546-7.
- (28) "Classics of Science: Periodic Law of the Elements," *Sci. News Letter*, 14, 41-2 (July 21, 1925). Mendeleeff's Faraday Lecture.
- (29) Meyer, Lothar, "Die Anfänge des natürlichen Systemes der chemischen Elemente. Abhandlungen von J. W. Döbereiner und Max Pettenkofer," Verlag von Wilhelm Engelmann, Leipzig, 1835, pp. 3-8; 27-34.
- (30) Soubert, "Das Natürliche System der Chemischen Elemente. Abhandlungen von Lothar Meyer und D. Mendeleeff," Verlag von Wilhelm Engelmann, Leipzig, 1895, 134 pp.
- (31) Montgommery, "Döbereiner's Triads and Atomic Numbers," *J. Chem. Educ.*, 8, 162 (Jan., 1931).
- (32) Reimnitz, "The Structure of Matter. II. The Periodic Classification of the Elements," *J. Chem. Educ.*, 5, 1312-30 (Oct., 1928).
- (33) Bugge, "Das Buch der grossen Chemiker," Vol. 2, Verlag Chemie, Berlin, 1930, pp. 230-41. Article on Lothar Meyer by Walden.
- (34) *Ibid.*, pp. 241-50. Article on Mendeleeff by Walden.
- (35) de Boisbaudran and de Tapparent, "Sur une réclamation de priorité en faveur de M. de

Chancelier, relativement aux relations numériques des poids atomiques." *Compt. rend.*,
112, 80 (Jan. 12, 1891).

(36) W. A. T., "John A. R. Newlands?" *Nature*, 58, 395-6 (Aug. 26, 1898).

第十六章 門得雷耶夫預測的元素

三種未發現的元素新鋁(ekaluminium)新硼(ekaboron)和新矽(ekasilicon)牠們的詳細特性，門得雷耶夫早已加以預測。在預言以後十五年內，都一一發現。第一種在法國爲布瓦善德郎(Leocq de Boisbaudran)所發見；第二種在瑞士爲尼爾孫(Fredrik Nilson)氏發見；第三種在德國爲文克爾(Clemens Winkler)氏所發見，這三種元素以後正式的命名爲鎩、釷、釷，以紀念發現三元素的國家。

一位成功的無機化學家，不僅是理論化學家，也須是一位富有技能的分析化學家，不單是技巧嫻熟的機械匠，同時還當是深思多才的藝術家（1）。

物質的純粹，是自然界的美麗（6）。

門得雷耶夫預言週期系中各空白位置，將有新元素填補，好幾種未知元素的特別性質，也預先加以詳細說明，他固做夢也不料到，他在世時還能親見三元素的發現。

鎩 (gallium)

三元素之一，鋁屬中的一員，稱爲新鋁的一新元素者，不久就給布瓦善德郎 (Paul Emile Lecoq de Boisbaudran) 發見了。他於一八三八年四月十八日生於科涅克 (Cognac)，爲古代新教 (Protestant) 貴族的後裔，父親和弟兄輩，都是蒸酒技師，有一時期自己也在店中幫忙工作。他的母親是一個有才能而受過相當教育的婦人，教他外國語言、古典和歷史，使他一生深得母教之益。在多藝學院 (École Polytechnique) 中學習各項主要課目，就得了一個善良的科學基礎，其中尤以最喜歡的物理和化學二科，成績最佳。在他一生中，全個家庭，用同情和知識來贊助他，鼓勵他，據拉姆塞爵士說，他們的家訓是：『公正、和氣、負責。』有一個叔父在經濟上曾贊助他設立一

所私人的小實驗室，就在那裏他發現了新鋁，現稱錄素（2）。

這元素的尋獲，決不是一

件偶然而湊巧的事，布瓦菩德

郎對於光譜，有十五年的研究；

他一向深信，在同一屬中，各元

素所發出的線，根據一定的排

列，重覆出現。根據此點，他想用鋁屬來一試他的定律，並尋覓鋁與錒之間的缺位；但大部分鑽石都

已經過詳細的分析，各種重要的鑽石，已少有尋出新元素的希望，要尋覓一種未知元素，而且牠的

量又是非常微少，此中種切困難，他也並非不知，他說過：「一種假定的物質，僅從牠在自然系統的

位置，推知有存在的希望，在各種化學反應中，免不掉籠罩着一切無恆的變化，僅僅要靠一切預先

算定的反應而希望成切，其可能與否真是一種疑問；因為在預計時，一個最小的錯誤，就可以使理



圖一八〇 布瓦菩德郎氏像

(Lecoq de Boisbaudran 1838-1912)

法國化學家。錄、鈿、鐳三元素及稀土優良分離法的發現人。與本生、克希荷夫及克盧克斯數人同為分光科學的創始人。

論所預定的物質，跳出分析的位置之外。』(3)(11)。

一八一四年二月，布瓦善德郎開始檢驗從高庇里尼斯 (Hautes Pyrénées) 省阿該爾斯 (Argelos) 谷彼爾夫台 (Pierrefite) 鑛區送來的閃鋅礦 (zinc blende) (11) (13)。他把鑛石溶解，再加金屬鋅於溶液中，在鋅上生成沈澱，沈澱用氫氧火焰 (oxy-hydrogen flame) 燃燒，然後用分光器來檢視，特然發見二條從未見過的新線，但沈澱用本生燈燒時，卻又並無新線出現。

下面就是布瓦善德郎在化學新聞誌 (*Chemical News*) 上所寫關於發現此新元素的一節文字：

『一八二五年八月二十七日夜三、四點鐘之間的時候，彼爾夫台鑛區來的鋅鑛，在化學化驗時，我已得到一種新元素存在的啓示，後來在氯化物和硫酸鹽的溶液中，用金屬鋅沈澱下來了，好像一種氧化物，也許是亞鹽 (sub-salt)，但決不像鋅所還原的金屬本身。

『目下在我手頭的量絕少，不容我從同在多量鋅中分出，我把這新物質集中在幾滴氯化鋅中，在電閃下所顯的光譜，由狹而易見的紫光所組成，在波長四一七的位置上坐落着；此外

在四〇四處，我也看見一種極暗淡的光。』（4）（16）。

一月後，布瓦善德郎在巴黎浮茲（Wurtz）研究室中當着研究所化學科的衆人前，表演一組實驗，以證明他所發現的新金屬，並因紀念法蘭西而命名的鎂素，確是一種真元素。因此名爲新山（La Vieille Montagne）和老山（La Nouvelle Montagne）的二個鎂素專門學會，希望他能完成分離工作，贈他多量的含鎂礦石。

布瓦善德郎用含有多量鹽酸的王水，分解了幾百公斤粗鎂，又用稍過量鎂礦石，務使硝酸全量皆能消耗淨盡，不溶物濾去後，加鎂片於酸性濾液中，使銅、砷、鉛、鎳、銻、汞、錫、銀、鉍、錫和金沈澱，硝酸爲鎂全部耗盡以前，布瓦善德郎濾去這部



圖一八一 浮茲氏像

(Adolph Wurtz 1817-1884)

巴黎醫學院化學教授。甲胺、乙胺及由鈉和烷基碘化物綜合煙之發現人。研究二元醇類及乳酸同系物。在布瓦善德郎實驗室表明鎂之元素性質。

分海綿狀泥爛的沈澱，然後加多量的鋅到濾液中，在水鍋上將混合物熱煮數小時後，一切鉀的鹽基性鹽，以及鋁、鐵、鎳、鈷和鉻的氫氧化物，都已沈澱。

硫化鎳雖不在純鹽的溶液中沈澱，但極易為硫化鋅帶下，布瓦善德郎乃在沈澱的鹽酸溶液中，加醋酸銨和醋酸，然後通入硫化氫，再加鋅於濾液中，直至沈澱的光譜不現 $\text{O}^{\text{H}}\text{A}$ (四一七·〇) 線，使全體鎳素沈澱為止。

氫氧化鎳在苛性鉀中溶解後，用五六枚本生電池來電解溶液，布瓦善德郎遂得到了一克多金屬鎳金屬，第一次是在一八七五年十一月製得的，到十一月六號，他呈三·四公絲固體鎳



圖一八二 雲格夫拉希氏像
(Émile-Clément Jungfleisch
1839-1916)

法國化學家及藥學家。高等藥學院及法蘭西大學有機化學教授。刊印論文凡九十九篇，大部關於有機化學及生藥方面，然對於鎳及錳二元素亦大有貢獻。

至科學院；三月後製得液體金屬的樣品，因為液體鎂和固體隔離後，有留存於過熔（super fused）狀態下的趨向，這種樣品在百度計三十度以下時，也能在液體狀態下存在（17）。布瓦普德郎和雲格夫拉希（Jungfleisch）後在若凡爾（Javel）工場，提鍊四百公斤閃鋅礦，得金屬鎂七十五克（18）。

<p>門德雷耶夫預測新鉛(P)的各種特性</p>	<p>布瓦普德郎所得鎂(Ga)素的各種特性</p>
<p>(1) 原子量約六八。 (2) 金屬體的比重為五·九，融點低，非揮發性，不受空氣作用，燒至紅熱時能分解水蒸汽，在酸液和鹼液中，必能逐漸溶解。 (3) 氧化物公式 EnO_2，比重五·五，必能溶解於酸中，組成 EnX_3 式鹽，氮氧化物，必能溶於酸和鹼中。 (4) 鹽類有組成，鹽基性鹽的趨向，硫酸鹽能成，能沈澱硫化物，無水氯化物較氯化銻更易揮發。 (5) 此元素或能為分光分析法發現。</p>	<p>(1) 原子量六九·九（註一） (2) 金屬體的比重為五·九四，融點為三〇·一五，在常溫時不揮發，在空氣中不變化，對於水蒸汽的作用，猶未明悉，在各種酸液和鹼液中，逐漸溶解。 (3) 氧化物：比重猶未查知，能溶於鹼組成的鹽為 GaX_3，氮氧化物，能溶於酸和鹼中。 (4) 鹽類極易為加水分解，並組成鹽基性鹽，亦有知者，在特別狀況下，硫化物為 H_2S 和 $(NH_4)_2S$ 所沈澱，無水氯化物較氯化銻更為揮發。 (5) 鎂素類分光器贊助而發現。</p>

(註一) 一九三五年錄的原子量為六九·七二。

發見這種新元素時，最奇特的是布瓦善德郎氏並未受週期表或門得雷耶夫的預言之暗示，全由他自己的光譜律 (Law of spectra) 而來(31)。一八七五年十一月二十二日，俄國大科學家在法國科學報 (*Comptes rendus*) 上說他相信鎂和新鉛是同一物質(20)。這新元素和各種化合物的特性，及經詳細研究之後，才證實這個見解(19)。我們由上表也可以顯然看出。

布瓦善德郎對稀土金屬的研究，收獲亦富，他發現了鈇 (samarium) 和鐳 (dysprosium) 兩種新元素(2)，又在分光學方面的研究，也有極大的意義和價值。

布瓦善德郎運用英語，極稱流利之能事，但不注意小節，以致有時把法文思想，翻譯得太直。拉姆塞說：有一次他在宴席上，因為他說了一句『這湯像惡魔一般熱』(The soup is devilish hot) 那麼不斯文的話，嚇了鄰座一位莊嚴年高的英國貴婦人。他同柏齊力阿斯 (Berzelius) 一樣，結婚頗遲。他晚年患了關節強直症 (ancliosis)，身體苦痛而無力，故對於科學貢獻的歲月，因而減短。但布氏仍能忍受了好幾年，直至一九一二年五月二十八日死，神纔把他救出苦境，享年七十四歲(2)(12)。

銻素雖是元素中稀有者之一，但用途頗廣，牠的融點在百度計三十度左右，沸點在一七〇〇度左右，含銻的石英溫度計 (gallium-in-quartz thermometer) 可量的高溫，遠超出平常的水銀計 (mercury-in-glass thermometer)。

銻 (scandium)

門得雷耶夫曾預言另一種元素，取名新錒，原子量在四〇（鈣）和四八（鋇）之間，將來定有發現的一天（20）。到一八七九年，終給尼爾孫 (Lars Fredrik Nilson) 發現了，此人於一八四〇年五月二十七日生於東高斯蘭德 (Oster Gothland)，初在美麗的高斯蘭德島維司培 (Visby) 讀書，十九歲始赴烏普薩拉 (Uppsala) 學生物化學和地質學。

一八六五年他正預備應博士學位的考試，特然接到父親中瘋的消息，那時候尼爾孫自己的身體，也在最壞的境地，罹患肺臟流血症，但得訊後，就立刻回高斯蘭德島，代父親負農場的管理責，添買了打穀機收穫農作，鼓勵他抱病的父親，使他心境愉快，所以不出數月，父子二人，都恢復了本

來的健康，空曠中的生活，不久就醫好了他的肺疾，使他一生享受健康的幸福（5）。



圖一八三. 尼爾孫氏像

(Lars Fredrik Nilson 1840-1899)

烏普薩拉 (Upsala) 大學及斯托克荷爾姆 (Stockholm) 之農業學院分析化學教授。鈦素發現人。他對於泥土和肥料的研究，使貧瘠的島地，一變而為農業區域。與培忒松共同研究稀土並製取金屬鈦素。

回烏普薩拉後，各種考試，都順利完畢後，就負責管理實驗室，終日沈浸於柏齊力阿斯的天平、吹管和製備工作中，變成這位大師最忠實的信徒。在完成幾件硒化合物的研究後，尼爾孫和培忒松 (Pettersson) 開始合作，研究鑛石 euxenite，預備測定各稀土族元素及化合物的化學和物

理的當數，以備考驗週期歷。這項研究尼爾孫雖未成功，但他確從加多林礦石 (gadolinite) 和 euxenite 中，提出了氧化鉶 (erbia) 稀土六十三克，並製成硝酸鹽，加熱分解後，和馬利納克 (Marignac) 做法一樣，也得到了非常純粹的氧化鎳 (ytterbia)，這使他大為驚異，原來這是一種他向所未知的新稀土成分啊 (21)。

這新成分經過徹底研究後，探知其中所含的新元素一切特性，和門得雷耶夫預言的新硼，幾完全符合；尼爾孫為紀念他的故鄉起見，特稱之為釷 (scandium) (22)。這個題名，實在適宜非凡，因為在那個小國中，已發現許多新元素 (6)，關於釷素和門得雷耶夫新硼的相同性，克利夫



圖一八四

四十四歲時的柏齊力阿斯 (Berzelius)

一八二三年，年輕的勃勒到斯托克荷爾姆研究化學時，他真是這付樣子。

(Par Theodor Cleve) 首先指出 (20) (25) 下表所列新元素各種預言和觀察所得的特性, 可資比較 (19) :

門得雷耶夫對於新硼(B)特性的預測	尼爾孫鈦素的各種特性
<p>(1) 原子量四四。</p> <p>(2) 能成氧化物一種 B_2O_3, 比重為三·五, 鹽基性比氧化鋁更烈, 但不如氧化鎳或氧化鎂, 不溶於鹼中, 能否分解氯化銨, 尙屬疑問。</p> <p>(3) 各種鹽皆無色, 和氫氧化鉀及碳酸鈉反應而生膠質狀沈澱, 各鹽都不能得良好的結晶。</p> <p>(4) 碳酸鹽不溶於水, 可沈澱而得鹽基性鹽。</p> <p>(5) 各雙鹼硫酸鹽, 均非礬類。</p> <p>(6) 無水氯化物 B_2Cl_4, 其揮發性較氯化鋁為低, 但其水溶液較氯化鎂更易加水分解。</p> <p>(7) 新硼恐不能用光譜學的研究法發現。</p>	<p>(1) 原子量四四。(註一)</p> <p>(2) 氧化鈦為 B_2O_3, 比重為三·八六, 比氧化鋁的鹽基性為烈, 但較氧化鎳和氧化鎂為低, 不溶於鹼, 並不分解氯化銨。</p> <p>(3) 鈦鹽皆無色, 能與氫氧化鉀及碳酸鈉生膠質狀沈澱, 硫酸鹽極難結晶。</p> <p>(4) 碳酸鈦不溶於水, 且極易失去二氧化碳。</p> <p>(5) 各雙鹼硫酸鹽, 均非礬類。</p> <p>(6) 氯化鈦 Cl_2 在八五度時始昇華, 氯化鋁至一〇〇度後開始昇華, 在水溶液中, 鹽為水所分解。</p> <p>(7) 鈦素並非用光譜分析法發見。</p>

(註一) 一九三六年鈦之原子量為四五·一〇。

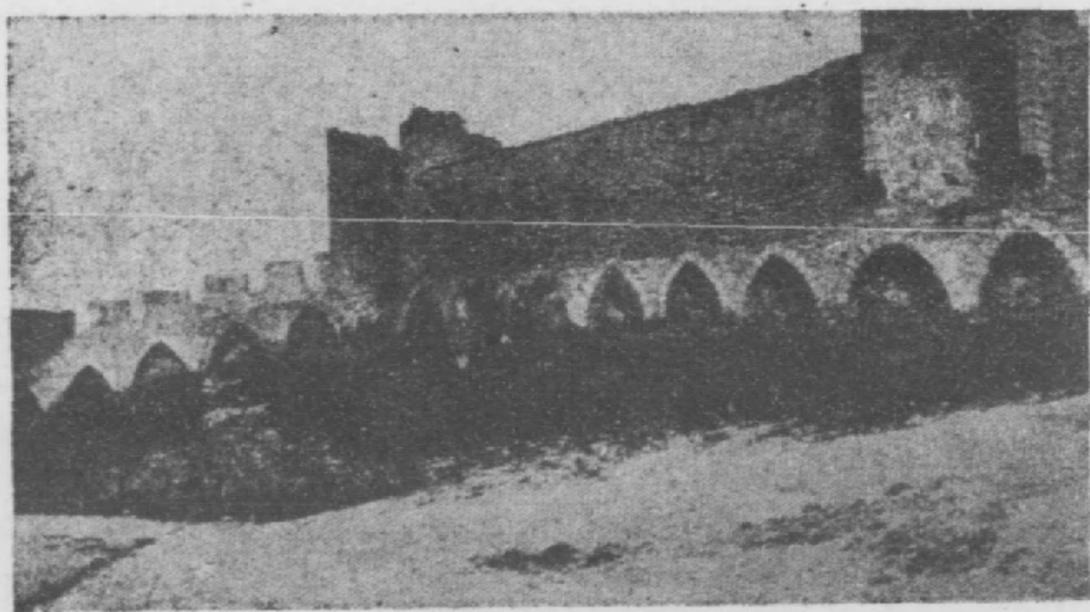
森倫 (Tobias Robert Thalén) (22) (32) 為研究鈦和鎳元素光譜的第一人, 鈦鹽雖無吸收

光譜，但元素本身可用電花譜和弧光譜探知(24)過了不久，尼爾孫測定了兩元素的原子量(23)。

從一八一八年到一八八三年，尼爾孫在烏普薩拉大學任分析化學教授，晚年回斯托克荷爾姆 (Stockholm) 農藝學院教書，他發現故鄉的島上，含大量石灰質，曠野瘦瘠的病原，實由缺乏含鉀礦物 (Potash) 所致，尼爾孫乃介紹鉀鹽 (Kainite) 肥料，從此高斯蘭德島糖蘿蔔的收穫，始大有起色(6)。

尼爾孫在實驗室內，工作時間極長，所以剩下的休息時間極少；但在短期的休養時候，總和一切煩惱完全隔絕，斯托克荷爾姆大學化學教授培忒松有一次說起他：

「習慣上，尼爾孫在自居主人地位的私人實驗



圖一八五 維司培(Visby)城牆內望

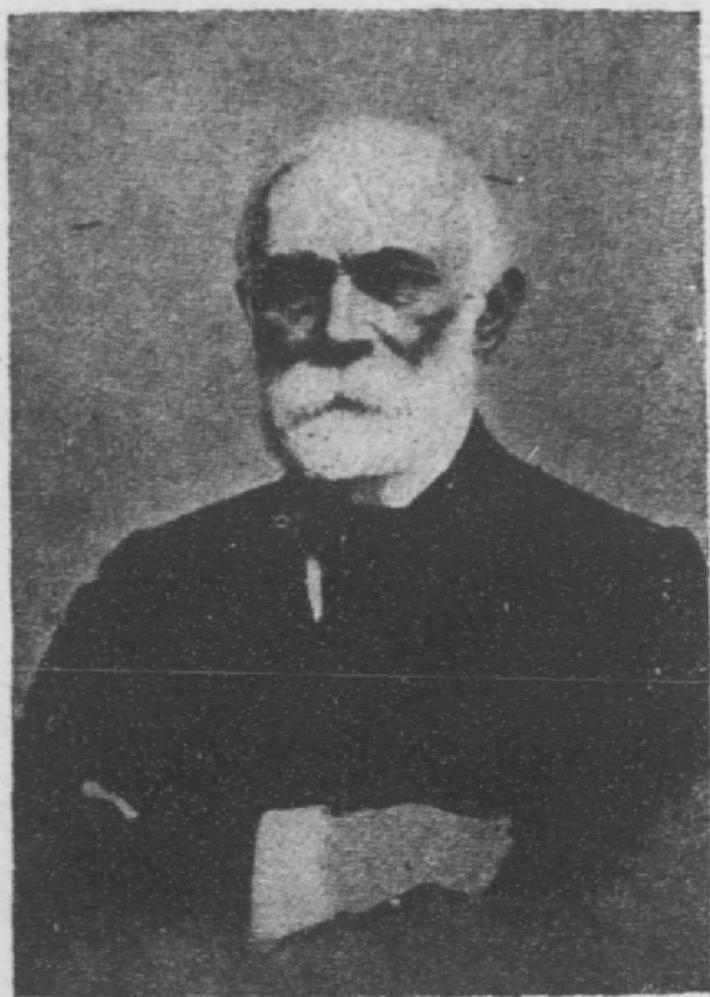
館素的發現人尼爾孫，就在這所美麗的古城中受他早年的教育。

室內，喜歡用閒談、趣話、雙關的戲言，有時用唱歌等來助工作時的興趣；在閒談時，討論科學問題，他認為極不適宜，所以尼爾孫在心想快樂的時候，絕對不允許談論此項問題，要是誰談政治和哲學，他就要向他皺眉；同朋友在一起時，他總是極愉快的，或許是眾人中最愉快的一個。他會用千方百計來制止一個令人疲倦的談話，例如他起先帶着憂愁的面相，坐着聽一會，繼而東張西望一回，然後用嚴肅的高聲，述僞名的政治家和科學家，其時



圖一八六 維司培老製藥鋪

一付滑稽相，已從他厚而深黑的眉下放出來了，這種力量，是不可抗拒的令人絕倒，特別在我們不提防時所發出的；他的聽衆，起先疑慮不定，繼着一個微笑出來了，不到一分鐘，逼切的政治和哲學大談，全部捲入嘻笑的合唱隊中，其中尼爾孫最高聲，有似樂海中大波和大浪的澎湃（5）。



圖一八七 泰倫氏像

(Tobias Robert Thalén 1827-1905)

瑞典物理學家、天文學家及分光學家。指出氧化鈮、氧化鈳、氧化鎳、氧化釷、銦、錒和鐳的光譜。一八六六年著光譜分析學史。並研究鐵及鐵礦的磁性。

和其他一切成功的分析家一樣，尼爾孫有愛整潔和秩序的癖性，他的座右銘，也極值得我們

牢記：

「物料的純粹，是自然界的美麗。」

他於一八九九年五月十四日去世，時年五十九歲。

鍮 (Germanium)

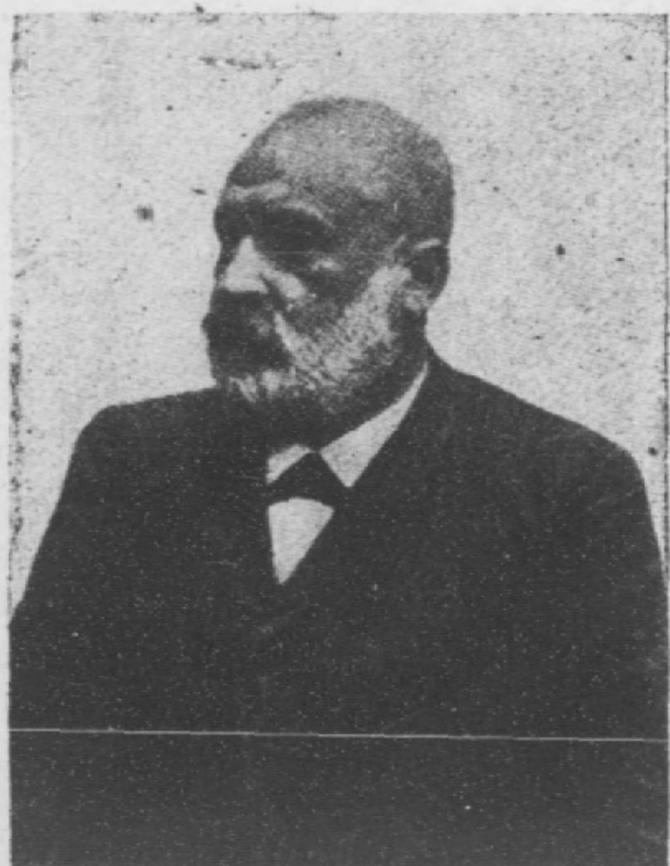
門得雷耶夫所預言的第三種元素，為矽族族員之一（20）。文克爾於一八八六年始發現新矽，命名為鍮，用以紀念他的故國。所以這三個民族元素——法國的鎳、瑞典的銻和德國的鍮——都在這位俄羅斯的大化學家預言後十五年內所發現，門得雷耶夫雖是預述新矽特性的第一人，但英國化學家紐蘭茲在七年前，就看出週期表上的缺位，且早就發現矽和錫為三素組的二極端，其中間元素還空白待補（29）。

文克爾於一八三八年十二月二十六日生於夫賴堡，但長於薩克森·挨爾茲 (Saxon Erzgebirge) 的撒本塔爾村 (Zschopenthal)。父親康德 (Kurt Alexander Winkler) 在該處設有

製紫藍色顏料的工場，康德自己本是個有名的化學家和冶金家，曾從柏齊力阿斯和塞夫斯唐木 (Seifström) 學。在顏料工場中，設有精美的冶金實驗室一所 (7) (30)。

文克爾幼時，就懂得去敬愛大自然的美麗和玄妙，父親指導他認識並分類一切植物動物和礦物，可惜這孩子沒有收集的嗜好，他從不想把牠們收藏起來，只想對於每種標本，考察得更精細些。十二歲進夫賴堡中學，從布賴特豪普特 (August Breithaupt) 學礦物學；文克爾雖不愛外國文，對於國語卻造詣極深，他的科學報告，除科學上有價值外，順熟而無疵的德文，也是極堪一讀的 (7)。

以後在德累斯頓 (Dresden) 科學專門學校 (Real-schule) 和開姆尼茲 (Chem-



圖一八八 文克爾氏像

(Clemens Alexander Winkler
1838-1904)

夫賴堡礦業學校化學教授。氣體分析之先進。鎳與鈷的製造商。發明鎂素並開創銻素之研究。

bits)工業學校繼續求學，所有的假期，都消磨在父親的實驗室中。一八五七年進夫賴堡鑛業學校，其時他胸中分析化學的知識，已超過學校中所講授的程度，因為有良好的基礎和體質，所以在研究工作上，有驚人的進步；此外學生最歡喜的各種跳舞會和交誼會，他也從不缺席（7）。

他有一篇關於硫酸廠該·律薩克塔內化學反應的論文，都根據在紺青工廠（ultramarine plant）中，吸收可厭的二氧化硫氣體實驗而著成，為便於分析各種氣體起見，就發明了三分口的文克爾氣體滴管，完成他自己的分析法。同時又設計了合於商業的鎳、鈷兩鑛的開產法，賴此得以維持生活。

一八七三年，他接受夫賴堡鑛業學校化學工程和分析化學的教授職，欣利克斯（G. D. Hinrichs）有一次說：「文克爾對於分析工作的成熟，



圖一八九 恩權 (David d'Angers)
於一八三五年所作柏齊力阿斯的紀念章

真使我吃驚，直到我發現他的父親康德，也是柏齊力阿斯特別生的列名者後，方纔明白所以然的緣故（8）。文克爾從父親處學得了整潔的習慣，所以改組了散漫而不整飭的實驗室，訓練他的學生，小心於工作，實驗時可免穿橡皮的實驗衣；有一天，他看見一個新生，穿着一件大的實驗衣，文克爾就發問：「你是不是要攪石灰去？」

一八八五年秋季，在夫賴堡附近希曼爾夫斯脫（Himmelfürst）鐵岩脈近段，發見了一種新鑽石，發見者是夫賴堡鑛業學校的鑛物學教授威斯巴克（Albin Welsbach）氏，他題名曰輝銀鑛鑽石（argyrodite）（28）。曾和賴赫一同發現銻素的化學家李希特，把這鑛石做了次定性分析後，得知其中含有銀、硫和微量汞（27）。威斯巴克教授為明瞭新鑛石的成分起見，就請文克爾做一個澈底的定量分析，文克爾的分析結果，始終少去七%，他因此就下結論，鑛石中含有一未知新元素（註一）（26）。

（註一）讀者當能憶及阿爾費特孫分析 Deville 時，曾得同樣的結果，使他在一八一八年發現銻素，見二九七頁。

他頗信新鑛石為銀的含硫酸鹽（antimonite），而新元素必和砷、銻、錫三者，隸於同一分析系族；

所以拿一部分碎磨成粉，然後和碳酸鈉及硫磺共熔，熔體投入水中，從水中濾去殘體，加鹽酸使濾液稍含酸性，使砷和銻的硫化物沈澱而移去之，此時因新元素未隨各沈澱部分移去，所以必成鈉硫酸(sodium sulfite salt)而存留於溶液中，當文克爾再加少量鹽酸時，出現的並非硫化物，而是純硫，就是濾液蒸乾後，所得除氯化鈉外，也別無他物。

他不甘屈服於這次失敗，所以無間斷的苦幹了四月，日夜置念於那不可捉摸的新元素。到一八八六年二月六日，他又把沈澱出的硫磺濾去，這步手續呢，在以前不知已做了多少次數，但他毫不失望，反覆操作，這次忽然改變方針，用大量



圖一九〇 塞夫斯唐木氏像

(Nils Gabriel Sefström 1787-1845)

瑞典法龍礦務學校校長。鉬素的發現人，後證明和利俄的赤鉍(erythronium)相同。關於其平生事跡，請參考二一四至二二一頁。

鹽酸倒入已清明的濾液中，真使他既驚又喜，一閃時，一種重而作片狀的白色沈澱，立刻出現了（9）這就是新元素的硫化物，極易溶解於氫氧化銨液中，加多量鹽酸後，又復沈澱，原來牠有一種最奇怪的特性，就是不溶於濃酸，而易溶於水及稀酸中（7）。

把乾燥的硫化物，在氫氣中焚燒後，新元素就分離而出，取名曰鍺（Germanium）。這灰色的金屬粉，揮發性較銻素為低，但也就靠了這氯化物的揮發性，說明了文克爾濾去硫磺後的濾液，蒸發時只得氯化鈉的原因，因為氯化鍺早已化作蒸氣而逃散，關於輝銀鍺鑽石，現今已確知為銀和鍺的複硫化物，其分子式為 $CoS_2 \cdot 4As_2S_3$ 。

文克爾起先想，鍺素必和銻及砷兩種元素相同，是一種類金屬（metalloid）應該和門得雷耶夫所預述在銻和銻之間的元素新銻相當；當時的科學家，對於這元素立刻發生興趣。到二月二十六日，門得雷耶夫在德國化學會會誌上發表一張表格，把銻和銻間新元素所應有的各種特性，都表列出來，他根據了氯化物在水中的溶度和硫化物所呈的白色，認鍺素作新鍺（eka cadmium），為鍺與汞二素間的一種新元素。同時在布累斯勞的李希特（Victor von Richter）也寫信給文克

爾，倡信鍺素為新矽，錫族中最低的同族物，鎳和砷之間的一未知新元素。二日後，邁耳在德國化學會誌上說：他也相信鍺素就是那久所渴望的新矽，並且已向高班學生發表過此項意見（7）。

文克爾數月來的煩悶和失望，總算終止了，非常愉快的工作着，受着各英明化學家的鼓勵和指示，但是尋求多量的含鍺化合物，日見困難，而有待於解決的問題尚多，純粹的輝銀鍺鑽石，含鍺素僅百分之七，而含鍺較富的鑽石，已告竭盡，所以文克爾不得不從低級的鑽石中搜尋，起先希望能掘得富有輝銀鍺鑽石的鑛藏，所以對於鍺素化合物，非常慷慨的使用着，但最後他覓得證據，使他確



圖一九一 威斯巴克氏像

(Albin Welsbach 1833-1901)

德國鑛物學家、結晶學家及物理學家。輝銀鍺鑽石的發現人，其後文克爾由其中發現鍺素。其父朱利阿斯·威斯巴克為聞名鑛工程師。他也是鍺素發現人賴赫的高足。

信，鍺素就是門得雷耶夫在一八七一年所預言的新矽，一讀下表，關於新矽所預言的各種特性和鍺素的各真實特性，可得一比較：

	新矽 (Es)	鍺 (Ge)
原子量	七二	七二·三二 (註一)
比重	五·五	五·四七
原子體積	一三	一三·二二
原子價	四	四
比熱	〇·〇七三	〇·〇七六
二氧化物的比重	四·七	四·七〇三
二氧化物的分子體積	二二	二二·一六
四氯化物的沸點	一〇〇度T	八六度
四氯化物的比重	一·九	一·八八七
四氯化物的分子體積	一一三	一一三·三五

(註一) 一九三六年度，鍺素的原子量為七二·六〇。

門得雷耶夫在預言中僅一次有失，他誤信新矽和鈦相同，必難於液化和揮發。但邁耳所得結果，和他相反，文克爾後來說過，銻素在自然界中出現的地點，和預言中所希望的都相違反。譬如預料鎘和氧氯化合，在斯干的那維亞（Scandinavian）的稀有礦石中和鈦及鋳同在，確不料牠會出現於銀鑛中，和砷及銻的相關化合物在一起（10）。

文克爾在純粹化學和應用化學上，都有不朽的貢獻。除化學外，在別方面也有趣味，極像維和愛克柏格（Ekeberg），他有詩才，有幾首詩歌，至今保存在夫賴堡學院的歌冊中。布朗克（O. Brunck）稱贊他善用極好的格律，選字亦極精當（3）；招待賓客時，時常寫滑稽的化學詩，可用任何樂器來做伴奏。至一九〇二年始辭教授職，一九〇四年十月八日染腫瘤而歿，我們欣賞真正的偉大科學工作時，他的名字，將永遠為人所稱揚。

參考材料

- (1) Winkler, Olemens, "Ueber die vermeintliche Umwandlung des Phosphors in Arsen," *Ber.*, 33, 1697 (Band 2, 1900).
- (2) Ramsay, "Paul Émile (dit François) Lecoq de Boisbaudran," *J. Chem. Soc. Trans.*, 103, 742-6

(Part 1, 1913).

- (3) Jagnaux, "Histoire de la Chimie," Vol. 2, Paundry et Cie, Paris, 1891, pp. 189-94.
- (4) Boisbandran, "Chemical and Spectroscopic Character of a New Metal, Gallium, Discovered in the Blende of the Mine of Pierrefée, in the Valley of Argeles, Pyrenees," *Ann. Chemist.*, 6, 146 (Oct., 1875).
- (5) "Chemical Society Memorial Lectures: 1803-1900," Gurney and Jackson, London, 1901, pp. 1277-94. Nilson Memorial Lecture by Pehrsson, *J. Chem. Soc. Trans.*, 77, 1277-94 (Part 2, 1900).
- (6) Klason, "Lars Fredrik Nilson," *Ber.*, 32, 1643-6 (Band 2, 1899).
- (7) Brunck, "Clemens Winkler," *ibid.*, 39, 4491-548 (Band 4, 1906).
- (8) Hinrichs, "The Proximate Constituents of the Chemical Elements Mechanically Determined from Their Physical and Chemical Properties," O. G. Hinrichs, St. Louis, Mo., 1904, introduction.
- (9) Meißig, "My Student Days in Germany," *J. Chem. Educ.*, 7, 1081-90 (May, 1930).
- (10) Winkler, "Ueber die Entdeckung neuer Elemente im Verlaufe der letzten fünfundzwanzig Jahre, und damit zusammenhängende Fragen," *Ber.*, 30, 15-6 (Band 1, 1897).
- (11) Boisbandran, "Sur un nouveau Métal, le gallium," *Ann. chim. phys.* (5), 10, 100-41 (Jan., 1877); *Chem. News*, 35 148-50 (Apr. 18, 1877); 157-60 (Apr. 20, 1877); 167-70 (Apr. 27, 1877).
- (12) Gardiner, "M. Lecog de Boisbandran," *Nature*, 90, 255-6 (Oct. 31, 1912).

- (13) Boisbandran, "Caractères chimiques et spectroscopiques d'un nouveau minéral, le Gallium, découvert dans une blende de la mine de Pierrefitte, vallée d'Argelès (Pyénées)," *Compt. rend.*, 81, 493-5 (Sept. 20, 1875).
- (14) Boisbandran, "Sur quelques propriétés du gallium," *ibid.*, 81, 1100-5 (Dec. 6, 1875).
- (15) Mendeleëff, "Remarques à propos de la découverte du gallium," *ibid.*, 81, 969-72 (Nov. 22, 1875).
- (16) Boisbandran, "Sur le spectre du gallium," *ibid.*, 82, 168 (Jan. 10, 1876).
- (17) Boisbandran, "Nouvelles recherches sur le gallium," *ibid.*, 82, 1036-9 (May 1, 1876).
- (18) Boisbandran and Jungfleisch, "Extraction du gallium," *ibid.*, 86, 475-8 (Feb. 18, 1878); *Bull. soc. chim. (Paris)* [2], 31, 50 (1879).
- (19) Mellor, "Comprehensive Treatise on Inorganic and Theoretical Chemistry," Vol. 5, Longmans, Green and Co., London, 1924, pp. 373-7 (article on Gallium); pp. 480-4 (article on Scandium); Vol. 7, 1927, pp. 254-7 (article on Germanium).
- (20) Mendeleëff, "Die periodische Gesetzmässigkeit der chemischen Elemente," *Ann.*, Supplementband VIII, 1871, 196-206 (Heft. 2).
- (21) Nilson, "Sur l'ytterbine, terre nouvelle de M. Marignac," *Compt. rend.*, 88, 642-5 (Mar. 24, 1879); "Ueber die Ytterbinerde," *Ber.*, 12, 550-3 (Mar. 24, 1879).
- (22) Nilson, "Sur le scandium, élément nouveau," *Compt. rend.*, 88, 645-8 (Mar. 24, 1879); "Ueber Scandium, ein neues Erdmetall," *Ber.*, 12, 554-7 (Mar. 24, 1879).

- (23) Nilson, "Sur le poids atomique et sur quelques sels caractéristiques de l'yttrium," *Compt. rend.*, **91**, 56-9 (July 5, 1880); "Sur le poids atomique et sur quelques sels caractéristiques du scandium," *1850*, 118-21 (July 12); *Ber.*, **13**, 1430-50 (July 12, 1880).
- (24) Friend, "A Textbook of Inorganic Chemistry," Vol. 4, Chas. Griffin and Co, London, 1917, pp. 205-6 and 215.
- (25) Cleve, "Sur le scandium," *Compt. rend.*, **89**, 419-22 (Aug. 18, 1879); *Chem. News*, **40**, 159-60 (Oct. 3, 1879).
- (26) Winkler, "Germanium, Ge, ein neues, nichtmetallisches Element," *Ber.*, **19**, 210-1 (Feb. 8, 1886).
- (27) Winkler, "Mittelungen über das Germanium," *J. prakt. Chem.* (2), **34**, 177-229 (Heft 4, 1888); (3), **36**, 177-209 (Heft 4, 1887).
- (28) Welsbach, "Argyrodit, ein neues Silbererz," *Neues Jahrb. Mineralogie*, 67-71, 1886 (Band 2).
- (29) Newlands, "Relations between Equivalents," *Chem. News*, **10**, 89 (July 30, 1864).
- (30) Buge, "Das Buch der grossen Chemiker," Vol. 2, Verlag Chemie, Berlin, 1930, pp. 336-50. Article on Winkler by O. Brunck.
- (31) Urbain, "Leocq de Boisbandran," *Chem.-Ztg.*, **36**, 929-33 (Aug. 15, 1912).
- (32) Hasselberg, "Plograffet, Tobias Robert Thalen," *Kungl. Svenska Vetenskapsakademiens Årsbok*, 1906, pp. 213-40.

第十七章 稀土族元素

各種稀土族元素，彼此既極相像，產處又同在極複雜的鑛石中，使分離的工作，極為困難。但是這一族元素，經過了精細而煩複的分離法，從兩種基本的混合物中，幸而都一分出來了。這就是加多林 (Gadolín) 的氧化釷 (yttria) 和克拉普羅茲 (Klaproth) 和齊力阿斯和希生革爾 (Hisinger) 三氏的『氧化鈾』(ceria)。起先發現者無不誤稱這一種混合物為純粹的氧化物，莫桑得爾 (Mosander) 得拉芳塔 (Delafontaine) 馬利納克 (Marignac) 克利夫 (Clève) 布瓦善德郎 烏班 (Urban) 哲姆斯 (Charles James) 以及其他諸人的耐心研究，結果把『老氧化釷』(yttria) 分解而成目下的氧化釷 (yttria) 氧化鈹 (berbia) 氧化鐳 (erbia) 氧化鐳 (Ytterbia) 氧化鐳 (Ittecia) 氧化鈦 (holmia) 氧化錒 (thulia) 和氧化鐳 (dysprosia) 八種氧化物。此外又靠了莫桑得爾 布瓦善德郎 布勞納 (Brauner) 威斯巴克 (Auer von Welsbach)

得馬爾賽 (Demareay)、荷普金斯 (Hopkins) 和其他諸人堅忍而熟練的工作，始把老「氧化銻」(ceria) 分解成氧化銻 (ceria)、氧化釷 (lanthana)、氧化釷 (neodymia)、氧化鐳 (praseodymia)、氧化鈾 (samaria)、氧化釷 (gadolinia)、氧化銻 (europia) 和氧化釷 (illinia)。(註一) 八種氧化物。內中有幾個稀土族元素，至今還沒有分離成功，這一族元素，大都非常稀罕，就是牠們的化合物，也極珍罕可貴。

(註一) 見譯稿五一九頁。

* * *

各稀有元素，在研究上為難我們，欺弄我們的思索，出沒於我們每個夢境中，有似伸展在我們面前的無邊大海，嘲弄、迷惑、喧鬧着神奇的默示和希望。

稀土族鑛石的寶藏，數世紀來一直隱藏在斯干的那維亞半島上，直到一七八八年的那一天，始為阿累尼烏斯 (Lieutenant Arrhenius) 在斯托克荷爾姆附近伊特比 (Ytterby) 小鎮上，尋

得了一塊不尋常的黑石後，稀
土元素的故事，方纔正式開始
(22)。以後芬蘭名科學家加
多林 (Johann Gadolin) 就從
這新鑽石中，發現了各稀土元
素。

他於一七六〇年六月六

日，生於黑爾星福斯 (Helsingfors Helsinki) 附近的愛培 (Åbo) 市。他的父親耶各 (Jacob Gar-
dolin)，是一位聞名的天文學家兼物理學家，教導他養成愛好大自然的習慣。他在愛培大學完成
學業後，即赴烏普薩拉從柏格曼學，後來更游歷丹麥、德國、荷蘭、英國等地，藉增見聞 (43)。從一七
九四年起，加多林開始研究阿累尼烏斯在伊特比所發現的鑽石，探知其中所含新成分達百分之
三十八，不久愛克柏格也承認這次分析所得的結果 (40)、(41)。後來鑛物學家為紀念這位



圖一九二 加多林氏像

(Johann Gadolin 1760-1852)

芬蘭之愛培 (Åbo) 大學化學教授。複雜
土質老「氧化釷」的發現人，後從此鑽石
中，分出全部簡單氧化物。瑞典伊特比
(Ytterby) 的各種稀土鑽石，曾作澈底
研究。

芬蘭的化學家起見，就稱這鑽石為加多林鑽石 (Gadolinite)。

加多林在愛培大學中任化學教授職，前後凡二十五年（一七九七——一八二二），在他一生中，對於這神奇的伊特比鑽石，做過澈底的研究；此外在分析工作上，分解鐵鑛用的融劑 (fluxes) 和電化學方面，都有貢獻；關於化學比例和化學愛力的問題，也參加解決法討論，又根據了拉瓦錫的觀點，寫成了第一本瑞典文的化學教科書（43）。

向大學告老後，又活了三十年，於一八五二年八月十五日歿於芬蘭的渥麻 (Viipio)，其時年已九十有二，一八二七年時，愛培城和大學的建築，盡



圖一九三 一八二三年時代，芬蘭的愛培市。

稀土的最初發現人加多林，生於愛培，任愛培大學化學教授二十五年之久。

毀於火，因此加多林所收集的珍貴鑽石標本，全部散失，其後大學即遷至黑爾星福斯（2）。

氧化釷(yttria)和氧化鈾(ceria)

愛克柏格（40）（41）、克拉普羅茲和富古令三氏，都研究過加多林的新氧化物，據 Ytterby 一字，他們稱之為氧化釷（yttria）。到一八〇三年，克拉普羅茲從中發現另一種新土質，稱作『terre ochroïde』，目下已改稱為氧化鈾（註一）（ceria）。柏齊力阿斯和希生革爾二氏，也各自獨立發現氧化鈾，但繼續研究後，得知老氧化釷和老氧化鈾二者，都不是純粹的氧化物（3）。

（註一）參考第十二章第三五二頁。

氧化釧(lanthana)和氧化鑷(didymia)

柏齊力阿斯的助手莫桑得爾（Carl Gustav Mosander）是證明老氧化鈾和老氧化釷中複雜性的第一人。他於一七九七年九月十日生於卡爾馬（Kalmar），受藥師和醫師的教育，在軍中

當過外科醫官（4），他和柏齊力阿斯同居了好幾年；他妻子的祖先是荷蘭人，所以她會教柏齊力阿斯閱讀荷蘭文（5）。斯托克荷爾姆科學院遷入莊嚴偉大的新「宮」後（柏齊力阿斯愛稱牠做「宮」），莫桑得爾任鑛石標本部管理員，並在學院附近，得到一所住所，此外他管理過加路令（Caroline）學院醫科學生的化學實驗室，做了好幾年化學和鑛物學的教授。



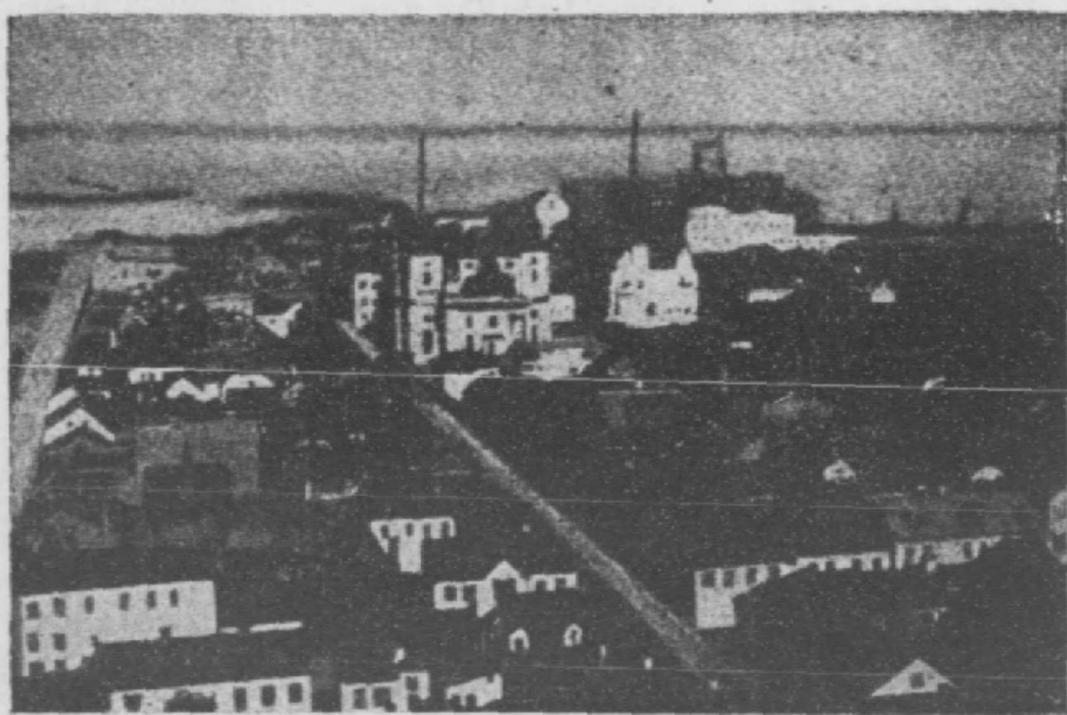
圖一九四 莫桑得爾氏像

(Carl Gustav Mosander 1797-1858)

瑞典陸軍外科醫官、化學家及鑛物學家。斯托克荷爾姆科學院鑛石標本管理員。加路令學院（Caroline Institute）化學及鑛物學教授。氧化釧及氧化鎳的發現人。氧化鎳其後由威斯巴克分裂成氧化鎳及氧化鉍兩土質。

弗勒 (Wöhler) 可紀念的停留在斯托克荷爾姆時，他倆常作長途的旅行，莫桑得爾幫助這位德國朋友，收集了一分有價值的礦物標本帶回本國，在柏齊力阿斯寫給弗勒的信上，時常提到莫桑得爾的名詞，總是用表示敬愛的假名「彼得·莫斯」 (Peter Moses) 來稱呼，例如在一八二四年十月十二日柏齊力阿斯寫的信上：

「目下我在此間是孤獨無伴，彼得·莫斯真忙着他的考試，希生革爾至今沒有回來，阿爾費特孫你總知道，他新近結過婚，一天到晚陪着新娘……我的時間仍和平常一樣，在一種愉快的單調中過去。在我寫字檯和實驗桌間，不絕來



圖一九五 瑞典卡爾馬 (Kalmar) 市

氧化釷和氧化鐳的發現人莫桑得爾，生於卡爾馬。鉍素的發現人愛克柏格 (Ekeberg) 曾在該處小學讀書。

往，爲些小事情忙碌着，例如在完成製取氧化鋰、氧化鈮和氧化銻等的工作上……。」

在同年十一月的信上，他又寫着：

「我要千萬聲感謝

你，感謝你有趣味的來信，

和美麗的鑽石；這些鑽石在數日前，我已把牠們排列在相當的位置上，莫斯和我同樣的感恩你。在實驗室內，弗勒氏的案桌上，再看不見弗勒的影子，這算是最使我不習慣，我因此願意時時向那邊望望莫斯的臉，聊以自慰，這樣似乎比沒有來得好些，但是這種欺騙的損失，算是太大了……。」



圖一九六 阿爾費特孫氏像

(Johan August Arfwedson 1792-1841)

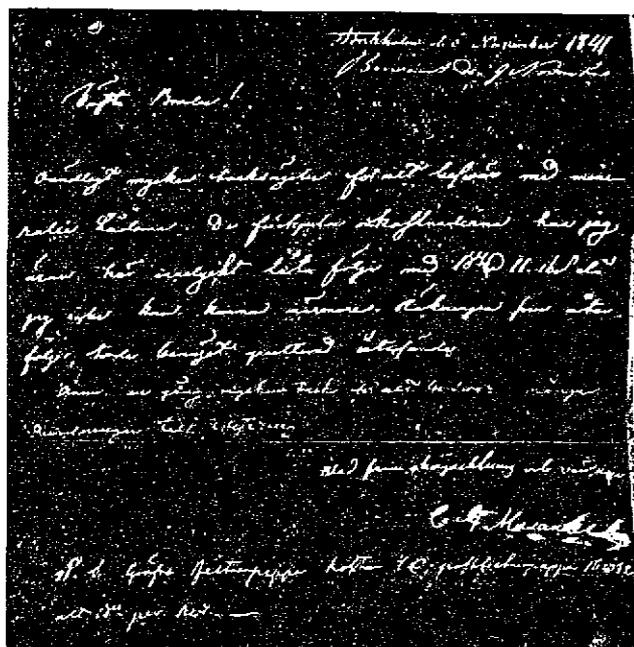
冶金學家、化學家兼礦物學家。鋰素的發現人。曾研究氫氣對於金屬硫化物的反應，一八二三年，在氫氣中燒鈾素的綠色氧化物，得二氧化鈾 UO_2 ，始終誤作金屬。爲柏齊力阿斯門人。(文獻時見用 Arfwedson 以代 Arfwedson)。參考第十章。

大概莫桑得爾已順利通過他的考試，弗勒於一八二五年七月十五日寫給他瑞典老師的信上說：「莫斯君現在大概可以稱莫斯博士了，因此我在此間向他道賀。」

一八三九年莫桑得爾將硝酸銻加熱，所得一部分分解鹽中，再加稀硝酸，在抽出物中尋得一新土質，定名 *lanthana*，暗示隱藏 (hidden) 之意。同時把不溶於硝酸中的氧化物，仍用舊名氧化銻代表 (7) (28) (45)。同年塞夫斯唐木 (Sefström) 的學生挨爾德曼 (Erdmann) 在一種新哪噠鑽石中，亦發現氧化銻，遂命名曰莫桑得爾鑽石 (Mosandrite) 以紀念莫桑得爾。

