

萬有文庫

第二集七百種

王雲五主編

化學學校

(三)

歐斯伐著

湯元吉譯

商務印書館發行



化學學校

(三)

歐陽新著

湯元吉譯

漢譯世界名著

第三十四章 氣體容積定律

師 我們又要回轉去講氯化氫了；我們還可以學到不少東西呢。牠的成分成什麼比例？

生 氫的化合量是一·〇一；氯的化合量是三五·四六；所以三六·四七份氯化氫裏含有一·〇一份氫跟三五·四六份氯。

師 一點也不錯；這是以重量，還是以體積計算的呢？

生 當然是以重量計算的。

師 對啦。但這兩種氣體的體積究成什麼比例呢？

生 這我們在事先怎會知道呢！

師 雖不能在事先知道，卻能在事先計算出來呢。我們祇要知道一·〇一克氫氣跟三五·四六克氯氣的體積各有若干大就行了。

生 這我們怎樣纔能知道呢？

師 我們祇要知道若干重的氫氣或氯氣佔有若干大的體積，就可以算出一·〇一克氫氣或三五·四六克氯氣佔有若干大的體積了。

生 請你算給我看!

師 你先記住每立氫氣約重 $\frac{1}{11}$ 克;說得正確些是 0.0901 一克。如此說來, 0.0901 克氫氣的體積既是一立,那末, 1.01 克氫氣的體積應當是多大呢?

生 $\frac{1.01}{0.0901} = 11.210$ 立。

師 對啦。我們祇算到零下第一位小數點為止,作牠是一一·二立吧。氯的密度是等於 0.00316 ;三五·四六克氯氣的體積應當是多大呢?你可當心不要算錯呀。密度的意義你知道嗎?

生 密度是等於體積單位的重量,而體積單位是等於一立方厘米。

師 對啦,照這樣算,一立方厘米的氯氣應當等於 0.00316 一六克重。

生 啊哈,我現在明白了。一立方厘米氯氣的重量既是等於 0.00316 克,那末,一立氯氣的重量就應當等於

三·一六克,而三五·四六克氯氣的體積就應當等於 $\frac{35.46}{3.16}$

$= 11.2$ 立。——數目跟先前完全是一樣的,真奇怪了。

師 這有什麼意義呢？

生 牠告訴我們：一·〇一克氫氣跟三五·四六克氯氣的體積乃是相等的。

師 不但是這一點，牠並且還告訴我們氯氣跟氫氣是以相等的體積化合為氯化氫的呢。氯化氫的密度是等於〇·〇〇一六·二五；那末，由一·〇一克氫氣跟三五·四六克氯氣構成功的三六·四七克氯化氫佔有多大的體積呢？

生 $\frac{36.47}{1.625} = 22.4$ 立。

師 這當中有那一點可以引起你的注意嗎？你把這數目跟先前的比較一下看。

生 恰好比先前大雙倍。這倒好玩呢！

師 這並不好玩，這是一件極正經的事。這是你在一條很重要的定律中碰到的第一個例子。

生 又是一條定律！我總是不知不覺的就跌在定律裏了。人人都像我這樣嗎？

師 我是故意把你引到那些定律上去，使你去認識牠們的。

生 原來並不是偶然的啊。

師 你把剛纔見到的情形，普遍地說出來看。

生 氯氣若跟氫氣化合，那末，牠們的體積總是相等的。

師 或是說得好些：氯跟氫係以相等體積化合。至於氯化氫呢？

生 牠的體積恰好是雙倍大。

師 對啦。其他一切化合物的性質都是這樣的。

生 真的嗎？

師 可不是真的嗎，不過體積不一定是相等的罷了，牠們也可造成 1:2;1:3;2:3……等比率呢。氣體化合時所佔有的體積，我們可用 $m:n$ 表明之； m 跟 n 乃是代表整數微數的。

生 原來跟原子量的情形完全是一樣的！

師 對啦；而構成功的化合物的體積跟成分的體積之間也是有一種簡單比率存在的。現在，我把你已經認識過的若干質素的蒸氣密度開給你。你算一算每一質素的每一原子量應佔有若干立的體積。

	密 度
氧.....	0.00143
氫.....	0.0000901
水.....	0.000804
氮.....	0.00125
一氧化碳.....	0.00125
二氧化碳.....	0.00196

