



高級中學教科適用  
**最新實用化學**

顧均正譯

A Translation from  
*Black & Conant's*  
"New Practical Chemistry"

開明書店印行

國際原子量表 (1937)

元素名	符號	原子序	原子量	元素名	符號	原子序	原子量		
鋁	Aluminum...	Al	13	28.97	鉬	Molybdenum..	Mo	42	96.0
銻	Antimony...	Sb	51	121.76	釷	Neodymium..	Nd	60	144.27
氬	Argon.....	A	18	39.944	氖	Neon.....	Ne	10	20.183
砷	Arsenic.....	As	33	74.91	鎳	Nickel.....	Ni	28	58.69
鋇	Barium.....	Ba	56	137.36	氮	Nitrogen.....	N	7	14.008
鈹	Beryllium...	Be	4	9.02	銻	Osmium.....	Os	78	191.5
鉍	Bismuth.....	Bi	83	209.00	氧	Oxygen.....	O	8	16.0000
硼	Boron.....	B	5	10.82	銦	Palladium....	Pd	46	106.7
溴	Bromine.....	Br	35	79.916	磷	Phosphorus...	P	15	31.02
鎘	Cadmium....	Cd	48	112.41	鉑	Platinum.....	Pt	78	195.23
鈣	Calcium.....	Ca	20	40.03	鉀	Potassium....	K	19	39.096
碳	Carbon.....	C	6	12.01	鐳	Praseodymium	Pr	59	140.92
鈣	Cerium.....	Ce	58	140.13	鐳	protactinium..	Pa	91	231.
銫	Cesium.....	Cs	55	132.91	鐳	Radium.....	Ra	88	226.05
氯	Chlorine.....	Cl	17	35.467	鐳	Radon.....	Rn	86	222.
鉻	Chromium... Cr	24	51.01	錳	Rhenium.....	Re	75	186.31	
鈷	Cobalt.....	Co	27	58.94	銩	Rhodium.....	Rh	45	102.91
錒	Columbium..	Cb	41	92.91	銣	Rubidium....	Rb	37	85.48
銅	Copper.....	Cu	29	63.57	銣	Ruthenium... Rn	44	101.7	
鐳	Dysprosium..	Dy	65	162.46	鈾	Samarium....	Sm	62	150.43
銩	Erbium.....	Er	68	167.64	釷	Scandium....	Sc	21	45.10
銣	Europium... Eu	63	152.0	硒	Selenium.....	Se	34	78.96	
氟	Fluorine.... F	9	19.00	矽	Silicon.....	Si	14	28.06	
釷	Gadolinium..	Gd	64	156.9	銀	Silver.....	Ag	47	107.880
銻	Gallium.... Ga	31	69.72	鈉	Sodium.....	Na	11	22.997	
銩	Germanium.. Ge	32	72.60	銣	Strontium... Sr	38	87.63		
金	Gold.....	Au	79	197.2	硫	Sulfur.....	S	16	32.06
鈳	Hafnium.... Hf	72	178.6	銣	Tantalum.... Ta	73	180.88		
氦	Helium..... He	2	4.002	碲	Tellurium... Te	52	127.61		
釷	Holmium.... Ho	67	163.5	鐳	Terbium....	Tb	65	159.2	
氫	Hydrogen... H	1	1.0078	銣	Thallium....	Tl	81	204.39	
銦	Indium.... In	49	114.76	釷	Thorium.....	Th	90	232.12	
碘	Iodine..... I	53	126.92	錒	Thulium....	Tm	69	169.4	
銥	Iridium.... Ir	77	193.1	錫	Tin.....	Sn	50	118.70	
鐵	Iron.....	Fe	26	55.84	鈦	Titanium....	Ti	22	47.90
氬	Krypton.... Kr	36	83.7	鎢	Tungsten....	W	74	184.0	
鐳	Lanthanum.. La	57	138.92	鈾	Uranium.....	U	92	238.07	
鉛	Lead.....	Pb	82	207.21	釵	Vanadium....	V	23	50.95
鋰	Lithium.... Li	3	6.940	氙	Xenon.....	Xe	54	131.3	
鐳	Lutecium... Lu	71	175.0	釷	Ytterbium... Yb	70	173.04		
鎂	Magnesium.. Mg	12	24.32	釷	Yttrium.....	Yt	39	88.92	
錳	Manganese... Mn	25	54.93	鋅	Zinc.....	Zn	30	65.38	
汞	Mercury..... Hg	80	200.61	鈷	Zirconium....	Zr	40	91.22	

高級中學教科適用

# 最新實用化學

顧均正譯

*"New Practical Chemistry"*

*by Black and Conant*

開明書店印行

## 原 序

在這本教科書裏，我們一方面利用青年學生愛好戲劇的心理，一方面就他們環境中的日常事物，設法刺激其好奇心，而試圖引起其研究化學的興趣。我們根據了這樣的信念，就在書中羅列許多在講台上可以操作的實驗，使教師隨時表演；並提出學生每日生活上有關於化學的各種實例，以促起他們的注意。我們希望這種方法可以使學生研究化學，確有意義，並且切合實用。在另一方面，我們也沒有忽視化學這門功課的實在目的，即瞭解化學——物質內部變化的科學——上的基本原理和事實。

這是不可諱言的事實：近年來中等教育已逐漸發達，而大多數中學生在畢業以後，即不繼續升學，所以他們在中學校裏讀完本書以後，將不再有研究化學的機會。因此本書在編寫時，特別審慎，文字務求簡潔，說明務求暢達；凡所收入的事實、定律和學說，都是當今立足於社會的公民所必需的常識。至於取材之新穎，尤可自信。本書材料已充分增加，凡學畢本書之讀者，應大學入學考試，已綽有餘裕。

我們在討論近代物質構造理論的時候，曾竭力把這種專門的材料作成簡約的敘述，我們所提供的，只限於了解基本原理所必需的知識。因此我們要請教師們記住，本書中所附原子的電子圖解，現今雖非常流行，實在卻解釋不了原子價或其他的化學事實。牠們只造成了一幅想像的圖畫，這種圖畫在原子物理學的研究者，現在還是用更抽象，更數學的東西來代替的。

化學教師的困難問題之一，是要使他的功課，安排得適合於不同學生的興趣、需要和能力。許多教師覺得最好把全年的功課分成幾個單元。我們雖然相信每一個教師必須自己去劃分這種單元，以適合於他自己的情形，可是本書中我們仍然大胆地提示一個把教材劃分為若干工作單元的可能的範式。關於這個問題的進一步的討論，詳見教師手冊。

關於金屬教材的排列，我們着重在冶金的一般方法及其在近代生活上的實際用途。關於提煉、性質、用途以及化合物等的較為重要的說明，我們竭力免避百科全書式的記載。

我們在本書中編入若干複習問題，所以幫助全書各部分的連絡。每章末尾的問題和習題分成了顯明的三類，第一類最容易，都是書本上的基礎問題，第二類是比較深些的問題，第三類是計算問題。(下略)

勃拉克

誌謝 本書譯文為適於我國學校採作教本起見，曾儘量插入本國材料，承國內各大化學工廠惠賜照片，除在圖下注明外，特在此合併誌謝！

譯者

# 目次

(上學期用)

	頁
第一章 化學簡史 化學的領域 .....	1
第二章 物理變化 化學變化 .....	13
第三章 元素 化合物 .....	21
第四章 氧 燃燒 臭氧 .....	31
第五章 氫及其用途 .....	46
第六章 水及其組成 過氧化氫 .....	59
第七章 道爾頓的原子論和分子論 .....	77
第八章 符號 式 原子價 .....	86
第九章 化學方程式和計算法 .....	99
第十章 氯化鈉 氫氧化鈉 .....	116
第十一章 氯 氯化氫 .....	126
第十二章 酸類 鹼類 鹽類 .....	145
第十三章 離子 電子 .....	153
第十四章 原子構造 原子價 .....	168
第十五章 硫和硫化物 .....	181
第十六章 硫的氧化物及其酸類 .....	196
第十七章 碳及其兩種氧化物 .....	211
第十八章 分子量 原子量 .....	232

新 1126

## (下學期用)

第十九章	氮 大氣	253
第二十章	氮 銨化合物	270
第二十一章	硝酸 氮的固定	286
第二十二章	新週期律	305
第二十三章	鹵族元素	318
第二十四章	鈉和鉀的化合物	320
第二十五章	磷族	349
第二十六章	溶液 懸濁液 乳濁液	363
第二十七章	鈣 鎂 矽	385
第二十八章	煤 石油 燃料氣體	413
第二十九章	醇及其他的碳化合物	431
第三十章	食品 衣服	442
第三十一章	金屬 冶金術	465
第三十二章	鐵 鐵族	479
第三十三章	非鐵質金屬	504
第三十四章	較不普通的金屬及其用途	530
第三十五章	染料 塗料	548
第三十六章	放射現象 元素的遞變	562
附 錄		
	關於氣體的物理原理	579
	工業圖解	582

---

各種固體在水中的溶解度 .....	589
各種氣體在水中的溶解度 .....	589
水汽壓力或水張力 .....	590
重要氣體的密度 .....	590
普通物質 .....	591
物質的硬度 .....	592
比重或相對密度 .....	592
譯名對照表及索引 .....	593



# 最新實用化學

## 第一章

### 化學簡史和化學的領域

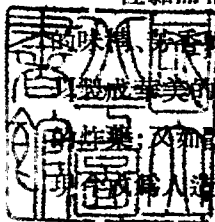
日常生活中的化學——古代化學的開始——中古時代的化學——化學的復興——科學的化學之開始——十八世紀的化學。

化學與近代生活——藥料、染料、金屬和合金、玻璃、土壤和肥料、純潔的食物和純潔的飲料。

化學的教育價值，化學的科學方法，化學的實驗和理論。

1. 【日常生活中的化學】 ‘我們日常生活中所遇到的無數物品，其中有許多種，在不多年以前，雖花盡全世界的財寶，恐怕也購買不到的。這原因很簡單，就是那時還沒有這些東西。並且這些東西多半由微賤的地方出身，由平凡的原料造成，在一般常人的眼光裏，並不會知道其中蘊有珍寶。而今舉凡農場、礦穴、森林、甚至空氣與水中所產的東西，雖其價值甚低，可是一經魔術般的化學方法的處理，就可以變成極端美麗，特別有用的物件了。

‘性黏而帶惡臭的煤焦油，現在已經用來製成美麗的顏料、可口的味劑、芳香的化妝品、和醫病的藥物；棉子上的細毛（棉花），現在可以製成華美的裝飾品、眩目的塗料、華麗的綢緞、耐用的家具和猛烈中炸藥；又如硫磺的礦石，也可以用來溶成彩色的瓷釉；石灰和煤炭，現在就為人造橡皮的原料；就像松枝也可以製出樟腦；甚至空氣和



水，也都用來做肥料、炸藥、電動機燃料、抗凝劑 (antifreeze) 和嗅藥 (smelling salt) 等的原料。然而化學的奇蹟，現在正值開始，前途的發展，仍沒有止境哩！’

上面這幾句話，是美國化學工程師學會 (American Institute of Chemical Engineers) 會長利特爾博士 (Arthur D. Little) 在 1919 年所說的；他現在雖然已經逝世，可是他的意見至今仍舊是很確切的。其實按照過去十五年中的進步看來，使我們深信凡能明瞭化學而且利用化學的民族，其國家將來必有不可限量的幸福。

2. 【古代化學的開始】 據我們所知道的，化學這種科學雖然不過百餘年的歷史，可是牠在幾千年前已經萌芽了。古代的希臘民族，對於金、銀等等金屬，已具有充分的實際知識，史家言之綦詳，這是我們無容置疑的(圖 1)。他們也知道從礦石裏提煉銅、錫、鐵、鉛和水銀的方法。他們的醫生，也知道利用動、植、礦物的原料製造藥劑。他們也會用植物染料渲染紡織品。他們對於發酵的方法和酒醋的變化，也很熟悉。那時瓷器和玻璃的製造，也發達成爲一種美術。總之，他們這些工作，不外是一種手藝或技巧，他們對於每種方法的原由，卻沒有什麼理解。

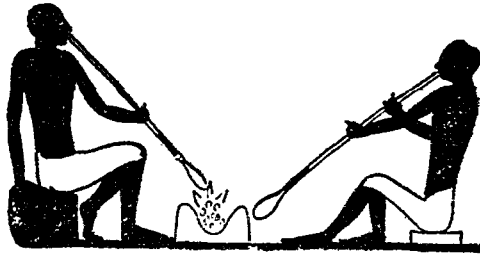


圖 1. 金字塔建築時期的埃及五金匠

我們現在對於物質構造的根本觀念，還是受古希臘人的暗示而來的，這一點我們應該深致謝忱。小亞細亞邁利塔斯城 (Miletus)

的塞利斯 (Thales), 是紀元前六百年的哲學家, 他以為‘水’是基本的元素。希臘的其他哲學家, 也以為各種物質都可以用‘空氣’和‘火’在適當的條件下變成。後來亞理士多德 (Aristotle, 384-322 B.C.) 假定基本元素有四種, 即火、水、空氣和土。當時還有人以為萬物都可以由微小不可再分的質點融合而成的, 這乃是現代原子學說的發端。

3. 【中古時代的化學】古代的學者對於上述的化學論理, 中間經過了好幾百年, 並沒有人去證實牠們是真是偽, 因而化學無進步可言。實則他們以為那種工作是不必要的。而且這時期的學者, 都致力於改變賤金屬為貴重金屬的工作; 這種化學, 世稱為鍊金術 (alchemy)。鍊金術家雖沒得達到自己的目的, 但是卻發現了很多對於日後化學上很有用處的事實。那時亞力山大城 (Alexandria) 就是鍊金事業活動的中心; 而且在第八世紀阿剌伯人對於鍊金術的研究, 似乎比世界其他民族都高明。由阿剌伯各大學的傳授, 鍊金術遂漸漸傳入歐洲各國, 其中如意大利、法蘭西、德意志及英格蘭等處, 都受到影響。西洋文字中的化學名詞, 如 alcohol (醇) 和 alkali (鹼) 等等, 都是由阿剌伯文演變而來, 即是為此。

這時物質構成的理論, 經過了一種顯著的變化。按照當時新的設想, 他們認為元素只有三種——即‘水銀’、‘鹽’和‘硫黃’; 又為這三種元素各選了神祕的符號。後來又因為各化學家仍舊忙着尋求變鉛、銅等金屬為金、銀的哲人石 (philosopher's stone), 所以又經過了幾百年, 化學依然毫無進步。可是, 這時鍊金術的末日已經臨近了 (圖 2 及圖 3)。

4 【化學的復興】十六世紀初葉, 瑞士出了一位名叫巴拉塞爾



圖 2. 鍊金術家的工場

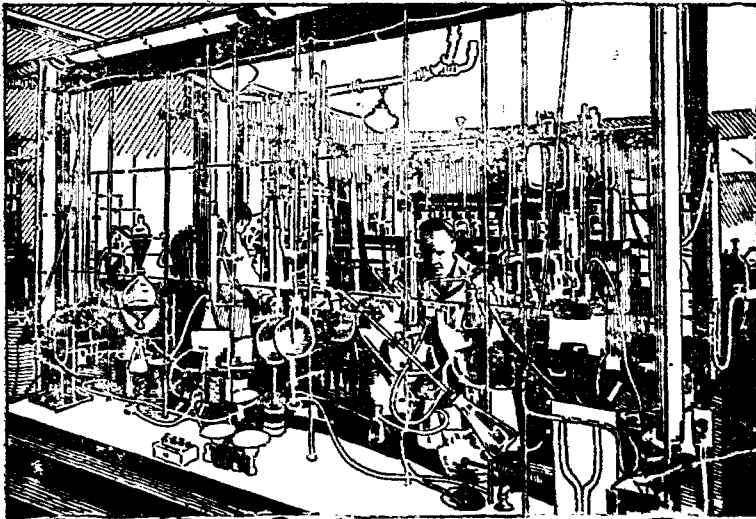


圖 3. 現代的工業化學實驗室。試將其中的設備，同鍊金術家的相比較。

薩斯(Paracelsus, 1493-1541)的化學家,他毅然決然反對昔日的化學理論,並且把已往的化學著作看做無用的廢物,而付之一炬。這位科學界的先鋒,曾說化學的主要目的,不是去尋找變鉛鐵為金銀的哲人石,也不是去找延年益壽的‘不老丹’(elixir),牠的用處,是要去研究和配製治病的藥料。他極力反對當時通行的醫學,並且激烈的主張,凡要行醫的必先學習化學。這樣一來,他不僅使迷信的醫學,一變而為合理的醫學,並且實實在在為化學的研究砌了一條平坦的大道,以理智做着基礎。

在巴氏的偉大門人中,有一位名凡·黑爾蒙特(Van Helmont, 1577-1644)的,他將畢生的光陰耗費在不魯捨爾(Brussels)城外一個實驗室中,從事化學的研究和科學的著述。他大概是第一個區別空氣、氫、二氧化碳和沼氣(marsh gas)的學者。化學名詞中的‘氣’(gas)字,是由他起始採用的。在他以前,化學家並不認識氣體是物質。

5. 【科學的化學之開始】到了十七世紀後半葉,由於歐洲各種學問的繁榮,才引起了化學上一個很重要的變化。在這時以前,化學不過是醫生和冶金工人的工具。自此之後,化學纔成爲一種純粹的科學,這就是說,研究科學的目的,是要使我們增加對自然界的智識;不管研究的結果有無實際用途。波義耳(圖4)有時被人尊爲科學的化學之創始人,他的大著懷疑的化學家(*The Sceptical*



圖4. 波義耳像  
(Robert Boyle, 1627-1691)  
在化學史上,波氏爲區別元素和化合物的第一人。此外,壓力對於氣體的容積的影響,波氏亦有研究。

*Chymist*) 一書, 1661 年在倫敦出版。在這本書裏, 波氏對於希臘哲學家的四種元素說, 以及後來的鍊金術家的三種元素說, 認為毫無理由, 加以攻擊。他說過, 凡一種物質而不能分成兩種或兩種以上的成分, 化學家都應當稱牠做元素。

這種意見和我們現在的見解很相近, 可是波氏那時的化學家, 不免視為異端, 而大加非難。波義耳和牛頓 (Sir Isaac Newton) 同時, 但他的工作沒有牛頓那樣立刻為學術界所接受。可是他所創立的研究法, 至今仍為學術界所尊視。波氏又首先推重歸納法的價值; 所謂歸納法, 就是由實驗所得的事實, 和由正確觀察所得的結果, 推得結論的方法。

6. 【十八世紀的化學】 十八世紀的化學家, 一方面因為技術的進步, 一方面因為交通工具的改良, 遂使化學研究顯出驚人的發展。於是各地的科學家, 將各人研究的結果, 彼此通報, 以收互相切磋之效。以下各章, 將縷述此期化學發展之梗概, 以告讀者, 其中最著者, 如布拉克 (Joseph Black, 1728-1799) 對石灰及生石灰的組成研究; 普利斯特利 (Joseph Priestley, 1733-1804, 由燒熱紅色的水銀燬渣 (即氧化汞) 而分離空氣中的活潑部分 (氧); 卡文提什 (Henry Cavendish, 1731-1810), 對於各種氣體的仔細研究, 尤以利用精確衡量, 以區別各氣體性質的方法最負盛名; 卡氏因此曾發現水及硝酸的組成; 瑞典藥劑師舍雷 (Karl W. Scheele, 1742-1786), 雖家貧如洗, 可是在化學的試驗工作上, 卻彪炳一代, 他發現了氯、氧、氮、氯化氫以及多種有機物; 拉發西埃 (Antoine L. Lavoisier, 1743-1794) 應用了一架天平, 使世人對於燃燒的真實現象, 得以明瞭; 此外又如教友派學校

校長道爾頓 (John Dalton, 1766-1844), 由於他對物質如何化合以成化合物的解說, 而立下原子說的根基。

7. 【化學與近代生活】 在我們進而研究化學發達的詳情以前, 請先將化學對於世界進步的密切關係, 略加陳述。

世上有許多人, 以為化學家不過是替醫生配方的藥劑師。真的, 化學家曾經配成很多人造的藥物, 在許多方面確實比天然的更好, 因而代替了天然藥物。譬如從前外科醫生用‘古柯鹼’ (cocaine) 作局部的麻醉劑, 以除拔牙時的痛苦, 可是後來化學家製出了‘奴佛卡因’ (Novocain)——在應用上牠沒有古柯鹼用後的不良效果, 所以牙醫生就用奴佛卡因代替了古柯鹼。至於防止用奴佛卡因後發生流血的‘副腎素’ (Adrenalin), 也是由人工製造的。

從前, 我們的‘染料’如靛藍之類, 是從植物中取來的, 現在都用人工將幾種比較簡單的原料, 去化合製造了。其實人工染料比植物染料進步得多。牠們的優點, 第一是不褪色, 第二是顏色的種類更多。

在冶金學中最重要的化學發現, 恐怕要算‘鋁’了; 鋁是一種由泥土中得來的元素。化學家經過三十餘年的長期實驗, 最後纔獲得一種經濟的製鋁法, 沿用至今。還有一種名叫‘鎂’的金屬, 直到十九世紀纔發現。現在已經用電解法從事大量的製造了。鎂和鋁的合金叫‘鎂鋁齊’, 極富韌性, 且比鋁輕, 因此, 在飛機和汽車的製造上很有用處。還有些金屬, 如‘鎢’及‘鉛’, 以前都是實驗室中的希寶, 現在也由化學家辛勤研究的結果, 已在商業上成為電燈絲和所謂特種鋼的原料了; 我們對這般不辭勞瘁的化學家, 應表謝忱。

化學家對於玻璃的製造, 也改良很多。現在有一種能耐高熱的

玻璃,用做實驗室和廚房的器什,極為合宜。另有一種‘派來克斯玻璃’(Pyrex glass),即遇驟冷或驟熱的變化,也不致破碎。

化學對於農事方面的貢獻,可說最大,因為化學家由研究農產物所需要的養料種類,因而決定了肥料中應含有的成分(圖6),然後再用人工配製。當化學家發現智利所產的天產肥料(硝酸鈉)快要涸竭的時候,他

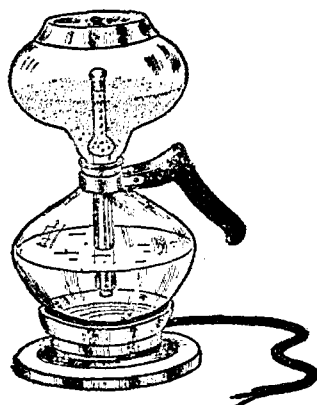


圖 5. 用派來克斯玻璃製造的咖啡壺 用電爐加熱



圖 6. 美國美恩州 (Maine) 馬鈴薯田施用人工肥料後的收穫



們便很奇怪地能從空氣的成分中製成這種肥料。

在目下文明國家內，化學家最重大的工作，乃在管理食料的供給。至於飲用水和牛乳之必須隨時檢查及防止食物中‘罽假’(adulteration)的勾當，這也得靠化學家的專門技能和耐力，纔能收效。

8. 【化學的教育價值】從我們週圍的世界中，能找出新的東西，是件很高貴的工作。化學家的發現，除了對社會有重要關係以外，在研究的本身上還有一種價值，就是我們可以開始學到化學所代表的科學思想方法。要學得這種思想方法，必須在解決一件事實時，有不為陳舊概念所矇蔽的習慣，這習慣是有不可估計的價值的。而且在處理困難問題時，那種不屈不撓的熱誠態度，和尋求錯誤來立即加以改正的習慣，都是世人公認為科學精神的一部。總而言之，倘若我們能誠意地研究化學，我們多少可以獲得一點研究問題的科學方法。觀察時要正確，和處處要依據實驗，乃是研究這種科學的主要原則。

我們的格言是不輕信‘書本上說的這樣那樣’，而要‘讓我們親自去尋得如何如何’。求得的方法，有下列各步驟：第一，我們把事實發生時的情形，加以仔細的觀察，然後把這種事實搜集起來；第二，將牠們分門別類，並且根據已知的事實，試加以解釋；第三，我們創立一個學說，或假想，使此學說能說明新發現的事實；最後，我們再搜尋同樣事實的更多的數據(data)，以與早先實驗中所得的事實相比較。倘若我們的理論不十分切合事實，我們就應當加以修改，同時再多搜集一些數據來證明這些事實。\*要想應用這種實驗方法，去學習一切的問題，我們當然沒有這許多功夫，不過當我們在實驗室裏研究化學

時，卻不難把科學家研究問題的步驟，以及他們對於思想的習慣和方法，學得一個梗概(圖 7)。

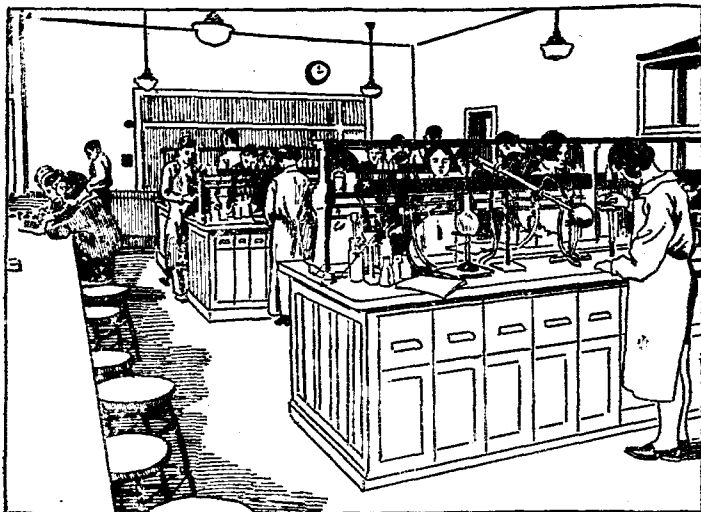


圖 7. 高級中學化學實驗室

### 第一章 摘要

【古代化學史】 古代化學史可分為下列四期：

(a) 自上古時代至耶穌紀元為止。其間埃及人 希臘人和羅馬人都知道應用普通金屬如銅、錫、鐵、鉛、水銀等以及貴重金屬如金銀等，以製作各種器具用品的方法。他們又知道用植物染料。至於陶瓷和玻璃也已成爲一種美術。

(b) 自初期鍊金術家直至紀元後 1500 年爲止，其間鍊金術家的時力和精力，都爲尋求變賤金屬爲貴金屬的哲人石而消耗了。

(c) 自後期鍊金術家至紀元後 1650 年爲止，其間鍊金術家尋求

不老丹，並配製及試驗新物質，以作藥劑之用。

(d) 科學的化學自波義耳開始。

【化學與近代生活】 化學家給我們的有價值的物質如下：

(a) 染料——靛藍之合成。

(b) 藥料——古柯鹼和奴佛卡因。

(c) 金屬和齊(合金)——鎂和鋁，鎂鋁齊，鎢和鎢，特種鋼。

(d) 玻璃——派來克斯玻璃。

農業化學包含土壤分析和肥料製造。

各文明國的市、縣、省及中央政府，都設立衛生部或食物化學部，專司檢查食物和飲料。

【化學的教育價值】 學校中教授化學的主要目的，是使學生學習‘科學的方法’，亦即取決於實驗。第二，是使學生明瞭近代生活中必需的某種化學藥品之性質、製法和用途。

### 問 題

1. 試舉出古人所熟悉的金屬五種。
  2. 在鍊金術時代，曾發明了那幾種元素？
  3. 鍊金術家將金屬分做‘賤’、‘貴’兩種，試解釋之。
  4. 舉出自己家裏所有的五種物品，是在以前鍊金術家的家中所沒有的。
  5. 誰把‘氣’這個字加入到化學名詞之中的？
  6. ‘元素’的正確定義，最初是由誰定的？
  7. 試舉出五位對於十八世紀化學的發展有大貢獻的人物。
  8. 試舉出幾種近代生活中所用的特種玻璃。
  9. ‘現代普通平民的生活享受，勝於百年前的帝王。’請你把這句話予以證明。
  10. 怎樣的思想 and 行動的習慣，纔合乎科學的思想方法？
- \* \* \*
11. ‘歸納的理解’是什麼意思？

12. 那一種染料在以前是從植物上得來的，而現在是用化學方法製造的？
13. 鍊金術家沒尋得哲人石和不老丹，他們也發現其他有價值的東西嗎？
14. 賤金屬有用，還是貴金屬有用？ 大半有用的金屬是屬於那一類？
15. 試舉出兩種為化學家所製出的藥物，而為牙醫生和一般醫師所常用的。
16. 鍊金術家割傷了手指，他用下列那一種藥呢？(a)紅藥水（卽色素汞 [mercuriochrome] 的水溶液）？(b)碘酒（碘酊）？或(c)藥膏？
17. 你覺得中世紀的‘汞’、‘氫’和‘硫黃’的三元素說比較古希臘人的‘土’、‘空氣’、‘火’和‘水’四元素說有進步嗎？ 請你解釋。
18. 試看圖 2 鍊金術家工場的設備，(a)那幾種儀器是你認識的？(b)他怎樣加熱？(c)他如何吹火？(d)他有電流用嗎？(e)他有煤氣用嗎？(f)他有玻璃管用嗎？
19. 化學對於近代生活上的應用，除本書所舉的例外，請從其他讀物上再舉數種。
20. 近代利用化學方法所發現的金屬，(a)那一種用於飛機的製造？(b)又那一種用來製造同溫層飛船？ 和(c)電燈泡絲？

## 第二章

### 物理變化和化學變化

物質的物理狀態——物理變化——常見的例——特性。

化學變化——例——發生的狀況——特性。 物料的性質。 物質不滅定律。

9 【物質的三態】 誰都知道：水經充分冷卻，就凝結為冰；一經煮沸，就化為水蒸氣。要是我們把冰、水、水蒸氣研究一下，就會發現牠們的成分是一樣的。這三種形體——固體(solid)、液體(liquid)、氣體(gas)——就所謂物質的三種物理狀態(three physical states of matter)。只要狀況適當，除水之外，其他物質也都能呈這三種狀態。試以硫黃為例。硫通常為一黃色的固體。但經加熱後，就熔融而成為黏稠性的液體，如繼續加熱，則又變成氣體(圖8)。就是最普通的空氣，也能夠被冷卻而液化，若再繼續冷卻，就變成固體。可見物質的物理狀態的變化是不影響成分上的變化的。牠僅是加熱或冷卻的結果。

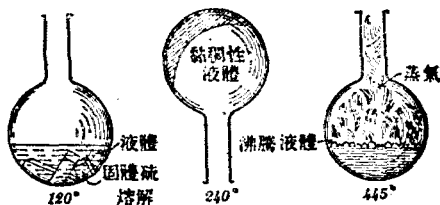


圖 8. 硫的固體、液體和氣體

10. 【物理變化】 上述的狀態變化也可以顛倒過來，用化學的術語來說，是可逆的(reversible)。譬如除去水中的熱可以使之凝結成冰，把冰加熱可以使之溶解為水。同樣，我們如果冷卻硫的蒸氣

(氣體),就可得到液體的硫,如果冷卻熔融的硫,就可得到固體的硫。像這樣的狀態的變化,就稱為物理變化(physical change)。其他的物理變化略舉如下:使電流通過鉛絲,鉛絲就變成白熱;但是冷卻後,卻又回復原來的狀態。又如把一段硬鋼(如縫針)磁化後,就會吸引小鐵釘;然而我們若是幾次把牠掉在地上,牠的磁性就會完全失去。我們雖沒有改變牠的組成(composition),但是我們卻改變了牠的物理性質。這種物理的變化固然極為重要,可是若就現象的奇瑰說,卻比我們將要研究的化學變化差得遠了。

11. 【常見的化學變化】誰都知道:木材燃燒時產生多量的熱,原來的木材是消失了,剩下的只是一些灰燼。這是一件極平常的事情,所以我們總不會去想一想牠的意義。在燃燒的當時,顯然已發生了某種的變化,因為我們現在已不再看見原來的木材了。還有一個同樣顯著的變化,假使我們讓一段鐵,例如鐵軌,曝露多時,就見牠起初生殼,其次碎裂為棕色的粉末,即所謂鐵銹。在上述事例中,像木材和鐵等盡人皆知的物質,竟會當面失其所在。這些就是我們所謂化學變化(chemical change)的例子。木材的腐爛,牛乳的變酸,肉類的臭腐也都是化學變化常見的例子。還有如汽車汽缸中汽油的爆發,閃光燈泡中鋁箔的突然燃燒(圖9),以及重炸彈的爆炸等都是。在這所有的例子中,必有某幾種物料消失而產生幾種新的物料。在每一個例子中所產生的新物料的特性,顯然是和原來的物料不同的。

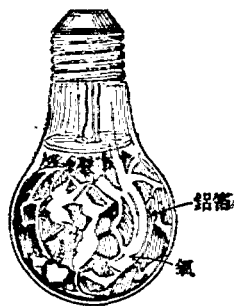


圖 9. 照相閃光燈泡

12. 【化學變化的經過怎樣】 把幾個典型的化學變化的經過來仔細觀察一下，倒是很有興味的。

假使我們用幾隻小鐵釘來投在一種叫做硝酸的液體中(圖10)，就見那鐵很快地溶解，而生成一團棕色的烟霧。我們若把這棕色的液體放在火焰上蒸發，就見最後剩下了一種棕色的固體(圖10)。我們可以清楚地看到，這固體並不是原來的鐵。牠是和鐵截然不同的一種物料。

假使我們在一隻燒杯裏倒些糖的溶液，再用一些濃硫酸\*來倒在這溶液的上面，我們就見到一種顯著的變化(圖11)，立刻有一大堆黑色的泡沫發出來代替了糖。如果我們把泡沫中的黑色固體來檢查一下，我們將找不到原來的糖了。

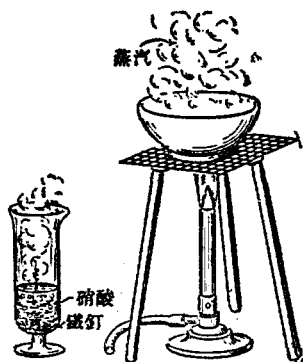


圖 10. 鐵釘溶解於硝酸，再經蒸發乾燥

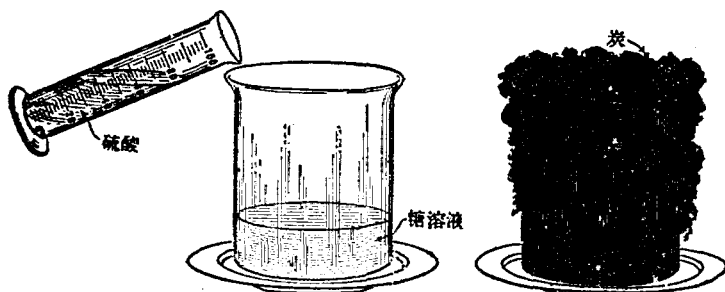


圖 11. 用濃硫酸使糖焦化

用少許研細的硫粉和鋅粉\*\*混合了積成小堆。這混合物如與火焰相接觸，就立即發光，散出白色固體的烟霧。這時候我們又找不到原來的硫和原來的鋅，而只剩下些白色物質，叫做硫化鋅 (zinc sulfide)。

在每一個化學變化中，總有一種或數種的物料消失，一種或數種

\* 以用 60 克的蔗糖和 60 立方厘米的濃硫酸較為便利。

\*\* 鋅粉的重量，須約為硫粉的兩倍。

的新物質造成。因為在化學變化中，新物質由舊物質造成，又因為一個元素通常不能直接變成別的元素，所以化學變化顯然只是各元素的重行排列而造成新的結合。

我們知道，在化學變化中常常產生熱，又常常發出光。

13. 【我們怎樣認識物料】 我們知道灰燼不同於木材。我們又知道溶鐵釘於硝酸所生成的棕色固體，不同於金屬鐵。在作這樣的判斷時，我們是不自覺地利用了辨別木、鐵等普通物料 (material) 的形性的日常知識。要識別一枝木棒和一條鐵桿，是沒有人會覺得困難的，即使在棒上塗了黑色的油漆。木材入水即浮，而鐵卻下沉。鐵能被磁鐵吸引，木材卻不被吸引。木材容易着火，鐵卻不能燃燒。這種關於一定物料的特殊事實，就稱為性質 (property)。我們只要知道任何物料的幾種性質，就可以認識他們，辨別牠們。

例如，水的性質是怎樣的呢？我們都知道，潔淨的水是無臭無味的液體，通常是無色的，積厚了則呈藍綠色。水在標準壓力 (760毫米) 下，於華氏 32 度 (或攝氏零度) 時凝結 (freeze)，於華氏 212 度 (或攝氏 100 度) 時沸騰 (boil)。不純粹的水，通常都在較高的溫度沸騰，較底的溫度凝結。牠的最重要的物理性質恐怕要算是密度 (density) 了。如果在 4° C. 時，我們用克來稱量容積若干立方厘米的水，我們就發現一立方厘米的水剛重一克。如果我們稱已知容積的汞 (水銀)，就可發現一立方厘米的汞計重 13.6 克。所以，就一般而論，我們不妨說，任何物質的密度就是單位容積的重量。因為在化學實驗室中，我們總是用克來表重量，用立方厘米來表容積的；我們又不妨說，任何物質的密度就是該物質一立方厘米以克計的重量。例如，



鋁的密度是每立方厘米2.70克，鉛的是每立方厘米 11.34 克。同樣，鋁的熔點是  $658.7^{\circ}\text{C}$ ，鉛的是  $327^{\circ}\text{C}$ 。由此可知，材料的某種性質是可以用數目來準確地決定和表示的。

14. 【化學變化的特性】 取研細的硫粉和鐵屑\*各少許。我們見到硫帶黃色，而且比較地輕。牠會溶解在叫做二硫化碳的液體中。鐵是沉重的灰色固體，不溶於二硫化碳，却容易被磁鐵所吸引。試把這兩種物料依照硫二鐵一（容積）的比例混合起來。然後把這混合物放在試驗管裏，置火焰上加熱（圖12）。不片刻，就見有一流灼熱的光蔓延全管。這時候你即使把燈火移去，這光仍會繼續若干時，不致熄滅。顯然，試管中已發生了足以產生這熱和光的變故。如果我們把試管擊碎，檢視其中的固體，我們就將見到這是種堅硬的黑塊。如果我們把牠磨成細粒，我們將發現牠們都沒有硫或鐵的性質。那就是說，牠們都不溶解於二硫化碳，都不被磁鐵所吸引。

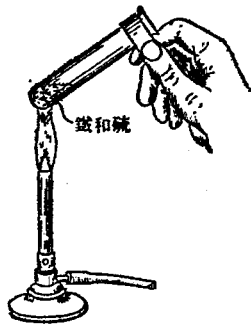


圖 12. 加熱鐵和硫

在這實驗中，鐵和硫兩種物質都已消失，卻生成了一種新物質叫做硫化鐵（iron sulfide）。我們只要仔細地注意到原來的物料的性質，和新產生的物料的性質，就可以認識這種事實。

15. 【化學變化的又一特性】 化學變化重要的一例是煤的燃燒。牠之所以為化學變化顯然是由於下列的種種理由：(a) 產生新物質，即從烟囪裏上昇的煤烟以及燒剩的灰燼和煤渣；(b) 產生熱；(c) 不能再從產物中提煉出煤來；還有，(d) 殘留物的重量較燃燒的煤為輕。但是我們對於化學變化中重量的顯著的變化，必須加以進一步的追究。這是否表示有一部分的煤已經消滅了呢？從烟囪裏散

\*鐵的重量須約為硫的重量之一又四分之三。

失掉的煤烟究竟有多少重量呢？ 這個特別的實驗是不容易做得準確的，所以我們要設計一個實驗，使化學變化在一個密閉器裏發生。

**16. 【化學變化中總重量不變】** 我們可以任選兩種物質，只須接觸後能立即互相作用的就行。例如，我們若取食鹽溶液 25cc，放在一隻錐形瓶裏，又取硝酸銀溶液少許，倒在一個短試管裏。然後把試管插入瓶中，如圖13所示，並小心地把瓶子蓋緊，並測其重量。於是把瓶子傾斜，使兩種澄清的溶液相混，即生成一種白色的固體物質氯化銀。這化學變化使溫度略微升高。當瓶子冷卻後，再測其重量，就見牠的重量並沒有變更。

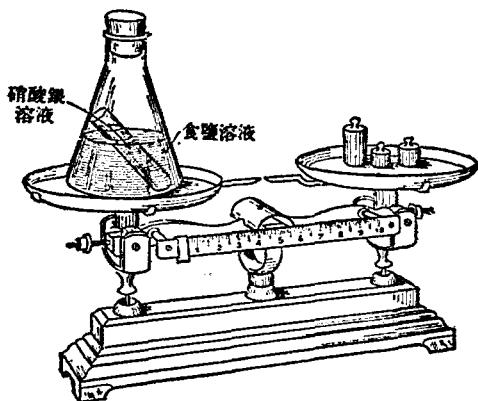


圖 13. 化學變化中總重量不變

許多的這樣的實驗都經精密地做過了。結果表示：在每一化學變化中，生成的物質的總重量和參加變化諸物質的總重量恰恰相等。這就是所謂物質不滅定律 (Law of Conservation of Matter)，可以綜合地敘述如下：

物質 \* 不能創造，也不能消滅。

科學上的定律，只是對於經許多實驗證明了的一般事實所作的簡括的敘述。牠是某種物料在某種狀況下的行為方式的一種描寫。

## 第二章 摘要

【化學】 化學是討論物料的組成和牠們所起的變化的學問。

【物料的性質】 物料的性質就是藉以識別物料的特性，如顏色、

\* 物質 (matter) 係泛指具有重量、占有空間的一切存在物。

硬度、滋味、密度、溶解度、熔點及其化學行為等。

【物質的三種物理狀態】 物質都有三種物理狀態，即固體、液體和氣體。任何物質所呈的狀態，全視牠本身的性狀和牠的溫度而定。

【化學變化】 化學變化的主要特點是：

1. 生成新物質。
2. 常常發生熱和光。
3. 要從產物中取回原來的物質，通常是非常困難的，有時簡直是不可能的。

【物理變化】 在物理變化中沒有新物質生成。這變化通常容易逆行，把物質回復原來的狀態。

【物質不滅定律】 化學變化中所生新物質的總重量和參加變化諸物質的總重量恰好相等。

### 問 題

1. 怎樣使水表出物質的三種物理狀態？
2. 仔細地說明物理變化的意義。舉出課本中沒有提到過的例子五種。
3. 列舉用以識別物質的五種重要性質。
4. 如有砂與糖的混合物，你將怎樣使牠們回復純淨的和乾燥的狀態？
5. 你將利用那些性質來區別下列物品：(a)銅線與鐵線，(b)木與鐵，(c)鋁與銀，(d)白糖與麵粉，(e)水與汽油。
6. 要從黃色的玻璃粉末中分離出硫黃粉末，用什麼方法？
7. 舉出幾種各物料共通的性質。
8. 舉出五種常見的化學變化，須為本書中所未述及的。
9. 以鐵擊鐵，鐵即發熱。這是否為化學變化？試說明其理由。
10. 撥火柴時，同時發生熱和光。這是否為化學變化？試說明其理由。

\*

\*

11. 一切物料都能顯現三種物理狀態嗎？試加以解釋。
12. 把鎂和鉛擦得一樣光亮。若各取一立方英寸，在不損壞各物質的條件下，你怎樣去區別牠們？
13. 下列的幾種有關於食物的操作，那一種是化學變化，那一種是物理變化，各說明其理由：(a) 炙羊腿；(b) 湯加熱；(c) 消化食物；(d) 溶解糖在咖啡茶中；(e) 吸紙烟。
14. 樟腦放在衣服中，漸漸失其所在。這是物質不滅定律的例外嗎？試加解釋。
15. 試填下列缺字：科學上的定律只是對於經許多\_\_\_\_證明了的一般\_\_\_\_作概括的敘述。牠是某種物料在某種\_\_\_\_下的\_\_\_\_方式的一種描寫。

## 第三章

### 元素與化合物

化學藥品——物質和混合物——化合物——元素——從元素製成的化合物——化合物有一定的組成——混合物與化合物的比較——混合物的分離——元素的存在——金屬，齊(合金)和非金屬——化合物的數目和重要。

17. 【化學藥品是什麼?】 化學實驗室中所用的物料，我們通常稱為化學藥品 (chemicals)。其實，凡在實驗室裏所用的物質，即使也用在家庭或工廠裏，仍可稱做化學藥品 (圖14)。例如金、糖、水、

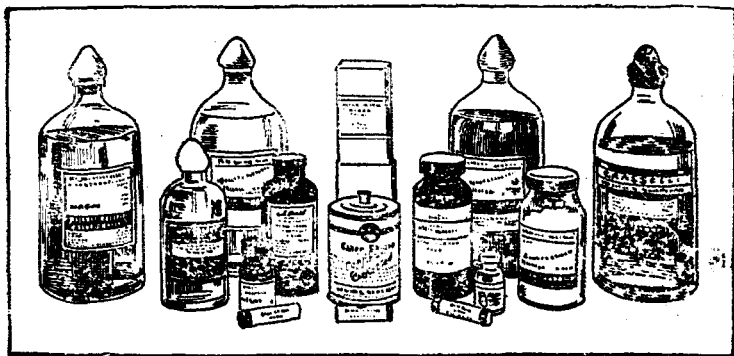


圖 14. 幾種普通的化學藥品，如硫酸、鹽酸、硝酸；氫氧化鈣；  
鋅粒、銅片；氫氧化鈉；酚；碳酸鈉；汞

鹽、錫、鋅和硫黃等等，在化學實驗室裏，我們稱做化學藥品；其中如糖、鹽和水之類，及用於廚房之後，就變成食品了。我們在實驗中所預備研究的許多種物質，現在只當化學藥品看待；但將來你一定可以

證明其中有若干種是直接或間接對人類有價值的。因為要把化學家所用的無數物料，找出一個井然的次序，而且使得在研究時化繁為簡，所以我們先來學習物料的分類法。

18. 【物質和混合物】 試取花剛石和普通的混凝土加以考察，即可發見牠們同是由數種不同的物質 (substance) 所做成的。花剛石裏有三種礦物——即石英、長石和雲母。若把花剛石搗碎，這三種物質即各自分離。普通的混凝土是用水泥、沙和碎石所混合而成的。若取前章所用的鐵硫混合物，仔細觀察，也可以看見其中所含的硫黃和鐵屑。再取鐵屑一堆加以觀察，則見其中的細粒個個相同，似乎都有同樣的性質。凡物料中任何部分都彼此相同，則稱之曰‘均勻’ (homogeneous)，或‘均態’ (homogeneous state)。化學家叫這種內部完全均勻的東西做物質 (substance)。若物料內含有兩種以上的物質，不過系混一起，則稱做混合物 (mixture)。因此，花剛石不是一種物質，而是一種混合物。硫黃和鐵都是物質，我們可以將牠們混在一起，混成各種比例不同的混合物。

既然物質是一種均勻的物料，則其中每一細粒都有彼此相同的性質。所以物質的每一試料，其相互間一定完全相似。可是混合物的性質，卻隨着牠的成分的多少而定：例如鐵屑十份和硫黃一份的混合物，則呈灰色；而硫黃十份和鐵屑一份的混合物，則呈黃色。

所以，混合物含有兩種或兩種以上的分離的成分，各自保有其固有的性質。

19. 【化合物】 水可以算做最重要而又最常見的物質。但是，

似乎很奇怪，即最純潔的水也不是一種單純的物質。我們利用電流，便很容易的將水分離為兩種十分不同的物質；其法如下：

試驗時，先將水（內含少量硫酸）傾入如圖 15 所示之儀器中，以 6 伏特(volt)之蓄電池與鉑電極相接。A 管中的電極連接電池的正極，名叫‘陽極’(anode)；B 管中的電極

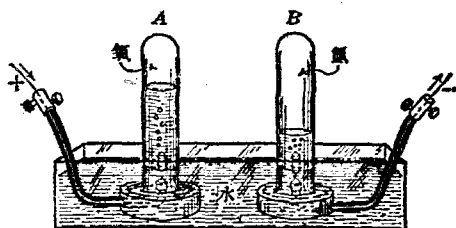


圖 15. 水的電解

率淡藍色火焰而燃燒。這種氣體名之曰‘氫’。加入水中的硫酸，其功用在使水變為較良的電導體，事後仍存於水槽中。

名叫‘陰極’(cathode)。電流通後，可假定其從陽極 A 經過水而流向陰極 B。此時可見有氣泡由兩極向上升騰；而 B 管中所收集的氣體比 A 管中的快一倍。等到 B 管的氣體充滿之後，我們可試驗收集的氣體。試驗的方法，即將 B 管蓋倒轉，這時再用燒着的火柴移近管口，則管內氣體

如將另一管倒置，把一根灼燃的木條靠近，則木條即發火焰燃燒。這種氣體叫做‘氧’。

由以上的試驗，我們可以看見水能被電流分離（或曰分解）為氫和氧；這種方法名叫‘電解’(electrolysis)。利用電解法可以表明水是一種化合物。

20. 【又一種化合物】取紅色氧化汞(mercuric oxide)粉末細察之，因其每一細粒均彼此類似，故知其為化學物質。

在硬玻璃試管中，投入此種粉末少許，移置火焰下加熱，如圖 16 所示。數分鐘後，管內粉末變為黑色；這時倘將一根灼燃的木條插入管中，則木條即發火焰。因此，證明管

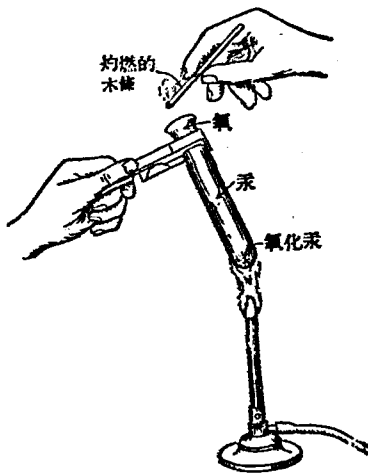


圖 16. 紅色氧化汞的分解

中已發生另外一種氣體，其性質與空氣不同。再檢視試管內壁，則見有微粒的水銀珠附着，而紅粉已失去一部或全部。管壁上端較冷部分，則已成爲明鏡。倘繼續加熱，則紅粉將全部消失。故由以上試驗，可將氧化汞變成兩種物品——第一爲‘水銀’，化學上稱之曰‘汞’，乃溫度計中所用之銀色液體。第二爲氣體之‘氧’。

由上可知，紅色氧化汞能因熱而變爲汞和氧兩種全不相同的物質。凡物質能分解爲兩種以上之其他物質的，就叫化合物 (chemical compound)。因此水和紅色氧化汞都是化合物。

**21. 【元素的定義】** 倘若我們把水銀繼續試驗，要用加熱法或任何其他方法使之分解，就一定得不到什麼結果。同例，氫和氧這兩種物質也不能分成其他的物質。這種不能再分解成其他較簡單成分的物质，就叫做元素 (element)。科學家相信目前僅有元素九十二種存在，其中九十種已經發現(參閱卷首所附元素表)；世間所有的化合物，都是由這類元素化合而成的。

水是由兩種氣體所組成的，其中一種可以燃燒，另一種比空氣的助燃性更大。這是一件非常可注意的事情。又紅色氧化汞可以分解爲一種很重的銀色液體，和一種無色的氣體，這似乎也是很奇怪的。由此我們可以推得，化合物的性質和組成牠的元素的性質迥然不同。

最先創立元素的定義的學者，大概是英國的波義耳。1661年波氏曾寫道：‘元素是化學分析上實際的限度，也就是運用現今已知的任何方法，都不能使牠再分解的物質’。

**22. 【由元素製成的化合物】** 我們現在可用兩種元素製成一種化合物，這種方法恰和上面所講的相反。



在一隻乳鉢裏，先放碘少許，再加汞數滴。起初，這兩種物質各自分處，毫無改變。

及用杵研磨以後（圖17），即變成一種既不像碘又不像汞的紅色物質。這種新產生的化合物名叫‘碘化汞’（mercury iodide）。

我們都認識銅和硫黃，銅為赤褐色的金屬，硫黃是一種性



圖 17. 碘化汞的合成

脆色黃的元素，彼此顯然不同。若把銅屑和硫粉各少許，放在一隻小燒瓶中加熱，如圖18所示，則瓶內的混合物即開始發出閃光。這由於兩種元素結合了起來，且同時發熱生光。把瓶擊破，則見瓶內產生色黑性脆的新物質，其形性既不像銅也不像硫。這時銅和硫已化合為一種化合物，叫做‘硫化銅’（copper sulfide）。

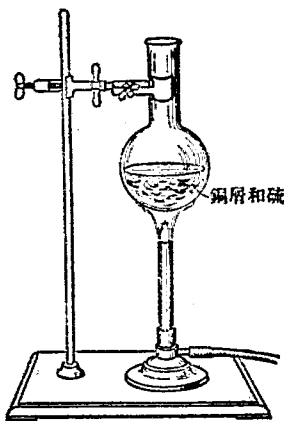
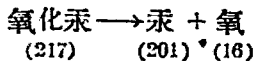


圖 18. 硫化銅的合成

普通的食鹽是兩種元素所組成的化合物——即鈉和氯。鈉是一種色澤如銀性質柔軟的金屬；氯乃是一種黃綠色而帶毒性的氣體。糖也是一種化合物，由碳、氫和氧所構成。碳這種元素的形性，可就木炭窺察而得。氫、氧皆為氣體，氫的燃燒性很強，氧的助燃性很烈，前在19節曾經介紹。由以上所舉各例，可以證明化合物的性質，和組成牠的元素的性質，完全不同。

23. 【化合物有一定的組成】 化學變化通常特稱曰‘反應’（reaction），其變化可以採用簡單的式子表示，殊覺便利，如：

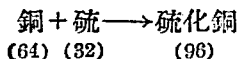


在上列的‘文字方程式’（word equation）中，箭號 $\longrightarrow$ 可讀作‘發生’或‘變成’；加號（+）讀作‘和’；全式可讀作‘氧化汞發生汞和氧’。至於括號裏的數字，是牠們之間的重

量比；即 217 克的氧化汞能發生 201 克的汞和 16 克的氧。

用於分解的氧化汞，不論其重量有多少，據實驗證明，分解後所得的汞，為所用重量的  $\frac{201}{217}$ ，即 92.6%；又氧為原重的  $\frac{16}{217}$ ，即 7.4%。

銅和硫所化合成的硫化銅，也可以用簡式表示如下：



上列簡式的意義，即謂依重量而言，則 64 份的銅和 32 份的硫相化合，可組成 96 份的硫化銅。

換一句話說，即硫化銅是用銅  $\frac{64}{96}$  即 66.7%，和硫  $\frac{32}{96}$  即 33.3% 所組成的。

依精密的實驗，可以證明每一種化合物都有一定的組成。全部的化學，都是根據這件根本的事實而成立的。這就所謂定組成定律 (Law of Definite Composition)。

**24. 【混合物與化合物的比較】** 混合物與化合物的主要區別，即化合物有一定的組成，而混合物中的成分比例，則可以隨意變動。水、澱粉、糖和鹽都是化合物，各有一定量的組成。麵粉，焙粉 (baking powder) 和泥土都是混合物——其成分的數量，時有變更。

由鐵和硫的混合物以及硫化鐵的化合物中，我們應當注意化合物和混合物還有一種區別。在混合物中，硫和鐵的性質可以各自分別，並不是均態的 (§18)。但均態化合物的硫化鐵，牠所有的性質，便同鐵或硫所有的，全不相同。

**25. 【混合物的分離】** 混合物常常很容易分成牠原來的成分。譬如硫鐵混合物中的鐵，可用一塊磁鐵(吸鐵石)將鐵屑吸出，又可用

二硫化碳將混合物中的硫溶去，使鐵剩下，裝置如圖 19 所示。可是要想分離化合物硫化鐵，那手續就沒有這樣簡單了。大抵想要把一種化合物分解為其成分元素，非用劇烈的方法，如電解或加熱，則難能達到目的。

鐵硫混合物中的硫和鐵，不過將每種的細粒放在一處而已。但在硫化鐵的化合物中，則這兩種元素起了化學的結合，所以其種種形性，均與其原來的元素完全不同。

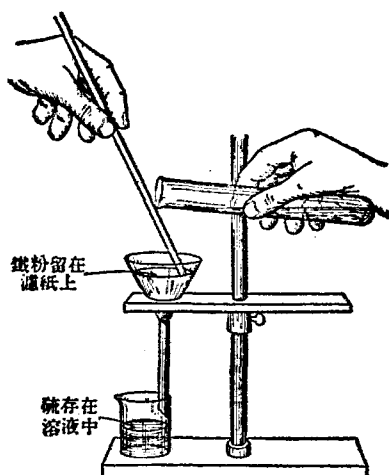


圖 19. 用過濾法從硫的溶液中分離鐵粉

26. 【元素的繁多】 在化學上雖然我們認識了 90 種元素，但其中只有 25 種是普通常見而且重要的。附圖 20 示地殼和大氣的成分百分率，其中 97% 僅由八種元素所組成。

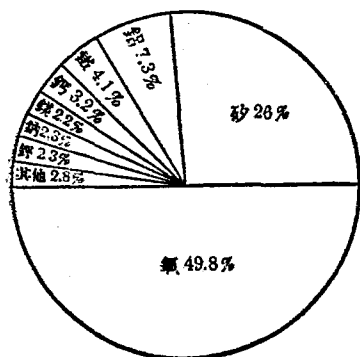


圖 20. 地殼和大氣中所含多量的元素

地殼中的大部分元素，都和其他元素化合而成了化合物。不過有時也有不和別種元素化合的，即所謂以‘游離狀態’ (free state)，或‘原來狀態’ (native state) 而存在的。

銅、硫和金便是這種元素的例子。

爲了種種目的，我們最好把元素分做金屬(metal)和非金屬(non-metal)兩種。我們對於金屬的特性，如帶光澤、導熱及傳電等，是無人不熟悉的。其中如鐵、鋁、銀、金、銅、鉛和鋅等，是普通的物質。至於齊(alloy)呢，是將某幾種金屬熔合在一起而成的。齊俗稱‘合金’，如黃銅(brass)就是鑄合紫銅和鋅所成。齊中各金屬所用的分量比，是隨用途的不同而定的。近年以來，在工程方面，齊的應用極爲重要。鐵齊如鋼，質地既比鐵堅硬，而價值亦不貴。當質重的齊不合用時，可用鋁齊替代。如需要不起銹的齊，則有銅齊和不銹鋼等等供我們採用。

非金屬的性質比較複雜，其中有的是氣體，如氧、氫、氮之類，有的是固體，如硫和碳。

人體中元素的種類很少，並且其存在量大半是很微小的。動植物生存所必需的元素，通常認爲是氧、碳、氫、氮、鈣、磷、鉀、鐵、鎂等。然而生活的有機體中所發生的化學變化，卻十分複雜，而且存在量雖很微小的元素，其對於生活機能的關係，恐怕也有同等的重要性。

27. 【化合物的數目和重要】由九十二種元素互相交錯化合而產出的各種不同的化合物，其數目之多，自不待言。就現在所知道的而論，約超過五十餘萬種；且新的化合物，日有發現，層出不窮。幸而其中的重要化合物，並不很多，所以化學的研究還不致過繁，否則恐怕就不易學習了。並且，我們將來就可知道，化合物可以分門別類，而在每類的化合物中，都彼此相似，這一點我們將來當能瞭解。倘若我們能就少數的化合物加以充分的研究，那麼化學的基礎智識，就不難獲得了。

## 第三章摘要

【物質】物質是均勻的，這意思就是說，牠的各部分都有同一的性質。

【元素】元素是一種物質，牠在化學反應中不能再分為較簡單的物質。元素可以分為金屬和非金屬兩類。

【齊】齊或稱合金，乃是兩種以上的金屬的混合物。

【化合物】化合物是能以化學方法分為兩種或兩種以上的元素的物質。

【定組成定律】凡化合物均有一定的重量組成。

## 化合物與混合物的比較

化 合 物	混 合 物
有一定的組成。	成分比無定。
製造時吸收或發散光熱。	在製造時大概無光熱的發散。
祇能利用化學的方法分解牠。	用機械的方法，往往可以將其分離。
是化學反應的產品。	各種物質不是以化學的力量結合的。

## 問題和習題

1. 試舉兩種含氧的化合物。
2. 你怎樣證明水是化合物？
3. 地殼的四分之三是那兩種元素？
4. 水和紅色氧化汞中有那一種共同的元素？
5. 金以‘游離狀態’存在，汞以‘化合狀態’存在，這是什麼意思？
6. 試將下列化學上實用的名詞，各下一簡明的定義：(a)元素，(b)化合物。
7. 試列出金屬‘銅’和非金屬‘硫’的相異點。
8. ‘齊’(合金)和‘混合物’有什麼不同？
9. 那三種東西可以表示化學變化的特性？
10. 試從 A 行中選出一個或兩個名詞，足為 B 行中每一名詞最準確的說明：

A		
元素	空氣	鋁
化合物	黃銅	糖
混合物	麵包	檸檬汁
物質	牛乳	水銀
	鹽	純銀

11. 你能就化合物的外表，說出牠裏面含有那幾種元素嗎？
  12. 你怎樣能證明糖中含有碳元素？
  13. 一種物質經過加熱之後仍不能分解，就可以證明是一種元素嗎？
  14. 倘若鋁的產量比鐵多些，試言鐵的價值為何還是比鋁賤。
  15. 那種元素是一位美國青年學生所發現的？
  16. 為什麼元素表要隨時加以訂正？
  17. 試按近代化學的觀念，批評古希臘人將‘土’列為四大元素之一的錯誤。
  18. 現代元素的定義和波義耳氏所立的有什麼分別？
- \*            \*            \*
19. 據精密的實驗，證明 7 克鐵可以和 4 克硫化合。試問化合後所得的硫化鐵有幾克？
  20. 舉出題 19 所用的定律。
  21. 鐵 5.6 克與硫化合，而製出 8.8 克的硫化鐵，問應當用硫若干克？
  22. 硫化鐵中鐵的百分率如何？又硫佔百分之幾？
  23. 試舉出說明題 22 時所用的定律。

## 第四章

### 氧 燃燒 臭氧

氧的重要——製法——試驗——特性。拉發西關於燃燒的實驗——  
氧化——燃燒的產物——燃燒的速度——自燃——爆發——燃點——滅火  
器——氧的商業用途。臭氧。

28. 【氧的重要】 在元素的研究中，我們要從氧(oxygen)開始。我們已經碰到過這種物質，牠是水和紅色氧化汞中的一種元素。我們已知，牠在元素中分布最廣，蘊藏最富。我們不久就可明白，牠存在於許多的岩石和礦物質如砂岩和石灰岩中。氧是大氣中最活動的一種元素，牠差不多能和一切元素相化合而成爲氧化物(oxide)。沒有了牠，我們就會窒息，連生命都無法維持。要從燃料中產生熱，也少不了牠，因爲木材、煤、煤氣等沒有了牠，就不能燃燒。又燈中用油或煤氣以發光，牠也是必要的。由此可知，爲了牠豐富的蘊藏，普遍的存在，以及牠的化學活動性和實際用途，就從氧開始去作系統的元素研究，實在是非常恰當的。

29. 【氧的製法】 1774年，一個英國的教士兼化學家約瑟夫·普里斯特利(圖21)，由加熱紅色氧化汞製得了氧。所需的熱是用透鏡把日光集中起來而產生的。普氏用一支點着的蠟燭投入製得的氣體中，見牠燃燒得比在空氣中更爲明亮。\* 現今，在實驗室裏製氧，

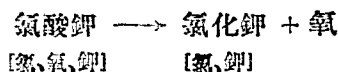
---

\* 大約在同時，瑞典的藥劑師舍雷(Scheele)也用同法製得氧，不過他的結果一直到幾年後纔公布出來。

用一種化合物叫氯酸鉀 (potassium chlorate) 的來加熱,就更加便利了。氯酸鉀是醫藥上和火柴、花火的製造上所常用的一種物質。牠的價值比氧化汞便宜得多,而加熱時所產生的氧也多了許多。氯酸鉀是白色結晶的固體,由鉀、氯、氧三元素所組成的化合物,加熱到適當溫度 (360° C.)\* 牠就熔解。若是溫度再加高,就有氧的氣泡出現,只剩下由鉀和氯所組成的另一化合物,叫做氯化鉀 (potassium chloride)。我們可以把這個變化照下面的樣子表示出來:



圖 21. 普利斯特利像  
(Joseph Priestley, 1733-1804)  
英國化學家及教士,一般都尊  
為氧的發現者



如果我們小心地在試管裏加熱一些氯酸鉀,待正將熔解時,就投入一片點着的木片,不見有氧放出。然後在試管中投入少許叫做二氧化錳的黑色粉末,再用前法試驗氧的存在與否。此時雖試管已漸漸冷卻,反有氧發生。在這作用中,二氧化錳也沒有起什麼變化。

凡物料促進了化學作用的速度,而其本身並不起永久的變化的,就叫做催化劑 (catalytic agent), 又稱觸媒 (catalyst)。

我們將要見到,觸媒在化學上扮演着重要的角色。藉了觸媒,可使化學作用加速,結果就減少許多工業的工作成本。

\* 攝氏溫度計 (C.) 在化學上採用得最普遍。見附錄。



現今商業上的氧，通常是從液體空氣 (liquid air) 製得的，詳見第 251 節。

30. 【氧的幾種實驗】 要研究氧的性質，就得需要多量的氧。因為氧在今日已成為一種商品，所以我們可以把壓縮在鋼質圓筒裏的氧直接買了來應用。我們在需用的時候，只要把減壓活門一開，就可放出氧來。

然而要自己製氧也很便利。混合重 4 份的氯酸鉀和重 1 份的二氧化錳，放在一個薄壁的燒瓶裏，上裝導氣管 (圖 22)，所生氣體，可捕集在廣口瓶中。廣口瓶中預先注滿清水，倒立在水槽中。當燒瓶受微熱後，氣就由導管逸出，在水中成為氣泡而上昇瓶中。燒瓶下的火焰必須時時移開，以免氣體發生過快，致將燒瓶破裂。

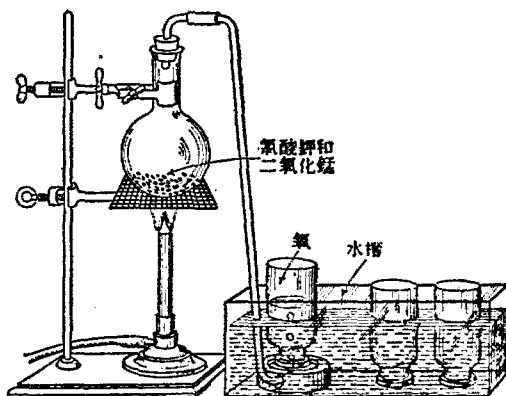


圖 22. 在實驗室中製氧

我們首先應該作和以前一樣的實驗 (§20)，以證實確已取得氧。我們投一根灼燃的木條在一個集有氧的瓶子裏，木條即發火焰而燃，這事實可作為氧的一種檢驗，因為此外和這同性狀的氣體，只有一種 (氧化二氮)。就一般說，凡是靠了顯著的行為或性質來鑑識物質的，就叫做檢驗 (test)。

現在我們且來看一看，當各種物質被加熱了投入氧中後，會發生怎樣的情形。

**木炭：**用一根銅絲繞在一小段木炭的四周，將木炭加熱，然後把牠投入一瓶氧中(圖23)。木炭就發火而射出明亮的光。

**硫：**取小塊的硫，放在鐵匙(燃燒匙)中，在火焰上加熱片刻，使之着火，就見牠發生淡藍色的火焰。但將其投入氧中，卻見牠發極燦爛的紫色光而燃燒。

**鐵：**鐘表發條或鐵絲等，也可以使之在氧中燃燒。



圖 24. 在氧中燃鐵

先在其一端塗硫。然後用火燃硫，把牠懸掛在貯氧的瓶子裏。硫繼續燃燒，產生了很高的熱，足以將鐵點着。當鐵燃燒時，散出一陣燦爛的火花(圖24)(最好先在瓶底舖一層砂)。

**磷：**磷是一種質軟的黃色物質，就是在尋常的溫度也能着火燃燒。因此在存貯的時候，常常把牠放在水底下(圖25)。切取小段的磷放在燃燒匙裏，點着了放進貯氧的瓶子裏，就會着火燃燒起來。其火焰之猛，發光之強，使人不能逼近。所生白色的烟霧，便是這化學作用的產物。

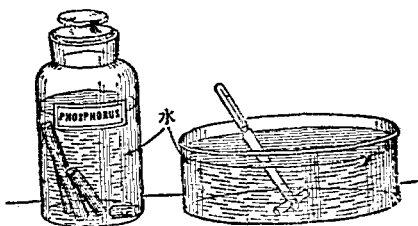


圖 25. 磷必須保存在水底下

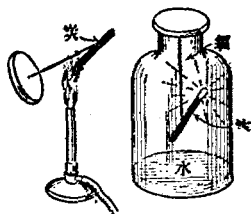


圖 23. 在氧中燃木炭

**31. 【氧的特性】** 從這些實驗，我們知道，牠的最可注意的特性是這些：凡能在空氣中燃燒的物質，在氧中燃燒起來，作用更快，發光更強。 牠是一種無色的氣體，不易溶解於水中，所以我們不難於水面捕集之。純淨的氧無臭無味，比空氣略重。

凡描述物質行為的那種特性稱為化學性質(chemical property)。只稱述特種物料的名字，是不能使人了解的。只有知道了牠的性質，纔算是真正認識牠。

## 氧 的 性 質

物 理 的	化 學 的
無色	不燃
無臭	助燃
無味	在氧中燃燒,比在空氣中更容
比空氣略重	易,更猛烈
不易溶解於水	在常溫時相當地活動
會被凝成液體和固體	

32. 【什麼是燃燒?】 我們已經明白,各種物質在氧中燃燒比在空氣中更為快速。因此我們可以合理地斷定,氧在燃燒作用中佔着一個重要的位置。燃燒 (burning) 是一種非常重要的化學變化,使我們不得不對於這作用再加以鄭重的考察。

十七世紀的化學家創燃素說 (phlogiston theory) 來解釋燃燒時的現象。這學說的大概是這樣的。他們說,一切的可燃物都含有一種‘火質’ (fire stuff), 叫做燃素, 當燃燒時燃素就成為火焰而散失在空氣中。剩下的只是些灰燼。物質像炭, 燃燒時所剩的灰燼(渣)不多, 差不多全由燃素而成, 依學說, 燃燒自較容易。十八世紀中, 普利斯特利說, 尋常空氣中一定有燃素存在, 因為燃燒物常常在把燃素散給牠。並且據他的理論, 若使除去了尋常空氣中的燃素, 牠就會收容較前更多的燃素, 同時使物質更容易在其中燃燒。因為他認氧多少與燃燒有關, 所以稱牠為失去燃素的空氣。直到法人拉發西換得當地利用了普利斯特利氧的發現來作成解釋, 使世人正確地明瞭燃燒的本質。這真是一個極大的發現。



圖 26. 拉發西換像 (Antoine Laurent L. v. isier, 1743-1794) 法國化學家, 近代化學的首創者。建立燃燒學說。

33. 【拉發西揆關於燃燒的實驗】 拉發西揆(圖26)是法國著名的化學家,生於距今約160年以前。他有時被稱為‘近代化學之父’,因為他發現了燃燒作用的正確的解釋。

他在曲頸甌中放一些水銀(圖27),甌頸伸入一個直立在水銀槽中的鐘瓶底下。他把水銀用炭火加熱到沸點相近,約經十二天後,他發現密閉在曲頸甌和鐘瓶中的空氣,已減少了五分之一的容積。當他檢查剩下來的空氣時,他發現灼燃的木條非但不能在其中燃燒,反致熄滅。空氣中能使物質燃燒的物料顯然已經被除去了。他發現在曲頸甌中水銀的表面上有一層紅色的粉末。這粉末的性質,完全和普利斯特利用以製氧的紅色氧化汞相同。

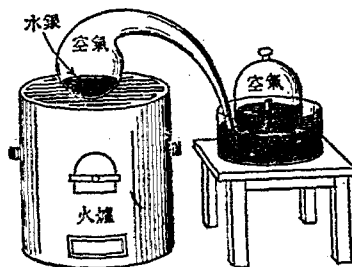


圖 27. 拉發西揆研究燃燒的裝置

於是拉發西揆把這紅色的粉末,放在一個適當的器皿裏,加以強熱,再把發生的氣體捕集起來。他所得的氣體的分量剛好同在密閉着的空氣中消耗去的的相等。在這氣體中,物質以活躍的形態來燃燒。無疑地,空氣的五分之一,就由這氣體所組成。拉發西揆稱牠為‘氧’。然後他把前一次實驗中剩下來的其餘的氣體,混以適量的氧,使之回復原來的容積。這樣產生的一種氣體,具有尋常空氣的一切性質。因此他證明,空氣中的氧就是燃燒作用中消耗掉的唯一氣體。

34. 【什麼是氧化?】 我們把物質與氧所發生的反應叫做氧化(oxidation)。當氧化作用進行極速,甚至產生光、熱的時候,我們就把這變化稱為燃燒(combustion)。最常見的氧化作用的例,是煤、木材、煤氣或油類等的焚燒。在這種例子中,氧化作用進行得非常快速,所以屬於燃燒。

有許多氧化作用,其變化的進行,非常緩慢,並沒有顯著的光、熱發生。這現象的最好的例子是鐵的生鏽。當鐵與空氣接觸,鐵就慢慢他變成鐵的氧化物,俗稱‘鐵鏽’。所以鐵的生鏽恰恰和木材的

燃燒一樣，只是在鐵的變化中，作用非常緩慢，熱的效應不很顯著罷了。如果有水存在，這作用就可加速。

35. 【燃燒的產品】 燃燒既然是氧與被燃物質間的化學反應，那末這變化所生成的化合物是什麼呢？各該物質變化的經過是怎樣的？蠟燭燃燒後差不多完全消失了。在這例子中，燃燒的產品是和氧自身一樣的幾種氣體，也是不可見的。牠們是水汽和一種叫做二氧化碳的氣體。我們可以把牠們捕集起來，稱得牠們的重量。

在天平的A盤中置蠟，上懸滿貯氫氧化鈉的玻璃管。氫氧化鈉兼能吸收水汽和二氧化碳。這樣我們就兼能稱得蠟燭和燃燒的產物的重量了(圖28)。在B盤中放置適當重的砝碼，小心地使兩方平衡起來。然後把蠟燭點着，留心當燃燒進行的時候，B盤中的蠟燭雖在顯明地消失下去，卻漸見沉重。可見由燃燒所生成的物質是比燃燒掉的蠟燭來得‘重些’。這是因為牠們除了含蠟燭中已有的諸元素外，還加上從空氣中取得的氧。

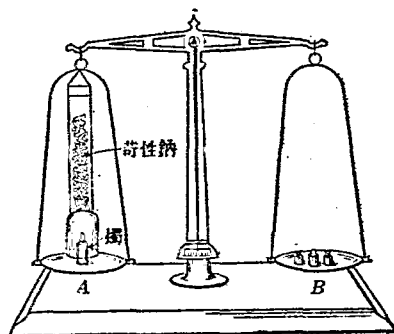
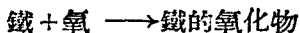


圖 28. 燃燒的生成物比燃去的燭更重

這實驗指出，如果我們稱量燃燒後所生成的物質，往往比燃燒的物質要重些。此外還有一個實驗，也可用以解釋這同樣的要點：

在坩堝中放了一些鐵粉，把牠放在天平上用鉅碼精密地測得牠的重量。然後將坩堝從天平的盤中取出，就燈火加熱。坩堝中的物質漸漸灼熱發光。這表示已有化學作用在發生了。我們把牠繼續加熱約五分鐘，然後冷卻而檢視之。你就可發現坩堝裏的鐵粉已變成一種灰色的固體，和鐵鏽一樣。這時再把這坩堝放到天平的盤子裏去一稱，即見重量增加不少。這重量的增加，又是由於空氣中的氧。原來這是由於氧和鐵相化合，而生成一種新的化合物，其中含有鐵和氧兩種元素。

這些實驗表示，物質在空氣中燃燒的時候，新物質是由可燃物料 (combustible material) 和氧相化合而成的。這種新化合物必比原來的物料爲重，因爲牠們除了含有可燃物質 (combustible substance) 以外，還加上了氧。在鐵的例子中，其生成物叫做鐵的氧化物 (iron oxide)。我們可以把這個變化表示如下：



氧化物是元素和氧的化合物。當物質在空氣中或氧中燃燒時，是往往會生成氧化物的。

**36. 【氧化的速度】** 不同的物質常以不同的速度而氧化。雖然可燃物料在各種溫度時都能和氧化合，可是無論在那一個例子中，凡把溫度增高，總會使氧化作用加快。實際上，由經驗得知，在每一個化學變化中，凡增加溫度，必能促進作用。有些物質，像磷，在比常溫或室溫略高的溫度中，也能很快地氧化，只要曝露在空氣中便會着火燃燒起來，這現象可用下面的實驗來表明。

溶解少許的磷在二硫化碳中，取溶液數滴注在用三腳架闢起的濾紙上。當溶劑蒸發後，剩下的磷滴佈紙上，使每小粒的磷都和空氣相接觸，不久即見全紙着火(圖29)。在這種狀況下，燃燒在室溫時就已發生了。

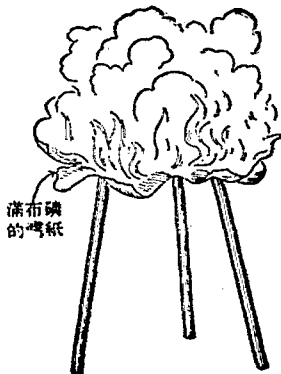


圖 29. 磷的自燃

**37. 【自燃】** 上述磷的實驗，清楚地說明了所謂自燃 (spontaneous combustion) 這現象。瀆過油的破布，若是任其疏鬆地散置着，有時也會發生火患，這是由於油類和空氣的

接觸面極大，發生了遲緩氧化的緣故。因為破布是熱的不良導體，在內部表面上發生的熱逐漸積聚，終至使全體着火。所以，凡是像這一類油漬過的布帛，都應該保藏在金屬罐裏面。

在通風不良的煤礦穴中，甚或在巨大的煤堆中，都可以發生自燃；此外在麵粉廠和茅草棚中，如果空氣的循環不充分，不能把由遲緩氧化所生的熱帶走，也容易發生自燃。就是倉裏的溼草，也會因發酵而生熱。如果所生的熱無處發散，那些草是會着火燒起來的。

**38. 【爆炸】** 某種氣體如汽油蒸氣或煤氣之類，若以適當的比例使之與空氣或氧相混合，那末這混合物用電花點火後，就會爆炸起來。其他如煤屑、麵粉等粉末狀的可燃物質，也會爆炸。爆炸 (explosion) 的起因，是由於這種氣態混合物或懸浮於空氣中的微塵的急劇燃燒。在這個作用中，放出了大量的熱，產生了巨大容積的氣體。就是這熱，作用於氣體使之猛烈地膨脹起來，於是就產生了爆炸的力。因為麵粉廠及其他的工廠曾經發生過這種可怕的爆炸，所以許多新式工廠現在都裝有除塵器 (dust-removing apparatus)，和防止因靜電而發生電花的設備。

**39. 【燃點】** 最不容易燃燒的物質，可以用鐵來做代表。要使這物質急速地燃燒，首先必須把牠變成粉末，其次把牠加熱到一個很高的溫度，最後再把牠放入純氧中。這在我們以前的實驗 (§30) 中已經做過了，我們把一束的鐵絲塗了硫黃，由硫在純氧中迅速燃燒所生的熱，使鐵絲達到相當的溫度。在這種狀況下，最後鐵的本身也着火燃燒了。

我們大家都知道，要使煤塊燃燒，必先用木柴引火，要使木柴燃燒，必先用紙捲引火，而要使紙捲燃燒，也要用火柴來點着。在這順序中，每種物料的燃燒，都使後一種物料的温度昇高，直到牠最後也着火燃燒起來。某種物料在空氣中會着火的温度，有時候就稱為該物料的燃點 (kindling point)。但是温度只是產生燃燒的條件中的一個。細鐵粉起燃的温度，較鐵絲為低，因為牠曝露於空氣中的面積比較地大。除了固體的物理狀況以外，四周空氣的壓力和催化劑的有無 (§29)，也可以決定起燃的温度。換一句話說，應響於燃點的有好幾個條件。

在一個開口的碟子裏燃少些的汽油，可以沒有危險\*；但是汽油蒸氣和空氣的混合物，卻能迅速燃燒而引起爆發。所以凡應用汽油 (gasoline) 之類的液體時，切勿接近沒有遮蔽的火焰，因為牠們蒸發得很快，牠們的蒸氣和空氣所成的混合物是會爆發的。

40. 【滅火】要撲滅一個火，我們通常總是澆些水上去，使可燃物料的温度降至燃點以下。如果手頭有足夠的水，這方法照例是會成功的。一切滅火 (extinguishing fire) 的方法或靠冷卻可燃物料，或靠杜絕空氣，使不再有氧來供給氧化。有時候，用一條毯子就可把空氣杜絕。水的主要作用雖在冷卻燃燒的物料，實在兼具這兩種效果。砂和石子常用來撲滅某種的火，如燃燒着的汽油，牠們的作用僅在杜絕空氣而把火悶熄。如後邊第十七章所述的化學滅火器，則是兼具液體的冷卻效果，和沉重的不燃氣體的悶熄效果。這種氣

---

\* 不要做這個實驗。

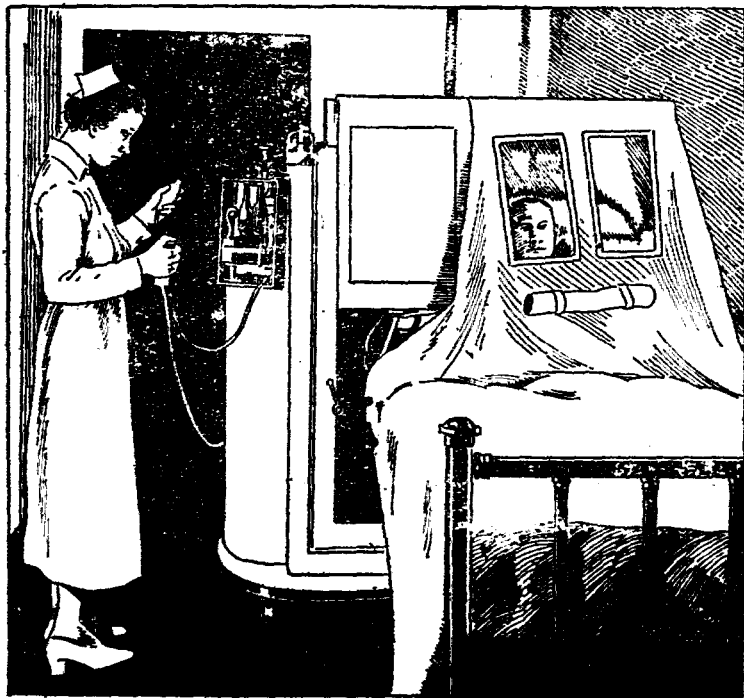


泡像雲霧般地籠罩在燃燒物料的上邊，而把空氣隔離起來。還有一個根本的滅火方法，就是把延路的可燃物料除去。所以爲了要除去火災場旁邊的引火物起見，有時寧可把建築物炸毀。

41. 【氧的用途】 醫師碰見了患肺炎或窒息的病人，有時給他呼吸氧（圖30）。需要高熱的時候，氧又可以代替空氣，如用乙炔炬（acetylene torch）和氫氧吹管（oxyhydrogen blowpipe）來煨接金屬。

圖30. 肺炎病人的氧幕

汽車汽缸中積了炭，通常都用氧來燒去。潛水艇和隧道中的大氣容



易污濁，常把氧壓入鐵箱中，以作補充之用。離地面愈高，大氣中含氧愈少，當航空員飛昇到氧的分量只及通常的一半時，就會暈迷起來。因此有人設計了一種裝置，把氧貯藏在一隻箱子裏，由一根導管把牠通到罩住口鼻的一個面具上(圖31)，以供呼吸。凡是飛行在 10,000 英尺高度以上的軍用飛機，現在都有這種人造氧的設備了。又在礦穴中救火及救護被毒氣所襲的礦工時也用着同樣的裝置。



圖 31. 高空飛行所用的氧壓

42. 【臭氧，氧的另一形態】 當電花通過空氣或氧的時候，就開得一種特異的臭氣。據研究的結果，知道這是由於有氧的另一形態叫做臭氧 (ozone) 存在的緣故。

臭氧比通常的氧約重一倍半，更易溶解於水。在常溫時，牠是一種比氧更強的氧化劑。因為牠還能夠氧化許多動植物中的化合物，所以又是一種漂白劑

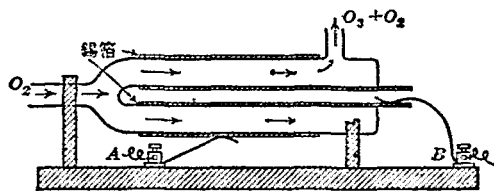
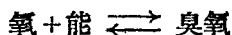


圖 32. 變氧為臭氣的裝置。接線端 A 和 B 與感應圈相連接

(bleaching agent)。在歐洲的幾個大城市中，曾用臭氧來作為自來水的消毒劑 (disinfectant)。也曾有人主張，用牠來清潔

室內及大廳堂中的空氣，卻不曾有顯著的功效。然而牠仍不失為一種脫臭劑(deodorizer)。

圖32所示的裝置，用以製造臭氧，但只有百分之七的定量氧能變成臭氧。牠從氧變成時，包含一種電能的吸收；反之，當牠回復成氧時，就以熱的形式把能放散出來。這作用可以下式表示之。



同一元素的不同形態而具有不同的能時，叫做同素異形體(allotropic form)，不穩的形態(如臭氧)常有放出能而變成穩定形態(如氧)的趨向。其他元素如磷、硫、碳等，也有同素異形體，將於後數章中述之(第十五、十七、二十五章)。

#### 第四章摘要

**【氧的製法】** 氧的製法有下列數種(a)加熱紅色氧化汞(歷史的)，(b)加熱氯酸鉀(實驗室的)，(c)蒸發液體空氣(商業的)。

**【觸媒】** 改變化學反應的速度而在作用中自身並不起永久變化的物質叫做觸媒。例如加二氧化錳於氯酸鉀，就可使氧於較低溫度時放出，至於在同溫度時，當然可使氧的放出加速不少。

**【氧】** 氧為無色、無臭的氣體，比空氣略重。差不多可以和一切其他元素化合。

**【氧的工業用途】** 氧在工業上都用以產生光、熱，又用於金屬的熔解、切斷、煨接及航空員、礦工、病房所用的呼吸裝置中。

**【氧化】** 氧化為物質和氧化合的一種作用。

**【氧化物】** 氧和其他元素所組成的化合物叫氧化物。一元素在氧或空氣中燃燒時，就生成氧化物。

【燃燒】 燃燒是產生光的一種化學作用。

【焚燒】 普通的焚燒是一種急劇的氧化作用，同時產生光熱。

【爆發】 爆發是由於某幾種氣體的混合物或可燃塵屑和一種氣體的混合物的急劇燃燒而起。

【燃點】 物料着火燃燒的最低溫度叫燃點。

【自燃】 當物料在常溫時起遲緩氧化而生的熱，使其溫度升高到燃點時，就發生自燃。

【化學變化的速度】 一切化學的變化都因溫度升高而增進其速度。

【同素異形體】 元素有時以兩種或兩種以上的形態而存在，叫做同素異形體，因其所含的能量不同，故性質亦各異。

【臭氧】 臭氧是氧的同素異形體，由靜電放電的作用而生。臭氧很不穩定，是一種有力的氧化劑，有些地方用以清潔自來水。

## 問 題

1. 舉出三種不起氧化的金屬。
2. 怎樣防止金屬生鏽？
3. 金屬發黑或「鏽」，能否改變重量？
4. 為什麼有時稱氧為「助燃物」？
5. 燃火柴時，為什麼全體不同時着火？
6. 解釋刨成薄片的木材比成段的木材燃燒得更快。
7. 舉出三種燃點比煤更低的物質。
8. 舉出影響於物質燃點的三種條件。
9. 不經燃燒能產出光嗎？
10. 在通風不良的煤棧中，堆煤過密，為什麼容易失火？
11. 沒有草麻子油的破布，如果堆疊在壁櫥裏往往會着火起來，是什麼緣故？
12. 處置油污的衣服，有何妥當的辦法？

13. 如果你的衣服着火,你將怎樣去撲滅牠?
14. 水何以能滅火?
15. 救火員和礦工為什麼要戴氧氣?
16. 汽車行常常用到氧是何目的?
17. 氧的醫藥用途是什麼?
18. 戲院中的幕為什麼要用石綿來織成?
19. 為什麼臭氧是比氧更為活動的一種氧化劑?
20. 要在實驗室裏製備多量的氧,為什麼不像普利斯特利那樣用一氧化汞來加熱?  
\* \* \*
21. 良好的通風,為什麼能使火燃燒得更快?
22. 那一種生物靠着氧在水中的微弱的‘溶解度’(solubility)而生存?
23. 你用怎樣的實驗來證明鐵生鏽時耗去了一部分的空氣?
24. 氧在平流層飛行時有何用途? 為什麼?

## 第五章

### 氫及其用途

氫的所在——淨製法——用水和酸製氫法——取代——簡單的取代序  
——表示氫的性質的實驗——化學行爲——還原作用——用途——擴散  
——分子動力說。

43. 【氫的所在】 水裏所含的一種元素氧，前章已經討論；本章要討論水的另一種元素氫。氫也是氣體，但在自然界中不能游離存在，這是同氧相異之點。美國用來發光與發熱的‘煤氣’(gas)，多半是天然煤氣。這種天然煤氣，乃是某處地層下所發生的幾種可燃氣體的混合物，其中也含有微量的氫。水煤氣也是用以發光和生熱的，其中 (§413) 含氫約 88%；動植物和人體中，亦有氫存在，不過牠不是單體，乃是同別種元素所成的化合物。

1776年卡文提什 (圖 33) 最初確定氫爲元素之一。此後不久，他又證明當氫燃燒之後，其唯一的產物爲水；不過這



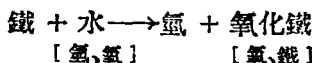
圖 33. 卡文提什像  
(Henry Cavendish, 1731-1810)

卡氏爲英國當時一大富豪；他的生活好像隱士一般，終生未娶，埋頭研究理化。

元素的名稱——hydrogen(氫,意即產水之物)——卻是1783年法國拉發西挨(Lavoisier)所創定的。

**44. 【氫的淨製法】** 純淨的氫,無色、無味、無臭。平時用鐵製得的氫,因為鐵絲或鐵屑中含有雜質,所以常帶極顯著的臭味。就是用市上出售的鋅粒(商品鋅)和酸相作用而製得的氫,也有同樣的結果。若將這樣製得的氫,通過氫氧化鈉和高錳酸鉀溶液,就可將雜質大半除掉,臭味也可除去。再者,如用粒狀氯化鈣等‘乾燥劑’(drying agent)去吸除與氫混合的水汽,即可獲得純淨的氫。

**45. 【由水製氫】** 將鐵燒至高溫,即可和氧化合 (§30),前已講過;現在我們可利用這種特性以製取游離的氫。製取時,先將鐵絲放在瓷管或鐵管中燒至紅熾,然後將水蒸汽從管中通過,則熱鐵就和水蒸汽中的氧化合,將氫游離,我們便可把牠收集起來。在這個實驗中的化學變化,可以表明如下:



還有一個由水製氫的方法,比較上面更簡單。採用這種方法,只要用一種金屬和常溫的水即可。譬如,將金屬鈉少許投入水中即馬上發生作用(圖34)。鈉質很輕,故浮在水上,又因與水作用,故發出噼噼的聲音;在作用將完時,每會發生輕微的

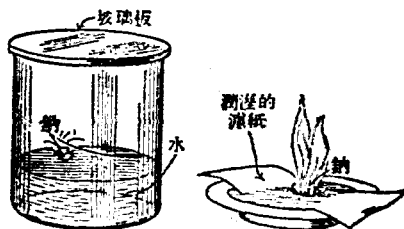


圖 34. 在水上的金屬鈉

爆炸，所以應當用一塊玻片蓋在燒杯上面，以防護眼睛。如要收集鈉和水作用所發生的氫，可用下法：

用錫紙將新切下的鈉塊包起，錫紙上須穿幾個小孔。投入水中後，即有氫泡向上昇騰。把滿貯清水的圓筒倒放在上面，便可將氫收集了（圖 35）。

倘若用鉀代鈉，則作用更是猛烈，生熱之多，足以將產生的氫馬上燃燒起來。用鈣的時候，因鈣較重，故沈在水底；這也可用貯水的圓筒，倒放在上面來收集氫，手續比較容易。在這些作用中，金屬只能取代水裏所含氫的一半，其餘一半就和全部的氧化合而成該金屬的氫氧化物 (hydroxide) 了。鈉和水的化學反應，可以表明如下：

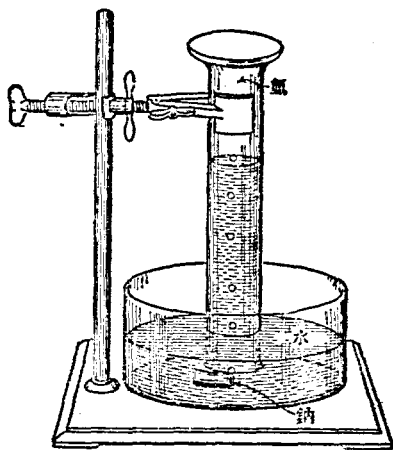
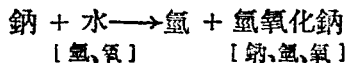


圖 35. 鈉與水作用而生氫



氫氧化鈉(sodium hydroxide)和氫氧化鉀很容易溶在水中。但大半的氫氧化鈣是不溶解而懸浮在水中的。

46. 【金屬和酸類的作用】 實驗室中最簡易的製氫法，是利用一種金屬和酸的作用。酸是含氫的化合物。至於酸的其他特殊性質，容後討論。最普通的一種酸名叫硫酸(sulfuric acid)，乃是一種質重的液體，可與水依任何比例混合。其96%的純潔液體，通稱濃



硫酸。稀硫酸可用某量的濃硫酸，慢慢傾入容量四倍或五倍的水中而成。這種稀硫酸和商品鋅粒放置一起，即起猛烈作用而生氫。倘所用的鋅和酸都很純淨，則作用進行很慢。這時如注入‘硫酸銅’(copper sulfate)溶液少許，則作用便可加速。

在一隻廣口瓶中，盛水少許，並投入鋅粒若干，栓以鑽有兩孔的瓶塞。塞上一孔內插入長頸漏斗管一隻，直貫瓶底，酸即由此傾入；這隻漏斗管也可以用作‘安全管’(safety tube)。另一孔連接一管，導氣入水槽中，可用倒置着的瓶子來收集牠，如圖36所示。

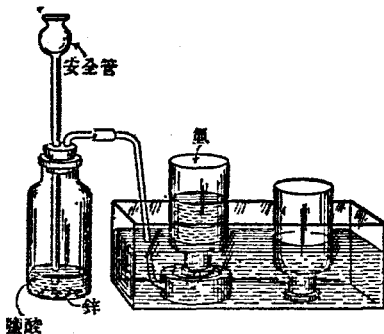
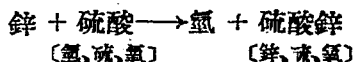


圖 36. 實驗室中製氫

這裏所起的反應可用以下的式子來表明：



以上反應的產物，除氫以外，尚有一種白色固體的‘硫酸鋅’(zinc sulfate)，此物易溶於水。如將瓶中液體加熱蒸發，即能取得。在這裏，我們知道鋅元素已經代替了硫酸中氫的位置，使氫成為游離元素放出。這一種化學變化名叫取代 (displacement) 或置換。換一句話說，就是一元素取代了化合物中的一種元素，使其游離而與該化合物中其餘的部份相化合。

我們除用鋅以外，還可用別種鎂、鋁或鐵等金屬來取代稀硫酸中的氫。並且，又可用稀鹽酸代替硫酸。

47. 【簡單的取代序】 在製氫的方法裏，我們已經看見某種金

屬，如鋅，可以取代酸中的氫。由此我們一定會聯想到，是否任何金屬都可以取代任何酸中的氫？又，是否化合物中的其他元素也可以被牠取代？換一句話說，這種作用是否乃一種特殊的作用？爲着要答覆這些問題，研究左方所附的取代序表是很有用處的。

鉀  
鈉  
鈣  
鎂  
鋁  
鋅  
鐵  
鉛  
錫  
銅  
汞  
銀  
鉑  
金

據實驗證明，在表中氫以‘上’的各種金屬，都能從稀鹽酸或稀硫酸中將氫排出；但氫以‘下’的各金屬，都不能發生這種作用。這個表也是依照各金屬的‘活潑性’(activity)而排列的，最上面的鉀最活潑，最下面的金最不活潑。關於這種排列法的理論，容後在第三十一章中從詳討論。

48. 【氫的實驗】 實驗氫時，我們必需應用繼續不停的氫氣流。利用啓普發生器(Kipp's generator)(圖37)，就可以達到這個目的。發生器中部的球裏，常含有少量的氫；如把活塞旋開，即有酸自行由下球上升到中部球內，而與鋅發生作用，以補充用去的部分。如發生的氫過多，則酸被追離鋅而停止作用，因此就可得着連續不斷的氫了\*。

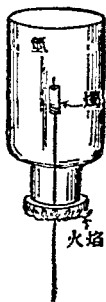


圖 38. 燭在氫中不能燃燒，但氫本身卻能燃燒。

實驗時，先取貯滿氫的廣口瓶一隻，以燈火送近瓶口；如氫裏混有空氣，即起微弱的‘爆音’(pop)；如果其中絕無空氣，則氫即平靜燃燒。

再拿氫一瓶，倒置過來，高高舉起，同時插入一支燃灼的小燭蠟，便可看見氫在瓶口的週圍燃燒，而插進去的蠟燭

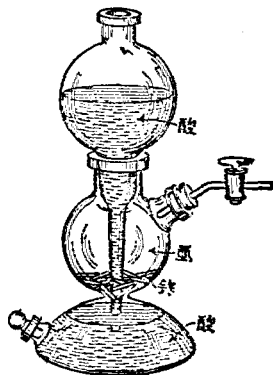


圖 37. 製氫的啓普發生器

已在瓶裏熄滅了。若把燭拿出，當經過瓶口有氫在燃燒的地方，燭又復燃着。這種實驗可以反復數次，一直到瓶中的氫完全燒盡時爲止。這個實

\* 將氫壓縮而盛於鋼匣中，可作商品出售。

驗，證明物質不能在氫中燃燒。

要想證實氫的分量是很輕的，可把普通的泥製的‘烟斗’連在氫發生器的導管上；同時在烟斗裏滴入肥皂液少許。及氫放出，就可以看見一隻隻充滿氫的肥皂泡，離開烟斗向空中飛去。

還有一個實驗，可以證明這一點。將倒置的燒杯懸在天秤的一端，而使之平衡，及將氫放入，則有杯的一端，即向上升起。

其次，將水槽上盛氫的瓶子，在氫剛到半滿的時候拿起，則瓶中一半的水，自然被空氣佔據了。這時就得到等量的空氣和氫的混合物。如果把火移近這種混合氣體的表面，即發生極響的爆音。

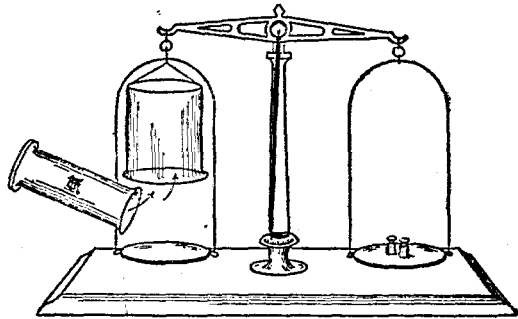


圖 39. 傾氫到左方的燒杯裏則重量反輕

將黏土烟斗的柄，連在發生器上，導出未質和空氣混合的氫，以火燃燒，即發生火燭

燃燒，熱度很高，但光很弱——這火光幾乎無色，有時僅帶淡藍色。

如果想知道氫在空氣中燃燒後的產物是什麼；可以把一隻滿貯氯化鈣的‘乾燥管’ (drying tube) (圖40)，連在燃口和發生器的中間。當儀器中所有空氣都排除盡的時候，氫即發生微火焰而燃燒。若用乾燥的冷錫瓶，架在火焰之上，則瓶上即有水

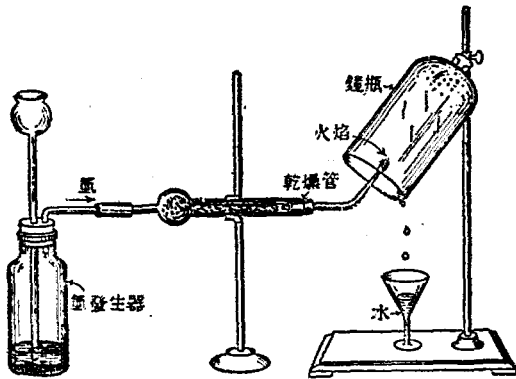


圖 40. 燃燒乾燥的氫以生成水

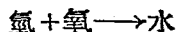
珠凝結，旋即滴滴流下。

49. 【氫的物理性質】 由以上的實驗，可略知氫的特性。牠同

氫一樣，純淨時為無色、無臭的氣體。重量約當氧的 $\frac{1}{16}$ ，在已知的物質中，要算牠最輕。正因為牠太輕，所以牠很容易從微小的孔隙中逸出。通常用氫裝起的橡皮球，比用煤氣裝起的易於破壞，這就是因為氫容易逸出的緣故。氫不易溶於水中，其溶解度較氧為低。

如果將氫充分冷卻，再加壓力，即可變為液體。液體氫也無色，若讓牠迅速蒸發，即凝成無色的固體。

50 【氫的化學行爲】 氫在空氣中燃燒，即生成為水，水乃由氫氧兩氣體化合而成，前已言之：



氫雖然容易燃燒，但其本身不是助燃物；換一句話說，就是別的物质不能在其中燃燒。在尋常溫度之下，氫不易和其他元素結合，故知氫不是一種活潑的元素。但在某種條件之下，氫也可以和某種元素化合，例如將氫和氯混合一起，晒於日光中，即起猛烈爆發，而化合為‘氯化氫’。又在適當條件之下，氫與氮可以化合而成‘氨’。氫和硫可以化合成‘硫化氫’——這種物質的氣味，同腐敗的蛋所發生的臭氣仿佛。若把氫、氧兩氣的混合體，熱至 $800^{\circ}\text{C}$ ，即爆炸而成水。

試依容積比例，製成含氫二份和氧一份的混合物(§19)，設法通到肥皂水裏，遂發生充滿這種混合氣體的泡沫。然後移去發生器。再用長柄火鉗夾燃着的火柴把牠燃點，則此混合物隨發生如鎗彈之爆音。

氫和氧雖然在較高的溫度中，能起猛烈地化合，但在室溫時雖放在一起，即經久而不起變化。但這時一經加入某種金屬，如鉑粉之類，則反應立即發生。有時此項化合所生的熱，竟能使鉑熱至紅熾。這時的鉑，其本身並不起任何變化，僅表現一種促進反應的作用，特

稱曰觸媒。觸媒正如機器上所加的滑油一般；承軸上加上滑油，可使輪易於旋轉。在化學反應中加入了觸媒，即能使反應在較低的溫度中發生。

51. 【還原作用】 氫不僅在加熱時能同氧化合，並且還可從很多的化合物中取去氧元素；用氫以除去‘氧化銅’(copper oxide)的氧，即其一例。

氧化銅是一種黑色的固體，由氧和銅兩種元素組成。將金屬銅在空氣中加熱，即得此物。這種氧化作用雖然進行很慢，但不久全部的銅都能變成氧化物。現在讓我們再把氧化銅裏的氧取出。

試依圖 41 所示，裝置儀器，使乾燥的氫通過燒熱的氧化銅。實驗時先將氧化銅置玻璃管內，加熱至紅熾，再導氫通過其上，即有水凝結而由管口流出。留在管中的為金屬銅，可由其紅色的金屬光澤而決定。但我們所用的氫，為什麼要乾燥的呢？

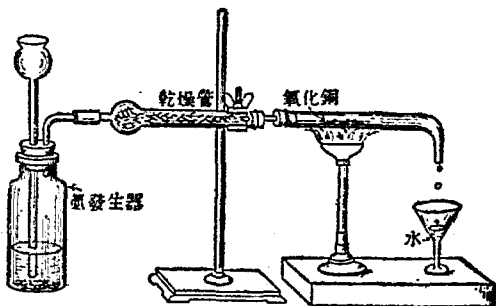
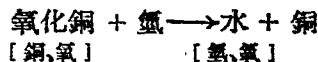


圖 41. 將氧化銅 (黑色) 還原為金屬銅 (紅色)

氫將某種化合物中的氧取出，而與之化合時，則謂該物被氫還原。所以還原(reduction)，大概是指氧的除去而言。在這種作用中，氫和氧化合而成水，其變化可以表示如下：



一種物質和氧化合，前面已經說過 (§34)，稱為氧化。所以在這裏實在是氫被氧化，氧化銅被還原了。還原作用又同時隨有氧化作

用。因爲倘若有一種物質還原了，同時必定有一物質發生了氧化作用。除氫之外，還有別種物質也可以用做‘還原劑’(reducing agent)，碳就是其中的一種。氧化和還原這兩個名詞，以後可以看見牠們還有較廣的意義。

52 【氫的用途】 氫的實際用途不多，平時因其體質最輕，故向來即用作充實氣球和飛船之用。又因其有容易爆炸的危險，所以近年來美國採用氦作代替品。氦雖比氫重，但不能燃燒。某種植物油和動物油的硬化爲固體脂肪時也須利用氫。這種方法叫做氫化(hydrogenation)，其詳容在第二十八章討論。

氫火焰的熱力很高，如果在燃燒器中，將適當的氧壓入，則熱度更強；這種燃燒器與圖 42 所示的形式很相似。圖中爲一只尋常的鼓風燈 (blast lamp)，用煤氣和空氣代替氫和氧，因爲氫氧焰的熱度極高，祇可用來溶解鉑和其他高熔點的金屬。又在鉛鐸法 (lead burning) 中，也用這種火焰使鉛片或鉛管燒融而互相接合。最近又發明一種‘原子氫火焰’，容於第七章中再詳細說明。製造‘合成氨’(synthetic ammonia) 時，也必須用氫。又工業上，大量製造鹽酸時，也要用氫和氯化合。又將多量的氫和一氧化碳混合，用作燃料，則名曰‘水煤氣’。至於氫的商業製造法，是用水藉電

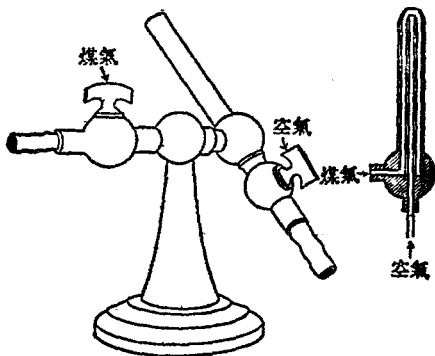


圖 42. 鼓風燈——燃燒煤氣和壓縮的空氣

解法製成的 (§19)。

**53. 【擴散】** 如果把一隻滿盛氫的圓筒，倒置在滿盛氧的圓筒的口上，數分鐘後，則兩隻筒中的氣體，都變成氫氧的均勻混合體。

這證明氫雖很輕，仍能向下移動，氧雖比氫重十六倍，亦能向上移動。一切氣體都具有這種特殊的運動力。至於兩種或多種氣體所以交相勻和的作用，則稱曰擴散 (diffusion)。各種氣體擴散於另一種特殊氣體 (譬如空氣) 中的速度，則隨各個的密度而不同。氣體越輕，和其他氣體混合愈快。在各種氣體中，氫的擴散度是最快的，牠和空氣的混合比氧快四倍。

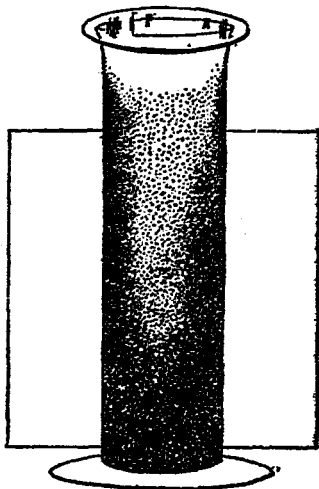


圖 43. 向上擴散的碘蒸氣

碘因具有紅色，所以牠在空氣中擴散時很容易看出。將碘液少許，滴入一隻圓筒裏。這紅色的液體雖然比空氣重了五倍，依然很快蒸發而擴散到滿筒之內 (圖 43)。

**54. 【解釋擴散的分子動力說】** 現在我們都公認一切物質，都是由極細微的質點所構成，這種質點名叫分子；而某一物質的各個分子，又是彼此都類似的。固體及液體中，分子結合得很密，但在氣體中，分子就離開很遠，以致其中有很大的空隙。

後來又假定這種微質點，時常依着直線向各方面急速飛行，除非互相撞擊或碰到容器的壁上，以致折回之外，牠們似乎沒有停留在某個固定地方的趨向。就上節所說的氣體，牠在圓筒中擴散得很快，

立刻瀰漫了整個圓筒之內，就是這個原故。一切氣體的分子，在平常狀況之下，都在急速地運動，我們要表出這種事實，就說牠們具有動能 (kinetic energy)。

氣體的一切定律(見附錄)都可用分子動力說 (kinetic-molecular theory) 來解釋。譬如氣體分子撞擊容器的四壁，有把四壁向外不斷推移的力量，這就是氣體壓力的由來。按照這種理論，那麼氣體受熱時的膨脹，也是由分子運動增加而起。結果壓力越增，各分子撞擊愈強，遂使氣體膨脹；汽車的汽缸內的氣體爆炸，就是最好的例子。

55. 【新發現的各種形式的氫】 1929年彭胡夫 (Bonhoeffer) 曾在實驗室中發現兩種物理性質不同的氫。普通的氫在室溫時，含有三份的‘正氫’ (ortho-hydrogen) 和一份的‘異氫’ (para-hydrogen)。此項物質，在關於現代分子構造論的專書中，有詳細的討論。

最近在 1932 年有三位美國化學家，即哥倫比亞大學的攸利 (Urey) 和麥非 (Murphy) 以及美國標準衡量局的布利克未得 (Brickwedde) 曾發現一種重氫，與普通的氫極相似，但較普通氫重二倍，定名曰氘 (deuterium)。更近又發現一種比較普通氫重三倍的氫。這些都叫做同位元素 (isotopes)，其詳容在第十八章中再加討論。

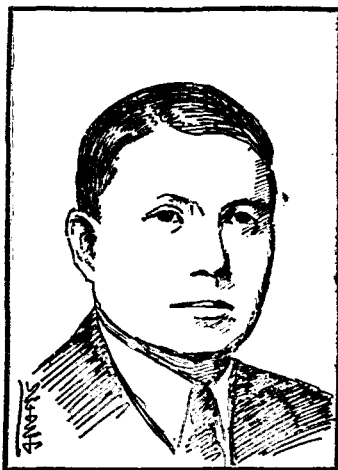


圖 44. 攸利像  
(Harold C. Urey, 1893- )  
攸利氏曾發現‘重氫’，因而獲得  
1934年的諾貝爾氏化學獎金。



## 第五章摘要

【氫的製法】 氫可用下列各法製取：

- (a) 水和某一種金屬反應。
- (b) 用某一種金屬由酸中取代而出（實驗室中的製法）。
- (c) 水的電解（商業上的製法）。

【氫】 氫是一種無色、無臭的氣體，質量最輕，擴散最快。

【氫的燃燒】 氫在空氣或氧中燃燒，則生成水。牠是一種強有力的還原劑。某物質被氫還原時，氫即隨而氧化；還原作用總是和氧化作用同時發生的。

【氫的用途】 氫可充實氣球及飛船；助油類起硬化作用；產生氫氧焰，以得極高的熱度；製造合成氨；牠和別種氣體混合，又可以做燃料。

【分子動力說】 所謂分子動力說，即(1)氣體乃是滿佈極微質點的空間；(2)這些質點(分子)在普通狀況下，以高速向四方飛躍。

【新發現的各式的氫】 近代新發現的氫計有比普通氫重二倍的氫(氘)，以及比普通氫重三倍的氫。

## 問題

1. 試敘從水製氫的方法兩種。
2. 一切酸中都共同含有那一種元素？
3. 怎樣可以檢驗氫中是否雜有空氣？
4. 試比較氫和氧的(a)顏色、(b)臭味、(c)密度、(d)水中的溶解度，以及(e)可燃性 (combustibility)。
5. 當卡文迪許發現氫的時候，他叫牠‘可燃空氣’，那是為什麼呢？
6. 收集氫時，是否需用水槽？
7. 舉出氫的重要用途四種。

8. 用氫裝氣球時，每易發生危險，是由於氫的那一種性質？又美國政府近來怎樣解決這個問題？
9. 為什麼我們不用氫裝氣球？
10. 把一支燃着的小蠟燭，插入一隻充滿氫而倒置的瓶中，這樣可以證明氫的那兩種性質？
11. 要保持一瓶氫，經過一晚，你怎樣處置呢？
12. 在燃燒氫製水的實驗中，為什麼氫一定要乾燥？
13. 試解釋氫發生器的漏斗管，為什麼又用作‘安全管’？
14. 為什麼在氫氧吹管中，氧要經過內部的管口，而不經過外面的管口？
15. 氫從氣球的縫隙中洩出，比空氣為快，還是為慢，為什麼？
- \*            \*            \*
16. 當鋅和鹽酸起反應時，氫的氣泡由鋅粒向上昇騰；鋅是元素，為什麼會發生這樣的現象？
17. 用有限量的鐵，能夠分解無限量的蒸汽嗎？
18. 當還原作用發生時，也能沒有氧化作用進行嗎？
19. 當氧化作用發生時，也能沒有還原作用嗎？
20. 氧化銅粉末和木炭粉末，同為黑色，你用什麼化學試驗法可以分別牠們？
21. 在本生燈中，可以用純氫來代替煤氣嗎？
22. 純氫可以很滿意地代替煤氣嗎？試加解釋！
23. 為什麼煤氣在煤氣燈上燃燒，火焰安穩，但若有少量逸到房中，則燃燒時即發生爆炸；為什麼？
24. 試回憶鈉在水上的激烈變化(§45)；你的身體裏大約含有鈉一英兩，當你每次游泳時，這鈉曾發生過變化嗎？試加解釋！
25. 試將前面已經讀過的三種化學反應，逐一舉例，並加簡單說明。

## 第六章

### 水及其組成 過氧化氫

所在及重要——物理性質——狀態變化——水的溶劑力——水中的雜質——飲用水的淨製。

水的化學組成——電解——容積合成——給·呂薩克容積定律——重量合成——組成百分數 重水。

過氧化氫——組成、性質及用途。  
倍比定律。

56. 【所在及重要】 水是一切化合物中最常見和最重要的。  
約占地球表面的七分之五。 牠以不同的分量存在於許多最普通的

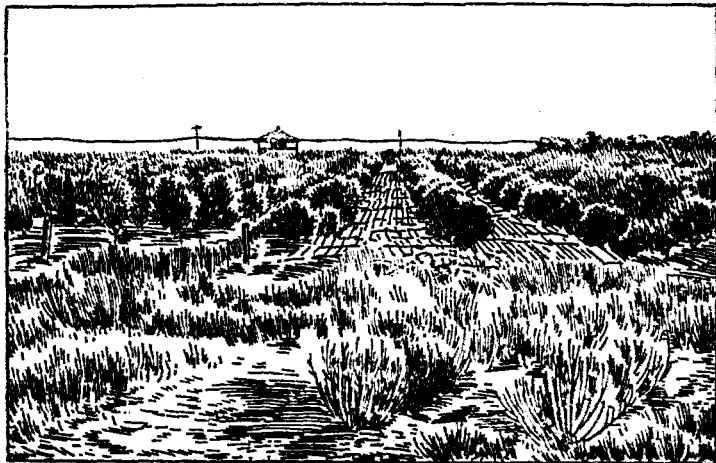


圖 45. 水是植物生長時必需的材料。圖示藉灌溉方法而生長在沙漠中的果樹

物品中。在正常的情形下，土壤中總含有水分，我們大家知道，這些水分是植物生長上所必需的(圖45)。植物自身也含有大量的水。事實上，作為食用品的蔬菜大都起碼要含四分之三的水。其中如胡瓜和蕃茄等，含水竟達百分之九十五之多。牛乳約含百分之八十七的水。人體含水約為百分之七十，都是從我們的食品 and 飲料得來的。大氣中有水蒸氣的存在，牠在不同的情形下變成雨和雪，並且在氣候的變遷上擔當了重要的任務，這事實為每個人所熟知。

水對於動植物的生長和氣候的變遷，既然這樣重要，所以說一句不是過分的話，沒有水就沒有生命。

57. 【物理性質】 純潔的水是一種無臭的液體。少量的水是無色的，但是大量的水卻呈藍綠色。水經充分冷卻，就變成無色的固體，就所謂冰。若加熱，就沸騰而很快地化成水汽，即通常所謂的‘蒸汽’(steam)。純粹的水在標準壓力(760毫米)下，於 $0^{\circ}\text{C}$ .(32 F.)時凝固，於 $100^{\circ}\text{C}$ .(212°F.)時沸騰。因為其他物質不會有恰好相同的凝固點和沸點，所以這種溫度可作水的鑑定之用。

水是徧地都有的，所以被用來規定科學上的各種標準，如溫度計上的定點(凝固點和沸點)等。在化學實驗室常用的米突制中，重量克(gram)就是一立方厘米純水在 $4^{\circ}\text{C}$ .(39 F.)時的重量。任何物質的密度(density)，就是該物質單位容積的重量。一立方厘米(cc.或ml.或0.001升)被採用來作為固體和液體的單位容積。但是氣體卻用在某標準狀況(760毫米和 $0^{\circ}\text{C}$ )下的升(1000 cc.)來作為單位容積。因此，水的密度，每1立方厘米是1克；銅的密度，每1立方厘米是8.9克；水銀是每1立方厘米13.6克。空氣的密度是每升1.293克，

氧的是每升 1.43 克，氫的是每升 0.09 克（更精確點說是 0.0898 克）。

58. 【物質的狀態變化】當液體的水凝結成冰，或沸騰為蒸汽時，我們就說牠已改變了狀態。從這一狀態變為別一狀態，純粹是一種物理變化。我們記得，這意思是說，在這個變化中，物質的化學組成並沒有變更 (§10)。物質從這一狀態變為別一狀態時的溫度，是物質的一個極重要的物理性質。例如水結成冰的溫度，採為攝氏溫度計 (centigrade thermometer) 的  $0^{\circ}$ ，在華氏溫度計 (Fahrenheit thermometer) 為  $32^{\circ}$ 。固體的冰溶解成水的溫度也是  $0^{\circ}\text{C}$ 。液體的水常常有相當的分量在變成氣體狀態，這個作用叫做蒸發 (evaporation)，潮溼的衣服會逐漸乾燥，便是一個習見的例子。因為水汽是一種氣體，所以是看不見的。尋常被稱為蒸汽的白色雲霧，實在完全不是氣態的水，而是水汽驟然遇冷，回復液體狀況時所成的極細的水滴。

我們可以用下面的實驗來證明氣態的水或蒸汽是看不見的。在大燒瓶中盛水少許，上加單孔瓶塞和彎曲玻璃管 (圖 46A)，然後加熱。當水急速沸騰時，就有‘蒸汽’的雲霧從管上逸出。然而燒瓶裏難充滿空氣，看起來卻很清明。這時候我們如果用另一本生燈來放在那股噴射出來的蒸汽的下方 (圖 46B)，就見那雲霧立即消失。這是由於火焰已把空氣加溫，使蒸汽不再冷凝了。

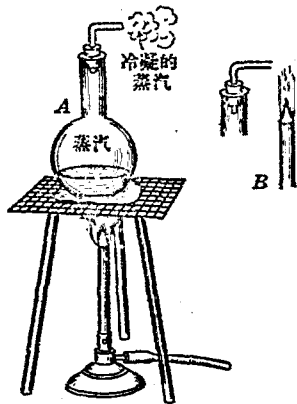


圖 46. 蒸汽的雲霧(A)經加熱後，即行消失(B)。

在常溫時，水的蒸發很慢，但溫度愈高，則蒸發愈快。當溫度充分昇高時，水汽的氣泡從液體中上昇，我們就說這水沸騰了。在這個時候，蒸發極快。水的沸點(在760毫米壓力時)是  $100^{\circ}\text{C}$  ( $212^{\circ}\text{F}$ )。

物質熔解和沸騰的溫度分別稱爲牠的熔點 (melting point) 和沸點 (boiling point)。

49. 【量熱】 使一克水溫度升高攝氏一度所需的熱，被採用爲熱的單位，叫做卡路里 (calorie)，簡稱爲卡。使一克物質溫度升高攝氏一度所需的卡數，稱爲該物質的比熱 (specific heat)。水的比熱是 1；汞的比熱是 0.033。這就是說，使一克汞的溫度升高一度所需的熱，只抵得使一克水的溫度升高一度所需的熱的三十分之一。水的比熱較任何普通物質爲高。

水沸騰時，約需 540 卡的熱；即使一克 100°C. 的沸水化爲同溫度的蒸汽所需的熱量。這稱爲水的蒸發熱 (heat of vaporization)。冰熔解時，約需 80 卡的熱，才能使一克 0°C. 的冰化爲同溫度的水。這稱爲冰的熔解熱 (heat of fusion)。

60. 【溶解的過程】 取食鹽少許，放在一燒杯的水中，那末我們就說這固體鹽已溶解於水。至於牠實際的經過情形，在這裏我們還不及深論，我們只注意到那些鹽逐漸消失，而均勻地分布在水中。並且我們如果把這所謂溶液 (solution) 蒸發使乾，我們就可再得到鹽。在這個溶解的過程中，鹽顯然並沒有起永久的變化。如果我們在某定量的水中增加其所溶的鹽的分量，那末到了某一限度，水就溶不下更多的鹽了。這樣的溶液就叫做飽和溶液 (saturated solution)。需要多少的固體，才能製成飽和溶液，那是要看固體的性質和水的溫度而定。糖、硫酸銅或硝石等的水溶液，也可以用同樣的方法來製成。不過我們若是試把石蠟溶解在水中，就將發見這是不可能的。然而我們若是用汽油來代水爲溶劑，那末我們就將發現石蠟也能溶

解，只是糖和鹽卻不能溶解了。就一般說，凡溶解他物的物質叫做溶劑(solvent)，被溶解的物質，叫做溶質(solute)。所以

溶液 = 溶劑 + 溶質

溶質通常都是固體，但也可以是液體。例如甘油和酒精就是容易和水相混合的液體。其實甚至氣體也可以溶解在水中。汽水(嘴嘔水)就是溶解着二氧化碳的水。如果溶液中僅含少量的溶質，我們就叫稀溶液(dilute solution)。倘使溶液中含有大量的溶質，我們就叫濃溶液(concentrated solution)。

61. 【水的溶劑力】 在我們的日常生活中，永久不會碰到化學的純水，就是在實驗室中，也不常碰見化學的純水。這因為水是一種極佳的溶劑。事實上，水有時被稱為萬能的溶劑，這並不是因為牠能夠溶解巨量的一切物質，而是因為牠差不多能夠溶解微量的各種物質。物質溶在水中的溶液，通稱為水溶液(aqueous solution)。一切動植物所需的食料，都是成為溶液而輸送到細胞裏去的，水就做了輸送的工具。

62 【天然水是不純粹的】 例如海水中溶解着大量的食鹽和較少量的許多其他物質。從某種井泉取得的水，有時含溶解物極少；但最純粹的水總要推雨水。然而就是雨水也含有空氣中的塵埃和溶解着的氣體。天然水中除了含有溶解在內的雜質外，並且還往往含有許多機械地懸浮(suspended)在內的物料。例如‘泥水’挾着固體的微粒，這種微粒並不是溶解在裏面的。

此外水中還有一種雜質，係來自泥土中的植物體和溝渠中的污水。這叫做有機物(organic matter)。其中有一部分溶解在水裏，

有一部分懸浮在水裏。因為有機物上常生活着多數能引起疾病的

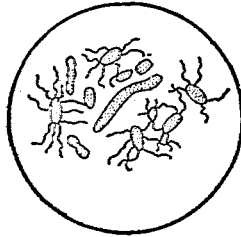


圖 47. 時常在飲用  
水中發現的細菌(放大)

‘細菌’ bacteria)(圖47),所以是一種危險的雜質。

例如,患傷寒病的人極易把傷寒病菌帶入水中,

傷寒症就往往由飲用含傷寒菌的水而被傳染。

水中雜有溝渠的污穢,既然非常危險,所以在城市中必須極審慎地從無污的水源中去取水。

如果找不到清淨的水源,那就非把所用的水小心地加以淨製不可。

**63. 【水的淨製】** 水可以用四種方法來淨製。其中只有第一個方法真能製得純水。其他的幾個方法,只是把水中不適於飲用的若干物料,除去或撲殺而已。

(1) 蒸餾 溶解或懸浮在水中的非揮發性雜質,可以用所謂蒸餾 (distillation) 的方法來除去。把水放在一個特製的容器中煮沸,使所生的蒸汽經過一冷卻管而再變為液體 (圖48)。這種由水汽(蒸汽)變成液體的水的變化,叫做冷凝 (condensation)。在其中發生這個變化的器具,叫做冷凝器 (condenser)。從冷凝器末端滴下的水,是純粹的,因為所有的雜質都遺留在煮水的容器裏了。在實驗室中,當我們必需絕對的純水來做實驗時,就

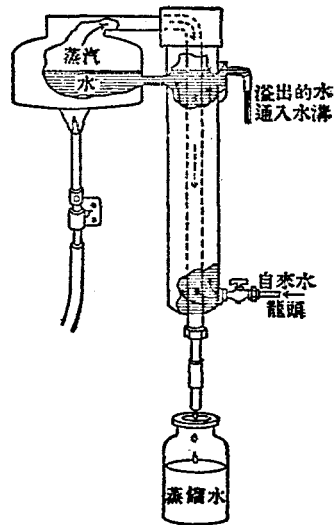


圖 48. 蒸餾沸水發出的  
蒸汽使凝成純水



用這種所謂蒸餾水(distilled water)。蒸餾水有時也供飲用,只是因為其中不曾溶有空氣或固體物,所以味極‘平淡’。若將空氣泡通入水中,那末這種不自然的滋味當可稍減,因為這時會有少量的空氣溶解進去,使之較為適口。

(2) 過濾 在水中懸浮的或不能溶解的物料,可設法濾去。在只能從污濁的水源中取水的城市,都大規模地用‘過濾法’(filtration)淨水。令水徐徐通過鋪有砂礫的濾牀(圖49),於是水中的懸浮物料就被截留在小小的砂粒間,但是在濾牀下流出的水中,雖然已無懸浮物質,卻仍含有溶解着的雜質。

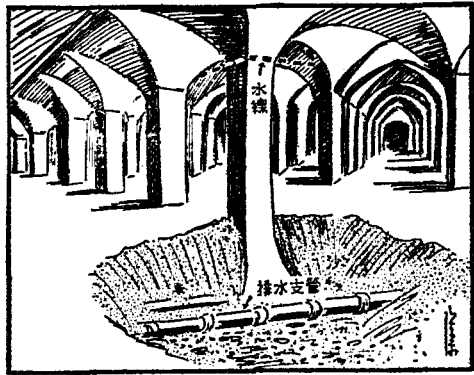


圖 49. 在混凝土建築下的濾水用砂牀

(3) 煮沸 含着有害的細菌的水,可將其煮沸片刻,以適於飲用。這所謂的淨水法實際上並沒有把雜質除去,只是把能引起疾病的細菌撲殺罷了。這種微小的植物的生命,是不能在沸水的溫度中生活的。牠們死亡了以後,自然不再能引起疾病了。這個淨水法從衛生的立場看來,是很有效驗的。不過一般總嫌所費太貴,只有在應急需時小規模地試用一下。

(4) 飲用水的化學處理法 細菌還可以用煮沸以外的其他方法來撲滅。有多數的化學物質,若用微量加入水中,就可殺滅細菌。例如氯及次氯酸,就是這樣的兩種物料。但是對於這個淨水法,我

們要等研究過這幾種物質後再來討論了。這個方法在近來，已很快地占據着淨水法的重要位置。天然流水能時時自行淨化，牠的過程也和這個方法相類似。空氣中的氧溶解在水中，和細菌起化學作用而把牠們撲滅。這個作用的進行是很緩慢的，但是有不少地方，卻用人工的方式來淨製城市中的用水。其法，把池中的水噴入空中，使空氣有足夠的機會來和水起化學的作用。

## 水的組成

64. 【水的分解】 在討論化合物的時候 (§19)，我們會見水能被電流所分解，或‘撕裂’，結果成爲氫和氧。這氫和氧，我們稱之爲水的成分元素，而那個方法，我們稱之爲水的電解。這個化學變化可以設想爲



我們又記得，我們得到的氫的容積是氧的兩倍。因此我們只要知道了氫和氧的密度，就可以計算這兩種氣體的‘重量’，而從這重量就可得到水的組成的百分率了。

例如：假使我們有兩升的氫和一升的氧。這就是在  $0.18 + 1.43$  即 1.61 克的水中，有  $2 \times 0.09$  即 0.18 克的氫，和 1.43 克的氧。也就是水中含有  $\frac{0.18}{1.61}$  即約 11% 的氫和  $\frac{1.43}{1.61}$  即約 89% 的氧。

65. 【水的容積合成】 要確定水的組成，除了用分析 (analysis) 的方法外，還可以使兩容積的氫和一容積的氧直接化合成水。這個方法叫做合成 (synthesis)。

使兩種氣體化合的實驗，通常都在‘氣體燃化計’(eudiometer)中舉行(圖50)。所謂

氣體燃化計是一支刻度的玻璃管，在近密閉的一端封有鉑絲兩根。鉑絲的頂端間有一個約長兩三毫米的電花

隙。先在這個密閉管中滿貯水銀，然後用由電解法製得的一容積氧和兩容積氫的混合氣體導入管中，到約占管高的四分之三而止。從‘感應線圈’(induction coil)放出電花，使兩種氣體化合。這時候我們立即看見氣體中發出一個閃光或火焰，

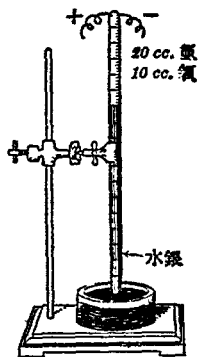


圖 50. 使氫氧化合的氣體燃化計

水銀驟然下降，隨後又昇高到直達管頂。這表示所有的氣體都已消失，生成的水已冷凝成一點微小的震珠了。

如果在管外套一較大的玻管，而用‘戊醇’(amyl-alcohol) 的蒸氣通過其中(圖51)，就可阻止所生蒸氣的冷凝。在這種情形時，若是所有的氣體都在同溫度(約130°C.) 同壓力下計量，那末結果就會縮去三分之一的氣體。(在變化前後，須小心地調整燃化計中水銀柱的高度，使玻管封閉的一端的水銀面和開口的一端的等高)。

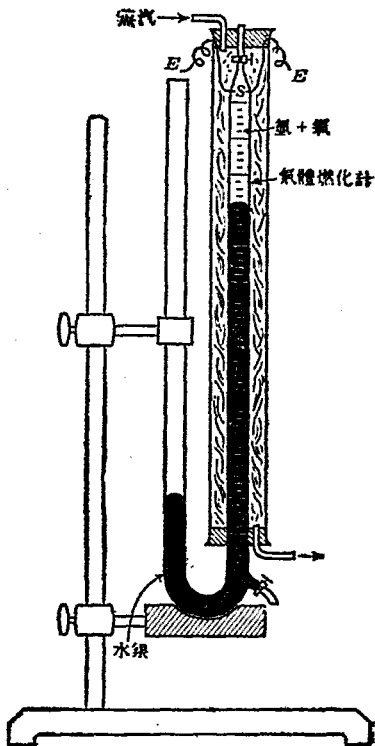
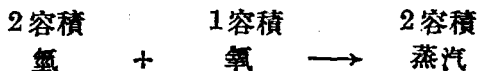
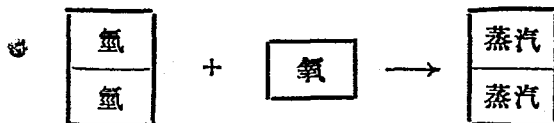


圖 51. 使氫氧化合為蒸汽的汽套\*氣體燃化計

這個實驗表示蒸汽的容積和氫的容積相等。換言之



\* 戊醇的蒸氣較水蒸氣更佳。



66. 【該呂薩克的容積定律】 氫和氧化合成水的容積，恰為 2 與 1 的簡單的比，這是一個奇異的事實。除了氫、氧以外的其他氣體，用同樣方法經過仔細的研究以後，曾發現了下列的極有趣味的事實：在任何化學反應中所用和所生的氣體的容積往往可以用小整數的比來表出。 這個所謂容積定律 (Law of Volume) 是 1808 年由該呂薩克 (圖 52) 所發現的。



圖 52. 該呂薩克像 (Joseph Louis Gay-Lussac, 1778-1850) 法國化學家兼物理學家，以研究氣體之化合容積著名。

67. 【水的重量組成】 我們已知

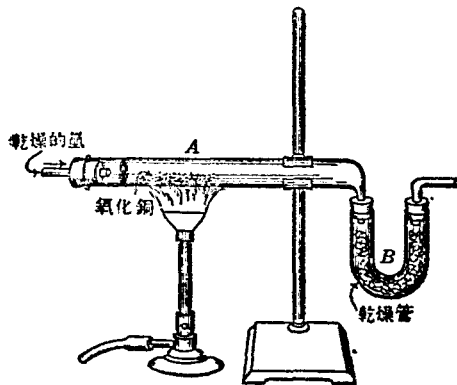


圖 53. 測定水中氫氧相對重量的裝置

組成水的兩種氣體的相對‘容積’。現在我們將要測定牠們的相對‘重量’。要作這個測定，可以利用氫和氧化銅間的反應。在這個實驗中，我們用氫還原已知重量的氧化銅，也就是用氫奪除氧化銅中的

氧，而把所得水稱出其重量。氧化銅中所失的重量，就是我們所用的氧的重量。實驗中所生水的重量和氧的重量之差，就是氫的重量。實驗的裝置和圖 41 所示的大致相同。氧化銅在圖 53 的玻管 A 中被還原。水收集在含有乾燥劑（如氯化鈣）的 U 字形管 B 中，並從此稱出牠的重量。

用這個方法測定水的組成，乃是 1820 年柏齊利阿斯首先應用的。在最近，美國化學家摩黎會用了和上述相似的方法，極精確地測定了水的組成。據他的實驗結果，1 份重量的氫和 7.94 份重量的氧化合而成爲水。這個實驗通稱爲水的重量合成 (gravimetric synthesis)。

像這樣的實驗，其中所用物料的重量或容積，都經精密計量的，叫做定量 (quantitative) 實驗。他種實驗，凡只觀察變化的本性和生成物的性質的，叫做定性 (qualitative) 實驗。



圖 54. 摩黎像 (Edward Williams Morley 1838-1923)  
美國化學教授，他曾極準確地測定了水的組成

68. 【水的百分組成】 上述的實驗，很好作‘定組成定律’ (§32) 的說明；因爲凡是純水的樣品，一經分析，都表示由 1 份重量的氫和 7.94 份重量的氧相化合而成。從化學變化中沒有重量變化這個事實 (物質不滅定律)，我們知道氫占水的  $\frac{1}{1+7.94}$  即 11.2%。我們又知

道氧必占水的  $\frac{7.94}{1+7.94}$  即 88.8%。換言之，水約含  $\frac{8}{9}$  重量的氧和  $\frac{1}{9}$  重量的氫。

69. 【什麼是‘重水’？】 新近發現，在水的電解過程中，從陰極附近攪酸的水中逸出的氫，有輕重兩種。較輕的氫大量地逸出在先，較重的氫逸出在後。要是這重氫即所謂氘 ( $\text{D}$ ) 在氧中燃燒起來，那末所生的水密度就較普通的純水為大。因此這水就稱為重水 (heavywater)，又稱氧化氘 (deuterium oxide)。並且，這重水不在  $100^{\circ}\text{C}$ . 沸騰，也不在  $0^{\circ}\text{C}$ . 凝固。若不用普通的水來稀釋牠，那顯然對於植物是有毒的。在起初，重水只是化學上的一種珍玩品。但因其性質的富於趣味，就引起了多數化學家的注意和研究，在現今，無論是純粹的或混合着不同比例的普通水\*的重水，都可以在美洲或歐洲買得，以供實驗的研究之用。在 1934 年中出版關於重氫及其化合物的論文約有 200 篇左右，這個發現的震驚一時，於此可見。

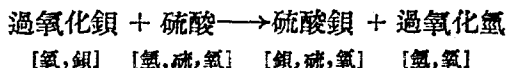
### 過氧化氫

70. 【組成】 還有一個氫和氧的化合物，其中所含的氧適為在水中與同重量的氫相化合的氧之兩倍。我們剛纔已經看到，水由 1 份重量的氫和 7.94 份重量的氧所組成。但是‘過氧化氫’ (hydrogen peroxide) 卻是由 1 份重量的氫和  $2 \times 7.94$  即 15.88 份重量的氧所組成的。那個接頭語‘過’字的意思是表示這化合物中所含的氧超過了普通的氧化氫(水)中所含的氧。

71. 【製法和性質】 過氧化氫在商業上是藉冷稀硫酸作用於過

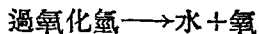
\* 本書中凡單說‘氫’，都指普通的氫，單說‘水’，都指普通的水。

氧化鋇而得。過氧化鋇(Larium peroxide)是白色的粉末，爲鋇的氧化物，很像氧化鈣。這個作用可以表示之如下：



硫酸鋇是一種白色不溶性的固體，可用過濾法除去之。將所得濾液在低壓力下蒸發，即成濃厚的過氧化氫。

過氧化氫可製成絕對純粹的物質，牠是無色漿狀的液體。不過不容易製得，因爲牠極易分解爲水和氧：



醫藥上都用稀薄的水溶液。普通市上用‘雙氧水’的名義出售的，是過氧化氫的3%的溶液。因爲牠徐徐放出氧，所以裝這種溶液的瓶子，須嚴密緊塞。商業上的過氧化氫能生10倍其容積的氧，所以有時稱爲‘10容積溶液’。這意思是指每立方厘米的過氧化氫會產生10立方厘米的氧氣體。現在市上已有30%的溶液出售，可供化學上應用。

72. 【用途】 過氧化氫極易放出氧，像臭氧一樣，故爲一強氧化劑。因此可用以漂白蠶絲、羊毛、頭髮、羽毛和象牙等。牠在醫藥上又用作‘防腐劑’(antiseptic)和‘清淨劑’(cleaning agent)，不過若是把牠當作殺菌劑(germicide)，那就似乎有點誇大了。然因其放出的游離氧的化學作用，使牠確能擔當清淨傷口和除去外來物料的任務。至於排除濃汁和鬆解沾有血污的乾燥綑帶，尤見奇效。

73. 【倍比定律】 前述(§70)氫和氧以近於1與8之比率結合而成‘水’，以1與16之比率結合而成‘過氧化氫’。我們注意到與1

份氫結合的氧的重量恰成 1 與 2 之比率。這情形並不是水與過氧化氫所特有的。我們以後就可明白，碳與氧結合而成一氧化碳，其中碳與氧的重量比是 1 與 1.33。但另有一種碳的氧化物叫做二氧化碳，其中碳與氧的重量比是 1 與 2.66。我們一看就可明白，2.66 恰為 1.33 的兩倍。這個簡單的關係，在一氧化物(monoxide)和二氧化物(dioxide)兩個名稱中已經表示出來了。

每當有兩種或兩種以上的化合物含有同類的元素時，與固定重量的甲元素相化合的諸乙元素之間，互有簡單的關係，如 2 與 1，或 3 與 1，或 3 與 2。這個一般的事實稱為倍比定律 (Law of Multiple Proportion)。這定律是約翰·道爾頓在 1804 年最先倡說的。換一個說法，這定律可簡便地表述如下：當任何兩元素 A 與 B 化合而成一種以上的化合物時，與固定重量的 A 相結合的 B 的諸重量，互成小整數的比。

這個定律和定組成定律是化學研究的基礎。在下一章中，我們將要看看道爾頓怎樣用了一個曾使化學能成為科學的理論，來解釋這些簡單的類化的事實。

## 第六章摘要

【水】 水是最重要最豐富的化合物之一。

【水的三態】 水以三種形態而存在：固體(冰)、液體、氣體(蒸汽)。牠在 0°C. 時凝固，在 100°C. 時沸騰。一立方厘米的水在 4°C. 時重 1 克。

【水溶液】 水是許多物質最佳的溶劑；所成的溶液叫做水溶液。

【天然水】 天然水是不純粹的，其中含有溶解着和懸浮着的物



料,有時還雜有細菌。

【純粹的水】 純粹的水可用蒸餾法製成。懸浮物可用過濾法除去。病菌可用煮沸法或加入少量的化學藥品來殺滅。

【水的組成】 水的組成可用分析法或合成法來表示。兩容積的氫和一容積的氧結合而成兩容積的蒸汽。

【該呂薩克定律】 化學反應中所用或所生氣體的容積往往可以用小整數的比表出。

【水的重量組成】 水由1份重量的氫和7.94重量的氧所組成。

【過氧化氫】 過氧化氫由1份重量的氫和 $2 \times 7.94$ 即15.88份重量的氧所組成。牠是一種強氧化劑,用以漂白及作為防腐劑。

【倍比定律】 當任何元素A與B化合而成一種以上的化合物時,與固定重量的A相結合的B的諸重量互成小整數的比。

### 問題和習題

1. 怎樣證明某種無色的液體是水?
2. 希臘人稱水為‘元素’。誰最初證明牠是化合物?
3. 水的何種性質適於 (a)滅火? (b)用於熱水瓶?
4. 怎樣表出水蒸氣是無色的?
5. 指出水以外的兩種溶劑。
6. 怎樣撲滅水中的細菌?
7. 水能用凝固法來淨製嗎?
8. 在海洋中航行的汽船怎樣得到飲用水?
9. 為什麼雨水是天然水中最純淨的水?
10. 對於天然水而說的‘純’水是何意義?
11. 試將純淨的天然水和純淨的蒸餾水作一比較。
12. 化學家製溶液時用的是那一種水?
13. 我們為什麼要喝水?

14. 長期飲用蒸餾水，是否合於衛生？
  15. 用怎樣的實驗來證明逆氧化氫是否安定？
- \*                      \*                      \*
16. 用怎樣的方法來測定樣水中所含固體的總量？
  17. 水比其他液體，其重要為何如？試述其理由。
  18. 溶液是生命的要素。一九三四年中國七省大旱災，怎樣說明了這個原理？
  19. 試區別點燃氫氧混合物的電花和點燃後爆發的閃光。
  20. 試辯護下列敘述：‘人為十二磅的灰和八桶的水’。
  21. 試說出表示水的組成的兩種分析法，和兩種合成法。
  22. ‘重水’為什麼比普通的水重？
  23. 怎樣從普通水中得到重水？
  24. 試把重水的性質和普通水作一比較。
  25. 怎樣使化學的純水較為適口？

\*                      \*                      \*

26. 燃燒一百升的氫（尋常溫度和壓力）。試計算所成‘液體的’水的重量和容積（以立方厘米計）。
27. 在有蒸汽室的氣體燃化計中混合 20 立方厘米的氫和 20 立方厘米的氧，點燃以後，(a) 生成多少容積的蒸汽？(b) 多剩些什麼氣體，有多少？
28. 使氫與 500 立方厘米的氧化合，而沒有過剩的游離氧，所需氫的重量是多少？
29. 把 20 立方厘米的氫和 8 立方厘米的氧放在氣體燃化計中點着後，生成多少容積的蒸汽？多剩些什麼氣體，有多少？
30. 抄錄並填寫所缺的字：100 立方厘米的氫和 50 立方厘米的氧的混合物爆發後，產生\_\_\_\_\_立方厘米的蒸汽，所有的容積都在 200°C. 和標準壓力下測得。

### 進修研究題

【飲用水】你的飲用水的來源是什麼？用那一種淨製方法？參觀本地的自來水廠。你能就水的外觀決定牠是否適於飲用嗎？（自來水，工學小叢書，商務版）。

【水對於生命的重要】水在氣候的變化上負着何種任務？一國的興衰會受雨水的影響嗎？對於乾燥區域的給水，近年來採用何種方法？海水中含有極豐富的物料，而江河池湖等的水中卻含有雜質極少，是何理由？（科學與改造世界，徐養秋等合譯，商務版）。

### 第一至第六章複習問題

1. 區別 (a) 物料與物質; (b) 元素與化合物; (c) 混合物與化合物。化學家曾否稱物料為物質。
2. 說明下列名詞, 並各舉一例: (a) 氧化物; (b) 自然; (c) 同素異形物; (d) 還原; (e) 觸媒(催化劑)。
3. 仔細地寫出我們已經研究過的四條基本的定律。
4. 對於上述的定律各敘述一實驗以證明之。
5. 指出物質不滅定律怎樣應用於火爐中燃煤所起的化學變化。
6. 說出以前研究過的三種化學反應的方式, 並簡要地各舉一例。
7. 類分下述現象為物理變化或化學變化: (a) 木材的燃燒; (b) 汽油的蒸發; (c) 糖在水中的溶解; (d) 牛乳的變酸; (e) 牛油的溶解; (f) 食物的腐敗; (g) 炸藥的爆發。
8. 每一化學變化有那三個特點?
9. 說出下列各元素在空氣中燃燒時所生成的物質: (a) 碳; (b) 氫; (c) 硫; (d) 銅。
10. 一物質在空氣中燃燒所生的物質和氧中燃燒所生的物質有否不同?
11. 美國的什麼人發明‘氫氧炬’(oxyhydrogen torch)?
12. 比較過氧化氫和臭氧, 指出牠們的異同。
13. (a) 由鐵和硫所成的硫化鐵的重量比硫和鐵的重量多或少? (b) 由鐵和硫所成的硫化鐵所含的‘化能’(chemical energy) 比硫和鐵所含的化能多或少?
14. 由燃燒臘燭而成的二氧化碳和水汽的化合物, 等於燃去的臘燭, 這句話是否正確? 若不正確就給牠改正。指出並敘述你改正的文句所依據的定律。
15. 貯藏庫中的細煤堆, 常因自燃而失火。懸浮在空氣中的粉狀的煤灰, 若被火星點着就起爆發。試解釋自燃和爆發的不同。是否自燃通常條件着爆發?
16. 燒杯中的汞、水、醇和醚等正在沸騰。(慎勿作此實驗)。(a) 怎樣比較牠們的蒸氣壓力? (b) 怎樣比較牠們的溫度? (c) 各蒸氣壓力是多少?
17. 誰發現氧? 誰發現牠在燃燒中的機能? 拉發西換在其實驗中原來用 50 立方英寸的空氣。在加熱水銀的 12 日中失去了多少立方英寸的空氣? 同時在曲頸瓶中的水銀面上發見些什麼? 這紅色物質經加熱後, 放出多少立方英寸的氣體? 是什麼氣體?
18. 在拉發西著名的 12 日實驗中(見圖 27), 他在第十天末, 注意到鐘瓶中的水銀面已停止上昇, 而水銀上也不再生成紅色的粉末了。但是雖然如此, 他還是繼續加熱了兩天。這是什麼意思?
19. 卡文提什在 1766 年發現了氫。在 1781 年, 他使氫在空氣中燃燒而得到了多量

的液體的水，足夠鑑別牠的確是水。但是他不能了解他自己的工作的意義。這是什麼緣故？後來闡明這個意義的是誰？

20. 比較希臘人所謂的‘元素’和拉發西揆時代的化學元素。你能說出希臘人和拉發西揆的觀點的不同來嗎？誰最先下化學元素的定義？什麼時候？

\*

\*\*

\*

21. 多少容積的氫得和11.2升的氧一樣重？（假定溫度和壓力都在標準狀況下）。

22. 摩黎在他某次的實驗中，覺察3.8193克的氫和30.3210克的氧相化合。試計算氫和氧結合的比。

## 第七章

### 道爾頓的原子論和分子論

三定律：質量不滅定律、定比定律和倍比定律——事實和理論——道爾頓的原子論——原子量——原子和分子——物理變化和化學變化——事實的解釋——原子論的價值——原子量。

74. 【三基本定律複習】 在研究物質和化學的變化中，我們知道物質是不能毀滅的。若以定律來說明，就是參加化學變化的各物質的總重量和產生的各物質的總重量相等。這叫做物質不滅定律。

我們又知道，化合物所具最重要的一種特性可用定比定律表述如次：化合成某化合物的諸元素的重量，常成相同的一定比例。這就是說，化合物的組成是永久不變的。

我們更知道，當甲乙兩種元素能化合成兩種以上的化合物時，那麼與一定重量的甲元素相化合的乙元素的各個重量必成簡單的整數比。這就是倍比定律。這三個定律，都是經過準確的操作和謹慎的觀察，而從無數次實驗得來的結果。

75. 【事實和理論】 當我們遇到一連串實驗事實的時候，我們時常自己問道：‘這些事實為什麼是這樣的呢？’為着要解釋和說明這些事實，化學家常常採用某種理論（theory）。至於定律和理論的區別，也是很值得我們研究的。

定律（law）可以說是根據實驗事實的概說，乃綜括許多研究的結

果的簡便方法。波義耳的定律就是一個很好的例子：倘溫度一定不變時，某定量氣體的容積和所加的壓力成反比例（見附錄）。至於理論是一種科學的猜測或‘假說’(hypothesis)，用以解釋事實。可是我們不要以為科學的理論是一種狂妄的猜度；科學的理論乃是我們根據對於某事物的一切已知事實而下的合理的解釋。要是這假設適合於一切事實，那末在沒有新發現的事實和牠相牴牾之前，就可以認為很滿意的理論。若有發現新的事實和這理論不合，那麼這個理論就應當加以改正，或是全部廢棄，而另擬新的理論。一個理論大都是由一些不能由實驗試出的假定起始的。我們先將這些假定推想某事必定真確；其所得的結論越與事實符合，則理論的真確性越大。然而我們不能說這個理論已被證實，我們只能說這理論或許是真的。分子動力論就是一個很好的例子。這理論能解釋氣體在各種壓力下所表現的性質和狀態（附錄）。還有一個很好的例子，就是道爾頓的原子論。

76. 【道爾頓的原子論】 紀元前 300 年頃的希臘哲學家，相信一切物質都由極微小而不能再分的質點所構成，此種終極的物質，他們稱為原子 (atom)。可惜古代的思想家對於自然科學的知識太缺乏，所以不能利用這種理論來解釋自然界的一切現象。

英國教師約翰·道爾頓（圖 55），於 1808 年創立了一種理論，其立場和希臘哲學家相似，但見識較為遠大。若用道氏理論來解釋定比定律和倍比定律，就覺得特別簡單。他和希臘諸哲人一樣，假定萬物都是由極細微的質點所組成，他也把這種質點稱為原子；但除了遺

個基本的假設之外，他的觀點卻全然與古代哲學家不同。道氏這種‘科學的猜測’，一般人把牠叫做原子論 (atomic theory)，曾被採用來解釋關於化合物的各種事實。所以這理論簡直可以推為近代化學上最有用的理論。

道氏在他的理論上，曾假設以下各點為真理：

(1) 物質是由名叫原子的微小質點所構成的。

(2) 一種元素的原子的形狀和重量\*都彼此相似，但與其他元素的原子的形狀和重量截然不同。

(3) 原子能和其他原子結合，而由‘化學的親和力’ (chemical affinity) 把牠們維繫着，化合物的產生也由原子的這種結合而起。

(4) 原子不能再分，所以彼此祇能以整個的原子相結合。



圖 55. 道爾頓像  
(John Dalton, 1766-1844)

道氏為英國小學校長兼化學家，曾創立化學上的化合量定律，並確立原子論

**77. 【元素的原子量】** 原子有時被定義為：能參加化學反應的元素的最小部分。原子的重量現在雖已確知，但因原子太小，我們仍無須利用牠們的確實重量。我們祇要計算各元素每個原子的相對重量 (relative weight)，便足供應用。在習慣上都用氧原子做標準，因為氧所造成的化合物最多，故特定其重量為 16。根據此值，則氫的

\* 阿斯吞 (Francis William Aston) 及其他各家，近已證明此說不一定真確 (§244)。

原子只比1略高(1.008)。一種元素的原子量，是以一個氧原子的重量爲16而比較得來的該原子的重量。

現在化學家所公認的元素的原子量，詳見本書卷末的附表。對於幾種普通元素的原子量，讀者如能將其近似值默記心中，可以省掉很多時間。表中碳的原子量是12，氧是16；因此在一氧化碳中要12份重量的碳和16份重量的氧相化合。換一句話說，碳和氧的比是1:1.33；這和一氧化碳的化學分析的結果適相符合。其實，這表上的數值，都是由化合物中各元素的相對化合量推演得來的(見第十八章)。且化合量的測定，其手續異常精審，所以原子量表，確實可以獨立代表關於元素的某種化學事實，而不與任何理論相關。

78. 【物質的分子】 在第五章中，我們已知氣體可以認爲是由無數稱爲分子(molecule)的微小質點所組成。大多數的普通氣體如氧、氮、和氫，每個分子都由兩個原子作化學的結合而成。至於化合物如一氧化碳，碳和氧的原子相連而成爲團。這些原子團就是分子。由多數此類分子相聯合，遂組成一氧化碳氣體。

有些元素的氣體，如氧、氫和氮之類，其分子都由‘同種’元素的兩個原子所組成。但在化合物裏，其分子卻由兩種或兩種以上的‘不同’元素的原子所組成。譬如，水的一個分子，其中有一個氧原子和兩個氫原子。我們飲水一杯(約160 cc.)，約計吞下 $5.4 \times 10^{24}$ 個\*水分子，由此可以推想分子的體積是如何微小了。還有少數的氣體如氮和汞的蒸氣之類，每分子中只含一個原子。這些氣體的分子叫做單原子分子(monatomic molecule)。

\*  $10^{24}$  意即在1之後加‘0’24個，爲1,000,000,000,000,000,000,000,000。



由以上的討論，可見化合物的最小質點，至少含有兩個原子，因為一種化合物至少須包含兩種元素；而且在化合物中每種元素至少須有一個原子。現在我們可把原子和分子的研究，綜合為下列定義：

1. 原子是能參加化學反應的元素的最小質點。
2. 分子是能在普通狀況下單獨存在的元素或化合物的最小質點。

79. 【物理變化和化學變化中的分子】當氣體如空氣等液化時，我們可以推想牠的分子在空間中所佔的地位，比較以前為緊密。又如當液體空氣凝結而為固體時，我們更可推想其分子必更為緊密。可是在所有的這三種物態中，我們仍可想到分子是常在振動的。並且我們認物體的溫度，就表現着分子振動的速度。這些影響及於整個分子的變化，叫做物理變化(physical change)。

然而，倘若我們破壞原子的結合力，而侵及物質的組成，即發生化學變化(chemical change)。譬如，將水分解為氫和氧——這兩元素的性質與原來的水完全不同——那就是化學變化了。

80. 【道爾頓學說何以能助我們解釋實驗的事實】第一，關於化合物都有一定不變的組成。這事實，依據道氏的理論，化合物是各種不同元素的原子聯合而成的。例如，在一氧化碳中，每個碳原子和一個氧原子相化合而組成一個一氧化碳分子。因為所有的氧原子，都有完全相同的重量，而碳原子也有固定的重量，所以一切一氧化碳的分子，都彼此有同樣的百分組成。又因為任何一氧化碳氣體，都是許多相同分子的集團，所以一種氣體的百分組成，也一定和

一個分子的百分組成相同。這就是定比定律所解釋的。

第二，關於倍比定律。我們可以設想一個碳原子或許不和一個氧原子結合，而同兩個氧原子結合。結果便成爲一種完全不同的化合物。在這種化合物的每分子中，有一個碳原子和兩個氧原子——亦即同碳化合的氧，爲以前的兩倍。這樣的物質就是二氧化碳。二氧化碳所含的氧爲一氧化碳所含的兩倍，所以在牠分子中，我們可想到每一個碳原子是同兩個氧原子相結合的。

第三，關於物質不滅定律。我們假設在化學變化中的原子，僅爲重行排列，而沒有創生，也沒有毀滅。因既無生滅，故參加化學變化的諸物質的原子總數，遂始終相等。這就是說物質是不能消滅的。

81. 【原子論的價值】 倘若原子論僅爲不能窺見的微小質點的‘科學的猜測’，那麼我們又何必研究牠呢？令人感得興趣的是這種理論，雖然至今已歷一百餘年，但仍無一個較好的理論可以代替牠。化學家多認爲這種理論最能解釋化合方面的事實，而牠對於物理科學的推進，其功在任何理論之上。近年以來，雖有許多新的實驗證據發現，祇因爲所用的數學太深，此處不便詳論。總之，原子論因爲此等工作，已日臻鞏固，科學家確信



圖 56. 蘭格羅爾像  
(Irving Langmuir, 1881—)  
蘭氏爲美國人，在美國化學家中他是  
獲得諾貝爾化學獎金的第二人。

分子和原子的存在，正同確信其他可以直接觀察得到的東西一樣。

82. 【原子氫的商業用途】 普通的氫都是分子的形態。最近

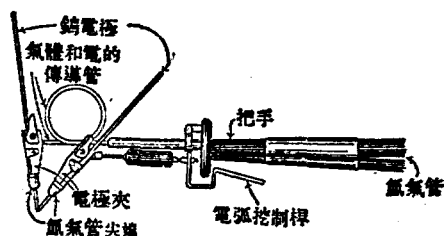
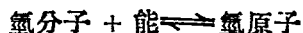


圖 57. 原子氫炬

蘭格繆爾博士 (圖 56) 卻發現氫分子的一部份可以分裂 (離解) 為氫原子。離解的方法是將氫通過溫度極高的電弧。在分子分裂為原子的過程中，須吸收大量的能；

所以當氫原子再結合而為氫分子的時候，這‘能’就再行放出：



這種所謂‘原子氫’ (atomic hydrogen) 可以利用來發生極熱的火焰，叫做‘原子氫炬’ (atomic hydrogen torch)。將氫的氣體吹過電弧，氫分子就在此離解 (圖 57)，在靠近電弧之處，氫原子復化合而為氫分子，於是發生極高的熱度 (約 4000°C.)。這種火焰可用以焊接金屬 (圖 58)。原子氫焰又有還原的作用，所以這種焊接的方法更合實用，因為在焊接物上所生足以妨礙焊接工作的氧化物膜層，可以被還原而成為金屬。



圖 58. 利用原子氫焊接金屬

## 第七章摘要

【原子構造】物質的原子構造最先由希臘哲學家所提出，1808年英國約翰·道爾頓用為新理論的基礎，以解釋定比定律和倍比定律。

【道爾頓的學說】道爾頓假定下列四點：

- (1) 物質都由原子組成。
- (2) 同一元素的原子彼此相似。
- (3) 原子可藉所謂化學的親和力而和其他原子相結合。
- (4) 原子不可再分，所以只能用整個原子來同其他原子相結合。

【原子】原子是能參加化學反應的元素的最小質點。

【分子】分子是在尋常狀況下能單獨存在的元素或化合物的最小質點。

【原子量】一元素的原子量，是以一個氧原子的重量為16而比較得來的該原子的重量。

【定律】定律是許多實驗事實的概說。

【理論】理論創立了某種假說，由此求得某種結論，以解釋一連串的實驗事實。

【假說】假說就是科學的猜測，如果確實，便可成為理論。

【原子論】原子論現在仍舊是一種理論，近年來科學界發現了許多證據，使原子和分子的存在，更近於確實可靠。

## 問題

1. 以原子為微小質點的學說，是道爾頓所首倡的麼？
2. 當道氏想到原子論的時候，他腦子裏有那一條科學定律？
3. 試從英文字典中找出‘Atom’一字的來源。

4. 試區別 (a) 假說和理論, (b) 事實和定律。
5. '自然定律' (natural law) 和 '述說定律' (state law) 有什麼區別?
6. 下列各名詞的意義如何: (a) 元素的原子; (b) 元素的分子; (c) 化合物的分子?
7. 氫分子經 '電弧焊接炬' (arc-welding torch) 的電弧時, 發生什麼變化?
8. 在焊接金屬的工作中, '原子氫吹炬' (atomic-hydrogen blowtorch) 為什麼僅於氫氧吹管?