二月一日柏齊力阿斯在寫給弗勒的信上說：

「目下問題已完全確定，當我把挨爾德曼發現的小標本拿給莫桑得爾看時，他宣示在銻鑽石 (Cerite) 中尋得了一種新東西，我們倆個人，雖然每天碰面，但他從不在我面前提起這件事……我不信我抱病的那月中，莫桑得爾在稀土族方面做過什麼工作，照我測度，他一定是這樣想的：讓柏齊力阿斯去煩悶，我總算能跳出這勞役之外了。但幾天前，他又動手工作了，起先他對我說，我和希生草爾取名銻 (cerium) 的那東西，實是兩種氧化物的混合體，這兩種東西和混



圖一九七 莫桑得爾的草書

他的手跡潦草難讀，下列譯文，大略如是而已：

『斯托克荷爾姆，一八四一年，十一月五日。親愛的哥哥：我的標本，費神之極，不勝感激。依我約略估計，附上填款……（數字已不可認）。帳目亦一併寄上。請即檢收。種種勞神，感激無量。便中代候威司令（Westring）。

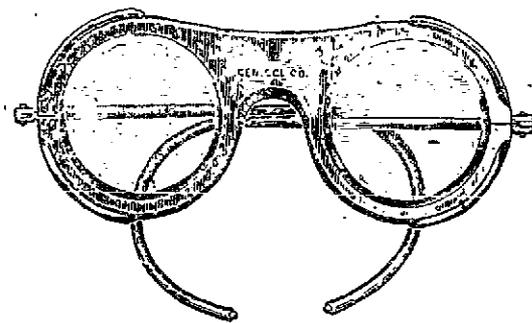
敬愛你的莫桑得爾。又及粗濫紙值……』

合體本身的特性都不同……現在我已經研究過，純粹的氧化銻，得知加了所發現的新土後，並不變更牠的特性，倘不這樣，這新土的發現，恐早已在莫桑得爾之前了……莫桑得爾不告訴我對於新土，將如何命名。這封信上寫的一切，都是我給你個人的，請你切勿在外發表……」

在二月十二號的信上，他又寫：「莫桑得爾似乎贊成我的提議，將稱牠（指元素）為鏷（lanthanum, lanthan），而稱氧化物為氧化鏷（lanthana, lanthanerde）」（18）

數日以後柏齊方阿斯在六月十八號發給弗勒的信上有：

「關於莫桑得爾，我沒有什麼消息可以告訴你，他已經很久沒有繼續實驗了，他也不說起



圖一九八 鑄玻璃保護眼鏡

此種特製玻璃內含鏷素，用以保護吹玻璃工人的眼光，除熾熱的玻璃來的黃光外，其他光線照常射過。參考化學教育（*J. Chem. Educ.*, 9, 214（一九三二年二月份））『吹玻璃玻璃用之保護眼鏡』一文。

目下到底在進行什麼，實在他也不做什麼實驗，他想經營他的鑛泉公司，他實在也沒有空閒的時間……你倘使寫信給莫桑得爾，可直接向他請求，或者能給年報（*Annalen*）找一些材料。」

弗勒耐心等了好幾個月，到一八四〇年二月二十五日的信上，終於寫出了「化學界的人士，真不明白會什麼關於綱素方面的研究，莫桑得爾至今還沒有什麼發表。」二年後，柏齊力阿斯寫道：「莫桑得爾至今在綱素方面繼續工作，但極少講起牠，同時照我所知，我們有賴於這問題者，實遠過於我們以前所理想的。」

到一八四二年五月十三日，柏齊力阿斯又向莫桑得爾動問這個問題，我們還是錄他自己的話：

「我向莫斯提議，不久在年報上應發表一篇關於銻的報告。他帶着訕笑，跑到院內自己的住宅，從他的實驗室裏拿了一只乳鉢回來，裏面半放着白中微帶黃色的粉，他發問我「這是什麼？」我告以全無頭路。「這就是，」他回答着，「氧化銻在純粹狀態時的外觀，做到這地步，已費我一年的光陰。」並說他不願在尚未完全告成以前，發表任何結果。我們每天早晨，雖然都有碰

面的機會，並閒談片刻，但平常他總是抱怨着製取純粹化合物的種種困難，從不告訴我真實的結果，但現在已使我滿意了，因為全部工作完成而發表時，一定更有可觀。」（9）



圖一九九 得拉芳塔氏像
(Marc Delafontaine)

在稀土方面澈底研究，一八七八年且首先宣稱，氧化矽礦石中的鎳或為一種混合物。著作之刊印前後凡四十年，初在瑞士、法國、德國各刊物中發表，後在化學新聞及美國化學會誌發表。其在芝加哥的實驗室，毀於大火，在該城南部中學教書頗久。

一八四一年時，莫桑得爾加稀硝酸到氧化鎳中，再從其中分出一種玫瑰色的氧化物，他確認其中含有一新元素，遂命名為鎳素（didymium），他覺得「這新元素和鎳素是一對不可分離的

雙生子。』(27)。(46)。

弗勒反對這個名稱，因為這字譯成德文爲 *didym*，『讀音雅而且默』(*etwas Kinischs, etwas Läppisches*)，但柏齊力阿斯的回信，語都偏謔莫桑得爾：

「我親愛的朋友，我也不喜歡這個名稱，但莫桑得爾已當衆正式命名，我不願意，並且也不能夠再請他更換。當然，你是完全不理解我們的朋友莫斯，題名時他也沒有向任何人請教過，更換一個他所定下的名稱，此項提議，他會要覺得極無禮的行爲，並且不易得他的寬宥，結果，仍不能更換牠。他是有意堅持，要用有 D 打頭的字來定名，使牠的符號和其他各金屬的符號不同；你所說的理由，子音重複，以及用幾乎同音的母音，要生出一種極不悅耳的讀音，這話都是準對的，但望大家不久就養成習慣，覺得還能容忍，料想你也一定能夠克服這一切的。」

柏齊力阿斯再在信後舉出許多比「*didym*」更壞而已通用的有機物名詞(10)：氧化鐵一直當作純粹的土質，到一八八五年經過最近故世的威斯巴克氏把牠分解後，方始明白牠的真正成分。

氧化鈮 (yttria) 氧化鈣 (ceria) 和氧化鉍 (terbia)

一向稱爲老氧化鈾的土質，證明了其中含有二部分，其一爲不溶的真氧化鈾 (ceria)，另一部爲能溶解的氧化釷，莫桑得爾用同樣方法來研究老氧化鈮 (7)。到一八四三年，他證明在氧化鈮中，把真氧化鈾、氧化釷和氧化鎳移去後，其中至少還含其他土質三種；第一種是無色的氧化物，他仍用舊名真「氧化鈮」名之，第二爲黃色土「氧化鈣」其三爲玫瑰色土「氧化鉍」。以上三種新土質，可用氫氧化鈉和分別沈澱法一一分離，其中以氧化鈣的鹽基性最弱，分離時最先走出，而鹽基性最強者爲真「氧化鈮」，在最後部分中始見出現 (23)。

莫桑得爾的實驗，以後經得拉芳塔、馬利甘克、斯密司 (J. Lawrence Smith)、克利夫和布瓦、善德郎諸人的證明。但不知何故，後來命名上有了混亂，從此氧化鈣和氧化鉍，彼此對調，所以在目下，前者專指玫瑰色的氧化物 (3)。鈮、鎳、鉍這四元素的名稱，都從瑞典小鎮伊特比這一字上衍導而來，因爲在這個小鎮上，我們最先尋得稀土族的鑽石。

我們在莫桑得爾工作的敘述結束以前，關於他對恩師的讚揚，很值得在此一敘。一八四八年四月十八日，會了柏齊力阿斯所著教科書的翻譯事，他在給弗勒的信上寫着：

「我親愛的弗勒：在此刻我願意隨從內心不可抵抗的推動，把我認為最真直的，公開向大眾一說。你不訪先來一試，然後再加判斷，我相信你也一定能欣賞我所要說出的真理，這位大師，恐不久就要到另一個世界去；但在我們以及我們的繼續者心裏，他的名聲，將永受人類的稱揚和敬愛。他在世間所完成的一切工作——你和我所知道的一切——並非爲了虛榮的目的，完全是對於真理和光明的一種真純熱愛，他對於研究的動機，完全從純粹的泉源發出，我們如何



圖二〇〇 馬利納克氏像

(Jean Charles Galissard de Marignac 1817-1894)

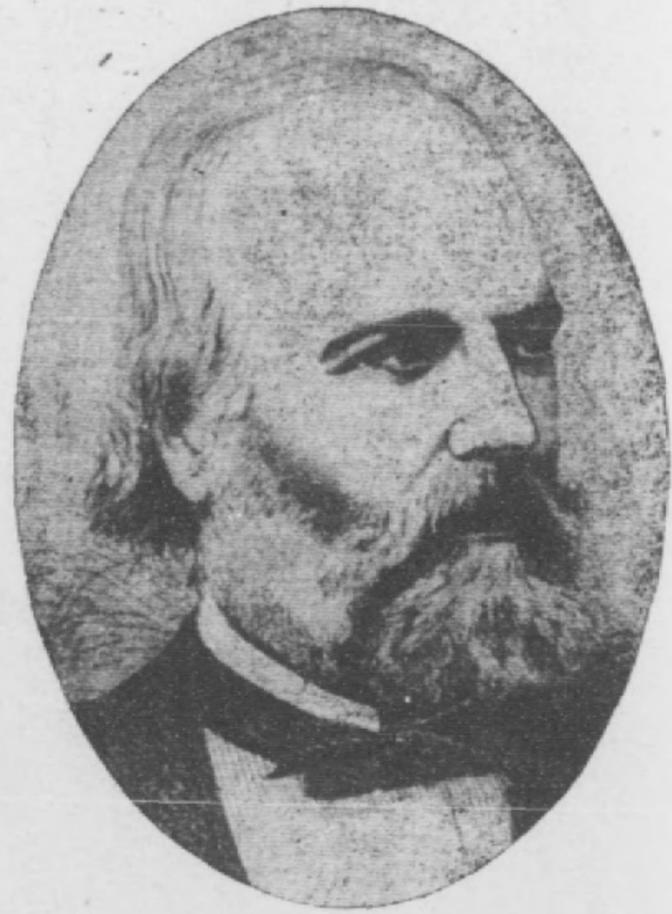
瑞士化學家，發現氧化鎳及氧化鈳，稀土化學上貢獻極多。日內瓦大學化學教授。精確測定原子量多種，又分離鈦酸及鈳酸後，證明鈦、鈳兩元素並不相同。

可在他生命消散以前，
在他把未絕滅的心力
貢獻於科學服務的最
後一刻，來否認他對於
科學和自身的防禦權
利呢？（11）

柏齊力阿斯於一八

四八年八月七日歿於斯托克荷爾姆，他的內心，至死清澈，最後六日，陷於半睡狀態中，不作一聲。莫桑得爾在十年後歿於特路忒寧呼（Drothninghohn）附近的恩格斯呼（Ångsholms），時爲一八五八年十月十五日（4）。

氧化鋳(erbium) 氧化鏡(ytterbia) 和氧化釷(scandia)



圖二〇一 斯密司氏像

(J. Lawrence Smith 1818-1883)

美國礦物學及分析化學家。他所創用的鈉鉀鑛石分解法，至今仍不失爲標準法。研究殺買斯加脫(Samaraskite) 鑛石中稀土，覆證氧化釷中莫桑得爾所得複雜性的結論。

一八七八年瑞士的化學家馬利納克，在氧化鉍中發現另一新土，稱之曰氧化鏷（21）。馬利納克（Jean Charles Galissard de Marignac）於一八一七年四月二十四日生於日內瓦，爲十七世紀末從蘭圭多克（Languedoc）逃出法國新教徒的後裔。十六歲在巴黎進工藝學院，曾在鑛業學校讀書二年，得益頗多，其後漫遊斯干的那維亞和德國，藉廣見聞；至一八四〇年，往歧孫（Giessen）從利俾喜學，雖受利俾喜的影響，但興趣仍在無機化學方面。

馬利納克一生的工作，和斯塔斯（Stas）一樣，專做原子量的精密測定，以試普勞特（Prout）的假定，曾贏得柏齊力阿斯最熱誠的讚美，柏齊力阿斯寫道：



圖二〇二

此幅柏齊力阿斯的像片，於一八四五年用金屬片法（Daguerreotype）攝於柏林，時在去世前三年左右。

「關於原子量的實驗，我最器重你在這方面的工作價值；在實驗上，耐心着反覆測定，改良實驗方法的智慧，採用最能得正確結果的方法，依照天平所指示的數字，這樣誠心的態度，保證你一定得化學家的完全信仰。」（44）



圖二〇三 柏齊力阿斯男爵夫人

(Betty Berzelius F. Poppius
1811-1884)

柏彼斯(Poppius)宰相女。在結婚時，柏齊力阿斯已名聞一時，婚禮舉行時，所賜爵號，同時加身。見第七章一八五頁。

馬利納克在塞夫爾(Sèvres)瓷器工場中工作後，就回瑞士在日內瓦學院擔任化學教授，自一八四五至一八七八年，教化學和鑛物學二科，在潮而暗的地室中進行他的研究工作；在一生的最後十年中，慘罹心臟病，受苦極深，直到一八九四年四月十五日，死神纔攜他遠離苦海（12）。

他於一八四〇年時，開始稀土的研究，其時年方二十三。克利夫說過：「馬利納克在稀土方面

的工作，實佔一重要的地位，無容置疑（13）。一八二八年，馬利納克把加多林礦石中得來的硝酸鉬，加熱分解，最後用水抽搖最後的物質，結果得氧化物兩種：一為紅色，仍保留用舊名氧化鉬代表；另一為無色物，用氧化鎳名之（13）。次年尼爾孫即從氧化鎳中分出氧化銦，（註一）就是門得雷耶夫預言中新硼元素的氧化物。

（註一）見第十六章。

氧化鉬(erbium) 氧化鈦(holmia) 和氧化鎳(thulia)

克利夫生於一八四〇年二月十日，自從氧化鉬中分離出氧化鎳和氧化銦後，他仍繼續研究。他是一位斯托克荷爾姆商人的第十三子，自一八六三年在烏普薩拉大學畢業後，在巴黎浮茲研究室實習多時，至一八七四年，在烏普薩拉任教授職。像他這樣一位大自然的真正酷愛者，當然決不願把自己的活動力，限制於科學中的一門，所以他對於化學、地質學、植物學和水利學，都有趣味。他不但能寫清順而悅目的科學報告，同時也能寫有美學價值的文藝作品（14）。

但是克利夫的得名，實大半從稀土方面的發明而來。他得了氧化鉀，把其中所含氧化釷和氧化鈾全部分出後，發見鉀的原子量並非一個不變數，最後把土質再分成三部分，即氧化鉀、氧化鈾和氧化釷（21）。

不久之前，沙來忒（J. L. Soret）曾注意考察鈾素的吸收光譜，發表其中含新「元素X」的意見，以後探知和克利夫的鈾素是同樣東西，但因克利夫為元素鈾的獨立發現者，所以化學家都採用他的命名（14）、（36）。其取名鈾者，用以紀念克利夫生長的故鄉，而釷字（thorium）實由意義作斯干的那維亞解的古字 Thule 而來。

除在有機和無機化學方面同有興趣外，克利夫對於生物學的興趣，也始終不衰。晚年他把斯



圖二〇四 克利夫氏像

(P. T. Cleve 1840-1905)

瑞典化學家、地質學家、植物學家及水形學家。烏普薩拉大學教授。釷素發現人，同時又為鈾素獨立發現人。

卡革拉克 (Staggerack) 和北海的浮游生物 (plankton) 做過廣大的調查；又擬定海洋的流向，特別注意淡水藻類植物和矽藻 (diatoms) 的研究。

雖然因為他興趣太廣，工作太忙，再沒有時間和同事們交接，但時常和家人及友朋等，在晚上享受愉快的交際生活。霍斯 (Hans) 和阿斯立特 (Astrid) 曾講起他：『對於情感用事，自尋煩惱之輩，他每用反語來譏諷，而對於玄學自負，偏見勝於宗教及市僧之流者，亦用此法對待，他自持最爲寬仁大度，正直不讓他人！』

他希望晚年完全注力於浮游生物的研究，



圖二〇五 德國麵包店之內庭。柏齊力阿斯實驗室在右側。

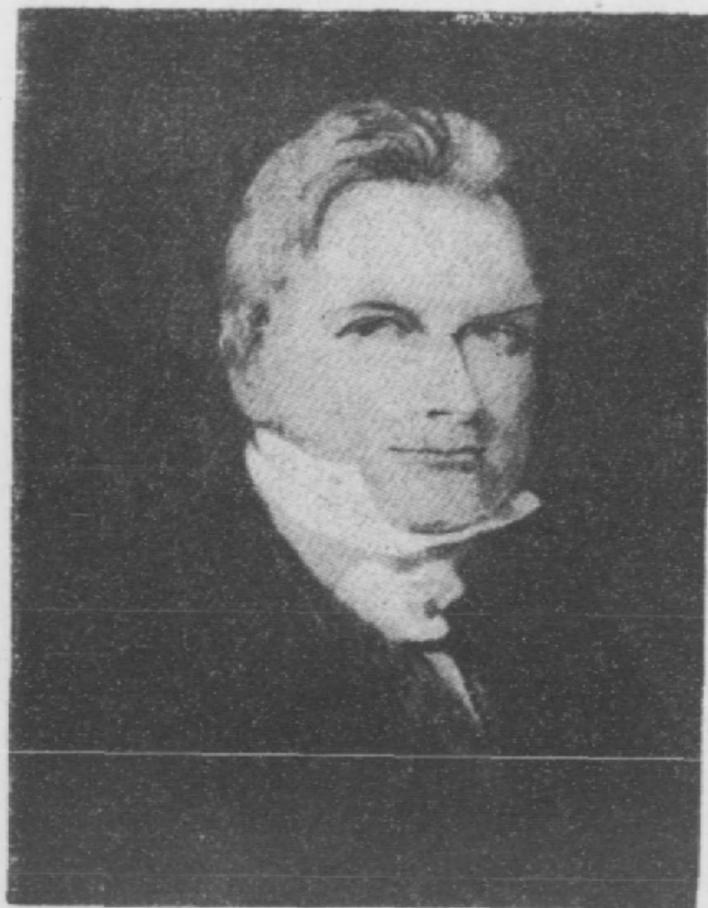
所以在六十六歲即辭去教職，俾精力可以專注。不幸在數月之後，罹胸膜炎而與世長辭。時在一九〇五年六月十八日(14)。

氧化鈇(samarium)和氧化釷(gadolinia)

遠在一八五三年，馬利納克即知莫桑得爾的鈇土(氧化鈇)實非一種純粹的土質。其後由得拉芳塔和布瓦善德郎二氏指出氧化鈇的光譜，隨原物產地不同而互異。布瓦善德郎於一八七九年加氫氧化鈇於鈇土之溶液中，發見在鈇土沈澱之前已有另一種土質沈澱而去。經布瓦善德郎研究後，方知新氧化物的光譜與鈇土不同，遂斷其為一種新土質，定名為 *berzelia*，即鈇土或氧化鈇(23)、(27)。一八八六年，布氏又從鈇土中，尋出另一種新土質，證明和馬利納克於一八八〇年從『殺賈斯加脫』石(Samaraskite)中所分出者，實為同一物質，暫時稱之作 Y_2O_3 。布氏徵得馬利納克氏的同意後，稱此新氧化物為 *Gadolina*，即釷土或氧化釷(34)。所以這兩種土質的名稱，都係依其鑛石之名 *Samaraskite* (殺賈斯加脫石) 和 *Gadolinitie* (加多林石) 而命名。

氧化釹和氧化鐳 (neodymia, praseodymia)

馬利納克、布瓦普德郎、克利夫、布勞納數人，雖早已疑心鐳是幾種元素的混合物，但都沒有完成這件困難的分離工作（49）。普累格（Prague）大學的布勞納教授，在一八八二年間，曾用分光器檢查氧化鐳中分出的各部分，於綠色區（ $\lambda = 443-443$ ）和黃色區（ $\lambda = 530-568$ ）上，各發現一組吸收帶（53）。這兩組光譜，現已完全明白，分屬於二種新土質，即氧化鐳和氧化釹，其後都由威斯巴克於一八八五年，分裂氧化鐳而製得。



圖二〇六 柏齊力阿斯像片

(Jöns Jacob Berzelius 1779-1848)

採自威氏(J. Way)畫像

柏齊力阿斯亦為老「氧化釹」的獨立發現人。早年在稀土方面的研究都在私人實驗室中完成。

(3)、(30)、(32)

威斯巴克 (Carl Auer, Baron von Welsbach) 於一八五八年九月一日生於維也納(4)，在故鄉的中學和工藝專門學校畢業後，即赴海得爾堡從本生學。這位從奧國來的少年，有沈默、勤奮、不愛交際的性格，不久就變了這位德國大師的高足弟子。他深愛無機化學，對於鑽石，最有趣味。後來北方的稀土族鑽石，引起了他的注意，他就開始收集這方面的鑽石。第一次呈獻給本生看的標本，不足一握。但本生非常高興，叫他動手研究(16)。威斯巴克對於稀土的研究，在海德爾堡大學，就是這樣謙恭而靜靜



圖二〇七 威斯巴克男爵像

(Baron Auer von Welsbach
1858-1929)

奧國化學家及化學工程家。鐳和釷二素的發現人。威斯巴克煤氣紗罩，鎘絲電燈及自動煤氣燈的發明人。

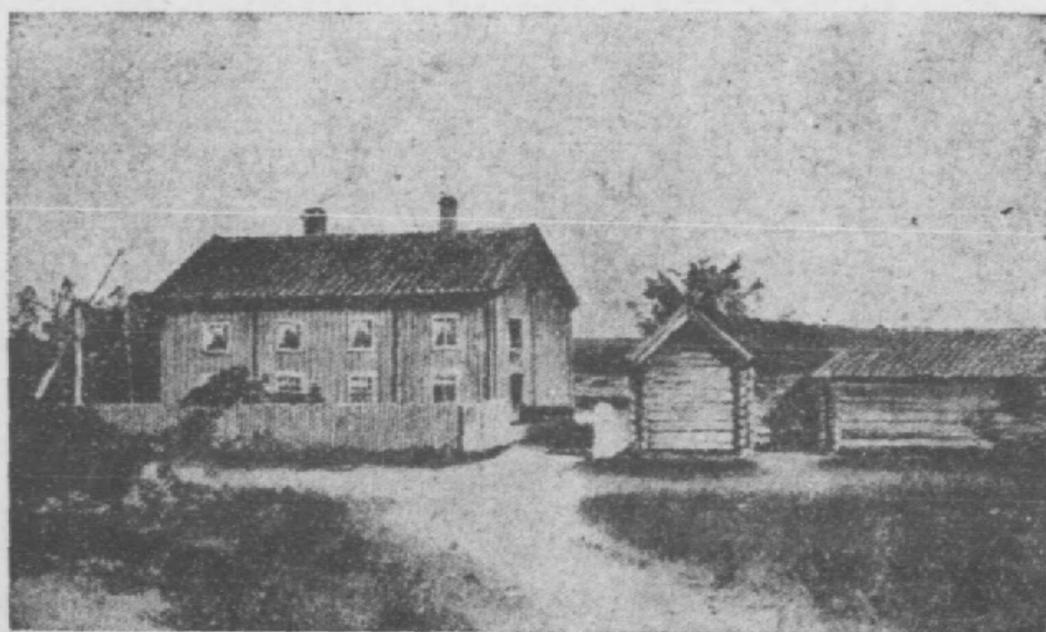
的開始了，終他一生，繼續不斷。

一八八五年六月，他向維也納的科學院報告，把硝酸鎳銨反覆分餾後，已把氧化鎳分裂成二種土質，稱之曰氧化鎳和氧化鈦，意即綠氧化鎳及新氧化鎳是也。當時有許多化學家，抱着懷疑的態度，後來他說：「我把發現經過，首先告訴本生，他立刻承認，鎳素的分裂，至此已告成功。本生大師，大家都知道，關於鎳質，他已發表過不少精密的研究報告，他坦然的承認，最可以指出這位大學者，對於青年人的研究，肯如何作公正的判斷。」（16）氧化鈦和氧化鎳，此後再沒有分裂成更簡單的氧化物。

威斯巴克發明的白熱煤氣紗罩，最爲人所稱道，在發光史上，實一大進步（55）。他用不明亮的火焰，把反射紗罩燒成白熱，因而大放光明。所以他說，這問題，「並非在把一種不熔化物質，製成一種網狀物的手續問題，這發明，在事實上，完全由無數的實驗所證明，因爲某幾種氧化物的分子混合體，具有種種特性，決不能由其各個組成體本身上得到。」他曾對一位工程師說：「我在工作中，僅注意各種重要的理想。」

威斯巴克經過多少次失敗後，最後用硝酸鈦一千克，硝酸銻十克，硝酸鉍五克，硝酸鎂一〇·五克，水二千克，混合後，實於製罩的纖維中（15），此種白熱燈，在德國稱爲『Auerlicht』，在美國稱爲威斯巴克紗罩，第一號專利證註冊的日期，爲一八八五年九月二十三日。

威斯巴克用『更光明』（more light）三字，作座右銘，但喜用拉丁文寫成『plus lucis』，用以紀念幼年學習拉丁文時之困苦奮鬥（49）。至一九〇一年，夫朗茲（Franz Josef）念其功，擢升爲貴族，得世襲封號Freiherr von Welsbach。當皇上向他說：『我聽說，你的發明，已大告成功』時，威斯巴克侯爵立即回答：『吾皇陛下，至目下爲止，全球有四萬人，已因此發明而慶得業。』



圖二〇八 瑞典浮火森達（Wäfersunda）紀念柏齊力阿斯誕生地的新建築，一切均照其本來面目。

這個自誇的回答，使夫朗茲默默無語，無話再說（16）。

此外他用鐵和銻造發光合金（pyrophoric alloy），創製自動煤氣燈（automatic gas lighter）和鐵絲電燈（54）。這是用金屬絲做電燈泡的第一次，但不久遭鎢鉭絲燈泡的競爭，青出於藍，代之而興了。

他的威斯巴克宅，高臨山中，卡林西阿·阿爾泊斯諸峯（Carinthian Alps），舉目在望，遊獵、捕魚、種花、植木，都是他主要的行樂。園內遍植異土植物，如雷巴農（Lebanon）香柏，都苦心養育，使耐八百米高度的氣候。堡樓的下層，設有完備的試驗部，歲有名貴的分光器一具，是早年姑母所購贈，以供研究。圖書館中，名著滿藏，很多書頁還沒有裁開，以前曾為本生所有，此外稀土標本，也沒有人能追過他。這種切寶藏，都

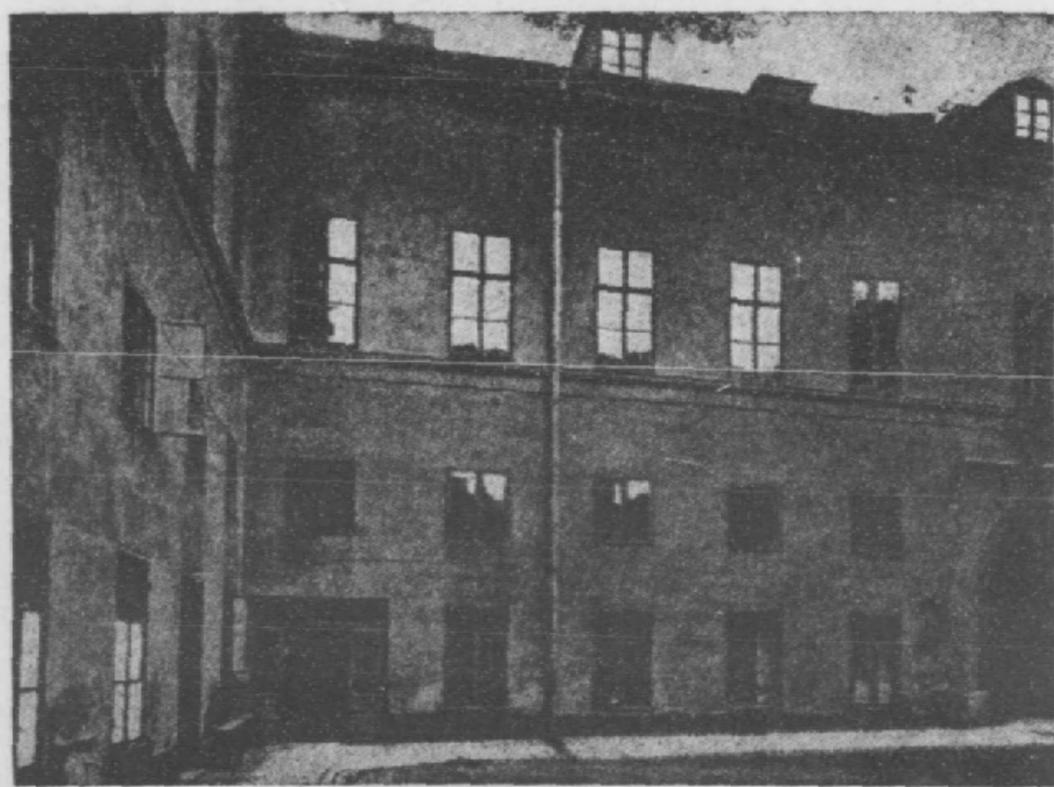


圖二〇九 斯托克荷爾姆加羅林內外科學院。柏齊力阿斯和莫桑得爾皆在此教授化學。

由那頭永遠忠誠的獵狐狗『Buni』守衛，除了主人外，牠決不放過任何人，膽敢去動一頁紙。一九二九年八月二日，威斯巴克侯爵，突罹兇險的腹痛症。醫師診斷後，覺得症候非常危險，『他特然起身，走到園中，環顧四圍景色，乃自閉於書室中，燒毀了幾篇論文，在父親的遺像前，佇立少許，然後退入實驗室，蓋住分光器，用手輕拍，然後向四週環視，揮手對猶未完成的銦素實驗，作最後的告別禮，把居室緊閉，靜默中倒臥不起。』(49)十二小時後，走入了永久休息的世界。

氧化鈦和氧化鏷(holmia, dysprosia)

一八八六年，布瓦善德郎把純粹的氧化鈦，分成



圖二一〇 斯托克荷爾姆皇后街瑞典科學院之內庭。

了二種土，稱爲氧化鈦和氧化鎳。他應用分別沈澱法後，始告成功。初用氫氧化鈦，繼用硫酸鉀的飽和溶液，並由此得知，不純粹的鈦溶液，依下列次序沈澱而去，卽：錳、鎳、鈦，最後爲鉻（3）、（37）、（48）。布瓦善德在稀土的精密研究上，從未得充分的原料，有一次，他向烏班教授說，大部分的分離工作，都在火爐的大理石板上完成的（56）。

氧化鈔和氧化鎳 (samarita, europia)

鎳素的發現人得馬爾賽 (Eugène Anatole Demargay) 於一八五二年元旦，生於巴黎，最初在空多塞 (Lycee Condorcet) 求學，後往英國留學一年，至十八歲，始入工藝專門學校（4）。他不單對於化學，有濃厚趣味，於地質學、自然學史、語言等，同樣愛好。善良的性情，正實而敦厚，思想獨特，才藝出衆，不久就贏得卡郝爾斯、浮茲、得維爾、杜馬、夫利得爾、空爾奴、舒會柏革和布瓦善德等教授的贊賞和友誼。對於純粹科學的愛好，和許多年輕的研究家如麻桑 (Moissan)、培克累爾 (Boaquerel)、居禮等極多接觸的機會。在工藝專門學校時，曾任卡都爾斯的助手多年，既而辭助



圖二一一 得馬爾賽氏像

(Eugène Anatole Demarçay
1852-1904)

法國化學家，發現元素鎘，對於居禮夫婦 (M. and Mme. Curie) 所發現的鐳，提出分光學上的證明。研究萜類 (terpene) 和醚類，以及在低溫及低壓時金屬的揮發性的研究。

手職，作阿爾基利阿 (Algeria) 埃及和印度的旅行 (50)，回巴黎後，即致全力於純粹科學的研究。

第一個研究題，屬有機化學的範圍，於一八七六年開始。題為五碳松烯類 (C₅ terpenes) 與不飽和酸醚之研究，此題在香料工業上，極有實用的價值。在研究氮的硫化物時，他曾遭過一次極嚴重的意外災禍。一架鑄鐵機器，特然爆發，擊傷一目，從此失明，但在傷勢痊愈後，又繼續高壓氣體的

危險研究。有名的部爾孚德·柏提挨 (Boulevard Berthier) 試驗所內，他備置巴黎城中最佳的真空儀器，用以研究低溫和低壓下鋅、鎳、金的揮發性 (50)。

爲了研究高溫對於火花光譜的影響，得馬爾賽用短而直徑大的副線，造一具誘導圈，能生高度的熱、光和球形火花。又創用純白金的電極，在檢視物品的光譜時，除熟知的白金譜線外，能移去一切其他夾雜光譜。他應用這件新儀器，研究各種稀土的光譜。

一九〇一年時，他把硝酸鈔鎂做了一次極精密的分析，結果發見新土質氧化鎔 (3) (31)。



圖二一二 沙那 (Solna) 教堂內柏齊力阿斯的墓。

又因善於審察複雜的光譜，如讀『掌上書』人家時常要來請教他，去審查並判斷一切假定的新元素，居禮先生買的鉞鹽，他是注意含有鉞線的第一人。

若天假以年，對於鉞的化合物，得馬爾賽一定能作更澈底的研究，不幸到一九〇四年，死亡阻止了他的研究。他雖預知將不久於人世，但仍『感謝上蒼，已活了這樣久』，『他不望其他獎勵和報答，但願世間有識之士，能永遠紀念他。』（50）

氧化鎢和氧化鏷 (Ytterbia, Lutecia)

一九〇七年，烏班把氧化鎢分成二部分。硝酸鎢在硝酸中分別結晶後，得二種性質不同的氧化物，其二命名作 *neoytterbia*，所以『在將來，可由此永遠紀念馬利納克大發現的功績。』（52）另一氧化物，即根據他生長地，巴黎的古城名，而名之曰氧化鏷 (*Lutecia*) (38) (39) (51) 目下 *neoytterbium* 一字，已改稱為鏷 (*Ytterbium*) 威斯巴克在同時獨立發見的『*aldebaranium*』和『*Cassiopeium*』雖然和這種元素，實為同物，但烏班的命名，卒被正式採用。



圖二一三 烏班氏像

(Georges Urbain, 1872-)

索爾蓬大學化學教授，及法蘭西物理化學生物聯合研究所化學組組長。鎔素的發現人。法國介紹摩斯利定律 (Moseley's law) 的第一人。多年來致力於稀土、原子量、分光學、陰極熾光及磁性等研究。

烏班 (Georges Urbain) 生於一八七二年四月十二日，一八九九年得巴黎大學博士學位，其後且在母校任教授職 (4)。研究工作上，極受居禮和布瓦菩德郎 二人的啓示和鼓勵 (53)。目下任索爾蓬大學教授，挨德蒙德侯爵 (Baron Edmond de Rothschild) 新近建立的法蘭西物理化學生物研究所 (French Institute of Physico-Chemical Biology) 兼任化學組主任 (17)。烏班教授，也是法蘭西研究院和國際原子量委員會的委員。工作範圍，不單在稀土 (52)，分光學、

磁學、陰極熾光、原子量等幾方面，負有盛名；就是在精細的藝術品設計上，也有特殊造就，爲舒曾柏革百年紀念祭而設計的盜章，代表一例（18）。

在烏班發見的消息，傳達美國以前，新罕普什爾大學，最近去世的哲姆斯（Charles James）教授，曾製得大量純粹的氧化鎳，然因謹慎的緣故，結果發表極遲，致發現者的美名，坐爲他人所得，感到非常的失望。但對於烏班的結果，他毫無疑問，立即承認，並始終無爭名的要求（19）。

下面的圖表，爲哲姆斯教授爲第十四版大英百科全書所撰述，指示從原始極複雜的稀土氧化鈾和氧化釷，分解而得各稀土金屬的氧化物，及其相互關



圖二一四 烏班所設計的舒曾柏格(Schützenberger)百年祭的紀念章。此爲烏班教授具有優良藝術能力的一例。

- Welsbach, Demarcus, Urbain, and Gadolin:
- (5) Söderbaum, "Jac Berzelius Brief," Vol. 2, part 5, Almqvist and Wiksells, Upsala, 1912-1914, p. 43. Letter of Berzelius to Mulder, Sept. 24, 1837.
 - (6) Wallach, "Briefwechsel zwischen J. Berzelius und F. Wöhler," Vol. 1, Verlag von Wilhelm Engelmann, Leipzig, 1901, p. 57.
 - (7) "Tetanium, a New Metal," *Phil. Mag.*, **14**, 390-1 (May, 1839); *Pogg. Ann.*, **46**, 648 (1839).
 - (8) Wallach, "Briefwechsel zwischen J. Berzelius und F. Wöhler," Ref. (6), Vol. 2, p. 94.
 - (9) *Ibid.*, Vol. 2, pp. 295-6.
 - (10) *Ibid.*, Vol. 2, pp. 320-1.
 - (11) *Ibid.*, Vol. 2, p. 718.
 - (12) Ador, "Jean-Charles Galissard de Marignac, Sein Leben und seine Werke," *Ber.*, **27**, 979-1021 (Part 4, 1894).
 - (13) "Chemical Society Memorial Lectures, 1893-1900," Gurney and Jackson, London, 1901, pp. 468-89. Marignac Memorial Lecture by Cleve.
 - (14) Euler, "Per Theodor Cleve," *Ber.*, **38**, 4221-38 (Part 4, 1905); *Kungl. Svenska Vetenskap. akademien Årsbok*, 1906, pp. 187-217.
 - (15) Auer von Welsbach, "History of the Invention of Incandescent Gas-Lighting," *Chem. News*, **85**, 254-6 (May 30, 1902).
 - (16) Feldhaus, "Zum 70. Geburtstage von Auer von Welsbach," *Chem.-Ztg.*, **52**, 689-90 (Sept. 1,

- 1928).
- (17) Khowine, Y., "The New French Institute of Physico-Chemical Biology," *J. Chem. Educ.*, **7**, 1053-4 (May, 1930).
- (18) Davis, T. L., "Paul Schutzenberger," *ibid.*, **6**, 1413 (Sept., 1929).
- (19) Iddles, "The Charles James Hall of Chemistry of the University of New Hampshire," *ibid.*, **7**, 812-20 (Apr., 1930).
- (20) Spencer, "The Metals of the Rare Earths," *Ref. (3)*, pp. 71-158.
- (21) "Some Elements Yielded by Yttrium. A Classic of Science," *Sci. News Letter*, **20**, 22-3 (July 11, 1931).
- (22) "Von Hrn. Bergm. Geijer in Stockholm," *Crelt's Ann.*, **9**, 229-30 (Part 1, 1788).
- (23) Mosander, *Berzelius Jahresber.*, **23**, 145; **24**, 105.
- (24) Hillebrand and Norton, *Pogg. Ann.*, **155**, 631 (1875); **156**, 466 (1876); Mühlmann, Hofer, and Weiss, "Ueber die Darstellung der Metalle der Cergruppe durch Schmelzelektrolyse," *Ann.*, **320**, 231-69 (Heft 2, 1902); Mühlmann and Weiss, "Untersuchungen über die Metalle der Cergruppe," *ibid.*, **331**, 1-46 (Heft 1, 1904); Hirschl, "Metalle Cerium," *Met. Chem. Ztg.*, **9**, 540-4 (Oct., 1911); Winkler, "Ueber die Reduction von Sauerstoffverbindungen durch Magnesium," *Ber.*, **23**, 772-92 (Part 1, 1890); Cleve, "Recherches sur Perbium et sur l'Yttrium," *Bull. soc. chim. (Paris)* [**2**], **21**, 344-8 (1874); Cleve and Höglund, "Sur les combinaisons de l'yttrium et de l'erbium" [**2**], **18**, 193-201 (1872).

- (25) Levy, "The Rare Earths. Their Occurrence, Chemistry, and Technology," Longmans, Green and Co., New York City, 1915, pp. 135-41.
- (26) Boisbandran, "Nouvelles raies spectrales observées dans des substances extraites de la samarskite," *Compt. rend.*, 88, 322-4 (Feb. 17, 1879).
- (27) "Cerium Group of Rare Earths. A Classic of Science," *Sci. News Letter*, 20, 138-40 (Aug. 20, 1931). Reprints and reviews of papers by Vauquelin, Mosander, Boisbandran, Auer von Welsbach, Demargay, and Harris, Yntema, and Hopkins.
- (28) Mosander, "Lanthan, ein neues Metall," *Pogg. Ann.*, 46, 648 (1839).
- (29) Mosander, "Ueber ein neues Metall, Didym," *ibid.*, 56, 503 (1842).
- (30) Welsbach, Auer von, "Die Zerlegung des Didyms in seine Elemente," *Ber.*, 18, 605 (Part 3, 1885).
- (31) Demargay, "Sur le samarium," *Compt. rend.*, 130, 1185-8 (Apr. 30, 1900); "Sur un nouvel élément, l'europium," *ibid.*, 132, 1484-6 (June 17, 1901).
- (32) Welsbach, Auer von, "Die Zerlegung des Didyms in seine Elemente," *Monatsh.*, 5, 477-91 (1885).
- (33) Levy, "The Rare Earths," *Ref.* (25), pp. 114-6.
- (34) Marignac, "Sur les terres de la samarskite," *Compt. rend.*, 90, 899-903 (Apr. 19, 1880).
- (35) Soret, "Sur le spectre des terres faisant partie du groupe de l'yttria," *ibid.*, 89, 521-3 (Sept. 15, 1879).
- (36) Cleve, "Sur deux nouveaux éléments dans l'erbène," *ibid.*, 88, 478-81 (Sept. 1, 1879); "Sur

- berbine," *ibid.*, 89, 708-9 (Oct. 27, 1879).
- (37) Boisaudran, "Ytholmine (ou terre X de M. Sorel) contient au moins deux radicaux métalliques," *ibid.*, 102, 1003-5 (May 3, 1886).
- (38) Welshuch, Auer von, "Ueber die Elemente der Yttergruppe," *Monatsh.*, 27, 935-46 (Heft 8, 19(6)); "Die Zerlegung des Ytterbiums in seine Elemente," *ibid.*, 29, 181-225 (Heft 2, 1908).
- (39) Urbain, "Un nouvel élément, le Itterium, résultant du dédoublement de l'Ytterbium de Maignac," *Compt. rend.*, 145, 759-62 (Nov. 4, 1907).
- (40) "The First of the Rare Earths. A Classic of Science," *Sci. News Letter*, 19, 314-5 (May 16, 1931).
- (41) Ekeberg, "Fernerer Untersuchungen der schwarzen Steinart von Ytterby, und der in derselben gefundenen eigenähnlichen Erde," *Grell's Ann.*, 32, 63-73 (Part 2, 1799).
- (42) Marignac, "Sur l'Ytterbine, nouvelle terre contenue dans la gadolinite," *Compt. rend.*, 87, 678-81 (Oct. 22, 1878).
- (43) Komppa, "Über ältere finnische Chemiker," *Z. angew. Chem.*, 40, 1431-4 (Dec. 1, 1927).
- (44) Söderbaum, "Jac Berzelius Brief," *Rel. (5)*, Vol. 3, part 7, p. 210, Letter of Berzelius to Marignac, May 31, 1844.
- (45) "Notice respecting Lanthanium, Extracted from a letter of Berzelius to Professor Kersten of Freilberg," *Phil. Mag.* (3), 15, 386-7 (Oct. 1839).
- (46) Mosander, "On the new metals Lanthanium and Didymium, which are associated with Cerium; and on Erbium and Terbium, new metals associated with yttrium," *ibid.* (3), 23, 241-51

(Ocl., 1813);

- (47) Friend, "The Periodic Sphere and the Position of the Rare Earth Metals," *Chem. News*, 130-186-7 (Mar., 1925); *J. Chem. Educ.*, 2, 409-11 (May, 1925).
- (48) Boisbandran, "Sur le dysprosium," *Compt. rend.*, 102, 1005-6 (May 8, 1866).
- (49) D'Ans, J., "Carl Erethier Auer von Welsbach," *Ber.*, 64, 59-92 (May 6, 1931).
- (50) Ehard, "The Life and Work of Eugène Demargay," *Chem. News*, 89, 137-9 (Mar. 18, 1904); *Bull. soc. chim. (Paris)* (3), 32, 1 (1904).
- (51) Urbain, "A New Element, Lutecium, Obtained by Splitting Up Margnac's Ytterbium," *Chem. News*, 96, 271-2 (Dec. 6, 1907); "Lutecium and Neo-ytterbium," *ibid.*, 97, 157 (Apr. 3, 1908); "Terbium, Gadolinium, Terbium, Neo-ytterbium, and Lutecium," *ibid.*, 100, 73-5 (Aug. 13, 1909).
- (52) Urbain, G., "Twenty-Five Years of Research on the Yttrium Earths," *Chem. Reviews*, 1, 148-85 (July, 1924).
- (53) Urbain, G., "Discours sur les Éléments Chimiques et les Alomes. Hommage au Professor Bohuslav Brauner," *Rev. trav. chim. Pays-Bas*, 44, 281-304 (1925).
- (54) "Karl Auer, Ritter von Welsbach," *J. Chem. Educ.*, 6, 2051-2 (Nov., 1929).
- (55) Wolfe, "Important Facts in the Development of the Manufactured Gas Industry with Particular Regard to the Influence of Chemical Research," *ibid.*, 6, 738-40 (Apr., 1929).
- (56) Urbain, "Leocog de Boisbandran," *Chem.-Ztg.*, 36, 929-33 (Aug. 15, 1912).