生 計算時我須照從前一樣先用一〇〇〇乘密度，然後再用得到的數目去除原子量呢。

師 一點兒也不錯。你把算出來的結果也列成一個表看。

生

氧..... 16:1.43 = 11.2

氫..... 1.008:0.0901 = 11.2

水..... 18.02:0.804 = 22.4

氮..... 14:1.25 = 11.2

一氧化碳..... 28:1.25 = 22.4

二氧化碳..... 44:1.96 = 22.4

這多奇怪！所有的數目不是11.2就是22.4！

師 這有什麼奇怪？根纔你剛據學的那條定律，這是應當如此的。

生 爲什麼？我雖學過氣體的體積在任何化合物裏都是能造成簡單的比例的；但是我們卻不能因此就說一切原子量都是佔有相等體積的呀。

師 誰說我們不能做這個結論！假設我們從氮氣出發：一立氮氣能跟一立氫氧化合你是知道的，但氮跟氫同時也能構成其他的化合物呢，如氫跟氧能化合爲水就是一個例子。定律對於這個例也是適用的，就是一立氫氣祇能跟一立氧氣或其倍數化合罷了。你還可以這樣類推下去；所以

你若從一立氣體出發的話，那末，你經過化合，分解，轉變……等任何化學作用所得到的其他一切元素式的或化合式的氣體，其體積都是可以用整數立計算的。即使你不以一立，而以一·二立做單位，結果也是如此的。

生 現在我明白了，這跟原子量完全是一樣的。

師 一點兒也不錯。如此說來，密度跟原子量有什麼相互關係呢？

生 讓我想一想看。氣體的密度是每一立方厘米氣體的重量，換句話說，就是具有相等體積的氣體的重量；相等體積是可以互相化合的——如此看來，密度間的關係是跟原子量之間的關係相同的。

師 一點兒也不錯；我沒有想得到你一下子就會說對呢。

生 我現在述明自然律的勇氣已經比從前大多了。

師 這是一個很重要的進步。不過你剛纔還沒有完全說對呢，因為往往還須加上一個因子二呢。氫氣的原子量比較牠的密度要大過一·二倍；而水的原子量却要比牠的蒸汽密度大過二·四倍呢。

生 這可有點把人弄糊塗了。這種區別是怎樣發生的呢？難道我們選擇原子量時，竟不能使這種不規則的情形不至於

發生嗎？

師 不，這是實際的體積所不許的：你把我們先前拿牠做出發點的那一個例再細想一遍看；一份（體積）氯跟一份（體積）氫構成兩份（體積）氯化氫。倘若密度跟原子量是成簡單比例的。那末，氯化氫就祇應當佔有一份體積，而不應當佔有兩份體積了。因為牠事實上佔有的體積是兩份，所以我們選擇原子量的時候，纔沒有方法使牠跟蒸氣密度造成簡單比率的。

生 否則倒是極方便的呢！

師 化學家也是這樣想過的，所以牠們又創了一個叫做分子量的新概念，所謂分子量、乃二二·四立氣態質素之重量是也。

生 如此說來，分子量跟原子量大都原是相同的。

師 你查一查我先前給你的那個表看，看那些是彼此相同的，那些是彼此不同的。

生 我相信我又找到一條自然律了：牠們在化合物是相同的；在元素是彼此不同的。

師 僅就這個表裏舉的例說，你的話是對的；但就一般情形說，你的話就不適用了。——我們應當把元素的化學式寫

成怎樣，纔能使牠們代表一個分子量或二二·四立呢？

生 假使我聽懂你的話的，我們應當以二去乘那些祇能代表一一·二立的舊化學式纔行呢。

師 一點兒也不錯，我問的話你是完全聽懂的。凡能代表一個分子量的化學式，我們都稱之為分子式。你把氯跟氫的分子式寫出來看。

生 2H 跟 2Cl 。

師 不是這樣寫的；你應當把牠寫成 H_2 跟 Cl_2 纔對呢。——你現在把構成氯化氫的那個方程式寫出來。

生 $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 = \text{H}_2\text{Cl}_2$ 。

師 這又錯了；氯化氫的分子式跟普通的那個化學式是相同的，因為三六·四七克已經佔有二二·四立了。所以你應當寫為： $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 = 2\text{HCl}$ 纔對呢。