9. 試表出怎樣把定比定律應用於水的組成?
10. 試表出怎樣把質量不減定律應用於紅色氧化汞的分解?
11. 道爾頓依據原子論所預言的什麼化學定律, 後來竟被他證實? 試將該定律寫出。
12. 我們能否得到 (a) 化合物的原子; (b) 元素的分子?
13. 氧的分子和氧化物的分子, 在組成上有什麼分別?
14. 水的分子在氣化時和在電解時, 其變化有什麼不同?
15. 溫度和壓力對於氣體容積的影響, 要採那一種理論來解釋?
16. 原子論怎樣解釋 (a) 定比定律? (b) 倍比定律? 和 (c) 質量不減定律?
17. 鈔錄下列文字, 試將其中的空白填起:

道爾頓在他的原子論中, 曾立如此的假說: 物質是由稱為\_\_\_\_的微小質點所組成。每一已知的\_\_\_\_中, 各原子的大小和\_\_\_\_彼此全同, 但與\_\_\_\_元素的每一原子相異。原子能藉\_\_\_\_的\_\_\_\_力和別的\_\_\_\_結合; 產生\_\_\_\_物的就是原子的這種\_\_\_\_力。原子不能\_\_\_\_, 所以祇有\_\_\_\_原子才能互相結合。

\* \* \*

18. 在化學的初期歷史中, 氧也曾採作原子量的標準, 但是數目是 100; 在這種制度中, 氫的原子量應當是多少? 現在定氧的原子量為 16, 有什麼理由?
19. 二氧化硫含氧 50% 和硫 50%, 三氧化硫含硫 40% 和氧 60%; 試以此種事實說明倍比定律。
20. 碳的氧化物有兩種, 一種含氧 57.1%, 另一種含氧 72.7%; 試以此項事實, 說明倍比定律。

# 第八章

## 符號式原子價

鍊金術家的記號——現代通用的符號和化學式——寫化學式——原子價——圖解的表示——原子價表——可變原子價——化合物的命名

83. 【鍊金術家所用的記號】 鍊金術上所用的記號有些導源於古希臘人，而希臘人卻是從埃及人學來。還有些則顯然是起源於印度的。

在‘星相學’(astrology)上用‘符號’(symbol)來代表太陽、月以及五個已知的行星。因為鍊金術家幻想這些天體和金屬間有某種相似點，所以就採用了星相學家的符號(圖 59)。他們用太陽和月的記

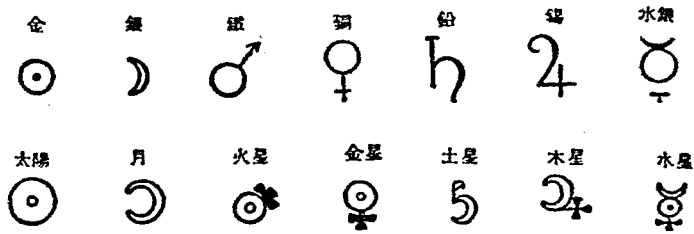


圖 59. 鍊金術家的記號(上)，星相學家的記號(下)

號來作為金和銀的記號。他們以為戰神(火星)和鐵有關係，因此鐵就接受了矛和盾的符號。銅用維娜斯(Venus)(金星)的鏡子來代表；鉛用農神(土星)的鐮刀來代表；錫用朱匹忒(Jupiter)(木星)的

寶座來代表；而水銀用神使赫姆斯(Hermes)的蛇杖來代表。

84. 【現代所用的化學符號】 化學家覺得用符號來代表各種元素，最為便利，這些符號都載明在底封面背後的表中。最先應用這種符號的，是瑞典化學家柏齊利阿斯(圖 60)。符號通常為元素西名第一字母的大寫。例如 C 表碳，H 表氫，O 表氧，S 表硫。有的時候，碰到兩個或兩個以上的元素，其西名的第一字母都相同，就把西名中另一個重要的字母，附加在後面，但不用大寫。例如 Cl 表氯，Br 表溴，Si 表矽，Mg 表鎂。有的時候，碰到古代就知道的金屬，那末牠們的符號就依照拉丁名為準。例如 Cu 表銅 (*cuprum*)，Fe 表鐵 (*ferrum*)，Ag 表銀 (*argentum*)，Au 表金 (*aurum*)。當我們研究元素的時候，最好把幾個普通元素的符號，隨時熟記。



圖 60. 柏齊利阿斯像  
(Johann Jacob Berzelius 1779-1848)  
柏氏為當時最著聲譽的化學家。曾創用近代通行的化學符號。

85. 【符號所表的意義】 符號‘不但’用為元素的縮寫，並且還各各代表元素的‘一個原子’。例如符號 O 代表一原子的氧，符號 H、N、Na、Fe 各代表一原子的氫、氮、鈉、鐵。因此說得正確一點，牠們是原子的符號，不僅是元素名稱的縮寫。

我們又知道，每一個原子各有一個完全一定的重量。因此符號

不但表示了元素，同時也表示了這元素的一定的量。O總是表示16份重量的氧，C總表示12份重量的碳，H總表示1.008份重量的氫。又因我們常常用克來計算重量，所以我們說起原子的重量也總用克來做單位，叫做元素的‘克原子量’(gram atomic weight)。例如碳的克原子量便是12克。

86. 【化學式】我們可以用這些符號來代表任何化合物的組成。其法係把化合物中各元素的符號相並地書寫起來。例如一分子的氯化鈉(食鹽)，是由一原子的鈉(Na)和一原子的氯(Cl)所組成，因此可把這兩元素的聯合符號NaCl來表示。把符號作這樣的排列以代表一種化合物的，叫做這化合物的式(formula)。

如果化合物的分子含有任何元素的原子在一個以上，那末就在這元素符號的右下角記一個小數碼。例如 $H_2O$ 就表示水的一個分子的式，在這個化合物裏含有兩原子的氫和一原子的氧。又，一個分子中往往含有一團的原子，即所謂‘根’(radical)，牠的行為在許多反應中和單獨的原子一樣，對於這種事實就特別有指明的必要，那就是應用括弧。例如，一分子的氫氧化鈣(石灰水)可以用 $Ca(OH)_2$ 來代表。這表明一分子中含有一原子的鈣，兩原子的氧，和兩原子的氫。

我們知道了某元素的多少原子造成該元素的一個分子，那末就只消在符號的右下角記上一個小數碼，就可以極簡明地表示出這個事實。以後\*我們將要見到，氫、氧、氮、氯、以及其他幾個元素的分子都是含有兩個原子的。這事實可用式 $H_2$ 、 $O_2$ 、 $N_2$ 、 $Cl_2$ 等來分別表出。因此式 $H_2$ 的意義為一分子的氫，含有兩個結合在一起的氫原

\* 詳細的討論見 §231。



子。在另一方面， $2\text{H}_2$ 的意義為兩分子的氫，每個分子各含有兩個結合在一起的氫原子。

如果我們要指出任何物質一個以上的分子，我們就在式前寫一個大的數碼。例如  $2\text{O}_2$  的意義即為兩分子的氧， $5\text{H}_2\text{O}$  的意義即為五分子的水。

**87. 【我們從式所知道的事實】** 理解一個式的完全意義，是非常重要的。例如硫酸的式是  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ，這意義為：

- (1) 一分子的硫酸；
- (2) 由兩原子氫、一原子硫和四原子氧所組成；
- (3) 即 2 份重量的氫，32 份重量的硫，和  $4 \times 16$  即 64 份重量的氧；
- (4) 合成  $2+32+64$ ，即 98 份重量的硫酸。

在化學上，我們常要用到分子的克式量 (gram formula weight)，這名稱的意義為式所表示的克數。例如硫酸的克式量便是 98 克。

### 問 題

1. 我們能夠寫出元素的式嗎？我們能夠寫出化合物的符號嗎？
2. 符號和式有什麼分別？
3. 寫出下列各元素的符號：鈉、硫、矽、錳、鎂、汞、鉀、磷、鉛、鐵。
4. 說出下列符號所代表的元素的名稱：Ag, Sn, W, Ni, Au, Cu, A, Ra, As, Al.
5. 解釋下列符號的由來：Na, K, Ag, Au, Fe.
6.  $\text{O}_2$  和  $2\text{O}$  有什麼分別？
7. 解釋符號左方的數碼的意義，如  $2\text{KClO}_3$ 。
8. 敘述下列化學式所表的事實： $\text{CuSO}_4$ ;  $3\text{NaCl}$ ;  $2\text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{P}_4$ ;  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 。
9. 解釋式中括弧的用途；例如  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ 。
10. 說明下列諸式中各數碼和各字母的意義： $2\text{H}_2\text{SO}_4$ ;  $10\text{H}_2\text{O}$ ;  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ;  
 $\text{F}_2(\text{SO}_4)_3$ ;  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 。

**88. 【原子價幫助我們寫式】** 在我們化合物的研究中，我們將

要注意到，各種元素所能結合的氫原子的數目，彼此大不相同。這事實可用下列諸化合物來表示：



換一句話說，一原子的氯只能和‘一’原子的氫結合，一原子的氧能和‘兩’原子的氫結合，一原子的氮能和‘三’原子的氫結合，一原子的碳能和‘四’原子的氫結合。我們把元素的這種性質，稱為牠的價或原子價 (valence)。元素的原子價就是與該元素的一原子相化合的氫原子的數目。因此，氯的原子價是一，氧的原子價是二，氮的原子價是三，碳的原子價是四。

然而有幾種元素雖能和別的元素化合，卻不能和氫化合。因此這種元素，我們不能直接計量牠們的價，只得間接地去計量。例如鉛不能和氫化合，卻能和氧化合。一原子的鉛和一原子的氧相結合，一原子的氧和二原子的氫相結合。所以我們斷定，假使鉛能和氫化合的話，那末一原子的鉛就必定和兩原子的氫相結合。因此我們說鉛的原子價是‘二’。又如，金不能和氫化合，卻能和氯化合，即一原子的金和三原子的氯相結合。但因一原子的氯和一原子的氫相結合。因此我們說金的原子價是‘三’。

我們已經知道原子在化學上是不可分的。從此可以推知，元素的原子價必定是一個整數。

89. 【我們怎樣想像原子價】 元素的原子價並不告訴我們為什麼某幾種元素能互相化合，而某幾種元素不能化合。牠們只告訴我們與元素的一原子相化合的氫原子的數目。並且，我們也不知道元

素與元素間是怎樣結合着的。不過原子價的法則卻告訴我們，在一個已知的化合物中，結合在一起的有多少個原子。對於這個法則，我們可以作一幅想像畫，假定各個原子都有某定數的鍵(bond)或鉤，這些鍵可使這原子與其他的一個或數個原子連接起來。當然我們很明白，原子與原子連接起來的實際情形是和圖 61 所表示的截然不同，但是我們也不妨用這個方法來摹想原子價的概念。

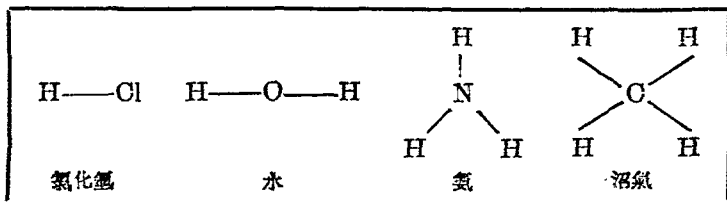


圖 61. 用鍵來表示原子價的圖解

所附圖解(圖 61)表示氯化氫、水、氨、沼氣等中原子的想像的結合。從這圖裏可以很明白地看出，假使某元素和一原子的氫相結合，那末牠們就得有一個鍵或鉤；牠們的原子價是一。同樣，凡元素和兩個、三個和四個氫原子相結合，牠們就得分別有兩個、三個和四個鍵。元素像鋅，牠的原子價為二，若使之和原子價為一的氯相結合，就得有兩個氯原子來和一個單獨的鋅原子的兩個鍵相連結。因此牠的化學式應為  $ZnCl_2$ 。

在下面(第十四章)，我們將概括地討論原子構造的‘電子說’(electron theory)，然後伸述怎樣用電子的術語來解釋原子價。在另一章(第十八章)中，我們還要指出一個元素或一團元素的價，在實驗的事實上有怎樣的根據。

80. 【普通元素和原子團的價】若要指出一個元素或一團元素(根)的價，可以在符號的右上角記一個+或-號，金屬用+號，非金屬用-號；例如， $H^+$ ， $O^-$ ， $N^-$ 。我們把氫當為原子價的標準，因為

氫原子總不會和任何元素的一個以上的原子相結合。

普通的原子價及根價表\*

	一 價	二 價	三 價
金 屬	鈉..... $\text{N}^+$ 鉀..... $\text{K}^+$ 汞(亞)..... $\text{Hg}^+$ 銀..... $\text{Ag}^+$	鋅..... $\text{Zn}^{++}$ 鈣..... $\text{Ca}^{++}$ 銅..... $\text{Cu}^{++}$ 鎂..... $\text{Mg}^{++}$ 鐵(亞)..... $\text{Fe}^{++}$	鋁..... $\text{Al}^{+++}$ 鉍..... $\text{Bi}^{+++}$ 銻..... $\text{Sb}^{+++}$ 鐵..... $\text{Fe}^{+++}$
非 金 屬	溴..... $\text{Br}^-$ 碘..... $\text{I}^-$ 氯..... $\text{Cl}^-$ 氟..... $\text{F}^-$	氧..... $\text{O}^{--}$ 硫..... $\text{S}^{--}$	氮..... $\text{N}^{--}$ 磷..... $\text{P}^{--}$
根	銨根..... $\text{NH}_4^+$ 氯酸根..... $\text{ClO}_3^-$ 氫氧根..... $\text{OH}^-$ 硝酸根..... $\text{NO}_3^-$	碳酸根..... $\text{CO}_3^{--}$ 硫酸根..... $\text{SO}_4^{--}$	磷酸根..... $\text{PO}_4^{--}$

表中所示關於普通元素及幾個普通元素團(根)的價,就應用了上面表示原子的價的方法。某種元素團,如鹼類中的氫氧根(OH),硫酸中的硫酸根( $\text{SO}_4$ ),硝酸中的硝酸根( $\text{NO}_3$ )和銨化合物中的銨根( $\text{NH}_4$ ),雖經多數的反應,仍保持完整。這樣的元素團極像單獨的元素,叫做根(radicals)。根也有根價,和元素一樣。元素或元素團有一個價的,叫做一價(univalent),有兩個價的,叫做二價(bivalent),餘類推。

91. 【可變原子價】 從原子價表上可以看出,某幾個元素有一種以上的價。這種事實粉亂了原子價的一般的法則。差不多所有

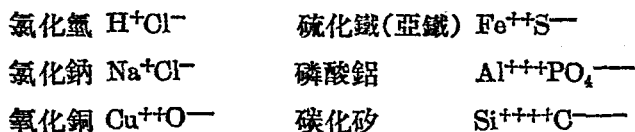
\* 立即把這個表記住,因為這樣可以省去將來的時間。

的元素都能以和尋常不同的原子價生成若干種化合物，例如碳的原子價差不多沒有例外地是四，如在二氧化碳(CO<sub>2</sub>)中的就是，氧是二價，所以其中有兩個氧原子。但是在一氧化碳(CO)中，牠的原子價卻是二。幸而這種例外是極少見的，所以只須在碰到的時候，隨時去記住牠就是了。

有少數的元素，像鐵，生成‘兩’系的化合物，其中的元素有着不同的原子價。例如有許多鐵的化合物我們叫做亞鐵(ferrous)化合物，其中的鐵的原子價是二。另一系叫做鐵(ferric)化合物，其中的鐵的原子價是三。像這類元素的原子價就稱為可變原子價(variable valence)。

92. 【怎樣應用原子價來寫式】 現在讓我們來看一看，我們將怎樣應用原子價表中的記載來書寫式。在這時候我們只先討論兩種情形：

1. 當原子價相同的兩元素(或根)結合而成爲一化合物時，是原子對原子相化合的，如下列各例所示。注意其中的原子價係用+或-的記號，放在符號的右上角(§90)。



2. 當原子價不同的兩元素(或根)結合而成爲一化合物時，必使這一元素的總價數和他一元素的總價數相等，然後才能化合。例如，水是H<sup>+</sup><sub>2</sub>O<sup>-</sup>。因爲氫的原子價是一，氧的原子價是二，所以我們就得取兩個氫原子，H右下角的2字就表示這個意思。又如氯化

鋁是  $\text{Al}^{+++}\text{Cl}^-_3$ ，因為鋁的原子價是三，氯的原子價是一。二氧化碳是  $\text{C}^{++++}\text{O}^{-}_2$ ，因為碳的原子價是四，氧的原子價是二，所以我們就得有兩原子氧來和每一原子碳相化合。氧化鋁是  $\text{Al}^{+++}_2\text{O}^{-}_3$ ，因為鋁的原子價是三，氧的原子價是二，又因能為 2 及 3 所除盡的最小數是 6，所以我們必須有兩原子的鋁，和三原子的氧，才能使其總價數各等於 6，即  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 。

由不同價的兩元素或根所組成的分子，其化學式的書寫，可以根據下列原子價規則：

甲元素的原子價 × 原子 (或根) 數，等於乙元素的原子價 × 原子 (根) 數。

93. 【怎樣學習原子價】 如能把普通元素的原子價或根價的表記熟，就可以節省時間。同樣，當我們每讀到一個元素或根時，就隨時記熟其原子價，並時常用以書寫化學式，也是極重要的。最好的練習法是把我們所寫的化學式逐一驗算，使化合物兩邊的總價數相等。例如我們假使把硝酸鋅寫成了  $\text{ZnNO}_3$ ，於是標上了原子價，即  $\text{Zn}^{++}(\text{NO}_3)^-$ ，我們就立即發現那正確化學式必須是  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$  了。如果我們能夠熟記每一元素的簡單化合物，即使僅只一種，也是極有益的。例如，假定我們要知道汞的原子價，我們也許能夠記得紅色氧化汞是  $\text{HgO}$ 。那末我們如果知道氧的原子價是 2，就可斷定在這化合物中汞的原子價也一定是 2 了。

94. 【化合物怎樣命名】 凡由兩元素或一元素與一根所成的化合物，稱為二元化合物 (binary compound)。凡二元化合物僅以一種的化合價結合的，就稱為某 (非金屬) 化某 (金屬)。例如：

式	西名	中名
ZnO	zinc oxide	氧化鋅
PbS	lead sulfide	硫化鉛
AlCl <sub>3</sub>	aluminium chloride	氯化鋁
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S	ammonium sulfide	硫化銨

凡二元化合物以兩種的化合價結合的，化合價較高的稱為某化某，化合價較低的稱為某化亞某；但亦可依式命名，而附記其原子數，稱為若干某化若干某。例如：

式	西名	中名
FeCl <sub>3</sub>	ferric chloride	氯化鐵，或三氯化鐵
FeCl <sub>2</sub>	ferrous chloride	氯化亞鐵，或二氯化鐵

凡二元化合物以兩種以上的化合價結合的，可依式命名，而附記其原子數，稱為若干某化若干某。但西文字尾作-ic的，也可稱為某化某，作-ous的，亦可稱為某化亞某。例如：

式	西名	中名
MnO	manganese monoxide	{ 一氧化錳 氧化亞錳
	manganous oxide	
MnO <sub>2</sub>	manganese dioxide	二氧化錳
MnO <sub>3</sub>	manganese trioxide	三氧化錳
Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	manganese sesquioxide	{ 三氧化二錳 氧化錳
	manganic oxide	
Mn <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	manganese tetroxide	四氧化二錳
Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	mangans-manganic oxide	四氧化三錳
Mn <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	manganese heptoxide	七氧化二錳

凡由三元素所成的化合物，其中一元素為氧的，稱為某(非金屬)

酸某(金屬),或亞某(非金屬)酸某(金屬)。亞某酸化合物(-ite compound)中所含的氧比某酸化合物(-ate compound)中所含的爲少。

例如:

式	西名	中名
$\text{Na}_2\text{SO}_4$	sodium sulfate	硫酸鈉
$\text{Na}_2\text{SO}_3$	sodium sulfite	亞硫酸鈉

95. 【學習原子價的困難】 學習普通元素的原子價,並正確地用以書寫化合物的化學式,在初學者確是一樁難事。不過稍加實習,也容易熟練,只須時時留心,竭力免避某種的錯誤就行了。例如有許多實際並不存在的化合物,依了原子價的法則,也可以寫出牠的化學式來。好像鉍是沒有氧化物的,可是牠的化學式卻也可以寫得出來。在另一方面,我們以後將要碰到幾種化合物,牠們是不依照原子價的法則的。像碳化鈣,  $\text{CaC}_2$ ; 磁鐵礦,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ; 乙炔,  $\text{C}_2\text{H}_2$  等。總之,我們不要忘記化學式是實際地代表關於實在物質的實驗事實的。

### 問 題

- 寫出下列各化合物的式: (a) 氧化鈣; (b) 氧化鋅; (c) 氧化汞; (d) 氫氧化鋁; (e) 氫氧化鋁。
- 寫出下列各化合物的式: (a) 氯化鈉; (b) 氫氧化鈣; (c) 五氧化二磷; (d) 硫化錳; (e) 硫酸鋅。
- 寫出下列各化合物的式: (a) 氧化鎂; (b) 氫氧化鉀; (c) 硫化銅; (d) 硫酸錳; (e) 碳酸鈉; (f) 磷酸鈉。
- 標出下列各化合物的根價: (a)  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ; (b)  $\text{KClO}_3$ ; (c)  $\text{Ag}_2\text{CO}_3$ ; (d)  $\text{PbCrO}_4$ ; (e)  $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$ 。
- 標出下列各化合物的原子價及根價: (a)  $\text{SiO}_2$  (砂); (b)  $\text{COCl}_2$  滅火藥水;



(c)  $\text{PbO}$  (密陀僧); (d)  $\text{MnO}_2$  (軟錳礦); (e)  $\text{HgCl}_2$  (昇汞)。

### 第八章摘要

【化學符號】 元素的化學符號代表 (1) 元素的名稱, (2) 元素的一原子, (3) 元素的原子量, 通常以克計。

【式】 化合物的式表示化合物的成分元素及其重量的組成。

【原子價】 元素的原子價是與該元素一原子相化合或被其取代的氫原子的數目。

【根】 根是一團的元素, 牠在化學反應中的作用和單獨的元素一樣。

【二元化合物的式】 寫二元化合物的式, 務使這一元素的總價數與他一元素的總價數相等。

### 問題

1. 糖的式是  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ 。試從這式說明糖的組成。
2. 標出下列各式的價:  $\text{CH}_4$ ;  $\text{AlCl}_3$ ;  $\text{P}_2\text{O}_5$ ;  $\text{SO}_2$ ;  $\text{AgI}$ ;  $\text{CaBr}_2$ 。
3. 寫出下列各式所指示的化合物的名稱:  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ;  $\text{KClO}_3$ ;  $\text{ZnSO}_4$ ;  $\text{B}_3(\text{PO}_4)_2$ ;  $\text{BaCO}_3$ 。
4. 改正下列各式:  $\text{BaO}'_3$ ;  $\text{Ag}(\text{NO}_3)_2$ ;  $\text{Al}_3(\text{SO}_4)_2$ ;  $\text{Ca}_2\text{SO}_4$ ;  $\text{NH}_4\text{Br}_2$ ;  $\text{NaPO}_4$ ;  $\text{AlOH}_3$ 。
5. 寫出下列各化合物的式, 並指出各元素或根的價: (a) 硫化鉛; (b) 氯化鈣; (c) 硫酸銨; (d) 硝酸鈉; (e) 氧化銀。
6. 寫出下列各化合物的式: (a) 磷化鈣; (b) 硫化鉀; (c) 氫氧化銨; (d) 氯化鋁; (e) 硫酸鐵。
7. 說明下列鐵的氧化物的名稱:  $\text{FeO}$  和  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 。
8. 寫出下列第一組 (a) 的化合物的名稱; 和第二組 (b) 的化合物的式: (a)  $\text{Cr}_2\text{S}_3$ ;  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ;  $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$ ;  $\text{CoCl}_2$ ;  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ;  $\text{PtCl}_4$ ;  $\text{WO}_3$ ;  $\text{H}_2\text{S}$ 。 (b) 硫化鋁; 氯化錳; 氯化鎘; 硫酸錳; 硝酸鐵。
9. 寫出下列各化合物的式: (a) 氯化鋁; (b) 氯化鈣; (c) 氯化鋇; (d) 硫酸鈉; (e)

氯化汞。

10. 假定碳和矽是四價，寫出下列各化合物的式：(a) 二氧化矽(砂)；(b) 四氯化碳；(c) 碳化矽(金鋼砂)；(d) 碳化鈣；(e) 氟化矽。

11. 說出下列各化合物的名稱：(a) 錳酸鉀鹽；(b) 氯鉛酸的鈉鹽；(c) 亞碲酸的鉀鹽；(d) 鈣和硒的唯一的化合物。

12. 已知 B 的原子價是二，推出下列各式中 A, C, D 的可能的原子價： $A_2B_3$ ； $B_2O$ ； $B_3D_2$ 。A 和 B 的化合物的式是怎樣的？C 和 D 的是怎樣的？

13. 鈔錄下邊的表，並照樣把化合物的式填入空格中。

	氯化物 Cl <sup>-</sup>	氧化物 O <sup>-</sup>	氫氧化物 (OH) <sup>-</sup>	硝酸鹽 (NO <sub>3</sub> ) <sup>-</sup>	硫酸鹽 (SO <sub>4</sub> ) <sup>-</sup>	磷酸鹽 (PO <sub>4</sub> ) <sup>-</sup>
鈉, Na <sup>+</sup>	NaCl	Na <sub>2</sub> O	NaOH	NaNO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>
鉀, K <sup>+</sup>						
銨, (NH <sub>4</sub> ) <sup>+</sup>						
鈣, Ca <sup>++</sup>						
鉛, Pb <sup>++</sup>						
鎂, Mg <sup>++</sup>						
鋅, Zn <sup>++</sup>						
鐵(亞), Fe <sup>++</sup>						
鐵, Fe <sup>+++</sup>						
鋁, Al <sup>+++</sup>						
錫, Sn <sup>+++</sup>						

## 第九章

# 化學方程式和計算法

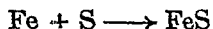
- 化學方程式的用途——怎樣寫化學方程式——寫方程式的五個步驟  
← 方程式所不能表明的事項——已習各反應方程式的複習。  
四種反應的形式。  
化學計算法的重要——化合物的式量——百分組成——方程式中的重量關係——包括重量的習題——重要數字——五個步驟

96. 【化學家為什麼要寫方程式?】 化學家採用符號和式的主要目的,乃在運用簡精確的形式,以記述化學變化或反應時的種種繁瑣的事實。因為物質是不可毀滅的(物質不滅定律),所以化學家就採用方程式來表示這種變化或反應。在變化的前後,各元素都有着同樣的重量。在前幾章中,我們已寫過幾個文字方程式;現在我們就將這種文字方程式改為化學式的方程式。

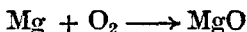
97. 【怎樣作方程式?】 化學方程式是根據實驗所得的事實而寫成的,此點我們必須牢記心中。方程式代表實際發生的化學反應或化學變化;我們所需要的化學方程式,當然不能全憑強記,所以在本章中我們將說一說作方程式的機械的方法,以便學者自己去寫。茲將前已學過的化學反應為例,加以說明。在這裏,學者應知:一個化學方程式,若非完全正確,即係完全錯誤。

在化學方程式中,凡起變化的物料的符號和式,都寫在方程式的

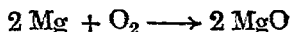
左方；凡變化結果所生的新產物的符號和式，則寫在右方；箭號表示生成的意思。例如鐵和硫化合而成硫化鐵，可表示如下：



在氧中燃鎂，可先用下式表示：

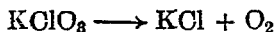


但上式是錯誤的，因為在左方有氧原子兩個，而右方祇有一個氧原子。這樣寫來，將表示一部分的氧已經消失。方程式的意思是表示各元素在變化後的原子數（右方所示），須與未變化時的原子數（左方所示）相等。我們可使此式‘平衡’如下：

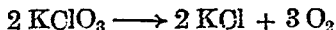


這樣，則左方各原子都出現於方程式的右方了。

加熱氯酸鉀，使之分解，我們可先用下式表示：



然後再將此式平衡如下：



由以上數式，可知這種方程式並不是代數式，而是表示化學反應的實際情形的式子。

在入手寫方程式之前，我們必須知道以下各點：

- (1) 確實發生的反應。
- (2) 參加反應的各種物質。
- (3) 所產生的物質是什麼。
- (4) 所有各物質的式。

98. 【書寫化學方程式的必需步驟】 作化學方程式時，共有五

個步驟，茲開列如下：

- (1) 將參加化學反應各物質的式寫在左方。
- (2) 將已知的生成物的式，寫在右方。
- (3) 校正右方，增加分子的數目，使左方的各元素一齊用去。
- (4) 校正左方，增加生成物所需的分子數。
- (5) 驗算全式，核定各元素的每一原子是否都已計及。

〔例〕 氫燃於氧中產生水：

- (1)  $\text{H}_2 + \text{O}_2$
- (2)  $\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$
- (3)  $\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$
- (4)  $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$

(5) 在左方 2 個氫分子中有 4 個氫原子；在右方 2 個水分子中有 4 個氫原子。

左方 1 個氧分子中有 2 個氧原子；右方 2 個水分子中有 2 個氧原子。結果兩方完全相等。

99. 【注意】 凡氣體元素都應該用分子式(molecular formula)

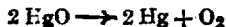
例如氧、氫、氮和氯的分子式為  $\text{O}_2$ 、 $\text{H}_2$ 、 $\text{N}_2$  和  $\text{Cl}_2$ 。

記住寫在公式前的數字，是表示全式的倍數的，例如  $2\text{H}_2\text{O}$  即等於  $2(\text{H}_2\text{O})$ 。此即代表二分子的水，其中含 4 個氫原子和 2 個氧原子。

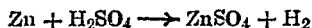
我們平衡方程式時，絕對不可改變物質的式，僅能取適當的分子數，以使方程式兩方各元素的原子數平衡。

100. 【方程式所不能表示的】 化學變化常常只能在一定的狀況下發生，但這種狀況，在方程式中並不能表示出來。

〔例〕 方程式



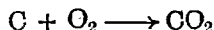
其中並未指出紅色氧化汞必須加熱才能分解。又如方程式



其中亦未指出硫酸必須用水沖洗。

此外，方程式也沒有說明所用的物質的物理狀態，如某物為固體，液體抑氣體等等。又，各方程式對於作用時間的長短，亦未表出，而此點在經濟上是極為重要的。

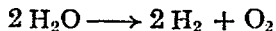
就一般而言，凡不起變化而存在的物料，都不記明於方程式中，例如用作溶劑的水，和各種觸媒等。再如反應時所發生的熱量，通常也不在方程式中指明。例如：



上式僅說明碳和氧化合而成二氧化碳，但對於反應時發生多少熱量卻並未說明，可是這在工業化學家卻正是最關心的一點。

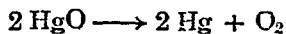
**101. 【方程式中常見的反應】** 今試將以前所學習過而且曾用文字表示過的化學反應，寫成方程式如下。這些方程式，讀者應當熟記！

當水被電解時，即分解為游離狀態的氫和氧。表示這種反應的方程式如下：



這時應用二分子的水，以供給含二原子的一個氧分子，因為氣體氧的分子式為  $\text{O}_2$ 。

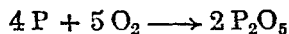
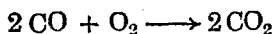
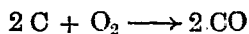
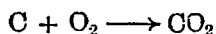
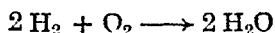
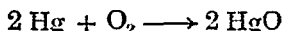
加熱一氧化汞，即產生氧和汞，其方程式如下：



又，我們取兩個一氧化汞分子，使之含有足夠的氧原子，以生成一個氧分子。所生的汞為液體，我們相信金屬中的原子，每不結合為分子，所以用  $2 \text{Hg}$  表示（而非  $\text{Hg}_2$ ），即為兩個單獨的汞原子。在這裏，我們也設想每一個汞分子是由一個汞原子所組成的。

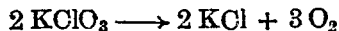
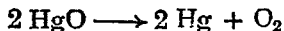
**102. 【反應的四種方式】** (1) 直接化合或合成——還有一種

化學反應，適與單分解相反，稱為合成 (synthesis)。在這種反應中，我們用兩種以上的物質合成一種化合物。以下的幾個方程式都是合成作用，其中參加反應的氧，乃是我們久已學過的元素。

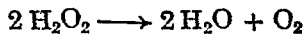


以上各方程式是表示汞、氫、碳和磷等與純粹的氧(或空氣)相接觸，經加熱後所起的變化。其中有兩個方程式，表示碳在不充分的氧中燃燒，先成一氧化碳；一氧化碳再經燃燒，乃成二氧化碳。

(2) 單分解——凡一種物質，因化學變化而分裂成兩種或兩種以上的簡單物質的，則稱為單分解 (simple decomposition)。水分解成氫和氧，便是這變化的例子。一氧化汞和氯酸鉀因加熱所起的分解，也是單分解：

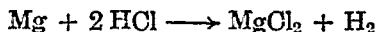
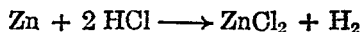


至於過氧化氫的分解，也是一例：

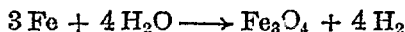


(3) 單置換或單取代——製取氫的各法(水的電解除外)，都是所謂‘取代’ (replacement) 的例子。在這種反應中，乃是一種元素取代了化合物中的另一種元素或數種元素。

例如用鋅或用鐵與鹽酸或硫酸相作用，則金屬即取代了酸中的氫：

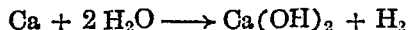


又如將蒸氣通過燒熱的鐵，鐵即取代了水中的氫，而生成磁性氧化鐵 ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ):



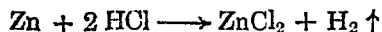
〔註〕 上式中的氧化鐵，其式係由實驗而得，並不能用原子價的法則來推算而得。

將金屬鈉或金屬鈣投入水中時，金屬即取代了水中所含的氫的半量，而生成氫氧化鈉 ( $\text{NaOH}$ ) 或氫氧化鈣 ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ):

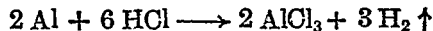


〔註〕 因欲表示氫是分子狀態 ( $\text{H}_2$ )，所以須加係數 2 於式中各物質之前。

當化合物中的一種元素被另一種元素所取代時，代入元素原子價的和，須與被代元素原子價的和相等。因為鋅的原子價是二，氫的原子價是一，所以當鋅取代鹽酸中的氫時，每一個鋅原子取代了兩個氫原子。



當鋁與鹽酸起反應時，因為鋁的原子價是三，所以一個鋁原子能取代三個氫原子：



因為氫是氣體，在反應後即行放出，所以上式中在  $\text{H}_2$  後加一向上的箭號 ( $\uparrow$ )。

由以上諸例，可知在書寫取代方程式時，應用原子價法則，幫助頗大。

(4) 複取代或複分解——最普通形式的化學反應，可說是兩種化合物互相作用，而產生了另外兩種化合物。這種作用有時稱為複

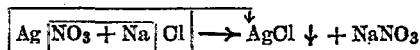


分解 (double decomposition), 因為各化合物很明顯地分裂成兩部分, 而每部分再與他化合物的不同部分相化合。

〔例一〕鹽酸 (HCl) 和大理石 (CaCO<sub>3</sub>) 相作用, 生成氯化鈣 (CaCl<sub>2</sub>) 和碳酸 (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>):



〔例二〕加硝酸銀 (AgNO<sub>3</sub>) 於食鹽 (NaCl) 溶液中, 則生氯化銀 (AgCl) 沈澱, 和存在溶液中的硝酸鈉:



因為氯化銀成為固體而沈澱, 故在其分子式後加一向下的箭號 (↓)。

在以上的反應中, 第一種化合物的第一部分和第二種化合物的第二部分相化合; 又第一種化合物的第二部分和第二種化合物的第一部分相化合。

## 問 題

1. 化學方程式為什麼能成爲一種方程式?
2. 每一個化學方程式表示化學中的何種定律? 試述之。
3. 在未作化學方程式時, 必須先知道那幾種事實?
4. 化學方程式所不能表白的重要事實是什麼?
5. 當鋅和硫黃同熱時, 即生成硫化鋅 (ZnS), 試用方程式表示之。
6. 錫在空氣中加熱時, 即產生氧化錫 (SnO<sub>2</sub>) 試用方程式表示之。
7. 鋁和鹽酸 (HCl) 起反應, 可得氫和氯化鋁 (AlCl<sub>3</sub>), 試以方程式表示之。
8. 問題 7 所述的方程式, 屬於那一種方式?
9. 氯化鉑 (PtCl<sub>4</sub>) 受高熱後即分解成鉑和氯 (Cl<sub>2</sub>), 試以方程式表示之。
10. 氯化鈉溶液和硝酸銀相混合, 即生白色氯化銀 (AgCl) 沈澱, 試以方程式表示之。

\*

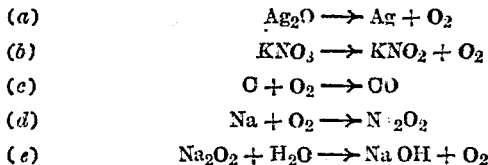
\*

\*

11. 單分解與複分解有什麼分別? (參看本節最後兩方程式)。
12. 氫發生器爆炸時所起的反應, 試以方程式表示之。
13. 在氧中燃燒, 即得磁性氧化鐵 (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>), 試以方程式表示之。
14. 試作方程式表示下列兩種反應: (α) 通二氧化碳氣泡於石灰水 (Ca(OH)<sub>2</sub>), 即

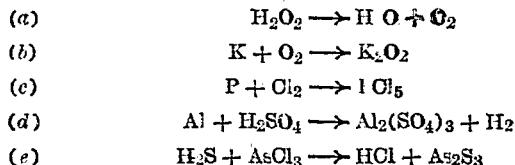
生碳酸( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ), (b)碳酸與氫氧化鈣 $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ 再起反應而生碳酸鈣( $\text{CaCO}_3$ )和水。

15. 試平衡下列各方程式:



16. 平衡方程式時,爲什麼祇能增加作用物或產生物的分子數,而不能改變正確分子式中右下角的小數嗎?

17. 平衡下列各式:



18. 試寫出以上諸式中各分子式的名稱。

19. 試作以下諸化學反應的平衡方程式:

- (a) 普里斯特利的發現。
- (b) 拉發西所作汞和空氣的實驗(此爲可逆反應)。
- (c) 卡文提什的發現(鐵與酸)。
- (d) 摩黎決定水的組成的方法。
- (e) 柏齊利阿斯(Berzelius)決定水的組成的方法。

20. 試全部用式作平衡方程式,以表示下列諸反應:(a) 臭氧發生器;(b) 氫氧吹管;(c) 原子氫吹炬。

## 化學計算法

103 【化學計算對工業的重要】 化學方程式對於工業化學家極爲重要,因爲他由此可以計算出在一定的反應中需要多少物料(圖62),及希望可得多少產物。但在實際應用上,他絕難得到照方程式

計算所應得的全部產物。因此他必須計算工業操作的效率，這就是說，實際上的產量對於方程式中所應得的產量占着怎樣的分數。這種計算，都根據化學反應的方程式，計算時所需的數學智識，也不外極簡單的算術。我們把這種計算法分為下列三大類。



圖 62. 在橡膠工業中，衡量原料是一種主要的工作

**例式一 由式求化合物的分子量** 式不僅代表一種化合物的名稱，同時還表明一分子的重量——這重量是以氧原子等於 16 為標準而求得的。由式計算分子量時，祇須將分子中各原子量相加即得。因為原子量是相對重量，所以分子量也是相對重量。

〔例一〕 碳酸鈣 ( $\text{CaCO}_3$ ) 的分子量是  $40 + 12 + (16 \times 3)$ ，即 100。又硫酸銅 ( $\text{CuSO}_4$ ) 的分子量是  $63.6 + 32 + (16 \times 4)$ ，即 159.6。

〔例二〕 試求石膏 ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) 的分子量；石膏是結晶硫酸鈣，每一硫酸鈣分子含有兩分子的水；此水叫結晶水 (water of hydration 或 water of crystallization)，與硫酸鈣作化學的結合，在分子式中小點指明，有‘加’的意思。所以  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  的分子量應該是  $40 + 32 + (16 \times 4) + 2(2 + 16)$ ，即 172。

分子量如改稱式量 (formula weight)，則與事實更為符合，其意義也更為明白。

**例式二 由式求化合物的百分組成** 若讀者已知一種化合物的式，而同時又有原子量表在手，即不難將化合物中每種元素所佔的百分率算出。

〔例一〕 如欲求碳酸鈣 ( $\text{CaCO}_3$ ) 的百分組成。鈣的原子量是 40，碳是 12，氧是 16。

依式  $\text{CaCO}_3$ , 則式量為  $40 + 12 + (16 \times 3)$ , 即 100。故碳酸鈣含鈣  $\frac{40}{100}$  或 40%, 含碳  $\frac{12}{100}$  或 12%, 含氧  $\frac{48}{100}$  或 48%; 這個問題極易解答, 因為該分子的式量恰好是 100。

〔例二〕 試求氯酸鉀 ( $\text{KClO}_3$ ) 的百分組成。鉀的原子量是 39, 氯是 35.5, 氧是 16, 則式量應為  $39 + 35.5 + (16 \times 3)$ , 即 122.5; 故氯酸鉀中含有

$$\text{鉀} \cdots \cdots \frac{39}{122.5} = 0.318, \text{ 即 } 31.8\%;$$

$$\text{氯} \cdots \cdots \frac{35.5}{122.5} = 0.290, \text{ 即 } 29.0\%;$$

$$\text{氧} \cdots \cdots \frac{48}{122.5} = 0.392, \text{ 即 } 39.2\%$$

〔驗算〕 總數為 100%。

〔例三〕 在一噸 (2000 磅) 硫酸銅的結晶中, 能得金屬銅若干? 已知硫酸銅的式為  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , 故式量為  $63.6 + 32 + (16 \times 4) + 5(2 + 16)$ , 即 259.6。

銅的百分率為  $\frac{63.6}{259.6} = 0.245$ , 即 24.5%, 而一噸硫酸銅中銅的重量應為  $0.245 \times 2000$ , 即 490 磅。

總之, 由式求百分組成的第一步須先計算出式量, 然後以式量除各元素的原子量\*, 而以小數表所得的商, 保留三位重要數字 (§106)。小數點後最前的兩位數字即表示百分率。

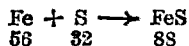
例式三 祇涉及重量的習題 例: 同 10 克硫黃化合而成硫化鐵 ( $\text{FeS}$ ) 的鐵, 其重量應為若干?

演算時為避免錯誤起見, 應將計算法逐步排列清楚, 而後依次演算。

第一, 先作方程式:



其次在各個符號和式下註明所代表的各重量 (參照本書末所附原子量表中的近似值):

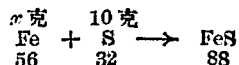


\* 如式中的元素含有一個以上的原子, 則應採用分子中所有原子的全重。

以上數字即指出 56 份重量的鐵，可與 32 份重量的硫黃化合，而成 88 份重量的硫化鐵。

這方程式實含有定量的意義。

再讀問題，將已知的硫黃的重量寫在硫黃符號之上，即 10 克；在鐵符號之上寫  $x$  克，此即欲求的重量：



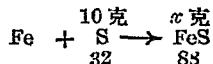
最後可依題意列比例式如下：

$$\frac{x}{56} = \frac{10}{32}$$

$$\therefore x = \frac{56 \times 10}{32}, \text{ 即 } 17.5 \text{ 克的鐵。}$$

現在我們可由大略估計所需的重量，來驗算答數是否合理。由題中已知 56 份的鐵同 32 份的硫化合，即所著的鐵約當硫的四分之七。故知以上所得答數 17.5，確係合理。像這樣地加以核對，不論是誤放了小數點，或顛倒了分子和分母，都可立時覺察。

【例二】假定所需的鐵能如數供給，試計算從 10 克的硫黃可製成硫化鐵 (FeS) 若干？



$$\frac{10}{32} = \frac{x}{88}$$

$$x = \frac{88 \times 10}{32} = 27.5 \text{ 克的硫化鐵。}$$

【驗算】鐵重 (17.5 克) + 硫重 (10 克) = 硫化鐵重 (27.5 克)。

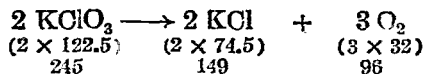
104. 【另一解法】已知 32 克的硫黃能產生 88 克的硫化鐵 (FeS)，則 1 克的硫即可產生 88 的  $\frac{1}{32}$  克的硫化鐵，而 10 克的硫黃當能產生 10 倍此數的硫化鐵，即  $\frac{10 \times 88}{32}$ ，或 27.5 克。

此處所得的結果，雖與上法相同，但所用的方法已減少許多曲折了。

105. 【方程式的定量意義】我們已知一個方程式經平衡以後，就能給讀者許多極有價值的報告。牠使我們知道發生反應時的物

質和產物，同時亦使我們知道每種物質的分子數。最後我們又可用式量表求得方程式中各物質的相對重量。

【例】由用氯酸鉀加熱製取氧氣的方程式中，我們能計算出氯酸鉀、氯化鉀和氧的相對重量；如：



把各元素的‘原子量’加起來，即可得每一分子的式量：

$$\text{KClO}_3 \text{ 的式量} = 39 + 35.5 + (16 \times 3) = 122.5$$

$$\text{KCl 的式量} = 39 + 35.5 = 74.5$$

$$\text{O}_2 \text{ 的式量} = 2 \times 16 = 32.$$

因為方程式中的氯酸鉀和氯化鉀都有兩個分子，所以各式量都乘以二；又因氧分子有三個，故將其式量乘三。

現在我們可照下法讀此方程式：245 份重的氯酸鉀能產生 149 份重的氯化鉀和 96 份重的氧。

106. 【重要數字】用以解答本書中各問題的原子量，都為本書卷末附表中所載的近似值 (approximate value)。此等數字，並非測定所得的最正確的數值，但於一般應用上，已甚合適。只有在極正確的化學工作上，才須採用最正確的數值。此等近似值至多不過三位，自左起算的第四位，第五位或第六位都經略去。例如鉀的正確原子量為 137.37，但我們僅採用 137 三位；因此，在演算中的答數我們祇須用最近的三位數字來表示。因為所採用的原子量至多不過三位，所以答數中的第四位、第五位及第六位各數字，自無甚重要意義。因此本書習題的答案，祇需三位重要數字就夠了。在一組數字前的‘零’，如在 0.00672 中，並不認作重要數字；而此處之三位重要數字，只是 6、7、及 2。

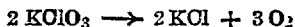
107. 【解答重量問題的五個步驟】 由演算問題的經驗，我們知道依據一定的步驟，較為迅速，而且可以減少發生錯誤的機會。茲將五個步驟列下：

- (1) 將問題中的反應，寫成一個完全的方程式。
- (2) 將問題中的式量，寫在各物質的式的下方。
- (3) 將已知物質的重量，寫在該物質的式的上方，將  $x$  (克或磅) 寫在欲求物質的式的上方。
- (4) 作一分數方程式。一端是已知物質的重量，除以該物質的式量，另一端是  $x$  除以欲求物質的式量。以實在重量為分子，以式量為分母。
- (5) 解此方程式，並用略算法，核算所求得的答數是否合理。

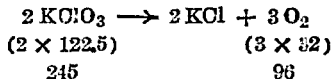
108. 【例題】 今欲製取 10 克的氧，問需氯酸鉀若干克？

依上述五步驟演算如下：

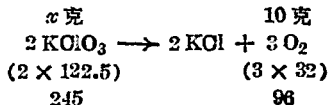
- (1) 作完全方程式。



- (2) 在分子式下寫式量。



- (3) 寫入已知量。



- (4) 作分數方程式。

$$\frac{x}{245} = \frac{10}{96}$$

$$(5) \text{ 解} \quad 96x = 10 \times 245$$

$$x = \frac{10 \times 245}{96} = 25.5 \text{ 克 (答數)}$$

【驗算】 245 約當 96 的 2.5 倍，所以答數亦約為 25 克。

### 問題與習題

1. 試計算硝酸銨 ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) 中氮的百分率。
  2. 氯化鋇結晶的公式為  $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ，由此可知每一分子的無水氯化鋇是同兩分子的水結合的。試計算氯化鋇結晶水的百分率。
  3. 求 100 克格勞勃氏鹽 (Glauber's salt,  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) 中結晶水的重量。
  4. 茲有膽礬 ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) 一噸 (2000 磅)，問其中所含結晶水若干磅？
  5. 試計算下列各化合物的百分組成：(a) 食鹽 ( $\text{NaCl}$ )；(b) 硝石 ( $\text{KNO}_3$ )；(c) 二氧化碳 ( $\text{CO}_2$ )；(d) 氧化鐵 ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )；(e) 大理石 ( $\text{CaCO}_3$ )。
- \*            \*            \*
6. 若血中的血色素 (hemoglobin) 的式為  $\text{C}_{768}\text{H}_{1203}\text{N}_{195}\text{S}_3\text{Fe}$ ，試計算其中鐵的成分。由所得的答數看來，鐵是不重要的成分麼？試解釋之。
  7. 電解水而產生 10 克的氫，求同時產生氧若干克？
  8. 設鹽酸祇含純氯化氫 35%，試求由 100 c.c. 鹽酸 (比重為每 c.c. 1.2 克) 和過量的鋅中可產生氫若干克。

### 第九章摘要

【化學方程式】 化學方程式可以表示實際的化學反應。牠是發生化學變化前後某定數原子的分子狀態圖。

一個化學方程式應當平衡，即方程式的兩邊各元素的原子數，必須相等。

【寫化學方程式的準備】 在寫方程式之前，必須知道下列各點：

1. 確實發生的反應
2. 參加反應的物質
3. 產生的物質



## 4. 參加反應各物質的式

【化學方程式所不能表明的事項】 在化學方程式中，並不指明反應時的狀況。凡不生變化的觸媒和溶劑，也不列在方程式中。又如熱的效果和反應的速度也並不表出。

【化學變化的分類】 化學變化，可分作以下四大類：

- (a) 直接化合或合成
- (b) 單分解
- (c) 單置換或單取代
- (d) 複置換或複分解

【化學式】 化學式表示化合物中所含各元素的相對重量。

【化學方程式中重量的關係】 化學方程式能表示參加反應各物質的相對重量。先將方程式寫出，再將原子量及式量代入，即可計算化學變化時所需要的和所產生的各種物質的重量。

【實在重量】 在化學方程式中，一物質的實在重量，用牠的式量去除，即等於另一物質的實在重量，用另一物質的式量去除；但此種計算法每次祇能包括兩種物質。

## 習 題

1. 欲發生氧 4 克，問應需氯酸鉀若干克？
2. 欲發生氧 4 克，應須氧化汞若干？
3. 在題 2 中，應得汞幾克？
4. 用鋅 6.5 克和鹽酸反應，可生氫若干克？若和硫酸反應，應生氫若干克？
5. 用磷 6.2 克燃燒後，應得五氧化二磷( $P_2O_5$ )重若干克？
6. 將蒸汽通過 100 克的鐵，待鐵全部變成磁性氧化鐵( $Fe_3O_4$ )之後，問應生氫若干克？
7. 將氧化銅( $CuO$ ) 40 克，在乾燥氫氣流中加熱而還原為金屬銅。試計算 (a)

所需氫的重量；(b)所成銅的重量；(c)所成水的重量。

8. 結晶碳酸鈉(洗滌碱)10克經小心加熱後,則得無水碳酸鈉( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )3.70克,試計算所含的結晶水為幾分子?
9. 明礬的式為 $\text{K}_2\text{Al}_2(\text{SO}_4)_4 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$ ,試計算其中所含的結晶水的百分率?
10. 計算上題中明礬中氧的百分率!

### 進修研究題

【實用的化學計算】設有一觀測氣球,需氫100,000立方英尺,方能裝滿。試計算所需原料之價值,若所用的氫得自(a)鋅與酸?(b)得自鐵與酸?最便宜的酸是那一種?這些方法中,何者較為經濟?

在製造氫氣時,除原料外尚有別項費用,應當先設法探出,方能得最後的答案。(關於原料的市價,可向各大藥房函詢)。

### 第七章至第九章複習題

1. 試述下列各名詞的定義,並各舉一例:(a)價;(b)氧化;(c)還原;(d)式量;(e)複取代。
2. 化學方程式是依據一個基本的化學定律和一個基本的理論而成立的。二者為何,試分別說明。
3. 試寫出(a)組中化合物的名稱,與(b)組中各物的式:(a) $\text{SnS}_2$ ;  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ;  $\text{Ti}_2\text{O}_3$ ;  $\text{CrCl}_3$ ;  $\text{H}_2\text{S}$ ;  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ;  $\text{AlPO}_4$ 。(b)氯化錫、硝酸鉍、氧化鎳、磷酸鈣、硫化鋁。
4. 寫出下列各反應的平衡方程式(全部用式表示):(a)氯酸鈉的分解(加熱);(b)銅與硫的結合(加熱);(c)硫酸與鎂的作用;(d)硝酸銀與氯化鉀(在溶液中)的作用;(e)氯化鉍和磷酸鈉(在溶液中)的作用。
5. 題4中各方程式代表何種化學反應,試分述之。
6.  $2\text{O}$ ,  $\text{O}_2$ , 與  $\text{O}_3$  間的區別如何?
7. 用文字詳述下列方程式所示之一切事實:  

$$2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$$
8. 下列各定律中,何者是重量定律,何者為體積定律?(a)定比定律;(b)賴•呂薩克定律;(c)倍比定律;(d)質量不減定律。
9. 試敘述下列各定律,且各例舉:(a)質量不減定律;(b)定比定律;(c)倍比

定律；(d)氣體容積合成定律。上列各定律各爲何人所首述？大約在什麼時代？

10. 道爾頓所假設的四點，試用自己的文句加以說明。

\* \* \*

11. 在電弧焊接炬的‘原子焰’和氫氣吹管的火焰中所生的氫，都能產生極高的溫度，試加以解釋。

12. 試寫出下列各反應的平衡方程式：(a)鈉在水面；(b)過氧化氫的製取；(c)氮通過熱鎂；(d)二氧化碳與水；(e)氫氧炬。

13. 在火爐中燒煤的化學變化，怎樣可以用質量不減定律來解釋？

14. 當氫與氧的混合物爆發時，其‘能’以何種方式放出？這種能在未爆發之前，以何種方式存在？試應用能不減定律解釋這個反應。

15. 依觀察所得，當鐵和硫化合時所成的硫化鐵，其中所含的‘化學能’較原來的鐵與硫多呢還是少？

\* \* \*

16. 計算硝酸銨  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4(\text{NO}_3)_2]$  中氮的百分率。

17. 銅和氧可以依照下列組成合成兩種化合物：

	I	II
銅 .....	79.9	88.8
氧 .....	20.1	11.2

試說明這是倍比的例子。

18. 以氯酸鉀 10 克和二氧化錳 5 克的混合物，放在一隻大號派來克斯玻璃試管中，加熱製氧，(a) 試計算所發生氧的體積(在尋常狀況時)；(b) 存留在試管裏的是什麼？各物質的重量有多少？

19. 今有 196 克純  $\text{H}_2\text{SO}_4$  的稀硫酸，欲將其中全部之氫取代出來，問需鎂幾克？需鋅幾克？需鋁幾克？

20. 試計算下列各化合物中的百分組成：(a) 硫酸銨  $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$ ；(b) 蔗糖  $(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11})$ ；(c) 磷酸鈣  $[\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2]$ ；(d) 樟腦  $(\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{O})$ ；(e) 苯  $(\text{C}_{10}\text{H}_8)$ 。

## 第十章

### 氯化鈉和氫氧化鈉

食鹽的所在——鹽水的電解——電解電池  
鈉的發現——鈉，一種金屬——氫氧化鈉的實驗室製法——氫氧化鈉的  
性質及用途——一種模式的鹼類

109. 【食鹽即氯化鈉(NaCl)】 我們以前所討論的只有一種普通的化合物——水。我們現在要研究一種極常見的化合物——食鹽。牠是由鈉(一種金屬)和氯(一種氣體)兩種元素組成的，因此稱為氯化鈉(sodium chloride, NaCl)。

大量的食鹽，用於家庭中調製食品。事實上用於食品中調味的食鹽量，比之身體中所能利用之量，要超過很多。自然界所產的粗鹽，俗稱岩鹽(rock salt)，可用以凍結冰淇淋、餵飼牲畜、醃肉和保藏魚類等。可是鹽的最大銷路卻在化學工業上。因為牠是最賤的氯的化合物，所以用以製造氯氣、鹽酸、漂白粉、以及其他的氯化物。又因牠是最賤的鈉的化合物，所以又用以製造洗滌碱、苛性鈉、焙用碱以及其他的鈉化合物。我國塘沽的永利化學工業公司和上海的天原電化廠，便是利用食鹽以製造以上各種化學藥品的大工廠。至於其他應用大量食鹽的工業，值得一說的，有陶業、玻璃業和肥皂業等。

110. 【食鹽的所在】 大量的食鹽礦牀分佈在美國，奧國，和德國等處。美國食鹽產量為任何國所不及，而尤以密西根省為最多，

若以所產鹽質的純粹論，則紐約州當首屈一指。<sup>54</sup> 在海水所含的溶解物中，食鹽占較大部分，而內陸湖池，如大鹽湖和死海等的水中，也含有大量食鹽。商業上的食鹽，有掘岩層而成的，即所謂岩鹽，有蒸發海水而成的，就叫做海鹽，有蒸發湖池之水而成的，就叫做池鹽，又有在鹽井附近掘井汲水而煮成的，就叫做井鹽。我國沿海各省都產海鹽，其中長蘆，山東，兩淮各鹽場，自古就很著名。至於內地各省，則四川的井鹽，山西的池鹽，產量也很可觀。用海水製鹽的方法，各處

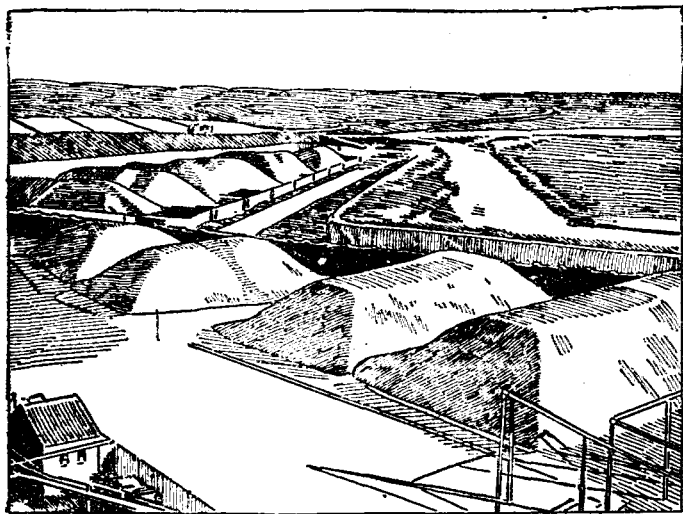


圖 63. 永利化學工業公司的鹽田，在河北塘沽

不同，我國沿海及舊金山海灣一帶，有將海水引入淺灘，而利用天日或風力來蒸發而成的。其他寒冷的區域，如俄國，則有利用天氣的寒冷把鹽水中的水分結冰析出而成的。不過一般都將食鹽溶液在減壓下加熱蒸發，使純鹽首先結晶而出，如有必要，可用再結晶法來提

淨牠。

工業上所需的食鹽，大都只須把天產的岩鹽，擊成勻整的顆粒就行。至於供烹飪用的食鹽，就非提淨雜質，研成細小的結晶粉末不可。食鹽中通常都含有少量的氯化鈣和氯化鎂，這種氯化物極易從空氣中吸收溼氣，而使之黏合成為塊狀。至於化學的純粹食鹽，即除去這種雜質的所謂精鹽，就不會從空氣中吸收水份了。我國烹飪，向用粗鹽，自民國四年久大精鹽公司成立後，市上始有精鹽出售。

111. 【食鹽溶液的電解】 我們已經說過食鹽(氯化鈉)是由氯和鈉兩種元素組成的。當電流通過氯化鈉的濃溶液的時候，就有氯氣在陽極發生，氫氣在陰極發生(圖 64)。也許最初在陰極附近生成鈉，可是我們以前已經說過 (§ 45) 這元素能很快地和水起作用，所以結果是發生了氫，並在溶液中生成了一種物質叫做‘氫氧化鈉’

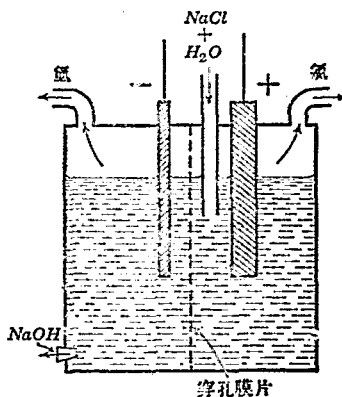
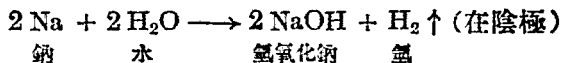
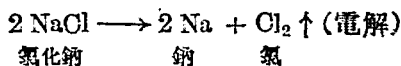


圖 64. 食鹽水電解的圖解

(sodium hydroxide)。這些變化可用下列方程式來表示：



這個電解法是製造氫氧化鈉、氯和氫\*的商業方法之一。

\* 因為氫是偶然製成的，所以稱為‘副產品’。

## 112. 【商業上用的分解食鹽的電解電池】 商業上電解食鹽的電池有

好幾種。圖 65 表示此類電池的一種福爾斯圖筒電池的原理。石墨棒浸在鹽水中作為陽極（十端）。陰極（一端）為一穿孔的鋼質膜片，膜片的一邊貼着壓縮的石綿，以防止氯氣和氫氧化鈉溶液相混合。食鹽的濃溶液從近陽極處加入。在近陰極處生成的氫氧化鈉溶液被陸續排出。這排出的氫氧化鈉溶液在高溫下蒸發後，就成為熔融狀態，而可模製成任何形狀。氯氣從近陽極的圓頂中的導管逸出，氯氣則在陰極外方的出口逸出。

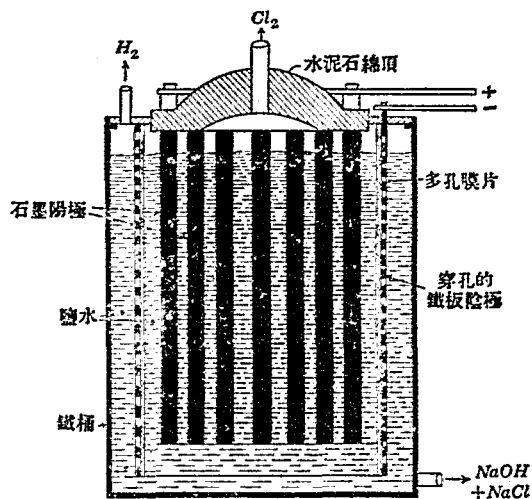


圖 65. 福爾斯電池的縱剖面

大量的氫氧化鈉或苛性鈉，都藉氯化鈉濃溶液的電解而製成。有些工廠如造紙廠之類，既需供給氯氣的漂白粉又需苛性鈉，因此除了氯氣以外，對於氯化鈉電解的一切產品都能直接利用。從陽極發生的氯氣可直接通至氫氧化鈣中，而造成‘漂白粉’(bleach)。至於把液化的氯裝入鋼筒中作漂白用的，需量也不少，而且在日漸增多。

## 問 題

1. 舉出食鹽的用途六種。
2. 食鹽的主要來源是什麼？
3. 舉出我國自古著名的三大鹽場。
4. 海水中為什麼含有鹹味？
5. 非洲土人用金塊來換食鹽；從前的歐洲人用鹽塊來當錢用。試解釋之。

6. 普通粗鹽都容易受潮，精鹽卻不易受潮。試解釋之。
  7. 試述用福爾斯電池製造氫氧化鈉的方法。
  8. 用電解法製造氫氧化鈉，有什麼重要的副產物？
  9. 在電解食鹽水的時候，為什麼不能在陰極得到金屬鈉？
- \*            \*            \*
10. 商業上電解食鹽溶液，為什麼都用碳精板做陽極？
  11. 電解食鹽水時，為什麼必須使氫與氯隔離？
  12. 為什麼商業上不使鈉和氯直接化合以製成氯化鈉？
  13. 為什麼食鹽用作製造許多其他鈉鹽的原料。
  14. (a)我國沿海各省所產食鹽用怎樣的方法製成？ (b)在地中海沿岸呢？ (c)在冬季的俄國白海沿岸呢？
- \*            \*            \*
15. 欲製 160 克的氫氧化鈉，需氯化鈉多少克？
  16. 應用電解法，一噸純粹的氯化鈉，可製氫氧化鈉多少磅？
  17. 若用 17 克的硝酸銀 ( $\text{AgNO}_3$ ) 把所有的氯化鈉都從溶液中沈澱下來，試求溶液中含氯化鈉若干克？

**113. 【鈉是一種活潑的金屬】** 普通的金屬像銅、鐵、錫、鉛、鋅等，我們已知道有好幾百年了。就是貴金屬像金、銀等，古代人也已知道鑄冶的方法。可是有幾種金屬，牠們的性質非常活潑，在自然界並不單獨存在，並且不容易從別的元素中把牠們分離出來。就因為這個緣故，所以鉀和鈉的化合物如食鹽和硝石等的為世人所知，遠比金屬鈉和鉀本身為早。

鈉是一種柔軟銀色的金屬，很容易用手指來將其揉捏。牠與溼空氣作用得極快，牠的明亮的光澤只能在新切面上見到。因為鈉是一種極活潑的金屬，所以常保存在密閉的洋鐵皮罐子裏。在實驗室中，因為用量極少，所以都保存在火油中。

**114. 【鈉是得維發現的】** 金屬鈉當初本是一種實驗室裏的珍





圖 66. 得維像  
(Sir Humphry Davy, 1778-1829)  
得維最初用電池組來隔離鈉和鉀。  
他又給礦工發明安全燈。

玩,1807年由哈姆夫利·得維爵士(圖 66)最初製成。他的裝置只是一隻鉑製的坩堝連接在電池組的陽極,又有一條鉑絲連接在電池組的陰極。先把苛性鈉在坩堝中熔化,然後進行電解,使氧在陽極放出,氫和鈉在陰極放出。在這個過程中,小粒的金屬鈉從熔融的氫氧化鈉中上升表面,等到牠和空氣相接觸時,就發火而燃。

這個製金屬鈉的方法,至今還在採用,不過所用的器械比以前大些,製造器械的原料改用便宜些的罷了。並且所用的電流,現在是用發電機供

給的,而並不用電池組供給。

115. 【金屬鈉與金屬鉀】 金屬鈉向來是藉電解熔融的氫氧化鈉而製成的。

在如圖 67 A 儀器中,熔融的氫氧化鈉傳導電流正像牠的溶液一樣。氧由一電極放出,氫和鈉由另一電極析出。因為析

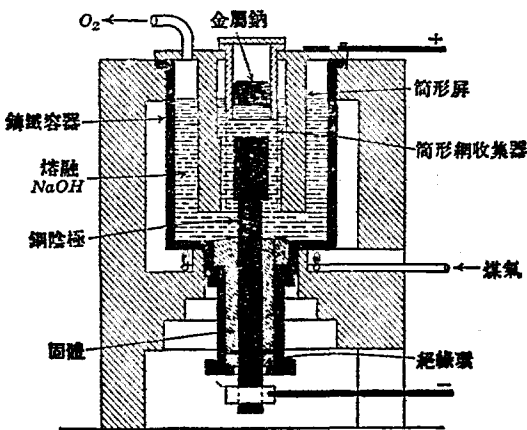


圖 67 A. 製金屬鈉的電池

出的金屬鈉在熔融的氫氧化鈉中沒有可與發生反應的空氣或水，所以可成爲游離狀態而產出。牠比熔融的氫氧化鈉爲輕，所以成爲熔融狀態而浮在頂上，可以隨時拈去。至於金屬鉀的製法，和鈉完全相同。

鈉現在也可以藉電解熔融的氯化鈉而製成，不過須在氯化鈉中混入氯化鈣和氯化鋇，以降低其熔點。

金屬鈉和金屬鉀都是極活潑的物質，只有不使之和空氣相接觸，

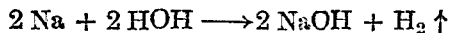


圖 67 B.  
保存在火油中的鈉

才能保存。牠們通常都保藏在火油等一類的液體中(圖 67 B)。這兩種金屬當新切開的時候，都呈銀白色，並且質地很軟。牠們能以極大的能與大多數的非金屬(如氧和氯等)相化合。鈉和水的反應前已述及 (§ 45)。至於鉀和水的反應，更是異常猛烈，當鉀和水化合時，其所發生的氫，竟至着火。

**116. 【實驗室中製取氫氧化鈉法】** 當我們製取氫 (§ 45) 的時候，我們看見鈉和水的作用非常劇烈，所以只能用少量分數次加入。在製氫氧化鈉的時候，這是必須牢記在心的。

金屬鈉在每一分子的水中取代了一個氫原子，而在溶液中生成氫氧化鈉。這作用可以方程式表示如下：



這溶液蒸發後，就剩下一種白色的固體，即爲氫氧化鈉。

**117. 【氫氧化鈉的性質和用途】** 就我們看到的來說，氫氧化鈉是一種色白質脆的固體。給實驗室用的，通常都製成條狀或粒狀而發售(圖 68)，但給工業上用的，卻爲塊狀而裝入鐵桶中發售(圖 69)。牠能很快地吸收空氣中的水份和二氧化碳，極易溶解於水。

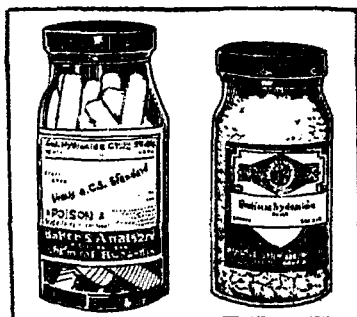


圖 68. 條狀(左)和粒狀(右)的氫氧化鈉  
牠的溶液用處極大,凡是實驗室  
中需要鹼類的時候,總是用到牠。

濃厚的氫氧化鈉溶液和溼潤的固體本身,都有強腐蝕性,所以有‘苛性鈉’(caustic soda)的別稱,極易破壞大多數的動植物質。在西洋的家庭中常用以作洗滌劑,因為牠能和油脂起反應而將其溶解。牠的商品名叫做‘鹼液’(lye),一般都裝在錫罐裏發售。氫氧化鈉又為工業上極重要的原料。例如製造硬肥皂、紙、棉織品,提煉石油,和製造煤焦油產品,都用得到牠(參看附錄中工業圖解)。

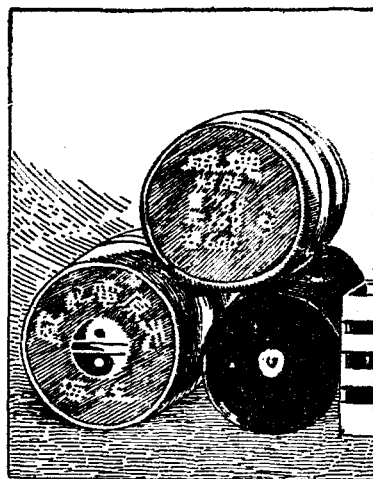
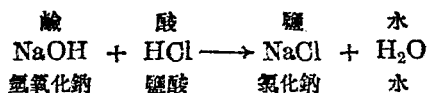


圖 69. 天原電化廠所出的燒鹼  
(即氫氧化鈉),裝入鐵桶中發售

118. 【氫氧化鈉是一種模式的鹼類】 有一類的化合物,如氫氧化鈉( $\text{NaOH}$ )、氫氧化鉀( $\text{KOH}$ )和氫氧化鈣 $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ 等,其中都含有氫氧根( $\text{OH}$ ),並且有某種共通的性質。牠們和‘指示劑’(indicator)的作用,便是一例: 牠們能變紅色石蕊試紙為藍色,變無色酚酞試液(phenolphthalein)為粉紅色。牠們都叫做鹼類(bases),能和酸類(acids)起反應而成為鹽類(salts),鹽類的性質既不同於鹼類,也不

同於酸類。例如氫氧化鈉和鹽酸相作用，即生成食鹽和水：



最後，所有溶解於水溶液中的鹼類，都有一種特殊的苦或發燒一樣的滋味，和一種滑膩如肥皂樣的感覺。

強烈的鹼類，如氫氧化鈉和氫氧化鉀，稱為強鹼類 (strong bases 或 alkalis)。在以後幾章，我們將要敘述其他的幾種鹼類，如氫氧化銨 (氨水)、氫氧化鈣 (石灰水) 和氫氧化鎂或稱苦土乳 (milk of magnesia) 等。

## 第十章摘要

【氯化鈉】 在自然界中氯化鈉有大量產出，可用以製造其他鈉化物或氯化物。

【食鹽電解】 將濃厚的氯化鈉溶液電解，可製成氫氧化鈉、氯和氫。

【金屬鈉】 金屬鈉是由電解熔融的氫氧化鈉而製成的。它是化學性極活潑的一種金屬。

【模式的鹼】 氫氧化鈉是一種模式的鹼，由一金屬和一氫氧根化合而成。

【強鹼類】 能溶於水的鹼類，如氫氧化鈉和氫氧化鉀等，叫做強鹼類。

## 問題和習題

1. 金屬鈉是誰發現的?
2. 他還有什麼別的發現?
3. 金屬鈉發現於1807年。為什麼不能發現得比這更早一點?

4. 金屬鈉在實驗室中應怎樣保藏?
5. 氫氧化鈉在實驗室中是怎樣製成的? 把牠的反應寫成方程式。
6. 舉出氫氧化鈉的若干重要用途。
7. 西洋家庭中所用的鹼液, 牠的主要成分是什麼?
8. 鹼液必須放在廚房中的水槽附近, 是什麼緣故?
9. 家庭中應用鹼液, 對於使用的人有什麼危險?
10. 指出下列各物的組成: (a) 鹼液; (b) 苛性鈉; (c) 岩鹽。  
\* \* \*
11. 金屬鈉在自然界中為什麼沒有呈游離狀態的產出?
12. 金屬鈉為什麼要當為一種金屬?
13. 把一片金屬鈉曝露在空氣中, 會發生怎樣的變化? (不要去試驗)。
14. 使食鹽不結塊, 有什麼方法?
15. 製造一種元素, 總用該元素的最廉價的化合物為原料。製造鈉是不是這樣?  
\* \* \*
16. 電解一噸熔融的氫氧化鈉, 可製金屬鈉多少磅?
17. 製造 115 克的金屬鈉, 需氫氧化鈉若干克?
18. 將 212 克的碳酸鈉 ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) 與消石灰(氫氧化鈣)共同加熱, 可製成氫氧化鈉多少克?

# 第十一章

## 氯和氯化氫

氯的發見——實驗室製法——物理性質——化學行爲——商業的製法和用途。

氯水和次氯酸——次氯酸鹽——漂白粉——初生氧——防腐作用。

氯化氫的製法——性質——鹽酸——鹽酸的用途——氯化物——氯化物的檢驗法。氯化氫的分析法和合成法。

119. 【氯的發見】 今日實驗室中製取氯氣的方法，還是和1774

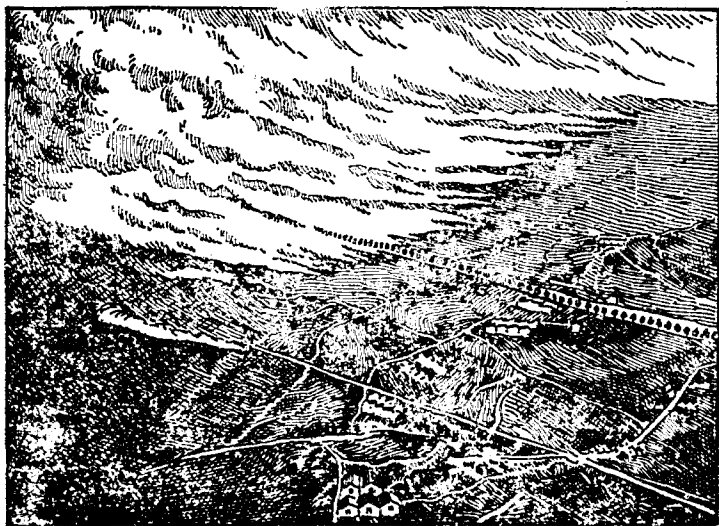
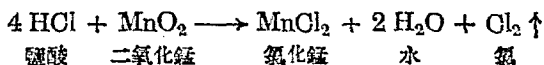


圖 70. 世界大戰時最初使用氯氣時的情形。液化的氯裝入鋼筒中，蒸發後藉風力吹向敵方。圖中所見的白色烟霧，是液體氯蒸發時吸收附近熱能，使空氣中的水蒸氣冷凝而成此潮氣。

年瑞典藥劑師舍雷 (Karl Wilhelm Scheele, 1742-1786) 所發現的方法相同,但氯的名稱卻是由得維所給與的。以後法拉第 (Michael Faraday, 1791-1867) 用冷卻和壓縮法使氯變成液體。至於一般人的知道氯,卻是在1915年,德國人採用這種惡臭劇毒的氣體來進攻協約國的時候 (圖70)。近來通都大邑中的飲用水,都先用氯殺菌,然後供給用戶,故用途漸廣。

**120. 【氯的實驗室製法】** 在前章曾述及商業上製氯的方法。但在實驗室中,常藉氧化劑和濃鹽酸的反應,以製取氯氣。氧化劑將鹽酸氧化,使酸中的氫變成水而放出氯。二氧化錳 ( $MnO_2$ ) 就是普通所用的氧化劑。錳與鹽酸中的半量的氯化合,當混合物加熱時,餘剩的氯便成氣體而逸出。這種實驗必須在有通氣裝置的煙櫥 (hood) 內舉行;以免中毒。下列的反應,應當熟記:



上式反應後產物中的氯,因其為氣體,所以用向上的箭頭來表示。

若用氯化鈉和硫酸的混合物 (能產生鹽酸) 來代替鹽酸,以與二氧化錳相作用,其結果亦同。因為氯能相當地溶解於水中,所以須用空氣取代法來集取 (圖71)。

**121. 【氯的重要性質】** 氯是一種黃綠色氣體,具有特殊刺激性的惡臭;性極毒,若在濃度很低的氯氣中,停留片刻,對於肺

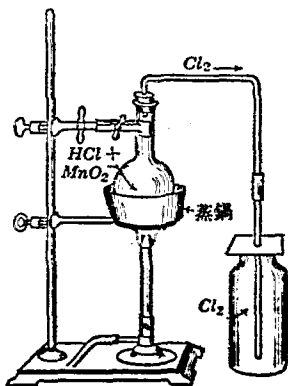
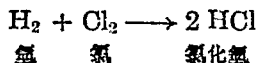


圖 71. 實驗室中製氯氣的裝置

部也會發生重大的傷害。氯氣較空氣重約兩倍半。在通常溫度加六、七大氣壓的壓力，就可使之液化。液體氯現在已成一種商品，裝在堅固的鋼筒中出售。

**122. 【化學活潑性】** 氯是一種非常活潑的物質，在室溫時能同許多種元素化合而成氯化物；同時產生多量的熱。將新研碎的鎘（冷）和砷同投入氯氣中，能立時發出火焰。氫氣流在空氣中燃點後，在氯氣中仍能繼續燃燒：



因為反應中並無氧氣存在，所以這類燃燒很是少見。至於燃燒時生熱發光的反應，乃是由氫和氯相化合而成氯化氫的緣故。若以呼氣吹入合成氯化氫瓶中，即可見鹽酸的白霧。

多數碳氫化合物（又稱曰烴），如石蠟等，能與氯起猛烈的反應，以致生出火焰。這種反應的產物是碳和鹽酸（圖 72）。所以：凡任何激劇的化學變化，能生熱發光的，就叫做燃燒。

**123. 【氯的用途】** 工業上常製造巨量的氯氣（圖 73），以作製造其他化學藥品的原料（參看附錄工業圖解）。例如二氧化硫，四氯化碳和‘三氯甲烷’（chloroform）等，都是氯的化合物。氯又為製造漂白劑和消毒劑的原料，如次氯酸或氯酸鹽的稀溶液等。氯的特殊臭氣，常可從洗衣作和漂布坊中嗅得。

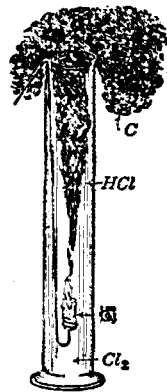


圖 72. 在氯氣中  
燃蠟燭的情況



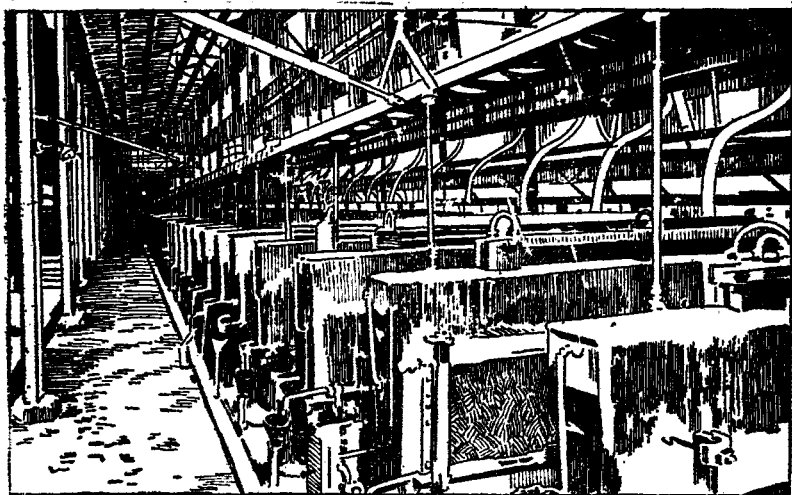


圖 73. 上海天原電化廠電解食鹽水製取氯氣的電解室 (副產物為氫氧化鈉)

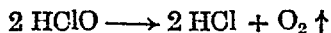
124. 【氯水和次氯酸】 氯略溶水中，在尋常狀況下，一容積的水可溶氯氣約三容積。帶有氯的色臭的氯溶液，稱曰氯水 (chlorine water)。倘使將氯水晒在日光中，即漸分解而放出氧氣，如：



在製氯水時，大約最先製成鹽酸和次氯酸 ( $\text{HClO}$ , hypochlorous acid)



第二種產物  $\text{HClO}$ ，頗不穩定，極易分解而放出氧氣：

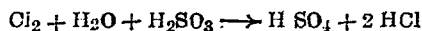


次氯酸這種物質，因為具有氧化的能力，所以在工業上用途很廣。

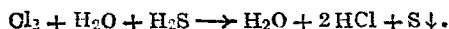
次氯酸能慢慢分解而生游離氧 (free oxygen)，可由下列證明。充氯水於試管，將其晒在日光下，不久管頂即集有氣體，可設法證明其為氧 (圖 74)。

氯水的氧化作用，可由氯水同二氧化硫溶液的作用來表示。在亞硫酸溶液中，即能

有鹽酸存在，亦不能用氯化鋇使之產生沈澱；若亞硫酸被氯水處理後，再加入氯化鋇，即有多量的白色沈澱產生，因此可知亞硫酸已被氧化而「硫酸」了。

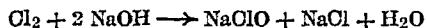


硫化氫的水溶液，與氯水作用後，能產生硫的沈澱，這也是由於發生了氧化作用的緣故：



125. 【次氯酸鹽】次氯酸鹽(hypochlorites)雖可用次氯酸來製取，但不如採用其他方法更為便利。

若以氯氣通入氫氧化鈉的冷稀溶液中，即有次氯酸鈉( $\text{NaClO}$ )產生：



實際上氯與水作用而生的次氯酸和鹽酸，在此都和氫氧化鈉也反應。次氯酸鈉又可在一隻沒有膜片的狹電池內由電解氯化鈉(食鹽)溶液而製成。在電池的一極逸出氯氣；另一極則生氫氧化鈉。這兩種物質相遇，便成為次氯酸鈉。由以上兩種方法所製得的稀次氯酸鈉溶液，其中含有多量氯化鈉。其中雖有氯化鈉的存在，但對於次氯酸鈉的效用，並不妨礙。

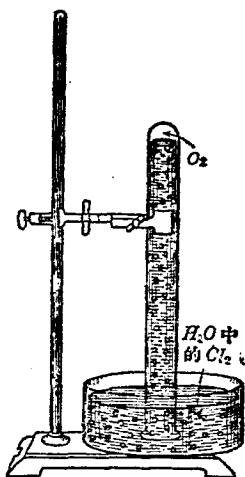
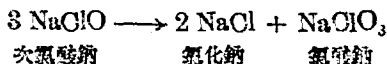


圖 74. 用日光分解氯水

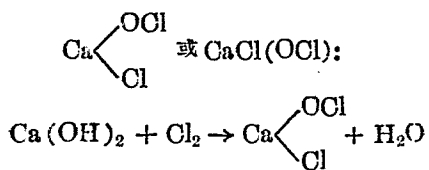
次氯酸鹽類都是不穩定的物質，因此常製為冷稀溶液，以備應用。若加熱或經時過久，即自起氧化作用而含氧較多的氯酸鹽(chlorate)。例如次氯酸鈉加熱後，即成氯化鈉和氯酸鈉( $\text{NaClO}_3$ , sodium chlorate)



又以前用過的氯酸鉀，是用氯與溫熱的氫氧化鉀相作用而製成的。

126. 【漂白粉】漂白粉 [ $\text{CaCl}(\text{OCl})$  bleaching powder] 可

用氯和消石灰製造(圖 75A),係白色粉末,不甚穩定,具強烈的次氯酸臭味。純粹次氯酸鈣的式是  $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ ; 而漂白粉的作用,則極類似氯化鈣和次氯酸鈣的混鹽(mixed salt),牠的式是:



漂白粉又稱氯化石灰(chloride of lime),用為商業上製次氯酸的原料,因為石灰的價值很賤(參看附錄工業圖解)。

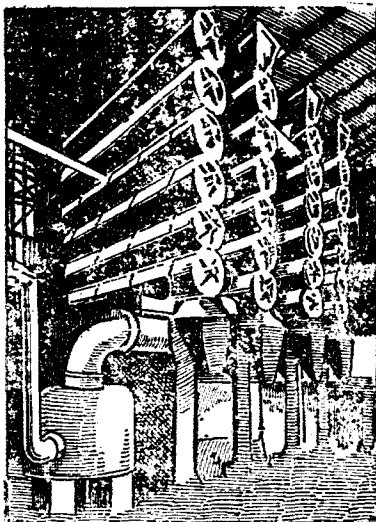
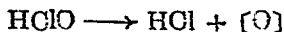


圖 75 A. 天原電化廠的漂白粉機

127. 【漂白作用】次氯酸為極有力的漂白劑,漂白即為次氯酸及其鹽類的主要用途。大多數的有色物料,都是複雜的有機物質,能被氧化而變成無色的化合物。用次氯酸的稀薄溶液,即可迅速完成這種氧化作用,因為牠能放出遊離的初生氧\*(nascent oxygen):



這種作用可用色布一方,浸入氯水中來證明,或將溼布懸置氯氣中亦可;其作用都十分靈敏。但乾燥的氯氣,則無氧化作用發生;因氯氣離了水,是不能產生次氯酸的。

\* 這種氧的活潑性通常認為是由於牠在‘原子狀態’。特用[ ]符號表示,以與分子氧相區別。也有人認為該元素在遊離時,有‘態’放出,因而活潑性也較大。

漂白是多種工業上的一種重要工作。例如各種紡織物，如棉布等，由於含有天然雜質，常帶微黃色，頗不美觀，故在銷售之前，必先行漂白。圖 75B 表示漂白棉布的經過。

將布自滾軸 (A) 經過交互隔置的漂白粉溶液缸 (B) 和稀硫酸缸 (S)。此時次氯酸僅在布的纖維中生成，故其效力特強。然後再經亞碳酸鈉溶液 (C)，

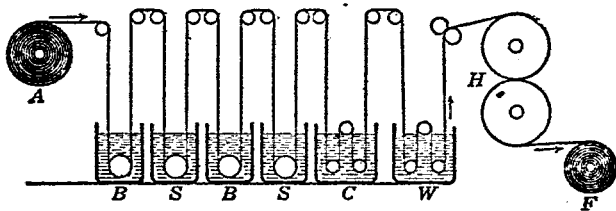
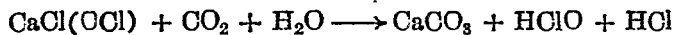


圖 75B. 商業上漂白紡織品的圖解

以除淨餘留的次氯酸，因其留在布上，能侵蝕棉布，使之不耐久用。最後用水 (W) 洗滌，再經熱滾筒 (H) 熨平，即可捲起，以備裝運到市場上去出售。

普通工業上用次氯酸漂白，可就下列各法中，採取任何一種來應用：(1) 通氯氣於冷水，以製備氯水，直接用此溶液漂白；(2) 用電解法製成的次氯酸鈉，或用氯氣與鹼作用而得的次氯酸鈉；(3) 用懸浮於水中的漂白粉。第(3)法可在家中採用。但漂白後的織物，必須將化學藥品洗淨，否則織物將逐漸為化學藥品所腐蝕。

次氯酸極易為別種酸類從次氯酸鹽中置換而得。若加稀酸於次氯酸鹽中，即生次氯酸溶液，也可以用作漂白劑。商業上用次氯酸鹽的漂白法，前已詳加說明，即將物料先用次氯酸鹽處理，而後再浸於稀酸中。普通家庭中用漂白粉漂白時所需的酸，乃是由空氣中的二氧化碳慢慢供給的，其方程式如下：



**128. 【消毒和防腐作用】** 疾病大都由於某種名叫細菌的微細植物所釀成而傳佈。這種微生物在堆積着多量的腐敗動植物質的地方，往往繁殖很多。次氯酸鹽極易氧化這種有機物料，而把細菌殺滅，所以氯化石灰久用為家庭中的消毒劑。最近則又有採用自電

解食鹽溶液而製成的次氯酸鈉溶液，以作洗拭醫院和病房中的地板和牆壁之用。

次氯酸又為外科醫術上的重要防腐劑 (antiseptic agent)，祇因人類的肉體感覺靈敏，所以僅能在特殊情形下，採取牠的極稀溶液來應用。包紮傷口用最有效力的‘打根氏溶液’ (Dakin's solution)\*，就是次氯酸鈉的 0.45-0.5% 溶液，且須配成幾近中和的性質。若為鹼性或酸性，就能使傷口潰爛。並且，若用打根氏溶液繼續流過傷口，以之作洗滌藥用，更為有效。

飲用水中的微生物，可用次氯酸把它殺滅。其法，或將少量的次氯酸鹽溶液加入水中，或使貯在鋼筒中的液體氯放出氯氣，而通入水源 (圖 76)；除了極污濁的水外，大約每一百萬份水中加入次氯酸一份已可清淨。這種淨製飲用水的方法，現已為各大城市所採用。

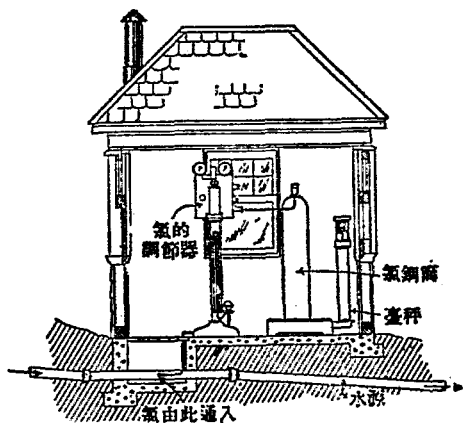


圖 76. 通氯氣於水中以淨水的圖解

## 問 題

1. 氯氣是何人和何時發明的？
2. 試作一圖，說明在實驗中依空氣取代法集取氯氣時，那輸氣管是怎樣插入瓶中的。
3. 為什麼須用空氣取代法集取氯氣？試舉出兩種理由。

\* 譯者按：此溶液由美國紐約化學家打根氏 (Henry Drysdale Dakin, 1888- ) 所發明，由加漂白粉於碳酸鈉，再用硼酸處理而成，其中含有活躍的氯 ( $Cl^-$ ) 約 0.23%。

4. 最先使氮氣液化的是何人,又在何時?
5. 被液化的氣體,以氮為最早,這是什麼緣故?
6. 氮是活潑的元素,還是不活潑的,試加說明。
7. 氮能助燃燒,試舉兩例證明。
8. 為什麼商業上的製氮法,不在實驗室中採用?
9. 試述目前液態氮的兩大用途。
10. 液態氮怎樣貯藏和運輸?
11. 為什麼氮可用作漂白劑?

\*            \*            \*

12. 實驗室內製氮法所用的兩種物質,每種物質的功用是什麼?  
 13. 舍雷最先用二氧化錳和鹽酸的混合物加熱而製氮,但他以為氮乃是一種氧化物;其後四十年,學術界中人亦作如此想。舍雷的錯誤在那裏,試加以說明。

14. 若將盛氮氣的筒放在盛氧氣的筒上,這兩種氣體不久便會慢慢地混成均勻的混合物,試說明其理由。

15. 試舉二例,證明氮氣和遊離氫氣或氫的化合物有強烈的親和力。

16. 試用方程式表示下列各化合作用: (a)氮和鈉; (b)氮和銅; (c)氮和錒;  
 (d)氮和鐵; (e)氮和磷。

17. 若用食鹽、硫酸和二氧化錳製氮,那麼採用這二種物質的目的是什麼?

18. 在福爾斯電池中電解食鹽溶液,若主要目的在獲得氫氧化鈉,則氮為副產品;若目的在製取氮氣,則氫氧化鈉為副產品,試加以解釋。

19. 若用一根燃着的蠟燭放入一瓶氮中,則此蠟燭繼續燃燒,生特殊的紅色火焰,並生黑煙。假定石蠟的公式是 $C_{27}H_{56}$ ; (a)試用方程式表明這化學的反應; (b)黑煙是何物? (c)怎樣檢定瓶中的其他產物?

\*            \*            \*

20. 用二氧化錳 348 克和過量的鹽酸發生作用,問可得氮幾克?

21. 世界大戰時美國政府在埃治武德·阿爾散納爾 (Edgewood Arsenal, Maryland) 地方製氮,每 24 小時內可製成 100 噸,今假定電解效率為 100%,問每 24 小時用純鹽若干?

## 鹽 酸

129. 【硫酸和食鹽的作用】 我們前面已經說起過 (§ 46) 硫酸

(sulfuric acid,  $H_2SO_4$ )。無疑的，它是化學家所用的一種最重要的物質。現在我們試把加硫酸於食鹽所起的變化，說明如下：

取氯化鈉一撮，放置試管中，加濃硫酸一二滴。在必要時可將其稍稍加熱，以催起作用。不久，即見食鹽上發生氣泡，漸自酸中上升。同時並可嗅得一種刺激猛烈使人窒息的臭氣。這氣體本身是無色的；然而，倘若在管口上吹一口氣，就有白霧發生。若以潤濕的藍色石蕊試紙放近管口，即由藍色變紅色。這是酸性的特徵。倘使我們將浸過氨水的濾紙來代石蕊紙，就有白色的濃霧發生，這便是‘氯化氫’ (hydrogen chloride,  $HCl$ ) 氣體的特性。

130. 【氯化氫的製取】若要進一步研究氯化氫的性質，可裝置儀器如圖 77 所示，燒瓶內貯食鹽少許，自長頸漏斗注入硫酸，漏斗頸須幾達瓶底。因為這氣體 ( $HCl$ ) 極容易溶解於水，所以不能自水中集取。然因其較空氣為重，故可用開口的空瓶以空氣取代法集取。在必要時亦可緩緩加熱。至於瓶中是否有此種氣體存在，可從其觸鼻的臭味和吹氣過瓶口時所發生的白煙來辨識牠。

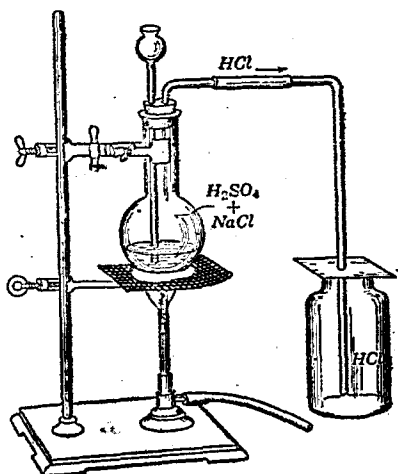


圖 77. 氯化氫發生器

商業上製取氯化氫的方法，和上述的原則沒有什麼差異。當硫酸 ( $H_2SO_4$ ) 和氯化鈉 ( $NaCl$ ) 起反應時，酸中的氫和鹽中的氯相化合，成為氯化氫的氣體而放出。瓶中所留存白色固體，稱為硫酸鈉 ( $Na_2SO_4$ )，這反應分兩種步驟，茲表明如下：



因為硫酸的沸點較高(338°C.)，而氯化氫在室溫時為氣體，故用硫酸製氯化氫，頗為適宜。至於在小規模製取的實驗中，卻不能發生第二步作用，因為牠所需的熱度太高，能把玻璃器軟化。

**131. 【氯化氫的實驗】** 氯化氫氣體極易溶解於水，可由下列實驗證明。

用一隻乾燥的燒瓶，滿盛氯化氫氣，蓋以雙孔橡皮塞，一孔中插一含水的滴管，另一孔插一直長的玻璃管，在瓶內的一端留一細口。這儀器的裝置法，如圖 78 所示。然後掀滴管的橡皮泡，將水數滴射入瓶中。這數滴的水，在溶解大量的氯化氫氣，因此下方玻璃缸內的水，受大氣壓力而上昇瓶中，好像噴泉一樣。

氯化氫所以能在潮溼空氣中成霧，就因為牠對於水有極大的溶解度。空氣中的潮氣溶解了這種氣體，便形成溶液的點滴——即鹽酸——懸浮於空氣之中，而成為白霧。

**132. 【氯化氫的性質】** 氯化氫是一種無色的氣體，比空氣約重四分之一。牠具有猛烈刺激性的惡臭，極容易溶解於水，在 15°C. 時，每立方厘米的水可溶 450 立方厘米之多。氯化氫既不能自燃，也不助燃；在室溫時，乾燥的氣體與金屬作用極慢；在高溫度時卻能和數種金屬起作用，其中的氫成氫氣放出，而氯則和金屬化合(單取代)。

氯化氫能與鋅作用而成氯化鋅(ZnCl<sub>2</sub>)，氯化鋅為白色固體，其反應的方程式如下：

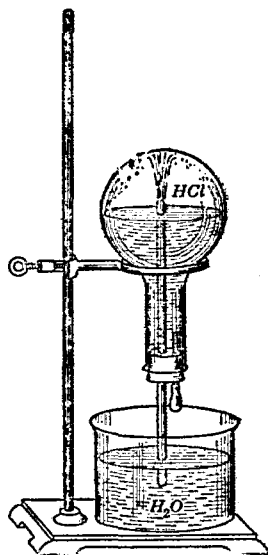
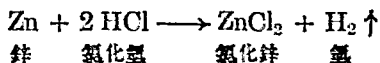
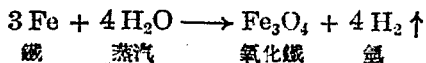


圖 78. 證明氯化氫極易溶解的實驗

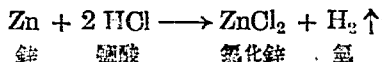


以上的反應，與蒸汽和鐵的反應相似，不過後者生成氫和氧化鐵，其反應方程式如下：



133. 【鹽酸】 氯化氫的水溶液普通稱為鹽酸 (hydrochloric acid)。牠的性質和乾燥氯化氫完全不同，所以這兩種物質不能混為一談。氯化氫的水溶液，就重量而言，最多可含此氣 40%；其水溶液含 30% 以上的，稱為濃氫氯酸，在商業上通稱為鹽酸。<sup>\*</sup> 若以 3 倍容積或 4 倍容積的水沖淡濃鹽酸，即得稀鹽酸。所謂‘化學純粹’ (C. P.) 的鹽酸，即純粹氯化氫氣溶於蒸餾水中的濃溶液，乃無色液體，其密度約為每立方厘米 1.2 克。

鹽酸是一種極活潑的物質，我們以前曾用牠製氫 (§ 47)。牠和鋅的反應很猛烈，而生成氯化鋅。實則除汞、銀、銅和鉛之外，其他普通金屬，均能與鹽酸產生金屬的氯化物和氫氣。至鹽酸與鋅所起反應的方程式如下：



這反應和乾燥的氯化氫無異，但作用甚速，而且能在室溫時進行。

134. 【鹽酸是模式的酸類】 因為鹽酸是實驗室中極常見和極有用的酸，我們最好把牠的特性總述一下。這種特性在其他酸中，亦可發見。

1. 稀的鹽酸有酸味。
2. 鹽酸能使藍色石蕊變紅，並可使粉紅色的‘酚酞試液’ (phenol-

<sup>\*</sup> 在商業上的英名為 Muriatic acid.

phthalein solution) 變為無色。

3. 許多普通金屬如鋅、鐵、和鎂等，能代取並放出鹽酸中的氫，而有氯化物生成。

4. 若以鹽酸和氫氧化鈉溶液混和，則成中和的食鹽水溶液。

135. 【鹽酸的用途】 鹽酸是食物消化過程中所必需的物質，所以胃中常發見微量的鹽酸；在人體中，牠是由伴  
着食物而吃下去的鹽所變成的。

濃鹽酸常大量製造，以供給工業和實驗室之用。這種酸多盛於玻璃罐或陶質罐內，外裝木箱(圖 79)，以便運輸。銅錫匠和鉛匠也常採用鹽酸以洗淨所欲焊接的金屬面。

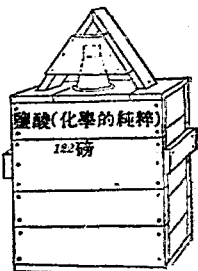


圖 79. 盛鹽酸罐的  
大木箱，以便轉運。

136. 【氯化物】 一元素與氯化合所成的化合物，稱為氯化物 (chloride)。凡是由鹽酸中和鹼類所得的鹽，不論所用的鹼是什麼，都稱為氯化物。若以金屬如鋅等和鹽酸起反應，則得金屬的氯化物(如氯化鋅)。有時氯化物可由元素與氯直接化合而成，例如銻和氯 (§ 122) 是。

在所有氯化物中，除氯化銀 (AgCl)、氯化鉛 (PbCl<sub>2</sub>) 和氯化亞汞 (HgCl) 以外，其他都極易溶解於水。

137. 【氯化物的檢驗法】 在化學實驗室中，我們往往要檢定某一種物質，這種過程稱為檢驗 (test)。例如，我們已有好幾次用石蕊試紙來檢驗酸或鹼。由銀和硝酸所製成的‘硝酸銀’ (silver nitrate) 溶液，可用以檢驗氯化物。因為牠能和含有氯化物的溶液，生成白

色凝乳狀的沉澱。沉澱是在溶液中由化學作用所生的固體；牠在這特殊的溶液中是不能溶解的。

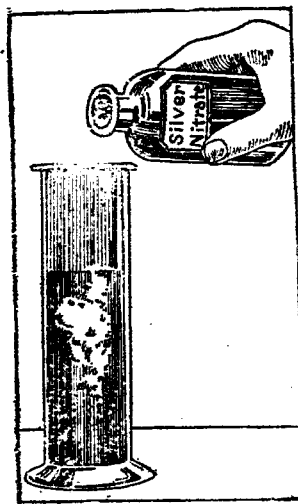
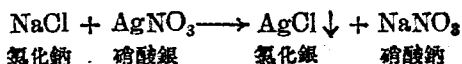


圖 80. 將硝酸銀加入鹽水中而使氯化銀沈澱

取氯化鈉(NaCl)少許溶解於水，而後加入硝酸銀溶液數滴，溶液中即生白色凝乳狀的沈澱(圖 80)，這就是氯化銀。

將含有沈澱的液體，分為兩份。在一份中加入氨水，另一份中加入硝酸，即見這沈澱溶於氨水，而不溶於硝酸。如將白色沈澱在日光下曝曬稍久，就轉成紫色，這便是有氯化物存在的一個可靠的證據。

這個複分解[§ 102 (4)]的方程式，可表示如下：



[註] 在 AgCl 後向下的箭頭，表示氯化銀沈澱而降下。

這種檢驗，十分靈敏，即含有極微細的氯化物存在，亦能辨認。

138. 【氯化氫的分析】 在實驗室中製取氯化氫的方法，我們已在 §130 中見到過；現在我們再來分析這種化合物，並以實驗證明氯化氫由氫和氯兩種元素化合而成。這個分析法與以前分析水時所用的方法相同 (§64)，叫做電解。

分析時所用的儀器，如圖 81 所示，將濃鹽酸盛入器內，通電於溶液，就見陰性的(-)碳極上生氫，而陽性的(+)碳極上生氯。起初，因為氯能溶水中，故所集的氣體分量不等，但過了片時，液體既經飽和，則此二氣，氫和氯，即以等容積而集

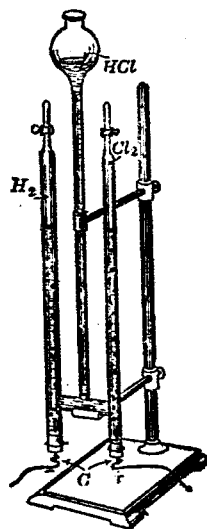


圖 81. 鹽酸的電解

於管中。

在這個實驗中，我們可以從氯化氫的水溶液中得着相等容積的氫和氯。

139. 【氯化氫的合成】 我們也能採用合成水時的同樣的方法 (§65)，用同容積的氫和氯來合成氯化氫。不過這實驗和上節所講的倒轉過來罷了。

我們先以電解法製取等容積的氫和氯的混合物，其法如下。在小瓶中滿貯混鹽酸，幾及瓶頸，通電流入溶液，經 15 分鐘，而後將出口管與兩端有活塞的厚玻璃管 (圖 82) 相接。使氫氯兩氣通過這直長的玻璃管後，再進入氫氧化鈉溶液以除去過剩的氯化氫。全部儀器須用黑布遮蔽，以免受日光而



圖 82. 合成氯化氫用的玻璃管

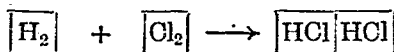
過早地發生爆炸。最好讓氣體經過儀器至少達 15 分鐘以後，纔緊閉兩活塞，而停止電流。

倘使這玻璃管裝着鉛絲，那麼這等容積的氫氯混合物，可因電花而起爆炸。若是露在日光或鎂光之中，那麼就更容易爆炸了。請留神！這兩種氣體爆炸得很快，並沒有聲音，祇在管裏放出嘶塔的微聲和一線閃光罷了。

如欲顯示所成氯化氫的容積，可將管的一端放在盛汞的淺皿中，並振開該端的活塞。因汞並不上升管中，也沒有氣泡逸出，故知氯化氫的容積恰等於氫氣和氯氣的容積之和。

倘使我們把管子插入水中，而將管塞振開，即有水急速地衝入管中。如再將管中的水，加以檢驗，便知管中的水都變成鹽酸了。

這種實驗，足以證明氫一容積和氯一容積能合成氯化氫兩容積。



氫 1 容積 + 氯 1 容積 → 氯化氫兩容積

這是給·呂薩克容積定律 (§66) 的一個極有趣味的實例。

140. 【鹽酸的商業合成法】 近來在商業上大規模製造鹽酸的方法，是用氫氯兩氣直接化合的。這兩種氣體，乃是製造苛性鈉時

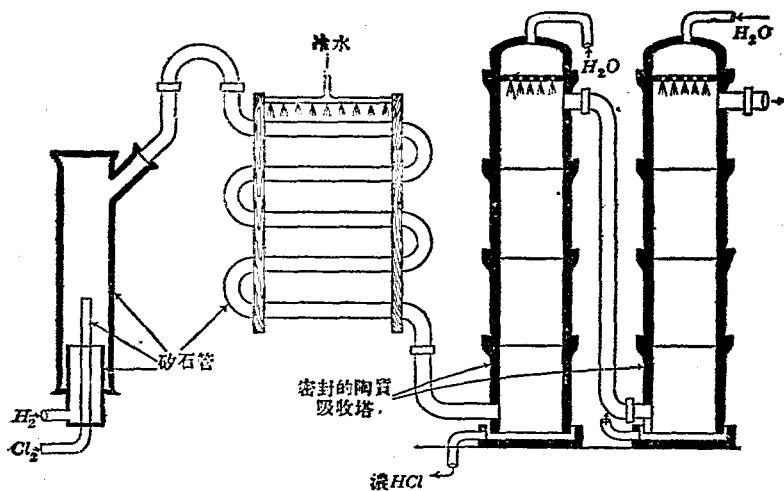


圖 83 A. 商業上合成鹽酸法圖解

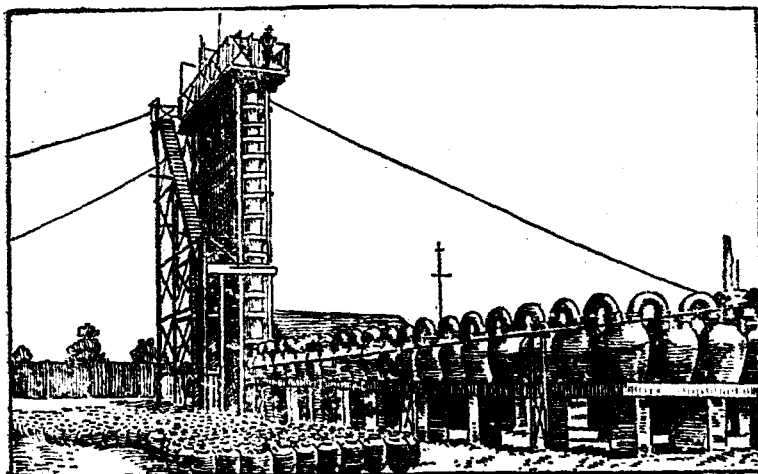


圖 83 B. 天原電化廠合成鹽酸的吸收塔

的副產品 (§ 112)。製造時，將這兩種氣體同放入砂磚室裏的耐酸爐中，牠們便化合(圖 83 A)而成氯化氫；然後將其溶入噴霧中，就成鹽酸溶液。

## 第十一章摘要

### 【氯的製法】

1. 工業上由電解氯化鈉而製成。
2. 在實驗室中，由二氧化錳氧化鹽酸而製成。

### 【氯的物理性質】

1. 黃綠色毒氣。
2. 有特殊刺激性的臭味。
3. 略能溶解於水成爲氯水。
4. 比空氣爲重。
5. 極易液化。

### 【氯的化學性質】

1. 不能燃燒。
2. 能助數種物質燃燒，如氫和烴等。
3. 與金屬化合則成氯化物。
4. 能漂白潤溼的物料，因爲氯與水可成次氯酸，次氯酸是一種氧化劑。
5. 在日光下或利用電花，氯能和等容積的氫氣化合而成氯化氫。

### 【氯的用途】

1. 漂白棉織品和紙漿。
2. 淨製飲用水。

3. 防腐劑和消毒劑。

4. 製造含氯的化合物。

【氯水】 氯水中含有溶解的氯，以及鹽酸和次氯酸。次氯酸僅在溶液中發現，很不穩定，可分解而成鹽酸和氧氣，是一種極有效的氧化劑。

【次氯酸鈉】 將氯氣通過氫氧化鈉的冷溶液，或電解氯化鈉溶液，都可製成次氯酸鈉。次氯酸鈉加熱便成氯酸鈉。

【漂白粉】 漂白粉又稱‘氯化石灰’，是由氯和消石灰作用而製成的；牠的作用類似一種混鹽 $[\text{CaCl}(\text{Cl})]$ 。

【次氯酸鹽和次氯酸】 次氯酸和次氯酸鹽都是絕好的漂白劑；在工業上即採作漂白之用。

次氯酸是消毒和防腐劑，可用以淨製飲用水。氯化石灰亦可作消毒劑用。打根溶液 (Dakin's solution) 是近世最有效力防腐劑之一，牠的功用全賴所含的次氯酸鈉。

【氯化氫】 由濃硫酸和氯化鈉相作用，可以製成氯化氫。又氯化氫也可以用氫氯兩氣直接合成。

【氯化氫的性質】 氯化氫是具有刺激性惡臭的無色氣體，遇潮溼空氣即生白霧，極易溶解於水。較空氣約重四分之一。其乾燥氣體不活潑。

【氫氯酸(鹽酸)】 鹽酸是氯化氫的水溶液，與金屬(如鋅等)起反應，即放出氫氣。

【氯化氫的組成】 氫氣一容積可和氯氣一容積化合而成氯化氫兩容積。

## 問題和習題

1. 在合成氯化氫時，那一點應當注意？
2. 為什麼氯化氫的水溶液，比乾燥氣體更有用？
3. 製造氯化氫時，什麼物質供給氫，又供給氯的是什麼？
4. 金屬銅與鹽酸不起反應，但氧化銅( $\text{CuO}$ )則極易溶於酸中，試列方程式表示。
5. 用食鹽做原料，怎樣製取(a)氯氣，和(b)氯化氫？
6. 試舉四種製取氯化銅方法，用方程式表示。
7. 怎樣證明某種無色的液體是稀鹽酸？
8. 在商業上採用合成法製造鹽酸，為什麼實驗室中不用這方法？
9. 試舉四種不能從氯化氫中取代氫的金屬，並分別申述理由。
10. 試用方程式，表示鹽酸與(a)鋅，(b)鉛，(c)鎂，(d)消石灰，和(e)苛性鈉等物質的作用。

\* \* \*

11. 怎樣區別鹽酸和氯化氫？
12. 若加熱濃鹽酸，將有什麼東西逸出，試述其理由。
13. 怎樣證明某溶液內是否含有氯化物？
14. 何以錫匠在焊接金屬時，要用鹽酸？
15. 為什麼鹽酸不裝在洋鐵罐中運輸？
16. 濃鹽酸瓶開口時，能在空氣中生成濃霧，若吹氣在瓶口上，那白霧更濃，這是什麼緣故？
17. 氯化氫的合成，可用那條化學定律說明？又以前那一個實驗，也能說明這定律？
18. 試比較下列各物質的密度：(a)氯和氫、(b)氫和氯化氫、(c)氯和氯化氫。
19. 今有鹽酸一瓶，你有什麼方法可以決定它是濃鹽酸抑稀鹽酸？
20. 在實驗室中製取氯化氫時所用的各物質，試將其功用一一說明。

\* \* \*

21. 試計算氯化氫的百分組成。
22. 使硫酸和 234 克的氯化鈉起完全作用，問需要硫酸多少？
23. 使氯化鈉與濃硫酸相作用，問欲得氯化氫 146 克，需氯化鈉若干克？
24. 使硫酸 46 克同氯化鈉起完全作用，問可產生氯化氫若干克？
25. 若將 24 厘中所得的氣體溶於水中，製成 30% 的溶液，其密度每立方厘米為 1.15 克，問所生的鹽酸有幾立方厘米？



## 第十二章

### 酸類 鹼類 鹽類

酸類概說——鹼類概說——鹼類和酸類的中和——酸類、鹼類、鹽類的命名——中和與分析——鹼類與酸類的克分子溶液與規定溶液。

**141. 【酸類概說】** 在第十一章中，我們對於鹽酸已有詳盡的討論。鹽酸只是一大類稱為酸類(acids)的物質中的一例。凡酸類都含有氫。在稀水溶液中，酸中的氫可以被某種金屬所逐出。這種化學反應，是一種取代作用，因為酸中的氫被金屬所取代了。另有些物質像蔗糖等，也含有氫，可是因為牠們不能被金屬所取代，所以不是酸類。一切酸類的水溶液，都有特殊的酸味，而且都能把一種天然的染料叫做石蕊的自藍色轉成紅色。比較普通的酸類，除鹽酸、硫酸以外，尚有硝酸(nitric acid, 可用以製造硝化甘油和硝化纖維)、醋酸(acetic acid, 就是使食醋呈酸味的物質)、檸檬酸(citric acid, 存在於檸檬和橘子中)、酒石酸(tartaric acid, 存在於葡萄中)、蘋果酸(malic acid, 存在於蘋果中)、和乳酸(lactic acid, 存在於酸牛乳中)等。

酸類的另一特性，是牠們能和某種化合物所謂鹼類的起很快的反應。現在就把鹼類的通性，申述如下。

**142. 【鹼類概說】** 我們已經見過(\$45)，當鈉和水起反應時，就生成了氫和一種化合物叫做氫氧化鈉(NaOH)。氫氧化鈉為白色固體，能溶於水，是一種模式的鹼類(bases)。在西洋，常把牠裝入洋鐵

罐中出售，標名為lye、鈉鹼(soda lye)或苛性鈉，用以作強烈的‘洗滌劑’(cleaning agent)，因為牠具有溶解油脂的性質。當廚房或浴室中的水管被堵塞時，就可用濃鹼液注入管中，以溶去之。據估計，美國每年約產700,000噸的氫氧化鈉。牠在化學工業上應用極廣，如製造硬肥皂，即其一例。

可溶性鹼類中的氫氧化鈉(NaOH)和氫氧化鉀(KOH)，以其鹼性較強，叫做強鹼類(strong bases或alkalies)。氫氧化鉀的商用名稱為‘鉀灰’(potash)、鉀鹼(potash lye)或苛性鉀(caustic potash)。其他的鹼類尚有氫氧化鈣[Ca(OH)<sub>2</sub>]，即‘消石灰’或石灰水；氫氧化鎂[Mg(OH)<sub>2</sub>]，即‘苦土乳’；和氫氧化銨(NH<sub>4</sub>OH)，即‘氨水’(鹿角精)等。

鹼類的水溶液都有一種特殊的苦味或強烈的澀味，和一種滑膩如肥皂樣的感覺。牠們能變紅色的石蕊質為藍色，適和酸類所引起的變化相反。牠們都含有氧和氫，這氧和氫是結合在一起的，叫做氫氧團(hydroxyl<sup>1</sup> group, OH)。

143. 【鹼和酸的中和】 當鹼和酸的溶液放在一起時，如果分量適當，那末鹼和酸的特性都會消失。顯然其中已發生了化學變化。我們稱鹼和酸已相互中和，這作用就叫做中和(neutralization)。要決定在一定量的鹼溶液中加入多少分量的酸溶液，才可以使之中和，我們可用石蕊或其他的指示劑\*(indicator)如酚酞(phenolphthalein)等來檢查。

假使令10立方厘米的鹽酸從一滴管(burette)(圖84)中流入燒杯，再加入石蕊液一兩滴，則溶液變成紅色。然後用氫氧化鈉的稀溶液，從另一滴管中慢慢地滴入，並將溶液

\* 指示劑在酸性溶液中呈某種顏色，在鹼性溶液中能呈另一種顏色。

攪動。待有相當分量的鹼類滴入後，溶液的顏色就突然變成藍色。這是表示加入的鹼液已嫌過量了。若再滴入鹽酸數滴，可使溶液回復紅色，再加數滴鹼液，又可使溶液變成藍色。當溶液在某一點時，無論加一滴酸或加一滴鹼，都能使之變色，這時所用酸鹼的分量構成適當的比例。這一點叫做終點 (end point)。在這樣的實驗中，必須應用滴管，使所用酸鹼的分量，可以精密地測定。現在若使把溶液蒸發，就可以得到少量的白色固體。這就是食鹽。

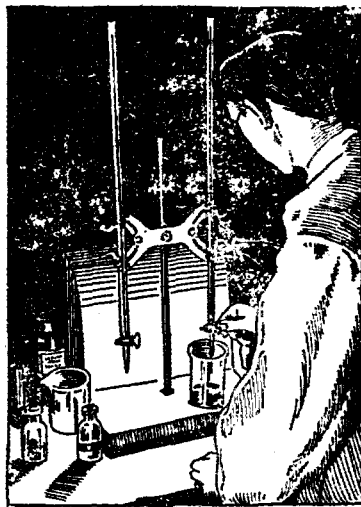
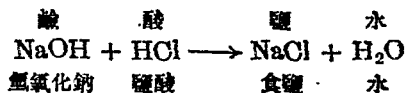


圖 84. 用滴管使酸中和鹼

144. 【製一種鹽類】由氫氧化鈉和鹽酸起反應，就生成氯化鈉（食鹽）和水。氯化鈉溶解於水，所以只能由蒸發而得。這個重要反應的方程式如下：



氯化鈉是一大羣重要化合物的代表，這羣化合物就所謂鹽類 (salts)。中和作用常常產生鹽和水。我們應該注意：鹼裏的金屬和酸裏的氫以外的部分是結合在鹽裏的。 所以凡酸裏的氫被一種金屬所取代而成的化合物，就叫做鹽類。

145. 【鹼類、酸類、鹽類的命名】化學家在紙上寫‘式’，卻並不在嘴裏講‘式’。所以對於化合物的命名法，就有切實注意的必要，因為若把一種化合物的名稱略加變更，往往會變成一種性質絕不相同

的化合物的名稱。例如氯化汞(mercuric chloride,  $\text{HgCl}_2$ )就是昇汞(corrosive sublimate),含有劇毒;然而氯化亞汞(mercurous chloride,  $\text{HgCl}$ )就是甘汞(calomel),卻用作普通的藥品。

鹼類的命名法最簡單;通稱為氫氧化某(金屬),例如氫氧化鈉( $\text{NaOH}$ )、氫氧化鈣( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ )和氫氧化鋁( $\text{Al}(\text{OH})_3$ )。

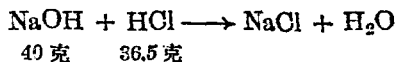
對於酸類的命名,我們必須分為含兩種元素的酸(二元酸)和含三種元素的酸(三元酸)。二元酸(binary acid)中除氫元素外只有一種元素,就稱為氫某酸,如氫氯酸(即鹽酸,  $\text{HCl}$ )和氫硫酸( $\text{H}_2\text{S}$ )。大多數的三元酸(ternary acid),都含有第三種元素氧,而且同樣的三種元素往往組成了一種以上的酸。最普通的酸都從酸中所含氫氧以外的元素的名稱,稱為某酸(-ic acid)。含氧比普通的酸少一氧原子,而化合價相同的,稱為亞某酸(-ous acid)。例如硫酸( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )和亞硫酸( $\text{H}_2\text{SO}_3$ ),氯酸( $\text{HClO}_3$ )和亞氯酸( $\text{HClO}_2$ )。惟 $\text{HNO}_3$ 和 $\text{HNO}_2$ 照理應稱氮酸和亞氮酸,但一般都從習慣稱為硝酸和亞硝酸。

對於鹽類的命名,我們必須留意牠所從衍生出來的酸。假使這酸是二元酸,那就稱為某(非金屬)化某(金屬),例如氯化鈉( $\text{NaCl}$ )、氯化鋅( $\text{ZnCl}_2$ )和硫化銅( $\text{CuS}$ )等。假使這酸是三元酸,那就稱為某(非金屬)酸某(金屬)或亞某酸某。其具體的例子如下表所示:

酸 的 名 稱	式	鹽 的 名 稱	式
氫 氯 酸	$\text{HCl}$	氯 化 鈉	$\text{NaCl}$
硫 酸	$\text{H}_2\text{SO}_4$	硫 酸 銅	$\text{CuSO}_4$
亞 硫 酸	$\text{H}_2\text{SO}_3$	亞 硫 酸 鉀	$\text{K}_2\text{SO}_3$
氫 硫 酸	$\text{H}_2\text{S}$	硫 化 鋅	$\text{ZnS}$
硝 酸	$\text{HNO}_3$	硝 酸 鉀	$\text{KNO}_3$
亞 硝 酸	$\text{HNO}_2$	亞 硝 酸 鈉	$\text{NaNO}_2$

像硫酸和亞硫酸之類，其中可以被取代的氫原子有兩個，因此我們可以有只被金屬取代出一個氫原子的鹽。這種鹽類總稱為酸式鹽(acid salt)，而各稱為某酸氫某，或酸式某酸某。例如硫酸氫鈉或酸式硫酸鈉( $\text{NaHSO}_4$ )、亞硫酸氫鈉或酸式亞硫酸鈉( $\text{NaHSO}_3$ )和碳酸氫鈉或酸式碳酸鈉( $\text{NaHCO}_3$ )。

146. 【中和在分析上的應用】 我們應用了上面所說的中和作用，很容易求得溶液中所含鹼或酸的分量。例如，假使我們知道一種鹼溶液的濃度，即每一升溶液中所含氫氧化鈉的克數，那末用以中和此鹼液的酸的克數，只須量得溶液的容積，就能很快決定了。我們試再複習第 105 節，就可從下列方程式知道 40 克的氫氧化鈉，可以和 36.5 克的氯化氫發生反應：

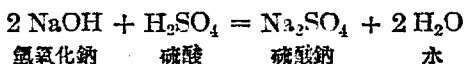


因此，假使一升的氫氧化鈉溶液中含有 40 克的氫氧化鈉，又一升的酸溶液中含有 36.5 克的氯化氫，把這兩種溶液混和起來，那就沒有過量的酸或鹼了。欲得一中和反應，當然也不必用盡兩溶液的全部，只要取等量的兩種溶液(如 10 立方厘米的酸溶液和 10 立方厘米的鹼溶液)，就會互相中和。凡 1000 立方厘米(即 1 升)的溶液中含有某化合物的式量的克數，就叫做克分子溶液(molar solution)。

設有一氫氧化鈉的克分子溶液，今欲決定一未知濃度的鹽酸溶液，就可用滴管和指示劑先決定中和這已知量的酸溶液需要多少分量的克分子氫氧化鈉。假使 25 立方厘米的氫氧化鈉溶液中和了 25 立方厘米的酸溶液，那末鹽酸的濃度當和鹼類一樣；即牠也是克分子

溶液。假使中和 25 立方厘米的鹽酸溶液，只需 2.5 立方厘米的克分子氫氧化鈉，那末鹽酸的濃度必比氫氧化鈉為稀，事實上只有十分之一克分子。假使 25 立方厘米的酸要用 50 立方厘米的鹼來中和，那末我們可以斷定酸溶液中所含的分子必為鹼溶液中所含分子的兩倍；即這酸液為 2 克分子。由此可知中和所需酸溶液和鹼溶液的容積與溶液的濃度成反比例。這種決定未知的酸或鹼的濃度的方法，叫做滴定 (titration)。

147. 【當量溶液】假使我們的酸和鹼都像鹽酸和氫氧化鈉一樣，那末我們應用克分子溶液的觀念，自然一些困難也沒有。但是有些像硫酸 ( $H_2SO_4$ ) 之類，一分子的酸可以中和兩分子的鹼：



因此，10 立方厘米的硫酸克分子溶液需要 2 倍的 10 (即 20) 立方厘米的氫氧化鈉克分子溶液，始能中和。為便利起見，最好能使等容積的鹼溶液與酸溶液相中和。我們應用當量溶液 (normal solution) 就可達到此種目的。一當量酸溶液於每升溶液 (非溶質) 中含有 1 克可被置換的氫。一當量鹼溶液於每升溶液中含有 17 克的氫氧團 (hydroxyl group, OH)。由此可知，若碰到一種酸，其每一分子含有一個可被取代的氫原子，和一種鹼，其每一分子含有一個氫氧團，那末牠們的一當量溶液即等於一克分子溶液。若是碰到一種酸，其每一分子含有兩個氫原子，那末配成一當量溶液，只要在每升中含有半式量就夠了。假使酸中含有三個氫原子，那只要三分之一式量就夠了。同樣氫氧化鈣 [ $Ca(OH)_2$ ] 的一當量溶液，每升中只須含有  $\frac{74}{2}$

即 37 克。

克分子溶液的最常用的縮寫是 M, 當量溶液的最常用的縮寫是 N。因此我們稱十分之一當量溶液為  $\frac{N}{10}$  或 0.1N; 2 克分子溶液為 2 M。

## 第十二章摘要

【酸類】 酸類中含氫, 能被金屬所取代。牠們的水溶液能使藍色石蕊變紅色, 且通常都有酸味。

【鹼類】 鹼類為金屬元素或金屬根的氫氧化物。氫氧化鈉和氫氧化鉀是模式的鹼類, 可由電解其氯化物溶液而得。牠們的水溶液能使紅色石蕊變成藍色, 並且能中和酸類。

【鹽類】 鹽類是金屬元素或金屬根取代酸中的氫所生成的化合物。用酸中和鹼, 就產生鹽和水。

【鹼類的命名】 鹼類通稱為氫氧化某(金屬)。

【酸類的命名】 二元酸稱為氫某酸, 三元酸中最普通的稱為某(氫氧以外的元素)酸, 含氧較少的稱為亞某酸。

【鹽類的命名】 二元鹽稱為某(非金屬)化某(金屬)。三元鹽依其所從衍生的酸類的名稱而稱為某(非金屬)酸某(金屬)或亞某(非金屬)酸某(金屬)。

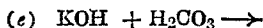
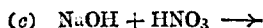
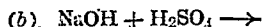
【克分子溶液】 一克分子溶液是在每升溶液中含有某化合物的式量的克數。

【當量溶液】 酸的當量溶液是在每升溶液中含有 1 克可被取代的氫原子。鹼的當量溶液是在每升溶液中含有 17 克的氫氧團。

## 問 題

1. 舉出鹼類的四種特性。

2. 舉出六種酸類，並各註明其分子式。
3. 舉出六種你所認為含有鹼類的食品。
4. 舉出三種家用的鹼類。
5. 何謂‘鹼性反應’？
6. 鹼和酸有何區別？
7. 酸鹼中和往往產生何種化合物？
8. 說出下列各分子式的名稱，並區別其為酸類、鹼類或鹽類： $H_2S$ ； $Zn(OH)_2$ ； $HC_2H_3O_2$ ； $NaNO_2$ ； $BaCl_2$ ； $H_2SO_3$ ； $NH_4OH$ ； $Al(NO_3)_3$ ； $H_3PO_4$ ； $KNO_3$ 。
9. 說出下列各種鹽類的名稱： $ZnCO_3$ ； $Cr_2(SO_4)_3$ ； $BiS$ ； $KNO_2$ ； $K_2SO_3$ 。
10. 完成及平衡下列方程式，並在牠的下面註出各物質的名稱。



\*            \*            \*

11. 氧化物和氫氧化物間的主要區別是什麼？
12. 氫氧化物和鹼類間有什麼區別嗎？
13. 酸類誤入目中，你將怎樣處置？
14. 喂小兒的牛乳中為什麼有時候要加一點石灰水？
15. 鹼類誤入目中，你將怎樣處置？
16. 試設三個問題，其答案須都為氫氧化鈉？
17. 實驗室中欲製造化學純粹的食鹽，應用何法？
18. 怎樣試驗泥土的酸性？如果發現了酸性，你該怎樣處置？
19. 設有幾種白色的固體，你將用什麼方法偵知牠們是酸類、鹼類或鹽類？
20. 盛氫氧化鈉瓶子的玻璃塞，往往好像黏苔似的不能拔出。試解釋之。
21. 試解釋 (a) 酸式鹽；( ) 二元鹽；(c) 滴定；(d) 三元鹽；(e) 當量鹼溶液的意義，並各舉一例。



## 第十三章

### 離子和電子

電解質和非電解質——離子化——電解。

電子——鹽類的結構——離子和原子。

電解的電子論，酸類和鹼類——中和。

離子反應——達於完成的反應——不溶於水的物質——生成熱和穩定度。

**148. 【理論的必要】** 在1883年阿累尼烏斯 (Arrhenius) 發表離子學說以前，化學家對於鹼類、酸類和鹽類在水溶液中的行為雖然搜集到很多的事實，但尚無一綜合的理論，可以解釋這些事實。其中比較重要的數項，列舉如下：

1. 在純粹的水中，不能通過電流。
2. 氯化鈉的乾燥固體，也是非導電體。
3. 但是這兩種非導電體所造成的溶液，卻是良導電體。

**149. 【導電體的溶液】** 各種物質的水溶液，其導電能力，彼此大不相同，有的完全不能導電，有的很容易導電。茲將其不同的原因說明如下：

用圖 85A 所示的裝置，從事實驗各種不同溶液的導電力。先將兩鎂絲和電路相接，一線裝電燈泡，用作電阻，以節制電流，同時且可指示電流通過與否。

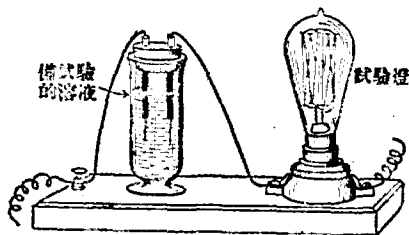


圖 85A. 溶液導電性的試驗

如果電燈明亮，即可證明該溶液為良導體。

試先試驗蒸餾水，然後再試驗蔗糖、食鹽、鹽酸、氫氧化鈉、醋酸、氫氧化鈹，和酒精等溶液。當試驗純水、糖溶液和酒精時，燈泡並不發光。倘用食鹽、硫酸和氫氧化鈉等溶液，則燈泡極亮；若改用醋酸，或氫氧化鈹的溶液，則燈絲僅略現紅色，光度極弱。

在傳導電流的溶液中，有時可以看見電極上有氣泡上

昇，這是溶液內發生化學變化的明證。凡酸類鹼類和鹽類等物質，因其溶液能導電，特名曰電解質(electrolyte)。純水以及蔗糖和酒精等的溶液，因其不能導電，故稱曰非電解質(non-electrolyte)。電流，經過電解質，常伴起一種化學變化。但此處所討論的導電體，和金屬導電體絕不相同。

150. 【電解質的其他特性】 酸類、鹼類和鹽類除具有導電的特性外，還有其他特性存在。例如將1克分子的糖溶於1升的水中這時水的凝固點即從 $0^{\circ}\text{C}$ .降至 $-1.86^{\circ}\text{C}$ .；同時牠的沸點即從 $100^{\circ}\text{C}$ .昇到 $100.52^{\circ}\text{C}$ . 倘用1克分子的氯化鈉或硝酸溶在1升的水中，那末牠們的沸點升高，冰點就降低，而且牠們的效應也比用蔗糖時大得多。除蔗糖外，其他一切電解質的行為大概都是如此，因此我們可以說：酸類、鹼類和鹽類，能使沸點特別升高，凝固點特別降低。

我們已經知道，凝固點的降低和沸點的升高，直接有關於一定量溶劑中所存在的分子數目，故知電解質所含可溶性物質的質點，必比

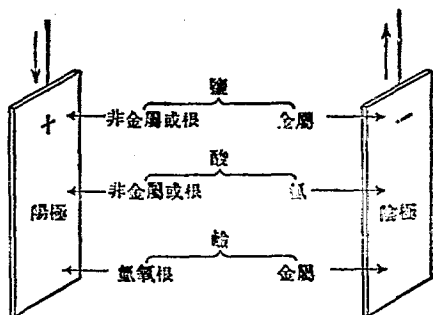
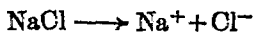


圖 85 B. 電解質中離子運動方向圖解

非電解質所含的特別多。倘若我們假定物質如食鹽等的分子溶於水中後，能分成兩個或兩個以上的部分，正如分子一樣地能在溶液中自由行動，那末以上這種情形便可說明了。

151. 【離子化】 瑞典化學家阿累尼烏斯(圖86)根據這些事實曾創立離子理論 (theory of ions)。阿氏假定當食鹽溶於水中時，即分裂而成氯和鈉的質點，而每一質點上都帶着一個電荷，惟電性不同：氯帶一陰電荷，鈉帶一陽電荷。這種作用特稱為離子化 (ionization)。英文中‘離子化’這個名詞，乃由法拉第(圖87)稱帶電質點為 ion (離子)而來。ion 的意思是‘漂泊者’，以表示帶電質點的能自由行動。至於食鹽在溶液中的變化，可用下列方程式來表示：



注意，離子均用‘+’或‘-’等符號記在各元素符號的右上角，以表示牠們的電性。

這種帶電質點或離子不可和原子相混。牠是帶電荷的原子。不過這種電荷已經把原子固有的性質完全改變了。鈉的質點決不能浮現在水溶液中，因為鈉是一種最活潑的金屬，要立刻和水發生反應的。然而鈉的離子卻全然不同，牠是不和水發生反應的。



圖 86. 阿累尼烏斯像  
(Svante August Arrhenius)  
瑞典著名化學大家，生於1859年，  
歿於1927年，為離子學說首創人，  
因此曾獲諾貝爾獎金。

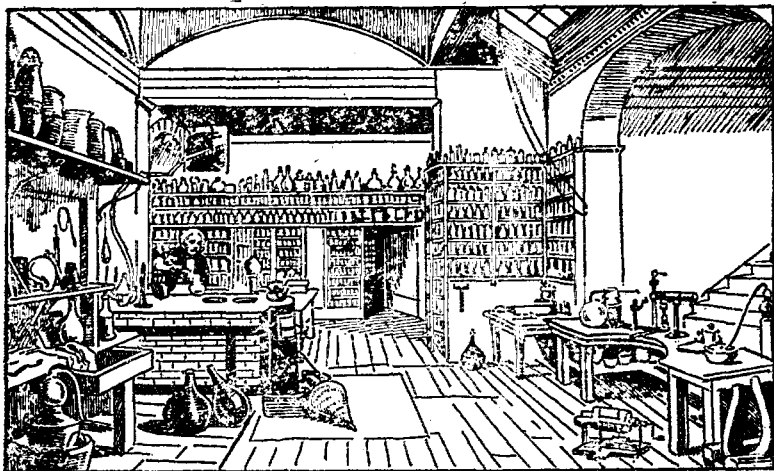


圖 87. 電化學大家法拉第 (Michael Faraday, 1791—1867)

在實驗室中工作留影。

152. 【電解】 我們現在可用這條理論來解釋電解質的兩種事實；即電解質能導電，同時又能被電流所分解（分裂）。假使如圖88所示，在燒杯中放少許鹽酸和兩根電極，那麼根據我們的理論，溶液中除水之外（水化為離子的量極微），還含有氯化氫分子（HCl）、氫離子（ $H^+$ ）和氯離子（ $Cl^-$ ），牠們都在水分子當中飛快地運動。當電極連接發電機 G 或蓄電池等的電源之上時，則一電極帶陽電，稱為陽極；另一電極帶陰電，稱為陰極。

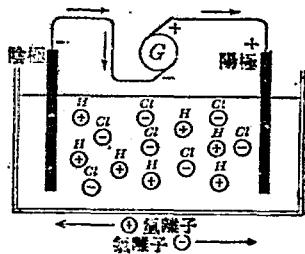
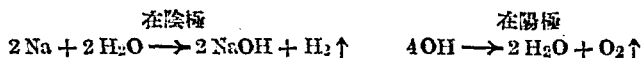


圖 88. 鹽酸電解的圖解

153. 【電解的離子化理論】 當陽離子（ $H^+$ ）和陰極接觸時，離

子所帶的電荷即中和而成尋常的氫原子。對於這一點，我們不久即可明瞭 (§ 231)，因為凡遊離的氫原子兩兩結合之後，便成為氫分子 ( $H_2$ )，我們所看見的氣泡，就是這些分子。因此氫便逸至空中。同時，陰離子 ( $Cl^-$ ) 在陽極放電，發生氯氣 (最初多溶在鹽酸中)。離子在兩極放電，就使此等離子離開溶液。迨此等離子離開後，其他離子便移向相當的電極，佔據了牠們的位置。這樣，電路一經接通，離子便起移動，並且確實帶着電荷。非電解質之所以不能導電，就是因為牠們沒有離子。

離子論對於水溶液的電解，確能給以充分的解釋，如上述之稀鹽酸是。有時電極上放出的原子，隨即又同水發生反應，以致作用更為複雜。氫氧化鈉的離子就是這樣；陰極所放出的鈉離子，隨即同水反應，又組成氫氧化鈉和氫，而氫離子一經除掉了電荷，又立刻分裂成水和氧。因此兩電極上遂產生氫氣和氧氣，同時氫氧化鈉繼續不停的發生這變化可用下列方程式來表示：



**154. 【電子】** 當離子論首創時，學術界對電的性質所知甚少，至於離子上電荷的性質，就更少談到了。因為溶液的電性是中和的，所以一定要假設其中的陰陽兩電荷的數目彼此相等；因此，溶液中既不帶陽電，亦不帶陰電，近年來的物理學進步迅速，遂使電的性質更為明白。

我們現在知道電子是可以由一原子移到另一原子的最小量的陰電。電子的質量，約當最輕原子 (氫原子) 的  $\frac{1}{1835}$ ；電子雖能單獨存在，但通常都和物質相結合。物理學家湯姆孫和密利根 (圖89) 二氏，曾指示怎樣去取得急速運動着的電子流，以及怎樣去測量電子的

### 質量 and 電荷。

依據近代的理論 萬物的本質都是電的；每一個原子都有一個帶陽電的核，核的四周，繞着足夠的電子，使整個原子成爲中性。因此，若是一個原子失掉了一個或多個電子，那麼牠就帶着陽電(+ 離子)；倘使一個原子取得了一個或多個額外的電子，那麼牠就帶着陰電(- 離子)。

155. 【鹽類的結構】 食鹽的晶體，現在似乎可以確認為多數離子藉電的吸引力所維繫而成。例如，固體氯化鈉中含有陽性的鈉離子和陰性的氯離子；這些離子互相吸引遂

成固體的形態，正同一切荷陰陽電的質點的互相吸引一樣(圖9)。當食鹽溶於水中的時候(這種作用現在尙未明瞭)，離子即釋去相互的引力而自由運動。因爲溶液中含有帶電的陰陽離子故爲導電體。如果我們將一種鹽類熔化，也能得到同樣的結果。熔融的鹽類實是優良的導電體。凡有電流通過熔融的食鹽，其離子即在兩極放電，其作用正同在水溶液中的情形一樣。有幾種重要的工業製造法，即依靠這種熔融鹽類的電解而成。



圖 89. 密利根博士像  
(Robert Andrews Millikan, 1868-) 美國物理學大家，曾作電子實驗而獲 1923 年諾貝爾獎金，現從事於宇宙射線的研究。

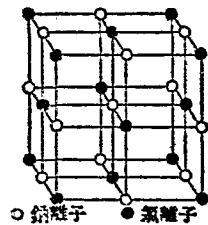


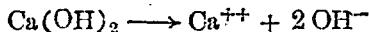
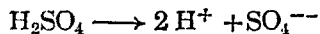
圖 90.  
食鹽晶體中的離子

156. 【離子和原子】 氯化鈉是由氯的離子和鈉的離子所構成，前已言及。但這類離子，與金屬鈉裏中性的鈉原子或氣體氯裏中性的氯原子，大不相同，讀者必須記着。鈉離子是帶陽電荷的鈉原子，而氯離子是帶陰電荷的氯原子。依近代觀點，各元素的原子都含有一個微小的陽電核，核的四周有足夠的電子（陰電），可使整個原子的電性中和。凡失掉或增加電子的原子，即爲離子。所以，一個氯原子加上一個電子 ( $\text{Cl}+e$ )，即成氯離子。反而言之，若是一個鈉原子減去一個電子 ( $\text{Na}-e$ )，即成鈉離子。在氯化鈉中，鈉離子帶陽電荷，就因爲牠的原子失掉一單位的陰電；氯離子帶陰電荷，就因爲牠的原子增加一單位的陰電。在食鹽晶體中的陰陽離子，數目相同，所以牠們的電性是中和的。

157. 【電解的電子論】 我們現今對於電的性質，既更加明瞭，所以對於電解法也更容易瞭解。所謂‘電流’就是沿導電體流動着的一羣電子。所以電解時的兩個電極（圖88），就做了電子離去溶液或進入溶液的途徑。陽性的氫離子可以在陰極獲得一電子，而變成中和的氫原子。陰性的氯離子可以在陽極放出多餘的電子，而變成中和的氯原子。因此我們可以說，電解作用，就是某化合物中的陰離子失去電子，和陽離子增加電子的變化。凡離子必須能自由地趨向電極，所以在電解時，我們可用鹽的熔體或溶液。

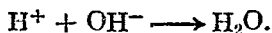
158. 【酸類和鹼類】 酸類和鹼類的重要特性，現在我們能更加明瞭。當一種酸類（如鹽酸）溶於水中時，就發生氫離子 ( $\text{H}^+$ ) 和某種陰離子；在本例中的陰離子即氯離子。所有的酸類都能產生氫離子，因此我們可以說酸類是溶解水中後產生氫離子的物質。

所有鹼類都含有氫氧團。鹼類溶解於水中之後，即分成陽離子和陰性的氫氧離子(OH<sup>-</sup>)。其陽離子普通為一種金屬，因此我們可以說鹼類是溶解於水中產生氫氧離子的物質。其實酸類的各種性質，即是氫離子的各種特性；而鹼類的各種性質，即是氫氧離子的各種特性。至於如硫酸一類的二鹼酸，則每一分子可產生兩個氫離子；而在氫氧化鈣等鹼類中，則每一分子可產生兩個氫氧離子。其方程式如下：

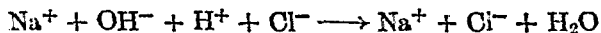


在最近，離子學說又經改進，以解釋溶劑的性質。在水溶液中，酸可生成含水的氫離子(H<sub>2</sub>O · H<sup>+</sup> 或 H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>)，叫做‘銻離子’(oxonium ion)。同樣，鹼類可認為有聯合‘質子’(proton)的趨向的物質(§166)。如是可認為酸是質子的授與者，而鹼是質子的接受者。這種學說在初等化學無大關係，故本書並不採用。

159. 【中和】酸和鹼混合之後，即生水和鹽(§144)。這種事實，若以離子論解釋，即酸中的氫離子和鹼中的氫氧離子相化合而成水；其變化如次：



這種反應的發生，是由於離解的水分子極少的緣故。水分子離解為氫離子和氫氧離子的傾向是極小的。當我們用氫氧化鈉以中和鹽酸時，即產生不離解的水分子。但鈉離子和氯離子卻並不受到影響，所以仍在溶液中自由移動：



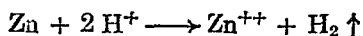
在這溶液中，因為陽電荷數和陰電荷數彼此相等，故其電性是中和的。這正和將氯化鈉溶解在水中的情形相同。若將溶液蒸發，則溶液即逐漸變濃。等到溶液達於飽和程度，離子就開始接合，而析



出固體的氯化鈉晶體。

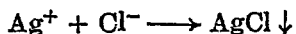
160. 【離子反應】 水溶液中所起的反應，因為發生於離子之間，故其作用都很迅速。例如，用一種酸中和一種鹼時，其速度之快，竟無法測出。大概酸類、鹼類以及鹽類的稀溶液中所起的種種反應，我們都可認為發生於離子之間。在書寫化學方程式時，我們可用離子符號以表明這種反應。中和反應，就曾用這種方法來表示過。

金屬取代酸中氫原子的作用，就是電子由金屬原子移到氫離子上去的作用。金屬原子失掉電子，就變成金屬離子，同時有氫氣放出。這種反應可以表示如下：



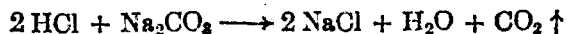
至於酸中的陰性離子，因其對反應無甚關係，故不寫入方程式中。

如將氯化鈉溶液和硝酸鉀溶液相混合，並不見有什麼變化，這是因為各種不同的離子，僅在溶液中自由移動而已。可是若把氯化鈉溶液和硝酸銀( $\text{AgNO}_3$ )溶液，混合在一處，就立即生成了白色的沉澱( $\text{AgCl}$ )。這是因為銀離子和氯離子，化合而成了不溶解的固體氯化銀。銀離子和氯離子越相結合，則氯化銀沉澱越多，直至氯離子或銀離子完全用盡時為止。其反應的完成，可用下式表示：



161. 【反應的完成】 根據以上的解釋，我們可將所有在水溶液中完成的複分解反應 (§ 102)，分為以下三類：

(1) 反應產物中，若有一種為不溶於水的氣體，則氣體逸出之後，反應即達到完成。稀鹽酸和碳酸鈉的反應便是一例(圖 91)。



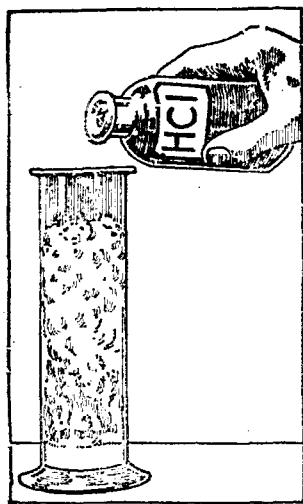


圖 91. 傾鹽酸於碳酸鈉之上，則發生氣體

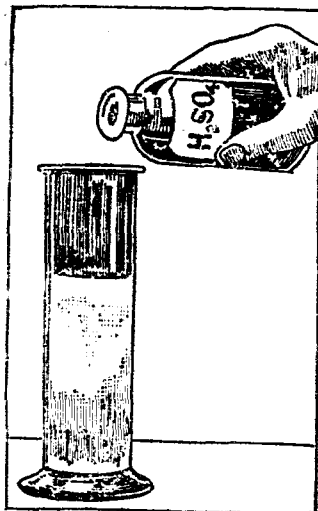
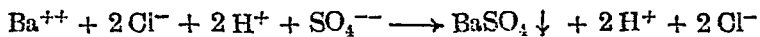


圖 92. 傾稀硫酸於氯化鉍溶液之中，即生白色的沈澱

氯化鈉稀溶液和稀硫酸混合之後，因為所生的氯化氫可以溶於水中，故不能獲得同樣的結果；所得的僅為各種離子的混合物。若採用濃硫酸，且將混合物加熱，則氯化氫可以化氣放出，因而發生反應。

(2) 若在反應時產生一種不溶解的固體，則反應亦可達到完成。在前面 (§137) 所討論的氯化銀沉澱，即是一例。此外如硫酸鉍的形成(圖92)，也是一例，其反應如下：

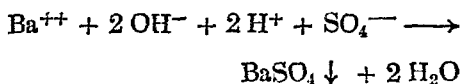


(3) 倘使有一種產物的離子化趨向極微，則反應亦可完成。最普通的例子是中和作用，前已講過 (§144)，茲不復贅。

硫酸和氫氧化鉍的反應，實為第(2)項和第(3)項的一極有趣味的連合的例子。試用安培計(圖93)測量這溶液的導電度，即可看

出，在中和作用達於完成時，其導電度幾乎降低到零度。

這時所生的反應可表示如下：



若所加的硫酸，足使 $\text{Ba}^{++}$ 離子全部沉澱而為 $\text{BaSO}_4$ ，則此時毫安培計的度數遂降至零度。若再加入多量之酸，則導電度又可上昇。

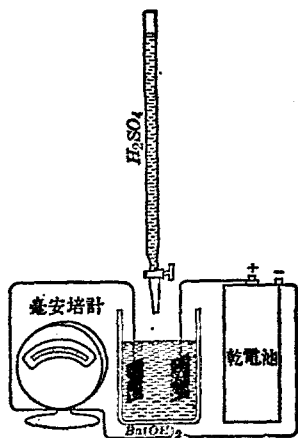


圖 93. 溶液的傳導度隨離子的濃度而異

162. 【不能溶於水中的物質】欲運用上述原理，我們必須知道物質之中，何者不溶於水，何者難溶於水。關於氣體方面，容在第 362 節再講；茲先列舉固體溶解度的規則如下，讀者最好把牠記在心中。

#### 溶解度一般規則

1. 鈉、鉀和銨的一切化合物，都可溶於水中。
2. 所有的硝酸鹽，氯酸鹽和醋酸鹽，都可溶於水中。
3. 所有的氯化物，除氯化銀，氯化亞汞和氯化鉛（微溶）之外，都可溶於水中。
4. 除硫酸鋇，硫酸鉛和硫酸鈣（微溶）等類之外，其餘的硫酸鹽類都能溶於水中。
5. 所有的碳酸鹽都不能溶於水，惟碳酸鈉，碳酸鉀，碳酸銨等鹽類則為例外。
6. 所有的氧化物和氫氧化物都不溶於水，但銦、鈉、鉀和銅的氫

化物以及其氫氧化物則能溶於水(其中的氫氧化鈣微溶於水)。

163. 【生成熱和穩定度】 前於第59節已經說過，熱可用卡來計量。將鈉23克和氯35.5克化合而成58.5克的氯化鈉時，即有97,800卡的熱量放出。這種熱量特稱氯化鈉的生成熱(heat of formation)。一般我們可以這樣說：凡由元素生成一克式量的化合物時其所放出或吸收的熱叫做生成熱。

### 十二種化合物的生成熱

化 合 物	生成熱的卡數	化 合 物	生成熱的卡數
HCl	22,000	CO	29,000
HI	-6,100	CO <sub>2</sub>	97,300
H <sub>2</sub> O	68,400	CS <sub>2</sub>	-19,000
HNO <sub>3</sub>	41,600	CuSO <sub>4</sub>	183,000
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	193,000	NaCl	97,800
HCN	-24,800	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	328,300

上表中數字前面放有一號的，都表示負的生成熱，意即化合物在生成時須吸收熱。還有一應注意之點，即凡化合物的生成熱較高者其性極穩定，且可由直接化合而成。但自另一面言之，凡生成熱較低之化合物，都不很穩定；其具負值的，更不穩定，甚至可以爆裂。氫和氯反應而成氯化氫時，放出大量的熱，這稱為放熱的反應 (exothermic reaction)。但氫和碘化合時，熱被吸收，故在反應進行時，須繼續加熱，這種反應稱為吸熱的反應 (endothermic reaction)。

當預測某種變化所發生的情形時，除生成熱之外，還有其他種種條件，生成熱只是其一因素，這是讀者應當明白的！

## 第十三章摘要

【電解質】 凡化合物的水溶液可以導電的，稱為電解質。凡化合物的水溶液不能導電的，稱為非電解質。酸類、鹼類和鹽類，都是電解質。

【離子論】 離子論是假定電解質在溶液中，其分子都離解為荷電質點的學說；這種荷電質點叫做離子。

【電解】 電解包括陰離子和陽離子在各電極上的放電作用，及其所發生的化學變化。

【電子】 電子是陰電的小質點（或單位電荷）；其質量約當一個氫原子的 $\frac{1}{1835}$ ，氫是已知氣體中的最輕者。

【鹽的晶體】 鹽的晶體是離子藉電的吸引力所維繫而成的固體。

【元素的原子】 各種元素的原子，帶一有陽電的微核，核的四周繞有多數帶陰電的電子，足使整個原子成為中和性。

【離子】 離子是失去或取得電子的原子（或原子團）。

【酸類】 酸類是溶於水中可以產生氫離子的物質。

【鹼類】 鹼類是溶於水中可以產生氫氧離子的物質。

【離子化】 凡酸類和鹼類的離子化，只能在其稀薄溶液中達於完成。其離子化的趨勢較小者，稱為弱酸類或弱鹼類。

【中和】 中和只是氫離子和氫氧離子化合成水的作用。

【離子反應】 離子反應的發生，限於兩種電荷不同的離子相互作用而生成一種不溶性的物質（固體或氣體），或難於離子化的物質。

【生成熱】生成熱是由元素生成1克式量的化合物時，所放出或吸收的熱量的卡數。

## 問 題

1. 什麼是電解質？
  2. 離子化學說是誰首創的？
  3. 那一類的物質或溶液是導電體？
  4. 在實驗室中，如要決定火油是否為電解質，試問你有何辦法？
  5. 據電子論的解釋，陰極是什麼意思？陽極是什麼意思？
  6. 試將下列各溶液分為電解質和非電解質兩類：  
硝酸；醇；硝酸鈉；糖；氫氧化鈉。
  7. 在電解質裏，陽離子數必須和陰離子數相等嗎？試加解釋。
  8. 為什麼電子有時稱為‘電的原子’？
  9. 在食鹽晶體裏，鈉和氯的質點呈什麼形態？
  10. 除水溶液之外，還有什麼地方有游離的離子存在？
  11. (a)酸類的特性是從什麼而來的？(b)又鹼類的特性是從什麼而來的？
  12. 試填寫下句中的空白：中和只是\_\_\_\_離子和\_\_\_\_離子\_\_\_\_而生成\_\_\_\_的反應。
  13. 舉出 (a) 兩種強酸和兩種強鹼；(b) 兩種弱酸和兩種弱鹼。
  14. 試作下列各名詞的定義，並舉例說明：  
(a) 電極；(b) 電解質；(c) 電解；(d) 離子化；(e) 電子。
  15. 溶液中的可逆反應，有那三種方法可以使牠們完成？試用方程式說明。
- \*            \*            \*
16. 那四項事實可以證實離子論？
  17. 當食鹽晶體(a)融熔時，(b)溶解於水中時，各發生什麼變化？
  18. 試詳細說明鈉原子和鈉離子的區別。
  19. 氫氧化鈉和氫氧化鈣是強鹼。石灰水是氫氧化鈣的飽和溶液。嬰孩的乳品中常常加入石灰水，為什麼不把氫氧化鈉溶液加到嬰孩的乳品中？試解釋這兩個事實。
  20. 依照圖 93 所示，裝置儀器，將硫酸溶液慢慢滴入氫氧化鋇溶液中，則安培計的度數即逐漸減至零度，旋又逐漸增大，試加解釋。
  21. 下列各例，何者可以發生反應，何者不能發生反應，試述其原因，再用方程式表

明之：(a) 將鎂置鹽酸中；(b) 混合硝酸鉀和硫酸鈉的溶液；(c) 混合硝酸鉛和硫酸鉀的溶液。

22. 試用離子方程式表明：(a) 混合氯化鈉和硝酸鉀兩種溶液；(b) 混合氯化鈉和硫酸鉀兩種溶液所起之變化，並解釋其結果之差異。

23. 反應之能得達到完成，由於 (a) 氣體的逸出；(b) 不溶固體的生成；(c) 略能離子化的物質的產生。試各作一方程式以表明之。

24. 將硫酸鹽的檢驗法，作成一離子方程式。倘欲從溶液中將所有的銀全部沉澱而出，為什麼須加入過量的硫酸？

25. 試填寫下列各空白：強酸是\_\_\_\_\_度極大的酸，因此產生多量的\_\_\_\_\_離子。\_\_\_\_\_鹼是離子化度極大的鹼，因此產生多量的\_\_\_\_\_離子。弱酸和弱鹼的離子化度都很\_\_\_\_\_。

### 進修研究題

【得維和他的高足法拉第】試問這兩人中，那一位對於促進化學的功勞較大？(參閱任一碧譯：化學的故事，開明版；丁耕賢著：化學史通考，商務版)

【電子和電子的用途】電子是誰發明的？無線電真空管裏什麼東西發生電子流？(參閱徐養秋等譯：科學改造世界；鄭貞文譯：原子說發凡，均商務版。)

## 第十四章

### 原子構造 原子價

原子構造的重要——原子的電子論——原子核——電子——殼狀排列——核、質子和中子。

原子價的電子論——金屬和非金屬。極化合物和無極化合物。用電子論解釋化合作用。

164. 【爲什麼要研究原子構造?】 有很多問題,化學家想由研究原子的構造而求得解決。原子價即是其中之一。譬如,爲什麼鈉原子能夠取代一個氫原子? 又爲什麼鈣原子能取代兩個氫原子? 鋁原子能取代三個氫原子? 又,爲什麼鐵原子有時相當於兩個氫原子;有時又相當於三個氫原子? 金屬和非金屬的原子,有什麼主要的區別? 爲什麼有的原子(如氯)活潑,有的不活潑(如氫)? 凡此化學基本問題,都想應用物質的電子論來解釋。現在我們特把這些問題簡明的申述一遍。

165. 【原子的電子論】 化學家對於原子爲物質的終極成分而不能再加分割的理論,直至1897年還加以承認。英國劍橋大學卡文提什實驗室的湯姆孫爵士(圖 94),卻首先把這個堅強的信仰根本推翻了。湯氏曾創立一些很重要的新理論,以爲電子 (electron) 是帶陰電荷的原子;一切原子都含有這種電子;所有的電子,不問其來源若何,都彼此相同。後來美國物理學家密利根(Robert A. Millikan)



接着又做了更進一步的工作，把電子的質量和電荷很精確地測量了出來，他發現電子的質量，僅當最輕原子之氫的 $\frac{1}{1835}$ ；其所帶電量，正與一價離子所帶的相等。



圖 91. 湯姆孫爵士像

(Sir Joseph John Thomson)

氏生於1856年，曾任劍橋大學卡文提什實驗室主任多年，為英國著名物理學家，創立電子學說，而獲得諾貝爾物理學獎金。



圖 95. 拉忒福德像

(Lord Rutherford, 1871- )

拉氏現任劍橋大學卡文提什實驗室主任，對‘核原子’多所貢獻，曾獲1908年諾貝爾化學獎金。

166. 【原子的核】後來到1913年，拉忒福德男爵(圖95)又進而證明原子中有一個能中和陰電子的陽核(positive nucleus)。這核是他用行動極速而帶電的氦原子，去撞擊氮、鈉、鋁及其他元素的原子，而將其擊破之後所發現的。在每一例中，他都得到帶陽電的氦原子。因此他歸納一條結論說，在一切原子的核中，必定存有一個或一

個以上荷陽電的氫原子，定名曰質子(proton)。

根據了這個觀點，各科學家——如丹麥物理學家尼挨爾·波爾(Niels Bohr)——羣起合作，創立一個又寬泛又簡單的原子構造說，其大意如下：原子可以認為是由電子(帶陰電)和質子(帶陽電)所構成。因為一切原子的電性都是中和的，所以每一原子中的電子和質子，其數目一定彼此相等。不過 92 種元素的原子，其質子和電子的數目與排列法都各自不同。換一句話說，任何元素的原子之所以異於另一元素的原子，是因為牠們的質子和電子的數目與排列方法的不同。實際上原子全部的質量，可以說都集中在原子核上。最簡單的原子為氫原子，其中僅有一個作為核心的質子，和一個迅速繞核心而轉動的電子(圖96)。這種原子核的原子圖像，正和太陽系一樣，核為‘太陽’，繞行的電子是‘行星’。其他各元素的原子，核中的質子和核外的電子，都較氫為多。鈾為最重的元素，核外有 92 個電子；核上的陽電荷量，適足以中和這 92 個電子。

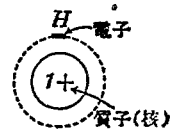


圖 96.