第十八章 鹵族元素

鹵族諸元素的發現，是依序而來的，最先爲氯，繼之以碘、溴、氟三素。徐萊雖遠在一七七四年，就用二氧化錳與鹽酸相互作用而製氯，但當時一直誤認爲一種化合物。到一八一〇年，得維爾士始給以元素性的可信證據。一八一一年，庫爾特瓦（Bernard Courtois）從海藻灰用水濾法所得母液中分出碘。十五年後，巴拉（Balard）發現溴素，在科學史上更是一件特別重要的事。從此化學家開始認識，在元素中有族系的組織，不久得培賴納（Dobereiner）注意氯、溴、碘三素，能組成一相關係的團體。氟元素，經危險的長期研究，好幾位有希望的化學家，因此而喪失生命，直到一八八六年，終由麻桑排除萬難，大功告成。

單純物質的研究，時常是十分賞心奪目的（1）（17）。

科學的使命，並不僅僅使人類滿足求知的需要和慾望，增加我們高貴的能力；此外尚有其他使命和任務，雖然無疑是較少輝煌，但也許更合乎道義，我寧願說更爲神聖。這種新使命包括支配自然界的偉力，用以增加生產，使人類平等的接近於幸福（2）。

四鹵素——氯、碘、溴和氟——完全明白顯露於世，佔一世紀以上的長時期。雖然，關於氮素的存在，第一次確切的顯示，實遠在一七七四年，徐萊已早注意，但分離氮素，一直到一八八六年，始告成功。

氣

徐萊在作有名的褐石 (pyrolusite) 研究時，曾用鹽酸（他稱爲spiritus salis）和磨細的褐石（即粗二氧化錳）相接觸，發見鹽酸因此有了一種窒息的氣味，和熱水相彷彿，「對於肺部最爲難堪。」他想二氧化錳一定從鹽酸中提出了可燃成分，即燃燻素，因此他稱這種氣體爲

「無燃燒素的鹽酸」(dephlogisticated marine acid 或作 dephlogisticated muriatic acid) 他看出新氣體，微溶於水，生酸味，能漂白有色花朵和綠葉，侵腐一切金屬(3)。

拉瓦錫揣想，一切酸中皆含氧氣。亨利博士(William Henry)曾在氣體「鹽酸」中，通電花而得氫，因此得一結論，氫必從水中來，而水必為鹽酸的主要成分(37)、(38)。拉瓦錫的信徒柏托雷(Berthollet)他不是燃燒素學者，曾注意燒過的褐石，當然其中二氧化錳，已損失一部分氧氣，較等重量的新鮮褐石，生較少窒息氣體，亦即稱「無燃燒素鹽酸」者。他所得結論曰：

「無燃燒素鹽酸」的生成，實由錳(指褐石)中的生氣(指氧氣)和鹽酸化合所致。我應該在此申明，在不久以前，此項理論

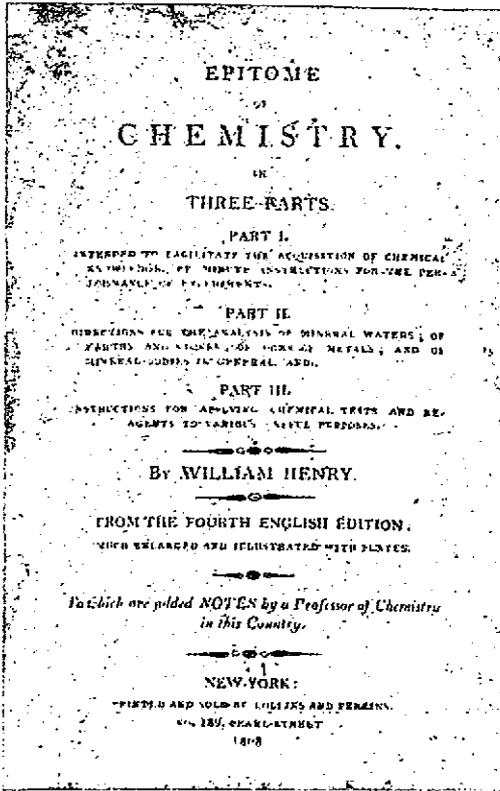


圖二一五 亨利氏像

(William Henry, 1775-1836)

英國化學家兼製造家。化學書的著作人。發現氣體為液體吸收時，溶解量和氣體壓力成正比(亨利定律)。又信水為鹽酸的主要成分。

爲拉瓦錫所貢獻，孚克拉(M. de Fourcroy)且在新著化學及自然史概論一書中，已加採納，用以說明其時已知的「無燃燒素鹽酸」。



圖二一六 亨利所著化學要略的封面
在原書「化學教授」數字上可見雪立門
(Benjamin Silliman)的手跡。

我們在今日通稱的氯氣，柏托雷當時認作鹽酸和氧氣間的一種鬆連化合物，我們且引用他自己的話：

『（無燃燒素鹽酸）顯然由生氣和鹽酸結合而成，不過其中生氣，已失去一部分彈性，所以極鬆弛的附着於鹽酸上，光的作用，其力已足分解，光對於生氣的愛力，大於鹽酸。』（4）



圖二一七 柏托雷伯爵像

(Count Claude Louis Berthollet
1748-1822)

法國化學家及醫學家。師範學校教授。研究工作上和化學命名法的改革上都和拉瓦錫合作。柏托雷在『化學平衡』(Essai de statique chimique) 論文中着重化學反應中反應物質相對質量的重要性。

得維爵士，於一八〇七年時，用鉀作用於「鹽酸」而得氫，因此，就斷定氫必從酸中之水放出，而水中之氧，同時將鉀變成氧化鉀（5）。該·律薩克和泰那爾二人，反對此種解說，照他們的意見，氫既不從酸來，也不從水來，卻從鉀得來，以後變成苛性鉀，而再和酸相作用。他們用燒紅的炭和「氧化鹽酸」（指氯）中試探氧氣，但始終得不到氧，因此認為氧氣的生成，必須有水存在。用盡了種種方法，把氯和乾炭同燒，以求氯氣分解，但一切試驗和證明，都毫無結果（6）。

該·律薩克和泰那爾，共信1. 鹽酸氣體中所含水分，約佔重四分之一，2. 氧化鹽酸氣為氧和另一物的化合物，3. 甘汞和磷相熱而所得者，為三體化合物，內含乾鹽酸、氧和磷三者。對於這三條理論，得維最後



圖二一八 得維爵士像

(Sir Humphry Davy 1778-1829)

英國化學家，分離鹼金屬、鹼土金屬和硼。證明氯為元素。該·律薩克和泰那爾均在同時獨立分離硼素。

的意見是：1. 鹽酸為含氧鹽酸（即指氯氣）和氫所合成，2. 氯為一種元素，3. 甘汞和磷相熱而所得物體，為含氯磷二素的化合物（7）。

柏托雷、該·律薩克、泰那爾、孚克拉、沙普塔爾諸氏，同屬法蘭西學派，此學派為光榮的拉瓦錫所創立，對於酸中不含氧時，也能成立一說，起先頗難使他們信服，但隔了不久，得維爾士提出了種



圖二一九 柏齊力阿斯氏像

(Jöns Jacob Berzelius 1779-1848)

他為最後信服氯有元素性的一位化學權威學者。

種可信證據，始一一加以承認（8）、（41）。愛丁堡的墨累博士（John Murray）斯托克荷爾姆的柏齊力阿斯，猶信氯氣為一種化合物，又堅持了好多時候。

自碘於一八一一年發現後，氯為元素性物質的證據，更可信而可靠了。所以到一八二〇年，柏齊力阿斯也不得不加以承認（9）。有一天，他的女侍安娜（Anna）向他說，洗瓶時，她嗅得「氧化鹽酸」的氣味，他立刻回答她道：「安娜，你不可再說氧化鹽酸了，從今以後，你必須說氯氣。」（10）

巴拉發現溴素，該·律薩克製得無氧的氰酸（prussic）後，使證據更為鑿切。一八一〇年十一月十五



圖二二〇 安娜(Anna Sundström)，
柏齊力阿斯的管家婦

在他結婚以前，她助理他家務多年，又在廚房實驗室內製取金屬多種，爐上的沙浴從未冷過。柏齊力阿斯有一次說，除她外，在僕人中他不信任任何人去管理他的家務。

日，得維在皇家學會宣讀論文，正式提出氣爲元素之一（8）。

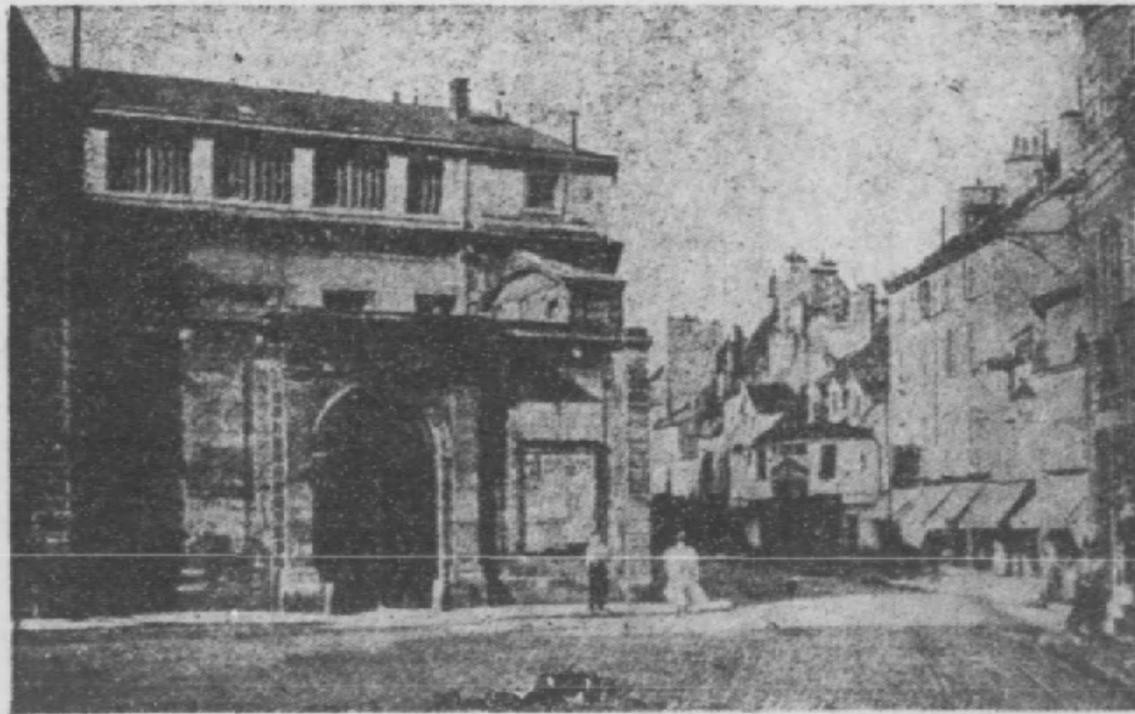
得維爵士的一生，真是非常短促，最後數年，且不斷爲疾病所苦擾。一八二九年二月，從羅馬寄發的一封信上說：『倘若我死，希望我的一生責任已盡，壽命雖短，也算不是無益而白費的。』（50）三星期後，罹癱瘓症（Palsy），從此不復再起。他的小兄弟約翰·得維（John Davy）醫師，曾費盡心力，用盡醫學上的技術，但都歸無效。春天回來了，得維醫師想，還是把他哥哥，從羅馬攜回日內瓦，以避意大利的暑熱。馬和馬車的長途旅行，最最累人，得維爵士於一八二九年五月二十九日，終棄養於日內瓦。他的希望，生命須有益於人世，的確最完滿的實踐了，他的聲名，將永遠受人稱揚，爲世間最偉大的科學家兼慈善家。

碘

碘，在一切元素中，最爲美麗，於一八一一年時，最先爲庫爾特瓦（Bernard Courtois）所注意。他生於一七七七年二月八日，他的家屋，和有名的老提仲（Dion）學院，恰巧隔街相望。他的父親

(Jean Baptiste Courtois) 是一位硝石的製造家，時常助律師古堂·德·毛利 (Guy-ton de Morveau)，作有名的化學演講。因此他的兒子，也生長於一個化學的環境中，這孩子把一半時間，分配於父親的硝石工場中，一半在學院的實驗室中。

自古堂於一七九一年入立法院後，老庫爾特瓦即棄學院中的教職，而致全力於硝石 (niter) 的製造。庫爾特瓦家居助理父業，數年後，投從奧舍爾 (Auxerre) 的藥劑師夫累密 (M. Fremy)，學藝三年，此人即名化學家埃德蒙德·夫累密 (Edmond



B

C

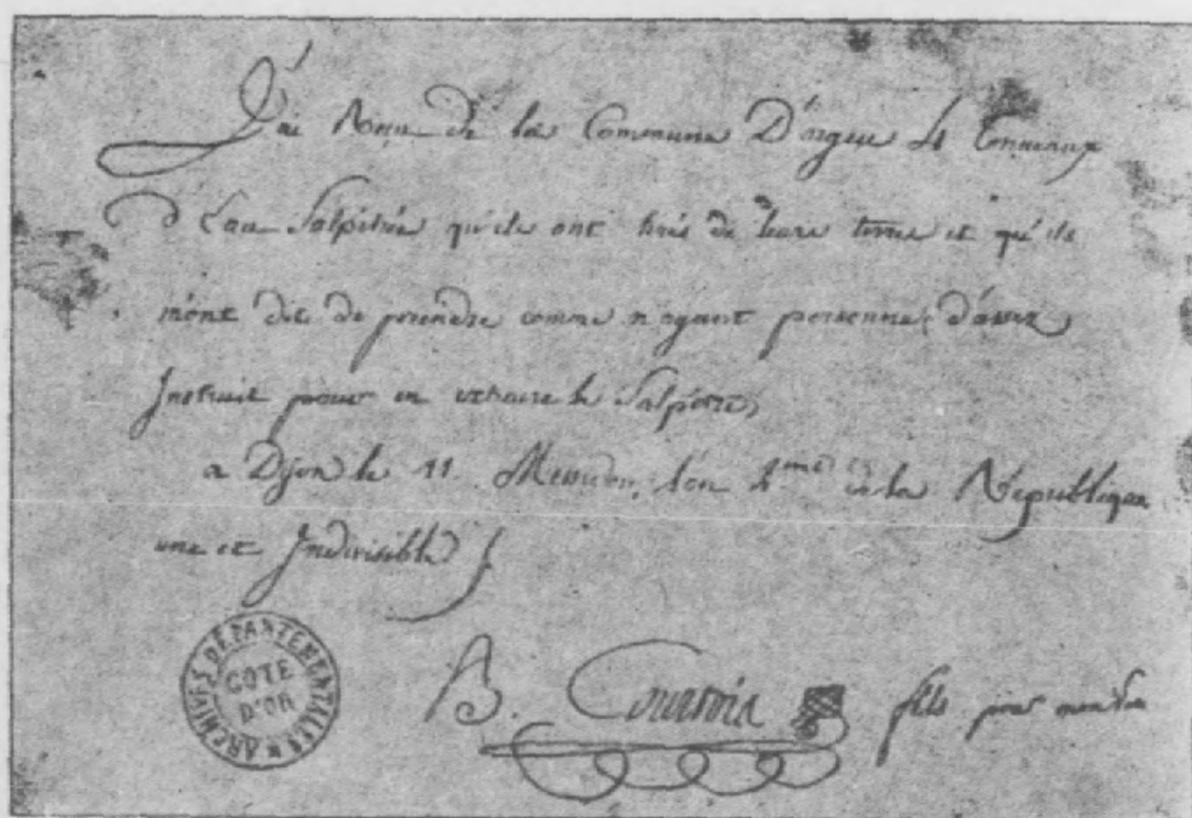
E

圖二二一 老提仲 (Old Dijon) 學院 (B) 和庫爾特瓦 (Bernard Courtois) 的誕生地 (E) (各建築的最近情狀)

十九世紀中葉 E 處房屋已擴大而加高。C 處街道為蒙甘街 (Rue Monge, 前為 Rue du Pont Arnauld)。當街道放寬時，一部分學院建築，以前為庫爾特瓦的父親在當古堂的助手時所佔用者，都遭折毀。

Frémy) 的祖父。其時，適古堂擢升工藝專門學校主任職，經他介紹，庫爾特瓦得入該校實驗室，從孚克拉學。在校時參加一切純粹化學的研究和探討，既有趣味，又具熱心。到一七九九年，應國家服役法令，在陸軍病院中任藥劑師，一八〇四年在塞魁恩 (S. Q. QUIN) 處任製造助手；在雅片化學方面，有重要的研究和貢獻 (51)。

老庫爾特瓦，在商業上雖告失敗，但他是一個誠實的君子，父子二人，奮力苦鬪，以償債戶。庫爾特瓦於一八〇八年娶馬德蘭 (Madeleine Fulalie Morand) 為妻，此少



圖二二二 庫爾特瓦的手蹟(1794)

譯文：「我已收到從道橋鎮送來的硝石液五十桶。因為他們沒有特別訓練的人才，所以要我代他們抽取硝石。共和二年十月十一日於提仲 庫爾特瓦子。」他寫這張收據時，年方十七歲。

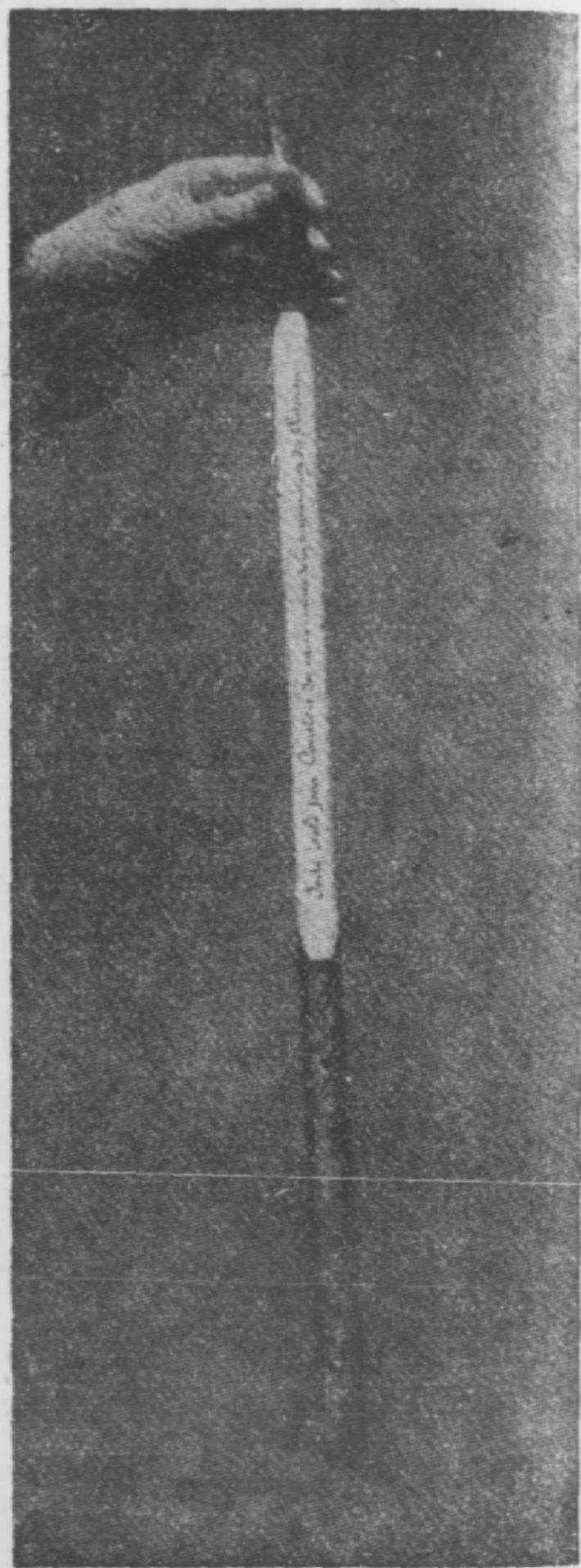
女略能寫讀，出身低微。

在諾曼提 (Normandy) 和布利塔尼 (Britanny) 海岸的低淺處，生長着許多植物，有幾種受波潮的衝擲，飄浮及岸。十九世紀早期的法國著作家，愛用 varech 一詞(註一)來稱代此類植物，英文中 wrack 和 wreck 二字，實都從此字衍導而來(13)。潮落時，所集得的 fucus, laminaria 以及其他棕色藻類，其灰燼用水漬浸後，庫爾特瓦製成幾種母液，稱之曰海藻鹽湯 (salin de varech) 或海藻蘇打湯 (sonde de varech)。

(註一) Varech 一詞，目下僅用以代表某類海產生物，可供肥料及實壘壘等用。

庫爾特瓦由藻類所製得的海草灰，其中含有氯化物、溴化物、碳酸鹽以及鈉、鉀、鎂和鈣的硫酸鹽等物料。在當時，這些東西的價值，僅在所含鈉和鉀的化合物方面，沿海一帶特造的縱式溝渠內，把乾燥的藻，燒成灰燼後，送入工場內水洗，就可以得到這些化合物。

蒸發開始後，氯化鈉最先沈澱，跟着氯化鉀和硫酸鉀沈澱而出。此時母液中，僅含鈉和鉀的碘化物，和一部分氯化鈉、硫酸鈉、碳酸鈉、氰化物、多硫化物和燒化時硫酸鹽還原而生的硫化物及次



圖二二三 此封管內藏碘素爲庫爾特瓦由硝石母液中分出者

此管現屬比利士索爾夫(Solvay)公司，爲碘素百週紀念時(一九一三年十一月九日)克林諾(M. C. Crinon)所贈。
硫化物。

庫爾特瓦乃用硫酸來驅除去硫化物，到一八一一年的一天，出了奇事，他一定把硫酸加得太多了(54)，使他大吃一驚。但見紫色的蒸氣，組成美麗的雲塊，向上漂升，同時，和氯氣相仿的一種

難忍氣味，充塞全室。蒸氣在冷體上凝固後，並無液體組成，但見一大堆暗黑的結晶，光澤無異於金屬體（45）。

庫爾特瓦探知這種新物質，不易和氧及碳立即組成新化合物，且不為高熱分解，易和氫及磷化合。同時又探知新物質能直接和幾種金屬化合，但並不起泡（effervescence），和氮能組成一爆炸物。由這些注目的特性，曾一度去猜疑牠是一種新元素，但他太缺乏自信力了，也不想在自己設

備不周的實驗室內，先做一個澈底的研究，同時又因營業關係，也不容他分出一部分時間來工作（11），所以最後他決定請提仲學院內朋友幫忙，即得索美斯（Charles Bernard Desormes）及其未來的女婿



圖二二四 沙普塔爾氏像

(Jean Antoine Claude Chaptal, Comte de Chanteloup 1756-1832)

法國醫學家、化學家、硝石、蘇打、蘿蔔糖的製造商。拿破倫時代的內政部長。化學工業書籍的作者人。

克雷門特 (Nicolas Clément) 二人，在文理學院 (Conservatoire des Arts et des Métiers) 實驗室內，繼續他的研究，並允許二人可向科學界宣布發現經過 (45) (55)。

其後庫爾特瓦繼續碘化物和其他化學藥品的製造多年。一八三五年，被迫而放棄營業，在城中當跑街的賤役。據夫累密說，他曾製成極純粹的碘，把標本分送給化學界的朋友，又研究碘對於有機物的作用。夫累密說過：

「大衆把硝石製造匠來看待庫爾特瓦，實在是最不公平的。他是一位富有技能的化學師，發現碘素，應受獎褒，而不當爲貧困所累而歿」 (12) (13)。

庫爾特瓦於一八三八年九月二十七日逝於巴黎。皇家學院雖於一八三一年時，因他『改進治療技術』有功於醫學，賞他六千法朗蒙提翁 (Montyon) 獎金，早已用盡，遺留下那位貧窮而沒有受過教育的寡婦，用結網來和將臨的喪盲相奮鬥，以求苟延殘喘。最後數月，入一慈善機關，以待殘年，這一切我們更不忍去知道了。

提仲學院內，用路易司十四時代式樣所裝修的演講廳，於一九一三年 (註二) 十一月九日，舉

行一次嚴肅的紀念典禮，以賀碘素發現百年紀念。同時在庫爾特瓦生處，樹立紀念碑。次年，有一條街，用庫爾特瓦來題名，追念功績，以垂永遠。

(註一) 庫爾特瓦雖於一八一一年發現碘素，克雷門特和得索美斯於二年後始正式宣布，故百年紀念應於一九一三年舉行。

當得索美斯把大部分時間，用於應用化學的研究時，克雷門特（一七七九——一八四一）正在進行一件有名的研究工作，他製成新物質，把牠的特性，作詳細而澈底的研究。在一八一三年的報告上說：

「從藻灰所得的母液，含多量特別奇異的東西，分離極易，我們只要傾倒硫酸於母液中，放入曲頸瓶，把混合體加熱，曲頸瓶的嘴，用導引管連接於球狀器。洗滌出來的黑色發光粉，加硫酸後，緩緩加熱，立刻上升，蒸氣顯美麗的紫色，蒸氣在導引管和受器中，凝結成極燦爛的晶片，和晶狀硫化鉛的光澤相同。用少量蒸餾水，把片狀晶體洗滌後，可得最純的結晶。」（45）（13）

克雷門特極信碘、氯二素，為相仿的元素（12），所以最初向沙普塔爾和安培（Ampère）證

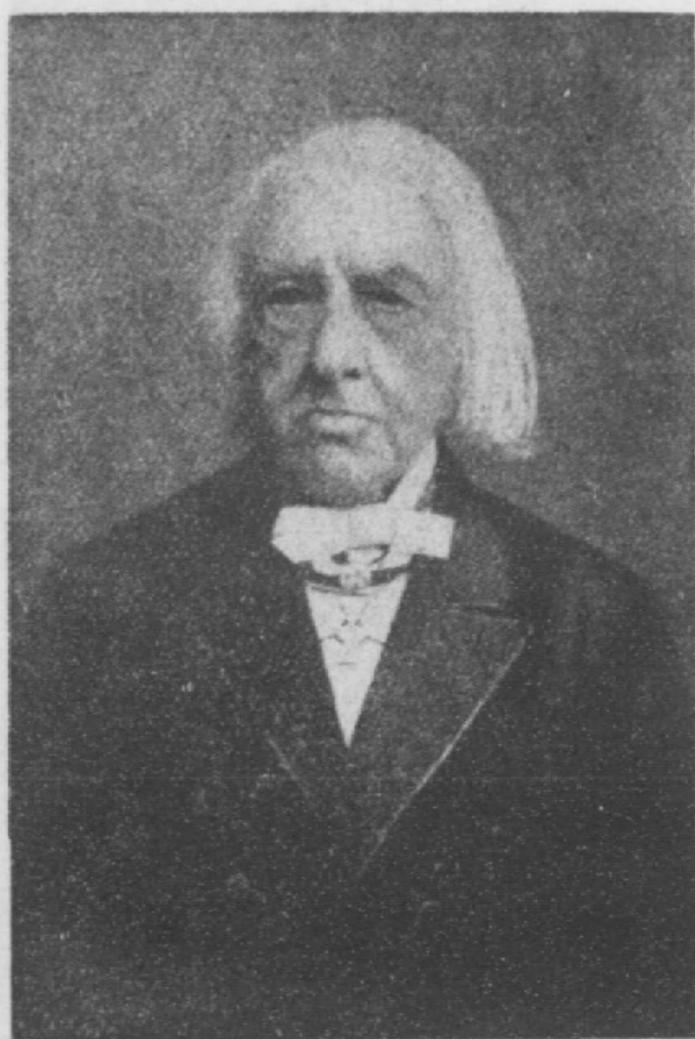
明，以後又在得維爾士前證明。不久得維在英國，該·律薩克在法國，各自獨立得碘有元素性的明證。得維所得的證據，因碘蒸氣雖和弗打電流燒成紅熱的炭絲相接觸，亦不分解（12）（46）。該·律薩克以有名研究，其結果於一八一四年印行於世。他製得碘化氫，證明能和汞、鋅及鉀相作用，生金屬碘化物和氫氣，除此兩物外，別無其他生成物（5）（39）。

日內瓦的醫生科伊代忒（Coindet），於一八二〇年，介紹用碘治喉腫症（goiter）（13）（56）。可是在長久以前，我們的祖先，在不知不覺中，把海綿燒成灰燼，而用於同一目的。

溴

一八二五年洛威（Carl Löwig）在海得爾堡大學實驗室中，還是一位新學生，但立即就得教授格美楞（Leopold Gmelin）氏的賞識。他原籍克拉茲那赫（Kreuznach），曾從家鄉帶一種紅色的液體到校，這液體先由含鹽的泉水製成母液，然後通入氯氣，再用醚振搖而製得。醚蒸餾去後，紅色的液體，仍留瓶內。格美楞真想叫他回家，再去多製備些來，以便研究牠的特性，豈料一八二六

年出版的理化會誌(Annales de Chimie et de Physique)上，巴拉已有一篇論文發表，報告溴素的發現(28)、(36)、(57)。巴拉所記敘的各種溴素特性，和洛威從克拉茲那赫帶來的紅液，以及觀察所得的種種特性，都完全相同。因這一段史實，就足說明，為何我們棄洛威而推巴拉作溴素的發現人的理由。



圖二二五 洛威氏像

(Carl Löwig 1803-1890)

海得爾堡、租利克、布累斯勞三大學化學教授。一八二五年製成溴素，但在其研究完成以前，巴拉先他提出發現報告。洛威發現含水溴，含水三溴乙醛，三溴甲烷，山新(Silesian)化學工業和德意志·利薩(Liessa)氧化鋁工廠創設人。

洛威於一八〇三年四月十七日，生於克拉茲那赫，幼時雖習藥學，日後所受訓練，全限化學方面。他繼續溴素化合物的研究，前後多年，於一八二九年印行『溴及其化學關係』（*Bromine and Its Chemical Relations*）單行本一冊。

一八三三年起，在新成立的祖利克（*Zürich*）大學任教授，該處雖設備簡陋，仍能完成瑞士礦水的分析多種，並把結果，印成單行本多分。又根據原子團理論，著『有機化學』（*Chemie der Organischen Verbindungen*）一書。名聞一時，『實為當時的 *Boileau*』。極得化學家重視，爭相採用。』（57）

一八五三年，往布累斯勞大學繼任本生，他所負責任極重，同時兼任祖利克和布累斯勞二校的監督。在海得爾堡共教了六學期，在祖利克教了四十學期，布累斯勞教了七十二學期，他希望再教二學期，合計可得一百二十學期。但這個希望，終未實現，當他在動物院中散步時，沒有注意階石，失足墮地了，臀部受了極重的破裂，從此一直沒有好。於一八九〇年四月二十七日去世，距八十七歲生日後，僅十天之久（57）。

巴拉 (Antoine Jérôme Balard 或稱 Ballard) 於一八〇二年九月三十日生於蒙培利埃。父母貧困，所以受教母扶養成人，栽培讀書。初在蒙培利埃學院攻讀，至十七歲，任藥學專門學校 (Ecole de Pharmacie) 製造助手，至一八二六年，學業完畢，正式卒業 (47)。

一八二四年，作鹽沼特種植物的研究，但他見一堆堆硫酸鈉，從食鹽母液的煎皿中結晶而去。因為有意去找這些無用母液的新用途起見，他做了許多實驗，當某種化學藥品加進後，母液特變成棕黃色。一位年方二十三歲的青年，反覆研究這個現形，終使他造成驚人的發現。丟隆氏 (Dulong) 於一八二六年七月一日給柏齊力阿斯的信上，這樣描寫着：

『……但是此間最近又有一件新聞……這是一種新物質，位置在氯和碘之間。蒙培利埃的巴拉，就是元素的發現人。這新物質，他稱作 muride，可從海水中尋得。他從蒙培利埃鹹水的母液中，先用氯氣飽和，然後用蒸餾法分出。他得到的是一種暗紅色的液體物質，四十七度時沸騰。蒸氣極像亞硝酸。比重爲三。我們必須用濃硫酸來保存。能和金屬化合，化合物顯呈中性，其中亦有揮發性的化合物。最顯著者如鉀的溴化物……』 (15)



圖二二六 巴拉氏像 (Antoine Jérôme Balard, 1802-1876)

法國化學家、藥學家、溴素的發現人。索爾蓬大學和法蘭西學院的化學教授。發現亞氯酸，定出卻浮來(Javelle)水的成分，完成從海水中提取各種鹽類的工業法。

經富古令 (Vauquelin) 泰那爾和該·律薩克三人合組的法蘭西學院委員會審查後，不贊同用 muride 此新名詞，所以目下都通稱爲溴 (Bromine)，味臭之意 (12)、(28)。

巴拉得這個意外發現時，還不過大學化學系中一位不聞名的青年助手。他注意從孚可斯 (Fucus) 灰製得的灰水，用氯水和澱粉治理後，溶液分作兩層。下層因澱粉和碘素間作用的緣故，作藍色，而上層呈深黃色。

這位年青助手，對於這個現象的結論，認爲只有二個解釋可用：黃色物必爲氯素和灰水中某成分所成的化合物；否則就是一種新元素，剛被氯素從化合物中驅出，氯素乃取其位置而代之。起先，巴拉得成第一假定，認爲已得一種氯的碘化物，但用盡種種方法，把新物體分解的試驗失敗後，祇得改變結論，只能認第二個解釋可用，而此新元素必和碘氯兩素相彷彿 (28)。

以後發覺溴在溶液中，可振搖而分出之，先用醚，次用苛性鉀。把最後所得的溴化鉀，加硫酸及二氧化錳共熱後，溴即蒸餾而出，凝作紅色液體，或於水中收集 (12)。在室溫時，汞爲唯一液態金屬，而溴爲唯一液態非金屬。

法蘭斯學院於一八二六年八月十四日，每星期一舉行的審查報告 (procès-verbal) 上，由富古令、泰那爾和該·律薩克三人簽名，上面這樣寫着：

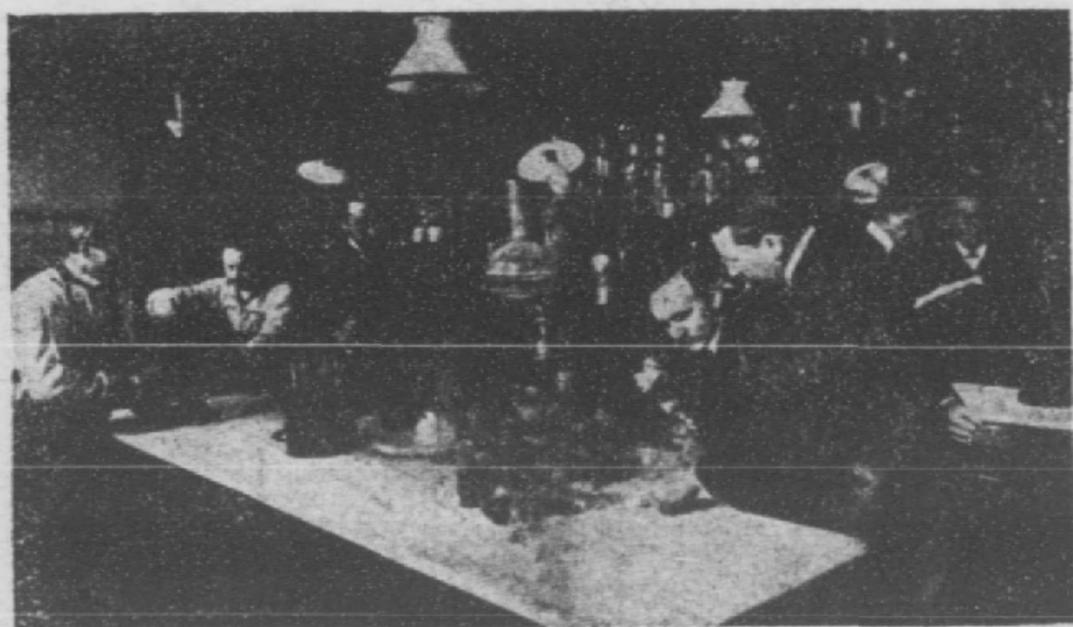
「假使我們所做的幾種實驗，還不足證明溴素具有元素的必然性。雖然到目前為止，這個假定是極可能，也是極必要的。我們一致認為，至少牠是一種極簡單的物體，這是絕對可能的。巴拉得到的記錄，極為得體，他所敘述的各種結果，在將來確切證明溴實非元素時，也有引起大眾興趣的地方。溴的發現，在化學上，為一種重要的收獲，在科學事業上，給巴拉以榮耀的地位。我們的意見，這位青年化學家，值得受學院的鼓勵，我們提議，他的報告，應該在「*Revue des Savants Birmgers*」刊佈出來」(16)(29)。

一八四二年，他就在索爾蓬學院繼任泰那爾的教職。到一八五一年，接受法蘭西大學 (Collège de France) 教授職 (36)。他又發現次氯酸，定出卻浮來 (Javelle) 水的成分 (44)，完成海水中各種鹽類的工業提製法。在這些工業研究中，他勞作了二十年，從海水中，直接提出硫酸鈉，此物為一切蘇打工業的基礎原料。同時又提出鉀鹽；這種人工鍋灰 (potash)，自和植物灰產品在市

場上競爭後，市價因此降落。一八五八年斯塔斯孚特(Stassfurt)沈積發見以前，照相業上所用的一切溴素，都用巴拉法製得。

爲紀念他早年的貧困起見，在一切研究上，都採用最經濟的辦法，對於生活，也守肅靜而儉約的態度。他的妻子和三個孩子，雖都先他去世；在晚年，他的繼子，給他極大的安慰。卒於一八七六年。一生事業的成功，受盡了世間的尊仰，他的大量謙恭、熱心，更得衆人的敬愛(47)。

當我們一想起巴拉發見的溴素，那個偉大的利俾喜(Liebig)，曾一度放過時，對於他的勝利，更覺可貴。數年前一個德國商行，曾請利俾喜化驗一



圖二二七 索爾蓬大學礦物化學實驗室之一

溴素發現人巴拉，銻素發現人麻桑，鉈素的分離人拉密，以及鐳素的發現人居禮夫婦都前後在索爾蓬擔任教職。

瓶東西，在匆忙中，他沒有作澈底的研究，貿然在結論中，斷定瓶中物為氯化碘。當他一聽到溴素發現的消息，立刻發覺自己的錯誤，乃自加警誡，並留紀念起見，把那個瓶，放在一隻特製的木匣內，名之曰『錯誤匣』(cupboard of mistakes) (11)，所以數年後，密友弗勒，在匆忙中放過了發現鈾素(vanadium) (註1)的機會，他懂得如何去表示深切的同情。

(註1)見第八章第二一四頁至第二一八頁。

他讀了巴拉溴素的那件報告後，立刻分析從克拉茲那赫附近西俄多虛利(Theodorshalle)採來的鹽水，製出溴液二十克左右。由實驗中所得結論，都和巴拉相同，溴為元素之一，毫無疑義(27)。

氟

關於氟素的歷史，實在是一篇悲劇的記錄。馬格拉夫於一七六八年時，就記述氫氟酸。三年後舍雷也加研究。我們總還記得，拉瓦錫相信一切酸中，都含的氧素，得維始證明氫氟酸中，並不含氧。

安培曾向得維提議，氫氟酸為氫和另一未知元素所成的化合物（31）、（32）。舒曾柏革發表的意見，以為未知的氟素，在一切元素中，必最為活潑，並預測特性數種（18）、（19）。又因新元素具有高度的活潑性，所以從化合物中釋放的工作，有過度的困難和危險，使許多闢荒的研究人員，遭受無限苦難，損失許多生命。

得維、該·律薩克和泰那

爾三人，都因吸入少量氟化氫蒸氣而受極度的苦難。得維見銀和鉑做的盛器，都遭受侵蝕以後，頗信改用螢石器（Fluor-spar）後，可得氟素（23）、（30）。提培累利（Tipperary）區圖蒙物拉市的二兄弟，喬治·諾克

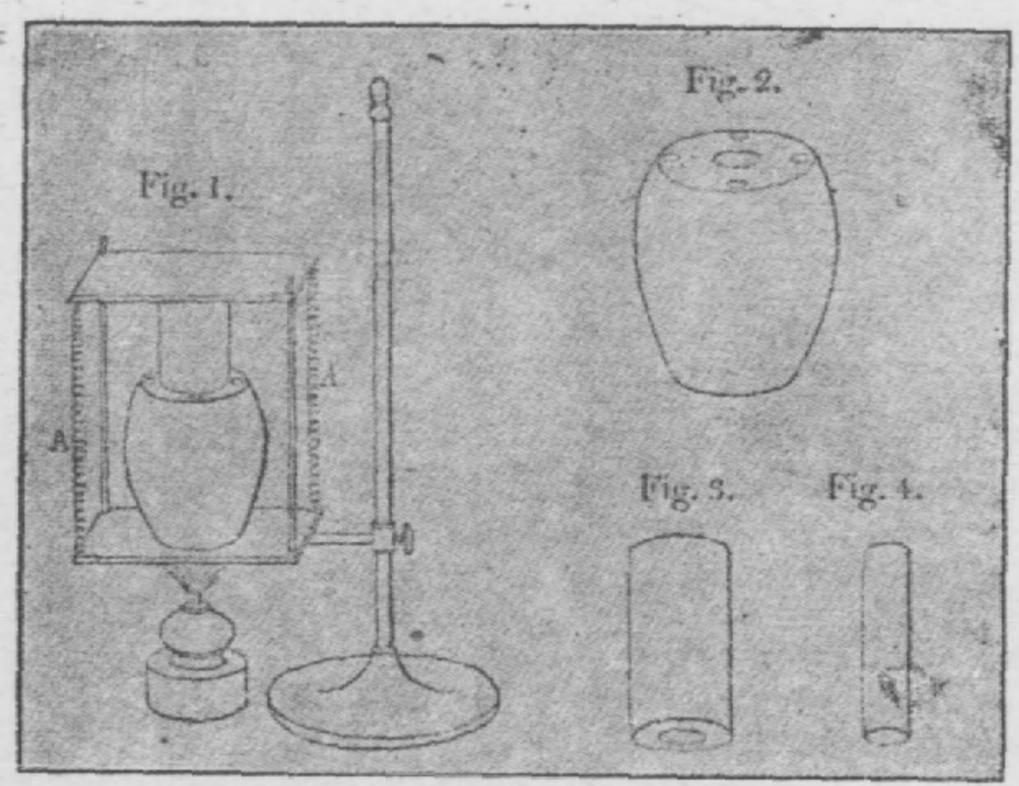


圖二二八 安培氏像

(André-Marie Ampère 1775-1836)

法國物理學家、數學家及化學家。巴黎工藝學校教授。電動學創始人之一。無定向針的發明人。電流強度的實用單位即取用其名。

斯和湯嗎斯 (George Knox, Reverend Thomas Knox) 都為皇家愛爾蘭學院 (Royal Irish Academy) 的會員，曾用螢石製成一種極奇巧的儀器，可惜也未能釋放成功，而同罹氫氟酸劇毒的攻擊 (20)。湯嗎斯因此幾乎喪生，喬治在那不勒斯休養三年後，始漸復健康 (40)。不魯塞爾的路一武 (P. Louyet) 雖密切留心諾克斯二兄弟所遭遇的不幸，但終因在此危險研究中，工作得太久的緣故，為科學殉難 (17)、(18)、(40)、(42)。南西 (Nancy) 的尼克雷教授，所遭遇的命運，亦復相同 (35)。



圖二二九 諾克斯(Knox)弟兄試釋氟氣所用之儀器

「汞的氟化物」用乾氯處理後，他們僅得氯化汞結晶。一片金葉子在受器中曾受氟氣作用，乃移置玻璃上，用硫酸處理。因玻璃遭受侵蝕，故結果謂已釋得氟氣，且已成氟化金。探測時未見氫氣。

- 第一圖 螢石器，用螺旋彈簧連住受器。
- 第二圖 無蓋受器，示出口及藏金葉子的低落處。
- 第三圖 受器。
- 第四圖 塞子。

的攻擊 (20)。湯嗎斯因此幾
乎喪生，喬治在那不勒斯休養
三年後，始漸復健康 (40)。不
魯塞爾的路一武 (P. Louyet)
雖密切留心諾克斯二兄弟所
遭遇的不幸，但終因在此危險
研究中，工作得太久的緣故，為
科學殉難 (17)、(18)、(40)、(42)。
南西 (Nancy) 的尼克雷教授，
所遭遇的命運，亦復相同 (35)。

(43)、(60)。

從路一忒研究過的夫累密，曾用電解法來分解無水氟化鈣，在陰極上得到鈣，而陽極上，有氣體逃散，這就是氟(34)。但因新氣體，和他物有化合成三原子價和四原子價物的趨勢，夫累密雖用盡方法，想收集而證明之，無奈都歸失敗。他使氯素作用於氟化物，所得者並非氟氣，僅得氯化氟，取氧替代氯素時，所得者為氧化氟。



圖二三〇 夫累密氏像

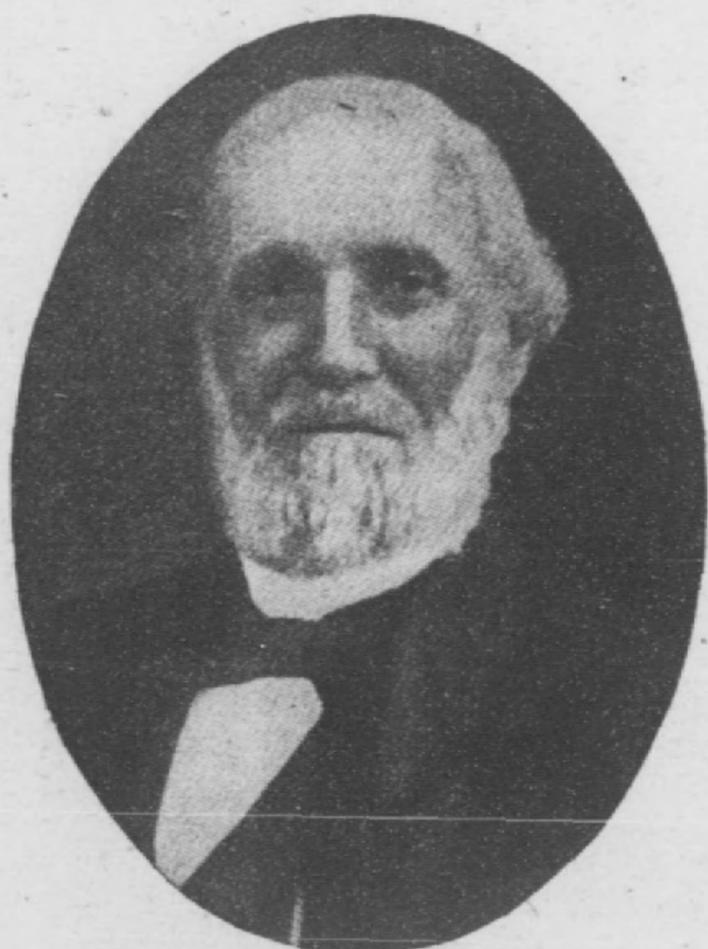
(Edmond Fremy 1814-1894)

工藝學校化學教授及自然歷史博物館館長。雖製成無水氟化氫，但仍未能釋放氟氣。當其學生麻桑在科學院委員會前陳列新氣體時，極為欣慰。夫累密曾著紅寶石綜合法一書，見化學教育八，一〇一七——九(一九三一年六月)人造紅寶石的插圖。

這種似乎無望的實驗，不久大家也就遺忘了。到一八六七年一位英國化學家哥爾（George Gore）設法放出了少量氟氣，但立刻又爆炸而和氫化合（18）、（35）。他於是試用電解法，分解無水氫氟酸，他『用氣炭，*lignum-vitae* 炭，以及其他各種木材、鈹、白金、金等做陽極……其中氣炭立即粉碎，而其他各種炭，也一一碎裂，鈹、白金和金三者所做的陽極，也都遭蝕壞，並無氣體發出。』（35）麻桑曾經贊許哥爾的論文，認為『正確而可靠』。

（23）

迨一八八六年，這件似乎難成的工作，終由麻桑完成了。麻桑（Ferdinand Frédéric Henri Moissan）於一八五二年九月二十八日，



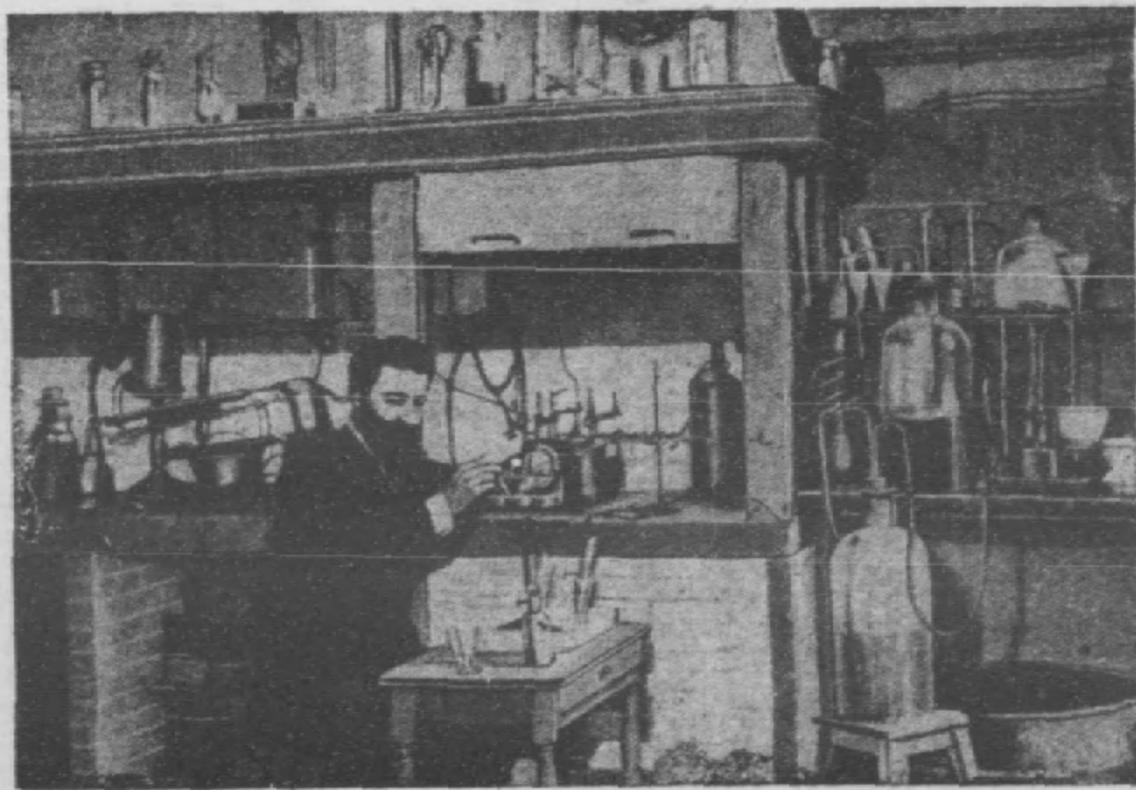
圖二三一 哥爾博士像

(Dr. George Gore, 1826-1908)

英國電化學家。伯明罕易巷科學研究所所長。改良電鍍術，又著電氣冶金法及金屬提煉法。死後遺產盡捐倫敦皇家學會及大英皇家研究所。

誕生於巴黎蒙托隆街 (Montholon) 五號。十二歲時，遷居桑挨馬恩省的密城 (Seine-et-Marne, Meau)。卽在該處，入公立專門學校。父親是鐵路職員，而他一切初步的化學知識，也都由父親傳授而得 (22)、(58)。

十八歲，被迫離校，在巴黎聖得尼和伯乃雷兩街 (Saint Denis, Pernelle) 交口處，班特利 (Baudry) 製藥鋪中，充當學徒，麻桑在該處，曾應用他的初步化學知識，救活一個服砒自盡的人 (21)、(22)。及一八七二年，他決意放棄藥鋪中職位，而赴自然歷史博物館 (Musée d'Histoire Naturelle) 從夫累密學。此後不但在化學和藥學上，有長足的進步，同時兼爲美術和文藝的鑒賞家，他寫過韻文劇，幾乎在歌劇院出演於觀衆前，但這件



圖二三二 麻桑 (Moissan) 教授在巴黎藥學專門學校實驗室內製取氮氣。

事終沒有成功。對於這次早年的失望，其後他曾笑述如下的話：『我自信當化學師是最為適合』
(註一)(22)。一八七九年，通過最高級藥劑師考試，並在高等藥學專門學校中擔任了職務(21)。
(58)

(註一) "Je crois j'ai mieux fait de faire de la Chimie."

三年後，麻桑一一生中最幸運的事來臨了——他和路更小姐(Leonie Lusan)締結良緣。她的確是一位忠心的妻子兼同志，一位能尊敬賓客，和氣相待的女主婦，在麻桑的工作上，真是一個大幫手。路更先生(M. Lusan)也是一位理想中的岳父，對於麻桑的科學研究，充滿着同情心。對於兒婿的家庭，樂意作物質上的幫助，懇勉他致全力於科學工作，勿為經濟困苦苦擾。在藥學校中，他沒有實驗室，所以第一件實驗工作，在蘭克雷街(Lancry)某房屋中完成，其後得布勒立即概允，密什雷(Michalet)街臨時兵房中，有較強的電池，他可以隨意自由使用(22)。

由以往實驗所得經驗，夫累密曾下結論謂：鈣、鉀、銀的氟化物電解時，或已有氟素放出，只因溫度太高，所以立刻侵蝕容器。他既製成了無水氟化氫，又處在進退兩難的境地，因為用潮溼的氟化

氫電解，僅得氫、氧和臭氧三種氣體，而乾氟化氫，又不能傳導電流（22）。

因此麻桑推論，假使他要製取氯氣，決不會擇用如氯化鈉那樣穩固的固體，一定改用如鹽酸或五氯化磷一類，極有揮發性的化合物。由以往經驗，深信氟化矽是一種極穩固的化合物，倘有氯氣放出，必能和矽素發白熱而化合，所以他用矽來一試此新鹵素。於是把三氟化磷和三氟化砷電解，經過多次失敗，中間並且受劇毒而中斷四次，最後終在陰極上得神素，陽極上有少量氣泡生成。但氣泡在昇達表面以前，都被三氟化砷吸收而變成五氟化物了（18）、（23）。

最後麻桑改用乾氫氟化鉀，而無水氫氟酸作溶媒。他所用的儀器，用鉑鈦合金製成電極，封入鉑製的U管而成，上面蓋罩螢石所製的螺旋帽，再覆紫梗（gum lac）一層（42）、（49）。U管外面，用氯化甲烷冰冷，可得零下二十三度的低溫，近代的新式冰管，亦多採用此氣體。

勝利最後來了。一八八六年六月二十六日，陽極上已有氣體出現，用矽試驗，立即發光。二日後，他向學院作如下虛心而審慎的報告：

「對於所生氣體的性質，我們可以提出許多不同的假定，但是最簡單而合理者，當然假定

氟素。我們也可以作氫氣過氟化物，或氫氟酸和臭氧混合體的假定，其高度活潑性，皆足說明和晶狀矽素，所以能生如此強烈的作用。』(42)

麻桑其時尙非學院的會員，所以報告由得布勒代讀。院長立刻指定得布勒、柏特羅和夫累密三人，合組一委員會，研究這個新發現。在這幾位聞名的大學者面前，儀器真像頑童，臨時生了變化。麻桑一個氟氣泡都得不到。到第二天，他改用新鮮的物料後，表演他的新發現，委員會大爲滿意。(22) 例如夫累密本人，也一度爲此新元素有希望的發現人，曾誠意說過：『當教授看到他的學生，走得比他更高遠時，他總是快樂的。』(60)

氟素分離成功，使麻桑的名聲，遠播於整個科學世界，到一八九三年，因另一件成功，更意外的使大眾認識。原來在那年二月六日，把糖炭在高壓下製成少量人造金鋼鑽(52)、(53)、(63)。所成人造金鋼鑽，大都似黑金剛石(carbonado)，僅最大一顆，長約〇·七耗，爲無色之品。他的同事，都敬稱之爲『王』(The Regent)，和保存在洛來(Louvre)重達一三七加辣的標本，同受珍視。(22)



圖二三三 柏特羅氏像

(Pierre-Eugène-Marcellin Berthelot, 1827-1907)

法國化學家及化學史家。他的研究工作是在多方面發展的，如有機綜合、化學靜力學、動力學、熱化學、炸藥、泥土硝化菌、東方鍊金史料。早年在法蘭西學院助理巴拉。多年復與得比雷(Debray)，夫累密三人服務委員會，以研究麻桑發現的氟素。

麻桑所發明電爐，對於研究工作，是一種有價值的原動力。得電爐之助，他製成多種稀有的金屬，如鈾、錫、釩、鉻、鈦、鉬、鈳、鈹等，大部分工作，都在特盧籐街 (Trudaine) 的愛笛生 (Edison) 工廠完成 (24)。至於研究的結果，在實用方面的價值而論，麻桑夫人，在全世界婦人中，為享用鋁製餐器的第一人 (22)。

對於實驗室，麻桑主張絕對整潔，所以地板到星期六必須塗蠟。斯托克 (Alfred Stock) (64) 曾記述過下面一段逸事：有一天，麻桑教授注視着地板，帶罵着發問：『是誰那樣的？』斯托克博士嚴密細察一番後，始見幾滴水，從洗瓶的嘴裏落在地板上了 (22)。

在巴黎，麻桑是一位名演說家，最能作動聽的科學演



圖二三四 巴黎索爾蓬大學，礦物化學實驗室內的電爐室。



圖二三五 斯托克氏像

(Alfred E. Stock)

卡爾斯盧埃高等工藝學校化學研究所所長。前為麻桑學生亦為麻桑傳記的著作人。一九三二年康乃爾大學訪問教授。他為用高度真空法研究揮發性物質、硼化學、鉍素製取及特性、長期示毒等問題的權威學者。

講。輕快的詞令，適合的聲調，慎密撰擇出來的試驗，和輕鬆而幽默的語調，在索爾蓬時的演講，每次吸引廣多聽衆。準五點鐘，演講廳的二扇大門，同時由二個校役開啓，五點一刻，演講開始。於是他用滔滔的言辭，把慇懃的聽衆，迷住一點一刻之久。拉姆塞爵士曾經講起他：

「他對於語言的駕御，實堪敬羨；其中以法語最佳。人格的魔力，發揮時愉快的表情和辭令，

每使聽衆感到無上的欣慰。他將永留在一切熟識者的記憶中。待人接物，充滿了人類的和善和情智，對於事物，肯下最真的愛心，用生命和工作來潤飾牠』(22)、(48)。

在靜寂的富古令街畔，麻桑有一所藝術化而好客的住宅，他頗以科羅(Corot)的風景，和多藏名人親筆書爲樂事。在休假期中，每攜夫人及嗣子路易司，常到意大利、西班牙、希臘、阿爾波斯或庇里尼山脈(Pyrenees)一帶去旅行，一九〇四年，曾到美國，參觀聖·路易司國際博覽會(22)。

在氟、一氧化碳等毒氣方面，繼續不斷的工作，無疑有害於健康，縮短他生命，於一九〇七年二月二十日去世。其獨生



圖二三六 麻桑氏像

(Henri Moissan 1852-1907)

高等藥學專門學校教授。氟素發現人。創用電鑪因而能製取不尋常的金屬極多，如鈾、鎢及鈳等。

子路易司，曾任藥學專門學校助手，大戰時，捐軀沙場。遺下二十萬佛郎，請學校代設二個獎學金：一個是麻桑化學獎金，用以紀念其父，另一個是路更藥學獎金，用以追念其母（25）（65）。

參考材料

- (1) Moissan, "Le Fluor et ses Composés," Steinhell, Paris, 1906, preface, p. viii.
- (2) Oswald, "L'Évolution de la Chimie au XIX^e Siècle," Bibliothèque Larousse, Paris, 1913, p. 26. Quotation from Balarud.
- (3) Alembic Reprint No. 13, "The Early History of Chlorine," University of Chicago Press, Chicago, 1902, pp. 8-9; Schöde, "On Manganese and Its Properties,"
- (4) *Ibid.*, p. 20. Barthollef, "Mémoire on Deplogistened Marine Acid," Mémoires de l'Académie Royale, 1785, Paris, 1788, pp. 276-95.
- (5) Fürtber, "Geschichtliche Entwicklung der Chemie," Springer, Berlin, 1921, pp. 119-22.
- (6) Alembic Reprint No. 13, Ref. (3), pp. 37-48. Gay-Lussac and Thenard, "On the Nature and Properties of Muriatic Acid and of Oxygenated Muriatic Acid."
- (7) *Ibid.*, p. 49. Gay-Lussac and Thenard, "Extract from 'Recherches Physico-Chimiques,'" Vol. 2, Imprimerie de Crapetet, Paris, 1811, p. 262.
- (8) Jagnaux, "Histoire de la Chimie," Vol. 1, Baudry et Cie, Paris, 1891, pp. 505-13.
- (9) Thomson, "History of Chemistry," Vol. 2, Colburn and Bentley, London, 1831, p. 208; J.

DAVY, "The Collected Works of Sir Humphry Davy, Bart.," Vol. 1, Smith, Elder and Co., London, 1839, p. 123.