生 這我是明白的。這個方程式有什麼好處呢？

師 牠不但能把發生作用時的重量比率，並且還能把體積比率告訴你呢。因為分子式是代表各種氣體的相等體積的，所以分子式前面的那些數目乃是代表參預作用的體積單位的。如此說來。你也可以把方程式這樣讀出來：一份（體積）氫氣跟一份（體積）氯氣構成兩份（體積）氯化氫。

生 唔，我現在看出來了，用分子式寫出來的方程式比較用那普通的化學式寫出來的方程式，含意要廣得多了。但是我們怎樣纔能看出牠是不是原子式呢？

師 我們只要遇到元素的化學式被寫做雙倍大的時候，就可以看出來了；例如在上面的方程式裏寫的就不是 2Cl ，而是 Cl_2 。在可能範圍以內，我們普通總是把牠們寫做分子式的。除了這一點以外，分子式再沒有其他特徵了。

生 我們爲什麼不把牠們通通寫做分子式呢？

師 因爲祇有一部分的質素在氣體狀態時的情形是我們所知道的，所以我們纔不能把牠們通通寫做分子式的。你不要忘了，分子量的概念是建築在氣體或蒸氣密度的知識上的。

生 唔，我現在正可借此機會問您一個問題呢，這個問題我已經放在腦筋裏想過許多日子了。——氣體的密度跟體積是跟着溫度的高低或壓力的大小而改變的；我們怎能替一個可以改變的數值立出一條如此簡單的定律呢？

師 你忘了我曾經向你說起過的那條定例了，氣體密度都是以一大氣壓跟零度作爲標準的。

生 對不住，我現在想起來了。但蒸氣如果在這種情形之下跟

水蒸氣似的變成液體或固體了，那怎麼辦呢？

師 那末，我們祇要拿牠們的體積放在其他適宜的溫度跟壓力之下去比較就行了。

生 這我不能了解。

師 一切氣體的體積都是同樣的隨着壓力或溫度而改變的，這你不是早就知道的嗎。氯跟氫在零度及一大氣壓下化合爲氯化氫時，既佔有相等的體積，那末，牠們就是在三百度跟十分之一大氣壓下所佔有的體積，當然也是彼此相同的（但這個體積跟在零度及一大氣壓下的那個體積當然是不同的）；不但是在三百溫度跟十分之一大氣壓下，就是在任何其他壓力跟溫度之下也是如此的，只要我們把氯跟氫放在同一溫度跟同一壓力之下加以比較就行了。

生 原來如此呵，這一點我倒沒有想得到呢，我雖相信這當中的道理一定要比我所理想的來得簡單；但是我得老實說，我還沒有能完全了解呢。

師 好，我們再從另一方面來觀察。我們也可以把定律這樣說出來：我們如果照着若干可以蒸發的質素的分子量，每種取牠若干克，使牠們在相同壓力跟相同溫度之下變成氣

體的話，那末，牠們的體積必定是彼此相等的。

生 這倒好像是一條新定律呢！

師 不，牠仍舊是那條老定律。我們如果拿化合量來代替分子量的話，那末，大一半的質素（尤其是化合式的質素）也是佔有相等體積的，不過有時祇佔有二分之一（這種情形在元素尤其顯著），有時甚至僅佔有 $\frac{1}{4}$ ， $\frac{1}{6}$ 或 $\frac{1}{8}$ 的體積罷了。

生 請您把牠跟老定律的連帶關係指出來看！

師 牠們的連帶關係是這樣的：因為化學作用祇能依照着原子量（或其倍數）的比率發生，而原子量所佔有的氣體體積卻是相等的，或彼此是能造成簡單比率的，所以氣體與氣體之間也祇能依照着簡單的氣體體積比率來發生作用了。

生 胡拉，現在我完全明白了。原來又是極其簡單的呀！

師 可不是嗎。但是化學家還嫌牠不夠簡單，所以又使牠跟原子說發生了連帶關係呢。牠們先做了一個結論，說是氣態元素的密度是跟牠們的原子量成比例的，所以體積相等時，其中含有的各種氣體的原子數目也是相等的。

生 據我看起來，這個結論似乎做得太快了。

師 不過牠卻是對的，因為密度原是跟相等體積的重量相等的呀。如果每一立方厘米的氫跟氯的重量是成1.01:35.46之比的，而每一氫原子 H 跟每一氯原子 Cl 的重量也是成1.01:35.46之比的，那末，每一立方厘米裏含有的氫原子跟每一立方厘米裏含有的氯原子就應當是數目相同的了，否則我們是得不到同樣的重量比率的。