氫原子圖解

167. 【電子的排列法】關於原子中電子的排列法，以及繞核運動的情形，有各種不同的學說；其中最著名的學說是假定電子的軌道層層相疊而成為‘殼’狀。最初的兩個電子，在比較近核的地方排成一層完全的殼；第二層殼須有 8 個電子始得完成；第三層殼也有 8 個電子；至第四層殼則有 18 個電子。這種殼狀的排列方法，如圖 97 的圖解所示。

依此，則氫原子有 2 電子；碳原子的第一層殼中有 2 電子，第二層殼中有 4 電子。鈉原子的第一層殼中有 2 電子，第二層殼中有 8

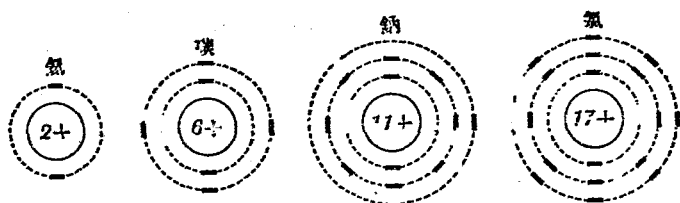


圖 97. 氫、碳、鈉和氯四原子的圖解

電子，第三層殼中只有 1 電子。氯原子的第一層殼中有 2 電子，第二層殼中有 8 電子，第三層殼中有 7 電子，共有電子 17 個。電子在空間的排列原是‘三度’的，不過我們在書上難於用立體來表示，所以習慣上都以核為中心的同心圓來代表殼的層次。

168. 【核的構造】 整個的原子構造問題，雖然仍為物理學家和化學家鑽研的對象，但有若干假定，已近於成立。第一，原子所有的質子，都在核上。第二，原子的重量，差不多全視核的重量而定。第三，如原子為中性，則核內的質子和核外的電子數應當相等。第四，為了解釋實際的原子量，那末原子核中除了用以中和電子的質子以外，應當還有額外質子。因此我們在電子論中，又加入一種觀念，即中子(neutron)。這種中子尚係最近發現，被假定為質子和電子最密的結合體。每一中子包含着一個質子和一個電子，牠的形體

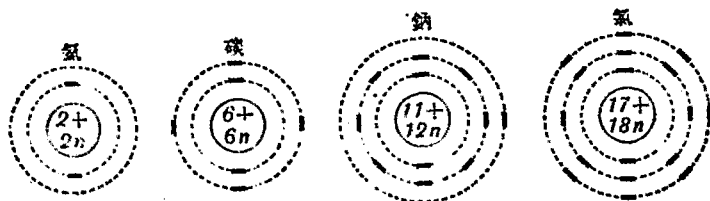
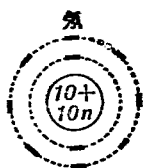


圖 98. 氫、碳、鈉和氯四種核子的圖解

很小，要比通常的氫原子小到百萬倍。總之，任何原子的核，都可認為其中只含質子和中子。例如鈉原子的核，含質子11個，中子12個，足以說明牠的原子量為什麼是23(圖98)。這就是說，原子量約略等於原子核中質子數及中子數的和。

163. 【原子價的電子論】 我們應當時常記得，任何理論的價值，都要看牠的應用如何而定。亦即，‘這個理論是否可用?’ 例如我們現在試用原子的電子圖來解釋原子價。我們已知電子的排列可以很方便地用繞核的同心殼表示，但據最近電子的‘行星’解說，則認這種帶電的基本質點並不集中於一點，而分佈成帶電的雲狀體。這種狀態，難於用圖表示，所以我們只得沿用較舊的模型了。

如圖97所示之鈉原子，其核中有11單位的陽電(質子)，核外有11個電子，排列成2、8、1三個環。故知鈉原子的最外一環只有一個電子。當這最外的一個電子失去時，鈉就帶了一個單位的陽電，因此其原子價為一；亦即鈉離子為 $\text{Na}^+$ 。再舉氯元素為例，其原子如圖97所示，其核荷有17單位的陽電，所以核外有17個電子。其排列的方法，假如是裏層2個，中層8個和外層7個，那麼牠的外層須再加上一個電子才能完成。當氯原子借得一個電子時，其原子就帶了一單位的陰電。所以我們稱氯的原子價為一，以 $\text{Cl}^-$ 表其離子。



總而言之，一個原子最外層的電子，可以決定這元素的原子價。一元素的原子價，就是完成其最外的一層殼所必須取得或失去的電子數。

有些元素像氦，其外層的電子已經完全，如圖99圖99. 氦原子圖解 所示；牠既不能取得電子，也不能失去電子。這樣的

元素的原子價因為是零，所以化學性很不活潑。

**170. 【根據電子論區別金屬和非金屬】** 依據實驗的結果，凡如金、銀、銅等我們認為是金屬的元素，都是熱和電的良好導體；如硫等我們認為是非金屬的元素，卻都是不良導體，同時也是絕緣體。又因為物理學家向來認定電流是一種電子的流，所以我們可以設想金屬中必有行動自由或約束得比較鬆弛的電子存在，使這種電子運動時，就造成了電流。我們只要一看金屬的電子圖，就可知道牠們的外層殼上電子比較為少（1, 2 或 3），這樣當然很容易失去。例如鉀和鈉的外層，只有一個電子（圖 100）。這個電子與原子中的其他部分，結連得很鬆弛，只要用光線射過去，就可以把牠撞掉，這就是光電池（photo-electric cell）作用的原理。在一根正在通電的銅絲上，我們很可以猜想銅原子最外層的電子，對於導電有重要的關係。普通無線電收音機上真空管中的鎢絲，經電流加熱以後，其外層電子即被搖鬆，所以能為帶陽電的屏極（plate）所吸引。

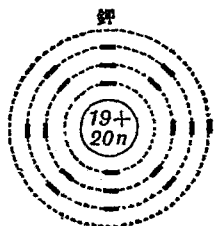


圖 100. 鉀原子的圖解

在非金屬中，其外層電子和原子的其他部分結合得比較堅牢，這就說明了硫、玻璃和瓷等固體，為什麼都具絕緣性質。非金屬最外的一層殼，普通都近於完全，所缺少的只不過一二個電子而已（圖 101）；所以牠有奪取電子而變成陰性離子的傾向。大凡元素僅能失去或取得一二個電子的，其化學活潑性必比較為強。

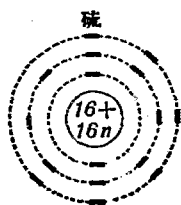


圖 101. 硫原子的圖解

總而言之，金屬原子的外層電子都非常少，除了把牠放棄而給與其他原子之外，不能完成其爲八隅體 (octet) 的形狀；但是在非金屬中，其外層的電子很多，只要從金屬上取得一二個電子，就可以完成其八隅體。至於由金屬和非金屬組成一化合物，其化合作用可認爲金屬‘貸出’電子，和非金屬‘借入’電子。經此借貸則金屬就帶陽電荷，而非金屬就帶陰電荷了。所以按照電子論的觀點來說，化合物中的離子，是被相反的電荷所吸引而結合在一處的。

由上可知，原子外層殼中的電子數目，不僅可決定原子價，且可以決定元素的化學行爲。例如牠決定元素是否如鈉或氯一般的活潑，或如氬一般的遲鈍；是否如金屬般的導電，或如硫等的不導電；以及是金屬或非金屬？

**171. 【極化合物和無極化合物】** 多數鹽類經熔融或溶解之後，都能導電。這種化合物的最普通的溶劑是水。但有些鹽類能溶於別種液體如醇之中，而其所成的溶液亦爲電解質。據以上數節所說，則鹽類的此種性質，也可利用電子論來解釋。凡其液體(熔融)或溶液，易傳導電流的化合物，大概都由離子所組成。這類化合物常稱爲極化合物 (polar compound)，屬這一類的，多爲簡單的鹽類。糖、甘油、脂肪、醇以及其他物質，其本身或溶液都不能導電的，特稱爲無極化合物 (nonpolar compound)。這類無極化合物，除以上所舉之外，尚有氫分子 ( $H_2$ )、氧分子 ( $O_2$ )、二氧化碳 ( $CO_2$ ) 和其他多種簡單而重要的物質。

在極化合物(如鹽)與無極化合物(如糖)之間，還有一些難於判別的物质。譬如氯在氫的水溶液(鹽酸)，雖爲電解質，可是氯化氫的液體卻是非電解質。除水之外，雖有

許多溶劑可以溶解氯化氫，但所成的溶液，除水溶液之外，都是非電解質。純淨的硫酸是非電解質，而牠的水溶液卻是良好的導電體。可知在水溶液中，這種物質一定變為離子了；但在純淨狀態，牠們的性狀卻近於無極化合物。

172. 【極化合物的價】 按照最近對於極化合物結構的觀念，結晶的固體是由排列整齊的陰陽離子構成的；這種陰陽離子的數目，恰好成為電的中性。金屬原子失去一個或一個以上的電子，即成為陽離子。非金屬原子（如氯）或非金屬原子羣（如  $\text{SO}_4$ ）獲得電子即成陰離子。我們已知 (§169) 原子變成離子時所得失的電子數，即離子的價。茲將普通離子的價，開列於下：

幾種普通離子的價數

陽 離 子			陰 離 子		
一 價	二 價	三 價	一 價	二 價	三 價
$\text{H}^+$	$\text{Ca}^{++}$	$\text{Al}^{+++}$	$\text{OH}^-$	$\text{SO}_4^{--}$	$\text{PO}_4^{---}$
$\text{Na}^+$	$\text{Ba}^{++}$	$\text{Fe}^{+++}$	$\text{Cl}^-$	$\text{CO}_3^{--}$	
$\text{K}^+$	$\text{Mg}^{++}$		$\text{Br}^-$	$\text{SO}_3^{--}$	
$\text{Ag}^+$	$\text{Cu}^{++}$		$\text{I}^-$	$\text{S}^{--}$	
	$\text{Zn}^{++}$		$\text{NO}_3^-$		
	$\text{Fe}^{++}$		$\text{OCl}^-$		

從上表看來，當鈉和氯化氫而成氯化鈉時，乃鈉原子失去一電子，和氯原子獲得一電子的結果 ( $\text{NaCl}$ )。當金屬鈣和氯化氫時，每一鈣原子放棄兩電子而成為帶兩電荷的鈣離子；要接受這兩個電子的，就得需要兩個氯離子，結果遂成為氯化鈣 ( $\text{CaCl}_2$ ) 這種化合物。金屬鋅溶在硫酸之中，鋅即失去兩電子而成鋅離子；這兩個電子傳到兩個氫離子上，就成為氫分子。若再把溶液蒸發，則每一個帶有兩電荷的陽性鋅離子，就吸引一個帶有兩電荷的硫酸離子，變成了固體的硫酸

鋅 ( $\text{ZnSO}_4$ )。

能把離子價記住，那末在寫鹽類方程式的時候，就可便利不少。倘使我們在這種時候記住了每一種化合物的電性，必須中和，那麼很容易知道要需用多少個原子來互相化合了。譬如，在硫酸鈉中，因為硫酸離子帶有兩個陰電荷，所以必須有兩個簡單的陽性離子才能和牠結合。因為如果我們想得着電性中和的分子，則全部陽陰電荷的‘代數和’非等於零不可。同樣硫酸鈣應當是  $\text{CaSO}_4$  ( $\text{Ca}^{++}\text{SO}_4^{--}$ )；硫酸鋁應當是  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  ( $2\text{Al}^{+++}3\text{SO}_4^{--}$ )；如果不依此種方法化合，則必發生陰電或陽電的過剩。

173. 【按照電子論的化學結合】 當氯和鈉接觸的時候，鈉把外殼的一個電子給與氯原子，鈉就因此而帶陽電；氯原子因為多得了一個電子，於是就帶陰電（圖 102）。我們認為維繫這兩種元素在一處

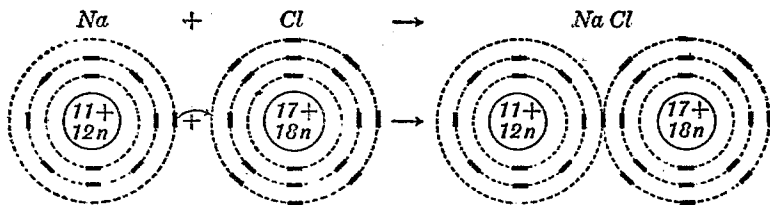


圖 102. 鈉原子和氯原子結合為氯化鈉時的電子圖解

的，便是牠們中間異電性的吸引力。這樣由外層電子的授受，以造成穩定狀態的作用，實在是極化合物的範式。

有很多種的化合物，如無極化合物之類，其原子似乎並不用這種方法來結合而成分子，氧分子便是一例。在氧分子的原子間，似乎並不轉讓電子，而只能共同分受一對電子——這種作用通常稱為共



價結合 (covalent linkage)。圖 103 就可使我們得到一個更清楚的觀念，我們從這裏可以看到氧的外殼只有六個電子，牠還需要增加兩個電子才能成爲最穩定的狀態。當兩個氧原子十分接近時，就有兩對電子成爲共有。這就使兩個原子的外殼各自成爲八隅體。

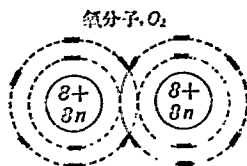


圖 103. 氧分子的電子圖解

### 第十四章摘要

【原子構造大要】 1. 原子中心有一個小而且密的核，帶陽電，原子全部的質量差不多都集中於此，在其四周較曠闊的空間中，有電子圍繞着。

2. 核上陽電荷的數目等於核外陰電子的數目。所以就整個原子說，其電性是中和的。

3. 核上的電荷，其數目等於該元素的原子序數。原子序數差不多(並不一定)都同原子量的次序一樣。

4. 電子是我們所能得到的最微量的陰電荷。

5. 原子的核裏包含着質子和中子。質子是氫原子的核。中子是質子和電子最縝密的結合體。

6. 電子可以用層層相疊的‘殼’來表示，第一層殼有 2 電子，第二層有 8 電子，第三層有 8 電子，第四層有 18 電子。

倘使最外的一層殼已經完成，則元素即呈鈍性，如氮和氫是。倘使最外的一層殼尚未完成，則該元素必能起化學作用。

【金屬原子】 金屬原子，在其最外的一層殼上，含有較少的電子(1, 2 或 3)。這種原子在化學反應中，有失去電子的傾向。

【**非金屬原子**】 非金屬原子，在其最外的一層殼上，含有較多的電子(5, 6 或 7)。這種原子在化學反應中，有取得電子的傾向。

【**原子價**】 原子價就是原子在化合時，取得或失去電子的數目。失掉電子的原子謂為具有正價，取得電子的原子謂為具有負價。

【**離子**】 離子是帶有電荷的一個原子或一團原子(根)。

【**離子價**】 離子價是一個(或一團)原子，在變為離子時失去或取得的電子數目。

【**陽離子和陰離子**】 金屬原子失去一個或一個以上的電子，就變為陽(+)離子。

非金屬原子或非金屬原子團取得了電子，就變成陰(-)離子。

【**極化合物和無極化合物**】 極化合物由離子所構成，當熔融時或成溶液時，能夠導電。

無極化合物的本身或其溶液，都不能導電。

## 問 題

1. 試舉示對原子構造知識貢獻最早而最完全的三位科學家。並略述每人所貢獻的是什麼？
2. 原子中的電子數和質子數有怎樣的關係？為什麼？
3. 決定原子的重量的是什麼？
4. 原子核是由什麼構成的？
5. 電子和質子在(a)電荷，(b)重量和(c)原子中的位置三方面有什麼不同？
6. 質子的重量和中子的重量是否相等？
7. 試述以下各名詞的界說：電子，質子，中子。
8. 原子的第一層完全的殼上有幾個電子？第二層和第三層又各有多少？
9. 原子的最外層，要取那兩種方法來達到完全？
10. 在原子構造上，由什麼東西去決定牠的價？
11. 舉出易於‘貸出’電子的元素，和急於‘借入’電子的元素各三種。

12. 舉出外殼已達到完全的元素四種。又這些元素各有什麼顯著的特性?
  13. 用電子論解釋什麼是帶陰電的物體? 什麼是帶陽電的物體?
  14. 原子構造論怎樣解釋化合?
  15. 質子和中子在(a)電荷和(b)'組成'上有什麼區別?
- \*                    \*                    \*
16. 試以鋰為例,照波爾理論,說明原子構造為何同太陽系相似?
  17. 最活潑元素的原子,其外層電子數的真相若何?
  18. 氯和鉀同為一價元素,然而一為著名的非金屬,一為活潑的金屬,試以原子構造的理論加以解釋。
  19. 氫是幾價? 憑這價數怎樣可以解釋牠的化學鈍性?
  20. 試用電子來解釋電流在金屬絲上的流動。
  21. 比較真空管中電的流動,和銅絲上電的流動。
  22. 按波爾理論,試作圖表示下列各原子的構造: (a)鎂; (b)銦; (c)氧; (d)氮和(e)鈉。
  23. 試用原子構造圖作一方程式,表明鈉和氯結合而成食鹽時的變化。
  24. 試將下列空白填起:一種元素的原子價就是該原子在完成——層所必須——或——的——的數目。
  25. 試填以下空白:原子的全部質子都在牠的——內。原子的重量依靠——和——的多少。若要使原子成為中性,那麼,核內的——數就應當和核外的——數目相等。原子裏所有的中子,都在原子的——內。

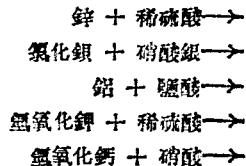
### 第十章至第十四章的複習題

1. 試舉製氫氧化鈉的方法兩種。
2. 試解釋以下各名詞: (a) 電子, (b) 質子, (c) 中子, (d) 價, (e) 極化合物。
3. 作方程式以表示氯和(a)水; (b)氫; (c)錒; (d)銅; 或(e)磷的反應。
4. 製造下列各種氣體時,要用什麼方法集取: (a) 氧; (b) 氫; (c) 氯; (d) 氯化氫? 為什麼?
5. 試作下列各反應方程式: (a) 鈉和水; (b) 氯化鈣和碳酸鈉; (c) 氫氧化鈉和硫酸。
6. 試按下列各點比較氯和氧: (a) 常溫時的活潑性; (b) 密度; (c) 顏色; (d) 溶解度; (e) 同氫的化合力。
7. 試作下列各反應方程式; (a) 製造氯化氫; (b) 由氯化氫的水溶液製氯氣; (c) 硝酸銀對於氯化氫水溶液的反應。

8. 今有一種無色的液體，疑為鹽酸，試問要採用怎樣的化學檢驗法，才能證明牠是否為鹽酸？

9. 離子化和電解有什麼關係？不起電解也能離子化麼？不起離子化也能電解麼？

10. 試作下列各反應的離子方程式：



並說明各反應能得達於完成的理由。

11. 試用下列名詞，寫一段述說某物質電解的文字，但須將各名詞用得適當：電解質，陽極，陰極，陽離子，電解，電極，陰離子，電子。

12. 按原子構造學說，(a)是否質子的總和應當等於電子的總和？(b)全部的電子怎樣分布？(c)元素的化性是從何處而來的？

13. 按原子構造學說，什麼東西可以決定元素的(a)原子價？(b)原子的重量？(c)為金屬或非金屬？

14. 在(a)一種極化合物如食鹽裏，和(b)一種無極化合物如二氧化碳裏，‘分子’這名詞在意義上有什麼不同？

15. 在等容積同克分子濃度的一切溶液中，其分子數是怎樣的？在等容積同當量濃度的一切酸性或鹼性溶液中，其中和力是怎樣的？

16. 在U字形管中電解碳酸鈉，經過十分鐘後，再將其內容物拌混，其溶液仍呈中性；可是電解氯化鈉溶液經十分鐘後，則溶液呈鹼性，試加以說明。

17. (a)氫分子，氫原子和氫離子有什麼重要的分別？(b)將氫分子變為氫原子，要用怎樣的裝置？(c)試寫以上的方程式。(d)用兩種什麼方法，可以使氫離子變為氫原子(最後更變作氫分子)？(e)以上各法，試寫方程式表明之。

\* \* \*

18. 將溶有40克氫氧化鈉的溶液，與溶有40克氯化氫的溶液相混，再將牠蒸乾，問(a)其殘渣是什麼？(b)又重若干克？

19. 實驗室所用的濃鹽酸，比重為1.0，含純HCl 38%。試計算(a)其當量濃度，(b)克分子濃度。

20. 如欲中和溶解氯化氫11.2升於水而成的鹽酸，則須用0.2克分子濃度的氫氧化鋇溶液若干容積？

## 第十五章

### 硫和硫化物

硫的所在——出產——性質——同素異形體——化學行爲——硫在橡膠工業上的應用。

硫化氫的所在——製法——性質——分析用途。二硫化碳

**174. 【硫的重要和所在】** 硫是很早就知道的一種元素。牠和硝石( $\text{KNO}_3$ )、木炭(C)相混合,久已應用爲黑火藥。牠和石灰的混劑,可用以作噴射樹木的殺蟲藥,牠又能供給二氧化硫,以作漂白、消毒和發冷之用。最近的實驗指出:若使鐵道枕木吸收融熔的硫,就可防腐耐酸。牠的最重要的用途,也許要算製造硫酸,因爲硫酸在其他化學藥品的製造上,是一個吃重而主要的角色。

游離狀態(即成爲元素而存在的)的硫,在西西里(Sicily)、得克薩斯(Texas)、和路易斯安那(Louisiana)等處,蘊藏極富。在火山口四周、火山附近,甚至其他非火山區域,常有發現。此外硫化化合物也有大量的蘊藏,其中如金屬的硫化物:黃鐵礦(iron pyrite,  $\text{FeS}_2$ ),又稱‘愚人金’(fool's gold),方鉛礦(galena,  $\text{PbS}$ )和閃鋅礦(Zinc blende,  $\text{ZnS}$ )等;以及硫酸鹽如石膏(gypsum,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )等。

**175. 【工業生產】** 在美國,硫都蘊藏在地面下500到1500英尺的深處。因爲周圍有黏土、砂礫、岩石等存在,所以不能用通常掘

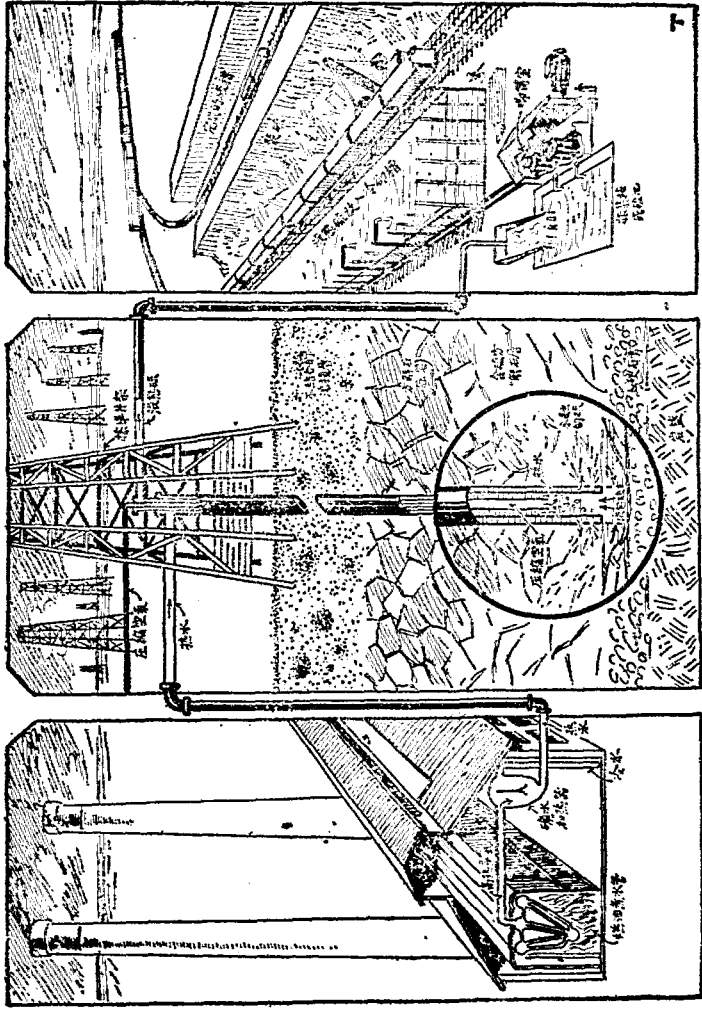


圖 104. 在路易斯安那及得克薩斯等處用那拉虛法採礦

鑿坑道的方法來開採。美國化學家赫爾孟·弗拉虛(Herman Frasch)經過十年的研究,才設計出一個巧妙而有效的探硫法。這方法的大要是這樣:在地下鑽掘一個很深的洞,直通到硫礦牀之底。在這洞裏插入一根直徑六英寸的粗鐵管,管中又放兩根較小的鐵管,這兩根鐵管也是互相套着的(圖 104)。將水在壓力(100 磅/英寸<sup>2</sup>)下加熱到遠在牠的沸點(170° C.)以上,壓入六英寸的鐵管中。這種過熱的水使固體的硫融化而把地下礦牀變成熔硫的地下湖了。然後用壓縮的熱空氣(約 500 磅/英寸<sup>2</sup>)從最小的鐵管中壓下去,把熔硫和熱水造成泡沫。熱水的壓力和壓縮空氣,使這種泡沫從中間的管中昇上來,流入一隻 150 英尺闊、250 英尺長、60 英尺高的木桶中。像這樣地,就能使大量的硫融熔而噴到地面上來。這種硫是極純粹的(超過 99.5%)。當牠凝固之後,就把大硫塊打碎,直接裝在車子裏,運輸到各種需用的地方去,不再加工淨製。有時候,這種大硫塊竟重至十四萬噸之多。

**176. 【硫的性質】** 硫為淡黃色、脆弱的固體,重量約為水的兩倍。不溶於水,沒有顯著的滋味或嗅味。加熱時,於 114°C. 融熔而為稻草色的液體。溫度增高時,液體的顏色逐漸變深,並且愈帶黏稠性。在約 235°C. 時,牠差不多呈黑色,並且稠厚而不能從容器中流出。溫度若再增高,牠又漸漸稀薄,至 445°C. 而沸騰(§9)。在固體時,牠是熱和電的最好的絕緣體。

**177. 【三種的硫】** 試將普通的硫條溶解在少量易燃的所謂二硫化碳( $CS_2$ )中,然後把這溶液填入一結晶皿中,就見溶劑慢慢地蒸發,把硫成爲小形的晶體而遺留下來。

假使這個實驗稍加注意而以大規模行之，則所成的晶體可以更其完整，如圖 105 所示。這種硫通常都為八面體，屬於斜方晶系，所以叫做斜方硫 (rhombic sulfur)。天然產出的游離的硫，是斜方硫。硫條和硫華大部分是由這種硫的微小晶體所組成的。

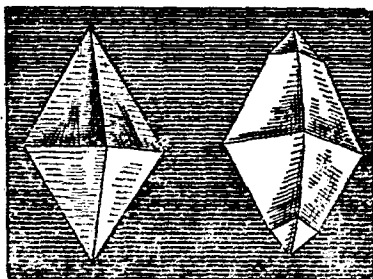


圖 105. 斜方硫晶體

若把硫先融熔而令其漸漸冷卻，就可得到另一種晶形的硫。這個實驗只要一隻磁質的蒸發皿，是非常便利的。當融熔的硫開始凝固時，就在表面結成一張薄皮。然後在這皮上戳兩個孔，使皮下的液體硫從一孔中流出，就見蒸發皿內部已生成一叢疎鬆的針狀晶體(圖 106A)。



圖 106 A. 製柱狀硫

這樣製得的硫，質地已不再脆弱，看去差不多和樹膠一樣了。

在液體硫中生成的晶體屬單斜晶系或柱狀晶系，為纖長、透明、淡黃色的針狀物，切面幾成長方形，針尖略帶傾斜。若使硫的溫度常在  $96^{\circ}\text{C}$ . 以上，熔點以下，就可永遠保持這種晶形。若任其冷卻，則漸不透明，這是因為牠變成斜方硫的質點的緣故。

現在試用尋常的硫條在小燒瓶中加熱到幾近於沸點，然後把熱硫從燒瓶中傾出，使成細繩狀落入一燒杯的冷水中，如圖 106B 所示。燒杯中最好放一隻漏斗，而把細繩狀的硫環繞在漏斗的四周。這樣，我們只要把漏斗取出，就可以把凝固的硫一同取出。

用熔硫投入冷水中突然冷卻而製成的麵糊狀的硫，叫做彈性硫



(plastic sulfur), 因其沒有結晶, 故又稱無定形硫或非晶形硫 (amorphous sulfur)。這種硫的性質很不穩定, 因為牠隔了幾時就會變成斜方硫。晶形的硫能溶於二硫化碳, 非晶形的硫在二硫化碳中卻不能溶解。

元素的硫, 還能以許多其他的形體而存在, 茲不贅述。

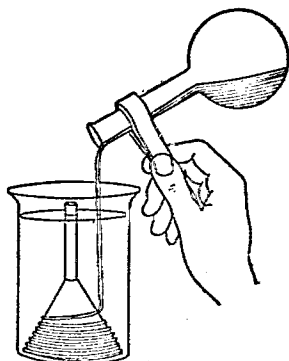


圖 106.B. 製彈性硫

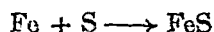
178. 【同素異形體】 凡同一元素的不同種類, 如方纔所說之硫, 稱為同素異形體 (allotropic forms)。不過我們不要以為硫原子也有不同的種類。這種形體的不同可以歸因於硫分子中硫原子結合的數目有多寡。無論如何, 不同種類的硫, 總含着不同量的能; 這也許是由於牠們的電子和質子的排列方法有不同吧? 就硫而論, 我們還沒有知道各種形體的硫分子中各含有多少原子; 不過我們知道硫原子有結合而為大的分子的趨勢, 因為氣體的硫竟有含八個原子的分子。

其他的元素像氧、磷、碳, 也有同素異形體。就氧的同素異形體而論, 已知這不同是由於一種的分子 ( $O_2$ ) 含有兩個原子, 另一種的分子 ( $O_3$ ) 含有三個原子, 並且所含的能比尋常的氧為多。

179. 【硫的化學行爲】 各種形體的硫, 其化學行爲都非常相似。硫在空氣中燃燒, 就產生一種有刺激性臭氣的二氧化硫 ( $SO_2$ )。大半的金屬若與硫共熱, 就直接結合而生成金屬的硫化物。

我們研究硫的第一種化學反應, 是硫與鋅、鐵、銅的作用。牠們

生成了不同的硫化物。這種反應的方程式如下：



130. 【硫在橡膠製造上的用途】 橡樹(圖 107)大都長於熱帶,產生一種乳狀的液質,叫做乳液(latex)。在乳液中加入醋酸,就成生橡膠 (§ 371),通



圖 107. 從橡樹採取乳液

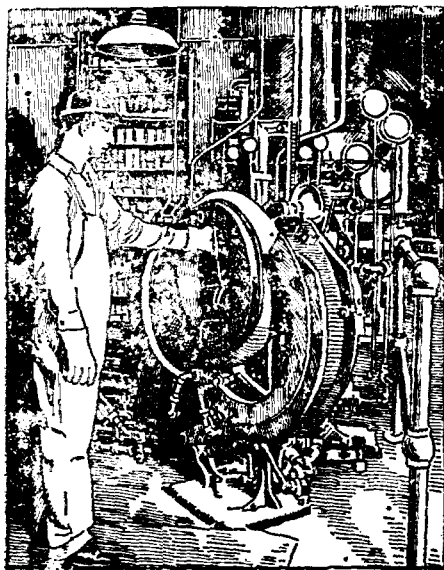


圖 108. 汽車輪胎加硫

稱彈性樹膠(caoutchouc),其主要成分為一種氫和碳的化合物。彈性樹膠柔韌而富於彈性,但不適於供製造一般物品之用,因其能逐漸氧化而成一種脆弱的物質。若在彈性樹膠中混入10%的硫和某種金屬化合物,不使與空氣接觸,而共同加熱到 $150^{\circ}\text{C}$ .,就可使之稍稍變硬,增加彈性,更耐久用。這種操

作叫做加硫法(vulcanizing),其產生的商品就是所謂橡膠(圖 108)。

硬橡膠(hard rubber,或 vulcanite),是把彈性樹膠混以30%至50%的硫;加熱到超過製造普通橡膠所需的溫度約30度以上而製成的。硬橡膠可用以製造鈕扣、自來水筆等物品,在電器上又為極有價值的絕緣材料。

最近已能製造一種人造橡膠(artificial rubber)(圖 109),與天產的橡膠差不多沒有什麼分別。合成的初步原料是碳化鈣,那是用煤

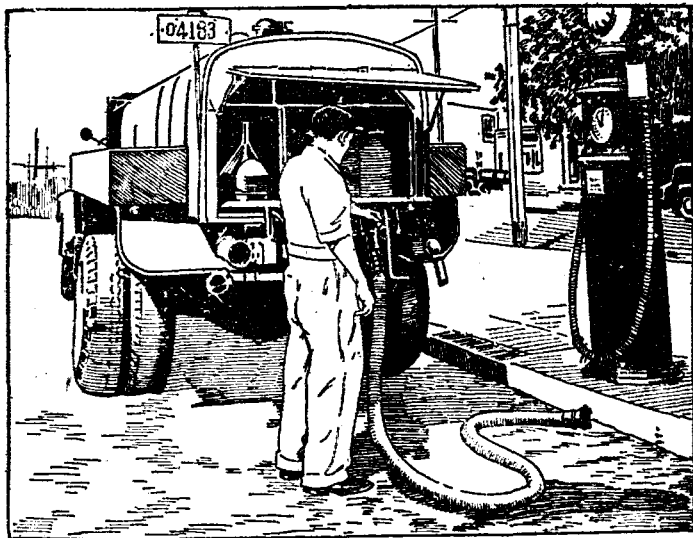


圖 109. 人造橡膠用作蛇管

和石灰石來製成的。先把碳化鈣製成乙炔( $C_2H_2$ )氣,再使乙炔聚合(polymerized);即藉觸媒之助,使乙炔的分子互相結合。最後,這種聚合物( $C_4H_4$ , 乙炔代乙炔)更經用鹽酸處理,就成為氯化丁二烯(chloroprene,  $C_4H_5Cl$ )。氯化丁二烯在新製成時是一種稀薄清澄的

液體，但是牠不很安定，逐漸變成一種有可塑性的固體，這種固體的商業名稱叫 DuPrene (係美國 Du Pont 公司出品，故名)。據說這種人造橡膠對於溶劑和其他化學藥品的抵抗力遠比普通的加硫橡膠為大，但其價格終不能與天然橡膠相競爭。結果，凡是大規模的橡膠工廠所需的原料，仍不得不仰給於熱帶國家的大橡樹園。

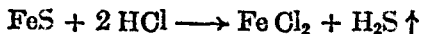
**181. 【重製橡膠】** 破汽車胎中的舊橡膠，可以重製。其法，先把牠們磨成小塊，放在有蒸汽套的圓筒（脫硫器）中與苛性鈉溶液共同加熱，以除去其棉纖維。當其在每英寸 125 磅的蒸汽壓力下煎煮經 20 小時以後，就取出洗淨、曬乾。這種粗製原料再經過一組蒸汽加熱的轆筒，把各種雜質除去，約得 70% 的重製橡膠，又可再供應用。

## 硫 化 物

**182. 【硫化氫的所在】** 硫化氫 (hydrogen sulfide) 就是我們在含硫動物質腐敗時所聞得的氣體 ( $H_2S$ )，壞蛋是一個最常見的例子。此外在某種硫磺泉和火山噴出的氣體中也有牠的存在。

**183. 【硫化氫的實驗室製法】** 使氫於熔硫上緩緩通過，氫與硫就化合而成硫化氫。不數分鐘後，用紙條蘸醋酸鉛 [ $Pb(C_2H_3O_2)_2$ ] 溶液持近去，即使為量極微，亦可探知其存在。結果因為紙條上生成了黑色的硫化鉛 (PbS)，所以顏色變黑。

實驗室中製造硫化氫的通行方法，是藉稀鹽酸或硫酸與硫化亞鐵 (FeS) 的作用：



若需少量 那末用圖 110 的裝置較為便利。這是一支大試管，內盛稀鹽酸和幾塊硫化亞鐵。氣體用曲玻璃管導出。若需量較多，則最好用啓普發生器(圖37)，因其作用是自動的。因為這氣體有毒，所以關於這種氣體的實驗，應該在通風良好的烟廚內或露天舉行。

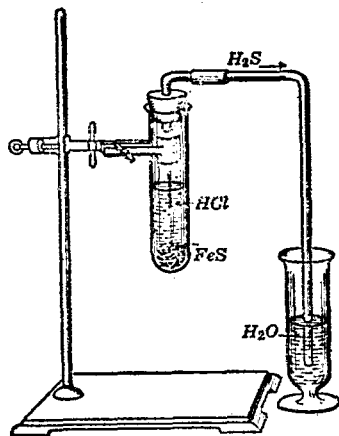
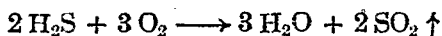


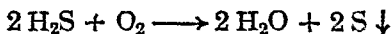
圖 110. 實驗室用硫化氫發生器

**184. 【硫化氫的性質】** 硫化氫無色，比空氣略重，有極不愉快的臭味。因其易溶於水，故在實驗室中應用其溶液，較為便利。純粹的硫化氫有毒，就是用大量的空氣沖淡，還能引起頭痛和嘔吐。幸其有惡臭，可以給我們警戒而覺知其存在。

硫化氫容易燃燒，發藍色的火焰，生成水和二氧化硫：



當其在瓶子裏燃燒時，因為氧的供給太少，不足以化合氫和硫，於是只有氫起燃燒，而把硫沈積了下來：



這化合物不很安定。要證明牠，可用一隻冷磁皿放在硫化氫焰中(圖 111)，就見皿上現黃色斑點，這是由於磁皿表面有硫黃冷凝著的緣故。原來這氣體在其自己的火焰內部，即已被

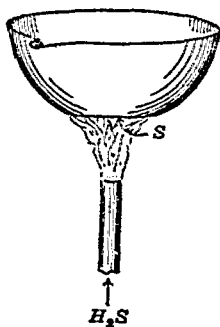


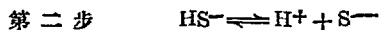
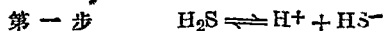
圖 111.  
燃硫化氫使硫沈積

熱所分解為其組成的元素了。

硫化氫的水溶液為極弱之酸，即所謂氫硫酸(hydrosulfuric acid,  $H_2S$ )。牠對於石蕊試紙的作用和碳酸( $H_2CO_3$ )一樣。氫硫酸以鹼類中和後，生成一種鹽，叫做硫化物(sulfide)，可藉蒸發其溶液而得。

115. 【硫化氫的毒性】 大多數人都不知道硫化氫對於一切生活物質有劇毒的作用。溝渠中的空氣，常含有多量的硫化氫，足以致命。牠的毒性是由於從紅血球中攝取了氧。在得克薩斯的某幾個油田裏，都有硫化氫存在，而且很是危險，因為人們聞慣了牠的臭味，反而不以為意了。在家庭中，煤氣中也有硫化氫，這可以從臭味，從牠對於植物的影響，從銀器的變黑等事實覺察出來。

186. 【什麼是弱酸和弱鹼?】 大多數酸類的水溶液的導電率，都比同分子濃度的氯化氫或氯化鈉的水溶液為小。這種酸類對於鋅或其他金屬的作用也遲緩不少。從種種方面看來，可見其溶解的分子只有很小的一部分產生氫離子。以此理由，牠們就被稱為弱酸(weak acid)。照離子學說而論，牠們的溶液中含有許多未離解的分子，離解的只佔全部分子中的小部分。我們可以用下列方程式來表示這個可逆的過程：



同樣，有些鹼類，像氫氧化銨，僅稍稍離解，就被稱為弱鹼(weak base)。所該記住的是：在比較不同酸類和鹼類的強度時，是在比較其在稀溶液中的相對離解度。要比較兩種酸類的稀溶液的性質，我們必須取同樣的克分子濃度的溶液，使每種溶液的一定量中各含同

數的分子。在這種等分子溶液中，酸類的強度就直接隨氫離子的數目而不同了。

鹽酸和硝酸是強酸。牠們在稀溶液中能全部離解。硫酸也是一種強酸。醋酸和亞硫酸是弱酸；硫化氫和碳酸是極弱的弱酸。鈉、鉀、鈣的氫氧化物是強鹼。氫氧化銨是弱鹼，其主要原因是有一部分溶解着的氫成爲  $\text{NH}_3$  而存在於溶液中 (§265)。

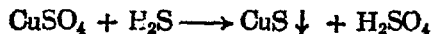
**187. 【實驗室中硫化氫的用途】** 硫化氫因能與金屬溶液起作用，所以在分析化學上應用極廣。其所生的金屬硫化物都有特殊的顏色，所以極便作金屬存在的檢驗。

爲闡明此種應用起見，讓我們用下列三種水溶液來實驗一下：(1)取試管溶解少許的醋酸鉛( $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2$ )於水中。(2)溶解少量的白砒( $\text{As}_2\text{O}_3$ )於數滴的鹽酸中，再加水稀釋。(3)溶解少量的銻鹽(如吐酒石)於水中。然後在每一種溶液中依次通入硫化氫氣泡少許。結果就見第一試管中得黑色沈澱( $\text{PbS}$ )，第二試管中得黃色沈澱( $\text{As}_2\text{S}_3$ )，第三試管中得橙色沈澱( $\text{Sb}_2\text{S}_3$ )。

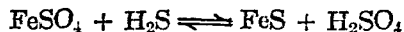
由此可知，凡不溶於水或稀酸中的金屬硫化物，都可由通硫化氫於該金屬鹽的水溶液而製得。

現在讓我們再用遇石蕊質呈酸性反應的鹽溶液來實驗一下。我們先製成硫酸銅( $\text{CuSO}_4$ )、硫酸亞鐵( $\text{FeSO}_4$ )、硫酸鉀( $\text{K}_2\text{SO}_4$ )的稀薄水溶液，然後各通以硫化氫氣泡。我們在銅溶液中得到黑色沈澱，而其餘兩種溶液中卻沒有沈澱。現在若再在這兩種溶液中各加氨水數滴，那末在鐵溶液中就生黑色沈澱，但在鉀溶液中卻依舊沒有沈澱。

在這個實驗中，我們見到硫化銅( $\text{CuS}$ )能在酸溶液中沈澱，硫化亞鐵( $\text{FeS}$ )能在鹼溶液中沈澱，而硫化鉀在酸溶液或鹼溶液中都不能沈澱。這就可用以作爲分離銅、鐵、鉀的方法。下列方程式足以幫助我們理解這個反應：



在硫酸亞鐵的情形中，卻成爲所謂可逆反應 (§188)，其關係通用兩個箭頭來表示：



硫化亞鐵和所生的稀硫酸能起作用。但若加入氨水把硫酸中和，則硫化亞鐵即能生成。這個反應只要狀況略有變更，就會改變方向。

有些金屬，像銀和鉛，能直接和硫化氫化合而成金屬的硫化物。家庭中銀器表面的發黑，大概都歸因於硫化氫，——或從煤氣管隙縫漏出，或由燃煤時發生。發光用的煤氣，雖然假定其中不含硫化氫，但通常總含有微量。

**188. 【二硫化碳】** 我們已知 (§ 177) 二硫化碳 ( $\text{CS}_2$ ) 能溶解硫、橡膠以及其他不溶於水的物質，所以是一種極有價值的溶劑。牠是用硫和碳來製成的：



這意思是，如果反應中用的是克分子量，那末就必須供給以 28,674 卡的熱，所以二硫化碳被稱爲吸熱化合物 (endothermic compound)。事實上這個反應所需的溫度極高，商業上通常都用電爐來得到牠 (圖 112)。爐中主要部分充填着焦炭，硫從漏斗中加入。電極靠近爐底，其所生的熱把硫氣化，使與赤熱的碳相結合，而生成二硫化碳。

二硫化碳爲無色、質重的液體，於

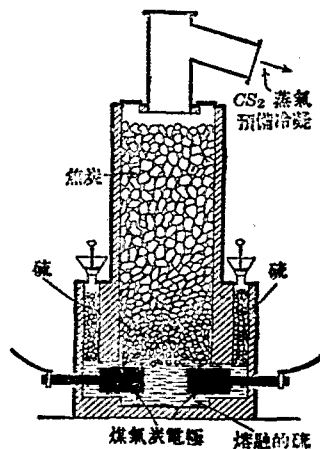


圖 112. 製二硫化碳的電爐



46°C. 沸騰。據謂純粹品有愉快的香味，但牠往往稍微分解，而生一種不快的臭味。牠極易着火，其蒸氣和空氣混合能起爆發，所以在使用二硫化碳的時候，切不可把火焰持近。

二硫化碳不但是有價值的溶劑，又可用以殺滅蟻類和其他的害蟲。此外又可用牠以滅除‘草原狗’(prairie dog)\*和鼠類等。在工業上，可用以供製人造絲(\$435)及四氯化碳。

### 第十五章摘要

【硫的所在及開採法】 硫成爲游離狀態而產出；也有成爲硫化物和硫酸鹽而產出的。在路易斯安那和得克薩斯，其開採方法是用過熱的水先把地下的硫融熔，然後將其壓至地面。

【市售的硫】 市上出售的硫，爲硫華和硫條或硫塊。

【硫的同素異形體】 硫的同素異形體包含斜方硫、柱狀硫和非晶質硫。斜方硫是穩定的硫；於114°C.時融熔，於445°C時沸騰。牠的比重爲水的兩倍，不溶於水，而溶於二硫化碳。

【硫的化學性質】 硫在空氣中燃燒時生成二氧化硫，又能和多數元素直接化合而生成硫化物。

【硫的用途】 硫可用以製造火藥、硫黃噴射劑，二氧化硫、二硫化碳、硫酸和加硫橡膠等；又可用以作木材的防腐劑。

【硫化氫】 硫化氫在自然界中由含硫有機物質的腐敗而生成；牠又存在於火山氣體和硫黃泉水中。

在實驗室中，硫化氫係用稀硫酸或硫酸作用於硫化亞鐵內製得。

\* 譯者按，爲土撥鼠之一種，學名 *Cynomys ludovicianus*，在北美洲擊佔田園，爲害農產。

【**硫化氫的性質**】 硫化氫為無色氣體，有特殊的惡臭，易溶於水，比空氣略重。在多量空氣中燃燒生水與二氧化硫；如空氣的供給不足，則生成水與硫。

硫化氫的水溶液稱為氫硫酸；牠是一種弱酸，能與大多數的金屬溶液生成硫化物。在化學分析上用以分離多數金屬。

### 問題和習題

1. 指出三處游離硫磺蘊藏最富的地方。
  2. 指出三種天產最多的硫化合物。
  3. 用圖解表出弗拉康方法的主要事實。
  4. 舉出元素硫的用途三種。
  5. 你在實驗室中將用怎樣的步驟證明一種黃色粉末為硫？
  6. 硫的同素異形體有着那些共通性質。
  7. 試就各方面比較硫和氧的異同。
  8. 解釋同素異形的意義，並列舉已經學習過的成同素異形體而存在的元素。
  9. 用那兩種方法可以得到一物質的完整晶體？試以硫為例而說明之。
  10. 列表表示硫化氫的物理性質。
  11. 硫化氫的水溶液是弱酸。試解釋之。這酸叫什麼名字？
  12. 在都市的空氣中，銀器和用鉛白做的油漆極易變黑。試解釋之。
  13. 寫出五種金屬硫化物及其相當的氧化物的名稱和式。
  14. 試寫出下列反應的方程式：(a)硝酸鉛 ( $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ) 和硫化氫；(b)硝酸銀 ( $\text{AgNO}_3$ ) 和硫化氫；(c)氯化鋅 ( $\text{ZnCl}_2$ ) 和硫化鈉；(d)氯化銅 ( $\text{CuCl}_2$ ) 和硫化氫；(e)氯化銻 ( $\text{SbCl}_3$ ) 和硫化氫。
- \*                     \*                     \*
15. 在得克薩斯的大硫磺，離地不過1000英尺，為什麼不用採煤的方法來開採呢？
  16. 弗拉康方法的得有成效，依據了硫的何種性質？
  17. 指出硫的同素異形體。那一種晶體內部含化能最多？其中那一種在室溫時最不穩定？
  18. 以硫、鹽酸、鐵為原料，你將取怎樣的步驟來製硫化氫？
  19. 在實驗室中，你用什麼方法來辨認一種硫化物？
  20. 寫出三種硫化銀製法的方程式。

21. 通硫化氫於硫酸鋅溶液中時，其反應爲可逆的。你將怎樣使之完成？
22. 若使硫化氫的水溶液在瓶中靜止若干時，就有硫沈積下來。試解釋之。
- \*                                 \*                                 \*
23. 100克的硫化亞鐵，可製硫化氫多少克？
24. 要多少克的硫化亞鐵與稀硫酸相作用，可產生在標準狀況下的硫化氫 100 升？

### 進修研究題

【橡膠】橡膠的應用，始於何時？牠在最近二十年來爲什麼這樣重要？橡膠怎樣用人工造成？種植橡膠和天然橡膠有什麼不同？合成橡膠和種植橡膠有什麼不同？（沙玉彥譯：創造的化學第八章，新亞版；方漢城著：橡皮，商務百科小叢書；最新化學工業大全第十冊，商務版）。

## 第十六章

### 硫的氧化物及其酸類

二氧化硫——製法及性質。亞硫酸——牠的用途。亞硫酸鹽及發性亞硫酸鹽。

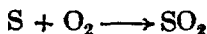
三氧化硫——製法及性質。硫酸的製造——濃硫酸及稀硫酸的性質——硫酸鹽—— $\text{SO}_4$  離子的檢驗。酸酐和鹼酐。

189. 【基本的化學藥品硫酸】 1843年，德國大化學家利俾喜 (Liebig) 曾經說過，一國商業的盛衰，可就該國的硫酸消費量來判定。這句話在將近百年後的今日，還是確實可靠。即就美國一國而論，一年中硫酸生產的價值約合國幣二億七千萬元。硫酸之所以有這樣大量的需要，實因一切的日常用品，差不多都要直接或間接地用硫酸來製造。以其積存量極少，大都隨需要而供給，故硫酸的市場狀況，可說為一國經濟景氣的氣壓計。

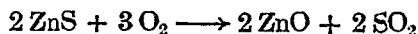
我國自辦的硫酸廠，共只四五家，其中以廣州的廣東省營硫酸廠和上海的開成造酸廠規模較大，全國年產量約廿五萬擔，共值國幣約六千萬元，較之美國祇及五分之一。

#### 二氧化硫和亞硫酸

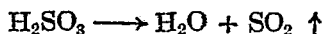
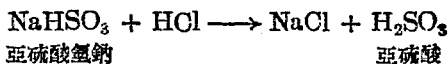
190. 【二氧化硫的製法】 我們已經知道 (§30)，硫在空氣中燃燒後，就生成一種氧化物，即所謂‘二氧化硫’ (sulfur dioxide,  $\text{SO}_2$ )。這種氣體具有窒息性，就是通常所謂的‘硫黃氣味’。其方程式如下：



在工業上,是把硫放在一種‘旋轉鼓’(rotating drum)裏燃燒的。還有一種製法,是用一種金屬硫化物如‘黃鐵礦’(pyrite,  $FeS_2$ )或‘閃鋅礦’(zinc blende,  $ZnS$ ),在空氣中加強熱或煨燒而成的。這方法不但能產生二氧化硫,且能生成金屬的氧化物:



在實驗室中製備二氧化硫,要不含氮或過量的空氣,可徐徐地滴鹽酸於亞硫酸氫鈉的結晶上(圖 113)。



這個反應只是複分解的一例,產物中的亞硫酸( $H_2SO_3$ )很不穩定,能分解而為水與二氧化硫,如上面第二方程式所示。

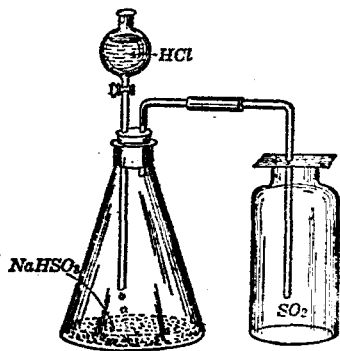
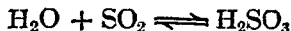


圖 113. 製二氧化硫

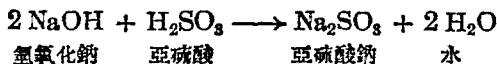
191. 【二氧化硫的性質】 二氧化硫為無色氣體,但有特殊刺激性的滋味與嗅味。較空氣重二倍以上,\* 是我們已知氣體中最容易液化的一種。這液化的氣體在尋常壓力下於  $-8^{\circ}C$ .時沸騰;在室內溫度時,因其壓力只有三、四大氣壓,故可以保存在堅實的玻璃瓶或金屬筒裏。氣體的二氧化硫極易溶解於水(在  $15^{\circ}C$ .時每 1 容積的水約可溶 40 容積),不起燃燒,也不能助燃。

\*  $SO_2$  的分子量是 64; 22.4 升的空氣重 29 克。

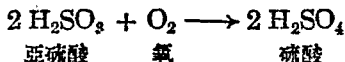
192. 【亞硫酸】 二氧化硫不但容易溶於水,且能與水化合而成所謂‘亞硫酸’(sulfurous acid,  $\text{H}_2\text{SO}_3$ )。其水溶液加熱時,亞硫酸即又分離為水與二氧化硫;所以牠的反應是可逆的;



亞硫酸是一種極不穩定的化合物,所以不能從牠的水溶液中去分離牠出來。事實上,我們之所以相信牠的存在,其主要理由為我們能製得牠的鹽類。譬如當亞硫酸的溶液用氫氧化鈉來中和,及蒸發之後,就得一種化學式相當於  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  的物質。這就指出了下列的方程式:



亞硫酸在空氣中又能漸漸吸收氧而變成硫酸。這變化可用方程式表示如下:



因為亞硫酸極易和其他化合物中的氧相化合,故為一極強的還原劑 (§51)。

例如,過錳酸鉀 ( $\text{KMnO}_4$ ) 是極好的氧化劑。其結晶溶於水中,成一深紫色的溶液。然而我們若是把這有色的液體注入亞硫酸溶液中,結果顏色就立即消失,因為亞硫酸已把過錳酸鉀中的一部分氧奪去,卻在溶液中剩下了兩種無色的化合物,即硫酸鉀和硫酸錳。

193. 【二氧化硫的用途】 含溼氣的二氧化硫(即亞硫酸)常用來漂白紙漿、草蓆、蠶絲、羊毛等。這些資料,是都不宜用氯來漂白的,因為氯會使牠們變得堅硬和脆弱。不過二氧化硫的漂白作用隔了些時就會失效,所以被漂白的物質,日久即轉成黃色。原來,在漂

白的時候，二氧化硫把有色物質還原了，也就是把牠所含的氧奪除了，使之變為無色的化合物。但是空氣會再把牠氧化過來，而使之回復從前的顏色。

這個性質可以用下法表示。取幾朵潤溼了的有色的花，放在燃着的硫的近旁，然後用鐵瓶將其全部罩住（圖 114）。不久就見那些花已變成白色。

像乾果、罐頭玉蜀黍、罐頭櫻桃等食品，有時也用亞硫酸來漂白。亞硫酸又有防腐性質，可以防止糖類、蘋果汁的發酵，以及保藏其他的各種物品。然而把牠用來作為食物的防腐劑，卻頗成問題。牠對於植物的生命，顯然是有危害的，凡有這種氣體放出的熔礦廠和化學工廠的鄰近，其植物大都凋落萎疲，可以證明。

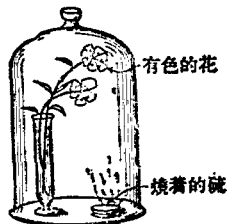
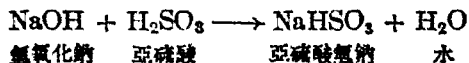


圖 114. 用二氧化硫  
漂白有色的花

二氧化硫又常用於無冰的‘發冷器’(refrigerator)。先用由發動機拖動的壓氣機把這氣體液化了，然後讓牠膨脹蒸發。由於幾次的膨脹和蒸發，二氧化硫就吸收多量的熱，而使發冷器冷卻。

但是二氧化硫的最重要的用途，卻是製造硫酸。

**194. 【亞硫酸鹽和酸式亞硫酸鹽】** 當亞硫酸為鹼所中和時，其所生的鹽叫做亞硫酸鹽(sulfite)。倘使用過量的二氧化硫通過一種鹼類的溶液，就生成了酸式亞硫酸鹽( $\text{NaHSO}_3$ )。譬如：

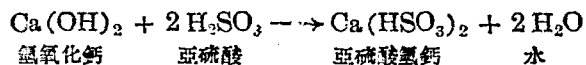


在酸式亞硫酸鹽中，還有一個氫原子沒有被取代。在亞硫酸鹽

中，則所有的氫原子都被取代了。這種酸式鹽，可以用半量的鹼來中和酸溶液而得，或用過量的酸來加入中性鹽而得。

像碳酸( $\text{H}_2\text{CO}_3$ )、氫硫酸( $\text{H}_2\text{S}$ )、亞硫酸( $\text{H}_2\text{SO}_3$ )和硫酸( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )等的酸類，其分子中有兩個可被取代的氫原子，因此這種酸就稱為二鹼酸(dibasic acid)。鹽酸( $\text{HCl}$ )和硝酸( $\text{HNO}_3$ )等，每分子中只有一個可被取代的氫原子，所以被稱為一鹼酸(monobasic acid)。磷酸( $\text{H}_3\text{PO}_4$ )則是三鹼酸(tribasic acid)。

195. 【亞硫酸鹽和酸式亞硫酸鹽的用途】 用過量的亞硫酸處理氫氧化鈣或消石灰[ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ]，換句話說，就是用二氧化硫氣體不息地通入氫氧化鈣溶液中，其產物為‘亞硫酸氫鈣’[calcium bisulfite,  $\text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$ ]。其反應如下：



在製造較低廉的紙類時，是先把木料切成小片，而與亞硫酸氫鈣溶液共煮。木材經煮過後，其中的‘膠狀木質’(lignin)即被溶去，只剩下純粹的纖維素，就成造紙所需的物料。

亞硫酸鈉(sodium sulfite,  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ )常和一種白色的結晶物質叫做‘草酸’(oxalic acid)的相混合，用以漂白草帽。這兩種物質在乾燥時並不起作用，但加水以後，牠們都溶解於水，於是其離子就發生反應。

### 三氧化硫和硫酸

196. 【硫酸的重要】 硫酸曾被稱為‘化學藥品之王’，因為在工業界中，差不多無一不直接或間接地用到牠。那末牠的用途為什麼

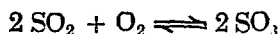


這樣廣；用牠來做什麼；和怎樣用硫來製得牠呢？

在沒有回答這些問題以前，我們且先來研究三氧化硫，因為三氧化硫在硫酸的製造中，是一個重要的階級。

**197. 【三氧化硫的製法】** 把二氧化硫加熱，使之略與氧相化合，就能製成‘三氧化硫’ (sulfur trioxide,  $\text{SO}_3$ )。不過這個反應是非常緩慢的。然而我們若是利用了氫與氧結合時所用的同樣的觸媒 (§50)，即粉末狀的鉑，那末牠們的化合就變得非常容易了。

這反應是可逆的，表示如下：



大約在  $400^\circ\text{C}$ . 時，這兩種氣體差不多可以全部化合。但是在這個溫度以上，卻有逆作用發生。

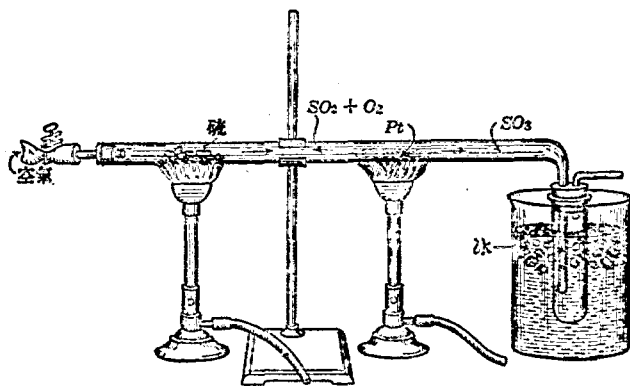


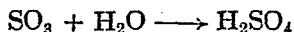
圖 115. 製三氧化硫

這反應可用圖 115 所示的器械來說明。我們先在硬試管中放了些鉑石棉\*。然後

\* 將純淨的石棉浸入氯化鉑的極濃的溶液中，然後放在本生燈火焰上燒灼，就可使石棉上滿佈着極細的鉑粉。

燒硫，並用吸氣裝置使二氧化硫和空氣的混合物通過鉛石綿塞 Ff，並在鉛石綿塞上略加截熱。所生的三氧化硫，可導入置於碎冰和食鹽的寒劑中的大試管內，而使之冷凝。

198. 【三氧化硫的性質】 三氧化硫是一種無色的液體，在 15°C. 時凝固，在 46°C. 時沸騰。牠有兩種同素異形體 (§178)。一種就是方纔所說的液體，還有一種是白色的結晶固體，不經熔解就能昇華(即蒸發)。三氧化硫極易和水化合而成硫酸。若把三氧化硫投入水中，就立即溶解，並發生多量的熱：



199. 【硫酸的製法】 製造硫酸現今通用兩種方法，一種叫接觸法 (contact process)，一種叫鉛室法 (chamber process)。這兩種製法的第一步，都是燃硫或煨燒金屬硫化物以取得二氧化硫。主要的困難是在第二步，就是如何把二氧化硫變成三氧化硫。要克服這種困難，通常都利用一種觸媒，這兩種方法的主要差別就在觸媒的不同。在接觸法中，其觸媒為保持一定溫度的氧化鈮 (vanadium oxide) 或鉑。在鉛室法中，其化學變化很是複雜：大致是用蒸汽、氮氧化物、和空氣等來把二氧化硫變成硫酸的。所用器械的裝置，安排得十分

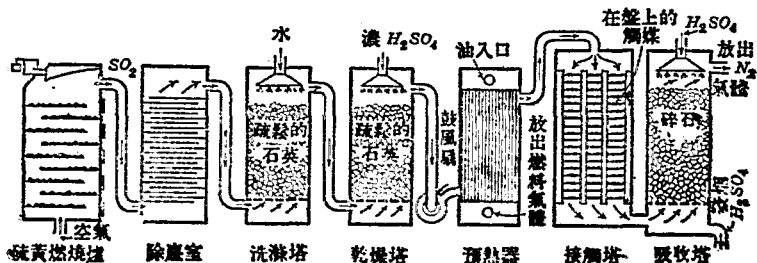


圖 116. 用接觸法製硫酸的圖解

巧妙，使氮氧化物可被反覆應用，而不能逃出。

在接觸法(圖116)中，其觸媒都用氧化鉬，或如第197節中的實驗，用細粒的鉑。在商業製造上，所用二氧化硫和空氣的混合物中的塵埃及雜質，都經謹慎地除去。因為若不把這些雜質除去，鉑就全失去其觸媒的效力。溫度也須小心地調節，使之經常保持在400°C。(圖117)；因為溫度若降至400°C. 以下，反應就嫌太慢，若昇至400°C. 以上，就會起逆反應。最後把三氧化硫吸收在濃硫酸中，卻並不用水，因為三氧化硫通入水中，有

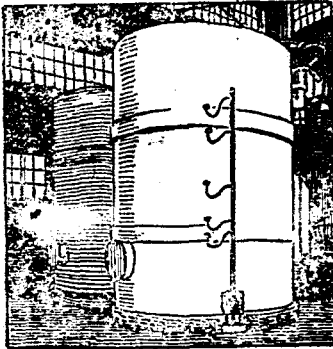


圖 117. 接觸塔

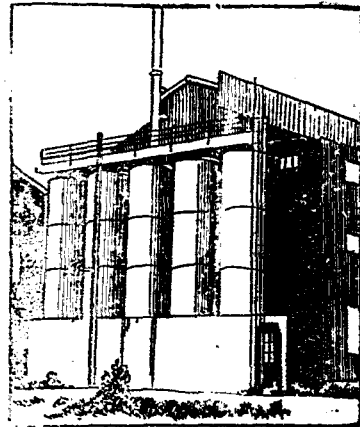


圖 118. 吸收塔

變成霧狀而逸出的趨勢，很不容易捉捕(圖118)。結果所得的酸稱為‘發煙硫酸’(fuming sulfuric acid 或 ‘oleum’)，就其本質上說，實在只是三氧化硫溶於濃硫酸中的溶液。

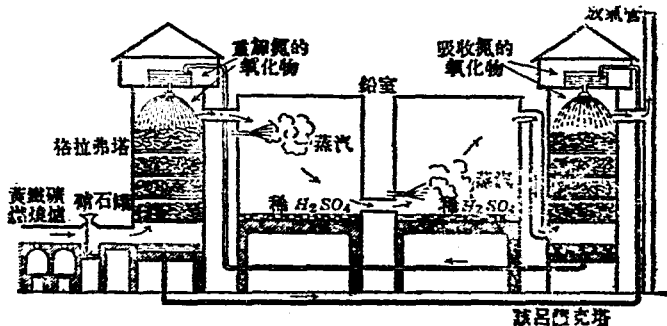


圖 119. 用鉛室製法製硫酸的圖解

當發煙硫酸用水稀釋(dilute)以後，三氧化硫就和水相化合而成爲硫酸。

在鉛室法(圖 119)中，是用氮氧化物來做媒的。最初，二氧化硫被一種棕色氣體二氧化氮( $\text{NO}_2$ )所氧化，而成爲三氧化硫，同時二氧化氮則被還原爲一氧化氮( $\text{NO}$ )。但是一氧化氮一觸空氣，卻又奪取空氣中的氧而成爲較高級的氮氧化物。因此一氧化氮更遞地被空氣所氧化，被二氧化硫所還原，剛好作爲氧的運送者。這個反應是在一個大鉛室裏完成的，不但要供給必需的水份，使三氧化硫變成硫酸，並且爲了促進其反應起見，還要用蒸汽來噴射到鉛室裏去。

在實際上，先令從燃硫或黃鐵礦煅燒爐中發生出來的氣體，通過一個塔，即所謂格勞弗塔(Glover tower)，使氣體冷卻，並給以氮氧化物。從未一個鉛室裏通出來的氣體，被導入另一塔，即所謂該·呂薩克塔(Gay-Lussac tower)，使氮氧化物吸收於濃硫酸中。然後把這酸用唧筒壓至第一塔的頂端，使被水所稀釋而放出氮氧化物。

在鉛室中所集得的酸，只含 60% 的硫酸( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )。鉛室法是一個較舊的方法，但是至今仍廣被採用，以製造濃度較低的硫酸。至於要生產濃硫酸，那自然以採用接觸法爲佳。接觸法優於鉛室法之點，全在不必要大工程加工濃縮，而能直接製成任何強度的極純粹的酸。

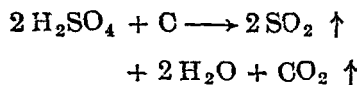
**200. 【濃硫酸的性質】** 純粹的濃硫酸爲無色油狀的液體，較水約重兩倍。牠的商業名稱爲 oil of vitriol (中名硫強水)，因爲在以前，這酸都用硫酸亞鐵晶體( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ )來製成，而硫酸亞鐵當時通稱爲 green vitriol (綠礬)的。牠的沸點很高( $338^\circ\text{C}$ )，有極強的腐蝕性，要是潑在皮膚上，立起灼傷。牠和水可以用任何比例混合，同時產生大量的熱。就因濃硫酸對水有極大的吸引力，所以常用以燥乾多數的氣體。

和這種嗜水性密切相關的，就是牠的脫水作用 (dehydrating action)。牠能從多數含有氫氧兩元素的物質(如糖，見 §12)中，奪取氫氧，使成水分而除去。

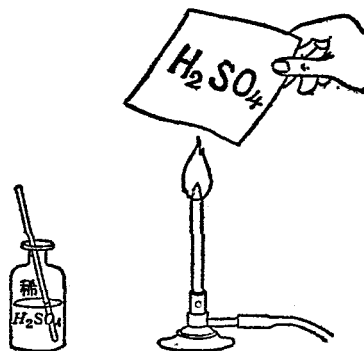
紙大部分由纖維素(cellulose,  $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$ )而成，我們如果要表出硫酸對於紙的作用，就可用玻璃杯灑一些稀硫酸來寫字在白紙上。其次把紙拿到本生燈火焰的上方，附着

相當的距離，將其烘乾。這樣，凡是紙上寫字的地方，就都變成焦黑色（圖 120），因為水分蒸發以後，稀硫酸已變成濃硫酸了。

熱的濃硫酸是一種氧化劑，牠能被多數的物質還原為二氧化硫。例如，若將碳和濃硫酸共煮，碳就被氧化：



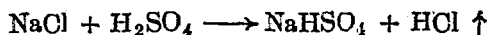
倘使用金屬如銀、銅、汞等來



和濃硫酸共煮，牠們就被變成硫酸鹽而放出二氧化硫。鐵遇稀硫酸能很快地發生作用，遇濃硫酸卻不發生作用。因了這種理由，所以濃硫酸可以裝在鐵桶裏運輸。

圖 120. 用硫酸使紙焦化

**201. 【濃硫酸與鹽類的作用】** 濃硫酸因為有很高的沸點，所以可用以製造更易揮發（即更易蒸發）的酸類，如鹽酸、硝酸等。例如製造鹽酸，我們用最廉價的氯化物——食鹽：



氯化氫在室溫時為氣體。我們還應該注意在上列方程式中，硫酸氫鈉（sodium hydrogen sulphate,  $\text{NaHSO}_4$ ）也是產物之一。但是我們倘使用兩倍的鹽來與酸加熱到較高的溫度，那末我們就可得到兩倍量的鹽酸。這個反應是在商業上用大規模設備來完成的。其方程式見 § 130。

要製造硝酸，我們用最廉價的硝酸鹽——硝酸鈉（ $\text{NaNO}_3$ ）：



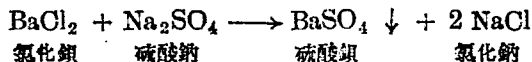
硝酸在  $86^\circ\text{C}$ . 時就會揮發。倘使我們用了兩倍量的硝酸鈉，而把牠們加熱到較高的溫度，那末硝酸就極分解，部分變為較簡單的物質，所以硝酸的實際產量並不能加倍。

**202. 【稀硫酸】** 稀釋硫酸，須十分小心，因為這時候牠能發生

大量的熱。大概由於硫酸，或則說得更恰當一些，應該是硫酸氫 (hydrogen sulphate)，把氫離子 ( $H^+$ ) 讓給了水，而產生一種含水的氫離子，有時稱為銻離子 (oxonium ion,  $H_3O^+$ )，和一種酸式硫酸根離子 ( $HSO_4^-$ )。我們該把濃硫酸成細縷地注入水中，而不該把水注入酸中。稀硫酸和鋅、鐵、鋁等作用，就生游離氫和金屬的硫酸鹽；為鹼類所中和，則生成鹽類。稀硫酸對於水沒有吸引力，並且不是氧化劑，所以顯然不能用牠來製造氯化氫。就以上所說的各點看來，牠與濃硫酸全然不同，這種不同，是我們必須小心地注意着的。

**203. 【硫酸鹽】** 硫酸的不含氫的鹽類，叫做硫酸鹽 (sulphate)。每分子中仍含一個氫原子的鹽類，叫做酸式硫酸鹽 (bisulfate 或 acid sulfate)。多數金屬的硫酸鹽，都很重要，常用以供日常的用途。如熟石膏 (plaster of Paris) 是含水較少的硫酸鈣 [ $(CaSO_4)_2 \cdot H_2O$ ]。瀉鹽 (epsom salt) 是含水的硫酸鎂 ( $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ )。牠們大部分為結晶的固體，能溶於水。但鉍、錒、和鉛等的硫酸鹽，卻不溶於水；而銀和鈣的硫酸鹽，則只能略溶於水。

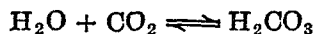
要檢驗硫酸鹽，即檢驗  $SO_4^{2-}$  離子，可用可溶性的鉍鹽 (如氯化鉍) 加入所欲檢驗的溶液中。如有白色的沈澱生成，而此沈澱又能為鹽酸所溶解，那末我們就可斷定其有硫酸鹽存在：



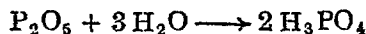
**204. 【硫酸的用途】** 濃硫酸在實驗室中和工業上都用作乾燥劑。牠在染料製造和多數用作爆發物的有機物質的生產上，需用量十分巨大。因其沸點很高，所以在實驗室中用以從各種鹽類中製取

其他的酸。稀硫酸用於蓄電池及電鍍；又用以清淨多數金屬的表面。在肥料工業上更須消費大量的稀硫酸。牠現在是一種最廉價的化學藥品，每噸只須美金 10 元。因其用途之多而且廣，故硫酸可以被認作近代工業的基石之一。（參看附錄中之工業圖解）。

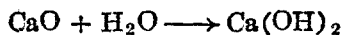
**205. 【酸酐和鹼酐】** 硫的兩種氧化物 ( $\text{SO}_2$  和  $\text{SO}_3$ ) 與水起反應就分別產生亞硫酸和硫酸。凡與水化合而生成酸的氧化物，通常都叫做酸酐 (acid anhydride)。另一例如二氧化碳，牠和水起作用，就生成碳酸 ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ )。碳酸和亞硫酸一樣，不很穩定，一經受熱，就又變而為酐，所以牠的反應是可逆的：



還有一種酸酐，是燃磷於空氣中所得的白色氧化物。這氧化物和熱水化合了，就成為磷酸。磷酸和硫酸一樣，很是穩定，不容易再變成酐：



非金屬的氧化物都是酸酐。在另一方面，金屬的氧化物和水化合了，卻生成鹼。例如，氧化鈣與水反應，即生成氫氧化鈣：



由於非金屬氧化物和金屬氧化物在行為上有這種不同，所以我們常稱前者為酸式氧化物 (acidic oxide)，後者為鹼式氧化物 (basic oxide)。

## 第十六章摘要

**【二氧化硫的製法】** 製二氧化硫有下列兩法：

- (1) 燃硫或煨燒硫化物。
- (2) 使鹽酸作用於酸式硫酸鹽。

【二氧化硫的性質和用途】 二氧化硫為無色有窒息性的氣體，比空氣約重兩倍，極易溶解於水。

牠可用作殺菌劑、防腐劑、和漂白劑，又用於某種無冰發冷機。牠的主要用途是製造硫酸。

【亞硫酸】 亞硫酸是二氧化硫的水溶液，很不穩定。牠是一種還原劑，有漂白和防腐的性質。牠生成兩種鹽類，一種是硫酸鹽，一種是酸式硫酸鹽。

【二鹵酸】 凡酸分子中有兩個可以被取代的氫原子，就叫做二鹵酸。

【三氧化硫】 三氧化硫是藉一種加熱的觸媒，使二氧化硫和氧化合而成。牠和水結合了就生成硫酸。

【硫酸的製法】 製硫酸通常用兩種方法：(1)接觸法，藉觸媒將二氧化硫氧化而得。(2)鉛室法，藉氮氧化物的幫助而使二氧化硫氧化而得。

【濃硫酸】 濃硫酸對水有極強的吸引力，在高溫時可用作氧化劑，因其沸點很高，故將其加熱，即能從各種鹽類中製取其他的酸。

【稀硫酸】 稀硫酸能與多數金屬起反應而生成氫。牠有兩種鹽類，即硫酸鹽和酸式硫酸鹽。除了鋇、鋇、鉛的硫酸鹽類不溶於水，銀和鈣的硫酸鹽略溶於水外，其餘的硫酸鹽都能溶解於水。

【硫酸的重要】 硫酸差不多可應用於一切工業。

【酸式氧化物和鹵式氧化物】 非金屬的氧化物如  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$  等和水起反應，就成為酸，所以這種氧化物稱為酸酐或酸式氧化物。金屬的氧化物如  $\text{CaO}$ ，和水起反應，就成為鹼，所以這種氧化



物稱為鹼式氧化物。

### 問題和習題

1. 敘述三種不同的製備二氧化硫的方法，並各以方程式表明之。
  2. 在空氣中燃燒，為什麼不生純淨的二氧化硫？
  3. 指出二氧化硫的三種重要用途，並說明每種用途各利用牠的那一種性質。
  4. 指出製造硫酸的各種原料的名稱及化學式。
  5. 製造那一等硫酸，接觸法優於鉛室法？
  6. 煮沸的濃硫酸潑在皮膚上，為什麼會引起劇烈的灼傷？試舉出兩種理由。
  7. 硫酸為強酸，是否由於其沸點很高？試解釋之。
  8. 亞硫酸和硫酸，那一種較為穩定？其實驗的證據是什麼？
  9. 漂白草帽，用那種方法最為簡便？
  10. 濃硫酸為什麼可以用來製造硝酸？
  11. 製造氯化氫和硫化氫的反應，為什麼能達於完全？
  12. 濃硫酸為什麼是某些種氣體的有效的乾燥劑？
  13. 糖和木材等與濃硫酸相遇，即起焦化，應怎樣解釋？
  14. 用稀硫酸寫字在紙上，並不焦化，又應怎樣解釋？
  15. 假使用水來注入濃硫酸中，將發生怎樣的危險？（切勿作此試驗）。
- \*                    \*                    \*
16. 用濃硫酸製成較易揮發的酸，是靠着牠的那一種性質？
  17. 二氧化硫用於電力發冷機，是靠着牠的那一種性質？
  18. 要區別氯化氫和二氧化硫，須用那一種化學的檢驗法？
  19. 比較氯和二氧化硫的漂白作用。那一類物料不能用氯來漂白，卻能用二氧化硫來漂白？
  20. 草帽和新聞紙在太陽光中久晒，即變黃色。試解釋之。
  21. 解釋亞硫酸 ( $H_2SO_3$ ) 何以用作還原劑，硫酸 ( $H_2SO_4$ ) 何以用作還原劑？
  22. 用熱的濃硫酸作用於銅，以製二氧化硫，怎樣可以解釋濃硫酸的氧化作用？
  23. 市售的硫酸，一般都不半無色。試解釋此顏色的由來？
  24. 怎樣檢定瓶中的硫酸為稀硫酸或濃硫酸？
  25. 有時用盛着濃硫酸的燒杯，放在發化學天平的秤裏，是什麼緣故？隔了幾時之後，我們見到燒杯中的液體容積已見增加，是什麼緣故？
- \*                    \*                    \*

26. 試計算硫酸的百分組成。
27. 煨燒 100 仟克純度 60 % 的硫化鋅，可製成硫酸多少仟克(比重每立方厘米 1.84 克，純度 96%)?
28. 煨燒 60 克的黃鐵礦( $\text{FeS}_2$ )，可製成二氧化硫多少克?
29. 要製 1 噸( 000 磅)的硫酸，含水 4 %，須用硫若干?
30. 溶液中含 26 克的無水氯化鋇，用足量的硫酸處理，問沈澱得的硫酸鋇( $\text{BaSO}_4$ )重若干?

### 進修研究題

【工業上的觸媒】製造硫酸，接觸法優於鉛室法之點何在？為什麼接觸法還不能把鉛室法完全壓倒？其他應用觸媒的工業，還有些什麼？其他用作觸媒的物質，還有些什麼？(商務版，最新化學工業大全第 15 冊)。

## 第十七章

### 碳及其兩種氧化物

碳及其同素異形體：金剛石、石墨、木炭和煤——碳的化學行爲。碳原子的構造。

二氧化碳——由燃燒和腐敗而發生的——存在於空氣中的——檢驗法——爲植物所需用。由酸作用於碳酸鹽的製取法——實驗——性質——液態和固態——商業上的用途。

一氧化碳——由燃燒煤炭、還原作用和用蟻酸（甲酸）的製取法——性質和用途。

二氧化碳和一氧化碳的組成。

**206. 【碳的同素異形體】** 木炭、石墨和金剛石乃是同一元素的不同素異形體，因爲這三種的物理性質相差極大，所以幾乎令人難於相信。不過據實驗的結果，證明牠們都是元素的碳。因爲牠們都能在氧中燃燒，而且都祇有二氧化碳生成。碳和硫相同，有兩種不同的結晶形，即金剛石（diamond）和石墨（graphite）；及一種無定形碳（amorphous carbon）或稱非晶形碳，例如木炭和煙灰。這兩種結晶形能藉人力而互相轉變。將木炭在避絕空氣的地方，加熱至極高溫度，即轉變爲石墨。又利用人工，亦可製成小粒的金剛石。

**207. 【金剛石】** 南非洲，南美洲和荷屬東印度等數處地方，常在石堆中發現金剛石。惟天然產品，形狀與粗石相似，幾不透明，僅略具結晶形狀。這種天然產品，必須加工琢磨，切成多數晶面，然後

由多數晶面上反射光線，才能放出耀眼的光彩，成為寶石（圖 121）。

金剛石在已知的物質中最為堅硬，所以只能用別的金剛石或金剛石粉末來琢磨。有的金剛石呈褐色和黑色，用作裝飾品，不甚美觀，故常用以割劃玻璃，或嵌在鑽子及岩石穿孔器的尖端。

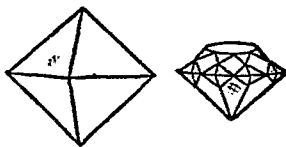


圖 121. 天然金剛石  
和琢磨的金剛石

208. 【石墨】 石墨是另一種結晶形碳，雖天產極富，但因目下需要甚多，所以常用硬煤來大規模製造。硬煤 (hard coal) 是一種不純淨的碳，若隔絕空氣加以高溫，即變為石墨。發生高溫的設備，通常用電阻爐 (electric resistance furnace)。製造時即將強電流通過長列的煤床；因為煤是一種電的不良導體，由其對於電流的阻力，乃

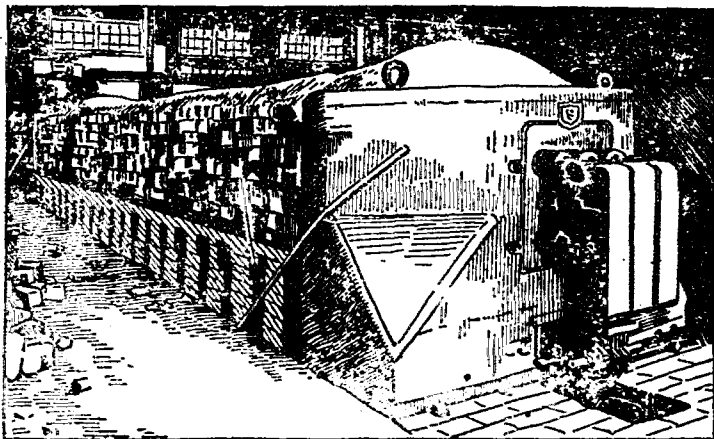


圖 122. 製造石墨的電阻爐

產生大量的熱而使之昇至所需的溫度。這時電流對爐中的硬煤並不能促起何種化學變化，只是發生所需的溫度(圖 122)。

石墨是一種帶閃光的黑色物質，由許多細小、光滑、晶形的鱗片而成，因其柔軟膩滑，故廣用於滑料(lubricant)的製造。若與水混合，則其懸膠液稱為水滑料(aquadag)；如混懸於油液中，則稱為油滑料(oildag)。石墨可用為製火爐的塗料或油漆。又因為牠的熔點很高，故常用以製造坩堝。石墨有時被稱為黑鉛(plumbago 或 black lead)。「鉛」筆心即由石墨和黏土所製成，事實上其中並不含有鉛。鉛筆的硬軟，隨所用黏土的分量而異。

209. 【非晶形碳】非晶形碳或稱無定形碳，其製法很多。純淨的無定形碳可由加熱蔗糖而得；因為蔗糖為碳、氫、氧三種元素的化合物；在加熱時，氫和氧變成水分而散去，故僅留下無定形碳。木炭(wood charcoal)也是一種無定形碳，但其中還含有微量的雜質，故燃後有灰燼遺下。木炭係由木材隔絕空氣加熱而成，這方法叫做破壞蒸餾(destructive distillation)。當蒸餾時，有木醇和醋酸等揮發物逸出；舊法製木炭，都任此等物質自由逸去，但近代廠家都設法將其冷凝而加以利用(圖123)。焦炭(coke)也是一種很普通的無定形碳，係用硬煤製成，

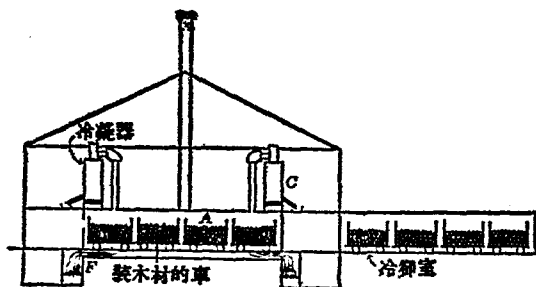
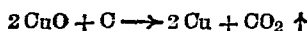


圖 123. 製木炭的工廠設備

其製法與用木材製木炭相同。焦炭和木炭都可用作燃料以及冶金操作上的還原劑。

用碳來還原氧化銅，就可解釋上述用途。將黑色的氧化銅和木炭末同放入硬玻璃管中加熱（圖 124）。將管中放出的氣體，導入石灰水中；由石灰水中所生的白色沈澱，而知其為二氧化碳。金屬銅則留在試管中：



無定形碳尚有其他數種，茲略述於下。燈煙 (lampblack) 是將某種油類在有限制的空氣中燃燒而得的煙灰 (soot)，我國徽州之製墨，即用此法。黑煙末 (carbonblack)，是用天然煤氣依上法而製成的。以上二者都不是純

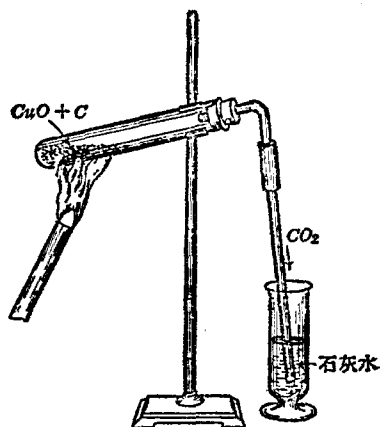


圖 124. 用碳以還原氧化銅

碳，大量應用於製造油墨、油漆和汽車車輪等。又，將動物骨在有限制的空氣中加熱而生成的木炭，稱為骨炭 (animal charcoal) 或稱骨黑 (boneblack)，多用作溶液的脫色劑。蔗糖精製為白砂糖時，即用骨炭脫色。由此可知焦炭、木炭和骨炭三種物質，是分別用煤、木材和動物骨經破壞蒸餾而製成的。

210. 【煤】無定形碳中最重要的一種，便是石炭，亦即普通的煤。今日所燃燒的煤，實是遠古時的森林。由於地殼中的某種地質變化，此種植物就長埋地下，又因久受壓力與高溫的作用，就使植物質起一部分分解，分解的主要產物即為無定形碳。無煙煤 (anthra-

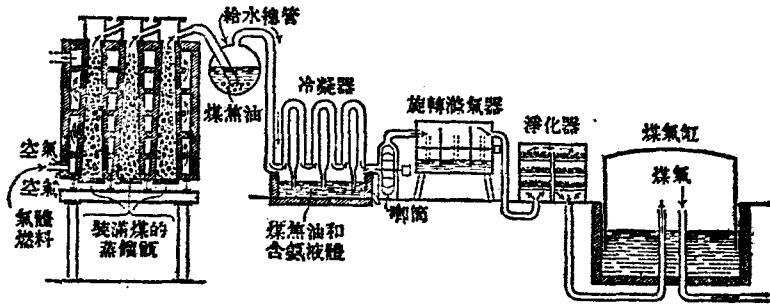


圖 125. 製造煤氣及其副產物的工廠圖解

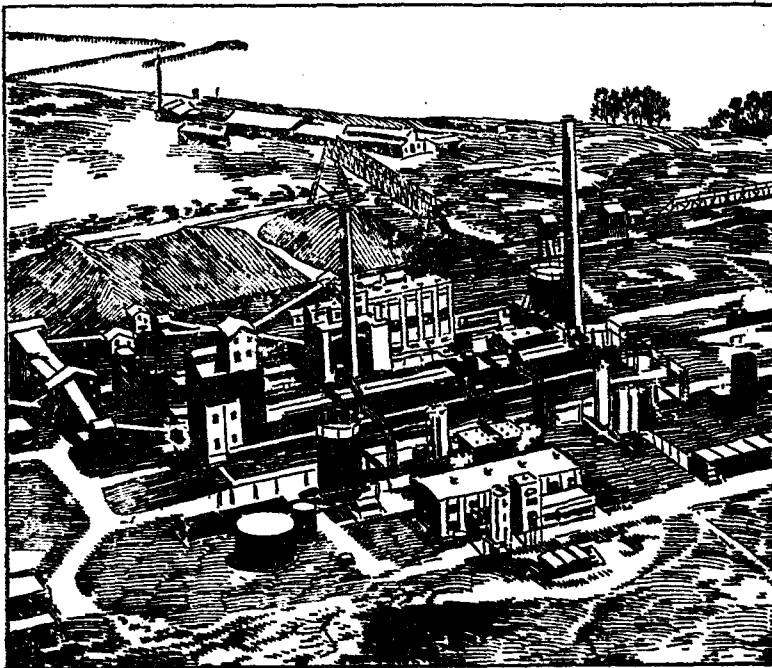


圖 126. 美國副產物煉焦爐廠

cite coal) 稱為硬煤, 含碳 90%, 幾乎都呈不化合狀態。煙煤 (bituminous coal) 又稱軟煤, 含碳較少, 大部分與氫, 氧, 硫和氮相化合。煤可直接用作燃料, 亦可用以製造焦炭。

煤氣 (coal gas) 製造廠的裝置 (圖 125), 主要為下列各部: 1, 鐵甕 (iron retort) 或爐, 軟煤即在其中加熱; 2, 一長列的塔 (tower) 和滌氣器 (scrubber), 使所生氣體由此處經過, 以除去重厚的膠性物料如煤焦油, 以及氨氣、硫化氫等; 3, 氣缸 (gas holder), 用以貯蓄精製的煤氣。焦炭則留在鐵甕裏。煤焦油 (coal tar) 和氨, 以及煤氣和焦炭等, 都有極大的工業價值 (圖 126)。

211. 【碳的化學行為】 碳的各種同素異形體, 對鹼類或稀酸類都不起反應。普通溶劑亦不能將其溶解; 但熔融的鐵卻能溶解相當量的碳。在常溫時, 各種碳的化學性質都很遲鈍。然在高溫下, 牠們都能燃燒而生二氧化碳; 如氧的供給不足, 則發生一氧化碳。在高溫時, 碳可用作還原劑, 故常藉以除去多種金屬氧化物中的氧——這是由礦石提取金屬的常用方法。

212. 【碳原子的構造】 由碳原子的電子圖解 (圖 127), 可知碳原子核上帶着 6 個質子的陽電荷, 周圍有 6 個電子環繞着: 計內殼有 2 個電子, 外殼有 4 個電子。於此可見碳原子有失去外殼上的 4 個電子而作用如金屬, 或取得 4 個電子而作用如非金屬的可能。簡言之, 碳的原子價, 可由其所化合的元素, 而為正 4 或負 4。凡此種能作用如金屬或非金屬的元素, 稱為兩性元素 (amphoteric element)。

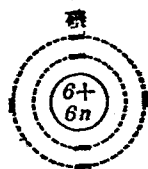


圖 127. 碳原子的電子圖解



二氧化碳是一種無極化合物 (§171)，其電子構造如圖 128 所示。從這圖中，可見每個氧原子和碳原子共有 2 個電子，也就是一個碳原子與兩個氧原子共有 4 個電子。在此種極化合物中，各元素的原子價，即等於共有電子的數目。

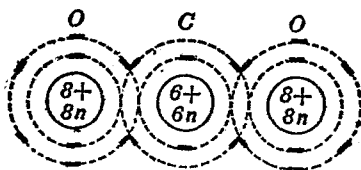


圖 128. 二氧化碳分子的電子圖解

碳原子的作用，既能如金屬，又能如非金屬，而且又有同別種原子共有電子的趨向，因此碳的化合物為數最多。但碳原子決不成為碳的離子( $C^{++++}$ )。碳化合物的研究，在事實上，十分重要，所以化學中特闢碳化學一門，就所謂有機化學 (organic chemistry)。

## 二 氧 化 碳

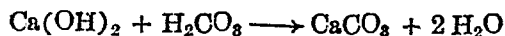
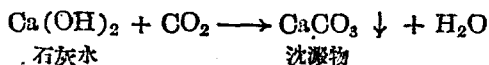
**213. 【二氧化碳的生成】** 將木炭(碳)在氧中燃燒，即生一種名叫二氧化碳 (§35) 的氣體。木炭、焦炭、煤或木柴等等燃料，大部分都由碳所組成，故由燃燒而生二氧化碳的作用，幾乎隨處有之。此外如樹木和枝葉的腐爛，以及動物體內食物的緩氧化，其生成的二氧化碳為量更大。

動物生活的主要方法之一，即為食物在體內所起的緩氧化作用。此種氧化作用，又可發生溫熱，以保持體溫。作用時所需的氧，係吸氣時從空氣中取來；作用後的產物——二氧化碳和水汽——則隨呼氣而排出。

**214. 【空氣中的二氧化碳】** 空氣中常含有二氧化碳，惟其量不多。鄉野空氣所含二氧化碳約為萬分之四；在許多人擁擠着的室內，

每多至百分之一。<sup>44</sup>天然水和土壤中，也有二氧化碳存在。又火山區域，亦常由地殼的罅隙間放出此種氣體。例如意大利那不勒斯附近有一山洞，洞底空氣即含多量的二氧化碳，每能使狗窒息而死。美國黃石公園有一深谷，動物入內，常被二氧化碳悶死。礦穴裏也含這種氣體，礦工稱之為‘窒氣’(choke damp)。又如古井深處，積水槽和地下污水道中，也往往有二氧化碳存在。因其不能由視覺辨識，故常有因此而喪失生命的。但二氧化碳有否大量存在，可用下法檢驗之。即以燃亮的燈燭送下，倘燈火熄滅，即可知該處二氧化碳過多，其氧氣不足以維持生命，這時切不可闖入，以避免危險。

215. 【二氧化碳的檢驗法】我們所呼出的氣體，可用一簡單方法而證明其中有二氧化碳存在。取一大試管，滿貯澄清石灰水\*，如圖 129 所示。然後再插入一細玻璃管，由口吹氣。在起初，此種呼出的氣泡，實際上不起什麼變化；如繼續由肺部呼氣吹入，即見這澄清液體，漸變乳濁，這便是二氧化碳存在的證明。石灰水中發生乳濁，即為二氧化碳的特性：



在空氣中燃燒碳化合物之後，欲證明有二氧化碳發生，可用燃燒着的紙片，投入一乾燥的空瓶中，趁火未息時，即傾入石灰水

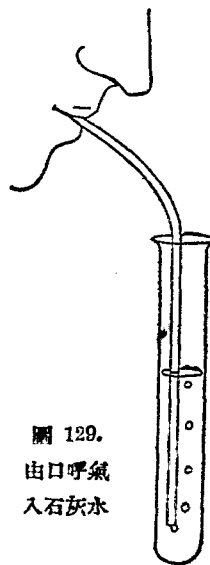


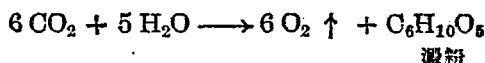
圖 129.  
由口呼氣  
入石灰水

\* 欲製石灰水，可用消石灰粉末少許，置入大瓶中，滿盛以水，略加搖盪。然後靜置一夜，次晨即可傾出上層清液，以備應用。

少許，用玻璃片蓋上，加以振盪。

或取一隻乾燥的空瓶，倒置在燈火上，移時取下，注入石灰水少許，也可證實產物中有二氧化碳存在。

216. 【植物需要二氧化碳】 上節曾謂二氧化碳的產量很大，我們或由此而認為大氣中必被此氣所充塞；但事實上並不如此。若取野外新鮮空氣而加以分析，則見其中所含的二氧化碳絕少超過萬分之三或萬分之四。鄉野空氣含量所以如是之低，是因為多數植物都取與動物相反的生活方法。簡言之，即植物能由空氣中吸取二氧化碳氣而放出氧氣。在晝間，一切綠色植物都將二氧化碳和水轉變為一種糖（即醣），再把糖轉變為澱粉：



植物放出氧氣，頗易證明。取新鮮綠葉少許，放入盛有飽和二氧化碳的水中，上罩漏斗，如圖130所示；然後將其曝於日光下，即見葉上有氣泡出現，漸漸脹大，而後上升水面。另取試管一隻，設法將放出的氣體收集；而用灼燃的木片插入其中，即可證實其為氧氣。

在以後（第19章）我們可以見到，空氣中所含微量的二氧化碳極少變動。這事實極為重要，因為牠和一切動植物的生活，都有密切的關係。

217. 【實驗室中製純粹的二氧化碳法】 在氧氣中燃燒碳雖可製取純粹的二氧化碳，但其中每混有未用去的氧，難於分離。在實驗室

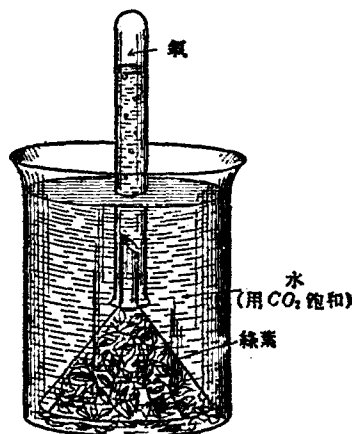
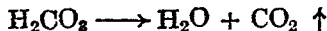


圖 130 植物吸取二氧化碳而放出氧氣

中，通常用酸類與大理石作用，以製取二氧化碳。大理石是一種化合物，在化學上稱為碳酸鈣，牠是由鈣、碳、氧三種元素所組成的：



大理石



稀酸(如鹽酸)和碳酸鹽相遇，即有活潑的起泡作用(effervescence)發生，直至所有的大理石或酸用盡為止。起泡作用略與沸騰相似。但沸騰時所發生的蒸氣與原液體為同一物質，而起泡作用中發生的氣體則為另一物質。

如欲集取上述化學作用中所放出的氣體，可利用製取氫氣時的裝置(圖86)。先將大理石數小塊放入燒瓶中，再由長頸漏斗管注入稀鹽酸，即可發生作用。所生的氣體，可依普通方法用玻璃瓶自水槽中集取之。

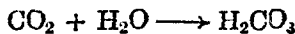
218. 【二氧化碳的實驗】 如欲研究二氧化碳氣的性質，可作下列實驗：

(1) 取燃着的小燭數枝，探入盛二氧化碳氣體的瓶中(圖131)。其較低的燭火，立即熄滅，這現象表示牠的什麼性質？

(2) 取一支攪拌棒，浸入石灰水中，慢慢取出，使棒端懸有石灰水一滴。若是把這棒探入盛二氧化碳氣的瓶中，那水滴就立即渾濁而變為乳濁色。這就是二氧化碳的檢驗法。

(3) 取燃着的小燭一支，探入廣口燒杯內；再將以上取得的氣體一瓶傾在燭火之上，則見燭火立即熄滅。試根據這實驗指出二氧化碳和空氣的相對密度。

(4) 取水少許，注入石蕊溶液數滴，使水變色。如將二氧化碳氣發生瓶的導管插入石蕊溶液中，數分鐘後，溶液即變桃紅色，此即有酸存在的證據。二氧化碳略溶於水，結果所成的溶液是一種酸。因此商業上常稱這氣為‘碳酸氣’(carbonic acid gas)：



碳酸

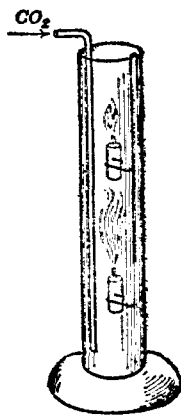


圖131. 用二氧化碳熄滅燭火

219. 【二氧化碳的性質】 從上述實驗,可知二氧化碳是一種無色、無臭的氣體。因為牠的重量約為空氣的一倍半,所以我們可以把牠從一容器中傾入另一容器,像水一樣(圖 132)。二氧化碳氣體能略溶於水,其溶解度隨壓力的大小而增減,與其他氣體相同。所謂汽水(carbonated water)和其他飲料,如薑麥酒等等,就利用這種事實,用二氧化碳於

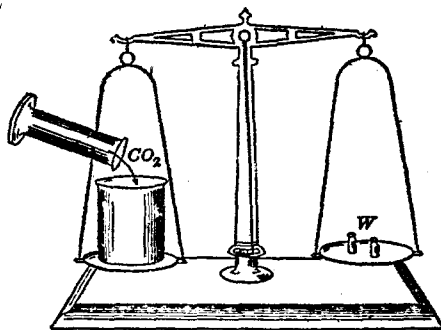


圖 132. 二氧化碳比空氣為重

壓力下加入液體中,使之大量溶解而成。盛此種飲料的瓶子,其瓶塞仍須在壓力下封閉。當啓塞時,氣體即迅速逸出而生起泡作用(圖 133)。

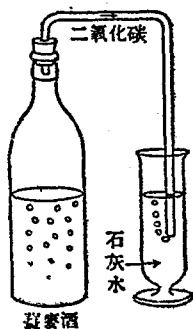


圖 133. 由薑麥酒中放出二氧化碳

二氧化碳最顯著的化學性質為其遲鈍性,即其化學行為很不活潑,既不能燃燒,亦不能助燃。牠與水易結合而成為碳酸,碳酸再和鹼類物質起反應,能生成一類叫做碳酸鹽(carbonate)的化合物。消石灰就是這樣的一種鹼類,化學上叫做氫氧化鈣。當石灰水和二氧化碳作用時,所生的白色沉澱,即為鈣的碳酸鹽。這沉澱和平常的大理石是相同的化合物,特稱為沈澱白堊(precipitated chalk)。

220. 【液體和固體二氧化碳】 在常溫時,若二氧化碳氣受了充分的壓力,即凝成液體。這種液體現已成為商品,常裝入堅固的鋼。

筒中出售。當液體二氧化碳自筒中流出時，其一部分起了迅速的蒸發，耗去了大量的熱，於是剩下來的就凝成雪狀的固體。

將一筒液體二氧化碳，橫置如圖 134 所示。在流出口上繫一堅牢的帆布袋，打開活門，數分鐘後，即見袋中有雪狀的固體，其性質極為奇妙。假使任其放置，即立時變成氣體而消失。如將其一部分置於水面，不久即行蒸發，因了蒸發時能由水中吸熱，遂使水凝結而成爲冰塊。

若將這種固體放在燒杯中，與醚相混，另取一隻蒸水銀的試管插入其中，則水銀即凝成固體。醚的功用，乃在自試管中將熱迅速移至固體之上。

〔注意〕 處置固體二氧化碳時，切勿用手，否則與之接觸的皮膚，即起凍創，和灼傷一樣。

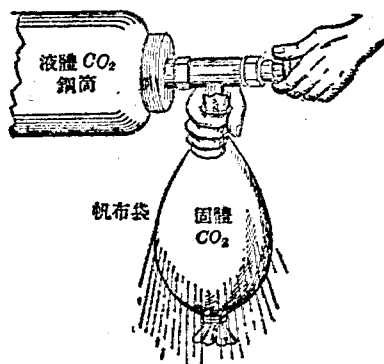


圖 134. 製造‘乾冰’

我們利用了固體二氧化碳，即可得到 $-78^{\circ}\text{C}$ . 的低溫度。固體二氧化碳亦稱乾冰 (dry ice)，供發冷之用，如魚類的運輸和冰淇淋的分銷，都用乾冰藏保。乾冰比普通冰有兩種優點：第一，其冷度比冰爲低，第二，牠不溶解爲液體，只變成乾燥絕緣的氣體，圍繞於物料的四周。乾冰之名，即由此而起。

221. 【商業用途】 二氧化碳的普通用途很多，用以製造碳酸飲料如薑麥酒之類，前已敘及。藥房中出售之‘蘇打水’ (soda water) 原來係用‘焙用碱’ (baking soda) 的溶液，混以果酸而成；現在則將裝二氧化碳氣體的鋼筒和水管作適當的連接，使龍頭旋開時，二氧化碳氣被壓入果酸溶液中而成。有一種滅火器 (fire extinguisher) 是藉二氧化碳的滅火性質而製成的 (圖 135)，器內滿貯碳酸鹽一類的水溶液，

通常都採用碳酸氫鈉(焙用碱)。器頂懸一小瓶,內盛硫酸。如將滅火器倒置,則酸即與碳酸鹽接觸,而發生二氧化碳。所生的氣體能壓迫溶液,使之由橡皮管射出,而同時氣體亦隨之射出。因為二

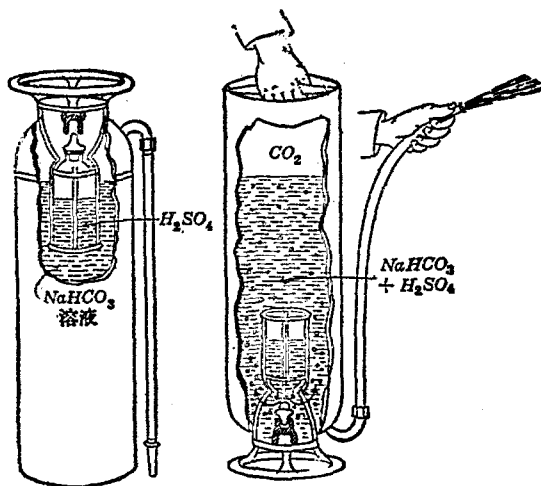


圖 135. 二氧化碳滅火器

氧化碳質重而不能燃燒,故當其散佈火焰四周時,便使火焰與空氣中的氧氣相隔離,而

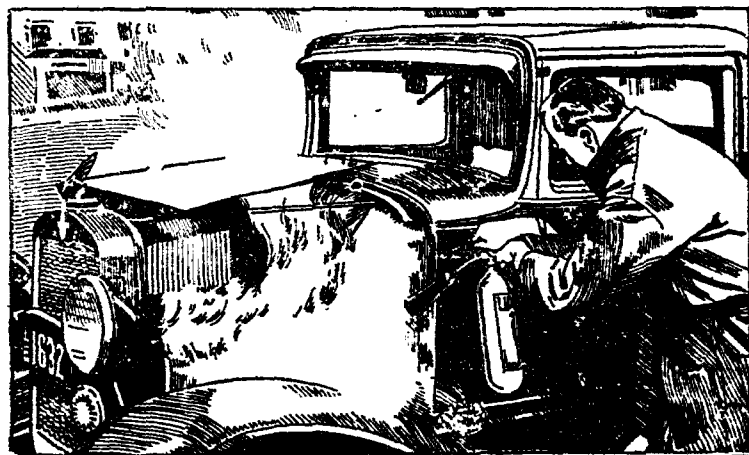


圖 136. 用貯藏液體二氧化碳的鋼瓶以撲滅汽車上的失火

助水把火撲滅。這種滅火器的效力很大，只可惜笨重而不便攜帶。

電力廠中，常備有許多盛貯液體二氧化碳的滅火器，遇火警時，這種滅火鋼筒能自動放出氣體。又盛有液體二氧化碳的小鋼瓶，常用以撲滅汽車上油類的着火(圖 136)。

222. 【二氧化碳泡沫】 二氧化碳滅火器有一種缺點，即其氣體擴散太快。於是就有一種新方法發明，使二氧化碳氣體包圍在耐久的泡沫中，而可浮在燃着的油上，或黏附在燃燒物的表面。這種滅火法特稱泡沫法 (foamite method)，對於撲滅油火以及火勢尚未蔓延的其他火患，有特殊的效力。泡沫法滅火器中的二氧化碳是由碳酸氫鈉(焙用碱)溶液和硫酸鋁(明礬)溶液相作用而發生的；而其泡沫則得自混合在碳酸氫鈉溶液中的甘草根 (licorice)，其目的在防止氣體的逸散。故泡沫滅火器可射出一層數英寸厚的泡沫，浮在燃燒

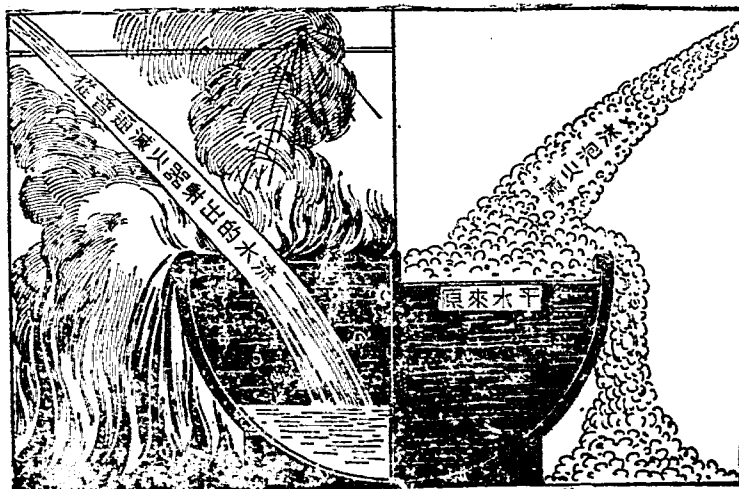


圖 137. 二氧化碳所成的滅火泡沫



的油液上面，以隔絕氧氣的供給（圖 137 右）。若用平常的滅火法以撲滅油火，則因油輕於水，浮在水面，反使火勢更旺，如圖 137 左所示。

## 一 氧 化 碳

**223. 【煤火中所生的一氧化碳】** 一氧化碳氣體是碳的一種氧化物，其中所含之氧比二氧化碳為少，性質也完全和牠不同。若是碳或含碳的化合物，在有限制的空氣中或氧氣供給不足的地方燃燒，即生一氧化碳。但當其接觸空氣而燃燒時，即舉特殊的藍色火焰而生成二氧化碳。廚房煤爐中的煤火，其一部分火焰即由一氧化碳的燃燒而生，故火頭常呈淡藍色（圖 138）。爐柵上的熱煤，與由爐底通入的空氣中的氧氣相遇，就燃燒而成為二氧化碳。但以氣體經過上層的熱煤，因空氣的供給斷絕，就被還原為一氧化碳。這層煤的上部，接近爐

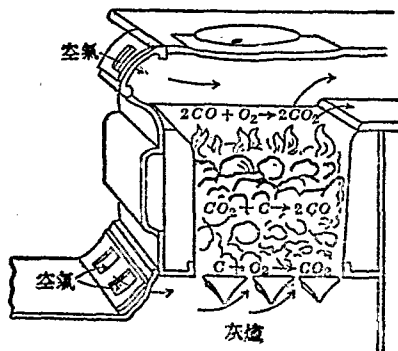


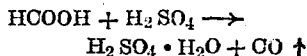
圖 138. 煤火所生的碳之兩種氧化物

頂，空氣比較充足，於是一氧化碳又舉藍色的火焰，燃燒而成二氧化碳。普通爐火所生的一氧化碳，叫做煤氣 (coal gas)，凡用過無煙煤 (硬煤) 的人，大概總是知道的。

**224. 【實驗室中的製取法】** 在實驗室中，可使二氧化碳通過盛有木炭的管中以製取一氧化碳。管中的木炭必須燒至紅熱，其由管的他端流出的氣體，更須使之通過苛性鈉溶液，以除去未曾分解的二

氧化碳。所得氣體即為一氧化碳，可在水槽內依普通方法集取之。

因為磷酸能使蟻酸分解成水和一氧化碳；故用溫熱的濃硫酸處理蟻酸，實為一種製取一氧化碳氣體的較易方法。至儀器的裝置，可參看圖 139 所示：



上式中的磷酸，其功用即在與所生的水結合，而幫助反應的進行。

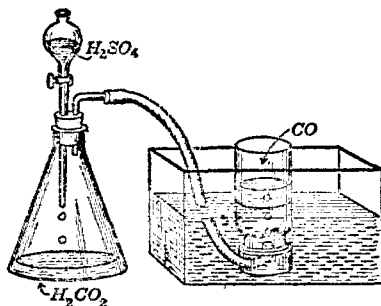


圖 139. 實驗室中製取一氧化碳的設備

**225. 【一氧化碳的性質】** 一氧化碳亦如二氧化碳，同為無色的氣體，幾乎無臭，比空氣略輕，極難溶於水中。又一氧化碳為難於液化的氣體之一，其最顯著的化學性質，乃是牠在空氣或氧氣中燃燒時，即發生藍色的火焰而生成二氧化碳。 一氧化碳又具還原作用，能除去金屬氧化物（如氧化銅或氧化鐵）中所含的氧。商業上利用這種氣體在鼓風爐中還原鐵礦，其詳容在第三十二章中述之。

一氧化碳的還原作用，可用下列實驗來證明。在燒瓶 A 中製一氧化碳氣（圖 140）；在 B 瓶中盛水，以供洗氣之用；硬玻璃管 C 中裝黑色氧化銅，用火加熱。此時金屬氧化物被一氧化碳還原為紅色的金屬銅；而一氧化碳則被氧化為二氧化碳。至於二氧化碳

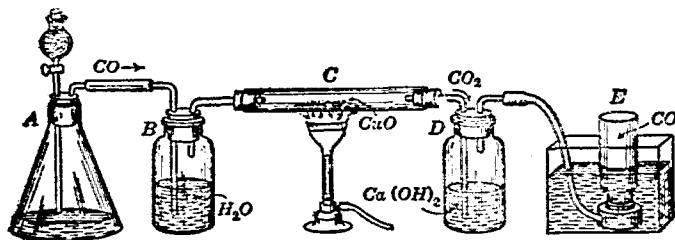
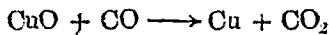


圖 140. 用一氧化碳以還原氧化銅

的產生，可由 D 瓶中石灰水變乳濁色而證明。其未起變化的一氧化碳，可通入水槽而收集於 B 瓶中，藉焚燒而除去之。

上述實驗的結果，可用下列方程式簡明地表示如下：



226. 【一氧化碳的毒性】 空氣中所含的一氧化碳，即在 0.5 % 以下，亦足令人起劇烈的頭痛；若含量再多，則在數分鐘內即可致人於死。冬季，工人在密閉的小汽車房內修理汽車，常有中一氧化碳毒的事件發生。因為在汽油機所放出的廢氣中，總含有一氧化碳。所以停在小汽車間內的汽車，若是牠的汽油機還在開動時，那汽車間的門戶就不宜關閉。有時家中使用煤爐，因為通風不良，致有煤氣逸入室中，也往往會釀成中毒或喪失生命的。凡發光煤氣，尤其是



圖 141A. 軍人所戴之防毒面罩

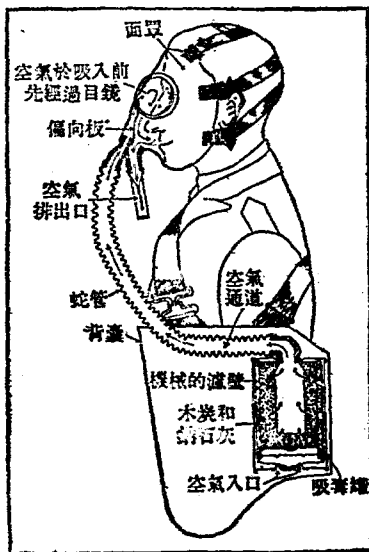


圖 141B. 防毒面罩的剖面圖

所謂‘水煤氣’(water gas) 都含有一氧化碳，因其本身沒有臭味，致躡入空氣後無從辨知，故最為危險。幸而發光煤氣中常含別種具有特臭的物質，足為毒質存在的警告。鑛穴爆炸時，常有一氧化碳發生。鳥類對於一氧化碳的毒性，感覺極敏，所以鑛廠的救護人常隨身攜帶金絲雀 (canaries) 以測探有否毒氣發生，而避免自身的危險。最近



圖 142A 解救一氧化碳中毒時的情形

有人創製一種防毒面罩(圖 141),內裝一層‘霍普開來特’(hapcalite),\* 以供鑛工在危急時的應用。中一氧化碳毒的救治方法，是用含氧 93%和含二氧化碳 7%的氣體混合物來給病人呼吸(圖 142)。

一氧化碳能與血液中的紅血球化合，使之不能再從空氣中吸收氧氣，因而中毒。人類和動物，全賴紅血球的吸收氧氣而維持生命，

\* 譯者按，霍普開來特乃  $MnO_2$  50%、 $CuO$  40%、 $Co_2O_3$  15% 和  $Ag_2O$  5% 的混合物，其功用在於使一氧化碳變為二氧化碳，可視為一種‘催化混合物’(catalytic mixture)。

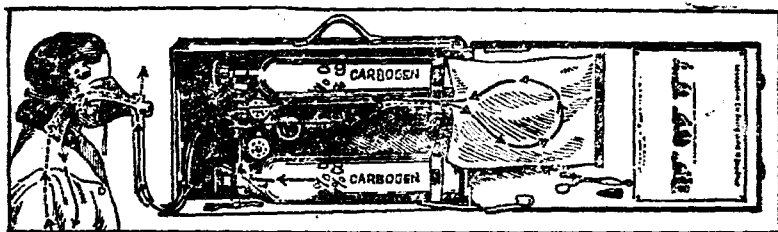


圖 142B. 用氧(93%)和二氧化碳(7%)的混合物的救治器械的剖面圖

今一氧化碳使人體內部發生窒息,故中毒後即起病象,有時且致死亡。

### 第十七章摘要

【碳】 碳的同素異形體有三種,即金剛石,石墨,和木炭。

碳在常溫時呈鈍性,在高溫時能同金屬或非金屬化合,惟不受酸類(除熱硝酸或熱硫酸外)或鹼類的作用。牠是一種重要的還原劑。

【二氧化碳】 二氧化碳是由碳或碳化合物經燃燒或腐敗而生成的。

製法: (1) 將木炭在空氣或氧氣中燃燒;

(2) 使酸類與碳酸鹽相作用。

性質: 二氧化碳為無色的氣體,略溶於水,能使動物窒息,但無毒性;重量為空氣之 1.5 倍,易於液化。蒸發液體二氧化碳之後即生固體二氧化碳。

檢驗法: 不能燃燒;使石灰水變成乳濁色;與水化合成碳酸,碳酸與鹼類起反應。

用途: 碳酸飲料;滅火器;攪製冰;‘乾冰’。

【一氧化碳】 製法: (1) 碳或碳化合物在有限制的空氣中燃燒。

(2) 還原二氧化碳。

(3) 熱濃硫酸作用於蟻酸。

性質：一種無色而又幾乎無臭的氣體；比空氣略輕；不溶於水；有毒性。燃燒時舉藍色的火焰而生成二氧化碳。具還原作用，能從燒熱的金屬氧化物（如銅和鐵的氧化物）中奪取其所含的氧。

### 問題和習題

- 試舉出各種無定形碳的名稱。
  - ‘鉛筆’這兩個字，為什麼容易引起誤會？
  - 將石墨用作(a)油漆，(b)滑料，和(c)火爐漆，是利用牠的那一種性質？
  - 那一種碳最有用？試解釋之。又那一種碳最珍貴？
  - 空氣中二氧化碳的含量，僅萬分之四，這數值是否表示牠不重要？試解釋之。
  - 大氣中二氧化碳的含量，為什麼差不多保持不變？
  - 試列舉二氧化碳的用途，並說明每種用途所憑藉的性質。
  - 應用二氧化碳的滅火器，憑藉這氣體的三種什麼性質？
  - 當汽水瓶塞打開時，汽水內有泡沫發生，試問有什麼方法可證明這氣泡是二氧化碳？
  - 當二氧化碳通過燒熱的鋅粉上，即生成氧化鋅。試問另一種產物是什麼？
  - 燃燒酒精，即生二氧化碳？這事實對於酒精的組成有何指示？
  - 各大城市中，每年中一氧化碳毒而死亡的人數很多。試解釋死亡的原因，並說明預防的方法。
  - 試列表舉出一氧化碳的用途，並指出每種用途所憑藉的性質。
  - 茲有發光煤氣兩種，分別含一氧化碳 6%，及 33%，問那一種的毒性更強？試言其故。
  - 將硬煤加入煤火之上，煤火的表面即發生藍色火焰，試解釋其原因。
- \* \* \*
- 試述檢驗碳酸鹽的方法。
  - 埃及王杜特·安克·亞曼 (Tut-Ankh-Amen)，安葬於 3000 年以前，最近發掘他的墳墓，發現當時所埋的木炭依然未變，這事實可表示碳的何種性質？
  - 試填下文中的空白：碳有三種同素異形體，即\_\_\_\_、\_\_\_\_和\_\_\_\_，各具有不同的物理\_\_\_\_；但若在充足的氧氣中燃燒，都有\_\_\_\_發生。
  - 製取石墨的電爐中的電流，有什麼功用？

20. 用電爐製石墨時，雖所用的煤極不純淨，但可製得十分純淨的石墨。試問煤裏所含的礦物雜質在這作用中變成了什麼？
21. 二氧化錳粉末和木炭粉同為黑色，試問要用怎樣的化學檢驗法來區別牠們？
22. 將酸傾注於一種物料上，即生起泡作用；試問這種事實足為二氧化碳存在的證明否？
23. 若將壓力增加一倍，其對於二氧化碳在水中的溶解度有何改變？
24. 起泡作用和沸騰有何區別？
25. 把一碗澄清的石灰水露置空氣中，經一二日後，水面即起一層白色的薄皮，試加以解釋。
26. 二氧化碳常用以發冷，試說明這時憑藉牠的何種性質。
27. 試作一表，以比較二氧化碳和一氧化碳的性質和用途。
28. 氫氣和一氧化碳氣，要利用何種化學檢驗法來區別牠們？
29. 普通所謂‘水煤氣’，實為氫氣和一氧化碳的混合物，為什麼用水煤氣燃燒取熱，比較取光為合算？
30. 就以前讀到過的還原劑中，舉出較重要的兩種。
- \*                     \*                     \*
31. 用過量的鹽酸與碳酸鈣相作用而製取二氧化碳；若欲取得二氧化碳 88 克，問需碳酸鈣若干克？
32. 用碳還原 40 克的氧化銅為金屬銅，問需碳若干克？
33. 燃燒含碳 80% 的焦炭 120 斤克，問所生的二氧化碳氣在標準狀況下佔多少容積？
34. 將一噸含碳 90% 的煤，完全燃盡，問需氧若干噸？

### 進修研究題

【家庭中生熱設備的考察】 觀察你自己家中的爐灶，畫一圖解，並標出每一部分所起的化學變化。又你的家中在冬季如何取暖，試作圖說明。又有否將一氧化碳逸入你的住室的危險。

【裘德少將 (Admiral Byrd) 對於一氧化碳的經驗] 什麼東西發生這種氣體？他怎樣察覺的，他遭到怎樣的危險？〔請參閱 1935 年 12 月 1 日 上海中華地學會 出版之 地學季刊 第二卷第三期 顧因明 所譯之 南極洲探險記 一文〕。

# 第十八章

## 分子量, 原子量

氣體的統一性——亞佛加德羅的學說——牠的結果——氫分子含有兩  
原子——關於氣體的容積的習題——分子量——克分子容積——關於氣體  
的重量和容積的習題。

原子量的重要——用直接比較法從分子量和化合量決定原子量 原子  
價。 杜隆和普替定律。 同位素。 求化合物的式。

**227. 【衡量原子】** 因為分子和原子都過於微小，不能直接衡量，所以我們就先去決定牠們和氧原子比較得來的相對重量。這件工作，在起初似乎也是不可能的，不過根據了氣體性質的精密的推理，那末對於牠們的相對重量卻也可以得到一個近似的數值。這種相對重量實在是所謂定量分析 (quantitative analysis) 這一門化學的基礎。

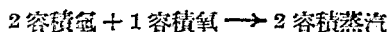
在近年來，從事研究原子構造的物理學家已能很精密地測定原子的絕對重量。例如，他們用了幾種不同的方法，測定氫原子的重量是  $1.66 \times 10^{-24}$  克。可惜在這裏我們不能把這種測定的方法詳細描述出來。

**228. 【氣體的統一性】** 精確的實驗指出一切氣體在壓力下的行為是一樣的。就是，如果溫度不變，那末一定質量的氣體的容積與壓力成反比例而變異。 這稱為波義耳定律 (Boyle's Law)。實驗



又指出，一切氣體對於溫度的影響，其行為也是一樣的。就是如果壓力不變，那末一定質量的氣體的容積與絕對溫度\*成正比例而變異。這稱為查理定律 (Law of Charles)†

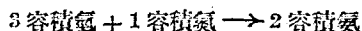
在第六章裏，我們從蒸汽的容量合成，得知



在第九章裏，我們又曾見過



更就氫、氮直接化合而成氨的作用加以精密的研究，可得如下的結果：



這些實驗事實都闡明了該·呂薩克定律：化學變化中所用及所生的氣體的容積，往往可以由簡單的整數比來代表。

229. 【亞佛加德羅的解釋】對於氣體行為上的统一性這個可注意的事實，1811年，著名的意大利物理學家亞佛加德羅（圖143）曾作如下的解釋。他假定，如果溫度和壓力在同一狀況下，那末等容積的一切氣體，都含有同數的分子。換一句話說，假定溫度和壓力的狀況相同，那末1立方厘米的氫氣中所含的分子，和1立方厘米的氧、氮、氯、氯化氫或其他任何氣體中所含的分子相等。



圖 143. 亞佛加德羅  
(Amedeo Avogadro, 1776-1856)意大利杜隆(Turi)物  
理學教授

這個著名的假說，一直到1858年（在

\* 絕對溫度 = 攝氏溫度 + 273°.