- (10) A. W. H., "Zur Erinnerung an Friedrich Wöhler," *Ber.*, 15, 3127-390 (Part 2, 1882).
- (11) Oswald, "L'Évolution de la Chimie au XIX^e Siècle," *Ref.* (2), pp. 22-6.
- (12) Jagnaux, "Histoire de la Chimie," *Ref.* (8), Vol. 1, pp. 521-8.
- (13) Torande, "Bernard Courtois et la Découverte de l'Iode," Vigot Frères, Paris, 1921, 164 pp.
- (14) Hofer, "Nouvelle Biographie Générale," Didot Frères, Paris, 1866. Article on "Ballard."
- (15) Söderbaum, "Jac Berzelius Bref," Vol. 2, part 4, Almqvist and Wikells, Upsala, 1912-1914 p. 67.
- (16) Balard, "Mémoire on a Peculiar Substance Contained in Sea Water," *Annals of Phil.* (1), 28, 381-7 (Nov., 1826); 411-24 (Dec., 1826).
- (17) Oswald, "L'Évolution de la Chimie au XIX^e Siècle," *Ref.* (2), pp. 28-30.
- (18) Jagnaux, "Histoire de la Chimie," *Ref.* (8), Vol. 1, pp. 528-49.
- (19) Moissan, "Le Fluor et ses Composés," *Ref.* (1), pp. 8-9.
- (20) Knox, G. J., and the Rev. Thomas Knox, "On Fluorine," *Phil. Mag.* (3), 9, 107-9 (Aug., 1836); (3), 12, 105-6 (Jan., 1838); G. J. Knox, "Researches on Fluorine," *ibid.* (3), 15, 192-4 (Mar., 1840).
- (21) Harrow, "Eminent Chemists of Our Time," D. Van Nostrand Co., New York City, 1920, p. 188.
- (22) Stock, "Henri Moissan," *Ber.* 40, 5099-130 (Band 4, 1907);

- (23) Moissan, "Le Fluor et ses Composés," *Ref.* (1), pp. 1-36.
- (24) Harrow, "Eminent Chemists of Our Time," *Ref.* (21), p. 143.
- (25) *Ibid.*, p. 153.
- (26) Anglada, Letter to the editors, *Ann. chim. phys.* (2), 33, 222-3 (1826).
- (27) Liebig, "Sur le Brome," *Ibid.* (2), 33, 330-3 (1826).
- (28) Balard, "Mémoire sur une Substance particulière contenue dans l'eau de la mer," *Ibid.* (2), 32, 337-81 (1826).
- (29) Vauquelin, Thénard, and Gay-Lussac, "Rapport sur le Mémoire de M. Balard relatif à une nouvelle Substance," *Ibid.* (2), 32, 332-4 (1826); *Annals of Phil.* (1), 28, 425-8 (Dec, 1826).
- (30) Davy, H., "An Account of Some New Experiments on the Fluoric Compounds; with Some Observations on Other Objects of Chemical Inquiry," *Phil. Trans.*, 104, 62-73 (1814).
- (31) Davy, H., "Some Experiments and Observations on the Substances Produced in Different Chemical Processes on Fluor Spar," *Ibid.*, 103, 263-79 (1813).
- (32) Ampère, "Suite d'une Classification naturelle pour les Corps simples," *Ann. chim. phys.* (2), 2, 19-25 (May, 1816).
- (33) Fremy, "Recherches sur les fluorures," *Compt. rend.*, 39, 393-7 (Feb. 27, 1854).
- (34) Fremy, "Décomposition des fluorures au moyen de la pile," *Compt. rend.*, 40, 966-8 (Apr. 23, 1855).
- (35) Gore, "On Hydrofluoric Acid," *Chem. News*, 19, 74-5 (Feb. 12, 1869); *J. Chem. Soc. Trans.*,

- 22, 303-106 (1869); *Zintl. Trans.*, 159, 173 (1869).
- (36) Smith, E. F., "Bromine and Its Discoverers, 1826-1926," *J. Chem. Educ.*, 3, 382-4 (Apr., 1926);
- (37) Welnle, "Geschichte der Salzsäure," Carl Gerold, Vienna, 1819, pp. 83-4.
- (38) Henry, "Account of a Series of Experiments, Undertaken with the View of Decomposing the Muriac Acid," *Phil. Trans.*, 90, 188-203 (1800).
- (39) Gay-Lussac, "Untersuchungen über das Jod," *Ostwald's Klassiker* No. 4. Wilhelm Engelmann, Leipzig, 1889, 52 pp.; *Ann. chim. phys.* (1), 91, 5-160 (1813).
- (40) Louyet, "Nouvelles recherches sur l'isolement du fluor, la composition des fluorures, et la poids atomique du fluor," *Compt. rend.*, 23, 980-8 (Nov. 23, 1846); *Ann.*, 64, 239-40 (Heft 2, 1848); "De la véritable nature de l'acide fluorhydrique anhydre," *Compt. rend.*, 24, 484-6 (Mar. 15, 1847).
- (41) Baldwin, R. T., "History of the Chlorine Industry," *J. Chem. Educ.*, 4, 313-9 (Mar., 1927).
- (42) Moissan, "Action d'un courant électrique sur l'acide fluorhydrique," *Compt. rend.*, 102, 1543-4 (June 28, 1886); 103, 202-5 (July 19, 1886); 256-8 (July 26, 1886); *Ann. chim. phys.* (6), 12, 472-537 (Dec., 1887); *Chem. News*, 54, 51 (July 30, 1886); 80 (Aug. 13, 1886).
- (43) Nickles, "Recherche du fluor. Action des acides sur le verre," *Compt. rend.*, 44, 679-81 (Mar. 30, 1857).
- (44) Balard, "Recherches sur la Nature des Combinaisons décolores du Chlore," *Ann. chim. phys.* (2), 57, 225-304 (1834).

- (45) Clément and Desormes, "Découverte d'une substance nouvelle dans le Vasek dans le Courtois," *ibid.* (1), 88, 304-10 (1813).
- (46) "Lettre de M. Humphry Davy sur la nouvelle substance découverte par M. Courtois dans le sel de Vasek," *ibid.*, (1), 88, 322-9 (1813).
- (47) Obinary of Balard, *J. Chem. Soc., Abstr.*, 31, 512-4 (1877).
- (48) Ramsay, "Moissan Memorial Lecture," *J. Chem. Soc. Trans.*, 101, 477-88 (Part 1, 1912); "Chemical Society Memorial Lectures, 1901-1913," Vol 2, Gunney and Jackson, London, 1914, pp. 189-98.
- (49) Tissandier, "Le Fluor," *La Nature*, 18 (1), 177-9 (Feb. 22, 1890).
- (50) Davy, Dr. John, "The Collected Works of Sir Humphry Davy, Bart.," Vol. 1, Smith, Elder and Co., London, 1839, p. 400.
- (51) Torandé, "Bernard Courtois et la Découverte de l'Iode," *Ref.* (13), pp 41-2.
- (52) "Classics of Science: Moissan's Artificial Diamonds," *Sci. News Letter*, 14, 99-100 (Aug. 18, 1928).
- (53) Moissan, "The Electric Furnace," English translation by Lenher, Chemical Publishing Co., Easton, Pa., 1904, 305 pp.
- (54) Torandé, "Bernard Courtois," *Ref.* (13), p. 59.
- (55) *Ibid.*, pp. 64-5.
- (56) Skegglitz, "Chemistry in Medicine," The Chemical Foundation, Inc., New York City, 1928, pp.

- 272-36. Article by Marine on "Iodine in the Prevention and Treatment of Goiter."
- (67) Landolt, "Carl Löwig," *Ber.*, **23**, 1013 (Part 1, 1890); 905-9 (Part 3, 1890).
- (58) Guthier, "Zur Erinnerung an Henri Moissan," *Kommissionverlag von Max Mencke, Kilmingen*, 1908, pp. 2-3.
- (69) Thissandier, "Le Fluor," *La Nature*, **14**, (2), 363-6 (Nov. 6, 1886).
- (60) Meunier, "Le Fluor," *ibid.*, **14** (2), 383-4 (Nov. 20, 1886).
- (61) Gautier, "Henri Moissan," *ibid.*, **35** (1), 222-4 (Mar. 2, 1907).
- (62) Guthier, "Zur Erinnerung an Henri Moissan," *Ref.* (58), pp. 25-34.
- (63) Editor's Outlook, *J. Chem. Educ.*, **6**, 1509-10 (Oct, 1929).
- (64) "Should to Be Non-Resident Lecturer at Cornell?" *Ind. Eng. Chem., News Ed.*, **10**, 20 (Jan. 10, 1922); *of J. Chem. Educ.*, **9**, 586 (Mar., 1932).
- (65) "A Monument to Henri Moissan," *J. Chem. Educ.*, **9**, 393-4 (Feb., 1932).

第十九章 惰氣元素(Inert Gases)

一八九四年，累利伯爵 (Lord Rayleigh) 和拉姆塞爵士二人，宣佈大氣中另含新元素，振盪了整個科學世界。新元素定名曰氬 (argon)，經過徹底研究後，探知不易和其他物質化合，是爲主要特性。其時，另一種極有關連的氣體，在同一情況中也被揭示了。一八六八年時，天文學家雅孫 (Jules Janssen) 和羅克頁爵士 (Sir Norman Lockyer)，各自獨立在太陽光譜中，看到一種黃線，D₂。這線不屬於地球所已知的任何元素，因此羅克頁爵士假定，太陽中有新元素氦 (helium) 的存在。至一八九五年，英國的拉姆塞爵士，和瑞典的克利夫 (Cleve) 及倫格來忒 (Langlet) 各自從放射性鐳石中發見氦。拉姆塞爵士和特拉弗斯 (Travers) 二人不久以後，又發現其他三種新氣體，即氖 (neon)、氪 (krypton) 和氙 (xenon) 三元素。這三種新元素，探知和其他各種元素，毫無化合的趨向，所以和氬及氦同隸於高貴氣體中的貴族階級。(註一) 在

這一貴族階級中，氡素 (Radon) 最重，將於第十九章中和放射性元素同論。

(註一)這一組中各元素的少量化合物，在化學文獻中已有報告發表。

*

*

*

*

*

在沒有科學想像的人看來，準確而微細的計量，和找尋新東西的工作，兩相比較，似乎不能算作高貴而莊嚴的工作。但幾乎一切科學上最大的發現，都由精確計量，或把數算的結果，在耐心而不斷力作中，稍稍加以改正後，所得的報酬（1）。

到十九世紀末年，化學家都深信大氣已經研究徹底，再沒有人向這裏作新元素的搜尋了。確然，加萬粒粟爵士在很久以前，就有預言，在大氣中，將有一不知名氣體的發現。一七八五年時，他把電花通過氧氣和尋常空氣的混合體，混合體中雜有鹼質（「皂渣」(sod. Lees)），結果發見一部分「配燃燒素氣體」(phlogisticated air)（即氮）未能氧化而吸收。他說過這殘餘部分「當然不超過管中」配燃燒素氣體全量的 $\frac{1}{1.10}$ ，因此在大氣中，尚有一部分配燃燒素氣體和其他的

不相同，也不能還原成亞硝酸，我們可以極穩當的下一結論，其體積決不會超過全量的 $\frac{1}{10}$ (2)。化學家對於這個重要的試驗，早已忘記淨盡。但到了一八八二年，累利伯爵又開始作大氣中各氣體密度的研究。

斯特勒特 (Robert John Strutt) 即累利伯爵第三，於一八四二年十一月十二日生於脫令 (Terling)，學生時代，靜思密慮，多才自負，已露頭角。一八六五年，在劍橋大學末年考試中，名列最優等 (Senior Wrangler in the Tripos)。有一位論文審查員說，「斯特勒特的論文，精美絕倫，不加修改，即可直接付印。」 (41)

一八七九年，大物理學家馬克斯維爾 (Clerk Maxwell) 去世後，累利伯爵即在劍橋大學，加萬粒粟爵士研究院中繼任。在任內，各班皆擴充範圍，革吞 (Girton) 和紐那姆 (Newnham) 學院，女生第一次允准和男生同時入學。有一次要添置新儀器，而經費不足，乃自損五〇〇鎊，同時並勸友朋相助，最後共得一、五〇〇鎊，卒抵於成 (3)。

一八八二年，他報告不列顛科學促進會，已開始氫氧氣密度的研究，檢定一比一六之比例，是

否確切不誤。十年後，他發表研究結果，謂最正確的比例，應作一比一五·八八二（38）。其後作氣體化合體積和壓縮性的精密研究，因欲一算規定情況下的克分子體積，累利伯爵乃作氮氣密度的計量（40）。



圖二三七 斯特勒特，累利伯爵第三

(Robert John Strutt, the Third Lord Rayleigh 1842-1919)

劍橋大學加萬粒粟研究所物理學教授。對於銀的電化當量，氣體的化合量及可壓性曾作澈底研究。又探知空氣中製得的氮氣較氮中製取的氮氣為重，後引成第一貴族氣體氫素的發現。對於光學和聲學亦有貢獻。

他用三種不同方法製得的氧氣密度彼此完全相同，而氮氣的結果則使人迷惑，由氮製出的氮氣，較從大氣中除去氧、二氧化碳、水氣後所得的氮氣，輒輕千分之五，於是在英國的自然界週刊上，投通信稿，請問讀者，貢獻解釋，結果一封回信都沒有收到（39）。

累利伯爵自己擬出了四種比較可能的解釋：1. 他從大氣中所製得的氮，其中或者還含有少量氧氣；2. 從氮製得的氮，其中或尚雜有氫；3. 從大氣中製得的氮，其中或含有類似臭氧類的分子；4. 從氮所得的氮，一部分分子或已分解，因此降低氣體的密度（40）、（45）。

但是第一個假定是絕不可能的；因為氧和氮，二者密度相差極小，必相雜極多，始足用以解釋千分之五的差異。累利伯爵又用實驗證明，從氮製得的氮，絕不含氫。第三個解釋，也不足置信，因為靜靜通電後，也未見氮氣增高密度。於是拉姆塞爵士得了允准，開始作大氣中的氮氣的實驗（4）。

因為這些實驗，引出了驚人而重大的結果，我們應該先費一些時間，把發現者的品性和人格，加以介紹。拉姆塞爵士的父母，結婚時俱已年近四十。第二年（一八五二年十月二日）即得一子，



圖二三八 拉姆塞爵士像

(Sir William Ramsay, 1852-1916)

蘇格蘭化學家及物理學家。惰氣元素的發現人。累利伯爵為氫素的共同發現人。特拉弗斯助其發現氮、氦、氙三元素。其後多爾恩發現鐳射氣氡，拉姆塞和格累即共同測定密度，證明在氫族中為最重的元素。

蘇格蘭人為父母者，所希望的欣慰，算是滿足了。這個孩子，喜歡自然、音樂和書籍，不久又有了學習新語言的一種癖性。許多親友，時常覺得奇怪，格拉斯哥的聖馬太(Free St. Matthew)教堂中，在冗長的卡爾文教徒(Calvinist)講道時，這個活潑的孩子，如何肯這樣寂靜的坐着，他們遙望他，只見專心一意，閱讀聖經；但近身一看，他讀的並非英文聖經，總是一本法文或德文的聖經。他熟讀英

文的聖經，所以讀外國文聖經時，無需多加參考，這樣他學得了這些初步的外國語言（5）。看了教堂中大窗上的鑲工，他自己又定出了許多幾何學上新定理（6）。

（格拉斯哥學院中，他的同班生淮夫先生（E. B. Tyte），把拉姆塞開始學習化學實驗的情形，記在下面：

『那時候，在理論上講，他不懂化學，但是在家中，他久已動手做各種實驗了。在臥室中，進行一切工作，那裏有許多貯盛酸、鹽、汞和其他雜物的瓶。那時，我們雖相識不久，我早已感覺，他善於處理物料，熟習化學儀器的用途。下午，在我的家中會晤，於是大家開始做實驗工作，製取氫氣等氣體，以及其他簡單化合物。例如由糖製草酸。我們又做了許多玻璃器……平常，我們已善用品吹管（mouth blowpipe）和仿製的本生燈，所得經驗，使他在玻璃技術上，成爲一個優美的專家。我確信，在以後一生中，他一定會感覺，早年的訓練，實大有裨益。當時除燒瓶、曲頸瓶和燒杯外，我們所用一切儀器，都屬自製……』（6）

對於各種養生的娛樂，如散步、自由車、划船、游泳、潛水、滑冰、唱歌、口嘯、講述故事等，他可算能手，

因此交遊極廣。拉姆塞優良的游泳和潛水，淮特先生曾有如下的描寫：『一八七六年時，我們都在巴黎讀書，其中四人，每日上午，必到桑河（Seine）畔一家浴室去洗澡，除第一天外，以後每當拉姆塞預備潛水時，侍役必轉輾相告，英國人要潛水了！於是鬧翻全浴室，包括外面的洗衣女，蜂擁而入，搶了位置作壁上觀。』（6）

拉姆塞在海得爾堡大學時，曾從本生學，又在丟平根從腓蒂克（Fittig）學。在後者處，始遇美



圖二三九 腓蒂克氏像

(Rudolf Fittig, 1835-1910)

丟平根及斯特拉斯堡大學有機化學教授。發現內酯 (lactones)，定出苯同系物的一般綜合法，與挨爾德曼共同決定菲之構造式。與累姆孫合定胡椒膏鹼的構造式。拉姆塞亦為其門生之一。

國友人累姆孫 (Ira Remsen) (49)，彼此交誼頗厚，終生不斷。拉姆塞日後雖熟習德語，但第一次向累姆孫的發話，其音如下：「Können Sie Sagen wo ist die Vorlesungszimmer？」累姆孫驟聞之下，迷惑良久，然後帶笑回答，「我猜信，你是訊問講堂何在麼？」後來二人每喜歡講起這件



圖二四〇 累姆孫氏像

(Ira Remsen, 1846-1927)

美國著名化學家，有機化學教授。荷普金斯大學校長。優良教科書的著作人。美國化學誌的創辦人兼編輯人。拉姆塞的友人。糖精成分研究人。

事，累姆孫更終生引以為榮，他是給拉姆塞爵士「開那扇大門」的第一人。

氫

拉姆塞得累利的允准，開始研究大氣中的氮氣。空氣在燒紅的鑊中通過，看牠能否完全吸收。反覆通過多次後，殘留下四十公分，而這部分殘餘的氣體，其量為氮氣原重的 $\frac{5}{14}$ 倍。當然，拉姆塞已小心翼翼，把其中所含塵點、水分、二氧化碳，都已去淨。經過長久的處理，除剩原體重的 $\frac{1}{80}$ 外，其餘盡已吸收（我們可回憶加萬粒粟所得殘體，約原體重 $\frac{1}{100}$ ）（2）。

最後所得氣體的密度為一九·〇八六，但拉姆塞和累利，尚認作和臭氧相仿，一種氮氣的變體。拉姆塞乃作光譜的檢查，但見除氮氣的光帶外，尚有各種紅色和綠色的線，在一切氣體光譜中，尚屬初次出現。克盧克斯曾把這光譜作澈底的研究，發見譜線二百左右（28）。

於是累利和拉姆塞共同合作，幾乎每天有信往返。一八九四年五月二十四日的信上，有：「你也會想到，在週期表第一行的盡頭處，尚有留給氣體元素的位置一事否？」八月七日的信上寫着，

『我亦以二人連名發表爲最佳，對於你的提議，深覺可感，我將利用這個幸運的機會，製取多量的 Q（此外尚有兩種 X，我們可稱之爲 Q 或 Quid?）……』（8）

同月，不列顛科學促進會在牛津開會，拉姆塞和累利向會衆報告，發現第一種惰氣，震驚全會，主席馬丹（H. G. Madan）先生提議，定名曰氬，義即懶惰之意（argon, the lazy one）（6）（25）（30）。

累利伯爵於一九一九年謝世（41）。特拉弗斯說過，在至今保藏着的拉姆塞和累利的信件中，『絕無猜疑之意，或對於一方有不公平的行爲。』（40）來訪候的科學家，對於累利所用儀器的簡單，無不驚異。一切重要儀器的設計和製造，無不極嫺熟之能事，次要部分的裝配，絕不顧其外觀。他發表的論文，文筆清雅，數學部分，簡括得當，在五卷論文集上，冠以自撰的格言：『上帝的工作，無不偉大，賞心悅目者，任君採擇。』（41）（42）。

布瓦善德即聽到氬素發現的消息後，即預言新元素或隸屬絕對懶惰元素族，此族各元素，目下猶未發現，各元素的原子量（註1）爲： 20.0945 ， 30.40 ± 0.08 ， 84.01 ± 0.20 ， 132.71 ± 0.15 ，並預

述第一、第二兩元素，較其他各元素，更為普遍（33）（34）。

（註一）一九三六年度貴族氣體的原子量為：氦，4.002；氖，20.183；氬，39.944；氙，83.7；氡，131.3；氳，222。

氦

一八六八年，法國天文學家雅孫（Pierre Jules César Janssen）（43）（44），赴印度觀察

太陽全蝕，同時並第一次

作色層（chromosphere）

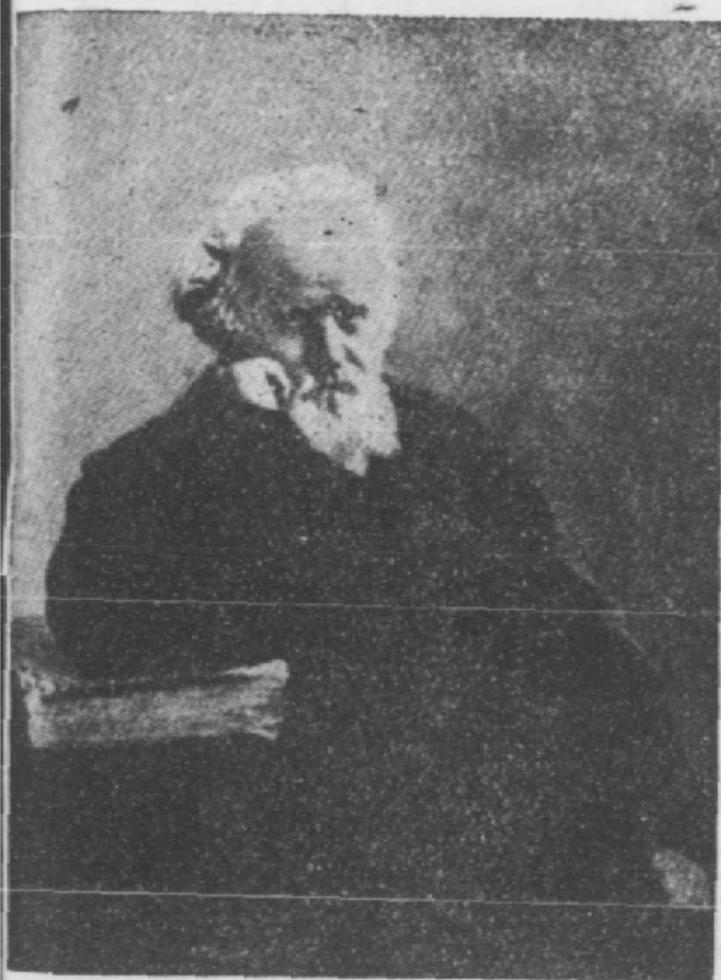
的分光研究（36）。他發

見一條黃色線譜 D_3 ，和

鈉素的 D 線，卻又並不相

合。在實驗室內，又無法重

行製出。英國的天文學家



圖二四一 雅孫氏像

(Pierre Jules César Janssen
1824-1907)

法國天文學家，曾領導天文考察隊觀察數次。法蘭西研究所及經度局研究員。一八六八年在太陽色層中見黃線 D_3 ，現知屬於氦素。米頓天文物理觀象臺臺長。

羅克頁爵士研究後，所得結論，認為不屬任何已知元素，遂定名作氦(helium) (50)。二十五年來，對於這假定的新元素，大家都一致公認，僅太陽中可能存在，地球上從未見過(10)、(20)、(35)。太陽中氦素的發現，在羅克頁研究時，弗蘭克蘭協助最多(37)。

一八八八——九〇年間，美國著名物理化學家希雷布朗德(William Francis Hillebrand) (46) 發見瀝青鈾鑛(uraninite)，用無機反應劑治理後，發出一種惰氣，他認作氮。拉姆塞讀到此篇論文後，對於所下解釋，未能同意，於是重覆這個實驗。這次他用另一種鈾鑛石，名克利夫石(Cleveite) (11)。結果和希雷布朗德一樣，得到一些氮氣，此外還有氫和另一種光譜不同的氣體存在。他因為沒有極精密的分光器，所以把氣



圖二四二 一八七七年法國所鑄紀念牌。紀念法國天文學家雅孫及英國天文學家羅克頁分析太陽凸出物的方法。

體標本寄給羅克頁和克盧克斯，請他們各做一次檢查。羅克頁說：『我接到了他寄來的標本後，用電流通導後，細管中但見輝煌燦爛的奇景。』（27）

一八九五年四月十七日，拉姆塞給布卡南君（Mr. Buchanan）的信上寫着：『克盧克斯揣信，這是新光譜，從處理的方法上看來，除了氫氣外，一切舊元素是絕不可能的，但顯然這又不是氫。目下我們在繼續製取中，數日內，希望能製得多量氣體，試做密度的測定。我想這或者就是我們尋



圖二四三 羅克頁氏像

(Sir Joseph Norman Lockyer
1836-1920)

南康星登 (South Kensington) 皇家科學院太陽物理天文臺臺長。太陽和恆星分光學研究的前輩。一八六八年羅克頁和雅孫各獨立發現觀察白天太陽色層的分光法。此種觀察，在前僅能太陽全蝕時舉行。

求已久的氮素罷！和氫素同在的卽元素……」不到一星期，已證明新氣體和羅克頁發現的太陽氮素，完全相同（21）、（23）、（24）、（26）。

四月二十四日，拉姆塞爵士寫信給他的夫人：

「先講一件最大的新聞吧，我把新氣體封入一根真空管，在分光器中，同時並可見氫氣的光譜，氣中雖僅含氫氣，但是忽見一種深黃色譜線，光輝燦爛，和鈉素的黃線，雖不相同，但亦相差不遠。我迷惑了，開始懷疑。我遂告訴克羅克斯，到星期六早晨，我和哈雷、希爾特三人，真在暗色中看分光器，克盧克斯發一個電報來，現在附上一閱。上面所寫的，或者會使你驚奇不止。

「氮素一詞，向指太陽光譜上的一條線，用以代表一個元素，在地球上，至今還沒有發現這個新元素。我稱之曰氮，已交給克盧克斯，因他懂得光譜，可由他決定是否爲新元素。光線的波長達五八七·四九的，確要壓倒氫氣。昨天我立刻就打電報給柏特羅……克利夫鑛石中分出的氣體，爲氫、氮兩素的混合體。光譜由克盧克斯檢定。星期一可報告科學院……拉姆塞……」

（12）、（29）。

同時，瑞典化學家克

利夫（鑛石 Cleveite 一

名，即由發見人諾登瑟

德紀念此人而來）有學

生倫格來忒，同時研究此

石。拉姆塞發現氦氣的報

告，雖早於克利夫和倫格

來忒研究完成以前，這二

位瑞士化學家，其實也是

元素的發現者。在事實上，倫格來忒最初所得的氦氣，且較拉姆塞所得者，更為純粹，所測原子量，結

果較為正確（13）、（31）、（32）。此外，各種分光測驗，都由泰倫（Robert Thalén）教授擔任

（47）。



圖二四四 克利夫氏像

(Per Theodor Cleve, 1840-1905)

烏普薩拉大學化學教授。諾貝爾化學獎金委員會主席。克利夫及其學生倫格來忒為地層氦素的獨立發現人。拉姆塞在他們研究完成以前即宣布發現。

氮 氫 氣

拉姆塞得助手特拉弗斯(Morris William Travers)相助，繼續進行其他惰氣的研究。特拉弗斯於一八七二年正月二十四日生於倫敦，一八九三年大學院(University College)得博士學位。畢業後，對於拉姆塞各種新奇元素的研究，發生熱烈的興趣，並信氮氫兩素之間，尙有發現另一新元素的可能性。此外另有二種新元素，原子量較氮氫爲高，亦有發現希望。

拉姆塞和特拉弗斯乃用燃燒法，在稀有礦石中尋覓其他新氣體，但試驗結果，均屬無效。於是進行第二步方法，在事實上，也是他們唯一的希望，就是擴散氮氫，若是可能的話，利用其密度不同而分成二部分。哈姆生(William Hampson)贈送的一研液體空氣，他們不用於氮氫的液化工作上，而用於作一切熟練技能的練習，以防試驗十五研氮氫時，發生損失的危險。此外，更小心謹慎，把液體空氣中殘餘部分，都貯存起來，希望其中含有多少高沸點的成分。大部分液體空氣沸騰而逃散後，遺留的殘體中，氧、氮二素依舊佔大部分，乃用燒紅的銅和鎂，移去最後殘留的氮氫和氧氣。



圖二四五 拉姆塞氏像

(Sir William Ramsay, 1852-1916)

蘇格蘭化學家和物理學家。他和累利伯爵，特拉弗斯共同發現氦、氖、氬、氪和氙五種惰氣元素。又作釷射氣原子量的驚人測定，為惰氣中最重的元素。

有一天，這位年輕的化學家，午飯後回實驗室。一位同事很興奮的問他：「特拉弗斯，這回該應有新氣體出來了。」他假裝着極有自信的態度回答：「當然就要有了。」於是拉姆塞和特拉弗斯，

動手檢查剩餘的二十五公分氣體，探知確爲惰氣後，立刻封入普律刻 (Plicker) 管連於感應圈，觀察牠的光譜。立見一條光亮的黃線，稍帶綠色，另有一條綠線，此線亦絕不和氫、氦、汞或氫等氣體的譜線類同 (14)。

他們於一八九八年五月三十日，發現新氣體，命名爲氦，含隱藏之意 (Heiden) (15)。那天晚上，作新氣體密度的測定，一直到十一點鐘，新氣體在週期表上的位置，恰在溴、銣兩素之間，他們真是興奮極了。這位年青化學家，第二天尚有科學博士的學位考試，幾乎也忘記淨盡了 (14)。

雖然，在週期表上，氦素無疑爲零組中的新元素，但並非他們所希望的那個元素。他們所期望的，應該氫氣中更揮發的那部分出來。他們繼續尋覓這較輕的氣體，用減壓下沸騰的液體空氣，圍繞氫氣，使氫氣液化後，再固體化，然後揮發氫氣，再收集最先蒸餾出來的那部分。這部分光譜，非常複雜，拉姆塞在記錄上這樣寫着：「這是最輕的一部分。有極美麗的光譜，紅的、淡綠的和紫的譜線。黃線非常鮮明，在高度真空下，依舊顯著，且有燐光現象。」 (16)

特拉弗斯說，檢驗那根含有最揮發氫氣部分的真空管時，他們胸中早已毫無疑義，深信管中，

已得另一新氣體，他說：

「從管中發出的深紅色光焰，已告訴牠自己的歷史，看過這景色的人，永不會忘記這種印象。過去二年中的奮鬥，真是值得，在全部研究完成以前，還有許多困難，尙有待於解決。新氣體的發現經過，有似一幕戲劇，這氣體的真實光譜，從未出現於世，但我們現在已看到牠的紅光了！」
(16)



圖二四六 特拉弗斯氏像

(Morris William Travers)

布里斯托大學名譽教授。班加羅印度科學研究院院長。合拉姆塞爵士爲氦、氖、氫三種惰氣的共同發現人。玻璃工程的權威學者。

拉姆塞十三歲的兒子威利 (Willie Ramsay) 問他父親：『你如何稱呼新氣體？我希望用 *novum* 一字代表。』父親贊成這個提議，他想若改用同義字 *neon*，發音較爲好聽，這就是一八九八年六月所發現的氣體，目下正式採用的名稱 (16)。每一條商業街道，有明亮而美麗的『霓虹』廣告，在晚上，現在大家可以看到這『深紅色的光焰』了，就是這美麗的光焰，使拉姆塞教授和特拉弗斯博士，當時感到深切的欣慰。

此後利用新式空氣液化機，他們製備了多量氫和氦，把氫翻覆分餾後，其中又分出一種更重的氣體，命名曰氦 (*Helium*)，奇異之意 (15)。氦於一八九八年七月十二日發現，封藏於真空管中，發射美麗的藍色光焰。

拉姆塞教授 (48) 天生一付稀有的幽默性格。有一次，談起他訪候哪噠化學家發根 (*Wage*) 的事，『他不大用德文講話，於是我改用古斯干的那維亞語 (*Norveg*) 來彼此對談，你須知道，那種語言，實在世人沒有幾個人能比我好，在那邊的土人，也沒有人比得上我，所以我們很順利的談下去。』又有一次，在一條戲言的紙條上寫着：『我作巴黎之行，三個比我更壞的惡鬼陪去的，律師……』

真像危險的化合物，三個律師和一個化學家放在一起……真像把 NO_2 投置世間，任何時都有爆發的可能。』（17）

在科學界，拉姆塞實在是最好的語言學者之一。在有學問的德國人面前，能完全用德語來演講；在一羣法國科學家面前，能用法語來演講。一九一三年，他在化學會國際聯合會議（International Association of Chemical Societies）任主席時，使世界各地代表，大為吃驚，無不愉快滿意。他先講英文，後講法文，再講德文，有時也用意大利文，無不流利自在。他非但長於各種語言，也極幽默，有時給家人的信上，用下面的語法：『Mi Car Dora,……To hab reeip veest Hir, ke ora mult facil a Compendar……』（17）

拉姆塞酷愛遊歷，興趣不退，對於蒙塔那（Montana）大瀑布的描寫，一般美國人讀來，或者會感覺有趣吧：

「這是一個完全開發的美麗小鎮。一般美國的城鎮中，電車是最顯著的東西。電線密佈，和我們的電車一樣，都是在高速度下行走，顯然不注意人命的重要，但肇禍的事也不多。我想，這或

者是合於適者生存的緣故罷，那些沒有喪失生命的人，都算是適者。行動最愛迅速，可與自由車爭勝。自由車當然到處皆是，散步的草地，也要用到牠了。」（17）

晚年，拉姆塞爵士在放射學方面的工作，公認較惰氣元素的發現，更見偉大。於一九一六年七月二十三日去世。較著名的累利伯爵，他的多年合作者，早故三年。

特拉弗斯博士，自一九〇六年至一九一四年止，任班加羅爾印度科學研究院院長（Indian Institute of Science, Bangalore），又是布里斯托爾大學（University of Bristol）名譽教授。一九二八年曾著『稀有氣體發現史』（The Discovery of the Rare Gases）一書。書中穿插儀器圖樣極多，又附印拉姆塞真筆原稿多頁，都從記錄簿直接移印（6）。

參考材料

- (1) "Report of the British Association for the Advancement of Science," 41, xci (1871). Quotation from Lord Kelvin.
- (2) Ramsay, "The Gases of the Atmosphere. The History of Their Discovery," Macmillan and Co., London, 1915, p. 144; Thorpe, "Scientific Papers of the Honourable Henry Cavendish," Vol. 2, Cambridge University Press, Cambridge, England, 1921, p. 193.

- (3) "History of the Cavendish Laboratory, 1871-1910," Longmans, Green, and Co., London, 1910, pp. 40-74. Chapter on "Lord Rayleigh's Professorship" by Glazebrook.
- (4) Ramsay, "The Gases of the Atmosphere," Ref. (2), p. 158.
- (5) Tilden, "Sir William Ramsay, Memorials of His Life and Work," Macmillan and Co., London, 1918, p. 12.
- (6) *Ibid.*, pp. 20-5.
- (7) *Ibid.*, p. 39.
- (8) *Ibid.*, p. 131.
- (9) Travers, "The Discovery of the Rare Gases," Edward Arnold and Co., London, 1928, p. 22.
- (10) Meyer, Ernst von, "History of Chemistry," 3rd English ed. from 3rd German, Macmillan and Co., London, 1906, p. 245.
- (11) Chamberlin, "The Gases in Rocks," Carnegie Inst., Washington, D. C., 1908, p. 8.
- (12) Tilden, "Sir William Ramsay, Memorials of His Life and Work," Ref. (5), p. 137.
- (13) Euler, "Ter Theoder Cleve," *Ber.*, 38, 4221-38 (Part 4, 1905).
- (14) Travers, "The Discovery of the Rare Gases," Ref. (9), pp. 90-1.
- (15) Ramsay, "The Gases of the Atmosphere," Ref. (2), pp. 251-5.
- (16) Travers, "The Discovery of the Rare Gases," Ref. (9), pp. 95-7.
- (17) Tilden, "Sir William Ramsay, Memorials of His Life and Work," Ref. (5), p. 62.
- (18) "Rare Gases of the Atmosphere. A Classic of Science," *Sci. News Letters*, 18, 70-2 (Aug. '25).

1930).

- (10) Ramsay, "The Recently Discovered Gases and Their Relation to the Periodic Law," *Science* **CN. S. J.**, **9**, 273-80 (Feb. 24, 1899); *Ber.*, **31**, 3111-21 (1898).
- (20) Young, C. A., "The Sun," 3rd ed., D. Appleton and Co., New York City, 1897, pp. 88-9, 259-60.
- (21) *Ibid.*, pp. 344-50.
- (22) Lockyer, T. Merry and Lockyer, Winifred L., "Life and Work of Sir Norman Lockyer," Macmillan and Co., London, 1928, 474 pp.
- (23) *Ibid.*, pp. 155-7.
- (24) *Ibid.*, pp. 266-91.
- (25) Ramsay and Collie, "Helium and Argon. Part III. Experiments which Show the Inactivity of these Elements," *Nature*, **54**, 143 (June 11, 1896); *Chem. News*, **73**, 259-60 (June 5, 1896).
- (26) Ramsay, "The Position of Argon and Helium among the Elements," *Chem. News*, **73**, 283 (June 19, 1896).
- (27) Lockyer, "On the New Gas Obtained from Urchinite," *Chem. News*, **72**, 4-5 (July 5, 1895); 271-2 (Dec. 6, 1895).
- (28) Crookes, "On the Spectra of Argon," *Chem. News*, **71**, 58-9 (Feb. 1, 1895); **72**, 66-9 (Aug. 9, 1895).
- (29) Crookes, "The Spectrum of the Gas from Claveite," *Chem. News*, **71**, 151 (Mar. 29, 1895); "The Spectrum of Helium," **72**, 87-9 (Aug. 23, 1895).

- (30) Rayleigh and Ramsay, "Argon: a New Constituent of the Atmosphere," *Chem. News*, **71**, 51-8 (Feb. 1, 1895).
- (31) Cleve, "On the Presence of Helium in Cleveite," *Chem. News*, **71**, 212 (May 3, 1895); *Compt. rend.*, **120**, 834 (Apr. 16, 1895). Letter from Cleve to Berthelot, Apr. 8.
- (32) Cleve, "Sur la densité de l'hélium," *Compt. rend.*, **120**, 1212 (June 4, 1895); *Chem. News*, **71**, 283 (June 14, 1895).
- (33) Reed, "A Prediction of the Discovery of Argon," *Chem. News*, **71**, 213-5 (May 3, 1895).
- (34) Boisbaudran, "Remarks on the Atomic Weights," *Chem. News*, **71**, 116 (Mar. 8, 1895); *Compt. rend.*, **120**, 361-1 (Feb. 18, 1895).
- (35) De la Rue, "Sur une méthode employée par M. Lockyer pour observer en temps ordinaire le spectre des protubérances signalées dans les éclipses totales de soleil," *Compt. rend.*, **67**, 836-8 (Oct. 26, 1868).
- (36) Janssen, "Indication de quelques-uns des résultats obtenus à Gandour pendant l'éclipse du mois d'août dernier, et à la suite de cette éclipse," *Compt. rend.*, **67**, 838-9 (Oct. 26, 1868).
- (37) Frankland and Lockyer, "Recherches sur les spectres gazeux dans leurs rapports avec l'état de la constitution physique du soleil," *Compt. rend.*, **68**, 420-3 (Feb. 22, 1869).
- (38) Rayleigh, "On the Relative Densities of Hydrogen and Oxygen," *Proc. Roy. Soc. (London)*, **43**, 356-63 (Feb. 9, 1888); *Nature*, **46**, 101-4 (June 2, 1892).
- (39) Rayleigh, "Letter to the Editor," *Sopk.* **24**, 1892; *Nature*, **46**, 512-3 (Sept. 29, 1892).

- (40) TRAVURS, "The Discovery of the Rare Gases," *Radi.* (3), pp. 1-7.
- (41) GLAZEBROOK, "Lord Rayleigh" *Sci. Progress*, 14, 286-91 (1919); J. J. T., "Lord Rayleigh" *Nature*, 103, 365-6; R. T. G., "Lord Rayleigh" 366-8; O. H. L., "Lord Rayleigh" 368-9 (July 10, 1919).
- (42) "Scientific Worthies. Lord Rayleigh" *Nature*, 70, 361-3 (Aug. 18, 1904).
- (43) MACHETERSON, "Astronomers of Today," Gall and Inglis, London, 1905, pp. 18-24. Chapter on Janssen.
- (44) LEBON, "Histoire Abrégée de l'Astronomie," Gauthier-Villars, Paris, 1899, pp. 141-4.
- (45) RAMSAY, "The Gases of the Atmosphere," *Ref.* (2), pp. 126-7.
- (46) ALLEN, E. T., "Pen. Portrait of William Francis Hillebrand, 1858-1925," *J. Chem. Educ.*, 9, 73-83 (Jan., 1932).
- (47) HASELBERG, "Biografier. Tobias Robert Thalen," *Kungl. Svenska Vetenskapsakademien. Årsbok*, 1906, pp. 219-30.
- (48) NEWELL, "Curiosities of Chemists as Contributions to the History of Chemistry," *J. Chem. Educ.*, 8, 2143-8 (Nov., 1931).
- (49) CHURCH, F. E., "Ramsen at the Turn of the Century," *J. Chem. Educ.*, 6, 1282-5 (July-Aug., 1929).
- (50) LOCKYER, T. M., and LOCKYER, W. L., "Life and Work of Sir Norman Lockyer," *Ref.* (22), pp. 41-2.

化學元素發見史

六二八

(51) Bøge, "Das Buch der grossen Chemiker," Vol. 2, Verlag Chemie, Berlin, 1930, pp. 250-63
Article on Ramsay by P. Walden.

第二十章 放射元素

一八九六年，發現鐳素。能够自動繼續放射光熱和其他一切放射物。居禮和其他許多學者，把這些驚人的現象，研究所得的結果，

揭發了四十種彼此互有關聯的放射元素。這四十種放射物，和鐳素本身一樣，都不穩固。在週期系統上，也並不佔據四十座位子，而僅擠在十個空位中。這樣許多『放射性的同性異質體』(radioactive isotopes)其所以存在，以及導源於鈾釷兩素等關係的說明，



圖二四七 居禮氏像

(Pierre Curie, 1859-1906)

索爾蓬大學物理學教授。和兄 (Jacques Curie) 合作，共同研究壓電。介紹相對性於物理現象中，作磁性為溫度函數之研究，並和夫人共同發現鐳，研究其特性。

索提 (F. Soddy)、腓揚斯 (K. Fajans)、羅素 (A. S. Russell)、夫勒克 (A. Fleck) 數人，都有獨立的貢獻和發見。放射元素的文獻，所包括的範圍既如此廣大，下面所記述的發現史，真是極不完全的片段鱗爪。

* * * * *

『錘不能用來使個人富貴。

這是一種元素，屬於大眾。』(1)

『現在我們也看明白了，原子本身，也絕無例外，

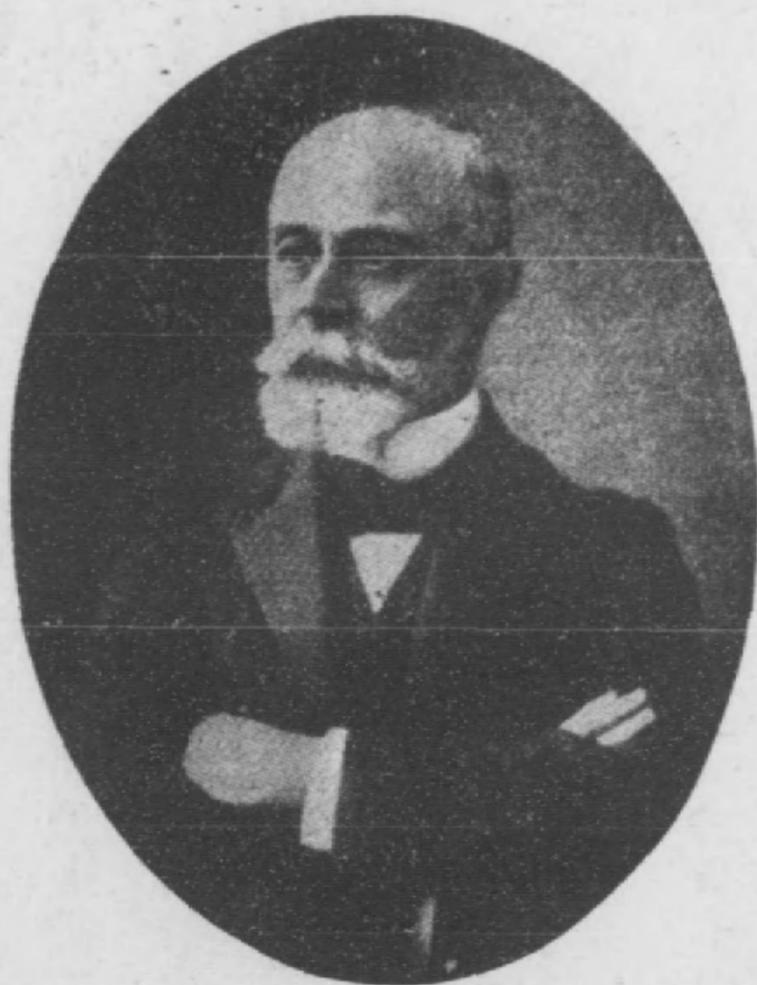
裂成散片，絕對容易；

在軌道上飛奔，片片飛散，面面開展，

毫無穩定的本性。』(2)

培克累爾 (Henri Becquerel) 出身於以科學聞名的家庭，一八九六年時，他注意硫酸鉀鈾一

類磷光鹽，在黑紙保護的照相底片附近，能使底片模糊而呈暗黑，無異於露光（51）、（58）。此後又證明一切鈾化合物，沒有磷光的也包括在內，都能發貫穿性的射線，這種射線，和X射線相同，能使照相底片變黑，附近空氣變成導體，驗電器上金葉子走失靜電而倒下。現在我們總算完全明白了，輻射共分三種：即 α 射線，由氦原子組成，每原子各帶兩單位正電； β 射線，由一流負電子組成；第三種為 γ 射線，這是由波長極短而貫穿力極強的輻射所組成。



圖二四八 培克累爾氏像

(Antoine-Henri Becquerel
1852-1908)

法國物理學家及工程師。鈾射線的發現人。對於旋轉磁偏光、磷光、紅外光譜及放射學作重要研究。其祖父恩吐寧 (Antoine César Becquerel 1788-1878) 及其父亞力山大 (Alexandre-Edmond Becquerel 1820-91) 對於化學物理亦均有貢獻。

放射科學之所以能迅速發展，當歸功於居禮夫婦二人光榮的貢獻和燦爛的工作。居禮（M. Pierre Curie）於一八五九年五月十五日，生於巴黎，即由父母親自教育。天性好遊，時作鄉村遠行，所以這個生長於城市的孩子，一向和自然界有接觸的機會，他喜歡收集動植物的標本，能細心觀察默想。在理化學校讀書時，適舒會柏革在該處任實驗室主任，即作冷凝器、磁學、壓電（piezo-electricity）和自然界對稱定律等研究。一八九五年得索爾遜大學理科博士學位，舒會柏革就替他另設了一個物理學講座（3）。

居禮夫人名馬利（Marie Skłodowska）為華沙中學數理教授斯羅杜基（Skłodowski）（註一）博士女，生於一八六七年十一月七日。母親亦極有才藝，不幸早逝，因此這位小女，在父親的實驗室中，生長成人，並親自教導。不久她為熱愛祖國之心所驅使，加入學生所組織的祕密團體，設夜校，教育工農大眾，但是在祖國，作高深研究的機會，絕少希望，躊躇再三，決意遠離親愛的祖國，乃有巴黎之行。

（註一）女性語尾用 - owa，男性用 - owski。

四年大學生活，盡在寒冷的屋頂小室中消磨，禦寒的煤炭，須親自搬上六層的高樓，酒精燈上，自煮簡單的飯食。這就是她在大都會中的最初生活，後來終她一生，都家居於斯（4）、（68）。入索爾蓬大學後，不久就得著名數學物理學家霸恩卡累（Henri Poincaré）的賞識，盛贊才能兩備，利普曼教授（Gabriel Lippmann）對於她的研究，亦深感興趣。

她和居禮，最初的會

面，是在巴黎某波蘭物理學家的家中。以後不論在科學上、社交上、以及信仰等各方面，彼此趣味相同，頗稱莫逆，因而漸生敬仰之心，使居禮說出這樣幾句話：「……這……將是



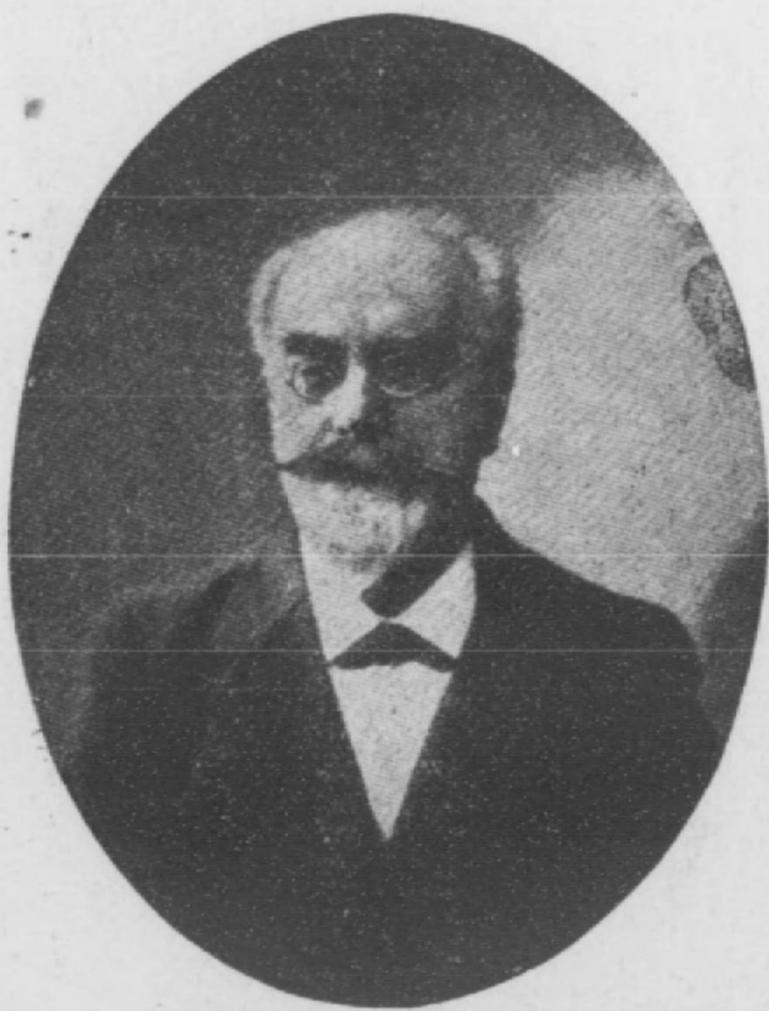
圖二四九 霸恩卡累氏像

〔(Jules) Henri Poincaré, 1854-1912〕

法國數學家、物理學家及天文學家。在數學分析、分析力學、天文力學、數學物理、科學哲理方面多量而多才的著作家。

一件極美麗的事，我自己也
難敢相信，倘把我們二人的
生命，共同沈醉於我們的夢
境中：你對於祖國的夢，我們
對於人類的共同美夢，以及
對於科學的共同好夢。」一
八九五年，舉行婚禮。舒曾柏
革從中設法，使二人在同一
實驗室工作。對於科學，他們都有一片忠誠信心，有一次居禮說：『我娶得的妻子，真是天賜於我，一切盡如我願。』（15）

鈾和鐳 (polonium, radium)



圖二五〇 利普曼氏像

(Gabriel Lippmann 1845-1921)