生 唔，現在我明白了。

師 但化合物就不是這樣了，因為氫跟氯化氫的密度不是成1.01:35.46之比，而是成2.02:36.47之比的。這個困難跟我們先前所遇到的那個困難正是相同的。

生 那末，化學家用什麼方法把這難關來打破的呢？

師 也跟我先前向你說的一樣。牠們做了一個假定，說是元素中的原子本身也是能互相化合的，就跟種類不同的原子可以構成功化合物一樣。牠們並稱這種化合物為分子 HCl 。分子量的名稱也就是這樣得來的。

生 這個假定有什麼用處呢？

師 現在，我們可以說：體積相同之任何氣體或蒸氣，在相等壓力及相同溫度之下，其中恆含有數目相同之元子。

生 除了我們已經知道的事實之外，牠們並不能再多告訴我

們什麼，這情形跟原子說倒是一樣的呢。

師 你這話完全是對的；但這卻能幫助許多人便於記憶呢。我們並且找出一點，就是我們在選擇化學式時，如果能使牠相當於二二·四立（就正常狀態言）的話，那末，我們在表明各種質素間的相互關係及其相互間的轉變作用時，就要覺得方便跟合理得多了。這種化學式所代表的量叫做一摩爾；其重量係以克計算，恰好是等於分子量的數目，因為這個原故，所以分子說的重要性及普遍性倒跟原子說差不離呢，而目前的化學都是依照着這個學說在向前發展的。

生 但你自己曾經向我說過，我們知道的那些質素之中僅有一小部分的氣體狀態或蒸汽狀態是我們所知道的。

師 一點兒也不錯；但是我們除了氣體定律之外，還發現了若干可以適用於溶解質素的定律，所以我們差不多可把分子量這個概念用之於一切質素呢。

生 請您把這當中的道理講給我聽！

師 現在還不能呢；一直要等到你再學會許多其他的質素之後，你纔能聽得懂呢。

第三十五章 電解

師 你可以把昨天所學的東西很簡略的再述一遍嗎？

生 我已經料到你要這樣問我了；我想，我可以很簡略的說一句，說是：氣體的化合量係佔有相等的體積的。

師 這話答的雖好；但你一則不應當說化合量，而應當說分子量；二則你應當補充一句，說是分子量若不是等於化合量，就是等於化合量之倍數。

生 分子量也有時候會是化合量的分數嗎？

師 這是不會的，因為我們當初所以擇定二二·四立的原故，就是爲的不要有分數出現呀。假定我們當初擇定一一·二立的話，那末，一切化合物的化學式裏就非有一個因子，不能表明牠所代表的分量恰好佔有一一·二立的體積了。

生 但我們當初也可以擇定爲四四·八立或六七·二立的呀。

師 當然是可以的。不過這樣一來，一切分子式就通通要獲得一個共通的因子二或三了。但這種麻煩乃是大可不必有的。

生 我以前認為不妥的幾點，現在經您這樣一解釋，我完全放心得下了。

師 一直到現在為止，我們所討論的僅限於一種極簡單的情形，就是兩種氣體乃是以相等體積化合的；現在，我們要立刻討論一種較為複雜的情形了。下列密度是由實驗裏得到的，你用這些密度把體積計算出來看。

	密 度	
生	氫	0.000090
	氧	0.30143
	水蒸氣	0.000805
	氫的體積是	$1.01/0.000090 = 11.2$ 立
	氧的體積是	$16.00/0.00143 = 11.2$ 立
	水蒸氣的體積是	$18.02/0.000805 = 22.4$ 立