† 授至此節時，教師可翻閱附錄中所摘錄的氣體定律。

亞佛加德羅死後兩年)給另一位意大利教授坎尼查洛(圖144)說明了牠的偉大的應用以後,才為一般人所接受。到了現在,這假說已被公認為化學上的基本原理了。

230. 【從這假說所引出的結論】我們必須立即注意,這假說並不指出每立方厘米氣體中所含分子的實在數目。但是牠卻告訴我們,要比較各種氣體的分子的重量最簡單的方法,是去比較各種氣體的密度;也就是去比較牠們的單位容積的重量。對於這,我們最好用一個表來說明:



圖 144. 坎尼查洛  
(Stanislao Cannizzaro, 1826-1910)  
北意大利亞歷山大利亞的化學教授

氣 體	密度(每升的克數)	分子的相對重量
氫.....	0.09	1
氧.....	1.43	16
氮.....	1.25	14
氯化氫.....	1.64	18.2

在這個表中,我們只用到密度的近似值。並且,我們是用氫來作為比較的根據的,就是用0.09來除各氣體的密度。由此可知在第三欄中的分子的相對重量,是用氫分子來當作標準的。

231. 【氫分子含有兩個原子】從亞佛加德羅的原理所引出的另一趣味的結論,是每一氫分子至少有兩個原子。讓我們看看為什

麼會有這樣的推論。在合成氯化氫的實驗 (§139) 中, 表示



根據了亞佛加德羅的說法, 我們就必須假定, 氫分子的數目與氯分子相等, 而為氯化氫分子的兩倍。假如我們有一百萬個氫分子, 那末我們就得有一百萬個氯分子和兩百萬個氯化氫分子。每一個氯化氫分子至少須含有一個氫原子。因此我們一共該有兩百萬個氫原子, 而這兩百萬個氫原子卻是從一百萬個氫分子上來的。所以這個實驗指出每個氫分子至少含有 2 個氫原子 ( $H_2$ )。

假使我們畫幾個代表等容積的方框(圖145), 就可幫助我們想像這個反應:

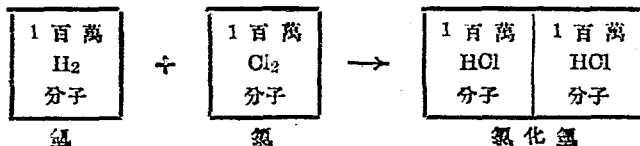
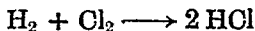


圖 145. 表示等容積的氫和氯結合的圖解

由於同樣的推論, 可知氯分子也至少含有兩個原子。

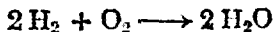
我們可用下列方程式來代表這種事實:



這方程式的意思是說, 一個由 2 原子所成的氫分子加上一個由 2 原子所成的氯分子, 生成 2 個由一原子氫和一原子氯所成的氯化氫分子。

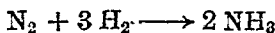
【註】注意, 就以上的推論看來, 氫分子所含的原子數, 原不限於兩個, 就是任何偶數也都可適合。惟而因為我們從沒有見過氫分子在反應中分離而為二個以上之部分, 所以我們可決定牠的分子中只有兩個原子。

在蒸汽的合成 (§65) 中, 我們見到 2 容積氫和 1 容積氧結合了生成 2 容積的蒸汽:



因此我們用了同樣的推論，可以斷定氧分子含有兩個原子 ( $O_2$ )。

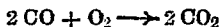
又從氨的合成，可以斷定氮分子也含有兩個原子 ( $N_2$ ):



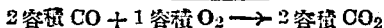
**232. 【涉及氣體的容積的習題】** 用分子式來寫有關於氣體的反應方程式，在實用上有許多便利。其中之一，便是牠給我們一種極簡單的方法，以計算反應中的氣體的容積。

〔例〕 假設我們要求 1 升的氧可使多少容積的一氧化碳燃盡。

我們先把方程式寫下來：



因為同數的氣體分子佔據着相等的容積(亞佛加德羅原理)，所以我們可以把方程式讀為：

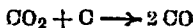


因此 1 升的氧( $O_2$ )需要 2 升的一氧化碳( $CO$ )，而生成 2 升的二氧化碳( $CO_2$ )。

就氣體而論，方程式中化學式的係數代表各物質的相對容積。

### 習 題

1. 用紅熱的碳來還原二氧化碳的方程式如下：



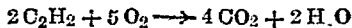
而一氧化碳燃燒的方程式則為：



問(a)還原 10 升的二氧化碳能生成多少容積的一氧化碳？(b)燃燒(a)問中所生成的一氧化碳需要多少容積的氧？

2. 50 立方厘米的氫在氧中燃燒，能生成多少立方厘米的氯化氫？

3. 乙炔完全燃燒的化學作用，可用下列方程式表示：



問(a)燃燒 20 升的乙炔氣體，需要多少升的氧？(b)能產生多少升的二氧化碳？

4. 在高溫度時，可依下列方程式用氮和氧直接化合而成一氧化氮；( $NO$ ):  $N_2 + O_2 \longrightarrow 2NO$ 。問要產生 10 立方尺的一氧化氮，需要多少立方尺的空氣？(假定空氣中含有五分之一的氧)。

5. 酒精( $C_2H_5OH$ ) 蒸氣在空氣中完全燃燒時，產生二氧化碳和水蒸氣，其方程式為： $C_2H_5OH + 3 O_2 \longrightarrow 2 CO_2 + 3 H_2O$ 。問(a)燃燒 20 升的酒精蒸氣需要多少升

的氧？(b)在這作用中能產生多少升的二氧化碳？

233. 【分子量的標準】 方纔我們已經見到氧分子含有兩個原子( $O_2$ )。我們記得 (§77) 化學家一致地採用氧的原子量 16.000 來作為原子量的標準。照此計算，則氧的分子量恰好是 32.000；這就是分子量的標準。我們又記得 (§103)，假使我們知道了氣體物質的化學式，我們只要把各原子重量相加起來，就立即能計算得牠的分子量。例如，氯化氫的化學式是  $HCl$ ，因此牠的分子量就是  $1.008 + 35.46$ ，即 36.468。乙炔的化學式是  $C_2H_2$ ，因此牠的分子量就是  $2 \times 12.00 + 2 \times 1.008$ ，即 26.016。

234. 【克分子容積】 化學家有時候往往把氣體的分子量用克數來作為單位，因此他稱這種重量為克分子量 (gram-molecular weight, or molar weight)。譬如 32 克是氧的克分子量。

那末在標準狀況下，32 克的氧佔據着多少的容積呢？因為一升氧約重 1.43 克(圖146)，所以在標準狀況下，32克重的氧，就應有  $\frac{32}{1.43}$  即 22.4 升的容積。假使我們把任何氣體的密度來除牠的克分子量，就總是得到 22.4 升的近似值。譬如：

2 克的 $H_2$	佔	22.4 升
44 克的 $CO_2$	佔	22.4 升
36.5 克的 $HCl$	佔	22.4 升
17 克的 $NH_3$	佔	22.4 升

因此我們可以斷定，任何氣體的克

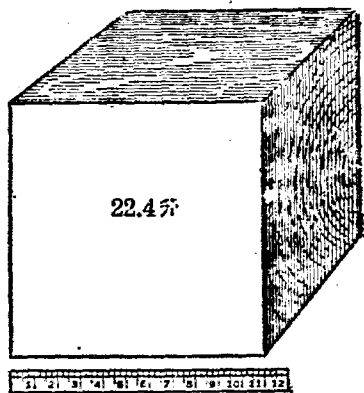


圖 146. 一稱氣體的克分子量 (每邊11英寸的立方體)

分子量都佔據着 22.4 升的容積 (在標準狀況下)。

這種 22.4 的氣體容積，對於在實驗室中的化學家異常重要，因為凡是能在氣體狀態下衡量的任何物質的分子量，他都可以藉此很便捷地計算出來。他只需在標準狀況下，從一定容積的氣體的重量，而計算其 22.4 升重多少克。因此我們可以再下一個結論，任何氣體 22.4 升的重量的克數 (溫度 0 C. 和壓力 760 毫米)，即等於該氣體的分子量。

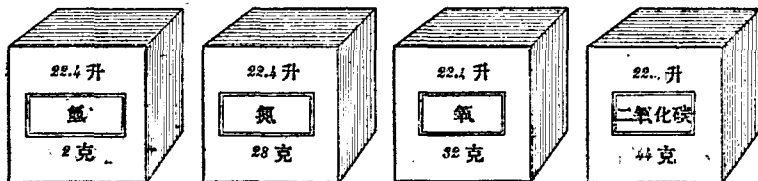


圖 147. 任何氣體的克分子容積佔 22.4 升

〔例〕二氧化碳每升約重 1.98 克。所以 22.4 升必重  $22.4 \times 1.98$ ，即約 44 克。因此二氧化碳的分子量就近乎 44。又，氮每升重 1.25 克。所以 22.4 升必重  $22.4 \times 1.25$ ，即約 28 克。因此氮的分子量就近乎 28。

## 問 題

- 20 升的二氧化碳重多少？
- 假使一升的沼氣在標準狀況下重 0.716 克，那末牠的分子量該是多少？
- 某種氣態的碳化氫，在標準狀況下的密度是每升 1.27 克。牠的分子量是多少？
- 已知一氧化碳的化學式是 CO，試計算其在標準狀況下的密度 (每升克數)。
- 假設氧化二氮的分子量是 44，試問這氣體的密度 (每升克數) 約多少？
- 從附錄中氣體的密度表，試計算下列各氣體的分子量：(a) 乙炔；(b) 氯；(c) 一氧化碳；(d) 磷化氫；(e) 二氧化硫。
- 氮的密度在標準狀況下是每升 0.178 克，牠的原子量是 4.00。問氮分子含有幾個原子？
- 計算下列各氣體一升的重量 (標準狀況)：(a) 氨 (NH<sub>3</sub>)；(b) 二氧化硫 (SO<sub>2</sub>)；

(c) 丙烷(C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>)。

9. 試把下列各氣體依其密度增加的次序而排列之: CO; NH<sub>3</sub>; SO<sub>2</sub>; CH<sub>4</sub>; Cl<sub>2</sub>; CO<sub>2</sub>; O<sub>2</sub>。

10. 某氣體 150 立方厘米, 在溫度 18°C. 壓力 752 毫米時, 重 1.50 克, 試求其分子量。(參看附錄氣體定律。)

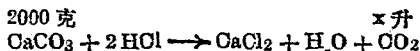
235. 【涉及重量和容積的定律的習題】 有些習題, 同時關涉到反應中所用或所生的固體或液體物質的重量和氣體的容積。 若是應用了克分子容積, 那末這種習題就很容易解決。

〔例〕 在標準狀況下, 使二仟克的大理石和鹽酸相作用, 可得二氧化碳多少升? 依照只關涉重量的習題的正規方法演算。

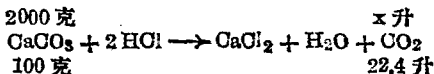
(1) 寫下完全方程式。



(2) 把實在的重量和容積寫在上面。



(3) 把式量和克分子容積寫在下面。



(4) 作分數方程式

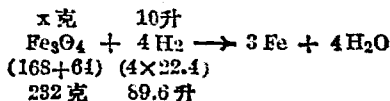
$$\frac{2000}{100} = \frac{x}{22.4}$$

(5) 解  $100x = 2000 \times 22.4$

$$x = \frac{2000 \times 22.4}{100} = 448 \text{ 升. [答數]}$$

〔驗算〕 因為 200 克是 100 克的 20 倍, 所以他的答數可預料其約為 440 升。

236. 【涉及重量和容積的另一例題】 在標準狀況下, 10 升的氫可以還原多少克的磁性氧化鐵(Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>)?



$$\frac{x}{232} = \frac{10}{89.6}$$

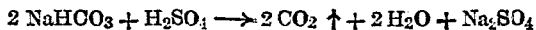
$$x = \frac{10 \times 232}{89.6} = 25.9 \text{ 克 [答數]}$$

【驗算】 因為 10 升約為 89.6 升的  $\frac{1}{9}$ ，所以牠的答數預料其約為 25 克。

【註】 在‘固體’和‘液體’下我們仍照常寫式量。但在‘氣體’下，我們就寫升數，即其分子數的 22.4 倍。

### 習 題

1. 要發生 10 升的二氧化碳，需用純石灰石 ( $\text{CaCO}_3$ ) 多少克？
2. 若用稀硫酸以發生 100 升的氫 (在溫度  $0^\circ\text{C}$ . 及壓力 760 毫米下計量)，需用多少重量的鋅？
3. 若用稀鹽酸以發生同樣容積的氫，需用多少重量的鋅？
4. 電解 15 克的水，可得多少容積的氫 (在標準狀況下計量)？
5. 要還原 100 克的氧化銅 ( $\text{CuO}$ )，需用多少容積的氫 (在標準狀況下計量)？
6. 使鹽酸與 10 克的鋅及 10 克的鎂相作用而發生氫，試問那一作用中發生的氫容積較多？
7. 在標準狀況下，一個盛有鹽酸及過量的鋅的氫發生器中產生 11.2 升的氫。為什麼反應中不看見有別的物质生成？和氫同時產生的別的物质是什麼，重量有多少？
8. 在標準狀況下，燃燒純碳以產生 44.8 立方厘米的二氧化碳，問所需純碳該重多少？
9. 在滅火機中，從 1 仟克的碳酸氫鈉所發生的二氧化碳，其容積有多少 (在標準狀況下計量)？其方程式為



10. 在溫度  $15^\circ\text{C}$ . 及壓力 74 毫米下用鋅從稀酸中取代而得 10 升的氫，問鋅重多少？(參看附錄氣體定律)。

### 原 子 量\*

237. 【原子量何以重要】 我們已經看到過 (§103), 化學式在化

\* 本章中的這一節，較難領悟，可留到以後再來講授。



學方程式中有一種量的意義，這在工業操作上有着異常的重要性。各元素的原子量的精確的測定，實在是一切定量化學分析的基礎。可是到此刻為止，我們始終沒有用實驗的證據來說明水分子爲什麼用  $H_2O$  來代表，硫酸分子爲什麼用  $H_2SO_4$  來代表，而乙炔氣體分子又爲什麼用  $C_2H_2$  來代表。我們現在首先要討論的是，元素的原子量是怎樣用實驗來測定的，其次是，怎樣用這種原子量來求得化合物的式。

238. 【由直接比較求原子量】 亞佛加德羅原理的另一重要結果，就是使我們能夠用直接的方法來計算原子的相對重量，即原子量。我們已知氧分子的重量約爲氫分子的 16 倍，我們又知氧分子和氫分子各有 2 個原子。因此我們可以說氧原子的重量約爲氫原子的 16 倍。因爲氧的原子量已定爲 16，而且被採作標準，所以氫的原子量是 1.008。

同樣，我們能夠計算得氮的原子量是 14，氯的原子量是 35.5。我們先從 22.4 升的重量以測定分子量，因爲我們已知這種分子各含有 2 個原子，所以再把測得的分子量分取一半，就得到欲求的原子量了。可惜這個方法，只能應用於那些能呈氣態而存在的元素。

239. 【原子量和化合量】假使我們把氯化氫分析起來，就會知道每 35.46 克的氯化合着 1.008 克的氫。化學家稱 35.46 爲氯的化合量 (combining weight) 或當量 (equivalent weight)。一元素的化合量或當量，就是該元素與 1.008 克的氫相化合或將其取代的重量。在這裏，我們立刻就會覺到，氯的化合量就等於氯的原子量，而這原子

量，我們早已從比較元素狀態的氣體氯和氫的密度而測定了。一點也不錯，原來氯的化合量是必須和牠的原子量相等的，因為一分子的氯化氫 (HCl) 僅僅含有一原子氯和與氯化合着的一原子氫。所以用這個方法來測原子量實在比用比較密度的方法更為精確。

可惜有些元素的化合量並不和牠們的原子量相等。假使我們分析水(867)，就可見到 1.008 分重的氫化合着 8 分重的氧。因此氫的化合量是 8，恰為其原子量的一半。這是因為水是由一原子氧(16)和兩原子氫(2.016)所化合而成的。一般說來，元素的原子量或等於化合量，或為其化合量的倍數。就氧來說，這倍數便是 2。在這裏，我們又將見到，這倍數就是該元素的原子價。

讓我們再舉出一種不和氫相化合，而只能把牠取代的元素為例。鈉就是這樣的一種元素。牠的化合量可決定如下。假使我們把金屬鈉放在水裏，就生成了氫和氫氧化鈉。如果在實驗時測定反應前後各物質的重量，我們就可知道 23.00 克的鈉可以取代 1.008 克的氫。因此鈉的化合量是 23.00。

**240. 【怎樣測定化合量】** 在這里很容易發生一個問題，就是既不能和氫化合，也不能把氫取代的元素，我們將怎樣決定牠的化合量呢？假使我們把黑色氧化銅分析一下，就見 31.8 克的銅化合着 8.00 克氧，亦即氧的化合量(8.00)和 31.8 克的銅相化合。因此我們可以確定，假使氫和銅能夠化合，那一定是 31.8 克的銅會和 1.008 克的氫相化合。因此銅的化合量是 31.8。

就一般說，若是一元素不能和氫化合，而且也不能把牠取代，那末我們可以從該元素和其他已知化合量的元素相化合的重量而求得

牠的化合(或反應)量。

241. 【原子量的精密測定】 元素的化合量或反應量,可以在實驗室中很精密地測定。我們已經說過 (§238) 由求得氣體的密度而測定原子量的方法。不過這個方法,實行起來總不很準確。要求得一元素的精密的原子量,我們可以先小心地測定其化合量或反應量,然後再以小整數乘之,就可使結果和近似值相符。化學家有種種理由,覺得使氧的原子量適為 16.00,最為便利,這就使氫的原子量成為 1.008。

由此可知,原子量的數值顯然有賴於化合物的精密的化學分析。所以從事這種實驗工作,必須非常謹慎,非常精細。對於原子量作系統研究的第一個化學家是柏齊利阿斯。他的方法已經後來的化學家大加改進,到了現在凡是公認的原子量都是經過苦心實驗而得來的。李卻茲(圖148)便是這個研究領域中最先進的近代化學家。



242. 【由實驗而得的原子價】 我們方纔已經知道,元素的原子量或等於或幾倍於其化合量。乘化合量使成為原子量的這個因數,便是原子價。例如,鋅的化合量是 32.7,而他的原子量是 65.4,因此鋅的原子價是二。又,鋁的化合量是 9.00,牠的原子量是 27.0,因此牠的原子價是三。換句話說,

圖 148. 李卻茲  
(Theodore William Richards, 1869-1926) 哈佛大學化學教授。曾因其對於原子量的工作而獲得諾貝爾獎金。

$$\text{原子量} = \text{化合量} \times \text{原子價}$$

更就另一方面說，已知一元素的化合量而欲求其原子量時，我們就只需知道牠的原子價就行了。

243. 【度隆和普替定律】 法國化學家度隆 (Dulong) 和普替 (Petit) 發現固態元素的原子量乘以比熱 (specific heat)\* 往往約等於 6.4。

$$\text{原子量} \times \text{比熱} = 6.4 \text{ (近似值)}$$

這祇是一個很粗略的法則，但是我們若用比熱來除 6.4，卻能得到原子量的近似值。我們假使再用準確的化合量來除這原子量的粗略數值，那末我們就可得到原子價的近似值。不過我們知道原子價總是一個整數，所以我們可以取最近的整數來作為確實的原子價。最後，我們再用這確實的原子價來乘準確的化合量，其得數就是原子量了。

244. 【成爲混合物的元素：同位素】 我們在以前的各項討論中全部承認一切元素的原子都是一樣的。但是現在卻不再作這樣的想法了。照目前的學說，多數元素都由幾種不同的原子所組成，雖然不同的只是牠們的相對質量。因此這種元素的原子量實在是一個平均數。一種元素的不同種數叫做同位素 (isotopes)。這些同位素在所有的化學反應上都相類似，所以在實際上，這元素的行爲和均勻的物質一樣。

同位素存在的證據，最初是由放射性物質 (8561) 的研究而來。

---

\* 物質的比熱是使 1 克的物質增高 1°C. 所需的卡 (calorie) 數。卡是使 1 克的水增高 1°C. 所需的熱量。

其後，英國物理學家阿斯頓（圖149）發明一個方法來比較個別原子的質量，於是就發現了許多普通元素的同位素。例如，原子量爲35.46

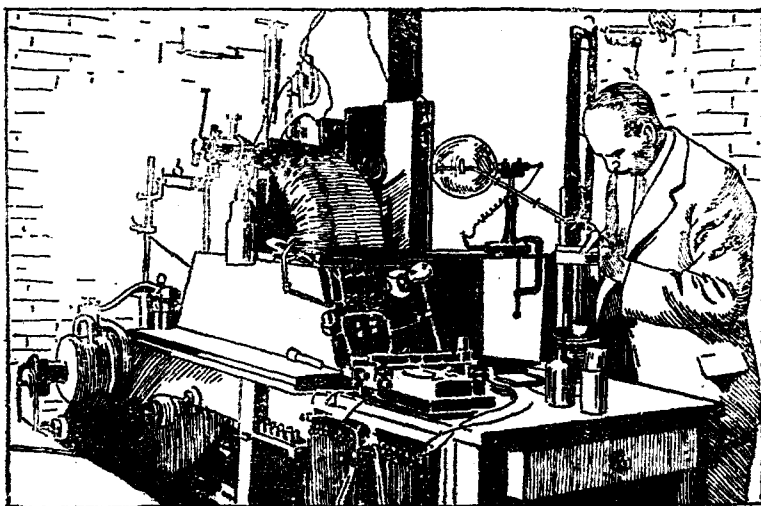


圖 149. 阿斯頓 (Francis William Aston) 在卡文提什實驗室中以質譜儀工作的情狀

的氯，被發現爲原子量35和37兩種同位素的混合物。下表所舉的幾個元素的同位素，就是根據阿斯頓的發現而編成的：

元 素	原 子 量	同位素的最少數	同位素的原子量以強度爲次序
鋰.....	6.94	2	7, 6
硼.....	10.8	2	11, 10
氮.....	20.2	2	20, 22
氯.....	35.46	2	35, 37
溴.....	79.92	2	79, 81

注意：表中各個同位元素的原子量都是整數。

其實，早在1815年，普勞特氏就已倡議一切化學元素僅由氫原子團所組成。在目前，我們設想一切元素的原子都由電子、質子、和中子所組成。由於電子的重量非常微小，所以我們在計算時竟可略去，而單把質子和中子的重量來作為原子量。但質子是氫原子的核，而中子的重量又和質子相等，因此我們又回復到和普氏的學說有幾分相似的境地了。

245. 【決定化合物的式】 要求原子量的精確數值，需要有極大的技巧和耐心。在我們大多數人，最重要的是去學得使用原子量的方法。

原子量的極重要用途之一，是在求得化合物的式。現在讓我們舉示決定水、硫酸、乙炔等的式，以作例解。

水 我們已經知道水的百分組成如下：氫 11.19%，氧 88.81%。  
由實驗我們又知道水的分子量約近於 18。因得其解法如下：

	百分組成		原子量		原子比率
氫 .....	11.19	÷	1	=	11.2
氧 .....	88.81	÷	16	=	5.55

用原子量來除百分數（重量），所得商數就代表了每種原子的相對數目。假使我們假定，水分子中只有1原子氧，那末其中必有2原子氫。換句話說，就是把第三欄中最小的一個數目來除本欄內的其餘幾個商數。即  $11.2 \div 5.55 = 2$ 。因而水的最簡單的式便是  $H_2O$ 。這式的分子量是  $2 + 16$ ，即 18，剛好與實驗所得的數值相當。

硫酸 已知硫酸的百分組成：氫 2.04%，硫 32.65%，氧 65.31%。

	百分組成		原子量		原子比率
氫 .....	2.01	÷	1	=	2.04
硫 .....	32.65	÷	32	=	1.02
氧 .....	65.31	÷	16	=	4.08

這些商數顯然和各元素分子中的原子數成同一比率。即其中有2

原子氫(2.04÷1.02)、1原子硫(1.02÷1.02)和4原子氧(4.08÷1.02);因而硫酸的最簡單的式是  $H_2SO_4$ 。在這個例子中,其分子是極難求得,所以我們只好接受這最簡單的式。

乙炔 假定已知乙炔的克分子量是 26.02 克,\* 又知其中含有 92.31% 的碳,其餘的都是氫。欲求乙炔的式,其解法可排列如下:

	百分組成	原子量	原子比率
碳	92.3	÷ 12	= 7.7
氫	7.7	÷ 1	= 7.7

其最簡單的式是  $CH$ 。不過這樣一來,那末  $CH$  的分子量就該是 13。因此,為了要得到準確的實驗值 26.02 克起見,就必須把牠的式再加上一倍。因而乙炔的式是  $C_2H_2$ 。

### 問題和習題

1. 鋅的化合量是 32.69,比熱是 0.091。試計算其近似的原子量。
2. 某氣體含氮 30.4%;含氧 69.6%。問足以表出牠的組成的最簡單之式為何?
3. 分析某化合物,知其中含: 氫 0.84%; 碳 10.05%; 氮 89.11%。問代表牠的組成的最簡單之式為何?
4. 某碳化合物以重量計含有: 碳 52.18%; 氫 13.04%; 氧 34.78%。問牠的最簡單之式為何?
5. 某礦石經分析後,知其中含鎳 84.82%; 氧 15.17%。試決定牠的最簡單之式。
6. 銅礦石的組成如下: 銅 79.45%; 硫 20.52%。牠的最簡單之式為何?
7. 某物質經分析後,知其中含碳 80%, 氫 20%。又知其分子量為 30。牠的式為何?
8. 分析某氣體,知其組成如下: 碳 73.8%; 氫 8.7%; 氮 17.5%。牠的分子量是 100.4。試求這化合物的式。
9. 某氣體在標準狀況下一升重 0.72 克。其中含碳 75%; 氫 25%。試計算牠的分子量和式。

\* 乙炔的密度是每升 1.162 克,所以 22.4 升重 26.02 克。

10. 已知某化合物中含碳 92.3%；氫 7.7%。在標準狀況下，其蒸氣 1.10 克佔據 314 立方厘米，問其式為何？

11. 氮氣經分析後知其中含氮 82.4%，其餘都是氫。試計算氮的化合量。

12. 爲了要決定問題 3 中所舉化合物的分子量，作一實驗，結果知在溫度 20°C. 和氣壓 740 毫米之下，該物質 0.250 克所生的蒸氣，在水上捕集時，計有 53.0 立方厘米。試計算該物質的克分子量，並用以訂正問題 3 的答案。

13. 由實驗得知某化合物的蒸氣 500 立方厘米重 2.23 克。該化合物含碳 72%，氮 12%，氧 16%。試決定牠的式。

14. 問題 4 中所舉的化合物，若加熱到 150°C.，計生氣體 185 立方厘米，重 0.217 克。(a) 其克分子量為何？(b) 其式為何？

## 第十八章摘要

【一切氣體的統一行爲】 如果溫度保持不變，則一定質量的氣體的容積，和牠的壓力成反比例（波義耳定律）。

如果壓力保持不變，則一定質量的氣體的容積，和牠的溫度成正比例（查理定律）。

$$\text{絕對溫度} = \text{攝氏溫度} + 273^{\circ}$$

化學反應中所用及所產生的氣體的容積可用小整數比來代表（該呂薩克定律）。

【亞佛加德羅原理】 在同溫度、同壓力狀況之下，同容積的一切氣體含有同數的分子。

由此原理可推知氫、氧、氮、氯等的分子，各含有兩個原子。

【反應氣體的相對容積】 反應氣體的相對容積，可由方程式中氣體分子的係數來代表。

【分子量】 一物質的分子量是以氧分子作爲 32 而比較得來的表示牠的分子的重量的數目。分子量等於其各原子重量之和



【克分子量】任何氣體的克分子量在標準狀況下都占據着 22.4 升的容積。所以克分子量 = 在標準狀況下氣體 22.4 升重量的克數。

【原子量】一元素的原子量是表示牠的原子的相對重量的數目。氧的原子量(16)被用作原子量的標準。

【化合量或當量】一元素的化合量或當量是該元素與 1 克 (更準確些說是 1.008 克) 的氫相化合或將其取代的重量的克數。

【原子量與化合量】原子量或等於化合量，或為其化合量的倍數。

【由原子量與化合量求原子價】 $\text{原子量} = \text{化合量} \times \text{原子價}$ 。

【度隆和普替定律】 $\text{原子量} \times \text{比熱} = 6.4$  (近似值)。

【同位素】同位素為同一元素的異形，牠們的原子量略有不同，化學形為卻相類似。

【從百分組成求式】用元素的原子量來除牠的百分數；其所得的商，即為各該元素的相對數目。再利用分子量來校正適用的最簡單的式的倍數。

### 問 題

1. 解釋 (a) 分子量和 (b) 原子量兩名詞的意義。
2. 原子的重量為什麼不用克數來量出？
3. ‘氯的原子量是 35.5, 氯的分子量是 71’, 試精密地說明此兩句所表示的意義。
4. 原子量和化合量有什麼分別？
5. 在何種情形中，原子量等於分子量？
6. 原子量和分子量有什麼分別？
7. 在何種情形中，原子量等於化合量？
8. 有時候化合量係指當量，試解釋‘當’字在這裏的意義？
9. 為什麼採用氧原子來做原子量的標準，而不採用氫原子？

10. 為什麼精確的原子量表須時時校正?

\* \* \*

11. 化學家要找尋組成像氫一般的元素同位素，為什麼非常困難?

12. 課文中說‘原子量 = 化合量 × 原子價’。試以鉛為例，解釋此式成立的理由。

13. 化學家決定元素的化合量，為什麼比決定氣體的分子量更為精密?

14. 說明亞佛加德羅的原理怎樣可用作決定(a)分子量和(b)原子量的基礎?

15. 根據實驗事實，8克的氧和1.008克的氫相化合；23克的鈉取代了同重量的氫；20克的鈣取代了同重量的氫。問(a)這些數目對各元素代表了些什麼？(b)這些數目對各元素的原子量有什麼關係？

### 進修研究題

【原子量的精密測定】近代測定原子量的方法，包含着許多實驗的要點；然而他的基本的化學事實，卻很簡單。

### 第一章至第十八章總複習題

1. 在呂薩克定律中，關於溫度和壓力倡怎樣的假定?

2. 定義及舉例說明下列各名詞：(a)觸媒；(b)擴散；(c)同位素；(d)電解；(e)原子核。

3. 硫化氫的毒性較一氧化碳為弱，試解釋之。

4. 怎樣證明各種碳的同素異形體都確實是碳?

5. 試略述大氣中氮分子和氧分子的相對數目。

6. 用分解方法，怎樣能求得水中氫氧兩元素的相對容積?

7. 說明(a)氫離子、氫原子、氫分子；(b)氯離子、氯原子、氯分子間的區別。

8. 寫出下列各物的式：(a)氯化鎂；(b)次氯酸鈣；(c)磷酸氫鈉；(d)氫酸鋇；(e)碳酸氫鉀。

9. 用式寫出下列各反應的完全方程式：(a) (熱)鋅與水(蒸汽)；(b)氧化鋅與磷酸；(c)鎂與鹽酸；(d)氫氧化鈉與磷酸；(e)氯化鋇與磷酸鈣。

10. 怎樣用‘硫’製成一種酸？怎樣用‘鈉’製成一種鹼？這酸和鹼混合後發生怎樣的變化？把以上的各反應都寫成方程式。

\* \* \*

11. 略述科學方法的步驟。

12. 試以‘平衡’的水族箱闡明自然界二氧化碳和氧的循環。
  13. (a)說明鹽、鹼、鹽的定義。(b)寫出三個方程式分別說明酸、鹼、鹽的製法。
  14. 一切元素都能使之呈三種物理狀態麼？又一切化合物呢？試解釋之。
  15. 根據何種事實與理論，使我們相信氮分子含有兩個原子？
  16. 說明使我們相信氧分子含有兩個原子的事實與理論。
  17. 假使無定形硫和斜方硫以粉末狀態而混合在一起，將如何分離之？
  18. 不穩定酸和弱酸的區別如何？碳酸為不穩定酸，同時也是弱酸，試解釋之。
  19. 普利斯特利於1774年發現氧。他怎樣完成這發現？他明白他的工作的意義嗎？
  20. 就物質的電子論的觀點看來，金屬與非金屬的區別為何？
  21. 動物在二氧化碳和一氧化碳氣體中都會死亡。這致死的原因是否相同？試解釋之。
  22. 寫出由(a)硫；(b)硫酸；(c)黃鐵礦；(d)亞硫酸鹽生成二氧化硫的方程式。
  23. 二氧化碳通過鹼溶液生成何種物質？作此方程式。
  24. 用何種化學的檢驗法以區別(a)硫化鈉；(b)亞硫酸鈉；和(c)硫酸鈉？
  25. 寫出硫酸作用於碳酸氫鈉的方程式。根據此項方程式，試決定滅火器中為什麼用酸性碳酸鹽而不用碳酸鹽？
  26. 作方程式以表示熱的濃硫酸與(a)銅；(b)銀；(c)碳所起的反應。
  27. 把本書中述及屬於下列各類的物質，一一列表舉出：(a)漂白劑；(b)氧化劑；(c)還原劑。
  28. 用原子構造的術語，解釋：(a)鈉和氯化合時發生怎樣的變化；(b)氮、氫、氯等的分子為什麼只含一個原子。
  29. (a)波義耳定律的發現早在1660年；(b)物質不滅定律的發現約在1786年；(c)能量不滅定律的發現，則遲至1842年。試解釋此種年份的意義。
  30. 把  $\text{SO}_3$ ,  $\text{NaHSO}_4$ ,  $\text{HBr}$ ,  $\text{PbO}$ ,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{OH}$ ,  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{CO}_2$  等化合物，依下列項目而分類：(a)酸類；(b)鹼類；(c)中性鹽類；(d)酸酐類；(e)酸酐類；(f)氧化物類。
- \* \* \*
31. 二硫化碳在空氣中燃燒生成一升的二氧化碳。問生成二氧化碳若干升？
  32. 假使兩升的硫化氫在多量的空氣中燃燒，生成二氧化碳多少升？這真應用的是那一條定律？
  33. 要製造134.4升的氧(標準狀況)需氯酸鉀若干克？

34. 還原 160 克的氧化銅( $\text{CuO}$ )為金屬銅,需乾燥的氫多少容積(標準狀況)?
35. 把下列各氣體的式依密度遞減的次序而排列之: (a) $\text{NH}_3$ ; (b) $\text{CO}$ ; (c) $\text{CH}_4$ ; (d) $\text{He}$ ; (e) $\text{NO}$ 。
36. 一升的氫在標準狀況下重 1.78 克。牠的原子量是 39.9。問一個氫分子含有幾個原子。
37. 設 22.4 升的空氣重 29 克。試就硫化氫的式算出牠的分子量,以與空氣的密度相比較。
38. 某氣態化合物半升重 1.13 克。由分析知其中含碳 23.8%, 含氫 5.9%, 含氮 70.3%。試計算其分子量及式。
39. 由實驗得知某氣體 250c.c. 重 0.49 克(標準狀況)。此氣體含碳 27.9%, 含氧 72.7%。試決定其確實的式。
40. 用接觸法製造含  $\text{H}_2\text{SO}_4$  98% 的濃硫酸(比重 1.84)一升,需硫若干克?

## 第十九章

### 氮 和 大 氣\*

氮的重要——由空氣及由分解氮化合物製氮法——性質。 空氣是一種混合物——液化——氮的商業用途。

空氣中的稀有氣體——氮的用途。 平流層。 空氣的組成——二氧化碳在自然界中的功用——污濁空氣中的雜質——新鮮空氣和空氣調節。

246. 【氮的重要】 以前在第四章中，我們已說過空氣的五分之一是氧，那末其餘的氣體是什麼呢？這個問題的答案是：‘其餘的氣體幾乎完全是氮。’ 氮和別種元素的化合物，亦常見於某種礦藏中，但為數有限，硝石即其顯例。氮化合物是生命的要素。一切生物質和生物質腐敗後的產物中，都含有氮化合物。並且人類食品中最有價值的部分是蛋白質，其中也含有大量的化合着的氮。又土壤和肥料的是否適於作植物的食品，與其中含氮的比例，極關重要。近代的炸藥，如火藥棉(guncotton)、硝化甘油(nitroglycerin)和猛炸藥等，都是不穩定的氮化合物。氮化合物如氨和硝酸等，更在國家整個的工業上扮演着重重要的角色。氮化合物既是如此重要，所以我們必須另闢專章來分別詳述(第二十章和第二十一章)；這裏且專就氮元素的本身和空氣來討論一下。

---

\*此後各章教師可就地方的需要，擇要講授，不必一定講完。

247. 【由空氣中取氮】 我們當還記得 (§ 33), 拉發西埃發現空氣中含有氧,並且使氧與汞相化合而將其除去。然而若使燃磷於空氣中,就可更快地將氧除去。

在瓷坩堝中放白磷一小片(小心措乾),而將此坩堝置於浮在水面的軟木塞上。然後用燒熱的鐵絲將其點燃,隨即用玻璃瓶蓋在這燃燒着的固體上,如圖 150 所示。磷在瓶內有限的空氣中燃燒,即發生白色的濃霧,稱為五氧化二磷( $P_2O_5$ )。結果與在氧中燃燒時相同。然後將玻璃瓶靜置片刻,任其冷卻,則煙中磷的氧化物之固體微粒,就溶於水中。這時可見水已上升瓶內,約達五分之一,占據空氣中已與磷相化合的氧的地位。現在假使用點燃的燭火插入瓶中,即見火焰立即熄滅,可知其餘留的氣體,已不能幫助燃燒了。

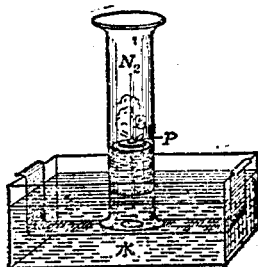


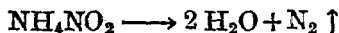
圖 150. 在空氣中燃磷,以除去氧而得氮

這種鈍性氣體,拉發西埃稱之為‘*azote*’,意即‘不能維持生命’。後來因為牠存在於 *niter* (硝石的別名)中,就改名為‘*nitrogen*’,我國稱之為氮。動物在氮氣中不能生存,並不是因為這氣體有毒,乃是因為動物需要游離的氧氣的緣故。動物在氮氣中窒息而死,正和在水中溺死一樣。

248. 【實驗室中製取純氮】 在 1894 年以前,化學家都以為將空氣中所含的氧氣完全除去之後,再除去微量的二氧化碳,即得純氮。但英國 雷利 (Rayleigh) 和拉姆塞 (Ramsay) 二氏,發現這樣製得的氮中仍含有 1% 的雜質。這種雜質稱為‘稀有氣體’(rare gases),即:氬 (argon)、氦 (helium)、氖 (neon)、氪 (krypton) 和氙 (xenon)。

在實驗室中製取純氮的方法,十分簡便,將一種氮的化合物稱為亞硝酸銨 (ammonium nitrite,  $NH_4NO_2$ ) 的加熱,即分解而成氮和

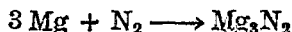
水：



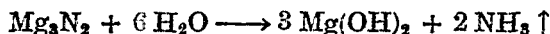
然而亞硝酸銨是一種不穩定的固體，所以常用亞硝酸鈉和氯化銨的混合物來做代替品。

商業上所用氮的主要來源為液體空氣。使液體空氣蒸發時，因氮較氧容易揮發（即氮的沸點較氧為低），故氮氣儘先放出，留下的幾為純氧。這兩種產物氮和氧，都有重要的商業價值。

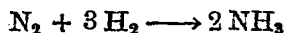
249. 【物理性質和化學性質】 氮為無色、無味、無嗅的氣體，與氫、氧兩元素相似。但其他性質，則大不相同。例如氮不能燒燃，亦不能助燃。實在牠的最明顯的特性，為不易參加化學反應。但若將某種其他元素加熱至適當溫度，卻也能緩慢地同牠化合。例如氮與紅熱的鎂相遇，即化合而成氮化鎂 (magnesium nitride)：



氮化鎂受水的作用，就放出氨氣：



還有一種由氮製氨的更直接的方法，但需用適當的觸媒；這樣，即使溫度不很高，氮和氫也是能化合而成氨 (ammonia) 的：



若用電花通過氮和氧的混合物，則氮和氧兩元素即化合而成氮的氧化物 (oxides of nitrogen)：



以上兩種反應，雖然進行甚難，但因藉此可採取空氣中的游離氮以製成氮的化合物，故最近已在工業化學上占着極重要的地位。氮的化

合物爲植物生長的要素，所以利用空氣中的氮來製造這種化合物，乃是近代化學上的重要問題。

**250. 【怎樣知道空氣是混合物】** 混合物和化合物的區別，前已論及 (§ 18)，現在要說明空氣中的氮和氧，是不以化合狀態而存在的。空氣只是由氮、氧以及微量的別種氣體混合而成。茲舉數種可以證明空氣爲混合物而非化合物的事實如下：

(1) 第一，純粹的氮和氧可混合爲一種‘人造空氣’(artificial air)，其性質與尋常的空氣幾乎相同。當這兩種氣體混合時，既不發熱，也不見有化學反應的其他徵象。人造空氣中這兩種氣體的分量，可隨意變動，而不影響於其生成物的化學性質。若氮和氧是化合着的，那末其化合的比例就應當一定了。

(2) 第二，水可溶解空氣。若將水煮沸，逐出其所溶的空氣而分析之，就見其中所含的氧，約比尋常空氣多出兩倍。這是因爲氧較氮易溶於水，所以溶解較多。若氮和氧是化合着的，那末溶在水裏的空氣，其氧和氮兩成分之比，就應當和尋常空氣一樣了。

(3) 第三，空氣中的各成分，可利用純粹的物理方法來分開他們。法將空氣液化，然後將其中較易揮發的氮氣，沸騰而逸去。若空氣爲化合物，那末全部空氣就應當在同一溫度時沸騰了。

**251. 【液體空氣的製法】** 欲使一種氣體液化，即使在壓力下，也必須先冷至某一定的溫度，而後才能液化。這種溫度，稱爲臨界溫度(critical temperature)。各氣體的臨界溫度彼此不同，氧和氮的臨界溫度頗低，故在常溫時，無論加任何壓力，都不能使之液化。欲使空氣液化，必須冷卻至極低溫度，同時再施以大壓力。至於大規模製取液體空氣時，須用圖 151 所示的設備。

這個圖解只表示裝置的主要部分。空氣爲壓氣機  $P$  所壓縮，其由壓縮所生的熱，於通過冷卻旋管時，即被除去。壓縮空氣經旋管  $D$  後，即由極小的噴口  $J$ ，射入壓力較低的膨脹筒內。因爲凡氣體受壓時都能放熱，膨脹時都能吸熱。所以當壓縮空氣經過



噴口而膨脹時，就吸收大量的熱。利用這個作用，我們就可令膨脹氣體由筒中高壓旋管  $D$  的外圍重複流回，以除去旋管中高壓空氣的熱。待這冷卻的膨脹空氣經  $E$  口而回到了壓氣機  $P$ ，就再被壓縮。這方法經多次的反復，最後空氣就因其自身的繼續膨脹，致冷至極低的溫度，而起液化。所得的液體空氣集於容器  $R$  中，需用時即可自其中取出。

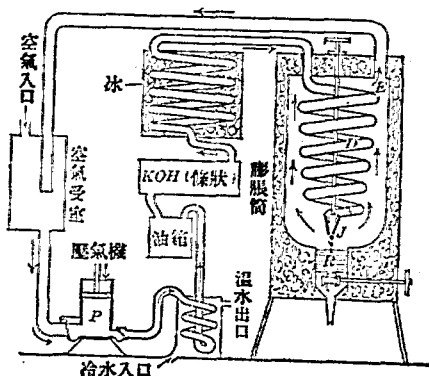


圖 151. 製液體空氣機的主要部分的圖解

我們已知，使空氣液化，必須壓力和低溫度並用，正如使別種氣體液化一樣。液體空氣的主要成分，只是液體氮（沸點為  $-195.7^{\circ}\text{C}$ ）

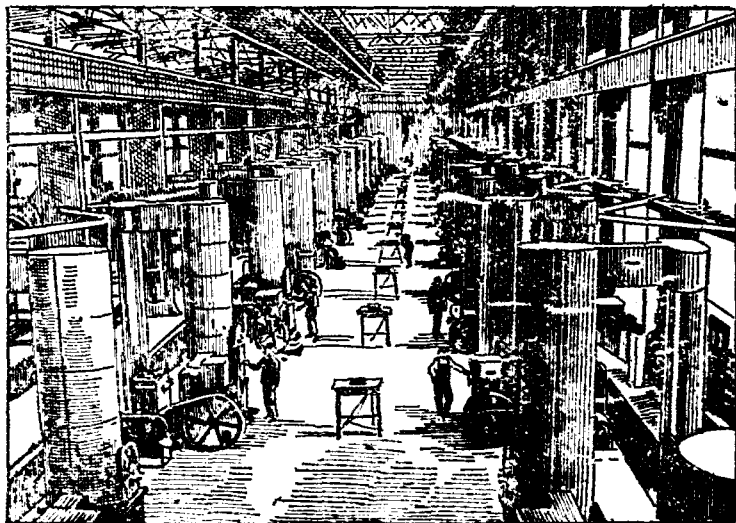


圖 152 由液化空氣以製氮的工廠 試注意其中有很多的膨脹筒

和液體氧(沸點爲 $-182.9^{\circ}\text{C}.$ \*)的混合物。在商業上,可使較易揮發的氮與氧相分離。工業上所用的氧,就是依這種方法而製取的,又爲轉運上的便利起見,常裝入鋼罐(steel tanks)中出售。至於商業上製取氮,也用這同樣的方法(圖 152)。

**252. 【液體空氣的實驗】** 液體空氣現今已成爲商品,通都大邑,都有成品出售。若把牠傾入普通的玻璃容器中,則液體即隔玻璃迅速吸收多量之熱,完全沸騰而去。因此有一種特製的所謂杜瓦瓶

(Dewar flask), 供存貯轉運之用,其構造如圖 153

所示。這種瓶由內外兩個玻璃瓶套合而成,兩瓶中間的空氣,係用抽氣唧筒抽成真空。液體空氣放在這樣的瓶中,因爲四周圍有真空,傳熱極慢,所以不易蒸發。爲了要加倍減弱瓶中液體的蒸發作用,常在瓶的隔層中鍍銀,使附近的熱爲外層所



圖 153. 杜瓦瓶

反射而去。盛有液體空氣的杜瓦瓶,又常包以毛氈等不良導體而裝在筐裏,以防熱由外面侵入。

尋常的物料,若冷至液體空氣般的溫度,即可發見其奇特的性質。例如,浸小橡膠球於液體空氣中,再把牠擲在地上,此球即碎裂成許多小塊,猶如擲玻璃球到石塊上一樣。同理,如用橡膠管導液體空氣,也立即變脆而碎裂。花草浸入液體空氣中能凝成硬塊;取出時即質脆易碎。若把燃着的木條,插到液體空氣中,仍能燃燒。氫氣或煤氣的火焰,若插入液體空氣的表面以下,仍能繼續燃燒,但所成

\*這又是氣體變爲液體的溫度。

的水，卻立時凝結成冰。

**253. 【氮的幾種用途】** 在某幾種電燈泡中，裝着氮氣；藉氮氣的鈍性，可阻止白熱燈絲的氧化。又如在 $300^{\circ}$ 至 $500^{\circ}$  C. 間應用的水銀溫度計，管內的水銀柱上面，也常用壓力裝入氮氣少許。這樣，即使用以測量水銀沸點( $357^{\circ}$  C.) 以上的溫度，水銀也不致沸騰。此外大量的游離氮，又用以製造硝酸、氨以及某種含氮的肥料 (§ 294)。

### 問 題

1. 氮為何對於生命很重要？
2. 若把動物放在純氮中，為什麼必致死亡？
3. 礦物中為何極少氮化合物？
4. 試述三種由空氣中除去氧氣的方法。
5. 試述測定空氣中含氧百分率的實驗法。
6. 辨別氮和二氧化碳，要用何種化學檢驗法？
7. 為什麼在貯液體空氣的瓶上，不能用緊閉的瓶塞？

8. 把一隻盛液體空氣的茶壺放在冰塊上，則液體沸騰甚烈 (圖 154)。試解釋之。

9. 試作下列各反應的方程式：(a) 氮和鎂化合；(b) 在空氣中燃白磷，以去除其中的氧；(c) 二氧化碳和石灰水相遇，生成白色沉澱。

10. 氧氣炬火焰的溫度，何以比燃燒發光煤氣的鼓風燈為高？試解釋之。(參閱第五章。)

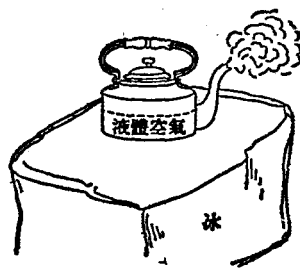


圖 154. 盛在茶壺中的液體空氣，在冰塊上沸騰

**254. 【大氣中的稀有氣體】** 氫、氦、氬、氖、和氙五種元素，存在空氣中的分量極少。其中最多的是氫，以容積計，僅約占空氣的 $0.94\%$ ；其他四種的總量，不及空氣的 $0.002\%$ 。氫於1894年為拉姆塞(圖 155)和栗利二氏所發現。他們用化學方法把空氣中的氧和氮全部除去；這工作既費時間，又十分麻煩。但此後發現可由空氣

液化法製氫，就便利不少。其他四種稀有元素，因為分量極微，其分離和研究，實是一樁費時而費力的工作。

上述五種元素，都為著名的鈍性物質。除少數特例外，還無法使之參加化學反應。氫因具有鈍性，故常用以代替‘充氣’電燈泡中的氮。氮和氫都有防止燈絲上鎢質蒸發而使燈泡發黑的功用。這種鈍性氣體能使燈絲應用於較高的溫度；亦即能發出較白的亮光，和產生較高的效率。



圖 155. 拉姆塞像  
(Sir William Ramsay, 1852-1916)  
英國化學家，曾發現空氣中的稀有氣體

廣告上所用的‘氛燈’，亦稱‘霓虹燈’(neon lamp)，是一根兩端裝有適當的接線端綫(terminals)的玻璃管，抽出空氣而裝入少量的氛氣而成。當這樣的玻璃管連接於高壓、約15,000伏特)電源如感應圈之時，電流就通過氛氣而發生鮮明的橘紅色的光輝。若欲得藍光，可用氛氣、氫氣和水銀蒸氣的混合物。如欲發生綠光，可在管中裝入與發生藍光的同樣氣體，但此管須用琥珀玻璃或綠玻璃製成，而不能用無色玻璃。氛燈的用費很省，故以之作廣告燈，十分經濟。

**255. 【氮的用途】** 稀有氣體中之氮，自1819年以後，一躍而為實用上的重要物質。氮的重量約為空氣的七分之一，為僅次於氫的最輕的已知氣體。因為氮不易着火，所以為充裝氣球和飛船的理想氣體(圖156)。以前用氫氣充裝飛船，因氫氣容易着火，致屢次釀成巨災。在歐戰期間，航空事業競爭頗烈，為供給需要起見，曾完成

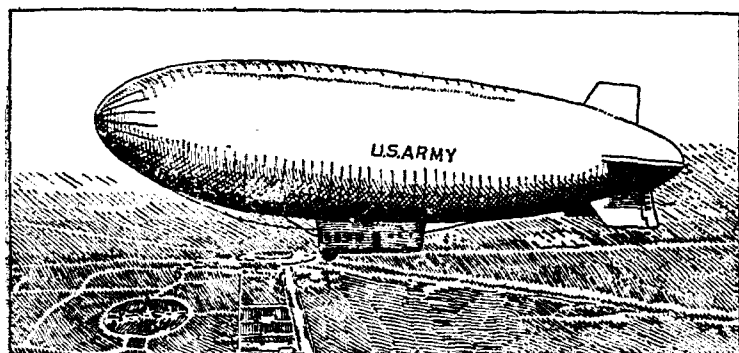


圖 156. 充氮的硬式飛船

了氮的大量生產，於是氮的應用，在氣球和飛船的進步上，遂占着重要的地位。美國塔克薩斯州地下所放出的天然煤氣中，約含 % 的氮；因為氮的沸點很低（ $-269^{\circ}\text{C}.$ ），故可用液化方法把牠分離出來。

在以前，氮大類實驗室裏的珍玩品，每立方英尺約值 1700 美金。恐怕從不曾有人集取至 100 立方英尺以上。在歐戰終了時，美國政府設立一大規模的製氮廠，現在每日能產出 50,000 立方英尺，每立方英尺售價僅約美金三分（圖 157）。

氮氣還有一種重要用途，即能減少潛水及沈箱(caisson)\*工作的危險。因為潛水衣及沈箱中的氣壓很高，當工人自高壓大氣中出外後，往往會發生所謂潛水病†(caisson sickness)。若是潛水衣或沈箱

\*譯者按：要在水底工作，除穿潛水衣外，還有‘氣壓沈箱法’(pneumatic caisson)，即以高氣壓的大箱，沈入水底，使工人在箱中工作。

†譯者按：潛水病係由於人體驟然脫離高氣壓而進入低氣壓所致。因人體久處高氣壓中，空氣中的氮多溶入血液；若氣壓驟然減低，氮即自血液中放出，形成氣泡，深入腎、肌肉、關節等處，而發生頭痛、耳痛、重聽、皮膚發癢、神經痛、關節痛等症狀。

中的大氣，改用以氮代氧的人造大氣，那末這種病症就可減免。

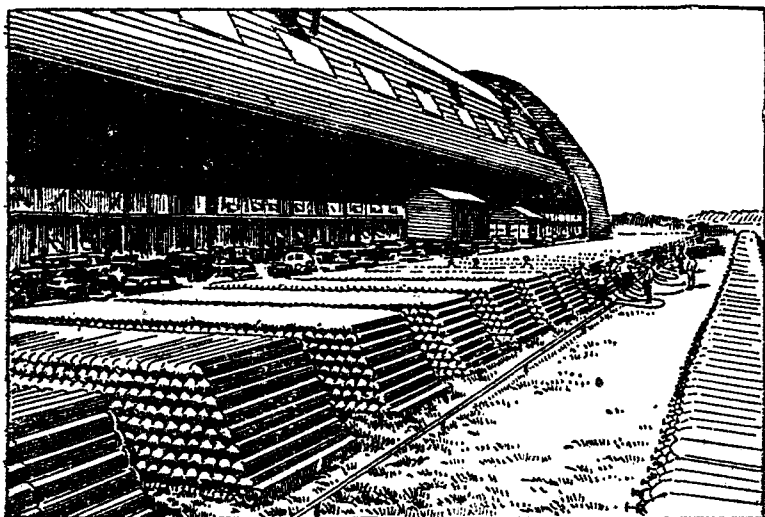


圖 157. 盛有壓縮氮氣的鋼圓

256. 【什麼是平流層?】 畢卡德教授(Prof. Auguste Piccard)於 1931 年乘氣球上昇約達十英里的高空，遂引起世人注意上層大氣的興趣。在高達十英里的天空，大氣的壓力僅為 3.2 英寸，但在地面則為 30 英寸。畢卡德教授和他的同伴，攜帶了儀器和壓縮的氧氣，在球下的一間密閉的金屬圓室中，逗留達六小時之久(圖 158)。那末他們所要探求的究竟是些什麼呢?

所謂‘平流層’(stratosphere)即指較低的對流層(troposphere)以外的全部大氣而言，對流層的最高極限，約為離地面七至十英里。最近利用了‘探空氣球’，已發現自地面向上升至平流層邊境為止，其氣溫之降低極有規則；及達平流層後，氣溫就大致穩定，約為  $-50^{\circ}\text{F}$ 。科

學家所要探求的，就是高空氣溫的真實數據。另一引人注意的研究問題，則為不同高度的宇宙射線 (comic rays) 的強度。惟本書為篇幅所限，不便牽涉到近代物理學的範圍中去，故從略。

257. 【空氣的組成】 在大氣的組成發現以前，鍊金術家和化學家對牠已有近 2000 年的研究。在鄉野空曠地方所採得的空氣樣品，除所含水汽有多少外，都有同樣的組成。茲將這樣的乾燥空氣的成分，列表於下：

空氣每 100 容積中，含有

氮.....	78 容積
氧.....	21 容積
氫.....	0.94 容積
二氧化碳.....	0.04 容積
氮、氖、氬、氦.....	微量

在通都大邑或通氣不良的地方，空氣中常有或多或少的塵埃、煤煙、微生物等固體物質飄浮着，故其組成不免變動。然而若以之和地球周圍的大量空氣相比，則此種變動實不足為異。彌漫於地球四周的這大氣的海洋，不息地為風和氣流所擾動，所以在曠野地方的空氣，其組成恆一

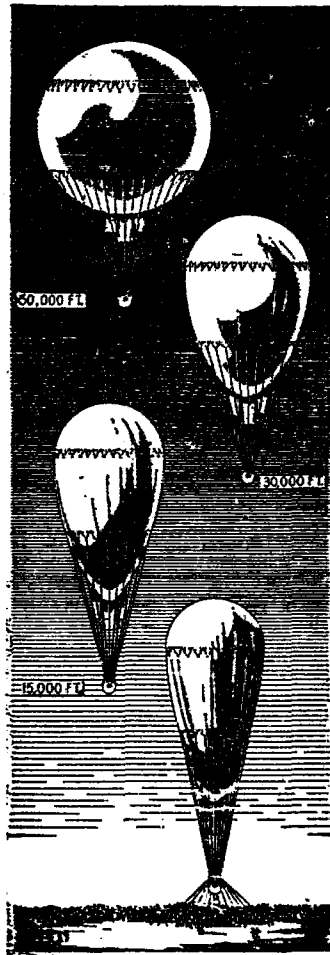


圖 158. 考察平流層的氣球。試問氣球的形狀為何不同？

定不變，如前所述。

**258. 【二氧化碳在空氣中的任務】** 試檢查上表所列的空氣成分，可見二氧化碳的分量，實極微少，但是我們立即可以見到，牠所負的任務，卻十分重要。

大氣中二氧化碳的主要來源有二：其一，係由碳化合物在燃燒或腐敗時所產生，所以每一個煙囪或煙筒，都有大量的二氧化碳氣體噴入空中；其二，則由人畜等生物體所呼出。但就另一方面說，一切的綠色植物都能自空氣中吸入二氧化碳。二氧化碳在葉中與根從土壤吸收來的水相化合。這種巧妙的合成作用所得的產物，是澱粉和糖（碳、氫和氧的化合物），以及游離的氧。前見（§ 216）生長在水底下的植物，有氧氣泡放出，即由於此。

把無機物料（二氧化碳和水）轉變成生物質的化學變化，祇能在日光下發生，並且須藉葉中綠色物料（葉綠素）的幫助。這種過程稱為光合作用（photosynthesis）。

二氧化碳對於植物的重要應用，已如上述，我們從此可知動植物對於空氣中氧和二氧化碳的供給，實彼此互相為用。把這種循環作用，總括起來，即：植物吸取空氣中的二氧化碳，把牠變為化合物，這化合物又變為動物的食品；動物消費這種食品，正同氣機燃燒汽油蒸氣一樣，結果放出二氧化碳（圖 159）。

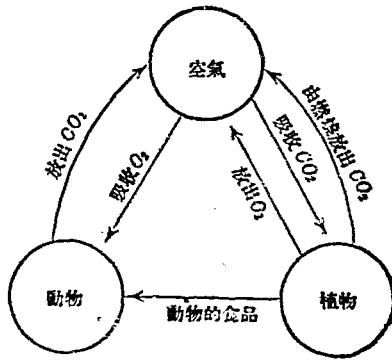


圖 159. 二氧化碳的循環



259. 【空氣中的雜質對於人生安適的影響】 在過於擁擠和通氣不良的房屋中，常有污濁空氣，這是大家都知道的。我們住在有污濁空氣發生的地方，就覺得很不舒適。從前以為這種不舒適的感覺，由於二氧化碳所致，因為在許多人擁擠着的室內，空氣中二氧化碳的含量往往過多，氧的含量往往過少。但現在已知道這個見解是錯誤的。我們承認，適合於衛生的空氣必須含有某最小限量的氧氣，大氣中含有過多的二氧化碳氣足以使人窒息，確是事實。然而即使在通氣最劣的住房內，其中二氧化碳的含量也決不會達到令人窒息的程度。決定空氣是否適合於呼吸的主要因素乃是：(1) 水分、(2) 溫度、(3) 塵埃、(4) 人畜所呼出的微量複雜化合物。

第(1)和第(2)兩項，彼此有密切的關係。人的體溫通常保持華氏 98.6°(即 37°C)的常數，由身體表面水分的蒸發以調節之。如周圍的大氣過於潮溼，蒸發不易進行，則體溫的調節也發生困難。所以在極熱而極潮溼的空氣中工作，最不舒服。反之，如空氣過於乾燥，則人體的水分蒸發過速，也不愉快。最適合於人類生活的‘相對溼度’(relative humidity)為 40-50%，室溫為華氏 68° 上下(20°C 上下)。所謂相對溼度 40-50% 的意思，就是空氣中所含的水分恰當飽和時所含的 4/10 或 5/10。室內空氣中水分的適當調節，是人體舒適與否的要素；至於另一要素，自然要推到‘溫度’的適當調節了。

空氣中的‘塵埃’，可使人大不舒服。在大都市和擁擠的室內，空氣中含有大量的塵埃；不僅會刺呼吸器官，並且還含有病菌。雨後曠野的空氣，所含塵埃較少，以與久旱城市中的污濁空氣相較，呼吸時自然倍覺舒適。

影響空氣的第四個因素，只有在通氣不良而人數衆多的房屋內纔會覺到。因為人體排出了微量的物質，使此種空氣能引起一種不舒適的生理影響。推究其原因，或由於這種物質具有惡劣的嗅味，或由於這種物質確實能使人體中毒。無論其原因如何，總之在人數衆多的房間內，其空氣中所含的雜質，確能使人昏悶、不適，甚至發生頭痛。

空氣裏的雜質和塵埃，可採用一種‘淋浴法’以洗淨之。現在有一種極有效的通氣設備，能把空氣自室中排出，通過洗滌器，經一部分乾燥後，再送回室中。這種空氣中所含二氧化碳的分量，雖然較多，但並沒有使人發生不快之感。這個方法比較單從窗戶輸入新鮮空氣為佳，因為牠不用把大量的冷空氣加熱，故可節省溫暖房屋所需的燃料。

260. 【怎樣取得新鮮空氣】 鄉野的空氣既然清潔，所以如果可能，我們總以居住鄉間為宜。不過世界上大部分的事業，必須在城市中的室內做成；因此我們就得留意房屋的通氣。有人以為夜間的空氣是有害的，但據仔細研究的結果，發現夜間空氣與日間所呼吸的無異。實際上，臥室中適宜的通氣，是人體健康的要素。因為我們呼出的氣體，常較吸入的氣體為輕暖，都升在室頂；所以最好在牆的頂部和底部各開一窗，使呼出的較熱氣體由頂窗流出，而讓新鮮空氣由底窗流入。但這並不是勸人睡在強烈的風口，讀者不可誤會。在有許多地方，為了要有良好的通氣，往往睡在室外的睡廊(sleeping porch)裏。

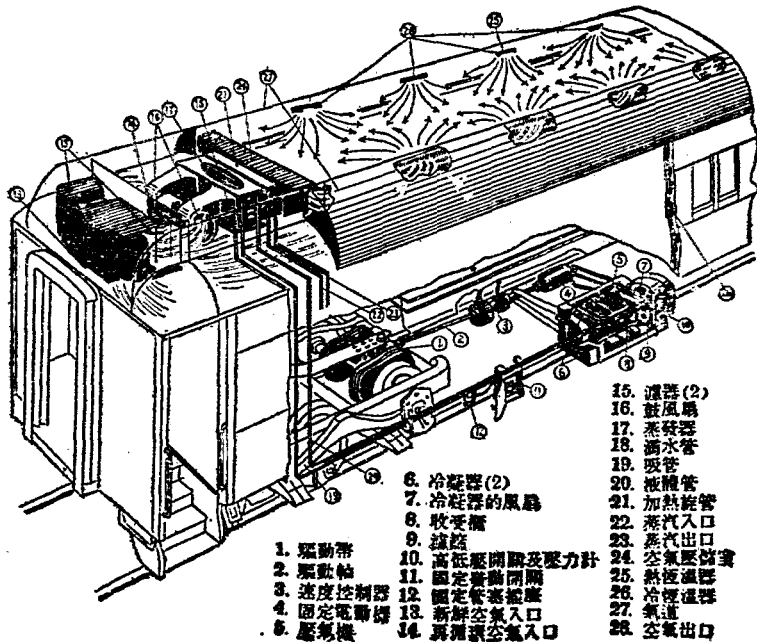


圖 160. 空氣調節的浦爾曼式車廂(Pullman car)。試注意其原動力由輪軸而來。

在近幾年來，供給調節空氣 (conditioned air) 的設備，採用的已漸多，不僅會堂、教室和工廠裏都有，就是火車(圖 160)和私人住宅裏也有了。這種設備，能淨除空氣中的塵埃，保持舒適的溫度(約 68°F.) 和合宜的溼度(約 50%)，並使空氣流動不息。這樣的調節既可增進工作的效率，又可維護人體的健康。

### 第十九章摘要

**【氮】** 元素的氮約占空氣的五分之四。氮的化合物不僅為生命的要素，同時在工業上也占着重要的地位。

**製法：**用磷燒去空氣中的氧(或用紅熱的銅亦可)，即得氮氣；此種氮氣性質尚純，可供多數用途。工業上所用的氮，由蒸發液體空氣而製得。

欲製純淨的氮氣，可用亞硝酸銨(亞硝酸鈉與氯化銨)加熱而得，其產物除氮氣外，尚有水。

**性質：**氮是鈍性物質，為無色、無臭、無味的氣體。不燃燒；不助燃，亦不助呼吸；無毒性。不易與其他元素直接化合。在高溫度時，氮能與少數金屬(如鎂)相化合，又能與氧和氫相化合。

**【空氣】** 空氣是混合物而不是化合物。空氣的成分，大致為氮、氧、氫，以及分量不定的水汽、二氧化碳和塵埃等。

**【空氣的液化】** 空氣可以液化。將液化空氣中較易揮發的氮先行沸去，即可分離其各成分。

**【氫】** 氫在空氣中所占的容積，僅約 1%。空氣中除氫外，尚含有四種微量的他種稀有氣體，這種氣體都不能與其他任何元素化合。

氫可供‘充氣’電燈泡充氣之用。

【氖】充氖氣於玻璃管中，通電後可做廣告燈，其橘紅色之光，透射力很強，且很經濟。

【氦】氦也是稀有氣體的一種；工業上由液化某種天然煤氣而製成。性不易着火，重量僅及空氣的七分之一，用於飛船。

【二氧化碳在自然界的循環】二氧化碳由燃燒和呼吸而送入空氣中。空氣中的二氧化碳被綠色植物所吸取，留住其中全部的碳，而將氧氣放出。這動植物生活的平衡，使空氣所含氧和二氧化碳的總量，得以保持不變。

【影響於人體安適的主要因素】空氣影響於人體安適的主要因素有四，即（1）水分、（2）溫度、（3）塵埃、（4）人體排出的少量雜質。欲得多量的新鮮空氣，應當在戶外工作、遊戲和睡眠。

【空氣調節設備】空氣調節設備的主要功用，就在調節空氣中的上述四種因素。

## 問 題

1. 舉示空氣中五種‘稀有氣體’的名稱。
2. ‘空氣調節’(air-conditioning)是什麼意義？
3. 二氧化碳在空氣中有何功用？
4. 空氣中各種成分的容積比，大概為何？
5. 舉示空氣中含量較多的四種氣體的名稱。
6. 舉示空氣中含量極微的五種氣體的名稱。
7. 試區別平流層與對流層。
8. 舉示發現空氣中各元素的人名和時代。
9. 空氣中稀有氣體的發現，何以極遲？
10. 為什麼二氧化碳不在室內的底部集成一層？

\* \* \*

11. 怎樣增加室內空氣的溼度?
12. 空氣中對於人類發生有害和不快的影響的,是什麼東西?
13. 要區別氮和氫,要用何種化學檢驗法?
14. 即使空氣有一定的組成,為什麼還不能稱牠為化合物?
15. 空氣中的塵埃,我們呼吸了有什麼弊害?
16. 空氣中的那一成分,雖時常存在;但其分量常在變化?
17. 試述臥室中流通空氣的方法。
18. 怎樣證明普通的水中,有溶解的空氣存在?
19. 為什麼綠色植物在夜間放出的氧氣比日間為少?
20. 熱天所用的電扇,為什麼能使人涼快? 試解釋之。
21. 怎樣製備沒有絲毫水汽和二氧化碳存在的空氣?
22. 動植物生活所需的能力,牠的來源是什麼?
23. 對流層和平流層中的空氣,其成分有什麼不同?
24. 設有一種氮氣和二氧化碳氣的混合物。試略述一分離的方法。
25. 氮對於在河底下開掘隧道與穿潛水衣下水考察海底的人,有何用途?

## 進修研究題

【家庭、火車和辦公室中的空氣調節】 研究教室中的通氣。室內氣流的狀況,可藉點燃的燭火來觀察。注意開閉窗戶對於氣流的影響。教室、戲院和公共會堂的最新通氣法是怎樣的? 為什麼在私人住宅中無需通氣設備? 欲調節溫度和溼度,應當用什麼方法? 怎樣使空氣清潔? 為什麼空氣必須流通? (Moyer and Fittz's *Air Conditioning*.)

【氮的發現】 氮是根據怎樣的事實而發現的? 拉姆塞爵士(Sir William Ramsay)怎樣製取游離的氮? 為什麼空氣中的這種成分為前人所忽視? (汪仁鏡譯,卡士曼著: 化學與文明第二章,商務版。)

【光合作用】 什麼叫做光合作用? 試證明農業乃是我們最主要的工業。光合作用的觸媒是什麼?

【著名的氣球昇空】 為什麼要把氣球放昇到高空中去? 其主要困難是什麼? 化學的何種發展有助於這實驗? Fisk's *Exploring the Upper Atmosphere*. 載 *National Geographic Magazine*, 1936年一月號。)

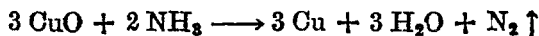
## 第二十章

### 氮和銨化合物 平衡

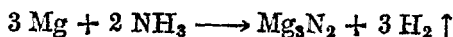
家用氮——組成與式——製法——性質——發冷——氮氧化銨及銨鹽  
——商業用途——從煤製氮及以合成法從元素製氮。  
氮的固定——可逆反應——動平衡——觸媒的效應。 溫度及其他狀況對於反應速率的效應。 分子濃度定律。

261. 【家用氮】 家庭中常用一種有劇臭的清淨藥水，其瓶上往往標以氮 (ammonia) 字，或更確切地標以氮水 (ammonia water) 兩字。‘氮’俗音譯為‘阿摩尼亞’，就是指這有刺激性的特殊嗅味的氣體。這氣體極易溶於水中，故通常都以其水溶液出售。其清淨性質，係由於牠的水溶液呈鹼性，即含有  $\text{OH}^-$  離子所致。因為氮氣與水都能揮發，故從前稱之為‘揮發鹼’ (volatile alkali)。

262. 【氮的組成】 將氮水加熱，即得一種氣體，可以證明其由氮與氫所組成。要證明氮中含氮，可使乾燥的氣體通過一盛有紅熱的氧化銅的玻管，則氧化銅即被還原為金屬銅，而生成水，同時有一種氣體從導管放出，可確證其為氮：



我們更可確證氫為氮的一成分；使氣體通過一盛有灼熱的鎂的玻管，即有一種氣體放出，此氣體就是氫：



要決定氮的式，只須決定牠的密度。因爲一升的氮約重 0.771 克，故其克分子量（即 22.4 升之重）爲 17.3 (0.771 × 22.4) 克。這剛好與式  $\text{NH}_3$  相當。

### 263. 【氮的實驗室製法】

將氮的水溶液加熱，就可製成純粹的氮氣，此法十分簡便。因爲氮在熱水中遠較在冷水中爲難溶，故

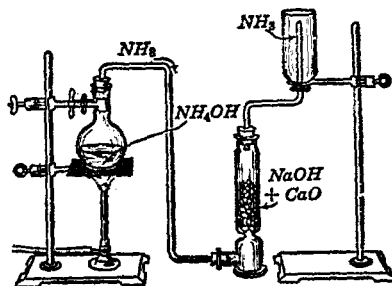


圖 161. 製乾燥的氮

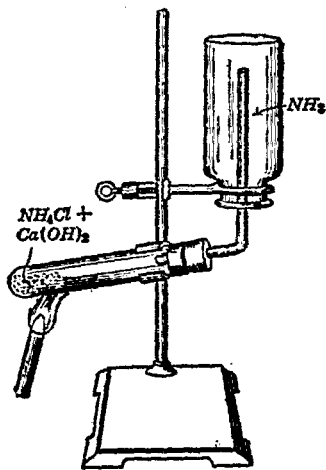
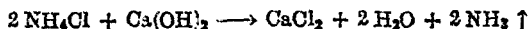


圖 162. 製氮

當水溶液煮沸時，溶解在水內的氣體即被迫放出。若欲除去氮氣中夾雜着的水氣，可如圖 161 的裝置，使氮氣通過一盛有鈉石灰 (soda lime,  $\text{NaOH}$  及  $\text{CaO}$ ) 的乾燥塔即可。因其極易溶於水中，故以排空氣法收集於倒置着的空瓶中。

製備氮氣的另一簡便方法，是用氯化銨 (ammonium chloride,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) 即礆砂 (sal ammoniac) 與消石灰 [ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ] 的混合物於大試管中加熱，如圖 162 所示。其反應如下：



264. 【氮的性質】 氮除了具有刺鼻的臭氣外，其最顯著的特性爲其極大的溶解度。牠在水中的溶解度較氯化氮更大。

氮氣為水所吸收的快速，可用下述實驗表示之。

在一大燒瓶中充滿氮氣，瓶口配以雙孔瓶塞，塞中插一長玻管及一盛水的滴管。玻管的下端浸入一盛有紅色石蕊液（略帶酸性）的燒杯中。將滴管的橡皮球一擠，就有少量的水壓入燒瓶。於是燒杯中的水就立即衝入燒瓶（圖 163），使紅色溶液變成藍色，為什麼？

氮的分子量為 17，由此可想見其重量約為空氣（22.4 升的空氣約重 29 克）的一半。氮氣極易液化，這性質由法拉第最初發現；在常溫時，只需加以 9 大氣壓（每平方英寸 132 磅）的壓力，即能使之液化。

液態氮是無色的。沸點為  $-33.5^{\circ}\text{C}$ ，於  $-78^{\circ}\text{C}$  時，凝固成無色結晶形的固體。

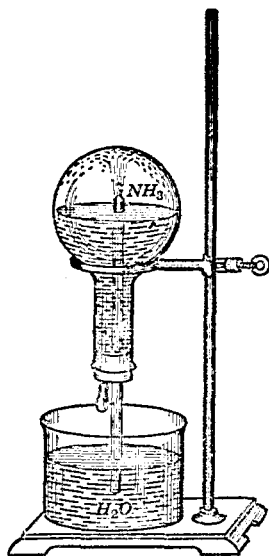


圖 163 氮極易為水所吸收

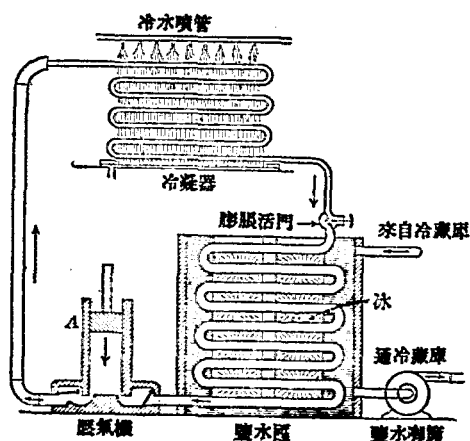


圖 164. 製冰機圖解

**265. 【液態氮和發冷】** 液態氮極廣用於製人造冰，及產生冷藏庫中所需低溫度之用。氮的此項用途，係利用下列事實，即氮在常溫時加以壓力，極易液化，當壓力除去以後，氮液就很快地蒸發，而從四周吸收了大量的熱。



圖 164 表示怎樣應用這原理以製冰。氮氣為唧筒 A 壓縮而通過冷凝器，壓縮所生的熱，在這裏為流水所除去。當氮離此旋管 (coils) 時，已在室溫及充分壓力下化為液體。液體氮流經一與長旋管相連接的膨脹活門。此種旋管以粗管製成，其中的壓力與大氣壓力相等。液體氮就在這裏蒸發 (因壓力已減少)，而吸收四周鹽水浴中的熱。此後氮氣再回入唧筒，而起循環的變化，鹽水的溫度，因此得降至約  $-15^{\circ}\text{C}$ 。鹽水為食鹽或氯化鈣 ( $\text{CaCl}_2$ ) 的水溶液，在  $-15^{\circ}\text{C}$  時，還不致於凝固。若將純水貯於適當的金屬容器，而浸入此鹽水中，則隔了 24 到 36 小時以後，就結成冰塊 (圖 165)。一種普通的‘無冰’發冷機，也依據同樣的原理而造成，不過常用二氧化硫或其他的發冷劑來代替氮氣罷了。



圖 165. 提取人造冰塊

若是為了冷藏起見，要使室內保持着低溫，可在室中裝置一圈旋管，而以唧筒使鹽水在此項管中循環流動。流回的鹽水通入裝有氮旋管的匣 (tank) 中，使之重行冷卻。用此法，可使室溫保持極低，肉類及其他食品放在此室中，可保持到很長的時間，因為在這樣的低溫 ( $35^{\circ}\text{F}$ .) 之下，一切腐敗作用實際上都已停止了。

在許多大都市中，所有冰的供給，都用上述的氮法製冰機來生產。同樣，用氮發冷機來冷卻的冷藏庫，亦遍設於交通便利的地方，以保藏大量的食物。此外尚有許多旅館、公寓及俱樂部等，也有著小型的氮發冷設備。

‘冷凍食品’(frosted foods) 近來已可在許多地方購得。此種食品係用商業上所謂的‘速凍法’(quick freezing)製成。其中的一個方法,是把要冷凍的食品,如魚、肉、蔬、果等,放在金屬板之間。然後藉氮的直接膨脹而使此種金屬板冷卻到 $-25^{\circ}\text{F}$ .的光景。如果食品的包裝厚 2 英寸,使之完全凍結,約須 90 秒鐘。但如成爲條狀或片狀的魚肉等,外無包裝,則在 5 至 10 秒鐘即可凍結。在作業時,將食品裝入底板,由水壓機的活塞將底板上舉,直至其所載食品與上一層的金屬板相遇爲止,如是繼續進行,直至所有的金屬板都已上舉,而所載食品的兩邊,都與發冷板相接觸爲止(圖 166)。

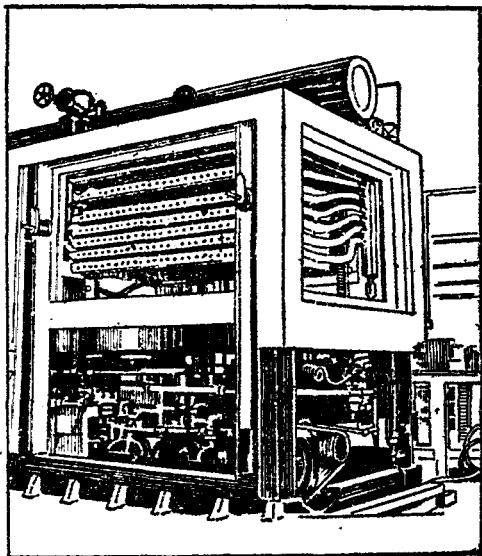
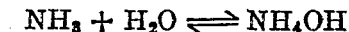


圖 166: 製造冷凍食品機

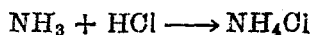
266. 【氫氧化銨】當氨溶解於水中時,我們所得到的不但是氨氣的水溶液,而且是具有鹼性的新化合物。牠使紅色石蕊紙變藍色;觸之有肥皂似的滑膩感覺;能中和酸類而生成鹽類。由此可以想見,必有一部分氨氣與水作化學的結合。這事實可以下列方程式表示之:



反應的生成物稱爲氫氧化銨(ammonium hydroxid)。這溶液再加熱時,氫氧化銨又分解爲氨與水,所以上列方程式用可逆反應來表出。

氫氧化鉍的飽和溶液，較水為輕（比重 0.88），在室溫時約含重 36% 的  $\text{NH}_3$ 。氫氧化鉍被視為弱鹼，因其分子只有 1% 能夠離解。然而牠的用作清淨劑，卻全賴牠的鹼性，使之溶解油脂，以清除污垢。

267. 【鉍鹽】 鉍與氯化氫在常溫時能結合而產生一種白色結晶形的固體，稱為氯化鉍 ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ):



這反應可用下法表示之：取二藥瓶：一盛濃氨溶液，一盛濃鹽酸。當兩瓶的瓶塞互相移近時，就出現一種由氯化鉍微粒所造成的白霧（圖 167）。引起這種反應的，就是從水溶液中逸出的氨氣和氯化氫氣。

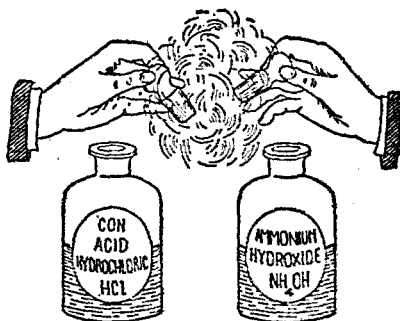


圖 167. 氯化氫與鉍結合

氫氧化鉍為鹽酸中和後，若將其溶液蒸發至乾燥時，即得一種白色的固體。這物質

與由氣態鉍和氯化氫氣相結合而產生的物質相同。這自然就是氯化鉍，也就是鹼砂 (sal ammoniac):



游離狀態的鉍根 (ammonium radical,  $\text{NH}_4$ )，我們雖然從未製得，但鉍鹽卻很多。在所有的鉍化合物中，這個  $\text{NH}_4$  原子團的作用，極似一價金屬，如鉀或鈉。

鉍和鐵不可相混。鉍是指氣體  $\text{NH}_3$ ；鉍是指原子團  $\text{NH}_4$ ，只存在於化合物中。

氯化氮受熱，即行昇華 (sublimes)；就是直接從固體變成蒸氣。蒸氣遇冷又能直接凝成固體，這固體稱爲昇華物 (sublimate)。

銨鹽放在乾燥的試管中加熱時，就起分解，大部分生成氮及一種酸。例如，



注意，在上述情形中，其所生的兩種產品都極易揮發。但一經冷卻，牠們就再結合成固體的氯化銨。在這裏我們又得可逆反應之一例。

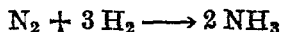
若欲從銨鹽中放出氮，只須將任何銨化合物與鹼類(如消石灰或氫氧化鈉)共熱，以中和其所生之酸，即可得到具有特臭的游離氮。這個方法可以當作銨鹽的一種檢驗法。

**268. 【氮的用途】** 上面已經說過，液態氮用以製冰及供冷藏庫之用，都裝在強固的鋼筒中而運銷。大量的液態氮，應用於新式的製硝酸法 (§ 279) 中。氮的水溶液氨水 (aqua ammonia)，在家庭中及工業上用爲清淨劑。硫酸銨 [ammonium sulfate,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ] 俗稱‘肥田粉’，因爲牠含有大量的氮，並且與一切銨鹽相似，易溶於水，故爲一種極有價值的肥料。硝砂 (即氯化銨,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) 大量地應用於某幾種電池的製造中。硝酸銨 (ammonium nitrate,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) 可用以製炸藥，因爲牠極易分解，並且沒有固體的生成物殘留下來。

**269. 【氮的製造】** 在從前，氮完全從煤的破壞蒸餾 (§ 210) 所得的液體副產品中提煉而得。現在卻用合成法製造，即以元素直接化合而成，故產量大增。這樣製成的氮，可供上述的各種用途，尤其是用以製硝酸及硝酸鹽 (§ 279)。我國製氮工業，正在萌芽，1934年

1月,天利淡氣製品廠成立於上海,其出品有氨液、硝酸、氯化銨等。同年七月,天津永利化學工業公司,亦在江蘇六合縣卸甲甸地方增設銨廠,規模極大,其主要出品為肥田粉(即硫酸銨)及硝酸、硫酸等。\*

270. 【氮的固定】 固定 (fixation) 這個名詞應用於氮,意為將空氣中的氮,變為商業上應用的化合物。很久以前就知道,若使電花通過氮和氫的混合物,就可從這兩種元素合成微量的氮:



現在已有兩種方法,可以工業的基礎使這兩種氣體化合為氨。這兩種方法,都用氮和氫的混合物於高壓下加熱到約 500° C.,然後使之通過特製的細鐵粉之上,利用鐵粉的催化作用,以化合成氨。在

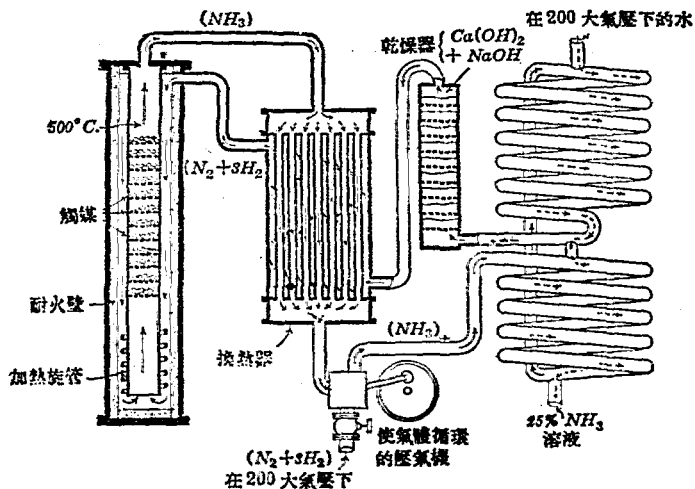


圖 168 A. 哈柏法合成氮的圖解

\* 該廠先用改良的哈柏法合成氮,再使氮與硫酸作用而成硫酸銨,與氮化合而成硝

原來的哈柏法 (Haber process) 中，應用 200 大氣壓的壓力，只有少量的氣體化合成氨。這少量的氨，或使為水所吸收，或用液化法以提取之，其剩餘的氣體混合物，可再令通過鐵粉觸媒，而使其重行化合(圖 168 A)。這個方法現經改良，所用壓力增加到 1000 大氣壓。更有效的觸媒也已找到，因此化合的氣體已達 50% 以上。其法，令氣體通過一組反應室，各反應室中所生成的氨，於氣體未通入其次的反應室之前，即加以冷卻，使化為液體而提取之。

所需的氫和氮，通常都得自水煤氣及發生爐煤氣。水煤氣的主要成分為氫及一氧化碳，係使蒸汽作用於紅熱的焦炭而得；發生爐煤氣的主要成分為氮及一氧化碳，係使空氣作用於熱煤而得。欲除去此種氣體中的一氧化碳，可混以蒸汽，通過灼熱的觸媒上，使一氧化碳與水起如下的反應：

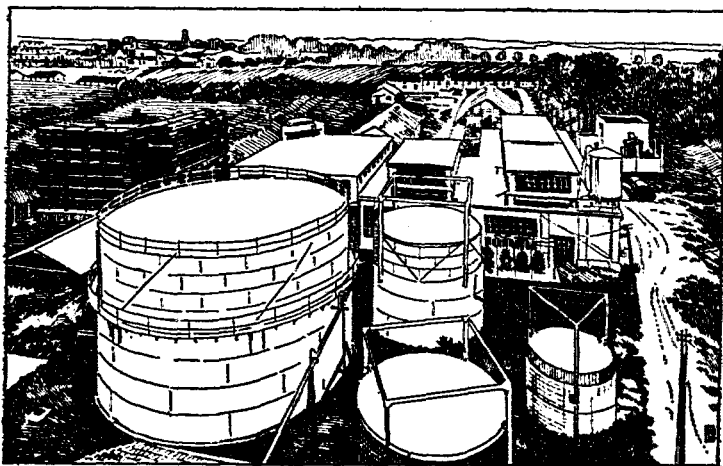
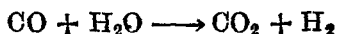
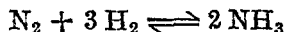


圖 168 B. 天利淡氣製品廠氮廠全景



結果所得的氣體中含有氮(原來存在於空氣中)、氫及二氧化碳。其中的二氧化碳,可在高壓下使混合氣體通過水洗而除去之。我國永利鉍廠的製氫,就用這個方法。天利淡氣製品廠(圖 168 B)則藉電解水以製氫,再令氫氣與空氣混合燃燒,使空氣中的氧與氫化合成水而除去,即得氫與氮的混合氣體。

271. 【可逆反應】\* 從元素製氫,是可逆反應的又一例子:



這樣的反應,我們已經碰到過許多了。當狀況改變時,牠們就會‘向後’。水溶液中碳酸 (§ 218) 和氫氧化鉍 (§ 266) 的生成,就是兩個可逆反應的例子。而氯化鉍蒸氣的離解 (§ 267),也是一例。

272. 【動平衡】 我們當還記得,當氫與氮的混合物在高壓下加熱到  $500^\circ\text{C}$ ., 而使與細鐵粉接觸時,就產生少量的氫,而且只有這少量的氫 (§ 270)。若用純粹的氫,使於同樣的裝置中保持同樣的溫度及同樣的壓力,就見其差不多全體分解成氮和氫,但有少量的氫依舊不起變化。所以在我們的密閉裝置中,無論最初用的是氮和氫或純粹的氫,其最後的狀態,結果總是一樣。這是什麼緣故呢?

假使我們能夠把密閉反應箱中的混合氣體,從混合開始時起,繼續不斷地加以分析,就會發現,若最初用的是氮和氫,則在初時,氫的量增加極快;其後增加漸緩,最後反應顯然停止,而只生成少量的氫。我們無論等候多久,總不會再見氫量的增加。這是很明白的,不是反

\* 本章以下各節,如認為適當,不妨移後教授。

應已真正停止，就是已達平衡狀態。第一個可能的解釋，似乎沒有多大的理由。爲什麼反應到了某一點，其分子就停止作用了呢？這樣的一種狀況，是極難想像的；並且氮分子爲什麼不先不後在這同樣的一點上停止分解，也很難解釋。

但是倘使我們放棄化學作用停止的觀念，而設想氮的生成與分解在同時進行，並且兩反應以同速度前進，那末這個謎樣的情形，就可得到一個完全滿意的解釋了。這樣的狀態，稱爲動平衡 (kinetic equilibrium)。因爲就反應分子的立場而論，這並不是一個靜止狀態。這樣的混合物稱爲平衡混合物 (equilibrium mixture)，其組成是固定的，因爲我們所考察到的只是分子的總數，而並不是個別分子；若就個別分子說，則在繼續不斷地化合成氮，並繼續不斷地分解爲元素。

273. 【觸媒的效應】 氮與氫的混合氣體可耐  $500^{\circ}\text{C}$ . 的高熱而不變爲氮；氮在同樣溫度，也不起分解。然而這兩種體系都屬準穩定 (metastable)，即極易變化的穩定狀態。因爲我們若加入適當的觸媒，就有小部分的元素立即化合；如果最初用的是氮，那末就有小部分的氮立即分解。這兩種反應，在觸媒未加入前，簡直慢得看不出來，但是一經加入，就能使牠們的速度增加，在短時間內達到平衡的狀態。觸媒能減少反應混合物到達平衡所需的時間，但是牠並不改變平衡混合物的百分組成。

274. 【溫度的效應】 平衡混合物的組成，通常隨溫度的不同而異。就氮的合成而論，溫度愈低，生成愈多。其他反應或與此相反。看了溫度對於氮的平衡的效應，我們勢必要問，爲什麼合成時



要用  $500^{\circ}$  這樣的高溫度呢？要回答這個問題，須記住這平衡狀態並非瞬息間就可達到，而是需要時間的。氮的生成與分解都以可計量的速度而進行。其速率視物質的濃度和溫度及觸媒的有無而定。用了一定的觸媒，則溫度愈高，平衡達到愈快。假使有一個製氮的人，須等待一年，纔能合成最多量的氮，那末他的產量雖達總數 80% 之多，仍不能稱為成功的方法。於是他只好應用最有效的觸媒和很高的溫度，以加速其作用。但是在他的心目中，總希望應用儘低的溫度，而仍能保持着很快的工作。理想的觸媒，當使之能在室溫或甚至在液態氮 ( $\text{NH}_3$ ) 的沸點時仍能很快地進行，可是實際上至今還沒有發見過這樣的觸媒。現在找得的最好的觸媒，可使氮氫兩氣在  $500^{\circ}\text{C}$ . 或以上的溫度時就起很快的反應。在目前，化學家只好以此為滿足了。

**275. 【影響反應速率的因素】** 溫度的昇高對於化學作用速度的一般影響，上面已經指出了一個重要的例子。這影響通常是極大的，所以我們在實驗室裏要使反應‘進行’，時常採用加熱的方法。通常溫度昇高  $10^{\circ}\text{C}$ ., 就可使反應速度約增一倍。

例如，在一張柯達克顯影區的說明書上說，顯影液在  $70^{\circ}\text{F}$ . 時，軟片顯影所需的時間為 15 分鐘；在  $65^{\circ}\text{F}$ . 時，為 20 分鐘；在  $60^{\circ}\text{F}$ . 時，為 25 分鐘；在  $55^{\circ}\text{F}$ . 時，為 30 分鐘。蓋即顯影液的溫度昇華氏 15 度 (即攝氏  $8.3^{\circ}$ )，可使工作加快一倍。

增進化學作用的速度的另一方法，是於一定容積內加多某一反應物質之量。我們前曾述及 (§30)，木炭與其他物料在純氧中燃燒，較在空氣 (為氮所稀釋的氧) 中為快。在汽船中，燃煤時用壓力打入

空氣，以加快氧的供給；也就是隨時增加氧的有效量。在一定容積內的某物質之量，稱為濃度 (concentration)。因此我們可以說，化學作用的速度，視反應物質的濃度而定。增加濃度，就所以增進速率。

273. 【分子濃度定律】 在實際的化學作業中，我們往往要使反應向一個方向繼續進行，以求儘可能得到最多量的產品。有時於可逆反應中增加反應物質的濃度，或減少生成物的濃度，就能做到這個地步。在平衡混合物中，物質濃度關係的數學的敘述，有時稱為質量作用定律 (law of mass action)。關於這個重要原理的詳細敘述，雖然超出了初等化學的範圍，但是關於牠的用途的一二實例，卻不妨一述。

如果我們煮沸氫氧化銨的溶液 (§266)，就有氨氣逸出，而同時更有一部分的氫氧化銨分解為水和氨。結果，所有的氫氧化銨會完全變成水和氨氣，而此氨氣即自溶液中逸出。碳酸的溶液經煮沸後，其結果也與氫氧化銨溶液相同。所謂分子濃度定律，即質量作用定律的別稱，尙有其他實例，已經在前第十三章中述及離子反應時討論過了。

## 第二十章摘要

【氨】 氨 ( $\text{NH}_3$ ) 為無色而有刺激性臭的氣體，重量約為空氣的一半，極易溶解於水中。在常溫時，容易液化。

在自然界中，氨由於動植物質的腐敗而生。在實驗室中，通常係加熱氨水或氯化銨與氫氧化鈣的混合物而製得之。在商業上，氨為煤經破壞蒸餾所得的一種副產品；又可用哈柏法使氮與氫直接合成。

【的化學行爲】氮能還原氧化銅爲銅，而生成水與氮；與灼熱的鎂起反應，生成氮化鎂及氫；與氯化氫化合，生成氯化銨。

【氮的水溶液】 氮的水溶液呈鹼性，含有氫氧化銨的  $\text{NH}_4$  及  $\text{OH}$  根。

【銨鹽】 銨鹽可以酸類中和氫氧化銨而製得。

【氮的用途】 氮用以發冷及作清淨劑（水溶液），又爲製銨化合物的原料，並用以製造硝酸。

【氮的固定】 所謂氮的固定，意爲從空氣中的游離氮製造氮化合物的方法。

【化學平衡】 可逆反應達於平衡狀況時，兩個相反的反應以同樣的速率進行，而其混合物的百分組成，保持不變。

【觸媒對於化學平衡的效應】 觸媒可以減少反應混合物到達平衡所需要的時間。

【影響反應速率的因素】 溫度升高可以增進化學反應的速率。增加反應物質的濃度，也可以增進反應的速率。

【分子濃度定律】 增加一反應物質的濃度或減少一生成物的濃度，可使反應向某方向更近於完成。這原理稱爲分子濃度定律。

## 問 題

1. 試述氮的實驗室製法兩種。寫出其方程式。
2. 試述商業上製氮的合成法。
3. 觸媒在商業的化學方法中，爲什麼應用頗廣？
4. 氮和銨的分別是什麼？
5. 怎樣使氮氣乾燥？

6. 乾燥的銨對於乾燥的石蕊試紙,有什麼作用? 為什麼?
7. 加水入氮化鎂 ( $Mg_3N_2$ ) 時,就可聞得有刺激性的氮臭。試寫出這個反應的方程式。

8. 試就集取氮的方法,與上一章中集取氯化銨的方法相比較。
9. 由氮的真象實驗,可表示氣體的什麼性質?
10. 試述近代製冰機的主要部分。
11. 試就家用電力發冷機(俗稱電氣冰箱)與商業的發冷廠(即冷藏庫)相比較。
12. 在發冷機中為什麼不用氮來代氨?
13. 怎樣證明氮氧化銨是一種鹼?
14. 怎樣檢驗鹽類中有銨根存在?
15. 指出在怎樣的狀況下,下列反應是可逆的?



16. 何謂可逆反應? 試在本章中找出四個實例。
17. 以盛濃氮氧化銨的瓶的瓶塞持近盛濃鹽酸的瓶的瓶塞,即發生‘白煙’。試解釋之。
18. 試以離子方程式表示氮氧化銨為 (a) 硫酸, (b) 硝酸, (c) 鹽酸所中和。
19. 怎樣以實驗證明 (a) 氮中含有氮; (b) 氮中含有銨?
20. 稱氨的水溶液為‘含水氮’或‘液態氮’,何以是不準確的?

\* \* \*

21. 家用氮 ( $NH_4OH$ ) 有時稱為揮發鹼。為什麼?
22. 液態氮與氨水有何不同?
23. 液態氮是否為鹼? 液態氯化銨是否為酸?
24. 氮在人造冰製造中有何應用?
25. 發冷廠中所用的化學物質,除氮以外,試再舉示若干種。這些物質的共通性質是什麼?
26. 加熱於 (a) 氮氧化銨; (b) 亞硝酸銨; (c) 氯化銨,各有何種影響?
27. 氮的固定何以為非常重要的化學方法?
28. 何謂動平衡?
29. 試述分子濃度定律,並說明其應用於哈柏法後,如何使之更見成效?
30. 試列舉哈柏法中下列各項事實: (a) 所用的原料; (b) 所保持的溫度; (c) 所用的壓力; (d) 觸媒; (e) 產量的百分數。在改良的哈柏法中,有何改變?

## 進修研究題

【無冰發冷】 如果可能，參觀一冷藏庫，或人造冰廠。這個發冷法所必需的主要物質是什麼？試研究家用發冷機（電氣冰箱）。用溫度計測量家用發冷機中的溫度。冷藏庫中的溫度是多少？冰淇淋凝結器中的溫度是多少？無冰發冷機所根據的原理是什麼？（*Cressy's Discoveries and Inventions*, Vol. 2; 沈鼎三著夏天裏的冬天，載民國二十六年六月號中學生雜誌。）

## 第二十一章

### 硝酸和氮的固定

硝石——硝酸，製法及性質——氧化劑——水溶液——與金屬的作用  
——硝酸鹽—— $\text{NO}_3$  根的檢驗——用途  
氮的氧化物——氧化氮——二氧化氮——氧化亞氮。  
氮的固定——直接合成氨法、氰氨基鹽法、及直接氧化法——炸藥——氮  
在自然界中的循環——用作肥料的氮化合物。

277. 【氮的固定問題】 硝酸和硝酸鹽，為製造炸藥和肥料的必需品，在我們的近代生活上占着很重要的地位。硝酸和硝酸鹽的主要來源，以前為產於智利的硝酸鈉礦床。不過這一項的供給，非但很快地瀕於竭竭，而且一旦遇戰爭等的事變發生，隨時有被封鎖切斷，而與世界的其他各處相隔絕的危險。然而大氣中含有巨量的氮，從這氮現今已能合成硝酸及其衍生物 (derivatives)。事實上，對於這件事情，曾經發明過好許多成功的商業的方法，統稱為氮的固定法 (fixation of nitrogen)。在第二十章中，我們已經說到過合成氨法，在本章中，我們再要把曾經在商業上應用的其他方法來討論一下。

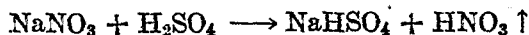
278. 【兩種天然硝石】 硝石 (saltpeter) 或稱為硝 (niter)，大家都知道牠是火藥的一成分，並且用為肉類的防腐劑。在從前，硝石得之於亞洲的某種乾旱區域，在那裏，由動物質腐敗時分解所生的

物質與鉀灰 (potash) 起作用而生成硝酸鉀 ( $\text{KNO}_3$ )。另有一種相似的化合物，稱為智利硝石 (Chile saltpeter,  $\text{NaNO}_3$ )，產於智利和祕魯的大礦牀中。這種天然硝石的原礦 'caliche'，含有 17% 到 50% 的硝酸鈉。

遠在九世紀時，人們已知從硝石製硝酸 (nitric acid,  $\text{HNO}_3$ ) 的方法。他們所用的方法，與我們現在所用的大致相似，因其生成的酸，具有極大的化學活潑性，故稱之為 '強水' (aqua fortis)。

**279. 【硝酸的製造】** 普通製硝酸的方法，與製鹽酸的方法極相類似；即以濃硫酸作用於硝酸鹽。硝酸鈉為硝酸鹽中價值最廉，產量最豐的一種，所以就用硝酸鈉與濃硫酸相混合，置於甌中加熱而製取之。在實驗室

中，都用玻璃製的曲頸甌，但在商業上製造硝酸，則用鐵甌 (圖 169)。硝酸比硫酸更易揮發，故可將其蒸出，而於適當的裝置中使其冷凝。甌中所殘留的物質為硫酸氫鈉：



在近年來，曾有大量的硝酸，用氮的氧化法製造。此法由德國化學家奧斯特華德 (Wilhelm Ostwald) 所手創，係利用某種觸媒如鉑，加熱氮和空氣的混合物而製取之：

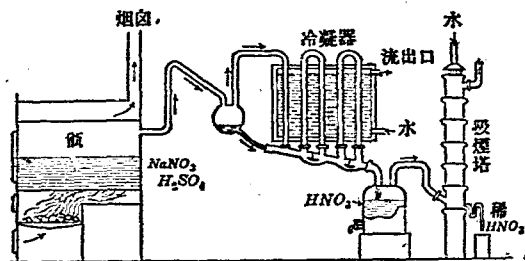
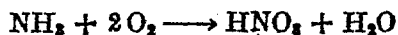


圖 169. 商業上製硝酸法的圖解

這操作在相對的低溫度下進行，故需能極少(圖 170 A)。 天利淡氣製

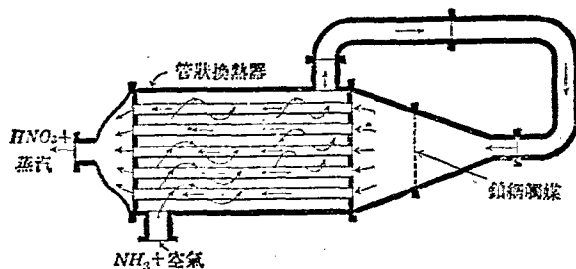


圖 170 A. 奧斯特華德氨的氧化法圖解

品廠(圖 170 B)和永利鉍廠都用這個方法來製造硝酸。 其所需的氨，通常用合成法製得(§ 270)，而所生的硝酸又都用以製硝酸鹽 (§ 284)。

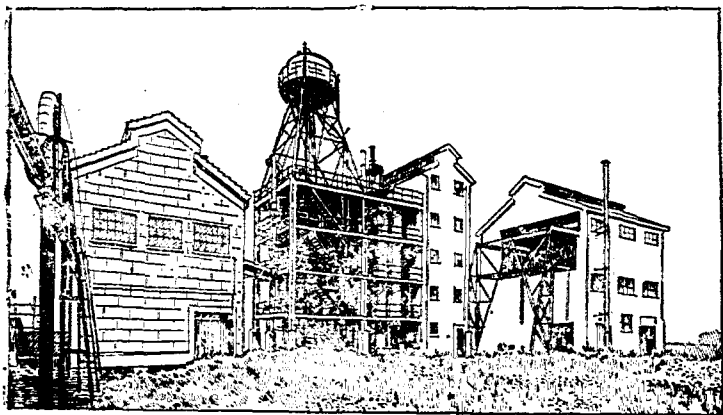


圖 170 B. 天利淡氣製品廠硝酸廠全景

283. 【物理性質和化學性質】 純硝酸為無色的液體，沸點為  $86^{\circ}\text{C}$ ，暴露在溼空氣中，就猛烈地發生烟霧。 與水可以任何比例相混合，從市上購得的濃硝酸約含 68% 的純酸，餘均為水。 這樣的混



合物，其密度為每立方釐米 1.4 克，沸點為  $120^{\circ}\text{C}$ 。硝酸有極強的腐蝕性，如果皮膚上灑着了幾滴，就會引起灼傷。硝酸在水溶液中極易離解為  $\text{H}^+$  及  $\text{NO}_3^-$  離子，為三種普通強酸之一；就是稀酸，也會使衣服與皮膚轉成黃色。

硝酸極易分解成水、二氧化氮 ( $\text{NO}_2$ ) 及氧。只須把硝酸長時間暴露在日光中，就會起上述的分解作用。因此實驗室中所用的硝酸常帶黃綠色。硝酸若經強熱，則分解極快：



二氧化氮為紅棕色的氣體，能溶於水中；當其溶於硝酸中以後，就使硝酸呈黃色。若有多量的二氧化氮氣溶解在硝酸中，結果就成所謂發煙硝酸 (fuming nitric acid)。

要表示硝酸的分解，可取一泥煙斗，裝置如圖 171，使煙斗的柄的一端沒入水中。待煙斗柄燒到紅熱後，就用幾滴濃硝酸注入煙斗中。當硝酸自煙斗柄中下流時，就分解為水、氧及二氧化氮。二氧化氮能溶於水，所以只有氧被補集了起來。當氣泡最初在水面上出現時，為二氧化氮特性的紅棕色，分明可見。

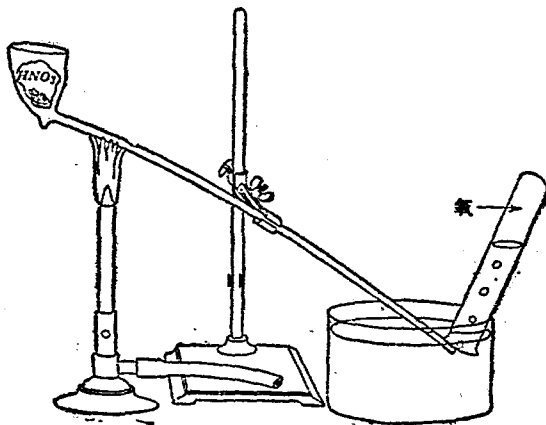


圖 171. 硝酸因加熱而分解

281. 【氧化作用】 因為硝酸極易分解而放出氧，所以是很好

的氧化劑。普通的稀硝酸作為氧化劑而分解時，其方程式如下：



在這裏，我們因為要指出所生的氧為其他物質所奪取，而並不是自己游離地放出，所以在牠的符號外加上一個方括號。

要表示硝酸的氧化作用，可取少量鋸木屑，放在坩堝或瓷蒸發皿中徐徐加熱（圖 172），而用兩三滴濃硝酸灑在焦木屑上，就見焦木屑立即着火，這就由於得到硝酸中的氧的緣故。

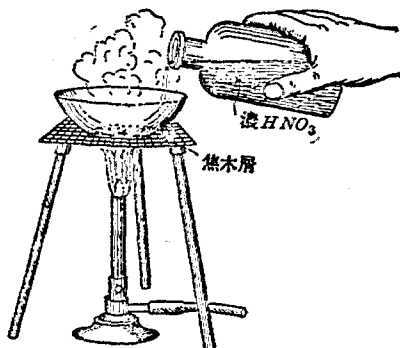
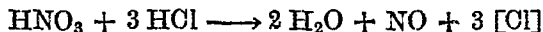


圖 172. 碳為硝酸所氧化

282. 【王水】 硝酸能氧化鹽酸為水與游離的氯：

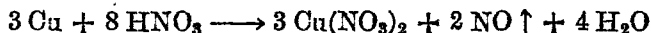


因此理由，一分濃硝酸與三分濃鹽酸的混合物能徐徐地發生氯，這氯在剛放出的時候，極為活潑。這種酸類的混合物，叫做王水 (aqua regia)，能夠溶解金和鉑。我們把剛從化合物中放出的元素，稱為在初生態 (nascent state) 中。大部分的元素，在初生態時總比在游離態時更為活潑。要表示元素在初生態中，可在該元素的符號外面，加一個方括號。又，一種初生態元素的分子狀況，我們還沒有知道，所以把牠寫成單原子的式。

283. 【硝酸對金屬的作用】 硝酸對金屬的作用，與大多數的酸類不同。即使用稀硝酸與金屬作用，實際上也決不會產生游離的氫。理由是這樣，在起初，大概確有氫發生，但是這氫立即為硝酸所

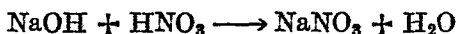
氧化而成爲水，同時硝酸被還原爲氮的氧化物。這反應的確實產物，須視酸的濃度、所用的金屬及反應所在的狀況而異。有時氮的氧化物更會被還原爲氨。

稀硝酸與銅的作用，是一種模式的反應。這反應的產物爲硝酸銅、水及氧化氮：

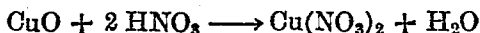


這方程式的平衡比較困難，最好把牠熟記。

284. 【硝酸鹽】 硝酸是一鹼酸，當其爲鹼類所中和時，生成的鹽類，叫做硝酸鹽 (nitrates)：



硝酸除了能溶解金和鉑以外的所有金屬外，還能溶解許多的金屬氧化物，如氧化銅，而生成相當的硝酸鹽及水：

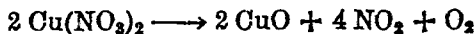


硝酸能作用於如碳酸鹽等的鹽類，而發生揮發性的產物：

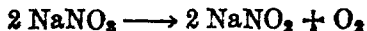


硝酸鹽都不能以沈澱法製得，因爲所有金屬的硝酸鹽都能溶解於水。所以當我們要用到含有某金屬鹽的水溶液時，就往往用該金屬的硝酸鹽。

就一般說，硝酸鹽爲不穩定的化合物。當硝酸鹽加熱後，大都分解爲金屬氧化物、二氧化氮及氧：



但是硝酸鉀與硝酸鈉分解後，卻生成氧與亞硝酸鹽 (nitrites)：



**硝酸鹽的檢驗** 於硝酸鹽中注入濃硫酸，然後使與銅共熱，即易辨認。因所生的硝酸與銅作用後，就現紅棕色的蒸氣。

欲檢查微量的  $\text{NO}_3^-$  根，可在試的溶液中加入硫酸亞鐵 ( $\text{FeSO}_4$ ) 溶液少許，然後再徐徐注入濃硫酸，使在混合溶液之下，自成一層。如果在較重的濃硫酸液面上發現有暗棕色的環，就表示有  $\text{NO}_3^-$  根存在。這深色化合物的組成，現尚未十分明白，大約為  $\text{Fe}(\text{NO})^{++}$  離子。這檢驗法雖很靈敏，在手術上卻需要一點技巧。

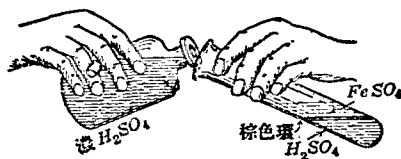


圖 173. 溶液中硝酸鹽的檢驗

**285. 【重要用途】** 硝酸在許多有機化合物的製造上，用途極大。這種化合物或用作炸藥，或為製造染料的中間物質。硝酸又用為清淨劑及用以溶解某種金屬，如照相軟片製造上所用之銀等。硝酸鹽則大量用作肥料。（參看附錄中的工業圖解。）

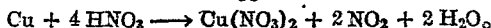
## 問 題

1. 智利硝石的礦狀，為什麼非常貴重？
2. 我國所需的氮化合物，以前都靠外國供給，為什麼不久可有自給的希望？
3. 在實驗室中製備硝酸，必需加熱，但製備二氧化碳，卻為什麼不需加熱？
4. 試述硝酸的三種重要性質。
5. 列表示硝酸的較重要的用途。
6. 何種酸為金屬的最佳的溶劑？為什麼？
7. 舉示三種能溶於硝酸而不能溶於鹽酸的金屬。
8. 何謂王水？
9. 由硝酸所生的鹽類，總稱什麼？
10. 硝酸鹽的較重要的化學性質是什麼？
11. 硝酸鹽的溶解度的通則若何？
12. 寫出利用觸媒使氮氧化成硝酸的方程式。
13. 試述硝酸鹽的棕環檢驗法（硝酸根的檢驗法）。此外還有何種檢驗法可以鑒別硝酸鹽？

14. 從氨和空氣的混合物，如何製得硝酸？  
 15. 鋅加入硝酸中，為什麼不發生氫？

\* \* \*

16. 硝酸鈉雖易溶於水，但在智利的西海岸卻有大量蘊藏。試解釋之。  
 17. 製造硝酸，何以都用硝酸鈉而不用硝酸鉀？  
 18. 濃硝酸約含 30% 的水，濃硫酸約含 6% 的水。為什麼硝酸中含有這許多的水？  
 19. 某定量的銅溶於硝酸中。若所用的硝酸為稀溶液，問其所需硝酸之量，較之用濃溶液為多還是少？並解釋其理由。銅對濃硝酸作用的方程式，可寫作：



上兩例中所生硝酸銅之量，比較若何？從反應後殘餘的溶液中，怎樣收回純粹的硝酸銅晶體？

20. 濃硝酸在實驗室架上放置多時，就呈黃色，是何緣故？怎樣能除去這顏色？  
 21. 濃鹽酸與濃硝酸都不能溶解金和鉑，何以王水能溶解之？  
 22. 試解釋金和鉑溶解於王水中，怎樣生成氯化物。  
 23. 試以化學方程式表示下列硝酸鹽加熱後所起的變化：  
 (a)  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ; (b)  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ ; (c)  $\text{KNO}_3$ ; (d)  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ; (e)  $\text{HNO}_3$ .

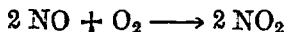
## 氮的氧化物

286. 【氮的氧化物】 已知的氮的氧化物有五種；只有三種是重要的，即：氧化亞氮 (nitrous oxide,  $\text{N}_2\text{O}$ )，氧化氮 (nitric oxide,  $\text{NO}$ )，及二氧化氮 (nitrogen dioxide,  $\text{NO}_2$ )。三氧化二氮 (nitrogen trioxide,  $\text{N}_2\text{O}_3$ ) 和五氧化二氮 (nitrogen pentoxide,  $\text{N}_2\text{O}_5$ ) 都是不穩定的物質，無關重要。

287. 【氧化氮】 氧化氮 ( $\text{NO}$ ) 又稱一氧化氮，極易製備，可以稀硝酸作用於金屬銅而得。這反應的方程式，前已述及 (§ 283)，其

所用儀器與發生氫的裝置相同。 氧化氮為無色氣體，幾不溶於水。

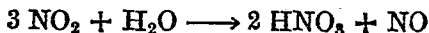
氧化氮的最重要的性質，是其與氧的結合能力，就是在尋常溫度，也能與氧化合而成二氧化氮 ( $\text{NO}_2$ ) 的紅棕色氣體：



283. 【二氧化氮】 上面已經說過，二氧化氮 ( $\text{NO}_2$ ) 氣體是由氧化氮與氧接觸後而生成的。此氣有不快的嗅味，吸之有毒。

我們可照上述的方法製取氧化氮，然後把牠在水面充滿一空瓶。再用水滴於過氧化鈉 ( $\text{Na}_2\text{O}_2$ ) 上，以發生氧，並使之通入盛氧化氮的玻璃瓶中。當每一氧氣泡昇入玻璃瓶中時，就與氧化氮結合而生成紅棕色的二氧化氮。但是這種顏色隨即消褪，同時有水昇入瓶中，這是由於二氧化氮與水發生反應的緣故。

二氧化氮的有趣性質，是牠對於水的作用，並由此而生成硝酸及氧化氮：



當二氧化氮冷卻時，就漸變成淡黃色，密度增加一倍。這種淡黃色氣體的分子式為  $\text{N}_2\text{O}_4$ ，稱為四氧化二氮 (nitrogen tetroxide)。在尋常溫度，這氣體是兩者的混合物；這關係用可逆反應來表示如下：

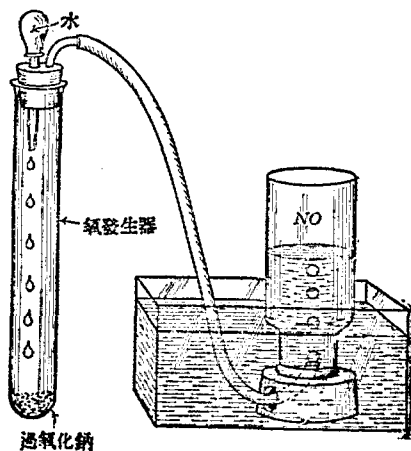
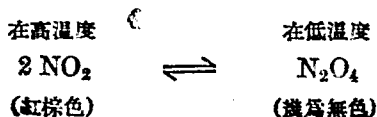


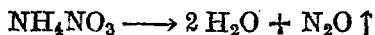
圖 174. 混合氧化氮與氧

任何化學反應的平衡狀況，視溫度而定，上述反應就是一個好例 (§ 274)。在每一溫度，這兩種氧化物的分量，都有一定的比。

二氧化氮在用鉛室法製硫酸時，可作為氧的運送者，這在以前已經說到過了 (§ 199)。

289. 【氧化亞氮】 氧化亞氮(N<sub>2</sub>O)又稱氧化二氮，就是牙醫生用以作麻醉劑的那種‘氣體’。這種氣體的麻醉劑使用最早，能令病人暫時不覺苦痛。因其有時能引起一種神經病，驟發狂笑，所以又稱‘笑氣’(laughing gas)。

氧化亞氮極易由加熱硝酸銨而製得之。硝酸銨分解時即生成水與氧化亞氮：



其所用的儀器可裝置如圖 175。所加的熱必須小心地調節，否則會發生爆炸。硝酸銨最初熔融，其次即發泡而起分解。其中產品之一是蒸汽，可冷凝於集氣瓶中；另一種為氧化亞氮，在溫水中不易溶解，故可於溫水上捕集之。

氧化亞氮為無色的氣體，略有甜味。牠能幫助

燃燒，其作用幾乎與氧相同。然而牠並不像氧那樣地能和氧化氮結

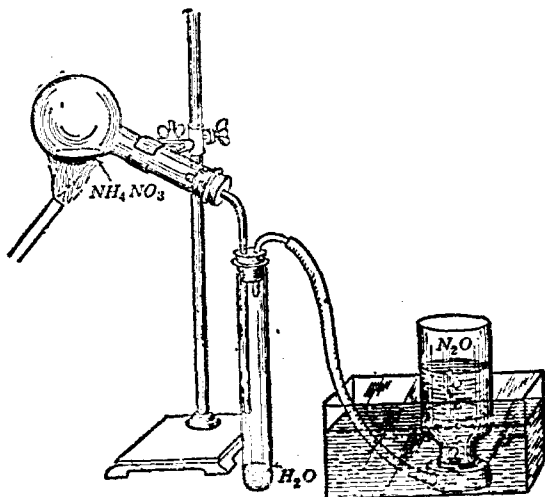


圖 175. 實驗室中製氧化亞氮

合而生成棕色的二氧化氮。牠不能幫助硫的燃燒，但當硫正在猛烈燃燒時，則也有助燃的作用。氧化亞氮容易液化，裝在鋼筒中出售的就用這種液體。在小手術上使用時，通常都與氧氣相混和，使不致全部杜絕病人所需的氧氣。

## 氮的固定\*

290. 【直接合成氮法】從元素直接合成氮的方法，我們已經討論過了 (§ 270)。在現今，這是一個最重要的方法。這氮可以轉變成銨鹽而用作肥料，或轉變成尿素 [urea,  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ]，而作為一種有價值的特種肥料。合成氮可以氧化為硝酸 (§ 279)，因此這方法最後又可製成硝酸鹽。

291. 【氰氨基鹽法】此外另有一種製氮方法，但不像前一法那樣的直接。用以發生乙炔的碳化鈣 ( $\text{CaC}_2$ )，經加熱後，就能與氮相化合 (圖 176)，而生成碳及一種化合物稱為氰氨基化鈣 (calcium cyanamide,  $\text{CaCN}_2$ ):

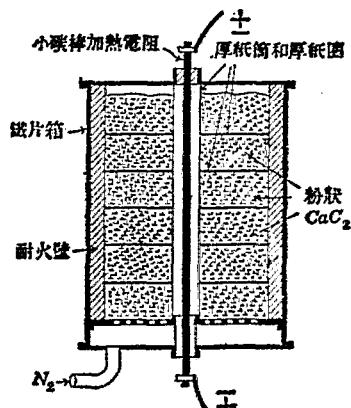
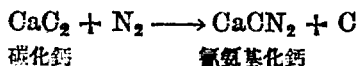
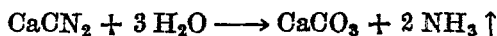


圖 176. 製氮氨基化鈣爐的圖解

\* 本章中的這一段，在較短的化學教程中，不妨略去。



當氰氨基化鈣 ( $\text{CaCN}_2$ ) 在壓力下以蒸汽處理時，即分解而生成碳酸鈣及氨：



292. 【新舊炸藥】 爆炸是一種極快的化學作用，在這作用中，有大量的熱氣體從所謂炸藥 (explosives) 的那種液體或固體的物料裏發生。作用愈快，所生的氣體愈多，爆炸亦愈猛。舊式的黑火藥 (black powder) 是木炭、硫及硝酸鉀的混合物，一經點火，就突然燃燒而放出大量的氣體。如這作用發生在槍膛等密閉的地方，就產生極強的膨脹力。近代的炸藥為含有氮及氧的碳化合物，由硝酸作用於多數不同的物質而成。牠們有一共通的性質，即一經點燃，或有其他炸藥在其附近爆炸，就很快地分解。這後一作用稱為起爆作用 (detonation)。當牠們分解時，發生巨量的高溫度的氣體。這種氣體能發生可怖的壓力，以完成爆炸所需的工作。

各種口徑槍砲中所用的無煙火藥 (smokeless powder)，其主要爆炸藥即由硝酸與棉花作用而得。棉是由碳、氫、氧所組成的一種化合物，稱為纖維素 (cellulose)；由硝酸作用於纖維素所成的一種化合物，則稱為硝化纖維素 (nitrocellulose)。硝化纖維素溶於某種溶劑中，會變為果凍狀物質，再經壓成短條狀或棒狀，乾燥後就成炸藥。牠在槍膛中，為起爆劑所點燃後，即行燃燒，於是所生的氣體就把子彈推出。三硝基甲苯 (trinitrotoluene, 簡稱 T. N. T.) 與苦味酸 (picric acid) 用為高級爆彈、地雷及水雷等中的炸藥。牠們係由硝酸分別作用於甲苯 (toluene) 及石碳酸 (carbolic acid) 而成。至於甲苯與石碳酸，則都是從煤焦油 (coal tar) 中製取的。三硝基甲苯

(T. N. T.) 與苦味酸的爆炸，必須由一種更銳敏的炸藥(起爆劑)在其中爆炸而引起，牠們的爆炸異常猛烈，可造成極大的破壞。高級炸藥較之普通的黑火藥，差不多要快一百倍。

硝化甘油(nitroglycerin)係使硝酸與甘油(glycerol,  $C_3H_5(OH)_3$ )相作用而得。這是一種極敏感的炸藥，很少單獨應用。如果把牠吸收在木屑或其他多孔性的物料中，並混以硝酸鈉，就成為猛炸藥(dynamite)。猛炸藥因過於猛烈，過於敏感，故不適於製砲彈或槍彈。一般都用以供轟炸、在地面開鑿大洞、以及在平時戰時作破壞工作之用。在近代農業上，猛炸藥廣用於炸除樹根(圖 177)、炸毀大石、開挖溝渠、以及供植樹時掘穴之用。近代的無煙火藥通常都兼含硝化纖維素和硝化甘油。



圖 177. 準備炸除樹根

一切的近代戰爭，都有賴於各種炸藥的大量應用，而各種炸藥的製造，則又仰給於硝酸。所以一個交戰國在智利硝石的供給被封鎖之後，若不設法從空氣中製取硝酸，就得預先有大量的硝石貯積在那裏。在世界大戰中，德人之所以能繼續作戰，就因為德化學家已經完成從空氣製取硝酸的方法了。

293. 【氮在自然界中的循環】 氮化合物為一切動植物的主要部分。這種天產的氮化合物，稱為蛋白質(proteins)，係由碳、氮、氧、氫四種元素所組成。植物從土壤中吸收了水、二氧化碳以及無機的硝酸鹽類以構成蛋白質。而動物體中的蛋白質，則完全從牠們所吃的植物或其他動物得來。在動植物排出的廢料中，原來蛋白質中所含的氮，已化合成多種不同的化合物了。這種化合物極易為土壤中的細菌所作用，而變成銨化合物。隨後銨化合物又為其他細菌所作用而氧化為硝酸鹽，再為植物所攝取(圖 178)。這樣，氮就經過植物動物及土壤而成一循環(cycle)。

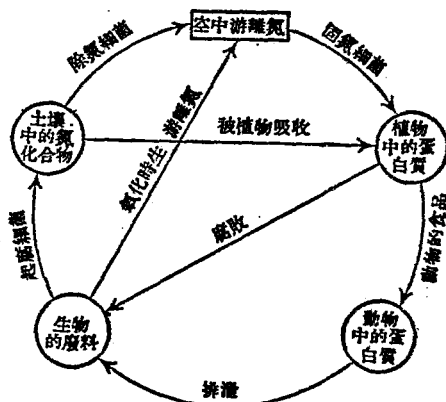


圖 178. 氮的循環

294. 【用作肥料的氮化合物】 不幸，有兩種因素足以破壞上述的循環。第一，有某種細菌能轉變土壤中一部分的硝酸鹽為游離的氮，而消失於空氣中。第二，由於近代文明的進步，凡動植物的廢

料，如排泄物和垃圾等，往往不再回入土壤，其中有大量的廢料被拋入河海，致永無利用的機會。因為上述理由，我們就得在土壤中加入某種可供植物吸收的氮化合物。若有生物的廢料如糞便等可以利用，當然可作很好的肥料；不過牠的供給，卻極為有限。

化學家所製的人造肥料，含有銨化合物及硝酸鹽。硝酸可由氮直接氧化而成，再轉成硝酸鈣，就可直接用作肥料。在有幾處地方，可直接用氰氨基化鈣為氮肥料。又從氰氨基化鈣或以直接合成法製成的氨，可以變成銨鹽；或再氧化為硝酸，而製成硝酸鹽。從大氣中製取可為植物利用的氮化合物這種問題，在經濟上的重要性，將來必日見增加。我國每年進口的肥田粉（硫酸銨），每年達千餘萬元，自1934年永利化學工業公司於江蘇六合縣的卸甲甸地方增設銨廠後，1936年即有國產的肥田粉應市，預計每年可產五萬餘噸，當抵國內需要的半數。不幸八一三戰事爆發，該廠即淪於戰區，致此有關於農事和國防的基本化學工業，纔得立住腳跟，即遭摧折，實不勝浩嘆。

有些植物，本身具有把空氣中的氮轉變為有用的化合物的能力。這工作係由植物根瘤中的某種細菌所造成，凡是豆科植物如豌豆、苜蓿等的根瘤中，都含有這種細菌（圖 79）。這種固氮細菌，近來已可從市上購得，而將其接種在行將種植的大豆或其他相類的植物上。這接種可以保證植物根上有固氮細菌成長，因之植物所需的氮肥料，就可由牠自己去直接製造了。

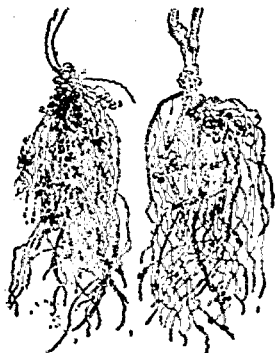


圖 179. 含有固氮細菌的根瘤

## 第二十一章摘要

【硝酸的製法】 硝酸可由加熱濃硫酸和硝酸鈉的混合物及利用觸媒使氮氣氧化而製取之。

【硝酸的性質】 硝酸為無色的液體，常與水相混合，市售的濃硝酸含有 32% 的水。硝酸極易分解，而生成氮的氧化物和氧，所以是一種強氧化劑。硝酸與鹽酸的混合物稱為王水；能發生初生氮。

【硝酸與金屬的作用】 硝酸和大多數的酸類不同，遇金屬極少生游離的氫。其產物通常為氮的氧化物；有時會生成氮。

【硝酸鹽】 硝酸鹽由硝酸作用於下列物質而得：

- (1) 除金和鉑以外的金屬；
- (2) 氧化物和氫氧化物；
- (3) 能生成揮發性產物的鹽類。

硝酸鹽類中以硝酸鈉和硝酸鉀為最重要。將硝酸鉀加熱，則成亞硝酸鈉。

【硝酸的用途】 硝酸可用以製炸藥、肥料、及染料。

【氧化氮】 氧化氮 (NO) 可以稀硝酸作用於金屬銅而得。

【二氧化氮】 氧化氮與氧接觸，就生成二氧化氮 ( $\text{NO}_2$ )。二氧化氮為紅棕色的氣體，有毒，能溶於水。二氧化氮冷卻後，就倍其分子而變成四氧化二氮 ( $\text{N}_2\text{O}_4$ )。

【氧化亞氮】 氧化亞氮 ( $\text{N}_2\text{O}$ ) 由加熱硝酸銨而得。能助燃，有麻醉性。

【氮的固定】 所謂氮的固定，意為從空中的游離氮以製取氮化

合物的方法。固定氮的商業方法，有直接合成氨法及氰氨基鹽法。

【炸藥】一切炸藥都可用硝酸製造。無煙火藥為硝化纖維素，係用棉花製成。爆彈和地雷等的爆炸藥為三硝基甲苯 (T. N. T.)，或苦味酸。猛炸藥為被多孔性物料所吸收的硝化甘油與硝酸鈉的混合物。

【氮肥料】硝酸鹽對於植物的成長，是不可缺少的物質。氮雖周行於動物、植物及土壤中而成一循環，但是這種循環往往為數種因素所破壞，所以必須用硝酸鹽來加入土壤以作為肥料。

### 問題和習題

1. 試述氧化亞氮的製法和性質。
  2. 在實驗室中怎樣區別氮和氧化亞氮？
  5. 銅溶解在稀硝酸中變成什麼？發生什麼氣體？怎樣證明銅所變成的東西？
  4. 在氮的氧化物中，那一種最為穩定？
  5. 在雷雨之後，為什麼空氣中常發現微量的氧化合物？
  6. 試述可以氮的化合物為例證的定律，並加以解釋。
  7. 何謂氮的固定？
  8. 試舉示固定大氣中氮的三種方法。我國現用何種方法？
  9. 苜蓿族植物，怎樣能使其生長的土壤變成肥沃？
  10. 炸藥利用了氮的那一種性質？
  11. 何謂炸藥的起爆？什麼物質用為起爆藥？
- \* \* \*
12. 為什麼氮的固定為一比較困難的方法？這事實與利用氮來製炸藥，有何關係？
  13. 氮的固定為我們近代生活上的重要問題。(a) 試舉示賴此而存在的兩大化學工業。(b) 這兩種工業產品的重要，由於氮的什麼性質或氮的什麼用途？
  14. 略述用氰氨基鹽法固定氮的各種步驟，並寫出每一步驟的反應方程式。
  15. 炸藥的膨脹力是從那裏來的？
  16. 為什麼硝酸在戰爭時候是絕對的必需品？硝酸怎樣主宰着一國和平的發展？

17. 用怎樣的化學檢驗法以區別氧化氮與氧化亞氮?
  18. 用怎樣的化學檢驗法以區別氧化氮與氮?
  19. 醚用作麻醉劑,較之氯化亞氮有可優點?
  20. 當英人初到美洲新英格蘭殖民時,印第安土人斯廣托 (Squanto) 曾教他們種植穀類的方法。他在種穀的每一穴中,放一尾魚。這是什麼緣故?
  21. 從式  $\text{NO}$ , 計算氧化氮的密度(每升克數)。
- \* \* \*
22. 使一升的氧化氮與空氣接觸而變成二氧化氮,需要多少升的空氣(約數)?
  23. 氫氮化鈣和硫酸銨都用為肥料,試比較其含氮的百分率。
  24. 使銅與稀硝酸作用而發生 1.12 升的氧化氮(標準狀況),求所需銅的重量。

## 進修研究題

【我國的氮的固定】 氮的固定法在現今有商業價值的是那幾種? 我國現用何種方法,從空氣製取氮化合物? 為什麼對於國家極關重要? (沙玉彥譯斯格孫著創造的化學,新亞版;汪仁鏡譯卡士曼著化學與文明,商務版;蔣拱辰編譯氮素固定工業概論,商務版;上海天利液氮製品廠開幕紀念冊;1937年文化建設月刊第三卷第四期卸卸甲甸永利銜廠。)

【炸藥】 為什麼硝酸與硫酸為製炸藥的基本原料? 另有何種原料為製造戰時用的炸藥所需要? 製造商業用的炸藥還需要何種原料? 無烟火藥、T. N. T.、雷酸汞、和猛炸藥的作用有何不同? 上列各種炸藥,各如何製造? 開礦及農業上需用何種炸藥? (最新工業化學大全第6冊,商務版;徐守植著火藥,商務版;民國二十五年中學生雜誌第62號鐘開榮譯爆發物之話。)

## 第十九章至第二十一章複習題

1. 下列各式錯在什麼地方: (a)  $\text{HeO}_2$ ; (b)  $\text{A}_2$ ; (c)  $\text{NO}_2\text{NH}_4$ ; (d)  $(\text{Ca})_2\text{Cl}_2$ ; (e)  $\text{Na}_2(\text{CO})_2$ ? 試改正重寫。
2. 何謂氨水、強水、王水及純水?
3. 舉示影響反應速度的三種因素。
4. 觸氫氧化何以有肥皂樣的滑膩感覺? 據離子化的學說,家用「氨」何以可用作清淨劑?

5. 比較製氧化亞氮與製化學的純氮的方法。試寫出各反應的方程式，並註明其相似點。
6. 設有失落標籤的硝酸、鹽酸、硫酸各一瓶，混雜在一處，將根據何項事實以區別之？
7. 氮與氧對人類生活都有相反的兩種關係，牠們同時是生命的保護者與毀滅者。試解釋這話的意義。〔根據斯洛孫(Slosson)的話。〕
8. 舉示四種以壓縮形態或液化形態而貯於金屬筒中出售的氣體。各氣體有何種商業用途？何種氣體須為壓縮形態？何種氣體須為液體形態？為什麼？
9. 怎樣用實驗證明極稀的硝酸作用於鋅會發生氮？
10. 以空氣和水為原料，利用電流及一切必需的儀器和裝置，試敘述並解釋製得硝酸鈹的各個步驟。
11. 以氮、氫、硫、氧等為原料，欲將其製成硫酸鈹，須經過何種化學步驟？試作各方程式。

\* \* \*

12. 硝酸鈉經強熱後，殘存何種固體產品？應用何種化學檢驗法以與原來的硝酸鈉相區別？試作此方程式。
13. 舉示兩種可作強氧化劑的酸類。比較牠們的性質：(a) 在稀溶液中；(b) 在濃溶液中。
14. 乾燥的氮對於乾燥的石蕊紙有何作用？普通製得的氮，怎樣使其乾燥？是否如許多氣體那樣，將其通過氯化鈣，或濃硫酸而使之乾燥？試解釋之。氯化鈣與濃硫酸之用以乾燥氣體，係利用其何種特性？
15. (a) 何以集取氮、氧和氯化氫，用空氣取代法而不用水取代法？(b) 用空氣取代法集取氮，何以並如何與集取氧和氯化氫不同？(c) 試作集取氮、氧和氯化氫的簡圖。
16. 製硝酸鹽的最好方法是什麼？試作一製硝酸鈹的方程式以為例證。

\* \* \* \*

17. 加熱硝酸鈹以產生 88 克的氧化亞氮，需硝酸鈹多少克？
18. 硫酸鈹通常都以肥田粉這名稱而出售，為極佳的肥料。要決定某種白色固體是否為硫酸鈹，須用何種檢驗法？其中含氮的百分率如何？
19. 以 384 克的銅與過量的稀硝酸相作用，可發生氧化氮多少容積（標準狀況）？
20. 以 107 克的氯化銨與過量的氫氧化鈣相作用，可發生氮多少容積（標準狀況）？



## 第二十二章

### 新週期律

元素的族類——性質和原子量——新舊週期律——原子序數——週期的分類。 原子序數與原子價——金屬與非金屬——電子與原子——電子與原子價。

295. 【元素的族類】 我們現在立即就可見到，有些元素，依其化學性質的類似，可以很便利地集合而成爲族類。 例如氟、氯、溴、碘等元素，就組成了這樣一個各元素性質相近的族類(第二十三章)。同樣，鋰、鈉、鉀、銣、鉍等元素(第二十四章)，也組成了所謂鹼金屬(alkali metals)。此外還有其他的族類，不一一列舉。這樣的排列，可使元素的化學事實便於系統化，因爲牠可以把同族類中的全體元素，作概括的敘述。 例如凡鹼金屬都能與水起反應，牠們的氫氧化物都可溶解於水，而生成強鹼類，牠們的離子都是一價，並且普通酸類的全部鹼金屬鹽類，差不多都能溶解於水。

295. 【元素的性質及其原子量】 相近元素的族類的存在，正所以指出關於元素的化學性質有某種基本定律的存在。 俄國化學家門得雷業夫(圖 180)，最初明白地指出元素可依照一定的系統而排列起來。

假使我們把所有元素依照牠們原子量(除去氫)的次序而排列起

來，即見第八元素與第十六元素氟和氯，是兩個極相類似的元素。這關係極容易從最初的十六個元素中去研究。假使我們把這些元素照下面的樣子寫下來，就見相似的元素，上下適成一對；例如鎂和鈉。

He (4) Li (7) Gl (9) B (11) C (12) N (14) O (16) F (19)  
Ne (20) Na (23) Mg (24) Al (27) Si (28) P (31) S (32) Cl (35.5)

在依原子量排成的系列中，每隔一定間距，就可再見一相似的元素，我們把這種事實，謂為元素的性質是牠們原子量的一種週期的函數。

**297. 【舊週期律】** 上面所說的是舊的週期律 (periodic law)，牠把元素加以完善的分類，成效極為顯著。各族類(如鹼金屬)中的元素都可以在這系統中找到一個自然的位次。然而這裏面也有一兩個顯著的例外。例如，假使我們嚴格地依了原子量的次序而排列，那末鉀 (39.1) 就該在氫之後，氫 (39.4) 之前。我們望一望上面的排列，就可以看出，鉀應該放在氖和氦的下面，而氫應該放在鈉和鎂的下面。當然，就化學性質而論，氫像氮，而鉀像鈉。所以要使之成爲一有意義的排列，鉀的原子量雖然較高，卻必須放在氫的後面。此外還有



圖 180. 門得雷樂夫像  
(Dmitri Ivanovitch Mendelejeff,  
1835 - 1907) 俄國化學家，曾把元素  
依原子量而排列

表示原子序數和原子價的週期律表

週期	第0屬	第I屬	第II屬	第III屬	第IV屬	第V屬	第VI屬	第VII屬	第VIII屬
0		1 H (1) 1.008							
I	2 He (0) 4.002	3 Li (1) 6.940	4 Be (2) 9.02	5 B (3) 10.82	6 C (4) 12.000	7 N (5) 14.008	8 O (6) 16.000	9 F (7) 19.00	
II	10 Ne (0) 20.18	11 Na (1) 22.997	12 Mg (2) 24.32	13 Al (3) 26.97	14 Si (4) 28.06	15 P (5) 31.02	16 S (6) 32.06	17 Cl (7) 35.457	
III	18 A (0) 39.944	19 K (1) 39.096	20 Ca (2) 40.08	21 Sc 45.10	22 Ti 47.90	23 V 50.95	24 Cr 52.01	25 Mn 54.93	26 Fe 27 Co 28 Ni 55.84 58.94 58.69
		29 Cu 63.57	30 Zn 65.38	31 Ga 69.72	32 Ge 72.60	33 As (5) 74.91	34 Se (6) 78.96	35 Br (7) 79.916	
IV	36 Kr (0) 83.7	37 Rb (1) 85.44	38 Sr (2) 87.63	39 Y 88.92	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 96.0	43 Mn ?	44 Ru 45 Rh 46 Pd 101.7 102.91 106.7
		47 Ag 107.880	48 Cd 112.41	49 In 114.76	50 Sn 118.70	51 Sb (5) 121.77	52 Te (6) 127.61	53 I (7) 126.92	
V	54 Xe (0) 131.3	55 Cs (1) 132.91	56 Ba (2) 137.36	57-71 Rare-Earths	72 Hf 178.6	73 Ta 181.4	74 W 184.0	75 Re 186.31	76 Os 77 Ir 78 Pt 191.5 193.4 195.23
		79 Au 197.2	80 Hg 200.61	81 Tl* 204.39	82 Pb* 207.22	83 Bi* 209.00	84 Po* 210.0(?)	85 —	
VI	86 Rn (0) 222.	87 —	88 Ra* (2) 226.97	89 Ac* 227(?)	90 Th* 232.12	91 Pa* 230(?)	92 U* 238.14		

兩對元素，也有同樣的困難。曾經有人想到過，這種不規則元素的原子量，也許有什麼錯誤，可是經過幾次重復的實驗，卻證明原因並不在此。

298. 【舊週期表的價值】 門得雷業夫所述說的週期律，雖有若干例外，卻不失為一種偉大的科學通則。牠不但幾乎把所有已知的化學現象，歸納成一種有秩序的綱領，並且還能使門得雷業夫作了幾個大膽的預言，而這種預言，後來都為實驗所證實。這位俄國化學家在製作這表的時候，爲了要使同性質的已知元素放在一屬之中，就不得不在表裏留下幾個空缺。他以為這種空缺就代表未發現的元素。根據了這種空缺的位置，他不但能很準確地預言着這些元素的存在，並且還能說出牠們的物理性質和化學性質。他的預言計有三個，都經證實。下面的表就指出了其中的一個。他曾經斷定他所預言的‘類鋁’(eka-aluminum)的性質，這元素後來經發現以後，就叫做鎩(gallium)。在歷史上，沒有比這個科學的預言更可驚異了。

錄 的 性 質	預 言 的	測 知 的
原子量·····	約 69	69.0
熔點·····	低	30.1°
比重·····	約 5.9	5.93
爲空氣所作用·····	無	在紅熱時略被氧化
對水的作用·····	在紅熱時使水分解	在高溫時使水分解

299. 【新週期律】 英國青年物理學家莫斯萊(圖 181)於 1912 年奠定了新週期律的基礎，新週期律不像舊週期律，應用起來沒有例

外。當時莫斯萊正在研究 X 射線，X 射線為一種短波長的振動，比普通的光更富於穿透力（第二十四章）。<sup>6</sup> 他發現一個方法，可把 X 射線展成光譜，當然，這種光譜是不可見的，但是可以用照相機來攝取其影像。他的儀器叫做 X 線分光鏡 (X-ray spectroscope)。他用了這儀器來研究各種元素被 X 射線管中的電子撞擊時所發出的 X 射線的性質。正像在許多年前，本生 (Bunsen) 用真的分光鏡來研究‘鈉焰’ (sodium flame) 的可見光一樣。在莫氏的 X 射線管中，用作對陰極 (anti-cathode) 的各種金屬，其 X 線光譜都有一定波長的明線，正如光譜圖 (圖 199) 中所示，許多加熱的元素蒸氣所發生的可見光中有着一定的明線一樣。X 線光譜中明線的數目，比在可見光譜中通常所見到的為少。於是莫斯萊得到一個極重要的發現，他把原子量較高的元素來代替原子量較低的元素，即見其明線的波長規則的減少。因此他能把元素排成這樣的次序，即使各元素光譜中的明線對，跟着原子量的一一遞增，而漸次規則的地向波長遞減的方面移動 (圖 183)。

這種根據 X 線光譜的元素的排列，原來和根據原子量的舊式系列一樣，只是以前的那幾對



圖 181. 莫斯萊像  
(Henry G. J. Moseley, 1887-1915)  
英國物理學家，曾決定金屬的 X 線光譜

不規則的元素，現在已不再顛倒，而安插到相當的地方去了。這種元素的排列，結果證明適合着元素的原子序數的次序。因此我們可把舊週期律改訂如下：元素的化學性質為其原子序數的一個週期的函數。 牠不像舊週期律的包含着原子量，是十分正確的。

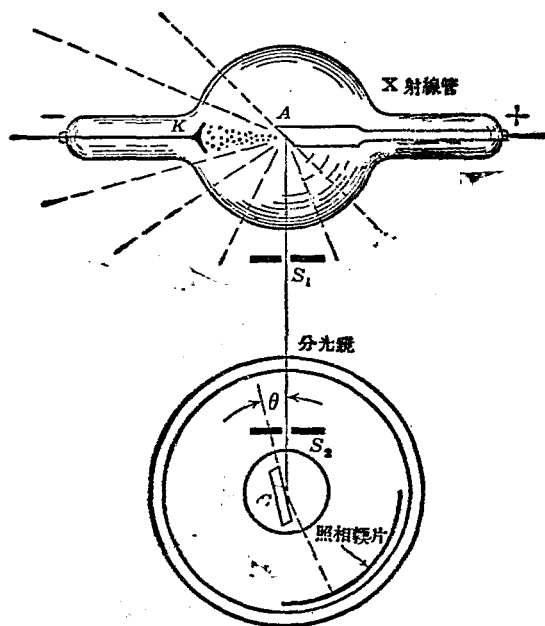


圖 182. X 線分光鏡圖解

因為不是所有的元素都便於用作對陰極，所以仍舊有幾個實驗的空缺，相當於已知的元素。在近年來 X 線光譜對於發現新元素，曾經有過重大的貢獻。例如最近，鉛(hafnium)、鐳(macsurium)、鏷

(rhenium)、錒 (illinium) 等新元素,就是靠了牠們的 X 線光譜 (圖 183) 的示性明線而檢查出來的,牠的波長恰恰和預期的相合。

### 300. 【週期的分類】

在第 307 頁上的表,就是把元素依週期的分類而排列着的,牠的方法和門得雷業夫所倡擬的相似,不過以莫斯萊的定律為根據。

原子序數印在元素之前;原子量印在元素之下。

我們在這表裏,可見全部元素分成九大縱列的屬 (group)。第一縱列稱為第零屬,最後的縱列則稱為第八屬。第三橫行從氫 (A) 開始,而終於鐵 (Fe)、鈷 (Co)、鎳 (Ni) 三元素,這三元素都放在第八屬之內。在第四橫行中,第 0 屬中沒有元素,這顯然和以前各橫行不同:牠的最後一元素是溴 (Br)。表中第三和第四橫行合稱為長週期 (long period); 第一和第二橫行,分別稱為短週期 (short period)。又,第五和第六橫行以及第七和第八橫行,也成長週期。我們應該注意,長週期中央有三個元素同放在第八屬中;這好像代替了第零屬中的空缺一般。長週期中部,四周劃着粗線,元素符號改用斜體字印刷。這種元素在各大屬中自成一族 (family),牠們相互間的關係比

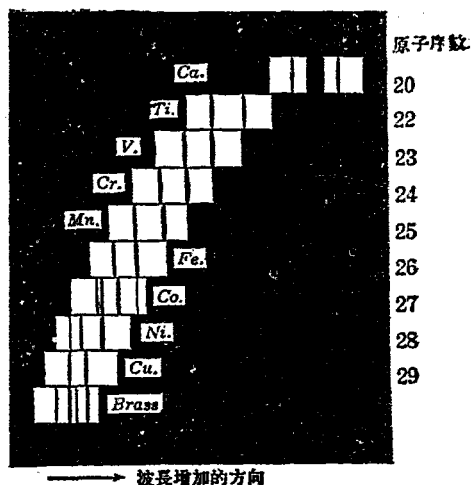


圖 183. X 線光譜與原子序數

同屬中的其餘元素更爲密切。因此在第一屬中，鹼金屬成爲一族，而銅(Cu)、銀(Ag)、金(Au)等又成爲不同而相近的一族。

**301. 【原子序數】** 定氫元素爲一，而把相當於元素在新系列中所占位次的數目，稱爲該元素的原子序數(atomic number)。我們已知 (§ 166) 元素的原子，由一個帶陽電的核，圍繞着一個或一個以上的帶陰電的電子而成。用鐳所射出的  $\alpha$  質點來實驗，可以指出原子序數即爲核上的陽電荷數，也就是環繞核外的電子數。因此原子序數實爲元素的化學性質的標尺，比原子量更爲準確。元素的原子量是幾種混合着的同位素的平均重量，不過各同位素的混合比例，有着相當的增減 (§ 564)。我們對於這個問題，在最後一章中還要講一些比較可靠的解釋。

**302. 【週期律表中所指示的原子價】** 關於週期律表中可注意的最重要的事實，是凡同屬中的元素，都具有相同的原子價。第零屬中的元素都不能化合，所以其原子價可視爲零。

我們若是就任何週期自左而右地看過去，又可見到元素的原子價係按照一定的規則而增加（根據各元素的氧化物）。這些規律至足驚異。我們如果回想到這一種元素分類法，僅只根據了牠們在系列中按照原子序數而占據着的位置，就更覺奇特。讀者最好把普通元素在週期律表中的位置，一一熟記。

**303. 【非金屬的位置】** 在最初的兩週期（都是短週期）中，第六和第七屬都是活潑的非金屬；第一和第二屬，都是活潑的金屬。在長週期中，位於中央的第八屬中的三個元素，都是極不活潑的金



屬；在週期開始的都是活潑的金屬，在週期末尾的是一個活潑的非金屬，例如溴。

**304. 【金屬的位置】** 極活潑的鹼金屬都在第一屬中。屬於長週期中央的金屬的小屬（即族，指銅、銀、金），其在多種化合物中的原子價，都和鹼金屬一樣。不過牠們較不活潑，牠們的氫氧化物都是弱鹼。凡能生成有色的離子，具有可變原子價的元素，都在長週期的中央；例如鐵和銅。

總之，我們可以概括地說：在週期系統中，最活潑的金屬在第一屬中，最活潑的非金屬在第七屬中。幾種極不活潑的金屬則在長週期的中部。

金屬如鈉等的主要特性，是牠的活潑性，及能生成陽離子。這種特性有時稱為極端陽電性。非金屬如氟等的主要特性，是牠的活潑性，及能生成陰離子，這種特性有時稱為極端陰電性。我們記住了這些定義，就可明白，最帶陽電性的元素是在第一屬中，最帶陰電性的元素是在第七屬中。在這兩極端之間的元素，就代表了這兩個相反的特性間的許多遞變的性質。

**305. 【週期律表的電子圖】** 莫斯萊定律的基本理由到底是什麼呢？我們將怎樣解釋原子價以及其他化學性質的週期的變異呢？我們究竟應該怎樣去想像原子價的本身呢？這一類問題以及其他相似的問題（第十四章），在以前都曾討論過；現在我們就該把週期分類中所含的許多化學現象的若干部分，給以完滿的解釋。然而還有許多問題，卻至今尚屬疑問，所以現在的解釋必須認為待決的假說，

而不能當作科學的通則。

306. 【電子與原子價】 最初的二十種元素的極化合物的原子價，已從原子的電子圖得到滿意的解釋。稀有氣體(rare gas)中電子的排列，是作這樣的假定：在氦的外殼中有兩個電子；在氖原子中，這兩個電子的羣，又被一八個電子的羣包圍着；至於氩，則這外面更有一層包含八個電子的殼。一般相信這樣的電子排列，最為穩定，而稀有氣體的缺少活潑性，就由此得到解釋(圖 184, A 和 B)。

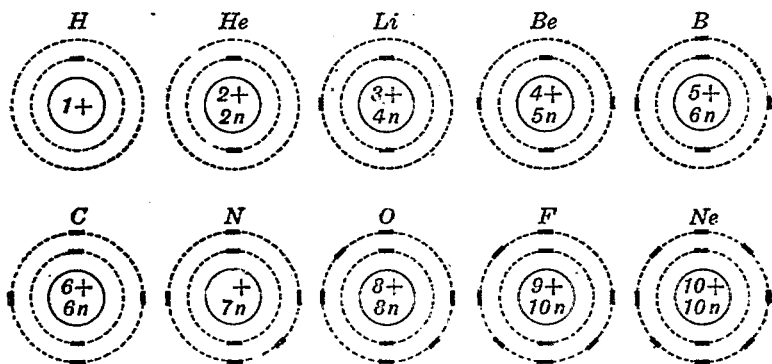


圖 184 A. 最初 10 種元素的原子圖解

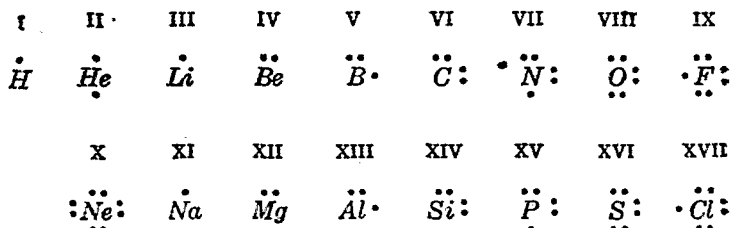


圖 151 B. 更便於表示外殼中的電子的圖解。符號表原子的其他部分

最初二十種元素的其他元素，也都假定其具有一到七個價電子，

與元素的化學性質(如原子價等),有着密切的關係。價電子的數目,都標明在符號後的括弧裏。當兩元素發生化合時,若是一元素把牠的電子給與另一元素,使之湊成八個(有時稱爲八隅體),就可得到相似於稀有氣體的穩定排列。極化合物的生成,大概就發生這樣的變化。因此鋰把牠僅有的的電子給與有七個電子的氟,氟原子就完成牠八個的一羣,而成爲陰性氟離子。鋰原子失去了牠的一個額外電子,就成爲帶陽電的鋰離子(圖 185)。在無極化合物中,其分子由原子結合而成,在這種作用中,就有一或一對以上的電子爲分子的兩原子所共有。

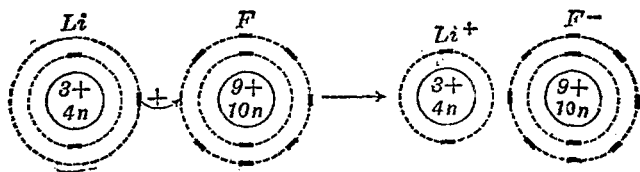


圖 185. 鋰和氟結合的電子圖

307. 【電子和原子的性質】 化學性質中週期性的理由,可以用原子構造的近代學說來作完滿的解釋。從一元素過渡到原子序數較高的鄰位元素,其變化即爲核上增多一陽電荷,核外增多一價電子。例如從氫到氟,依次經過沒有外層電子的元素,而到有七個外層電子的元素,其次過渡到氖,完成八個外層電子,這是一個穩定的電子羣,所以我們又碰到一種稀有氣體了。從氖到氯的系列,也照着同樣的方法而進行。因爲外層電子數相同的元素,依次排在同一層中,所以就有着相同的原子價。我們應該特別注意,在最初的二十種元素中,凡價電子不多並且可以把電子失去的元素,都是金屬。

反之，凡價電子很多並且還可得到更多的電子以完成其八隅體的元素，都是非金屬（圖 184 B）。

假使一元素的原子的外殼中有四個電子，像碳原子那樣，那末我們就可想見牠可以借入或貸出四個電子，以完成其外殼。這樣的元素稱爲兩性元素 (amphoteric element)。

## 第二十二章摘要

【舊週期律】 在舊週期律表中，一切元素可依照牠們的原子量而排列。元素的化學性質是牠們的原子量的週期的函數，但是有三個例外。

【新週期律】 新週期系統是把元素根據了牠們的 X 線光譜而排列起來的。元素的化學性質是牠們的原子序數的週期的函數。定氫元素爲一，相當於一元素在新系列中排列的位次的數目，稱爲該元素的原子序數。

新週期系統把元素分爲九屬。同屬中的元素具有相同的原子價。最活潑的金屬在第一屬中，最活潑的非金屬在第七屬中。

【關於週期律表的電子學說】 根據了電子論，原子是由一微小的核環繞着若干電子而成。電子的陰電荷恰好和核上的陽電荷相平衡。一元素的原子序數，數字上和核外的電子數相等。金屬元素的原子價，是牠們變成陽離子時可以失去的電子數，非金屬元素的原子價，是牠們完成八個電子的羣（一個八隅體）所需要的電子數。

## 問題

1. 敘述化學家利用週期系統的三種方法。

2. 鈣、鎂、鋇屬於鹼土族 (alkaline-earth family)。牠們的行為在化學上有怎樣的相似之處？作圖解以表示牠們的原子構造，並從此設想牠們的行為何以如此相似。
3. 就週期分類中的第二週期，指出一週期中元素的性質，何以自左至右逐漸變異。
4. 那一種自然過程可稱為週期的？
5. 週期的函數是什麼意思？
6. 元素的排列在莫斯萊的表中比在門得雷葉夫的表中更為自然，有那三種情形？
7. 述舊週期律及新週期律。各為何時何人所發現？
8. 作原子序數為 20 的元素的原子構造圖解。牠是金屬還是非金屬？試預言其若干性質。
9. 鋰的精確原子量為 6.940。牠的近似原子量是多少？牠的原子序數是 3。牠的 (a) 原子價，(b) 化學活性如何？牠是金屬還是非金屬？
10. 有人稱金屬的原子為貸出者 (lenders)，非金屬的原子為借入者 (borrower)。試解釋之。

\* \* \*

11. 元素的原子序數的實驗根據是什麼？
12. 解釋第 0 族 (鈍性氣體) 是怎樣配入週期系統中的？
13. 電子論怎樣指出鋰、鈉、鉀歸入同一族中？
14. 從新週期律表，你會預言銻和氣可組成一穩定的化合物麼？砷和氣呢？
15. 舉出氧和硫在化學上互相類似之點。作氧和硫的原子構造圖，藉此解釋牠們何以類似。
16. 原子構造學說怎樣解釋同位素？
17. 週期律表上還剩有那幾個空位？這幾個元素應該具有怎樣的性質？
18. 有些元素的原子量是整數，有些卻不是整數，這事實須怎樣解釋？
19. 試述鉀元素 (原子序數 19，原子量 39) 中質子、中子、和電子的數目和位置。
20. 拉武福德用  $\alpha$  質點來撞擊氮，放出氦的帶陽電的質點。試以此與煉金術家的工作相比較。
21. 氮、氫、鉀在週期律表中是連續排列着的三個元素。但氮是很活潑的非金屬，氫是完全不活潑的元素，而鉀是活潑的金屬。試用電子論的術語來解釋氮與鉀化合物成氫化鉀時所發生的情形。

## 第二十三章

# 鹵族元素

鹵素。 溴——所在、製法、性質、用途——氫溴酸。 碘——氫碘酸——碘化物。 鹵族元素的取代。 氟——氫氟酸。 鹵族元素的比較。

308. 【鹵素】 鹵族(halogen family)的各元素——氯、溴、碘、氟——在週期律表中集合而成爲一個縱欄(第 307 頁)。 牠們能和金屬直接結合而成鹽類，即所謂鹵化物(halides)。 因此牠們被稱爲鹵素(halogen)，意思就是‘造鹽的元素’。

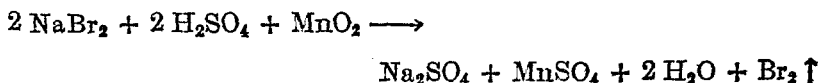
我們已經學習過(第九章)元素氯及其化合物鹽酸和食鹽。 我們並且還曾學到過一種含有氯和氧的酸，稱爲次氯酸( $\text{HClO}$ )，及其鹽類次氯酸鹽。 現在我們將略述這一族中的其他三種元素——溴、碘、氟，牠們在各方面都與氯相類似。 這一羣元素的特點，乃在同爲一價的活潑的非金屬。 這是由於牠們的原子，只需增加一個電子就可造成一個完全的殼(八隅體)的緣故。 牠們生成一價的陰離子，即所謂氯離子、溴離子、碘離子、和氟離子。 這種離子都是由相當的酸類衍生出來的；而這所謂相當的酸類都是氣體化合物的水溶液，每一分子含有一原子氫和一原子鹵族元素。

溴

溴 (bromine) 都成爲溴化鈉和溴化鎂而存在於某種食鹽的礦牀中。用結晶法即可將溴化物從氯化物中提煉分離而得。但也可使溴直接游離，然後再將其製成任何需要的溴化合物。

309. 【溴的製法】 溴的製法和氯相同；就是，或藉溴化鈉溶液的電解，或藉氫溴酸的氧化而成。若將溴化鈉和氯化鈉的混合溶液電解，則溴在陽極先氣而發生。從方纔說過的食鹽礦牀中製取游離的溴，就利用這個事實。

實驗室中製溴，係用二氧化錳、溴化鈉和硫酸的混合物。其方程式和製氯的相似：



在實驗室中製溴，通用蒸餾瓶，如圖 186 所示。將溴化鈉、硫酸和二氧化錳的混合物盛在瓶裏，緩緩加熱。溴蒸氣即充滿於瓶內，而冷凝在冷卻的受器中。因爲溴和水不易混合，故可在受器中注水少許，使溴自成一層，集於水底，則其蒸氣就不致逸入大氣中了。

到了近來，在製造二溴化乙烯 (ethylene dibromide,  $\text{C}_2\text{H}_4\text{Br}_2$ ) 中，溴的需要大增。

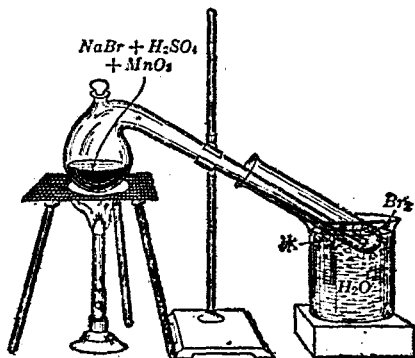


圖 186. 實驗室中製溴。

二溴化乙烯係用以加入所謂‘乙基

汽油' (ethyl gasoline), 藉以防止電花插頭被防震物質 (anti-knock substance) 四乙基鉛 [lead tetraethyl,  $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$ ] 中的鉛質所壅塞。爲了供給這種用途起見, 現在商業上都利用氯來從海水中製溴。每 1800 加侖的海水, 可製得溴一磅; 從這一點看來, 不難明白, 這個方法實在是近代工業化學的勝利之一(圖 187)。

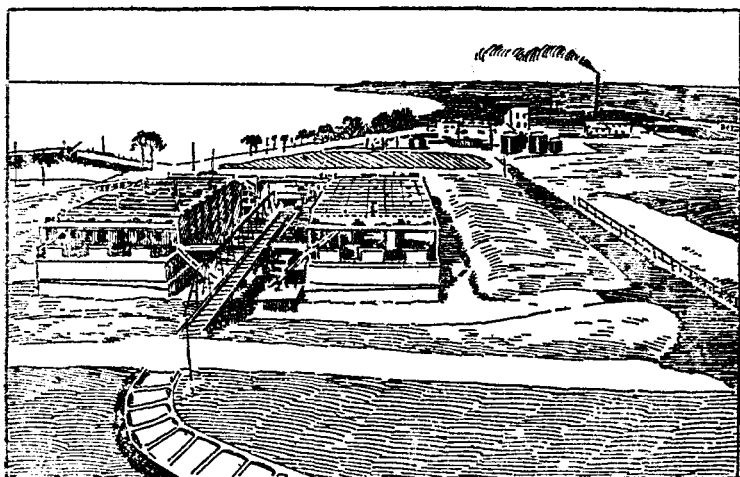


圖 187. 在北卡羅來納 (North Carolina) 海岸沙灘上的海水製溴廠

**310. 【性質和用途】** 溴爲深暗、棕紅色的液體, 較水約重三倍。在尋常狀況下爲液體的非金屬元素, 僅此一種。溴有強烈的窒息性的臭味 (bromine 的原意爲‘惡臭’), 能侵襲鼻腔和咽喉, 像氯一樣, 又能刺激眼睛; 液體的溴遇皮膚能使之起疼痛的灼傷, 所以在取用時, 務須十分小心。

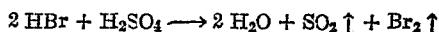
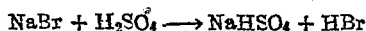
溴略溶於水, 其水溶液通稱溴水 (bromine water)。溴水和氯水



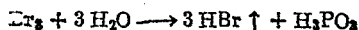
一樣，是一種氧化劑。溴不及氯的活潑，但極易和多數元素化合，而發生多量的熱和光。

當世界大戰時，曾用大量的溴來製造毒氣。就是現在製造“催淚性毒氣”(tear-gas)，也需用相當數量的溴。在目前，牠的主要用途和製‘乙基汽油’有關。

**311. 【溴化氫】** 溴化氫 (hydrogen bromide) 是一種氣體物質，在許多方面都和氯化氫相似。然而因其性不穩定，所以不容易藉同樣的反應來製取。當溴化鉀和濃硫酸加熱時，即生溴化氫。但是這溴化氫極易被溫熱的濃硫酸所氧化，故其一部分變成水及游離的溴：



因此我們要製溴化氫，就得改用其他的方法。一個方法是用溴去處理紅磷和水的混合物。紅磷和溴化合了，就生成一種化合物，名叫三溴化磷 (phosphorus tribromide)。這化合物又立即和水起反應而生成純粹的溴化氫和亞磷酸 ( $\text{H}_3\text{PO}_3$ )；亞磷酸是不易揮發的：



溴化氫是一種無色的氣體，極易溶解於水；牠的水溶液通稱‘氫溴酸’ (hydrobromic acid)。氫溴酸是一種強酸，比氫氯酸更易被氧化而成為水和游離的元素。

**312. 【溴化物】** 用鹼中和氫溴酸所成的鹽類，通稱為溴化物 (bromides)。除了鋇、鉛和亞汞的溴化物以外，其他一切溴化物都能溶解於水。溴化銀是一種黃色的固體，在攝影術上需用頗多。鈉和鉀的溴化物在醫藥上用作鎮靜劑 (sedatives)。

要檢驗溴化物，可在欲試物質的水溶液中加以氯水和二硫化碳。把這種混合物搖勻了靜置數分鐘。若是所試的物質是溴化物，就有一種紅色的小球沈積在試管底邊。這是由於氯水使溴游離，而這游

離的溴又溶解在二硫化碳中了。

## 碘

碘 (iodine) 有成爲碘化物而存在於某種鹽類的礦牀中，但爲量不多；又有成爲碘酸鈉 (sodium iodate,  $\text{NaIO}_3$ ) 而存在於智利硝石 (Chile saltpeter) 中。上述兩者爲碘的主要來源，惟有時從燃燒某種海藻得來的灰分中，亦可製碘。最近，在爪哇、意大利、和加利福尼亞等處，則有用某種鑽井 (artesian well) 的水來商業的地製碘的。碘對於人體的正常機能，負着極重要的任務，但含量不多，就是成年人的身體中也只有 50 毫克。其中約有三分之一在頸部的甲狀腺中。甲狀腺中缺少了這元素，就會引起極嚴重的疾病。

**313. 【製法和性質】 碘的製法與製氯和溴相同。**

製碘有一簡便方法，即用二氧化錳、硫酸、和碘化鈉的混合物在蒸發皿中加熱，蒸發皿的頂上放一隻盛有冷水的盆，碘即氧化而凝集在盆底，形成一堆美麗的晶體 (圖 188)。

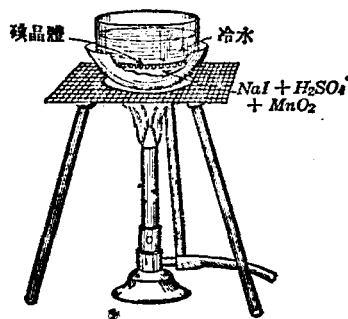


圖 188. 製碘

碘爲紫黑色的固體，極易氣化。其蒸氣呈美麗的紫色，受冷後復變爲固體。當其自固體化爲蒸氣，及自蒸氣凝成固體時，並不生成液體，這是昇華的又一例子。碘祇能略溶於水中，但極易溶解於碘化鈉或碘化鉀的溶液中。牠溶解於苯或二硫化碳中，即生成一種

紫色的液體(圖 189)。牠又能溶解於酒精中，其溶液就是市上出售的碘酊(tincture of iodine)，又稱碘酒，常大量用作防腐劑。

碘的活潑性較次於上述的其他兩種鹵族元素；但在室溫時，或略加溫熱時，仍能與多種非金屬元素直接化合。

碘有一特別反應，即以其少量與澱粉接觸，能現藍色。故此反應可用以作為碘或澱粉的一種檢驗。

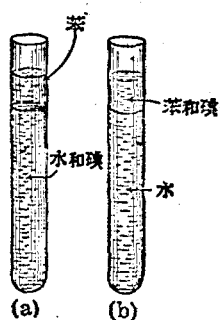
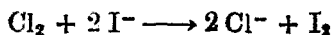
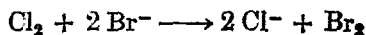


圖 189. 碘在水和苯中的溶解度；(a) 搖盪前，(b) 搖盪後

**314. 【碘化氫】** 碘化氫(hydrogen iodide)不能由加熱碘化鈉和硫酸而製得，其理由與溴化氫不能用此法製得的相同 (§ 311)。但可藉紅磷、碘和水的互相作用而得。碘化氫易溶於水，所成的溶液稱為‘氫碘酸’(hydroiodic acid)。氫碘酸較碘化氫更易氧化，為極佳的還原劑。牠是一種強酸。中和時所生的鹽類稱為‘碘化物’(iodides)。

**315. 【碘化物】** 除了銀、鉛和汞以外，一切碘化物都是可溶性化合物。碘化銀是一種黃色的不溶性物質，像溴化銀一樣，用於攝影術中。碘化鉀是碘的最重要的化合物，可用以製藥，及供攝影術之用。至於碘自身，也用於藥品的製造。

**316. 【鹵素的取代】** 若將氯通過溴化物或碘化物的溶液，就有游離的溴或碘放出而生成氯化物。這是一種取代反應，利用金屬鋅取代氫離子中的氫的反應相似，不過這裏所說的離子是陰離子：



溴能從碘化物中釋出碘；但碘不能從溴化物或氯化物中釋出溴或氯。因此我們可以把這三元素順次寫下來，其位次較前的元素，能從其後任何元素的離子中釋出其元素。

非金屬元 素取代序	氯 溴 碘
--------------	-------------

此表又指示各該非金屬的活潑性次序 (order of activity)，即氯最活潑，碘最不活潑。

因為氯的價值較廉，製造較易，故有時用以從溴鹽或碘鹽的溶液中釋出溴或碘，大規模製造此等游離元素，就用這個方法。

## 氟

鹵族的第四元素，與其他元素略有不同。其不同大都屬於表面，原來氟 (fluorine) 之本身較其他鹵族元素更為活潑，而其化合物卻更為穩定。 氟為某數種重要礦物的成分之一，其中可以指出的有螢石 (fluorite,  $\text{CaF}_2$ )、冰晶石 (cryolite,  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ) 等。螢石為製造氟及氟化合物的主要原料。氟化合物略有毒性，大量用以製造殺蟲藥粉。

317. 【製法和性質】 氟本身為略帶黃色的氣體，性劇毒而有腐蝕性，極難液化。牠是已知的最

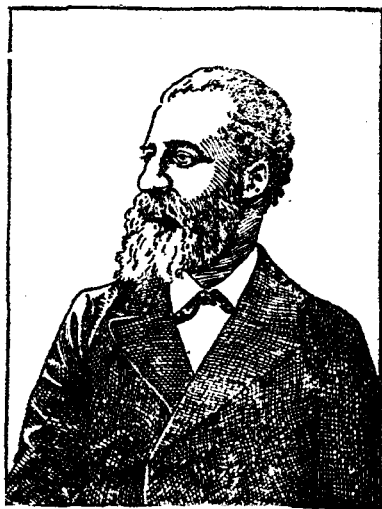
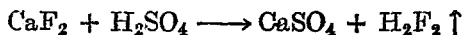


圖 190. 莫伊遜像  
(Henry Moissan, 1852-1907)  
法國化學家，曾隔離氟，並製成小粒的人造金剛石

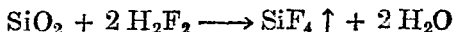
活潑的元素，在常溫時能與大多數元素猛烈地化合。氟的製造，頗為困難。法國化學家莫伊遜(圖 190)為製得氟的第一人。這實驗須用鉛製的或銅製的儀器，因為一切其他物料，都能受氟的侵蝕。莫氏於 1886 年藉氟化鉀 (KF) 在液體氟化氫 (H<sub>2</sub>F<sub>2</sub>) 溶液中電解而製得之。

318. 【氟化氫】 氟化氫 (hydrogen fluoride) 可藉濃硫酸作用於氟化鈣而得：



牠是一種氣體，極易溶於水中，而生成氫氟酸(hydrofluoric acid)。氟化氫較氯化氫更為穩定，絕不能被氧化。易冷凝為液體，其沸點為 19° C.