巴黎大學數學物理教授。微管靜電器和直接有色照相法的發明人。利普曼教授預述結晶中的壓電現象，居禮弟兄最先用實驗證明。

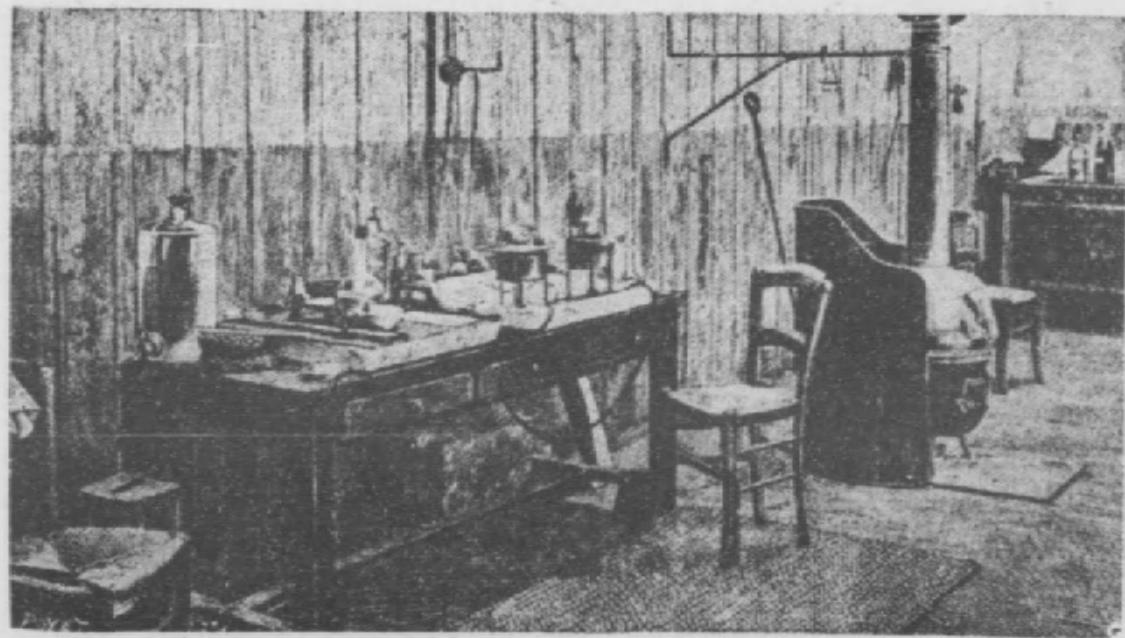
居禮教授，繼續作結晶的生長研究，年輕的妻子，則整備她的考試。她提出的博士論文，許多化學家公認為極有價值的著作。卒業後，即繼續培克累爾開始的研究工作，把大部分已知元素，包括從馬爾賽和烏班處借來的一部分稀有元素，對於驗電器金葉子的放電能力，一一加以試驗。其結果，探知僅限鈾鈷兩類化合物，能使金葉子倒落（26）、（54）、（55）。明斯忒（Minster）大學的物理學教授斯密特（Geshardt Carl Schmidt），亦為鈾素放射現象的獨立發見人（25）。

但尚有較此更有意義的發現。按居禮夫人的觀察，有某種鈾鑛石，名鈾鑛瀝青（pitchblende），其活潑性能，較其含鈾量而推算者，要超出四五之多（24）。因此她下一個結論，認為在此鑛石中，除鈾素外，尚含另一種放射元素，但是鑛石成分，早已分析明白。於此足見活潑的新元素，含量絕低，而必活力最強。因此研究時，必需用大量鈾鑛瀝青，把複雜的成分，作精密而澈底的分析。她在實驗時，所用的大量鑛石，由奧大利政府供給，都從普希密阿（Bohemia）的約阿希姆斯塔爾（Jachimobald）鈾鑛運來。

居禮夫人，乃用驗電器把各部分一一加以檢驗，一種極活潑的東西，終用鈾素分離而發現了。

到一八九八年，自信確為新元素不誤後，命名作『針』(Polonium)用以紀念祖國(27)、(65)。此元素，又稱『鐳F』。柏林的麥克華特(Willy Marckwald)博士，曾於一九〇二年時，把一塊磨光的鉍片，浸在鈾鐳瀝青的鉍溶液中，鉍片上即生一層金屬性澱積。他稱為放射碲(radiotellurium)，以後證明，和居禮夫人的針素，完全相同(6)、(29)。

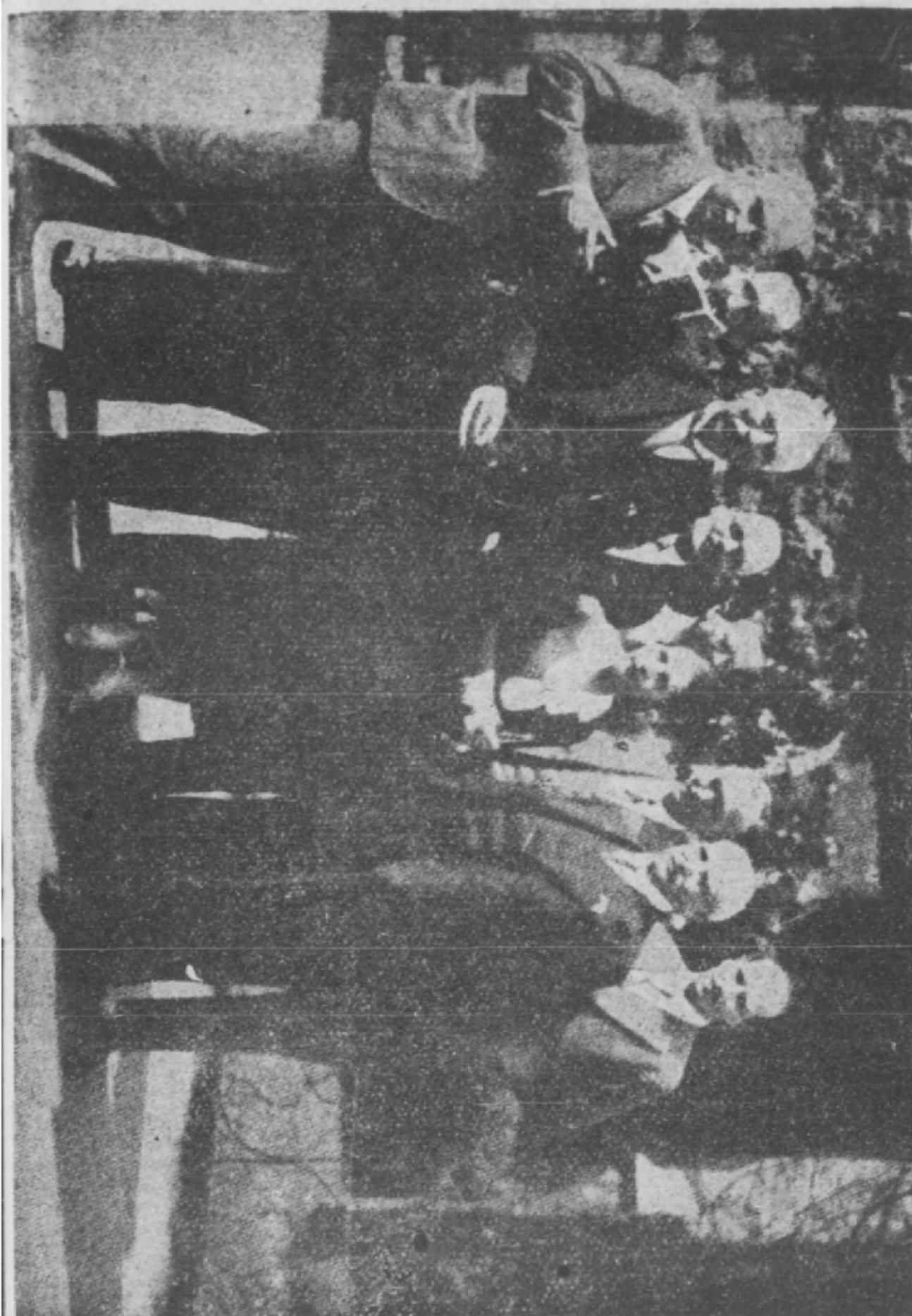
對於鐳、釷、錳(即新鋁、新硼和新矽)三種新元素的發現，門得雷耶夫發表評述後，復於一八九一年謂『我預料此外尚有新元素發現，但是我自己也還不十分清楚，不如以前那樣確切明白，我不妨舉個例，』於是他開始描述『新碲』，原子量約在二一二左右。針素極像新碲，原子量確在二一〇左右，或者這就是門得雷耶夫的新碲罷。



圖二五一 居禮夫婦發現鐳素的實驗室

居禮夫婦得培蒙 (M. G. Bemone) 相助，選用氯化鉍，做了許多煩複的分離工作，發見最難溶的部分，最富放射性能。由實驗所得經驗，居禮夫人漸知放射現象，為原子特性的一種，全賴所含活潑元素量多少而顯強弱。根據此項理由，遂揣擬其中尚含另一種活潑新元素，把有放射性的氯化鉍交給得馬爾賽，請他作分光檢驗。經他檢查後，在光譜的紫外部分，探知除平常各種線譜外，尚有一條新線，在放射現象較強的製品，新線也較清楚，因此，分離工作，繼續不斷的推進，鉍素的譜線就漸漸變淡 (23) (28) (52)。

在追尋這新元素的時期內，居禮夫婦，時常幻想着一切，新元素的各種鹽體，其外觀如何，疑慮中充滿着希望，希望鹽體都有美麗的顏色。但是他們最後所發現的氯化鏷，作白色，比他們的夢想，真要美麗得多。在黑暗處，發射白熱之光，原來鏷素和磷素相同，都屬發光體。這種奇怪的特性，造成了他們驚喜和愉快的泉源，真像布郎特和孔柯爾二人，對於磷素的感覺一樣。居禮夫人寫道：『晚上到實驗室去，變成我們樂事之一，舉目四望，藏我們製品的小瓶小管，都發着微弱的白光，這真是一種可愛的奇觀，發光的小管，看來真像微弱的鬼火。』(8) (60)。



圖二五二 (自左至右)

後行海佛西(G. V. Hevesy)該革(H. Geiger)查德威克(J. Chadwick) 潘齊柏拉姆(K. Przibram)白尼斯(F. Paneth) 前行罕(O. Hahn)拉拔福特(Lord Rutherford)邁特納爾(Lise Meitner)邁耳(Stefan Meyer)

新物質取名曰鐳 (radium)，射線生出者的意思；誠然，假使沒有這種特性，這新元素至今恐怕還列在未知者中呢。鐳素雖有極明顯的光譜，但在測探時，靜電計法 (electrometer) 實較分光法，靈敏五十萬倍之多 (9)。

烏班教授有一次說：

「我實在得天獨厚，親眼看見鐳素的誕生。我的先生居禮，賜給我無比的光榮，對於我，友善而有信任心。居禮夫人，像男子一樣，在困難中操作大量的鈾鐳瀝青，我親眼看見第一次分出的鉞鐳二素的溴化物，又在鐳素光譜看到以前，已見鐳質的結晶，



圖二五三 居禮夫人像

(Mme. Marie Skłodowska Curie
1867-1934)

巴黎大學放射學教授。與其夫居禮先生合作，發現鐳與鉞二元素，樹立放射科學。

在暗中發光。每個星期日，我和倫克因 (Langevin)、培賴 (Perrin)、得比爾納 (Debiene)、科頓 (Cotton)、索格納克 (Sognac) 等，總到居禮的小家庭去。這所小小家庭，漸漸變成一座親熱的學院了。這裏的主人，帶着慣有的樸質和真誠，發表意見，並且極謙遜的和我們討論一切……。」

(24)

俄斯特發爾特 (Wilhelm Ostwald) 先生，在自傳中，關於鐳素誕生地的訪問記中，有如下的一節：

「在不久之前，發現鐳素的那所居禮實驗室，經我懇切請求後，終允准我入內一看了。居禮夫婦等，都已出外遊歷。在馬廐和洋山羊地之間，實驗室作一十字形，若非在工作檯上，看到化學儀器等器械，我一定會感覺，這件新聞類於戲言了。」(10)

一九〇三年，居禮受大勳章 (Lagion of Honor) 時，他寫道：「我請求你向部長道謝，並且告訴他，我毫不需要裝飾品，我亟要一所實驗室。」話雖如此說，在這所陰沈的老屋中，居禮夫人每一回顧，在此多年的生活，總感覺在一生中，要算「最佳也是最快樂的時代。」(8)

鈾系

一九〇〇年，克盧克斯爵士製得溶液一種，內含鈾鹽和少量鐵鹽，加過量氫氧化鈉和碳酸鈉的混合溶液後，最後所得氫氧化鐵沈澱，有高度放射性能。這種和鐵同時沈澱的新元素其放射性，加以一番研究後，他說道：『爲明白起見，應該取個名。在未清楚明瞭以前，暫稱 U_{1X} ——卽鈾中的未知物。』(30)目下通稱爲鈾 X_1 ，後來我們知道，世間有二種鈾質，分稱鈾 1 和鈾 2 (12)(48)(81)。

一九一三年，腓揚斯和客斯羅 (Karsruhe) 的哥玲 (O. H. Göhring) 二人證明，鈾 X_1 在放射 β 射線後，蛻變成壽命極短促的生成物，以前通稱爲鈷 (brevium) (11)(48)，現已改稱爲鈾 X_2 。自一九一七年以來，腓揚斯任明興大學物理化學教授，一九三〇年，曾往康乃爾大學 (Cornell University) 作短期演講 (70)。他是居禮夫人的同鄉，同是華沙人。門得雷耶夫於一八七一年，曾預述鈾 X_2 ，『在第五組第十二系 $Th = 231$ 和 $U = 240$ 間第三空位上，應有新元

素的原子量約在235左右。能成氧化物 Pu_2O_5 (71)。

鈾 X_1 放射二種 β 射線，所以產生二個放射性物體，分稱鈾 X_2 和鈾 Z (17)。罕教授 (Otto Hahn) 至一九二一年始發現鈾

Z，為鈾系中的支族，鈾 X_1 在蛻變時，生鈾 X_2 達百分之九九·六五，而鈾 Z 僅佔百分之〇·三五。

罕教授 為美因河邊法蘭克福人，早年的放射學工作，都和拉姆塞合作，以後的研究，都和邁特納爾 (Lise Meitner) 小姐合作。他是德國原子量委員會委員，兼柏林—達倫 (Berlin-Dahlem) 國立威廉化學研究院院長。邁特納爾 小姐，維也納人，為院中研究員。



圖二五四 腓揚斯氏 像

(Kasimir Fajans 1887-)

波蘭物理學家、化學家。明興大學 物理化學教授。與哥玲 合為鈾 X_2 (鉍) 的發現人。一九一三年，與索提 同時發現週期表上元素放射 α 及 β 射線的放射換置定律。

此外，此系中尚有一位第六號元素，通稱爲鈾 Y (46)、(50)、(56)、(59)。一九一一年時，爲安托諾夫 (G. N. Antonoff) 所發現，此人前在曼徹斯特大學從拉忒福特爵士 (Sir Ernest Rutherford) 工作。後歸聖彼得堡。鈾 Y 和鈾 Z 相同，同屬本系支族。案提承認安托諾夫 的成功，不在所用的特別化學法，而在「各種分離的操作上，時間適當而縮短。」(75) 所以在鈾系中，鈾 1 分裂而成鈾 X₁，鈾 X₁ 再繼續蛻變而成鈾 X₂，鈾 Z，鈾 2 和鈾 Y，共計六種。

鐳系

一九〇七年，耶羅 (Yale) 大學新近故世的普爾特武德 (Bertram Borden Boltwood) 教授，發見新元素鈾 (Ionium)，以後證明，這新元素就是鐳素的母體 (39)。普爾特武德 教授，曾漫遊明興、來比錫、曼徹斯特、新黑文 (New Haven) 等大學，飽學而歸，他是熟練的實驗專才，富有同情心的教師，具上流人的風度。首先證明鈾、鈾和鐳三者之間，有系族的關係 (13)。此外鈾素同時亦爲罕和麥克華特 二人所獨立發現 (14)、(73)、(77)。



圖二五五 普爾特武德氏像

(Bertram Borden Boltwood
1870-1927)

耶魯大學化學及物理學教授。鐳素的母素釷的發現人。在同時鈾素亦為罕及麥克華特獨立發現。

這一系中，鐳是第二位元素。分離的工作，最為困難，還有損失的危險。到一九一〇年，居禮夫人和得比爾納合作，終告成功，製出發光的白金屬，後因研究上需要並方便起見，並不保存其金屬體。鐳和其他放射元素，完全相同，能自動繼續蛻變成低原子量的元素。居禮夫婦又發見，空氣和鐳化合物接觸後，也變成放射物。對於這個有趣的現象，多爾恩 (Friedrich Ernest Dorn) 於 1

九〇〇年首先作合理的解釋。他於一八四八年七月二十七日生於東普魯士的哥盧太脫(Guttstadt)。卒業於刻尼格斯堡 (Königsberg) 大學，後在達姆斯塔特和哈雷 (Darmstadt, Halle) 二處，任物理學教授多年。他證明鐳素能生氣體，蛻變生成物(15)、(37)。初稱鐳射氣 (radium emanation) 或作 niton，但因導源於鐳素，現已改用氣 (radon) 一字代表。拉姆塞以前發現貴族氣體族 (即惰氣元素族——譯者注)，氣就是這一族中的末位元素(62)。一九一〇年，拉姆塞和格累 (Robert Whytlow Gray) 測定密度，證明在已知氣體中，這是最重的氣體(91)。

一九〇四年，蒙特累奧爾 (Montreal) 城馬克歧爾 (McGill) 大學布盧克斯小姐 (Harriet Brooks) 研究『短壽的活潑澱積』，凡露置於氫氣中的物質，表面上都生一層薄面(43)。索提譬喻這種現象為『一種繼續的風雪，慢慢用不可見，不能稱，然而放射性極強的澱積，籠罩一切表面』。(83) 拉忒福特就根據自己和布盧克斯小姐的研究結果，下一結論，氣素能生成三種連續蛻變物，即鐳 A、B、C。這三種新元素，現在都已發見，且已分離成功。此外從『壽長而活潑的澱積』中，又另外發現三種新元素，分稱鐳 D、E、F (即針)，這三者都是再蛻變後的生成物(11)、(53)。



圖二五六 布盧克斯小姐(註)

(Miss Harriet Brooks)

(比德區夫人)

一九〇二年拉忒福特和布盧克斯小姐研究各種 α 射線的透射力，並最先用擴散法決定氦的密度。因此項研究，得以發現鐳A、B、C。本照片為小姐在馬克歧爾大學得理學士學位後所攝。

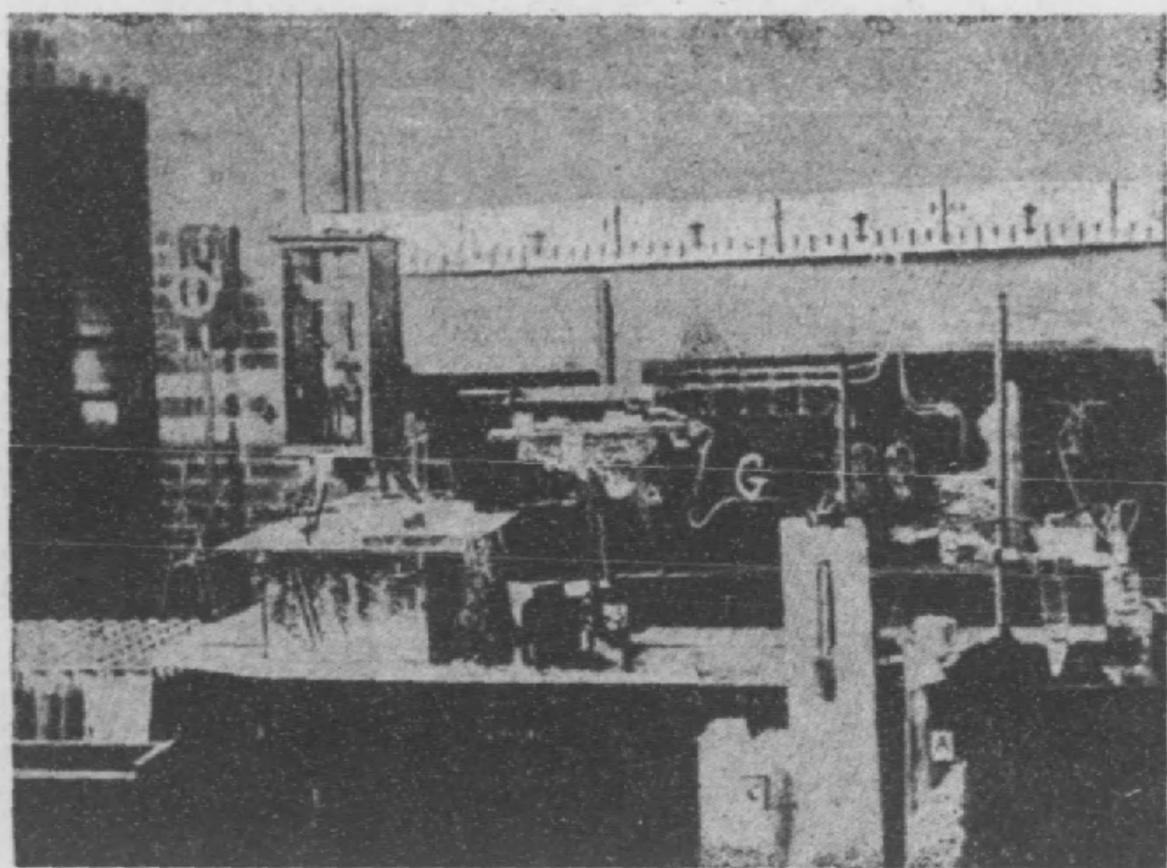
六四六

(註)一九三三年四月十七日聯合新聞社載比德區夫人在蒙特累奧爾城的死訊。

拉忒福特爵士，於一八七一年生於新西蘭的納爾孫(Nelson)，卒業於新西蘭大學和劍橋大學，一八九八年回加拿大，任馬克歧爾大學物理學教授，前後九年。放射學方面的研究，極多貢獻，旋升任曼徹斯特大學物理學教授，次年得諾貝爾化學獎金，至一九一九年，即升劍橋大學教授職

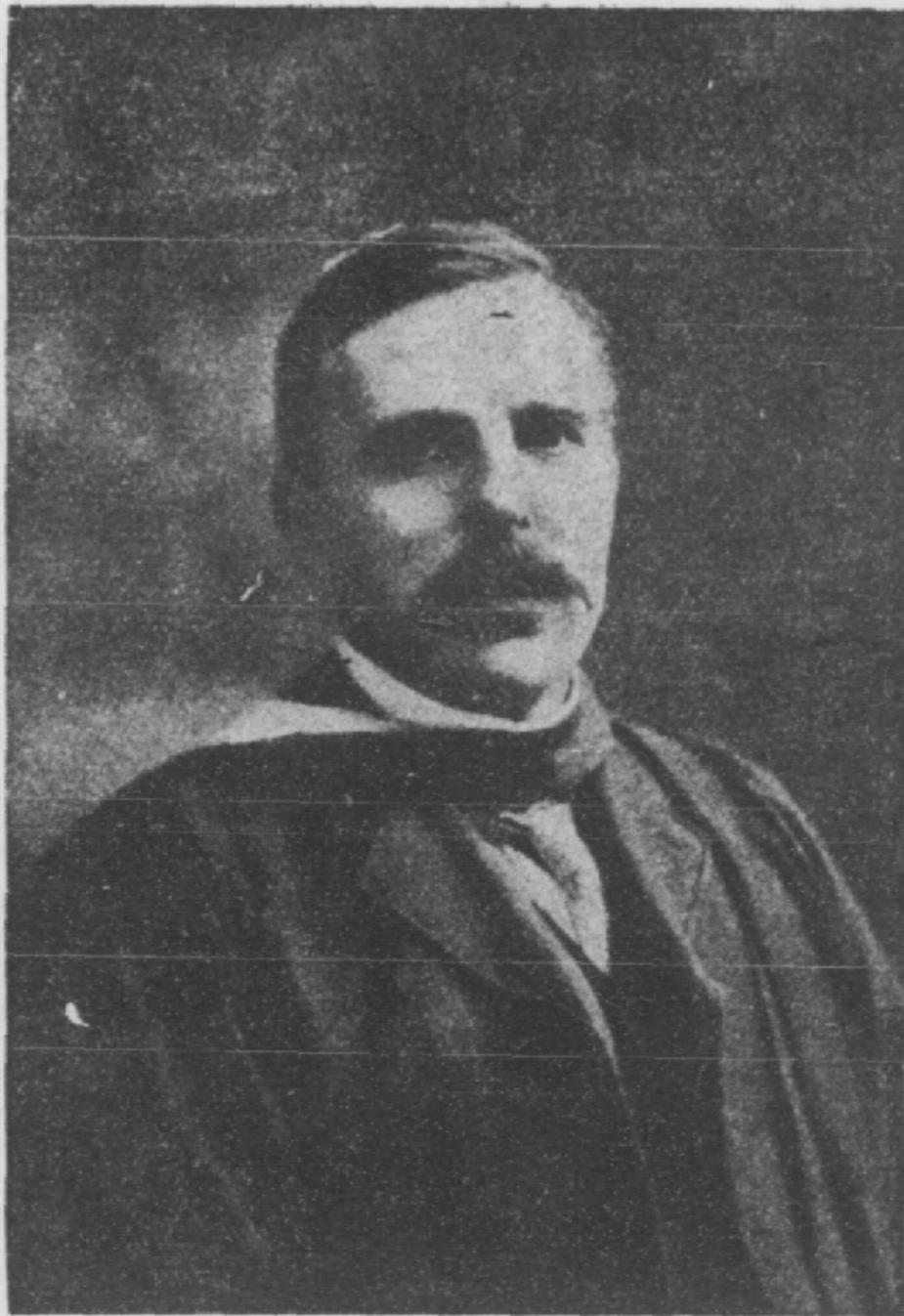
(72)。

罕、邁特納爾(82)和腓揚斯(33)三人，發現鐳C蛻變而成鐳C'和鐳C''二物。和夫曼(K. A. Hofmann)和司特老司(Edward Strauss)於一九〇〇年發覺鐳D和鉛相像，後來考查結果，探知彼此不能分離(38)。挨爾斯忒(Elster)和該太(Geitel)在『射鉛』(radiolend)方面，曾作開路的研究，射鉛中，鐳D為主要的成分(42)。



圖二五七 可克斯(Cox)教授在馬克歧爾大學麥克唐納物理館作液體空氣演講時鐳射氣凝結的裝置，時在一九〇二年十一月六日。

拉忒福特和索提在本圖中所見之原來線圈，鐳射氣最先凝結於其上者，至今保存於馬克歧爾大學物理館。原圖有索提題名F. S. 二字。麥克唐納物理館為拉忒福特和索提最先證明放射元素能自動蛻變處。



圖二五八 拉忒福特爵士像

(Sir Ernest Rutherford 1871-)

麥克歧爾、曼徹斯特、劍橋三大學物理學教授。分辨放射物的三種放射，設計計數 α 質點，並決定原子核中自由正電子數。

和夫曼在明興時代，始交識培頁 (Adolf Baeyer)。挨爾斯忒 (Julius Elster) 於一八五四年十二月二十四日，生於德國布蘭肯堡 (Blankenburg)，求學於柏林和海得爾堡二大學。一八八一

年起在佛爾芬彪泰爾 (Wolfenbüttel) 中學開始教育事業，服務該校前後達四十年之久，得友該太 (Hans F. K. Geitel 一八五五——一九二三) 幫助，合作極多有價值的研究。例如證明尋常鉛質的放射現象，並非鉛素本身的特別性質，實因雜有少量放射物所致。古舊的鉛器，不復含留鐳 D，所以也不顯放射性能 (85)。埃爾斯忒 教授於一九二〇年四月八日卒於佛爾芬彪泰爾。

凡是來源不同的鉛素，原子量就一反常情，彼此各不相同。拉姆塞、索提、腓揚斯和布累的克 (George Bredig) 諸人，對於這一個反常的問題，都有極濃厚的趣味。腓揚斯且派他的助手雷姆堡 (Max E. Lemberg) 到美國和哈佛大學已故的利查茲 (Theodore William Richards) 先生合作研究 (67) (78)。腓揚斯且供給利查茲教授含鉛的放射性鑽石，以助研究。錫蘭、科羅拉多 (Colorado)、英格蘭、哪噠和苦希密阿各地的鑽石，經過一番研究後，利查茲和雷姆堡於一九一四年發表論文，報告鑽石中原子量較平常公認的二〇七·二要低得多 (16) (78)。維也納另有二位科學家，即荷尼盧米特和花路末次 (O. Honigschmid, Mile. Stephanie Horowitz) (79)，此外尚有麻利斯 (Maurice Curie) (92)，這三位都獨立同時發表類同的結果。



圖二五九 利查茲氏像

(Theodore William Richards
1868-1928)

哈佛大學吉勃研究所 (Walcott Gibbs Memorial Laboratory) 所長。他的原子量測定法，至今尚無人超過其精密度。發現放射鑽石中鉛素各種反常原子量。

這兩種不同的鉛，目下通稱為同位元素，或稱不分離元素。在週期表上，佔同一位子，原子量和放射特性，也各不相同。所以嚴格說來，研究放射學的結果，僅揭發了五種有顯著物理和化學特性的新元素：即針、釷、鐳、錒和鈾 X_2 。一切其他『放射元素』在週期表中，祇能依序歸入前面五個位子內。

得比爾納，是一位青

年化學家，曾在夫利得爾 (Friedel) 處任製造助手，也是居禮夫婦的好朋友。到一八九九年，發現一種新放射元素，他把氫氧化銨加於鈾鐳瀝青的溶液中，新元素就和稀土同時

沈澱 (40)。取名曰錒 (actinium)。一九〇二年，其塞爾 (F. Giesel) 也獨立發現錒素，他利用鐳和鈾來分離，取名曰 emanium。

錒系最像鐳系。其塞爾和哥德來斯基 (T. Godlewski) 於一九〇四到一九〇五二年中，各自獨立在工作時發現錒 X。在含錒和鐵二素的溶液中，加過量碳酸銨後，錒 X 就和氫氧化鐵同時沈



圖二六〇 克朗斯登博士像

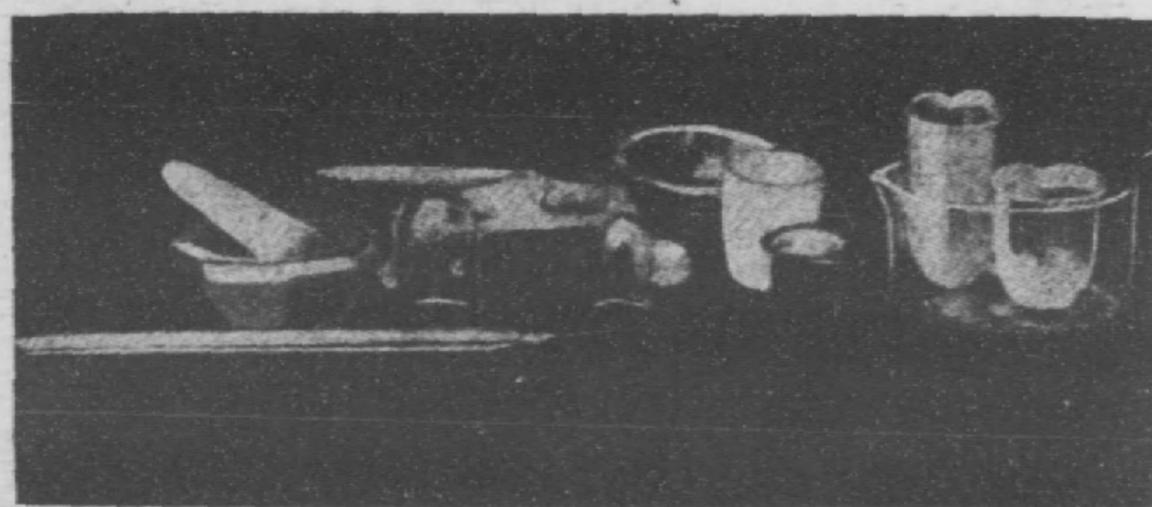
(Dr. John A. Cranston)

化學工業會評議會會員。格拉斯哥分會會長。和索提合作在放射學上有重要貢獻。鈾素的獨立發現人，此即門得雷耶夫預述的新鉅。

澱(41)(44)

其塞爾(一八五二——)多年來在布朗特威克(Braunschweig Buchler)公司的規寧工廠任化學師。早年分析過多量放射性鑽石，都慨贈錳素給全世界的研究學者(56)。

哥德來斯基爲著名植物生理學家愛福爾·哥德來斯基(Emil Godlewski)幼子，於一八七八年正月四日，生於波蘭的雷姆堡。自在克累科(Cracow)的古雅該羅寧(Jagel-Ionian)大學卒業後，即往斯托克荷爾姆從阿累尼烏斯(Arrhenius)研究一年。繼往蒙特累奧爾從拉忒福特爵士研究一年，把研究所得結果，發表了三篇關於放射學的論文。回波蘭後，任雷姆堡高等工業學校校長兼物理學教授。此後



圖二六一 格羅塞博士(Dr. Aristid V. Grosse)作鈾素研究時所用的儀器。

其下有一極的長度表，用以顯示儀器之細小無比。

即繼續在放射學和電化學方面工作，不幸天不假壽，中年夭逝，於一九二一年去世。致死之因，公認由實驗室內煤氣走漏，因而中毒（89）。

到一九〇六年，罕教授發現錒素和錒X之間的射錒（45）。這錒射氣，又稱錒（actinon），和氮相同，為惰氣的一種。此外，其塞爾和得比爾納也獨立發現（40）、（41）。除上述各元素外，這一系中尚有錒A、B、C、C'、D六種元素，和鐳系各元素，完全相似，可依此類推（43）、（64）。在鈾、錒、錒三系之間各元素，普爾特武德證明，尚有系族關係。到一九一五年，索提和希欽（A. F. Hitchins）小姐且測計純粹鈾製物中鐳素的急速生長率（39）、（57）。

釷系

釷系顯然和前面三系分立。一九〇五年，罕氏得拉姆塞爵士指示而工作時，在錫蘭產的方釷石（thorianite）和殘餘體中，發現射釷（radiothorium），二年後，他證明新釷（mesothorium）為中間蛻變生成物（19）、（35）、（36）。

但是鈾鹽的放射現象，反比鑽石爲小，普爾特武德（93）因此疑心，一部分射鈾精製時或已逃失。又假定射鈾直接由鈾而來，他計算射鈾的半期壽命，至少應該六年，但罕氏由實驗所得結果，僅見二年。因此他又假定，在鈾和射鈾之間，另有一種未知的無射線物存在，這種新鈾，在精製手續中，易從鈾中分出。



圖二六二 羅素氏像

(Alexander Smith Russell)

蘇格蘭化學家，發現元素原子量受 β 射線變化的影響。牛津大學無機化學講師。在格拉斯哥索提實驗室，柏林納恩斯特 (Nernst) 處，曼徹斯特拉忒福特等處作化學研究，多半在放射學方面。他的著作，包括研究論文、文學作品和放射化學書一冊。

他發現新製的鈾鹽，自常度放射能，逐漸降至最低時，須四·六年之久，因而計算出這未知的新鈾，其半期壽命，應有五年。後來芝加哥大學的二位化學家，馬克堪和荷累斯（Hubert Newby McCoy, William Horace），都證明預言不誤。新元素，初稱新鈾，現已改稱為新鈾1（20）、（63）。所以要改名的緣故，因為罕教授以後發現，新鈾1，又能蛻變成短壽命的新鈾2。索提對於新鈾1貢獻極多，後來又伸引成放射同位素學理，因此得諾貝爾獎金（60）。



圖二六三 夫勒克氏像
(Alexander Fleck)

放射同位元素研究論文的著作人。證明鐳 X₁，和從鈾，鈾B來的射鋼，從鉛來的鋼B，從銅來的新鈾2，從鉍來的鐳E，從鈾來的鐳A皆不可分離。又證實腓揚斯和哥玲所發現的鈾 X₂。現在卜內門公司工作。

新鈾1的代價低廉，在醫治上和夜明錢面的製造上，時常替代鐳素。從獨居石沙的副產物，提製新鈾1的商用法，一向保守秘密；自從索提和麥克華特二人，獨立發現二元素的化學特性，完全相同後，即採用鈾鏷瀝青中鐳素提製法，以收新鈾1（84）、（94）。

一九〇二年，拉忒福特和索提，加氫氧化銨於鈾溶液中，濾去氫氧化鈾沈澱，然後把不含鈾的濾液蒸乾。銨鹽熱解後，發現剩下的殘餘物，比原來的鈾鹽，更富放射性（18）。根據此點，引成鈾系另一新元素的發現，稱之曰鈾X。

俄恩斯（R. B. Owens），為馬克歧爾大學電機工程麥克唐納紀念教授，他和拉忒福特發現另一種射氣。原來鈾化合物在無蓋器中，露置於空氣後，放射現象就變化不定，把這件反常的事，細加一番考究，發覺鈾質能放出氣體一種，取名曰氡（thoron）（21）、（31）。氡氣為氣氣和氫氣的同位素，也是最早發現的放射氣體（20）。

該革（Han Geiger）教授和馬斯頓（E. Marsden）最先注意氫氣發射的 α 粒點放射時，間隔極短，好像含有二種東西。拉忒福特的預言，畢竟不錯，他們探明這種奇異的行爲，實因氡尚有

一種短壽命的蛻變物，取名曰鈷A（80）。該革生於德國那斯塔特（Neustadt），游學於埃爾蘭根（Erlangen），明與和曼徹斯特各著名大學，現任沙爾羅頓堡（Charlottenburg）鐳學研究所所長。

鈷A能迅速蛻變成另一短壽命的鈷B，拉忒福特又證明，鈷B能自動再蛻變成鈷C（53）。



圖二六四 俄恩斯氏像

(R. B. Owens)

一八九九年察見，充體積空氣，曝露於鈷化合物射線，將空氣通過其儀器時，游離電流減至最低度。後來拉忒福特證明，此現象實由鈷射氣放射時所致，現稱氫。此像攝於一九一〇年，俄恩斯教授在麥克歧爾大學時代。

劍橋大學紐那姆 (Newnham) 學院巴忒斯特 (Bathurst) 教授的門徒斯雷忒小姐 (J. M. W. Slatte), 在鉛封的白金線上, 把混合物熱到攝氏七〇〇度時, 白金線上的鈷 B (註一) 盡行氟化, 然後再凝在冷鉛圓筒上, 到攝氏一〇〇〇度時, 白金線上僅留下純粹的鈷 C (32)。

(註一)一九一一年前, 今日通稱爲鈷 B, 鈷 C 二素, 其時通稱爲鈷 A, 鈷 B。

馬斯頓和巴累特 (Thomas Barlett) 罕和邁特納爾, 二方都獨立證明, 鈷 C (註一) 分裂而成鈷 C' 和鈷 C'' (20) (34) (76)。這一系中, 鈷 D 爲末位元素, 亦稱鈷鉛。索提所稱『元素演化的莊嚴行列』至此告終 (57)。所以鈷蛻變而得下列各物: 新鈷 1、新鈷 2、射鈷、鈷 X、氫以及鈷 A、B、C、C'、D。

(註一)見前。

至於放射性同位元素, 羅素、索提、腓揚斯三人, 於一九一三年頃, 都獨立有所說明 (90)。格拉斯哥大學的夫勒克, 曾化三年光陰, 把放射元素的化學特性, 作澈底的研究, 索提因而歸納成下列的規則: 一個有 α 射線生成物的元素, 其化學特性和週期表中族組比母元素低二級的元素諧合。



圖二六五 索提氏像

(Frederick Soddy 1877-)

格拉斯哥，阿伯丁，牛津三大學教授。放射學及經濟學書的著作者。證明放射元素，成射 α 質點後，在週期表的位置即向左移二位，放射 β 質點後，向右移一位。定規則，用以說明放射同位元素，又獨立為羅素、夫勒克、腓揚斯所發現。

格拉斯哥大學卡內基 (Carnegie) 研究員羅素 (A. S. Russell)，不久就發現下列附則：有 β 射線生成物的元素，其化學特性和族組，比母體大一級的那元素相和合。

例如， α 射線變化時，或帶二正電荷的氦原子射出時，原子序數（即元素在週期表中序數）降低二位，而原子量降低四位；但在 β 射線變化時，或負電放射時，原子序數增加一位，而原子量則

全部關係，都給羅素、腓揚斯、索提、夫勒克和其他諸人，研究而發明，其關係已撮合於前表。

到此我們可以清算一番，放射性同位素，銨有三個，鉛有七個，鉍有四個，針有七個，惰性放射氣體有三個，鐳有四個，銻有二個，釷有六個，新釷有三個，鈾有二個。

一九〇三年，居禮夫婦和培克累爾，同得諾貝爾化學獎金。居禮家庭中，共有二位天真爛漫的



圖二六六

居禮夫人及其長女若利德夫人
(Mme. Irène Curie-Joliot)

若利德夫人關於放射元素，刊印論文極多。大戰時，雖芳年尙輕，助母在軍中爲傷者作放射物治療。其夫若利德博士，現在巴黎鐳學研究所，二人合作中子特性的表演。

小女兒活潑可愛，充滿着幸福。二位才藝雙全的父母，滿懷希望，方期畢生努力科學。無奈好夢難圓。一九〇六年四月十九日，居禮教授橫跨過巴黎一條繁華的街道時，被一輛重載的搭車所撞，立時殤命（61）。

受了這樣沈痛的刺激，居禮夫人久病後，最後決定把餘生繼續貢獻於科學和二位女兒的扶養。她親自教導，又創設一所私立小學（22）。長女愛利尼（Irene），後爲若利德（Joliot）夫人，追隨父母，置身於科學研究；次女夏娃（Eve），爲音樂界鋼琴名家。

丈夫去世一年後，居禮夫人接受了巴黎大學的教授職。請多能的得比



圖二六七 居禮家庭

爾納教授，管理實驗室，同時也兼教職。全世界各地來的學生，也日見增多。夫人專心一意，指導放射學的研究（86）。大學購得新地基後，造了一條居禮紀念路，又替她建了一座研究所。居禮研究所和巴斯德研究所，這兩處的工作，最爲融合。夫人把時間的大部分，用於鐳素和氟素治療效能的專門研究。大戰時，在法軍病院中，負放射治療的全職。



圖二六八 若利德

(Jean-Frédéric Joliot)

居禮研究所物理學家及化學家。對於反動現象，動量常住，放射元素的電化行爲，原子核的爆裂，及中子的存在等研究，皆有大貢獻。



圖二六九 若利德夫人像

(Mme. Irène Curie-Joliot)

居禮夫婦小姐。對於放射學貢獻極多，助其夫及母作重要研究極多。若利德夫婦及查德威克三人證明用急速的 α 質點將鈹、硼等輕元素轟擊後，有透射力極強的中性質點，即中子射出。現信每一中子由正負電子各一個相合而成。

一九一一年，她重得諾貝爾物理獎金，是世間唯一諾貝爾獎金二次得獎人。同年，法蘭西學院，保守舊習慣，依舊拒絕她入選，但到一九二二年二月七日，她終入選了（69）。

她久居法國，完全歸化成一位真正的法國人。她把一生，歸納在下面幾句話中：『我生於華沙教師家庭中。嫁於居禮先生。有二個孩子。在法國做我的工作。』（1）

參考文獻

- (1) Curie, Mme., "Pierre Curie," English translation by Charlotte and Vernon Kellogg, The Macmillan Co., New York City, 1926, pp. 24-6.
- (2) Ramsay, Sir Wm., "The Death-knell of the Atom," *Ind. Eng. Chem., News Ed.*, 8, 18 (Jan. 20, 1930). Poem written in 1905.
- (3) Curie, Mme., "Pierre Curie," Ref. (1), pp. 64-72.
- (4) Harrow, "Eminent Chemists of Our Time," D. Van Nostrand, Inc., New York City, 1920, p. 158.
- (5) "Editor's Outlook, Marie Skłodowska Curie," *J. Chem. Educ.*, 7, 225-7 (Feb., 1930).
- (6) Marckwald, "Die Radioaktivität," *Zs.*, 41, 1524-61 (May, 1908). A review.
- (7) Mendeleeff, "Principles of Chemistry," Vol. 2, English translation from 5th Russian edition, Longmans, Green and Co., London, 1891, p. 447, footnote.
- (8) Curie, Mme., "Pierre Curie," Ref. (1), pp. 133 and 156-7.
- (9) Jones, Harry C., "The Electrical Nature of Matter and Radioactivity," D. Van Nostrand Co., Inc., New York City, 1906, p. 56.
- (10) Ostwald, "Lebenslinien, eine Selbstbiographie," Vol. 3, Klinking & Co., Berlin, 1927, p. 158.
- (11) Farber, "Geschichtliche Entwicklung der Chemie," Springer, Berlin, 1921, p. 279.
- (12) Hahn, "Über eine neue radioaktive Substanz im Uran," *Zs.*, 54, 1181-42 (Juno 11, 1921);

- "Über das Uran Z und seine Muttererbsenur," *Z. physik. Chem.*, 103, 491-50 (Heft 5 and 6, 1928).
- (13) "Editor's Outlook, Bertram Borden Boltwood," *J. Chem. Educ.*, 6, 602-4 (Apr., 1929).
- (14) Hevesy and Paneth, "A Manual of Radioactivity," English translation by Lawson, Oxford University Press, London, 1924, p. 225.
- (15) Rutherford, E., "Radioactive Transformations," Charles Scribner's Sons, New York City, 1906, p. 70.
- (16) Harrow, "Eminent Chemists of Our Time," *Ref.* (4), pp. 73-5.
- (17) Grosse, "The Analytical Chemistry of Element 91, Eka-tantalum, and Its Difference from Tantalum," *J. Am. Chem. Soc.*, 52, 1742-7 (May, 1930).
- (18) Rutherford and Soddy, "The Radioactivity of Thorium Compounds. I. An Investigation of the Radioactive Emanation," *Trans. Chem. Soc.*, 81, 321-50; "II. The Cause and Nature of Radioactivity," 897-60 (1902).
- (19) Hahn, "Über ein neues, die Emanation des Thoriums gebendes radioaktives Element," *Jahrb. der Radioaktivität*, 2, 233-66 (Heft 3, 1905); *Proc. Roy. Soc. (London)*, 76A, 115-7 (Mar. 7, 1905).
- (20) Mellor, "Comprehensive Treatise on Inorganic and Theoretical Chemistry," Vol. 7, Longmans, Green and Co., New York City, 1927, pp. 184-203. Article on the "Radioactivity of Thorium."

- (21) Jones, "Electrical Nature of Matter and Radioactivity," *Ref. (9)*, p. 111.
- (22) Curie, Mme., "Pierre Curie," *Ref. (1)*, pp. 105-6.
- (23) Dole, "Chemical French," Chemical Publishing Co., Easton, Pa., 1918, pp. 282-312. Article by Mme. Curie, "Recherches sur les Substances Radioactives"
- (24) Curie, Mme., "Recherches sur les Substances Radioactives," *Ann. chim. phys.* [7], **30**, 99-203 (Oct., 1903).
- (25) Schmidt, G. O., *Wied. Ann.*, **65**, 141 (1898).
- (26) Curie, Mme., "Rayons émis par les composés de l'uranium et du thorium," *Compt. rend.*, **126**, 1101-3 (Apr. 12, 1898).
- (27) Curie, P., and Curie, Mme., "Sur une substance nouvelle radioactive, contenue dans la pechblende," *ibid.*, **127**, 175-8 (July 18, 1898).
- (28) Curie, P., and Curie, Mme., "Sur une nouvelle substance fortement radioactive, contenue dans la pechblende," *Compt. rend.*, **127**, 1215-7 (Dec. 26, 1898).
- (29) Marckwald, "Ueber den radioactiven Bestandtheil des Wismuths aus Jochimssthaler Pechblende," *Ber.*, **35**, 2285-8; 4239-41 (1902); **36**, 2662-7 (1903); "Ueber das Radioelement," **38** 501-4 (1905).
- (30) Crookes, "Radioactivity of Uranium," *Chem. News*, **81**, 253-5 (June 1, 1900); 265-7 (June 8, 1900); *Proc. Roy. Soc. (London)*, **65**, 409 (May 10, 1900).
- (31) Owens, "Thorium Radiation," *Phil. Mag.* [5], **48**, 360-87 (Oct., 1899); Rutherford, E., "A

- Radioactive Substance Emitted from Thorium Compounds," 49, 1-14 (Jan., 1900); Radioactivity Produced in Substances by the Action of Thorium Compounds," 101-92 (Feb., 1900); Rutherford and Soddy, "An Investigation of the Radioactive Emanation Produced by Thorium Compounds," (6), 4, 569 (Jan. 16, 1902); *Chem. News*, 85, 55-6 (Jan. 31, 1902); 261-2 (May 30, 1902); 271-2 (June 6, 1902); 282-5 (June 13, 1902); 293-5 (June 20, 1902); 304-8 (June 27, 1902).
- (32) Slater, "On the Excited Activity of Thorium," *Phil. Mag.* (6), 9, 628-44 (May, 1905); *Chem. Zeit.*, 76 (1), 1629 (June 21, 1905).
- (33) Fajans, "Ueber die komplexere Nature von Radium O_2 ," *Physik. Z.*, 12, 369-77 (May 15, 1911); "Ueber die Verzweigung der Radiumzerfallsreihe," 13, 699-705 (Aug. 1, 1912); "Das Verzweigungsverhältnis und das Atomgewicht der O_1 -Glieder der drei radioaktiven Umwandlungsreihen," 14, 951-3 (Oct. 1, 1913).
- (34) Hahn, "Ueber ehnige Eigenschaften der α -Strahlen des Radiumthorium," *Monat.*, 7, 412-9, 458-62 (1906).
- (35) Hahn, "A New Radioactive Element which Emits Thorium Emanation," *Chem. News*, 92, 251-2 (Dec. 1, 1905).
- (36) Hahn, "Ein neues Zwischenprodukt im Thorium," *Ber.*, 40, 1462-9 (1907); "Ueber die Strahlung der Thorium-produkte," 3304-8 (1907).
- (37) Dorn, "Von radioactiven Substanzen ausgesandte Emanation," *Abh. Naturf. Ges.*, Halle, 1900.

- (38) Hofmann, K. A., and Strass, F., "Radioactives Blei und radioactive seltene Erden," *Ber.*, 33, 3128-31 (1900); 34, 8-11, 907-13 (1901); 3033-9 (1901).
- (39) Boltwood, "The Production of Radium from Uranium," *Am. J. Sci.* (4), 20, 238-44 (No. 117, 1905); "Note on a New Radioactive Element," 24, 370-2 (No. 142, 1907); "On the Ultimate Disintegration Products of the Radioactive Elements," 20, 255-67 (No. 118, 1905).
- (40) Debilène, "Sur une nouvelle matière radioactive," *Compt. rend.*, 129, 593-5 (Oct. 16, 1899); "Sur un nouvel élément radioactif: Ractinium," 130, 906-8 (Apr. 2, 1900); "Sur du barium radioactif artificiel," 131, 333-5 (July 30, 1900); 136, 446-9 (Feb. 16, 1903); 671-3 (Mar. 16, 1903); "Sur Rénanodon de Ractinium," 136, 411-4 (Feb. 15, 1904); "Sur Ractinium," 139, 538-40 (Oct. 3, 1904); "Sur les gas produits par Ractinium," 141, 333-5 (Aug. 14, 1905).
- (41) Giesel, "Ueber Radium und Radioactives Stoffe," *Ber.*, 35, 3803-11 (1902); "Ueber den Emanationskörper aus Pechblende und über Radium," 36, 342-7 (1903); "Ueber den Emanationskörper (Emanium)," 37, 1696-9, 3968-6 (1904); 38, 775-8 (1905); 40, 3011-5 (1907).
- (42) Hönigschmid, "Ueber Radioelemente," *Wid.*, 49, 1835-65 (1917). A review.
- (43) Eriicks, "A Volatile Product from Radium," *Nature*, 70, 270 (July 21, 1904); *Phil. Mag.* (6), 8, 873 (Sept, 1904).
- (44) Godlewski, "A New Radioactive Product from Actinium," *Nature*, 71, 294-5 (Jan. 28, 1905); "Actinium and Its Successive Products," *Phil. Mag.* (6), 10, 35-45 (July, 1907).
- (45) Hahn, "Ueber ein neues Produkt des Actiniums," *Ber.*, 39, 1605-7 (1906).

- (46) Hahn and Meitner, "Ueber das Uran Y," *Physik. Z.*, 15, 236-40 (Mar. 1, 1914).
- (47) Hahn and Meitner, "Ueber die Eigenschaften des Protokaktiniums," *Ber.*, 54, 69-77 (1921).
- (48) Fajans and GÖHRING, "Ueber das Uran X₂—das neue Element der Uranreihe," *Physik. Z.*, 14, 877-84 (Sept. 15, 1913); *Naturwissenschaften*, 1, 339 (1913).
- (49) Hahn and Meitner, "Die Muttersubstanz des Actiniums, ein neues radioactives Element von langer Lebensdauer," *Physik. Z.*, 19, 208-13 (May 15, 1918); *Naturwissenschaften*, 6, 324 (1918).
- (50) Soddy and Cranston, "The Parent of Actinium," *Nature*, 100, 498-9 (Feb. 21, 1918); *Proc. Roy. Soc. (London)*, 94A, 384 (Feb. 7, 1913).
- (51) Becquerel, "Note sur quelques propriétés du rayonnement de l'uranium et des corps radioactifs," *Compt. rend.*, 128, 771-7 (Mar. 27, 1899).
- (52) DEMARGRY, "Sur le spectre d'une substance radioactive," *ibid.*, 127, 1218 (Dec. 26, 1893).
- (53) Rutherford, "The Succession of Changes in Radioactive Bodies," *Phil. Mag.*, 8, 636 (1904); *Phil. Trans.*, 204A, 169-219 (1904); "Slow Transformation Products of Radium," *Nature*, 71, 341-3 (Feb. 9, 1905).
- (54) "Classics of Science: Radioactive Substances," *Sci. News Letter*, 14, 137-8 (Sept. 1, 1923).
- (55) Curie, Marie, "Recherches sur les Substances Radioactives," 2nd edition, Gauthier-Villars Paris, 1904, 165 pp. Thesis.
- (56) Soddy, "The Interpretation of Radium," 4th edition, G. P. Putnam's Sons, New York City, 1922, 260 pp.