這樣看來。由體積相等的氫跟氧構成的水蒸氣的體積適為前者之兩倍。這情形跟氯化氫倒完全是一樣的呢。

師 這你可弄錯了。你知道水的化學式跟構成水的化學方程式是怎樣的嗎？

生 $2\text{H} + \text{O} = \text{H}_2\text{O}$ 。

師 對啦。但是氫氣的一個化合量的體積只有一·二立，所以牠的原子式應作 H_2 你是早已知道的。氧氣是怎樣情形呢？把你自已剛纔做的算題再復看一遍看！

生 一六·〇〇克氧氣的體積是一一·二立；我們如果要得到二二·四立的話，就得寫做 O_2 呢？

師 說得好極了，水蒸氣是怎樣情形呢！

生 牠已經佔有二二·四立了，所以用不着以二乘了。

師 現在，你再用分子式把水的構造方程式寫出來看。

生 讓我細細的想一想看， $H_2 + O_2$ ——不對，這樣寫是不行的——啊哈，準定是這樣寫的： $2H_2 + O_2 = 2H_2O$ 。

師 一點兒也不錯。就體積講，這個方程式有什麼意義呢？

生 兩份（體積）氫氣跟一份（體積）氧氣構成兩份（體積）水蒸氣。

師 好極了，你今天的頭腦真清楚極了。

生 我得老實承認，我先前已經在書裏偷看過了。

師 只要你知道，並且能了解，偷看不偷看倒是沒有關係的。

生 我還是現在纔能了解的呢。我得老實說，我不但希望由計算的方法獲得關於這一切問題的知識，並且還希望能親眼看到這一切情形呢。

師 這是可以有辦法的。我們把水來分解，並且把得到的兩部分東西分別的聚集起來。

生 您預備怎樣做呢？我們須使氧氣跟別的東西化合，氫氣纔

會放出來呢。

師 我用電流來試驗。我們只要使電流在任何一種鹽溶液或酸溶液或鹽基溶液裏通過，這些東西就分離為成分了。

生 這是什麼道理呢？

師 詳細的情形，我以後纔能講給你聽呢。電流能做工作，你是知道的呀。

生 是的，牠可以推動電車呢。

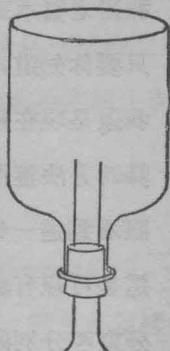
師 牠也能做別種工作呢，例如使電燈炮發光跟發熱之類。

生 可不是嗎。

師 除此以外，牠也能做化學工作，使元素從化合物裏分離出來呢。

生 現在，我漸漸明白起來了！這種化學工作也能由電燈泡裏用的電流去做嗎？

師 可以的，不過電燈泡是不能拿掉的，否則電流就嫌太大了。我把燈泡跟插頭中間的電線剪斷一根（參看五十一圖），把牠的兩端各跟一條嶄亮的銅絲搓在一起。銅絲是插在這副小儀器上的木塞裏的（參看第五十圖），而這副儀

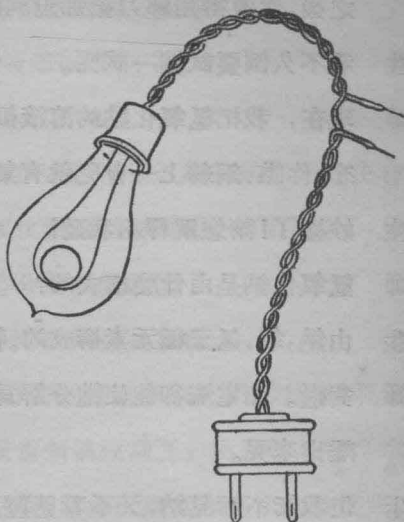


第五十圖

器乃是由一隻去掉瓶底而倒轉過來放着的玻璃瓶做成的。

生 是您自己做的嗎？

師 這並不難做。你可以先用切玻璃的刀（第十一章）繞着玻璃瓶的四周劃一條裂痕，然後用濕紙搓成兩根紙條把這條裂痕恰好包在中間；濕紙跟濕



第五十一圖

紙間之距離約為〇·三至〇·五厘米光景。現在，你只須把濕紙條當中的那條裂痕放在火上旋轉着加熱，那末，過了一會兒，玻璃就會依着這條裂痕裂開來了。

生 爲什麼原故？

師 我從前（第四章）就告訴過你，玻璃熱得不均勻時是會有張力發生而破裂的。玻璃瓶上因爲有濕紙條包圍着。所以只有那濕紙條中間空着的地方纔會受到熱呢；而你劃的那條裂痕，對於玻璃的裂開卻是有幫助的。等玻璃裂開