氫氟酸所造成的鹽類稱為氟化物(fluorides)。其所以著稱，由於能溶解多種物質，包括砂 (SiO<sub>2</sub>) 和玻璃等。就因了這個理由，所以牠必須盛在蠟瓶中。牠與砂作用後生成氣體的四氟化矽 (Silicon tetrafluoride, SiF<sub>4</sub>) 和水：



牠與玻璃所發生的作用，也和上面所說的相似，因為玻璃也是矽的一種化合物。



圖 191. 用氫氟酸蝕玻璃

氫氟酸的這一種作用，可利用來在玻璃上鑲蝕圖案。在量瓶和量筒上刻度時，即於玻璃面滿塗蠟質，而在蠟上刻成記號和文字。然後用氫氟酸的蒸氣將玻璃腐蝕(圖 191)。片刻後，把冷凝在玻璃上面的酸液洗去，把蠟質括除，那末凡玻璃上曾被酸液接觸到的地方，都變成不透明的了。

電燈泡的內壁，現在常製為毛玻璃，俗稱鹽砂泡。其目的在將光線分散，保護人目，使白熾鎢絲的強光不生眩耀。其所以毛在內壁，是要使外壁光滑，不積集塵埃。製作時，將少量的氫氟酸灌入泡內，向周圍搖盪片刻，即將其傾出。然後再將燈泡清洗即成。

319. 【鹵素的比較】 下表扼要舉示鹵族元素的各種重要的物理性質和化學性質，各元素依原子量的次序而排列。我們該記住，牠們的活潑性，自氟至碘，逐漸遞減，而其氫化合物的穩定性也依同樣的次序而遞減。又，牠們相互間的取代作用，也依照這個次序。

名稱	原子量	沸點	狀態	顏色
氟(F) ... ..	19.0	-187° C.	氣體	淡黃
氯(Cl) ... ..	35.5	-33.6°	氣體	淺綠
溴(Br) ... ..	79.9	63°	液體	暗紅
碘(I) ... ..	126.9	184.4°	固體	紫黑

氟是非常活潑的，故能取代水中的氧。因了這種極端的活潑性，氟幾被認為這系列中的一種特出的元素。然而我們如果想到牠在族中居於氯元素之上，那末牠比活潑的氯更為活潑，亦屬事理之常。

### 第二十三章 摘要

$F_2$	$Cl_2$	$Br_2$	$I_2$
氣體，淡黃色	氣體，淺綠色	液體，暗紅色	固體，紫黑色

【鹵素】 鹵素都為一價非金屬元素，能與金屬化合而成為鹽類。牠們都有兩原子的分子(diatomic molecules)。在氣態時，都有刺激性的臭味。

【溴】 溴由溴化物與二氧化錳和濃硫酸加熱而得，為暗紅色的液體，其化學性質似氯，但較不活潑。

【氫溴酸】 製氫溴酸的最好方法是加水於三溴化磷。

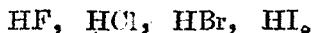
【碘】 碘由碘化物與二氧化錳和濃硫酸加熱而得，為沉重紫黑色的固體，加熱時即昇華。

【氫碘酸】 氫碘酸是極佳的還原劑，不能從碘化物與硫酸相作用而製得之。

【氟】 氟是我人所知的最活潑的元素，係在特種裝置中以電解法製得之。氫氟酸係由氟化鈣與硫酸加熱而得，用以蝕蝕玻璃。

【氯和氟】 氯能從溴化物和碘化物中取代溴和碘。氟則更為活潑，能取代水中的氧。

【鹵酸的穩定性】 鹵酸的穩定性依下列次序而遞減：



### 問題和習題

1. 鹵素的共通性質為何？
2. 將鹵素依活潑性遞減之次序而排列起來。
3. '鹵素' (halogen) 的意義若何？（參考西文字典。）
4. (a) 溴在實驗室中的製法若何？ (b) 將此裝置繪一圖解，並加注圖中各部分的名稱。
5. 寫出實驗室中製溴的反應方程式。
6. 現今商業上怎樣製溴？試寫出其方程式。
7. 溴分子的顏色如何？溴離子呢？
8. 在尋常狀況下，那兩種元素為液體。
9. 碘在實驗室中的製法若何？
10. 現今商業上怎樣製碘？試寫出其方程式。

11. 比較實驗室中集取溴的方法和集取碘的方法。
12. 怎樣檢驗游離的碘?
13. 若手帕上沾有碘的污跡,應怎樣除去?
14. 怎樣檢驗馬鈴薯中有澱粉?
15. 碘酊是什麼?
16. 試述 (a) 溴和 (b) 碘的兩種重要用途。
17. 將二元鹵酸依其穩定性遞減之次序而排列之。
18. 試寫出 (a) 製氫氟酸和 (b) 氫氟酸蝕玻璃之方程式。
19. 說明怎樣用氫氟酸將你的名字蝕在玻璃板上。
20. 氫氟酸盛貯在何種瓶子裏?

\* \* \*

21. 在實驗室中可以製氯、溴、和碘,為什麼不能製氟。這事實和氟的活潑性有什麼關係?
22. 氯化鈉、溴化鈉、和碘化鈉都為白色固體。你將怎樣去辨別牠們?
23. 你將怎樣去辨別溴蒸氣與二氧化氮?
24. 假使將溴通過氯化鈉溶液,會發生怎樣的變化? 通入碘化鈉溶液呢? 如有反應,試寫出其離子方程式。
25. 怎樣製純粹的溴化銀?
26. 試舉出一不能溶解的碘化物及一可溶解的碘化物。如用可溶解的碘化物,你怎樣把牠製成碘酒?
27. 如有碘和砂的混合物,你將怎樣分離牠們?
28. 美國現在從加利福尼亞的油井中的鹽水及他種來源製碘,價極低廉,不再向智利購買。問碘在智利的來源為何?
29. 為什麼氫碘酸久置後,顏色變暗?
30. 取攪氫氟酸時,應有何種注意?

\* \* \*

31. 製 80 克的溴,需多少重的溴化鎂?
32. 從 33.2 克的溴化鉀中,可得多少克的碘? 寫出此製碘的反應方程式。
33. 計算螢石 ( $\text{CaF}_2$ ) 中氟的百分數。
34. 用 59 克的氟化鈣與硫酸共熱,可得氟化氫多少克?



35. 某化合物含 2.1% 的氫、12.8% 的碳、和 85.1% 的溴。在  $140^{\circ}\text{C}$ . 和 76 釐米時，1.00 克的蒸氣佔 180 立方釐米的容積。試計算其分子式。

### 進修研究題

【世界大戰中的毒氣】歐戰時最初使用何種毒氣？毒氣攻擊始於何時何地？以後施用的是何種毒氣？這種毒氣的形態怎樣？（沙玉彥譯：創造的化學，新亞版；李佳仁編：化學戰爭常識，開明版；孫豫審編：化學戰爭通論，商務版）。

【莫伊遜及其發現】他怎樣隔離氫？他改進何種燃料？他怎樣製造人造金剛石？他因何成就而得諾貝爾獎金？（丁緒賢著：化學史通考，商務版）。

【碘和甲狀腺】甲狀腺腫症(goiter)與碘有何關係？什麼是‘甲狀腺素’(thyroxin)？什麼是‘碘化鹽’(iodized salt)？（甘景綱林谷音譯：醫藥中之化學，商務版）。

## 第二十四章

### 鈉和鉀的化合物

碳酸鈉，以蘇爾偉法製造——鈉的兩種碳酸鹽，其性質及用途——水解——其他的鈉化合物。

鉀化合物——來源及用作肥料——硝石的製造。金屬鈉和金屬鉀——過氧化鈉——與鹼鹽的比較——火焰檢驗——分光鏡。波爾氏光譜的解釋。

**320. 【鹼金屬】** 在週期律表(307頁)第三縱欄第一屬裏，包含鋰(lithium)、鈉(sodium)、鉀(potassium)、銣(rubidium)、銯(cesium)等元素。這些元素就所謂鹼金屬，都是一價。牠們的化學性都很活潑。在本章中，我們只揀鈉和鉀的化合物中對商業上有重要性的幾種，如碳酸鹽之類，來敘述一下。

**321. 【家庭中及工業上所用的蘇打\*】** 普通而重要的家用品如焙用蘇打(baking soda, 即碳酸氫鈉,  $\text{NaHCO}_3$ )和洗滌蘇打(washing soda, 即碳酸鈉,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )等，都是我們大家習見習知的物品。尋常我們又知道有所謂‘蘇打灰’(soda ash, 即洗滌蘇打)這東西，在玻璃和肥皂的製造上，需用極多。碳酸氫鈉和碳酸鈉實際上都是基本

---

\*譯者按：‘蘇打’(soda)普通都指‘碳酸鈉’，或譯為‘碱’，俗常與‘鹼’字相混，須加注意。碳酸氫鈉中名俗稱‘小蘇打’，硫酸碳酸鈉中名俗稱‘大蘇打’，亦與‘蘇打’完全不同。此處所謂蘇打，則係泛指各種常見的鈉化合物。

的工業原料。那末這兩種蘇打的分別在那裏？牠們是怎樣製成的？並且牠們有什麼用處呢？我們且從第二個問題談起。

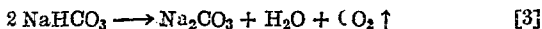
蘇打灰以前大都從西班牙鹽澤地帶所生植物的灰分中得來，故名爲灰。但法國化學家路布蘭 (LeBlanc) 爲了應國家的需要，研究出由食鹽製蘇打灰的方法。其後更經一比利時化學家加以改良，發明了一個更廉價的方法。因爲他的名字叫蘇爾偉 (solvay)，所以我們就稱這方法爲蘇爾偉法。

322. 【蘇爾偉法】在歐洲，至今還在應用較舊的路布蘭法，但在美州，已大都用蘇爾偉的氨法來代替了。例如在紐約州的敘拉古 (Syracuse) 地方，就用這個方法來製造碳酸鈉（‘洗滌蘇打’或‘蘇打灰’），規模極大。又我國永利化學工業公司所出的純鹼（即碳酸鈉），也是用這個方法來製造的（圖 192）。這方法的原理可用三個步驟來說明：

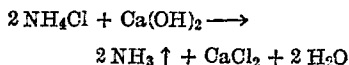


圖 192. 天津永利化學工業公司在塘沽之蘇爾偉法製碱廠

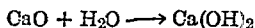
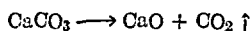
- (1) 氨和二氧化碳溶於水中，生成碳酸氫銨 (ammonium bicarbonate,  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ )。
- (2) 碳酸氫銨再與氯化鈉作用，生碳酸氫鈉 ( $\text{NaHCO}_3$ ) 和氯化銨。碳酸氫鈉在此溶液中只有少量溶解，故即沈澱析出。
- (3) 最後，碳酸氫鈉受熱分解而成碳酸鈉。其反應如下：



在商業製造中，這些反應是這樣進行的。將鹽井中的鹽水，用氨氣使之飽和，然後以唧筒將其壓入碳酸化塔中。二氧化碳氣從塔底壓入塔內，使被氨鹽水所吸收。此時碳酸氫鈉即析出而成為微細的粉末，懸浮於液體中，可將其濾去，其次將溶液蒸發，收回氯化銨，再用消石灰處理，取得氨氣，以供反覆使用：



照這樣辦法，氨氣可不致損失。二氧化碳係由灰石加熱而得；其另一產物為氧化鈣，氧化鈣又與水作用而成氫氧化鈣：



氫氧化鈣用以收回氨氣，已如上述。從此可知(圖 193)，這方法所用的原料為碳酸鈣(灰石)和氯化鈉，這兩種物質都豐富而價廉，可以大量購得。其產物為碳酸鈉，其副產物為氯化鈣。氯化鈣無甚價值，大部分被棄去。

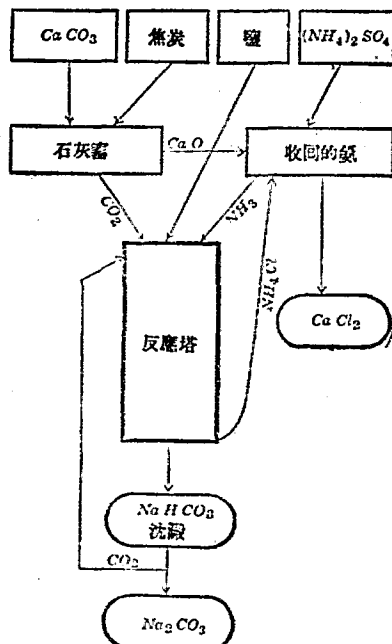
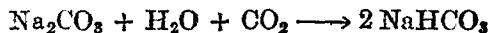


圖 193. 蘇爾偉法的圖解

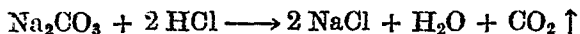
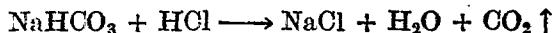
**323. 【碳酸鈉】** 碳酸鈉( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )的晶體，通稱洗滌蘇打，含有十分子的結晶水( $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ )。其作用一如弱鹼，但其鹼性不致損傷肌肉及織品。粉末狀的碳酸鈉大量用於苛性蘇打(或譯苛性鈉)、肥皂和玻璃等的製造。如前所述(§ 322)，這種無水的碳酸鈉，久已以蘇打灰這商用名稱而為世人所熟知(參看附錄工業圖解)。其餘

大部分從碳酸鈉水溶液中結晶而析出的 ( $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ ), 則以所謂洗滌蘇打、蘇打晶體 (soda crystal) 或蘇打砂 (sal soda) 等而出售。牠的晶體是透明的, 含有十分子的結晶水。置空氣中, 漸漸碎裂為白色的粉末, 此種粉末由稍稍脫水的物質所成。這現象稱為風化 (efflorescence), 即物質暴露在空氣中自發地失去其結晶水的作用。

**324. 【碳酸氫鈉】** 碳酸氫鈉 ( $\text{NaHCO}_3$ ) 有時稱為焙用蘇打或 saleratus, 中國俗稱小蘇打, 是一種微細的白色粉末, 僅能以微量溶解於水中。若碳酸鈉的水溶液為二氧化碳所飽和, 就有碳酸氫鈉沈澱而出:



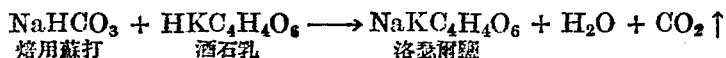
若碳酸氫鈉受熱後, 上述反應即反向進行, 與蘇爾偉法的最後步驟相同。碳酸鈉和碳酸氫鈉都容易和酸類起反應, 而生成一種鹽和碳酸。因為二氧化碳僅略溶於水, 故碳酸即分解為氣體而逸去。因此這反應實際上已達到終點:



因為碳酸鹽會和酸類發生反應, 而生成鹽類, 故在中和酸類時可用牠來代替氫氧化物。牠們又被用為製造二氧化碳氣的原料。第221節中所說的滅火器, 其中就盛着碳酸氫鈉的溶液。

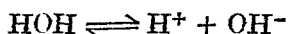
**325. 【焙用粉】** 碳酸氫鈉又為焙用粉 (baking powder) 的主要成分, 故有‘焙用蘇打’之名。焙用粉的另一必要成分, 是一種帶有弱酸性的固體物質, 如酒石乳 (cream of tartar)、酸式磷酸鈣 (calcium

acid phosphate) 或明礬\*等。當碳酸鹽和酸受潮了以後，離子間就發生一種反應，結果生成大量的二氧化碳氣體。使麵糊發鬆的，就是這氣體。發生二氧化碳的反應，主要的如下：

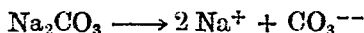


有時用酸牛乳來代替固體的酸。這是乳酸(lactic acid)與碳酸鹽發生了作用。焙用粉中通常總含着少量的澱粉或麵粉，以免敗壞。在製所謂發酵麵包(raised bread)時，應用酵母，酵母與麵糊中的糖起反應，又藉酒精發酵作用而產生二氧化碳氣。

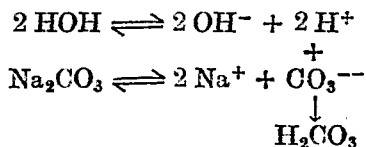
326. 【水解】碳酸鈉的水溶液遇石蕊質，即呈鹼性反應，其理由可從其所包含之離子反應以解釋之。水是極不容易離解的（在18° C.時約為0.00001%）：



在以前，我們對於這種離解雖不加重視，可是現在卻知道牠頗關重要。當碳酸鈉溶於水中的時候，起如下的離子化：



碳酸離子(CO<sub>3</sub><sup>--</sup>)與水中某定數的氫離子化合而產生碳酸(H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>)。碳酸是一種極弱的酸，因其極不容易離解。所以溶液中生成了許多不離解的碳酸分子，如下面的方程式所示：



\*現都改用無水的硫酸鋁鈉(sodium aluminum sulfate)。



一個極簡便的方法。爲了要製造過氧化鈉，故金屬鈉都以工業的規模而大量製造。

**328. 【幾種其他的鈉的化合物】** 上面 (§ 278) 已經說過，‘硝酸鈉’爲極有價值的硝酸鹽，不但是製造硝酸的原料，且可用作肥料。另一種重要化合物稱爲‘硫代硫酸鈉’ (sodium thiosulfate,  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ )，可將硫投入亞硫酸鈉 (sodium sulfite) 溶液中煮沸而成。其水化物稱爲‘大蘇打’ (hypo,  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ )，在攝影術的定影法及漂白工業上，應用頗廣。還有一種鈉鹽是‘氰化鈉’ (sodium cyanide,  $\text{NaCN}$ )，是一種白色的固體，其水溶液呈強鹼性，應用於提煉黃金，因其與空氣同在時，能溶解金的緣故。這化合物本身具有劇毒，如與酸類相接觸，就放出極毒的氫氰酸 (hydrocyanic acid, 或 prussic acid,  $\text{HCN}$ )。氫氰酸常供家屋及果園的殺菌消毒之用。

**329. 【鉀化合物】** 鉀化合物與鈉化合物相似；所以只須作極簡要的討論。因其價值較貴，所以在工業上凡可用相當的鈉鹽代替的，都捨去不用。

鉀化合物的分佈極廣。例如許多火成岩中都有牠們的存在。但是在商業上，這些岩石不適於用作製取鉀化合物的原料。

**330. 【用作肥料的鉀鹽】** 在第二十一章中，我們已知氮化合物爲植物生長所必需。鉀化合物對於植物的生長，其需要也不亞於氮化合物。人造肥料大半含有鉀鹽，如圖 194 所示實驗的結果，證明牠是一種貴重的植物食品。植物燃燒時，鉀化合物變成了碳酸鉀，存在於灰分中。例如木灰即能將所需的鉀鹽歸還給土壤。用水提洗木灰，即得碳酸鉀。這是製碳酸鉀的舊法，其製成品叫做鉀灰 (potash)。

因爲要使收穫豐饒，就得於土壤中施用鉀化合物，所以如何取得





圖 194. 證明肥料對於番茄的影響的實驗

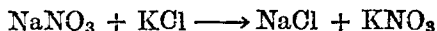
I, 不加肥料; N, 加氮肥料; P, 加磷肥料; K, 加鉀肥料;  
NP, 加氮肥料及磷肥料等。都用瘠土

牠們的問題，關係至巨。氯化鉀產於德國斯塔斯佛特 (Stassfurt) 地方鉀鎂混鹽〔白鹵鹽 (carnallite)] 的大礦牀中。雖然其他地方〔如美國加利福尼亞的栖爾斯湖 (Searles Lake)] 也有天然的礦牀，並且也曾稍稍採用，但始終以斯塔斯佛特所產為鉀鹽的主要來源。當世界大戰時，斯塔斯佛特的來源斷絕，在美國，就有大量的鉀化合物從其自己的礦牀中、水泥工業中(鉀化合物為水泥工業的貴重副產物)、以及加利福尼亞海岸的一兩種大海藻灰中取得。雖然大半的海生植物都含鈉化合物而不大含鉀化合物，可是這一種藻類，卻是重要的例外，這是非常可異的。

331. 【重要的鉀化合物】 氫氧化鉀 (potassium hydroxide), 或稱苛性鉀 (caustic potash, KOH), 其製法一如氫氧化鈉，並且其物理性質與化學性質亦與之相似。在實驗室中，氫氧化鉀可代替氫氧化鈉以作數種特殊用途，但就一般說，這兩種化合物的反應是相同的。碳酸鉀 (potassium carbonate) 與碳酸氫鉀 (potassium bicarbonate) 與相應的鈉化合物相同，惟碳酸氫鉀極易溶於水中。因為鉀化合物

較鈉化合物爲貴，故除採作肥料外，其用途極爲有限。

硝酸鉀(potassium nitrate,  $\text{KNO}_3$ )普通稱爲硝石(saltpeter)，常從硝酸鈉根據下列反應以製得之：



當硝酸鈉與氯化鉀的熱飽和溶液混和後，氯化鈉即沈澱而出，可將其濾去。此時存在於溶液中的爲硝酸鉀，但是還雜有少量的氯化鈉。然後將溶液冷卻，硝酸鉀就結晶而出，因其在冷水中較在熱水中不易溶解的緣故。這個反應全靠物質在不同溫度時的溶解度，其關係見圖 209 中的曲線。

**332. 【與銨化合物的比較】** 在第二十章中，我們已研究過銨( $\text{NH}_4$ )的普通化合物，如氫氧化物、氯化物、硫酸鹽、和硝酸鹽等。這些都是揮發性的化合物，也就是加熱後即行昇華的化合物。牠們和相應的鈉和鉀的化合物極相類似，如牠們的鹽類都爲白色固體，可溶於水，而銨根亦成爲一單價的陽離子。

**333. 【鈉和鉀的火焙檢驗】** 因爲所有的鈉和鉀的化合物都可溶解於水，故不能用任何沈澱反應來檢驗牠們。然而對於這兩種元素卻有一種檢驗，非常靈敏，且能使之與各種其他元素判然地區別。那就是鈉和鉀元素本身及其一切化合物於加熱至高溫度時所發生的光的顏色。

取一條清潔的鉑絲，放在藍色的燈焰中，直至火焰中所有的顏色都消失爲止。所用之燈須爲新燈，以免混有雜質。將鉑絲觸及鉀鹽，而把牠放在火焰邊緣。其次再用一種純粹的鈉鹽，將此實驗重演一遍。

黃色是鈉的一種檢驗。這檢驗非常靈敏，實驗室中所有的火焰，其中若有鈉鹽，總略現黃色。

鉀化合物使同樣的火焰呈紫色。紫色是鉀及其化合物的一種檢驗。然紫色極易為微量鈉鹽的黃色所蔽。要免除這種困難，可於觀察火焰時，隔一藍色玻璃，如是即可阻止黃光，使我們得見有無鉀焰的存在。

331. 【鈉蒸氣燈】 在此燈中，其光係由電流通過鈉蒸氣而來，並非由於熾熱的燈絲。其電極用鎢線圈製成，籍電力加熱，以發生弧光。在真空燈泡中，含有定量的純粹的鈉及少許的氬氣體。此燈發光明亮——以含有氬的關係，初呈紅色，其後即呈金黃色。這種新式燈的效率，約為同樣大小的白熱電燈的三倍。鈉蒸氣燈一出，對於大道上的照明，可說是一大進步(圖 195)。

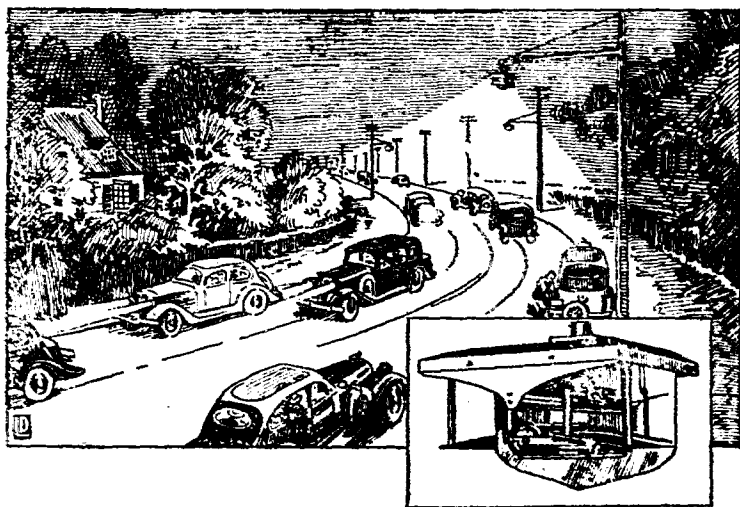


圖 195. 用鈉蒸氣燈照明道路。附置示燈及其反射鏡

335. 【用稜鏡來分散光】 若使一柱日光(或電弧燈所發的光)通過一隙縫而射入暗室中,而在光柱經過的地方放一個稜鏡(圖 196),那光柱就被彎曲折射。若在折射光的逕路中放一白幕,就生成一有色的光帶。這光帶稱為光譜(spectrum)。最顯明的顏色為紅(red)、橙(orange)、黃(yellow)、綠(green)、藍(blue)、靛(indigo)、紫(violet)。若用一凸透鏡將自隙縫中射出的光線集中在幕上,那末幕上的像就更為清晰。

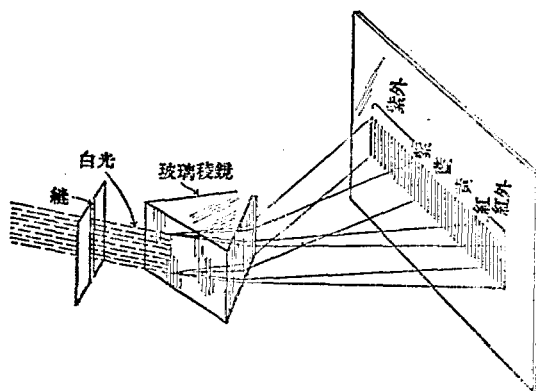


圖 196. 用稜鏡來分散日光

藉了一種靈敏的吸熱器,我們已知太陽還發出較可見光線更長的光波。這種波稱為紅外線(infra-red rays)。我們又可藉太陽光譜的攝影,發見不能應影響於人類視力的更短的光波。這種波稱為紫外線(ultra-violet rays)。

把白光分離成為原色的方法,稱為分散(dispersion)。分光鏡就應用了這個原理。



圖 197 A 用以研究火焰的本生分光鏡

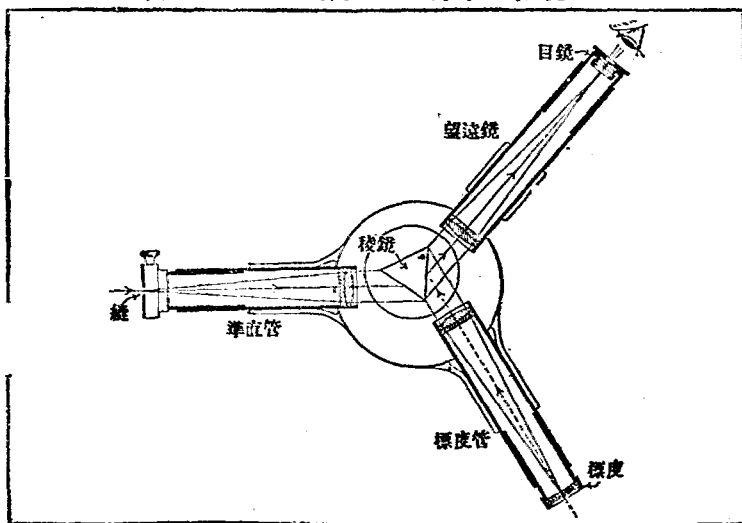


圖 197 B. 本生分光鏡圖解

**336. 【分光鏡的用途】** 檢驗鈉和鉀的更精確的方法是用分光鏡(圖 197)。此器藉一玻璃稜鏡以分析火焰的光。若有鈉存在,就現出一條清晰明亮的黃色線,即使這火焰因有其他物質存在,而呈種種顏色,此線也可清楚地看見。用這方法檢驗其他物質,也各各現出其特有的線(圖 199, 光譜圖)。有幾種元素,具有許多條不同顏色的線,但是不同元素的線,必不互相疊合。因此即使同一物質中含有若干元素,也能一一偵察出來。本生(圖 198)和克希霍夫(Kirchhoff)就用這個分析方法,發見了類似鈉和鉀的兩種新元素,即銻(cesium)和銻(rubidium)。



圖 198. 本生像

(Robert Wilhelm Bunsen, 1811-1899)  
德國名化學家,曾發明實驗室中習用的本生燈,且為應用光譜分析之第一人

太陽光譜經仔細研究後,知其中有許多黑暗的縱線(圖 199, 光譜圖)。這些暗線稱為‘夫牢因和斐線’(Fraunhofer line),其成因係由於太陽氣圍氣的外層中存在著許多氣體元素,能吸收光譜中的特定部分所致。若在實驗室中使一柱白光透過鈉焰,然後自分光鏡中觀察,可見有同樣的效應。即在光譜中與鈉光譜中 D 線同樣的地位,有一暗線。

**337. 【光譜中線的生成】** 讓我們就最簡單的事例氫的光譜來說。要在實驗室中產生氫光譜,可用一真空的玻璃管,如圖 200 所示,將空氣抽出,而導入少量的氫。然後在管的兩端接連一感應線圈,而以電流通過此氣體。若檢視由這樣一個氫管中發生出來的光,

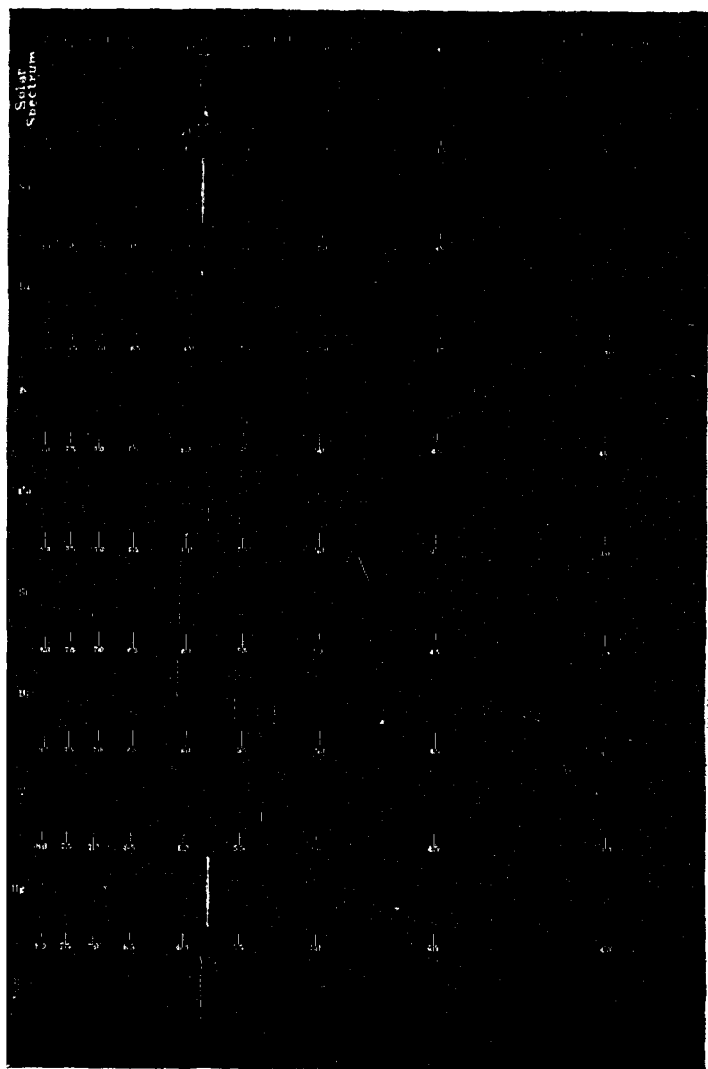


圖 199. 光 譜 圖

即得一附有彩色線系列的明線光譜(參看光譜圖)。第一線是紅的,第二線是藍的,第三線是紫的。在紫線附近及紫外部分還有好幾條線,不過這只能用照相乾片纔能測知其存在。

丹麥物理家波爾(Niels Bohr)所創的原子構造的電子論,對於這些線的如何產生,給以極滿意的解釋。我們可以假定,氫原子是由一個核及一

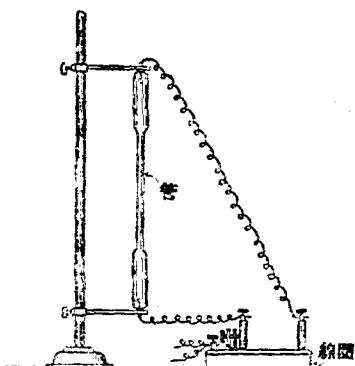


圖 200. 氫管

個在空間中繞核的單獨電子所成。我們想像這個電子可以占據許多一定的殼(shell)即能位(energy level),此種殼從核邊起,區別為1,2,3,4,5等。在常態的氫原子中,這電子通常占據第一殼。若給原子以能,如在盛氫的真空管中放電時,則電子即能躍至較高的能位,即較外的殼,如2,3,4等。更或這電子竟完全飛出原子之外,如氫離子( $H^+$ )的情形。但當激動停止時,電子即從較高的能位掉落到

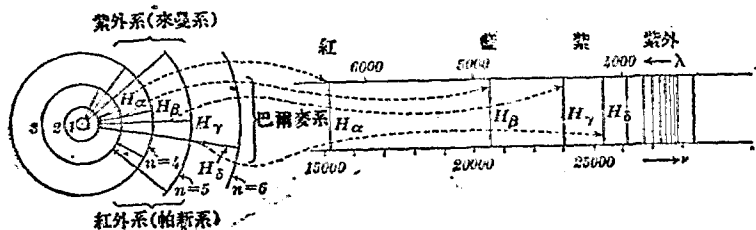


圖 201. 能位 1, 2, 3, 4, 5 及氫光譜中的可見線

光譜上的數指波長( $\lambda$ ),以埃單位(Angström unit, 略作 A.U.)表之。一埃等於千萬分之一毫米。光譜下的數指每釐米中的波數( $\nu$ )。圖示可見光譜中的線,係由電子從外殼(較高能位)掉入核外第二殼(第二能位)所致



較低的能位；即從較外的殼躍入較內的殼。在從較高能位掉落到較低能位的過程中，能即逸出而成爲光〔光子 (photon)〕。能的降低愈大，光的波長愈短。這情形如圖 201 的圖解所示。我們在光譜中所見的色線，就是這光或能。

波爾藉能的量子論 (quantum theory) 之助，苦心地闡明此說，對於各種元素的明線光譜中所見的許多線，都給以別開生面的解釋。當然，他所謂的能位，只是他的假說罷了。現在我們要知道，這些能位是怎樣來的。

我們應記住，波爾作了兩個新奇的假說：第一，電子能在閉合的軌道中環繞而不會輻射出牠的能；第二，分立的軌道僅只限於一定的若干個。這些都是根據了某種量子情形而決定的，本書中當然不能詳論。然而波爾的學說，不僅涉及四條氫線， $H_{\alpha}$ ,  $H_{\beta}$ ,  $H_{\gamma}$ ,  $H_{\delta}$  (第一條最強的線在紅色中，第二條在藍綠色中，第三及第四條在紫色中)，還涉及紫外光譜中的一個相似的系列〔來曼 (Lyman)〕和紅外光譜中的另一系列。這個學說對於氫光譜，若用實驗來覆證，亦絲毫不爽。可惜波爾的理論應用到別的元素上去，卻不能得到這樣滿意的結果。

## 第二十四章 摘要

【鈉鹽、鉀鹽、銨鹽】 所有鈉、鉀、銨的鹽類至少都略溶於水，其離子都爲單價陽性。

【碳酸鹽】 碳酸鹽存在於植物灰中。碳酸鈉由蘇爾偉法製造之。其法，係使二氧化碳與氯化物的氨溶液相作用，生成了酸式碳酸鹽，然後再將酸式碳酸鹽加熱，即得碳酸鹽。

【碳酸鹽的用途】 碳酸鹽用於洗滌粉及製造肥皂和玻璃。碳酸氫鈉為焙用粉的一成分，又用於化學滅火器。

【碳酸鹽的溶液】 碳酸鹽溶液呈弱鹼性反應，因其與水中的氫離子結合而成不離解的碳酸，致有過量的氫氧離子遺留了下來。這個作用稱為水解。

【水解】 水解是水對於溶解物質的作用，與簡單的水化作用不同。由弱酸與強鹼所成的鹽類呈鹼性反應。由強酸與弱鹼所成的鹽類呈酸性反應。

【鉀化合物】 鉀化合物為陸地植物生長的要素，故都用作肥料。其主要來源為德國的斯塔斯佛特礦牀。

【鈣化合物】 鈣化合物在許多方面都與鈉及鉀的化合物相似。

【鈉焰和鉀焰】 鈉化合物使本生燈焰變黃色；鉀化合物使本生燈焰變紫色。

【分光鏡】 用分光鏡分析火焰的光，使成為特殊的色線，可偵知極少量的鈉和鉀的存在。

### 問題和習題

1. 試舉得維在化學領域中的兩大重要發現。
2. 為什麼古代人不知道鹼金屬？
3. 金屬鈉有何用途？
4. 寫出鈉在空氣中燃燒的反應方程式。
5. 焙用粉何以用於烹飪？
6. 一切焙用粉的共通成分是什麼？
7. 在製發酵麵包中，用什麼來代替焙用粉？
8. 怎樣表示植物中有鉀化合物？

9. 鉀鹽的大礦牀在什麼地方?
10. 為什麼苛性鈉較苛性鉀為廉?
11. 銨鹽的何種性質與鈉、鉀等鹽類相同?
12. 分光鏡是何時何人發明的?
13. 怎樣檢驗與鈉化合物共同存在的某化合物是否為鉀化合物?
14. 寫出製氫氧化鈉的三種方法的方程式。
15. 將一條氫氧化鈉暴露在空氣中,初時變成液體;但若仍讓牠久置在空氣中,歷數月後,即乾燥而變為白色的粉末。試解釋之。

\* \* \*

16. 為什麼在焙用粉罐的封皮上,印着‘用後將罐蓋密閉,放置乾燥之處’?
  17. 明礬與碳酸氫鈉同用於焙用粉中時,稱明礬為‘酸性’物料(§325)。試解釋之。
  18. 試解釋碳酸鈉的水溶液何以遇石蕊質呈鹼性反應。
  19. 賽德立茲粉(Soidlitz power) 溶在水裏就發生起泡作用。試解釋之。(賽德立茲粉為一種沸騰散,其中以白紙包的含酒石酸,以藍紙包的含碳酸氫鈉及洛瑟爾鹽。)
  20. 若是病人誤將賽德立茲粉分別服用,將如何?(慎勿試驗!)
  21. 寫出必需的方程式,以表示變(a)氯化鈉為碳酸氫鈉;(b)碳酸氫鈉為硫酸鈉的反應。
  22. 鉀化合物在自然界的儲量約與鈉化合物相等。為什麼鉀的來源更為我們所重視?
  23. 試解釋用定量的氫氧化鈉以中和一種酸,何以較用等量的氫氧化鉀為有效。
  24. 你以為鉀或鈉的任何鹽類,溶解在水中後,會成酸性溶液嗎? 試解釋之。
  25. 試比較氯化鈉與硝酸鉀的溶解度曲線(圖 209)。這兩種鹽類溶解度的不同,有何實際的利用?
  26. 在實驗室中怎樣區別碳酸鈉與碳酸氫鈉?
  27. 波爾關於原子的理論,怎樣解釋鈉與鉀的光譜?
- \* \* \*
28. 電解 60 克的氫氧化鈉,可得鈉多少克。
  29. 某滅火器能容碳酸氫鈉溶液 2.5 磅。若要把其中的二氧化碳盡行釋出,需用硫酸(98% 的  $H_2SO_4$ ) 多少磅?
  30. 從 100 磅的碳酸氫鈉中可得碳酸鈉多少磅?

## 進修研究題

【食鹽】食鹽爲什麼被稱爲一切化學工業的基石之一？牠與人生的直接關係是什麼？從食鹽造成的那兩種物質，爲每一家庭所有？食鹽最廉價的來源是什麼？（商務版，最新化學工業大全第2冊）

【星體的化學】分光鏡怎樣能使天文學家知道星體中所有的化學元素？太陽系的或然的起源爲何？（陳蓮嬌編譯宇宙壯觀，商務版。）

## 第二十二章至第二十四章複習題

1. 列舉非金屬元素及金屬元素的名稱。
2. 下列鹽類的溶液，各呈何種反應（酸性、鹼性或中性）：(a)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ；(b)  $\text{NaCl}$ ；(c)  $\text{KCl}$ ；(d)  $\text{K}_2\text{SO}_3$ ；(e)  $\text{CuSO}_4$ ；(f)  $\text{NaC}_2\text{H}_3\text{O}_2$ ；(g)  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ；(h)  $\text{KNO}_3$ ？
3. 用化學式寫出下列各反應的方程式：(a) 硝酸銨（加熱）；(b) 銅與硝酸（稀）；(c) 一氧化氮與氧；(d) 硫酸銨與氫氧化鈉；(e) 溴化鈣與氯。
4. 1630年以前所知道的元素有那幾種？爲什麼？爲什麼鹵金屬與鹼土金屬都在1807年頃發現？爲什麼不早幾年發現？
5. 普通的糖加熱後，即放出多量的水而變成了黑色物質。洗滌蘇打晶體加熱後，卻放出多量的水而變成了白色粉末。試比較這兩個變化的化學作用。
6. 列舉存在於氯水中的八種物質的名稱。（記住離子是物質。）
7. (a) 世界大戰中最初用作兵器的是何種毒氣？(b) 這一次的毒氣攻擊發生於何時何地？(c) 以後陸續採用的是何種毒氣？(d) 取何種形式。
8. 略述怎樣 (a) 自氯化銨製氫氧化銨，(b) 自磷酸鈉製磷酸，(c) 自碘化鉀製碘；(d) 自氯化鈉製硫酸鈉；(e) 自氯化鈉製碳酸鈉。
9. (a) 鈉化合物的天然來源是什麼？(b) 怎樣製金屬鈉？(c) 舉出五種鈉的化合物的化學式及用途。
10. 硝酸鉀的溶解度，就一般而論，較之氯化鈉的溶解度（圖209），同異若何？

\* \* \*

11. 詳敘一實驗以鑑定 (a) 一溶液是否飽和；(b) 一無色水樣是否溶有固體物質；(c) 水內是否溶有空氣；(d) 一鹽類是否會潮解；(e) 一酸溶液是否稀淡。
12. 寫出自碳酸鈉製氫氧化鈉的兩種不同方法的方程式。

13. 有人問哈姆夫利·得維爵士，他的最大發現是什麼，得維答道：‘密開爾·法拉第 (Michael Faraday)。試解釋之。
14. 說化學元素‘以其友朋而為世人所知’，是何意思？
15. 依據波爾理論，試作最初二十元素的原子構造圖解。

\* \* \* \*

16. 試計算由加熱 21.3 克的氯酸鈉 ( $\text{NaClO}_3$ ) 所解放出來的氧的容積(於  $27^\circ\text{C}$ . 及 740 毫米時計量)。參看附錄中的氣體定律。
17. 於  $20^\circ\text{C}$ . 及 5 大氣壓下製 2 升的氯，問需氯化鈉多少仟克？
18. 用蘇爾偉法製 50 仟克的碳酸鈉，(a) 能生成氯化銨多少仟克？又 (b) 在標準狀況下之二氧化碳多少立方米？

## 第二十五章

### 磷 族

磷族的特性。磷及其製法與性質——火柴——打火机——磷酸——  
用作肥料的磷酸鹽——用作清淨劑的磷酸三鈉——磷化鈣信號。 砷和銻。  
鉍。 有用的合金。

338. 【磷族的特性】 氮、磷、砷、銻、及鉍等元素，往往稱之爲磷族 (phosphorus family) 或氮族 (nitrogen family)。試檢視週期律表(頁 307)，即知其第 V 屬，且每一元素各處於所在週期(或爲長週期或爲短週期)之末的第三位。根據以前各章所述，此種元素的化學行爲，應有一定的規律。實際上，這推論確與事實相符。例如本族中各元素的氧化物都具酸性，與二氧化硫和三氧化硫一樣。關於硝酸和硝酸鹽前已有詳細的討論。有趣的是：磷酸鹽也和硝酸鹽一樣，是植物生長的要害，在肥料的製造上，至關重要。磷族元素較之鹼金屬或鹵族更有個性，也就是各元素相互間的差異更爲顯著。然而這種差異實在只是依着原子量的遞增，而作性質的逐漸變異。

因爲這些元素的外層的殼中，都含有五個電子，故可想見每一原子都須取得三個原子，以完成其外層的殼。同時更可想見各原子都是三價非金屬。但是銻與鉍的行爲卻近於金屬，意即容易失去五個電子而不易取得三個電子。因此我們必須預料磷族的各元素有兩

種原子價：如在  $\text{PH}_3$  中爲三價，在  $\text{PCl}_5$  中爲五價。

## 磷

**339. 【歷史和所在】** 在十七世紀中葉，有老哲學家（煉金術家）名叫布蘭特 (Brandt) 的，欲找尋一種會變一切爲黃金的物質，卻於無意中發現了磷 (phosphorus) 這元素。大約在百年以後，瑞典藥劑師舍雷始從骨中製得了磷。但是一直到 1833 年纔開始製造火柴；於是磷漸爲一般人所知，而價值也低廉了。

磷在自然界常成爲磷酸鹽而存在。摩洛哥 (Morocco) 以及美國 的南部與西北部各地，都有豐富的磷酸鹽礦牀。骨和齒都含有大量的磷酸鈣 [calcium phosphate,  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ]，其所具強度和剛性，就由於此。動物的肌肉、神經、和腦，都含有極複雜的磷的有機化合物。而一切蔬菜食品，差不多也都含有磷化合物，人體中的複雜磷化合物，就由食品中的磷化合物在身體內造成。至於植物自身，同樣必須從土壤中攝取可溶性的磷酸鹽類，纔得成長。

**340. 【怎樣製得磷】** 磷係將磷酸鈣礦（磷灰石）與焦炭和砂 ( $\text{SiO}_2$ ) 在適當的電爐中加強熱而製得（圖 202）。

我們可把磷酸鈣 [ $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ] 當作由  $3\text{CaO}$  和  $\text{P}_2\text{O}_5$  兩種氧化物所組成。氧化鈣似乎與砂結合

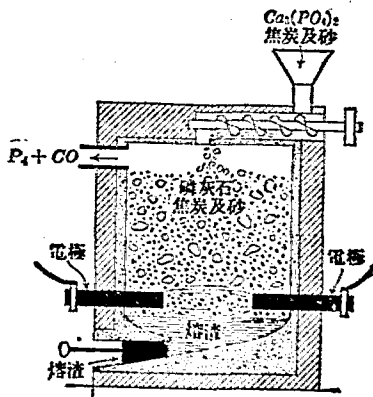
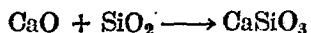
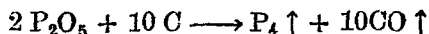


圖 202. 在電爐中製磷

而成矽酸鈣，此物融為熔渣，可自底部將其除去：



磷酸酐(phosphoric anhydride,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) 被碳還原如下：



這種氣體的產品都從管中通出，而使磷在水底下冷凝。再經提淨以後，就將其範成條狀。

電爐兩極間的電弧，供給了必需的熱。這熱由於電流遇到了電阻而發生，又因為所生的熱被幽閉在狹小的空間中，故能達到這方法所需要的高溫。

**341. 【磷的顯著的性質】** 由上法製得的磷，為白色蠟狀的固體，其熔點為  $44^\circ \text{C}$ ，沸點為  $287^\circ \text{C}$ 。具有極強的毒性。牠最顯著的性質為其著火的溫度極低（於  $35^\circ \text{C}$  即起自燃），故必需保存於水中，並割切於水中，因為即使是小刀的摩擦，已足使其着火而燃。磷的取攜必須十二分地小心（切不可用手指），因其所引起的灼傷，嚴重而有劇毒。磷不溶於水，但能溶於其他液體如二硫化碳中。

磷暴露於暗室中，就能發光；也就是磷雖在低溫度時，也能發光。當一物體發光時，我們總以為這東西必定很熱。因為事實上，大多數的物體，都必須熱至  $600^\circ \text{C}$  或以上，纔能發光。但是大家都知道，螢火蟲 (glowworm)、土螢 (lightning bug) 以及許多發磷光的海產動物，都有發射無熱之光的能力。這稱為無熱發光 (luminescence)。

**342. 【紅磷】** 當上述的白磷 (white phosphorus) 在隔絕空氣的容器中加熱至  $250^\circ \text{C}$  時，就變成一種同素異形體，稱為紅磷 (red



phosphorus)。紅磷爲暗紅色的粉末，略較白磷爲重，其化學性也不如白磷那樣的活潑。紅磷不溶於二硫化碳，無毒性，故不需保存於水中。紅磷並不熔解，加熱後即直接化爲蒸氣。這蒸氣的克分子量約爲 128 克，相當於分子式  $P_4$ 。若把這蒸氣急速冷卻，就生白磷，但白磷在常溫時又逐漸變爲紅磷。布立治曼 (Bridgman) 又曾製得過另一種同素異形體。他將白磷加熱至  $200^\circ C$ 。而施以巨大的壓力(每平方釐米 1200 仟克)，就得到了比紅磷更重的黑磷(black phosphorus)。

**343. 【兩種火柴】** 普通的摩擦火柴 (friction matches) 大約發明於 200 年前。因爲磷的燃點很低，故在火柴製造上使用已久。舊法，在木梗的一端，塗以含有白磷、膠質以及氧化劑如二氧化鉛 ( $PbO_2$ ) 等的藥糊。待藥頭乾燥後，即浸以假漆，使與空氣隔絕，就成火柴。因爲在火柴製造中，工人攜取白磷，往往會中嚴重的磷毒，所以現在各國政府已訂有國際條約，禁止各火柴廠應用白磷，而用一種無毒的磷化合物稱爲三硫化四磷 (phosphorus sesquisulfide,  $P_4S_3$ ) 代之，可與白磷一樣適用。在擦火柴時，由摩擦作用所生之熱，使三硫化四磷溫度升高，同時因有氧化劑的存在，故當即着火；於是這燃燒的熱，又點燃了木梗。要使藥頭更容易燃燒，通常都先將木梗在石蠟中浸過(圖 203)。這種火柴可以隨處擦燃 (strick anywhere)，故稱爲摩擦火柴。

安全火柴 (safty matches) 上所附的藥頭，爲一種氧化劑如氯酸鈉 ( $NaClO_3$ ) 及一種可燃物質如三硫化二銻 ( $Sb_2S_3$ ) 的混合物。火柴盒兩邊所塗的藥膜爲紅磷、和用以增加摩擦的少量玻璃粉、以及膠

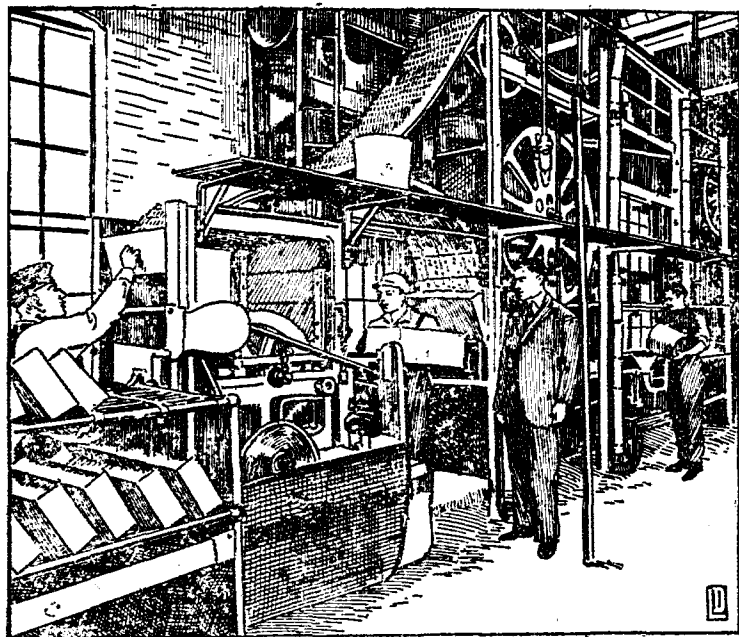


圖 203. 在製造中的千百萬火柴。插在穿孔板上的木梗隨着無限鏈輪的運轉，而完成上藥和乾燥等手續

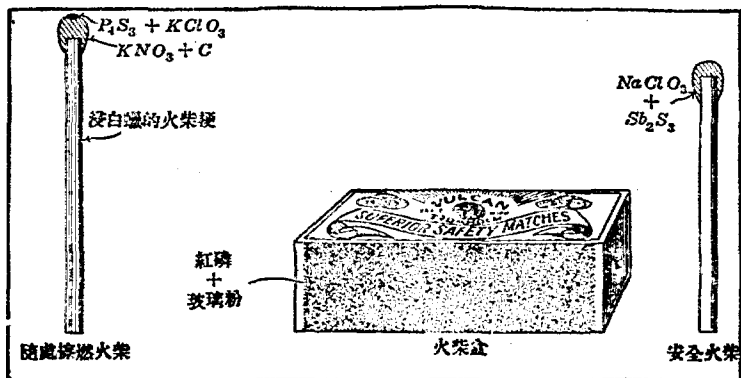
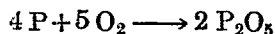


圖 204. 表示兩種火柴組成的圖解

質(圖 204)等。當火柴摩擦時，產生足夠的熱以點燃與藥頭接觸的小粒的紅磷，於是藥頭就着火而燃。在安全火柴中，最易燃燒的物質(紅磷)和氧化劑是分在兩處的。只有把這兩種物質互相摩擦，纔能着火。所以安全火柴必須在盒邊上摩擦。

344. 【打火器】在若干年前，舊式的火刀火石，又以‘打火器’(cigar lighter)的形式而出現。所用的火石已代以鐵鈾(cerium)合金。這合金含有30%的鐵，和70%的鈾。鈾是一種稀有金屬，由巴西所產的一種礫石中提煉而得。當一個鋼輪擦過鐵鈾合金時，這合金就發出一陣明亮的火花，而把吸足了汽油的紗芯點燃(圖 205)。這樣你就得到一個比火柴更耐燃更不易吹滅的火焰。一仟克的鐵鈾合金可以做成約五千塊火石或發生約五百萬個火花。

345. 【製磷酸】當磷在充分的氧氣中燒燃時，就生成一種白色的粉末，就所謂五氧化二磷(phosphorus pentoxide,  $P_2O_5$ ):



五氧化二磷最特殊的性質是有極強的吸水性。又因其與大多數氣體不起化學作用，所以若令氣體通過盛有五氧化二磷的玻璃管，就可使之完全乾燥。

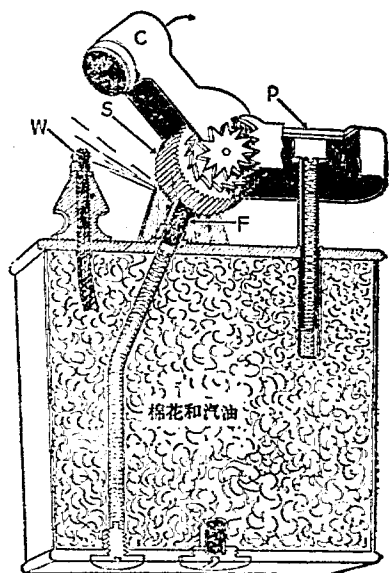
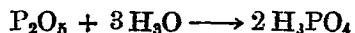


圖 205. 打火器  
W, 紗芯; F, 所謂火石, 實即鐵和鈾的合金; S, 鋼輪。在 P 處一按, 蓋子 C 即躍起而發生火花, 將汽油蒸氣點燃

五氧化二磷溶於沸水中，就生成磷酸 (phosphoric acid):



市售的磷酸為濃度 85% 的糖漿狀的稠厚液體，在從前，係以硫酸作用於磷酸鹽礦〔磷酸三鈣(tricalcium phosphate)〕而得。最近已有一種新的商業方法〔熱法(thermal process)〕，即先將磷酸鹽礦混以砂土和焦炭在電爐中還原為磷，如第 340 節所說明；然後通入空氣，使磷蒸氣氧化為五氧化二磷；更藉水的作用，而使之變為磷酸。

磷酸不像磷那樣地有毒性，反為動植物生命絕對不可缺的要素。

346. 【用作肥料的磷酸鹽】 因為磷酸是三鹼酸，故可為金屬取代其一個、二個或三個氫原子而成三種鹽類。在美國佛羅里達 (Florida, 圖 206)、佐治亞 (Georgia)、田納西 (Tennessee)、和卡羅來納 (Carolinan) 等州所產的磷酸鹽礦，大部分係由磷酸鈣 [calcium

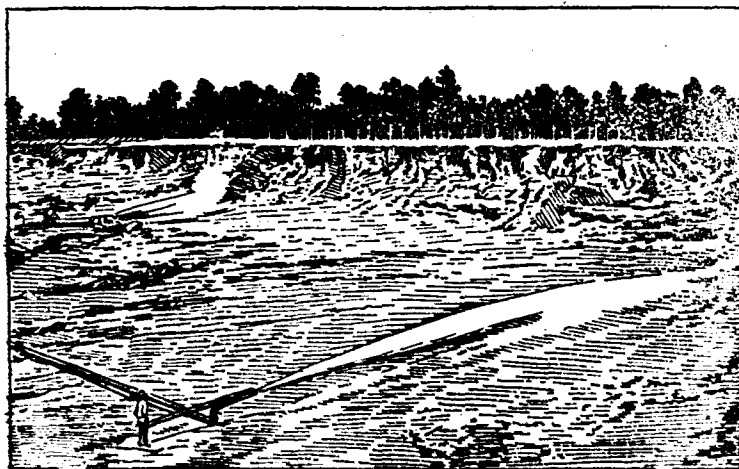
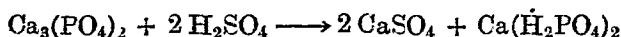


圖 206. 在佛羅里達皮爾斯 (Pierce) 附近用水力開採磷酸鹽礦的情形

phosphate,  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ] 所組成。因為這種磷酸鹽幾不溶於水,故藉硫酸的作用而將其變成較易溶解的磷酸二氫鈣[calcium dihydrogen phosphate,  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ ]:



結果所得的硫酸鈣與磷酸二氫鈣的混合物,就所謂過磷酸石灰(superphosphate of lime),可用作肥料。

若是用‘熱法’製磷酸的費用能極度減低,那末所得廉價的磷酸,就可用以製造磷肥料。這樣的發展,在最近的將來,也許可成事實。

### 347. 【為什麼要用肥料?】

自從德人利比喜(圖 207)創立了農業化學(agricultural chemistry)以後,肥料的組成與用法就成為這一學科中的一個重要的研究題目。

我們已知要保持土壤的肥沃,就得供給以三種物質: (1) 氮化合物,

(2) 鉀化合物, (3) 可溶性磷酸鹽。

市上出售的肥料,通常都是這三種基礎物料的混合物。但是肥料的組成,必須隨所栽農作物的需要和土壤的成分而異。譬如有些土壤需要石灰,因為其中含有多量的由蔬菜類植物分解而成的酸類。像穀類和草類等農作物,都不宜種



圖 207. 利比喜 (Justus Liebig, 1803-1873). 德國大化學家及教師, 為近代農業化學的創立者

植於酸性的土壤，故須撒佈消石灰  $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$  以中和之。

**348. 【作為清淨劑的磷酸三鈉】** 磷酸三鈉 (trisodium phosphate,  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ) 可用為家用去垢粉的主成分，近年來，其消費量已日漸增加。這化學品之所以能用作清淨劑，是由於牠在水溶液中大部分能依下列方程式而起水解 (§ 326)：



因此磷酸三鈉的溶液是呈鹼性的，並且和氫氧化鈉一樣，能夠溶解油脂。因為這水解作用只是部分的，所以其中氫氧離子的濃度決不會像相應的氫氧化鈉溶液那樣地高。因此苛性鈉 (氫氧化鈉) 的腐蝕作用就得大大地免除。然而磷酸三鈉的水解作用卻遠較碳酸鈉 ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) 為普遍，所以磷酸三鈉溶液的鹼性，也遠較碳酸鈉即洗滌蘇打溶液為強。茲將幾種普通清淨劑的相對鹼度 (relative alkalinity) 列舉如下表：

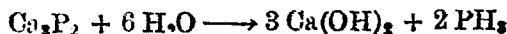
1 升中  $\text{OH}^-$  離子的近似克數

氫氧化鈉, 0.25 克分子 (約 1%)	4.00
磷酸三鈉, 0.25 克分子	0.50
碳酸鈉, 0.25 克分子	0.05
氫氧化鈉, 0.25 克分子	0.05

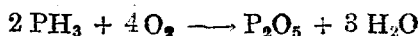
**349. 【用於信號的磷化鈣】** 磷化鈣為鈣與磷的化合物，其分子式為  $\text{Ca}_3\text{P}_2$ ；由磷混和磷酸鈣在電爐中加熱而製成：



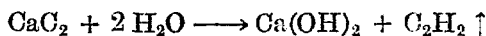
商品的磷化鈣為紅棕色的固體，能與水起反應而放出磷化三氫 (phosphine,  $\text{PH}_3$ )：



但磷化三氫在空氣中即能着火自燃：



在洋鐵罐中貯以碳化鈣和磷化鈣的混合物，就成所謂和護茲信號光 (Holmes's signals)。需要發光時，可把牠兩端開孔，而投於水中：

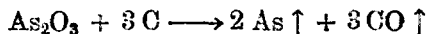


由碳化鈣與水反應而生的乙炔 ( $\text{C}_2\text{H}_2$ )，為磷化三氫所點燃，就能發光照耀於海面。

## 砷 和 銻\*

本族中的其次兩屬員為砷 (arsenic) 和銻 (antimony)。牠們的外觀很像金屬，而牠們的物理性質也不像氮或磷。然而他們的化學行為卻根本是非金屬的。

**350. 【所在和製法】** 我國銻的產量，占世界第一位，年產量約占世界總產額的 67%。其主要產地為湖南新化縣的錫礦山，據估計，該處純銻儲量達二百二十萬噸之多。其餘如廣西、貴州、雲南、四川等省，也有重要的銻礦。砷和銻在自然界都成為硫化物而存在。原礦經煨燒後，就成為氧化物，然後用焦炭將其還原而製得之。天產的硫化物，大半都含有若干量的砷。當原礦被氧化時，二氧化硫成為氣體而去逸，三氧化二砷 (arsenic trioxide,  $\text{As}_2\text{O}_3$ ) 則成為固體而遺留於煙道中。若將這沈積物用碳還原，亦得元素的砷：



\* 砷、銻、銻的研究，在較短的化學教程中，不妨略去。

**351. 【性質和用途】** 砷和銻都有銀白色的金屬光澤。 砷在空氣中極易發曇，銻則經久不變。 製小鉛彈時常在鉛中加入少量的金屬砷（約為0.5%）。 因為砷能減低溶劑鉛的凝固點，當熔鉛從製彈塔頂滴入水中時，其凝固的時間經相當延長，故在未曾入水被冷卻之前，即已練成圓形了。 牠又能增加熔鉛的表面張力，並使鉛彈得到所需的硬度。

粉末狀的銻，即所謂鐵黑 (antimony black)，用以塗飾石膏像，使之具有暗黑色的金屬光澤。

當砷和銻燃燒時，就分別生成氧化物‘三氧化二砷’ ( $As_2O_3$ ) 和 ‘三氧化二銻’ (antimony trioxide,  $Sb_2O_3$ )。 三氧化二砷就是國藥中的所謂‘白砒’ (white arsenic)，有劇毒；若是把牠和銅鹽的水溶液相混合，就成爲一種極有效的殺蟲劑，稱爲‘巴黎綠’ (Paris green)。 砷和銻的氧化物都是弱酸的酐，極易氧化而成砷酸 (arsenic acid,  $H_3AsO_4$ ) 和銻酸 (antimonic acid,  $H_3SbO_4$ )。 在這種高級酸中，砷和銻的原子價爲五。 鉛和鈣的砷酸鹽 (arsenates) 常用以噴灑植物，使嫩葉不爲蟲害。

砷和銻有時又具金屬的特性，因爲牠們所成的某種化合物，在水溶液中能生成低濃度的  $As^{+++}$  離子和  $Sb^{+++}$  離子。

## 銻

**352. 【銻及其化合物】** 本族中的最後屬員爲銻 (bismuth)，是一種略具非金屬性質的金屬，並非重要的物質。 加以強熱，銻就燃燒而生成三氧化二銻 (Bismuth trioxide,  $Bi_2O_3$ )。 三氧化二銻實爲一鹼式氧化物，能成生鹽類如硝酸銻 (bismuth nitrate,  $Bi(NO_3)_3$ ) 等。 若將硝酸銻放在水中，就生成一種白色可溶性的‘鹼式硝酸鹽’ (basic nitrate,  $BiONO_3$ )，應用於醫藥，通稱爲‘次硝酸銻’ (bismuth subnitrate)。



**353. 【錫和鈹的有用合金】** 常用以製造低熔點的合金。例如‘武德金’ (Wood's metal) 含有鈹、鉛、錫、鎳等，其熔點為  $60^{\circ}\text{C}$ 。這溫度比之其中任何一成分的熔點為低。武德金常用於消防上的噴水裝置 (sprinkler system) 中。在備有用這種合金為插頭的噴水裝置的室內，如果一旦發生火警，那插頭 (圖 208) 就立即熔解，而任水流噴出，將火撲滅。這種合金又為製‘保險絲’ (fuse)、汽鍋的安全插頭、以及自動關閉防火門和防火簾設備中所用縫環等的重要材料。

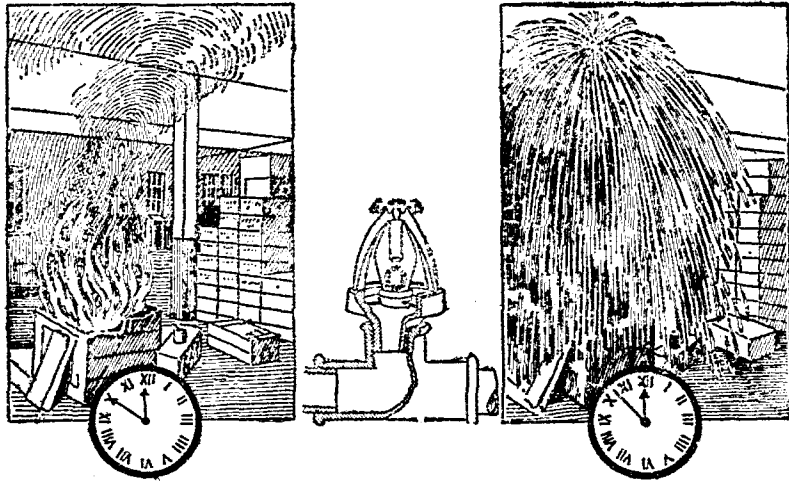


圖 208. 易熔插頭為自動噴水裝置中的主要機構。

熱熔解了易熔合金，水就源源流出

用錫加入鉛和錫中，將其熔解而製得的合金，稱為‘活字金’ (type metal)。活字金在凝固時有稍稍膨脹的特性，故可用以澆鑄鉛字。巴比金 (Babbitt metal) 含有與活字金同樣的成分，不過比例不同，並且還加入少量的銅。這種合金有抗摩擦的作用，可用以澆鑄機械上的軸承。因為合金中較硬的粒子，受壓後即陷入較軟的造型物料 (matrix) 中，故常得保持着光滑的表面。

## 第二十五章摘要

【磷族】 磷族包括氮、磷、砷、銻、鉍等元素。

【磷】 磷為動植物的一種重要成分。最常見的同素異形體為白磷和紅磷。

白磷	紅磷
熔點 44° C.	不熔解
有劇毒	無毒
燃點低	燃點高
溶於二氧化碳	不溶解
在空氣中發磷光	不發磷光

紅磷和磷的硫化物供製造火柴之用。

【磷酸鈣】 磷酸鈣為製造肥料的重要原料。

【砷和銻】 砷和銻的物理性質與金屬相似。牠們都能在空氣中燃燒，其生成的氧化物為酸酐。牠們生成的化合物，都有低濃度的三價陽離子。砷化合物有劇毒。銻為活字金及其他合金的一成分。

【鉍】 鉍是一種模式的金屬；用以製造某種低熔點的合金，如保險絲、活字金及巴比金等。

### 問題和習題

1. 磷在何時為何人所發明？
2. 美國磷工業的主要中心地為什麼在尼亞囉拉瀑布 (Niagara Falls) 附近？
3. 試舉磷以外有同素異形體的元素三種。
4. 試就下列各項，比較白磷與紅磷：(a) 活潑性；(b) 毒性；(c) 在二氧化碳中的溶解度；(d) 密度。
5. 為什麼紅磷比白磷為穩定？
6. 完全肥料所必需的三種元素是什麼？

7. 試述過磷酸石灰所以為良好肥料的三種理由。
8. 磷酸鉀銨有時用作濃全肥料 (concentrated fertilizer)。其理由若何?
9. 像磷酸等每分子含有三個可被取代的氫原子,應有何名稱?
10. 用尋常的摩擦火柴有何危險?
11. 安全火柴上有任何種類的磷麼?
12. 怎樣使火柴頭容易燃燒?
13. 列表示 (a) 普通摩擦火柴和 (b) 安全火柴的藥頭的組成。何者較為安全? 為什麼?
14. 舉示易熔合金的三種實際用途。
15. 現今磷的化合物中最有用的為磷酸鉛, 試說明其原因。  
\* \* \*
16. 活字金有何種主要特性適於作活字之用?
17. 鎊保存在火油中, 磷保存在水中。試解釋之。
18. 磷酸能生成幾種鹽類? 試寫出牠的三種銨鹽的分子式。
19. 下列各物質有何種用途: (a) 三硫化四磷; (b) 巴黎綠; (c) 磷黑。
20. 磷酸三銨的溶液遇石蕊紙變藍色。試解釋之。這對於牠作為清淨劑的作用, 有何關係?  
\* \* \*
21. 要處理一噸的磷酸鹽礦, 需硫酸多少噸? 假定硫酸的純度為 50%, 而磷酸鹽礦中所含的磷酸鈣為 70%。
22. 燃燒 6.2 克的磷, 能生成多少克的五氧化二磷? 需氧(標準狀況)多少容積?
23. 若 53.4 仟克不純粹的磷酸鹽礦, 含有 58% 的  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ , 混以足量的焦炭和砂, 在電爐中加熱, 能製得磷若干仟克?

### 進修研究題

【肥料】為什麼土地上需要肥料? 肥料中必需含何種元素? 製造肥料的原料, 在自然界中的供給是否充分? 影響作物的其他因素, 除了肥料外, 還有些什麼? (沙玉彥 編創的化學, 新亞版; 彭家元 著肥料學, 商務版。)

## 第二十六章

### 溶液, 懸濁液, 和乳濁液

溶液的重要, 溶劑——飽和溶液——溶解度——結晶——過飽和——溶液的沸點和凝固點——氣體在液體中的溶液——溶液的性質——滲透作用。

懸濁液和乳濁液——膠體——膠體質點的大小——膠體的重要——布朗運動——膠體的製法——洗滌——保護作用——凍膠——在氣體和固體中的散佈作用。

**354. 【溶液的重要】** 溶液不但對於化學家極為重要, 就是對於一切生物也是十分重要的。我們的食物必須在消化時經過溶解, 纔能輸入血液, 而變成肌肉和骨骼。植物也只能吸收土壤中已成溶液的含氮物質和礦物質。這些溶液進入根部, 就成為漿液而輸送到植物的生長部分。

在美國的西部, 有許多地方從前都是沙漠, 但經灌溉以後, 就成為肥沃的土壤。因為地上有了水分, 就可溶解土壤中已有的植物食品, 而使之可為植物所吸收。所以土壤中的任何物質, 若不先經溶解, 就決不能作為植物的食品。

或則有人要問, 那末‘乾耕法’ (dry farming) 便怎樣呢? 原來在乾旱的地方, 可藉深耕和經常而普遍的表層耕耘, 以防止有限量的溼氣的蒸發。經若干時後, 土壤中就留有相當量的溼氣, 足夠供作物的生長。在有些地方雨水極少, 致作物只能兩年成熟一次。故所謂乾耕, 只是保存土壤中的溼氣, 使植物得有溶解其食物所需的水分的耕種方法。

**355. 【各種溶劑】** 在第六章中，我們已經見到，水是許多物質最佳的溶劑。這對於酸類、鹼類和鹽類等的化合物，更為確切。除水以外，還有幾種其他液體也具有相當的溶劑力。例如醇可以溶解多種為水所不能溶解的物料，如蟲膠 (shellac) 之類。有些物質如脂肪、蠟、橡膠等，都不溶於水，卻能溶於某種有機化合物如乙醚、四氯化碳、二硫化碳、和汽油等液體中。因此，當我們要把某種物質製成溶液時，就得以實驗找出最適宜的溶劑。這事實可利用以除去衣服上的污點。若污點為鹽和糖，我們就用水來將牠除去；若污點為油脂，我們就用汽油、四氯化碳 ( $\text{CCl}_4$ ) 或類似的物質來除去牠。要除衣服上的油漆，我們就得用松節油或乙醚，因為這些是溶解油漆中所用油類的唯一溶劑。

**356. 【溶液於何時飽和?】** 溶劑溶解物料的分量，都有一定的限度。這限度隨溶質和溶劑的性質而有極大的變動。如 100 克的水在  $20^\circ\text{C}$ . 時能溶 34 克的氯化鉀，卻只能溶 7 克的氯酸鉀。凡含有大量溶質的溶液，稱為濃溶液；而含有少量溶質的溶液，稱為稀溶液。若溶液中含有在一定溫度時所能溶的全部固體物質，就稱為飽和溶液 (saturated solution)。溶解於 100 克溶劑中的固體物質的最大限量，稱為物質的溶解度 (solubility of the substance)。這限量通常隨溫度而異，若以溫度作橫坐標，以 100 克水中所溶物質的克數為縱坐標，即可畫出溶解度曲線 (圖 209)。差不多在所有的事例中，凡溫度愈昇高，能溶解的物質就愈增多。例如，100 克的水，於  $0^\circ\text{C}$ . 時能溶解 13 克的硝酸鉀，於  $15^\circ\text{C}$ . 時能溶解 26 克，於  $80^\circ\text{C}$ . 時能溶解 169

克。但在另一方面，氯化鈉的溶解度卻幾為常數：在  $15^{\circ}\text{C}$ . 時為 36 克，在  $80^{\circ}\text{C}$ . 時為 38 克。溶解度的這種差別，在圖 210 中，可以很明白的看出。少數物質如氫氧化鈣  $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ ，則溫度愈高，愈難溶解。

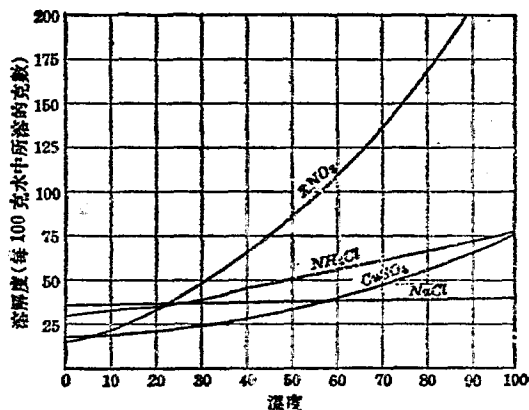


圖 209. 表示溫度影響於溶解度的曲線

若某物質能溶的最大限量極小，就稱該物質是不溶的 (insoluble)。而嚴格地說，沒有一種物料是對絕地不溶的。例如，我們雖然說大理石不溶於水，但是以水 100 克，於  $18^{\circ}\text{C}$ . 時製成的飽和溶液，其中也含有 0.0013 克的大理石粉末。

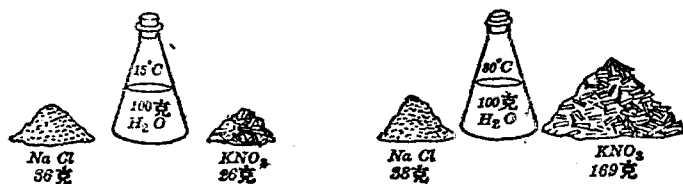


圖 210. 表示食鹽與硝酸鉀在冷水和熱水中的溶解度

357. 【各種的晶體】 溶液用肉眼看來是均勻的 (§18)，因為其中溶解着的物料，全體散佈得非常勻整。即使久置，也不會分離出來。這是機械的混合物如砂和水，與真溶液如糖水或鹽水間的主要

區別。若將飽和溶液中一部分的溶劑蒸發除去，那末溶解着的物料就會成爲晶體 (crystal)\* 而析出。在本書第 110 節中就有這樣的例子，把海水加熱蒸發，食鹽就成爲小立方體而析出。從溶液中製成晶形固體的另一方法，是把物質於高溫度時製成飽和溶液，然後再任其徐徐冷卻。如果物料在低溫度時的溶解度極小，就有多量的固體成爲晶體而析出。像這樣的使固體從溶液中析出的方法，就稱爲結晶 (crystallization)。

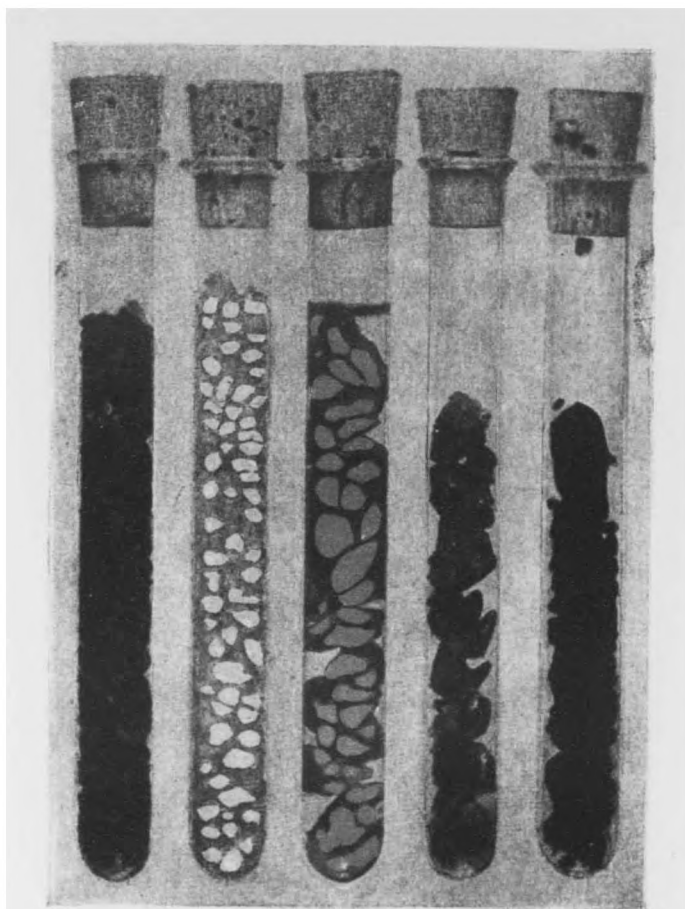
晶體可以依照牠們的幾何形狀而分成幾類。幾種成爲有色晶體的普通化學藥品的例子，如圖 211 所示。物質的結晶形狀，必須小心地觀察，因爲晶形對於物質的鑑別，往往有不少的幫助。

**353. 【結晶水】** 有些固體從溶液中析出時，常含有水分。這種水分與其餘的分子的結合，雖然好像十分鬆弛，卻有一定的分量，我們稱之爲結晶水 (water of hydration)，在化學式中寫作： $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (硫酸銅)。這種鹽類又稱爲水化物 (hydrates)。不含結晶水的同樣的鹽，稱爲脫水的 (dehydrated) 或無水的 (anhydrous) 鹽類。例如結晶的硫酸銅是藍色的，脫水的硫酸銅是白色時。通常只要將物質加熱，就可把結晶水逐出。間有少數物質，其結晶水的結合極爲鬆弛，甚至在室溫時也會失去。這個現象稱爲風化 (efflorescence)。

有幾種鹽類，在曝露時，能吸收空氣中的溼氣而變溼，甚或溶解於所吸收的水中。這種物質稱爲潮解性的 (deliquescent) 鹽類。例如氯化銻、氯化鎂、和氯化鈣等，都是潮解性的鹽類。

---

\* 這話當然不適用於非晶形物料。



1 2 3 4 5

圖 211. 幾種有色晶體：1, 鉍氫化鉀；2, 鉍酸鉀；3, 硫酸銅；  
4, 重鉍酸鉀；5, 氫化亞鉍



**39. 【怎樣製過飽和溶液】** 有時候，當一清澄的熱飽和溶液冷卻到室溫時，並不見有晶體析出。這個現象是出乎意料之外的，因為現在溶液中所含的物料，遠比這溶劑在該溫度時所能溶的爲多了。這種溶液稱爲過飽和溶液 (supersaturated solution)。然而這種溶液如果放置稍久，或加以猛烈的攪動，通常就有晶體析出。若將該物質的極小晶體投入溶液中，往往就立即開始結晶。

這現象可實驗如下：在清潔燒瓶中，盛多量的硫代硫酸鈉，即大蘇打 ( $\text{hypo}$ ,  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ )，加熱至熔融而熔解於其自身的結晶水內。燒瓶口用棉花塞住，以防止塵埃的飄入，然後靜止之而待其冷卻。俟冷卻後，將一硫代硫酸鈉的小晶體，懸置於溶液中，而注意其晶體的迅速生成。

**360. 【溶液的沸點和凝固點】** 在尋常狀況下，純水的凝固點是  $0^\circ\text{C}$ ，沸點是  $100^\circ\text{C}$ 。若有任何可溶性固體加入，就使其凝固點降低，沸點升高。製冰廠中製冰，就利用這凝固點的降低。圍繞在純水箱四周的鹽水 (圖 165)，是氯化鈣的水溶液。這水溶液凝固的溫度，遠比純水爲低，故能導去純水中的熱，而使之凝固。又如我們製成一種冰和鹽的混合物，則其中一部分溶解的冰，就生成鹽的飽和溶液。鹽的飽和溶液的凝固點爲  $-21^\circ\text{C}$ ，所以冰和固體鹽的混合物與鹽溶液，只能在  $-21^\circ\text{C}$  時始可永久成爲平衡。結果是冰繼續溶解，因而吸收鹽水中的熱，使其溫度降低至  $-21^\circ\text{C}$  而止。這樣的一種混合物，稱爲冷劑 (freezing mixture)，常利用以製冰淇淋等之用。鹽水 (海水) 的凝固點既遠比純水爲低，所以海口和灣港，只有在極度寒冷的氣候纔會凍結。

製造汽車輻射器內所用的抗凝溶液 (antifreeze solution)，就利

用這個原理。例如酒精的 50% 水溶液非至  $-28^{\circ}\text{C}$ . 不會凝固, 故常用以作抗凝液; 不幸引擎一熱, 酒精就沸騰而逸去, 這是一個缺點。此外甘油亦常用於汽車的輻射器中。至於最佳的抗凝液則為乙二醇 [ethylene glycol,  $\text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2$ ]。

**361. 【定量觀察】** 試在 1000 克的水中溶解一克分子量 (342 克) 的蔗糖 ( $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ ), 在另一升水中溶解一克分子量 (92 克) 的甘油 [glycerol,  $\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$ ], 即見兩溶液在同一溫度  $-1.86^{\circ}\text{C}$ . 時凝固, 在同一溫度  $100.52^{\circ}\text{C}$ . 時沸騰。換一句話說, 各溶解物質的一克分子量, 在一定量的水中, 其凝固點的降低是一個常數, 其沸點的升高, 也是一個常數\*。這些實驗表示: 決定水溶液的凝固點與沸點的, 並不是一定量水中所溶物料的總重量, 而是溶液中分子的數目。 這事實可作測定許多固體與液體的分子量的又一方法, 這裏不詳細討論了 (圖 212)。

**362. 【氣體在液體中的溶液】** 對於固體在液體中的溶液, 我們已有詳細的討論。但是對於氣體在液體中的溶解度, 我們以後也得時

常述及。爲了這個關係, 我們最好把普通氣體分爲三類, 以便記憶:

1. 易溶的 (very soluble): 氨, 氯化氫, 二氧化硫。

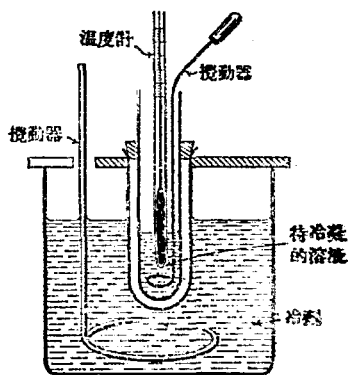


圖 212. 測定溶液凝固點的裝置

\* 這法則不適用於其本身有蒸氣壓力的物質, 如乙醇等。

2. 可溶的 (fairly soluble): 硫化氫、氯、二氧化碳。
3. 微溶的 (slightly soluble): 氧、氫、氮、鈍性氣體 (§ 254)。

我們知道，壓力的增加常常可以增加氣體溶入溶液中的分量。

在微溶於水的氣體，這增加與壓力恰成正比例。這原理稱為亨利定律 (law of Henry)，正式公布於 1803 年。我們先前所述的汽水製造 (§ 219)，就是這定律實際應用的一例。

若將一燒杯冷水徐徐加熱，就見有許多的小空氣泡叢集在杯壁上面，並從液體中上昇，而直達液面。這種氣泡，粗看起來好像是蒸汽泡，但有種種理由可證明其確為空氣泡。(1) 第一，因為牠們生成的溫度在水的沸點以下。(2) 等二，因為牠們昇到較冷的上層水中時，並不冷凝。

這個簡單的實驗，表示尋常的水中含有溶解着的空氣。維持魚類生命的，就是這溶解着的空氣中的氧。這實驗又表示水中所溶空氣的分量，在溫度升高時即行減少。換句話說，氣體的溶解度，隨溫度的升高而遞減。

**363. 【溶液的性質】** 前述關於溶液的種種事實，使研究者深信，溶液在若干方面與氣體極相類似。我們設想溶解物質的分子常在溶劑的分子間不息地環繞運動，正如分子動力說所說，氣體的分子向各方面急速飛行 (§ 54) 一樣。假使這概念是不錯的話，那末當物質溶於水中時，實在是被分離成個別的分，和氣化一樣。由此，我們可以明白，為什麼沸點升高與凝固點降低的度數，須視溶解物質分子的相對數目而定了。

試取某種有色物質的晶體，如硫酸銅 ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ ) 或過錳酸鉀 ( $\text{KMnO}_4$ ) 等，放在一個盛水的高圓筒的底邊。就可見這物料的顏色漸漸地分佈遍全部溶液。這種在液體中的擴散，正和一種氣體在另一氣體中的擴散相同。

我們以前曾經見過(圖 43),把幾滴的溴(一種紅色液體)注入一個空的圓筒中,牠的蒸氣就向上擴散,彌滿於全筒。這便是氣體擴散的一例。

這些實驗,都暗示着溶液的構造,可以和氣體極相類似,如上文所說。在這一方面,近四十年來已創立了實際上可稱為溶液動力說(kinetic theory of solutions)的學說。荷蘭化學家凡特荷甫(圖 213)對於溶液動力說提出了極顯明的證據。這學說似乎特別適合於稀溶液,對於濃溶液卻不十分滿意。大概稀溶液與濃溶液兩者,在牠們的溶解物質與溶劑之間,都有着某種化學的結合。



圖 213. 凡特荷甫像  
(Jacobus Hendricus van't Hoff,  
1851-1911)

最初應用氣體定律於溶液

氨和水便是一個已知的事例。如果這個見解是不錯的話,那末我們所設想的在向四處運動着的質點,就不單是溶解物質的質點了。牠們是由溶解物質與溶劑的一個或幾個分子化合而成的質點。這樣的想像,就代表了我們現代對於溶液的知識。

**364. 【滲透作用的過程】** 方纔見到,在溶液中的物質有分佈其自身於全部溶劑的趨向。這趨向是一種實有的力,即所謂滲透壓力(osmotic pressure),若是用一張薄膜來阻止這擴散,就可把這壓力測得。凡是動植物質的薄膜極易為水所透過;但是許多溶解物質如蔗糖等卻幾乎完全不能透過這種薄膜。現在我們若是安排一種

裝置，用這樣的一種薄膜將溶液和純水隔離起來，那末水就進入溶液中。這純水的透過薄膜而進入溶液，便是滲透作用 (osmosis) 的簡單的例子。

要表明滲透壓力和滲透作用，可作下列實驗。在小玻璃漏斗的上口，縛一張羊皮紙，在縛線處用火漆密密封閉。然後用蔗糖溶液注入漏斗，並在漏斗梗上用橡皮管接連一根長的玻管。把漏斗放在一燒杯的蒸餾水中，如圖 214 所示。將見溶液在玻管中上昇，因為水已透過羊皮紙了。歇了幾天，玻管中的溶液就會昇到極顯著的高度。

容純水通過而不容某種溶解物質通過的薄膜，稱為半透膜 (semipermeable membrane)。大部分的動植物質薄膜，能有效地阻止蔗糖的通過，但是對於鹽類溶液卻又任其完全通過。在生活着的動植物體中，其細胞壁都是半透膜。有些，除水外，不容任何物質通過。有些，可容鹽類通過而不容其他物質如糖類等的通過。並且，在細胞的生活期間，牠的滲透性可以隨時變動，因得調節其通過物料的容量與種類。滲透作用是常帶選擇性的，其發生的方向為自稀溶液進入較濃溶液。

水及鹽溶液的滲入植物根中，便是生物中滲透作用的一例。由植物根尖細胞吸收進來的水或稀溶液，又由滲透作用而自甲細胞至乙細胞逐漸地深入根部。最後到達細管或細孔，更由此而輸送到莖葉中。因為細胞葉總較土壤中的水分為濃，所以這個作用就繼續不

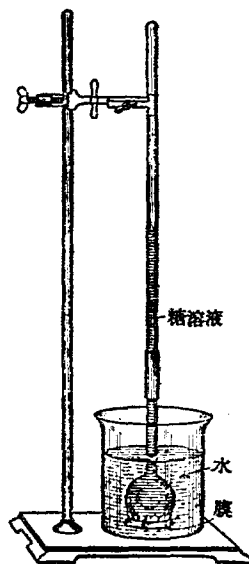


圖 214. 表示滲透壓力的簡單裝置；水透過薄膜而上昇

斷地在進行着。同樣，我們所吃的食品，也是先變成液體，由滲透作用將其輸入血液，而運行於全身。

### 懸濁液和乳濁液

**365. 【溶液、懸濁液和乳濁液間的區別】** 若取少許極細的粉末狀物質如麵粉等，把牠攪和在水裏，即得一種外觀很均勻的混合物。然而放置稍久，這混合物又逐漸分離，其中的固體物質徐徐地沈積於水底。這樣的混合物稱為懸濁液 (suspensions)。泥水是懸濁液最普通的例子。

許多液體能以種種比例而互相溶解；例如酒精與水。在這種溶液中的物質，稱為以各種比例可混和的 (miscible) 物質。若是我們想把水與二硫化碳混合攪來，即可見到在這兩種不可混和的 (immiscible) 液體間有一條顯明的分界線 (圖 215)。有些液體如酚 (phen. l,  $C_6H_5OH$ ) 與水，則其相互的溶解度有一定限量，且隨溫度而變異。

若將兩種不可混和的液體油與水，放在一起劇烈振盪，就會有一物質的微小球體久地懸浮在另一物質中。這是一種

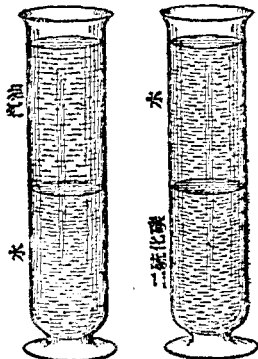


圖 215. 兩種不可混和的液體

機械的混合物，和懸濁液一樣，稱為乳濁液 (emulsion)。西菜中的生菜醬料 (salad dressing)，就是用橄欖油與食醋調合而成的一種乳濁液。乳濁液放置稍久，依舊會分離為兩種液體。

溶液與懸濁液和乳濁液間的區別，大概由於溶解物和懸浮物的

質點有大小。在溶液中，溶解物的分子散佈於全部液體。這種分子非常微小，就是用最高度的顯微鏡也無法看見，並且牠們都在極迅速地向各方面運動。反之，在懸濁液與乳濁液中，其質點比分子大上幾千倍，所以可用顯微鏡觀察出來。

366. 【什麼是膠體?】 介於真溶液與懸濁液之間，尚有一種與兩者都易混同的所謂膠體 (colloids)。許多膠體，若用普通的顯微鏡來觀察，好像是完全澄清的，但是若使一光柱 (beam of light) 從其中通過，就見牠們不全是均勻的。例如，我們若使一光柱通過鹽類的溶液，並不見其中有顯明的徑路。若使一光柱通過澄清的膠體狀態的澱粉溶液，卻可見到一條明亮的徑路 (圖 216)。這是由於膠體狀態的質點，大得足以反射一部分光線的緣故。在塵埃瀰滿的暗室中，如有日光漏入，其徑路分明可見，理由正與此相同。我們若用顯微鏡來檢查膠體中的光柱，就見其中有許多跳舞着的光點。

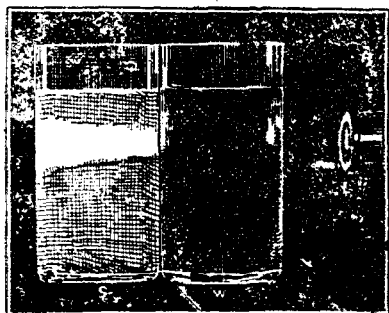


圖 216. 從燈 *L* 投射出一光柱，通過純水瓶 *W* 及肥皂水瓶 *S*，即見膠體質點能反射光線 (丁鐸爾效應)

要看到微小的膠體質點的本身，是不可能的，但是當牠們在溶液中運動時，我們卻能夠看到牠們所反射的光點。由此我們可以計算已知濃度溶液中質點的數目，並藉以估計質點的大小。其所用的儀器稱為超顯微鏡 (ultramicroscope, 圖 217)。

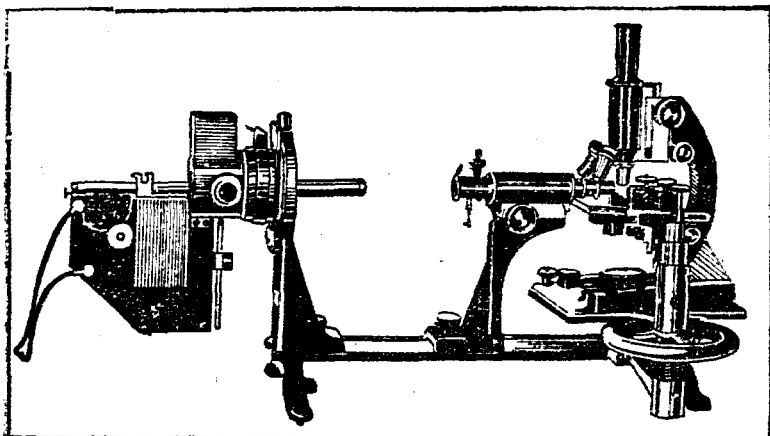


圖 217A. 用以研究膠體的超顯微鏡。

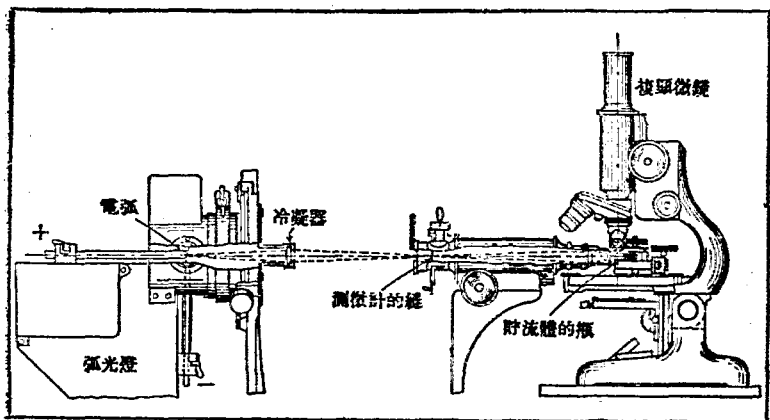


圖 217B. 上圖表示從弧光燈發出的光柱，通過水平的濾過，而射入顯微鏡室上的瓶中。

367. 【膠體質點的大小】 如果我們用超顯微鏡和其他方法測得了某種膠體質點的大小，我們就可用其他的質點來同牠們相比較。



了(圖 218)。懸濁液的質點可以直接用顯微鏡來測得,而簡單分子的大小可以由計算而得。在比較的時候,我們發現膠體質點雖比簡單分子大許多,但是還小得不像懸濁液質點那樣會沈積下來。在這樣狀況下的物質稱為成膠體狀態 (colloidal state) 或膠體散佈 (colloidal dispersion)。當物質如澱粉、動物膠、明膠、蛋白等溶解時,往

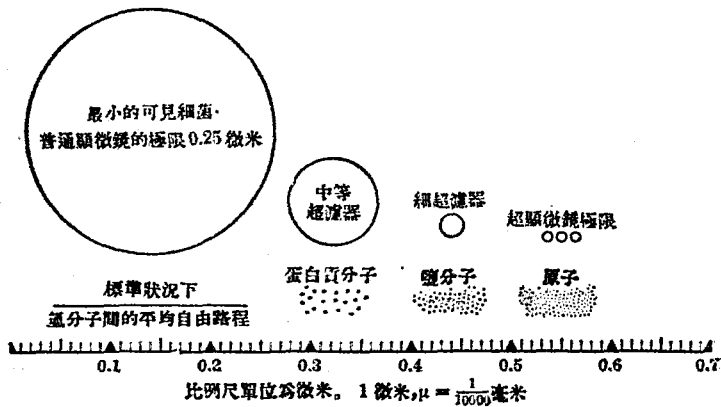


圖 218. 表示微小物粒相對大小的圖解

往會成膠體。這大概是由於牠們複雜的分子,過於巨大,已在膠體範圍之內的緣故。其他分子較簡單的物質,也往往會呈膠體狀態,但是其中的質點卻是許多分子的集合體(見下)。常呈膠體狀態的物質,每稱為膠體 (colloid); 而其他物質,則稱為晶質 (crystalloid)。然而這種名詞是不準確的,因為許多晶質(例如金)在某種狀態時,也可以製得牠的膠體。

368. 【膠體化學的重要】 在本書中,以後時常要涉及膠體化學的初步原理。動植物,係由複雜的有機物質所組成,這些有機物

質都是膠體。關於動植物產品的化學(實在就是生命本身的化學),與膠體狀態的現象,有着密切的關係。血液、樹漿、食品、染料、橡膠、皮革、人造絲——這些只是膠體的少數例子。並且,膠體化學在工業上極為重要:即如皮革的鞣製和人造絲的製造二例而論,就包含着膠體的知識。

369. 【布朗運動是什麼?】 有一個英國植物學家,名叫布朗(Brown)的,在百年前觀察到花粉的細粒懸浮於水中時,呈繼續的曲折運動。若在顯微鏡下檢視懸濁液中的微小質點如金紅石(rutile,  $TiO_2$ )時,即見所有的質點都在極快地作不規則的運動。在超顯微鏡下所見到的質點也和上述的相同。這現象稱為布朗運動(Brownian movement)。凡是直徑不到萬分之一毫米的質點,都具有這樣的特性。牠們的不規則的永久運動,大約由於被溶劑的分子所撞擊,

而溶劑的分子自身,也是在不息地運動的。我們雖然不能看見溶劑的分子,但是較大的物質質點被溶劑分子撞擊的情形(圖 219)我們卻能清楚地見到。

因此我們不妨說,由質點的布朗運動,即

可推想出分子的永無終了跳躍。

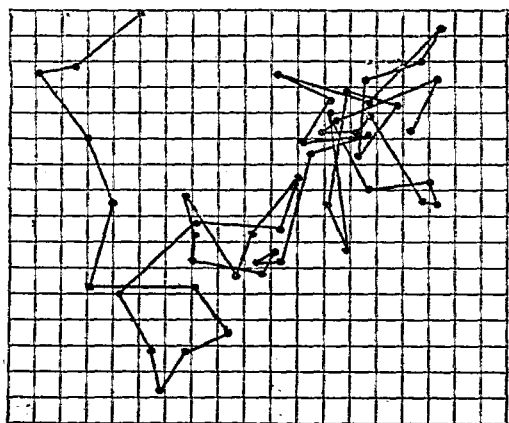


圖 219. 布朗運動。一粒乳香(直徑約 1 微米)於 30 秒鐘內所占位置的投影圖(放大 100 倍)

**370. 【膠體的製法】** 有些物質溶解在水中，就成膠體；例如澱粉、動物膠、明膠、和阿刺伯樹膠等都是。有些物質可用特種的方法來製成膠體狀態。例如許多金屬在水中的膠體，可將兩金屬棒浸入水中，而於兩棒間發生電弧以製得之（圖 220）。電流的通過，使金屬機械地分裂成極微小的質點，而成為膠體狀態。另外一個方法，是把金屬的鹽類溶液還原為金屬。這樣製成的金屬質點，也極微小。例如，若用幾滴白磷的乙醚溶液，滴入含有碳酸鈉的溫熱氯化金溶液中，液體就變成淡黃色，漸變黃棕色，最後又變為純紅色的澄清溶液。這就由於磷與氯結合，而使剩下的金成為膠體狀態的金屬金。若以他種物質（還原劑）來代替磷，則得紫色或藍色的溶液。這種顏色的不同，係由於質點大小的不同。還有個例子，是藉硫化氫作用於銻鹽的鹼性溶液而製得紅色的硫化銻膠體。

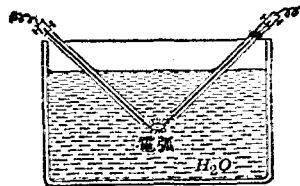


圖 220. 製金屬膠體

**371. 【膠體的沈澱】** 膠體質點都帶電荷。有時候所有的質點都帶陰電，有時候所有的質點都帶陽電。膠體質點像離子一樣，會在電場中移動。這種電荷通常都由於被膠體質點所黏住即吸附 (adsorbed) 的離子而來。若是一個膠體質點吸附了一個帶相反電符的離子，那末其電荷即行中和，同時這中和的膠體質點通常就成為沈澱而析出。因此許多膠體，如金的膠體和硫化銻的膠體，只有在特殊的狀況下纔能穩定。若加入電解質，往往會使膠體質點羣集成沈澱而析出。這稱為凝聚作用 (coagulation)。不過要使這種沈澱再溶解而成為膠體，通常是不可能的。因此，我們若在膠體的硫化銻溶液中加酸，就生成硫化銻的紅色沈澱。同樣，若在膠體的金溶液中加入足量的酸或鹽，就生成了金屬金的沈澱。

加稀醋酸於溫熱的乳中，可使膠體物乾酪素 (casein) 發生沈澱（圖 221）。在這例子中，其作用稱為是可逆的，因為乾酪素會再溶於稀鹼而生成膠體。在利用乾胃膜 (rennet) 以製凝乳 (junket) 及製造乾酪時，都徐徐地發生同樣的乾酪素的沈澱（凝聚作用）。在橡樹的乳漿 (sap) 中成為膠體而存在的生橡膠，也由加入醋酸而發生沈澱的。不過生橡膠和乳酪不同，牠不溶於稀鹼，而能溶於許多有機溶劑中，這種溶液可稱為‘膠體溶液’ (colloidal solution)。

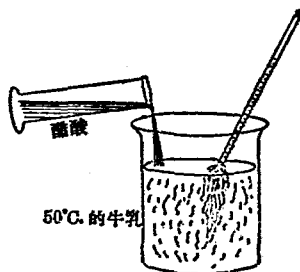


圖 221. 加醋酸於牛乳中，乾酪素即行凝聚

372. 【保護膠體】 將少量膠體加入於另一種比較不穩定的膠體中，往往可以阻止其沈澱。因此，若有阿刺伯樹膠的存在，就可使金屬的膠體更易製造，即使加入少量的鹽和酸，也不致生成沈澱了。‘銀蛋黃’ (argyrol) 是一種醫藥用的膠體銀，在製造時就應用保護膠體的。保護膠體的應用，實例極多。例如油和醋的乳濁液其自身極易分離，若加以蛋黃中的膠體物料，就可使之變成一種永久的厚糊——蛋黃醬 (mayonnaise)。在蛋黃醬中的膠體質點是小油滴；保護膠體則為蛋黃。凡散佈質點為液體的膠體，有時稱為乳膠 (emul-soid) 以別於散佈質點為固體的懸膠 (suspensoid)。保護膠體有時又稱為乳化劑 (emulsifying agent)。乾酪素就是牛乳中的乳化劑，牠在溶液中保持了多量的乳脂。石墨在水中〔水滑料 (water dag)〕，或油類中〔油滑料 (oil dag)〕的膠體，都是由微粒的石墨與一溶劑及一保護膠體而製成的。牠們在滑料上有廣大的用途。

保護膠體的作用，大概由於牠們黏附於其他膠體，而形成一層保護膜。凡膠體黏附於膠體，或電解質黏附於膠體的作用，稱為吸附作用 (adsorption)。微小的固體與有許多小孔的固體如木炭，同樣

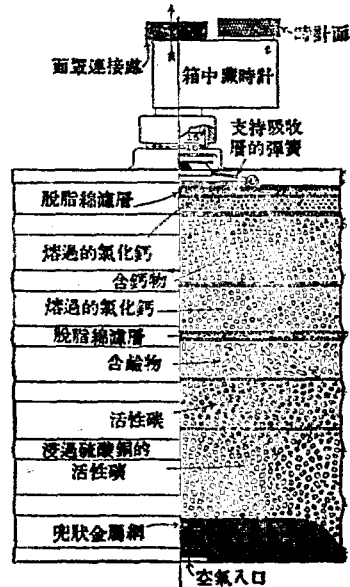


圖 222. 防毒面具中吸收毒氣的金屬罐剖面圖

會吸收大量的氣體，因此當世界大戰時，就應用木炭於防毒面具 (gas mask, 圖 222)。木炭與骨炭能從溶液中吸收許多複雜的有色物料，故在實驗室中與工業上，用以使溶液脫色 (decolorizing)。

**373. 【果凍狀物料】** 許多膠體於冷卻時或於蒸發濃縮時，變成果凍 (jelly) 狀的物質，稱為凍膠 (gel)。明膠 (gelatin) 的行為便是一個最常見的例子，其 5% 的溶液，於 18°C. 時即變成果凍狀物料。照通例，凍膠在加微熱或加水時，就變成稀薄的液體，這種液體有時稱為溶膠 (sol)。凍膠有一顯著的特性，即極少量的膠體物料，就足以使其溶液凍凝為不流動的半固體。因此，少量乾燥的膠體物質如明膠等，可以在溶液中產生大量的凍膠。所有以鮮果直接製成的果凍，就是由成熟果實中的膠體物質熟果膠 (pectin) 所產生的凍膠。固體酒精 (solid alcohol) 就是飽和的醋酸鈣溶液作用於含有硬脂酸 (stearic acid) 的變性酒精而成的凍膠。

**374. 【在氣體和固體中的散佈】** 對於微小質點在液體中的散佈，我們已有詳細的討論。在氣體以及固體中，我們可以見到有同樣的現象。煙是很小的固體質點懸浮於氣體 (通常為空氣) 中而成的。在有些煙中，其質點立即結合為較大的顆粒而沈澱下來，但也有散佈遍全部氣體而保持相當時間的。如果這種懸浮質點為液體而散佈於氣體中，就成為霧 (fog)。反之，如果其懸浮質點為小氣泡而散佈於液體中，就成為泡沫 (foam)。

煙的質點，像其他膠體質點一樣，是帶有電荷的。美國化學家 屈裏爾 (Cottrell) 利用了這一點，創質點沈澱的方法，即使質點通

過帶電的金屬板與金屬線間 (圖 223), 於是帶電的質點就在這電場中向帶相反電荷的金屬板移動, 因得將電性中和, 並凝聚為塵埃而落下。

柯屈累爾法不但消滅了與許多製造作業相關的所謂‘煙害’(smoke nuisance), 並且又能收回許多一向都任其失去的寶貴的物料。例如, 焙礦所和鑄造所煤煙中貴重的金屬氧化物, 和

水泥廠煤煙中的鉀化合物, 都可將其沈澱而加以利用 (圖 224)。

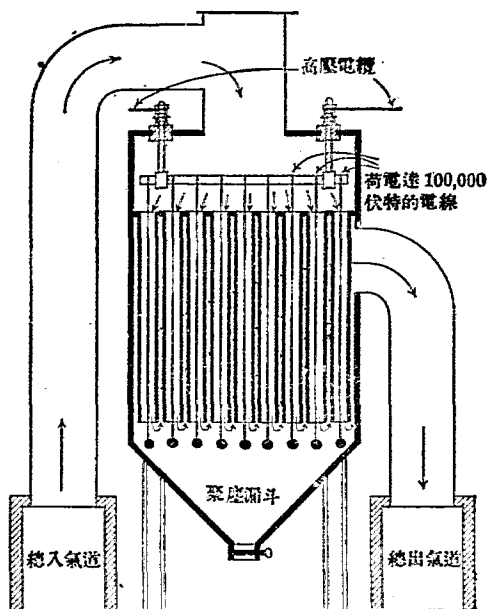


圖 323. 柯屈累爾制的圖解

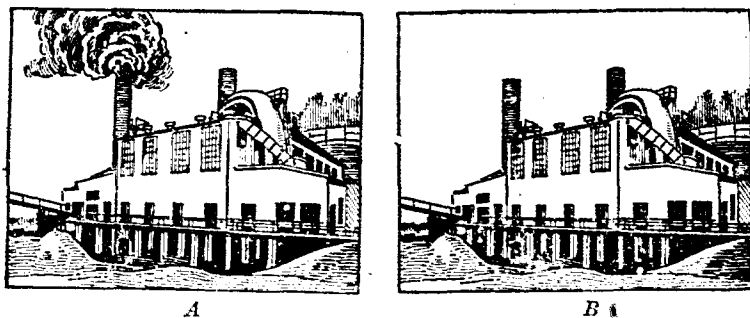


圖 224. 裝置柯屈累爾聚塵沈澱器的電廠的兩種外觀:

A, 沈澱器沒有通電時; B, 通電時

固體、液體、或氣體的微小質點，也可以散佈在固體中，這種固體的膠體往往有特異的和美麗的顏色。例如金在玻璃中的膠體，使玻璃呈紅玉色。並且要產生濃重的顏色，也只需極少量的膠體物質。如在製造紅色玻璃時，只消 0.1% 的金就夠了。

## 第二十六章摘要

【溶劑】水是酸類、鹼類、鹽類最普通的溶劑。許多不溶於水的物質能溶解於酒精、乙醚、四氯化碳或汽油中。

【飽和溶液】溶液中含有在一定溫度時所能溶的一定物質的全部，就稱為飽和溶液。

【溶解度】溶解度用 100 克溶劑中所能溶的物質的克數來表示。溶解度隨溫度而變異，通常溫度升高，溶解度亦隨之而迅速增大。

【晶體的生成】於溶液蒸發時或飽和溶液冷卻時，往往會析出結晶形的固體。

【結晶水】某種物質成為晶體而析出時，與之鬆弛地化合着的一定量的水份，稱為結晶水。

【風化】物質在常溫時失去其結晶水的作用，稱為風化。

【潮解】物質吸收空氣中的溼氣而溶解於溼氣中的作用，稱為潮解。

【滲透作用】容水與某種溶液通過半透膜而不容某種溶解物質通過半透膜的作用，稱為滲透作用。

【凝固點與沸點的昇降】溶解一物質於某定量的溶劑中，可使凝固點降低和沸點升高，其昇降的程度與溶液中所有的分子數成為

比例。

【溶液的構造】一般都相信溶液的構造與氣體相似。溶解物質的分子不息地在溶劑的分子間運動。

【懸濁液與乳濁液】懸濁液是固體與液體的機械的混合物；乳濁液是不同液體的機械的混合物。其質點都很大，故不久即起沈澱。

【膠體】膠體含有較普通懸濁液的微粒為小而較真溶液的分子為大的質點。牠們能通過濾器，卻不起沈澱。這種質點不能用普通的顯微鏡來觀察，但是若用光柱來將其照亮，卻大都能反射光線。

【天然膠體】動物膠、明膠、橡膠以及其他許多分子較大的有機物質，都是天然膠體。較小分子的集合體，可於特殊狀況下用沈澱法製得，有時可用機械的研磨法製得。

【膠體質點的電荷】膠體質點都帶有電荷；若其電荷因吸附相反的電荷而中和時，該物料即行沈澱（凝聚）。這一個過程有可逆的（例如乾酪素），也有不可逆的（例如金與橡膠）。

【膠體的沈澱】膠體中加入一種電解質，一般都能凝聚而生成沈澱。保護膠體能阻止其他膠體因有電解質存在而起的沈澱。

【溶膠】溶膠是含有散佈膠體的液體。

【凍膠】凍膠是半固體的混合物（果凍狀物料），即溶膠中所含的膠體，吸收了一部分懸浮液體而成的物質。

【煙與霧】煙與霧為固體與液體在氣體中的膠體散佈。煙可用電沈澱法來除去，並收回多量貴重的物料。



## 問題和習題

1. 試述製膠體的兩種方法。
  2. 試述物料呈膠體狀態時的三種特性。
  3. 丁鐸爾效應怎樣能用以區別糖溶液與澄清的澱粉膠體？
  4. 怎樣用實驗來證明某溶液為已飽和、未飽和、或過飽和？
  5. 怎樣除去衣服上的 (a) 油漬？(b) 油漆？(c) 糖漬？
  6. 怎樣證明某種結晶物質含有結晶水(即為水化物)？
  7. 為什麼我們說吸附是一種選擇作用？
  8. 布朗運動的可能的原因是什麼？
  9. 怎樣使橄欖油與水的乳濁液，可以持久？
  10. 從許多工廠煙囪中發出的濃厚的黑煙，用柯屈累爾法可以將其完全防止。試解釋之。採用這個方法，此外還有何種利益？
  11. 試述沈澱膠體質點的兩種方法，並各舉一例以說明之。
  12. 汽車曲柄箱內排出的油(每行 1500 英里或不及 1500 英里排出一大)，呈黑色，但當灌入時係呈澄清的金黃色。此油雖經久置，其黑色物質亦並不下沉。這物質是什麼？牠為什麼不下沉？
  13. 從日常生活中就下列名詞各舉一例：(a) 一種溶膠；(b) 一種凍膠；(c) 一種保護膠體；(d) 一種持久的乳膠；(e) 吸附作用。
  14. 區別：(a) 真溶液與膠體；(b) 乳濁液與懸濁液；(c) 溶膠與凍膠；(d) 吸附作用與吸收作用。
  15. 作下列各名詞的定義：(a) 滲透作用；(b) 風化；(c) 潮解；(d) 飽和溶液；(e) 結晶水。
- \* \* \*
16. 為什麼埃及人用稻草來製磚？
  17. 怎樣證明實驗室中的空氣含有水蒸氣？
  18. 膠體質點在那方面 (a) 像離子；(b) 與離子不同。
  19. 氯化鈉與氯化鐵對於膠體的沈澱作用，那一種較大？
  20. 怎樣證明氫氧化鐵在膠體狀態時的質點帶有電荷？
  21. 有硫酸銅的大塊晶體，今欲使之很快地成為濃溶液，有三種方法，試指出之。
  22. 於無水硫酸銅中加過量的水，此水會起那兩種作用？試述觀察所見。
  23. 1934 年中國七省大旱災，使我們對於溶液的重要，得到什麼教訓？

24. 下列作用中所包含各種變化的主要性質是什麼：(a) 保護膠體的作用；(b) 吸附作用？

25. 在極稀溶液中的膠體銀，現用於飲用水的淨製及游泳池的消毒。本章中所述用作消毒劑的何種藥品，也含有膠體銀？

\* \* \* \*

26. 試就下列數據，作氯酸鈉的溶解度曲線：

溫度 (°C.)	0°	10°	40°	60°	80°	100°	120°
溶解度 (100 克 H <sub>2</sub> O 中所溶 NaClO <sub>3</sub> 的克數)	82	99	124	147	176	233	333

從曲線上讀出 44° 時的溶解度。

27. 若以乙二醇 (ethylene glycol, 商品名 'Frestone') 加入汽車輻射器的水中，其溶液的凝固點即行降低，如下表所示：

乙二醇容積的百分比	12.5	17.0	25.0	32.5	38.5	44.0	49.0
凝固點	25° F.	20°	16°	0°	-10°	-20°	-30°

試作表以表示凝固點與乙二醇溶液濃度的關係的曲線。並從曲線上決定要使凝固點降為 -18° F. 時所需乙二醇溶液的濃度。

## 第二十七章

# 鈣 鎂 和 矽

鈣,牠的製法和性質——碳酸鈣——硬水——使水軟化的方法——  
石灰——氫氧化鈣——三合土——水泥——其他的鈣化合物,  
總和銻。

鎂,牠的製法和性質——氧化鎂和氫氧化鎂——鎂鹽。

矽土——性質和用途——矽酸和矽酸鹽——玻璃——砂——金剛砂。

**375. 【鈣和鎂的通性】** 我們現在要研究鈣和鎂,這兩種元素在週期表中都屬於第 II 屬。除了鋁和鐵外,牠們是蘊藏最富的金屬元素(圖 2J),但絕無以游離狀態而存在。在牠們的化合物中有許多普通的礦物質,如皂石 (soapstone)、石棉、大理石、及灰石等。重要的建築材料如紙筋泥 (plaster) 和水泥,是藉化學方法從產量極豐的灰石製成的 (§ 386)。

這一族有時稱為鹼土族 (alkaline earth), 還包括另外兩元素,即銻和銻。金屬鐳 (radium) 也屬於這一族,不過這元素性質特殊,故將另闢專章來敘述。這些都是極活潑的金屬,生成兩價的陽離子。所以各原子的外殼中都有兩個極易失去的電子。

牠們在自然界常成爲矽酸鹽 (silicates) 而存在;即牠們都已和矽與氧相化合。矽與碳都位於第 IV 屬,意即各原子的外殼中都有四個電子。矽的蘊藏量,僅次於氧,約占地殼固體部分的四分之一。

376. 【鈣的製法和性質】 金屬鈣係由電解熔融之鈣鹽而得。氯化鈣即用於此項目的。

將鈣鹽放在石墨坩堝中加熱熔融，坩堝即作為陽極，另用一鐵棒作為陰極（圖 225）。從鐵棒四周釋出的金屬，即附着在鐵棒之上。當鐵棒漸漸提高時，就從熔融物中將金屬鈣拉出，成為條狀。鈣作

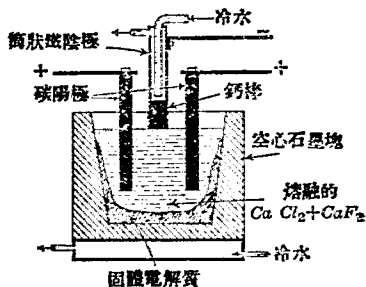
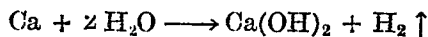


圖 225. 製金屬鈣

銀白色，硬如鉛，不易用刀割切；新切面有明亮的光澤，但立即為溼潮空氣所變暗。水遇鈣，被其徐徐分解而發生氫：



加熱至其熔點以上的溫度時，即發橙色的火焰，燦爛地燃燒，而生成氧化物 (CaO)。金屬鈣在商業上用途不多。

377. 【碳酸鈣】 碳酸鈣 (calcium carbonate,  $\text{CaCO}_3$ ) 為含鈣的最常見的化合物。最純的是方解石 (calcite) 或冰洲石 (Iceland spar)；方解石成結晶形，透明如玻璃，有顯著的複折射的性質（圖 226），此種特性使之在製造光學儀器上極有價值。大理石 (marble) 幾為純粹的碳酸鈣，由許多微

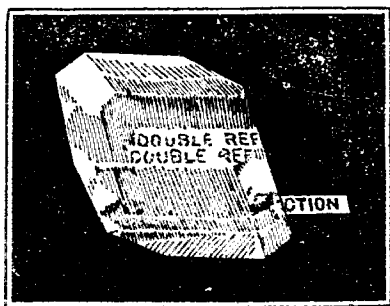
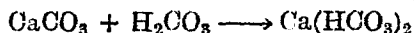


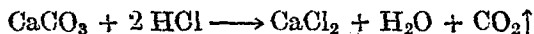
圖 226. 方解石現複折射

小的晶體凝合而成，往往色白如雪。灰石(limestone)為蘊藏最富的碳酸鈣，但其晶形構造不若大理石那樣的顯著。灰石因含雜質，如碳酸鎂(magnesium carbonate,  $MgCO_3$ )及矽土(silica,  $SiO_2$ )等，故常作渾灰色。我們相信灰石乃是上古地質時代由海生動物的介殼變成的。

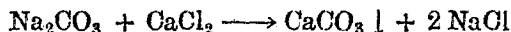
碳酸鈣不溶於水，但能溶於含碳酸氣的水中，而生成碳酸氫鈣(calcium bicarbonate):



碳酸鈣若與酸類起反應，則生二氧化碳:



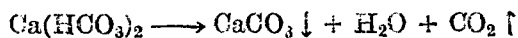
在實驗室中，製純粹的碳酸鈣，可加可溶性的碳酸鹽於可溶性的鈣鹽而得:



這樣製成的碳酸鈣是白色的粉末，叫做沈澱白堊(precipitated chalk)，用於擦粉(牙膏)。如用為白料(whiting)，則混以蓖麻子油，而製成油灰(putty)。天產的碳酸鈣，除用以製石灰及二氧化碳外，尚有許多用途。例如用作鼓風爐中的熔劑，用以製蘇打(鹼)和玻璃，以及作建築石料和鋪路碎石等。粉狀的灰石用以中和酸性土壤。

**373. 【水何以會硬】** 除雨水外，一切自然水都含有若干量的鈣和鎂的可溶性鹽。凡水中含這種物料過多，就稱為硬(hard)。

鈣和鎂的酸式碳酸鹽為各處硬水中的主要成分。這種物料，只要將硬水煮沸，極易從溶液中析出。此時二氧化碳被迫放出，而不溶解的碳酸鈣即行沈澱:



這種鹽類使水產生所謂一時硬性(temporary hardness)。但是如硫酸鈣和硫酸鎂等鹽類，卻不能僅用煮沸的方法來除去，凡含這種鹽類的水，稱為具永久硬性(permanent hardness)，在某種灰石區域，所有的水都具有很大的—時硬性。若水從高處

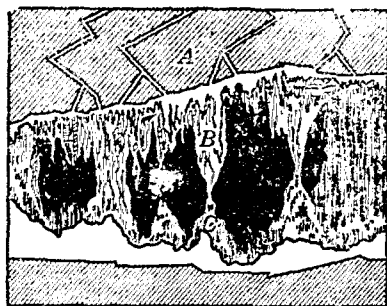


圖 227. 灰石岩洞 (A) 中的石鐘乳 (B) 和石筍 (C)

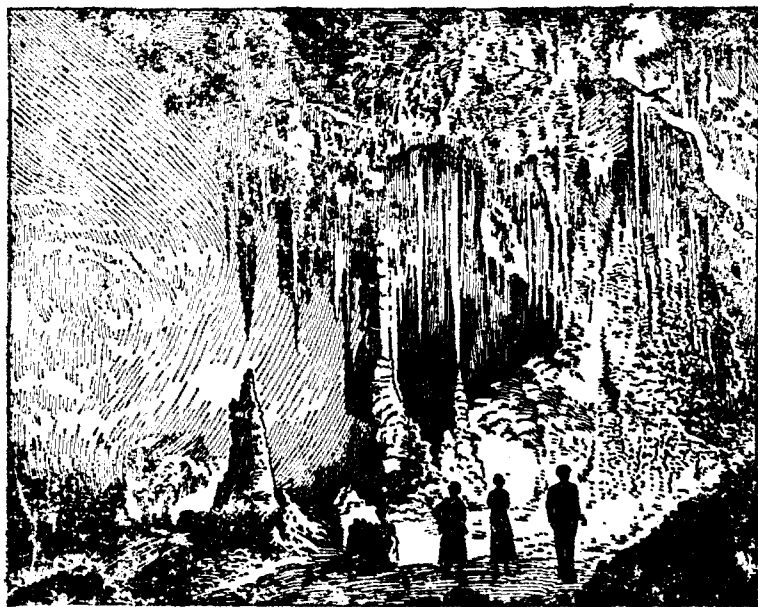


圖 228. 新墨西哥的卡爾斯巴特洞(carlsbad caverns), 在地面下 750 英尺處

如山洞之頂落下，即失去其一部分的二氧化碳，而漸漸把碳酸鈣沈澱了下來（圖 227）。這種物料常積累而成長條，像冰筍一樣。在某種灰石岩洞中，自上下垂的**石鐘乳** (stalactites) 和自下上長的**石筍** (stalagmites)，就經過這樣過程而生成的（圖 228）。

**379. 【用硬水的結果】** 硬水極不適於供工業及家庭用途。

第一，若用這種水於汽鍋中，就會在鍋內積成厚殼，稱為**鍋垢** (boiler scale)。這殼極難導熱，因此大大地減弱了汽鍋的效率（圖 229）。第二，硬水不適用於洗滌，因其極不易與肥皂發泡沫。肥皂與鈣鹽和鎂鹽能起反應而生成不溶解的鈣和鎂的脂酸鹽：

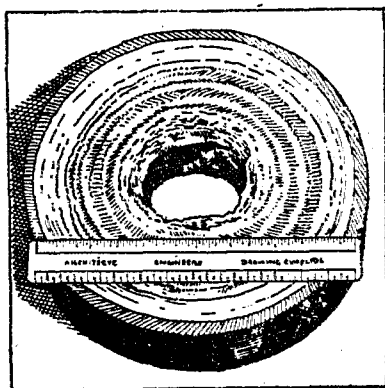
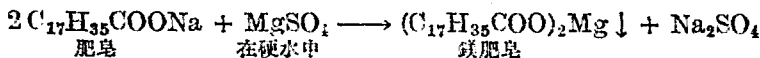
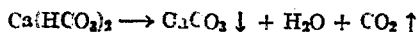


圖 229. 幾乎充滿鍋垢的鐵管



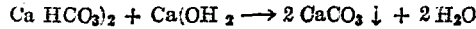
這種鹽（常稱為**鈣肥皂**或**鎂肥皂**）不溶於水，卻在水中生成黏性的微粒。故須耗去大量的肥皂，然後纔能產生膠體狀態的皂液而形成泡沫。這樣，當然是極浪費的。

**380. 【家用水的軟化】** 水的硬性可用許多不同的方法來除去。這種方法稱為水的軟化 (softening water)。一時硬性可將水煮沸片刻以除去之。不溶解的碳酸鹽即沈澱而出：



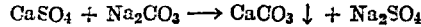
一時硬性又可藉‘消石灰’ (slaked lime) 的作用以除去之。其法，係以過量的消石灰於

水中攪動，使發生下列反應：

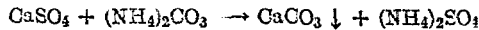
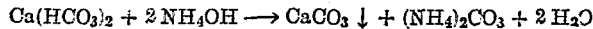


然後將沈澱濾出，即成軟水。

永久硬性不能用這種方法來除去，碳酸鈉可沈澱鈣和鎂的碳酸鹽而除去永久硬性：



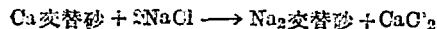
工業上使水軟化，都以大規模行之。沈澱下來的物料，自水中濾去，然後供用。在家庭中，水的軟化常屬小規模性質，應用市售的某種配合劑。以‘洗滌蘇打’為名的碳酸鈉，常被採用。若在未用肥皂以前，先將少量的碳酸鈉直接加入水中，能將一時硬性及永久硬性全部除去。過量的鈉鹽對於肥皂並沒有不良的影響。以‘家用氨’為名的氫氧化銨，在洗滌中亦常被採用。牠能從一時硬水及兼具一時硬性與永久硬性的水中將碳酸鈣沈澱下來。從碳酸氫鈣製成的碳酸銨，對於除去永久硬性的作用與洗滌蘇打相同：



鎂鹽不能用這種方法來沈澱。‘硼砂’ (borax,  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ ) 是一種弱酸之鹽，故其溶液中含有氫氧化鈉，對於水的軟化作用，與氫氧化銨相同。

### 381. 【工業用水的軟化】

另有一個水的軟化方法叫做‘交替法’ (permutit process)，是使水在一層人造的矽酸鋁鈉 (sodium aluminum silicate,  $\text{Na}_2\text{Al}_2\text{H}_6\text{Si}_2\text{O}_7$ ) 中濾過。水中的鈣和鎂就與呈粗砂狀的交替砂 (permutit) 中的鈉互相交換。濾砂經十二小時的應用後，注以鹽水，靜置同樣的時間，則鹽水中的鈉又替代了濾砂中的鈣。然後將氯化鈣溶液放去，濾砂就依舊可供應用。由此可見，消費掉的僅為鹽水，而原來的濾砂卻可歷多年而不變。這情形可表之如下：



### 382. 【石灰，即氧化鈣】

當灰石 ( $\text{CaCO}_3$ ) 加熱到白熱時，即放出

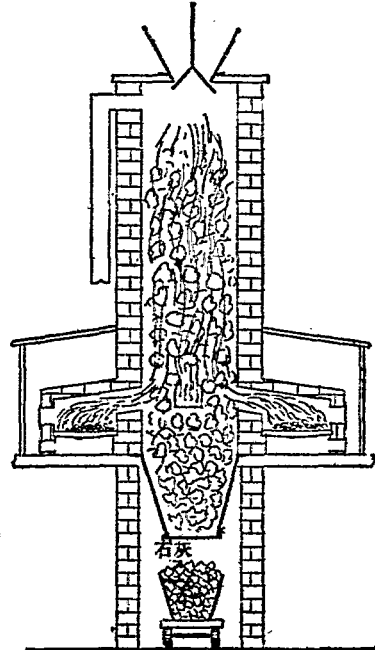
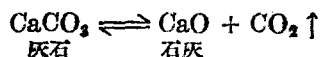


圖 330. 直立式石灰窯



二氧化碳而遺留着固體的石灰, 即氧化鈣 (CaO):



這反應是可逆的, 若不繼續將二氧化碳除去, 作用就會逆進。這作業是在所謂窖 (kiln) 的一種火爐中大規模地進行的 (圖 230)。

從適當的火源的熱氣通過磨碎的灰石, 就使灰石熱到相當的溫度。碳酸鈣如上述的反應而分解, 所生的二氧化碳氣則被通過窖 (231 圖) 中的強烈通風所帶走。用此法, 其作用可於 700° 到 800°C. 時完成之。其產物常稱為 '生石灰' (quicklime)。

有時也用 '旋窖' (rotary kiln), 以其可節省工作及燃料 (圖 232)。

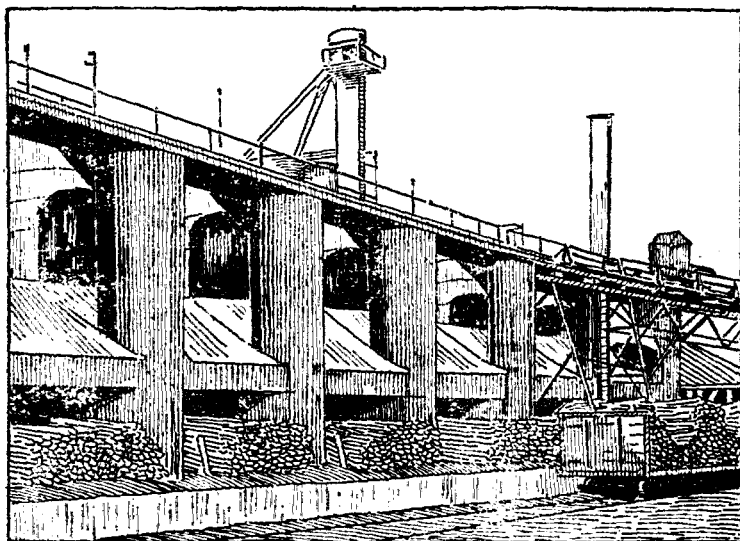
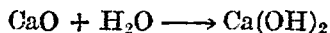


圖 231. 用木柴為燃料的直立式石灰窖

383. 【生石灰及其性質和用途】 生石灰 (CaO) 為白色、無定形的物質; 雖能熔解, 但極困難。加以強熱, 能發明亮之光, 故以前曾用於石灰燈 (limelights) 中。若以少許的水灑在一片生石灰上, 就

產生熱，此可自其放出的水蒸氣而偵知之，同時石灰碎裂，成爲白色的粉末，即氫氧化鈣：



這個反應叫做消化 (slaking)。生石灰暴露在空氣中，漸漸吸收二氧化碳和溼氣，而生成氫氧化鈣和碳酸鈣的混合物。這時候的石灰稱爲曾經空氣消化 (air-slaked)，以之供大部分用途，多不適用。

**384. 【消石灰，即氫氧化鈣】** 生石灰大都用以製氫氧化鈣 (calcium hydroxide,  $\text{Ca(OH)}_2$ )，即通常所謂的消石灰 (slaked lime)。氫氧化鈣爲白色物質，僅微溶於水。其清澄的飽和溶液，叫做石灰水 (lime water)。其於水中的懸濁液叫做石灰乳 (milk of lime)，凡欲用氫氧化鈣以粉刷牆壁的，都用到牠。

氫氧化鈣雖因不易溶解於水，不能得其濃厚溶液，但爲一極強之鹼。價極廉，故凡需用一種鹼而不需濃溶液的，都選用牠。又生皮去毛也用此物。研細的灰石和空氣消化的石灰，常加入土壤，以中和牠們的酸性。石灰又廣用爲刷白水 (whitewash)，及調製紙筋泥 (plaster) 和三合土 (mortar)。粉漆 (calcimine) 爲石灰和沈澱白堊與淡膠水的混合物，較刷白水更易黏着於牆壁。在西洋，生石灰都以石灰這名稱，裝入密封的鋼桶中出售，但在我國，卻大都以散裝出售。

**385. 【三合土和紙筋泥】** 三合土爲消石灰與砂礫的混合物，於建屋築牆時用以砌合磚石。牠與多孔的表面相接觸，故得長時間暴露在空氣中。在這種情形之下，牠就凝成硬塊，把磚石牢固地結



成分,也可為製水泥的原料。先將混合物磨成細粉,徐徐地送入一個斜置的旋轉圓筒中,筒內有自火源而來的熱氣通過(圖 232)。如是,使混合物均勻地受到必需的温度,最後即由旋轉圓筒的末端落下。這時所得的成品叫做‘硬渣’(clinker),硬渣冷卻後,即被研磨為極細的粉末(圖 233)。在加熱的過程中,即有某定量的水份和二氧化碳自混合物中

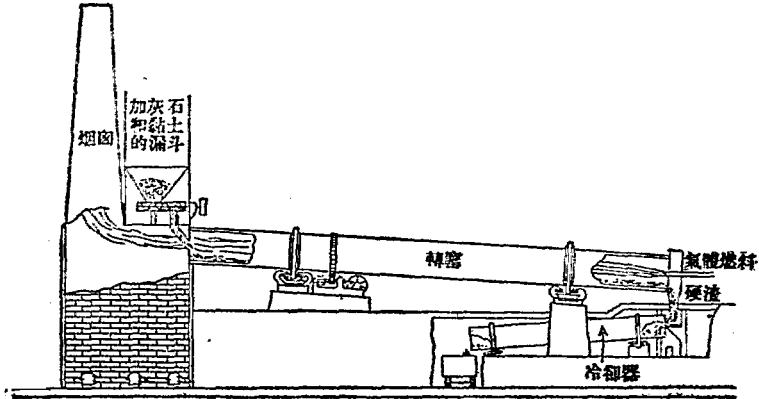


圖 232. 水泥旋窯的橫剖面

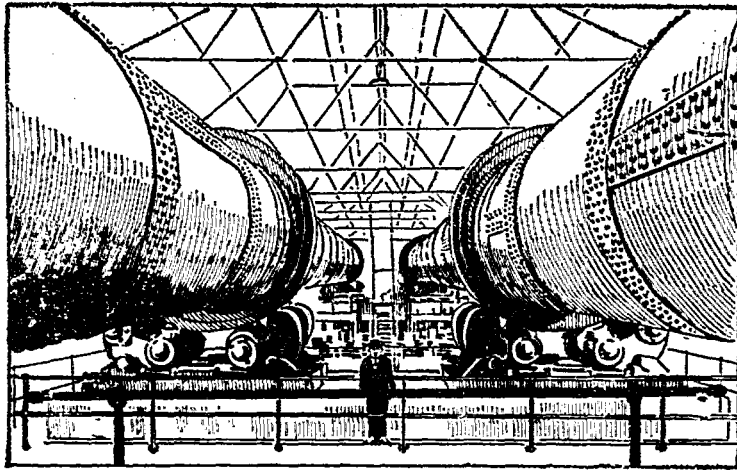


圖 233. 用以製石灰和水泥的旋窯

被迫逸去。當這脫水的粉末和水調成糊漿時，就徐徐和其中的水相結合，而形成一種硬如岩石的物料。這種硬固的水泥，絕似英國波特蘭 (Portland) 地方所產的石子，故有‘波特蘭水泥’ (Portland cement) 之名。最近曾有‘特種水泥’ (special cement) 製成，在二十四小時之內即可硬固。

水泥硬化的化學原理，現在還沒有十分明白。這作用大概由於混合物中矽酸鹽的水化，也許還由於氧化鈣的水化。含水的矽酸鹽晶體和氫氧化鈣晶體，互相交錯，遂形成一種堅實的硬塊。

混凝土 (concrete) 是水泥、砂礫和碎石等的混合物和水調成的一種糊漿。經數日後，就結成硬塊，較之純粹的水泥更為堅硬，並且具有更大的強度 (strength)。水泥從沒有單獨應用，常為混凝土的一成分。混凝土已很快地變成了最重要的建築材料之一了。牠用以修築道路、橋梁、基礎、水閘、行人道、圍牆、以及其他差不多想得到的各種建築。要使混凝土承受任何極度的張應力 (tensile stress)，如建築物中的樓板，就得在未硬化以前，在其中嵌以鋼棒或鋼條。這使

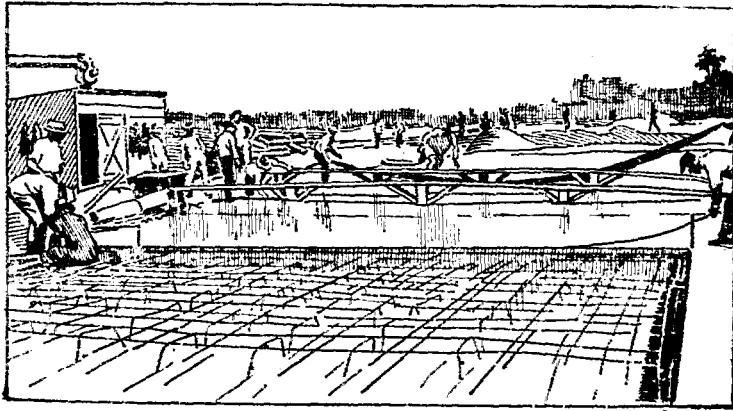


圖 234. 鋪築混凝土路面需用大量的水泥

凝成的硬塊，增加不少的強度。這樣一種建築材料，叫做鋼骨凝混土 (reinforced concrete)，多用以築路 (圖 234)。

387. 【其他的鈣化合物】 在其他重要的鈣化合物中有‘漂白粉’ (bleaching power,  $\text{CaCl}(\text{OCl})$ )、‘碳化鈣’ (calcium carbide,  $\text{CaC}_2$ ) 及‘氰氨基化鈣’ (calcium cyanamide,  $\text{CaCN}_2$ ) 等，都係用石灰製成 (圖 235)。還有一種產品叫‘氰化鈣’ (calcium cyanide)，最近曾被採用為果樹園中薰殺害蟲的藥料，此物為一種固體，其化學式為  $\text{Ca}(\text{CN})_2 \cdot 2 \text{HCN}$ ，遇溼氣能產生劇毒的氫氰酸 ( $\text{HCN}$ )。‘氯化鈣’ (calcium chloride,  $\text{CaCl}_2$ ) 發現於海水中，又為蘇爾侖法 (§ 322) 的副產物。牠在無水的顆粒狀時，極易潮解，故用以乾燥氣體。其飽和溶液於  $-48^\circ \text{C}$ . 時凝固；用為發冷器中的鹽水。‘氟化鈣’ (Calcium fluoride,  $\text{CaF}_2$ ) 自天然產出，為氟化合物的主要來源。

大部分的‘鈣化合物’使本生燈焰呈‘橙色’

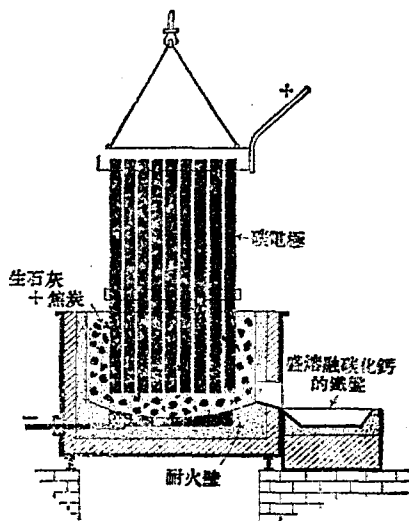
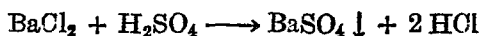


圖 235. 碳化鈣爐

## 銣和銩的化合物

388. 【銣和銩】 銣 (strontium) 和銩 (barium) 在自然界成為硫酸鹽和碳酸鹽而存在。牠們的化合物遠較鈣的化合物為少，其用途亦極有限。銩化合物使火焰呈黃綠色，故用以製造花火。

氯化銩 (barium chloride) 是一種結晶的固體，可溶於水。實驗室中用以檢驗硫酸根離子 ( $\text{SO}_4^{--}$ )，所生的硫酸銩成為白色的沈澱：



硫酸鋇在自然界成爲重晶石 (barite) 而存在，爲白色的礦物，用於製塗料及填補紙質。

銦化合物使火焰呈亮紅色。其硝酸鹽  $[\text{Sr}(\text{NO}_3)_2]$  用以製紅色焰火。

### 問題和習題

1. 貯生石灰的桶，如任其着潮，何以危險？
  2. 試區別 (a) 灰石；(b) 石灰；(c) 消石灰；(d) 石灰水；(e) 石灰乳；(f) 氯化石灰。
  3. 園丁在春天常以研細的灰石粉或空氣消化的石灰撒在草地上，何故？
  4. 空氣消化的石灰可用以製 (a) 三合土；(b) 刷白水；(c) 石灰水麼？
  5. 二氧化碳通入石灰水中時，初成乳白色，其後又復澄清。試解釋之，並列舉反應中所包含的全部方程式。
  6. 作方程式以解釋 (a) 製熟石膏；(b) 熟石膏的硬化。(b) 對 (a) 有何關係？
  7. 什麼使水具有硬性？
  8. 試指出硬水必需軟化的理由兩種。
  9. 在硬水的區域，水壺內壁常有石質的硬殼生成，此殼爲何？
  10. 汽鍋中用硬水，結果如何？
- \* \* \*
11. 怎樣從氯化鋇中製硫酸鋇？
  12. 試比較三合土的硬化與熟石膏的硬化？
  13. 氫氧化鈉的溶液爲什麼不能貯在有毛玻璃塞的瓶內？
  14. 空氣消化的石灰與消石灰可用怎樣簡單的化學檢驗法來區別牠們？
  15. 氫氧化鋇可用來代替石灰水以檢驗二氧化碳麼？
  16. 工業上需用氫氧化鈣時，恆用石灰乳而不用石灰水，是何緣故？
  17. 若欲製石灰水，而手頭的鈣化合物只有沈澱白堊。試問有何辦法？
  18. 怎樣表示鹼金屬較之鹼土金屬更爲活潑？
  19. 方解石晶體與石膏相似。用怎樣的化學檢驗法可以區別牠們？試寫出其辨

包含的方程式。

20. 怎樣從大理石製成下列物質：(a) 二氧化碳；(b) 氯化鈣；(c) 生石灰？寫出各反應的方程式。

\* \* \* \*

21. 10 仟克的灰石可製生石灰若干仟克？  
 22. 分解足量的灰石以製一仟克的生石灰，可放出二氧化碳（標準狀況）若干容積？  
 23. 灰石一噸，含有 97% 的純碳酸鈣，問可製成生石灰若干噸？

## 鎂

389. 【天然存在的化合物】 鎂 (magnesium) 成爲菱苦土礦 (magnesite,  $MgCO_3$ ) 和一種複合碳酸鹽白雲石 (dolomite,  $MgCO_3 \cdot CaCO_3$ ) 而存在。還有幾種天產的鎂的矽酸鹽，爲常見的有用物質，如海泡石 (meerschaum)、滑石 (talc)，即皂石 (soapstone) 及石棉 (asbestos) 等。皂石用爲水槽和桌面，其粉末即滑石粉，又稱法國白堊 (French chalk)。石棉爲纖維狀的礦物，可製防火布及防火卡紙。在德國斯塔斯佛特的礦牀中，鎂成爲硫酸鹽及與鉀成複合的氯化物而存在。

390. 【金屬鎂的製法和性質】 金屬鎂由電解熔融的氯化鎂而得。所用的氯化鎂須預先於氯化氫的氣流中經過脫水處理。此種電解係於足容數噸的長方形鑄鋼大區 (tank) 中行之。鋼區用作陰極，陽極則以石墨棒爲之 (圖 236)。其製造的過程是連續的，故可將金屬鎂逐日取出。電池中不時加入脫水的氯化鎂，使之保持一定的水平。此外又時時加入食鹽，以降低其熔點，並增加電池的