- (57) *Ibid.*, p. 134.
- (58) Lodge, "Bequerel Memorial Lecture," *Trans. Chem. Soc.*, **101**, 2005-42 (1912).
- (59) Antonoff, "The Disintegration Products of Uranium," *Phil. Mag.*, (6), **22**, 419-32 (Sept., 1911); "On the Existence of Uranium Y," **26**, 1055 (Dec., 1913).
- (60) Danne, "Les Sels de Radium," *La Nature*, **32** (1), 214-8 (Mar. 5, 1904); 243-6 (Mar. 19, 1904).
- (61) F. S., "Professor Pierre Curie," *Nature*, **73**, 612-3 (Apr. 26, 1906).
- (62) Ramsay, "Radium Emanation," *ibid.*, **76**, 269 (July 18, 1907).
- (63) McCoy and Ross, "The Specific Radioactivity of Thorium and the Variation of the Activity with Chemical Treatment and with Time," *J. Am. Chem. Soc.*, **29**, 1709-18 (Dec., 1907).
- (64) Kovarik and McKeenan, "Radioactivity. Report of Committee on X-rays and Radioactivity, National Research Council," National Academy of Sciences, Washington, D. C., 1925, 203 pp.
- (65) "Madame Marie Curie Dedicates Hepburn Hall of Chemistry at St. Lawrence University," *J. Chem. Educ.*, **7**, 268-76 (Feb., 1930).
- (66) "Editor's Outlook. Frederick Soddy," *ibid.*, **8**, 1245-6 (July, 1931).
- (67) "Editor's Outlook. Theodore William Richards," *ibid.*, **5**, 783-4 (July, 1928).
- (68) Curie, Marie, "Pierre Curie," *Ref.* (1), p. 170.
- (69) W. R. W., "Anniversaries of Science," *J. Chem. Educ.*, **4**, 400 (March, 1927).
- (70) "Local Activities. Cornell University," *ibid.*, **7**, 707 (March, 1930).

- (71) Mendeleeff, "Die periodische Gesetzmässigkeit der chemischen Elemente," *Ann.*, Suppl. VIII, 191 (1871).
- (72) "Editor's Outlook. Sir Ernest Rutherford (1871-)," *J. Chem. Educ.*, **7**, 498-4 (Mar., 1930).
- (73) Hahn, "The Mother Substance of Radium," *Chem. News*, **96**, 272-3 (Dec. 6, 1907); *Ber.*, **40**, 4415-20 (1907).
- (74) Urbain, G., "Discours sur les Éléments Chimiques et sur les Atomes. Hommage au Professeur Bohuslav Brauner," *Rec. trav. chim.*, **44**, 285 (1925).
- (75) "Les Prix Nobel en 1921-1922," P. A. Norstedt & Söner, Imprimerie Royale, Stockholm, 1923, pp. 1-29. Soddy on "The Origins of the Conception of Isotopes."
- (76) Marsden and Barratt, "The α -Particles Emitted by the Active Deposits of Thorium and Actinium," *Proc. Physic. Soc.*, **24** (1), 50-61 (1911); *Physik. Z.*, **13**, 198-9 (Mar. 1, 1912).
- (77) Marckwald and Keckman, "Notiz über das Lonium," *Ber.*, **41**, 49-50 (1908).
- (78) Richards and Lemberg, "The Atomic Weight of Lead of Radioactive Origin," *J. Am. Chem. Soc.*, **36**, 1320-44 (July, 1914).
- (79) Föhrschmid and Horowitz, "Sur le poids atomique du plomb de la pechblende," *Compt. rend.*, **158**, 1786-8 (June 15, 1914).
- (80) Geiger, H., and Marsden, E., "Number of Alpha Particles Emitted by Actinium and Thorium Emanations," *Physik. Z.*, **11**, 7-11 (Jan. 1, 1910).
- (81) Föhrschmid and Horowitz, "Zur Kenntnis des Atomgewichtes des Urans," *Monat.*, **37**, 185-

- 90 (Dec. 9, 1916).
- (82) Hahn and Meitner, "Nachweis der komplexen Natur von Radium C," *Physik. Z.*, **10**, 697-703 (Oct. 15, 1909).
- (83) Soddy, "The Interpretation of Radium," *Ref.* (56), p. 186.
- (84) *Zeit.*, pp. 192-3.
- (85) Bergwitz, "Julius Eiseke," *Chem.-Zeitg.*, **44**, 457 (June 19, 1920).
- (86) Sclard, "Die diesjährigen Träger der Nobelpreise für Chemie und Physik. Frau Pierre Curie und ihr Werk," *ibid.*, **35**, 1361-2 (Dec. 9, 1911).
- (87) H. B. D., "Theodore William Richards," *Proc. Roy. Soc. (London)*, **121A**, xxix-xxiv (1928).
- (88) Grosse, "The Rarest Metal Yet Obtained," *Sci. Am.*, **142**, 42-4 (Jan, 1930). Protonentium.
- (89) R. W. L., "Prof. Tadeusz Godlewski," *Nature*, **110**, 361 (Sept. 9, 1922).
- (90) Russell, A. S., "The Periodic System and the Radio-elements," *Chem. News*, **107**, 49-52 (Jan. 31, 1913); Soddy, *ibid.*, **107**, 97-9 (Feb. 28, 1913); Fajans, "Die radioaktiven Umwandlungen und das periodische System der Elemente," *Zer.*, **46**, 422-39 (1913).
- (91) Ramsay and Gray, "La densité de Pémanation du radium," *Compt. rend.*, **151**, 126-8 (July 11, 1910).
- (92) Curie, Maurice, "Sur les écartis de poids atomiques obtenus avec le plomb provenant de divers minéraux," *ibid.*, **158**, 1676-9 (June 8, 1914).
- (93) Boltwood, "The Radioactivity of Thorium Minerals and Salts," *Am. J. Sci.* (4), **21**, 423 (Jan.,

1906); *ibid.*, 24, 95 (Aug., 1907).

(34) Schindt, "The Refining of Mesothorium," *J. Chem. Educ.*, 8, 1267-87 (July, 1931).

第二十一章 最近發見的元素

當摩斯利氏 (H. G. J. Moseley) 發現元素的 X 射線光譜和原子序數間的簡單關係時，週期表上尚有七個空位，即第四三、六一、七二、七五、八五、八七和九一；這七個元素，都待於揭發。第一號為放射元素，已詳第二十章。七二號元素，現稱曰鈾 (thorium)。一九二三年，科斯忒 (Dirk Coster) 和海佛西 (Georg von Hevesy) 已證明鈾廣佈於自然界，其所以遲遲至今尚未被人發現者，實因該元素與鈳的外形極度相似。第四三號和七五號二元素，現稱曰鐳 (masurium) 和銻 (rhodium) 為拿古克 (Walter Noddack) 和泰開 (註 1) (Ida Tacke) 二氏於一九二五年左右所發現。錄在今日已成普通商品。六一號之釷，一九二六年由荷普金斯、赫黎斯和雲太嗎 (Hopkins, Harris, Yntema) 三人所發現。在美國，又為科爾克 (Cork)、哲姆斯 (James)、福哥 (Fogg) 三人所獨立發現。在意大利之獨立發見人，為路拉 (Rolla) 和斐南得斯 (Fernandes)。阿立生及其同

事曾用磁光法 (magneto-optic method) 探知微量八五號和八七號二元素之存在。且提議取用鎂 (alabamine) 和銻 (virginium) 二字作學名。這種種元素的特性，尙有待於詳細的研究和闡明。

(註一)原書有誤——譯者已更正。

求於紫光外，居於黑暗鄉；

御用結晶柵，捕拿影與形；

原子核心祕密窩，從此盡露洩；

天賜熱力，羈縛全絕；

元素心中神密處，電負逐一數；

管她是金銀銅鐵錫，

管她是氫氧氮……(1)

門得雷耶夫的週期系統，在新元素的搜尋探求時，雖得大助，但仍有許多矛盾的現象，無法說明。例如氫的原子量，比鉀為高，但是在週期表上，氫素位置仍須放在鉀素前面。當然，氫、氦為類同的元素，同屬惰氣，以及鉀、鈉相比，盡屬鹼類，這種切都有不可動搖的根據，我們已毫無疑義。此外碲、碘二元素間，也有相妨的一個矛盾，自放射同位元素發現後，更增加了無限混亂。

比較合理的元素分類法，最後終給一位年輕的英國物理學家，在研究X射線時發現了。這就是摩斯利 (Henry Gwyn Jeffreys Moseley)，他於一八八七年十一月二十三日，生於韋馬斯 (Weymouth)。父親原是牛津大學的教授，著名的動物學家。可惜他幼年，即遭喪父之痛。摩斯利求學於伊吞 (Eton) 中學，和牛津大學三一學院，一九一〇年，得碩士學位。畢業前一年，曾赴曼徹斯特大學，和拉忒福特爵士商議，以定研究物理學的計劃 (30)。

卒業後，在曼徹斯特大學，任物理學講師和表演員，他亟想把全部時間用於研究工作，所以二年後，即辭去職務，同時得哈林 (John Harling) 補助獎金。校中同事，不久就公認他為多能的實



圖二七〇 摩斯利氏像

(Henry Gwyn Jeffreys Moseley, 1887-1915)

英國物理學家，曾作五十餘元素的X射線光譜研究，發現元素原子量及陰極射線轟撞後所發X射線頻率間關係。達爾達那斯前線作戰時，死於軍中，時方二十七歲。

驗家，敬慕他驚人的技能、廣博的學說、愉快的性格、和以及合作上和藹可親的態度。一九一四年，英國科學促進會在澳洲開年會，他參加原子構造的討論會，同時發表根據自己研究稀土元素的X射線光譜而寫成的優美報告（32）。

第一流的科學家，沒有比他的事業再短促了。英國參戰後，他立刻回國，在軍中當信號員。一九一五年六月十三日出發赴達爾達那斯（Dardanelles）。八月十號，正用電話報告一道命令到師部時，一顆土耳其人的子彈橫穿頭顱，立時身死。軍中工作時，曾立遺囑，願把一切實驗儀器，和大部分私產，遺贈皇家學會。摩斯利去世時，尚不足二十八歲，但是他的工作，啓發原子構造學研究的大革命，他的名聲，將永垂科學史乘（2）（36）。

入伍以前，他對於勞（Laue）氏的發現，頗感興趣，即「在結晶中，各原子有秩序的排列，對於X射線的作用，和繞射光柵（diffraction gratings）對於光線的作用，有同樣關係。」（37）陰極射線，衝擊靶子或對陰極（anode）靶，因而放射的X射線，將因靶體品質不同而各異。摩斯利得大生物學家達爾文之孫（C. G. Darwin）相助，把鉑靶X射線管內的高頻光譜（high-frequency

spectrum) 作成圖譜 (37)。

他希望能找出射線的頻率 (frequency) 和原子序數間的關係，或尋出週期表上各元數的序數，所以把各種元素，做成對陰極，作極精密的研究。研究時，把這些射線，繞射過一個晶體，因而發現簡單而美滿的關係：即一切已知元素，依週期系上位置而順序計數時，所放 X 射線頻率的平方根，和原子序數成正比例。

摩斯利依原子量加增的系統，和門得雷耶夫的系统，幾乎是相同的。但元素不依原子量而依原子序數 (摩斯利序數) 排列時，上面提到的氫、鉀二素間，以及碘、碲二素間的一切矛盾，都完全絕跡。

摩斯利的工作，非特於週期系統，以及已知元素和放射同位元素間的關係，大放光明，對於未發見的許多新元素，尋求時增添不少勇氣和刺激 (47)。巴黎的烏班教授，他是利用這新方法的第一位化學家。他帶了稀土製品到牛津，請求檢驗。摩斯利把鉀、鈹、鎂和鎳的各種特異射線，一一證明給他看，把烏班教授費了二十年苦心研究所得的結論，在數日之內，都完全證明了。烏班教授感

念對於科學上如此重要的基本發現，給這樣年輕的一位科學家所發明，驚嘆不止。他立刻把摩斯利 X射線分析法，教給大眾，他說：『他新創了一條極清楚而合於科學的定律，替代了門得雷耶夫不合理的分類法。』(36)

銻 (hafnium 七二號元素)

摩斯利說，他把鉛(一三號)到金(七九號)之間的元素研究後，發現還有三個位置空白着，即四三、六一和七五這三號，然而三元素 X射線的光譜，已可預先正確推算，因此新元素當不難探尋。其時科學界，頗信烏班教授一九一一年時所記 cerium 的弧光譜，或即屬於七二號元素(36)。

摩斯利和烏班，乃把瑞典含此新元素的稀土殘體，檢驗後僅見十條線，而且都可分屬鎳、鎢二素。其時摩斯利方服役軍中，經過了長久的中斷，直至一九二二年，烏班教授始把戰前檢查過的稀土殘體，再作七二號元素的搜尋。多維利爾 (M. A. Dauvillier) 且照他提議，採用布拉格立

(Braslie) 氏之改良 X 射線分析法，始發見兩條極淡的線，其形狀與以前預測第七二號元素應有者，完全和合(33)(54)。

一七九一年，格累高爾氏 (Reverend William Gregor) 已在空窩爾將鈦發現。羅斯、莫桑得爾和杜馬這三位化學家，各獨立測定其原子量，但結果彼此互異。故門得雷耶夫預言鈦礦中尚有另一新元素存在(4)。最後，大量的第七二號元素，在錳礦中發現(34)(38)(42)。

波爾氏(Niels Bohr)根據量子論立場，對於烏班氏從稀土中分出之 calium，認為並非第七二號元素；因為第七二號為四價，並非三價，屬錳族。他說明一個原子的化性，由原子中陰電子數及其排列而決定，尤以最外層陰電子數和排列法——所謂「原子價陰電子」者——更為重要；在週期系統中，二相鄰元素，其外層陰電子蓋呈顯著差別，因此其化性亦異。至於稀土族各元素，以及鐵組三元素、鉛組三元素，其構造的差異，僅在原子裏層；因此在分離上，更見困難。據波爾定律，稀土族中自鐳(第五七號)起至鐳(第七一號)止，各元素裏層都有差異。此外第七二號元素外層陰電子構造，和錳素絕不相同，故其所顯示的性質，亦與稀土元素完全不同(54)，但和錳則非常

接近。所以波爾勸告海佛西博士，到鉛鑛中尋覓此新元素（5）（28）。

一九二三年一月，科斯忒和海佛西在科彭黑根（Copenhagen）尋覓鉛族新族員的工作，終告成功了。錯鑛中工作時，多賴摩斯利 X 射線分析法的幫助。科斯忒過去在這方面的訓練和工作，得益不少（2）。

這兩位研究員，雖都不是丹麥人，但紀念科彭黑根城起見，遂取名曰鈴。（註一）科斯忒教授生長於荷蘭，為皇家赫羅寧根（Groningen）大學物理實驗室主任兼物理學和氣象學教授。荷蘭、法國、英國、德國和美國出版的刊物上，都有他的報告。研究範圍，都關 X 射線譜，原子構造理論，X 射線 L 系之斯托克（Stokes）定律，以及圓柱體在黏滯體中旋轉振動等問題。

（註一）關於七二號元素題名的爭論，見自然界和化學與工業二英國刊物。

海佛西（Von Hevesy）教授，匈亞利人，於一八八五年生於部達培斯特（Budapest），曾留學部達培斯特、柏林和夫賴堡三大學。研究業績，頗著聲名。各國大科學家都樂與交遊，如卡爾斯盧、埃的哈柏（Haber）、曼徹斯特的拉忒福特、利物浦的同能等，都結為密友。和科斯忒博士合作 X 射

線研究，因而發現鉛素，已見上述。此項研究即在科彭黑根波爾的理論物理研究所完成。一九二六年後，任夫賴堡大學物理化學教授。一九三〇年，曾赴康乃爾大學任培刻 (George Fisher Baker)



圖二七一 海佛西氏像
(Georg von Hevesy)

夫賴堡大學物理化學教授。匈牙利化學家。和赫羅寧很大學科斯忒教授共同由鉛礦石中發現鉛素，並澈底研究其性質。又為X射線化學分析法、放射學、稀土及電導學方面論文的著作人。

化學不住校紀念講師。研究範圍，限於物理化學、電化學、放射學和同位素分離學四方面。

鉛素所以能隱藏得如此長久，其故不在稀少，實因和鉛素太相像的緣故（54）。海佛西教授，曾檢驗博物院中有歷史價值的鉛化合物標本。此項標本，都為湯姆生 (Julius Thomsen)、蘭米斯伯格 (Rammelsberg)、諾登瑟德 (Nordenskiöld)、馬利納克等許多鉛化學專家所製取。檢驗

結果，在標本中發現新元素百分之一到五(26)、(55)。所以新元素在世界上的產量，遠勝金銀二貴金屬。以往的化學家，無法製取不含鉛素的銻化合物，自新元素發現後，銻素原子量，自有重加校正的必要(7)、(28)。

海佛西教授和傑春(Thal Jantzen)，把氟化銨和氟化鉀的複鹽反覆結晶後，從氧化銻中，分離氧化鉛(26)、(38)。此外所得金屬鉛和銻素結晶的構造，完全一致，金屬鉛為阿克爾(A. E. Van Arkel)和培爾(J. H. de Boer)二人，在燒熱的鎢絲中通過四碘化物的蒸氣而製成(26)、(53)。



圖二七二 科斯特氏像
(Dirk Coster)

皇家赫羅寧根大學物理學及氣象學教授。與海佛西同為鉛素的發現人。衆多關於X射線及原子構造論文的著作人。

鐳和錒 (masurium, rhenium 四三七五號元素)

一九二五年六月，德國化學家宣布錳族中四三號（新錳）和七五號（*d'wimanganese*）新元素正式發現。發現者為柏林物理工藝試驗局（Physico-Technical Testing Office）拿台克博士（Walter Noddack）、泰開博士（Ida Tacke）和西門研究所（Werner-Siemens）柏格博士（Otto Berg）三人。這次發現，實非偶然得來，在鉛礦和銻鐵礦石（*columbite*）中，經過了長久的研究，始有此結果（15）。鉛礦成分，複雜非凡，含有二四號至二九號，四四號至四七號，七六號至七九號各元素（即從銻到銅，鈦到銀，鐵到金各元素）。在銻鐵礦中，含三九號至四二號，七二號至七四號間各元素（即鈦到鉛，鉛到錫），因此唯一的希望，祇能從這二種複雜的礦石中，尋覓四三和七五，二號元素。

他們三人把地球表面已知元素的頻率，研究一番後，探知原子序數，屬奇數者不如偶數者常見。復依據二種礦石的出現頻率，得一概念，使提取法進行時，有所適從。又因四三號和七五號元素，

隸屬錳族，所以大部分物理和化學特性，皆可預測。後來這兩種新錳，先後從銻鐵礦中分出，取名曰錳 (masurium) 和銻 (rhenium)，用以紀念東普魯士和德屬萊茵河 (8) (39)。一切困難的濃縮工作，全由拿台克博士和泰開博士二人負責，柏格專做 X 射線的分光檢查 (40)。二元素發現以前，週期表 VIIa 族中，錳素尚無同伴存在。

一九二五年九月五日，泰開女士在紐累姆堡 (Nuremberg) 德國化學家聯合會演講新元素發現史 (9)。主席向她道謝，並謂女子在聯合會演講，尚屬初次，極有歷史上價值，希望其他『女化學家』都看她榜樣，繼起不斷。後來泰開女士和拿台克博士訂為夫婦，繼續合作。因此次發現，同受利俾喜獎章。

英國的羅林 (F. H. Loring) 和德盧斯 (J. G. F. Druce) 捷克斯拉夫的多雷傑斯克 (V. Dolajsek) 和黑羅斯基 (J. Heyrovsky) 於一九二五年同時獨立宣布，在商用錳鹽和各種『純粹』錳鹽中，都含少量雜質，此項雜質，就是七五號元素 (57) (58) (59)。二位英國化學家，其時真在尋覓原子序數為九三號的新元素，把錳和其他重金屬，做成硫化物而沈澱之，然後再把濾

液蒸乾。殘體作X射線分析後，得見七五號元素的線條。

此外普累格市查理斯大學物理化學教授黑羅斯基博士，和普累格科學院的多雷傑斯克博士，又用另一種方法，在錳鹽中測知七五號元素。他們用降落式汞陰極（dropping mercury cathode）檢查幾種錳鹽溶液，然後把電流強度作縱標座，應用電動勢（applied electromotive



圖二七三 黑羅斯基氏像

(J. Heyrovský)

普累格查理大學物理化學教授。放射學概論一書的作者，與華托薩克(E. Votoček)合編『捷克斯拉夫化學總報月刊』，用英法文發刊捷克及俄國化學家的論文，供給不懂斯拉夫語言的人作參考之用。

force) 作橫標座，作成曲線，特別注意線上的隆起段 (hump)，這部分從甘汞陰極的電勢上看，約在負一·〇〇至正一·一九伏特的部位。起先揣測，所含雜質爲鋅素。後來證明其中絕無鋅、鎳、鈷和鐵各元素後，黑羅斯基和多雷傑斯克就疑心其中或含四三號和七五號二種未發現新錳素，由鋸齒狀曲線，可指出此種雜質，不和汞素成合金。降落式汞陰極和偏光器 (polarograph) 聯合用，自動得一種電解反應的永久記錄。

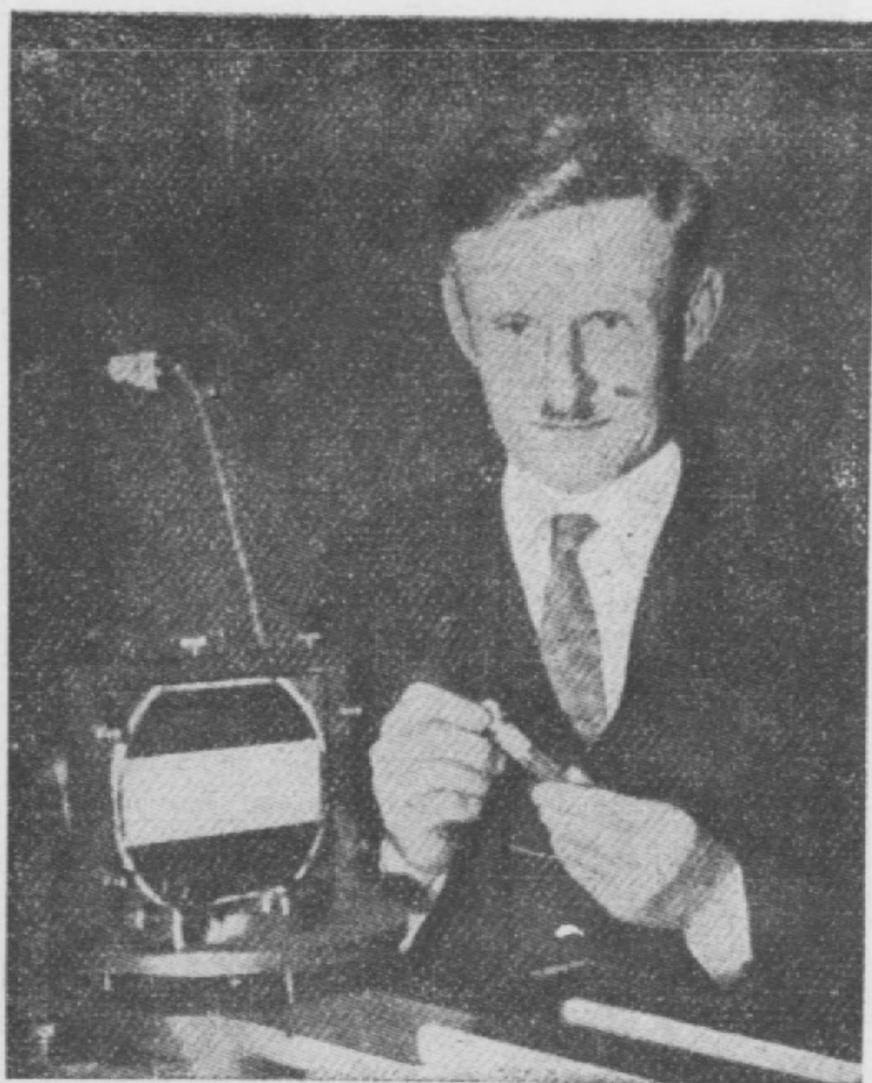
把鋅片投入錳鹽的濃溶液，分離鋅、鉛、鎳、鈷等雜質的澱積。此類重金屬的硫化物全部沈澱後，尚不能得四三號元素的證據，僅得七五號元素 α 射線條，因此保留門得雷耶夫的題名 (D. W. manganese)，仍用以命名新元素 (44)。德盧斯博士乃帶了製品，到普累格市查理斯大學作偏光圖檢查，那邊二位捷克斯拉夫國的化學家，一致承認他的結論。(註一)

(註一) 漢特 (L. O. Hunt) 最近否認此項結論。

錳素至今還沒有製成純粹品質，但鍊素的產量，極足驚人，一九二八年時，每克的市價(註一)作一萬金元，到一九三〇年，每克代價已跌到三金元了(43)。美國標準局的梅權 (William F.

Meggors) 博士，對於銻素的弧光譜，曾作澈底的研究。

(註一) 據科學情報調查，一九三二年八月銻素市價，每磅達一千六百金元。



圖二七四 梅吉氏像

(William Frederick Meggors)

一七一四年以來任美國標準局物理專家。分光科主任。衆多關於光學、天文物理、攝影學、波長標準測量及光譜記述和分析等方面論文發刊者。在其前面儀器，爲四柵攝譜儀，用以攝取銻素的放射光譜。

鎳 (Minnam 六一號元素)

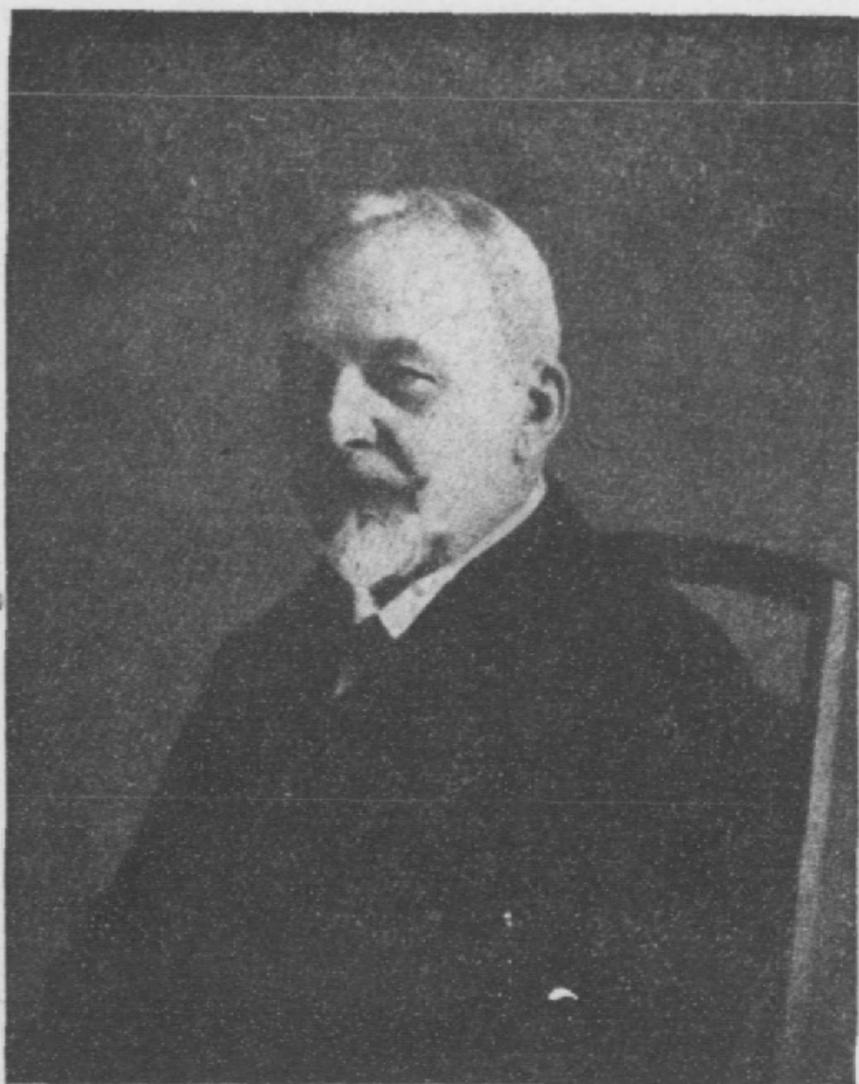
只有一個例外，所有的稀土元素，都在X射線分光法創用以前發現。海佛西說過：

「一切稀土元素，彼此雖極相像，有幾種也非常稀罕，雖乏有力指引，終逐一發現，逐一分離成功了，這最是實驗化學光榮的勝利。」(38)

遠在一九〇二年，門得雷耶夫的友人，普累格善希密阿大學教授布勞納 (Bohuslav Braun)，預述鈹和鈐之間，尙有新元素一種 (11)。在這兩元素間，各種特性，時有變化，早經注意：例如鎂和稀土的硝酸複鹽，都作等距離的差異，但在鈹鈐之間，就不同了。因此可善用分層結晶法，使兩元素分離。

硝酸鎂複鹽分層結晶法，新罕普什爾大學最近故世的哲姆斯教授，首先創用 (41)。自摩斯利指示六一號元素的空位後，這新稀土元素的存在，已非常可信，因此他費數年的辛勞來尋覓。哲姆斯教授和福哥小心精製的稀土材料，科爾克教授於一九二六年在密喜干 (Michigan) 大學，

用精良的X射線儀作檢驗。不料伊利那 (Illinois) 大學的荷普金斯教授和同事，把閃避人目的新元素發現報告，發表在前 (18)、(22)、(41)。



圖二七五 布勞納氏像

(Bohuslav Brauner, 1855-)

普累格菩希密阿大學化學教授。對於分析化學、原子量測定、稀土化學，均有重大研究貢獻。一九〇二年預述六十一號元素的存在，現稱釷素。



圖二七六 詹姆斯教授像

(Charles James, 1880-1923)

新罕普什爾大學化學系主任。稀土化學方面衆多論文的著作人。
鐳錒兩素的獨立發現人。生於英國，從拉姆塞爵士求學。

獨居石沙中含藏釷鈾（六〇號及六二號）二素，荷普金斯教授因此猜度，此中或者尚含六一號元素。當然此項推測，也不能算全不合理。令得賽電光公司（Lindsay Light Company）和威爾斯巴紗罩公司（Welsbach Mantles Company），贈送他獨居石沙中提得的稀土殘體，其中鈾素和一部分鈾素，已早移去，用於紗罩的製造。從殘體中，他製成二分極純粹的釷鹽和鈾鹽，然後送到美國標準局，作分光檢驗，兩種鹽標本，都同時顯現新奇的譜線極多（18）、（20）。



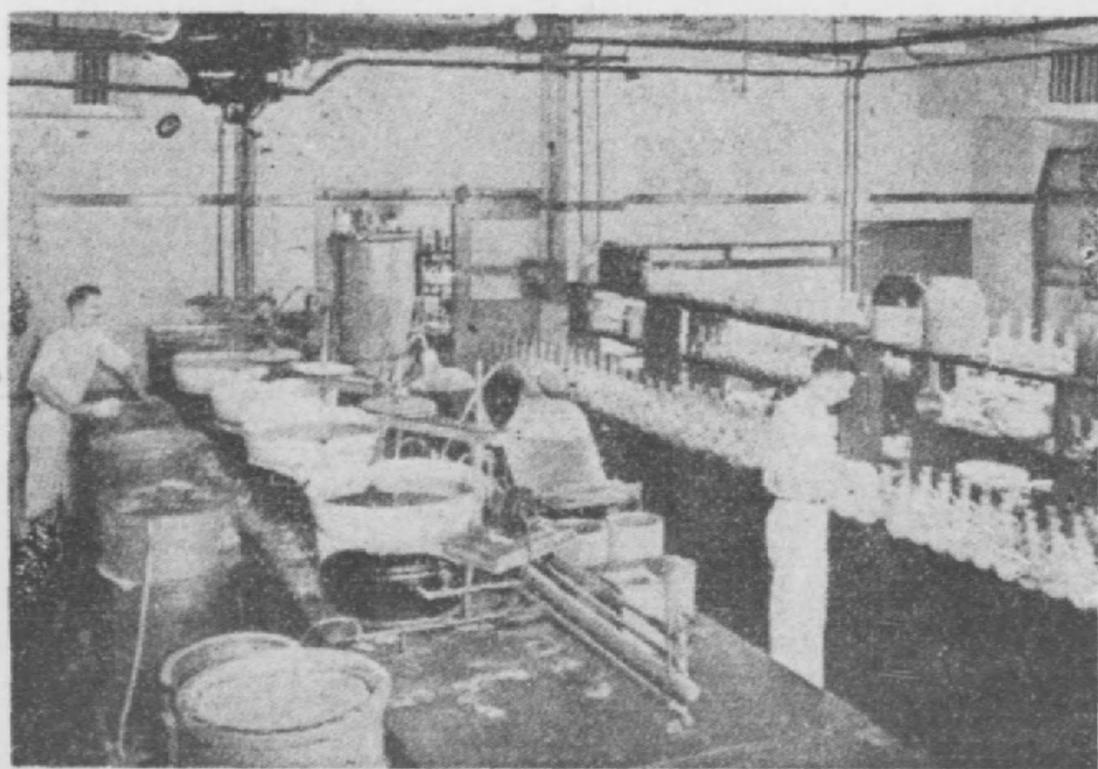
圖二七七 荷普金斯氏像

(B. Smith Hopkins)

伊利那(Illinois)大學化學教授

鈾素（六一號元素）發現人。在稀土、原子量和最近磁光化學分析法三方面的研究最為聞名。

荷普金斯教授和赫黎斯博士，乃放棄硝酸鎂複鹽，把溴化物重新結晶。因為各種硝酸鎂複鹽的溶度，依原子序數而比例加增，所以用這方法來分層，各元素均依原子序數逐一分出，六一號元素在比較多量的鈹鈰二素之間。但用溴化物再結晶後，鈹素併入易溶部分，結晶次序為鎔（最難溶的溴化物）、鈰、釷、六一號元素、鈹、鈹（21）、（23）。鈹和鈰都有隱蔽其他元素的缺點，幸而鈹和釷沒有此種可厭的特性。



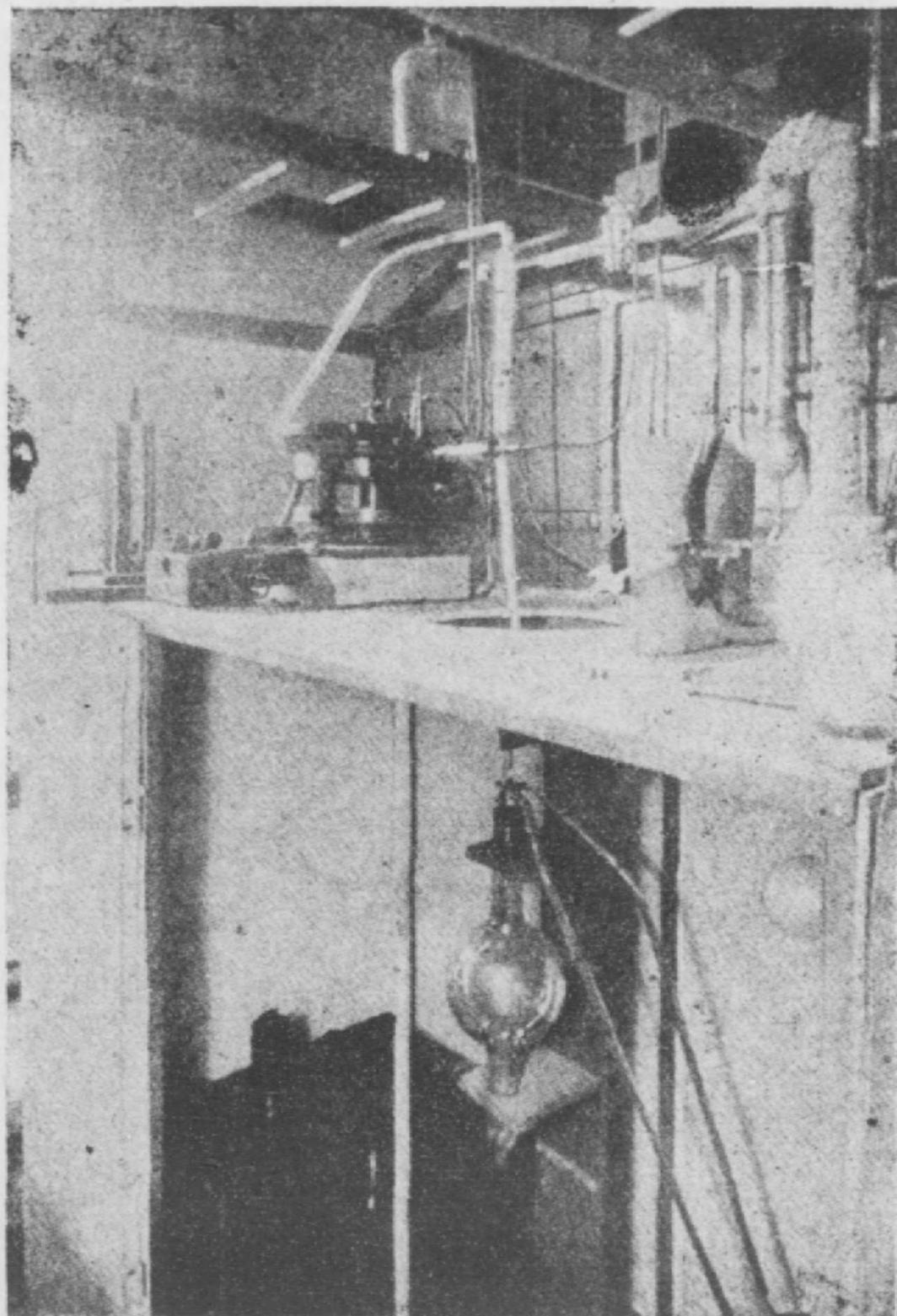
圖二七八 伊利那大學稀土分層實驗室

左邊四只大陶器為石濾器。前面桌上四只大盆為九十升容積的蒸發器，攪拌裝置，溶液瓶一應俱備。此項蒸發盆裝於洗衣桶上暫作蒸汽鍋。反應溶液用壓縮空氣從大瓶隨時加於盆中。在稀土分析初步工作中，原料極多，故器具亦大。右手桌上的小瓶，盛各部分稀土，一如分層結晶時所用者。

荷普金斯教授研究時，得赫黎斯博士和雲太嗎博士幫忙最多。一切分層工作，都在厄爾班那完成。其時雲太嗎博士爲國立研究協會的研究員，就在耶魯大學斯隆 (Stane) 物理研究所作 X 射線的檢驗 (25)。經過五年辛苦奮鬥，神祕的事情臨到了。有似脫許可斯基 (Tschajkowsky) 一八一二號前奏曲，法蘭西讚美詩的歌聲，漸漸低淡下去，而俄羅斯的讚美詩，勝利而高昂了。荷普金斯教授的光譜，情形亦復相同，鈹線淡下去了，而吸收光譜上的新線 (五八一六 A. U. 和五一三 A. U.)，漸漸強起來。此外，X 射線光譜的譜線，和摩斯利法則預述者，也相和合。於是此最後一位稀土元素，即六一號釷素，在週期表上，終得固定了位置 (10) (18) (21) (24)。(註一)

(註一) 居禮和泰可華林 (Tarkovitch) 私信六一號元素爲放射性物質 (70)。

荷普金斯 (B. Smith Hopkins) 於一八七三年九月一日，生於密喜干的翁華沙 (Orasao) 曾在阿爾俾翁 (Albion) 學院，哥倫比亞大學，及荷普金斯大學三處游學。卒業後在尼布拉斯卡·韋斯雷夏大學 (Nebraska Wesleyan) 和威斯康星 (Wisconsin) 的卡羅爾 (Carroll) 學院擔任教務。自一九一二年後，即來伊利那大學任教授。門徒萬千，那種親熱的鼓勵，謙卑的態度，大家難



圖二七九 伊利那大學X射線儀

下部中心爲兩極整流管 (kenetron)。台上爲X-射線儀的真空室。金屬的X射線管在真空室前向觀測者凸出。圖中右手爲液體空氣濾器，用以阻汞入真空室。

以忘卻。對於其他稀土研究者的工作，時加公平的判斷。著書極多，其中有二種爲稀有元素的專書（12）。週期表上填補空位的美國人，他是第一位。普爾特武德教授所發現的鈾素，雖有一切放射元素的特性，但在化學上講，絕不能從鈾中分離，所以不作獨立元素論。

哲姆斯教授製取的稀土樣品，用X射線分光法檢驗時，曾經顯示釷素的譜線，因此也推作本元素的獨立發現者。荷普金斯（41）和益德爾斯（H. A. Idles）（52）對於他以往尋覓新鈹的種切研究，以及在稀土化學方面的其他貢獻，都有極公正而詳實的批判。

佛羅稜薩（Florence）皇家大學的路拉教授（Luigi Rolla）也是六一號元素的獨立發現人，他取名作 *Florentium*（13）（14）（17）。他的方法，又見不同，先從巴西獨居石（Brazilian Monazite）中分出鎳，製成硫酸銨複鹽，然後分成各部分。阿塞缺（Arcefi）的勃倫諦小姐（Risa Brunetti）現任佛羅稜薩大學無機化學及物理化學研究所教授。她檢驗K系X射線吸收光譜後，得一結論，斷定其中有新元素一種。路拉教授的結果，於一九二四年六月寄出時，遺誤在林西理工學院的包裹中，到一九二六年十一月，始刊印出來（19）（29）。這兩位意大利科學家的貢獻和

成就都屬上乘。



圖二八〇 路拉氏像

(Luigi Rolla)

佛羅稜薩 (Florence) 皇家大學
理學院教授

無機化學研究所所長。六一號元素獨立發現人。衆多關於恆星氣層中稀土及元素週期歷與游離電勢間關係等論文的著作者。

銻 (virginium 八七號元素)

八七號元素爲未知鹼金屬，八五號元素爲未知鹵素，對於這二號元素的種種性質，化學家幻想得很久了。許多有計劃的研究，不幸均歸失敗。因爲這二個未填補的空白，都在週期表的放射性

元素部分。而元素中原子序數在八三號以上，而為不活動同位素者，猶未發現。因此海佛西教授揣疑八五號和八七號元素，應有放射性質，或由氣、新釷²、釷以及其他同位素（即八六號、八九號或八四號）蛻變而得。然根據索提、腓揚斯、夫勒克和羅素等法則，他又推想八七號元素，也許就是八九號元素的 α 射線物，或八六號元素的 β 射線物；而八五號元素從未知的八七號元素經 α 射線蛻變分化而成，或由鉈素的同位素經 β 線蛻變而成（60）。

但格累姆（C. F. Graham）的意見又不然，他認為「放射蛻變系統，並不經過八七號元素；因此新元素比其他鹼族元素，要更富放射性能，此種希望，實絕無理由可言。」（61）

德盧斯和羅林在尋求九三號元素時，在八七號元素理論上 I_{87} 和 I_{88} 二譜線間，曾發現一條淺淡而明顯的X射線（63）。

阿拉巴馬（Alabama）工藝學院物理系阿立生（Fred Allison）博士，從一九二七到一九三〇年的四年間，已完成分析化學上的光磁法（magneto-optic method）。應用光磁法檢查時，化合物先製成透明的水溶液，置於極光（polarized light）的單色線路（monochromatic beam）上，同

時使受磁場的影響，從磁力發生的時刻起，到出現一個或數個最小光度止，其間有時間的遲延，長約一秒的一兆分之一，為各種化合物特性之一。阿立生博士對於這現象的解釋，認作法拉得效應（即磁場上光線通過而起的極面轉動（plane of polarization））出現時差示的遲延時間（a differential time lag）（48）（66）（68）。

溶液中就是有其他物質存在，也同樣有此種最小光度的特徵，物質和水的比例成 1:10¹¹ 的低濃度時，始見消失。從氫（1·008）到鉍（204·39）間化合當量不同各元素的氯化物、硝酸鹽、硫酸鹽和氫氧化物，加以檢查後，阿立生博士和麥非（Edger J. Murphy）得一結論，差示遲延時間為陽離子化合當量（chemical equivalent）的反函數。換言之，最小光度在暫時線路譜（arbitrary wave path scale）出現處，依各化合物中金屬元素的化合量而列次序（48）（71）。

一九二九年秋天，阿立生和麥非檢查各種含鋰鑽石、鱗雲母（lepidolite）和含銻的鉍鑽石（pollucite）鑽石，在譜上不斷發見最小光度（minima）和未知的驗士金屬名新銻（eka cesium）

者，極爲應合。其氯化物、硝酸鹽、硫酸鹽和氫氧化物在相當處都生顯著的最小光度（17）。阿立生博士遂正式提議八七號元素，命名爲銻（virginium），用以紀念故國（49）。

一九三一年十月，康乃爾大學化學系教授白璧虛（Jacob Papish）和凡納（Eugene Wainer）對於八七號新元素的存在，從分光器上也獲得證據。在搜索時，存心必和銻二素相似，主要光譜線必在赤外線地帶（27）（35）。故新銻在低濃度時，難以窺見，又因至今尙未在驗電器（electroscope）上洩示，足見並不富有放射能質。根據這些假定，引導他們在一方殺買斯加脫鑛石（samarakite）中，搜尋這號至今遺迷失的元素。鑛石中富有銻素及其蛻變物，同時含有銻素和銻素。用此項原料製取的鋅礬，反覆再結晶後，最後得一分製品，顯示五種 α 射線的譜線，都是摩斯利法則早已料及的。此項射線都來自最難溶的一部分礬鹽，自屬意中（27）。

康乃爾大學方面的化學家，因爲不能覆證阿立生教授等所得的磁光現象，就疑心屬於八七號元素那些最小光度，或由某種複雜離子（complex ion）發出，如 SnCl_2^+ 和 ReCl^+ ，此二種複雜離子和預測的新銻，其化合物量大約相同。阿拉巴馬的化學家對於此項批評，加以一番考慮而研究後，

立知用適當的化學治理後，陪隨錫素複離子和銻素複離子同來的各種最小光度，都能剷除；而八七號元素的各種特異最小光度毫無擾亂或其他影響（50）。（註一）

（註一）其中銻素二價的穩定離子，最無生成可能性。

此外阿立生博士的結論，佐基阿·挨摩利（Georgia, Emory）大學的麥期教授（J. L. McChee）和羅凌士（Margaret Lowry）小姐也證明不誤（51）。

據科學情報所載消息，關於此新鹼金屬，在另一處有計劃的研究中，發生過極不幸的事件，黑爾星福斯工藝大學教授阿爾士發拉（Gustav A. Aarhovara）（註二）因儀器爆炸，雙目受傷極重（65）。

（註二）阿爾士發拉教授最近發表，芬蘭長石中含八七號元素（67）。

銻（alabamine 八五號元素）

因為八五號新鹼元素的位置，必居針氮兩素之間，所以阿立生博士和麥非博士得俾沙普教

授 (Edna R. Bishop) 和索美爾小姐 (Anna L. Sommer) 合作，在一百磅獨居石沙的放射性礦物中，搜尋新元素。一九三一年五月，宣稱已告發現，取名曰鎰 (alabamine)。他們把獨居石沙先用王水煮治，次用清水浸出數次，再用磁光儀檢查時，即有最小光度顯現，可知鎰素已在溶液中，成過鎰酸 HABO_4 。所含王水，加硫酸燻逐後，用二氧化硫還原溶液，即見最小光度和氫鎰酸互相應合。此外尚製備較濃的溶液，得鎰化鋰 2.5×10^{-5} 克 (16) (50)。

荷普金斯和羽格 (Gordon Hughes) 兩博士，最近研究磁光化學分析法，查知較弧光譜分析法，靈敏千倍之多。又因人目難以讀準最小光度，現正設法利用光電法替代，務使此新方法十分可靠爲止 (62)。阿立生博士已完成一種光電池線路 (photoelectric cell)，其靈敏足以替代人目，現正在繼續研究中，務使磁光器成爲一種極方便而可靠的實驗室儀器 (64) (68)。

自八五號和八七號二號元素，反覆證實後，週期表上所有的空缺，都算填滿了。要把這些閃避元素的化學和物理特性，詳細闡明，尚有待於細心研究。其他原子量大於鈾的元素，其存在的疑問，經種種試驗，已知絕不可能。但最近發見的中子 (neutron)，許多化學家，已當作原子序數爲零的

一種新元素。

結論

假使讀者諸君，讀過本書後，對於化學元素的發現者，已有一種緊密的認識，對於他們光榮的成就，已得一種深切的欣賞，則以上所寫的總算不是白費。在此作者須深謝台因博士 (F. D. Davis)，他為本書搜尋適當的圖畫。還有瓶恩先生，大部分照片的翻印工作，都是他的成績。

參考材料

- (1) Lewis, E. H., "Ballad of Ryerson," *J. Chem. Educ.*, 2, 610 (July, 1925). Poem in memory of Moseley.
- (2) Pogendorf, "Biographisch-Literarisches Handwörterbuch zur Geschichte der exakten Wissenschaften," 5 vols, Verlag Chemie, Leipzig, 1863-1926. Articles on Moseley and Coster.
- (3) Rutherford, F., "Moseley's Work on X-Rays," *Nature*, 116, 316-7 (Aug. 29, 1925).
- (4) Thorpe, T. E., "Yttrium and Titanium," *ibid.*, 111, 252-3 (Feb. 24, 1923).
- (5) Hopkins, B. S., "Building Blocks of the Universe," *Sci. Am.*, 136, 87-9 (Feb., 1927).
- (6) Biographical sketch of Hevesy, *J. Chem. Educ.*, 7, 2739-40 (Nov., 1930).

- (7) "Hafnium," *Sci. Mo.*, 25, 285-8 (Sept., 1927).
- (8) "Two New Elements of the Manganese Group," *Nature*, 116, 54-5 (July 11, 1925).
- (9) Tacke, "Zur Auffindung der Ekamangane," *Z. angew. Chem.*, 38, 794 (Sept. 10, 1925); 1157-60 (Dec. 17, 1925).
- (10) Harris, Yntema, and Hopkins, "The Element of Atomic Number 61; Mlunium," *Nature*, 117, 792-3 (June 5, 1926).
- (11) Brauner, "The New Element of Atomic Number 61: Mlunium," *ibid.*, 118, 84-5 (July 17, 1926).
- (12) Margulis, "Who's Who in America," A. N. Margulis Co., Chicago, 16, 1127 (1930-31). Article on Hopkins.
- (13) Rolla and Fernandes, "Ricerche sopra elementi a numero atomico 61. Nota I," *Gaz. chim. Ital.*, 56, 435-6 (July, 1926); "Nota II," 688-94 (Sept., 1926); "Nota III," 862-4 (Nov., 1926).
- (14) Noyes, W. A., "Mlunium," *Nature*, 119, 319 (Feb. 26, 1927); Rolla and Fernandes, "Florentium. Antwort an W. A. Noyes," *Z. anorg. Chem.*, 163, 40-2 (June 28, 1927); *Gaz. chim. Ital.*, 57, 290-2 (Apr., 1927).
- (15) Noddack, Tacke, and Berg, *Nature*, 13, 567 (1925); I. and W. Noddack, "Die Sauerstoffverbindungen des Rheniums," *Z. anorg. Chem.*, 181, 1-37 (Heft 1, 1929).
- (16) Allison, Murphy, Bishop, and Sommer, "Evidence of the Detection of Element 60 in Certain Substances," *Phys. Rev.*, 37, 1178-80 (May, 1931).