之後，你還得用銼刀把那銳利的邊挫平呢。

生 我不久倒要試牠一試呢。

師 現在，我把氫氧化鈉的溶液倒進玻璃瓶裏，把插頭插起來。你瞧，銅絲上一會兒就有氣泡昇上來了。

生 妙極了！請您解釋給我聽！

師 氫氧化鈉是由什麼構成的？

生 由鈉，氧，氫三種元素構成的。牠的化學式是 NaOH 。

師 對啦。而電流卻能使牠分解為鈉跟羥基在兩條銅絲上分離出來呢。

生 但我既不看見鈉，又不看見羥基呀。

師 鈉跟水會發生作用，你是知道的。牠們會構成什麼呢？

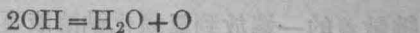
生 會構成氫氣跟氫氧化鈉。方程式是： $\text{Na} + \text{H}_2\text{O} = \text{NaOH} + \text{H}$ 。

師 一點兒也不錯。你瞧，一方面放出來的是水裏的氫氣，而另一方面氫氧化鈉卻老是會重新構成功的。

生 但是羥基呢？

師 羥基單獨是不能存在的；牠會依照下列方程式變為水跟氧氣呢： $2\text{OH} = \text{H}_2\text{O} + \text{O}$ 。爲的要兩個羥基在一條銅絲上分離出來，所以在另外那條銅絲上就非有兩個鈉原子

出現不行。因此，你同時得到兩個方程式：



左邊合攏起來計算是兩個水跟兩個氫氧化鈉；而你在右邊雖也能找到兩個氫氧化鈉，但只能找到一個水罷了，另外那一個化合量的水是分解為氫跟氧了。

生 請讓我再複算一遍看。不錯，的確是這樣。

師 如此看來，電流最初所分解的雖是氫氧化鈉；但因氫氧化鈉後來經過其他作用又重新構成功了，所以結果卻是水被分解了。因此，我們不妨把整個反應看作是水的分解呢。

生 您若是不告訴我，我是沒有勇氣把這些公式如此搬來搬去的。

師 牠們的確是對的；不過從前的人也經過了很長久的時期，纔把這當中的道理弄明白的呢。現在，我們且把這一切特別情形攔在一旁不談，而只談水的分解。由銅絲上上昇的氣體，一是氫氣，一是氧氣。並且是兩份氫氣跟一份氧氣，其比例就跟在水裏是一樣的。

生 這我可以看得見嗎？

師 我們只要把氣體聚集起來，就可以看得見了。我們用玻璃

管來做這試驗；這玻璃管跟滴定管很相似；不過并夾一是在上面，一是在下面的罷了（參看第四十七圖）。我們把牠敞着的一端放到氫氧化鈉溶液裏去，把并夾開開，從上面把溶液吸到玻璃管裏去，等吸滿之後，就把并夾關住，不讓溶液吸到嘴裏去。

生 溶液是有毒的嗎？

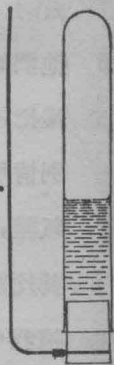
師 雖不是有毒的，卻是帶腐蝕性的，所以吃在嘴裏倒也怪不舒服呢。現在，我們用這樣的兩根玻璃管來聚集氣體；通了一會兒，你就可以看出一個玻璃管裏的氣體是比較多些了。

生 多的一定是氫氣。

師 一點兒也不錯。另外那個玻璃管裏是氧氣。

生 看上去，兩個玻璃管裏的氣體卻完全是一樣的。

師 我們立刻就要來辨別牠們了。這兒是一個結在一根又堅固又彎成直角形的鐵絲上的軟木塞，我可以用牠把浸在液體裏的玻璃管塞住，把牠移到另一個器具裏去，而不叫玻璃管裏的氣體逃掉呢（第五十二圖）。