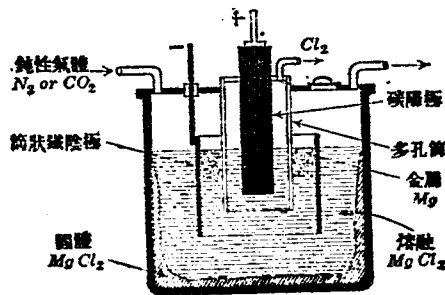


圖 236. 鎂爐的圖解



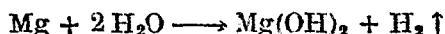
導電度。電池外又須加熱，使之保持適當的溫度。金屬鎂較電池中熔融的鹽類為輕，故上昇而浮於表面（圖 237）。



圖 237. 製金屬鎂的熔爐

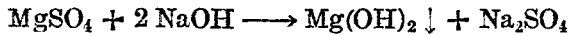
鎂 (magnesium) 為極輕的、銀白色的金屬 (比重 1.74)，質軟，易為溼空氣所侵蝕。被侵

蝕後，在表面結成白色的殼，係由鹼式碳酸鎂所成。通常與鋁製成合金，稱為鎂鋁齊 (magnalium)。陶氏金 (Dow metal) 中含有 85% 到 94% 的鎂，在 1935 年的平流層探檢時，曾用以製懸於氣球下的球形吊艇。鎂在空氣中燃燒時發生明亮的白光，生成氧化物 (MgO) 及氮化物 (Mg<sub>3</sub>N<sub>2</sub>)。閃光粉 (flash-light powder) 為鎂粉與氯酸鉀的混合物。某種信號光 (signal light) 及花火 (firework)，也含有鎂粉。金屬鎂能與沸水起緩慢的反應而放出氫：

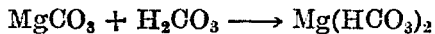


在冷稀酸中，也能很快地取代酸中的氫。

**391. 【氧化鎂與氫氧化鎂】** 把碳酸鎂加熱，即得氧化鎂 (magnesium oxide, MgO)，俗稱苦土 (magnesia)。苦土為極難熔融的物質，用以製耐火磚，及砌築高溫的熔爐。與水徐徐化合則成氫氧化鎂 (magnesium hydroxide, Mg(OH)<sub>2</sub>)。氫氧化鎂為不溶於水的白色物質，可供藥用，名為苦土乳 (milk of magnesia)，係以可溶性之鹼，加入鎂鹽而成：

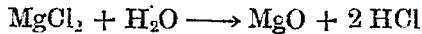


392. 【鎂鹽】 碳酸鎂 (magnesium carbonate,  $\text{MgCO}_3$ ) 有天然產出，為氧化鎂及氫氧化鎂的來源。不溶於純水，但能溶於含二氧化碳之水中，而生成碳酸氫鎂 (magnesium bicarbonate):



硫酸鎂 (magnesium sulfate,  $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ ) 為某種自然水之一成分，存在於某種鹽礦中。俗稱瀉鹽 (Epsom salt)，可作藥用。

氯化鎂 (magnesium chloride) 存在於海水中，在熱水中即起水解而成鹽酸：



因鹽酸能侵蝕金屬，故輪船上的汽鍋中不能應用海水。

### 問 題

1. 鈹與何種金屬常製為合金？
2. 用何種化學的檢驗法可以區別鎂與新鑲亮的鎂？
3. 怎樣用鎂來製成 (a) 氧化鎂；(b) 硫酸鎂？
4. 試列舉下列各物的化學名稱、式，及用途一種：(a) 冰洲石；(b) 大理石；(c) 石膏；(d) 方解石；(e) 菱苦土礦。
5. 寫出下列各物與鎂的反應方程式：(a) 稀鹽酸；(b) 氮；(c) 二氧化碳；(d) 水蒸氣；(e) 稀硫酸。

\* \* \*

6. 美國紐約中央鐵道局每年約耗去一百萬元美金以澄清並軟化沿路所用水。試寫出硬水軟化所包含各反應的方程式。

7. 抄錄下列文字，並將缺字填入：金屬鎂由電解\_\_\_\_\_的氯化鎂而得。金屬在\_\_\_\_\_極釋出，並隨即黏附於其上。

8. 抄錄下列文字，並將缺字填入：硬水含有溶解的\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_鹽。若其溶解的物料為\_\_\_\_\_鈣或鎂，可用煮沸法將其自溶液中逐出，這稱為\_\_\_\_\_硬性。若其溶解的鹽類為

\_\_\_\_，那就不能用煮沸法將其除去，這時候的水就稱為具有\_\_\_\_硬性，須加入\_\_\_\_錳能將其除去。

9. 一農人背負石灰一袋，途中遇雨。石灰忽發高熱，於是農人即以石灰袋拋入附近之小河中以‘滅其火’。試作批評。

10. 試作方程式表示下列各情形所起的反應：(a) 灰石區域中山洞的生成；(b) 此種山洞中鐘乳石與石筍的生成。第二方程式對於第一方程式有何關係？

矽

**393. 【二氧化矽，即矽土】** 矽的最普通的化合物為氧化物 ( $\text{SiO}_2$ )，稱為二氧化矽 (silicon dioxide)，通稱矽土 (silica)。矽和矽石以及某種蘊藏極富的其他物質，都含有矽土。純粹的矽土為石英 (quartz) 或水晶 (rock crystal)，為精美、清澄的六邊形稜柱狀晶體。有時，水晶含有雜質，遂呈種種顏色；如紫晶 (amethyst) 是紫色的，玫瑰晶 (rose quartz) 是粉紅色的；茶晶 (smoky quartz) 是褐色的；乳晶 (milky quartz) 是白色的。尚有他種矽土，如條紋瑪瑙 (onyx)、蛋白石 (opal)、和火石 (flint) 等都是。化石木 (petrified wood) 也是一種矽土，由於矽土逐漸取代樹木中的木纖維，結果就將其變成石質。

植物中也含有矽土，尤其是莖葉部分，似乎在使之增加硬挺。某種單細胞海生動物，生有含矽土的骨骼。此種動物係屬於滴蟲類 (infusoria)。有些區域沈積着大量極細的矽土，叫做滴蟲土 (infusorial earth)，又稱矽藻土 (Tripoli)。此物在製猛炸藥中用以吸收硝化甘油；又用以除去油類中的有色物質，及製造擦粉。

**394. 【矽土的性質】** 矽土為堅硬而性脆的物質，故用為磨料

(abrasive)。砂皮(sand-paper)即由鋒利的石英砂膠着在紙上而成。砂土可以在氫氧焰中熔融而製成細線、試管、燒瓶或坩堝等(圖 238)。



圖 238. 用石英製成的實驗室用具

近年來，藉了電爐，及利用高溫、高壓與高度真空，已能以商業的規模來製明潔的熔融石英 (clear fused quartz)。其熔點為  $1715^{\circ}\text{C}$ ., 膨脹係數為已知物料中最小者。故在鼓風燈火焰中燒至紅熱的石英坩堝，即使將其沒入冷水中，也不會碎裂。石英也許可推為僅有的最透明的固體，且為能透過紫外射線而又能大量生產的唯一物質。牠更有顯著的透過低熱射線的性質，又若用為電的絕緣體，遠勝於玻璃、瓷、及其他相似的物料。明潔的熔融石英鏡片已能磨得極平，其表面上的任何一點與真正平面之差必不過千萬分之二英寸(圖 239)。

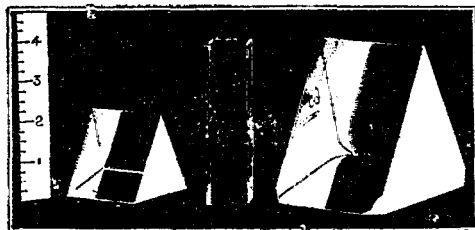
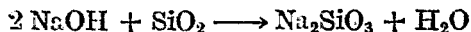


圖 239. 光學的稜鏡及透鏡可以用熔融石英製造

石英器皿不受普通酸類所侵蝕，但極易為氟氫酸( $\text{H}_2\text{F}_2$ )所溶解。砂土又能溶解於熔融的鹼類中而生成矽酸鹽 (silicates):

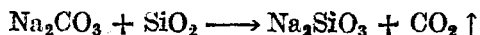


若以砂土與鹼類的濃溶液共煮，也能發生上述反應。

395. 【矽酸和矽酸鹽】 二氧化矽為酸類之酐 (anhydride), 該

酸之式爲  $H_2SiO_3$  ( $H_2O + SiO_2$ )。但該酸與普通酸類不同，不能希望其由砂土溶於水中而生成。其酸性極弱，祇能以其鹽類矽酸鹽製得之。鈣、鎂、鋁、及鐵等的矽酸鹽，造成地殼的大部分。多種普通岩石如花剛石之類，都由複雜的混合矽酸鹽所組成。矽酸鹽大都不溶於水，但鹼金屬的矽酸鹽卻是可溶解的。

水玻璃 (water glass) 即矽酸鈉 (sodium silicate,  $Na_2SiO_3$ )，是以砂土和碳酸鈉共同熔融而製成的：

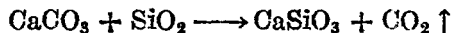
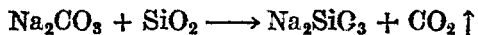


矽酸鈉的溶液爲極好的蛋類的防腐劑，因其能填塞蛋殼上的細孔，使其不透空氣。牠又用以製防火木和防火布，及作玻璃和陶瓷器的膠合劑。矽酸鈉被酸化 (acidified) 時，矽酸即沈澱而出：



此時矽酸成膠狀沈澱，含有極多量的水。若充分加熱，那麼這膠狀體就失去其所含的水分而成爲砂土。矽酸就是膠體的佳例。

**396. 【玻璃】** 普通玻璃是將砂、碳酸鈉、與碳酸鈣等共同熔解而製成的。在高溫度時，碳酸鹽與砂發生反應而生成玻璃，也就是矽酸鈉與矽酸鈣的混合物：



這種矽酸鹽的混合物，遇冷則凝固，但並不結晶，成爲透明無定形的物質；可認爲是一種矽酸鹽在他種矽酸鹽中的過冷溶液。某類玻璃放置過久，亦能漸起結晶，其結果使玻璃漸不透明及脆弱易碎。硬

玻璃 (hard glass) 的熔點較普通玻璃 (軟玻璃) 為高, 由矽酸鉀和矽酸鈣的混合物所成。火石玻璃 (flint glass) 含有鉛、鋇、和鉀的矽酸鹽。若用硼\* 的氧化物來代替一部分的砂土, 所成的玻璃就含有硼酸鹽, 其膨脹係數極低。派來克斯玻璃就是硼矽酸鹽玻璃的一例。

在玻璃的製造中, 先將配好的成分於耐火泥罐或區 (vat) 中, 用煤氣火爐加熱, 至極高的溫度。所有的二氧化碳必須從溶液中盡行驅出, 否則產品中會含有氣泡和條紋。此時若加入少些金屬氧化物, 可使玻璃呈各種的顏色。廉價的玻璃常帶綠色, 是由於含有氧化鐵的緣故。

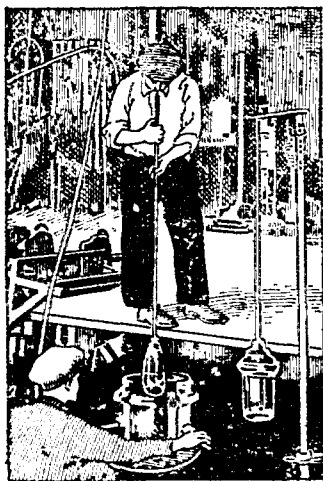


圖 240. 許多玻璃器皿在模型中吹成

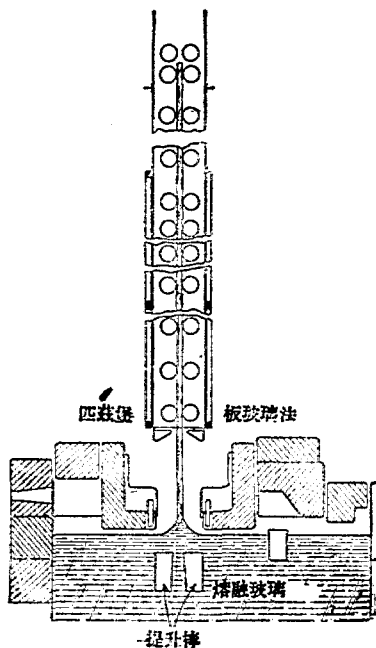


圖 241. 窗玻璃可成爲薄片而拉出

將玻璃製成各種形式, 通用吹法 (圖 240)。在長吹管的一端, 蘸了些熔融的玻璃, 一

\* 硼爲三價元素, 其性質與矽極相類似。

個熟練的工人會把他吹成大圓筒或其他所需的形式。最近新創一法，可將玻璃片自圓中連續拉出(圖 241)。瓶及相似的物件，係在模型中吹成，或藉機械，或賴手工。板玻璃的製造，係將溶融的玻璃傾注桌面，用熱鐵棒敲平，最後再經小心的磨琢而成。‘火石玻

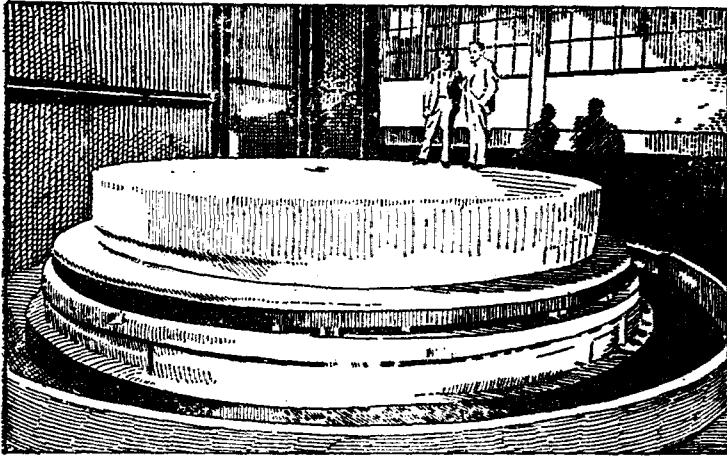


圖 242. 這塊玻璃的直徑為 200 英寸，用以製凹透鏡。

璃’具有特殊的光學性質，用以製某種透鏡(圖 242)。因其外觀燦爛，故又用以製裝飾品，如車光玻璃 (cut-glass) 器皿等。玻璃上的圖案，係用剛砂 (emery) 製的輪子來車就，再用極細的磨料 (abrasive) 來磨光。

397. 【特種玻璃】 汽車上最廣用的不裂玻璃 (nonshattering glass), 即安全玻璃 (safety glass), 是把兩片薄玻璃用一張硝化纖維素即賽璐珞片來膠合而成的 (§ 437)。

還有一種玻璃，能彎曲如鋼鐵，碎裂如冰糖，稱為熱煨玻璃 (heat-tempered glass), 由製就磨光的板玻璃在電爐中經特種處理而成。先將玻璃均勻地加熱至行將軟化的一點，再突然吹入冷空氣以冷卻

之。此種突然冷卻，使玻璃表面即‘表皮層’(skin)即起收縮作用，而給以特別堅強的性質(圖243)。

398. 【矽】 矽元素極難自其化合物中還原而出，故極少見；但可以純矽與碳在電爐中加高熱而製得之：



矽有兩種，一種屬無定形矽為棕色粉末；一種屬結晶形矽為黑色的針狀結晶體。

矽用為煉鋼時的脫氧劑 (de-oxidizing agent)，及製鐵的合金。市上以各種商業名稱出售之耐酸鐵(圖 244)，即為矽與鐵的合金，其中含矽約 15%。矽鋼 (silicon steel) 含有 4% 的矽，用以製造電機中磁性變化極速的部分，例如在交流電機中即廣用之。



圖 243. 四分之三英寸厚三英尺平方的熱煨玻璃，足以支持托雷獨動物園 (Toledo Zoo) 中體重達 6800 磅的巨象

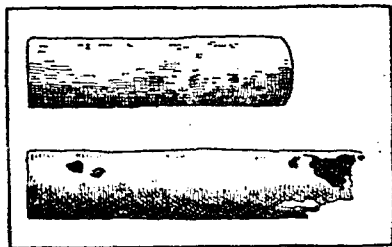


圖 244. 普通鐵管(下)為酸液所腐蝕，而特種合金(上)卻能耐酸

399. 【怎樣製金剛矽】 若使矽與碳的反應在某種狀況下進行，並給以過量的碳，結果矽碳兩元素就生成一種化合物，稱為碳化矽 (carbon silicide,  $\text{SiC}$ )，或稱金剛矽 (carborundum)。製造金剛矽



所用的電爐(圖 245)與製石墨的相似。爐心由粒狀的焦炭所成,

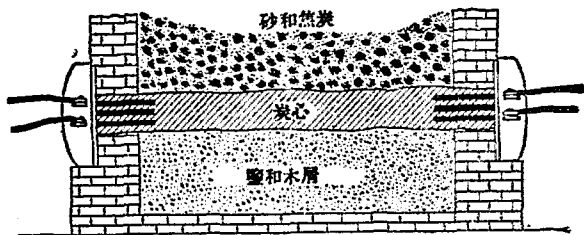


圖 245. 金剛砂爐。爐心的焦炭四週, 覆以砂、木屑、焦炭、和矽的混合物

四周圍以砂、木屑、焦炭及少量食鹽的混合物。用強電流通過爐心, 即產生高熱, 足使其周圍的物質, 發生反應。

金剛砂為一種晶形的固體, 呈美麗的紫色。質極硬, 用作磨料, 以製磨輪及磨石等, 又為極細的擦粉。

## 第二十七章摘要

【金屬鈣】金屬鈣係由電解熔融的氯化鈣而製成。在室內溫度時, 鈣能使水徐徐分解。

【碳酸鈣】碳酸鈣以多種形態而存在, 如大理石、灰石、和白堊等都是。不溶於純水, 但能溶於含有二氧化碳之水中, 而生成酸式碳酸鹽。

【硬水】硬水含有溶解的鈣鹽及鎂鹽。若其溶解的物料為碳酸鈣或碳酸鎂, 則煮沸後即能自溶液中析出。這稱為一時硬性。其硬性不能以煮沸法除去的, 叫做永久硬性。

硬水在汽鍋中形成硬殼, 並與肥皂溶液結成鈣肥皂及鎂肥皂而

沈澱。一時硬性，可藉 (1) 煮沸或 (2) 加消石灰以除去之。永久硬性可用碳酸鈉除去之。家庭中用碳酸鈉、氫氧化鈹、和礪砂以使水軟化，在工業上則用交替砂以使水軟化。

【石灰】石灰(氧化鈣)由加熱碳酸鈣而成。石灰與水化合，迅速而又猛烈地生成氫氧化鈣(消石灰)。氫氧化鈣僅略溶於水。

【三合土和紙筋泥】三合土為氫氧化鈣與砂礫的混合物。紙筋泥為氫氧化鈣、砂、與紙筋、或毛髮等的混合物。

【水泥和混凝土】水泥為灰石與黏土不完全脫水的混合物。與水相混，即結成硬塊。此種硬化，由於某種矽酸鹽與氧化鈣的水合作用。混凝土為水泥、砂礫、與碎石等的混合物。

【鈣鋇鎂的火焰檢驗】鈣化合物使火焰呈橙色。  
鋇化合物使火焰呈亮紅色。  
鎂化合物使火焰呈黃綠色。

【金屬鎂】金屬鎂由電解熔融的鎂鹽而成。鎂為活潑的金屬，能與氮相化合。燃燒時發極強的白光，用以製造閃光粉，花火及合金鋁鎂齊。

【氧化鎂和氫氧化鎂】氧化鎂係由加熱碳酸鎂而製成。因其極難熔化，故用以製耐火磚。氫氧化鎂為一白色不溶於水的物質。

【矽】矽為一蘊藏量極富的元素，屬於碳族。可於電爐中加熱砂與碳而製得之。若有過量之碳存在，就生成碳化矽，又稱金剛砂。

【砂土】砂土就是二氧化矽，成為砂礫而廣佈於各處。實驗室中所用的器皿可用熔融的砂土製成。明潔的熔融石英已能以商業

的規模來製造，不但可以製成棒狀及管狀，並可以製成塊狀或板狀，以供光學器械。矽土可為氫氟酸所溶解，又可為氫氧化鈉所徐徐溶解。

【矽酸鹽】 矽酸鹽為矽酸所生之鹽。矽酸加熱後，即分解為二氧化矽和水。矽酸鹽都不溶於水，惟鈉與鉀的矽酸鹽則屬例外。

【玻璃】 玻璃係矽酸鹽的混合物，為無定形的固體。普通玻璃為矽酸鈉和矽酸鈣的混合物。硬玻璃含有矽酸鉀。火石玻璃則含有鉛鉀鈉等的矽酸鹽。

### 問 題

1. 比較碳和矽。
2. 列舉矽的五種重要用途。
3. 將本章中所載的廢料列成一表，並各記其化學式。
4. 水玻璃對於石英質的反應怎樣？試解釋之。
5. 以石英玻璃作化學器械，有何利益？
- \* \* \*
6. 交通燈光用紅玻璃、黃玻璃、和綠玻璃為信號。問此種顏色玻璃各用何法着色？
7. 現今市上有含石英甚多之窗玻璃出售，以供起坐室中陽光直射的窗戶之用。問此種玻璃有何利益？
8. 什麼是 (a) 派來克斯玻璃；(b) 不裂玻璃；(c) 水玻璃？舉出諸物質的用途各一種，並說明係利用其何種質性。
9. 以縱列之表，舉出各種不同形態之 (a) 碳酸鈣；和 (b) 二氧化矽。
10. 一石英晶體，一車光玻璃，和一琢磨之全剛石，三者外觀相似。你將怎樣區別牠們？
- \* \* \* \* \*
11. 溶解 500 克的純碳酸鈣，需用含 38% 的 HCl 的鹽酸 (比重 1.2) 多少立方釐米？
12. 就理論計算，含 95% 的  $\text{SiO}_2$  的砂一噸，可製成全剛砂重若干？

## 進修研究題

【軟水與硬水】 你家所用的水是軟水麼？ 容易與肥皂發生泡沫麼？ 試把他與雨水比較。 水壺中內壁有無洗滌生成？ 以洗滌蘇打除水的硬性，有無確實功效？ 有些除垢粉及肥田粉，廣告上說明可用於硬水，試加以實驗。 工業上用怎樣的方法來淨水？ (最新化學工業大全第 2 冊；許雲樞編：工業用水清潔法，均商務版。)

【玻璃和陶器】 有多種工藝還在化學科學發達之前，即已發達。技術熟練的工匠，都由經驗得到製玻璃和陶器等物質的方法，最近應用何種化學原理於這類工業，始得大加改良，並合於經濟？ (伊林：十萬個為什麼？董純才譯，開明版；最新化學工業大全第 5 冊，商務版。)

## 第二十五章至第二十七章複習題

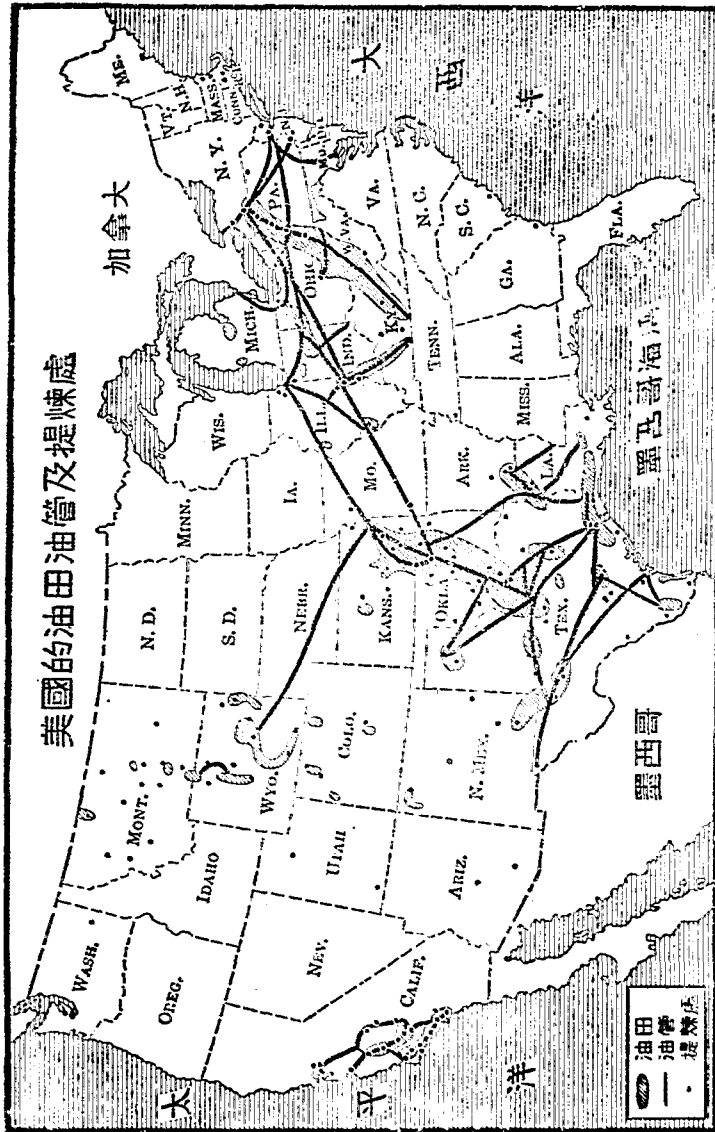
1. 水化物怎樣可以解釋定比定律？ 試敘述此定律。
2. 酸為鹼所中和，試以離子說的術語來說明此變化。
3. 比較下列各物質在水中的溶解度：(a) 氧；(b) 氮；(c) 氫；(d) 氯化氫；(e) 二氧化碳。
4. 若砂（主要成分為二氧化矽）能溶於水中，結果世界之外觀將有何改變？
5. 石膏和洗濯蘇打的晶體，都是水化物。若是把他們各在空氣中暴露若干時，將見其化學行為有何不同？
6. 吸收怎樣有關於 (a) 物體所有表面之大小？ (b) 細粉狀觸媒的作用？
7. 怎樣自元素製下列各化合物：(a) 過氧化鈉；(b) 亞硫酸鈉；(c) 磷酸；(d) 碳酸氫鈣？
8. 氯化鈣、濃硫酸、五氧化二磷都用為乾燥劑。試用方程或其他方法以指出各物質用作乾燥劑所起的作用。
9. 石灰在 1808 年以前，一向都被認為元素。氣自 1774 年由舍韋氏發現以後，一直到 1915 年為止的四十餘年中，一向都被認為化合物。那一個大化學家糾正這兩種謬誤？
10. 試就製法、穩定度、及檢驗法，以碳酸鹽和酸式碳酸鹽與亞硫酸鹽和酸式亞硫酸

酸鹽相比較。各中性鹽怎樣能變成酸式鹽？寫出上述反應所包含的方程式。

\* \* \* \*

11. 試計算含水氯化鎂 ( $\text{BaCl}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ ) 所含氯的百分數。
12. 以 80 克的鈣與水作用,能發生乾燥而在標準狀況下的氫若干容積?
13. 每升溶液中含氫氧化鈉 5.0 克,試以當量溶液表示其濃度。

# 美國的油田油管及提煉處



● 油田  
 — 油管  
 ● 提煉處

## 第二十八章

### 煤 石油 燃料氣體

煤——熱單位——卡計——燃料和煤煙。

石油——提煉——汽油——合成汽油——汽車用汽油——‘乙基汽油’。

燃料氣體：天然煤氣、煤氣、水煤氣、發生爐煤氣——煤氣燈和燭焰——乙炔燈。

#### 煤

400. 【用作燃料的煤】 成爲煤的形態的碳，幾乎爲工廠中轉動機器及冬日生火取暖等一切能的來源。但僅是碳，還無濟於事，必先使之燃燒；要使之燃燒，就需要氧。所以碳與氧的化合，在能的產生上是必需的。一噸的煤燃燒完全，至少需要空氣 11.5 噸。我們買一噸的煤，並不是要買在煙囪中散逸的氣體，或殘餘的灰燼，而是要買所產生的能。

熱是能的最熟悉的形態。熱、光和電都是能的一種形態。任何物質的能，就是牠作工的容量。能極像物質，可以變化，卻決不能創造或毀滅。這稱爲能量不減定律 (law of conservation of energy)。因爲能沒有重量，所以必須就其所生的效應來計量牠。

401. 【怎樣計量熱】 實驗指出，若使一噸的硬煤完全燃燒，並

且所生的熱全部用以熱水，就可使一噸的水溫度升高  $7^{\circ}\text{F}$ 。英、美工程師對於燃料的熱值 (heat value)，以單位計算，每一單位等於一磅水升高攝氏一度所需的熱。這熱單位稱為英國熱單位 (British thermal unit)，簡寫作 B. t. u. 例如，一磅煤的熱值約為 11,000 至 13,000 B.t.u.

其他各國的工程師以及一切理化實驗室中的化學家所用的熱單位，都是米制單位，稱為克卡 (gram calorie)。一克卡是一克水升高攝氏一度所需的熱。此外又有所謂仟克卡 (kilogram calorie)，等於 1000 克卡。這個單位通稱大卡，用以計算食品的熱值。

402. 【卡計】用以決定燃料的熱值的儀器，稱為卡計 (calorimeter, 圖 243)。

卡計由一強固的鋼杯或鋼彈與一密合的螺旋蓋而成。將一煤樣稱量(約重 1 克)後，擊碎放入鋼杯中的小盤內，然後用一鉛絲接連彈內的兩電極，並令其端入煤中。此時將蓋子旋上，並以很大壓力通入氧氣，其次將鋼杯放在一盛水的罐中，四周隔一空氣層，外圍以水，罐外更用毛毯包裹。罐中裝一可以測至  $0.001^{\circ}\text{C}$ . 的溫度計，及一機械的攪動器。最後通電流於鉛絲，煤即因熱而燃。此時讀出溫度計昇高的度數。從水的重量及其溫度的升高(校正後的度數)，即可計算煤的熱值。

另一形式的燃料卡計，所謂柏爾氏通氣

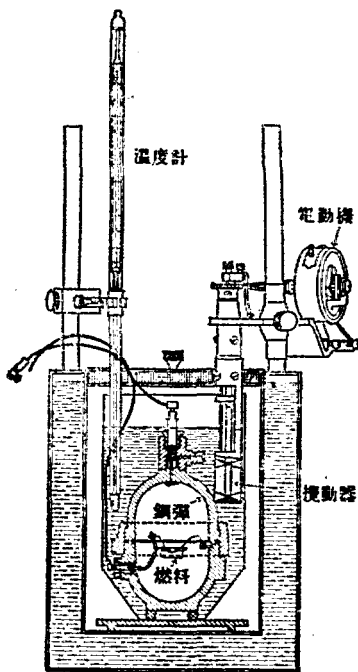
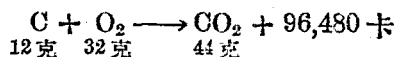


圖 246. 彈式卡計，用以計算煤的熱值



化物彈 (Parr's Peroxide Bomb), 不似上述卡計之用氧, 卻以過氧化鈉(氧的一種來源) 與燃料樣品相混和, 而在彈內點火。這儀器需費較省, 用作普通的測定, 已夠準確。

403. 【燃料和煤煙】 煤、焦炭、木柴、及木炭等, 是最常用的固體燃料 (solid fuel)。這種物質如在空氣中充分加熱, 就燃燒而產生一氧化碳和二氧化碳。這個化學反應有熱放出, 所以稱為放熱反應 (exothermic reaction)。使 12 克的碳 (即碳的克原子量) 燃燒為二氧化碳, 其放出的熱量為 96,480 卡。因為這熱是反應的重要結果, 故可表示之如下:



在大火爐中, 若空氣的供給不足, 或火爐的構造不合, 會有多量的一氧化碳及成為微粒的未燃盡的煤, 徒然散逸。這未燃盡的煤為發生煤煙 (smoke) 的原因, 在燃用軟煤的許多大城市中, 這成爲一個嚴重的公共的損害。此外生煙又不免耗費大量的燃料。若使爐房 (圖 247) 的構造, 設計得當, 燃料和空氣的供給, 加以調節, 就起完全的燃燒, 而不再生煙了。

這從工廠的立場說, 是很經濟的, 而對於工廠附近居民

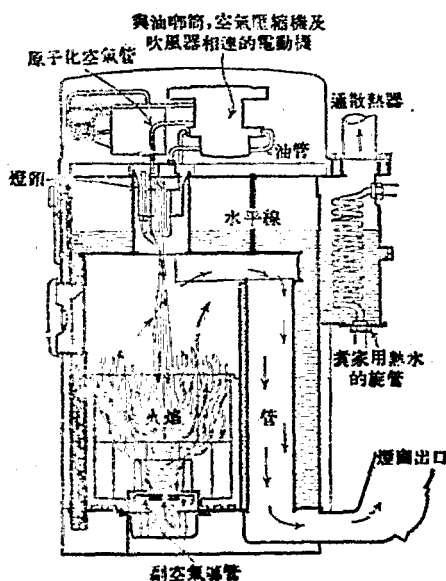


圖 247. 用油爐的汽鍋

的健康和安寧，也十分需要。

## 液 體 燃 料

404. 【石油是幾種碳化氫的混合物】 自然油即普通所謂石油 (petroleum) 是幾種碳氫化合物叫做碳化氫 (hydrocarbons) 簡稱烴的混合物。關於這複雜混合物的個別成分，實際上還一無所知，因為化學家能分離得其純粹狀態的，僅只是少數的幾種。並且我們對於個別的碳化氫的知識，也只是由實驗室中製取純粹物質而得來的。

已知的碳氫化合物共有數百種，依其組成，可集為若干屬類。

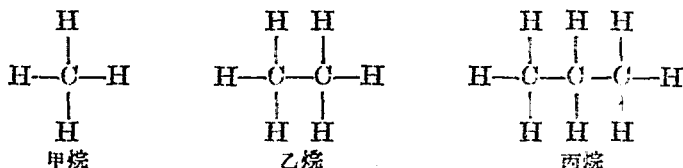
405. 【石蠟系】 碳化氫的一屬，稱為石蠟系 (paraffin series)，其中最先的六種，列舉如下表：

石 蠟 系 碳 化 氫

名 稱	式	分 子 量	沸 點 (C.)
甲烷 (methane).....	CH <sub>4</sub>	16	-160°
乙 烷 (ethane).....	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	30	- 93°
丙 烷 (propane).....	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	44	- 45°
丁 烷 (butane).....	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	58	+ 1°
戊 烷 (pentane).....	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	72	36°
己 烷 (hexane).....	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	86	71°

從上表可知，這一系從為天然煤氣之主要成分的甲烷開始，每連續兩化合物之差為 CH<sub>2</sub>。又，每一化合物中氫原子之數為碳原子之數之兩倍加二。這事實可以公式 C<sub>n</sub>H<sub>2n+2</sub> 表之。我們如果記得碳

的原子價爲四，氫的原子價爲一，那末我們就可把石蠟系表示如次：



系中各化合物的分子越大，其沸點越高。故在通常狀況下，最初的四種是氣體，其次的十種是液體，以後的都是固體。本系中的化合物，曾經研究過的，至少已達六十烷 (hexacontane,  $\text{C}_{60}\text{H}_{122}$ )。美國賓夕爾法尼亞 (Pennsylvania) 所產的石油，也許大都由本系中的化合物所組成。

但是本系中的化合物雖多，卻不能概括所有的碳化氫。普通的煤氣，其發光本領 (luminosity) 全由於乙炔 (ethylene,  $\text{C}_2\text{H}_4$ )，乙炔爲具有  $\text{C}_n\text{H}_{2n}$  這公式的另一系的第一種化合物。還有一系，其第一種化合物爲乙炔 (acetylene,  $\text{C}_2\text{H}_2$ )，公式爲  $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$ 。凡是這一類的碳化氫都能互相溶解，故能製成任何比例的混合物。

若把上表與醇類 (§ 423) 的同族系 (homologous series) 相比較，就可見這兩系有密切的關係。我們可以認每一種醇都由相當的碳化氫除去一氫原子而代入氫氧基所衍生出來的；例如乙烷 ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ) 與乙醇 (ethyl alcohol,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ) 的關係就是。不過這樣的作用通常是無法實現的，只有牠的逆作用 (即以氫代氫氧基) 卻有幾種方法可以使之實現，在實驗室中就利用這個方法來製備碳化氫。

406. 【石油的提煉】 在美國的俄克拉何馬 (Oklahoma)、賓夕爾法尼亞、加利福尼亞、塔克薩斯等省，以及墨西哥、羅馬尼亞、蘇俄、伊蘭等國，都在地面下蘊藏着大量的石油〔原油 (crude oil)〕，而由井中取出。從 100 加侖的原油中所得的各項產物，略如下表：

汽油.....	44 加侖
柴油.....	36 加侖
雜質： 焦炭、瀝青、石蠟、柏油 .....	8 加侖
火油.....	6 加侖
滯料.....	3 加侖
損失.....	3 加侖

有些直接用作燃料的，稱為燃料原油 (crude burning oil)。然而大部分則用很長的油管(圖 248)送達海口，經提煉後，再由此運銷各處。提煉的方法，僅將其蒸餾，並除去惡臭的和焦油狀的物料。

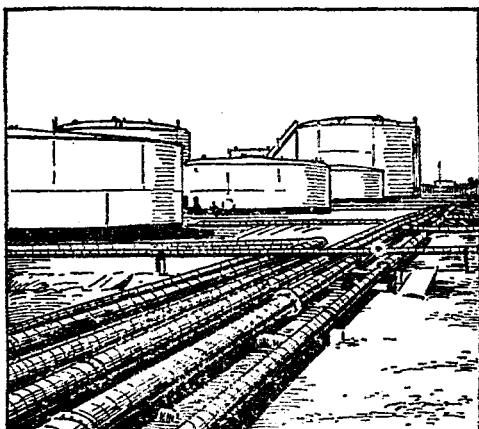


圖 248. 石油的輸油管及貯油區

石油蒸餾時，其沸點不同之部分，即可分別收集。沸點最低的部分(在  $70^{\circ}$  至  $200^{\circ}$  C. 之間)稱為‘汽油’(gasoline)，廣用於汽車及氣機。其次蒸出的部分(沸點在  $200^{\circ}$  至  $300^{\circ}$  C. 之間)則稱為‘火油’，供燃燒之用。火油不能直接着火，若沒燈芯於適當的燈(圖 249)中，就能發光亮的火焰而燃燒。

某種粗石油於蒸餾時，產生高沸點的‘滑油’(lubricating oil)，以及一種蠟狀的固態物料，稱為‘石蠟’(paraffin)，這樣的石油，稱為含有‘石蠟基’(paraffin base)。他種的石油則不生滑油及石蠟，卻生成一種黑色稠厚的瀝青，供塗屋頂及鋪路之用(圖 250)，這樣的石油，稱為‘瀝青性’(asphaltic)。賓夕爾法尼亞所產的石油含有石蠟基；加利福尼亞和墨西哥所產的石油則大部分具瀝青性。‘液體石油膠’(liquid petro-

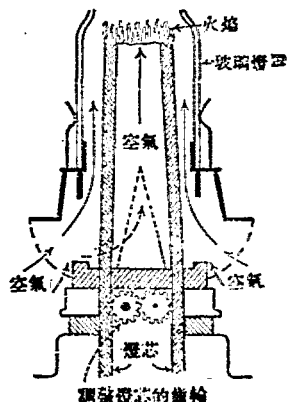


圖 249. 火油燈的縱剖面

latum) 或稱‘礦油’(mineral oil), 是一種精煉的高沸點蒸餾物, 在醫藥上應用很廣。

從石油衍生出來的油, 廣用為燃料。當其燃燒時產生二氧化碳及水。其中的小部分藉燈芯之助而燃燒, 例如火油。大部分則從管嘴 (nozzle) 噴出 成爲細霧而與空氣或蒸汽相混和, 此霧一經點燃, 就生極長而高熱的火焰 (圖 247)。機車與汽船中常用原油生火。又在許多工業操作中, 都用石油作燃料, 在暖室中又用以代替煤炭。在狄賽爾式的內燃機中, 則用原油作燃料。

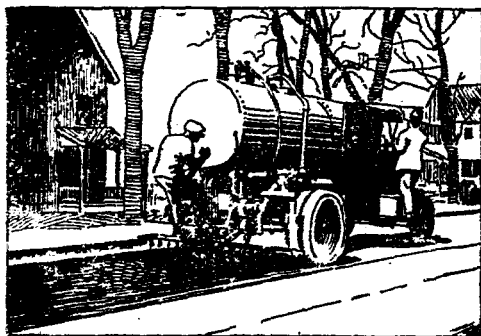


圖 250. 塗柏油於路面, 使光滑耐用

**407. 【汽油】** 從石油提出的所有產品中, 最重要的是汽油。

自從產生了這廉價的液體燃料以後, 才使氣機及汽車成爲可能。汽車的引擎是由空氣與碳化氫蒸氣的混合物起爆發而得到功率的一種裝置。不過所用的碳化氫須比較地容易揮發, 因爲牠們必須從和合器 (carburetor) 中與空氣流相混和而被帶入機筒 (cylinder) 中 (一部分成爲蒸氣, 一部份成爲微細的油滴)。普通的汽油, 其沸點在  $60^{\circ}$  至  $222^{\circ}\text{C}$ . 之間, 係從原油中經分餾 (fractional distillation) 而得 (圖

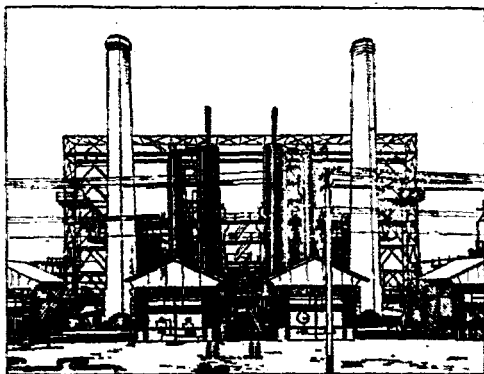


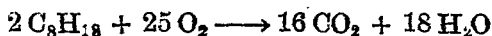
圖 251. 分餾原油以製汽油的工廠

251)。結構複雜的碳化氫，其分子較大，揮發性不足，故不適於直接應用。但施以所謂熱裂破法(cracking)，卻可使其一部分變成汽油。其法，係將提煉汽油所得高沸點的殘渣，在壓力下加熱至  $500^{\circ}$ 。在這個溫度，結構複雜的分子就分解為較簡單的物質，此種物質沸點較低，故可用作汽油。天然煤氣從地下發出時常混有汽油蒸氣，故從天然煤氣中收回的汽油，為量亦頗不少。此種所謂天然汽油(casing-head gasoline)，若單獨應用，不免揮發太易，故須摻以他種汽油，始能合用。

408. 【合成汽油】 德人曾經發明過一種從煤中製造汽油的方法。把一種下等的煤叫做褐煤(lignite)的碎成粉末，加熱到  $500^{\circ}\text{C}$ ，然後以 200 大氣壓左右的壓力(3000 磅/英寸<sup>2</sup>)，送入氫氣。在這樣的狀況下，煤中的碳就與氫相化合，而成為一種碳化氫的混合物，很像石油。再將此混合物分餾，即得汽油。此法為柏吉阿斯氏(Bergius)所發明，於 1931 年獲得諾貝爾獎金。

化學家又發明一種方法，以增加從石油中提取汽油的分量。例如庚烷(heptane)為汽油的一成分，含有 1% 的氫，而癸烷(decane)為火油的一成分，只含有 15% 的氫。但應用某種觸媒，在一定的壓力及溫度之下，卻可於較高級的碳化氫中加入氫，以增加汽油的產量。這方法稱為石油的氫化(hydrogenation of petroleum)。

409. 【汽車機筒中的化學反應】 在汽車機筒(俗稱汽缸)中所起的化學反應，產生了大量的熱。依習知的查理氏定律，這熱使反應所生氣體發生膨脹，於是又變為機械能。我們假定汽油的平均組成可以式  $\text{C}_8\text{H}_{18}$  來代表。那末機筒中所起的反應，可表之如下：



於此應用化合容積 (§ 66) 的定律，我們知道，27 容積的反應物質生成 31 容積的產品，其變化尚小。然而在這反應中所可注意的事，是發生了大量的熱。產品的溫度大概昇到  $1,100^{\circ} C$ ，而這種氣態的產品就大大地膨脹。因此，使汽車得以行駛的，乃是這給我們以動力的熱，這種變化，可在引擎開動時，用攝譜儀 (spectrograph) 來研究牠，如圖 252 所示。

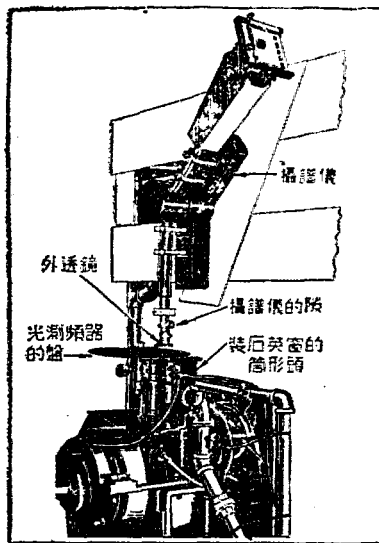


圖 252. 研究在開動中的氣機內火焰組成的攝譜儀。攝譜儀為一分光鏡，附有一照相機（在頂端）以代望遠鏡

#### 410. 【化學計算的應用】

若把前述反應中汽油與空氣的重量，照通常的方法計算一下，可見

要使汽車機筒中燃燒一磅的汽油，需要 15 磅的空氣。我們該注意，各種可燃物質與空氣的混合物，都有一定的爆發限界 (explosive range)。就汽油與空氣說，這限界在汽油占重量 1% 至 6% 之間。這分量是非常微小的。假使空氣中所含的汽油過此限界，這混合物就不會爆發了。所以和合器的設計，就在使機筒中所吸取的混合物，含有整確比例的汽油與空氣。可惜這比率隨汽油的蒸氣壓而定，而汽油的蒸氣壓又隨溫度而急變。所以要常常得到適當比例的混合物，那末在

溫度起劇烈的變化時，就必須將和合器加以調節。

由實驗得知，普通汽油在 25°C. 的溫度時，凡為汽油所飽和的空氣，須混以三倍容積的新鮮空氣，纔能使之爆發。若使溫度僅降底 10°(15°C.)，那末就是等容積的混合物也能爆發了。這表示小小的溫度變化就足以產生顯著的影響。

**411. 【防震劑】** 有時機筒中的汽油爆發太快，致不為機筒所完全利用。這時就稱為引擎發生‘震擊’(knock)。現已知道，若加少量的揮發性鉛化合物，即四乙基鉛 [lead tetraethyl,  $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$ ] 於汽油中，就可防止這種‘震擊’。前曾述及 (§ 309)，加少量的二溴化乙烯 ( $\text{C}_2\text{H}_4\text{Br}_2$ ) 於汽油中，可防止四乙基化合物中鉛質的沈積，就是指此。汽油中含有上述化合物的，就稱為‘乙基汽油’。高壓引擎中利用這種汽油，見效尤著。因為在這種引擎中，使用未處理過的汽油，常常發生猛烈的‘震擊’。現在又知，如有大量的某種碳化氫存在，也足以減少‘震擊’。因了這個理由，從某種油田中所產出的汽油，以及從某種‘熱爆破法’所製得的汽油，也視乎有優良的防震性質。

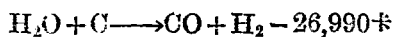
**412. 【汽油在家庭中的危險】** 在這裏，我們必須抽出一點工夫來，對於在家庭中以汽油作洗滌用的，下一警告。在洗衣作及洗染店中，固然也在使用大量的汽油，但是他們使用時卻特別謹慎，往往備有昂貴的機械，使空氣保持潮溼，以預防差不多是不可避免的爆發。這樣的設備，在家庭中當然是不可能的。當一罐汽油開蓋以後，牠那極易着火的不可見的蒸氣，立即開始與空氣相混和。此混和氣體較空氣為重，故向下沈，隨着無所不在的空氣流，飄浮各處。倘在離罐數碼外遇有煮水爐上的火焰，電器或打火機上的火花，就立即發生爆炸。



而釀成災禍。在家庭中，無論是何種汽油，無論為何種目的，都不宜使用。因為使用時沒有方法可以保證牠的安全。

## 燃 料 氣 體

413. 【氣體燃料】 在美國產石油的區域 (§ 406), 從地下發生一種混合氣體, 稱為天然煤氣 (natural gas)。牠的主要成分是甲烷 ( $\text{CH}_4$ )。天然煤氣的輸送管長達數百英里。故在美國的許多城市中, 就用這種氣體來供照明及加熱之用, 在許多工業上又都用為燃料。從煤經破壞蒸餾而得到的氣體, 稱為煤氣 (coal gas)。煤氣中也含有甲烷, 此外還含有氫、一氧化碳及若干複雜的碳化合物。煤氣燃燒時發生光亮的火焰, 所以在許多城市中, 用以作照明之用。水煤氣 (water gas) 是氫與一氧化碳的混合物, 由通水蒸氣於紅熱的煤上而生。其反應為



我們須注意, 在這反應中須吸收熱; 就是使反應進行, 須供給以熱。這樣的反應, 稱為吸熱反應 (endothermic reaction)。

製水煤氣的方法 (圖 253), 係反復地將煤塊在空氣中燃燒至紅熱, 然後隔絕空氣, 而以水蒸氣吹之。吹入水蒸氣時所生的水煤氣, 即設法捕集。待溫度已降落過低, 便將水蒸氣隔絕, 再通入空氣。因為氫與一氧化碳燃燒時都生無色的火焰, 所以在

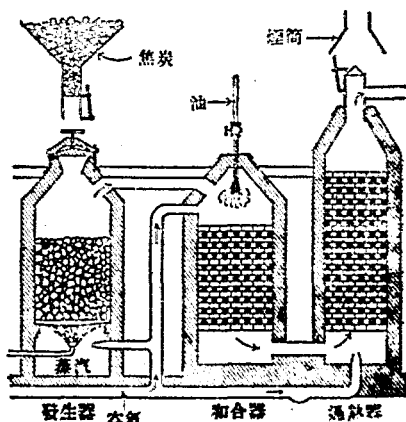


圖 253. 水煤氣廠的圖解

用作照明之前，須加以特殊處理。其法，係在其中加以富於揮發性的石油，這方法稱爲‘增碳’(enriching)。

此外還有一種氣體，用於許多冶金術中，並用爲氣機的燃料。這氣體稱爲‘發生爐煤氣’(producer gas)。該氣的製法係將空氣壓入發生爐中，而使之通過一厚層煤火而得(圖 254)。結果所得的混合氣體，含有空氣中所有的氮，但所有的氧，卻已與碳化合而成一氧化碳。通常又以少量的水蒸氣與空氣一同導入，而使之還原，與製水煤氣相同。若是照這樣方法製成的發生爐煤氣，其中主要成分爲氮、一氧化碳、和氫。

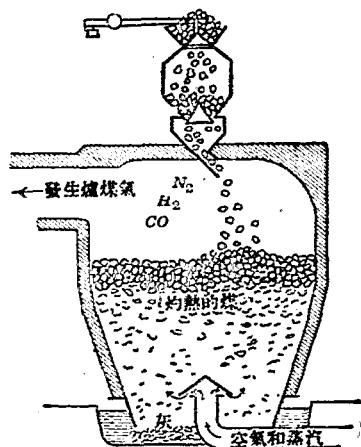


圖 254. 發生爐煤氣廠的圖解

在離煤氣廠較遠，不能得到煤氣的地方，常用一種壓貯於鋼匣中的氣體燃料，其主要成分爲丙烷(C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>)。市上有一種商業名爲 Pyrofax 的，就是這一類氣體燃料。爲了安全與裝卸便利計，此種煤氣匣常裝置在廠屋的外邊，而用輸氣管通到煤氣竈中。

圖 255 係以容積計算，表示各種氣體燃料的近似組成。

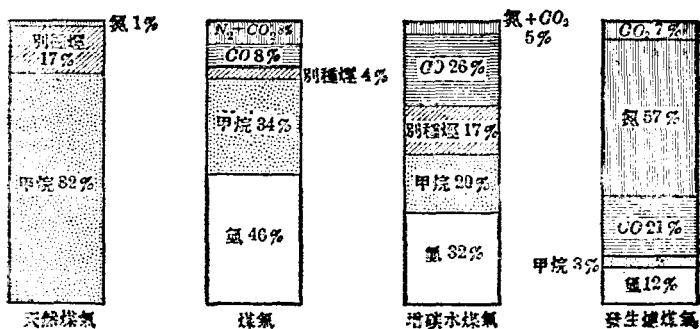


圖 255. 表示各種氣體燃料的近似組成的圖解

414. 【燭焰】 蠟燭雖已不復用爲一般戶內照明的光源，但至今

仍用以作裝飾的照明、及宗教的獻禮，故仍有研究的價值。得維和法拉第是對蠟燭化學作深切研究的先驅者。蠟燭係用蠟或脂肪製成，蠟與脂肪中都含有很多的碳和氫。當蠟燭點火熔解後，蠟即由毛細作用 (capillary action) 自燭芯中上昇，而化為蒸氣。火焰只是蠟蒸氣起燃燒的地方，也就是與空氣中的氧相化合物的地方。圖 256 表示燭焰由三個錐形層而成。在接近燭芯四周的一個錐形層中含有未燃燒的氣體，中央的一個錐形層溫度較高，已足使若干碳化氫因熱而分解，結果就有一部分的被游離而成白熾。在最外的差不多看不見的一個錐形層中，生成了二氧化碳和水，燭蒸氣已起完全燃燒了。

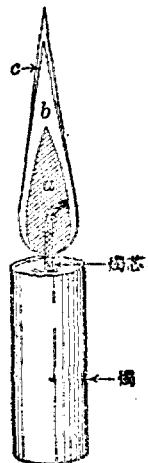


圖 256. 燭焰。

#### 415. 【煤氣燈及其火焰】

爲了照明的目的，當煤氣在普通的魚尾燈 (fishtail burner) 中燃燒時，被燈口擴展成薄層，因此就有足夠的空氣與氣體相接觸，而使碳質全部燃燒。在火焰的內部，有一部分複雜的碳化合物因高熱而被分解爲游離的碳質。這種游離的碳質又該進行着的燃燒作用均至白熾；火焰的照明本領，就由這種

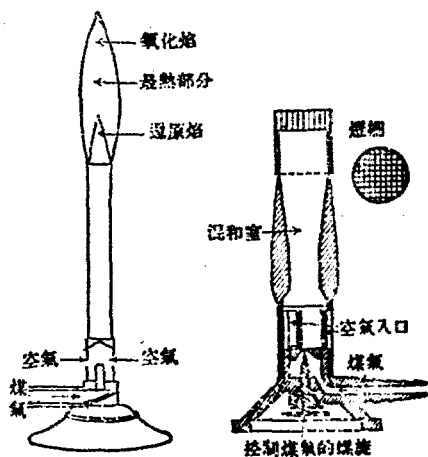


圖 257. 普通本生燈及經過改良的有燈網的斐爾式 (Fisher form) 燈

白熾的碳粒而來。水煤氣不含這種碳化合物，所以必須增碳。圖 257 就表示這種樣式的火焰的構造。注意其中也有顯明的層次。在發光的部分充滿着白熱的碳粒，此種碳粒一入外層，就完全消費而生成二氧化碳。燃燒作用中所放出的熱，足以使火焰保持着必需的溫度。

在**本生燈** (bunsen burner, 圖 257) 中，空氣可以通入火焰的內部。這使火焰着冷，致其溫度不足以分解複雜的碳化合物成爲游離的碳。因此火焰不發光亮。**本生燈**

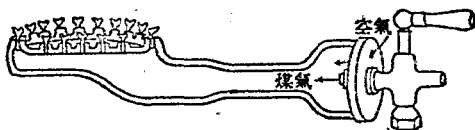


圖 258. 煤氣竈上的燈頭

的溫度所以很高，是因爲當空氣通入時，火焰減小至原來大小的一半，而使火力集中的緣故。煤氣竈上的燈頭 (圖 258) 就是略變形式的**本生燈**，其構造在使發生多數藍色的小火焰，以擴大火焰的面積。

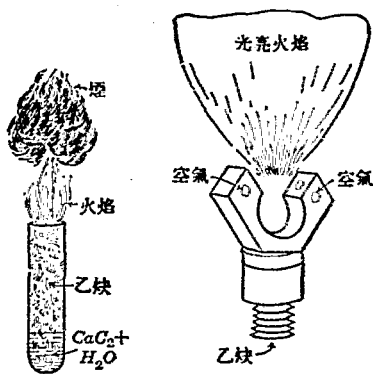
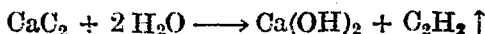


圖 259. 在試管口及正式燈頭上燃燒乙炔

**416. 【乙炔的用途】** 乙炔 (acetylene,  $C_2H_2$ ) 是藉水作用於碳化鈣 (calcium carbide) 而產生的一種氣體，碳化鈣則以碳與石灰在電爐中製成的：



乙炔可於需用時臨時製取，或爲便利計，可溶於所謂丙酮 (acetone) 的一種液體內，而壓貯於鋼罐中。這種貯於鋼罐中的乙炔溶液，其商業

名稱爲‘Prestolite’。乙炔在特製的燈頭上燃燒，通入空氣，即生極明亮的火焰；但用作發光用的，卻僅屬少數。若以氧氣吹入乙炔的火焰中，就能使乙炔起完全的燃燒，而得極熱的無光火焰。這是已知火焰中最熱的一種，極易使鋼鐵等金屬熔融，故用途甚廣。

乙炔是一種吸熱的 (endothermic) 化合物，就是在分解時能夠放出熱能，如下列方程式所示：



在乙炔火焰中，除了乙炔的分解熱以外，還須加入碳與氫燃燒所生的熱：



如果氧與乙炔以適當的分量混合，其溫度有達  $3000^\circ\text{C}$ . 的可能，這較之氫氧焰的溫度更高。

氧炔炬 (oxyacetylene torch) 與氫氧吹管極相類似，可使鋼鐵熔融並燃燒而將其切斷。當火焰的尖端慢慢地 在鋼鐵上面劃過時，凡是與火焰接觸的地方即行熔融。過量的氧又將熔融的鐵燃燒爲氧化鐵，成爲火花而飛去(圖 260)。這種火炬特別適用於拆除鋼鐵的建築物。鐵或其他金屬物件，也可用氧炔炬熔接(welding)，即將金屬加熱熔融，然後再令其互相熔合。



圖 260. 用氧炔炬切割鋼

乙炔氣體除了上述用途外，化學家又用牠來製成了醋酸和合成橡膠。

## 第二十八章 摘要

【煤及熱單位】 煤是一種重要的燃料，其所生的熱用卡來作計量的單位。卡是使一克的水升高攝氏一度所需的熱量。工程上所用的熱單位是 B. t. u. (英國熱單位)。

【放熱反應和吸熱反應】 放出熱的化學反應稱為放熱反應；有少數化學反應須吸收熱，稱為吸熱反應。

【燃料的化學反應】 燃料是能在空氣中燃燒的物質。其反應是猛烈的放熱反應；我們所以需要這種反應是在利用牠放出的熱。

【固體燃料】 固體燃料有煤、焦炭、木柴、及木炭等。

【液體燃料】 液體燃料係將石油分餾而得。其中包含汽油、火油及柴油等。若再用熱爆破法分解高沸點的殘餘物質，可以增加汽油的產量。

【氣體燃料】 氣體燃料包含天然煤氣、煤氣、水煤氣及發生爐煤氣等。此等氣體中都含有碳化氫，因其在燃燒時放出游離的碳質，故生光亮的火焰。

【乙炔】 乙炔係從碳化鈣中製得。氧炔焰的溫度極高，用以割切及燬接金屬。

## 問題和習題

1. 要表示化合物中含有碳，有何簡便的方法？
2. 優良燃料應具何種特性？

3. 煤的燃燒值，與燃燒後所剩灰分的重量有何關係？
4. 煤燃燒時放出熱能，問煤的這種熱能是從那裏得來的？
5. 試述能量不滅定律，並用煤塊的燃燒為例，加以說明。
6. 試舉示分餾石油所得的幾種分餾物。
7. 試述 (a) 分餾及 (b) 破壞蒸餾的定義，並舉例說明之。
8. 何謂合成汽油？牠對於將來汽油的供給有何意義？
9. 從石油中製取汽油，怎樣可用‘熱裂破法’增加產量？
10. 乙基汽油最適用於何處？其功用若何？
11. 天然煤氣的主要成分是什麼？
12. 煤氣工業的副產品是什麼？牠們有什麼用處？
13. 近代都市中的煤氣常含 34% 的一氧化碳。我們在家庭中為什麼須謹防漏氣？
14. 怎樣證明當發光煤氣燃燒時，生成二氧化碳和水？
15. 怎樣檢查水煤氣中含有氮(參看圖 253)？怎樣檢查發生爐煤氣中含有氮？
16. 燭火為什麼可以吹熄？
17. 若在風吹熄一煤氣火焰，有什麼危險？
18. 煤氣籠上的燈，與實驗室中所用的本生燈有何相似？
19. 寫出乙炔完全燃燒的方程式？
20. 參考圖解(圖 255)，指出氣體燃料的各種成分，(a) 何者可燃；(b) 何者有毒。

\* \* \*

21. 怎樣計量煤的燃燒值？
22. 說一磅煤的熱值為 14,000 B.t.u.，是什麼意思？
23. 用什麼化學方法來區別甲烷與氫？
24. 水煤氣與發生爐煤氣的燃燒熱，何者較大？
25. 柴油在油爐的火箱中燃燒時，怎樣防止其發煙？
26. 煤氣中如含有氮，則其火焰的溫度較低，試說明其兩種理由。
27. 怎樣證明燭燭含有氮與碳？
28. 當空氣從本生燈底部的小孔通入時，為什麼牠的火焰即成無色？
29. 52 克的乙炔燃燒時，發生 603,000 卡的熱。對於這特殊高的燃燒熱，試以兩種理由說明之。

30. 試抄錄下列文字，並填充其中的缺字：放出熱的化學反應稱為\_\_\_\_\_；少數吸收熱的化學反應，稱為\_\_\_\_\_。

\* \* \* \*

31. 含有 90% 碳的煤一噸，欲使其完全燃燒，需氧多少噸？
32. 假定水煤氣含有 60% 的一氧化碳和 40% 的氫。若有此種水煤氣 1000 升，使之完全燃燒，需空氣多少容積？
33. 使十升的乙炔燃燒，(a) 需氧多少升？ (b) 需空氣多少升？



## 第二十九章

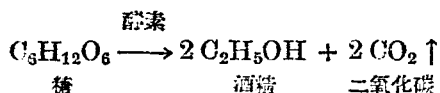
### 醇及其他的碳化合物

有機化學。醇的製法、性質及用途——變性酒精、甲醇——乙醚。四氯化碳和三氯甲烷——醛類——醋酸。

**417. 【有機化學】** 碳元素造成了許多極重要的化合物，因此在化學上特開一分科來研究牠。這個科目，即所謂有機化學(organic chemistry)，以與研究所有其他元素之化合物(約有 25,000 種)的無機化學(inorganic chemistry)相區別。已知的有機化合物在 230,000 種以上，而新的化合物還在繼續地發現。大多數的有機化合物，由碳與少數元素(往往只與氫)化合而成。於是我們就不禁要問，為什麼一個元素的化合物會有這樣多呢？回答是這樣，碳原子能互相結合而成鏈，這種鏈可以含有 2 至 60 甚或 60 個以上的原子。例如，我們已知石油就是碳氫化合物的一種極複雜的混合物。

**418. 【乙醇的製法】** 有機化合物中最簡單而又最重要的一種，就是乙醇(ethyl alcohol,  $C_2H_5OH$ )。這物質通常簡稱爲‘醇’(alcohol)，有時又稱‘穀醇’(grain alcohol)，俗稱‘酒精’(spirit)，商業上通稱其不純的爲‘火酒’。乙醇由糖類的發酵(fermentation)而得，此種化學作用的發生，係因有微生物如酵母(yeast)等的存在之故，其另一產物

爲二氧化碳：



酵母對於糖溶液的作用，已經證明由於酵母細胞發育時所產生的一種觸媒而起。這種天產的觸媒，稱爲**酵素** (enzyme)。純粹的酵素，至今還未能自酵母中提取，所以牠的化學性質仍未明瞭，但知動植物中所有的化學變化，差不多全是由酵素所促起的。

當蒸餾酒精與水的混合物——即糖類發酵的產物——以提取酒

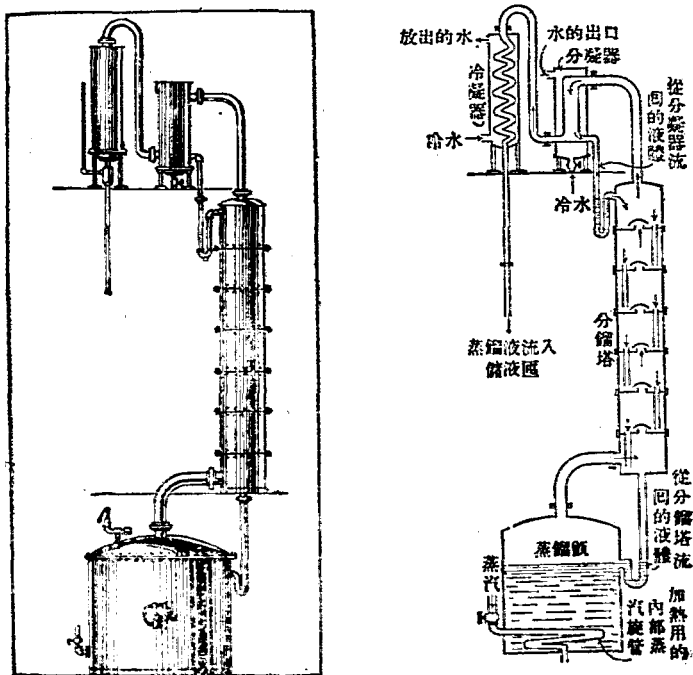


圖 251. 商業用有分餾塔的蒸餾器

精時，其蒸氣在  $78^{\circ}\text{C}$ . 以上，即開始蒸出。蒸餾繼續，液體即逐漸稀薄，同時沸點升高，直至  $100^{\circ}\text{C}$ . 即水的沸點而止。若將蒸餾液依溫度而分離成若干部分(fraction)，則最初收集得的部分，含有大量的酒精，而末後收集得的幾個部分，所含的就大都是水了。大規模的蒸餾裝置，有一個很高的分餾塔(fractional column)(圖 261)，及一個分凝器(partial condenser)。水蒸氣冷凝在分餾塔及分凝器中，然後再回入蒸餾器；最易揮發的酒精，則直達總冷凝器。這樣所得的蒸餾物，含有 95% 的酒精，而回入蒸餾器中的液體，則大部分是水。這個方法就稱為分餾(fractional distillation)。

**419. 【醇的性質及用途】** 純粹的酒精為無色的液體，沸點為  $78^{\circ}\text{C}$ .，易着火，故有一部分用作燃料。酒精通常都含有少量的水份，不能用蒸餾法除去，但若與石灰共煮，就可將此水份除去，而成絕對酒精(absolute alcohol)。酒精可與水以各種比例混合，但在水溶液中並不起離子化；與稀薄的酸類、鹼類、或鹽類等，也不起作用。酒精是一種優良的溶劑，能夠溶解許多略溶於水的物質。凡製造塗飾木材的假漆與塗飾金屬的噴漆，以及製造賽璐珞、膠棉、人造絲等，都用牠來做溶劑。所謂酊(tincture)，就是藥物的酒精溶液。許多香水和香料，如香蘭精(vanilla extract)等，也都是酒精的溶液。

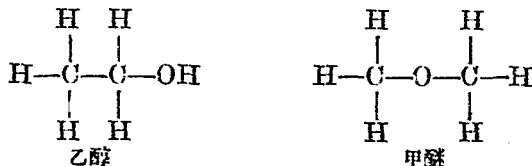
**420. 【工業用酒精(變性酒精)】** 純粹的乙醇，沖淡後可以充作飲料，因其成本較廉，足以妨害釀造業的發展，故其出售為法律所限制\*。如將其製為不適於飲用的酒精，始可自由出售，並可減輕稅

\*見徐百齊主編中華民國法規大全補編第 477 頁(商務版)民國二十五年一月十八日行政院公佈之火酒摻充土酒處罰規則。

率。這種酒精稱為變性酒精 (denatured alcohol), 通常摻以有毒性的甲醇 (見 § 422) 及某種有惡臭的物質。

工業用酒精的原料或為蔗糖精製時所得的殘渣〔即糖蜜 (molasses)], 或為馬鈴薯、穀類等含有澱粉的物料, 係用發酵法製成。糖蜜可直接經發酵而產生酒精。若用澱粉為原料, 則須藉大麥芽中的酵素 (即化糖素 (diastase) 的作用, 先將其轉化為糖 (§ 432)。

**421. 【乙醇的式】** 乙醇的式可寫為  $C_2H_6O$ , 表示其中含二個碳原子、六個氫原子、和一個氧原子。這式稱為實驗式 (empirical formula), 牠說明了從物質的百分組成和分子量所得來的事實。實驗式對於以前研究過的大多數無機化合物, 已夠應用; 但是在有機化學中, 卻並不適用, 因為往往有若干種化合物具有同樣的實驗式。這樣的物質稱為同分異構物 (isomer), 或簡稱異構物。例如, 另有一種物質叫做甲醚 (methyl ether), 其實驗式也是  $C_2H_6O$ , 但這是一種氣體, 其性質和乙醇完全不同。這兩種異構物的所以不同, 必定由於牠們原子的結合方法各異之故。那末這些原子究竟是怎樣連接的, 並且在式中怎樣表出這種連接呢? 茲將上述異構物以圖解表示如下:



因為上列兩式表示分子中每個原子與其他原子的結合情形, 所以稱為結構式 (structural formula)。我們通常把這樣的結構式縮寫為簡式, 例如酒精可寫作  $C_2H_5OH$ 。有機化學中異構物之數極多, 惟

其如此,所以從有機化學家看來,只有結構式纔有真實的意義。

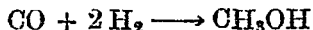
在這裏,我們不能把這種結構式的由來,加以詳細的討論;讀者只須知道牠們係根據多數實驗的事實就夠了。熟練的化學家看見了某物質的結構式,就可推測牠所起的反應,因為他知道某種連接就代表某種反應。現知在有機化合物中,碳的原子價常為4。這一個要點,在記憶及書寫結構式時,是極有用處的。

422. 【甲醇,即木醇】 另一熟知的物質為甲醇(methanol 或 methyl alcohol),又稱木醇(wood alcohol),其式為 $\text{CH}_3\text{OH}$ 。這結構式指出甲醇是由甲烷中的一個H原子為OH原子團所替代而產

生的。牠的性質有許多地方與乙醇相似,可用為製  

$$\begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ | \\ \text{H} \end{array}$$
 噴漆與假漆的溶劑。因其有劇毒,故用為乙醇的變性劑。牠的煙霧極毒,常使人盲目,甚或斃命。又因甲醇的凝固點很低,故用作汽車輻射器中的‘抗凝’溶液。

甲醇或由木材的破壞蒸餾而製得,或以最近發明的方法,用一氧化碳來合成。將一氧化碳與氫(水煤氣)的混合物於高壓及高溫度下通過觸媒之上,即發生下列方程式所示的反應,而成甲醇:



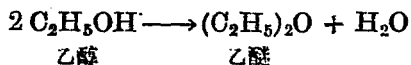
這個新的接觸法成本極廉,在不久的將來,似乎有代替木材的破壞蒸餾法而盛行的可能。

423. 【其他的醇類】 ‘醇’這一個名詞,雖然通常只指乙醇,實在卻可以適用於一大類的物質,乙醇只是其中的一種罷了。下列的表,示許多醇類的名稱和式,依照碳原子數的遞增而排成一系。這樣

的族系稱為同族系 (homologous series)。同族系中每一族員與上下兩族員相差兩氫原子及一碳原子(CH<sub>2</sub>)。系中所有族員具有極相似的化學性質，不過牠們的物理性質卻隨碳原子之數而逐漸遞變。

名 稱	式	分 子 量	沸 點(C.)
甲醇 methyl alcohol.....	CH <sub>3</sub> OH	32	64.7°
乙醇 ethyl alcohol.....	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	46	78.3°
丙醇 propyl alcohol.....	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> OH	60	97.2°
丁醇 butyl alcohol.....	C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> OH	74	117.5°
戊醇 amyl alcohol.....	C <sub>5</sub> H <sub>11</sub> OH	88	137.0°

424. 【醚，一種麻醉劑】 當乙醇在某種狀況下以硫酸處理時，即生成乙醚 (ethyl ether) 與水。乙醚常簡稱為醚(ether)，其構結式以(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub>O 表之，可視為一種乙基氧化物(ethyl oxide)。其生成的方程式如下：

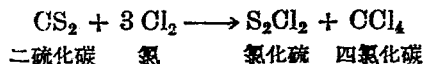


注意，在乙醚裏有兩個乙基(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)為一個氧原子所連接。乙醚是無色的液體，沸點為 35° C。其製造以大規模行之，廣用為溶劑及麻醉劑(anesthetic)\*。吸入醚的蒸氣，可使人失去知覺，自 1846 年美國波士頓(Boston)的麻省一般醫院(Massachusetts General Hospital)第一次舉行公開試驗，確證牠的麻醉價值以後，就一直應用於外科手術中。

425. 【四氯化碳和三氯甲烷】 若除去碳化氫中的一個(或若干個)氫原子，而代以另一原子，其所得的物質稱為取代物(substitu-

\*麻醉劑為使人暫時局部的或全身的失去知覺的一種物質。

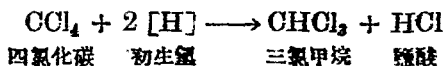
tion product)。使氯與甲烷作用，即爆發而生成取代物。若將甲烷中的四個氫原子，全部用氯來替代，就得一化合物，稱為四氯化碳 (carbon tetrachloride,  $\text{CCl}_4$ )。事實上，氯與甲烷間的作用，極難控制，所以在工業上製造四氯化碳，實在是利用另一種反應的。二硫化碳 (carbon bisulfide,  $\text{CS}_2$ ) 極易和氯起反應而成氯化硫 (sulfur chloride) 和四氯化碳。這兩種液體可用蒸餾法分離之：



四氯化碳是一種沈重無色的液體，沸點為  $76^\circ \text{C}$ ，其嗅味與三氯甲烷極相類似。牠極易溶解油脂、樹膠、樹脂等。因其為不燃燒的溶劑，故在技術作業上應用極廣。在小型滅火器 (圖 262) 中所用的液體，四氯化碳為其主要成分。如將其噴射在火上，即化成沈重的蒸氣，籠罩於燃燒物料之上，把空氣隔絕，因而使火焰熄滅。以之撲滅油類的着火，最為有效。油類着火，不能用水撲滅，因為用水灌救，結果只使油浮水面，而繼續燃燒。



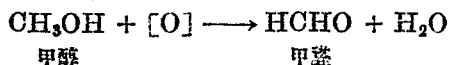
四氯化碳可被還原為一種物質，稱為 圖 262. 用四氯化碳的滅火器  
三氯甲烷 (chloroform,  $\text{CHCl}_3$ )，俗稱哥羅仿或氯仿：



三氯甲烷又可以漂白粉作用於乙醇而製得。牠是一種芳香而有揮發性的液體，可作溶劑及麻醉劑之用。用作麻醉劑，不及乙醚的安全，故只用於特殊的症候。

三碘甲烷(iodoform,  $\text{CHI}_3$ )俗稱碘仿, 為黃色的固體, 有特異的臭味, 可用作防腐劑。

426. 【醛類】 甲醇可被氧化而成一種物質, 稱為甲醛 (formaldehyde,  $\text{HCHO}$ ), 俗稱蟻醛:



若將甲醛的結構式完全寫出, 即見其氧原子以二鍵連接於碳原

子。原子團  $\begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ \text{—C=O} \end{array}$  為一羰化合物稱為醛類 (aldehydes) 的特徵。

甲醛為一種有觸鼻之臭的氣體, 能刺激眼睛。牠的水溶液用作消毒劑及防腐劑。其 40% 的溶液在市上出售, 稱為‘蟻醛液’ (formalin), 通稱‘福爾馬林’。又有一種固體化合物, 稱為‘聚甲醛’ (paraformaldehyde), 當加熱時, 即分解而放出甲醛氣體。聚甲醛常製成燭狀 (圖 263) 而出售, 將其在室中燃點, 可以消毒。

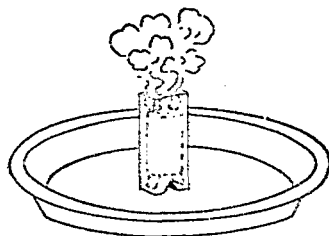


圖 263. 蟻醛燭

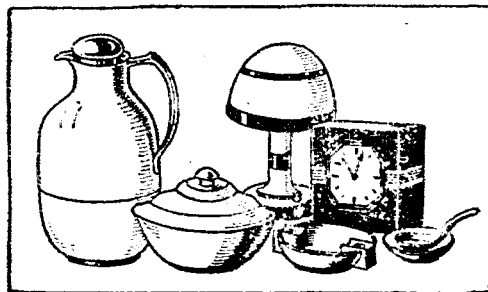
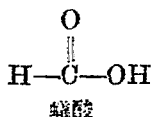


圖 264. 用電木製成的日用品

電木 (bakelite) 略與硬橡膠相似, 由甲醛與自煤焦油得來的酚 (phenol, 即石炭酸) 互相作用而成。電木的用途很多, 可用以製造烟咀、鈕扣、傘柄、留聲機唱片等物件, 及作電機上的絕緣物 (圖 264)。



427. 【酸類】 甲醛又可被氧化成一種液體，稱為甲酸 (formic acid, HCOOH), 俗稱蟻酸。其結構式表示一雙鍵的氧原子與碳原子相連接，此外又有一氫氧基；即



這裏的原子團 (COOH) 稱為「羧基」(carboxyl radical), 為一類有機物質稱為酸類所具有的特徵。牠們可由相當的醇類氧化而製得之。酸類有許多族系。蟻酸是所謂脂肪 (fatty acid) 中最低級的酸，凡高級的脂肪都是液體，低級的脂肪都是固體。牠們都是一元酸，中和後生成鹽類。脂肪中的兩種高級酸軟脂酸 (palmitic acid, C<sub>15</sub>H<sub>31</sub>COOH) 和硬脂酸 (stearic acid, C<sub>17</sub>H<sub>35</sub>COOH) 都是固體，係從脂肪衍生而來；所以這族系有脂肪酸這名稱。

乙酸 (acetic acid, CH<sub>3</sub>COOH) 俗稱醋酸，是這族系中最重要的一級酸。牠的酸性極弱。在實驗室中，醋酸雖可由乙醇氧化而製得，但實際上卻是木材蒸餾的副產品。食醋純為醋酸的稀溶液，由酒精為細菌所氧化而得。濃的醋酸，稱為冰醋酸 (glacial acetic acid)。牠是一種白色的固體，外觀頗與冰相似。其熔點為 16° C。在工業上需要弱酸時，大都用醋酸；至於供化學上應用的，則大都為冰醋酸。冰醋酸由木材破壞蒸餾時所得的副產品中製取。此外還有合成醋酸，現今已在用大規模製造。其製法的要點，是在藉適當的觸媒之助，而使乙炔與水化合成乙醛 (acetaldehyde, CH<sub>3</sub>CHO), 乙醛再經氧化，即成醋酸。

## 第二十九章 摘要

【有機化學】 有機化學是研究碳化合物的學問。

【取代物】 碳化氫中的一個或若干個氫原子，為其他元素或基所替代而成的物質，稱為取代物；例如四氯化碳。

【醇類】 醇類可視為碳化氫的衍生物，係以一個或若干個氫氧基，取代碳化氫中相當數的氫原子而成。乙醇（酒精）由糖類發酵而成。甲醇（木醇）是木材蒸餾的副產品，並可用一氧化碳製取。變性酒精就是加有毒物的乙醇。

【醚】 醚是乙基氧化物，由硫酸作用於酒精而製得之。

【醛類】 醛類都含有原子團  $\begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ \text{—C=O} \end{array}$ 。 甲醛（蟻醛）為最常見的醛，由甲醇氧化而成。

【有機酸類】 有機酸類都含有原子團羧基  $\begin{array}{c} \text{OH} \\ | \\ \text{—C=O} \end{array}$ ，可將醛類或醇類氧化而製得之。

### 問題和習題

1. 寫出葡萄糖 ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ) 發酵而變成酒精的方程式。
2. 酒精發酵所用的觸媒是什麼？
3. 舉出乙醇的四種用途，並說明各利用其何種性質。
4. 為什麼汽車輻射器中的水，有時混以酒精？
5. 寫出乙醇在酒精燈中完全燃燒的方程式。
6. 木醇（甲醇）可用以製碘酞麼？試說明之。
7. 什麼是醇？舉出本章中所述三種醇類的名稱。
8. 一切醇類共通的基是什麼？
9. 指出 (a) 乙醇；(b) 甲醇；(c) 電木；(d) 三碘甲烷；(e) 三氯甲烷等的組成。
10. 何種原子團為有機酸類所具的特徵？
11. 四氯化碳與甲烷的組成，有何種關係？
12. 指出四氯化碳的兩種不同的用途，並說明各利用其何種性質。

13. 指出家庭中常用的五種有機物質的名稱，並述其製法。
  14. 在有機化學中為什麼多用結構式？
  15. 寫出下列各物質的結構式：(a) 甲烷；(b) 乙烷；(c) 甲醇；(d) 乙醇；(e) 醋酸。
- \* \* \*
16. 什麼叫同族系？試舉例說明之。
  17. 用穀類釀造酒精，何以不合經濟？
  18. 乙醇與醋酸間有何關係？
  19. 怎樣從 95% 的酒精製成下列各物質：(a) 絕對酒精；(b) 變性(工業用)酒精？
  20. 用甜蘋果汁製醋(醋酸)，須經過那兩種化學步驟。試寫出其反應。
  21. 比較同分異構與同素異形的異同，並各舉一例。
  22. 有機化合物大都僅由碳、氫、氧三元素所組成。已知的有機化合物達 200,000 種以上。試舉兩種理由以說明碳化合物何以有如此之多？
  23. 試述製備甲醇的新合成法，並作方程式。
  24. 圖解下列各原子團的結構式：(a) 醛基；(b) 羧基。
  25. 用馬鈴薯或玉蜀黍都可製成酒精。試各簡明地記述其作業的步驟。
- \* \* \*
26. 60 克的葡萄糖，發酵時能產生若干升二氧化碳？
  27. 燃燒 69 克的乙醇，(a) 生成二氧化碳若干克？(b) 水若干克？
  28. 在標準狀況下，一升的甲烷重 0.72 克。試計算其 (a) 分子量；及 (b) 對於氫的比重。
  29. 某種酒精含碳 52.2%，氫 13%，氧 34.8%。其蒸氣(標準狀況)五百立方釐米重 1.02 克。求其分子式。
  30. 某種碳化合物的組成如下：碳，54.7%；氫，9.1%；氧，36.2%。其對於空氣為 1 的比重為 1.53。求其分子式。

## 進修研究題

【工業用酒精】工業用酒精是怎樣製造的？其製造與銷售有何法律？為什麼？廉價酒精的生產，如何有利於許多工業？(徐百齊主編中華民國法規大全，商務版；陳駒聲編酒精，商務版。)

【溶劑】工業化學家及製造家何以需要水以外的溶劑？溶劑有那幾種？最近採用的新溶劑是什麼，牠們對於塗料工業有怎樣的影響？藥品、塗料、香水、乾洗等業，各用何種溶劑？(最新化學工業大全，商務版。)

## 第三十章

### 食品 和 衣服

醣類：蔗糖、葡萄糖、澱粉、纖維素。 織品和紙——玻璃紙——硝化纖維素，  
脂肪和油類 ——肥皂——食用油 ——油類的氫化。  
食品——種類和用途 ——食品的燃燒值和組成 ——必需量 ——生活素。

428. 【碳化合物及生活物質】 從前人以為有機化合物和無機化合物有某種特異的地方。在百年以前，所有的有機化合物都直接或間接得之於生活物質，大家相信，牠們的產生需要有一種‘生活力’(vital force)。到了1828年，這個信念纔給德國化學家味勒 (圖 265) 所粉碎，他將氰酸銨 (ammonium cyanate) 加熱而製得人體廢料中的氮化合物尿素 (urea)；而氰酸銨是可以用無機物料製成的。此後許多複雜的有機物，都曾用合成法自煤、氧化鈣和水等純粹無機物製得。所以現在我們知道，有機化合物與無機化合物間並沒有重要區別。



圖 265. 味勒  
(Friedrich Wöhler, 1800-1882)

德國化學家，曾合成尿素，並發現鉍和釷兩元素

在本章中，我們所討論的幾種極複雜的物質，都是動植物的主要產品。這些化合物用途極廣，是人類與獸類的主要食品。在這裏，我們對這些化合物在動植物體內生成的步驟，只能略述一個大概，並且只就牠們在生活過程中的變化加以簡述。涉及這些物質的化學，日見重要，現已另成一個分科，稱為生物化學(biological chemistry)，但因其過於複雜，在這裏都無法詳論。

## 醣類

429. 【組成】 蔗糖、澱粉、棉纖維和木纖維等，都是極重要的物質。這些以及其他許多由植物所產生的物料，屬於一類碳水化合物，稱為醣類(carbohydrates)。醣類都含有碳、氫、氧三元素。其中所含氫、氧兩元素的比例與在水中的相同；即其比率為兩原子氫對一原子氧。因此就實驗式來想像，總以為這些物質係由碳與某定量的水所組成，所以西名 carbohydrates 有碳水化物之意，其實這些物質的結構卻並不如此。下面我們將要討論幾種重要的醣類。

430. 【普通的糖】 我們日常所稱的糖(sugar,  $C_{12}H_{22}O_{11}$ )，大都自甘蔗(圖 236)和甜菜(sugar beet)製得，而楓糖樹(sugar maple, 圖 237)和蜂蜜中也含有牠。

將甘蔗莖放在滾軸間壓榨而提取其液汁，然後把所得的液汁放在一種密閉的圓形真空罐(vacuum pan)中加熱蒸發。這樣可使溶液於低溫(約  $65^{\circ}C$ )下沸騰，而防止大部分糖質的分解。當糖漿(sirup)冷卻後，蔗糖即行結晶，其晶體可用離心機(centrifugal machine)從母液中分出。這樣分出的是棕黃色的砂糖(brown sugar)，尚須精製，通常都將其溶於水中，使溶液通過骨炭，以除去其色質。再將純淨的糖漿於真空罐中加熱濃



圖 266. 美國路易斯安那  
收穫甘蔗的情形

因糖有許多種，所以我們稱普通的糖為蔗糖 (cane sugar 或 sucrose)。若將蔗糖與水共煮，並加入少量的酸類作為觸媒，就生成兩種較簡單的異構糖，葡萄糖 (glucose) 和果糖 (fructose)。這是水解作用的又一事例，

縮(圖 268)，白糖就結晶而析出。從甜菜製糖的方法也和從甘蔗製糖相同，而其製得的甜菜糖，也和甘蔗糖相同。



圖 267. 威爾遜 (Vermont)  
採集楓糖的季節

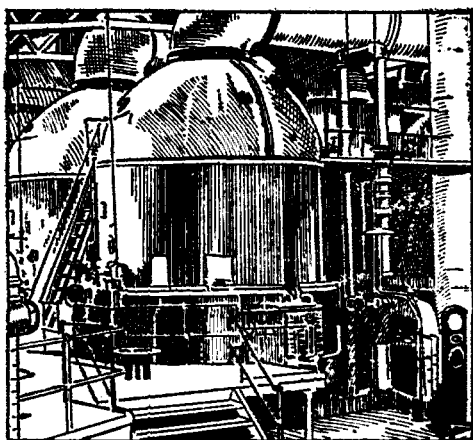
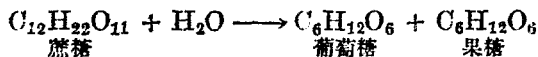


圖 268 用以蒸發糖汁的真空罐(匠)

和離子的水解 (§ 323) 完全不同，常稱為轉化 (inversion):

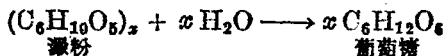


這兩種糖都有甜味，但都不及蔗糖那樣的甜，並且都不易結晶。例如蔗糖溶液若與少量的酸或其他相類的物質同煮，就變成一種不能結晶的黏塊，製造各種糖果，就利用這一個事實。

**431. 【葡萄糖】** 葡萄糖 (glucose 或 grape sugar,  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ) 存在於許多水果中，其所以稱為葡萄糖，就因其存在於葡萄汁中的緣故。可用蔗糖或澱粉製得之。蔗糖的水解，可以證實其分子係由一個葡萄糖分子和一個果糖分子結合而失去一個水分子所成。澱粉的分子，大概也由許多葡萄糖分子連結而成，所以當澱粉與稀酸共煮時，就分裂為葡萄糖。

以少量的澱粉與水共煮，並於其混合物中加鹽酸數滴，作為觸媒。煮沸後，再加入適量的碳酸鈉，以中和其酸，所得的液體即帶有甜味，因為其中已有葡萄糖生成了。要檢驗其中是否有葡萄糖存在，可加入斐林溶液 (Fehling's solution, § 503) 少許，加熱後知有氧化亞銅 ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ) 的紅色沈澱發生，即為葡萄糖存在的明證。

在研究澱粉轉為葡萄糖的變化中，我們得知澱粉的分子極大，連牠準確的實驗式也無法寫出。我們有時候把牠寫成  $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_x$ ，因為我們不知道牠的分子量。這個化學式只表示出一個分子中所含各原子的相對數，而沒有表出各原子的總數。在上述反應中，水分解了很大的澱粉分子，然後又與之化合為葡萄糖：



這是有機物質水解的一例。

在商業上，都大規模地用這個方法來製造葡萄糖。市上出售的葡萄糖常製成稠厚的糖漿，稱為葡萄糖漿(glucose sirup)或玉蜀黍糖漿(corn sirup)，但也有製為粉狀或塊狀的晶體的。葡萄糖廣用於製造果醬、果凍、糖果及糖漿等。其甜味雖不及蔗糖，但價值遠較蔗糖為廉，且在大多數方面可用以代替冰糖 (crystalline sugar)。

**432. 【澱粉】** 澱粉 [starch ( $C_6H_{10}O_5$ )<sub>n</sub>] 成為白色的顆粒而存在於食用植物中。例如，米中含有澱粉 75%；玉蜀黍中含有 50%；馬鈴薯中含有 20%。凡是穀類中都有大量存在。

澱粉是植物中的水和二氧化碳受太陽能力的影響而合成的。這個作用能在植物中完成，全靠葉子中的綠色物料所謂葉綠素(chlorophyll)的活動。我們不知道這種奇特的合成作用是怎樣發生的；在實驗室裏至今還不能照樣仿行。在甘蔗和楓糖樹中的糖質，也許是由同樣的合成作用造成的，否則就該是由植物中已製成的澱粉經分解而生成的。

在商業上，澱粉通常都用馬鈴薯或玉蜀黍製得。牠在植物質中都成為小顆粒，而常包藏於纖維質中。澱粉經碾磨後，其纖維構造即行破壞，於是其顆粒就可用流水漂出而集取之。澱粉不溶於冷水，但在熱水中，澱粉顆粒即膨脹而形成一種黏稠的溶液，經冷卻及稀釋後，就成為一種膠體。澱粉可供漂洗衣服、烹調食物、製造漿糊及葡萄糖之用。

澱粉顆粒的外觀(圖 269)，隨其來源而不同，所以某種澱粉係採自何種植物，只要用顯微鏡來觀察，就可決定。因為澱粉是馬鈴薯以及一切穀類的主要成分，所以大部分用作人類的食品。這種含有澱粉的食品，經烹煮後，就更易消化，因為澱粉顆粒在烹煮時，便膨脹



而破裂了。但是澱粉在人體中，必須先由消化液的作用，使變為較簡單的糖類，纔能為人體所同化 (assimilated)。

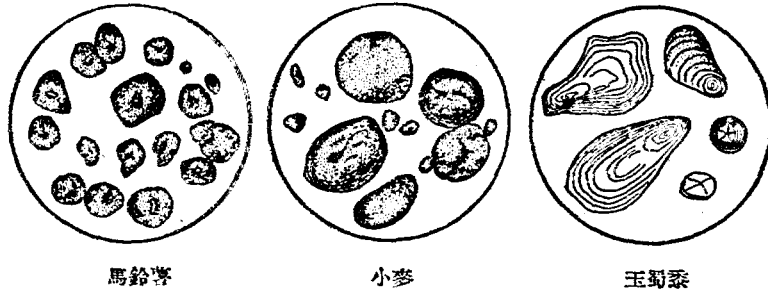


圖 269. 放大的澱粉顆粒

上章中所說澱粉物料的酒精發酵，是工業上製造酒精的方法之一。在發現於大麥芽中的某種酶類〔糖化酵素 (enzyme diastase)〕存在時，澱粉就受水的作用而轉變為糖。通常使穀類或其他含有澱粉的物質與大麥相接觸，於是藉酵素的作用，將澱粉轉變為糖。然後再加以酵母，就起糖的酒精發酵。

433. 【纖維素】纖維素 [cellulose,  $(C_6H_{10}O_5)_n$ ] 為植物木質纖維中的主要物料。這物質為另一種醣，其化學組成和澱粉一樣。關於牠分子的大小，我們尚無所知，不過牠顯然比澱粉更為複雜；所以我們把牠寫作  $(C_6H_{10}O_5)_n$ 。纖維素不溶於水及一切有機溶劑中，與酸共煮，就水解而成葡萄糖。

434. 【植物性纖維與紙】植物性纖維如棉、麻、芋、等，都由纖維素組成。各種植物所產纖維素的特具形態，足以決定紗線與織品的性質。紙大都用木材中的纖維素製成，但品質較優的紙，卻是用亞麻質的破布來製成的。

組成木材的纖維素極不純粹。在製紙時，其一部分雜質，如有色的樹脂等，須於木材

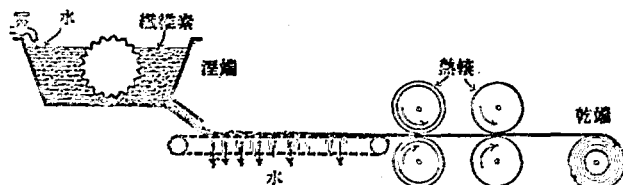


圖 270. 造紙主要步驟的圖解

製成紙漿 (pulp) 後，先行除去。把溼的紙漿傾在一個不息迴轉的漚網 (圖 270) 上，使成一薄層，而儘量把水分濾去。然後這薄層的紙漿，再在熱模間經過，於是就產生一種乾燥多孔性的薄紙，如濾紙一樣，這樣製成的紙差不多是由純粹的纖維素所組成。要使紙質適於書寫及印刷，須在紙漿中混和多種無機的固體物質，如黏土、白堊等。這種物質稱為填料 (fillers)，所以填補紙質，增加剛性。大部分的紙，都用如乾酪素 (從牛乳中提出) 等物質來處理，再將其烘壓成光滑堅實的表面，以便於書寫及印刷 (圖 271 A 和 B)。

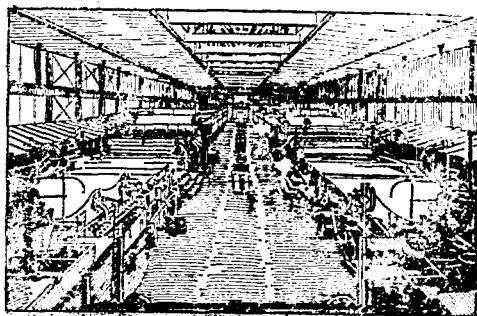


圖 271 A. 造紙機的溼端



圖 271 B. 造紙機的乾端

廉價紙是應用所謂‘機製紙漿’ (mechanical pulp) 來造成的。這種紙漿，只是將木材用一種碾磨機磨碎而成，所以造成

的紙，含有木材中原來的大部分雜質，不久即發黃而變脆。比較上等的紙，其所用紙漿，都曾經氫氧化鈉、漂白粉、亞硫酸鈉、或亞硫酸氫鈣等藥品的處理。此種藥品能將纖維素中的雜質，完全提淨。

用機製紙漿造成的紙，如用苯胺 (aniline,  $C_6H_5NH_2$ ) 的水溶液處理，即現黃色。故新聞紙和包皮紙經處理後，即起上述變化；而書寫用紙通常卻不起變化。

435. 【棉、絲、及羊毛】動物性纖維如絲與羊毛，都不是醣類，而是複雜的氮化合物。然而絲與棉在外觀上的主要區別，多由於纖維的機械構造，而不由於其化學組成。圖 272 就表示這種纖維構造間的區別。絲纖維為一連續不斷的長管，故絲織品的外觀，富有美麗的光彩。

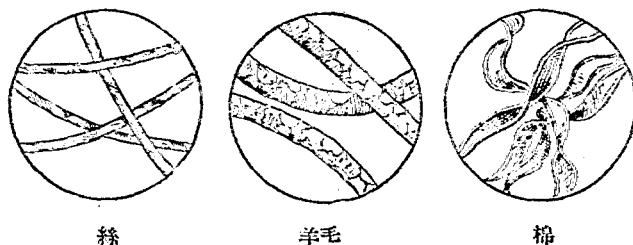


圖 272. 三種織品纖維放大圖

無論從木漿或棉花製得的纖維素，都能轉變成蠶絲相似的細長纖維。其法，將纖維素溶解於某種溶劑中，然後將溶液從一細孔中壓射入另一溶液 (圖 273)，於是纖維素立即再行沈澱而成為連續不斷的細線。這種細線若編成織品，其色澤就極似真絲，故稱為人造絲 (rayon 或 artificial silk)，但其原料卻依舊是纖維素。在黏膠法

(viscose process)中,其原料為**黃酸纖維素**(cellulose xanthate),係將纖維素用二硫化碳和鹼類處理而得。還有一種人造絲,則用**醋酸纖維素**(cellulose acetate)製得。

將棉紗緊張於冷的氫氧化鈉濃溶液中,經洗滌和乾燥後,棉紗即現絲樣的光澤,且較普通棉紗為強。經這樣處理的紗,稱為**絲光紗**(mercerized cotton)。

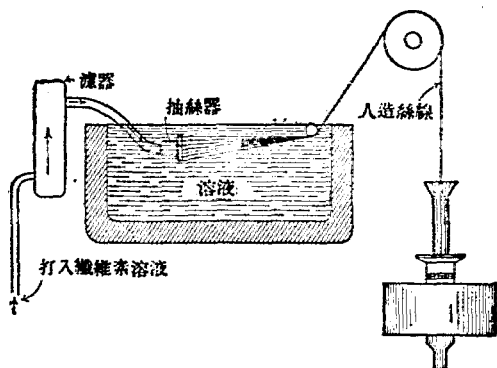


圖 273. 製人造絲的圖解

436. 【玻璃紙】玻璃紙(cellophane)為一種透明如玻璃的紙,其製法與製人造絲相似。即將纖維素的溶液從一狹小的金屬隙縫壓入另一種溶液中,於是纖維素即凝固而成透明、柔韌的薄紙,約厚千分之一英寸。若在紙上塗一層透明的漆,就可以防止潮氣。現今凡雪茄、食品、糖果等要防止灰塵潮氣的侵襲,就都用玻璃紙來包裹。又玻璃紙較尋常的紙張不易着火,這也好算是一個優點。

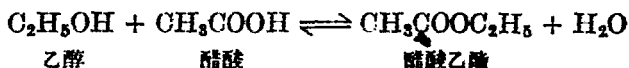
437. 【硝化纖維素】纖維素若用硫酸和硝酸的混合液來處理,硝酸與纖維素就化合而成硝酸纖維素(cellulose nitrate)。這個作用的發生大約由於纖維素的分子內含有某定數的氫氧基原子團所致。依照酸的濃度及發生反應的方法,可使不同量的硝酸與纖維素起反應。其所得的產品都稱為**硝化纖維素**(nitrocellulose)。

含氮較少的硝化纖維素，稱為纖維素的‘低級硝酸鹽’(lower nitrates)，用以製造無煙火藥。‘棉膠’(collodion)是纖維素的低級硝酸鹽在酒精和乙醚混合物中的溶液，當溶劑蒸發後，就留下一層薄膜，故用以製照相軟片及供其他類似的用途。棉膠常以‘新皮’(new-skin)或‘液態膏膏’(liquid court-plaster)的商業名稱而出售。漆漆汽車所用的‘噴漆’(lacquers, § 549)，是硝化纖維素在有機溶劑中的溶液。‘賽森格’(celluloid)是由加熱樟腦(camphor)和硝化纖維素的混合物而製成的，因此極易燃燒，在某種狀況下着火時，能起猛烈的爆炸。纖維素的‘高級硝酸鹽’(higher nitrates)之一的‘火藥棉’，用作地雷或魚雷中的炸藥。

## 脂肪和油類

438. 【脂肪和油類都是酯】 動植物所生的許多物質，可以歸入脂肪(fats)和油類(oils)。植物產品通常都是液體，稱為油類；如橄欖油(olive oil)和棉子油(cottonseed oil)等是。動物將其消費的植物性油類在體內造成相似的物質，這種物質都為半固體，稱為脂肪，如牛酪(butter)、豚脂(lard)等是。一切脂肪和油類物質，若與水及一種觸媒共同加熱，都可分解而生成高分子量的有機酸與含有 3 個 OH 原子團的醇——丙三醇 [glycerol, 即甘油,  $C_3H_5(OH)_3$ ]——的混合物。凡化合物能像這樣地水解的，都稱為酯類(ester)。從脂肪產生兩種最重要的酸為軟脂酸(palmitic acid,  $C_{15}H_{31}COOH$ )和硬脂酸(stearic acid,  $C_{17}H_{35}COOH$ )\*。

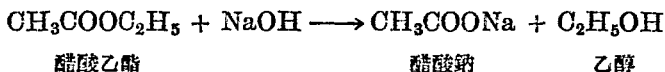
最簡單的酯類的例為醋酸乙酯(ethyl acetate)，可用乙醇和醋酸製成：



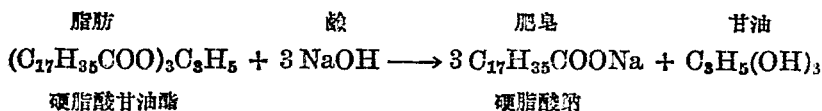
\*學生不必強記軟脂酸和硬脂酸的化學式。

這個反應為作用遲緩的可逆反應，若把狀況改變，就可隨意製成酯類或將酯類水解。低分子量的簡單脂類都是低沸點的液體，有愉快的臭味，可用以製造噴漆 (§ 49)。

**439. 【肥皂】** 分解酯類的最便利的方法是將其與氫氧化鈉共熱：



若以此法應用於動物脂，即得高分子量酸類的鈉鹽。這種鹽類的混合物就是肥皂 (soap)，而這共通的反應稱為皂化 (saponification)。所得的副產品甘油，為一種黏稠的液體，用以製造猛炸藥。下列方程式就代表這樣的反應：



上列反應當然不必強記。這裏所以把牠列舉出來，無非要表明製皂的反應與製醋酸鈉的反應相似罷了。這鈉鹽僅略溶於水，若於反應混合物中加入食鹽，即可使鈉鹽析出。欲製造軟肥皂 (soft soap)，則以氫氧化鉀代氫氧化鈉。

在肥皂的商業製造中，係將脂肪與鹼一同盛入大鍋 (圖 274) 中加熱數日。然後使肥皂經鹽析 (salted out) 而上浮液面。反應中的另一產品甘油，可用蒸餾法從含有廢鹼 (spent lye) 的液體中提取。由於所用脂肪的種類，以及製造方法等的不同，可以製成多種的肥皂。

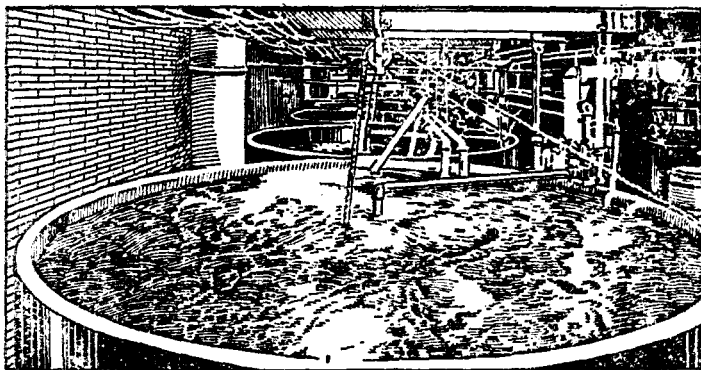


圖 274. 煮皂鍋中所容原料足以製造 10 卡車的肥皂。  
本圖示貫穿三層樓的大煮鍋的頂部

440. 【肥皂的清淨力】 下文所述,似乎可作肥皂及肥皂溶液的清淨力的解釋。肥皂是極弱酸類的鈉鹽的混合物。當其溶解在水中時,其鹽類差不多完全水解而成游離的脂酸和氫氧化鈉。氫氧化鈉是一種強鹼,當然會溶解一部分的油脂。而其游離的脂酸也並不沈澱析出,大約由於牠們與一部分不離解的肥皂相化合,而以膠體狀態留存於溶液中了的緣故。所以肥皂的溶液,根本就是一種鹼性的膠體溶液,而其清淨作用即與這個事實有關。使其他物質成為膠體狀態而阻止其自膠體狀態中沈澱的,差不多是膠體的一般性質。這是膠體的相互保護的一例。當油與肥皂溶液攪和時,油即成為膠體而久久地懸浮在肥皂液中。同樣,污垢的微粒,也像油一般地為肥皂液所作用,成為膠體狀態而保持在溶液中。

441. 【‘無皂’肥皂】 普通肥皂的用為標準的洗滌劑或除垢劑 (detergent), 已有 2000 年之久。在許多地方,其天然水都是硬水,即

溶有鎂鹽和鈣鹽。肥皂若與硬水同時使用，就有鈣肥皂 (calcium soap) 即皂凝 (curd) 沈澱而析出。這種皂凝的發生，足以消耗肥皂，浴缸和洗盆上的‘垢環’(ring)就由此而來。在硬水中洗滌有色織品，這種鈣皂凝就沈積在交織處所，使織品的顏色幽暗，質地粗硬，並且不能吸水。這現象久為紡織業上的一個嚴重問題。

在最近幾年來，在各種化學實驗室中已發明了幾種新的除垢劑，即所謂無皂肥皂 (soapless soap)。牠們都是磺化醇類 (sulfonated alcohols) 的鹽類。直至最近為止，實際上都採用鈉鹽。以商業名稱 ‘Dreft’ 而出售的無皂肥皂，便是一例。牠有幾種顯著的性質。例如牠的溶解度極大，就是在冰水中也能發生多量的泡沫。牠不受溶液中鈣鹽的影響，故可應用於硬水；就是在海水中，也有良好的成績。

442. 【食用油】 脂肪與油類都廣用為食品。在西洋，烹調時大都用固體的脂肪，所以動物脂較植物油為常用。這類化合物的唯一區別是在多少了幾個氫原子，因為油類也是酸的酯類，只比硬脂酸少幾個氫原子罷了 (§ 438)。最近有一個方法，可將這些氫原子人工地加入進去。先於植物油中混以某種觸媒 (通常為微細的鎳粉)，而將其加熱，然後用氫氣吹入這混合物中，於是在觸媒的影響下，即為油類所吸收。油類吸收了氫後，就生成脂酸的酯，而具有較原來遠高的熔點。鎳粉於混合物尚熱的時候濾去，當其冷卻時，即凝成固體，在種種方面都與動物脂相似。這個方法稱為油類的氫化 (hydrogenation of oils)。氫化所得的產品都用為動物脂的代用品，以供烹調 (如 Crisco) 及製皂工業之用。



## 食 品

443. 【各種食品的用途】 我們所吃的食品，供下列三種不同的用途：

- (1) 構造新組織，代替舊組織；
- (2) 使人身保持必需的溫度；
- (3) 供給作工的‘能’。

爲便利計，我們的食品，可依其組成和功用而分爲五類。 醣類如澱粉和糖等，兼供熱和能，並在體內幫助構造脂肪。 脂肪如牛酪、肥肉、橄欖油等，也兼產熱和能。 牠們的一部分常成爲保護組織層，作爲貯藏的食品，以供不時之需。 蛋白質 (proteins) 的化學組成極爲複雜，爲含氮豐富的食品；如瘦肉、卵白等都是。 這些食品可以填補耗損的肌肉組織。 德國化學家斐西耶 (圖 275)，對於蛋白質曾有精詳的研究。 又各種礦物質也爲人體所需要，以供種種的用途。 人體中所需鐵、碘、磷、鈣等的分量，非常微小，通常都由食鹽、肉類、水果和蔬菜等所供給。 我們每日的食糧中，除須含有上述的四種基本成分外，還須加入



圖 275. 斐西耶  
(Emil Fischer, 1852-1919)  
以研究醣類和蛋白質著名的有機化學家。

某種補助食品，始得成爲完滿的食糧。這種補助食品就稱爲生活素 (vitamins)，或音譯爲維他命。已知的生活素在六種以上，其中至少有兩種已能分離成純粹的狀態。

444. 【食品的燃燒值】 大多數的食品都含有代表上述五類食品的化合物，但是其中所含的醣類、脂肪、和蛋白質的比例，卻有極大的差別(圖 276)。牛乳大概含有上述五種成分的全部，而其比例又適合於人體的所需。因此牛乳是嬰孩的理想食糧。牛乳的平均組成大致如下表：

水.....	87.2%
乾酪素(含氮物質).....	3.6%
牛酪(奶油).....	3.6%
乳糖.....	4.9%
碳物質.....	0.7%

乾酪素(casein)用以製造乾酪(cheese)。當牛乳變酸時，乳糖(lactose)即由酶而變成乳酸(lactic acid)。這變化係由某種細菌所引起。

因爲食品的作用有些像燃料，供給必需的熱與能，所以要決定牠的熱值(heat value)，完全和決定煤的熱值相似。下表錄自錫爾曼(Sherman)的食品和營養的化學(Chemistry of Food and Nutrition)，表示幾種普通食品每磅可食部分的百分組成，及以卡\*數計算的燃燒值(fuel value)：

\*這裏所說的卡是大卡，即使一任克的水昇高 1° C. 所需的熱量。

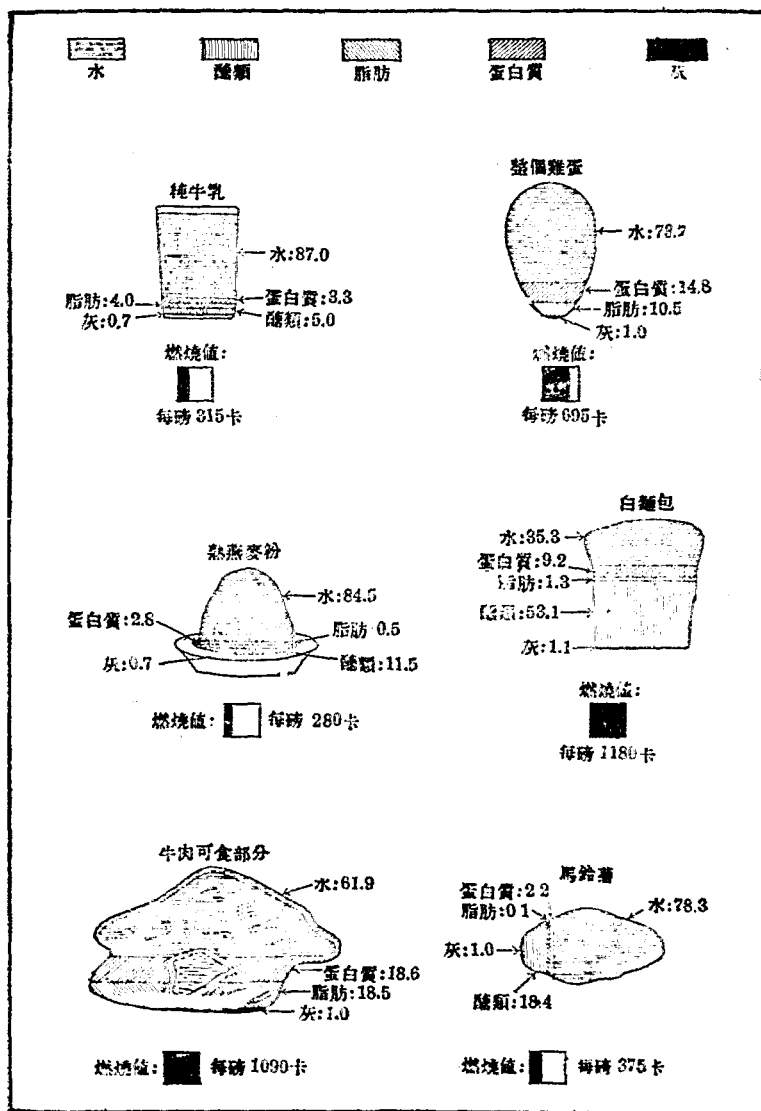


圖 276. 表示普通食品中所含醣類、脂肪、蛋白質、灰及水的比例的圖解

	水	糖 類	脂 肪	蛋 白 質	灰*	燃 燒 值
蘋果 .....	84.6	14.2	0.5	0.4	0.3	285
豬肉 .....	20.2	.	64.8	9.9	5.1	2840
香蕉 .....	75.3	22.0	0.6	1.3	0.8	447
乾燥的豆類 .....	12.6	59.6	2.9	22.5	3.5	1565
牛排 .....	73.8		7.9	22.1	1.2	694
白麵包 .....	35.3	53.1	1.3	9.2	1.1	1199
牛酪 .....	11.0		85.0	1.0	3.0	3491
生玉蜀黍 .....	75.4	19.7	1.1	3.1	0.7	455
蛋類 .....	73.7		10.5	14.8	1.0	672
雀麥 .....	7.3	67.5	7.2	16.1	1.9	1811
馬鈴薯 .....	78.3	18.4	0.1	2.2	1.0	374
番茄 .....	94.3	3.9	0.4	0.9	0.5	104

445. 【我們需要多少食品】 在近年來，對於這個題目已經有過許多的實驗研究，而各威權學者所得的結果並不一致。然而就一般說，一個成人每日膳食中全部的能值，不得少於3000卡。當然，這個數值必須隨各人所做工作的性質而異，是非常顯明的。並且此外還有許多其他的因素足以影響消化的進行，不過這些影響極難計量，如食品的色香滋味和人體的神經狀況等都是。

構成新組織以代替毀損組織所需蛋白質之量，大概遠較我們普通食糧中所消耗的為少。這多餘的蛋白質食品，只是被當作燃料而消耗的。我們不要以為只有蛋白質會供給代謝和成長的物料，實際上就是脂肪和糖類，其主要功用雖為供給能，卻也同樣地與這個過程有密切的關係。大概普通成人每天得有75克(約3盎司)的蛋白質，已經足夠；這個數值遠小於我們一般所吃的分量。

\*灰指燃燒後所剩的礦物質。

446. 【生活素】除了上述的幾種物品外，動物體中還需要適量的水份與無機鹽類，這些都不難自食品中取得。

近年來，積許多有力的證據，知尚有微量的某種化合物，為動物成長和健康的要素(圖 277)。這類物質稱為生活素。已知的生活素至少有七種，稱為生活素 A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, C, D, 及 E。已經確切證明

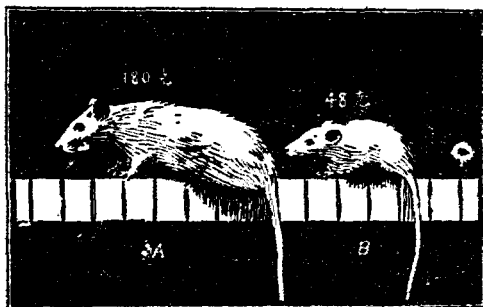


圖 277. 年齡相同 飼料相同的兩鼠  
A, 飼料中含生活素 B; B, 飼料中不含生活素

即分離而得的有兩種，即生活素 A 和 D。牠們好像是觸媒一類的物質。某種疾病如腳氣病(beri-beri)和壞血病(scurvy)，已經證明即由於膳食中缺少生活素所致。總而言之，我們可以說，若博採各種的食品作為每天的膳食，就可保證生活素的供給，足夠無缺。

因為人體中所進行着的反應非常地複雜，所以營養的整個問題，是極難解決的。食品的熱值，如上表所示，對於決定適當膳食，可略有幫助。但是要從這種不準確的數據中引出結論，顯然必須十分地審慎。因為這種能值，還沒有把蛋白質的需要量，食料的消化性，或生活素的需要與重要等，包括在內。

447. 【內分泌素】在身體的各個部分都有‘無導管的腺’(ductless gland)，分泌出某種化學物品，稱為內分泌素(hormones)。內分泌素除了進入血液以外，並無別的出路。人體中的這種分泌物雖為

最極微，可是對於生活器官的活動，卻有重要的影響。故內分泌素直可當作使各器官保持正常工作的化學調節器。

到了近數年來，生物化學家對於用合成法製內分泌素已有不少的研究。其中有兩三種已製造成功。在最近的將來，其他內分泌素顯然也將一一製得，而給醫生以與疾病相搏鬥的有效工具。

### 第 三 十 章 摘 要

【有機化合物】 有機化合物與無機化合物間沒有主要的區別。許多有機化合物可以在實驗室中從無機化合物製成。

【醣類】 醣類中含有與氫氧相化合着的碳，其中氫和氧的比例與在水中的相同。糖、澱粉和纖維素是重要的醣類。

【普通的糖】 普通的糖從甘蔗或甜菜製成。與水共煮時，若有酸類存在，就起水解而成葡萄糖和果糖。

【澱粉】 在商業上，澱粉從玉蜀黍或馬鈴薯中製得。澱粉可為稀酸或為大麥芽中的酵素所破壞而成為葡萄糖。這變化發生於穀類和澱粉的酒精發酵以前。

【纖維素】 纖維素是組成植物纖維物料的一種醣類。棉、麻和紙是主要的纖維素，但羊毛和絲卻不是纖維素。

【硝化纖維素】 硝化纖維素由硝酸作用於纖維素而得，是製無煙火藥、棉膠、噴漆、和賽璐珞等的原料。

【脂肪和油類】 脂肪和油類是有機酸的甘油酯。植物油的不同於動物脂，只是每分子少了幾個氫原子，這種氫原子是可藉觸媒的幫助，而用人工方法來加進去的。

【肥皂】肥皂是高級脂酸的鈉鹽，由氫氧化鈉作用於脂肪而得。

【食品的功用】食品的功用為 (1) 充燃料，以供給作工的能；  
(2) 充燃料，以保持體溫，(3) 供給物料於成長部分及填補損毀部分。

【食品的種類】食品大別為五類，即脂肪、醣類、蛋白質、礦質物及生活素。脂肪和醣類所以供給必需的能。蛋白質(氮化合物)為器官成長的要素，又為填補損毀部分所必需。

【普通成人所必需的食品】普通成人每天所需的食品，須供給3000大卡的能，並且含有75克的蛋白質，此外還需少量不可缺的礦物質。

【生活素】某數種生活素已知其為膳食中的要素。

【內分泌素】內分泌素為人體中某種無導管腺體的化學分泌物，對於健康、成長和性格等，有極大的影響。

### 問題和習題

1. 脂肪與油類的區別是什麼？
2. 怎樣檢驗葡萄糖的存在？
3. 製肥皂可得何種有價值的副產品？
4. 碳化氫的組成與醣類有什麼不同？
5. 濃縮糖溶液，為什麼要用真空罐？
6. 從玉蜀黍製淀粉，何以用冷水而不用熱水？
7. 我們所吃的食品，有那三種不同的功用？
8. 夏天與冬天的膳食應有何不同？
9. 從石油製得的油類，與從植物製得的油類有何不同？
10. 銀行職員的膳食與鐵匠的膳食，應有何不同？
11. 食品的消化與同化，為什麼必需多量的純水？
12. 舉示富於醣類、脂肪、蛋白質的食品各三種。
13. 玻璃紙是什麼？牠的主要用途是什麼？這種用途係利用牠的那一種性質？

14. 蔗糖與葡萄糖的區別是什麼？棉膠與賽璐珞的區別是什麼？
15. 市售的某種玉蜀黍糖漿含有 85% 的葡萄糖。這糖漿怎樣自玉蜀黍製成？

\* \* \*

16. 怎樣證明濾紙中含有碳？
17. 用蟻酸液來放在牛乳中作為防腐劑，有何危險？
18. 商業上怎樣製得澱粉？
19. 油類可製肥皂。這種油類是石油還是植物油？為什麼？
20. 為什麼純粹的碳可以從蔗糖製得？
21. 抄錄下文並填寫其中的空白：蛋白質是複雜的化合物，含有碳、\_\_\_\_、\_\_\_\_、\_\_\_\_等元素，有時又含\_\_\_\_和\_\_\_\_。蛋白質在人體中用以構造\_\_\_\_組織。
22. 體溫計上刻有健康人體所應保持的平均溫度，這溫度是多少？人體藉何種化學作用以保持一定的體溫？
23. 如以澱粉作為人體的食品，當其消化時發生何種化學變化？這種變化何由引起？這變化對於人體以澱粉為食品，為什麼是必要的？
24. 抄錄下文並填寫其中的空白：普通成人每天需要能供給\_\_\_\_大卡的食物，其中除含有少量必需的\_\_\_\_鹽類及‘神秘的微量物質’稱為\_\_\_\_的以外，還須含\_\_\_\_克的蛋白質。
25. 澱粉在含有少量鹽酸的水中煮沸時，就轉變為葡萄糖。用怎樣的化學檢驗法來證明葡萄糖已經產生？用怎樣的化學檢驗法來證明所有的澱粉都已轉變？

\* \* \* \*

26. 從 68.4 克的乾燥蔗糖可得多少克的純碳？
27. 某種鹽類含有 42.1% 的碳，其餘為氧和氫。其簡單的化學式為何？
28. 假定苛性鈉的純度為 75%，每百磅的價為 3.10 美金，開製 1 噸 (2000 磅) 的肥皂 (硬脂酸鈉)，所需苛性鈉的價值是多少？
29. 從 198 磅的脂肪 (硬脂酸甘油酯) 中，可得甘油多少磅？
30. 某化合物就重量計，具有下列的百分組成：氫 6.7%；碳 20%；氧 26.6%；及氮 46.7%。牠的分子量是 60。其式為何？

## 第二十八章至第三十章複習題

1. ‘乙基汽油’中為什麼含二溴化乙烯？
2. 解釋下語：‘一切生物體都是能的變形器。’



3. 區別 (a) 分餾, (b) 破壞蒸餾和 (c) 普通蒸餾。
  4. 試用甲烷的完全燃燒為例, 說明赫·呂薩克的化合氣體容積定律。這定律用什麼原理來解釋?
  5. 舉例說明下列各名詞的意義: (a) 醇素; (b) 同分異構物; (c) '熱爆破法' (指碳化氫)。
  6. 解釋將蠟燭火插入盛下列各氣體的瓶中所生的變化: (a) 氫; (b) 氧; (c) 氯; (d) 氧化亞氮; (e) 氫與空氣的混合物。
  7. 怎樣藏放下列各物: (a) 鈉; (b) 白磷; (c) 醚; (d) 氫氟酸; (e) 生石灰? 並各說明理由。
  8. 就下列各點比較水煤氣與發生爐煤氣: (a) 製造方法; (b) 其所含最多的三種成分的名稱及百分組成 (以容積計) 約數; (c) 用途。 (d) 在同一狀況下, 每立方英尺氣體燃燒所生的熱, 那一種較多? 為什麼?
  9. 在夏天, 盛冰水的水瓶外壁, 出現一層溼氣 (水)。將冷瓶子倒置在爐火的上方, 瓶子內壁也出現溼氣。試分別解釋此項水份的來源。
  10. 在美國, 每年死於一氧化碳的, 在 3000 人以上。在中國雖無統計, 但冬天因生煤球爐而致死的, 亦日有所聞。試說明其致死的原因及防止的方法。
- \* \* \*
11. 解釋下列文句: '鋼鐵是化學家的鐵匙, 藉以進入產品與方法的新領土。'
  12. 對於赫羅中燃燒木材 (主成分為纖維素), (1) 普利斯特利 (燃素說信仰者) 是怎樣解釋的? (2) 近代化學家是怎樣解釋的?
  13. 解釋下列變化, 並舉示所用的觸媒: (a) 棉子油的氫化; (b) 石油的氫化? 上列變化所得的商業產品是什麼?
  14. 有機化學上糖類的水解, 與無機化學上鹽類的水解, 有何區別? 試以澱粉轉變為葡萄糖為前一作用的例, 以碳酸鈉的水解為後一作用的例。
  15. 生命常藉自然界中的微量物質而存在: (a) 1000 容積的空氣中只含 4 容積的二氧化碳; (b) 100 容積的水中只含 4 容積的氧。試就 (a) 項事實, 說明地面上的生命得以存在; 就 (b) 項事實, 說明水中的生命得以存在。
  16. 寫出下列物質在空氣或氧中完全燃燒的方程式:  $\text{CH}_4$ ;  $\text{C}_2\text{H}_2$ ;  $\text{C}_6\text{H}_6$ ;  $\text{C}_{27}\text{H}_{53}$  (在蠟燭中);  $\text{H}_2\text{S}$ ;  $\text{CS}_2$ ;  $\text{FeS}_2$ ;  $\text{NH}_3$ ;  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ;  $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$  (纖維素)。
  17. 鼓風爐 (應用普通的煤氣及空氣) 的溫度達  $2000^\circ\text{C}$ .; 氫氧吹管約  $2500^\circ\text{C}$ ; 氧炔炬約  $3000^\circ\text{C}$ .; 原子氫炬約  $4500^\circ\text{C}$ . 試各解釋之。

18. 一個光亮的銅球放在無光木生焰中，其表面立即出現一層水氣，但不久又即消失。試解釋之。此後銅球上生成一層永久的黑色物質。這黑色物質是煤煙嗎？試解釋之，並作此黑色物質生成的反應方程式。

19. 採取硫、灰石、軟煤、水和空氣等為原料，以製重要的肥料硫酸銨。試說明其化學步驟，並寫出其方程式。（用氮氨基鹽法或用哈堡法隨便；如用哈堡法，就無需灰石。）

20. 在家庭製無醇啤酒 (root beer)，係將香精、糖、及酵母加入微溫水中。這酵母的機能是什麼。為什麼水會發熱？為什麼不應用熱水？此種無醇啤酒如飲用過早，將見其味甜而發泡不多。為什麼？若待其成熟，則開瓶時發泡極多。為什麼？這時候牠的甜味增強或減弱？為什麼？

## 第三十一章

# 金屬和冶金術

金屬的重要——金屬的特性——礦物世界——礦物與礦石——主要的冶金方法——普通金屬的取代序——金屬的化學行爲。

**448. 【金屬的重要】** 就近代的觀點而論，可謂無金屬即無製造。並且，化學科學對於從礦石中提取金屬，以及將金屬製成有用的形態，貢獻極大，我們現在已有豐富的廉價金屬，而其種類之多更非百年前所能夢見。在近年來，藉化學家之助，又發明了許多特殊的金屬混合物，即所謂合金或齊 (alloy)，可供各種特殊的用途。例如汽車製造家用含有錳和矽的鋼來製造汽車的車身；用含有鎳或鈮的鋼來製造曲柄軸；用含有鎢、鉻和鈮的鋼來製造引擎活門；用含有鋁和錳的鋼來製造活塞；以及用含有鉻、鎳或鈮的鋼來製造球軸承等都是。汽車工程師決定某項機件須用何種性質的合金，於是化學家與冶金術家就到實驗室裏去製造出這種需要的合金來。

在本章中，我們將研究一切普通金屬所同具的特性，以及從礦石中提煉金屬的主要步驟。

**449. 【金屬的著名特性】** 大家都熟悉，像鐵或銅等金屬，在其新擦亮的表面上，有一種特殊的光澤。我們稱之為金屬光澤 (metallic

luster)。意即此等金屬的擦亮面上能反射光線，和尋常的平面鏡一樣。事實上古代的希臘人和羅馬人確曾用擦亮的黃銅面爲鏡，我國周禮考工記也有以銅錫合金製鏡的記載\*。金屬又有延性(ductile)，即能抽成細絲；有展性(malleable)，即能鎚成或軋壓成薄片。銅最富延性，金最富展性。

然而一切金屬還有一通性，不像上述諸性質之爲一般人所熟知。即當一金屬化合物溶解於水中，而使電流從溶液中通過時，通常總有金屬沈積於陰極。這是由於金屬在溶液中成爲陽離子的緣故。換一句話說，其原子有失去電子的傾向。

金屬通常都是電和熱的導體(conductors)。例如我們用銅和鋁來作傳送電流的電纜。非金屬通常都是電和熱的非導體(non-conductors)或絕緣體(insulators)。例如非金屬的硫是極好的電絕緣體，不過質地太脆，不切實用。

金屬還有各種其他的物理性質，足以決定牠們在工業上的用途，如強度(strength，即載重的能力)、彈性(elasticity，即改變形狀後回復原狀的能力)、硬度(hardness，即耐磨損和抵抗貫穿的能力)、及耐性(endurance，即耐反復應力和衝擊的能力)等。這種機械的性質，極爲工程師所重視，所以現今的冶金化學家，都在尋求各種金屬和合金的化學構造與其機械性質的關係。

金屬元素共約七十種，除了汞，在尋常狀況下都是固體。我們一講起金屬，就自然而然地會想到牠是很沈重的東西，這是因爲最熟悉

\*周禮冬官考工記：‘金錫半謂之鑿鑿之齊’。金指銅，鑿指平面鏡，鑿指凹面鏡，齊即合金。

的金屬的比重都大於5。例如鐵的比重是7.8,銅是8.9,鉛是11.4,而金是19.3。這些都是重金屬(heavy metals)。但是我們又有一大羣重要的輕金屬(light metals),其比重都小於5。例如鈉的比重是0.97,鉀是0.86,鎂是1.74,而鋁是2.70(圖278)。這種輕金屬的延性、展性及強度都較遜於重金屬。不過牠們的化學性質卻活潑得多,從牠們對於水、空氣和酸類的行為就可看得出來。就一般而論,金屬的比重愈大,其化學活潑性就愈小。

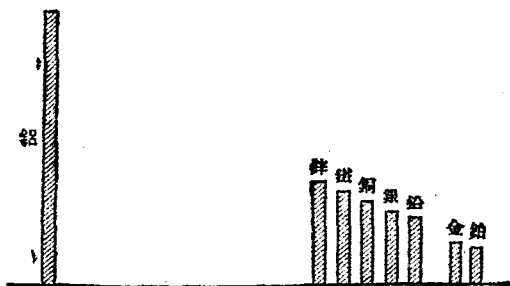


圖 278. 上列線柱代表各種金屬等重量的容積

就一般而論,金屬的比重愈大,其化學活潑性就愈小。

450. 【礦物世界】古代人已能使用少數的金屬,即金和銅(圖279),因為牠們不但在自然界有呈游離狀態而存在,並且不受大氣中氧的侵蝕。其他金屬,常與他物質化合而存在,古人的冶金技術尚不夠將牠們提煉出來,所以還不能利用。後來,他們又偶然發現了另一種更重要的金屬,找得時無須提煉,即可應用。那就是從天空中落下來的一片隕鐵(meteorite



圖 279 古代的金銅小瓶,約在四世紀元前 455 年

iron)。等到有人發現鐵不僅可以不廢力地偶然從地上拾取，並且還可用較曲折的方法來有目的地採取後，人類的金屬知識纔大大增加，而得利用以製各種器皿和工具。這個發現就是見到一塊紅色礦石與焦炭共熔，可以使之流出鐵來。這一個最初的進步，給人類開闢了金屬與礦物的新世界，其重要簡直是難以估計的。

451. 【地殼中的礦物】 最深的礦穴，其深度約有一英里半，但是這對於地球，僅只是表面上的一個劃痕罷了。不論什麼地方，只要在滿蔽地面的土壤和植物下面，我們總可找到所謂基岩 (bedrock)。這種岩石都由礦物質所成，牠們的生成純由於巨大的自然力的結果。其中最深的為晶形構造的火成岩，係受高熱所作用而成。掩蔽在這上面的，在許多地方可以找到所謂沖積岩 (sedimentary rocks) 及碎屑岩 (fragmentary rocks)，如砂石和灰石等。更在其頂上，則有或多或少的砂礫、黏土和土壤。

岩石或為簡單的礦物或為幾種礦物的聚合體。例如，灰石大部分由單一的礦物方解石 (calcite,  $\text{CaCO}_3$ ) 所組成。但是花剛石卻是長石 (feldspar)、石英 (quartz)、和雲母 (mica) 三種礦物的混合物。所謂礦物，是指具有一定的化學組成，且通常成為晶形而存在於自然界中的無機物質。 例如，石英或矽石 ( $\text{SiO}_2$ ) 便是一種礦物。以前 (第二章) 曾經說過，地殼的約 99.5% (就可以研究的地面而言)，是由已知的九十二種元素中的二十種所構成的。其中最豐富的是氧、矽、鋁、鐵、鈣、鎂、鈉、和鉀。除了鋁和鐵，我們已全部研究過了。關於鋁和鐵，我們將在下幾章中討論，因為牠們在工業上和化學上都是非

常重要的。

452. 【礦物與礦石】 重要的金屬，除了銅、銀、金以外，大都成爲含有氧、硫、矽的化合物。氧既然是非常活潑和豐富的元素，那末我們在自然界中見到了許多的氧化物，自然是毫不足異了。例如紅鐵礦(hematite)爲氧化鐵( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )；紅銅礦(cuprite)爲氧化銅( $\text{Cu}_2\text{O}$ )；礬土(alumina)爲鋁的氧化物( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )；錫石(cassiterite)爲錫的不純粹的氧化物( $\text{SnO}_2$ )；紅鋅礦(zincite)爲氧化鋅( $\text{ZnO}$ )等。此外還有非金屬的氧化物，如矽石爲氧化矽( $\text{SiO}_2$ )等。又有許多礦物爲金屬的硫化物，其存在量與氧化物相類。礦物除了氧化物和硫化物外，都爲金屬元素的天產碳酸鹽、硫酸鹽、或矽酸鹽。任何礦物，例如紅鋅礦等，凡可從其中提煉出一種元素（通常爲金屬元素）而其生產成本又較其產品價值爲低的，就稱爲礦石(ore)。其次要回答的問題是，這提煉的作業究竟是怎樣完成的呢？從礦石中提煉金屬的科學，稱爲冶金術(metallurgy)。就一般而論，凡氧化物、硫化物、和碳酸鹽等，其採得時的狀況較爲純粹的，就是最適於提煉金屬的礦石。

453. 【選礦法】 無論那種礦石，都不如冶金術所希望的那樣純粹。其中往往雜有比較無用的岩石，即所謂脈石(gangue)。這脈石就是埋藏着礦物(金屬的化合物)的基岩。在預備用化學方法把礦物中的化合物變成元素之前，須先行選別，即所謂選礦(concentration)。先將原料用磨機軋碎，再經篩子，區別成粗、中、細三部分。然後即可實行選礦。選礦有時純用手工，但通常大都用重力分離法(gravity separation process)，因爲普通的礦石總較脈石爲重。其

法，將軋碎的礦石與水攪和，於是較重的有用物料就往下沉，而較輕的無用的脈石，就給水流漂去。

在近年來，許多低級礦石多用浮選法(flotation process)選礦。所謂低級礦石，是指那些僅含少量有用物料的礦石，特別是銅、鋅和鉛的硫化物。

454. 【低級銅礦石的選礦】近來已知，即使礦石中含有極少量的銅，如2%，也還有利用的可能及價值。應用了泡沫浮選法(froth-flotation process)，則可收回的銅計達85-90%。先將礦石碾壓成細粉，然後混以含有廉價油類的水，有時又加入少量的硫酸。這混合物經猛烈攪拌後，使之流入一大水區中(圖 280)。於是岩石質物料在區中就立

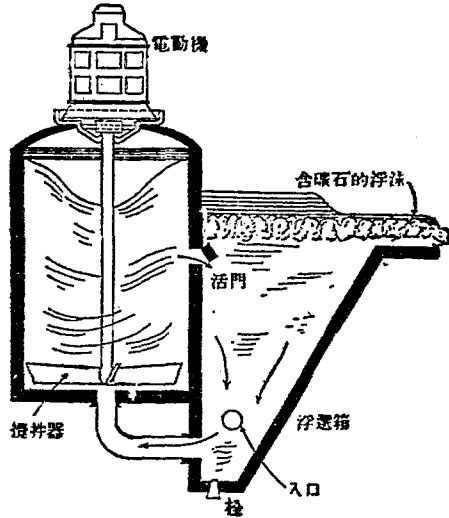


圖 280. 泡沫浮選法圖解  
磨成粉末的礦石與少量的油類和酸類混和，  
用唧筒壓入。浮沫和礦石從液面撇取

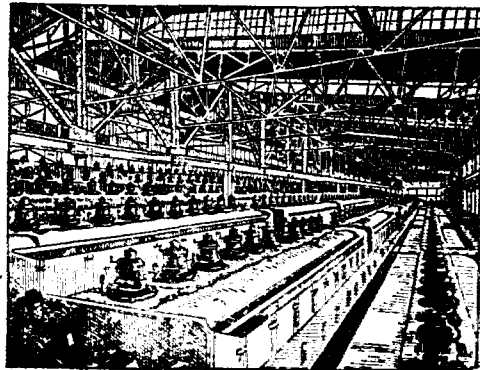
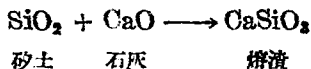


圖 281. 選礦工場  
若干排泡沫浮選器，正在浮選低級的銅礦石

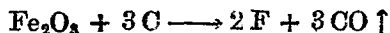


即下沉於底，同時礦石的微粒被油沫所吸住，即上浮於液面(圖 281)。

455. 【提煉金屬法三種】 礦石經上述方法選別後，就可預備用化學方法從化合物中將元素提取。最舊的方法是用火來將礦石融化，即所謂煨燒 (roasting)。其法，將含有少量脈石的礦石與一種熔劑共同加熱，在高溫度時，熔劑即與岩石質物料化合成而易熔的玻璃狀的熔渣。熔渣浮在金屬的上面，故可設法撇去。例如紅鐵礦 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) 常與矽石 ( $\text{SiO}_2$ ) 共同存在，故其熔劑為灰石或石灰，因石灰能與矽石結合而成為矽酸鈣熔渣：



在本例中的礦石為氧化物，故在第二步中，即將礦石與某種形態的碳如焦炭共熱，而使之還原。碳與礦石中的氧相結合，成為一氧化碳而逸去：



這個方法稱為還原 (reduction)。如果礦石是碳酸鹽或硫化物，須先加熱為氧化物，然後將氧化物用焦炭來還原。實際上，這煨燒與還原的步驟，在鼓風爐中是可以同時進行的 (§ 464)。

第三個方法是電解 (electrolysis)，可舉鋁的工業生產為例。說起來真叫人難以相信，近在 1886 年，鋁的價值還和銀一樣地貴。但在那一年，荷蘭奧柏林大學 (Oberlin College) 的學生荷爾 (Charles W. Hall) 卻發明了電解製鋁的廉價方法。其原料是天產豐富而極難溶解的氧化鋁 (礬土)。他將礦石溶解在熔融的冰晶石 (cryolite)

中，在溶液中通以電流，就在陰極得到金屬鋁。很奇怪，恰在二月以後，法國化學家赫洛爾德(Hérault)也發現了同樣的方法。

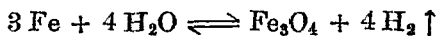
由此可知，煉鋁用電解法，煉鐵用還原法，煉銅和鋅兼用還原法及煅燒法。這些方法，當在以下幾章中再詳加討論。

**456. 【金屬的腐蝕】** 金屬的腐蝕，就經濟的觀點說，是一個極重要的化學作用。空氣、水及其他化學藥品，都在不息地毀滅着可貴的金屬性質，無論是固定的橋梁或可移動的農具，都會受到損害。化學家曾試用下列三種方法來與這種破壞力相搏鬪：(1)用抵抗力較強的其他金屬來鍍在金屬面上，如鍍鋅鐵(galvanized iron, 俗稱洋鉛皮)和鍍錫鐵(tin plate, 俗稱馬口鐵)；(2)將數種金屬融合成合金，使之更為耐用，如不銹鋼(stainless steel)；(3)用油漆或玻璃塗在金屬上，除非塗料脫落，就永遠有保護金屬面的功效。

**457. 【金屬的氧化】** 大家都知道，鐵暴露於大氣中，就會生銹。對於這個變化，化學家已不知作了多少次研究，而其結果卻並不簡單，不曾得到滿意的結論。但鐵的生銹，必需空氣和溼氣，這事實卻甚為明顯。棕色的鐵銹似乎是含有若干水分的氧化鐵( $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x \text{H}_2\text{O}$ )。有些研究家聲稱，二氧化碳或酸性物質的存在也是必需的。因為他們曾經發現，純粹的鐵若完全摒除了二氧化碳，那末即使有水與空氣的存在，也不會生銹。另有些研究家聲稱，生銹是一種電解作用，由於金屬各部分的溶解趨向不同而起。只要化學家能斷定鐵的生銹究竟由於何種原因，那末對於金屬的防銹問題，就可得到一個更有效的解決辦法。

空氣對於某數種金屬的作用，其關係比較重要的，以下將分別討論。現在試先回想，銅在乾燥空氣中不起變化，但在潮溼空氣中則漸漸生成一種綠色的斑點，這種斑點是碳酸鹽和氫氧化物的混合物。純鉛也不受乾燥空氣的侵蝕，但在潮溼空氣中，則表面生成碳酸鹽和氫氧化物的銹，而對下層金屬加以保護。鋅在空氣中雖會生銹，但作用極為遲緩，故適於鍍在鐵面(鍍鋅鐵)。鎂在潮溼空氣中，也只緩緩地生銹，而變成氧化物(MgO)。

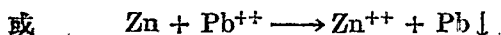
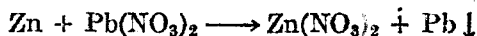
**458. 【水與金屬的作用】** 我們已知某種金屬如鉀和鈉，與水反應，即放出氫而生成金屬的氫氧化物。這反應的必需條件隨金屬的種類而異。例如鉀可作用於冷水，但是反應時放出多量的熱，使鉀熔解而流瀉於水面。鈉的情形大致與鉀相似，但反應時放出的熱不足以將氫點燃，除非那水是預先加熱了的。金屬鈣可與冷水起反應，但是牠的密度太大，所以下沈於水底。鎂與冷水不見有顯明的反應，但極易與蒸汽發生反應。銅則與水及蒸汽都不起反應。鐵對於純水沒有作用，但在蒸汽流中加熱，就能變成氧化鐵( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )，同時並放出氫。這個反應是可逆的：



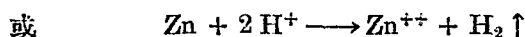
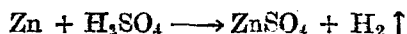
即，氫經過高熱的氧化鐵時，又變成了鐵與蒸汽。

**459. 【金屬的取代序】** 我們曾經見過，金屬鋅能夠從酸溶液中取代氫離子，而放出氫氣。我們又見過在鹵素中，甲元素之能從溶液中取代乙元素，係按着一定的次序。金屬的這種次序，詳見下表。例如，取鋅片一條，放在位次較低的任何金屬的鹽溶液中，就會生成鋅

鹽，而將相關的金屬沈澱下來。其反應如下：



注意，氫在這次序中所以要占一個位置，是因其和金屬相似，能生成陽離子。凡在氫以上的金屬，都可從酸中取代這元素；例如鋅與稀酸：



在氫以下的元素，與酸類接觸，都不能將氫釋出。次序中位次較高的金屬，都非常活潑，能夠分解水，即能從氫離子濃度極微弱的水中將氫取代。鋁以下的金屬，對於冷水或熱水都沒有顯著的作用，所以認為是比較不活潑的金屬。

作用物	金屬的 取代序
水	{ 鉀
	{ 鈉
	{ 鈣
稀酸	{ 鎂
	{ 鋁
	{ 鋅
	{ 鐵
熱 HCl	{ 錫
	{ 鉛
HNO <sub>3</sub> 或 熱 H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	氫
	{ 銅
	{ 汞
HNO <sub>3</sub> + HCl	{ 銀
	{ 鉑
	{ 金

460. 【酸類對於金屬的作用】 試注意取代序中錫和鉛的位置。適在氫的上面。牠們能溶解於熱的濃鹽酸中。在下一章中，我們將要研究銅、汞和銀，牠們適在氫的下面，而只能為硝酸及熱濃硫酸（氧化酸類）所溶解。在另一章中，我們將討論鉑和金，金屬取代序中最後的兩種元素。這兩種元素稱為貴金屬，因為牠們只能被王水（硝酸和鹽酸的混合物）所侵蝕。

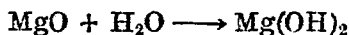
461. 【金屬的化學行爲】 在討論某種著名金屬的特性以前，我

們將要把牠們共通的化學行爲，摘述幾個要點。

(1) 除了金和鉑，所有的金屬都有與氧結合的趨向，其產品爲氧化物。例如鎂極易在氧中燃燒而成爲氧化鎂：



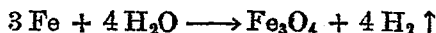
因爲鎂的氧化物是鹼酐，故與水化合，就生成氫氧化鎂：



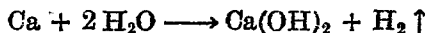
苦土乳

要防止，至少是要延遲金屬氧化的趨向，曾化了去世界上無數的金錢。例如，鋼橋要防止腐蝕，就得時常加以油漆。

(2) 取代序中氫以上的金屬，也有與水起反應的趨向，其產品爲氧化物或氫氧化物。例如，蒸汽通過紅熱的鐵，就生成氧化鐵與氫：

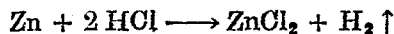


但是當金屬鈣放入水中時，就有氫氧化鈣和氫生成：

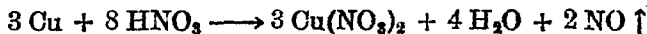


由此可知，鐵在潮溼空氣中必較在乾燥空氣中銹蝕愈快。

(3) 許多金屬的另一特性爲能與酸類起反應。例如，我們曾經見過，鋅與鹽酸作用就產生氯化鋅 ( $\text{ZnCl}_2$ ) 和氫：

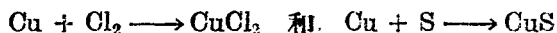


但是銅與稀硝酸作用，卻生成硝酸銅和氧化氮氣體：

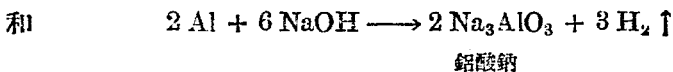
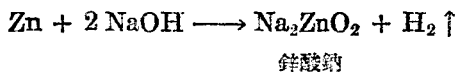


上述反應都是酸中的氫爲金屬所取代而生成鹽類。

(4) 一切金屬都有與非金屬結合的趨向，而生成鹽類。例如銅能與氯或硫直接化合，即生成氯化銅或硫化銅：



(5) 有少數金屬與鹼類作用,就放出氫而生成鹽類。例如,鋅或鋁能與氫氧化鈉相作用:



### 第三十一章摘要

【金屬的性質】 金屬有下列通性:

1. 有特殊的光澤,稱為金屬光澤。
2. 大都很重,即比重很大。
3. 除汞外,在常溫時都是固體。
4. 為熱和電的良導體。
5. 能錘成或軋壓成薄片——展性。
6. 能拉成細絲——延性。
7. 通常都很堅韌——有很大的抗張強度 (tensile strength)。

【礦物】 礦物是存在於地殼中的無機物質,或為元素,或為化合物。

【礦石】 礦石是有提煉金屬價值的礦物。

【選礦法】 常用的選礦法有:

1. 重力法——較重的金屬礦石向下沈。
2. 油沫浮選法——金屬礦石黏附於油沫。

**【煉礦法】** 從礦石提煉金屬，有下列各法：

1. (a) 煅燒，將碳酸鹽或硫化物變成氧化物。  
(b) 用碳加熱還原。
2. 較活潑的金屬，可用電解法從牠們的氫氧化物或氯化物中提取。

**【金屬的化學行爲】** 金屬與

1. 氧，生成氧化物；
2. 水，生成氧化物或氫氧化物；
3. 酸類，生成鹽類和氫或其他氣體；
4. 非金屬，生成鹽類；
5. 鹼類（鋅和鋁），生成氫和鋅酸鹽或鋁酸鹽。

**【金屬的取代序】** 將金屬排列成一定的次序，使表中的每一金屬，能將位次較低的金屬，從其化合物的溶液中取代而出。這種次序就稱為金屬的取代序。

### 問 題

1. 舉示三種礦石的名稱。
2. 礦物的意義是什麼？
3. 試述礦物與礦石間的區別。
4. 礦石中的雜質有何名稱？
5. 述泡沫浮選法。
6. 通常用作礦石的，是金屬的何種化合物？
7. 舉示選別純礦石的兩種常用方法。
8. 何謂煅燒礦石？須煅燒的是何種礦石？
9. 舉示從礦石中提煉金屬的兩種常用方法。
10. 電解時，金屬的離子沈積在那一電極？

11. 舉示金屬的一種與其化學行為有關的特性。
12. 金屬的那幾種物理性質，決定牠們在工業上的用途？
13. 舉示五種金屬所特有的化學行為。
14. 比較鐵和銅‘生鏽’的作用。
15. 寫出三種製氯化鋅的方法的方程式。
16. 近代製汽車的工廠，為什麼必須設一研究室。
17. 舉示各種防止金屬腐蝕的一般方法，並各舉例以說明之。
18. 比較下列各金屬與水作用的強度：鉀、鈉、鈣、鎂、鐵、和銅。
19. 將下列十種金屬依照取代序中活潑的次序而排列之：鐵、鎂、銅、金、銀、鋅、鈉、鈣、鉍、和汞。
20. 下列各項事實會發生怎樣的變化：(a) 鐵釘放在硫酸銅溶液中？(b) 鋅片放在食鹽溶液中？(c) 銅片放在硝酸銀溶液中？將發生的反應寫成離子方程式。
21. 鉍在那一方面像金屬？
22. 凡礦物是否必為礦石？凡礦石是否必為礦物？試解釋之。
23. 在1800年以前，曾否發現過輕金屬？試解釋之。
24. 地球上最初發現的鐵，大概在哪種物料中？
25. 在古代文學中，每以為金屬都是重的。為什麼？
26. 合金比純金屬有何優點？試舉一例。
27. 在近代的冶金術中，那一種方法應用最廣？
28. 作方程式以說明製硝酸鋅的三種不同的方法。



## 第三十二章

### 鐵 和 鐵 族

鐵礦——熔煉——鼓風爐——鑄鐵——鍛鐵——鋼——鐵的顯微鏡研究——坩堝鋼——柏塞麥鋼——開爐法——電爐——鋼的淬硬和熱煉——面層淬硬——特種鋼和鐵合金——鐵和鋼的比較。

純鐵——鐵的氯化物——亞鐵及鐵化合物——氧化和還原——鐵的氫氧化物——鐵的氧化物——其他鐵化合物——亞鐵氰化物——鐵氰化物——藍印劑——墨水。

鈷和鎳——性質和用途——模式的化合物。

462. 【鐵的重要】 鐵無疑地是世界上最具有價值的金屬。這所謂價值，並不是指牠值多少錢，倒是指牠的不值錢而適於種種的用途。鐵已成為我們近代生活上的必需品，所以有人說，我們是生活在鋼鐵與混凝土的時代。特別在美國，鋼鐵工業最為繁盛，年產量有時達三千萬噸。我國鋼鐵工業尚極幼稚，以華資經營的新法煉鐵廠，其產量每年僅二萬噸左右，用土法冶煉的約有十餘萬噸。至於產鋼能力，更為微弱，充其量也不過十萬噸罷了。要發展及統制這種工業，就需要化學及化學工程的知識。本章將討論鐵及鋼的生產方法。

“近年來在鋼裏加入錳、鉻、和鎢等元素，纔得造成近代的機器，錳為鋼的‘發鬆劑’ (leavening agent)，使低碳鋼增加強度和可煖性。

鎳、鈳和鈹使鋼得到必需的彈性限度和極大的韌性，以之用作輕便的自動機械，可耐強烈的振動。”\* 由此可知，我們現今還在從鋼鐵時代走入合金時代。

463. 【鐵礦】 世界鐵礦的儲量，以蘇聯占第一位，美國居次。我國鐵礦的總儲量，約為十二萬萬噸，與世界各國比較，僅居於第九位。其中東北四省，約占全國總儲量的 67.7%，早已無法利用，而其剩餘儲量的 46%，又集中在華北察哈爾、河北、山西、山東、四省。若是這一萬萬八千餘萬噸的鐵礦資源，再步東北四省的後塵，那末我國的鋼鐵工業，就將永無建立的時候了。

存在於自然界中的鐵的主要化合物，為各種的氧化物、以及碳酸鹽、和硫化物等。其中的氧化物為金屬鐵的主要來源。最重要的鐵礦是紅鐵礦，即氧化鐵 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )，在美國明尼蘇達 (Minnesota) 的北部 (圖 282)，蘊藏特多。

此外磁鐵礦 (Magnetite) 即磁性氧化鐵 ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )，以及褐鐵礦 (limonite,  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ) 與菱鐵礦 (siderite,  $\text{FeCO}_3$ ) 等，在自然界亦有大量存在。

使碳與一氧化碳在高溫度時作用於上述的



圖 282. 在明尼蘇達地方用蒸汽鏟開掘鐵礦

\* 節自 H. E. Howe's *Chemistry in the World's Work* (化學對於世界的貢獻).  
D. Van Nostrand Co., 1926.