- (17) Allison and Murphy, "Evidence of the Presence of Element 87 in Samples of Polynucle and Lepidolite Ores," *ibid.*, **35**, 285 (Feb. 1, 1930).
- (18) Hopkins, B. S., "Thulium. The New Rare Earth, *J. Franklin Inst.*, **204**, 1-11 (July, 1927).
- (19) Rolla and Fernandes, "Über das Element der Atomnummer 61," *Z. anorg. Chem.*, **157**, 371-81 (Nov. 16, 1926); *ibid.*, **160**, 190-2 (Feb. 21, 1927); "Ricerche per la concentrazione e l'isolamento del lorenzio," *Gaz. chim. ital.*, **57**, 704-13 (Sept., 1927).
- (20) Kiess, "Wave-length Measurements in the Arc Spectra of Neodymium and Samarium," *Ber. Standards Sci. Papers*, **18**, 201-19 (May 31, 1922); "Wave-length Measurements in the Arc Spectra of Gadolinium and Dysprosium," *ibid.*, **18**, 695-706 (Mar. 12, 1923).
- (21) Harris and Hopkins, "Element 61. Isolation," *J. Am. Chem. Soc.*, **48**, 1585-94 (June, 1926); Harris, Yulevia, and Hopkins, "Element 61. X-Ray Analysis," *ibid.*, **48**, 1594-8 (June, 1926).
- (22) Cork, James, and Fogg, "The Concentration and Identification of the Element of Atomic Number 61," *Proc. Nat. Acad. Sci.*, **12**, 696-9 (Dec. 15, 1926).
- (23) Quill, "Thulium. Element Number 61." *J. Chem. Educ.*, **5**, 561-8 (May, 1928).
- (24) Harris, Hopkins, and Yutoma, "Thulium," *Science*, **63**, 575-6 (June 4, 1926).
- (25) Yutema, "Observations on the Rare Earths. XV. A Search for Element Sixty-one," *J. Am. Chem. Soc.*, **46**, 37-9 (Jan., 1924).
- (26) Mellor, "Comprehensive Treatise on Inorganic and Theoretical Chemistry," Vol. 7, Longmans, Green and Co., New York City, 1927, pp. 166-70 (article on Hf); Hevesy, "The Haf-

- nium Content of Some Historical Zirconium Preparations," *Nature*, 113, 384-5 (Mar. 15, 1924).
- (27) Papiñ and Wainer, "Element 87 (preliminary paper)," *J. Am. Chem. Soc.*, 53, 3818-20 (Oct., 1931).
- (28) Urbain and Dauvillier, "On the Element of Atomic Number 72," *Nature*, 111, 218 (Feb. 17, 1923); Coster and Hevesy, "On the New Element of Atomic Number 72," 111, 79 (Jan. 20, 1923); 182 (Feb. 10, 1923); 252 (Feb. 21, 1923).
- (29) Brunetti, "Ricerche röntgenografiche per l'identificazione dell'elemento a numero atomico 61 (Florenzio)," *Gaz. chim. ital.*, 57, 335-46 (May, 1927).
- (30) Rutherford, E., "Henry Gwyn Jeffreys Moseley," *Nature*, 96, 38-4 (Sept. 9, 1915).
- (31) Moseley, "The High Frequency Spectra of the Elements," *Phil. Mag.* [6], 26, 1024-34 (Dec., 1913); 27, 703-13 (Apr., 1914).
- (32) "Discussion on the Structure of Atoms and Molecules," *Brit. Assoc. Reports*, 84, 203-301 (Aug. 18, 1914).
- (33) Urbain, "Les numéros atomiques du néo-ytterbium, du lutécium, et du cérium," *Compt. rend.*, 174, 1349-51 (May 22, 1922).
- (34) Coster, "Hafnium, a New Element," *Chem. Weekblad*, 20, 122-3 (1923).
- (35) Yagoda, "The Ultimate Lines of Element 87," *Phys. Rev.*, 40, 1017-8 (June 15, 1932).
- (36) E. R., "H. G. J. Moseley, 1887-1915," *Proc. Roy. Soc. (London)*, 93A, xxii-xxviii (1917).
- (37) Moseley and Darwin, C. G., "The Reflection of the X-Rays," *Phil. Mag.* [6], 26, 210-32 (July,

- 1915); *Sci News Letter*, 15, 503-4 (Mar. 30, 1930).
- (38) Hevesy, "The Discovery and Properties of Hafnium," *Chem. Reviews*, 2, 1-41 (Apr., 1925).
- (39) Noddack, W. and Noddack, I., "Über den Nachweis der Ekamanganse," *Z. angew. Chem.*, 40, 250-4 (Mar. 3, 1927).
- (40) Berg, "Über den röntgenspektroskopischen Nachweis der Ekamanganse," *ibid.*, 40, 254-6 (Mar. 3, 1927).
- (41) Hopkins, E. S., "The Scientific Work of Charles James," *The Nucleus*, 9, 11-6 (1931); *J. Wash. Acad. Sci.*, 22, 21-5 (Jan. 19, 1932).
- (42) "The Newer Metals of Group IV, A Classic of Science," *Sci News Letter*, 21, 166-8 (Mar. 12, 1932).
- (43) Meggers, "Rhenium," *Sci. Mo.*, 33, 413-8 (Nov., 1931); "The Arc Spectrum of Rhenium," *Bur. Standards J. Research*, 6, 1027-50 (June, 1931).
- (44) Doljick and Heyrovský, "The Occurrence of Dwi-manganese (At. No. 75) in Manganese Salts," *Nature*, 116, 782-3 (Nov. 28, 1925); Heyrovský, *ibid.*, 117, 16 (Jan. 2, 1926); *Science* (N. S.), 62, Suppl. xiv (Nov. 20, 1925); "Researches with the Dropping Mercury Cathode," *Rec. trav. chim. Pays-Bas*, 44, 488-502 (Mar., 1925); Doljick and Heyrovský, "Über das Vorkommen von Dwi-mangan in Manganverbindungen," *ibid.*, 46, 248-55 (Apr., 1927).
- (45) Lauckesler, "Henry Gwyn Jeffreys Moseley," *Phil. Mag.*, 31, 173-6 (Feb., 1916)
- (46) Sarbon, "Moseley. The Numbering of the Elements," *Isis*, 9, (1), 96-111 (1927).

- (47) Hevesy, "The Use of X-Rays for the Discovery of New Elements," *Chem. Reviews*, 3, 321-9 (Jan., 1927).
- (48) Allison and Murphy, "A Magneto-optic Method of Chemical Analysis," *J. Am. Chem. Soc.*, 52, 3796-806 (Oct., 1930).
- (49) Allison, Bishop, Sommer, and Christensen, "Further Research on Element 87," *ibid.*, 54, 613-5 (Feb., 1932).
- (50) Allison, Bishop, and Sommer, "Concentration, Acids, and Lithium Salts of Element 85," *ibid.*, 54, 616-20 (Feb., 1932).
- (51) McGhee and Lawrenz, "Tests for Element 87 (Virginium) by the Use of Allison's Magneto-optic Apparatus," *ibid.*, 54, 405-6 (Jan., 1932).
- (52) Tiddle, "The Charles James Hall of Chemistry of the University of New Hampshire," *J. Chem. Educ.*, 7, 812-20 (April, 1930).
- (53) Van Arkel and de Boer, "Darstellung von reinem Titanium, Zirkonium-, Hafnium-, und Thoriummetall," *Z. anorg. Chem.*, 148, 346-50 (Oct. 29, 1925).
- (54) Anon, "The New Element Hafnium," *Chem. and Ind. (N. S.)*, 42, 67 (Jan. 26, 1923); Coster and Hevesy, *ibid.*, 258 (Mar. 16, 1923); Editorial, *ibid.*, 763-4 (Aug. 10, 1923); Urbain, "Should the Element of the Atomic Number 72 Be Called Calcium or Hafnium?" *ibid.*, 764-9 (Aug. 10, 1923); Anon, *ibid.*, 784-8 (Aug. 17, 1923); Brauner, "Hafnium or Calcium," *ibid.*, 884-5 (Sept. 14, 1923); Hevesy, "On the Chemistry of Hafnium," *ibid.*, 929-30 (Sept. 28,

- 1923); Dauvillier, "On the High-Frequency Lines of Cesium," *ibid.*, 1182-3 (Dec. 7, 1923); Editorial, *ibid.*, 44, 619-20 (June 19, 1925).
- (55) Hevesy, "Recherches sur les Propriétés du Hafnium," *Ugl. Danske Videnskaberne Selskab, Math.-fysiske Meddelelser*, 6, 3-149 (1925). In French.
- (56) Urbain, "Sur un nouvel élément qui accompagne le lutécium et le scandium dans les terres de la gadolinite: le celtium," *Compt. rend.*, 152, 141-3 (Jan. 16, 1911).
- (57) Bligh, "Newly Discovered Chemical Elements," Smithsonian Report for 1929, pp. 245-51; *Sci. Progress*, 20, 109-14 (July, 1926); *Scientia*, 43, 4 (Apr. 1, 1928).
- (58) Dolejšek, Druce, and Heyrovský, "The Occurrence of Dwi-manganese in Manganese Salts," *Nature*, 117, 159 (Jan. 30, 1926).
- (59) Druce, "Examination of Crude Manganese Compounds and the Isolation of the Element of Atomic Number 75," *Chem. News*, 131, 273-7 (Oct. 30, 1925); Loring and Druce, "Examination of Crude Dwi-manganese," *ibid.*, 337-8 (Nov. 27, 1925).
- (60) Hevesy, "On the Missing Element 87," *Ugl. Danske Videnskaberne Selskab. Math.-fysiske Meddelelser*, 7, 1-11 (1926). In English.
- (61) Graham, "Element 87," *Science* (N. S.), 74, 665-6 (Dec. 25, 1931).
- (62) *Science Service*, "Magneto-optic Chemical Analysis," *ibid.*, (N. S.), 75, Suppl. 8 (Apr. 8, 1932).
- (63) Loring and Druce, "Eka-caesium," *Chem. News*, 131, 289 (Nov. 6, 1925); "Eka-caesium and Eka-iodine," *ibid.*, 131, 305, 320 (Nov. 13 and Nov. 20, 1925).

- (64) Allison, "Magneto-optic Method of Analysis as a New Research Tool," *Ind. Eng. Chem. Anal. Ed.*, **4**, 9-12 (Jan. 15, 1932).
- (65) *Science Service*, "Professor Aartovvaara and Element 87," *Science* [N. S.], **74**, Suppl. 10-2 (Nov. 27, 1931); Buchanan, "Element 87 Costs Scientist His Sight," *Sci. Am.*, **146**, 117-8 (Feb., 1932).
- (66) Allison and Condon, "An Experiment in Support of the Hypothesis of a Time Lag in the Faraday Effect," *Phys. Rev.*, **40**, 1021-2 (June 15, 1932).
- (67) Aartovvaara, "The Occurrence of Rare Elements in Finland," *Tekn. Töiden ja Tutkimuslaitosten Toiminta*, **52**, :57-61 (1932); *Chem. Abstr.*, **26**, 5480 (Nov. 10, 1932).
- (68) Allison, "The Magneto-optic Method of Analysis," *J. Chem. Educ.*, **10**, 71-8 (Feb., 1933).
- (69) Hurd, L. C., "The Discovery of Rhenium," *ibid.*, **10**, 605-8 (Oct., 1933); Druce, J. G. F., *ibid.*, **11**, 59 (Jan., 1934).
- (70) Curie, Maurice and Takvorian, S., "Radioactivité d'un fractionnement néodyme-samarium," *Mémoires 61," Compt. rend.*, **196**, 923-5 (Mar. 27, 1933).
- (71) Genneté, P. R., "Sur l'existence de l'élément 87," *Bull. soc. chim.*, **53**, 140-4 (Feb., 1933).
Critical review.

附錄

近三百年間化學元素發見史年表

第十七世紀

- 一六二七年一月二五日——磷之獨立發見人波以耳氏 (Robert Boyle) 生於愛爾蘭。
- 一六三〇年——孔柯爾氏 (Johann Kunckel) 出世，關於磷的著作，氏所述最早。
- 一六三七年——中國天工開物一書出版，其中述及鋅的治鍊方法及用途。
- 一六四五年——梅猷氏 (Dr. John Mayow) 生於倫敦，氏為燃燒理論最初的著作家。
- 一六四九年——失儒得爾氏 (Schroeder) 記述金屬砷的製法兩種。
- 一六六五年——霍克氏 (Robert Hooke) 在其所著的微物論 (Micrographia) 上發表燃燒的理論。

一六六九年——梅猷氏察出空氣中含有兩種不同的成分。

一六六九年——德國鍊金術士布藍特氏 (Brand) 發現磷素。

一六六九年——梅猷氏逝世。

一六九一年——波以耳氏 (Robert Boyle) 逝世。

一六九四年六月二十六日——布藍特氏·喬治 (Georg Brand) 生於瑞典米斯孟蘭 (Vestmanland) 之方打哈德村 (Riddaryta) 中。氏為鈷之發現人。

第十八世紀

一七〇〇年——蘭木瑞氏 (Lemery) 記述氫的性質。

一七〇一年——邁爾耳氏 (Turquet de Mayerne) 謂氫為一種可燃氣體。

一七〇二年——孔柯爾氏 (Johann Kunckel) 逝世。

一七〇九年三月三日——馬格拉弗氏 (Andreas Sigismund Marggraf) 生於

柏林。

一七三二年二月三日——鎳的發現人克琅斯大德氏 (Friedrich Cronstedt) 生於瑞典之塞得曼蘭 (Södermanland)。

一七三一年一月一日——加萬粒粟氏 (Sir Henry Cavendish) 生於尼斯 (Nice)。

一七三三年三月十三日 (舊曆) ——普里斯特利氏 (Joseph Priestley) 生於英國黎芝 (Leeds) 鄰近的飛爾德赫村 (Fieldhead)。

一七三五年——布藍特氏 (Georg Brandt) 將鈷析出。

一七三七年——赫羅特氏 (Hellot) 取得金屬鈹一粒，同年並公佈磷的祕密製法。

一七四〇年——包德氏 (J. H. Pott) 謂黑鎳礦 (pyrolusite) 中含有一種新金屬的氧化物。

一七四〇年六月一日——牟勒氏 (Müller von Reichenstein) 生於維也納，氏為碲之發見人。

一七四〇年至一七四一年間——武德氏 (Charles Wood) 在新西班牙的迦素基納

(Carthagen) 發見鉞。

一七四二年二月九日——徐萊氏 (Carl Wilhelm Scheele) 生於瑞典之斯特拉爾松得城 (Stralsund)。

一七四三年八月二六日——拉瓦錫氏 (Antoine L. Lavoisier) 生於巴黎。

一七四三年二月一日——克拉普洛特氏 (Martin Heinrich Klaproth) 生於哈茨 (Hartz) 偉爾格羅得 (Wernigerode) 氏為最初研究鉞、鈦和銻三元素者之一。

一七四五年八月一九日——甘·佐罕氏 (Johann Gottlieb Gahn) 生於瑞典的服斯拿鎮 (Voxna) 氏為錳之發見人。

一七四六年——馬格拉夫氏 (Marggraf) 由異極礦 (calamine) 中用還原方法而取得金屬鋅。

一七四六年一〇月二日——鉞之發見人埃爾目氏 (Peter Jacob Hjelm) 生於瑞典之孫拿坡·哈德 (Sunnerbo Härad)。

一七四八年——得·烏羅阿氏 (Don Antonio de Ulloa) 記述鉛的發見情形。

一七四九年二月三日——氮之發見人拉忒福德氏 (Daniel Rutherford) 生於英國

愛丁堡。

一七五〇年——布朗利格氏 (Dr. William Brownrigg) 敘述鉛之性質。

一七五三年——小赫弗里 (Geoffroy the Younger) 刊行所研究之鉍之化學分析法

一書。

一七五四年——克琅斯大德氏 (Cronstedt) 將鑲析出。

一七五五年——得爾徐埃爾氏 (Don Faustio d'Elhuyar) 生於西班牙之羅哥羅虐

(Logrono) 與其同胞約瑟 (Don Juan José) 共同將鎢析出。

一七五五年——愛丁堡的卜拉克氏 (Dr. Joseph Black) 認為苦土 (magnesia alba)

與石灰不同。

一七五九年——馬克拉夫氏 (Marggraf) 亦獨立發見苦土 (氧化鎂) 與石灰為兩種不

同的物品。

一七六〇年六月五日——氧化鉍的發見人加多林氏 (Johann Cadolin)，生於芬蘭愛培市 (Finland Abo)。

一七六一年一月三〇日——鐵和鈹之發見人汀孟氏 (Smithson Tennant) 生於英國約克郡的溫斯勒得爾 (Yorkshire, Wensleydale)。

一七六二年——鈹之發見人格累高爾氏 (Reverend William Gregor) 生於康瓦爾 (Cornwall)。

一七六三年五月一六日——鉻與鉍的發見人富古令氏 (L. N. Vauquelin) 生於聖安都得伯多 (St. André des Berteaux)。

一七六五年頃——鈾的發見人哈特齊德 (Charles Hatchett) 出世。

一七六五年八月一九日——克琅斯大德氏 (Cronstedt) 逝世於瑞典首都斯德哥爾摩 (Stockholm)。

一七六六年八月六日——鈮與鎘的發見人 武拉斯吞氏 (Dr. William Hyde Wollaston) 生於英國諾福克之東德爾漢 (East Dereham, Norfolkshire)。

一七六六年二月二十八日——銻土 (氧化銻) 發見人 希生革爾氏 (Wilhelm von Hisinger) 出世。柏齊力阿斯氏 (Berzelius) 希生革爾及克拉普羅茲 (Klaproth) 三氏均曾研究此種土質。惟克氏為獨立研究者。

一七六七年一月一日——鉍之發見人 愛克柏格 (Anders Gustaf Ekberg) 生於斯德哥爾摩。

一七六八年四月二十九日——布藍特在斯德哥爾摩逝世。

一七七一年——徐萊氏著文討論氟酸。

一七七二年——拉忒福德氏發見氮。徐萊、普里斯特利及加萬粒栗亦各同時將氮發見。

一七七四年四月——貝岩氏 (Pierre Bayen) 加熱氧化汞而取得氧氣。

一七七四年——徐萊氏發表所著錳及其性質一書，為後人發見錳、鉍及氯三元素之先聲。

一七七四年八月一日——普利斯特利氏取得氧氣（徐萊氏比普氏先製得此氣，惟其結果至一七七七年方始發表）。

一七七四年——甘氏（Johann G. Gahn）將錳析出。

一七七五年——阿爾費特孫氏（Arfvedson）發表其博士論文，擁護其師柏格門氏（Bergman）認錳為元素的主張（按此阿氏與一八一七年發見鋰的阿爾費特孫，並非一人）。

一七七五年——徐萊氏由骨中取得磷質。

一七七六年八月二日——鎳的發見人斯特羅邁厄氏（Friedrich Stromeyer）生於德

國之哥庭根（Göttingen）。

一七七七年二月八日——碘的發見人庫耳他氏（Bernard Courtois）生於法國的提仲（Dijon）。

一七七七年——拉瓦錫氏推翻燃燒素學說（phlogiston theory），創立燃燒的正確理論。

一七七七年五月四日——泰那爾氏（Louis Jacques Thenard）出世。

一七七七年八月一日——厄斯泰德氏 (Hans Christian Orsted) 出世。

一七七八年——徐萊氏辨別石墨與鉛爲兩種不相同的物質。

一七七八年二月六日——給·呂薩克氏 (Gay-Lussac) 出世。

一七七八年二月一日——得維氏 (Humphry Davy) 生於英國空高爾郡彭桑斯鎮

(Penzance, Cornwall)。

一七七九年——徐萊氏認爲石灰與氧化鉛爲兩種不同物質。

一七七九年八月二十日——柏齊力阿斯氏 (Berzelius) 生於瑞典的韋斐松答村 (Waf-

versunds)。

一七八〇年——得培賴納氏 (J. W. Döbereiner) 出世，氏首創『三連組』(triads) 學說。

一七八一年——徐萊氏發見鎢酸。

一七八一年——埃爾目氏 (Hjelma) 製得鉛。

一七八二年八月七日——馬格拉夫氏 (Marggraf) 逝世。

一七八二年——牟勒氏 (Miller von Reichenstein) 發見碲。

一七八三年——得爾徐埃爾 (d'Elhuyar) 兄弟二人發見鎢。

一七八六年五月二一日——徐萊氏 逝世。

一七八七年六月二日——塞夫斯唐木氏 (Nils Gabriel Sefström) 生於瑞典索瑟 (Tisbo

Socken) 氏爲釩之發見人。雖則得爾·利俄 (Del Rio) 所發見的 erythronium 亦即釩

質，但伊不能辨別此種新金屬與銻之異點。

一七八九年——克拉普羅茲氏 (Klaproth) 由瀝青礦中發現鈾質，但未會將鈾析出。同

年氏又發見銻土。

一七九〇年——克洛福德氏 (Crowford) 察出氧化銻 (strontia) 爲一種新土質。

一七九一年——格累高爾 (Rev William Gregor) 發見新金屬鈦的氧化物。

一七九二年一月二二日——錳的發見人阿爾費特孫氏 (Johann August Arfvedson)

生於瑞典斯卡拉普格府 (Skagerholms-Brnk, Skaraborge Län)。

一七九四年——拉瓦錫氏 (Lavoisier) 逝世。

一七九四年——加多林氏 (Gadolin) 發見釷土 (氧化釷)。

一七九四年五月二九日——彪西氏 (A. A. B. Bussy) 生於法國馬賽。氏爲首先製得

一整塊鎂的學者。

一七九五年——克拉普羅茲氏 (Klaproth) 再發見鈦質，但未會取得鈦的純金屬。

一七九六年一月一日——釘的發見人克勞斯氏 (Karl Karlovich Klaus) 生於多爾

巴特城 (Dorpat, Esthonia)。

一七九七年——台耐特氏 (Smithson Tennant) 證實金剛石中只含碳素。

一七九七年十一月二〇日——莫桑得爾氏 (Carl Gustav Mosander) 生於瑞典卡爾

馬 (Kalmar)，氏爲鎳及錳二元素之發見人。

一七九八年二月——富古令氏 (Vauquelin) 發見鉍之存在，又取得鉍的單體——至鉍

的單體，爲弗勒氏 (Wöhler) 於一八二八年所首先分得。

一七九八年一月二五日——克拉普羅茲氏 (Klaproth) 促德國化學家注意牟勒氏 (Müller) 所發見的碲質。

一七九九年二月一九日——錒之發見人賴赫氏 (Ferdinand Reich) 生於德國之柏恩堡 (Bernburg)。

第十九世紀

一八〇〇年七月三一日——弗勒氏 (Friedrich Wöhler) 生於德國之埃射海莫 (Eschersheim)。

一八〇一年——得爾·利俄氏 (Del Rio) 由墨西哥馬笨 (Zimapan) 所出產的黃鉛礦中發見新金屬鈳 (erythronium) 後來氏誤認此金屬爲銻。

一八〇一年——哈特哲德氏 (Hatchett) 由新英格蘭所出產的一種礦石中發見鈳。

一八〇二年——愛克柏格氏 (Ekeberg) 發見鉭土 (氧化鉭)。

一八〇二年九月三〇日——溴之發見人巴拉氏 (A. J. Balard) 生於法國之蒙培利埃

(Montpellier)。

一八〇三年三月一七日——洛威氏 (Carl Löwie) 出世，氏爲溴之獨立發見人。

一八〇三年——克拉普羅茲 (Klaproth) 柏齊力阿斯 (Berzelius) 及希生革爾 (Hisinger) 三氏分析銻石後，乃發見銻土 (氧化銻)。

一八〇三年——武拉斯吞氏 (Wollaston) 發見銻與鈹。

一八〇四年二月六日——普里斯特利氏 (Priestley) 於美洲的諾森伯蘭鎮 (Northumberland) 逝世。

一八〇四年——台耐特氏 (Smithson Tennant) 發見鐵與銹。

一八〇七年一〇月六日——得維氏 (Davy) 分得鉀質。數日後氏又分得鈉。

一八〇八年——得維氏 分得鎂、鈣及鎂。

一八〇八年——給·呂薩克 (Gay-Lussac) 與泰那爾 (Thenard) 二氏分得礬。得維氏 亦獨立取得這種金屬。

一八〇九年——武拉斯吞氏 (Wollaston) 誤認鉬與鈎爲同一金屬。

一八一〇年二月二四日——加萬粒粟氏 (Cavendish) 逝世。

一八一〇年一月一日——得維氏在英國皇家學會中公佈其證實氣爲元素之論據。

一八一一年——庫耳他氏 (Courtois) 發見碘。

一八一一年三月二四日——彼利高得氏 (Eugène Melchior Peligot) 出世，氏爲析得

鈾元素之第一人。

一八一一年三月三十一日(或五月三十一日)——本生氏 (Robert Bunsen) 生於哥庭根。

一八二三年二月一日——愛克柏格氏 (Ekeberg) 於烏布薩拉 (Upsala) 逝世。

一八二三年一〇月七日——埃爾目氏 (Hjeltn) 於瑞京斯德哥爾摩逝世。

一八二三年——克雷蒙氏 (Clement) 證實庫耳他氏 (Courtois) 所發見之碘。

一八一四年——夫勞恩荷斐氏 (Fraunhofer) 發見太陽光譜中的黑線。

一八一四年——給·呂薩克氏 (Gay-Lussac) 發表其研究碘之著名論文。

一八二五二月二日——台耐特氏 (Tennant) 於波羅那 (Boulogne-sur-Mer) 逝世。

一八二七年一月一日——克拉普羅茲氏 (Klaproth) 逝世。

一八二七年四月二四日——氯化鋇與氧化錒之發見人馬利甘克氏 (Jean Gallissard de

Marignac) 生於瑞士之日內瓦。

一八二七年六月一日——格累高爾氏 (Gregor) 逝世。

一八二七年——阿爾費特孫氏 (Arfvedson) 發見鋰。

一八二七年——柏齊力阿斯氏 (Berzelius) 發見錒。

一八二八年三月一日——亨利得威爾氏 (Henri Sainte-Claire Deville) 生於安提

勒斯的聖湯姆孫島 (St. Thomas Island) 之下。

一八二八年二月八日——甘氏 (Gahn) 於斯德哥爾摩逝世。

一八二九年二月一日——拉忒福德氏 (Rutherford) 逝世。

一八二〇年——項古麥氏 (Begnuyer de Chancourtois) 出世，氏為螺旋形週期表 (telluric

BOGROW) 之創製人。

一八二〇年七月十五日——拉密氏 (Claude August Lamy) 生於法國乃累 (Nancy)，氏爲金屬銻之最初製取者。

一八二三年——柏齊力阿斯氏 (Berzelius) 析得無定形砒。

一八二四年三月二日——克希荷夫氏 (Gustav Kirchhoff) 出世。

一八二四年二月二日——李希特氏 (Heironymus Theodor Richter) 首先看見銻的旋光線。

一八二四年——柏齊力阿斯氏 取得銻之不純體。

一八二五年——厄斯泰德氏 (Oersted) 取得不純淨之鋁。

一八二五年 (或一八二六年) 一〇月二日——牟勒氏 (Müller von Reichenstein) 於維也納逝世。

一八二五年——柏齊力阿斯氏 取得不純淨的無定形銻。

一八二五年——洛威氏 (Carl Löwig) 分得溴。

一八二六年——巴拉氏 (Balard) 亦分得溴，惟其結果發表在洛威氏之先。

一八二七年——弗勒氏 (Wöhler) 析出鋁。

一八二八年——弗勒氏析出鉍。彪西氏 (Bussy) 亦獨立將鉍析出。

一八二八年——柏齊力阿斯氏由鉍石中分得鉍土 (氧化鉍)。

一八二八年十二月二日——武拉斯吞氏 (Wollaston) 於倫敦逝世。

一八二九年——得培賴納氏 (Döbereiner) 首創『三連組』的學說。

一八二九年五月二九日——得維氏 (Davy) 於瑞士日內瓦逝世。

一八二九年十一月一日——富古令氏 (Vauquelin) 於沙托·特斯·柏托 (Château

de Bartheaux) 逝世。

一八三〇年——塞夫斯唐木氏 (Selstrom) 發見鈹。

一八三〇年八月十九日——邁耳氏 (Lothar Meyer) 生於德國之發累爾 (Varel)。

一八三一年——彪西氏 (Bussy) 製得成塊之鎂。按得維氏於一八〇八年已將鎂析出。

一八三二年六月一七日——克盧克斯氏 (Sir William Crookes) 出世。

一八三三年一月七日——羅斯科氏 (Sir Henry E. Roscoe) 出世。氏爲首先分得金

屬鈞之學者。

一八三三年二月六日——得爾徐埃爾董·浮士圖氏 (Don Faust d'Elhuyar) 於馬德

里 (Madrid) 作古。

一八三四年二月七日——門得雷耶夫氏 (Mendeleef) 生於西伯利亞的托普爾斯克

(Tobolsk)。

一八三五年八月一日——斯特羅邁厄氏 (Stromeyer) 於哥庭根逝世。

一八三七年——八音律 (Law of octave) 發見人牛蘭斯氏 (J. A. R. Newlands)

出世。

一八三八年四月一日——布瓦善德郎氏 (Lecoq de Boisbaudran) 生於法國的科

涅克 (Cognac)

一八三八年九月二七日——庫耳他氏 (Courtois) 於巴黎逝世。

一八三八年二月二六日——鎡之發見人文克爾氏 (Clemens Winkler) 生於夫賴

堡 (Freiberg)

一八三九年——莫桑得爾氏 (Mosander) 發見氧化錳。

一八四〇年二月一〇日——鎡之發見人克利甫氏 (Per Theoder Cleve) 生於斯德哥

爾摩。

一八四〇年五月二七日——鎡之發見人尼爾孫氏 (Lars Fredrik Nilson) 生於瑞典

東哥德蘭 (Oster Gotland)

一八四一年——彼利高得氏 (Pelligot) 將鋇析出。

一八四一年——莫桑得爾氏 (Mosander) 發見氧化鎂。

一八四一年一〇月二八日——阿爾費特孫氏 (J. A. Arfwedson) 逝世於瑞典之黑丹

索 (Hedenski)

一八四二年一月二日——累利伯爵 (Robert John Strutt, Lord Rayleigh) 生於英國忒爾令 (Terling)。

一八四三年——莫桑得爾氏由加多林鑛石 (gadolinite) 中分得氧化鉷 (erbia) 與氧化鉕 (erbia)。

一八四四年——克勞斯氏 (Klaus) 發見鉕。

一八四五年一月三〇日——塞夫斯唐木氏 (Sefström) 於斯德哥爾摩作古。

一八四七年二月一〇日——哈特哲德氏 (Hotchelt) 於折爾息 (Chelsea) 逝世。

一八四八年八月七日——柏齊力阿斯氏 (Berzelius) 於斯德哥爾摩作古。

一八四七年三月二四日——得培賴納氏 (Döbereiner) 逝世。

一八五〇年五月九日——給·呂薩克氏於巴黎逝世。

一八五一年三月九日——厄斯洛德氏 (Orsted) 逝世。

巴黎。

一八五二年一月一日——鎔之發見人德馬開氏 (Eugene Anatole Demereay) 生於

一八五二年六月二八日——希生革爾氏 (Hisinger) 逝世。

一八五二年八月一五日——加多林氏 (Gadolin) 逝世。

一八五二年九月二八日——摩孫氏 (Henri Moissan) 生於巴黎。

一八五二年一〇月二日——拉姆塞爵士 (Sir William Ramsay) 生於英國格拉斯哥
(Glasgow)。

一八五四年——亨利·得威爾氏 (Henri Sainte-Claire Deville) 完成其工業製鉛法，
同年氏又製得結晶砂。

一八五七年六月二〇日——威斯巴克男爵卡爾·奧爾氏 (Karl Auer) 出世。

一八五八年一〇月一五日——莫桑德爾氏 (Mosander) 逝世。

一八五九年五月一五日——居禮氏 (Pierre Curie) 出世。

一八六〇年——本生氏 (Bunsen) 與克希荷夫氏 (Kirchhoff) 發明分光器。

一八六〇年五月一〇日——本生與克希荷夫二氏宣稱發見鈉。

一八六一年二月二三日——本生與克希荷夫二氏宣稱發見鉀。

一八六一年春——克盧克斯氏 (Crookes) 於分光器中窺見鈹的青線。

一八六二年春——拉密氏 (Lamy) 分得金屬鈹。

一八六二年——項古蒙氏 (Beyuyer de Chancourtois) 發表其螺旋式的原子量圖形。

一八六三年——赫羅爾德氏 (P. L. T. Héroult) 與蒙爾氏 (Charles Martin

Hall) 出世。二氏各獨立發見金屬鋁之電解製法。

一八六三年夏——賴赫 (Reich) 與李希特 (Richter) 二氏發見銻。

一八六四年——牛蘭斯 (Newlands) 與邁耳 (Lothar Meyer) 二氏各獨立將元素

排成族類。

一八六四年三月二二日——克勞斯氏 (Klaus) 逝世。

一八六七年一月七日——居禮夫人 (Marie Sklodowska) 生於波蘭之華沙 (Warsaw)。
一八六八年——雅孫 (Janssen) 與羅克貢 (Lockyer) 二氏獨立發見太陽紅色氣層中的氦之 D_3 線。

一八六九年六月一日——羅斯科氏 (Rosece) 宣稱取得鈇。

一八六九年——邁耳氏與門得雷耶夫氏 (Mendeleef) 獨立發見元素的週期系統。

一八七〇年——鉀之發見人普爾特武德氏 (B. B. Boltwood) 出世。

一八七二年一月二四日——特立弗斯氏 (Morris William Travers) 生於倫敦。

一八七二年四月二日——鎰之發見人烏班氏 (Georges Urbain) 出世。

一八七三年九月一日——鎂之發見人荷普金斯氏 (B. Smith Hopkins) 生於美國密

歇根之翁華沙 (Owasso) 又佛羅稜薩的洛拉氏 (Luigi Rolla of Florence) 及美國化

學家科爾克氏 (Cork) 齊姆斯氏 (James) 及福哥氏 (Fogg) 諸人各獨立發見此種元素。

一八七五年八月二七日——布瓦善德郎氏 (Boisbaudran) 發見鎂，此乃利用光譜所首

先發見的元素。

一八七六年——巴拉氏 (Balard) 逝世。

一八七八年——馬利甘克氏 (Marienac) 由氧化鉍中析得氧化鎳。

一八七八年三月二〇日——拉密氏 (Lamy) 於巴黎逝世。

一八七九年——布瓦善德郎氏發見氧化鈔。

一八七九年——尼爾孫氏 (Nilson) 發見銻。

一八七九年——克利夫氏 (Cleve) 發見氧化鈦及氧化錒。又沙來忒氏 (Soret) 於一

八七八年亦獨立發見氧化鈦。

一八八一年——得威爾氏 (Henri Sainte-Claire Deville) 逝世。

一八八二年二月一日——彪西氏 (Bussy) 於巴黎作古。

一八八二年四月二七日——賴赫氏 (Ferdinand Reich) 逝世。

一八八二年一〇月九日——弗勒氏 (Wöhler) 逝世。

一八八五年——與科斯特氏 (Dirk Coster) 共同發見鈴質之海佛西氏 (Georg von Hevesy) 出世。

一八八五年六月一日——威斯巴克氏 (Auer von Welsbach) 公布會由氧化鎳中分得氧化鎳及氧化釹。

一八八六年——項古蒙氏 (Beguier de Chancourtois) 逝世。

一八八六年——布瓦善德郎氏 (Boisaudran) 發見氧化鎳與氧化釹。氧化釹與馬利甘克氏 (Marrignac) 於一八八〇年所發見的氧化物相同。

一八八六年二月六日——文克爾氏 (Winkler) 發見鎘。

一八八六年二月二三日——豪爾氏 (Hall) 利用電解法製金屬鉛；此後數星期赫羅爾德氏 (Heroult) 亦獨立製得電解鉛。

一八八六年六月二六日——摩孫氏 (Moissan) 分得氟。

一八八七年一〇月一六日——克希荷夫氏 (Kirchhoff) 逝世。

- 一八八七年二月二三日——摩斯利氏 (Moseley) 生於英國之韋馬斯 (Weymouth)。
一八九〇年——彼利高得氏 (Peligot) 於巴黎逝世。
一八九二年——累利伯爵 (Lord Rayleigh) 發見空氣中的氮，較之由氮中所分得者為重。

- 一八九四年——拉姆塞爵士 (Ramsay) 與累利伯爵公布將氫發見。
一八九四年四月一五日——馬利甘克氏 (Mariéjac) 逝世。
一八九五年——拉姆塞爵士與克利夫氏 (Clève) 各獨立發見氫。
一八九五年四月二一日——邁耳氏 (Lohar Meyer) 逝世。
一八九八年五月三〇日——拉姆塞爵士與特立弗斯氏 (Travers) 發見氫。
一八九八年六月——拉姆塞爵士與特立弗斯氏發見氦。
一八九八年七月二二日——拉姆塞爵士與特立弗斯氏發見氫。
一八九八年七月——居禮夫人發見鈾。

- 一八九八年七月二九日——牛蘭斯氏 (J. A. R. Newlands) 逝世。
- 一八九八年九月二五日——李希特氏 (Hieronymus Richter) 逝世。
- 一八九八年——居禮夫婦二人共同發見鐳質。
- 一八九八年——居禮夫人與斯密特氏 (G. O. Schmidt) 各獨立發見放射元素鈾。
- 一八九九年五月一四日——尼爾孫氏 (Nilson) 逝世。
- 一八九九年八月一六日——本生氏 (Bunsen) 逝世。
- 一八九九年——得比爾納氏 (Debierna) 發見鋇。

第二十世紀

- 一九〇〇年——多爾恩氏 (Dorn, Friedrich Ernst) 發見釷之放射元素。
- 一九〇〇年——克盧克斯氏 (Crookes) 發見鈾_{X1}。
- 一九〇一年——得馬爾賽氏 (Demarcay) 發見鈾。
- 一九〇二年——拉忒福特氏 (Rutherford) 與索提 (Soddy) 二氏發見鈾_X。

一九〇四年一月八日——文克爾氏 (Winkler) 逝世。

一九〇四年——得馬爾賽氏 (Demareay) 於巴黎逝世。

一九〇四年至一九〇五年間——其塞爾 (Giesel) 與哥德來斯基 (Godlewski) 二氏

各獨立發見銻X。

一九〇五年——罕氏 (Hahn) 發見放射針和新針¹。

一九〇五年六月一日——克利夫氏 (Clave) 於烏布拉薩逝世。

一九〇六年——罕氏發見放射銻。

一九〇六年四月一日——居禮教授 (Pierre Curie) 逝世。

一九〇七年——普爾特武德氏 (Bolwood) 發見銻²；又罕氏與麥克萬特 (Markwald)

二氏亦各獨立發見此種元素。

一九〇七年二月二日——門得雷耶夫氏逝世。

一九〇七年二月二〇日——摩孫氏 (Moissan) 逝世。

一九〇七年——烏班氏 (Urban) 發見錳。

一九〇七年——波爾頓氏 (Von Bolton) 製得鈳錠 (Col. regulus)。

一九一〇年——居禮夫人與得比爾納 (M. Debiarne) 共同分得金屬錳。

一九一〇年——罕忒氏 (M. A. Hunter) 製得純度99.9%的鈳質。

一九一一年——安多諾夫氏 (Antonoff) 發見鈳^Y。

一九一二年五月二八日——布瓦善德郎氏 (Boisbaudran) 逝世。

一九一三年——腓揚斯 (Fajans) 與哥玲 (Gohring) 二氏發見鈳^X。(即爲第九十一

種元素 ekatantalum)。

一九一三年二月與一九一四年四月——摩斯利氏 (Mosley) 發表論元素之高頻率

光譜之論文。

一九一四年——查理氏 (T. W. Richards) 發見鉛的放射同位元素。

一九一四年——赫羅爾德氏 (P. L. T. Héroult) 與豪爾氏 (C. M. Hall) 逝世。

一九一五年八月一日——摩斯利氏於歐戰中死於達達尼爾 (Dardanelles)。

一九一五年二月一八日——羅斯科氏 (Sir Henry E. Roscoe) 逝世。

一九一六年七月二三日——拉姆塞爵士 (Ramsay) 逝世。

一九一七年——罕氏 (Hahn) 與邁特納爾氏 (Meitner) 發見釷 (protactinium)。

又索提 (Soddy) 與克蘭斯登 (Cranston) 二氏亦獨立發見這種元素。

一九一九年四月四日——克盧克斯氏 (Sir William Crookes) 逝世。

一九一九年六月三〇日——累利伯爵 (Lord Rayleigh) 逝世。

一九二一年——罕氏發見鈾乙。

一九二三年一月——科斯忒 (Coster) 與海佛西 (Hevesy) 二氏發見銻 (卽第七十

二號元素)。

一九二五年六月——拿台克 (Noddack) 泰開 (Tacke) 與柏格 (Berg) 三氏宣稱發

見鐳與銻 (卽第四十三號與第七十五號兩元素)。

一九二五年——波希米亞的黑羅斯基 (Heyrovský) 和多雷傑斯 (Doležal) 二氏由錳鹽中發見第七十五號元素。又英人羅林 (Loring) 與德盧斯 (Druce) 二氏亦由錳鹽中發見第七十五號元素。

一九二六年六月——荷普金斯 (Hopkins)、赫黎斯 (Harris) 與雲太嗎 (Yntema) 三氏公布所發見之銀 (卽第六十一號元素)。

一九二六年一月——路拉 (Rolle) 與斐南得斯 (Fernandes) 二氏宣稱發見第六十一號元素；其初步工作於一九二四年六月作包裹寄出，滯留於林西理工學院 (Reale Accademia dei Lincei) 之內，以致延至兩年後始行發表。

一九二七年——普爾特武德氏 (Poltwood) 逝世。

一九二九年八月五日——威斯巴克氏 (Auer von Welsbach) 於克倫他亞威斯巴克堡 (Welsbach Castle in Carinthia) 作古。

一九三〇年——阿立生 (Allison) 和麥飛 (Murphy) 二氏宣稱發見第八十七號元

素銻，係利用「磁光分析法」(magnetic optic method)的結果。

一九三一年五月——阿立生、麥飛、俾沙普 (Bishop) 與 索美爾 (Sommer) 四氏宣稱發見第八十五號元素銻。

一九三一年一〇月——白璧虛 (Papish) 與 凡納 (Wahner) 二氏獲得第八十七號元素的光譜分析之證據。

一九三二年——攸累 (H. C. Drey) 與 布利克韋得 (F. G. Brickwedde) 與 麥飛 (G. M. Murphy) 三氏發現氦的二倍質量的同位元素。

一九三二年——查德威克 (J. Chadwick) 與 若利德夫婦 (Joliot) 證實中子的存在；哈金斯氏 (W. D. Harkins) 認為中子乃元素 neutron 的原子——元素 neutron 的原子序數為 0。

Discovery of ytterbia, 氧化鏷之發現, 532-534.
 Ytterby, minerals of, 伊特比礦石, 203, 359, 516-550.
 Yttria, 氧化釷, 釷土, 529.
 yttrium, 釷, 519, 529.
 discovery of yttrium, 釷之發現, 519, 529.
 isolation of yttrium, 釷之分析, 396.

Z

zeolite, 沸石, 76.
 discovery of zeolite, 沸石的發現, 76.
 Wohler's analysis of, 弗勒分析泡沸石, 394.

Zimapan, Brown lead of, 晉馬笨產黃鉛礦, 212, 參照 Vanadinite, 221.
 zinc, 鋅, 62-66.
 discovery of zinc, 鋅的發現, 62-66.
 zinc blende, 閃鋅礦, 490.
 Zinin, Nikolai Nikolayevich, 齊英·尼科來挨維須, 274.
 zircon, 風信子玉, 333, 335.
 Klaproth's analysis of, 克拉普羅茲之分析, 333.
 zirconia, 鋯土, 335.
 discovery of zirconia, 鋯土的發現, 335.
 zirconium, 鋯, 334-338.
 isolation of zirconium, 鋯的析得, 336-338.

W

- Waage Peter, 發根, 621.
 Wainer, Eugene, 凡納, 704.
 Watson, William, 瓦特孫, 239.
 Watt, James, 瓦特, 110.
 Wedekind, 未得金特, 338.
 Wedgwood, Josiah, 韋治武德 (進化論學者達爾文的外祖父), 111.
 Weisback, Albin, 威斯巴克, 505, 508.
 Weiss, Ludwig, 淮斯, 338.
 Welsbach, [見 Auer, Karl], 威斯巴克, 528, 539-543, 547.
 Welsbach gas mantle, 威斯巴克煤汽燈紗罩, 541.
 White, A. MacLaren, 懷特, 248.
 Williamson, Alexander William, 威廉孫, 223.
 Winkler, Clemens, 文克爾, 454, 479, 502-510.
 Winkler, Kurt Alexander, 文克爾·康得, 502-503, 505.
 Winthrop, Governor John, the younger, 小文司洛普, 191-193.
 Wittenburg, 威丁堡, 49, 51.
 Wöhler, Friedrich, 弗勒, 273, 391-400, 426.
 his description of Hisinger's estate, 彼對希生革爾產業之描寫, 353-356.
 isolation of aluminum, 弗氏分析之鋁, 388, 395-396, 405.
 isolation of cerium, 弗氏分析鈰, 356.
 isolation of beryllium, 弗氏分析鈹, 371-372.
 friendship with Mosander, 弗氏與莫桑得爾之友誼, 521-528.
 friendship with Berzelius, 弗氏與柏齊力阿斯之友誼, 174-176, 185, 246, 497.
 his researches on titanium, 弗氏對鈦之研究, 347-348.
 his researches on vanadium, 弗氏對釩之研究, 214-221, 581.
 wolfram, 鎢鐵礦, 132, 209.
 Wollaston, William Hyde, 武拉斯吞, 209, 244-254, 347.
 his resemblance to Gahn, 武氏和甘氏相彷彿, 80.
 his friendship with Cavendish, 武氏與加萬粒粟之友誼, 91-92.
 his friendship with Berzelius, 武氏與柏齊力阿斯之友誼, 178, 185, 197.
 discovery of rhodium and palladium, 銻鉑之發現人, 246.
 with Tennant, 武氏與台耐特, 256-259.
 research on spectrum of candle flame, 武氏曾研究燭焰之光譜, 422-423.
 Wood, Charles, 武德, 238.
 Würben, Count, 浮爾本, 344.
 Würtz, Adolph, 浮茲, 491, 544.

X

- xenon, discovery of, 氙的發現 621.
 Xenophanes, 芝諾芬尼, 2.
 X-ray analysis, x 射線分析法 679-683.

Y

- Yntema, L. F., 雲太嗎, 696.
 ytterbia, 氧化釷, 531-534.

contact points of tungsten, 鎢
之銜接點, 137.
tungstic acid, 鎢酸, 130-132.
discovery of tungstic acid, 鎢酸
之發現, 130-132.
Turquet de Mayerne, 邁爾尼, 88.
Tyndall, John, 廷達爾, 223.

U

Ulloa, Don Antonio de, 烏羅阿,
240-241.
uranium, 鈾, 141-149.
discovery of uranium, 鈾之發
現, 141-149.
isolation of uranium, 鈾之分離,
147-149.
uranium series of elements, 鈾系,
641-643.
Urbain Georges, 烏班, 544, 547-
549, 635, 639-640, 683-684.
urea, 脲素, 216, 395.
Synthesis of urea, 脲素合成法,
216, 395.
Urey, H. C., 攸累 (見附錄).
Utö Island, 攸桃島, 297, 300.
mines on Utö Island, 攸桃島之
礦洞, 297, 300.
Utzschneider, Counselor, 烏次希
那台爾議員, 425.

V

vacuum tubes, 真空管, 136.
Valentine, Basil, 發楞泰爾, 26.
vanadinite, 褐鎢礦, 221.
vanadis, 鈳鎢第絲, 214.
vanadium, 鈳, 212-231.
discovery of vanadium, 鈳的發
現, 212-231.

isolation of vanadium, 鈳的析
出, 221-231.
Van Arkel, A. E., 阿克爾, 687.
Van Helmont, 豐海蟒, 88.
Vauquelin, Louis Nicolas, 富古令,
151-160, 300, 318, 323.
his kindness to Orfila, 富氏對戢
非拉之和愛
his kindness to Thenard, 富氏對
泰那爾之和愛, 376-378.
his analysis of hyacinth, 富氏分
析紫瑪瑙, 336.
his attempts to isolate titanium
and cerium, 富氏企圖分析鈦,
356.
discovery of beryllium, 富氏發
現鈹, 368-370
discovery of chromium, 富氏發
現鉻, 155-156.
investigation of yttria, 富氏研
究氧化鈳, 519.
investigation of the platinum
metals, 對鉑金屬之研究, 206,
257-258.
his report on discovery of
bromine, 富氏對溴之發現之報
告, 578-579.
Verne, Jules, 弗恩, 480.
virginium, 銻, 701-705.
Volga steppes, 窩爾加草原, 266.
Klaus' explorations of the, 克
勞斯搜求動植物於此草原, 266.
Volta Alessandro, 弗爾塔, 389.
Voltaic pile, 電池. 電堆, 282-314,
378.
Davy's experiments with, 得維
用此電池之實驗, 282-314.

- discovery of thallium, 銻之發現, 443-450.
- isolation of thallium, 銻之分離, 447-448.
- poisonous nature of thallium, 銻的毒性, 450.
- Thenard, Louis Jacques, 泰那爾, 293, 373-383, 384, 392, 451, 582.
- his views regarding nature of chlorine, 彼對氯之見解, 562-563.
- his report on bromine, 彼對溴之報告, 579.
- his esteem for Sainte-Claire Deville, 彼對得維爾之敬重, 403.
- Thölde, Johann, 邵爾德, 26.
- Thompson, Benjamin, [見 Rumford, Count], 拉姆福德, 288.
- Thomsen, Julius, 湯姆生, 686.
- Thomson, Thomas, 托姆松, 202, 250.
- his tribute to Gahn, 彼對甘氏之印象, 80-81.
- his estimate of Hatchett, 彼對哈特哲德之批評, 195.
- his correspondence with Berzelius, 彼對柏齊力阿斯往來之信札, 205-209.
- his estimate of J. A. Arfvedson, 彼對阿爾費特孫之批評, 302.
- his estimate of Gregor, 彼對於格累高爾氏之批評, 343-344.
- thorite, 鈾石, 359.
- discovery of thorite, 鈾石的發現, 359.
- thorium, 鈾, 358-360.
- discovery of thorium, 鈾的發現, 358-359.
- isolation of thorium, 鈾的分離, 358-360.
- radioactivity of thorium, 鈾的放射性, 360, 635.
- thorium series of elements, 鈾系, 654-665.
- Thornton, W. M., 松谷, 348.
- Thorpe, Sir Edward (T. E.), 托皮, 222, 224-229, 253.
- thulia, 氧化銻, 534-536.
- discovery of thulia, 氧化銻的發現, 534-536.
- Auer von Welsbach's researches on thulia, 威斯巴克對銻之研究, 543.
- tin, 錫, 1, 4, 11-12.
- titanium, 鈦, 339-350.
- discovery of titanium, 鈦的發現, 339-350.
- isolation of titanium, 鈦的分離, 347-350.
- Tolstoy, Count Leo, 托爾斯泰, 474.
- Traité de l'antimoine, Contenant l'analyse chimique de minéral*, 銻之化學分析全集, 27.
- Transylvania, Salt-works, 特印西爾未尼阿製鹽廠, 168.
- gold ores of Transylvania, 特地之金礦, 170.
- Travers, Morris W., 特立弗斯, 611, 617-623.
- triads of Döbereiner, 得培賴納發現之三連組, 464-465.
- Tschirnhaus, Count Ehrenfried Walter von, 高爾忒, 47.
- tungsten, 鎢, 130-137.
- discovery of tungsten, 鎢之發現, 130-137.

- analysis of solar protuberances, 太陽凸出物的分析, 613.
- Sommer, Anna L., 索美爾, 706.
- Soret, J. L., 沙來忒, 535.
- Southey, Robert, 騷提, 288.
- spectroscope, 分光器, 421, 455.
- spectroscope analysis, 分光器之分析, 421-457, 489-495.
- Speter, Max, 休潘忒, 53-54, 57, 108.
- spinthariscopes, 內鏡鏡, 445.
- invention of spinthariscopes, 內鏡鏡之發明, 445.
- spodumene, 黝輝石, 300.
- Stahl, Georg Ernst, 司太爾, 65, 86, 280, 309, 387.
- Stas, Jean Servais, 斯塔斯, 532.
- Stock, Alfred E., 斯托克, 590, 591.
- Stockholm, 斯德哥爾摩, 136
- Royal Library at Stockholm, 斯德哥爾摩之皇家圖書館, 136.
- Gahn's copper plant at Stora Kopporberg, 斯托拉·考布柏格之甘氏的製銅廠, 80.
- Stralsund, 斯特拉爾松得, 115.
- Strauss, Eduard, 司特老司, 647.
- Stromeyer, Friedrich, 斯特羅邁厄, 308, 323-329, 392, 398, 451.
- strontium, 銣, 316-318.
- discovery of strontium, 銣的發現, 316-318.
- isolation of strontium, 銣的分離, 316-318.
- Strutt, Robert John, [見 Rayleigh, Lord], 斯特勒特, 603-605.
- sulfur, 硫黃, 硫, 4, 13-15.
- distillation of sulfur, 蒸餾硫黃, 9.
- Gahn's sulfuric acid plant, 甘氏之硫酸廠, 80.
- Sundström, Anna, 安娜, 564.
- Svanberg, L. F., 斯文伯格, 174.
- Swederus, 斯威德魯斯, 119.
- Sydney, 191.
- syenite, 黑花崗岩, 395.

T

- Taberg Mine in Smoland, 斯瑪蘭之塔布格礦, 213.
- Tacke, Ida, [見 Noddack Ida], 泰爾, 688-689.
- Talbot, Henry Fox, 道爾普特, 423-424.
- tantalite, 鉭鐵, 203-209.
- tantalum, 鉭, 189, 200-212.
- discovery of tantalum, 鉭之發現, 200-212.
- isolation of tantalum, 鉭之分離, 204, 210, 211.
- uses of tantalum, 鉭之用途, 211.
- telluric screw, 螺旋輪週期表, 466-467.
- tellurium, 碲, 168-172.
- discovery of tellurium, 碲之發現, 168-172.
- isolation of tellurium, 碲之分離, 170.
- Tennant, Smithson, 台耐特, 197, 255-263.
- terbia, 氧化銻, 529-531.
- discovery of terbia, 氧化銻之發現, 529-531.
- Terra Australis, [見 Sydney], 191.
- Thalén, Tobias Robert, 泰倫, 498, 501, 616.
- thallium, 鉈, 443-450.

- scandium, 鈦, 495-502.
discovery of scandium, 鈦的發現, 495-498.
- Scheele, Carl Wilhelm, 徐萊, 99-100, 115-122, 133, 134, 256.
his analysis of cerite, 徐氏分析的錳礦, 250.
discovery of oxygen, 彼發現之氧, 107, 115-122.
discovery of molybdic acid, 徐氏發現鉬酸, 139-140.
discovery of tungstic acid, 徐氏發現鎢酸, 131-132.
his estimate of the d'Elhuyar brother, 彼對得爾徐埃爾之評述, 134-135.
his friendship with Hjelm, 彼與埃爾木氏之友誼, 138-140.
his experiments with nitrogen, 彼對氮之研究, 99-100.
his investigation of pyrolusite, 彼對黑錳礦之研究, 79, 558.
- Scheffer, 舍斐, 241.
- Schemnitz, 舍姆尼茲, 168, 212.
School of Mines at Schemnitz, 斯城之礦務學校, 168, 212.
- Schmidt, Gerhardt Carl, 斯密特, 360, 635.
- Schroeder, Johann, 失儒得爾, 24.
- Schutzenberger, Paul, 舒曾柏格, 545, 549, 582, 632.
- Schweigger, J. S. C., 什淮革, 326.
- Scott, Sir Walter, 司各脫, 95.
- Sebright, Sir John, 塞布賴特, 253-254.
- Sefström, Nils Gabriel, 塞夫斯唐木, 174, 194, 214-221, 246, 247, 503, 506.
Seguin, 塞魁恩, 567.
- selenium, 硒, 172-186.
discovery of selenium, 硒之發現, 172-186.
- Setterberg, Carl, 山脫堡, 438.
- Shelburne, Lord, 舍爾伯恩, 109-110.
- Siberian red lead, 西伯利亞紅鉛礦, 155.
- silicon, 矽, 383-386.
isolation of silicon, 矽的分離, 383-386.
first crystalline silicon, 結晶矽之第一次製得, 386.
- silver, 銀, 7-8.
- Skłodowski, Dr., 斯羅杜基, 632.
- Slater, Miss J. M. W., 斯雷忒小姐, 659.
- Sloane, Sir Hans, 斯隆, 52, 193, 194.
- Smelter Fumes, 製造廠排出之烟, 453.
- Smith, Edgar Fahs, 斯密斯, 399.
his description of Wöhler, 斯密斯對弗勒之記述, 399-400.
- Smith, J. Lawrence, 斯密斯, 529, 531.
- Sobolevsky, P. G., 索卜來維斯克, 268.
- Soddy, Frederick, 索提, 630, 643, 645, 649, 651, 654, 656-662, 702.
- sodium, 鈉, 292-296.
isolation of sodium, 鈉之分離, 293, 378.
Sainte-Claire Deville's process, 得維爾氏製鈉法, 404.
- solar protuberances, 太陽凸出物, 613.

- Reichenstein, Baron von, [見 Müller, Franz Joseph], 牟勒, 165, 168-172, 344.
- Remsen, Ira, 累姆孫, 609-610.
- Retzius, C., 累齊烏斯, 300.
- rhenium, 銻, 688-692.
- rhodium, 銩, 247, 248-250.
discovery of rhodium, 銩的發現, 248-250.
isolation of rhodium, 銩的分離, 250.
- Rich, M. N., 利須, 231.
- Richards, Theodore William, 利查茲, 649-650.
- Richter, Victor von, 李希特, 507.
- Rimann, 林滿, 76.
- Rio, [見 Del Rio], 得爾·利俄, 135, 212-213, 217, 221.
- Robiquet, J. B., 洛貝克, 321.
- Rolla, Luigi, 路拉, 700-701.
- Roloff, medical counselor, 醫學顧問羅露夫, 326-327.
- Roscoe, Sir Henry E., 羅斯科, 221-231, 436.
his correspondence with Bunsen, 彼與本生氏往來之書札, 430, 433, 441.
- Roscoe laboratories, 羅斯科之實驗室, 230.
- Rose, Gustav, 羅斯, 174, 275.
- Rose, Heinrich, 羅斯, 174, 190, 201, 275, 347, 142.
- Rose, Valentin the elder, 大羅斯, 142, 143, 201.
- Rose, Valentin the younger, 小羅斯, 142, 143, 144, 201.
- Rose Pharmacy in Berlin, 羅斯氏在柏林的藥房, 142.
- Rose, William Horace, 羅斯·荷累斯, 656.
- Rothschild, Baron Edmond de, 埃德蒙德, 548.
- rubidium, 鉷, 435-438.
discovery of rubidium, 鉷之發現, 435-438.
isolation of rubidium, 鉷之分離, 438.
- Rumford, Count, 拉姆福德, 288.
- Rumford, Lavoisier de, 295.
- Russell, Alexander Smith, 羅素, 630, 656, 659-662, 702.
- ruthenium, 鈳, 263-275.
discovery of ruthenium, 鈳的發現, 263-275.
isolation of ruthenium, 鈳的分離, 263-275.
- Rutherford, Daniel, 拉忒福特, 85, 95-99.
- Rutherford, Sir Ernest, 拉忒福特, 638, 643, 645, 646, 653, 657-658, 679, 685.
- S**
- Sage, Balthasar Georges, 薩基, 73.
- St. Michael's Mount, 聖邁克爾山, 283.
- Saint-Claire Deville, Charles, 得維爾, 275, 347, 401-405, 448, 544.
preparation of first crystalline silicon, 最先製得結晶矽, 386.
- Salzgitter, 薩爾茲吉特, 324.
- samarium, 氧化鈔, 544-547.
discovery of samaria, 氧化鈔的發現, 544-547.
- Sandarac, 山答利克樹脂, 21.

- Plattner, Carl Friedrich, 普拉特納, 437, 453, 457.
- Pletnoff, 捷雷脫那夫, 475.
- Pliny the Elder, 老普林尼, 1, 4, 6, 26-27, 63.
- pluranium, 264.
- Poincaré, Henri, 蒲恩卡累, 633.
- polarograph, 偏光器, 691.
- polonium, 264.
- polonium, 銻, 635-640, 645.
- Pontin, M. M. af, 蓬丁, 312-314.
- potassium, 鉀, 280-296.
isolation of potassium, 鉀之分離, 378.
- Pott, J. H., 包德, 78-79.
- praseodymia, 氧化鐳, 538-543.
discovery of praseodymia, 氧化鐳的發現, 538-543.
- prediction of element, 證實元素之存在, 487-510, 602, 611-612, 635-640, 683, 693, 701-705.
- Priestley, Joseph, 普利斯特利, 85, 99, 106, 107-114, 123.
his discovery of oxygen, 普氏為氧之發現者, 107-114.
his experiments with carbon dioxide, 普氏用二氧化碳之實驗, 109.
- protoactinium, 釷, 651.
- Prout, William, 普勞特, 532.
- Pržibram, K., 溚齊柏拉姆, 638.
- Pseudo-Democritus, 假德謨頤利圖, 21.
- Pseudo-Géber, 駭柏, 14.
- pyrite, 黃鐵礦, 177-182.
- pyrolusite, 礬石, 78, 558.

R

- radioactive isotopes, 放射性之同性異質體, 629, 650, 659-662.
- early history of radioactivity, 放射性之初期歷史, 650.
- radium, 鐳, 635-640.
Demarcay's study of its spectrum, 得馬策爾研究鐳之光譜, 545.
discovery of radium, 鐳之發現, 635-639.
isolation of radium, 鐳之分離, 644-645.
radium series of elements, 鐳系, 643-651.
- radon, 氣, 645.
- Rammelsberg, Carl Friedrich, 蘭米斯柏格, 225, 686.
- Ramsay, Sir William, 拉姆塞爵士, 444, 488, 492, 592, 601, 605-623, 642, 645, 654.
- Ramsay, Willie, 威利, 621.
- rare earth metals, 稀土族元素, 515-550.
their isolation, 其分離, 549.
- Ray, Sir Praphulla Chandra, 累, 5, 63.
- Rayleigh, Lord, 累利伯爵, 601-612.
- red schorl, 紅色電氣石, 344.
- Regnault, Henri Victor, 累諾, 476.
- Reich, Ferdinand, 賴赫, 450-457, 505.
- Reichenbach of Benedictbeuern, 本尼提克鮑恩威中之賴興巴克, 425.

- Opium, investigated by Courtois and Seguin, 庫爾特瓦和塞魁思對鴉片之研究, 567.
- Orfila, M. J. B., 俄非拉, 157, 158.
- orpiment, 雄黃, 17.
- Osann, G. W., 歐散, 264-265, 268, 465.
- osmium, 銱, 254-258.
discovery of osmium, 銱的發現, 254-258.
- osmium-filament lamp, 銱絲燈, 542.
- Ostwald, Wilhelm, 俄斯特發爾特, 426, 640.
- Owens, R. B., 俄恩斯, 657, 658.
- oxygen, 氧, 100-123.
discovery of oxygen, 氧的發現, 100-123.
- P**
- palladium, 鈳, 246-248.
discovery of palladium, 鈳的發現, 246-248.
- Paneth, F., 白尼斯, 638.
- Papish, Jacob, 白璧虛, 704.
- Paracelsus, 巴拉塞爾士, 21, 67, 88.
- Pasteur, Louis, 巴斯德, 405.
- Patterson, T. S., 巴太松, 103.
his estimate of John Mayow, 巴氏對梅歐著作之批評, 103.
- Patrin, Citizen, 市民巴靈, 369.
- Péligot, Eugène Melchior, 彼利高得, 146, 148-150.
- Pelletier, Bertrand, 培雷狄爾, 140, 244, 245.
- pelopic acid, 204.
- Pelouze, Théophile Jules, 伯盧斯, 448.
- periodic system of the elements, 元素週期表.
Lothar Meyer's table, 邁爾氏之元素週期表, 469-472.
Mendeléeff's table, 門得雷耶夫氏之元素週期表, 473-478, 679.
- petalite, 花辦礦, 297-299.
discovery of petalite, 花辦礦之發現, 297.
- Peters, Hermann, 培忒斯, 41, 51.
- Petterson, Sven Otto, 培忒松, 348.
his description of Nilson, 培氏對尼爾孫之記述, 499-501.
- Pharmacopoeia, Schroeder's, 失德得爾氏之藥典, 25.
- phlogiston theory of combustion, 燃燒的燃燒素學說, 86-87, 120-123, 310.
- phosphorus, 磷, 19, 20, 29-37, 41-57.
discovery of phosphorus, 磷的發現, 29-37, 41-57.
- photoelectric cells, 光電池, 186.
- Pierrefitte Mine, 彼爾夫台礦, 490.
- Pisani, F., 彼薩尼, 435.
- Pitcher, Mrs. Frank, [見 Brooks, Harriet], 比德區夫人, 645-646.
- platinum, 鉑, 238.
discovery of platinum, 鉑的發現, 238-244.
Wollaston's process of platinum, 武拉斯吞製鉑法, 244-246.
researches of Sainte-Claire Deville, 得維爾對鉑之研究, 405.

Moissan, Henri, 麻桑, 198-200, 338, 348, 557, 585-594.
 molybdenite, 鉬酸, 138.
 molybdenum, 鉬, 137.
 discovery of molybdenum, 鉬的發現, 137-141.
 Monceau, 見 Duhamel de Monceau, 蒙蘇, 280.
 Monnet, 讓耐, 24, 73.
 Morveau, Guyton de, 古堂, 243, 337, 566.
 Mosander, Carl Gustav, 莫桑得爾, 176, 356, 519-531, 537, 684.
 Moseley, H. G. J., 摩斯利, 677-683, 689.
 Muccioli, 木西歐利, 101.
 Müller, Franz Joseph, Baron von Reichenstein, 牟勒, 168-172, 344.
 Murphy, Edgar J., 麥非, 703-705.
 Murrays, John, 墨果, 564.

N

Napoleon I, 拿破崙, 157, 262, 378.
 Napoleon III, 拿破崙第三, 404.
 Naumann, Eugen, 瑙曼, 388.
 neodymia, 氧化釷, 538-543.
 discovery of neodymia, 氧化釷之發現, 538-543.
 Nernst, Walther, 納爾斯特, 655.
 Neumann, Caspar, 紐盟, 116, 310, 387.
 Newlands, B. E. R., 紐蘭茲, 468.
 Newlands, J. A. R., 紐蘭茲, 467-469.
 Newton, Sir, Isaac, 牛頓, 15, 255, 431.
 Niccolite, 紅線礦石, 72.

Nicé, 尼斯 (見附錄).
 Nicholas I, 尼古拉一世, 474.
 Nicholas II, 尼古拉二世, 481.
 Nicholson, William, 尼古生, 75.
 nickel, 鎳, 70-77.
 discovery of nickel, 鎳的發現, 70-77.
 manufacture of nickel by Winkler, 文克爾氏為鎳的製造商, 503.
 Nicklès, Jérôme, 尼克爾, 583.
 Nilson, Lars Fredrik, 尼爾孫, 495-502.
 Niobium, 見 columbium, 鈳, 191-200.
 nitrogen, 氮, 95-100, 602.
 discovery of nitrogen, 氮的發現, 95-100.
 density of nitrogen, 氮氣的密度, 604-605.
 nitrous acid, 亞硝酸, 117.
 discovery of nitrous acid, 亞硝酸的發現, 117.
 Noddack, Ida, 拿台克, 688-689.
 Noddack, Walter, 拿台克, 688-689.
 Nordenskiöld, Baron A. E., 諾登瑟德, 118, 351, 616, 686.
 Norton, Thomas II., 諾爾吞, 356, 358.

O

Octaves, Newlands' law of, 紐蘭茲元素八進定律, 468-469.
 Oersted, Hans Christian, 厄斯泰德, 388-391.
 Og, giant king of Bashan, 巴珊王國, 11.

- magnesia, distinguished from lime, 苦土與石灰的區別, 319.
- magnesium, 鎂, 319-321.
isolation of magnesium, 鎂的分離, 319-321.
- magneto-optic analysis, 光磁分析, 702.
- Magnus, Gustav, 馬格那斯, 171.
- manganese, 錳, 76-81.
discovery of manganese, 錳的發現, 76-81.
- Mao-Khóa, 馬和, 101 [參閱卷前第八世紀中國人對於化學之認識]
- Marcet, Alexander, 馬塞特, 177-178, 197.
his correspondence with Berzelius, 馬氏與柏齊力阿斯往來之書札, 177, 185, 209, 244, 251, 300.
his friendship with Wollaston, 馬氏與武拉斯吞之交誼, 251-253.
his account of Tennant's death, 馬氏對台耐特死之記載, 261-263.
- Marckwald, Willy, 麥克萬特, 636, 643, 657.
- Marden, J. W., 馬丁, 231.
- Marggraf, Andreas Sigismund, 馬格拉夫, 55-57, 61, 65, 241, 280, 315, 319, 387, 422, 581.
- Mariahilf Mine, 美利阿西夫礦, 168.
- Marignac, J. C. Galissard de, 馬利甘克, 198, 204, 497, 529, 532-534, 538, 686.
- Marsden, E., 馬斯頓, 657.
- masurium, 錒, 688-692.
- Matthiessen, Augustus, 馬提生, 301.
- Maxwell, Clerk, 馬克斯威爾, 603.
- Mayow, John, 梅歐, 88, 102, 103, 104, 105.
- Medevi, mineral water of Medevi, 米德威泉水, 205.
- Meggers, William F., 梅吉, 693, 694.
- Meissner of Halle, 邁斯耐爾, 329.
- Meitner, Lise, 邁特納爾, 638, 642, 647, 659.
- Menachanite, 見 Titalium, 門那第陳礦, 342.
- Mendeleeff, Dmitri, 門得雷耶夫, 473-481.
element predicted by Mendeleeff, 門氏對元素之預言, 487-510, 636, 641-642, 684.
- Mendeléeff, Maria, 馬利亞, 474-476.
- Menschutkin, B. N., 門修提金, 237.
- mephitic air, [見 Nitrogen], 濁氣, 85, 98, 100, 602-605.
- mercury, 水銀, 4, 12.
distillation of mercury, 水銀的蒸餾, 8.
- mesothorium, 新鈾, 654, 687.
- metric system introduced in Saxony, 米突制採到薩克森, 452.
- Mexico, School of Mines in, 墨西哥的礦務學校, 135, 212.
- Meyer, Kirstine, 邁耳, 390.
- Meyer, Julius Lothar, 邁耳, 469-472, 478, 510.
- Meyer, Oskar Emil, 邁耳, 470.
- Meyer, Stefan, 邁爾, 638.
- Mielcke, 米爾克, 57.
- Mitscherlich, Eilhard, 密特射利赫, 174.

- Langlet, student of Cleve Langlet, 克利夫的學生倫格來忒, 616.
- lanthana, 氧化釷, 519-528.
discovery of lanthana, 氧化釷的發現, 519-528.
- Laue, Max von, 勞, 681.
- Lavoisier, Antoine Laurent, 拉瓦錫, 121-123, 243, 559.
his proof that diamond is combustible, 拉氏證實金剛石能燃燒, 105.
his views of combustion, 拉氏對燃燒的意見, 87, 105, 123, 518.
his list of elements, 拉氏的元素表, 281-282.
his speculations on the alkaline earths, 拉氏對鹼土金屬的主張, 310.
- Lawrenz, Margaret, 羅凌士, 705.
- lead, 鉛, 4, 11-12.
- Lebeau, P., 勒普, 372.
- Leclerc, Georges Louis, 見 Buffon, 彪封, 243, 249.
- Leibniz, Gotteried Wilhelm, 來布尼茲, 41-49.
- Lely, D., 利利, 338, 360.
- Lembert, Max. E., 雷姆堡, 649.
- Lémery, Nicolas, 藍木瑞, 27, 28, 47, 88, 116.
- Leonardo da Vince, 達芬奇, 101, 102.
- Lepidolite, 紅雲母, 300.
- Lewis, William, 路易, 241.
- Liebig, Justus von, 利俾喜, 396, 397, 400, 465, 532.
his researches on bromine, 利氏之研究溴, 580-581.
- lime-kiln, Tennant's, 合耐特的石灰窯, 260.
- Linck, Johann Heinrich, 令克, 55, 56.
- Lippmann, E. O. von, 李白曼, 63.
- Lippmann, Gabriel, 利普曼, 633, 634.
- lithium, 鋰, 297-302.
discovery of lithium, 鋰的發現, 297-302.
isolation of lithium, 鋰的分離, 301-302.
- Lockyer, Sir Norman, 羅克頁, 444, 612-615.
- Löwig, Carl, 洛威, 573-575.
- Lohneys, G. E., 羅乃斯, 65.
- Lokk, the apothecary, 洛克氏藥房, 117.
- Loring, F. H., 羅林, 689, 702.
- Louyet, P., 路一忒, 583.
- Lutecia, 氧化鋁, 547-550.
discovery of Lutecia, 氧化鋁的發現, 547-550.

M

- McCay, LeRoy Wiley, 麥克堪, 457.
- McCoy, Herbert Newby, 馬克堪, 656.
- Meghes, J. L., 麥期, 705.
- Macquart, 馬廓提, 155.
- Macquer, Pierre Joseph, 馬柯魁爾, 242.
- Madanapala, Hindu king, 馬丹阿巴拉 (印度之皇), 63.
- Maginus, Italian mathematician, 馬哥耐斯 (意大利之數學家), 315.

- James, Charles, 哲姆斯, 549, 693, 695, 700.
- Janssen, P. J. C., 雅孫, 612.
- Jantzen, Thal, 傑春, 687.
- Jargon, 銻石, 335.
- Jewett, Frank Fanning, 求拔特, 406, 417-419.
- Jørgensen, 樂爾根生
on the discovery of oxygen, 樂爾根生著氧氣的發現, 108.
- Johann Friedrich, Duke of Hanover, 罕諾弗省公爵約翰, 35, 44.
- John George II, Elector of Saxony, 薩克森選帝侯約翰第二, 32.
- Joliot, Jean-Frédéric, 若利德, 664.
- Joliot, Mme. Irène Curie-, 若利德夫人, 663, 665.
- Jangfleisch, Emile-Clément, 雲格夫拉希, 492, 493.
- K**
- Kabalerov, 卡巴來羅夫, 268.
- Kalmar, 卡爾馬, 519.
assistant to Klaus, 助克勞斯工作, 268.
- Kankrin, Count. Egar F., 康克英伯爵, 269.
- Karsten, C., 卡爾斯頓, 329.
- Kazan University, 卡桑大學, 271, 273, 274.
- Kirchhoff, Gustav Robert, 克希荷夫, 421, 423, 430-433, 436, 471, 489.
- Kirchmaier, Caspar, 克去買而, 51.
- Kirwan, Richard, 喀爾萬, 318.
- Kitaibel, Paul, 基太拜爾·保羅, 172.
- Klaproth, Heinrich Julius, 克拉普羅茲, 100-101, 143.
- Klaproth, Martin Heinrich, 克拉普羅茲·馬廷, 101, 138, 141-146, 159.
his attempts to isolate uranium, 克氏研究鈾的分析, 145-146.
his rediscovery of tellurium, 克氏重發現碲, 169-170.
his discovery of zirconia, 克氏發現銻, 335.
his researches on titanium, 克氏的研究鈦, 344-346.
analysis of the emerald, 克氏分析綠柱石, 367.
analysis of cerite, 克氏分析錒, 519.
- Klaus, Karl Karlovich, 克勞斯, 264-275.
- Knox, George, 喬治·諾克斯, 582-583.
- Knox, Thomas, 諾克斯·湯姆生, 583.
- Kobold, 克巴特, 68, 69 (銻).
- Krafft, Johann Daniel, 克拉夫特, 32, 41-44.
- krypton, 氬, 617-619.
discovery of krypton, 氬的發現, 617-619.
- Kunckel von Löwenstern, Johann, 孔柯爾, 30, 32-35, 41, 42, 45, 48-51, 65, 116, 637.
- Kupfernickel, 尼客爾銅, 71-72.
- L**
- Lamy, Claude Auguste, 拉密, 447-450, 462.

- Hisinger, Wilhelm von, 希生革爾, 300, 350-356, 519.
- Hitchins, Miss A. F., 希欽, 654.
- Hjelm, Peter Jacob, 埃爾目, 138-141.
- Hönigschmid, O., 荷尼虛米特, 649.
- Hoffmann, Friedrich, 和夫曼, 319.
- Hofmann, August Wilhelm von, 荷夫曼, 443, 444, 468.
- Hofmann, Karl A., 和夫曼, 647-649.
- Holmia, 氧化鈦, 534-536.
discovery of Holmia, 氧化鈦的發現, 534-536.
splitting of Holmia, 分離氧化鈦, 543-544.
- Holstein, Duke of, 荷爾斯泰恩公爵, 32.
- Homburg, Wilhelm, 荷木柏格, 35, 41, 48, 53.
- Hooke, Robert, 霍克, 101.
- Hope, Thomas Charles, 荷普, 317, 318.
- Hopkins, B. Smith, 荷普金斯, 694, 696, 697-700, 706.
his apparatus, 他的儀器, 697, 699.
- Horovitz, Mlle. Stephanie, 花路未次, 649.
- Hufeland's medical journal, 胡腓蘭特主編之醫學雜誌, 327.
- Hughes, Gordon, 羽格, 706.
- Humboldt, Baron Alexander von, 洪保德, 217, 376, 451.
- Hunter, M. A., 罕忒, 349.
- Huxley, Thomas, 赫胥黎, 114, 223.
- Huygens, Christain, 海根斯, 45.
- hyacinth, 紫瑪瑙, 335-336.
- hydrogen, 氫, 87-95.
discovery of hydrogen, 氫的發見, 87-95.

I

- Iddles, H. A., 益德爾斯, 700.
- illinium, 鈹, 693-701.
- Ince, Joseph, 忒斯, 52.
- indium, 銲, 450-457.
discovery of indium, 銲的發現, 450-457.
isolation of indium, 銲的分離, 450-457.
- inert gases, 惰氣元素, 601-623.
prediction of inert gases, 惰氣元素的預言, 611-612.
- Ingenhousz, Jan., 英根豪斯, 90-91.
- iodine, 碘, 565-573.
discovery of iodine, 碘的發現, 565-573.
use in the treatment of goiter, 以碘治喉癭症, 573.
Gay-Lussac's monograph on iodine, 該·律薩克對碘之專著, 382, 573.
- ionium, 鈾, 643.
- iridium, 銱, 254-258.
discovery of iridium, 銱的發見, 8.
- iron, 鐵, 9-11.
- isotopes, 見 radioactive isotopes, 同位元素或同性異質體, [見“放射性的同位元素”], 629, 650, 659-662.

J

- Jacinth, 見 Hyacinth, 紫瑪瑙, 335-336.

- Godlewski, Tadeusz, 哥德來斯基, 652-654.
- Göbel, 古拜爾, 267.
- Gohring, O. H., 哥玲, 641, 656.
- Goethe, Johann Wolfgang von, 哥德, 68, 391, 465.
- gold, 金, 6-7.
- Gore, George, 哥爾, 585.
- Graham, C. F., 格累姆, 702.
- Graham, Thomas, 格累姆, 223.
- Grey Robert Whytlaw, 格累, 645.
- Gregor, William, 格累高爾, 339-344, 684.
- Gripsholm, 格利普修爾木, 177.
sulfuric acid plant at Gripsholm, 格利普修爾木氏的硫酸廠, 177.
- Grosse, Aristid V., 格羅塞, 651.
his apparatus, 彼所用之儀器, 653.
- Guericke, Otto von, 葛利克, 35.
- Gunpowder, 火藥, 13.
- Guyton, 見 Morveau, Guyton, 古堂·得毛利, 243, 336, 337, 566-567.
- H**
- hafnium, 鈳, 683-687.
discovery of hafnium, 鈳的發見, 683-687.
isolation of hafnium, 鈳的分離, 687.
- Hahn, Otto, 罕, 638, 643, 647, 651.
- Hales, Stephen, 海力士, 88, 105.
- Hall, Charles Martin, 豪麻, 406-407, 408.
- Hamburger, L., 漢布喝爾, 360.
- Hampe, J. H., 亨潘, 53-55.
- Hampson, William, 哈姆生, 617.
- Hanckwitz, Ambrose Godfrey, 亨克荷次, 36, 43, 50, 52-55.
- Harkins, W. D., 哈金斯 (見附錄).
- Harris, J. Allen, 赫黎斯, 697-698.
- Hatchett, Charles, 哈特哲德, 189-198, 204.
- Haiiy, René-Just, 阿羽伊, 156, 302, 365, 367.
- Hawkins, John, 亨金斯, 342.
- helium, 氦, 612-616.
discovery of helium, 氦的發見, 612-616.
- Hellot, John, 赫羅特, 29, 36-37.
- Helmholtz, Hermann von, 赫爾姆霍茲, 431, 441.
- Henckel, J. F., 韓克爾, 387, 53-57.
- Henry William, 亨利, 559.
- Heraclitus, 赫拉頡利圖斯, 2.
- Herder, 赫得, 452.
- Hermann, 挨爾曼, 326-329.
Manufacturing pharmacist at Schönebeck, 射內培克的製造藥劑師.
- Heroult, P. L. T., 赫羅爾德, 407-410.
- Hevesy, Georg von, 海佛西, 638, 685-687, 693.
- Heyrovský, J., 黑羅斯基, 689, 690.
- Hierne, 希爾奈, 71.
- Hildesheim, 希爾得斯海姆, 323.
- Hillebrand, William Francis, 希雷布朗德, 356, 357, 613.
- Himmelsfust Mine, 希曼爾斯夫斯脫鐵, 454, 505.
- Hinrichs, G. D., 欣利克斯, 504.
- Hirsch, Alcan, 希爾什, 356.
- Hising, [見 Hisinger], 希生, 350.

- Freiberg School of Mines, 夫賴堡
礦務學校, 132, 212, 450-457,
504-510.
- Fremy, Edmond, 埃德蒙德·夫累
密, 566, 571, 584.
his attempts to liberate fluorine,
夫氏嘗試分離氟, 584.
- Friedel, Charles, 夫利得爾, 544,
652.
- Fyfe, H. B., 淮夫, 607.
- G**
- Gadolin, Johann, 加多林, 57-59.
gadolinia, 氧化釷, 537.
discovery of gadolinia, 氧化釷的
發現, 537.
gadolinite, 加多林石, 537, 359.
- Gahn Johann Gottlieb, 甘·佐罕·
哥特利卜, 87, 77-81, 356.
his friendship with Scheele, 甘
氏與徐萊之交誼, 117-118.
his sulfuric acid plant, 甘氏的硫
酸廠, 177.
- Gallitzin, Prince Dimitri, 加利特
斯皇子, 368.
- gallium, 銻, 488-495.
discovery of gallium, 銻的發現,
488-491.
isolation of gallium, 銻的分離,
491-493.
use of gallium, 銻的用途, 495.
- Garibaldi, Giuseppe, 加利巴爾提,
468.
- gas analysis, 氣體分析, 504.
Winkler's contribution to gas
analysis, 文克爾氏對氣體分析
之貢獻, 504.
- Gay-Lussac, Joseph Louis, 該·律
薩克, 293, 373-383, 384, 392,
451.
his views regarding nature of
chlorine, 該氏對氯之見解,
562-563.
researches on iodine Gay-Lus-
sac, 該氏對碘之研究, 573.
report on bromine Gay-Lussac,
該氏對溴之報告, 579.
- Geber, 該柏, 14.
- Geiger Hans, 該革, 638, 657-658.
- Geitel, F. K. Geitel, 該太, 647,
649.
- Geoffroy, Claude Joseph, 緒弗理,
29.
- Geoffroy the Younger, 緒氏弟, 29.
germanium, 銻, 502-510.
discovery of germanium, 銻之發
現, 502-510.
- Geysers of Iceland, 冰洲的沸噴泉,
429.
Bunsen's study of Geysers of
Iceland, 本生對冰洲沸噴泉研
究, 429.
- Giesel, Friedrich O., 其塞爾, 652.
- glucina, 甜土, 365.
- glucinum, 見 Beryllium (鉍), 367-
372, 396.
- Gmelin Christian Gottlob, 格美楞,
174, 301.
- Gmelin Johan Friedrich, 格美楞,
370.
- Gmelin, Leopold, 格美楞·利俄波
爾德, 393, 394, 426, 573.
- Godfrey, Ambrose, 亨克荷次, 36.
- Godlewski, Emil, 愛爾爾·哥德來斯
基, 653.

Moissan's electric furnace, 摩桑氏發明之電爐, 591.
 element, 元素 244.
 search for element, 新元素之推測, 701-702.
 false elements, 假元素, 4.
 Lavoisier's list of elements, 拉瓦錫作之元素表, 281.
 d'Elhuyar, Fausto, 得爾徐埃爾苗·浮士圖, 132, 137, 159, 353.
 d'Elhuyar, Juan Jose, 得爾徐埃爾·朱安·荷塞, 132-135.
 Elster, Julius, 埃爾斯忒, 647-649.
 emerald, 見 Beryl, 綠柱石, 365-370.
 Empedocles, 埃姆培多克利斯, 3.
 erbia, 氧化銣, 529-534.
 discovery of erbia, 氧化銣的發現, 529-531.
 Erdmann, 埃爾德曼, 523.
 student of Sefström Erdmann, 塞夫斯唐木氏的學生, 523.
 erythronium, 見 Vanadium Erythronium, (銩), 212-231.
 Esmarek, Jens, 埃斯馬爾克牧師, 359.
 Euler Hans, 霍斯, 536.
 Euler Astrid, 阿斯立特, 536.
 europia, 氧化鎔, 544-547.
 discovery of europia, 氧化鎔之發現, 544-547.
 Ezra, 以斯拉, 8.

F

Fahlum, 法龍城, 176-181, 203, 219, 221.
 Fajans, Kasimir, 腓揚斯, 641-642, 659, 662, 702.

Faraday effect, 法拉得效應, 703.
 Fittig, Rudolf, 腓蒂克, 608.
 fixed air, 見 Carbon dioxide, 固定空氣, 100, 109.
 flame color of lithium observed, 銦素火焰顏色的觀察, 300-301.
 flame color of sodium and potassium observed, 鈉與鉀鹽火焰顏色的觀察, 422-423.
 Fleck, Alexander, 夫勒克, 630, 656, 659, 702.
 florentium, 見 Illinium (銩), 700.
 flourine, 氟, 581-594.
 isolation of flourine, 氟之分離, 581-594.
 Fogg, H. C., 福哥, 693.
 Fogh, I., 福煦, 390.
 Folkes, Martin, 福克斯·馬丁, 240.
 Fourcroy, Antoine François de, 李克拉, 152-154, 207, 318, 366, 376.
 his views regarding chlorine, 他對氯的說明, 560, 563.
 his sister, 李氏的姐妹, 152, 154, 158.
 Frankland, Edward, 弗蘭克蘭, 223, 613.
 Franklin Benjamin, 佛蘭克林, 109.
 Franz, Josef, 夫郎茲, 541.
 Fraunhofer, Josef, 夫勞恩荷斐, 425, 431.
 Frederick, William, 威廉·腓特烈, 32, 44.
 flector of Brandenburg, 勃蘭登堡的選帝候, 32, 44.
 Frederick, Johann, 腓特烈·佐寧, 35.

- Delafontaine, Marc, 得拉芳塔, 527, 529, 537.
- Délisle, 得利爾, 243.
- Del Rio, Andres Manuel, 得爾·利俄, 135, 212, 217, 221.
- Demarcay, Eugène Anatole, 得馬爾賽, 544-547, 635.
- De Mineralibus*, 礦物學(馬格那著), 22.
- Dephlogisticated air, [參照 oxygen], 脫燃燒素的空氣, 100, 123.
- De Re Metalica*, 金屬論(阿基柯拉著), 14.
- Descotils, 得士哥特爾斯, 213, 217, 257-259.
- Desormes, Charles Bernard, 得索美斯, 570-572.
- Deville, 見 Sainte-Claire Deville.
- diamond, 金剛石, 15, 256.
artificial diamond, 人造金剛石, 589.
- didymia, 氧化鎳, 519.
discovery of didymia, 氧化鎳之發現, 519-528.
splitting of didymia, 氧化鎳之分離, 538-540.
the use of didymia, 氧化鎳之用途, 525.
- Dioscorides, 代俄斯科利提斯, 1, 12, 24, 63.
- Djion, 提仲, 565.
- Döbereiner, Johann Wolfgang, 得培賴納, 464-465, 557.
- Dolejssek, V., 多雷傑斯克, 689-691.
- Dorn, Friedrich Ernst, 多爾恩, 644-645.
University of Dorpat, 多爾把特大學, 263.
- Druce, J. G. F., 德盧斯, 689, 691.
- Duhamel de Monceau, 得·蒙蘇, 280.
- Dulong, Pierre Louis, 丟隆, 218, 576.
- Dumas, J. B. A., 杜馬, 149, 448-449, 544, 684.
- dvi-tellurium, 新碲, 636.
- dwimanganese, 76 號元素(錒), 688-692.
- dysprosia, 氧化鎳, 543-544.
discovery of dysprosia, 發現氧化鎳, 543-544.

E

- earth zirconia, 鉛土, 333.
- eka-aluminum, 見 Gallium, 新鋁(錒), 488-495.
- eka-boron, 見 Scandium, 新硼(錒), 495-502, 534.
- eka-cadmium, 新錳, 507.
- eka-caesium, 見 Virginium, 新銻(錒), 701-705.
- eka-iodine, 見 Alabamine, 新碘(錒), 705-707.
- eka-manganese, 見 Masurium, 新錳, 688-692.
- eka-neodymium, 見 Illinium, 新釷, 693-701.
- eka-silicon, 見 Germanium, 新矽(錒), 502-510.
- eka-stibium, 新銻, 507.
- eka-tantalum, 新鉭, 651.
- ekeberg, Anders Gustav, 愛克柏格, 166, 197, 200-210, 510, 511, 519.
- electric furnace, 電爐, 591.

Coster, Dirk, 科斯武, 685, 687.
counterfelt, 鋅, 65.
Courtois, Bernard, 庫爾特瓦, 382,
565, 572.
Courtois, Jean Baptiste, (前人之
父), 566.
Cranston, John A., 克朗斯登, 650,
651.
Crawford of Edingburgh, 克勞福
德, 316.
Crell, D. Lorentz Von, 克累爾,
340, 343, 387.
Cronstedt, Axel Friedrich, 克羅斯
塔特, 70-77, 315, 352.
Crookes, Sir William, 克盧克斯,
443-447, 485, 610.
his researches on hiliium, 克氏
對氫的檢查, 614-615.
discovery of uranium X, 克氏
發現鈾 X, 641.
Curie, Eve, 居禮·夏娃, 663.
Curie, Jacques, 著名居禮教授之兄,
629.
Curie, Mme., 居禮夫人, 360, 547,
632, 640, 641, 662, 663-665.
discovery of polonium and
radium, 發現鉀與鐳, 547, 635-
640.
her former laboratory, 居禮夫婦
的實驗室, 636.
isolation of radium, 居禮夫人的
鐳分析, 644.
Curie, Maurice, 麻利斯, 649.
Curie, Pierre, 居禮, 544, 548, 629,
633-640, 663-664.
discovery of radium and polo-
nium, 居禮氏發現鉀和鐳, 635-
640.

Curie-Joliot, Trene, 愛利尼; 若利
德夫人, 663, 665.
Currus Triumphalis Antimonii, 錫
的勝利車, 26.

D

Darwin, C. G., 達爾文, 681.
Darwin, Erasmus, 達爾文, 111.
Dauvillier, A., 多維利爾, 683.
Davy, John, 得維·約翰, 292, 565.
Davy, Sir Humphry, 得維, 197,
251, 279, 296, 307, 336, 383-
386, 562, 565, 573.
his eulogy of Cavendish, 得維對
加萬粒粟的讚頌, 92.
his visit to Vauguelin, 得氏訪
窩古令, 157-159.
his correspondence with Berze-
lius, 得維與柏齊力阿斯的通信,
185, 312-314.
isolation of alkali metals, 得氏
分離鹼金屬, 289-296.
his isolation of alkaline earthen
metals, 得氏分離鹼土金屬,
310-315.
his isolation of boron, 得維分
離硼, 373-383.
proof of elementary nature of
chlorine, 證明氯為元素, 562-
563.
attempts to liberate fluorine, 得
氏企分離氟, 582.
Debierne, André, 得比爾納, 640,
644, 652, 663-664.
Debray, J. Henri, 得布勒, 274,
275, 587, 589.
Debus, Heinrich, 得布斯, 427, 428.

- Chenovix, Richard, 成內維克斯, 248.
- Chevkin, 契夫金, 269.
- chlorine, 氯, 558-565.
Scheele's researches on chlorine, 徐萊氏對氯之研究, 557-558.
proof of its elementary nature, 氯爲元素之證實, 558-564.
- chromium, 鉻, 129.
discovery of chromium, 鉻之發現, 151.
isolation of chromium, 鉻之析出, 155.
- Chronology of Chemistry*, 化學年表 (見本書卷末之附錄).
- chrysoberyl, 金綠玉, 302.
Arfvedson's analysis, 阿爾費特孫氏的分析, 302.
- Cinnabar, 硃砂, 辰砂, 12, 21.
- Claus, Carl Ernst, 克勞斯, 264-275.
- Clausius, Rudolf, 克勞修斯, 431.
- Clément, Nicolas, 克雷門特, 571-572.
- Cleve, Per Theodor, 克利夫, 497, 529, 534-537, 538, 615, 616.
- cobalt, 鈷, 66-70.
discovery of Co, 鈷的發現, 66-70.
manufacture of Co by Winkler, 文克爾之鈷的工業製造, 504.
- Coindet, 科伊代忒, 573.
- Colbert, Jean-Baptiste, 科爾培爾, 47.
- Coleridge, Samuel Taylor, 科爾洛治, 288.
- Collet-Descotils, H. V., 科勒·得士歌特爾斯, 213, 217, 257, 258, 259.
- columbite, 鈷鐵, 193, 202; 鉬鐵礦石, 688-689.
- columbium, 鈷, 190-200.
discovery of columbium, 鈷的發現, 190-200.
photomicrograph, 顯微鏡下的鈷, 195.
isolation of columbium, 鈷的析出, 198.
- Combes, A., 空布, 294.
- combining volumes, 氣體化合物的容積, 382.
Gay Lussac's Law of combining volumes, 該·律薩克氣體化合定律, 382.
- combustion, 燃燒.
Lavoisier's theory of combustion, 拉瓦錫的燃燒學說, 87, 123.
Mao-Khóa's theory of combustion, 馬和的燃燒學說, 101.
Leonardo's theory of combustion, 達·芬奇氏的燃燒學說, 101.
Hooke's theory of combustion, 霍克氏的燃燒學說, 101-102.
Mayow's theory, 梅歐氏的燃燒學說, 102-103.
Hales's theory, 海力士的學說, 105.
Bayen's theory, 貝岩的學說, 105.
- copper, 銅, 8-9, 80.
- Cork, J. M., 科爾克, 693.
- Cornu, Marie Alfred, 空爾奴, 545.
- Cornwall, 空窩爾, 29.
tin smelters in Cornwall, 空窩爾的鎔錫法, 29.

- his friendship with Auer von Welsbach, 本生與威斯巴克之交誼, 539-540.
- his friendship with Roscoe, 本生與羅斯科之交誼, 223.
- isolation of lithium, 本生提取鋰, 301-302.
- Bussy, A. A. B., 彪西, 320-321, 371.
- Butlerov, Michaylovich, 布特來羅夫, 273.
- C**
- cacodyl researches of Bunsen, 本生對四甲聯鈉之研究, 427.
- cadmium, 鎘, 323-329.
- discovery of cadmium, 鎘之發現, 323-329.
- isolation of cadmium, 鎘之提取, 325-326.
- Cahours, A. A. T., 卡郝爾斯, 544.
- calamine, 異極鐵, 328, 387.
- calcium, 鈣, 309-314.
- isolation of calcium, 鈣之分離, 310-314.
- calcium amalgam, 鈣汞齊, 312.
- carbon, 碳, 4, 13, 15.
- carbon dioxide, 二氧化碳, 96, 97.
- discovery of carbon dioxide, 發現二氧化碳, 97.
- Priestley's experiments with CO_2 , 普利斯特利用二氧化碳之實驗, 109.
- Cardew, Dr., 卡爾丟博士, 286.
- Davy's teacher, 得維的教師, 286.
- Caroline Institute, 卡羅來恩研究所, 175, 214.
- Casciorolus, Vincentius, 開斯秀儒拉斯, 314.
- Cavendish, Sir Henry, 加萬粒粟, 88-95, 99-100, 108, 253.
- his experiments with hydrogen, 加氏從事氫之實驗, 94.
- his experiments with nitrogen, 加氏從事氮之實驗, 99-100, 602.
- his house at Clapham, 加氏在加拉巴姆的房屋, 93.
- his view on combustion, 他對燃燒之見解, 121.
- celtium, 鎳, 683-687.
- ceria, 鈰鐵, 350, 356, 519.
- discovery of ceria, 鈰鐵之發現, 350-352.
- cerium, 鈰, 350-357.
- discovery of cerium, 鈰之發現, 350-357.
- isolation of cerium, 鈰之提取, 356-357.
- cesium, 銫, 429-435, 438.
- discovery of cesium, 銫之發現, 429-435.
- isolation of cesium, 銫之提取, 438.
- Chadwick, J., 查德威克, 638.
- Chancourtois, A. E. Beguyer De, 項古柔, 466-467, 481.
- Chapital, J. A. C., 沙普塔爾, 563, 570.
- charcoal, 木炭, 11.
- Charles II, King of England, 英王查理斯第二, 48.
- Charles XI, King of Sweden, 瑞典國王查理第十一, 32.
- Charles Jean, King of Sweden, 瑞典國王約翰查理斯, 185.

- Bindheim, 平特海莫, 155, 367-369.
- Biot, Jean-Baptiste, 俾奧, 90, 376, 377.
- Bishop, Edna R., 俾沙普, 705-706.
- bismuth, 鉍, 20, 27-29.
- Black, Joseph, 卜拉克, 96, 97, 355, 319.
- Blomstrand, C. W., 布朗斯登, 198.
- Boer, J. H. De, 培爾, 687.
- Boerhaave, Hermann, 部爾哈未, 116.
- Bohr, Niels, 波爾, 684-685.
- Boisbaudran, Paul Emile Lecoq De, 布瓦普德郎, 479, 488-494, 529, 538, 543-544, 548.
preparation of inert gases, 布氏對惰氣元素之預言, 611.
- Bolton, Werner Von, 波爾頓, 199-200, 211.
- Boltwood, B. B., 普爾特武德, 643, 644, 654, 655.
- boracium, 硼, 374.
- Borch, Ole, 布爾須, 105.
- bore, 硼, 374.
- boric acid, 硼酸, 373-383.
discomposition of boric acid, 分解硼酸, 373-383.
- Borlase, Bingham, 菩拉斯, 287-288.
- boron, 硼, 373-383.
isolation of boron, 硼元素之提取, 373-383.
- Boyle, Robert, 波以耳, 35-36, 48, 51-54, 88, 105.
- Brand, Hennig, 布朗特, 31-33, 41-51, 637.
- Brand, Margaretha, 布朗特夫人, 42, 45-46.
- Brandes, 布郎得斯, 301.
- Brandt, Georg, 布郎特·佐治, 24, 66-70, 351.
- Brauner, Bohuslav, 布勞納, 479, 538, 694.
- Braunstein, 黑銻鐵, 78, 558-560.
- Bredig, Georg, 布累的克, 649.
- Breithaupt, August, 布賴特豪普特, 503.
- Brendel, 布楞特爾, 452.
- brevium, 鉍, 641.
- Brewster, Sir David, 布雷斯忒爵士, 423.
- Brickwedde, F. G., 布利克韋德(見附錄).
- bromine, 溴, 573-581.
discovery of bromine, 溴之發現, 564, 580.
experiments by Liebig, 利俾喜氏對溴之化驗, 580-581.
- Brongniart, Alexandre, 布隆尼阿, 451.
- Brooks, Harriet, 布盧克斯, 645-646.
- Brouall, 謨耐, 24.
- Brownrigg, William, 布朗利格, 237.
- Brunck, Otto, 布朗克, 510.
- Brunetti, Rita, 勃倫諦, 700.
- Buffon, Comte De, 彪封, 243, 249.
- Bunsen, Josias, 本生, 421, 423, 425-442, 471, 489, 575, 607.
discovery of cerium and rubidium, 發現鈰和銣, 129-438.

- Bergman, Torbern, 柏格門, 74, 75-79, 241, 335, 368, 517.
- his attempts to isolate manganese, 柏氏圖提取錳, 78.
- his friendship with Scheele, 柏氏與徐萊之交誼, 117-118.
- his prediction of tungsten and molybdenum, 柏氏預言錳和鉬單元素之存在, 132-138.
- his experiments with tellurium, 柏氏之碲的實驗, 169.
- Bergmann, A., 柏格曼, 267.
- Bermannus, 柏爾曼努斯, 28.
- Berthelot, P. E. M., 柏特羅, 8, 21, 24, 67, 589, 590.
- Berthollet, Claude Louis, 柏托雷, 250, 296, 375, 559, 561, 563.
- beryl, 綠玉石, 365-370.
- analysis of beryl, 綠玉石之分析, 365-370.
- beryllia, 鉍土, 365.
- beryllium, 鉍, 366-372.
- discovery of beryllium, 鉍之發現, 366-372.
- isolation of beryllium, 鉍之提取, 371-372, 396.
- Berzelius, Baroness Betty, 柏齊力阿斯男爵夫人, 185, 533.
- Berzelius, Jöns Jakob, 柏齊力阿斯, 165-167, 172-185, 339, 384-386, 496, 497, 503, 504, 505, 519-532, 538, 563, 564, 576.
- his analysis of cerite, 柏氏分析鈾礦, 353.
- his balance, 柏氏的天秤, 173.
- discovery of thorium, 柏氏發現鈾, 358-359.
- his estimate of Cronstedt, 柏氏對克隆斯塔特之稱譽, 76.
- his estimate of Hatchett, 柏氏對哈特哲德之稱譽, 195-197.
- his estimate of Ekeberg, 柏氏對愛克柏格之稱譽, 205-208.
- his friendship with Hisinger, 與希生革爾氏之友誼, 353-356.
- his friendship with Mosander, 柏氏與莫桑得爾之交誼, 519-530.
- his friendship with Wöhler, 柏氏與弗勒之交誼, 394, 400.
- his friendship with Wollaston and Tennant, 柏氏與武拉斯吞及台耐特之交誼, 250-251, 260-261.
- his investigation of vanadium, 柏氏之發現鈮, 214-216.
- his investigation of the platinum metals, 柏氏研究鉑屬元素, 241, 244-246, 263-264, 273.
- isolation of silicon, 柏氏提取矽, 284-286.
- isolation of zirconium, 柏氏析離鈷, 336-337.
- his laboratory, 柏氏之實驗室, 167.
- lithium researches, 柏氏對鋰之研究, 296-298.
- his preparation of amorphous titanium, 柏氏製得無定形的鈦, 347.
- Bible, 聖經, 4
- elements mentioned in the Bible, 聖經裏元素的記述, 4-12.
- allusion to a zirconium mineral, 聖經上述及鈷礦石, 334-335.

- alchemistic symbol for Sb, 鍊金術之銻的符號, 23.
Triumphal Chariot of Antimony, 銻的勝利車, 26.
- Antonoff, G. N., 安托諾夫, 643.
- Arago, Dominique Francois, 阿拉哥, 451.
- Arfvedson, Johann August, 阿爾費特孫, 146, 296-302, 521, 522.
- Arfwedson, pupil of Bergman, 阿爾費特孫為柏格門的弟子, 74
- argon, 氬, 601-612.
 discovery of argon, 氬之發現 601-612.
- argyrodite, 銀鍍鐵石, 505.
 discovery of argyrodite, 銀鍍鐵石之發現, 505.
 Winkler's analysis, 文克爾之銀鍍鐵石的分析, 505-508.
- Arrhenius, Lieutenant, 阿累尼烏斯, 516, 517.
- Arrhenius, Svante, 阿累尼烏斯, 348, 653.
- arsenic, 砷, 19, 20-24.
 alchemistic symbol for As, 鍊金術士所用代表砷的符號, 23.
- assay furnace, 鍊金爐, 6
- Auer, Karl, Baron von Welsbach, 威斯巴克, 528, 539-543, 547.
- B**
- Baeyer, Adolf, 培頁, 648.
- balances, 天秤, 173.
 used by Berzelius, 柏齊力阿斯所用之天秤, 173.
- Balard, Antoine Jérôme, 巴拉, 403, 564, 576-578.
- Balke, Clarence W., 布爾克, 199-200, 211.
- balloon ascensions by Gay-Lussac and Biot, 該·律薩克和俾奧乘氣球昇空, 376.
- Banks, Sir Joseph, 班克斯爵士, 90-91.
- barium, 鋇, 314-315.
 isolation of Ba, 鋇之提取, 315.
- barium amalgam, 鋇汞齊, 312.
- Barratt, Thomas, 巴累特, 659.
- Baskerville, Charles, 巴斯刻維爾, 4, 446.
- Bassargin, 巴薩爾根, 474.
- Bastnäs Mine, 柏斯耐斯鐵廠, 350-356.
- Battery, Napoleon's, 拿破侖所賜的電池, 378.
- Bauch apothecary, 藥劑師包煦氏, 115.
- Baumé, Antoine, 包美, 242, 243.
- Bayen, Pierre, 貝岩, 105.
- Beaumont, Louis Elie De, 菩蒙, 401, 451.
- Becher, Johann Joachim, 柏察, 86, 87.
- Becquerel, Antoine-Henri, 培克累爾, 630-631, 662.
- Beddoes, Thomas, 培多斯, 288.
- Begatello, Scipio, 培加太樓, 314-315.
- Beguyer de Chancourtois, 培哥頁(項古梁), 466, 467.
- Bell, Alexander Graham, 培爾, 186.
- Bemont, M. G., 培蒙, 637.
- Beresof Mine, 柏累夫鐵, 155.
- Berg, Otto, 柏格, 688, 689.

西名索引

本索引係上海衆生社趙琪君所編，費時月餘，方始告竣，謹誌數言，借表謝忱。

民國二十八年六月十五日 黃素封誌。

A

- Aartovaara, Gustave A., 阿爾士發拉, 705.
Abo, 愛培市, 518.
University of Abo, 愛培大學, 518.
Abraham, 亞伯拉罕, 6.
Abu Mansur, 阿卜·滿牛兒, 14.
Achartd, Franz Karl, 阿哈特, 368, 387.
actinium, 錒, 650-654.
actinium series of elements, 錒系, 651-654.
Afzelius, 阿夫齊利阿, 172.
Agricola, Georgius, 阿基阿拉, 13, 28, 65.
alabamine, 鎊, 705-707.
Albertus Magnus, 馬格那·阿柏塔, 21, 22.
alchemists, 鍊金術士, 19-37.
elements known to the alchemists, 鍊金術士所認識的元素, 19-37.
alchemy, 鍊金術, 19.
cartoon on alchemy, 鍊金術漫畫, 20.
alkalies, 鹼, 280.
distinction between potash and soda, 木灰與蘇打的區別, 62, 86.
alkaline earths, 鹼土, 307.
Stahl and Lavoisier on the composition of alkaline earths, 司太爾和拉瓦錫對於鹼之組成之主張, 309-310.
Allison, Fred, 阿立生, 702-705.
alumina, 礬土, 299; 鋁土, 386.
aluminum, 鋁, 387-480.
discovery and isolation of Al, 鋁之發現與提取, 387-480.
researches of Oersted, 厄斯泰德對鋁之研究, 388-391.
researches of Wöhler, 弗勒氏對鋁之研究, 391-400.
researches of Sainte-Claire Deville, 得維爾鋁之研究, 401-405.
the Hall process, 豪爾氏製鋁法, 406.
the Héroult process, 赫羅爾德製鋁法, 407-410.
Ampère, André-Marie, 安培, 572, 582.
D'Andrade, 丹德拉達, 296.
discovery of petalite, 花瓣鑛的發現, 297.
Anna, 安娜, 564.
Berzelius's housekeeper, 柏齊力阿斯的管家者, 564.
antimony, 銻, 19, 24-27.

3
4.0 to 6



中華民國二十九年九月初版

翁製

(52714.1)

自然科學
小叢書
化學元素發見史一冊

The Discovery of the Elements

每部實價國幣貳元伍角

外埠酌加運費匯費

原著者 M. E. Weeks

譯述者 俞素人 封

主編者 王雲五 壽

長沙南正路

發行人 王雲五

印刷所 商務印書館

發行所 商務印書館

版權所有
翻印必究

(本書校對者 曹培鈞 石生)

九上