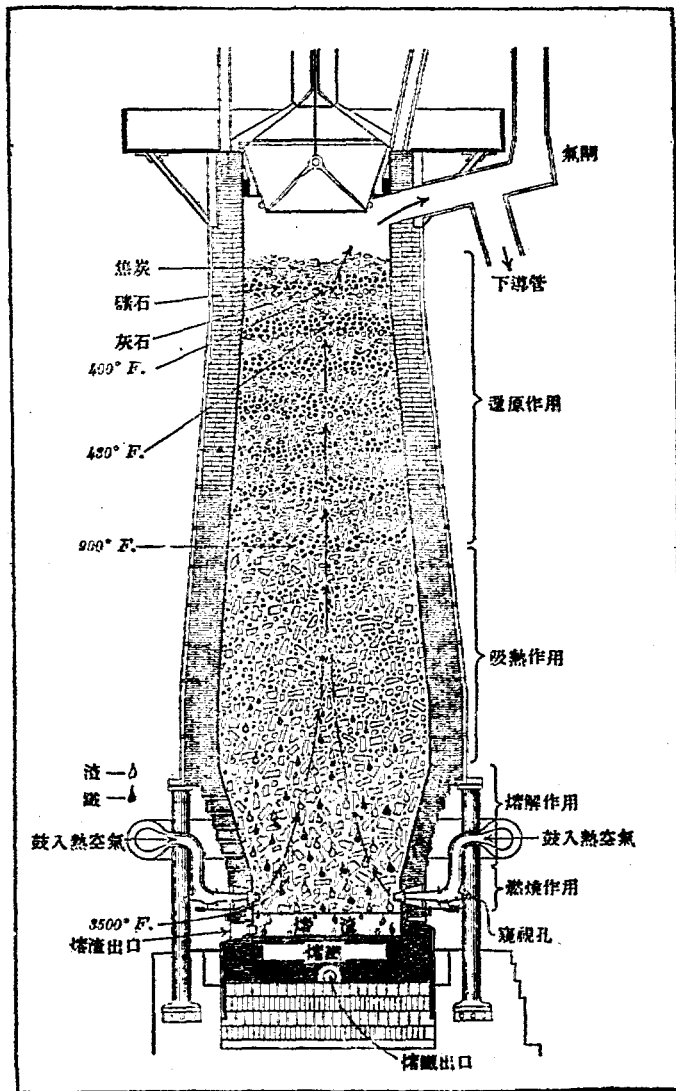


圖 283. 鼓風爐的縱剖面

氧化物，即得金屬鐵。從礦石中提取金屬的作業，往往稱之為熔煉 (smelting)。鐵礦中常含有若干量的其他礦物質，如石英或灰石等，從沒有為純粹的氧化物。因此在熔煉時，須設法使雜質易於除去。

464. 【鼓風爐】從礦石中提取金屬鐵的作業，係在一種所謂‘鼓風爐’ (blast furnace) 中進行。爐係鐵製，高達 60 至 90 英尺，爐內四周用火磚圍砌 (圖 283)。在近爐底處，有許多鐵管，稱為‘鼓風管’ (tuyères)，熱空氣流就由此吹入爐內。這空氣通常須先行設法使之乾燥，即將其冷卻至低溫度，使其中的水分結冰而析出。這乾燥空氣又在所謂‘熱氣爐’ (即圖 284 中的高塔) 中預先加熱，然後纔通入鼓風爐中。爐中裝着‘礦石’、‘焦炭’、及一種物質稱為‘熔劑’ (flux) 的混合物。加入熔劑的目的，是在使之與礦石中的岩石雜質相化合。如雜質大都為矽石，則熔劑用灰石；如雜質為灰石，則熔劑用

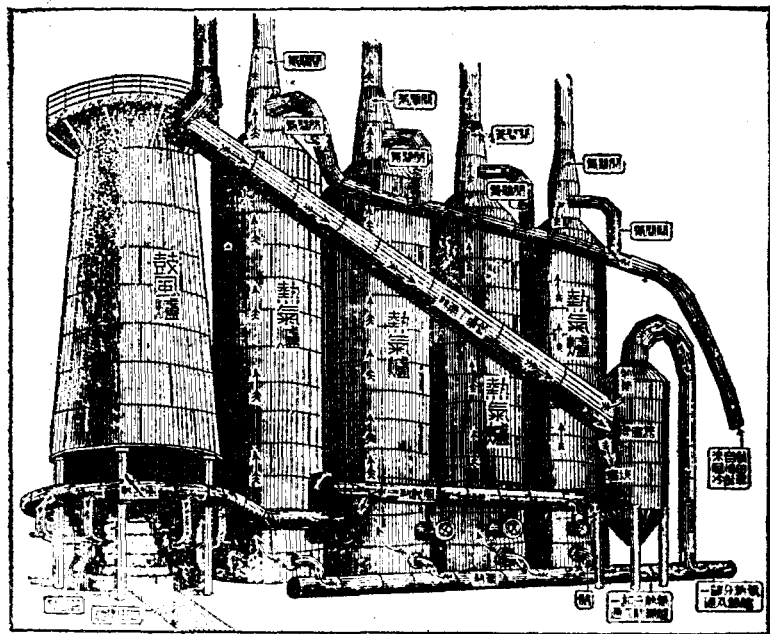


圖 284. 附有熱氣爐的鼓風爐圖解

砂石。故結果所得的化合物，同樣是矽酸鈣，在冶金術上稱之為‘熔渣’(slag)。熔渣的熔點較雜質及熔劑為低，這使全部物質在較低溫度時即行軟化；故熔劑的原名 flux，有流動之意。爐內作用進行所需的溫度由其下半部的焦炭燃燒而來。二氧化碳最先生成，但是即被紅熱的焦炭所還原而成一氧化碳。一氧化碳上昇時，於爐的上半部遇氧化鐵，即將其還原為鐵：



這反應是可逆的，要使反應順利地進行，就必需有過量的一氧化碳。因此在逸出的氣體中尚含有 20—35% 的一氧化碳。一氧化碳有可燃性，故可使之在熱氣爐中燃燒，以預熱通入的空氣。

所用的原料，從爐頂的漏斗徐徐地落入爐中(圖 285)。當與熔渣到達鼓風爐的較低部分時，就開始熔解而流動。於是氧化鐵藉焦炭的作用，而得完全還原為鐵：

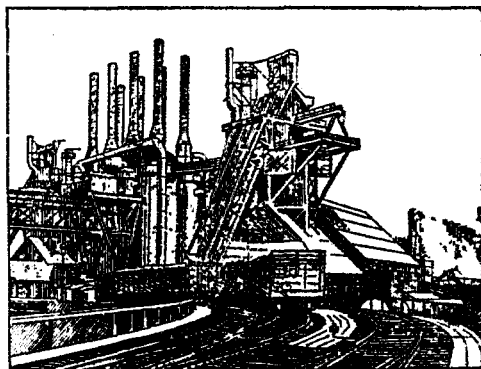
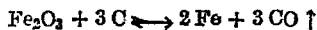


圖 285. 製鑄鐵的工廠



熔渣與熔鐵分為兩層；熔鐵較熔渣為重，故下沉於爐底。於適當的時候，可隨時放開爐底的活栓，令熔鐵與熔渣分別流出。鼓風爐中的作業是連續的；除非其中的襯磚毀壞，可無需間斷。圖 286 就是表示加入爐中及從爐中取出的物品的圖解。

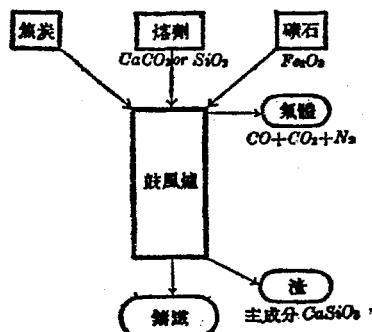


圖 286. 表示鼓風爐的輸入與輸出的圖解。

465. 【鑄鐵】從鼓風爐中出來的熔融的鐵，流入砂模或載在連續運轉帶上的鐵模中。結果所得的金屬稱為鑄鐵 (cast iron) 或

銑鐵 (pig iron)。這鐵並不純粹，含有矽、錳、硫、磷、及碳等雜質約 5 或 6%；其中以碳的含量為最多，約自 3% 到 5.5 % 不等，其他雜質則含量較少。純鐵的熔點為  $1510^{\circ}\text{C}$ 。鑄鐵中因有雜質存在，其熔點僅為  $1100^{\circ}\text{C}$ ，因此極易再被熔融，而得隨意鑄成種種的形狀。鑄鐵於凝固時膨脹，故能充滿於模型中的所有細鑿，而形成一種完美的鑄品。不過牠的質地脆弱，抗張強度極小，且不能鍛接，故僅用以製火爐、輻射器、鐵製裝飾品、底板以及其他機器上的笨重部分。

466. 【鍛鐵】使鑄鐵與鐵礦接觸而共同加熱，就可除去其中大部分的雜質。這作業係在一種‘反射爐’ (reverberatory furnace, 圖 287) 內完成。燃燒所生的熱焰，為低矮的爐頂所反射，於是作用於鑄鐵，而使之熔融。冶鐵工人拿了長的鐵桿，將鋪在鐵礦石上的熔鐵攪動，使之與氧化物充分接觸，於是氧化鐵就將鑄鐵中的碳、硫等雜質，氧化為有揮發性的氧化物。磷和矽也被氧化，這種氧化物與所含的石灰或其他鹼性氧化物化合而成為熔渣。當鐵裏的雜質提出後，其熔點即行昇高，而漸漸稠厚。最後就在鐵桿的末端結成球狀，極易將其取出。再乘熱，把這種鐵球壓成條狀，其產品就所謂‘鍛鐵’ (wrought iron)。

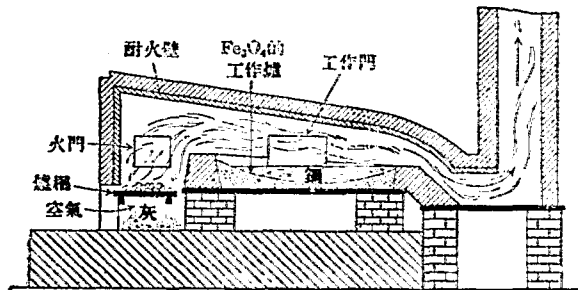


圖 287. 反射爐圖解

鍛鐵是極純的鐵，不過常含有少量的熔渣，使之形成纖維狀結構。質極堅韌，故用以製造須耐強烈的和驟然的應力的物件，如鐵槓、鐵鏈等。牠的質地不脆，故極易鍛接，

**467. 【鋼】** 鐵的含碳量，對於牠的性質有極大的影響。碳在鐵裏大約成爲一種化合物而存在，稱爲碳化鐵 (iron carbide) 或滲碳鐵 (cementite,  $F_3C$ )。鍛鐵含碳不及 0.2%；鑄鐵的含碳量，前已說過，爲 3-5.5%。含碳量在鍛鐵與鑄鐵之間的物料，則稱爲鋼，通常含有 0.60-1.5% 的碳。不過在事實上，現在所製出的大量的鋼，稱爲柔鋼 (mild steel) 的，若就其含碳量 (不及 0.2%) 而論，是和鍛鐵沒有什麼差別的。鋼較鍛鐵更爲均勻，更少渣滓，其抗張強度也較鍛鐵爲大。鍛鐵常鑄成所需的形狀，鋼則須先澆入模型，然後將鑄品乘熱加以機械的處理。鋼與鑄鐵相反，有展性，可以鍛製及軋壓；質不脆，可以燬接。鋼裏若含有 0.5% 以上的碳，就可將其淬硬和熱煉成堅硬而性脆的物質。鍛鐵、鑄鐵、和柔鋼等，則都不能淬硬。

**468. 【鐵與鋼的顯微鏡研究】** 在近年來，有用顯微鏡來研究金屬的結構。把鐵或鋼的樣品磨光，然後用弱酸作適度的腐蝕，就可用顯微鏡來檢出其特種的晶形構造。圖 288 就表示鍛鐵與柔鋼的顯微照相。這種研究稱爲金屬結晶學 (metallography)。藉此，可發現金屬的細微構造與物理性質間的密切關係。

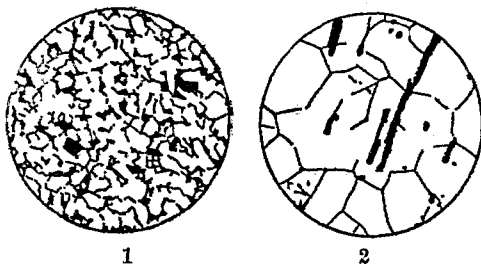


圖 288. (1) 柔鋼與 (2) 鍛鐵的顯微照相

**469. 【坩堝鋼】**  
將鐵與少量的氧化鐵或焦炭的混合物在坩堝中熔融，可製得少量高級的鋼。供此種目的所用的鐵，通常爲碎鋼片、鑄鐵，有時則爲極純粹的熟鐵，如鐵中所含之碳，較鋼中需要的爲多，可加入少量的氧化鐵，以氧化其中之碳，而使成爲一氧化碳而逸去。反之，如果鐵中含碳太少，就於開始時將木炭加入混合物中。在製坩堝鋼時，可在熔融物中加入任何指定物質，以製得所需的產品。這方法根本只是一種

簡單的混合，將所需的成分融合在一起罷了。然而其中所用的鐵，卻必須是比較純淨的。

**470. 【酸性柏塞麥法】** 要把普通的鑄鐵轉變成鋼，就須除去大部分的雜質。這工作可用柏塞麥法 (Bessemer process) 完成之。然而在美國所產的鋼，卻只有10% 是用這方法製成的。

在這個方法中，應用一種器械，稱為‘迴轉爐’ (converter, 圖 289)。迴轉爐係鋼製，常用砂石磚為襯壁，爐內可容熔鐵約15 噸。爐下有假底，用以鼓入空氣。製煉時，使熔融的鑄鐵流入爐中，空氣從假底鼓入，通過熔融物質，於是鐵中所含碳、矽、錳等物質就被氧化，由氧化所生的熱，足使熔鐵保持其為流體。矽、錳等雜質最先氧化而成熔渣；碳氧化後成爲一氧化碳，在爐口燃燒。故工人可就爐口火焰的特徵，偵知鐵中的碳已否完全燃去，如已經燃盡，即行停止鼓風的工作(圖 290)。這時候加入所需的碳(通常爲高碳的鐵合金)，然後將迴轉爐傾側，使爐中物料流入鑄杓。再由鑄杓把流體的鋼注入鐵模，浮在液面的熔渣，則仍留在鑄杓中。用以製鋼條、鋼絲、鋼棒、及鋼軌等的鑄塊，通常成爲六角形。這種鑄塊，乘其紅熱時，即被錘擊或軋壓成鋼條或其他所需的物品。

銑鐵中的硫和磷，不能用這個方法來完全除去。這種物質，就是含有少量，對於鋼也有大害。磷使之在常溫時質地變脆。硫則於其作紅熱處理時，也有同樣的影響。若是柏塞麥法中所用的銑鐵含磷太多，就須用白雲石 (dolomite,  $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ ) 作爲迴轉爐的襯壁。白雲石是一種鹼性物質，所以這方法稱爲‘鹼性柏塞麥法’ (basic Bessemer process)；若用砂石爲襯壁，就稱爲‘酸性柏塞麥法’ (acid Bessemer process)。在鹼性狀況下，磷先被氧化爲氧化物，其次與鹼性襯壁相化合，成爲磷酸鈣而被除去。

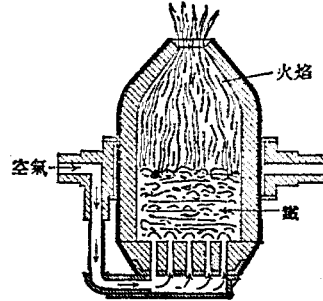


圖 289. 柏塞麥迴轉爐的剖面

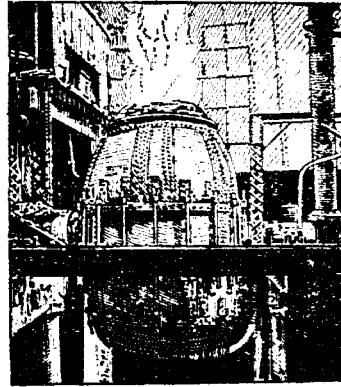


圖 290. 在工作中的柏塞麥迴轉爐



471. 【開爐法】 含磷過多的銑鐵，不適於用酸性柏塞麥法製鋼，現在大都採用開爐法 (open-hearth process)。因其反應較慢 (8 至 12 小時)\*，控制較易，故其產品比用柏塞麥法製得的更為均勻。

其法，將銑鐵、氧化鐵、和某種熔劑放在如圖 291 所示的爐中，用發生爐煤氣加熱。爲了要得到熔解鋼所必需的高溫，爐中有一種蓄熱裝置，使燃料氣體及空氣經過一種用矽磚砌成的磚室，預先加熱，而此磚室則又由爐中逸出的廢氣所預熱。

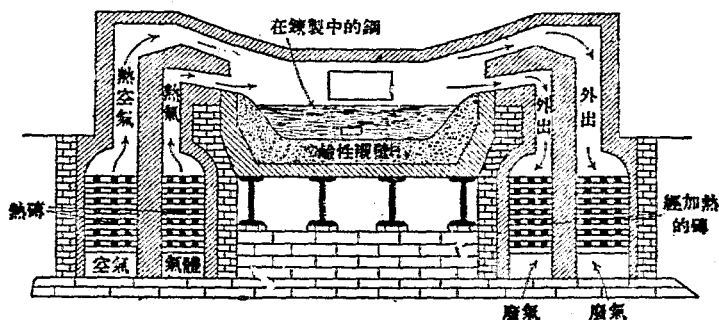
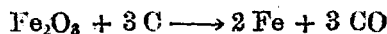


圖 291. 開爐的圖解

開爐的襯壁或爲矽石，或爲白雲石，分別稱爲酸性開爐法或鹼性開爐法。

爐中所裝的原料爲銑鐵(常混以碎鋼片)、氧化鐵和石灰。銑鐵中所含的碳爲氧化鐵的作用所除去：



氧化鐵須時時加入，使熔鐵不息地發生一氧化碳氣而起‘沸騰’。磷和矽氧化後與石灰化合而成熔渣。熔渣浮在熔鋼的頂上，可藉以隔

\* 譯者按：柏塞麥法的反應時間不及半小時。

離熱熔的作用，使不致氧化。熔鋼用大杓汲取，注入塊模中，以製成鋼塊(圖 292)。這種鋼塊可乘熱將其軋壓成鋼軌、鋼桁及鋼板等。

熔鋼中溶解着多量的一氧化碳和其他氣體，這種氣體於冷卻時放出，使鋼呈多孔性的結構。若在傾出前，於熔鋼中加入少量的強還原劑，可除去溶解着的氣體，而造成堅實的鑄塊。

常用的還原劑為金屬矽(又稱鐵矽齊，

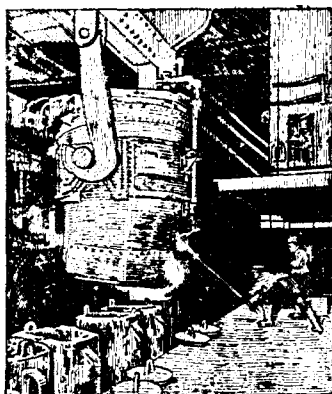


圖 292. 大杓注鋼入塊模的情形

為鐵的合金)、鐵鈦齊、鐵錳齊以及金屬鉛等。

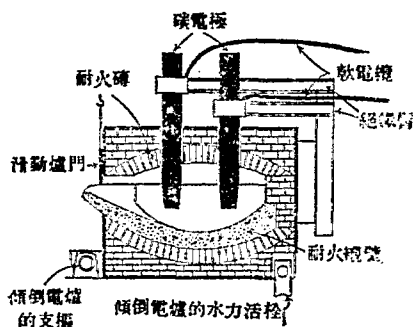


圖 293. 電爐的圖解

472. 【電爐】用電爐煉鋼，近來採用的漸多，似乎確具某種優點。有一種稱為赫洛爾脫電爐 (Héroult furnace, 圖 293)，其熱由碳極與熔融金屬間的電弧所產生。電爐中

發生的反應，與在開爐中的相似。爐中常用鹼性物料為襯壁，使鐵中的磷易於除去。硫祇能在還原狀況下成為熔渣。在電爐中沒有開爐中所具的強氧化焰，所以硫也能除去。電爐的優點在能於鹼性爐中造成高溫度，而不起氧化作用，故用以淨煉由低級銹鐵及碎鋼片造成的鋼(圖 294)。

**473. 【鋼的煅煉】** 鋼裏的碳是成爲碳化鐵而存在的。鋼塊在冷卻時，於  $770^{\circ}$  到  $700^{\circ}$  C. 之間，經過種種極複雜的變化，這一段溫度，稱爲臨界溫段 (critical range)。在這複雜的變化中，包含鐵的幾種同素體的變化和碳化鐵的析出。

若使鋼在這一段溫度中徐徐地冷卻，結果鐵就成爲 'α 變態' (alpha modification)，同時碳化鐵則成爲一種晶形而析出。結果所得的鋼，質較柔軟。含碳 0.50% 以上的鋼，若於其臨界溫段以上時，使之急速冷卻 (投入水中或油中)，則其在臨界溫段中的變化都被遏阻，於是鐵與碳化鐵仍融和而成爲一種質硬而性脆的鋼。這樣的鋼稱爲 '淬硬鋼' (hardened steel)。由冷卻而得的硬度，大概隨鋼的含碳量而異。這種鋼供大多數的用途，都嫌太脆，可能法軟化至各種程度，其法將淬硬鋼加熱至臨界溫段下的某溫度，然後再任其徐徐冷卻。這方法稱爲 '熱煅' (tempering)。在熱煅法中，鋼加热的溫度愈高，其在臨界溫段被遏阻的變化愈能完全，同時鋼就愈軟。鋼加熱時的溫度，可就其所現的顏色而推測出來。這顏色是由於表面生成了薄層的氧化物的緣故。下表示熱煅各種商業製品時，溫度與顏色的關係。



圖 294. 從電爐中傾擠鋼入大杓中的情形

溫 度	氧化物膜的顏色	各種工具
$225^{\circ} - 235^{\circ}$ C.	草黃色	輕捷工具
$236^{\circ} - 250^{\circ}$ C.	黃棕色	雌雄螺旋型
$251^{\circ} - 275^{\circ}$ C.	紫色	旋鑽
$276^{\circ} - 300$ C.	藍色	鋸及木工用具

現黃色的鋼極硬而脆，現藍色的鋼較軟而堅韌。

\* 譯者按：鐵有三種同素異性體，存在於  $770^{\circ}$  C. 以下的爲 'α 鐵' (α-ferrite)，軟而有磁性，不易溶解碳化鐵；存在於  $770^{\circ}$  C. 以上的爲 'β 鐵' (β-ferrite)，脆硬而磁性極弱；存在於  $900^{\circ}$  C. 以上的，爲 'γ 鐵' (γ-ferrite)，脆硬而沒有磁性，易溶解碳化鐵。

**474. 【面層淬硬】** 鍛鐵或柔鋼若與木炭粉共熱，就徐徐地將碳吸收，似可漸次穿透全部。這是舊式製造所謂泡鋼 (blister steel) 的滲碳法 (cementation process)。現在應用了同樣的方法，可使柔鋼表面生成一層高碳鋼，稱為面層淬硬 (case hardening)。這種鋼在經適當的淬硬及熱煨後，就具有外堅內韌的特性。利用這個方法可使各種機件如汽車齒輪等，煉成一種必需的堅硬的表面。又製造鋼甲等，也應用這同樣的方法。

**475. 【特種鋼和鐵合金】** 有許多所謂‘特種鋼’ (special steel)，對於某項特種的用途，漸見重要。這種鋼係用開爐法或坩堝法製煉而得。含錳 7—20% 的鋼，非常堅韌，且耐磨損，惟不能用機械製作，可用以製碎石機、保險箱、輪掣靴 (brake shoe) 等。‘鉻鋼’ (chromium steel) 和‘鎳鋼’ (nickel steel) 各含少量的鉻或鎳，或同時兼含兩種元素，具有很大的抗張強度，極適於製作汽車零件、牠們又富於彈性，故適於製造須有應力的物件，如彈簧、鋼架、及輪軸等。‘不銹鋼’ (stainless steel) 含有 12—14% 的鉻，現在都大量生產，以供製造多種物件，如刀劍乃至流線形火車(圖 295) 等。含鎳

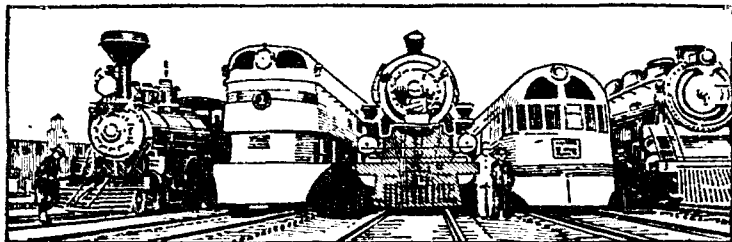


圖 295. 流線形機車和舊式機車

36% 的鋼，稱為‘不變鋼’，照理這不能算是鋼，只是一種鐵的合金。這種合金實際上幾無膨脹係數 (coefficient of expansion)，故為製科學儀器的貴重材料。鍍金就往往是用不變鋼來做的。含鎳 46% 的鐵鎳合金，稱為‘夾白金’ (platinite)，其膨脹係數和鉑相同，故以前在電燈泡中代鉑以作密封於玻璃中的引入導線之用。

鋼裏含有多量的鎢或鉬以及鉻等金屬，稱為‘高速鋼’(high-speed steel)。高速鋼經淬硬後，即加熱至低紅熱時，也不會失去硬性；因此可用於車牀或類似的高速度機械。這種機械雖在暗紅熱時，仍能割切。若以少量的‘鈮’加入某類特種鋼中，似有很大的優點。‘鉻鈮鋼’(chromium-vanadium steel)和‘鉻鎳鈮鋼’(chromium-nickel-vanadium steel)，都用於汽車工業。

合金鋼的性質，雖與其化學組成有關，但與熱處理法，也有同樣的關係。

### 問題和習題

1. 鼓風爐中須供給那四種原料？
  2. 鼓風爐中的主要還原劑是什麼？
  3. 鼓風爐為什麼要保持連續作業？
  4. 鑄鐵的有用的性質是什麼？試指出牠的兩種不利的性質。這兩種性質在鋼裏是否已經改良？
  5. 將銑鐵煉鋼，銑鐵中的那四種元素必須除去？
  6. 在柏塞麥迴轉爐中，使鐵保持高熱的是什麼？
  7. 為什麼用開爐法煉得的鋼較柏塞麥法煉得的為優？
  8. 用電爐法煉鋼時，電爐內的電流有何作用？
  9. 在煉鋼時，用鐵錳齊加入熔鐵中，有何目的？
  10. 怎樣辨認鐵和鋼的結構？
  11. 列表以比較鑄鐵、鍛鐵、和鋼等的組成、性質、和用途。
  12. 舉出四種特種鋼，並各舉兩種用途。
  13. 何種鋼最容易焊接？
  14. 何種鋼用以製 (a) 火爐；(b) 鐵鏈；(c) 鐵錘；(d) 鑿；(e) 橋架？
  15. 油漆怎樣可以防止鐵的生鏽？
- \* \* \*
16. 試述下列各作業的中的化學變化：(a) 鐵礦轉變為銑鐵；(b) 銑鐵轉變為鋼。

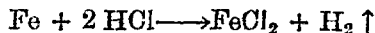
17. 解釋熟鐵轉變成鍛鐵的方法。
  18. 那裏有天產的金屬鐵？牠的化合物雖豐富，但金屬鐵何以極少？
  19. 鐵是地殼中最豐富的金屬麼？牠的價值為什麼很低廉？牠在我們日常生活上為什麼非常重要？
  20. 金屬的價值以何種因素而決定？試以鐵、鋁、鉛為例而解釋之。
  21. 鐵的生銹，在那幾點 (a) 像燭的燃燒；(b) 不同於燭的燃燒？
  22. 鼓入鼓風爐中的空氣，怎樣及為什麼預先加熱？
  23. 鼓風爐可保持長時間的連續作業。試舉示保持鼓風爐連續作業的三種因素。
  24. 熔渣與砂石的熔點何者較低？熔渣與氧化鈣呢？在鐵與鋼的冶金術上，這種事實對於熔劑、脈石、熔渣有什麼關係？
  25. 柏塞麥迴轉爐中所生的化學變化，為什麼不容易控制？
  26. 在近五十年來，鐵礦的純度漸漸減低，這對於同時期中開爐爐逐漸代替柏塞麥鋼以供大宗用途，有何關係？
  27. 鋼中含硫於熱時變脆，含磷於冷時變脆。這種事實與開爐法煉鋼優於柏塞麥法煉鋼，有何關係？
  28. 在煉鋼時，鋼的熔點為什麼逐漸升高？
  29. 用電爐煉鋼，較用其他熔爐有何優點？
  30. 製鋼鐵的新工業中心，為美國阿拉巴馬 (Alabama 州的北明翰 (Birmingham)) 城。那裏除有廉價的勞動力外，還有何種理由，始發展為鋼鐵業的中心？
- \* \* \* \* \*
31. 還原 480 克純粹的紅鐵礦 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )，需一氧化碳若干容積？
  32. 計算下列各礦石中含鐵的百分數：(a) 紅鐵礦；(b) 磁鐵礦；(c) 褐鐵礦；(d) 菱鐵礦。
  33. 某鐵礦經分析後，知其中含 61.59% 的金屬鐵。問該礦石所含氧化鐵 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) 的百分數為若干？
  34. 某鐵礦含 5% 的砂石。今有礦石 100 噸，問須加入若干噸的碳酸鈣 (灰石)，纔可使其中的砂石或熔渣而除去？
  35. 含有氧化鐵 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) 8% 的鐵礦石 100 噸，欲將其還原為鐵，問需用含碳 98% 的焦炭若干噸？

## 鐵 族

上面對於鋼鐵的製法、性質及用途，已有詳細討論，現在更就元素的鐵及其化合物來加以考察。鐵、鈷、鎳是週期表第八屬中鄰近的元素。牠們在第一長週期的中央，具有金屬的諸性質。不過牠們有異於鉀、鈉等元素，其性質較不活潑，而且牠們的氫氧化物都是弱鹼類。

467. 【純鐵】 化學純粹的鐵，可用氫還原鐵鹽而製得之。純鐵色白，有金屬光澤，其熔點約為  $1500^{\circ}\text{C}$ ，有磁性。牠的活潑性較次，不受冷水的影響。遇水蒸氣能將其分解而成氧化鐵和氫 (§ 45)。遇稀酸，極易取代其中的氫 (圖 296)。如將其充分加熱，就能在氧中燃燒而生成氧化物 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )。

477. 【鐵的氯化物】 鐵在無空氣處溶解於鹽酸中 (圖 296)，就生成一種化合物，叫做氯化亞鐵 (ferrous chloride,  $\text{FeCl}_2$ ):



因為尋常的鐵中常含有某種雜質，所以逸出的氣體大都有一種難聞的臭味。使熱鐵和氯氣作用，則生成一種暗棕色的固體，稱為氯化鐵 (ferric chloride,  $\text{FeCl}_3$ )。又若使鐵溶解於王水中，也會在溶液中生成氯化鐵。氯化亞鐵和氯化鐵都能溶於水，可供實驗室中的應用。

478. 【亞鐵和鐵化合物】 鐵元素極易生成兩系的化合物。一類化合物中鐵的原子價是二，另一類中鐵的原子價是三。凡化合

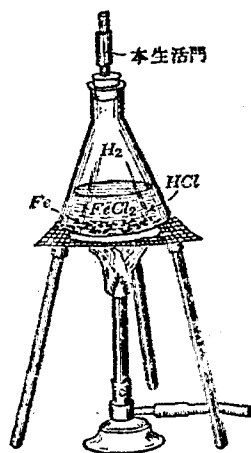
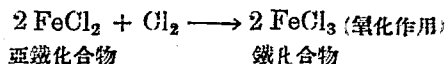


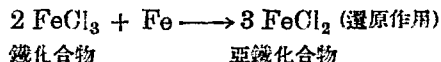
圖 296. 製氯化亞鐵

物中的鐵是二價的，稱爲亞鐵 (ferrous) 化合物，是三價的，稱爲鐵 (ferric) 化合物。 上述兩種氯化物是這兩系鹽類的範例。氯化亞鐵在水中生亞鐵離子 ( $\text{Fe}^{++}$ )，氯化鐵在水中生鐵離子 ( $\text{Fe}^{+++}$ )。

亞鐵化合物與鐵化合物極易互變。若以氯水溶液處理氯化亞鐵，就變成了氯化鐵，其作用如下：



反之，若以鐵屑與氯化鐵溶液共煮，就生成氯化亞鐵：

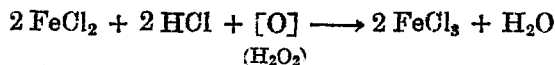


**479. 【氧化和還原】** 從亞鐵化合物變成鐵化合物的作用，稱爲氧化。從鐵化合物變成亞鐵化合物的作用，稱爲還原。在以前，這兩個名詞只應用於有氧參加着的反應，但是我們現在就可見到，牠們的意義是可以再擴展一下的。當一氧化碳燃燒時，牠取得了一原子的氧，碳的原子價從二增加到四。這是一種氧化反應。碳在一氧化碳中是一種陽性元素。凡陽性元素的原子價有所增加，就是氧化；陽性元素的原子價有所減少，就是還原。加入化合物中以增加其原子價的陰性元素，不必一定是氧。就鐵的氯化物而論，在氯化亞鐵中加入一個氯原子，就生成氯化鐵。這反應與在一氧化碳中加入一個氧原子的反應，恰相類似：所以是氧化。這個氧化與還原的新定義，我們必須牢記。

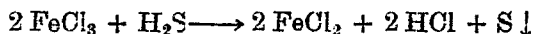
鐵化合物的氧化與還原的發生，雖然不須藉氧的作用，有時卻也須間接地應用氧。例如過氧化氫能將氯化亞鐵的鹽酸溶液很快地



氧化成氯化鐵：

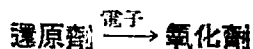


硫化氫可以還原氯化鐵為氯化亞鐵。氫從氯化鐵中取得氯，而任硫游離：

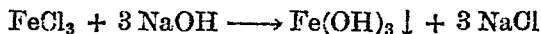


就離子的氧化與還原而論，顯然氧化是電子的減少，而還原是電子的增加。例如，在鐵離子 (Fe<sup>+++</sup>) 的還原中，加入了一個電子，於是其陽電符就降而為二 (Fe<sup>++</sup>)。

氧化與還原往往是隨伴着發生的，其變化實在只是一個，就是電子的轉移。所以，

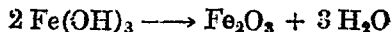


280. 【鐵的氫氧化物】 在鐵鹽溶液中加入一種鹼類，就生成紅棕色的氫氧化鐵 (ferric hydroxide) 沈澱：



同樣地，從亞鐵鹽溶液，也可以得到氫氧化亞鐵 (ferrous hydroxide, Fe(OH)<sub>2</sub>) 的沈澱。這沈澱是一種白色物質，但立即為空氣所氧化，起初轉成綠色，最後轉成棕色，而變為氫氧化鐵。

氫氧化鐵加熱到紅熱時，就轉變成氧化鐵和水：



鐵暴露在潮溼空氣中，就在表面生成鐵銹 (rust)。鐵銹大概是氧化鐵和氫氧化鐵的混合物。空氣中如含有碳酸氣和其他酸類物質，因其能幫助溶解一部分的鐵，故可加速鐵銹的發生。鐵銹不像

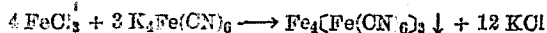
鋁的氧化物，並不黏附在金屬上，卻隨時剝落，而使露出新的部分，更受空氣的作用。因此一片的鐵，竟可以全部變成鐵銹。不同種類的鋼，以不同的速率而生銹。防止金屬生銹的方法，已有好幾種。油可以防止工具的生銹，因為氧雖能透過油層，但溼氣卻不能透過。

**481. 【其他比較不重要的鐵化合物】** ‘硫化亞鐵’ (ferrous sulfide, FeS) 由硫化銨  $[(\text{NH}_4)_2\text{S}]$  加入亞鐵鹽中而成，為色黑不溶於水的化合物，常用為製硫化氫的原料。鐵的另一種硫化物稱為‘黃鐵礦’ (iron pyrite)，俗稱‘愚人金’ (fool's gold)，其式為  $\text{FeS}_2$ 。黃鐵礦在自然界蘊藏極富，因其燃燒時生成二氧化硫和氧化鐵，故有時用為製二氧化硫的原料。

‘硫酸亞鐵’ (ferrous sulfate,  $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ )，俗稱‘綠礬’ (green vitriol) 或‘皂礬’ (copperas)，是鐵的一種普通化合物，凡工業上和實驗室中需要可溶性的鐵化合物時，常常用到牠。

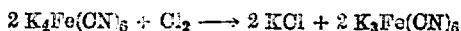
**亞鐵氰化物。** ‘亞鐵氰化鉀’ (potassium ferrocyanide,  $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ ) 是一種錯化合物，由含鐵有機物料、碳酸鉀、碎鐵片等的混合物，經熱點後，用熱水來浸取的。所生的晶體很大，呈黃色，俗稱‘黃血鹽’ (yellow prussiate of potash, 圖 211)。

在這化合物中，鐵與碳原子和氮原子相結合而成為陰根。亞鐵氰化鉀的水溶液，實際上不產生鐵離子。 牠只產生鉀離子 ( $\text{K}^+$ ) 及一種四價的錯離子 (complex ion)，稱為亞鐵氰離子  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ 。亞鐵氰化鉀遇鐵鹽，就生成深藍色的沉澱，稱為‘普魯士藍’ (Prussian blue)。這化合物就是‘亞鐵氰化鐵’ [ferric ferrocyanide,  $\text{Fe}_4(\text{Fe}(\text{CN})_6)_3$ ]:



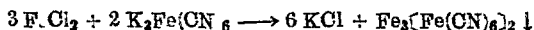
普魯士藍用為顏料，有時用以製洗衣的藍粉。但是浸入藍粉水中織物，若不預先將上面的肥皂和鹼類除去，那末織物上就會生成氫氧化鐵，而現出鐵銹的斑點。

**鐵氰化物。** 用氯處理亞鐵氰化鉀的水溶液，經蒸發後，即得鐵氰化鉀 (potassium ferricyanide,  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ ) 的石榴紅色晶體 (圖 211):



鐵氰化鉀普通稱為‘紅血鹽’ (red prussiate of potash)，牠在溶液中生成三價的陰離子  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ 。欲記憶亞鐵氰化鉀與鐵氰化鉀的化學式的區別，可注意：各化合物中都有六個 (CN) 原子團，而這些原子團必需足夠的金屬元素以湊成價數六。在鐵氰化物中，鐵是三價；在亞鐵氰化物中，鐵是二價。

亞鐵鹽與鐵氰化鉀作用，就生成鐵氰化亞鐵 (ferrous ferricyanide) 的暗藍色沈澱，俗稱‘滕氏藍’ (Turnbull's blue)：



因此，我們可以用鐵氰化鉀來檢驗亞鐵離子；用亞鐵氰化鉀來檢驗鐵離子。 結果都得到藍色沈澱。這兩個檢驗常用以區別亞鐵鹽與鐵鹽。若是鐵鹽遇鐵氰化物，或亞鐵鹽遇亞鐵氰化物，那就得不到暗藍色沈澱了。

482. 【藍印圖】 光的作用可以將某種複雜有機酸類的鐵鹽還原為亞鐵鹽。這反應可利用以製藍印圖 (blueprints)。把紙用鐵鹽如草酸鐵 (ferric oxalate) 在暗室中處理而乾燥之。然後覆以照相底片或墨繪的影寫片，放在日光中曝曬。於是凡紙上為日光射及地方的鐵化合物，就被還原為亞鐵化合物，而其還原的程度與日光射及的程度成比例。在曝曬後，將紙浸入鐵氰化鉀的溶液中，則方纔有亞鐵化合物產生的地方就生成了滕氏藍。凡紙上不受日光的地方，都不起變化，而這些不起變化的鐵鹽，都可洗去。結果，就在紙上留着一種白地藍色的圖畫，稱為藍印圖。

商業上出售的藍印紙，塗有檸檬酸鐵銨 (ammonium ferric citrate) 和鐵氰化鉀的混合物。檸檬酸鐵銨是最易感光的鐵鹽。定影劑鐵氰化鉀直接預塗在紙上。故經曝光後，將紙浸入水中，就立即顯現藍色。然後再用水沖洗，使未變化的藥品完全除去，即得永不褪色的圖畫。

483. 【墨水】 從某種植物質〔沒食子 (nutgalls)〕可製得一種有機化合物，稱為鞣酸 (tannic acid)。鞣酸遇鐵鹽，就生成深黑色不溶性的鞣酸鐵 (ferric tannate)。從前，曾用鞣酸鐵在水中的一種膠

體溶液來做寫字墨水。後來製成了一種更好的墨水，係將略帶酸性的硫酸亞鐵溶液和鞣酸溶液混合而成。鞣酸亞鐵 (ferr us tannate) 可溶於水，無色，非暴露於空氣中，不現色。為了使墨水於書寫時容易辨認，往往略加藍色染料。寫成的文字，因亞鐵鹽氧化成鐵鹽，而漸漸轉成黑色。這就所謂藍黑墨水 (blue-black ink)。鞣酸鐵的化學性極穩定，不易褪色，所以特別適於充墨水之用。

484. 【墨水漬及其他污跡】 新鮮的墨水漬通常只須經水洗後即可除去，因為墨水中的成分全是可溶性的。若染污的時間稍久，那末墨水漬中就含有不可溶性的硫酸鐵，這樣的污跡，可用一種能還原鐵鹽為亞鐵鹽的還原劑來除去牠。草酸銨 (ammonium oxalate) 或草酸的稀溶液，就是適於洗除墨水漬的還原劑。檸檬汁中含有一種有機酸，叫做檸檬酸 (citric acid)，也是一種還原劑，所以在家庭中往往用檸檬來除去墨水漬。

將鐵銹污跡與墨水漬作同樣的處理，往往也可使之變為可溶性。綿、毛織物上的咖啡與茶的污跡，如染污不久，可用沸水除去牠。

絲織品上的污跡不易完全除去，且絕對不能應用次氯酸 (§ 127)。

水能除去糖和糖漿的污跡。但對於油脂 (grease)，就得用其他的溶劑，如四氯化碳或汽油等來將其溶去，並須用吸水紙或清潔的白布，把溶液吸除，以防延滲。

## 鈷 和 鎳

485. 【性質和用途】 鈷 (cobalt) 像鐵一樣，生成兩系的鹽類，其中的金屬

有二價及三價兩種；鎳 (nickel) 則只有兩價一種。牠們除用作合金外，為比較不重要的元素。這兩種金屬都和鐵一樣，有磁性。

‘鎳’是白色、堅硬、富延展性的金屬，可以擦至極亮。因為這光亮的表面不受潮濕空氣的作用，所以多數的金屬物品，都鍍着薄層的鎳，以增美觀而防腐蝕。鍍鎳都應用電流。

鎳是多數合金的成分之一。‘洋白銅’ (Monel metal) 含有 60 分的銅和 35 分的鎳，是用含有上述比例的銅和鎳的天然礦石熔煉而成。這合金用以製近代的來福槍彈，其硬如鋼，而較鋼約重 13%。其堅強勝於普通的鋼，且具有耐酸性。‘鎳鋼’ (nickel steel) 含鎳約 5%，既堅而韌；因此戰艦上的甲板就用鎳鋼製成。‘造幣的鎳’由銅三分和鎳一分而成。‘洋銀’ (German silver) 含有銅、鋅、鎳等。上述合金由於他們能耐潮濕空氣和化學藥品的侵蝕，所以都有特殊的用途。

‘鈷’是和鎳相似的金屬，用以製少數特種合金。因其沒有廣大的商業用途，故沒有大規模的提煉。

436. 【模式的化合物】 鎳和鈷的化合物中應用最廣的是亞鈷和亞鎳化合物，如氯化亞鈷 (cobaltous chloride,  $\text{CoCl}_2$ ) 和硫酸亞鎳 (nickelous sulfate,  $\text{NiSO}_4$ )。四碳醯鎳 [nickel carbonyl,  $\text{Ni}(\text{CO})_4$ ] 是一種很有趣味而略較重要的物質。從銅分離鎳的蒙特法 (Mond process)，就利用四碳醯鎳的生成，然後再將其分解為純鎳。四碳醯鎳是一種具揮發性的無色液體，由一氧化碳通過溫熱的鎳粉而成。加熱到  $180^\circ\text{C}$ ，就分解為鎳與一氧化碳。

### 第三十二章 摘要

【鐵礦】 主要的鐵礦為氧化物。氧化物在鼓風爐中為碳及一氧化碳所還原，即成金屬鐵。所含雜質岩石，可加入熔劑，使與之化合成熔渣而除去。

【鑄鐵】 從鼓風爐產出的是鑄鐵，其中含有 5-6% 的雜質，而雜質的大部分為碳。

【鍛鐵】 鍛鐵除機械地含有熔渣外，全為鈍鐵；係將鑄鐵於反射爐中的氧化物爐床上加熱而得。鍛鐵可以煅接，且有展性。

【鋼】 鋼裏所含的碳，通常較鍛鐵為多，而較鑄鐵為少。可鑄造，有展性；又可煅接。低碳鋼與鍛鐵相似；高碳鋼可以淬硬。

【鋼的製法】 鋼可用碎鋼片、鍛鐵、或極純的銑鐵以坩堝法製得之。用鑄鐵製鋼，有(1)柏塞麥法，(2)開爐法，和(3)電爐等。

在柏塞麥法中，用空氣使熔鐵氧化，則其中的矽、碳、錳等雜質，就先鐵而氧化，因得將其除去。

鹼性開爐法為提煉含磷銑鐵的常用方法。其氧化作用由一種氧化物所引起，其熱由煤氣火焰所供給。所含的磷可以完全除去，所含的硫也可以相當地減少。

電爐用於精煉粗製的鋼，能產生高溫而不生氧化焰。磷、硫及其他雜質，都可在電爐中除去。

【鋼的煅煉】 凡含碳 0.5% 的鋼，可以淬硬，其法，係將其加熱到  $700^{\circ}$ - $770^{\circ}$  C. 的所謂臨界溫段以上。若是在這個溫段中的變化，用驟然冷卻法阻礙其進行，結果就得到一種極硬的鋼。這種硬鋼可再加熱以使其軟化，即所謂熱煅；加熱的溫度愈高，所得的鋼就愈軟。用了面層淬硬法，又可在柔鋼上煉成一層高碳鋼。

【特種鋼】 錳鋼極堅韌。鉻鋼和鎳鋼堅強而有彈性，用以製汽車零件。不變鋼為鐵和鎳的合金，沒有膨脹係數。夾白金(含鎳 46%) 具有與鉑同樣的膨脹係數。高速鋼(鎢鉻鋼)可以淬硬，以製高速度之割切工具。

【鐵、鎳、鈷】 鐵、鎳、鈷為第八層中鄰近的元素。

【純鐵】 純鐵不受冷水的作用，但加熱時能將水蒸氣分解。熱至相當程度，能在氧中燃燒。鐵生成兩系的化合物：亞鐵化合物中的鐵為二價；鐵化合物中的鐵為三價。

【鐵的兩系化合物】 亞鐵化合物可被氧化為鐵化合物，鐵化合物可被還原為亞鐵化合物。所謂氧化，包含一切增加分子中陽性元素的原子價的反應；所謂還原，則包含一切減少此種原子價的反應。

氫氧化鐵和氫氧化亞鐵都是可溶性的物質。鐵鏽是氧化鐵與氫氧化鐵的混合物，由於鐵受潮溼空氣的作用而成；鐵鏽生成後，逐漸剝落，所以不能保護內部的鐵。

亞鐵氰化鉀與鐵鹽作用而成普魯士藍。普魯士藍用作顏料，及製洗衣用的藍粉。

鐵氰化鉀遇亞鐵鹽，生成滕氏藍的沈澱。亞鐵氰化物可用以檢驗鐵鹽，鐵氰化物可用以檢驗亞鐵鹽。

【藍印圖】 在紙上塗以可被還原的鐵鹽及鐵氰化鉀，即成藍印紙。鐵鹽為光所還原而成亞鐵鹽。用水處理後，鐵氰化鉀與亞鐵鹽化合而生成滕氏藍；未變化的藥品，則為水所洗去。

【墨水】 黑墨水係用一種黑色不溶於水的物料鞣酸鐵所製成。藍黑墨水中含有鞣酸亞鐵，在空中能逐漸氧化為鞣酸鐵。

【鈷和鎳】 鈷和鎳都有感磁性，和鐵一樣。金屬上常常鍍着一薄層的鎳，因為牠不受空氣的作用，並且有光亮的表面。洋白銅和洋銀都是鎳的合金。

## 問題和習題

1. 怎樣用金屬鐵製 (a) 氯化亞鐵; (b) 氯化鐵?
2. 區別鐵鹽溶液與亞鐵鹽溶液, 須用怎樣的化學檢驗法?
3. 怎樣證明某種溶液中同時含有亞鐵鹽與鐵鹽?
4. 為什麼鐵化合物較亞鐵化合物為穩定?
5. 怎樣把鐵化合物轉變為亞鐵化合物? 怎樣把亞鐵化合物轉變為鐵化合物?

試各作方程式以表示之。

6. 舉示四種鎳合金的名稱和用途。
7. 藍印圖適合於何種特殊用途?
8. 寫出下列各物的式: (a) 黃鐵礦; (b) 鐵紅粉; (c) 綠礬; (d) 磁鐵礦; (e) 褐鐵礦。
9. 滕氏藍的組成是什麼? 怎樣製造?
10. 用普魯士藍以作洗衣用的藍粉, 須注意些什麼?

\* \* \*

11. 氫氧化銨能從任何鐵化合物的溶液中沈澱出鐵的氫氧化物來嗎? 試舉例說明之。
12. 硫酸的最大用途為‘浸漬’(kickling) 鋼鐵品, 以除去其附着的氧化物。問結果產生何種鐵化合物?
  13. 比較亞鐵鹽和鐵鹽的顏色。
  14. 不穩定的物質如硫酸亞鐵等, 以乾燥的形態保存的好呢, 還是以溶液保存的好?
  15. 使亞鐵化合物變成鐵化合物的氧化劑, 除過氧化氫外, 還有些什麼?
  16. 為什麼普魯士藍的式不寫成  $\text{Fe}_7(\text{CN})_{16}$ ?
  17. 碳酸鈉溶液能從鐵鹽溶液中沈澱出氫氧化物而不能沈澱出碳酸鹽, 試解釋之。
  18. 為含鐵墨水所染的污跡, 為什麼漸變棕色?
  19. 為什麼鍍在鍍鎳前, 須先鍍以銅?
  20. 鈷和鎳與鐵共通的性質是什麼?

\* \* \* \*

21. 從 102 克的純鐵, 可製成下列化合物各若干: (a) 氯化鐵; (b) 綠礬?
22. 氧化 1 仟克的氯化亞鐵, 需多少升的氯(在標準狀況下)?



23. 求普魯士藍中含鐵的百分數。
24. 今有氯化鐵 325 克，問需多少克的氫氧化鈉纔能將其中的鐵全部沈澱為氫氧化鐵。
25. 將題 24 中的沈澱加熱至紅熱，可得多少克的氧化鐵？

### 進修研究題

【特種鋼及其用途與製造】何謂鋼的‘熱處理法’？（沙玉彥譯：創造的化學，新亞版。）

## 第三十三章

# 非鐵質金屬

天產的鋁化合物——鋁的製造——性質和用途——合金——鋁熱劑——  
礬土——氫氧化鋁——礬類——水的淨製——黏土——陶器和瓷器。  
銅的冶金——性質和用途——銅的氧化物和硫酸鹽。  
鋅礦——鋅的氧化物和氫氧化物——氯化物。  
鉛的冶金——鉛合金——鉛的氧化物——鉛蓄電池。  
電池——電池中的電子——金屬的腐蝕。  
錫的冶金——鍍錫鐵——亞錫鹽和錫鹽。

**487. 【砂和黏土的用途】** 砂和黏土兩種物料，不但組成了我們土壤的主體，並且很早就被人類利用來製造實用的和裝飾的物品。在數千年以前，人類就已用某一定區域中所產的黏土，焙燒而製成土器 (earthenware) 和瓷器 (porcelain)。遠在西曆紀元以前，用砂、碳酸鈉、和石灰來製造玻璃的技術也已發現了。

前已述及 (§ 393)，砂是非金屬元素矽的氧化物。黏土是這種氧化物與金屬鋁 (metal aluminum) 的氧化物所組成的物質 (矽酸鋁)。因為這兩種元素——一為非金屬，一為金屬——的化合物天產極富，所以人類最初的化學成就，就從此發軔。我們已經 (§ 455) 說過，霍爾發現了從鋁的氧化物提煉金屬鋁的實用方法。我們現在就要把這豐富的金屬，加以詳細的研究。

## 鋁

488. 【鋁的天產化合物】 金屬鋁於1827年由德國化學家味勒(Wöhler)最初製得。鋁雖是最豐富的金屬元素,可是在自然界僅成化合物而存在。於此可以注意,凡在自然界有呈游離狀態而存在的金屬,都位於週期律表長週期的中央。實例有鐵(隕鐵)、銅、銀、金等。鐵礬土(bauxite)是含水氧化鋁( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 和 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ )與氧化鐵的混合物,為製鋁及其大部分化合物的主要原料,我國山東的淄川,博山,和遼寧的復縣,遼陽,都有大量產出。我國浙江平陽,安徽廬江,福建福鼎,四川江北等地,又盛產一種鋁礦,稱為礬石(alunite,  $\text{K}_2\text{O} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ),可製明礬。格林蘭(Greenland)則產一種鋁和鈉的氯化物的重鹽(double salt),稱為冰晶石(eryolite,  $\text{AlF}_3 \cdot 3\text{NaF}$ )。此外鋁又為一切普通含砂岩石的一成分,如長石、黏土、雲母、泥板岩等都是。黏土是由長石等岩石經風雨剝蝕而成的矽酸鋁。剛砂(emery)是極有用而貴重的天產磨料,成分為不純粹的氧化鋁( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ),因其含有氧化鐵,故呈棕黃色。青玉(sapphire)和紅玉(ruby),為美麗的結晶形的氧化鋁,被認為珍貴的寶石。

439. 【鋁的製造】 鋁的化學活潑性極大,故氧化鋁不能在爐中用碳來還原為金屬鋁。現今都把牠的氧化物用電解法製得之。這方法所用的電解液是在熔融的冰晶石中的氧化鋁溶液。冰晶石在製造過程中並不發生變化,僅作溶劑之用。所用的氧化物須極純粹,係用鐵礬土經長時間的小心淨煉而製成的。

完成電解的裝置，如圖 297 所示。一隻以無定形碳為襯壁的鐵箱，用作陰極。陽極是一組碳塊，懸掛在混合物中。當電流初通時，冰晶石即為電弧所熔解。在電解進行時，隨時將氧化鋁加入。金屬在陰極析出，成為液體而收集於箱底，可隨時放出，流入適當的模型中。氧氣從陽極放出，將大部分的碳極燒去，故須時時更換。電解時所需的電壓僅約 8 伏特，但所需的電流卻須數千安培。

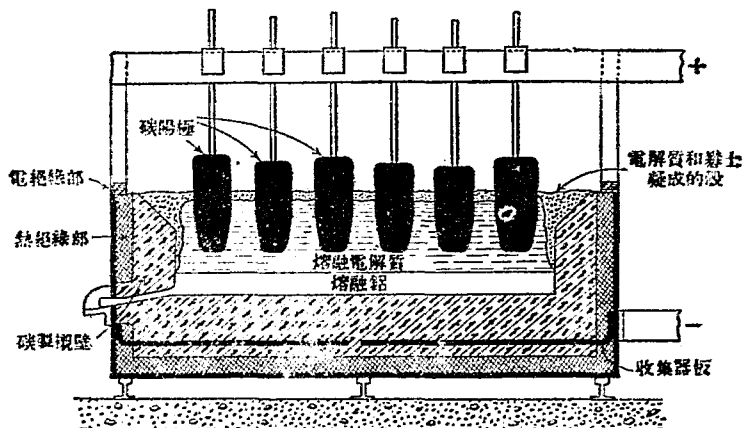


圖 297. 製鋁爐的圖解

490. 【物理性質和化學性質】 鋁為青白色的金屬，因其表面常覆有氧化物的薄層，故極晦暗。重量極輕（比重為 2.7），僅及鐵重的三分之一。為熱和電的良好導體。鋁不易用車牀工作，雖能銲接，卻極困難。

鋁是一種活潑的金屬。但因其表面常附着一層氧化物，故不受潮溼空氣、熱水、冷水、稀硫酸或稀硝酸的作用。鹽酸作用於鋁，反應極快，結果生成了氫（圖 298）。鋁能為

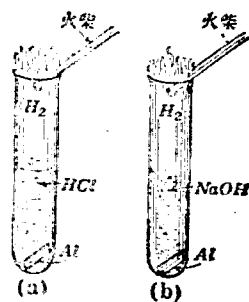
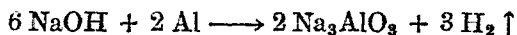


圖 298. 鋁在 (a) 鹽酸及 (b) 氫氧化鈉溶液中

氫氧化鉀或氫氧化鈉所溶解而生成稱為鋁酸鹽 (aluminates) 的化合物,同時並放出氫:



**491. 【鋁的用途及其合金】** 鋁不及鋼的價廉。所以牠的用途僅限於非質輕不可的物品,如汽車、飛機上所用的零件等;有時代銅以作導電體。牠的最適當的用途為烹飪用具,不但取其質輕,且取其常保光亮,因為牠表面的氧化物薄層是透明的,並且可保護內部的金屬不再受空氣的作用。鋁粉廣用為塗料,以保護其他金屬,防止其腐蝕。極薄的鋁箔多用以代替錫箔。

鋁的重要合金很多,用以充各種用途,都比金屬鋁更為勝任。含鋁 5%—12% 的銅,稱為鋁青銅 (aluminum bronze), 呈光亮的金黃色。鋁鎂齊 (magnalium) 含有 10% 的金屬鎂。堅鋁 (duralumin) 含有 4% 的銅, 0.5% 的鎂和 0.5% 的錳。這些以及其他許多的合金,都比純鋁為硬,故較易加工。牠們又都比純鋁為堅強,曾大量用於飛船(圖 299) 及全金屬飛機的製造。

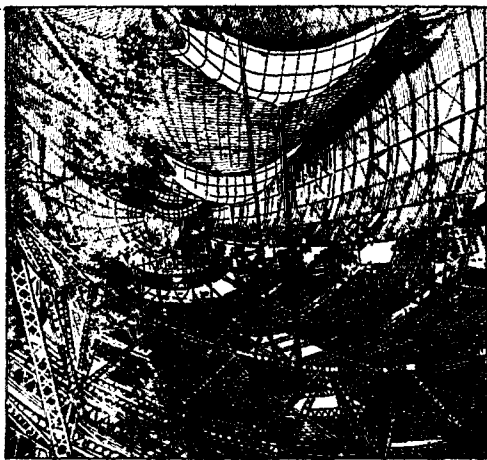
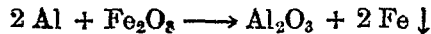


圖 299. 堅鋁是用以建築大飛船的合金。

本圖示飛船建築時的內景

492. 【鋁熱劑的應用】 金屬鋁是一種極猛烈的還原劑。其粉未能與許多金屬的氧化物發生反應，而產生氧化鋁與游離金屬。反應發生時放出大量的熱，並且一經開始，就猛烈地進行。

鋁與氧化鐵的混合物，稱為鋁熱劑(thermit)。若用燃燒着的鎂帶把這混合物點燃，就發生一種反應，其溫度幾達  $3000^{\circ}\text{C}$ ：



在砂坩堝中盛入若干鋁熱劑，鋁熱劑上面放一堆含有過氧化鈉和鋁粉的引火混合物，再在混合物中插一條鎂帶。然後將坩堝埋在一盤砂裏，並將鎂帶點燃。這時所起的反應能發出巨量的熱，故作實驗時必須十分小心。不久，坩堝底邊就生成了液體的鐵，而熔渣則浮在頂上。這是放熱反應的佳例。

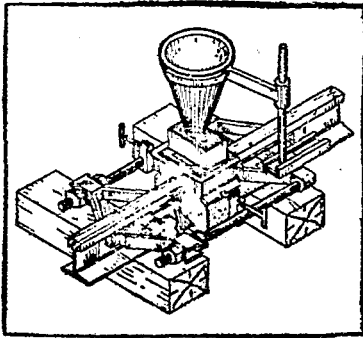


圖 300. 用鋁熱劑焊接鐵軌的機械

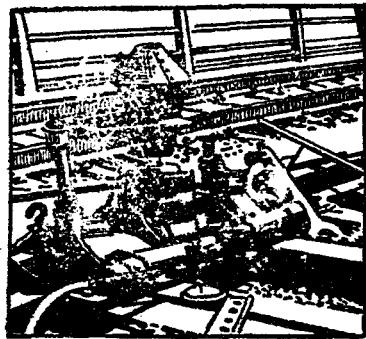


圖 301. 用焊接機械接鐵軌圖

這個反應可利用以製燃燒彈及焊接鐵軌(圖 300)、機軸和其他類似的物件。用鋁熱劑於焊接時，其反應在底邊開口的圓錐形坩堝中進行，極熱的熔鐵集於坩堝底，而令其流入預先燒至紅熱的接軌處。於是熔鐵就與熱鐵結合而成固體的接口(圖 301)。

從錳和鉻的氧化物中提煉金屬的錳和鉻，也利用這同樣的反應。將鋁粉和氧化物的混合物點燃，就生成游離的金屬。

493. 【氧化鋁的用途】 關於氧化鋁即礬土(alumina( $Al_2O_3$ )), 上面已有述及(\$ 488)。天產的氧化鋁有多種形態, 硬度極大, 故廣用為磨料(圖 202)。剛玉砂(corundum)和剛砂(emery)就是用作磨料的天產氧化鋁。人造剛砂(alundum)也用作磨料, 係將從鐵礬土製得的氧化物, 在電爐中加熱至恰成熔融狀態而成。人造剛砂的熔點極高, 故坩堝及高熱熔爐(muffles)往往用此物製成。

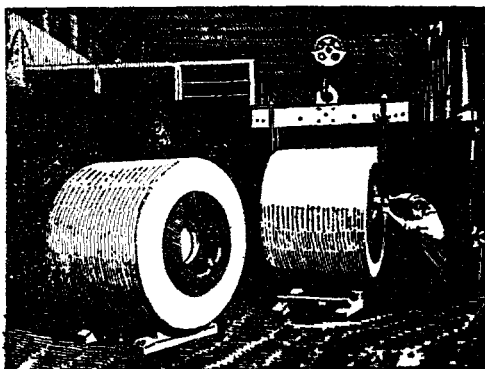
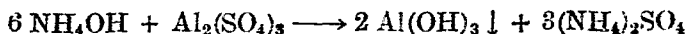


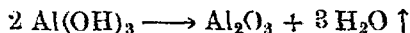
圖 302. 將木材磨成紙漿的磨石(用人造剛砂製成)

天產的結晶形氧化鋁紅玉和青玉, 其顏色由於含有微量的雜質。類似這種寶石的物質, 現今已能用人工方法製成, 即將氧化鋁與少量的其他金屬氧化物共熔, 使呈所需的顏色。鉻化合物使呈紅玉色, 少量的鈦(titanium)使呈藍色。這種人造寶石(artificial gem)的化學成分和天產的完全相同, 欲加鑑別, 極為困難。現今人造寶石的製造, 已成極大而有利的工業。

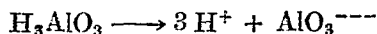
494. 【氫氧化鋁】 將氫氧化鈣加入鋁鹽的溶液中, 氫氧化鋁即成為白色的膠狀沈澱而析出:



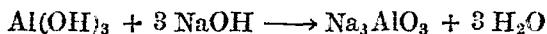
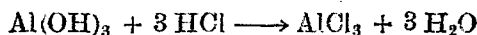
氫氧化鋁加熱後，就分解為氧化物和水：



氫氧化鋁可作用如酸，也可作用如鹼。 這是因為牠有兩種不同的離子化方式的緣故：



但須記住，氫氧化鋁的離子化程度極為微弱。牠和大多數酸類反應後，生成可溶性的鹽類，與強鹼反應後，生成鋁酸鹽：



鋁酸鈉

**495. 【礬類重鹽】** 將硫酸鋁溶液與硫酸鉀溶液混合後，加熱蒸發，就有一種重鹽結晶而析出，這種晶體就是我們熟知的所謂明礬 [ $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24 \text{H}_2\text{O}$ ]。

明礬屬於一類稱為重鹽 (double salts) 的化合物。至於重鹽生成的原因或原子互相結合的方法，我們都還沒有知道。有多數重鹽，其晶形與普通的明礬即鉀礬 (potassium alum) 相同，且具相似的化學式，如銨礬 [ammonium alum,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 24 \text{H}_2\text{O}$ ] 和鉻礬 [chrome alum,  $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24 \text{H}_2\text{O}$ ]。我們必須注意，尋常的礬類都含有鋁，但鉻礬雖名為礬，卻並不含鋁。因此就一般說，礬類是含有兩種金屬（一為單價，一為三價）及一種酸根的重鹽。尋常的明礬是鋁化合物中應用最廣的一種。



**496. 【水的淨製】** 當氫氧化鋁在泥水中沈澱時，有挾懸浮物粒而下沈的能力。這性質常利用以淨水。將明礬和石灰按相當比例而加入於污水中，就生成氫氧化鋁，而挾水中的懸浮物料下沈於水底。

**497. 【用黏土製成的磚】** 純淨的黏土，即所謂高嶺土 (kaolin) 是一種矽酸鋁。高嶺土為白色物質，由長石類岩石受長時期的風雨的侵蝕分解而成。長石是矽酸鉀鋁 (potassium aluminum silicate)，經風化後，就徐徐地變成可溶性的鉀化合物和高嶺土。不純粹的尋常黏土，是高嶺土與其他物質特別是鐵化合物的混合物。黏土焙燒時呈紅色，就由於含有鐵化合物的緣故。

磚、瓦、花盆、以及類似的多孔性的粗陶器 (stoneware)，都是用普通的黏土製成的。將黏土用模型印成所需的形狀，然後放在窯中焙燒；窯內所需的燃料，在我國土法都用稻草、松枝等，在西洋則大都用煤氣。為供各種用途起見，在這多孔性的物料上必須覆以一種不透水的‘釉’ (glaze)。其法，係使食鹽與加熱的器皿相接觸，結果生成一種易溶的矽酸鈉鋁，流佈於表面。待其冷卻後就凝固成堅硬的物質。排水管就是用這樣的方法製成的。含有大量的砂石的黏土，用以製火磚、火爐襯壁、以及其他須耐高溫的物料。

**498. 【瓷器的製造】** 高級的陶器 (pottery) 稱為瓷器 (porcelain)，是用純白的高嶺土、長石、和石英來製成的。先將原料研成細粉，與水混和，製成所需



圖 303. 將黏土注入以縱軸旋轉的模型中

形狀的坯(圖 303)。製坯的方法,或藉‘拖坯車’(potter's wheel)之助,用手工塑成,或將混合物澆入熟石膏模型中,壓印而成。待坯乾燥後,就把牠放在窯中,用較低的溫度焙燒至成爲堅硬的物質。這時製品仍爲多孔性,須覆以薄層的長石和矽石,再將其加熱,溫度須高,時間須長。這薄層溶解後,就成爲釉。由加熱的時間與物料的組成,瓷質也能溶解而與釉相融合。在這樣的製品中,釉與物料本身實際上已融合爲一體。至於施彩的方法,係將有色的氧化物加入釉藥中,結果使氧化物也變成了釉。

## 銅

499. 【銅礦】金屬銅盛產於美國蘇必利爾湖(Lake Superior)一帶。要離析這種天然銅(native copper),只須將岩石磨成粉末,然後將其加熱,則金屬銅即熔融而流集於器底。

在亞利桑那(Arizona),銅成爲鹼式碳酸鹽而產出,稱爲孔雀石[malachite,  $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ ],在有幾處地方,則成爲氧化物紅銅礦(cuprite,  $\text{Cu}_2\text{O}$ )而產出。這種碳酸鹽和氧化物礦石,只需用碳和熱來驅出其中的氧,即可得金屬銅。

在蒙大拿(Montana)和猶他(Utah),銅成爲硫化物而存在,有黃銅礦(copper pyrite 或 chalcopyrite,  $\text{CuFeS}_2$ )和輝銅礦(chalcocite,  $\text{Cu}_2\text{S}$ )等。從硫化物礦石煉銅,很是困難,往往需要極複雜的手續來處理。至於銅礦冶金的詳細情形,在初等化學中是嫌過於繁複的。

但是就一般說,這過程的大概情形如下。先將碾碎的礦石焙燒,使硫化物變成氧化物。然後將氧化物在反射爐中用碳還原。其不純粹的製品稱爲半冶銅(matte),雜有少

量的鐵和硫。將半冶銅放入一種與柏塞麥法所用相似的運轉爐中，用熱空氣鼓風加熱，硫即變成二氧化硫而放出。其中所含的氧化鐵雜質，則為爐內的矽石襯壁所吸收。這樣所得的產品，其純度達 99%，就所謂泡銅 (blister copper)。

我國銅礦，分布極廣，但極少開採的價值。現經開採的，以雲南會澤的東川銅礦為最大，其次為四川的彭縣，貴州的威寧與大定。民國二十二年的純銅產量為 525 噸（祇占世界總產額 0.02%），與同年的消費量 6000 噸，相差達 5500 噸之多。

500. 【電解精煉】 從熔礦爐所得的泡銅，常含有少量的其他金屬，如金和銀等。但即使僅是少量的雜質，對於銅的導電性卻是一個絕大的障礙。所以在應用以前，還得再加精煉。

這精煉的作業是應用電解方法的。將薄片的純銅，浸入硫酸銅 ( $\text{CuSO}_4$ ) 溶液中作為陰極，而以不純粹的厚銅板作為陽極（圖 304）。

當電流通過電槽時，電解作用即行開始。電流由銅離子 ( $\text{Cu}^{++}$ ) 所輸送，而通過溶液。金屬銅在陰極沈積而在陽極溶解。在陰極所得到的電解銅 (electrolytic copper) 是極純粹的（約為 99.95%）。



所有的雜質大部分沈入圖 304. 銅的電解精煉。右下圖示提起時的陰極板  
 匾底，生成所謂陽極泥渣 (anode slime)。從陽極泥渣中收回金和銀的分量，往往足以補償精煉純銅時所耗的費用。

**501. 【性質和用途】** 銅是一種富展性和延性的金屬；除銀以外，是最佳的導電體。銅不受乾燥空氣的作用，但在尋常的大氣狀況下，能徐徐地被空氣所侵蝕，而生成一層綠色的鹼式碳酸鹽，即俗稱的‘銅青’。銅青黏着在銅上，能保護其內部，使不再受空氣的作用。

作成棒狀和線狀等的銅，是最通用的導電體。因其能耐腐蝕，故建築物的金屬屋頂及船底的包皮，有用銅來做的。

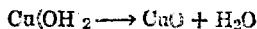
銅的兩種最廣用的合金，一為黃銅 (brass)，是銅和鋅的合金，一為青銅 (bronze)，是銅和錫的合金。磷青銅 (phosphor bronze) 除含銅、錫以外，又含有 1 至 4% 的磷，在合金中成為銅或錫的磷化物而存在。磷青銅為極硬的合金，不易腐蝕，用以製輪船的推進器及機軸等物件。

## 銅的化合物

**502. 【銅化合物的兩系】** 銅和鐵一樣，生成兩系的化合物：亞銅 (cuprous) 化合物中的銅為單價，銅 (cupric) 化合物中的銅為兩價。亞銅離子 ( $\text{Cu}^+$ ) 幾為無色；銅離子 ( $\text{Cu}^{++}$ ) 則呈藍色。亞銅鹽較銅鹽為不穩定，故普通的銅化合物，大都是銅鹽。

**503. 【銅的氧化物】** 最重要的亞銅化合物是銅的紅色氧化物，即‘氧化亞銅’ (cuprous oxide,  $\text{Cu}_2\text{O}$ )，在用‘斐林溶液’以檢驗葡萄糖時，就有這氧化物生成。斐林溶液中含有硫酸銅 ( $\text{CuSO}_4$ )、氫氧化鉀、及洛烈爾鹽 (Rochelle salt,  $\text{NaKC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ )。當葡萄糖加入斐林溶液而經煮沸後，氧化亞銅就成為紅色沈澱而析出。

銅的黑色氧化物即‘氧化銅’ (cupric oxide,  $\text{CuO}$ )，可將銅在空氣中加熱，又可將氫氧化銅、硝酸銅或磷酸銅等加熱而製得之：



504. 【硫酸銅，即膽礬】 含水的硫酸銅俗稱膽礬(blue vitriol,  $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ ), 又稱膽石(bluestone), 是最重要的銅化合物。牠形成大塊藍色晶體, 用於鍍銅(copper plating)及電鑄術(electrotyping)中。硫酸銅與消石灰的混合物, 稱為波爾多混合劑(Bordeaux mixture), 用為殺蟲劑以噴灑果樹(圖 305)、葡萄藤和馬鈴薯等植物。所有的銅鹽, 如服食大量, 都是有毒的。若以少量的銅鹽, 加入含有綠色浮沫(green scum)的水中, 那末浮沫中的植物(藻類)就被毒死。



圖 305. 波爾多混合劑用為殺蟲劑以噴灑果樹

## 問 題

1. 什麼使鋁成為比較廉價的金屬?
2. 為什麼不應該用鹼類來清淨鋁器?
3. 鋁的最大用途為飛機和汽車工業。試解釋之。
4. 在耐亞瓜拉(Niagara)附近, 為什麼有許多電化學工廠?
5. 寫出鋁作用於鹽酸的反應方程式。
6. 怎樣製氫氧化鋁? 寫出牠的方程式。
7. 寫出氯化鋁水解的方程式。
8. 用作導電體的銅, 為什麼必須十分純淨?
9. 敘述精煉銅的電解方法。
10. 在銅的電解精煉中, 可以收回何種貴重金屬?

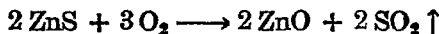
- \* \* \*
11. 鋁的價值為什麼須依電的價值而定?
  12. 碳與鋁,那一種為更有力的還原劑? 試解釋之。
  13. 舉示三種鋁合金的名稱,並說明各合金的用途一種。
  14. 硫酸鋁溶液對於石英質的反應是怎樣的? 試解釋之。
  15. 氫氧化鋁能溶解於鹽酸和氫氧化鈉溶液中。為什麼? 寫出各反應的方程式。
  16. 寫出明礬與消石灰反應的方程式。
  17. 舉示我國重要的銅礦產地。我國的銅年產量約若干?
  18. 解釋下列名詞: (a) 天然銅; (b) 半冶銅; (c) 泡銅; (d) 電解銅。
  19. 從硫化物礦石中提煉銅,為什麼很感困難?
  20. 怎樣證明某物質中含有銅的化合物?

\* \* \* \*

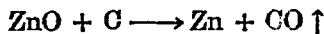
21. 某銅礦的化學式為  $\text{Cu}_2(\text{OH})_2(\text{CO}_3)_2$ 。決定其中銅的百分數。
22. 計算普通明礬中結晶水的百分數。
23. 求 1 仟克膽礬中所含水的重量。
24. 今有 54 克的鋁粉,要把牠製成鋁熱劑,需氧化鐵粉末多少克?
25. 用 32 克的銅,可製成膽礬重若干克?

## 鋅

505. 【冶金】 鋅的冶金,在理論上是極簡單的。其主要的礦石氧化物,稱為紅鋅礦(zincite,  $\text{ZnO}$ ),硫化物稱為閃鋅礦(zinc blende,  $\text{ZnS}$ )。硫化物經煅燒後就生成氧化物:



使氧化物與煤粉相混合,而於瓦甌中加熱,即可將其還原為鋅:



因為這種金屬的沸點不高 ( $918^\circ \text{C}$ .),極易達到,故可用蒸餾法把雜質除去。將甌充分加熱,於是氣態的鋅就通入冷瓦器或鐵受器中,而冷

凝為液體。然後把熔融的金屬流入模型中，以任其凝固。

最近發現一個煉鋅的新方法，即凡在紅鋅礦附近有天然煤氣發生的，可利用天然煤氣來從紅鋅礦中提煉鋅。天然煤氣中富於甲烷(CH<sub>4</sub>)，可用以代替還原作中用的煤粉。其反應為：



這反應所需的溫度比舊法為低，並且是連續的。鋅經還原後，須再用上述的蒸餾法以淨煉之。

還有一個方法，係將硫酸鋅電解而製得鋅，至於硫酸鋅則是使礦石溶解於硫酸中而製成的。

我國鋅礦，分佈的區域極廣，常與鉛礦合併產生。產額較多的首推湖南常寧的水口山，其次為四川的會理、雲南的羅平、浙江的諸暨。民國二十三年共產鋅礦石 13300 噸，大都輸出國外，其中煉成金屬鋅的只有 136 噸，與我國每年的消費總額約 4500 噸，相差極大。所以冶鋅工業的建立，在目前極為重要。

**506. 【性質和用途】** 鋅是一種青白色的金屬。尋常從焙礦爐中製得的鋅，略具結晶形，質地極脆。溫度達 100°C. 左右時，有展性和延性，可軋壓成薄片。

鋅為多種合金的一成分，如黃銅（銅和鋅）、洋銀（銅、鎳、和鋅）、及青銅（銅、錫和鋅）等都是。金屬鋅的用途很有限，除蓄電池外，各種電池的陰極板，都是用鋅來做的。鍍鋅鐵（galvanized iron）我國俗稱洋鉛皮，為塗着薄層的鋅的鐵片，可將鐵片浸入熔鋅中，或用電

## 鋅的化合物

**507. 【氧化鋅和氫氧化鋅】** 鋅經充分加熱，就在空氣中着火而生成白色的氧化物 ( $ZnO$ )。若加熱氫氧化鋅或碳酸鋅，也可製得同樣的氧化物。氧化鋅用於鋅氧油膏，又為製造油漆用的白色顏料〔鋅白 (zinc white)〕。此外在製白色橡膠時，氧化鋅又廣用為填料 (filler)。氫氧化鋅 [zinc hydroxide,  $Zn(OH)_2$ ] 由加氫氧化鈉於鋅鹽中沈澱而得。氫氧化鋅和氫氧化鋁相似，在酸類或鹼類中都能溶解。

**508. 【鋅鹽】** 氯化鋅 (zinc chloride,  $ZnCl_2$ ) 由鋅溶解於鹽酸中而得，將溶液蒸發，就生成白色的固體。這固體能自空氣中很快地吸收水份 (潮解)，故有時用作乾燥劑。氯化鋅溶液能溶解多種金屬的氧化物，故在銲接前，可用以清淨金屬的表面。木柱與鐵道枕木，若浸以氯化鋅溶液，就可增強其抵抗腐敗與崩解的作用。因此有大量的氯化鋅以供這種用途。

硫酸鋅 (zinc sulfate,  $ZnSO_4$ ) 是另一種普通的鋅鹽。牠溶解於水中，能生成透明的晶體 ( $ZnSO_4 \cdot 7 H_2O$ )，稱為皓礬 (white vitriol)。

## 鉛

**509. 【從礦石煉鉛】** 鉛的最普通礦石為方鉛礦 (galena)，是鉛的氧化物 ( $PbS$ )。從礦石煉鉛有兩種方法：一用反射爐煉成，一用鼓風爐煉成。後一法是現今最通行的方法。

從鼓風爐中煉得的鉛，含有多種雜質，故硬度很高。要得軟鉛，



須將其中的雜質除去。其法係將金屬在反射爐中用低溫加熱，則其中的大部分雜質就結成浮渣 (scum)，可將其撇去。鉛中的銀，可用派克法 (Parke process) 除去，當在下章再加詳論。

我國鉛礦，都與鋅礦共同存在，前已述及 (§ 505)。民國二十三年所產的純鉛為 1665 噸，較之民國二十二年的消費量 9270 噸，尚差七千餘噸，都須賴國外輸入。

**510. 【性質、用途、和合金】** 鉛為質軟色白的金屬，其新切面有明亮的光澤。鉛能為空氣所氧化，氧化後在表面生成黏附的薄膜，可保護其內部的金屬，使不致再被氧化。因其易於割切彎曲，又因其邊端容易熔融或銲接，故用以製鉛管及包裹電纜。又能軋壓成薄片，用作匯和電解槽等的襯壁。牠的主要用途為製鉛白油漆和鉛蓄電池。

鉛是一種低熔金屬，為多種低熔合金的一成分，如活字金 (type metal) 的成分為鉛、錫、和銻，銲鐵 (solder) 的成分為鉛和錫，鉛彈則除鉛外尚含有砷或銻。

### 鉛 的 化 合 物

鉛在普通的化合物中，其元素為兩價，生成  $Pb^{++}$  離子，在少數的化合物中，牠的原子價為四；但這種化合物並不重要。

**511. 【鉛的氧化合物】** 密陀僧 (litharge,  $PbO$ ) 為鉛的黃色氧化物，由鉛加熱於空氣中而成；廣用於製油漆、假漆、及其他鉛化合物的製造。密陀僧與甘油的混合物，能結成極硬的物質，為實驗上有用的膠合劑。

另一種鉛的氧化物，可於空氣中加熱金屬鉛或密陀僧至適當溫度(約  $400^{\circ}\text{C}.$ )而成。這是一種紅色物質，稱為紅鉛(red lead)或鉛丹(minium,  $\text{Pb}_3\text{O}_4$ )\*，用為油漆中的顏料，又可作為亞麻仁油(linseed oil)的催乾劑(dryer)。用鉛丹製成的油漆，廣用於鐵器，因其能造成滿意的遮蔽層，且價值甚廉。

二氧化鉛(lead dioxide,  $\text{PbO}_2$ )是一種棕色的粉末，可用硝酸處理紅鉛而製得之。二氧化鉛為強氧化劑，用以製鉛蓄電池。

**512. 【鉛蓄電池】** 鉛蓄電池(lead storage battery)為汽車上照明和發動裝置的主要部分，又為電力廠中儲電裝置的重要部分。鉛蓄電池實際上並不是真能儲蓄電能，以供將來取用，牠只是利用電能以產生化學反應的一種裝置。當這個化學反應逆向進行時，電池中就發生電流。故當充電時，電能被轉化成能，而在放電時，這化能又可再轉變為電能。

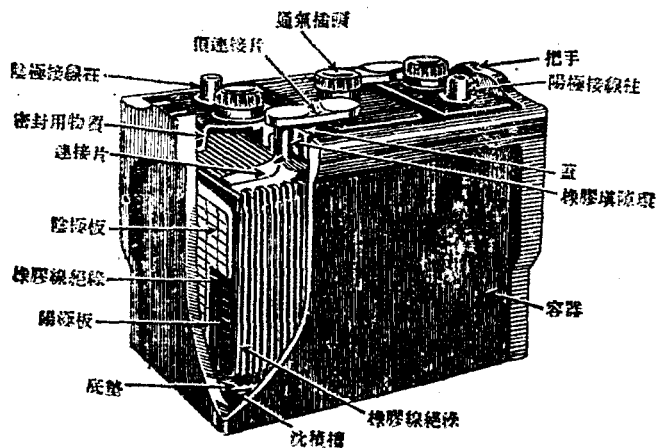


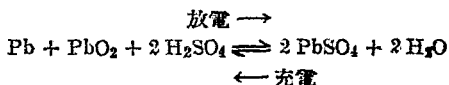
圖 305. 汽車中的蓄電池，剖切一部分以表示其中的鉛板

尋常的汽車用蓄電池(圖 306)，都由三個電池(6 伏特)或六個電池(12 伏特)所組成。

\*譯者按：鉛丹在國藥中又稱黃丹，廣丹或鉛黃。

每一電池含有兩組鉛板，浸沒於稀硫酸中。其中的一組稱為‘陰極板’(-)，呈灰色，含有極細的純鉛。另一組稱為‘陽極板’(+)，呈暗棕色，塗有二氧化鉛( $PbO_2$ )。同一電池中所有的陰極板，都互相聯接，而陽極板也作同樣的聯接。兩組的鉛板交錯地併在一起，而中間用多孔的絕緣物來互相隔離。每一電池中陰極板的片數通常總較陽極板多一。

充電與放電時所發生的可逆反應如下：



當其放電時，兩極板漸趨於同一狀況( $PbSO_4$ )，而硫酸被消耗而逐漸稀釋。應用時務須注意，切不可將電池中的電完全放盡。在充電時，將陽極(+)聯接於直流發電機上的陽極端，於是鉛板回復原來的狀況，而硫酸也逐漸變濃。

513. 【電池】我們已經見過(§ 160)，當鋅溶解於酸類中時，其陽電荷即自氫離子移至鋅原子上：



若在一燒杯稀硫酸中插入一條純淨的鋅片和一條純淨的銅片，就構成一個簡單的‘電池’。我們當還記得，純淨的鋅對於稀酸的作用極為遲緩，因此鋅與酸間僅見有極微弱的作用，而銅與酸則完全不起作用。然而，我們若用銅線把兩種金屬聯接起來(圖 307)，就見銅上有許多氣(氫)泡發生。若使這作用繼續若干時，就將見鋅片已顯然耗損，而溶液中含有鋅離子。銅片則不起變化，但放出多量的氫。若用一靈敏的安計(ammeter)聯接於兩金屬片間，就見有電流從銅(陽極板)經導線而流到鋅(陰極板)。同時電解液中的離子，將電池中的電流從銅輸送至鋅。這樣，鋅與酸間的化學作用，就得利用以產生電流了。任何電池，都是將化能直接轉變為電能的一種裝置。

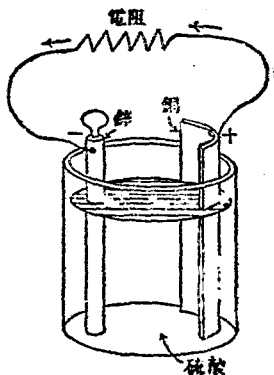


圖 307. 簡單電池

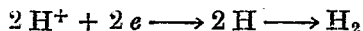
當取代序(§ 459)中的任何兩種金屬放在適當的電解液中，都能構成一電池。其在取代序中位置較高的金屬，

成爲陰極，較低的金屬，成爲陽極。凡任何兩金屬在取代序中相隔愈遠，則以此兩金屬構成的電池，其所生的電壓就愈高。因此取代序有時又稱爲**電動序**(electromotive series)。

**514. 【電池中的電子】** 當上述電池中的鋅成爲離子時，每原子的鋅失去兩個電子：



這些電子從鋅出發，沿銅線而流至銅片。在這裏，牠們給氫離子以所需的電子，而將其轉變成氫原子和氫分子：

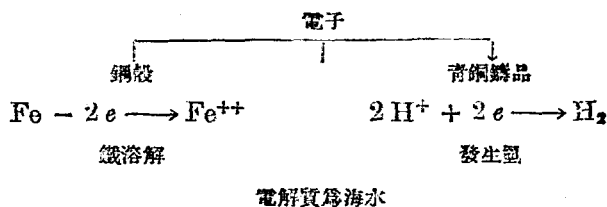


這樣，就造成一完全的電路，電子可通過這電路而與溶液他端的氫離子相遇，這使鋅較未成完全電路時更快地進入於溶液。不過我們須常常記住，電流(電氣工程師所用的名詞)的方向，是與電子流的方向恰相反對的。

**515. 【金屬的腐蝕】** 我們早就知道(§ 46)，在氫發生器中酸對於鋅的作用，可因硫酸銅的加入而增速。這理由是很有趣味的：原來在硫酸銅加入後，鋅上就沈積着少量的銅，造成了許多小小的局部電池。因了同一理由，不純的鋅與鐵，易溶於酸，而絕對純的鐵，卻只被徐徐地侵蝕。

由此，我們可下一結論，與水或潮溼地面相接觸的金屬物品，其腐蝕大部分是一種電化作用(electrochemical process)。當兩種不同的金屬在有水存在的地方互相接觸時，就構成一電池，而其中較活潑的金屬，即被腐蝕。例如，凡船的鋼殼與某種青銅鑄品(爲銅與錫

的混合物)相接觸的地方,鋼殼上就往往發生特殊的腐蝕現象,因為在取代序中,鐵位於銅的上面:



凡是金屬建築與水或潮溼泥土相接觸的地方,常有許多相似的電化腐蝕現象發生。即如單獨的一片鐵或鋼,也會同樣地發生腐蝕,這是由於鐵與其所含的較不活潑的雜質間,在表面構成了小電池的緣故。在我們的電化電池中,金屬的溶解作用進行很快;但若代以純水,則因其所含的氫離子不多,故作用極慢。溶液中若有鹽類或氧共同存在,可增進腐蝕的速度。鹽類的作用在增加其導電性(有時則因水解作用而增加其酸性)。氧大概能與從較不活潑的金屬所放出的初生氫起反應,而加速電池的作用。

除了電化腐蝕外,我們還須討論空氣中氧的作用。氧能與金屬直接生成氧化物,如果所生的氧化物的顏色與金屬不同,我們就稱之為‘發曇’(tarnish)。鋅和鋁的氧化物都帶白色,與金屬的本體相似,所以牠的作用不易覺察。但是這在鐵及在潮溼空氣中的銅,卻極為顯著。鋁(§ 499)能立即生成一層氧化膜,可防止再被氧化。錫、鉛和銅在尋常空氣中僅徐徐地發曇,但若有多量的溼氣或酸霧存在,這作用就加快不少。鈾在略帶白色的普通金屬中,最能保持其明亮的外觀,並且確實不受潮溼氧氣的影響。

**516. 【鐵的腐蝕】** 現在我們且就方這所學得的知識，來說明一個重要的工業問題，即鐵的腐蝕。絕對的純鐵，受稀酸的侵蝕，作用極緩，因此受大氣的侵蝕，也很遲緩。但是鐵中往往含有雜質，這種雜質能與鐵構成小電池，而使鐵的溶解作用，大大地加速。總之，不純金屬常較純金屬易於腐蝕。防止金屬的腐蝕，有三種常用的方法：

第一種方法，僅用某種耐蝕的油漆，包被鐵面，並黏附於其上，儘可能地使鐵與空氣、二氧化碳，和水等完全隔離。還有一種相似的方法，即用一薄層易溶的矽酸鹽來代替油漆。各種的搪瓷器 (enamelware) 就是這樣製成的。

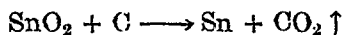
第二種方法，是在鐵面上鍍以取代序中位置較高的元素，如鋅(鍍鋅鐵)。鐵面鍍以較活潑的金屬，即能防止腐蝕，這話驟然聽來，好像十分奇特，但確是事實。因為鋅較鐵為活潑，故進入於溶液，而鐵則從溶液中的鐵面放出，結果鐵並沒有受到侵蝕。因此只要所鍍的鋅尚有留存，牠就會代鐵進入於溶液，而使鐵受到了保護。

第三種方法，是在鐵面鍍以比較不活潑的金屬，如錫(馬口鐵)。在這個事例中，是利用錫的不活潑性，以防一切腐蝕作用。只要所鍍的錫完全無損，這保護作用就可常保完善。但是，若使在鍍錫剝落的地方開始腐蝕，則鐵和錫部與微有酸性的溶液相接觸，腐蝕作用就一發而不可遏止，情形非常惡劣。因為鐵較錫為活潑，故進入於溶液，錫則積聚在不起變化的錫上，因此馬口鐵一經腐蝕，就比純鐵崩壞得更快。

## 錫

**517. 【從礦石煉錫】** 我國錫礦尚富，產錫地以雲南的箇舊為最著。其他如江西的大庾，廣西的富川、賀縣、鍾山，湖南的江華、臨武、郴縣等，都有產出。民國二十二年的全國純錫的總產量約八千噸，國內可以自給。

錫的氧化物錫石 (cassiterite,  $\text{SnO}_2$ ) 是唯一的重要錫礦。把這氧化物和碳在反射爐中加熱，即得金屬的錫：



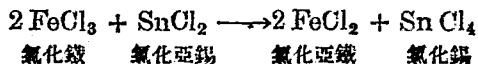
熔融的金屬集於爐底，可將其流出，而鑄成錫塊。這種錫塊再經用文火焙煉，純錫就與雜質分離而流出。

**518. 【錫的用途】** 錫是白色的金屬，軟而有展性。純錫通常稱為錠錫 (block tin)。錫能耐尋常大氣的腐蝕，故廣用為其他金屬的保護層。牠對於食品中的酸類，也有極強的抵抗力。普通的鍍錫鐵 (tinplate)，我國俗稱馬口鐵，或洋鐵皮，就是將鐵片或鋼片浸入熔錫中，鍍着一薄層金屬錫而製成的。這物料在西洋常誤稱為‘錫’，如用鍍錫鐵製成的罐頭，都稱之為‘錫罐’(tin can)。事實上，從礦中開採得來的錫，大半供製造鍍錫鐵之用。

錫箔 (tin foil) 是將錫錠打或輾壓而成的薄片。然而大部分的錫箔，都含有多量的鉛。此外錫又用以製多種合金，這些早已說明過了。

### 錫 的 化 合 物

**519. 【錫的兩種鹽類】** 錫生成兩系的化合物：在亞錫鹽 (stannous salt) 中，錫的原子價是兩，在錫鹽 (stannic salt) 中，錫的原子價是四。亞錫化合物有轉變為錫化合物的極強固的趨向，故為強還原劑。例如氯化鐵可為氯化亞錫所還原：



### 第 三 十 三 章 摘 要

**【鋁】** 鋁成為氧化物和矽酸鹽而存在，產量極多。將氧化物溶

解於冰晶石中而加以電解，即可製得金屬鋁。

金屬鋁的表面常生成氧化物的薄層，故不為溼氣或空氣所侵蝕。但能溶解於鹽酸和鹼類溶液中。

【鋁熱劑】 鋁熱劑為氧化鐵和金屬鋁的混合物。點火後，產生極高的溫度而生成了金屬鐵。鋁熱劑用於接金屬。

【氧化鋁】 氧化鋁(礬土)可用作磨料及製人造寶石。

【氫氧化鋁】 氫氧化鋁可作用如酸，又可作用如鹼。與酸生成鹽類，與鹼生成鋁酸鹽。某種重鹽，含有兩種金屬及一種酸根，稱為礬類。

【黏土】 黏土的主成分是矽酸鋁，可焙燒成堅硬而多孔性的物質。若以適當的方法，於其表面塗釉，就成瓷器。

【銅】 銅在自然界中以天然銅、氧化物、鹼式碳酸鹽、和硫化物而存在。其氧化物和碳酸鹽可用煤來還原，但硫化物卻須極繁複的手續來處理。

【電解銅】 電解銅係用電解法製得，電解時以不純的銅板為陽極，以硫酸銅溶液為電解液，純銅則沈積於陰極。

【銅的用途】 銅可用作導電體、建築物的屋頂、船底的包皮，又為多種合金如黃銅、青銅的一成分。

【硫酸銅和氧化亞銅】 硫酸銅為最重要的銅化合物，可用作殺菌劑，及供電鍍與製某種電池之用。用斐林溶液檢驗葡萄糖時，可產生氧化亞銅。

【鋅】 鋅可將氧化鋅用碳還原，然後再蒸餾而精製之。鋅為黃銅和青銅的一成分，又可用以製電池及鍍於鐵面(鍍鋅鐵)。



氧化鋅可製鋅氧油漆及用作油漆中的顏料。氫氧化鋅與強鹼作用時如鹼，與強酸作用時如酸。氯化鋅可用作金屬銲接前的清淨劑及木材的防腐劑。

【鉛】鉛大都成爲硫化物而存在。先將礦石煅燒，然後再在鼓風爐中將其還原。鉛可用作鉛管，電纜的包被物，及製多種合金，如活字金、銲藥、和槍彈等。

鉛生成多種氧化物，如密陀僧、紅鉛、和二氧化鉛等。前兩種常用作塗料，後一種用以製鉛蓄電池。

【鍍鋅鐵與鍍錫鐵的腐蝕】在鍍鋅鐵（洋鉛皮）的腐蝕作用中，較活潑的金屬鋅進入於溶液；在鍍錫鐵（馬口鐵）中，則鐵進入於溶液。錫的保護鐵，僅限於鐵面所鍍的錫完全無損的時候。

【錫】錫可將氧化錫用碳還原而得。牠不爲大氣所侵蝕，常用以鍍於鐵面。

錫生成兩系的化合物；亞錫（二價）化合物和錫（四價）化合物。氯化亞錫由錫受鹽酸的作用而成，可用作還原劑。

### 問題和習題

1. 用方程式解釋鋅冶金時所生的各種反應。
2. 氯化鋅溶液對於錫匠有什麼用處？
3. 含鋅白的油漆較含鉛白的油漆有何優點？
4. 舉示鉛的三種氧化物的名稱和式。
5. 試舉鉛的用途兩種，並說明各項用途所利用的性質。
6. 充電於鉛蓄電池所起的化學變化，其方程式如何？
7. 鉛蓄電池放電時，其中電解質的密度有何變化？
8. 什麼是洋鉛皮？
9. 爲什麼用鍍錫製成的水管，都用以連接蘇打水泉？

10. 什麼是 (a) 波爾多混合劑; (b) 黃銅; (c) 鎂鋁齊; (d) 堅鋁; (e) 鉛丹?

\* \* \*

11. 防止鐵的腐蝕, 有那三種方法?

12. 怎樣檢驗鋅?

13. 用鍍錫鐵以蓋屋頂, 有何缺點?

14. (a) 怎樣檢驗鉛; (b) 怎樣檢驗水樣中的鉛?

15. 用鉛製成的水管有何優點? 有何缺點?

16. 鉛蓄電池放電時, 鉛板上發生何種變化? 充電時呢?

17. 用電子說解釋電池中的化學作用。

18. 比較鐵與鋁的‘生銹’。

19. 氯化亞錫 ( $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) 遇石蕊紙呈酸性反應。試給以可能的解釋。

20. 把你從金屬取代序所得知的各項事實, 扼要地敘述一下。

\* \* \* \*

21. 純度 80 % 的閃鋅礦一噸, 經煅燒後, 再使之還原, 間可製得鋅重若干?

22. 還原一噸的氧化錫, 需焦炭(碳)若干?

23. 一流乾燥的氣通過 6.69 克的一氧化鉛 ( $\text{PbO}$ ), 直至將鉛完全還原。間可得金屬鉛重若干:

24. 某化合物, 含鋅 23.7%, 硫 11.1%, 氧 22.3%, 水 43.9%。其最簡單的式為何?

25. 由實驗得知, 於  $15^\circ\text{C}$ . 和 780 毫米的壓力下, 0.375 克的鋅溶解於鹽酸中, 釋出 135 立方釐米的氣。試計算鋅的當量。這當量與原子量有何關係?

### 第三十一章至第三十三章複習題

1. 受近代汽車的需要所刺激而發達起來的, 是那三種工業?

2. 試述下列各名詞的定義, 並舉例解釋之: (a) 礦石; (b) 脈石; (c) 熔劑; (d) 熔渣; (e) 還原劑。

3. 在電動序中, 那幾種金屬古代人即已知道? 為什麼?

4. 在鐵的冶金中, 往往把礦石裝運到產煤的地方, 而不把煤裝運到產礦石的地方。為什麼?

5. 討論應用輕金屬如鎂、鋁等於實用合金的最近趨向。

6. 作方程式以說明 (a) 製金屬的可溶性鹽類的四種不同方法? (b) 製金屬的不溶

性鹽類的一種方法。

7. 區別工業製造中的主產品與副產品。舉下列兩例以解釋之：(a) 蘇爾偉法，(b) 鼓風爐法。

8. 試就鋅、鋁、銅的生鏽，以與鐵的生鏽相比較。這與各金屬的用途有何關係？

9. 試概述製造純粹的 (a) 硫酸鉛，(b) 乾燥氧化亞氮，及 (c) 氯化鋁晶體的方法。

10. 據估計，美國每年因鐵的生鏽和金屬的腐蝕所致的損失，約在一千萬美元以上。試解釋之。要減少這種損失，有何方法？

\* \* \*

11. (a) 簡述製金屬鋁的商業方法。(b) 解釋鋁在空氣中保持光亮的外觀的原因。(c) 怎樣用鋁來從金屬的氧化物中提煉金屬？

12. 從礦石中提煉鐵或鋁，那一種較難？試就這兩種金屬發現的時日，推究其與上述問題的解答的關係。

13. 56 克的鐵與 71 克的氯相化合。56 克的鐵又與 106.5 克的氯相化合。這事實可說明化學上的何種基本定律？試敘述該定律。

14. 寫出下列各反應的離子方程式：(a) 硝酸銀溶液加入氯化鉀溶液；(b) 氫氧化鈣為硝酸所中和；(c) 氫氧化銨加入氯化鐵溶液；(d) 鋁浸入硫酸銅溶液。

15. 火爐外塗石墨；金屬器皿上塗油漆；馬口鐵罐頭係用鍍錫的鐵皮製成。試評述上列防銹方法的功效。

16. 銅在電動序中雖位在氫的下面，卻易為硝發所作用。試解釋之。

17. 試就物理性質與化學性質比較氧化鋁與二氧化矽。若是把牠們共同加熱至極高的溫度，有何變化發生？

18. 石灰的熔點，較之由石灰與二氧化矽結合而成的矽酸鈣的熔點為高或低？這事實在冶金作業上有何特殊用途？怎樣應用？

19. 試述下列應用電流的各種器械，其機能為電熱或電解，或兼有兩種機能：(a) 製石墨電爐；(b) 製金屬鈉電池；(c) 製氫氧化鈉電池；(d) 製磷電爐；(e) 製鋁電爐；(f) 製銅電爐；(g) 製金剛砂電爐。

20. 試全部用化學式，作下列各反應的方程式：(a) 鐵 + 硫(加熱) →；(b) 氯化汞(加熱) →；(c) 氯酸鉀(加熱) →；(d) 鋁 + 氧化鐵(加熱) →；(e) 鋁 + 氯化銅(加熱) →。在各方程式中，都須清楚地指出電子的轉移，並說明 (a) 何物被氧化，(b) 何物為還原劑。

## 第三十四章

### 較不普通的金屬及其用途\*

汞——氯化亞汞和氯化汞。

銀的冶金——硝酸銀——鹵化銀——照相術。

金——所在和提煉——性質——用途。鉑——性質——用途。錳——二氧化錳——過錳酸鹽。鉻——氧化物和重鉻化物——鉻酸鹽和重鉻酸鹽。鎢、鉍、鈳、  
金屬的分屬。

我們已研究過六種較重要的金屬，及其少數的化合物。在本章中，我們將研究在尋常狀況下為液體的唯一金屬汞 (mercury)，及三種雖很常見卻較稀少的金屬——銀、金、和鉑。然後再簡述幾種不很普通，但有一兩種重要化合物或重要用途的金屬。

#### 汞

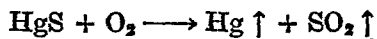
520. 【所在和冶金】 這唯一的液體金屬的主要礦石為硫化物 ( $\text{HgS}$ )，通稱辰砂 (cinnabar)。其主要礦床在意大利、西班牙、及美國的加利福尼亞和得克薩斯等地。我國汞礦，則都分布於貴州及其與湖南、四川、雲南、廣西等省鄰接的區域。

因為汞是有揮發性的液體，且不易氧化，故極易製取。在碾碎的礦石中混以少量的碳，把牠放在空氣流中煅燒，則其中的硫燃燒為二

---

\*第三十四、三十五、及三十六各章，在較短的教程中不妨略去。

氧化硫，同時汞化為蒸氣，可冷凝而集取之：



製得的汞須再經蒸餾提淨，然後裝入鐵瓶中出售，每瓶約容汞 75 磅。

521. 【性質和用途】 汞就是我們習見的銀白色的水銀(quick-silver)，牠是一種液體，較水重 13.6 倍。

若在玻璃杯中注些水銀，然後再放入一個鐵球，即見鐵(比重為 7.9)球浮在液面。

汞的凝固點約為  $-36^\circ\text{C}$ ，沸點為  $357^\circ\text{C}$ 。除鐵和鉑外，牠幾乎能與所有的金屬成為合金，稱為汞齊(amalgams)。

因其沸點遠高於水，所以曾有應用於動力廠的汽鍋中以代替水。據經驗，一組的汽鍋需用 250,000 磅的汞。若以汞蒸氣的價值作每磅 1.6 美金計算，那末用以代替蒸汽所化的代價，就未免太貴了。

汞蒸氣在熱的時候是電的良導體。所謂庫柏休易特燈(Cooper-Hewitt lamp)是一種由熱汞蒸氣傳送電流的弧光燈。這種燈的發光本領很強，但缺少紅色光波。所謂太陽燈(sun lamp, 圖 308)，是在玻璃燈泡內封入兩個鎢尖，並含有少量的汞蒸氣，當鎢尖間生電弧時，汞蒸氣就發生紫外光波，也就是極短的光波。

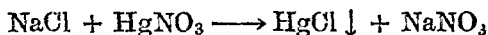
因為汞的比重很大，故常用以充填氣壓計，又因其膨脹均勻，故用於溫度計。若作上述用途，那末品質就須純粹，不含其他金屬。如果所含的金屬，在取代序中汞的上面，可用稀硝酸來除去牠。



圖 308. '太陽燈'的燈泡

## 汞的化合物

**522. 【氯化亞汞】 氯化亞汞** (mercurous chloride,  $\text{HgCl}$ ) 又稱甘汞 (calomel), 爲三種不可溶性的氯化物之一, 故可用可溶性的氯化物加入硝酸亞汞 (mercurous nitrate) 溶液以沈澱之:



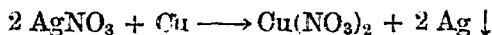
甘汞爲白色的固體, 常用作醫藥品, 以刺激產生分泌液的器官。

**523. 【氯化汞】 氯化汞** (mercuric chloride,  $\text{HgCl}_2$ ) 又稱昇汞 (corrosive sublimate), 是有劇毒的藥品。牠是一種白色固體, 可溶於水, 商業上用食鹽和硫酸汞 (mercuric sulfate) 的混合物加熱而製得之。其硫酸鹽係用濃硫酸作用於汞而製得之。氯化汞的稀溶液, 有時稱爲二氯化汞 (bichloride of mercury), 常用爲消毒劑, 以消毒外科器械。

## 銀

**524. 【從礦石煉銀】** 因爲鉛礦或銅礦中大都含有少量的硫化銀, 故大量的銀, 都得自派克法 (Parke's process) 鉛的脫銀作業 (desilverization of lead) 中。將熔融的鉛用少量的鋅處理, 就生成銀和鋅的合金, 浮於液面, 可將其撇取。如果礦石中尚含有金, 那末這少量的金, 也一定混和在合金裏面。把銀鋅合金放在甌中加熱, 那末有揮發性的鋅就被蒸餾而出。在蒸出鋅後的殘餘物中, 除含銀和金外, 尚含有鉛, 可再把牠盛入淺盆中於開爐上加熱, 使鉛被氧化成氧化物, 熔解而流去, 於是只剩下一團熔融的金銀混合物了。

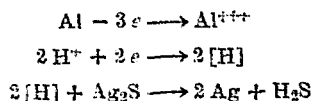
要使金銀分離，可把這混合物溶解在熱的濃硝酸中。這時，銀進入溶液，成爲硝酸銀，金則不起變化。若用幾片銅板懸在這溶液中，就可使金屬銀從溶液中析出：



這是由於銅進入溶液，而把銀取代了。

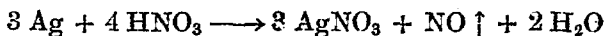
**525. 【性質和用途】** 銀是已知的最優良的電和熱的導體，其展性和延性僅次於金。金對於銀沒有作用，但是銀曝露於空氣中，會因生成硫化物的薄層而發曇。其主要用途爲鑄貨幣、鑲珠寶、造飾物及電鍍餐具等。鑄貨幣的銀，須摻入少量的銅以製成合金，使性質變硬，應用時不致磨損。我國以前使用的銀幣，規定含銅 12%，美國的銀幣含銅 10%。英國的銀幣含有純銀 92.5%，這種合金就所謂英幣銀 (sterling silver)，常用以製真銀餐具。

**526. 【銀器去污法】** 銀器因表面生成硫化銀的黑色薄層而發曇 (§ 187)，這種污跡通常都用較細的磨料來磨去。最新方法，是把銀器放在一隻盛有碳酸鈉溶液的銅器中，加熱煮沸，於是與銀溶液相接觸的金屬鋁就成爲一個電池的陰極，而銀則成爲陽極。結果鋁在陰極進入溶液，銀在陽極放出。這放出的銀將硫化銀還原成金屬銀。這樣就可把銀器上全部的硫化銀徐徐地變爲金屬銀。其方程式爲：



## 銀 的 化 合 物

**527. 【硝酸銀】** 硝酸銀 (silver nitrate,  $\text{AgNO}_3$ ) 製備極易，可將銀溶解於硝酸中，然後蒸發其溶液而得：



硝酸銀極易溶化而不致起分解作用，可於模型中鑄成條狀，稱為銀丹 (lunar caustic)。這種銀丹，有時在外科手術上用以灸去肉疣。又為製造其他銀化合物的主要原料。

528. 【鹵化銀】 每年約有 150 噸的銀，用以製造鹵化銀 (silver halides) 而應用於照相材料的生產 (圖 309)。我們已知，當一種可

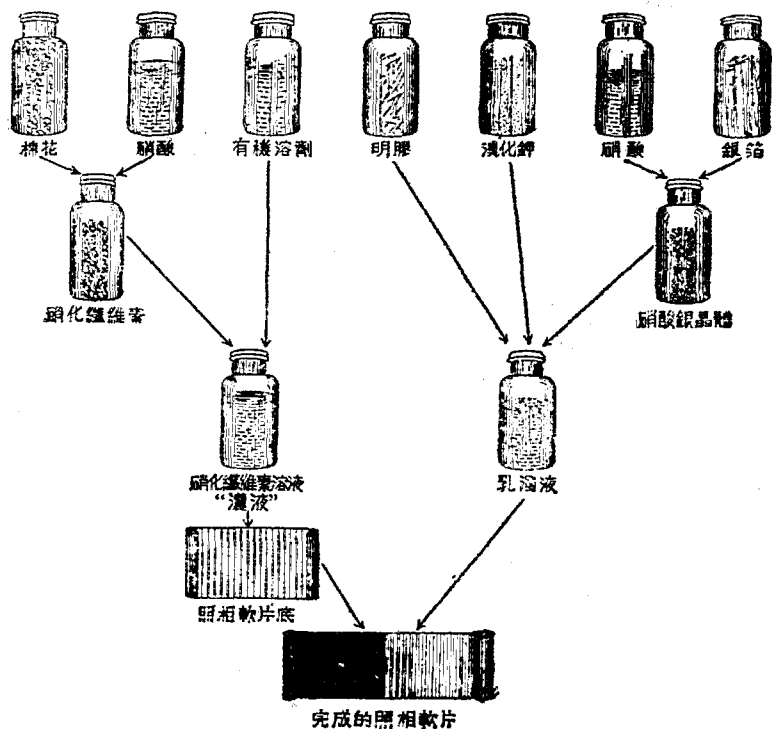
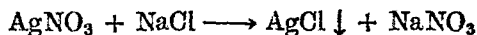


圖 309. 製照相軟片所用的原料



溶性氯化物加入於銀鹽的溶液，就生成白色凝乳樣的氯化銀 (silver chloride,  $\text{AgCl}$ ) 沈澱：



用了同樣的方法，我們可以製成溴化銀 (silver bromide,  $\text{AgBr}$ ) 和碘化銀 (silver iodide,  $\text{AgI}$ )。這銀的鹵鹽 (halogen salts) 都以有感光性著稱。白色的氯化銀，曝光後就變成紫色。

529. 【照相化學】 照相的生產可以分為兩個步驟：(1) 製作底片和 (2) 印曬像片。

我們買來的硬片 (glass plate) 或軟片 (film)，都塗著明膠 (gelatin) 和沈澱的溴化銀 (有時還加入少量的碘化銀)。這製成的乾片放在照相機中，然後由鏡頭中的透鏡，把欲攝的景物，調整焦距，投像在乾片上面，使之曝光。這時的乾片，若取出檢視，似乎並沒有任何顯著的變化。但是經過另一個步驟所謂顯影 (developing) 以後，因為曝光乾片上



圖 310. 孫中山先生像。A, 底片; B, 像片

溴化銀的還原，與各部分受光的強度成比例，所以影像即能顯出。

**顯影時**，將曝光的乾片放在含有一種還原劑如焦性沒食子酸(pyrogallie acid)或對苯二酚(hydroquinone)的顯影液中。顯影液對於乾片上受光較強的部分，作用也最快。被還原的銀洗積而成爲黑色的薄膜。於是凡景物最明亮的部分，在片上黑影最深，景物最陰暗的部分，在片上的黑影最淡；因此稱這乾片爲‘負片’或‘底片’(negative, 圖 310A)。欲將乾片上未變化的溴化銀除去，可將其浸入硫代硫酸鈉(sodium thiosulfate)即大蘇打(hypo)的溶液中。這個步驟稱爲底片的‘定影’(fixing)。底片經定影後，再用清水沖洗，即可陰乾待用。上述的全部過程，必須在暗室中或不透光沖洗盒內行之，並且須留意顯影定影的時間。

在‘印曬’(printing)時，應用一種感光紙，這紙上塗着與乾片上所用的極相似的化合物。把負片覆在感光紙上，令其曝光，並須使光線穿過底片的透明部分而射在紙面。這樣，感光紙上所得的印像，其明暗又與負片相反，而成爲‘正片’或‘像片’(positive, 圖 310B)了。感光紙經曝光後，也須顯影和定影，其手續和乾片一樣。像片可以調色(toned)，即將其浸入金鹽或鉑鹽的溶液中。這時銀進入溶液，將金或鉑取代，而金或鉑就同時代替了銀的位置。金使照片呈紅棕色，鉑則使照片呈銅灰色。

## 問 題

1. 汞的何種性質利用於金屬的提煉和精煉？
2. 極地探險爲什麼不能用水銀溫度計？
3. 汞的兩種氯化物，怎樣可以分解倍比定律？
4. 使用二氯化汞藥丸時，有何特別注意？
5. 含有鉍的汞，怎樣把鉍提淨？
6. 銀器發霉時，係生成何種化合物？
7. 照相術上所用的顯影液，牠的作用是什麼？
8. 底片顯影，爲什麼必須在暗室中極幽暗的紅光下行之？
9. 大蘇打在照相術上何有功用？
10. 照相片調色的目的是什麼？

\* \* \*

11. 甘汞和昇汞都是白色的固體。你怎樣去區別牠們？
12. 銀的何種性質利用以鑄貨幣；鑲珠寶；製鑿具？
13. 爲什麼銀器在都市中更容易發黑？

14. 爲什麼用錫箸夾皮蛋,往往會變黑色?
15. 英幣銀與純銀的組成與性質有何不同?
16. 怎樣證明銀幣中兼有銀和銅?
17. 銀、鉛和亞汞,在定性分析上成爲一屬。試解釋之。
18. 銀的去污法,係將銀器放在盛有碳酸鈉溶液的鋁鍋中煮沸。試用電子方程式解釋之。
19. 解釋從乾片曝光起至像片調色止的照相化學。
20. 像片能否用銅鹽來調色?

## 金

530. 【採礦和提煉】 金(gold)差不多完全成游離狀態而存在,常分布於石英礦脈或砂土中。我國產金區域分佈極廣,以黑龍江、吉林爲最多,四川、西康次之。提煉的方法,主要在使之從大量的雜質中分離而出。最簡單的方法稱爲淘洗法(washing process),僅利用金的比重遠大於其他礦物質這一個事實。如其產出時爲沖積土中的砂金,可把牠盛入淺盆中淘洗,使較輕的砂爲流水所沖去,較重的金屬沈入盆底而得。較進步的砂金採集法(placer mining),係將礦砂放在長形的水槽中,用流水沖洗。金沈入槽底,即爲釘在槽底的橫柵所阻。還有一個方法稱爲混汞法(amalgamation process),是把礦石用搗礦機(stamp mill)碾碎,和水攪成泥漿,使之從塗汞的銅板上流過。因爲汞極易把金溶解,故生成汞齊。從銅板刮下汞齊,把汞用蒸餾法蒸去,即可得到金。此外還有一個方法稱爲氰化法(cyanide process),可提取由淘洗法或混汞法剩下來的礦尾(tailings)中所含的金。金屬金在有空氣存在的時候,可溶於氰化鈉(sodium cyanide, NaCN)溶液中而生成一種化合物,稱爲亞金氰化鈉(sod-

ium Aurocyanide,  $\text{NaAu}(\text{CN})_2$ 〕。這溶液中的金，可用金屬鋅取代而出，或用電解法析出。

**531. 【性質和用途】** 金是極重的黃色金屬（密度 19.3 克/立方釐米）。牠是最富展性和延性的金屬，並且是電的良導體。牠的熔點約為  $1100^\circ \text{C}$ 。質地很軟，常與銅融成合金，以製金幣和其他物品。純金為‘24 開’（24 carat），用以鑲嵌珠寶的通常都是 18 開。

金是極不活潑的金屬，不受溼氣、氧、或普通酸類的影響。牠能與鹵素直接化合，因此可溶解於王水（鹽酸和硝酸的混合物）中。氯化金（gold chloride,  $\text{AuCl}_3$ ）可使金與氯直接相作用而得。這物質極易溶解於鹽酸而生成氫氯金酸（chlorauric acid,  $\text{HAuCl}_4$ ）。金溶解於王水中，結果生成的，就是這同一的物質。氫氯金酸離解時，能生成  $\text{H}^+$  離子和  $\text{AuCl}_4^-$  離子。

近來黃金已找到了牠的主要用途，差不多所有文明國家，都把牠當作貨幣和匯兌的標準。金可以錘擊成極薄的金葉（金箔），其厚度僅及一英寸的  $\frac{1}{250,000}$ ，多用以包被飾物。氫氯金酸的鉀鹽（ $\text{KAuCl}_4$ ），可用於照片的調色。又若用金作為陽極，而用鈉和金的氰化物的重鹽溶液作為電鍍液，就可鍍金於銀或其他金屬的表面。

## 鉑

鉑（platinum）呈游離狀態而存在於沖積的砂土中，其主要產地為俄國烏拉爾山脈（Ural Mountains）一帶的溪流。牠常與銱（osmium）和銲（iridium）共同存在，欲使之分離，手續極為繁複。

532. 【性質】 鉑是一種重而帶白色的金屬，兼有展性和延性。牠的熔點極高(1800°C.)，恰不為本生燈所熔解。牠和金一樣，只受極少數的試劑的影響，但能溶解於王水中而生成氫氯鉑酸(chloroplatinic acid,  $H_2PtCl_6$ )。

當氫氯鉑酸的鉍鹽點燃時，就剩下一塊多孔性的鉑，稱為鉑海棉(platinum sponge)。如果把石棉浸以氫氯鉑酸而將其加熱，就可在石棉表面分佈一層鉑海棉。這樣的物料稱為鉑化石棉(platinized asbestos)。鉑海棉和鉑化石棉都是氣體反應的極有力的觸媒，故常應用於某種工業。鉑黑(platinum black)就是鉑粉，由一種還原劑作用於鉑鹽的溶液而成。鉑黑也是一種優良的觸媒，應用時或取其乾粉，或懸浮於溶液中。

533. 【用途】 因為鉑的熔點極高，且不為大多數的化學藥品所侵蝕，故為實驗室中極有用的物料。如製成細絲和坩堝等(圖 311)。

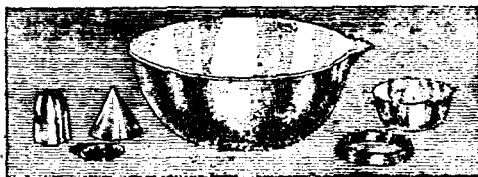


圖 311. 實驗室中所用的鉑製坩堝、圓錐、盆、和細絲等

因其膨脹係數和玻璃相同，故以前凡須在玻璃中封入金屬線時，都用牠。若用銅線封入玻璃中，則當銅和玻璃在冷卻時，因其收縮率各不相同，致玻璃容易破裂。到現在，鉑的這種用途已為夾白金(§ 475)所代替了。又因鉑即使在加熱時也不為空氣所氧化，故曾用為電器

上的接觸點，不過近來已為鎢所代替，因為鎢質較硬，而且價格也比較便宜。此外鉑又用以製指環及其他的裝飾品。鉑的價格現在（指1936年）略與黃金相等。

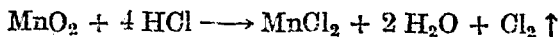
## 錳

錳(manganese)是中國重要富源之一，全國的錳礦儲量達二千二百五十萬餘噸，礦砂年產量最多達七萬餘噸（民國十九年）。產量最多的首推湖南的湘潭，廣西的桂平、武宣，江西的樂平，和廣東的欽縣。惜中國不能利用此項富源，都以礦砂輸出外國，以供煉鋼的原料，至為可惜。

錳有一特點，即能生成許多的氧化物。換句話說，就是牠能生成許多種的化合物，每種化合物中錳的原子價各不相同。在有些化合物中，牠的作用像金屬，能生成陽離子，在有些化合物中則又成為陰離子的一成分。因其化合物為數過多，本書不打算把牠們一一詳述。

在亞錳鹽類(manganous salts)中，錳的原子價是二，呈粉紅色。這類物質略與亞鐵鹽相當。其他的錳化合物，重要的都含有氧。

534. 【二氧化錳】 二氧化錳(manganese dioxide)呈游離狀態而存在於自然界中，稱為軟錳礦(pyrolusite,  $MnO_2$ )。牠是一種強氧化劑，在用鹽酸製氯時，我們已用到過牠：



試注意，在這反應中錳的原子價已由4而變成2。二氧化錳又用以製乾電池組，及在黑色油漆製造中作為氧化劑。

金屬錳 (metallic manganese) 及其與鐵的合金 (鐵錳齊), 可用鋁來還原軟錳礦而得 [哥德士密特法 (Goldschmidt process)]。這金屬在製特種鋼時, 有特殊用途。

535. 【過錳酸鹽】 當二氧化錳與氫氧化鉀及一種氧化劑 (如硝酸鉀) 共熱時, 就得到一種綠色的熔塊。用水將其溶解提取, 就得錳酸鉀 (potassium manganate,  $K_2MnO_4$ ) 的溶液。這綠色溶液用水稀釋後變成紫色, 同時有二氧化錳沈澱而出。若蒸發這紫紅色的液體, 就得過錳酸鉀 (potassium permanganate,  $KMnO_4$ ) 的針狀晶體。這鹽在溶液中生成  $K^+$  離子和  $MnO_4^-$  離子。牠是一種極強的氧化劑, 極易將氧給與其他物料而生成二氧化錳或一種亞錳鹽。牠在實驗室中用作強氧化劑, 在醫藥上用作防腐劑及消毒劑。

## 鉻

鉻 (chromium) 是第六屬中長週期中央的一種金屬。牠和錳一樣, 在所生的鹽類中, 有多種不同的原子價。牠在原子價較高的化合物中, 作為氧化酸類的陰離子的一成分。

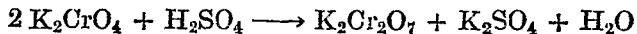
536. 【氧化物和氫氧化物】 鉻有兩種重要的氧化物: 即綠色的氧化鉻 (chromic oxide,  $Cr_2O_3$ ) 和紅色的鉻酐 (chromic anhydride,  $CrO_3$ )。綠色氧化鉻是一種鹼即氫氧化鉻 [chromium hydroxide,  $Cr(OH)_3$ ] 的酐。從這鹼可以製成各種的鉻鹽 (chromic salts), 其中最重要的是硫酸鹽 ( $Cr_2(SO_4)_3$ )。氫氧化鉻係從硫酸鹽中沈澱而得, 可用作染色中的媒染劑 (§ 514)。

金屬鉻可由天產的氧化鉻藉鋁的還原作用而製得（哥德士密特法）。鉻和金屬錳一樣，可用以製特種鋼。

537. 【鍍鉻法】 化學家在許多年前早已能用電解法鍍鉻（俗稱鍍克羅咪）。但是在怎樣的狀況下纔能使所鍍的鉻有相當厚度而不易剝落，則到最近方纔解決。把欲鍍的器物先鍍以銅，再鍍以鎳。待表面經適當的處理後，就把牠浸入鉻酸溶液中作為陰極。陽極為一鐵板或鉛板。據實驗的結果，知溶液中又必須有硫酸根離子存在。鍍鉻物品，如我們日常見到的汽車零件和家具裝璜等，其表面都非常光亮，且不易發曇或被擦傷。

538. 【鉻酸鹽和重鉻酸鹽】 鉻酐( $\text{CrO}_3$ )易溶於水而生成鉻酸(chromic acid,  $\text{H}_2\text{CrO}_4$ )。鉻酸的鹽類，稱為鉻酸鹽(chromates)。鉻酸鉀(potassium chromate,  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ )是一種黃色結晶形的固體，可溶於水。鉻酸鉛(lead chromate)是一種不可溶性的固體，用作黃色顏料。

重鉻酸鉀(potassium dichromate,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ )由蒸發含有硫酸的鉻酸鉀溶液而得：



重鉻酸鉀只較鉻酸鉀多含一分子鉻酐( $\text{K}_2\text{CrO}_4 \cdot \text{CrO}_3$ )，都用以鞣製皮革。鉻酸鹽和重鉻酸鹽在酸溶液中都是強氧化劑，同時被還原為鉻鹽。所以在實驗室中常用以作氧化劑，在工業上也有用以供同樣用途的。重鉻酸鉀又可鞣製輕革，因其遇有還原劑共同存在時，即能在皮革中發生氫氧化鉻 $[\text{Cr}(\text{OH})_3]$ 的沈澱。鉻酐在濃硫酸中的溶液，



其主成分爲鉻酸與硫酸的混合物；這物質極易溶解油脂和其他的物料，所以在實驗室中常用以作清淨溶液(cleaning solution)。

## 鎢 鉬 和 鈳

鎢、鉬、鈳三種元素，與鉻和錳相似，生成了多種的化合物，在這些化合物中，有多種不同的原子價，並且有的呈酸性，有的呈鹼性。牠們的主要用途爲製造特種鋼。其純金屬本身，因爲用途較少，故製造不多。但是牠們的合金，即所謂鐵齊(ferro-alloys)的，含鐵約50%，卻有重要的用途。至於這些金屬在煉鋼工業上的地位，上面都已討論過了(§ 475)。

539. 【鎢】 鎢(tungsten)是我國天賦特多的礦產，儲量達一百餘萬噸。年產量占全世界產額的百分之四十以上，以江西南部爲最多，次爲廣東、湖南，其他如廣西、福建、河北各省，也有少量產出。惜中國根本沒有煉鎢工廠，致所產鎢礦不能利用，全部運往海外，這是中國實業家應該知所警惕的。

鎢是白色的金屬，用以製造高速鋼(圖312)。牠的融點極高(約爲3000°C.)，並可被抽成細絲，而仍極強韌，故爲製白熾電燈中燈絲的最好原料。鎢絲燈泡所費的電流，只及舊式碳絲燈泡的三分之一。這金屬又能代鉑以作汽車振動



圖 312 用氧炔炬接特種鋼合金於鋸齒

器上的電接觸點。

鎢與碳結合而成的碳化物呈結晶形，其硬度幾與金剛石相等。最近曾把這種晶體嵌入金屬鉗中，以製車床工具。市上以 carboloy 這商品名而出售的，就是這種物質，可供硬玻璃管刻度之用。

**540. 【分析上金屬的分屬】** 我們已經見過 (§ 162)，各種的金屬都生成不同的不溶於水的化合物。例如銀、鉛、和亞汞的鹽類，都生成不溶於水的氯化物。金屬的定性分析(qualitative analysis)系統，就是根據某種鹽類的不可溶性而設計着的。有些藥品能把某特殊屬中所有金屬的某一種鹽類，都沈澱下來，這種藥品稱為試劑。我們若在試液中加入各種試劑，就可把全部金屬分離為若干屬。如果我們正在分析的溶液，含有普通金屬中的一種或全部，那末這方法就非常簡便。當我們把溶液中的成分，分離成不同的屬以後，就可用比較專門而複雜的方法，去檢出這屬中是否有任何特殊金屬的存在。

### 第三十四章摘要

**【汞】** 汞只消把硫化物煨燒而得。牠是一種很重的金屬，用於氣壓計和溫度計。

**【甘汞和昇汞】** 甘汞即氯化亞汞，用於醫藥。昇汞即二氯化汞，是一種劇毒的藥品，其極稀的溶液，用以作消毒劑。

**【銀】** 銀大都藉派克法由鉛脫銀作用而得。常與銅融成合金，可供多種用途。

**【硝酸銀】** 硝酸銀由銀溶解於硝酸中而成。常用以製其他的銀化合物。

【鹵化銀】 鹵化銀爲不溶性化合物，易感光。

【照相化學】 照相乾片上塗有溴化銀，溴化銀經曝光後，可被顯影液所還原。未被還原的銀鹽爲硫代硫酸鈉所溶去。物像係印曬在塗有鹵化銀的紙上。

【金】 金在自然界呈游離狀態而產出，可用機械分離法、混汞法、或氰化法自其礦石中提取之。金是一種軟、重、而富於展性的金屬。常與銅融成合金，以耐磨損。不溶於大部分試劑，但能溶解於王水中，生成氫氯金酸。

【鉑】 鉑天然產出於自然界中，常與同類金屬成爲合金。牠是一種極重的熔點很高的金屬，只能爲極少數的化學藥品所侵蝕。牠溶解於王水中，生成氫氯鉑酸。極細的鉑粉是氣體反應的良好觸媒。

【錳】 錳生成許多種的化合物，每種化合物中錳的原子價各不相同。二氧化錳(軟錳礦)有天然產出。各種過錳酸鹽都是強氧化劑。

【鉻】 鉻生成兩種氧化物： $\text{Cr}_2\text{O}_3$  呈鹼性， $\text{CrO}_3$  呈性酸。前者相當於鉻鹽，後者相當於鉻酸。鉻酸鹽和重鉻酸鹽都是強氧化劑。

鍍鉻較鍍鎳爲佳，因其不易發曇，且十分堅硬。

【鎢、鉬、鈳】 鎢、鉬、鈳的鐵齊用以製特種鋼。電燈泡中的燈絲是用鎢來做的。

【分析上金屬分屬】 一切金屬都可以利用某種化合物的不可溶性而分離爲若干屬。於試液中加入不同的試劑，使金屬分離成屬，乃是定性分析系統的基礎。

## 問題和習題

1. 試述從金礦提煉金的三種方法
  2. 汞的何種性質利用以提煉金?
  3. 化合氮的廣大用途之一,為用氰化鈉提煉金。怎樣應用氰化鈉提煉金?
  4. 二氧化錳的幾種用途,係利用其何種性質?
  5. 何種反應用二氧化錳為觸媒?
  6. 人類最早應用的金屬是金和銀。試解釋其理由。
  7. 什麼金屬的密度最大? 什麼金屬的熔點最高?
  8. 鉛溶解於王水中,生成何種化合物? 金溶解於王水中呢?
  9. 有一溶液,含有硝酸銀、硝酸亞汞,和硝酸銅。怎樣使銅與其他物質分離?
  10. 舉示三種熔點極低的物質的名稱,及三種熔點極高的物質的名稱。
  11. 鎢適於作電燈泡中的燈絲,係利用其何種性質?
  12. 舉示下列各物質的名稱和化學式: (a) 甘汞; (b) 銀丹; (c) 軟錳礦; (d) 辰砂;
- (e) 昇汞
13. 下列金屬的重要礦床在什麼地方: (a) 金; (b) 汞; (c) 鉛; (d) 銀?
  14. 實驗室中常用的‘清淨溶液’是怎樣製成的? 這溶液有何優點?
  15. 在最近幾年來,為什麼鍍鎳物品極為流行?
- \* \* \*
16. 關於 (a) 金和 (b) 金剛石所用‘開’(carat) 和‘克拉’(carat) 的意義。
  17. 怎樣區別金和黃銅?
  18. 設計使金銀分離的方法兩種。
  19. 設計一個決定金幣或金飾物中含金百分數的化學方法。
  20. 怎樣從氯化金中收回金?
  21. 寫出錳氯金酸因熱分解的方程式。
  22. 製實驗室中所用的坩堝,何以鉑較優於金?
  23. 使用鉑製器皿時,應注意些什麼?
  24. 把極細的鉑粉放在氫氣的噴出口,能使氫氣着火。試解釋之。
  25. 錳酸鹽與過錳酸鹽,何者較為穩定?
  26. 寫出鹽酸為過錳酸鉀所氧化的方程式。假定錳結果變成氯化亞錳。

27. 我國需要從國外輸入的金屬是什麼？需要限制輸出的金屬是什麼？（參考張白衣著國防與軍器工業，汗血版）。

28. 普通檢驗二氧化硫（使別於氯化氫等氣體）的方法，是把過錳酸鉀的溶液注入欲試氣體的瓶中，用力搖動，或通氣泡於過錳酸鉀溶液中。若是溶液的紫色消褪，就可決定其為二氧化硫。試解釋之。

29. 鉻酸鉀和重鉻酸鉀在組成和性質上的不同是什麼？

30. 高速鋼通常都含有鎢。試解釋之。什麼是 carbonyl？為什麼牠可以代替鎢鋼？

\* \* \* \*

31. 使 50 立方釐米含有 HCl 20% 的鹽酸（比重 1.1），與過量的金屬錳相作用，可製得多少立方釐米的氫（標準狀況）？

32. 100 磅的軟錳礦，可製成多少磅的過錳酸鉀（ $\text{KMnO}_4$ ）？假定礦石中的錳完全用盡，而其中所含的二氧化錳占 85%。

33. 4.10 克的鉑溶於王水中，能得到多少克的氫鉑氯酸（ $\text{H}_2\text{PtCl}_6$ ）？

34. 用哥德士密特法製鉻，要使 1 仟克的氧化鉻（ $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ）中的鉻完全利用，須用鋁粉多少克？

35. 設有銅和銀的合金重兩克，如果把牠溶解在稀硝酸中，並加過量的鹽酸，就有重 0.2 克的氯化銀沈澱下來。試計算這合金中所含銀和銅的百分率。

## 進修研究題

【照相化學】乾片怎樣製造？曝光時發生怎樣的變化？顯影匣中通用的顯影藥是什麼？為什麼？定影、沖洗、乾燥時須注意些什麼？藍印術、銀印術、鉑印術、碳化法（carbon proces）等的化學作用如何？（最新化學工業大全，第四冊，商務版；高錕譯：照相化學，商務版；彭瑞良著：今日的攝影術，商務版。）

【工業上所用的稀有元素】由於最近化學的進步，有些本來認為只有科學興味的稀有元素，現在已在工業上占着重要地位。因此這種物質的科學研究，已得到很好的報酬。有商業價值的稀有元素是什麼？牠們的用途是什麼？（沙玉產譯：創造的化學，新亞版。）

## 第三十五章

### 染料和塗料

色之物理的和化學的觀察。

染料——靛藍和茜素——媒染劑——洗滌色質——煤焦油產品。

塗料——水彩顏料——蟲膠和假漆——油漆——噴漆——顏料、鉛白、  
鋅鋁白和其他普通顏料。

有色物質的化學，無論在實用或化學上，都是極有興趣的問題。自從人類的審美趣味發達了以後，就不息地在找尋適當的染料和塗料。最初，人類只限於利用各種無機的和有機的天然物質，屢經試驗，而逐漸將其應用於陶器、布帛、石器和木器等。其後這藝術又經幾世紀的改良，大見進步。當人類有了一些化學知識以後，纔能設計較完善的方法來製造和應用舊時的色料。最後，由於近五十年來化學科學發達的迅速，人類已能合成新的染料和顏料，而把舊時的大部分色料淘汰了。

541. 【關於色之物理學的趣味的事實】 用稜鏡和繞射格子 (diffraction grating) 來實驗，知道白光由不同波長的單光所組成，而這不同波長就相當於光譜中不同的顏色。假使一種液體可讓某種可見光較他種可見光更容易通過，牠就現出可見的色。假使白光落在極光滑的表面上，牠可以成爲光柱 (beam) 而反射，平面鏡就是以

這個原理而作成的。但是光對於大多數的表面，都起漫射 (diffused reflection)。根據了表面的物理性質和化學性質，有一兩種波長可以被大部分吸收而不起反射，這樣表面就現出顏色。假使所有的可見光被全部吸收，表面就現黑色；假使所有的可見光以同等程度而反射，物料就成爲白色或灰色。由此可見物體表面的顏色，隨漫射的光量，和光的波長而異。藉特種分光鏡的幫助，我們可以把顏色的這種性質測量出來。因此塗料和染料的使用者現在已開始採用精確的科學名詞來標識牠們的原料和產品了。

**542. 【色之化學】** 物質之所以能反射色光或透過色光，或由於物理狀況，或由於分子(或離子)的天賦(化學的)性質。膠體的色是可以稱爲物理色的一例；如前述的(§ 379)紅色玻璃(膠體金)就是。許多湖澤的呈藍色或綠色，就由於含有膠體物料，而天空的顏色，一般也相信是由於分散在大氣中的膠體物料所致。如果把造成這種顏色的膠體物質集合在一起，那末牠所顯示的顏色就會比在膠體溶液中時截然不同。

我們已經注意過(§ 304)，週期表中長週期中央的元素往往生成有色離子，並與無色元素結合成有色的化合物。在本章中我們將見到這通則的許多實例。有機化學家曾經查得，碳原子和氮原子的某種集團，會生成有色的化合物。關於這方面的科學現已十分發達，就是未經製成的化合物的顏色，也能預言得相當準確。因此新的有機色質(染料)的製造，現在已不再是用‘盲衝瞎撞’的方法，而是依照着科學的路線來進行了。

爲什麼某種原子和分子吸收一種可見光，而其他許多原子和分子卻沒有這種選擇吸收的作用呢？這個科學問題的答案，只有等到將來了。也許藉原子構造的電子說，可以把這個問題回答出來。現在，化學家和物理家常有新的報告來補充我們舊時的見聞。顏色的基本原因雖然至今還神祕莫測，可是他們卻能作成某種通則(如上面所說的幾種)，告訴我們許多關於有色化合物的知識。

## 染 料

把色施之於織品，稱爲染色(dyeing)。染料是有色的物質，能牢固地附着於織品之上，或由於直接的作用，或須藉一種無色物質稱爲媒染劑(mordant)之助。現在所有的染料，都是從煤焦油中製出的複雜有機物質(圖 313)。牠們的化學式在初等化學中討論，是嫌過

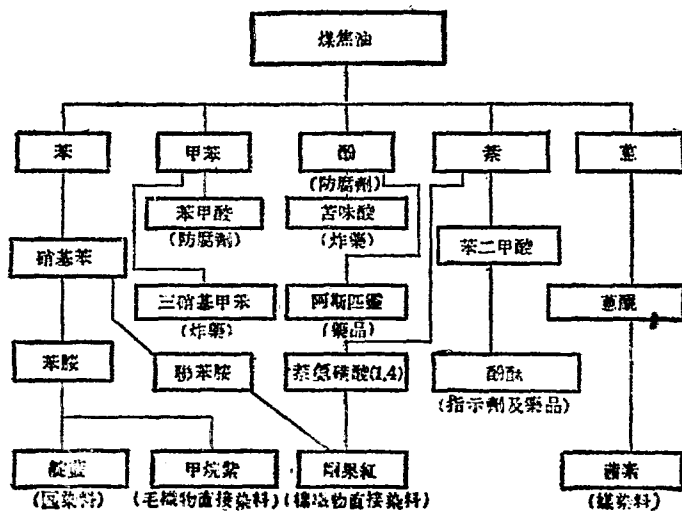


圖 313. 煤焦油製品圖解



於艱深的。其中最有趣味的兩種是茜素 (alizarin) 和靛藍 (indigo)。在數百年來，牠們都是從植物中製得的。但是到了十九世紀的末葉，化學家發現了牠們分子的結構，經過多次的實驗，終於發明了從煤焦油中製取牠們的方法。靛藍的分子結構式，是由當時最著名的有機化學家拜耳(圖 314)所創立的。

543. 【靛藍】 靛藍是暗藍色的粉末，差不多不溶於任何液體中。然而牠可以被還原成可溶性的化合物。假使把棉布浸入還原的靛藍溶液而暴露於空氣中，就由氧化作用而再生成靛藍，把棉布染成永久不褪的藍色。這是一種重要染色法即匹染法(vat dyeing)的一例(圖 315)。顏色不同而染色性質似靛藍的許多新化合物，現在都能製得。這種匹染料(vat dye)多用以供棉布的染色。

有許多染料，能溶於水，把織品放在這種深色的溶液中，染料就附着在織品之上。這稱為直接染法(direct dyeing)，凡毛絨等動物性纖維的織品，極容易用這個方法來染色。例如，把一方毛織品或絲織品放在苦味酸(picric acid)的溶液中煮沸，就染成淺黃色。染料與織品間的結合，雖然無疑地與吸附作用 (§ 372) 有重要的關係，



圖 314. 拜耳像  
(Adolf von Baeyer, 1835-1917)  
著名的德國有機化學家；曾創立的靛藍  
的分子結構式

但是一般相信，在許多例子中實在是一種化學作用。

**544. 【媒染劑】** 許多有色物質的作為染料，只能與一種金屬的氫氧化物所謂媒染劑的聯合應用。茜素就是這樣一種媒染染料 (mordant dye)。牠是一種黃色的粉末，當其懸浮於溶液中時，能與新沈澱的氫氧化物發生反應，而生成不溶性的有色化合物。這樣的化合物，稱為沈澱色質 (lakes)，都用於油漆的製造 (§ 553)。

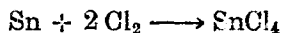


圖 315. 染色工場

如果氫氧化物(媒染劑)在有染料存在時沈澱在織品上面，牠就把有色物料結合在織品的纖維間。因此，所謂媒染劑是會與染料結合成有色的化合物而固着在織品上的一種物質。換一句話說，媒染劑是染料和織品間的錨鏈。氫氧化鋁、氫氧化鐵、氫氧化亞錫和氫氧化錫是常用的媒染劑。先將織品用金屬的鹽類處理，次用染料處理，最後再用蒸汽來蒸煮。蒸汽使鹽類起水解，於是氫氧化物就起沈澱而析出。

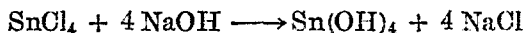
因為有些染料(如茜素)由於所用媒染劑的不同而生成不同的顏色，所以在一次的染色中可以在布上染成五彩的花樣。其法，先按照所需的花樣，用不同的金屬鹽類來浸染在布上不同的部分；等到這布與染料共煮時，花樣上就現出各種不同的顏色，與所用不同的媒染劑相應。

**545. 【作媒染劑用的氯化錫】** 常用作媒染劑的金屬鹽類，為鋁、鐵、和錫的鹽類。鋁和鐵的鹽類，前已述及 (§ 4.0)。氯化錫 (stannic chloride,  $\text{SnCl}_4$ ) 是一種普通的錫鹽，可使氯除去馬口鐵上的錫而大量製得之：

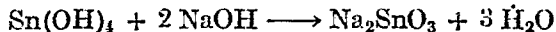


氯化錫是無色的液體，在空氣中能發煙，與水生成結晶形的水化物，普通市售的氯化錫就是成爲晶體的。

於氫氧化錫的溶液中加入氫氧化鈉，就有氫氧化錫 [stannic hydroxide,  $\text{Sn}(\text{OH})_4$ ] 沈澱而出：



氫氧化錫的酸性較鹼性更爲明確，故有時稱之爲錫酸 (stannic acid)。錫酸極易溶解於過量的氫氧化鈉溶液中，而生成了錫酸鈉 (sodium stannate)：



錫酸所生的鹽類，廣用於絲織品的加工。把絲織品用錫鹽的溶液處理，然後再浸以氫氧化鈉溶液，織品上就飽孕着氫氧化錫，成爲固態的膠體溶液而分布於織品的纖維間。這使織品增加重量，並發生柔和的光澤。棉織品經同樣的處理後，可使不易着火。棉織品或絲織品所能吸收和固着的錫酸，其分量極爲可驚。絲織品中所含成爲錫酸而存在的金屬錫，往往有達牠本身重量的兩倍的。

某種含有鹼性原子團的染料，爲毛絲的直接染料，但不能用直接染法以染棉織品。若欲把牠應用於棉織品，須先浸以鞣酸（一種天

然產品)，因為鞣酸可以作為這種染料的媒染劑。

546. 【可貴的煤焦油產品】 從製造焦炭(圖 316)所得的副產品煤焦油中,含有少量的碳化氫,稱為芳香族化合物 (aromatic compounds)。這種碳化氫可將煤焦油蒸餾而分離出來。從蒸餾所得的產品可以製成一大羣有用的物質,凡是現今所用的染料,都包括在內。其他如醫藥品、照相顯影藥、炸藥(如苦味酸),也都由芳香族碳化氫所製成。因此藥品和染料往往稱為‘煤焦油產品’。但是讀者切勿誤解,以為藥品和染料原本存在於煤焦

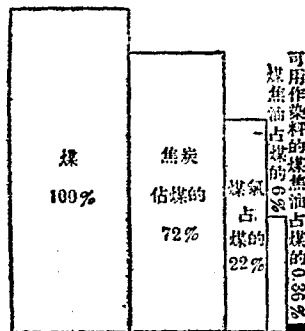


圖 163. 從煤的蒸餾所得副產品的百分比

油中,只要設法來提取就得。事實並不如此。煤焦油產品的最初原料是芳香族碳化氫(從煤焦油製得),從此一步一步地製造出一大羣的化合物,直到最後才成為我們所需的染料或藥品。重要的煤焦油碳化氫有下列幾種: 苯 (benzene,  $C_6H_6$ )、甲苯 (toluene,  $C_6H_5CH_3$ ) 和二甲苯 (xylylene,  $C_6H_4(CH_3)_2$ ), 都是液體,常用為溶劑; 萘 (naphthalene,  $C_{10}H_8$ ) 是一種固體,就是市售的洋樟腦丸 (moth balls); 還有蒽 (anthracene,  $C_{14}H_{10}$ ), 也是一種固體。

## 塗料

547. 【塗料的兩種主要成分】 染料的主要目的,在使織品美觀和悅目。塗料則兼有裝飾和防止腐蝕兩種目的。塗料由展色劑

(vehicle) [或稱介質(medium)] 和顏料 (pigment) 兩者所組成。展色劑是一種液體,當其薄層曝露於空氣中時,大都能很快地變成柔韌、透明像角質一般的物料。這變化大概由於氧化作用或由於液體中的一成分蒸發化氣所致。油漆的‘乾燥’是由於氧化作用。水彩繪料、硝棉漆(噴漆)、酒製假漆(蟲膠漆)等的乾燥是由於所含的一成分蒸發化氣。顏料是塗料中的固體部分,常加入於展色劑中,使成所需的顏色。

在水彩繪料 (water colors) 中,所用的展色劑是膠和水。水經蒸發後,就把顏料留在固體的膠質中。某種水彩繪料所用的膠,當其曝露於空氣中時,能漸漸變成不可溶性的物質。所以這種繪料以後就可不再受水的作用了。

蟲膠漆 (shellacs) 和假漆 (varnishes, 俗稱凡力水), 是用天產樹膠和合成樹脂製成的。其中不用顏料。最佳的假漆係用化石樹膠 (fossil gum) 與油類加熱而得。牠們的乾燥大部分由於氧化作用。蟲膠 (shellac) 也是一種樹膠,產於熱帶的某種樹木上,為無數昆蟲的分泌物。牠能溶解於酒精中,溶液蒸發乾燥後,就留下了蟲膠的薄層。酒製假漆 (spirit varnishes) 則為其他樹膠在各種溶劑中的相類溶液。

548. 【油漆】 某種植物性油類能吸收氧,結果生成了一種極強韌、不透水而透明的物質。若在物體表面塗油一層,那末經數日後,就發生上述的作用。這樣的油類稱為乾性油 (drying oils),雖然牠的作用實在並不是乾燥。亞麻仁油 (linseed oil) 是其中最重要的

一種。

油漆中須加入一種催乾劑 (dryer) 如鉛、錳和鈷等的肥皂，以催速油類的氧化。牠們的作用是一種催化作用。

油漆中的顏料 (pigment) 是反光性極大 (高度不透明) 的物質。

顏料通常是白色物質，如鉛白等。如需有色油漆，纔在其中加入有色顏料。油漆常用松節油 (turpentine, 從某種松樹的液汁製成) 沖薄，因為牠能藉催化作用和蒸發作用以催速油漆的乾燥。

549. 【噴漆】噴漆 (lacquers) 即硝棉漆 (pyroxylin paints), 是指歐戰後汽車工業上應用的快乾漆。所用的顏料實際上和油漆中所用的相同。但是牠的展色劑卻是硝棉 (pyroxylin, 即可溶性硝化纖維素, § 417) 的溶液和溶在有機溶劑中的某種高沸點的有機液體 [黏軟劑 (plasticizers)]。溶劑蒸發後，就剩下硝棉和黏軟劑，成為強韌而不透水的薄層。這種塗料因蒸發而乾燥，作用極快。因了展色劑的特性，硝棉漆常用噴灑法 (圖 317) 或浸漬法施於器面。這方法較之用漆刷搽塗，更為價廉而迅速。噴漆都廣用於汽車及傢具工業。金色噴漆和銀色噴漆則由青銅和鋁粉懸浮在硝棉溶液中而成。



圖 317. 噴射快乾漆於汽車

這新興的工業所用的溶劑極多。其中最重要的為有機酯類 (organic ester), 如醋酸乙酯 § 426 及由玉蜀黍經特別發酵而成的醋酸丁酯等。其溶劑與黏軟劑的配合，務須使蒸發快速，而並不過快，於是所剩的硝棉薄層就不致皺縮。

550. 【白色顏料】 第 548 節中所說的白色顏料,可作油漆與噴漆的底質 (body), 漆料的遮蔽力 (hiding power 或 covering power), 就和所用的底質有關。鉛白 (white lead) 是應用最早的白色顏料, 至今還在大量地採用。鋅銀白 (lithopone) 是比較新的產品, 現今已得廣大的應用。氧化鋅即鋅白 (zinc white, ZnO), 是另一種重要的白色顏料。其他如硫酸鋇 [即重土 (barytes)]、碳酸鈣 [即白料 (whiting)]、和硫酸鈣 (即石膏) 等, 也常與其他白色顏料混合應用。這種物質稱為調合料 (extenders), 因其本身的遮蔽力極弱, 故用以稀釋不透明的顏料。

551. 【鉛白】 鉛白 [white lead,  $Pb(OH)_2 \cdot 2 PbCO_3$ ] 實由氫氧化鉛和碳酸鉛所組成, 又稱鹼式碳酸鉛。牠是一種質重、色白、不溶於水的物質。應用鉛白的缺點, 為遇硫化氫時變黑色, 因其與硫化氫生成黑色的硫化鉛 (lead sulfide,  $PbS$ ) 的緣故。在城市的空氣中, 總有少量的硫化氫存在, 因此白色的油漆常變黑色。就這一點而論, 氧化鋅和鋅銀白都較鋅白為佳。含鋅的白色顏料不會變黑, 因為硫化鋅的本身也是白色的。

鉛白的製法有多種, 都於有弱酸如醋酸存在時, 使水、空氣、和二氧化碳等作用於金屬鉛而得。舊式的荷蘭法 (Dutch process), 能造成優良的產品, 至今還在採用。用鉛製的格子稱為‘鉛槽’ (lead buckles) 的放在瓦罐裏, 如圖 318 所示。罐底放著稀醋酸(醋)。然後把瓦罐埋在潮溼的鞣質樹皮 (tanbark) 或肥料中 (圖 319)。於是肥料或樹皮中的有機

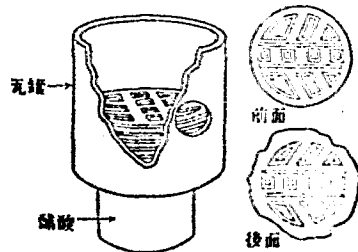


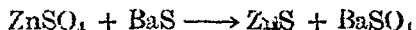
圖 318 鉛白槽及瓦罐

物質就分解而生二氧化碳和氫氣；同時並放出熱。一方面稀醋酸的蒸氣侵蝕鉛，就生成了醋酸鉛(lead acetate)。而二氧化碳和水再與醋酸鉛作用，就生成鉛白。這樣經三四個月以後，瓦罐中的鉛已完全腐蝕，而變成了一堆鉛白。這顏料從未變化的鉛中分出(圖319)後，再磨成細粉，用篩篩過。最後將其混和在亞麻仁油中磨勻，製成稠厚的糊狀而出售。現在已有好幾種新的方法，能把上述反應於短期內完成。



圖 319. 在瓦罐中裝鉛粉(左)及醋酸(右)

**552. 【鋅銀白】** 鋅銀白為硫酸鋇和硫化鋅的混合物，可藉硫化鋇作用於硫酸鋅而得：



鋅銀白廣用為牆壁油漆，因其遮蔽力極大，無毒，且不易為硫化氫所變黑。

**553. 【有色顏料】** 在從前，有色的礦物質是僅有的可利用的有色顏料。其中有許多至今還在採用，特別是藝術家所用費重的油繪料和水彩繪料。自從工業上製成了許多有色化合物，及從各種合成的有機染料中製成了許多沈澱色質(§ 544)後，顏料的數目就大大地增加。在週期表(第 307 頁)第一長週期中央的鉻、鐵、和銅等元素，其化合物比較豐富，其中大都為有用的顏料。在第二長週期中的鉛和汞的化合物，也多用為顏料，不過汞的化合物很貴，不適於作普通的塗料。至於燈煙或黑煙末則差不多是一切黑色塗料的底質。



**羣青** (ultramarine) 是由熔融矽酸鋁、碳酸鈉、硫酸鈉、硫和木炭等的混合物製成的。其藍色大概由於硫在固體中成爲膠體懸浮所致。牠的成分似乎與貴重的天產琉璃 (lapis lazuli) 相同。

**554. 【顏料的其他用途】** 許多的顏料用以製彩色的印刷油墨 (printing inks), 印刷油墨爲顏料在亞麻仁油中的懸濁液, 可將亞麻仁油加熱煮沸, 然後加入顏料, 煎至成黏稠狀態而得。黑色印刷油墨是燈煙在亞麻仁油和松節油中的懸濁液。陶器上所用的彩釉, 都是能耐高熱而不起變化的無機顏料。其應用的方法, 在第 498 節中已經討論過了。

### 第三十五章摘要

**【物體的顏色】** 物體的顏色隨該物體反射到人眼中來的光的波長而異。物質能反射有色光波, 或透過有色光波。

有些顏色起因於物料的物理狀況, 有些顏色起因於物料中的分子或離子的化學性質。

**【煤焦油染料】** 差不多所有的染料, 現今都用煤焦油製成。

**【染料的種類】** 染料隨使用方法的不同, 可大別爲下列三類:

- (1) 直接染料, 能直接與纖維化合, 如苦味酸的對於動物纖維。
- (2) 媒染染料, 如茜素等, 須賴中間物質 (金屬的氫氧化物) 的幫助以固着色質於纖維。

- (3) 回染料, 係在纖維中藉氧化作用而生成的染料, 如靛藍。

**【油漆】** 油漆的主要成分有三種:

- (1) 顏料，為極細的不溶於水的有色粉末。
- (2) 展色劑，為分散顏料的液體，在空氣中能氧化成堅硬而有彈性的塗膜。
- (3) 催乾劑，為催速乾燥作用的物質。

【噴漆】噴漆即硝棉漆。這種快乾漆用硝棉溶液為展色劑。硝棉溶液則由某種低級硝化纖維素和高沸點的有機液體，溶解在有機溶劑中而成。

## 問 題

1. 近五十年來，在染料和塗料的製造方法上，有何重要的改變？
2. 黑紙片和白紙片有何物理的差異？
3. 紅色顏料何以成紅色？
4. 有兩種染料，牠們在幾百年前都採自植物，現在卻都在化學工廠中製成。試舉示其名稱。
5. 試解釋應用茜素的區染法？
6. ‘不褪色’ (fast) 和‘褪色’ (fugitive) 兩名詞，應用於染料時，其意義若何？
7. 用區染法染色，是否容易褪色？
8. 什麼叫直接染法？試舉例說明之。
9. 什麼叫媒染劑？試舉示四種媒染劑的名稱，並各寫出其分子式。
10. 解釋媒染劑固着染料在織品上的情形。
11. 怎樣用鹼性染料如孔雀綠 (malachite green) 來染棉布？
12. 舉示三種直接從煤焦油製成的染料的名稱。
13. 解釋同樣的染料為什麼能染成不同的顏色？
14. 塗料的三種主要成分是什麼？各成分的功用如何？
15. 油漆和假漆的區別是什麼？
16. 當用以加入油漆的松節油，其功用若何？
17. 織品纖維常分為動物性和植物性兩種。試區別下列各種紡織品：(a) 綢；(b) 麻紗；(c) 縐（人造絲）；(d) 法蘭絨；(e) 夏布。

18. 爲什麼噴漆在汽車工業上應用極爲普遍？
19. 舉示三種含鉛的顏料的名稱，並寫出牠們的式。
20. 那幾種金屬元素，造成最多數的有用顏料？牠們的位置在週期表中的什麼地方？

\* \* \*

21. 最初的煤焦油染料，在何時爲何人所製得？
22. 爲什麼藍色衣服，有時在人造光中看起來變成黑色？
23. 解釋絲織品怎樣可用氫氧化錫來‘加重分量’？
24. 油漆的乾燥和噴漆的乾燥有什麼不同？
25. 指出評判油漆價值的五個要點。
26. 油漆與硝棉漆比較，其優點是什麼？
27. 棉子油可代油漆中的亞麻仁油麼？
28. (a) 指出優等假漆的五種特性；(b) 怎樣檢驗假漆？
29. 化學實驗室中髹漆牆壁，何以不應用鉛白？
30. 在煉鋼工業和煤氣工業上，都舉行軟煤的破壞蒸餾。試舉示各工業中的主要產品及兩種副產品。

## 進修研究題

【靛藍的故事】天然的靛藍產生在那裏？怎樣從植物製得？合成靛藍與天然靛藍的化學成分是否相同？製合成靛藍的原料是什麼？牠的價格怎樣決定？沙玉彥譯：創造的化學，新亞版。）

【煤焦油對於文化的影響】繪製一張表示煤焦油產品如重要染料、藥品、照相顯影藥、炸藥、香水和香料等的圖解。試在圖上註明製造中的重要步驟。（徐美秋等合譯：科學與改造世界，商務版；沙玉彥譯：創造的化學，新亞版。）

## 第三十六章

### 放射現象和元素的遞變

放射現象——鐳——鐳射氣，氦——鐳的用途——蛻變系——放射性  
元素和週期表——原子核的蛻變——萬物一元論。  
元素的遞變——人工蛻變。

555. 【放射現象】 據研究所得，有許多元素能發出特種的輻射 (radiations)，其效應大致與 X 射線相同。換一句話說，牠們能穿透如黑紙等物料，而使照相乾片感光，驗電器放電，和某種礦物發生螢光。1896 年，法國科學家柏克勒爾 (Becquerel)，於觀察鈾 (uranium) 鹽的晶體時，最初發現這效應。凡此現象，統稱為放射現象 (radioactivity)。皮耳·居利 (Pierre curie) 及其夫人 (圖 320) 更從這個發現繼續研究，終於隔離得兩三種放射性較鈾更強的其他元素。最初製得的元素，由居利夫人定名為 釷 (polonium)，以紀念她的祖國 波蘭 (Poland)。他們發現的另一放射性元素是 鐳 (radium)，不但存在量較多，並且較鈾和釷更為重要。

鐳在 瀝青鈾礦 (pitchblende)，是一種不純粹的氧化鈾中有微量存在。每三噸的礦石中只能製得一克的鐳。由此可以想見，欲從礦石中提取鐳，必須經過極艱難複雜的化學操作。鐳是最珍貴的金

屬，照現在的市價，每盎司約值 1,000,000 美金。

556. 【最貴重的金屬】 鐳是一種金屬，其化學性質與鋇元素相似，在週期表中確位於鋇的下面。鐳的多種鹽類及游離金屬的本身都會製得。關於牠們純粹的化學性質，和鈣族中的其他元素沒有什麼差別。

然而鐳及其所有的鹽都具極強的放射性。這放射性與鹽類的化學性質並無關係，牠在溴化鐳中和在游離金屬中一樣地顯著。事實上，有時候說到‘鐳’，實際上卻是指溴化鐳 (radium bromide)。因為鐳元素在保藏和應用時，普通都是用溴化鐳的。由此可知，放射現象是鐳原子的一種特性，而與其化合作用並無關係。鐳及鐳鹽的放射性極強，可藉照相乾片的感光、驗電器的放電、和蓋光屏的發光而偵知之。

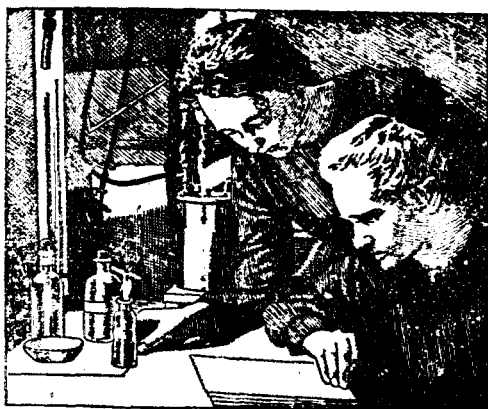


圖 320. 居利夫人 (Madame Marie Skłodowska Curie, 1867-1934) 及其女兒朱力奧夫人 (Madame Irene Curie-Juliot, 1897-)，都因研究放射現象而獲得諾貝爾獎金

557. 【鐳的三種輻射】 據研究所得，鐳鹽確能發出三種輻射，牠們的穿透力和受電場影響的狀況，各不相同。圖 281 所示的實驗，解釋電場對於鐳射線的效應。那些稱為  $\alpha$  質點 (alpha particles)

的，其穿透力極微弱，已知其為帶陽電荷的氦質點(即氦原子)。 $\beta$ 射線(beta rays)的穿透力，遠較 $\alpha$ 質點為強，實在只是一流電子，和在無線電燈泡中的一樣。 $\gamma$ 射線(gama rays)不為電場所影響，只是波長極短的X射線，可以由 $\beta$ 射線作用於所通過的固體物料而產生。使鐳具有極強的放射性而最初被人注意到的就是這種 $\gamma$ 射線或X射線。

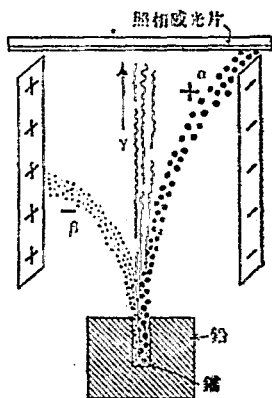


圖 321. 三種輻射為靜電場所分離

558. 【鐳的能】 鐳及其鹽類的另一奇異性質，為其放射性和放射量，完全不受溫度和任何已知狀況的影響。化學家尚不能把鐳的放射性加以任何改變。牠在液體空氣中的強度，和在最高溫度時一樣。這較之普通化學反應，極易受溫度影響的，完全不同。

鐳鹽還有一種特性，就是：牠們在繼續不息地產生着熱，並且總比四周的大氣高上三度到五度。其所生的熱量，曾經測算，結果得知一克的鐳鹽每小時約放出 100 卡。這種經常的放熱，就表面觀察好像是沒有止境的。不過事實上卻並不如此，我們不久就可見到，已知量的鐳是在徐徐地消失，在 1600 年之末，會減少一半。因此鐳並不是一個永久的能源。

559. 【鐳射氣，氦】 我們已知， $\beta$ 射線是一流電子。 $\alpha$ 質點則為帶陽電荷的氦原子。這顯著的事實，屢經得到證明，其法，係收集足量的質點，使之產生光譜，結果得知其與氦的光譜完全相同。

除了氦，我們又能從鐳得到另一種氣體，我們以前稱之為鐳射氣 (radium emanation)，現稱為氡 (radon)。這氣體從鐳化合物中不息放出，可從鐳鹽中用唧筒抽取，這樣所得的氣體極為純粹。氡顯然是獨立的元素，在週期表中為稀有氣體族中最後的一員。牠是一種鈍性的、沒有原子價的元素，其分子量為 222，較鐳的原子量少四單位。我們由此得知，從鐳可以得到兩種獨立的元素。這兩種元素就是我們已知的氦和這裏所說的氡。氦和氡的生成，在所有的鐳化合物中不斷地進行着。這個作用必定是由於鐳原子本身的蛻變 (disintegration) 而起。由此可見，一元素的原子確能變成兩種其他元素的原子。氡的原子量，在上述的轉變中是有重要意義的。牠剛好是鐳的原子量和氦的原子量之差。鐳原子的這種蛻變，化學家是無論如何也不能改變或控制的。他只能加以觀察。因此憑你化學家有何等廣大的神通，我們總不能說，化學家能變鐳為氦和氡，而只能說鐳自己崩裂成這兩種元素。

560. 【鐳的用途】 鐳所發出的輻射 (特別是  $\beta$  射線和二次產品  $\gamma$  射線) 是極度活潑的。利用這種輻射所攝得的照片，可以完全和用真空管通電時所生的 X 射線來攝得的一樣。鐳的輻射，對於一切生活物質，有着極強的效應，因此有人設想牠可以醫治各種的疾病。其結果雖不如預期那樣的成功，不過牠對於某種癌病 (cancer) 和相類的贅瘤，卻似乎確有特效。鐳的價值極昂貴，一克約值美金 75,000 元，但因牠能繼續不息地產生鐳射氣，所以在醫治疾病時，常用這種射氣以代替鐳元素本身。鐳射氣可以從鐳鹽中逐天用抽氣

唧筒抽出，而收集在一種微小的玻璃管裏，這種玻璃管就可用來插入附近痛的肌肉中。管中的鐳射氣經過一串複雜的變化，最後變成鐳 G，同時就產生  $\alpha$ 、 $\beta$  和  $\gamma$  三種射線。鐳射氣的治療力，就由於上述射線的作用於疾病組織而來。

某種不純粹的放射性元素，曾用以製造發光塗料。這種塗料是用上述物質和硫化鋅混合而製成的，當鐳的射線撞擊着硫化鋅時，就發生螢光。

561. 【蛻變系】從鐳鹽發出的  $\beta$  射線，並不是由鐳分解為鐳射氣時產生的，而是後期蛻變的結果。鐳射氣本身先變為另一固體元素，稱為鐳 A (radium A)，同時生成  $\alpha$  質點(帶電的氦原子)。鐳 A 再經蛻變，順次成為鐳 B、鐳 C、鐳 D、鐳 E、和鐳 F。當鐳 F 崩裂時，又生成另一元素鐳 G，其原子量為 206。每次變化，同時必生成一個電子，或一個  $\alpha$  質點。在鐳原子蛻變後期所放出的電子，就是由鐳鹽所放出的  $\beta$  射線。

我們須注意，變化的最後產品為鐳 G。鐳 G 不再有放射性，因其不再變化，也不再放出帶電的質點。這物質的一切化學性質證明其與尋常的鉛相同，並且除了牠的原子量較低和密度不同外，與鉛毫無分別。換句話說，鐳 G 是尋常鉛的同位素。

檢視放射性礦石(即含有鐳的礦石)中所生的鉛，知道牠的原子量和密度與尋常的鉛不同。這鉛(鐳 G)也許就是由於這特別礦石中的鐳原子經蛻變而生成的。由實驗得知鉛有兩種，其化學性質和 X 線光譜完全相同，只有原子質量則各不相同，這實驗便是有同位素



存在的最直接的證明。

鐳原子每次透出一個成爲 $\alpha$ 質點的氦原子，就減少四單位的原子量(即氦的原子量)。從鐳到最後的鐳 G，中間共經五次的變化。從鐳的原子量(226)減去這二十單位( $5 \times 4$ )，得 206，就是鐳 G 的原子量。由實驗測得從純粹鐳礦石中所生的鉛，其原子量恰好是 206，而尋常鉛的原子量卻是 207.2。從此可知這‘鉛’確是鐳 G，而我們對於鐳元素蛻變的大概情形，也可以沒有什麼疑問了。

**562. 【放射性元素與週期表】** 下邊的圖解，表示鐳的各種蛻變產品在週期表中的位置。這些元素的位置，曾經用牠們的 X 線光譜來決定，並依照牠們的化學性質來證驗。試注意在第 4 屬中，有三個元素，都是尋常鉛的同位素。其中鐳 B 和鐳 D 兩元素，都有放射性；只有鐳 G 是不活潑的，已如上述。同樣，在第 5 屬中，有兩個放射性元素，牠們是尋常銻的同位素。

0	1	2	3	4	5	6
	79 Au	80 Hg	81 Tl*	82 Pb*	83 Bi*	84 Ra F*
				Ra G	Ra E	Ra C'
				Ra D	Ra C	Ra A
				Ra B		
86 Rn*	87	88 Ra*	89 Ac*	90 Th*	91 Pa*	92 U*

圖 562. 週期表的最後兩橫行，表示鐳元素蛻變產品的位置。星標(\*)

表示各該元素及釷系和錒系的蛻變產品所占據的位置

除鐳系外，還有其他的蛻變系。釷似乎是另一系放射性元素的

起點。而鐳元素本身，恐怕也是由鈾經蛻變而逐漸生成的，因此牠實在不是一個蛻變系的起點，而只是該系的中間產品。在釷系和鈾系中所生成的元素，其在週期表中所占的位置，上面的圖解中都有星標注明(圖 522)。

563. 【原子核的蛻變】 放射性蛻變的最可信的解釋，必須應用關於物質構造的新術語來敘述。我們已經說過 (§ 166)，一個原子可想像其為若干電子環繞一個陽核而成。放射性元素的蛻變；似乎就是核的蛻變。因此，當一個放射性元素蛻變時，或從核內射出一個電子(一個  $\beta$  質點)，或從核內射出一個帶兩個電荷的氦原子(一個  $\alpha$  質點)；更或上述兩種變化同時發生。核內每損失一個電子，就增加一個淨陽電荷\* (等於原子序數)；因此新生的元素，在週期表中就居於原來元素的右一位。反之，若核內損失帶兩個陽電荷的氦原子，就減少了兩個淨核荷，因此新生的元素就必須居於原來元素左二位。假使核內射出二個電子和一個  $\alpha$  質點，那末新生的元素的核荷就沒有改變而有着同樣的原子序數，故與原來的元素為同位素。圖 322 就表明了上述的變化。這種變化，都曾根據元素蛻變時所發出的特殊輻射，而用物理測量法來研究過了。在多數實例中，其生成的元素，往往壽命極短，在幾分鐘內就消失了一半。又差不多在所有實例中，各元素所放射出的物質的分量，都極微小，非但無法看見，

---

\* 譯者按：原子核都由較多的質子和較少的電子結合而成，因為每一質子帶一陽電荷，每一電子帶一陰電荷，故核內陽電荷的總數必較陰電荷的總數為多。所謂‘淨陽電荷’(net positive charge)，就是核內的陽電荷經陰電荷中和後所剩陽電荷的淨數。淨陽電荷又稱‘淨核荷’(net nuclear charge)，或簡稱‘核荷’，其數值與原子序數相同。

而且也不能衡量。然而研究所得的結果，卻確實可信，這個功績就不得不感謝現今的物理學家，因為他們對於從自然爆破的原子核中射出的電子和 $\alpha$ 質點，都有極精確的物理方法來測量其特性。

我們必須記住，放射性元素的這種核的分解，並不牽涉到核外的電子。這些電子在新生成的元素中，只是重新排列，以適應核上的陽電荷罷了。凡一定的元素，不論其是否由放射性元素蛻變而成，牠的化學性質總是隨核外電子（尤其是最外一層的電子，即價電子）的排列而定。這在上面述及錳系蛻變的最後生成物鉛的時候，早經說明，即這種鉛的不活潑的性質與尋常的鉛完全相同，牠們的分別，必須藉原子量和密度的測定，纔能檢察出來。

564. 【萬物一元論】 放射性的變化確立了下述事實，即某種原子能破裂而生成新元素、氦原子、和電子。若是原子的核牽涉到這種變化，那末核的本身的構造，必極複雜。現在我們都相信，一切原子的核都由質子和中子所構成 (§ 138)。那末在放射性變化中，我們就不得不假定，凡射出一個 $\alpha$ 質點，就逸去二個質子和二個中子（帶電的氦原子）。

顯然，假使一切的元素都由質子、中子、和電子所構成，那末牠的原子量實際上就應該都是整數，因為氫的原子量近於一，而電子的質量是可以略而不計的。然而多數元素實際測得的原子量，卻完全不是整數。阿斯頓及其他化學家曾經指出，這事實僅僅是因為我們所知的元素，是幾種同位素的混合物的緣故 (§ 244)。各種同位素的原子量雖不完全是整數，但大部分都是整數。因此我們可以想像，

各個同位素都是由質子、中子、和電子所構成的。

根據這個理論所像想的原子構造，可舉氯元素為例來加以概括的敘述。氯有兩種同位素，原子量是 35 和 37。各原子的原子序數，都是 17；也就是有 17 個核外電子，其排列的次序如下，即 2, 8, 7。核上有 17 個陽電荷，這種陽電荷就是從 17 個質子得來的。原子量為 35 的同位素，我們假想其含有 17 個質子（使湊成 17 個陽電荷）和 18 個中子；其原子序數是 17。同樣，原子量為 37 的同位素，其中一定要有 17 個質子和 20 個中子，其原子序數也是 17；然而原子核的質量，及與此相關的原子量，卻是各不相同的（圖 328）。

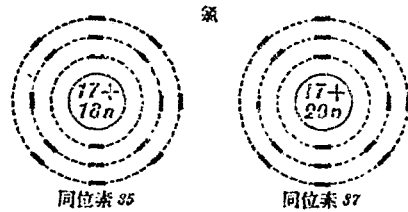


圖 328. 氯的同位素

565. 【元素的遷變】一切原子核都由其他物質組合而成的觀念，立即使我們想到複雜的原子有崩裂為簡單原子的可能。這種崩裂，稱為元素的遷變(transmutation)，在放射性元素中是不斷地在進行着的。但是我們沒有法子來使牠加速或減慢。英國物理學家拉武福德男爵曾經作過幾次實驗，他證明氮原子為  $\alpha$  質點撞擊後，就生成幾個氫原子。其中起變化的物質的量，極為微小，甚至所生的氫原子不能用化學方法來檢查，而只能用物理方法來測量。拉武福德的實驗只是所謂人工蛻變 (artificial disintegration) 的一例，此外例子尚多，這裏不一一贅述。

566. 【近代的原子遷變】我們已知，欲變一物質為另一物質，

還是煉金術家的夢想。可是據最近的實驗，指出這種遞變是可能的，至少在小規模上是可能的。我們已知怎樣襲擊原子的核，有時候甚至根本把牠擊碎。襲擊原子核的方法之一，是用賦有極高速度的 $\alpha$ 質點等來撞擊。用了上述的方法，現在至少已經變成了十二種較輕的元素。在每個實例中，都有質子射出。在每個實例中， $\alpha$ 質點(質量4)都為核所捉住而改以質子(質量1)射出。這使新生的原子較原來的原子增加3單位的質量和1單位的電荷。然而若是把這個實驗應用於鈹(beryllium, 質量9)，卻並不見有質子發生，而代以一種新型的輻射(中子)，牠的質量是1，和質子相同，只是不帶電荷。在這個作用中，質量為9的鈹核放出一個中子(質量1)而變成了碳原子(質量12)。我們應該記住，由這樣生成的新物料的量，是非常微小的。事實上，這分量小得不能用普通的化學方法來檢查。幸虧近來發明了種種精巧的方法，可以計算物質的單個原子，因此上述實驗已得到滿意的結果。

中子本身因為不帶電荷，已證明其為破壞原子的最好射彈。中子能自由地從物質的原子間穿過，其所含的能，即使有所損失，也極微小。例如，氧和氮的原子都能為迅速的中子所射擊而變形；就是碳和氫的原子也會因此而變形。在從前，用來撞擊原子核的高速度質點，其本身也是從放射性元素的自然蛻變而衍生出來的。現在物理學家已能造成強力的質點流，並以五十萬伏特的高電壓來加速，極適於作撞擊原子核之用。

自從重氫發現了以後，物理學家又得到一種質量為2的射彈，牠在二百萬伏特的電場中，能引起許多元素的蛻變，其效力甚至比質子

更大，勞倫斯氏在加利福尼亞柏克立地方所作驚人的實驗(圖 324)，就是應用重氫(氘)的。實際上，在過去幾年中，九十種元素中的任何元素，都會用質子、氦、中子、或  $\alpha$  質點來撞擊而蛻變過了。例如：以剛性標的，當牠受上述四種射彈所撞擊時，至少有十種顯明的反應已經查得，其中有三種反應，結果生成了放射性的產品。

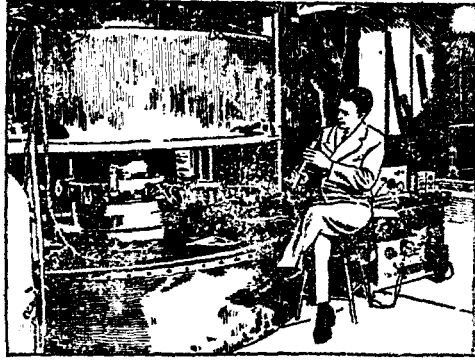


圖 324. 勞倫斯

(Ernest Orlando Lawrence, 1901-)

美國柏克立(Berkeley)加利福尼亞大學物理學教授，他用了圖中這巨大的電磁鐵，得製取高速度的氫離子來完成原子破壞的實驗

近年來，關於核的構造，關於產生這種遞變的人工方法，所知愈多，我們很有把握地希望，在最近的將來，就能隨意合成化學的元素。

就物質遞變中所包含的能的變化來研究一下，也是極有興味的事。這裏因為限於篇幅，只能就原子核爆發時所牽涉的能量不滅定律，略述其大概情形。依照近代的觀點，物體的質量與其中所貯的能有着密切的關係。一體系中質量的減少，必隨伴着一定量的能以特種形式而射出。

最後我們要引用拉忒福德最近的演辭\*來結束這原子遞變的討

\* 這演詞於 1933 年十月十一日在不列顛廣播電台(British Broadcasting Corporation)廣播。

論：“各位聽衆勢必要問，這種遞變的實驗，爲什麼會在科學界引起廣大的興趣呢。這並不是實驗者要找尋一種新的能源，或用新方法來產生稀少而貴重的元素。其真實的意義比這更爲深遠，而是出於探索大自然奧秘的激勵和玄想。”

### 第三十六章摘要

【放射性】 某些礦物能發出像 X 射線那樣的輻射，這種性質稱爲放射性。從鈾礦石中隔離而得的微量的元素鐳，便具有極強的放射性。

【鐳】 鐳的化學性質和鎂相似。牠的放射現象和元素的化學結合無關。應用時普通都用牠的溴化物。

【鐳的三種輻射】 鐳發出三種‘射線’： $\alpha$  質點，是帶電的氦原子； $\beta$  射線，即電子； $\gamma$  射線，是由電子所產生的 X 射線。

【鐳的蛻變】 鐳徐徐地放出熱，作用繼續不息。牠產生一種新元素，稱爲鐳射氣，現改稱氡，是一種稀有氣體。鐳原子的蛻變成氦原子和氮原子，其作用繼續不息，並且不能用任何方法來加以控制或改變。氡也能蛻變，從鐳能產生整系的蛻變產品。其最後產品爲鐳 G。鐳 G 的化學性質和尋常的鉛一樣，所不同的只是原子量，所以牠和尋常的鉛是同位素。

【放射性元素與普通元素的區別】 原子學說因放射性物質的研究而大見改進。放射性元素的原子都不穩定，能自然爆破，而把所含的電子、或氦原子、或兩者同時驅逐出來。普通的元素的原子，都很穩定，大概由一陽核（質子和中子）和一羣繞核運行的電子所構成。

【鐳的用途】 鐳用以醫治癌病。某種不純粹的放射性元素，用以製發光塗料。

### 問 題

1. 誰發現放射性現象？這發現在化學上引起何種影響？
2. 鐳的主要天然來源是什麼？
3. 從鉍礦石中所得的放射性元素，其放射性較之鉍礦石本身如何？為什麼？
4. 怎樣證明一物質是否有放射性？
5. 從鐳所發出的  $\alpha$  射線、 $\beta$  射線、 $\gamma$  射線，其性質有何區別？
6. 舉示鐳以外的兩種放射性元素的名稱？
7. 鐳的價格何以這樣貴？
8. 放射現象和普通的化學作用有何不同？
9. 鐳屬於那一族元素？
10. 什麼是發光塗料？牠的作用如何？

\* \* \*

11. 居利夫婦所發現的第一種放射性元素，何以定名為鈾？
12. 怎樣檢驗放射性元素的活潑性？
13. 鐳和鎊的最顯著的區別是什麼？
14. 說鈾為一系放射性元素之‘母體’，而鉛為其‘最後產品’，這句話的意義如何？
15. 鐳的實驗使原子說發生何種重要變化？
16. 什麼是同位素？試以放射性元素為例而解釋之。
17. 為什麼從前科學家以為放射性現象違反了能量不減定律？
18. 試以近代原子構造論的術語來說明元素的遞變作用。
19. 為什麼大部分元素的原子量都不是整數？
20. 為什麼所有的放射性元素，其原子量都很高？

### 進修研究題

【近代的煉金術】 古代的煉金術家企圖變一元素為他元素；結果是失敗了。現今的化學家能看若一元素自發的地變成他元素，但是他們既不能將這遞變作用加速，也不能將其改緩。試述近代煉金術家與古代煉金術家有何不同？（秦仲實譯：科學在今日，開明版；鄭直文譯：原子說發凡，商務版）



## 第三十四章至第三十六章複習題

- 下列各物都帶有電荷：鉑離子，鉑電極，鉑陽極，鉑陰極， $\alpha$  質點。試以電子說的術語解釋之。
- 試述下列各名詞的定義：(a) 噴漆；(b) 顏料；(c) 沈澱色質；(d) 需合劑。
- 塗料中的‘催乾劑’有何作用？
- 舉示三類染料的名稱，並各舉一例。
- (a) 舉示三種能溶於鹽酸中的金屬的名稱。寫出牠的方程式。(b) 舉示三種不溶於鹽酸而能溶於硝酸中的金屬的名稱。試解釋之。(c) 舉示兩種不溶於硝酸中的金屬的名稱。怎樣使牠們溶解？溶解時生成何種化合物？寫出這些反應的方程式。
- 汞可將其硫化物礦石(辰砂)煨燒而得，但是鋅卻不能用同法從牠的硫化物礦石(閃鋅礦)製得。試解釋之。
- 潮溼空氣作用於下列各金屬所成的薄層，其化學性質如何：(a) 鋁；(b) 鋅；(c) 鐵；(d) 銀；(e) 銅？
- 以金和銀製作品供商業用途時，為什麼都加入銅？
- 金和銀對於下列各試劑的作用各如何：(a) 鹽酸；(b) 稀硫酸；(c) 濃硫酸；(d) 硝酸；(e) 王水？如果所用的試劑曾經加熱，其作用(如果有作用發生的話)的結果有何不同？
- 試述近代對於元素遷變的觀念。

## 總複習題

- 什麼是酵素？
- 作表以示可用電解法製取的金屬。
- 為什麼‘鹽的固定’是一個極重要的化學問題？
- 寫出氫氧化鈣製成亞硫酸氫鈣 [calcium acid sulfite,  $\text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$ ] 的方程式。
- 寫出製成初生氫以還原氯化鐵的方程式？
- 氯分子、氯原子、與氯離子的主要區別是什麼？
- 物質的生成熱與其穩定性間有何關係？
- 怎樣證明火油燃燒時生成二氧化碳和水？
- (a) 青銅；(b) 綠礬；(c) 水滑石；(d) 滅火藥劑；(e) Carbona 的組成如何？

10. 舉示利用電力以自其礫石中製煉而得的金屬的名稱。
11. 舉示三種應用於近代汽車工業的鋼合金的名稱，並說明其應用於機械的何種部分？
12. 試舉例以示化學作用能產生 (a) 熱；(b) 光；(c) 電；(d) 機械能。
13. 試申論下列敘述：‘一氧化碳是化學上所研究的最危險，最惡劣，而又最有用的氣體’。
14. 要提淨一種含有不溶性雜質的可溶性固體，化學上通用何種方法？
15. 作表以示利用電力所製成的化合物。
16. 試略述怎樣證明大氣中含有 (a) 氮；(b) 二氧化碳；(c) 水汽。
17. 試作製備 (a) 過氧化氫；(b) 硫化鋁；(c) 過氧化鈉；(d) 氮化鎂的方程式。
18. 試述下列各名詞的定義，並各舉一例：(a) 昇華；( ) 冶金術；(c) 吸附作用；(d) 風化作用；(e) 起泡作用。
19. 製不可溶性鹽類的一般方法是什麼？試舉示八種這樣的鹽類，並寫出製造這幾種鹽類的反應方程式。
20. 試寫出一製二氧化硫的方程式，其中包含 (a) 氧化；(b) 還原；(c) 複分解三種作用。
21. 舉示鋼鐵冶金上所應用的 (a) 兩種酸酐；(b) 兩種鹼式氧化物的名稱。使鹼性氧化物與酸酐共熱，發生怎樣的變化？這變化在鋼鐵的冶金上有何用途？
22. 試舉示下列各物式的化學式及用途各一種：(a) 金剛砂；(b) 鉛丹；(c) 砂(純粹的)；(d) 生石灰；(e) 熟石膏。
23. 舉示適合於下列各條件的金屬各一種：(a) 較水為輕；(b) 密度極大；(c) 極易發曇；(d) 不會生鏽或發曇；(e) 從酸類中取代氫；(f) 不能從酸類中取代氫。
24. 舉示本書中所述製特種鋼所需用的元素 各元素使鋼具有何種性質？
25. 普通的鋅溶解於鹽酸中時，在溶液中发现黑色的斑點。牠們是些什麼東西？這些東西是那裏來的？
26. 作下列各方程式：(a) 二氧化硫和水及氫氧化鈉；(b) 氮(氣體)和氯化氫；(c) 二氧化錳和鹽酸；(d) 氯化鋁和苛性鈉；(e) 硝酸鉛和硫化氫。
27. 下列各種作用，那一種可以間斷，那一種必須連續：(a) 鼓風爐；(b) 煉鉛爐；(c) 煉鋅爐；(d) 二硫化碳爐；(e) 水煤氣發生爐？
28. 白光在分光鏡中現出連續光譜，這指出白光是由紅、橙、黃、綠、藍、靛、紫等色光所組成的。若使白光 (a) 通過藍色玻璃；(b) 投射在藍色布上，結果怎樣？
29. (a) 稱某種水為‘硬水’，是什麼意思？(b) 試述區別硬水與軟水的方法。(c)

解釋‘永久’硬性的原因。(d) 怎樣除去水的永久硬性？(e) 試述飲用水中所含雜質的兩個重要的檢驗。

30. 寫出下列各反應的方程式：(a) 氯化鋁和硫酸鐵；(b) 硫化亞鐵和鹽酸；(c) 硝酸銀和硫化氫；(d) 氯化鐵溶液和金屬鐵；(e) 磷酸和氫氧化鋁。

31. 寫一篇長約三百字的短文。用紅鐵礦、軟煤、和灰石為原料，試說明用開爐法製鋼的主要步驟。文中須將所有反應全部寫出，並繪一鼓風爐和開爐中作用的簡單圖解。舉示三種重要的鋼合金的名稱‘組成、’和一種重要用途。

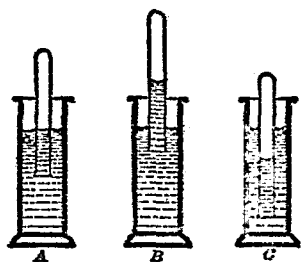
32. 寫一篇長約三百字的短文，敘述天津塘沽永利化學工業公司製造碳酸氫鈉和碳酸鈉的方法。這製碱廠為什麼要設在塘沽？這方法所用的原料是什麼？試述這個作用的主要步驟，並附以方程式。證明這方法何以非常經濟而功效極著。其主要產品及副產品的重要用途是什麼？



## 附 錄

### 關於氣體的物理原理

【氣體的標準狀況】任何物質的密度，就是該物質單位容積的重量；也就是每立方厘米或每升的克數。但是要測定一種氣體如空氣、氧氣或氫氣等的密度，問題卻並不這樣簡單。第一因為凡是氣體，都質輕而不易稱量；第二，因為凡是氣體，總充滿於容器，而沒有一定的容積。並且氣體的容積，又會由於所處的溫度和壓力而起極大的影響。因此我們要稱量某容積的氣體，就得把牠放在已知溫度和壓力的狀況下，然後再計算其在標準狀況下的容積。化學家通常一致認攝氏零度(0°C.)和壓力760毫米(mm.)為氣體的標準(或稱正常)溫度和壓力。不過事實上我們不必把氣體放在0°C. (融冰的溫度)和760 mm. (海平面上大氣的平均壓力)的狀況下測量；我們只要知道了實在的溫度和壓力，就可計算出這氣體在標準狀況下所當估的容積了。



附圖一 試管內外不同的水平面  
影響於管中氣體的容積。A,相  
等；B,管內較高；C,管內較低

【大氣壓力的測量】因為我們通常都在水槽中的水面上捕集氣體，使量瓶內的水平面與瓶外相等(附圖一A)，即使氣體承受了大氣

壓力。要測量大氣的壓力，我們可讀氣壓計。水銀氣壓計(附圖二)即由一水銀柱而成，其水銀柱的高適與大氣壓力相平衡。這儀器通常為一堅實的玻璃管，長約一米，一端封閉。先在管中盛滿水銀，然後把牠開口的一端倒插在一個水銀杯或受器中。在海平面上，管中的水銀降至離杯中的水銀面約高 760 mm. 而止。在管中水銀面以上的空間，只存在着微量的水銀蒸氣，差不多可以說是真空的。所謂‘讀氣壓計’，僅只是準確地量出受器中液面以上的水銀柱的高度。這樣的氣壓計，指出由於每日大氣本身的變動而起大氣壓力的變異。牠也指出由於觀察者所處高度的變動，而起大氣壓力的變異。



附圖二  
水銀氣壓計

【氣體的容積隨壓力而起的變化】波義耳 1626-1691)最初就空氣為例而作氣體的容積隨壓力而起變化的研究。他實驗所得的結果，表示若先使一定容積的空氣，承受某種壓力，然後將壓力加倍，就會使空氣的容積縮小一半(附圖三)。假使把壓力加到三倍，那末只要使空氣的溫度保持一定，空氣的容積就會縮為三分之一。這是個一般的原理，可以適用於所有的氣體。這種關係就所謂波義耳定律 (Boyle's Law)，可敘述如下：一定量氣體的容積，在不變溫度下，與壓力成正比例而變異。

這關係也可以用符號來表述如次：

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{P_2}{P_1}$$

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \quad (\text{牢記勿忘!}) \quad (I)$$

或

式中  $V_1$  和  $P_1$  指在同溫度下一定量氣體的容積和壓力， $V_2$  為在不同壓力  $P_2$  下的容積，但溫度則仍屬相同。

〔例〕 假使測得某重量的氧在 740 mm. 壓力下的容積為 1200 cc., 如溫度保持不變, 則在標準壓力 (760 mm.) 下當占多少容積?

根據波義耳定律

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

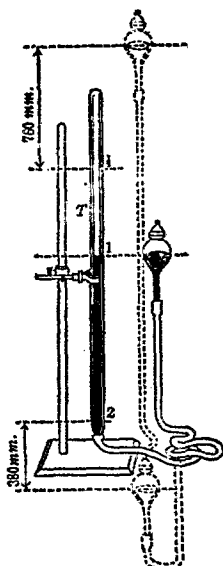
把題目中的數值代入上式, 得

$$760 V_1 = 740 \times 1200$$

$$\text{或} \quad V_1 = \frac{740 \times 1200}{760} = 1169 \text{ cc.}$$

上述氣體在標準壓力下時, 較原受壓力為大, 因此其容積必當縮小。此項考察可用以驗算答案的正確與否。

〔註〕 在解答此種化學問題時, 若用一本四位對數表, 或一支計算尺 可以節省不少時間。所需答案, 通常只須取三位有效數字 (§106), 已夠精確。



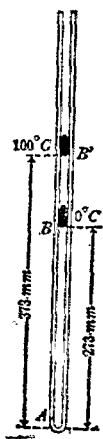
附圖三 波義耳定律的裝置

## 習 題

1. 一已知重量的氫氣在壓力 780 mm. 下占容積 100 cc., 假定溫度不變, 在壓力 590 mm. 下應占容積多少?
2. 一已知重量的氣體在溫度  $0^{\circ}\text{C}$ . 和壓力 38 cm. 下占容積 800 cc., 問同重量的氣體在標準溫度和壓力下, 應占容積多少 cc.?
3. 已知 500 cc. 的氫氣在壓力 780 mm. 和溫度  $20^{\circ}\text{C}$ . 之下, 問這些氫氣在何種壓力之下始變為 250 cc. (設溫度保持不變)?
4. 某重量的氫氣在標準溫度和壓力下, 占容積一升。若在壓力 780 mm. 和溫度  $0^{\circ}\text{C}$ . 時應占多少 cc.?

5. 假使在溫度  $15^{\circ}\text{C}$ . 和壓力 570 mm. 下, 測得某定量氧氣的容積為 100 cc., 問在同溫度和壓力 760 mm. 下的容積是多少?
6. 某氣體在壓力 60 cm. 和溫度  $20^{\circ}\text{C}$ . 下, 占容積 630 cc., 問在壓力 80 cm. 和溫度  $20^{\circ}\text{C}$ . 下, 應占容積多少?
7. 裝入鋼筒中出售的氧氣, 其每平方英寸的壓力為 150 磅。筒中的氧氣經用去其壓力即行減低。問壓力減低至 30 磅時, 筒中所剩的氧氣占原有氧氣的幾分之幾?
8. 某定量的氯氣在壓力 700 mm. 下占容積 115 cc.; 假使溫度不變, 問此氣體在壓力 300 mm. 下應占容積多少?
9. 某定量的空氣在 1 大氣壓(760 mm.) 下占容積 245 cc., 假使把牠裝入容量 2 升的真空瓶中, 問瓶中的壓力是多少?
10. 在壓力 70 cm. 下量得三升的氫, 若要把牠壓入容量 2100 cc. 的瓶子裏, 問壓力應增加多少?

【氣體的容積隨溫度而起的變化】 大家都知道, 一切的物質差不多都熱脹冷縮。例如, 溫度計中的水銀或酒精, 受熱後就膨脹而在管中上昇。但是我們對於下列事實卻也許不很熟悉, 即氣體受熱後膨脹得比液體更甚; 譬如: 空氣的膨脹要比水大九倍。更可注意的是, 一切氣體都有同樣的膨脹率。粗略地測量氣體膨脹的量, 是很容易的 (附圖四)。假使在實驗中, 最初用在  $0^{\circ}\text{C}$ . 時為 273 cc. 的空氣, 把牠冷卻到  $-1^{\circ}\text{C}$ ., 那末牠的容積就減為 272 cc.; 若把牠冷卻到  $-10^{\circ}\text{C}$ ., 那末牠的容積就變為 263 cc. 假使這空氣被極度冷卻, 並以同樣的比率繼續縮小, 那末牠在  $-273^{\circ}\text{C}$ . 時的容積就將變而為零。事實上, 我們萬不能把氣體冷卻到  $-273^{\circ}\text{C}$ . 這樣的低溫, 因一切已知的氣體, 在未達到這個溫度之前, 早就變成液體了。然而這  $-273^{\circ}\text{C}$ . 的溫度, 在氣體



附圖四

含有乾燥空氣及  
一水銀丸的管



的研究上，卻仍然是非常重要的。這溫度叫做絕對零度 (absolute zero)，凡以此點為零度而測得溫度，叫做絕對溫度 (absolute temperature)。絕對零度可用字母 A. 表示，如  $0^{\circ}\text{C}$ . 是  $273^{\circ}\text{A}$ .,  $50^{\circ}\text{C}$ . 是  $323^{\circ}\text{A}$ ., 而  $100^{\circ}\text{C}$ . 是  $373^{\circ}\text{A}$ .. 要把攝氏計上的任何溫度化為絕對溫度，只須加上 273 度就行了(附圖五)。

在化學實驗室中，都用攝氏溫度計。但是在日常生活上，大都仍用華氏溫度計。因為水的凝固點是  $32^{\circ}\text{F}$ ., 沸點是  $212^{\circ}\text{F}$ ., 所以華氏計上的 180 分度和攝氏計上的 100 分度相等。我們可以用下列方程式來把一種溫度換算為另一種溫度：

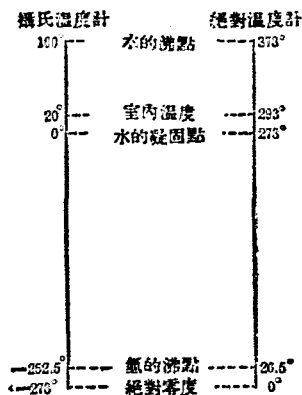
$$C = \frac{5}{9} (F - 32)$$

【查理定律】這種新式的溫度計分度，對於化學家的特殊利益，是在：若壓力不變時，一定量氣體在兩種不同溫度下所占的容積直接和絕對溫度成正比例。這就所謂查理定律 (Law of Charles)。

在氣體的容積和溫度間的這種關係，可用代數式極簡約地表示出來：

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad (\text{II})$$

式中  $V_1$  和  $V_2$  代表在同壓力而不同絕對溫度  $T_1$  和  $T_2$  下的某定量氣體的容積。假使當容積為  $V_1$  時， $t_1$  是攝氏溫度計上的度數，那末



附圖五 攝氏與絕對溫度標

$$T_1 = 273 + t_1; \text{ 同樣 } T_2 = 273 + t_2.$$

〔例〕設有某定量的氣體，在  $15^\circ \text{C}$ . 時量得其容積為 320 cc.; 假使壓力不變，該氣體在  $0^\circ \text{C}$ . 時的容積是多少？

先把問題中的攝氏溫度加 273，換算為絕對溫度，然後以之代入查理定律的方程式：

$$\frac{V_1}{320} = \frac{273}{273 + 15}$$

或

$$V_1 = \frac{320 \times 273}{288} = 303 \text{ cc.}$$

〔註〕在解答這一類問題時，學生最好須將其結果與原來的容積相比較，看是否合理。假使在實驗室中量得某氣體的容積為  $20^\circ \text{C}$ ., 那末該氣體在標準狀況下將縮去約 7%。

### 習 題

1. 在波義耳定律和查理定律的敘述中，都有所謂「一定量的氣體」。這在敘述中是否為必要的部分？用分子的術語來講，有何意義？

2. 100 cc. 的空氣原在  $0^\circ \text{C}$ ., 今若使其溫度升高到  $546^\circ \text{C}$ ., 其新容積為何？

3. 假定壓力不變，把 2 升的氣體從  $200^\circ \text{C}$ . 冷卻到  $0^\circ \text{C}$ ., 其容積的變化如何？

4. 在  $27^\circ \text{C}$  時，量得氧氣 160 cc., 假定壓力不變，該氣體在  $0^\circ \text{C}$ . 時的容積為何？

5. 在  $27^\circ \text{C}$ . 時量得某定量的氣體占容積 100 cc., 假使壓力不變，而其容積膨脹為 200 cc., 問其溫度為何？

6. 某定量的氣體在溫度  $-23^\circ \text{C}$ . 和壓力 760 mm. 下的容積為 250 cc., 問在標準狀況下，其容積為何？

7. 有定量的氫氣在溫度  $20^\circ \text{C}$ . 和壓力 760 mm. 下的容積為 1000 cc., 現在要使牠的容積變成 500 cc., 問須冷卻到攝氏幾度？

8. 有氧氣在  $17^\circ \text{C}$ . 時的容積為 39 cc., 求其在標準溫度下的容積。

9. 氫氣的樣品在  $91^\circ \text{C}$ . 時的容積為 18 cc., 若是把牠的溫度降到  $0^\circ \text{C}$ ., 其容積為何？

10. 假使在  $0^\circ \text{C}$ . 時，氫氣的容積為 78 cc., 若是要使牠的容積膨脹為 234 cc., 問其溫度須升高多少？

【氣體方程式】在事實上，化學家要把氣體的容積化成標準狀況，往往對於壓力和溫度都須校正。因此，若把波義耳定律和查理

定律併成一個方程式，使用起來就更為方便：

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \quad (\text{III})$$

我們很容易看出，假使  $T_1 = T_2$ ，那末這方程式就變成了方程式 I (波義耳定律)；假使  $P_1 = P_2$ ，那末這方程式就變為  $V_1/T_1 = V_2/T_2$ ，這就是方程式 II 的另一形式 (查理定律)。方程式 III 則被稱為氣體方程式\* (gas equation)。

【例】假定某定量氣體在溫度  $15^\circ \text{C}$ . 和壓力 740 mm. 下的容積為 1200 cc., 求其在標準狀況 (即溫度  $0^\circ \text{C}$ . 和壓力 760 mm.) 下的容積。

把問題中的數值代入方程式 III, 得

$$\frac{740 \times 1200}{273 + 15} = \frac{760 \times V_2}{273 + 0}$$

於是

$$V_2 = \frac{740 \times 1200 \times 273}{760 \times 288} = 1100 \text{ cc.}$$

【水汽壓力的校正】當一種氣體在水面上捕集時，若量器內外的水平面等高，則器內的氣體適受大氣的壓力。但是這時總有相當量的水蒸發為水汽而入於器內，因此器內容積的一部分實為水汽而非氣體。這種水汽會隨溫度而發生一定的壓力。當溫度升高時，水汽的壓力也平穩地增加，如本附錄中的附表所示。

在水面上捕集來的一瓶子氣體，其瓶內的壓力，是氣體的壓力加水汽的壓力，而等於外界單純的大氣壓力。然而我們所要求得的祇是捕集得來的氣體所生的壓力。我們雖不容易把水汽除去，但可以設法達到相同的目的。我們從氣壓計上的壓力減去以水銀柱表出的水汽壓力 (水張力)，結果就得到乾燥氣體的壓力，或校正壓力

\* 這種氣體定律，仍有若干差誤，惟此項差誤已不在本書範圍之內。只有理想的氣體，纔依照上述的定律。

(corrected pressure)。在化學計算上都是應用校正壓力的。

〔註〕本附錄中另有一表，詳列水汽在各種溫度上所生的壓力。

〔例〕假設有某氣體，其容積為 300 cc.，當測量時，讀得氣壓計為 740 mm.，溫度為 25° C.，問在標準狀況下，其容積為何？

從水的張力表，我們見水汽在 25° C. 時的壓力為 24 mm.；因此校正壓力為 740 - 24，即 716 mm.

以之代入氣體方程式，得

$$\frac{716 \times 300}{298} = \frac{760 \times V_2}{273}$$

於是 
$$V_2 = \frac{716}{760} \times \frac{273}{298} \times 300 = 259 \text{ cc.}$$

【水平面差異的校正】我們以前曾經假定，在量瓶中的水銀面或水面上捕集氣體時，管內外的液體平面是等高的。可是一定要把裝置照這樣地安排，有時候是辦不到的，於是我們對於水平面的差異就得加以校正。如管內的水平面較管外為低（附圖一 C），那末管內的壓力就比大氣壓力為高，如管內的水平面較管外為高（附圖一 B），那末管內的壓力就比大氣壓力為低。要是所用的液體是水銀，可以在氣壓表中水銀柱的高度上加入或減去這水平面的差數。要是所用的液體是水，則因其重量約為水銀的十三分之一，所以要校正這水平面的差異，只須取水銀的十三分之一就行了。

〔例〕假設用一瓶子在水面捕集 210 cc. 的氣體，瓶中水平面較瓶外水槽中的水平面高 8.0 cm. 當時的溫度為 22° C.，氣壓計記錄為 764 mm. 試求其在標準狀況下的容積。

〔解〕從附錄中的表，查得 22° C. 時的水汽壓力約為 20 mm. 故其校正壓力如下：

$$764 - 20 - \frac{80}{13} = 738 \text{ mm.}$$

在作此種校正時，我們只取零來的近似整數，因為這種差誤，通常總比由氣壓計或容積記

錄的差誤爲小。

然後把他代入氣體方程式，即得

$$\frac{738 \times 210}{29.5} = \frac{760 \times V_2}{273}$$

$$V_2 = \frac{738}{760} \times \frac{273}{29.5} \times 210 = 189 \text{ cc.}$$

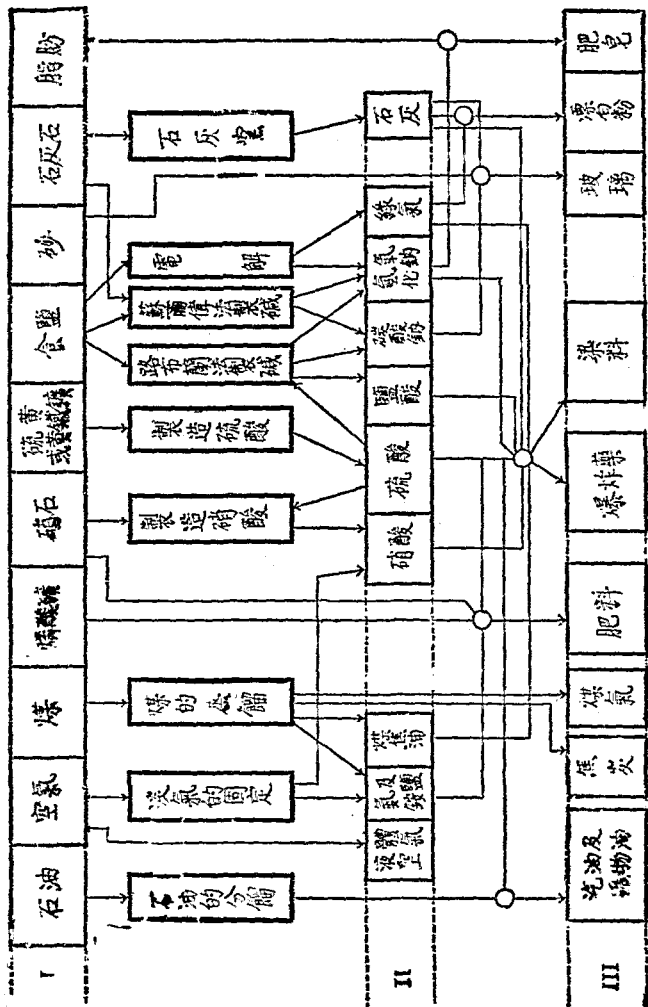
〔驗算〕 由假設可知，壓力使容積縮去約 3%，溫度使之縮去約 7%；故溫度與壓力一共使容積縮去約 10%。

### 習 題

1. 設在標準狀況下有乾燥的氮氣 2 升，試計算其在溫度 273° C. 和壓力 380 mm. 下所占的容積？
2. 某定量乾燥氮氣在 -173° C. 和兩大氣壓力下佔 1000 cc. 的容積。他在標準狀況下的容積爲何？
3. 有一乾燥的氣體，在溫度 127° C. 和壓力 370 mm. 下量得其容積爲 1050 cc. 問在溫度 -73° C. 和壓力 740 mm. 下占容積多少？
4. 有一筒能容 40 升壓縮氣體，其壓力爲 30 大氣壓，溫度爲 27° C. 設在一大氣壓和 17° C. 下，此筒突然破裂，問此氣體的容積是多少？
5. 在水銀面上捕集得氣體 40 cc.，管內水平面較管外低 80 mm.，溫度爲 18° C.，氣壓計的紀錄爲 745 mm. 求此氣體在標準壓力下的容積。

# 工業圖解

各種較重要化學工程的原料及其產品



## 各種固體在水中的溶解度

下表示無水固體在所述溫度時溶於100克水中成飽和溶液所需的克數

物 質	式	0° C.	10° C.	20° C.	100° C.
氯化銨	NH <sub>4</sub> Cl	29.4	33.3	37.2	77.3
氯化銨	BaCl <sub>2</sub>	31.6	33.3	35.7	58.8
氫氧化鈣	Ca(OH) <sub>2</sub>	0.185	0.176	0.165	0.077
硫酸銅	CuSO <sub>4</sub>	14.3	17.4	20.7	75.0
氯化鉀	KCl	27.6	31.0	34.0	56.7
硝酸鉀	KNO <sub>3</sub>	13.3	20.9	32.0	246.
氯化鈉	NaCl	35.7	35.8	36.0	39.0
蔗糖	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub>	179.	190.	204.	487.

## 各種氣體在水中的溶解度\*

(在溫度15°C.和壓力760mm.下)

氣 體 名	一升水所吸收的容積
極易溶解的	升
氨	802.
氯化氫	458.
二氧化硫	47.3
尚易溶解的	
硫化氫	3.05
氯	2.63
二氧化碳	1.02
略能溶解的	
氧	0.034
氮	0.019
氫	0.018

\* 數據依 Kaye 和 Laby 氏的 *Physical and Chemical Constants*, Longmans, Green, and Co.

## 水汽壓力或水張力

(水銀柱的毫米數)

溫度	壓力	溫度	壓力	溫度	壓力
0° C.	4.6 mm.	11° C.	9.8 mm.	22° C.	19.8 mm.
1°	4.9	12°	10.5	23°	21.0
2°	5.3	13°	11.2	24°	22.3
3°	5.7	14°	12.0	25°	23.7
4°	6.1	15°	12.8	26°	25.1
5°	6.5	16°	13.6	27°	26.7
6°	7.0	17°	14.5	28°	28.3
7°	7.5	18°	15.5	29°	29.9
8°	8.0	19°	16.5	30°	31.7
9°	8.6	20°	17.5	50°	92.3
10°	9.2	21°	18.6	100°	760.0

## 重要氣體的密度

一升氣體在標準狀況下的重量的約數

乙炔 ( $C_2H_2$ ) .....	1.16 克
空氣 .....	1.29
氨 ( $NH_3$ ) .....	0.77
二氧化碳 ( $CO_2$ ) .....	1.98
一氧化碳 ( $CO$ ) .....	1.25
氯 ( $Cl_2$ ) .....	3.17
氦 ( $He$ ) .....	0.18
氫 ( $H$ ) .....	0.09
氯化氫 ( $HCl$ ) .....	1.64
硫化氫 ( $H_2S$ ) .....	1.54
甲烷 ( $CH_4$ ) .....	0.72
一氧化氮 ( $NO$ ) .....	1.34
氮 ( $N_2$ ) .....	1.35
氧化亞氮 ( $N_2O$ ) .....	1.98
氧 ( $O_2$ ) .....	1.43
二氧化硫 ( $SO_2$ ) .....	2.93



## 普通物質

普通名	化學名	式
明礬 .....	硫酸鉀鋁	$K_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 24 H_2O$
氨水 .....	氫氧化銨	$NH_4OH$
王水 .....	鹽酸和硝酸	$3 HCl + HNO_3$
焙用碱 .....	碳酸氫鈉	$NaHCO_3$
膽礬 .....	硫酸銅	$CuSO_4 \cdot 5 H_2O$
硼砂 .....	四硼酸鈉	$Na_2B_4O_7 \cdot 10 H_2O$
甘汞 .....	氯化亞汞	$Hg_2Cl$
苛性鉀 .....	氫氧化鉀	$KOH$
苛性鈉 .....	氫氧化鈉	$NaOH$
白堊 (沉澱) .....	碳酸鈣	$CaCO_3$
炭 .....	碳	$C$
昇汞 .....	二氯化汞	$HgCl_2$
酒石乳 .....	酒石酸氫鉀	$KHO_4H_4O_6$
瀉鹽 .....	硫酸鎂	$MgSO_4 \cdot 7 H_2O$
酒精 .....	乙醇	$C_2H_5OH$
石膏 .....	硫酸鈣	$CaSO_4 \cdot 2 H_2O$
大蘇打 .....	碳酸氫鈉	$Na_2S_2O_3 \cdot 5 H_2O$
石灰 (生石灰) .....	氧化鈣	$CaO$
灰石 .....	碳酸鈣	$CaCO_3$
石灰水 .....	氫氧化鈣溶液	$Ca(OH)_2$
大理石 .....	碳酸鈣	$CaCO_3$
洋樟腦丸 .....	萘	$C_{10}H_8$
鑾油 .....	硫酸	$H_2SO_4$
熟石膏 .....	硫酸鈣	$(CaSO_4)_2H_2O$
油灰 .....	碳酸鈣與胡麻子油	$CaCO_3$
石英 .....	二氧化矽	$SiO_2$
水銀 .....	汞	$Hg$
鉛丹 .....	四氧化三鉛	$Pb_3O_4$
硝砂 .....	氯化銨	$NH_4Cl$
結晶碱 .....	碳酸鈉	$Na_2CO_3 \cdot 10 H_2O$
糖 .....	蔗糖	$C_{12}H_{22}O_{11}$
食鹽 .....	氯化鈉	$NaCl$
醋 .....	稀醋酸	$HC_2H_3O_2$
洗滌碱 .....	碳酸鈉	$Na_2CO_3$

### 物質的硬度

要比較二種物質的硬度，可將二物互相摩擦，較硬的物質能使較軟的物質上發生刮痕。習用最久的硬度標分為10級。化學與物理的手冊上都列有下表：

#### 莫氏 (Mohs) 硬度標

礦物名	硬 度	礦物名	硬 度
滑石 .....	1	長石 .....	6
岩鹽 .....	2	石英 .....	7
方解石 .....	3	黃玉 .....	8
螢石 .....	4	金剛砂 .....	9
磷灰石 .....	5	金剛石 .....	10

下列事實最好能牢記心中：石膏（硬度2）能被指甲刮痕，而磷灰石（硬度5）則不易用刀子刮痕。

### 比重，或相對密度

標準物質為 4° C. 之純水。物質的密度和水的密度比較而得的數值叫做比重。例如硫的比重為 2，意即硫比水密二倍。因為水的密度為每立方厘米中的克數，所以任何物質在米突制中的密度（克/cc.）其數字和比重相等。

## 譯名對照表及索引

### A

- Abrasive, 磨料, 401, 497, 505, 509.  
Absolute alcohol, 絕對酒精, 433.  
Absolute temperature scale, 絕對溫度標,  
Absolute zero, 絕對零度, 583. 1583.  
Acetate, cellulose, 醋酸纖維素, 450.  
Acetic acid, 乙酸, 439.  
Acetylene, 乙炔, 426.  
Acid anhydrides, 酸酐, 207.  
Acid Bessemer process, 酸性柏塞麥法  
(鋼), 486.  
Acid open-hearth process, 酸性開爐法  
(鋼), 487.  
Acidic oxides, 酸式氧化物, 207.  
Acids, 酸類, 439.  
    action of, on metals, 對於金屬的作  
    用, 474.  
    and bases, ionic theory of, 酸類和鹼類  
    的離子說, 159.  
    binary, 二元酸類, 148.  
    characteristic of, 特性, 137.  
    definition of, 定義, 159.  
    dibasic, 二鹼酸類, 209.  
    electron theory of, 酸類的電子論, 159.  
    fatty, 脂酸, 439.  
    in general, 概說, 145.  
    monobasic, 一鹼酸類, 209.  
    naming of, 命名法, 147.  
    organic, 有機酸類, 439.  
    strong, 強酸類, 191.  
    ternary, 三元酸類, 148.  
    tribasic, 三鹼酸類, 200.  
    weak, 弱酸類, 190.  
Acid sulfate, 酸式硫酸鹽, 206.  
Adsorption, 吸附, 377, 378, 551.  
Agricultural chemistry, 農業化學, 356.  
Air, 空氣.  
    carbon dioxide in, 空氣中所含的二氧  
    化碳, 264.  
    composition of, 組成, 263.  
    conditioning, 空氣調節, 267.  
    humidity of, 溼度, 265.  
    impurities in, 所含雜質, 265.  
    liquefaction of, 液化, 256.  
    a mixture, 是混合物, 256.  
    temperature of, 溫度, 265.  
Alchemist, signs used by, 煉金術家所用  
    的記號, 86.  
Alchemy, 煉金術, 3.  
Alcohol, 醇, (酒精), 431.  
    absolute, 絕對酒精, 433.  
    denatured, 變性酒精, 433.  
    ethyl, 乙醇, 368, 431.  
    ethyl, formula of, 乙醇的式, 434.  
    grain, 穀醇, 431.  
    industrial, 工業用酒精, 433.  
    methyl, 甲醇, 435.

- properties and uses, 性質及用途, 433.  
 solid, 固體酒精, 379.  
 wood, 木醇, 435.
- Alcoholic fermentation, 酒精發酵, 447.
- Alcohols, homologous series of, 醇類的同族系, 436.
- Aldehydes, 醛類, 438.
- Alizalin, 茜素, 551, 552.
- Alkali metals, 鹼金屬, 330.
- Alkalies, 強鹼類, 124, 146, 191.
- Alkaline earths, 鹼土族, 385.
- Allotropic forms, 同素異形體, 43, 185.
- Alloys, 齊, (合金) 28, 465. [311, 351.  
 age of, 合金時代, 480.
- Alpha modification,  $\alpha$  變體 (鋼), 489.
- Alpha particles,  $\alpha$  質點, 563.
- Alum, 礬.  
 ammonium, 銨礬, 510.  
 chrome, 鉻礬, 510.  
 potassium, 鉀礬, 510.
- Alumina, 礬土, 509.
- Aluminates, 鋁酸鹽, 507.
- Aluminum, 鋁, 7, 504, 505.  
 alloys of, 合金, 507.  
 bronze, 鋁青銅 507.  
 electrolysis of oxide, 氧化鋁的電解,  
 extraction of, 提煉, 471. [505.  
 hydroxide, 氫氧化鋁, 509.  
 manufacture of, 製造, 505.  
 natural compounds of, 天然化合物,  
 oxide, 氧化鋁, 505, 509. [505.  
 properties of, 性質, 506.  
 uses of, 用途, 507.
- Aluminum silicate, 矽酸鹽, 385, 402.
- Alundum, 人造剛砂, 509.
- Alunite, 礬石, 505.
- Amalgams, 汞齊, 531.
- Amethyst, 紫晶, 401.
- Ammonia, 氨, 270.  
 aqua, 氨水, 270, 276.  
 composition of, 組成, 270.  
 Harber process, 哈柏法, 278.  
 household, 家用氨, 70, 390.  
 laboratory preparation of, 實驗室製  
 法, 271.  
 liquid, refrigeration with, 用液態氨發  
 冷, 272.  
 made from elements, 自元素製氨, 278.  
 manufacture of, 製造, 276.  
 process, 氨法(硝酸), 276.  
 properties of, 性質, 271.  
 uses of, 用途, 276.  
 water, 氨水, 270, 276.
- Ammonium, 銨.  
 alum, 銨礬 510.  
 salts, 銨鹽, 275.  
 test for, 檢驗法, 276.
- Ammonium chloride, 氯化銨, 275.
- Ammonium hydroxide, 氫氧化銨, 274.
- Ammonium salts, 銨鹽, 275.  
 test for, 檢驗法, 276.
- Amorphous silicon, 無定形矽, 406.
- Amphoteric element, 兩性元素, 216.
- Analysis, by means of neutralization, 應  
 用中和作用的分析, 149.
- Anesthetic, 麻醉劑, 295, 436, 437.
- Ångström, 埃(單位), 343.
- Anhydrides, 酐類, 207.
- Anhydrous salts, 無水鹽類, 386.
- Aniline, 苯胺, 449, 550.
- Anode, 陽極, 156.  
 slime, 陽極泥渣, 519.

- Anthracite coal, 無煙煤, (硬煤), 214.  
 Antifreeze solution, 抗凍溶液, 367, 435.  
 Anti-knock remedies, 防震劑, 422.  
 Antimony, 銻, 358.  
   alloys of, 合金, 360.  
   black, 銻黑, 359.  
   occurrence and preparation, 所在和製法, 358  
   properties and uses, 性質和用途, 359.  
 Antimony trioxide, 三氧化二銻, 359.  
 Antiseptic action, 防腐作用, 132  
 Aqua ammonia, 氨水, 276.  
 Aquadag, 水滑料, 213.  
 Aqua fortis, 強水, 287.  
 Aqua regia, 王水, 290, 474, 538, 539.  
 Aqueous solution, 水溶液, 63.  
 Aqueous tension, 水張力(表), 590.  
 Argon, 氬, 554.  
 Argyrol, 銀蛋黃, 378.  
 Aristotle, 亞理斯多德, 3. [554.  
 Aromatic compounds, 芳香族化合物,  
 Arrhenius, Svante August, 阿累尼烏斯(像), 155.  
 Arsenic, 砷, 358.  
 Arsenic trioxide, 三氧化二砷, 358.  
 Artificial disintegration, 人工蛻變, 570.  
 Artificial gems, 人造寶石, 569.  
 Artificial rubber, 人造橡膠, 187.  
 Asbestos, 石棉, 398.  
   platinized, 鉑化石棉, 539.  
 Ash, 灰, 458. [569.  
 Aston, Francis William, 阿斯頓(像), 245;  
 Atmospheric pressure, measurement of, 大氣壓力的測量, 579.  
 Atom, 原子.  
   definition of, 定義, 79, 81.  
   electrons within, 原子中的電子, 170, 315.  
   electron theory of, 原子的電子論, 168.  
   modern transmutation of, 近代的原子  
   變遷, 570.  
   nuclear, 核, 169.  
   structure of, 構造, 170.  
 Atomic hydrogen, 原子氫, 83.  
 Atomic nucleus, disintegration of, 原子核的蛻變, 568.  
 Atomic numbers, 原子序數, 310, 312.  
   and X-ray spectra, 與 X 線光譜, 311.  
 Atomic theory, 原子論.  
   Dalton's, 道爾頓的, 78.  
   value of, 價值, 82.  
 Atomic weight, definition of, 原子量的定義, 80.  
 Atomic weights and combining weights, 原子量和化合量, 241.  
 Atomic weights of elements, 元素的原子量, 封面裏頁.  
   by comparison, 由比較求法, 241.  
   precise determination of, 精密測定,  
 Atoms, and ions, 原子和離子, 159. [243.  
   weighing, 衡量原子, 232.  
 Automobile cylinder, chemical changes in, 汽車機筒中的化學反應, 420.  
 Avogadro, Amedeo, 亞佛加德羅(像), 233.  
 Avogadro's theory, 亞佛加德羅的學說,  
 Azote, 氮的舊稱, 254. [233.
- ## B
- Babbitt metal, 巴比金, 309.  
 Bacteria, 細菌, 64.  
 Baeyer, Adolf von, 拜耳(像) 551.  
 Bakedite, 電木, 438.

- Baking powder, 焙用粉, 333.
- Balmer series, 巴爾麥系, 343.
- Barite, 重晶石, 397.
- Barium chloride, 氯化鋇, 396.
- Barium compounds, 鋇化合物, 396.
- Barium sulfate, 硫酸鋇, 396.
- Barometer, mercurial, 水銀氣壓計, 530.
- Bases, 鹼類, 123, 145.  
 electron theory of, 鹼類的電子論,  
 in general, 概說, 145. [160.]  
 naming of, 命名法, 148.  
 strong, 強鹼類, 145, 191.  
 typical, 模式的鹼類, 123.  
 weak, 弱鹼類, 190, 275.
- Basic Bessemer process, 鹼性柏塞麥法  
 (鋼), 486.
- Basic open-hearth process, 鹼性開爐法  
 (鋼), 487.
- Basic oxides, 鹼式氧化物, 207.
- Bauxite, 鐵礬土, 595.
- Becquerel, Henri, 柏克勒爾, 562.
- Bedrock, 基岩, 468.
- Benzene, 苯, 554.
- Bergius, 柏吉阿斯, 420.
- Beri-beri, 腳氣病, 459.
- Berzelius, Johann Jacob, 柏齊利阿斯  
 (像), 87.
- Bessemer process, 柏塞麥法(鋼), 486.
- Beta ray,  $\beta$  射線, 564.
- Bichloride of mercury, 二氯化汞, 533.
- Binary compounds, naming of, 二元化  
 化合物的命名法, 94.
- Biological chemistry, 生物化學, 443.
- Bismuth, 銻, 359.  
 alloys of, 合金 369.
- Bisulfates, 酸式硫酸鹽, 205.
- Bisulfites, 酸式亞硫酸鹽, 199.
- Bituminous coal, 煙煤(軟煤), 216.
- Black lead, 黑鉛, 213.
- Black powder, 黑火藥, 297.
- Blast furnace, 鼓風爐, 483.
- Blast lamp, 鼓風燈, 54.
- Bleaching, 漂白, 131.  
 by chlorine, 應用氯氣, 131.  
 by hydrogen peroxide, 應用過氧化氫,  
 powder, 漂白粉, 130, 396. [71.]  
 by sulfur dioxide, 應用二氧化硫, 198.
- Blister copper, 泡銅, 513.
- Blister steel, 泡鋼, 490.
- Blueprints, 藍印圖, 497.
- Bluestone, 膽石, 515.
- Blue vitriol, 膽礬, 515.
- Bohr, Niels, 波爾, 170, 343.
- Bohr's theory, 波爾的學說, 170.
- Boiler scale, 鍋垢, 389.
- Boiling point, 沸點, 62.  
 of solution, 溶液的沸點, 367.
- Bonds, 鍵(原子價), 91.
- Boneblack, 骨黑, 214.
- Bonhoeffer, 彭初夫, 56.
- Borax, 硼砂, 390.
- Bordeaux mixture, 波爾多混合劑, 515.
- Boron, 硼, 404.
- Boyle, Robert, 波義耳(像), 5.  
 defines element, 所創元素的定義, 24.
- Boyle's law, 波義耳定律, 232, 580.
- Brass, 黃銅, 28, 514, 517.
- Bricks, 磚, 511.
- Brickwedde, 布利克夫得, 56.
- Bridgman, Percy W., 布立治曼, 352.
- British thermal unit, 英國熱單位, 414.
- Bromides, 溴化物, 321.

test for, 檢驗, 321.  
 Bromine, 溴, 319.  
   preparation of, 製法, 319.  
   properties, 性質, 320.  
   from sea water, 從海水中製溴, 320.  
   water, 溴水, 320.  
 Bronze, 青銅, 514, 517.  
   aluminum, 鋁青銅, 507.  
   phosphor, 磷青銅, 514.  
 Brownian movement, 布朗運動, 376.  
 Bunsen, Robert Wilhelm, 本生(像), 342.  
 Bunsen burner, 本生燈, 426.  
 Bunsen spectroscopy, 本生分光鏡, 341.  
 Burner, 燈.  
   Bunsen, 本生燈, 426.  
   gas, 煤氣燈, 425.  
   on gas range, 煤氣竈燈頭, 426.  
   kerosene-lamp, 火油燈, 418.  
 Burning, 燃燒, 35.  
   definition of, 定義, 36.  
   products formed by, 所生的產品, 37.  
 Butane, 丁烷, 416. [456.  
 Butter fat in milk, 含於牛乳中的奶油,

## C

Calcimine, 粉漆, 392.  
 Calcite crystal, 方解石晶體, 386.  
 Calcium, 鈣, 385.  
   characteristics, 特性, 385.  
   compounds, 化合物, 396.  
   curd, 鈣皂凝, 454.  
   preparation and properties of, 製法和性質, 386.  
   soaps, 鈣肥皂, 389.  
 Calcium bicarbonate, 碳酸氫鈣, 387.  
 Calcium carbide, 碳化鈣, 396

Calcium carbonate, 碳酸鈣, 386.  
 Calcium chloride, 氯化鈣, 396.  
 Calcium cyanamide, 氰氨基化鈣, 296, 396.  
 Calcium cyanide, 氰化鈣, 396.  
 Calcium fluoride, 氟化鈣, 396.  
 Calcium hydroxide, 氫氧化鈣, 392.  
 Calcium oxide, 氧化鈣, 390.  
 Calcium phosphide, 磷化鈣, 357.  
 Calculations, chemical, 化學計算法, 106.  
 Calomel, 甘汞, 532.  
 Calorie, 卡路里(卡), 62, 244.  
   gram, 克卡, 62, 414.  
   kilogram, 仟克卡, 414.  
 Calorimeter, 卡計, 414.  
 Candle flame, 燭焰, 425.  
 Cane sugar, 蔗糖, 444.  
 Cannizzaro, Stanislao, 坎尼查洛(像), 234.  
 Caoutchouc, 彈性樹膠, 186.  
 Capacity for doing work, 作工的容量,  
 Carbohydrates, 醣類, 443. [413.  
   composition of, 組成, 443.  
   uses of, 用途, 455.  
 Carboic acid, 石炭酸, 438.  
 'Carboloy', 碳化鎢與鈷的合金, 544.  
 Carbon, 碳, 211.  
   allotropic forms of, 同素異形體, 211.  
   amorphous, 無定形碳, 211, 213.  
   atom, structure of, 原子的構造, 216.  
   chemical behavior of, 化學行為, 216.  
   compounds and living matter, 碳化  
   化合物及生活物質, 442.  
   crystalline, 結晶形碳, 211.  
   noncrystalline, 非晶形碳, 211, 213.  
   a very important element, 是一種極重  
   要的元素, 431. [375.  
 'Carbana', 主成分為四氯化碳的滅火藥水,

- Carbon bisulfide, 二硫化碳, 192.
- Carbonblock, 黑煙木, 214, 558.
- Carbon dioxide, 二氧化碳.  
in air, 空氣中的, 217.  
commercial uses of, 商業用途, 222.  
and monoxide, composition of, 與一  
氧化碳的組成, 225.  
cycle, 循環, 264.  
experiments with, 實驗, 220.  
foam, 泡沫, 224.  
liquid and solid, 液體和固體, 221.  
how plants use, 植物怎樣應用, 219.  
pure, preparation of, 純粹二氧化碳的  
製法, 219.  
production of, 生成, 217.  
properties of, 性質, 221.  
test for, 檢驗法, 218.
- Carbon monoxide, 一氧化碳.  
in coal fire, 煤火中所生的, 225  
and dioxide, composition of, 與二氧  
化碳的組成, 225.  
laboratory method of preparation, 實  
驗室中的製取法, 225.  
a poison, 是一種毒氣, 227.  
properties of, 性質, 226.  
as a reducing agent, 用作還原劑, 226.
- Carbon silicide, 碳化矽, 406.
- Carbon tetrachloride, 四氯化碳, 436.
- Carbonated water, 汽水(噴噴水), 221.
- Carbonic acid gas, 碳酸氣, 220.
- Carborundum, 金剛砂, 406.
- Carboxyl group, 羧基原子團, 439, 421.
- Carburetor, chemistry of, 混合器的化學.
- Carlsbad caverns, 卡爾斯巴特洞, 388.
- Case hardening, 面層淬硬(鋼), 490.
- Cassia, 乾酪素, 456.
- Casing-head gasoline, 天然汽油, 420.
- Cassiterite, 錫石, 524.
- Cast iron, 鑄鐵, 483.
- Catalyst, 觸媒, 32, 53, 432.  
effect of, 效應, 280.
- Catalytic agent, 催化劑, 32.
- Cathode, 陰極, 156.
- Caustic potash, 苛性鉀, 337.
- Caustic soda, 苛性鈉, 123.
- Cavendish, Henry, 卡文提什, G; (像), 46.
- Cellophane, 玻璃紙, 450.
- Celluloid, 賽璐珞, 451.
- Cellulose, 纖維素, 447.  
Cellulose acetate, 醋酸纖維素, 450.  
Cellulose nitrate, 硝酸纖維素, 450.  
Cellulose xanthate, 黃酸纖維素, 450.
- Cement, Portland, 波特蘭水泥, 395.
- Cementation process, 滲碳法(鋼), 490.
- Cementite, 滲碳鐵, 485.
- Centigrade scale, 百度(攝氏)溫度計, 61.
- Chalcoite, 輝銅礦, 512.
- Chalcopyrite, 黃銅礦, 512.
- Chamber process, 鉛室法(硫酸), 202.
- Change, 變化  
chemical, 化學變化, 14, 81.  
physical, 物理變化, 13, 81.
- Changes of state of matter, 物質的狀態  
變化, 61.
- Charcoal, 炭.  
animal, 骨炭, 214.  
wood, 木炭, 213.
- Charles, law of, 查理定律, 253, 583.
- Checking up answers, 驗算答數, 109.
- Chemical calculations, 化學計算法, 106.  
by weight, 涉及重量, 108.  
by weight and volume, 涉及重量和容



- 積, 239. [236.  
of volume of gas, 涉及氣體的容積,  
applied to gasoline, 應用於汽油, 421.
- Chemical change, 化學變化, 14, 81.  
characteristics of, 特性, 17.  
definition of, 定義, 16.  
displacement, 取代, 49.  
familiar, 常見的, 14.  
what happens in, 經過, 15.  
types of, 方式, 102.  
weight unchanged in, 總重量不變,
- Chemical compounds, 化合物, 22. [18.
- Chemical equation, 化學方程式, 99.
- Chemical fire extinguishers, 化學滅火器  
40, 228, 437.
- Chemical formula, 化學式, 88.
- Chemical properties, 化學性質, 34.
- Chemical reactions, 化學反應, 25
- Chemicals, 化學藥品, 21.
- Chemical symbol, 化學符號, 87.
- Chemical union, electron theory of, 化  
學結合的電子論, 176.
- Chemistry, 化學.  
agricultural, 農業化學, 8, 356.  
applied and pure, 應用化學和純粹化學,  
beginnings of, 開始, 2. [8, 9.  
biological, 生物化學, 443.  
definition of, 定義, 18.  
educational value of, 教育價值, 9.  
in 18th century, 十八世紀的, 6.  
in everyday life, 日常生活中的, 1.  
in industry, 工業中的, 7.  
in Middle Ages, 中古時代的, 3.  
in modern life, 近代生活中的, 7.  
organic, 有機化學, 431.  
renaissance of, 復興, 3.
- scientific beginnings of, 科學的化學之  
開始, 5.
- Chile saltpeter, 智利硝石, 287.
- China, 瓷器, 511.
- Chlorates, 氯酸鹽, 130.
- Chlorauric acid, 氫氯金酸, 538.
- Chloride, 氯化物, 138.  
how formed, 怎樣生成, 138.  
of lime, 氯化石灰, 131.  
test for, 檢驗法, 138.
- Chlorine, 氯.  
chemical activity of, 化學活性, 128.  
modern theories illustrated by, 例示  
近代理論, 570.  
poison gas, 毒氣, 127.  
preparation of, 製法, 127.  
properties of, 性質, 127.  
uses of, 用途, 128.  
water, 氯水 129.
- Chloroform, 三氯甲烷, (哥羅仿, 氯仿),
- Chlorophyll, 葉綠素, 443. [437.
- Chloroplatinic acid, 氫氯鉑酸, 539.
- Chromates, 鉻酸鹽, 542.
- Chrome alum, 鉻礬, 510.
- Chrome plating, 鉻克羅咪法, 542.
- Chromic, 鉻.  
acid, 鉻酸, 542.  
anhydride, 鉻酐, 541.  
hydroxide, 氫氧化鉻, 541.  
oxide, 氧化鉻, 541.  
salts, 鉻鹽, 541.
- Chromium, 鉻, 541.  
plating, 鉻鍍法, 542.  
steels, 鉻鋼 491.
- Cigar lighter, 打火器, 354.
- Cinnabar, 辰砂, 530.

- Citric acid, 檸檬酸, 145.
- Clay, 黏土, 504, 511.
- Clear fused quartz, 明潔的熔融石英,
- Clothing, 衣服, 442. [402.]
- Coagulation, 凝聚作用, 377.
- Coal, 石炭, (煤), 214.  
anthracite, 無煙煤, (硬煤), 214.  
bituminous, 煙煤, (軟煤), 216.  
distillation of, by-products of, 蒸餾  
的副產品, 550, 554.  
a fuel, 用作燃料, 413.  
gas, 煤氣, 216, 423.  
tar, 煤焦油, 216, 550.
- Coal-tar dyes, 煤焦油染料, 550.
- Cobalt, 鈷, 493, 498.  
compounds, 化合物, 499.
- Cobaltous chloride, 氯化亞鈷, 499.
- Coefficient of expansion, 膨脹係數, 490.
- Coinage, 鑄貨幣, 499, 533, 538.
- Coke, 焦炭, 213, 216.
- Collodion, 棉膠, 451.
- Colloidal, 膠體的.  
chemistry, importance of, 膠體化學的  
重要, 375.  
dispersion, 散佈, 375.  
particles, size of, 膠體質點的大小, 374.  
solutions, 膠體溶液, 373, 377.  
state, 膠體狀態, 373, 375.
- Colloids, 膠體, 373, 377.  
mutual protection of, 相互保護, 453  
precipitation of, 沉澱, 377.  
preparation of, 製法, 377.  
protective, 保護膠體, 378.  
ultramicroscope, 超顯微鏡, 374.
- Color, 色.  
chemistry of, 色之化學, 549.  
physics of, 色之物理學, 548.
- Combining weight, 化合量, 242.  
and atomic weight, 與原子量, 241.  
method of determining, 測定方法, 242
- Combustion, 燃燒, 36.  
definition of, 定義, 36.  
Lavoisier's experiment on, 拉法西埃的  
實驗, 36.  
products of, 產品, 37.  
spontaneous, 自燃, 38.
- Common elements, 普通元素, 底封裏頁.
- Common units, 常用單位, 底封裏頁.
- Common salt, 食鹽, 116.
- Compounds, 化合物.  
aromatic, 芳香族化合物, 554.  
chemical, 化合物, 22. [25.  
definite composition of, 一定的組成,  
definition of, 定義, 24.  
formula of, 式, 246. [455.  
mineral, in food, 食品中的礦物質,  
vs. mixtures, 與混合物的比較, 29.  
molecular weight of, 分子量, 107.  
naming, 命名, 94.  
number and importance of, 數目和重  
要, 28.  
organic, 有機化合物, 442. [107.  
percentage composition of, 百分組成  
production of, from elements, 由元素  
製成, 24.
- Computations, 計算法, 108.
- Concentration, 濃度, 282; 選礦, 469.  
effect of, 濃度的效應, 282.  
law of, 濃度定律, 282.  
of ores, 選礦, 469.
- Concrete, 混凝土, 395.  
reinforced, 鋼骨混凝土, 396.

- Condenser, 冷凝器, 64.
- Conservation of energy, law of, 能量不減定律, 413.
- Conservation of matter, law of, 物質不減定律, 18, 82.
- Contact process, 接觸法(硫酸), 202.
- Converter, 迴轉爐, 486.
- Cooler-Hewitt lamp, 庫柏休易特燈, 531.
- Copper, 銅, 512.  
 blister, 泡銅, 513.  
 compounds of, 化合物, 514.  
 cupric oxide of, 氧化銅, 514.  
 cuprous oxide of, 氧化亞銅, 514.  
 electrolytic refining of, 電解精煉, 513.  
 froth flotation process, 泡沫浮選法, 470.  
 metallurgy of, 冶金術, 512.  
 native, 天然銅, 512.  
 ores, 銅礦, 512.  
 oxides of, 氧化物, 514.  
 properties and uses, 性質和用途, 514.  
 pyrite, 黃銅礦, 512.  
 in replacement series, 在取代序中的銅, 474.
- Copperas, 皂礬, 496.
- Corn sirup, 玉蜀黍糖漿, 442.
- Correction for water vapor, 水汽的校正, 585.
- Corrosion, 腐蝕, 472.  
 electrochemical, 電化腐蝕, 522.  
 of iron, 鐵的腐蝕, 524.  
 of metals, 金屬的腐蝕, 472, 522.  
 prevention of, 防止法, 524.
- Corrosive sublimate, 昇汞, 532.
- Corundum, 剛玉砂, 509.
- Cotton, 棉, 447.  
 mercerized, 絲光紗, 450.
- Cottonseed oil, 棉子油, 451.
- Cottrell process, 柯屈萊爾法, 330.
- Court-plaster, liquid, 液態石膏, 451.
- Covalent linkage, 共價結合, 177.
- Cow's milk, composition of, 牛乳的組成, 456.
- Cracking of oils, 油類的熱爆破法, 420.
- Critical range of temperature, 臨界溫度, 489.
- Critical temperature, 臨界溫度, 256.
- Crucible steel, 坩堝鋼, 485.
- Crude oil, 原油, 417.
- Cryolite, 冰晶石, 505.
- Crystallization, 結晶, 366.  
 water of, 結晶水, 366.
- Crystallized silicon, 結晶形砂, 406.
- Crystalloids, 晶質, 375.
- Crystal structure of salts, 鹽類的晶體結構, 158.
- Crystals, 晶體, 366.  
 colored, 有色晶體, 對 366.  
 different kinds of, 各種的晶體, 365.  
 of sulfur, 硫的晶體, 184.
- Cupric compounds, 銅化合物, 514.
- Cupric oxide, 氧化銅, 514.
- Cupric sulfate, 硫酸銅, 515.
- Cuprite, 紅銅礦, 512.
- Cuprous compounds, 亞銅化合物, 514.
- Cuprous oxide, 氧化亞銅, 514.
- Curie, Marie, Sklodowska, 居利夫人, 562; (條), 563.
- Current of electricity, 電流, 159.
- Cyanamide process, 氰氨基鹽法(氮), 226.
- Cyanide process, 氰化法(金), 537.

Cycle of carbon and oxygen, 碳和氧的循環, 264.

## D

Dakin's solution, 打根溶液, 133.

Dalton, John, 道爾頓, 78; (像), 79.

atomic theory, 原子論, 78.

Davy, Sir Humphry, 得維(像), 121.

Decomposition, 分解.

double, 複分解, 104.

simple, 單分解, 103.

Definite composition, law of, 定組成定律, 26.

Dehydrated salt, 脫水鹽, 366.

Dehydrating action of sulfuric acid, 硫酸的脫水作用, 204.

Deliquescence, 潮解, 366.

Denatured alcohol, 變性酒精, 433.

Density, 密度.

definition of, 定義, 16, 60.

of a gas, how to compute, 氣體密度的計算法, 579.

of important gases, 重要氣體的密度(表), 590.

vs. specific gravity, 與比重的比較, 592.

Destructive distillation, 破壞蒸餾, 213.

Detergent, 除垢劑, 433.

Detonation, 起爆作用, 297.

Deuterium, (heavy hydrogen), 氘(重氫), 56.

Developing, 顯影(照相術), 535.

Dewar flask, 杜瓦瓶, 258.

Diamond, 金剛石, 311.

Libasic acids, 二鹼酸類, 300.

Dichromates, 重鉻酸鹽, 543.

Diffusion, 擴散, 55.

Direct combination, 直接化合, 102.

Dirigible, 飛船(氣), 560.

Disinfecting action, 消毒作用, 132.

Disintegration, 蛻變.

artificial, 人工蛻變, 570.

of atomic nucleus, 原子核的蛻變, 568.

series, 蛻變系, 566.

Dispersion of light, 光的分散, 340.

Displacement, 取代(置換), 49.

Distillation, 蒸餾.

of alcohol, 酒精的蒸餾, 432.

of coal, by-products of, 煤蒸餾所得的副產品(圖解), 554.

destructive, 破壞蒸餾, 213.

fractional, 分餾, 433.

of water, 水的蒸餾, 64.

Dolomite, 白雲石, 398.

Double decomposition, 複分解, 104.

Double refraction, 複折射, 386.

Double salts, 重鹽, 510.

Dow metal 陶氏金, 399.

'Dreft', 一種無皂肥皂的商品名稱, 454.

Drugs, 藥料, 554.

'Dry ice', 乾冰, 222.

Dryers, 催乾劑, 556.

Drying oil, 乾性油, 555.

Ductility of metal, 金屬的延性, 466.

Dulong and Petit's Law, 度隆和普替定律, 244.

'DuPrene', 一種人造橡皮的商標名, 183.

Duralumin, 堅鋁, 507.

Dutch process 荷蘭法(鉛白), 557.

Dyeing, 染色法.

direct, 直接染法, 551.

pattern, 五彩染法, 553.

vat, 匱染法, 551.

Dyes, 染料, 7, 548, 550.

coal-tar, 煤焦油染料, 550.

Dynamite, 猛炸藥, 298.

### E

Earths, alkaline, 鹼土族, 385.

Edible oils, 食用油, 454.

Effervescence, 起泡作用, 320.

Efflorescence, 風化作用, 366.

Electric cell, 電池, 521

Electric furnace, 電爐, 488.

Electrolysis, 電解, 156.

electron theory of, 電解的電子論, 159.

ionic theory of, 電解的離子論, 156.

in metallurgy, 冶金術中的電解, 471.

of salt solution, 鹽溶液的電解, 118.

of water, 水的電解, 23.

Electrolytes, 電解質, 154.

Electrolytic copper, 電解銅, 513.

Electrolytic refining, 電解精煉, 513.

Electromotive series, 電動序, 522.

Electron, 電子, 157.

within the atom, 原子內的電子, 170, 315.

in electric cell, 電池中的電子, 522.

Electron theory, 電子論.

of atom, 原子的電子論, 168.

of chemical union, 化學結合的電子論, 176.

of electrolysis, 電解的電子論, 159.

of metals, 金屬的電子論, 173.

of nonmetals, 非金屬的電子論, 173.

of valence, 原子價的電子論, 172.

Electron diagrams, 電子圖, 170, 171, 172,

173, 176, 177, 315, 317, 314, 315, 570.

Electrons and valence, 電子與原子價,

314

Elements, 元素.

abundance of, 元素的繁多, 27.

amphoteric, 兩性元素, 216.

definition of, 定義, 24.

list of, 元素表, 封面裏頁.

in human body, 人體中的元素, 28.

important, 重要元素 (表), 底封裏頁.

in native state, 呈游離狀態的, 27.

occurrence of, 所在, 27.

transmutation of, 遷變, 570.

Elixir of life, 不老丹, 5.

Emery, 剛砂, 505, 509.

Empirical formula, 實驗式, 434.

Emulsion, 乳濁液, 372.

Emulsifying agent, 乳化劑, 373.

Emulsoids, 乳膠, 378

Endothermic compound, 吸熱化合物, 192, 427.

reaction, 吸熱反應, 423.

End point, 終點, 147.

Energy, conservation of, law of, 能量不減定律, 413.

definition of, 能的定義, 413.

Energy levels, 能位, 343.

Enriching, 增碳(水煤氣), 424.

Enzymes, 酵素, 432.

Epsom salt, 瀉鹽, 400.

Equation, 方程式.

chemical, 化學方程式, 99.

gas, 氣體方程式, 585.

how to write, 作法 99.

necessary steps, 必需步驟, 100.

quantitative, meaning of, 定量的意義, 109. [101.

what it does not show, 所不表示的,

word, 文字方程式, 25.  
 Equilibrium, kinetic, 動平衡, 279.  
 Equivalent weight, 當量, 241.  
 Esters, 酯類, 451.  
 Ethane, 乙烷, 416.  
 Ethanol, (ethyl alcohol), 乙醇, 431.  
 Ether, 醚, 436.  
   ethyl, 乙醚, 436.  
 Ethyl acetate, 醋酸乙酯, 451.  
 Ethyl alcohol, 乙醇, 368, 431, 434.  
 Ethylene, 乙烯, 417.  
   bromide, 溴化物, 319, 422.  
   glycol, 乙二醇, 368.  
 'Ethyl gasoline', 乙基氣油, 320, 422.  
 Eudiometer, 氣體燃化計, 66.  
 Evaporation, 蒸發, 61.  
 Exothermic reaction, 放熱反應, 415, 508.  
 Explosion, 爆炸, (爆發), 39, 421.  
 Explosives, 炸藥, 297.  
 Extenders, 調合料, 557.  
 Extinguishing fire, 滅火, 40.

## F

Fabrics, 織品, 447.  
 Facts and theories, 事實和理論, 77.  
 Faraday, Michael, 法拉第(像), 156.  
 Fats, 脂肪, 451, 455.  
 Fehling's solution, 斐林溶液, 445, 514.  
 Feldspar, 長石, 505.  
 Fermentation, alcoholic, of grain, 穀類  
   的酒精發酵, 447.  
 Ferric chloride, 氯化鐵, 493.  
 Ferric compounds, 鐵化合物, 493.  
 Ferri-ferrocyanide, 亞鐵氰化鐵, 496.  
 Ferric hydroxide, 氫氧化鐵, 495.  
 Ferric oxide, 氧化鐵, 489, 495.  
 Ferric tannate, 鞣酸鐵, 497.  
 Ferricyanides, 鐵氰化物, 493.  
 Ferro-alloys, 鐵齊, 543.  
 Ferrocyanides, 亞鐵氰化物, 490.  
 Ferrous chloride, 氯化亞鐵, 493.  
 Ferrous compounds, 亞鐵化合物, 493.  
 Ferrous hydroxide, 氫氧化亞鐵, 495.  
 Ferrous sulfate, 硫酸亞鐵, 496.  
 Ferrous sulfide, 硫化亞鐵, 496.  
 Ferrous tannate, 鞣酸亞鐵, 498.  
 Fertilizers, 肥料, 299, 336, 355.  
 Filler, 填料(紙), 448.  
 Film, 軟片, 535.  
 Filtration of water, 水的過濾, 27, 65.  
 Fire extinguishers, 滅火器, 222, 437.  
 Fire extinguishing, 滅火, 40.  
 Fireworks, 花火, 396.  
 Fischer, Emil, 斐西耶(像), 455.  
 Fishtail burner, 魚尾燈, 425.  
 Fixation of nitrogen, 氮的固定, 286, 296.  
 Fixing, 定影(照相術), 536.  
 Flames, 火焰, 425.  
   gas 煤氣的火焰, 425.  
 Flame tests, 火焰檢驗, 338.  
 Flashlight powder, 閃光粉, 399.  
 Flint glass, 火石玻璃, 404.  
 Fluorine, 氟, 324.  
 Flux, 熔劑, 482.  
 Foamite method, 泡沫法, 224.  
 Fog, 霧, 379.  
 Food, 食品, 442, 455.  
   amount needed, 需要量, 458.  
   five classes of, 五類食品, 455.  
   fuel value of, 燃燒值, 455.  
   mineral compounds in, 食品中的礦物  
   質, 455.

- percentage composition of, 百分組成(表), 458.  
uses of, 用途, 455.
- Fool's gold, 愚人金, 496.
- Formaldehyde, 甲醛, (蟻醛), 438.
- Formalin, 福爾馬林, (蟻醛液) 438.
- Formic acid, 甲酸, (蟻酸), 439.
- Formula, 式.  
chemical, 化學式, 88.  
determining of, 式的決定, 246.  
empirical, 實驗式, 434.  
molecular, 分子式, 101.  
molecular weight from, 由式求分子量, 107.  
percentage composition from, 由式求百分組成, 107.  
structural, 結構式, 434.  
weight, 式量, 107.  
writing, 寫式, 93.
- Fractional distillation, 分餾, 433.
- Fractionating column, 分餾塔, 433.
- Fractions of distillate, 部分蒸餾液, 433.
- Fragmentary rock, 碎屑岩, 468. [183.
- Frasch process for sulfur, 弗拉虛法探硫,
- Fraunhofer lines, 夫宰因和斐線, 342.
- Freezing mixture, 冷劑, 367.
- Freezing point of solution, 溶液的凝固點, 367.
- Frosted foods, 冷凍食品, 374.
- Froth-floatation process, 泡沫浮選法(冶金術), 470.
- Fructose, 果糖, 444.
- Fuel gases, 燃料氣體, 423.
- Fuel oil, 柴油, 418.
- Fuels, 燃料.  
gaseous, 氣體燃料, 423.  
liquid, 液體燃料, 416.  
and smoke, 燃料和煤煙, 379, 415.  
solid, 固體燃料, 415.
- Fuming, nitric acid, 發煙硝酸, 289.  
sulfuric acid, 發煙硫酸, 203.
- Furnace, 爐.  
electric resistance, 電阻爐, 212.  
Hérault, 赫洛爾脫電爐, 488.
- Fusible plugs, 易熔插頭, 360.
- G**
- Galena, 方鉛礦, 518.
- Gaillum, prediction concerning, 關於鐳的預言, 308.
- Galvanized iron, 鍍錳鐵, (洋鉛皮), 473.
- Gamma rays,  $\gamma$  射線, 564.
- Gangue, 脈石, 469.
- Gas, 氣體, 煤氣.  
coal, 煤氣, 422.  
density of, 氣體的密度, 579.  
earliest use of, '氣'字的最早使用, 5.  
equation, 氣體方程式, 585.  
flames, 煤氣火焰, 425.  
natural, 天然煤氣, 423.  
poison, 毒氣, 127.  
producer, 發生爐煤氣, 424.  
volume of, changes with temperature, 氣體容積隨溫度而起變化, 582.  
water, 水煤氣, 423.
- Gas burner, 煤氣燈, 426.
- Gaseous fuels, 氣體燃料, 423.
- Gases, 氣體.  
diffusion of, 擴散, 55.  
dispersions in, 在氣體中的散佈, 379.  
important, densities of, 重要氣體的密度, 590.

- kinetic theory of, 動力說, 55.  
 physical principles, 物理原理, 579.  
 rare, 稀有氣體, 254.  
 standard conditions, 標準狀況, 579.  
 solubility of, in liquids, 在液體中的溶解度, 363, 589.  
 uniformity of, 統一性, 259.
- Gas mask, 防毒面具, 379.
- Gasoline, 汽油, 40, 418.  
 danger in using, 使用時的危險, 422.
- Gas volumes, correction of, 氣體容積的校正, 584.
- Gay-Lussac, Joseph Louis, 該呂薩克(像), 68
- Gay-Lussac's law of volumes, 該呂薩克容積定律, 68.
- Gay-Lussac tower, 該呂薩克塔, 201.
- Gels, 凍膠, 379.
- German silver, 洋銀, 499, 517.
- Glacial acetic acid, 冰醋酸, 439.
- Glass, 玻璃, 403.  
 cut, 車光玻璃, 405.  
 flint, 火石玻璃, 404.  
 hard, 硬玻璃, 403.  
 heat-tempered, 熱煨玻璃, 405.  
 nonshattering, 不裂玻璃, 405.  
 'Pyrex', 派來克斯玻璃, 8, 404.  
 safety, 安全玻璃, 405.  
 water, 水玻璃, 403.
- Glaze, 釉, 511.
- Glover tower, 格拉弗塔, 204.
- Glucose, 葡萄糖, 415.
- Glycerol, 丙三醇, (甘油), 451.
- Gold, leaf, 金箔, 538.  
 mining and extraction, 採礦和提煉, 537.  
 properties and uses, 性質和用途, 538.
- Gold chloride, 氯化金, 538.
- Goldschmidt process, 哥德士密特法, 541.
- Grain alcohol, 穀醇, (酒精), 431.
- Gram-atomic weight, 克原子量, 88.
- Gram calorie, 克卡, 414.
- Gram-molecular volume, 克分子容積, 237.
- Gram-molecular weight, 克分子量, 237.
- Grape sugar, 葡萄糖, 445.
- Graphite, 石墨, 212.
- Gravimetric synthesis of water, 水的重量合成, 69.
- Green vitriol, 綠礬, 496.
- Guacotton, 火藥棉, 450.
- Gypsum, 石膏, 393.

## H

- Haber process, 哈柏法(氣), 278.
- Hall, Charles M., 荷爾, 471.
- Halogens, 鹵素, 318.  
 comparison of, 比較, 321.  
 replacement of, 取代, 323.
- Hard glass, 硬玻璃, 401.
- Hardness of minerals, 礦物的硬度, 592.
- Hard water, 硬水, 387, 389.
- Heat, 熱.  
 of formation, 生成熱, 164.  
 of fusion, 熔解熱, 62.  
 measurement of, 計量, 413.  
 and motive force, 熱與動力, 421.  
 specific, 比熱, 62.  
 units, 單位, 414.  
 of vaporization, 蒸發熱, 62.
- Heat-tempered glass, 熱煨玻璃, 405.
- Heavy hydrogen, 重氫, 56, 571.



- Heavy water, 重水, 70
- Helium, 氦, 260, 564.  
atoms, 原子, 564.  
uses, 用途, 260.
- Hematite, 紅鐵礦, 480.
- Henry, law of, 亨利定律, 369.
- Hérault, 赫洛爾脫, 42.
- Hérault furnace, 赫洛爾脫電爐, 488.
- Hexane, 己烷, 416.
- High-speed steels, 高速鋼, 491.
- Homogenous material, 均勻物料, 22.
- Homologous series, 同族系, 436.
- Hopcalite, 霍普開來特, 228.
- Hormones, 內分泌素, 459.
- Household ammonia, 家用氨, 370.
- Humidity, 溼度, 265.
- Hydrates, 水化物, 366.
- Hydration, water of, 結晶水, 366.
- Hydriodic acid, 氫碘酸, 323.
- Hydrocarbons, 碳氫化合物, 416.  
as anti-knock remedies, 用作防震劑, 422.  
aromatic, 芳香族碳氫化合物, 554.  
of paraffin series, 石蠟系碳氫化合物, 416.
- Hydrochloric acid, 氫氯酸, (鹽酸), 134.  
commercial synthesis of, 商業合成法, 140.  
concentrated, 濃鹽酸, 137.  
a typical acid, 是典型的酸, 137.  
uses of, 用途, 138.
- Hydrocyanic acid, 氫氰酸, 336.
- Hydrofluoric acid, 氫氟酸, 325.
- Hydrogen, 氫, 46.  
atom, standard, 標準氫原子, 56.  
atomic, 原子氫, 83.  
chemical behavior of, 化學行為, 52.  
for commercial purposes, how prepared, 商業用氫的製法, 54.  
experiments with, 實驗, 50.  
where found, 所在, 46.  
molecule, 分子, 234.  
newly discovered forms of, 新發現的各種形式的氫, 56.  
preparation of, in laboratory, 實驗室製法, 49.  
from water, 由水製氫, 47.  
properties of, 性質, 52.  
purification of, 淨製法, 47.  
test for, 檢驗, 23.  
uses of, 用途, 54.
- Hydrogenation, 氫化, 54.  
of oils, 油類的氫化, 454.  
of petroleum, 石油的氫化, 420.
- Hydrogen bromide, 溴化氫, 321.
- Hydrogen chloride, 氯化氫, 136.  
analysis of, 分析, 139.  
composition of, 成分, 139.  
preparation of, 製法, 135.  
properties of, 性質, 136.  
synthesis of, 合成, 140.  
test for, 檢驗, 138.
- Hydrogen fluoride, 氟化氫, 325.
- Hydrogen iodide, 碘化氫, 323.
- Hydrogen peroxide, 過氧化氫, 70.
- Hydrogen spectrum, 氫光譜, 343.
- Hydrogen sulfide, 硫化氫, 188.  
occurrence of, 所在, 188.  
a poison, 是一種毒物, 189.  
preparation of, 製法, 188.  
properties of, 性質, 189.  
uses of, 用途, 191.
- Hydrolysis, 水解, 334.

Hydrosulfuric acid, 氫硫酸, 190.  
 Hydroxide, 氫氧化物, 48.  
   sodium, 氫氧化鈉, 48.  
 Hydroxyl group, 氫氧團, 146  
 'Hypo,' 大蘇打, 硫代硫酸鈉的俗名, 336.  
 Hypochlorites, 次氯酸鹽, 130.  
 Hypochlorous acid, 次氯酸, 129, 318.  
   as antiseptic agent, 用作防腐劑, 133.  
   as bleaching agent, 用作漂白劑, 131.  
   as disinfecting agent, 用作消毒劑, 132.  
   oxidizing action of, 氧化作用, 129.

## I

Ice, 冰.  
   artificial, 人造冰, 273.  
   'dry', 乾冰, 222.  
 Iceland spar, 冰洲石, 386.  
 Illuminating gas, 發光氣體.  
   acetylene, 乙炔, 425.  
   coal gas, 煤氣, 216, 423.  
   enriched water gas, 增碳水煤氣, 424.  
 Immiscible substances, 不可混和物質, 372.  
 Indicator, 指示劑, 146.  
 Indigo, 靛藍, 551.  
 Industrial chart, 工業圖解, 588.  
 Infra-red rays, 紅外線, 340.  
 Infusorial earth, 矽藻土, 401.  
 Ink, 墨水, 497.  
   blue-black, 藍黑墨水, 498.  
   spots, 漬墨水, 498.  
 Inorganic chemistry, 無機化學, 431.  
 International atomic weights, 國際原子量(表), 封面裏頁  
 Invar, 不變鋼, 499  
 Inversion, 轉化, 441.

Iodides, 碘化物, 323.  
 Iodine, 碘, 322.  
   test for, 檢驗, 323.  
   tincture of, 碘酊, 323.  
 Iodoform, 三碘甲烷, 438.  
 Ionic reactions, 離子反應, 161.  
 Ionic theory, 離子論.  
   of acids and bases, 酸類和鹼類的離子論, 159.  
   of neutralization, 中和的離子論, 162.  
 Ionization, 離子化, 155.  
   theory, 理論, 156.  
 Ions, 離子, 153.  
   of acids and bases, 酸類和鹼類的離子, 159.  
   and atoms, 離子與原子, 159.  
   neutralization of, 離子的中和, 160.  
   valence of, 離子的價, 175.  
 Iron 鐵, 479, 493.  
   alloys, 合金, 490.  
   cast, 鑄鐵, 483.  
   compounds, 化合物, 496.  
   corrosion of, 腐蝕, 524.  
   galvanized, 鍍錫鐵, 517.  
   importance of, 重要, 479.  
   magnetic oxide of, 磁性氧化鐵, 480.  
   microscopic study of, 顯微鏡研究, 485.  
   ores, 鐵礦, 480.  
   oxides, 氧化物, 480.  
   pig, 鑄鐵, 484.  
   pure, 純鐵, 493.  
   pyrite, 黃鐵礦, 496.  
   and steel, comparison of, 與鋼的比較, 485.  
   wrought, 鍛鐵, 484.  
 Iron carbide, 碳化鐵, 485.

Iron chlorides, 鐵的氯化物, 493.  
 Iron hydroxides, 鐵的氫氧化物, 495.  
 Isomers, 同分異構物, 434.  
 Isotopes, 同位素, 244, 566, 569.

## J

Jellies, 果凍狀物料, 379.  
 Joliot, Madame Irene Curie-, 朱力奧夫人(像), 563.  
 Jute, 苧, 447.

## K

Kaolin, 高嶺土, 511.  
 Kerosene, 火油, 418.  
 Kilm, 窯, 391.  
     rotary, 旋窯, 391.  
     vertical lime, 直立式石灰窯, 391.  
 Kilogram calorie, 仟克卡, 414.  
 Kindling point, 燃點, 39.  
 Kinetic equilibrium, 動平衡, 280.  
 Kinetic-molecular theory, 分子動力說, 55.  
 Kinetic theory of solution, 溶液動力說, 370.  
 Kipp generator, 啟普發生器, 50.  
 Kirchhoff, 克希霍夫, 342.

## L

Lacquers, 噴漆, 451, 556.  
 Lactic acid, 乳酸, 145, 456.  
 Lakes, 沉澱色質, 552, 558.  
 Lampblack, 燈煙, 214.  
 Langmuir, Irving, 蘭格繆爾(像), 83.  
 Latex, 乳液(橡樹), 186.  
 Laughing gas, 笑氣, 295.  
 Lavoisier, Antoine Laurent, 拉發西埃, 6;

(像), 35.

Lavoisier's experiment on combustion, 拉發西埃關於燃燒的實驗, 36  
 Law, 定律.

Boyle's, 波義耳定律, 232.  
 of Charles, 查理定律, 233.  
 of concentration or mass action, 濃度或質量作用定律, 282.  
 Dulong and Petit's, 度隆和普替定律, 244.  
 of conservation of energy, 能量不滅定律, 413.  
 of conservation of matter, 物質不滅定律, 18, 82.  
 of definite composition, 定組成定律, 26, 72, 81.  
 definition of, 定義, 18, 77.  
 Gay-Lussac's, 該呂薩克定律, 68, 233.  
 of Henry; 亨利定律, 369.  
 of mass action, 質量作用定律, 282.  
 of molecular concentration, 分子濃度定律, 282.  
 periodic, 週期律(新) 308; (舊), 303.  
 of multiple proportions, 倍比定律, 71, 82.

Lawrence, Ernest Orlando, 勞倫斯(像), 572.

Lead, 鉛, 518.  
     alloys of, 合金, 519.  
     compounds of, 化合物, 519.  
     desilverization of, 脫銀作業, 532.  
     kinds of, 種類, 565.  
     metallurgy of, 冶金, 518.  
     oxides, 氧化物, 519.  
     properties and uses, 性質和用途, 519.  
     red, 紅鉛, 520.

shot, 鉛彈, 519.  
 storage battery, 鉛蓄電池, 520.  
 white, 鉛白, 557.

Lead chromate, 鉻酸鉛, 542.  
 Lead dioxide, 二氧化鉛, 520.  
 Lead sulfide, 硫化鉛, 557.  
 Lead tetraethyl, 四乙基鉛, 422.

Le Blanc process, 路布蘭法(碳酸鈉), 331.

Liebig, Justus, 利比喜(像), 356.

Light, dispersion of, 光的分散, 340.

Lime, 石灰, 391.  
 air-slaked, 空氣滑化石灰, 392.  
 kiln, 石灰窯, 391.  
 milk of, 石灰乳, 392.  
 quick, 生石灰, 391.  
 slaked, 消石灰, 392.  
 superphosphate of, 過磷酸石灰, 356.  
 water, 石灰水, 392.

Limelights, 石灰燈, 391.

Limestone, 灰石, 38'.

Liming of soil, 土壤的石灰肥, 356.

Limonite, 褐鐵礦, 480.

Linen, 麻, 447.

Lines of spectrum, 光譜線, 342.

Linseed oil, 亞麻仁油, 555.

Liquid air, 液體空氣, 33, 257.  
 experiments with, 實驗, 258.  
 oxygen made from, 從液體空氣製氧,  
 33, 258.

'Liquid court-plaster', 液態宮膏, 451.

Litharge, 密陀僧, 519.

Lithium, 鋰, 339.

Lithopone, 鋅銀白, 557.

Litmus, 石蕊, 146.

Little, Dr. Arthur D., 利特爾博士, 2.

Living matter, 生活物質, 442.

Lubricating oils, 滑油, 418.  
 Luminescence, 無熱發光, 351.  
 Luminescent paint, 發光塗料, 566.  
 Lunar caustic, 銀丹, 534.  
 Lye, 鹼液, 123.  
 Lyman series, 萊曼系, 344.

## M

Magnalium, 鎂鋁齊, 7, 399, 507.  
 Magaesia, 苦土, 399.  
 milk of, 苦土乳, 399.

Magnesite, 菱苦土礦, 393.

Magnesium, 鎂, 398.  
 compounds of, 化合物, 398.  
 salts, 鎂鹽, 400.  
 soaps, 鎂肥皂, 389.

Magnesium bicarbonate, 碳酸氫鎂, 400.  
 Magnesium carbonate, 碳酸鎂, 400.  
 Magnesium chloride, 氯化鎂, 400.  
 Magnesium hydroxide, 氫氧化鎂, 399.  
 Magnesium nitride, 氮化鎂, 255.  
 Magnesium oxide, 氧化鎂, 393.  
 Magnesium sulfate, 硫酸鎂, 400.

Magnetite, 磁鐵礦, 480.

Malachite, 孔雀石, 512.

Malic acid, 蘋果酸, 145.

Malleability, 展性(金屬), 466.

Manganese, 錳, 540.  
 metallic, 金屬錳, 541.

Manganese dioxide, 二氧化錳, 540.

Manganous salts, 亞錳鹽類, 540.

Marble, 大理石, 386.

Mass action, law of, 質量作用定律, 282.

Mass spectrograph, 質譜儀, 245.

Matches, 火柴, 352.  
 safety, 安全火柴, 354.

- Materials, how recognized, 怎樣認識物料. 16.
- Matte, 半冶銅, 512.
- Matter, 物質.  
 conservation of, 物質不滅, 18.  
 three states of, 物質三態, 13.  
 possible unity of all, 萬物一元論, 569.
- Meerschaum, 海泡石, 338.
- Melting point, 熔點, 62.
- Mendelejeff, Dimitri Ivanovitch, 門得雷樂夫 (像), 306.
- Mercerized cotton, 絲光紗, 450.
- Mercuric chloride, 氯化汞, 532.
- Mercurous chloride, 氯化亞汞, 532.
- Mercury, bichloride of, 二氯化汞, 532.
- Mercury, 汞, 530.  
 occurrence and metallurgy, 所在和冶金, 530.  
 red oxide of, 紅色氧化汞, 31, 36.
- Metallic manganese, 金屬錳, 541.
- Metallic potassium, 金屬鉀, 121.
- Metallic sodium, 金屬鈉, 121.
- Metallography, 金屬結晶學, 485.
- Metallurgy, 冶金術, 465, 469.
- Metals, 金屬, 28, 465.  
 action of acids on, 酸類對於金屬的作用, 474.  
 action of, upon water, 金屬對於水的作用, 473.  
 alkali, 鹼金屬, 330.  
 characteristics of, 特性, 465.  
 chemical behavior of, 化學行爲, 474.  
 corrosion of, 腐蝕, 472, 522.  
 elasticity of, 彈性, 466.  
 electron theory of, 電子論, 173.  
 endurance of, 耐性, 466.  
 extracting, 提煉, 471.  
 hardness of, 硬度, 466.  
 heavy, 重金屬, 467.  
 inactive, 不活潑金屬, 474.  
 light, 輕金屬, 467.  
 noble, 貴金屬, 474.  
 nonferrous, 非鐵質金屬, 504.  
 and nonmetals, 和非金屬, 28.  
 oxidation of, 氧化, 472.  
 in periodic table, 在週期表中的位置: 313.  
 replacement series of, 取代序, 473.  
 strength of, 強度, 466.
- Methane, 甲烷, 416.
- Methanol, (methyl alcohol), 甲醇, 435.
- Methyl alcohol, 甲醇, 435.
- Micron, 微米, 375.
- Microphotographs, 顯微照相, 485.
- Milk, cow's, composition of, 牛乳的組成, 456.
- Milk of lime, 石灰乳, 392.
- Milk of magnesia, 苦土乳, 399.
- Milky quartz, 乳晶, 491.
- Millikan, Robert Andrew, 密利根 (像), 158.
- Mineral compounds in food, 食物中的礦物質, 455.
- Minerals, 礦物, 468.
- Minium, 鉛丹, 520.
- Miscible substances, 可混和物質, 373.
- Mixture 混合物.  
 vs. compound, 與化合物的比較, 26, 29.  
 definition of, 定義, 22.  
 freezing, 冷劑, 367.  
 separation of, 分離, 27.
- Moissan, Henri, 莫伊遜 (像), 324.

- Moisture, in air, 空氣中的溼氣, 265.
- Molar solution, 克分子溶液, 149.
- Molar weight, 克分子量, 237.
- Molecular formulas, 分子式, 88.
- Molecular weights, standard of. 分子量的標準, 237.
- Molecular and atomic weights, 分子量和原子量, 232.
- Molecules, 分子, 80.  
definition of 定義, 80.  
of gases, 氣體分子, 55.  
of hydrogen, 氫分子, 234.
- Molybdenum, 鉬, 7, 543.
- Mond process, 蒙特法(鎳及銅), 499.
- Monel metal, 洋白銅, 499.
- Monobasic acids, 一鹼酸類, 200.
- Mordants, 媒染劑, 541, 550, 552.
- Morley, E. W., 摩黎(像), 69.
- Mortar, 三合土, 392.
- Moseley, Henry G.-J., 莫斯萊(像), 309.
- Multiple proportions, law of, 倍比定律, 71, 82.
- Muriatic acid, 鹽酸, 137.
- Murphy, 麥非, 56.
- N**
- Naming compounds, 化合物的命名, 94.
- Nascent oxygen, 初生氧, 131.
- Nascent state, 初生態, 290.
- Natural gas, 天然煤氣, 423.
- Negative, 底片(照相術), 536.  
plates, 陰極板(蓄電池), 521.
- Neon lamp, 氖燈, 269.
- Neutralization, 中和.  
of base and acid, 鹼和酸的中和, 146.  
in analysis, 在分析上的應用, 149.
- ionic theory of, 離子說, 160.
- Neutron, 中子, 171, 569, 571.
- 'New-skin', 新皮, 451.
- Newton, Sir Isaac, 牛頓, 6.
- Nickel, 鎳, 493, 499.  
steel, 鎳鋼, 490, 499.
- Nickel carbonyl, 四羰鎳, 499.
- Nickelous sulfate, 硫酸亞鎳, 499.
- Niter, 硝, 286.
- Nitrates, 硝酸鹽, 291, 451.  
test for, 檢驗, 292.
- Nitric acid, 硝酸, 287.  
action with metals, 對金屬的作用, 290.  
fuming, 發煙硝酸, 289.  
oxidizing action of, 氧化作用, 289.  
preparation of, 製造, 287.  
properties of, 性質, 288.  
uses of, 用途, 292.
- Nitric oxide, 氧化氮, 293.
- Nitrite, 亞硝酸鹽, 291.
- Nitrocellulose, 硝化纖維素, 297.
- Nitrogen, 氮, 253.  
and bacteria, 氮與細菌, 300.  
compounds as fertilizers, 用作肥料的氮化合物, 299.  
cycle, 循環, 299.  
fixation of, 固定, 277, 286, 296.  
Haber process, 哈柏法, 277.  
importance of, 重要, 253.  
oxides of, 氧化物, 293.  
preparation of, from air, 由空氣中取氮, 254.  
properties of, 性質, 255.  
pure, preparation of, 製取純氮, 254.  
uses of, 用途, 259.
- Nitrogen dioxide, 二氧化氮, 253.

Nitroglycerin, 硝化甘油, 298.  
 Nitrous oxide, 氧化亞氮, 295.  
 Nodule, 根瘤(含固氮細菌的), 309.  
 Nonelectrolytes, 非電解質, 154.  
 Nonmetals, in periodic table, 非金屬在週期表中的位置, 312.  
 Nonpolar compounds, 無極化合物, 174.  
 Nonshattering glass, 不裂玻璃, 405.  
 Normal solution, 當量溶液, 150.  
 'Novocain,' 奴佛卡因, 7.  
 Nucleus, 核.  
   of atom, 原子的核, 169.  
   disintegration of, 蛻變, 568.  
   structure of, 構造, 171.

## O

Oetat, 八隅體, 315.  
 Oil, 油.  
   asphaltic, 瀝青性油, 418.  
   crude, 原油, 417.  
   crude, as fuel, 原油用作燃料, 419.  
   fuel, 柴油, 418.  
   linseed, 亞麻仁油, 555.  
   lubricating, 滑油, 418.  
   mineral, 礦油, 419.  
   paints, 油漆, 555.  
   olive, 橄欖油, 451.  
   of vitriol, 藥油(硫酸水), 204.  
 Oildag, 油滑料, 213, 378.  
 Oil fields and pipe lines, 油田和油管, 412.  
 Oils, 油類, 451.  
   cracking of, 熱裂破法, 420.  
   drying, 乾性油, 555.  
   edible, 食用油, 454.  
   hydrogenation of, 氫化, 454.  
   vegetable, 植物油類, 451.

Oleum, 發煙硫酸, 203.  
 Open-hearth process, 開爐法(鋼), 487.  
 Ores, 礦石, 469.  
 Organic chemistry, 有機化學, 217, 431.  
 Organic matter, 有機物, 63.  
 Osmosis, 滲透作用, 371.  
 Ostwald, Wilhelm, 奧斯特華德, 287.  
 Oxidation, 氧化作用, 36, 53.  
   definition of, 定義, 36.  
   of metals, 金屬的氧化, 472.  
   and reduction, 氧化與還原, 494.  
   speed of, 速度, 38.  
 Oxide, definition of, 氧化物的定義, 38.  
 Oxides, 氧化物, 31.  
   acidic, 酸式氧化物, 207.  
   basic, 鹼式氧化物, 207.  
 Oxidizing agent, 氧化劑, 205.  
 Oxyacetylene torch welding, 氧炔炬焊接, 427.  
 Oxygen, 氧, 31.  
   behavior of substances heated in, 物質在氧中加熱時的行爲, 34.  
   characteristics of, 特性, 31.  
   experiments with, 實驗, 33.  
   helmet, 氧盔, 42.  
   importance of, 重要, 31.  
   nascent, 初生氧, 131.  
   preparation of, commercial, 商業上的製法, 33.  
   preparation of, historical, 歷史的製法, 31.  
   preparation of, laboratory, 實驗室中的製法, 33.  
   test for, 檢驗, 33.  
   uses of, 用途, 41.  
 Oxyhydrogen flame, 氫氧焰, 54.

Ozone, 臭氣, 42.

## P

Paints, 塗料, 548, 554.

two components of, 兩種成分, 554.

oil, 油漆, 555.

pigment in, 塗料中的顏料, 555.

pyroxylin, 硝棉漆, 556.

vehicle in, 塗料中的展色劑, 554.

water-color, 水彩繪料, 555.

Palmitic acid, 軟脂酸, 451.

Paper, 紙, 447.

Paracelsus, 巴拉塞爾薩斯, 3.

Paraffin series, 石蠟系, 416.

Paris green, 巴黎綠, 359.

Parke's process, 派克法(銀), 532.

Parr's peroxide bomb, 柏爾過氧化物理, 415.

Paschen series, 帕新系, 343.

Pectin, 熟果膠, 379.

Pentane, 戊烷, 416.

Percentage composition from formula, 由式求百分組成, 107.

Periodic classification, 週期的分類, 311.

Periodic chart, 週期的圖解, 307.

Periodic law, 週期律.

new, 新週期律, 308.

old, 舊週期律, 306.

Periodic table, 週期表, 307.

value and use of, 價值及用途, 308.

Pernanganates, 過錳酸鹽, 541.

Permutit process 交替法(軟化水), 390.

Peroxides, 過氧化物, 70.

Petrified wood, 化石木, 401.

Petrolatum, liquid, 液體石油脂, 418.

Petroleum, 石油, 416, 417.

hydrogenation of, 氫化, 420.

refining of, 提煉, 417.

Phenol, 酚, 438.

Philosopher's stone, 哲人石, 3.

Phlogiston theory, 燃素說, 35.

Phosphates, 磷酸鹽.

as cleansers, 用作清淨劑, 357.

as fertilizers, 用作肥料, 355.

Phosphor bronze, 磷青銅, 514.

Phosphoric acid, 磷酸, 354.

Phosphorus, 磷, 350.

black, 黑磷, 352.

history and occurrence, 歷史和所在, 350.

preparation of, 製法, 350.

properties of, 性質, 351.

red, 紅磷, 351.

white, 白磷, 351.

Phosphorus pentoxide, 五氧化二磷, 254, 354.

Photography, chemistry of, 照相化學, 535.

Photons, 光子, 344.

Photosynthesis, 光合作用, 264.

Physical change, 物理變化, 13, 81.

Piccard, Auguste, 畢卡德, 262.

Picric acid, 苦味酸, 297, 550.

Pig iron, 鑄鐵, 484.

Pigments, 顏料, 555, 558.

Pipe lines, 油管, 412.

Pitchblende, 瀝青錒礦, 562.

Placer mining, 砂金採集法, 537.

Plaster, 紙筋泥, 393.

of paris, 熟石膏, 206, 393.

Plasticizer, 黏軟劑, 556.

Plate, 乾片, 535.



- glass, 硬片, 535.  
 Plate glass, 板玻璃, 405.  
 Platinite, 夾白金, 490, 539.  
 Platinized asbestos, 鉑化石棉, 539.  
 Platinum, 鉑, 538.  
   black, 鉑黑, 539.  
   sponge, 鉑海綿, 539.  
 Plumbago, 黑鉛, 213.  
 Poison gas, 毒氣, 127.  
 Polar and nonpolar compounds, 極化合物和無極化合物, 174.  
 Polonium, 鉑, 562.  
 Porcelain, 瓷器, 504, 511.  
 Portland cement, 波特蘭水泥, 395.  
 Potash, 鉀灰, 336.  
   caustic, 苛性鉀, 337.  
   red prussiate of, 紅血鹽, 496.  
   yellow prussiate of, 黃血鹽, 496.  
 Potassium, compounds, 鉀化合物, 336.  
   flame test for, 火燭檢驗, 359.  
   metallic, 金屬鉀, 121.  
   salts as fertilizers, 鉀鹽用作肥料, 336  
 Potassium alum, 鉀礬, 510.  
 Potassium aluminum silicate, 矽酸鉀鋁, 511.  
 Potassium bicarbonate, 碳酸氫鉀, 337.  
 Potassium carbonate, 碳酸鉀, 337.  
 Potassium chlorate, 氯酸鉀, 32.  
 Potassium chloride, 氯化鉀, 32.  
 Potassium chromate, 鉻酸鉀, 542.  
 Potassium dichromate, 重鉻酸鉀, 542.  
 Potassium ferrocyanide, 亞鐵化鉀, 496.  
 Potassium hydroxide, 氫氧化鉀, 123, 337.  
 Potassium manganate, 鉀酸鉀, 541  
 Potassium nitrate, 硝酸鉀, 333.  
 Potassium permanganate, 過錳酸鉀, 541.  
 Pottery, 陶器, 511.  
 Precipitate, 沉澱, 162.  
 Precipitated chalk, 沉澱白堊, 221, 367  
 Pressure, 壓力.  
   changes volume of gas, 改變氣體的容積, 580.  
   osmotic, 滲透壓力, 370.  
   standard condition of, 標準狀況, 579  
 'Prestolite', 乙炔的丙酮溶液, 427.  
 'Preston', 乙二醇的商品名, 384.  
 Priestley, Joseph, 普里斯特利, 6, 31; (像), 32.  
 Printing, 印曬(照相術), 536.  
 Problems, 習題.  
   solving, 解答, 111.  
   involving volumes of gases, 涉及氣體容積的, 236.  
   involving weight only, 祇涉及重量的, 168.  
   involving weight and volume, 涉及重量和容積的, 238.  
 Producer gas, 發生爐煤氣, 424.  
 Propane, 丙烷, 416.  
 Properties, 性質, 16, 18, 34.  
 Proteins, 蛋白質, 299, 455.  
 Protons, 質子, 170, 171, 570.  
 Prout, 普牢特, 246.  
 Prussian blue, 普魯士藍, 496.  
 Prussic acid, 氫氰酸, 336.  
 Pullman car, 浦爾曼式車廂(空氣調節), 266.  
 Putty, 油灰, 387.  
 'Pyrex' glass, '派來克斯' 玻璃, 8, 404.  
 'Pyrofax', 主成分為丙烷的氣體燃料, 424.  
 Pyroxusite, 軟矽礦, 540.

## Q

- Qualitative analysis, 定性分析, 544.  
 Qualitative experiment, 定性實驗, 69.  
 Quantitative experiment, 定量實驗, 69.  
 Quantitative meaning of equations, 方程式的定量意義, 199.  
 Quartz, 石英, 401.  
   fused, 熔融石英, 403.  
 Quicklime, 生石灰, 391.

## R

- Radiation, from radium, three kinds, 鐳的三種輻射, 563.  
 Radicals, 根, 38, 32.  
 Radioactive elements, in periodic table, 放射性元素在週期表中的位置, 567.  
 Radioactivity, 放射現象, 562.  
 Radium, 鐳, 562.  
   A, B, C, D, E, F, G, 鐳 A, 鐳 B, 鐳 C, 鐳 D, 鐳 E, 鐳 F, 鐳 G, 566.  
   bromide, 溴化鐳, 563.  
   disintegration products, 蛻變產品(表), 567.  
   emanation, 鐳射氣, 564.  
   energy of, 能, 564.  
   rays, 射線, 563.  
   uses of, 用途, 565.  
 Radon, 氣, 564.  
 Ramsay, Sir William, 拉姆塞, 254, 259; (像), 269.  
 Rare gases, 稀有氣體, 254, 259.  
 Rayleigh, Lord, 累利, 254, 259.  
 Rayon, 人造絲, 449.  
 Reactions, chemical, 化學反應, 25.  
   which go to completion, 反應的完成,

161.

- ionic, 離子反應, 161.  
 replacement, 取代反應, 49.  
 reversible, 可逆反應, 207, 274, 279.  
 speed of, 速率, 281.  
 types of, 方式, 102.  
 Red oxide of mercury, decomposition of, 紅色氧化汞的分解, 23.  
 Reduction, 還原, 53, 471.  
   and oxidation, 還原和氧化, 494.  
 Refraction, double, 複折射, 386.  
 Refrigeration, with liquid ammonia, 液態氨發冷, 272.  
 Replacement, double, 複取代, 104.  
   simple, 單取代, 103.  
 Replacement of halogens, 鹵素的取代, 323.  
 Replacement reactions, 取代反應, 49.  
 Replacement series of metals, 金屬的取代序, 473.  
 Resuscitation, 解救, 238.  
 Reverberatory furnace, 反射爐, 484.  
 Reversible reactions, 可逆反應, 207, 274, 279.  
 Richards, Theodore W., 李卻茲(像), 243.  
 Roasting, 煨燒, 471.  
 Rock crystal, 水晶, 401.  
 Rocks, 岩石, 468.  
 Rock salt, 岩鹽, 116.  
 Rose quartz, 玫瑰晶, 401.  
 Rubber, 橡膠, 186.  
   artificial, 人造橡膠, 187.  
   hard, 硬橡膠, 187.  
   manufacture of, 製造, 186.  
   plantation, 橡樹園, 188.  
   reclaiming, 重製橡膠, 188.

vulcanizing, 加硫法, 187.  
 Rubies, 紅玉, 505.  
 Rust, 鐵鏽, 36, 472, 495.  
 Rutherford, Lord, 拉忒福德(像), 169; 570, 572.

## S

Sal ammoniac, 硫砂, 275.  
 Sal soda, 蘇打砂, 333.  
 Salt, common, 食鹽, 116.  
   s. lutin, electr. lysis of, 溶液的電解, 118.  
   making a, 製一種鹽, 147.  
   rock, 岩鹽, 116.  
   action of sulfuric acid on, 硫酸和食鹽的作用, 134.  
 Saltpeter, 硝石, 286, 338.  
 Salts, 鹽類, 145, 147.  
   ammonium, 銨鹽, 275.  
   anhydrous, 無水鹽, 366.  
   double, 重鹽, 510.  
   magnesium, 鎂鹽, 389.  
   naming of, 命名, 147.  
   potassium, as fertilizers, 用作肥料的鉀鹽, 336.  
   structure of, 結構, 158.  
 Sand, 砂, 401, 504.  
 Sandpaper, 砂皮, 402.  
 Saponification, 皂化, 452.  
 Sapphires, 青玉, 505.  
 Saturated solution, 飽和溶液, 364.  
 Scheele, Karl W. 舍靈, 6, 31.  
 Scurvy, 壞血病, 459.  
 Sedimentary rocks, 沖積岩, 468.  
 Semi-permeable membrane, 半透膜, 371.  
 Shellac, 蟲膠, 364, 555.

Shellacs, 蟲膠漆, 555.  
 Siderite, 菱鐵礦, 480.  
 Signal lights, 信號光, 399.  
 Significant figures, 重要數字, 110.  
 Silica, 矽土, 401.  
 Silicates, 矽酸鹽, 385, 402.  
 Silicic acid, 矽酸, 402.  
 Silicon, 矽, 401, 406.  
 Silicon dioxide, 二氧化矽, 401.  
 Silicon steel, 矽鋼, 406.  
 Silicon tetrafluoride, 四氟化矽, 325.  
 Silk, 絲, 449.  
 Silver, 銀, 532.  
   cleaning, 去污法, 533.  
   compounds of, 化合物, 533.  
   extraction of, 提煉, 532.  
   German, 洋銀, 499, 517.  
   sterling, 英幣銀, 533.  
   uses of, 用途, 533.  
 Silver bromide, 溴化銀, 535.  
 Silver chloride, 氯化銀, 535.  
 Silver halides, 鹵化銀, 534.  
 Silver iodide, 碘化銀, 535.  
 Silver nitrate, 硝酸銀, 533.  
 Simple decomposition, 單分解, 103.  
 Simple replacement, 單取代, 103.  
 Slag, 熔渣, 483.  
 Slaked lime, 消石灰, 392.  
 Smelting, 熔煉, 482.  
 Smoke, 煤煙, 379, 415.  
 Smokeless powder, 無煙火藥, 297.  
 Smoky quartz, 茶晶, 401.  
 Soap, 'soapless', '無皂'肥皂, 454.  
 Soaps, 肥皂, 389, 452.  
   calcium, 鈣肥皂, 389.  
   magnesium, 鎂肥皂, 389.

- cleaning power of, 清淨力, 453.
- Soapstone, 皂石, 398.
- Soda, 蘇打, (碱), 330.
- Soda ash, 蘇打灰, 332.
- Soda crystals, 蘇打晶體, 333.
- Soda, caustic, 苛性蘇打, (苛性鈉), 123.  
 in the household, 家用蘇打, 330.  
 in industry, 工業用蘇打, 330.  
 washing, 洗滌蘇打, 330, 332.  
 water, 蘇打水, 222.
- Sodium, 鈉, 120.  
 compounds, 化合物, 336.  
 vs. ammonium compounds, 與銨化合物的比較, 338.  
 flame test for, 火焰檢驗, 338.  
 metallic, 金屬鈉, 121.
- Sodium bicarbonate, 碳酸氫鈉, 333.
- Sodium carbonate, 碳酸鈉, 331, 332.
- Sodium chlorate, 氯酸鈉, 130.
- Sodium chloride, 氯化鈉, 116.
- Sodium cyanide, 氰化鈉, 336.
- Sodium hydroxide, 氫氧化鈉, 48, 122.
- Sodium peroxide, 過氧化鈉, 335.
- Sodium silicate, 矽酸鈉, 403.
- Sodium thiosulfate, 硫代硫酸鈉, 330, 336.
- Sodium-vapor lamp, 鈉蒸氣燈, 339.
- Softening water, 水的軟化, 389, 390.
- Solder, 銲錫, 519.
- Solid alcohol, 固體酒精, 379.
- Sols, 溶液, 379.
- Solubility, 溶解度.  
 curves, 曲線, 365.  
 of gases in liquids, 氣體在液體中的溶解度, 368; (表), 589  
 general rules for, 一般規則, 163.  
 of solids in water, 固體在水中的溶解度(表), 589.
- Solute, 溶質, 63.
- Solutions, 溶液.  
 antifreeze, 抗凝溶液, 367.  
 aqueous, 水溶液, 63.  
 boiling and freezing point of, 沸點和凝固點, 367.  
 concentrated, 濃溶液, 63.  
 conductivity of, 導電性, 153.  
 Dakin's 打根溶液, 133.  
 dilute, 稀溶液, 63.  
 of gases, 氣體的溶液, 368.  
 importance of, 重要, 363.  
 kinetic theory of, 動力說, 370.  
 molar, 克分子溶液, 149.  
 nature of, 性質, 369.  
 normal, 當量溶液, 150.  
 process of, 溶解的過程, 62.  
 saturated, 飽和溶液, 62.
- Solvay process, 蘇爾偉法(碳酸鈉), 331.
- Solvents, 溶劑, 63, 364.
- Specific gravity, 比重, 467.  
 definition of, 定義, 592.
- Specific heat, 比熱, 62, 244.
- Spectra, 光譜.  
 hydrogen, how produced, 氫光譜的產生, 342.  
 X-ray, and atomic numbers, X 線光譜與原子序數, 311.
- Spectrograph, 攝譜儀, 421.
- Spectroscope, 分光鏡, 341.  
 X-ray, X 線分光鏡, 309.
- Spectrum, 光譜, 340.
- Spectrum chart, 光譜圖, 對 342.

- Spontaneous combustion, 自燃, 38.
- Sprinkler system, 噴水裝置(消防), 360.
- Stability, and heats of formation, 穩定度和生成熱, 164.
- Stainless steel, 不銹鋼, 490.
- Stains, 污跡, 498.
- Stalactites, 石鐘乳, 388, 389.
- Stalagmites, 石筍, 388, 389.
- Standard conditions of temperature and pressure, 溫度和壓力的標準狀況, 579.
- Stannic acid, 錫酸, 553.
- Stannic chloride, 氯化錫, 553.
- Stannic hydroxide, 氫氧化錫, 553.
- Stannic salts, 錫鹽, 525.
- Stannous salts, 亞錫鹽, 525.
- Starch, 澱粉, 446.
- States of matter, 物質的狀態, 13.
- Steam, 蒸汽, 61.
- Stearic acid, 硬脂酸, 451.
- Steel, 鋼, 485.
  - Bessemer, 柏塞麥鋼, 486.
  - blister, 泡鋼, 490.
  - chromium, 鉻鋼, 490.
  - chromium-nickel-vanadium, 鉻鎳鈦鋼, 491.
  - chromium-vanadium, 鉻鈦鋼, 491.
  - crucible, 坩堝鋼, 485.
  - hardened, 淬硬鋼, 489.
  - high-speed, 高速鋼, 491.
  - microscopic study of, 顯微鏡研究, 485.
  - mild, 柔鋼, 485.
  - nickel, 鎳鋼, 490, 492.
  - special, 特種鋼, 490.
  - stainless, 不銹鋼, 490.
  - tempering of, 熱處, 489.
- Sterling silver, 英幣銀, 533.
- Stoneware, 粗陶器, 511.
- Storage battery, lead, 鉛蓄電池, 520.
- Stoves, of blast furnace, 鼓風爐的熱氣爐, 482.
- Stratosphere, 平流層, 262.
- Strong acids, 強酸類, 191.
- Strong bases, 強鹼類, 191.
- Strontium, 銦, 396.
  - compounds, 化合物, 396.
- Structural formula, 結構式, 434.
- Structure, 構造.
  - of atom, 原子構造, 168.
  - of matter, 物質構造, 568, 569.
  - of nucleus, 核的構造, 171.
- Sublimation, 昇華, 276, 322.
- Substances, 物質, 22.
  - common, 普通物質, 591.
  - definition of, 定義, 22.
  - hardness of, 硬度, 592.
- Substitution products, 取代物, 436.
- Sucrose, 蔗糖, 444.
- Sugar, 糖, 443.
  - beet, 甜菜糖, 444.
  - cane, 蔗糖, 444.
  - grape, 葡萄糖, 445.
  - maple, 楓糖, 444.
- Sulfate, test for, 硫酸鹽的檢驗, 206.
- Sulfates, 硫酸鹽, 206.
- Sulfides, 硫化物, 188.
- Sulfites, 亞硫酸鹽, 200.
- Sulfur, 硫, 181.
  - allotropic forms of, 同素異形體, 185.
  - amorphous, 非晶形硫, 無定形硫, 185.
  - chemical behavior of, 化學行為, 185.
  - extraction of, 採硫, 182.

Frasch process, 弗拉虛法, 183.  
 importance of, 重要, 181.  
 industrial production of, 工業生產, 181.  
 occurrence of, 所在, 181.  
 plastic, 彈性硫, 185.  
 prismatic, 柱狀硫, 184.  
 properties of, 性質, 183.  
 rhombic, 斜方硫, 184.  
 in manufacture of rubber, 在橡膠製造上的用途, 186.  
 varieties of, 種類, 183.  
 Sulfur dioxide, 二氧化硫, 196, 198.  
 Sulfur trioxide, 三氧化硫, 201.  
 Sulfuric acid, 硫酸, 48.  
 action with salts, 與鹽類的作用, 205.  
 concentrated, 濃硫酸, 204.  
 dehydrating action of, 脫水作用, 204.  
 dilute, 稀硫酸, 205.  
 fundamental chemical, 基本的化學藥品, 196.  
 manufacture of, 製造, 202.  
 as oxidizing agent, 用作氧化劑, 205.  
 and salt, 硫酸與食鹽, 134.  
 uses of, 用途, 205.  
 Sulfurous acid, 亞硫酸, 197, 198.  
 as reducing agent, 作用還原劑, 198.  
 Superphosphate of lime, 過磷酸石灰, 356.  
 Supersaturation, 過飽和, 367.  
 Suspensions, 懸濁液, 372.  
 Suspensoids, 懸膠, 378.  
 Symbols, chemical, 化學符號, 87.  
 Synthetic gasoline, 合成汽油, 420.  
 Synthetic rubber, 合成橡膠, (人造橡膠), 187, 428.

## T

Talc, 滑石, 398.  
 Tannic acid, 鞣酸, 497.  
 Tanning, 鞣製皮革, 542.  
 Tarnishing, 發銹, 523.  
 Temperature, changes volume of gas, 氣體的容積隨溫度而起的變化, 582.  
 critical, 臨界溫度, 256.  
 effect of, 效應, 289.  
 scale, absolute, 絕對溫度標, 583.  
 standard conditions of, 標準狀況, 579.  
 Tartaric acid, 酒石酸, 145.  
 Tempered glass, 熱煨玻璃, 405.  
 Test, 檢驗, 33.  
 Theory, 理論, (學說), 78.  
 definition of, 定義, 78.  
 of atoms, Dalton's, 道爾頓的原子論, 78.  
 of Avogadro, 亞佛加德羅的理論, 233.  
 of electrons, 電子論, 168.  
 of ions, 離子論, 156.  
 kinetic-molecular, 分子動力說, 55.  
 Thermit, 鋁熱劑, 508.  
 Thomson, Sir J. J., 湯姆孫(傑), 163.  
 Tin, 錫, 524.  
 Tinctures, 酊, 433.  
 Titration, 滴定, 150.  
 T.N.T., 三硝基甲苯的簡稱, 297.  
 Transmutation of elements, 元素的遞變, 570.  
 Tribasic acid, 三鹼酸類, 200.  
 Trinitrotoluene, (T.N.T.), 三硝基甲苯, 297.  
 Trisodium phosphate, 磷酸三鈉, 357.  
 Troposphere, 對流層, 262.

Tungsten, 鎢, 7, 491, 543.  
 Turnbull's blue, 滕氏藍, 497.  
 Turpentine, 松節油, 556.  
 Type metal, 活字金, 360, 519.

## U

Ultramarine, 羣青, 559.  
 Ultramicroscope, 超顯微鏡, 373, 374.  
 Ultra-violet rays, 紫外線, 340.  
 Uniformity of gases, 氣體的統一性, 232.  
 Units, common in metric and English systems, 米突制和英制中的常用單位, 底封裏頁.  
 Uranium, 鈾, 562.  
 Urea, 尿素, 442.  
 Urey, Harold C., 攸利(像), 56.

## V

Valence, 價, (原子價), 90.  
 applications of, 應用, 93.  
 bonds, 鍵, 91.  
 of common elements and groups, 普通元素及元素團的價, 91.  
 definition of, 定義, 90.  
 and electrons, 原子價與電子, 172, 314.  
 by experiment, 由實驗而得的原子價, 243.  
 graphical representation of, 圖解, 91.  
 how to learn, 怎樣學習, 94.  
 of ions, 離子的價, 175.  
 and periodic system, 原子價與週期律, 312.  
 in polar compounds, 極化合物的價, 175.  
 rule for, 規則, 94.  
 troubles with, 困難, 96

variable, 可變原子價, 92.  
 van Helmont, 凡黑爾蒙特, 5.  
 Vanadium, 鈷, 491, 543.  
 van't Hoff, Jacobus Hendricus, 凡特荷甫(像), 370.  
 Varnishes, 假漆, 555.  
 Vat dyeing, 匹染法, 551.  
 Ventilation, 通氣, 266.  
 Vitamins, 生活素, (維他命), 456, 459.  
 Vitroil, oil of, 藥油, (硫強水), 204.  
 Volume, gram-molecular, 克分子容積, 237.  
 Volume of gas, 氣體的容積.  
 changes with temperature, 隨溫度而起的變化, 582.  
 changes with pressure, 隨壓力而起的變化, 580.  
 von Baeyer, Adolf, 拜耳(像), 551.  
 Vorce cell, 福爾斯電池, 119.  
 Vulcanizing, 加硫法, 187.

## W

Washing soda, 洗滌蘇打, 330, 332, 390.  
 Water, 水, 59.  
 analysis of, 分析, 66.  
 carbonated, 汽水, 221.  
 composition of, by weight, 重量組成, 68.  
 decomposition of, 分解, 66.  
 distilled, 蒸餾水, 65.  
 drinking, chemical treatment of, 飲水的化學處理, 133.  
 electrolysis of, 電解, 23.  
 filtration of, 過濾, 65.  
 gas, 水煤氣, 423.  
 glass, 水玻璃, 403.

- gravimetric synthesis of, 重量合成, 69.
- hard, 硬水, 387.
- of hydration, 水化物, 366.
- heavy, 重水, 70.
- importance of, 重要, 59, 363.
- action of metals on, 金屬對於水的作  
用, 473.
- natural, impure, 天然水是不純粹的,  
63.
- occurrence, 所在, 59.
- percentage composition of, 百分組成,  
69.
- properties of, 性質, 60.
- purification of, 淨製, 64, 511.
- soda, 蘇打水, 222.
- softening of, 軟化, 389.
- solvent power of, 溶劑力, 63.
- synthesis of, by volume, 容積合成, 67.
- vapor, pressure of, 水汽壓力, 585; (表),  
590.
- Weak acids, 弱酸類, 190.
- Weak bases, 弱鹼類, 190.
- Weight, gram-molecular, 克分子量, 237.
- Weight, molecular, finding, 求分子量,  
238.
- Weight, problems involving, 涉及重量的  
習題, 111.
- and volume, problems involving, 涉  
及重量與容積的習題, 239.
- Weight of atom, absolute, 原子的絕對  
重量, 232.
- Welding, 熔接.
- by atomic hydrogen torch, 用原子氫  
炬, 83.
- by oxyacetylene torch, 用氧炔炬, 427.
- by thermit, 用鋁熱劑, 508.
- White lead, 鉛白, 557.
- White vitriol, 皓礬, 518.
- Whitewash, 刷白水, 392.
- Whiting, 白料, 387.
- Wöhler, Friedrich, 味勒, (像), 412; 505.
- Wood, 木材, 447.
- Wood alcohol, 木醇, 435.
- Wood's metal, 武德金, 360.
- Wool, 羊毛, 449.
- Word equation, interpretation of, 文字  
方程式的釋解, 25.
- Wrought iron, 煅鐵, 484.
- X**
- Xanthate cellulose, 黃酸纖維素, 450.
- X-ray spectra, X 線光譜, 309.
- and atomic numbers, X 線光譜與原子  
序數, 311.
- X-ray spectro scope, X 線分光鏡, 309,  
310.
- Z**
- Zinc, 鋅, 516.
- compounds of, 化合物, 518.
- Zinc blende, 閃鋅礦, 516.
- Zinc chloride, 氯化鋅, 518.
- Zinc hydroxide, 氫氧化鋅, 518.
- Zinc oxide, 氧化鋅, 518, 57.
- Zinc white, 鋅白, 557.
- Zincite, 紅鋅礦.





# 化學奇

法布爾著  
顧均正譯

談 一角七

本書用演義體，敘述二少年從叔父學習化學之經過，將文藝與科學冶於一爐，讀之令人躍躍欲一試此化學的奇蹟而後快。全書分二十六章，將化學上的必需知識，組織成一個有秩序的系統。費一兩天的時日讀畢此書，所得當遠過於初中學生在教室中一學年的聽講。中學化學教師如以此書介紹給學生作補充讀物，必能使學生對於化學發生無限興趣，而增加教學上的效力。

顧均正編  
少年化學  
實驗手冊

四角

## 十萬個爲什麼

伊林原著  
董純才譯 三角五分

本書用故事談話等體裁，敘述一般家常用具的構造，發明過程，及科學原理等。文字親切簡明，材料豐富有趣，讀之獲益匪淺。

## 化學反應圖解

沈鼎三編 三角

本書把三十餘種普通元素所造成的化合物用圖解法，表出其間的相互關係；每一反應都附有方程式，極適作參考與複習之用。

## 化學的故事

任一碧譯 五角五分

以清趣的文字，歷述古來大科學家的歷史及化學的發明與進展等故事。

## 化學與我們

鄭貞文等著 四角

本書介紹一個最簡單最經濟的化學實驗室，所需儀器藥品，只須三元錢的代價，就可做二百餘個化學實驗，凡化學上的各種知識，均已包括無遺。你可以把他們當做娛樂，也可以把他們當做學習。小學教師以此爲示範實驗之準備書，尤爲適宜。

開明書店印行

目錄

一九二八年七月

較重要的元素表

元素	符號	原子量 約數	價	元素	符號	原子量 約數	價
鋁	Al	27	III	錳	Mn	55	II IV
銀	Ba	137	II	汞	Hg	200	I II
溴	Br	80	I	鎳	Ni	58.7	II
鈣	Ca	40	II	氮	N	14	III V
碳	C	12	IV	氧	O	16	II
氯	Cl	35.5	I	磷	P	31	III V
鉻	Cr	52	II III VI	鉑	Pt	95	IV
銅	Cu	63.6	I II	鉀	K	39	I
氟	F	19	I	鐳	Ra	226	II
金	Au	197	I III	矽	Si	28	IV
氦	He	4	—	銀	Ag	108	I
氫	H	1	I	鈉	Na	23	I
碘	I	127	I	硫	S	32	II IV VI
鐵	Fe	56	II III	錫	Sn	119	II IV
鉛	Pb	207	II IV	鎢	W	184	VI
鎂	Mg	24	II	鋅	Zn	65	II

米突制和英制中的常用單位

10 毫米 (mm.)	= 1 厘米 (cm.)	1 cc. 水在 4° C. 時重 1 克
100 厘米	= 1 米突 (m.)	2.54 厘米 = 1 英寸 (inch)
1000 立方厘米 (cc.)	= 1 升 (l.)	1 米突 = 39.37 英寸
10 毫克 (mg.)	= 1 厘克 (cg.)	1 升 = 1.06 夸 (quart)
100 厘克	= 1 克 (g.)	1 克 = 15.4 格林 (grain)
1000 克	= 1 仟克 (kg.)	28.35 克 = 1 盎司 (ounce)
		1 仟克 = 2.20 磅 (pound)
		1 品脫 (pint) 水約重 1 磅

高級中學教科適用  
“最新實用化學”

民國廿六年七月初版  
民國廿八年一月三版

有著作權  
\*  
不許翻印

實價國幣二元  
(外埠酌加郵費)

原著者 Black & Conant  
翻譯者 顧均正  
發行者 章錫琛  
上海福州路開明書店  
印刷者 開明書店

由書業公會呈准  
教育部凡廿六年一月  
以後印行之教科書  
照實價暫加三成發售

總發行所  
上海福州路二六八號

分發行所  
重慶 貴陽 萬縣  
桂林 昆明

開明書店 開明書店分店



二  
元