第五十二圖

生 我已經想了很久了，不知道您預備怎樣做法；卻沒有料到竟是這樣簡單的！

師 我現在把這兩個玻璃管移到一個放水的大器具裏去；你很容易看出一個玻璃管裏的氣體只抵得另一個玻璃管裏的一半罷了。

生 現在，我們把氫氣來點着牠！

師 一點兒也不錯，我正想做這試驗呢。我把玻璃管浸在水裏，一直浸到并夾爲止；現在，我把一根燃着的木片放在并夾出口的地方，把并夾開開——

生 氣體已經燒起來了！

師 那暗淡的火光是我們早就知道的。

生 氧氣呢？

師 我們也照樣的來試驗，使牠吹向一根發出極微火光的木片。

生 胡拉，木片燒起來了！

師 你瞧，都是對的。

生 我很想把整個試驗再做一遍；只可惜我們家裏還沒有裝電燈呢。

師 你只要能設法三個濕電池或是兩個蓄電池，就照樣能試

驗了。但是你須留神把不同的電極彼此連接起來，而使甲電極跟一條鐵絲而使乙電極跟另一條鐵絲連接起來纔對呀。你最好是等學會怎樣應用濕電池之後再去試驗吧。

生 可不是嗎？請您告訴我，我們能不能分解別的質素呢？我們如果分解鹽酸的話，豈不是應當能得到體積相等的氫氣跟氯氣嗎？

師 一點兒也不錯。但是這個試驗是不容易做的，因為氯氣是不會變成氣體放出來的，牠是會溶解在鹽酸裏的。而鹽酸須吸收了很多的氯氣之後，纔會飽和呢。我們不能照着分解水似的那樣分解鹽酸，乃是非常可惜的，因為鹽酸經過分解能直接變為氯跟氫呢；牠是不會發生副作用的。但我們在這兒是不能用鐵絲通電的，因為牠會被鹽酸溶解呢。

生 那末，我們應當用什麼通電呢？

師 最好是用電燈泡裏的那種細人造炭。

生 關於電的知識，我很想再多聽些跟多見識些呢。

師 有幾點我還可以跟你談談呢。電是（在發電機或普通的生電機裏）由工作生出來的一種能，並且可以轉變為其他形式的能，乃是你早已知道的。

- 生 這話你剛纔向我說過，我是知道的。
- 師 那就好了。傳電物裏流動着的電流，乃是電能最重要的一種形式。
- 生 有什麼東西在裏面流動呀？
- 師 簡單的說，就是電在裏面流動。
- 生 但是我們並看不出有什麼東西在電線裏呀！
- 師 我如果使水從一個玻璃管裏流過去的話，那末，除非是有一個氣泡或是另有一種東西在水裏，你也是看不出什麼的。還有，河水是否在流，你也只能由那些隨被逐流的其他東西上看出來呀。
- 生 這話倒是真的。我倒從來沒有想到這一層上去呢。
- 師 電流從鹽溶液裏通過去的時候，我們可以強迫牠做化學工作呢。
- 生 怎樣強迫牠呢？難道牠不能像通過一條銅絲那樣的從鹽溶液裏通過去嗎？
- 師 這牠是不能的。這就如同你把水引到一部水車或透平裏去似的，水要從裏面通過去，牠是非推動車輪不行的。
- 生 電流能推動什麼呢？
- 師 能推動鹽的成分。電流跟水流有一個區別。就是水流是只

朝一個方向流的，而電流卻是朝正反兩個方向流的。電流裏的正電跟負電的方向彼此正是相反的。

生 這我雖能理想；卻不能加以想像。電怎能在銅絲裏流向正反兩個方向而彼此不相妨礙呢？

師 這是很容易弄明白的。你如果在一個靜止的湖上，同時就兩個不同的地點引起波浪的話，牠們也是會朝正反兩方向互相穿過，而彼此不相侵犯的。

生 唔，這倒是真的。

師 或者你還可以拿機器上的皮帶來做比喻。牠把工作由一副機器上傳到另一副機器上去，所以一半總是朝甲方向走的，而另一半總是朝相反的乙方向走的。你現在假定用一個匣子把皮帶裝在裏面的話，你就可以拿牠來做個比喻，去想像電流是怎麼一回事了。

生 可不是嗎。但是這一切不過是些懸想跟比較罷了。

師 因為我們沒有一種器官可以直接察覺電的存在，所以根據實際的觀點討論下去乃是沒有多大意義的。電的情形怎樣，我們可以用計算的方法把牠加以十分正確的闡明，那是用不到懸想不懸想的。——鹽的成分會因電流的作用流向正反兩方向，我已經告訴過你了。我現在還想告訴

你，就是金屬乃是隨着正電的方向走的，而氯或其他與氯同類的元素或化合物乃是朝着相反的方向走的。

生 請您再解釋得清楚些。

師 你現在假定鹽溶液是一大堆男孩兒跟女孩兒。電流的作用，就彷彿是等於你把男孩兒們叫到一邊去，而把女孩兒們叫到另一邊去了。男孩兒們朝着甲方向跑，女孩兒們朝着乙方向跑，因此就彼此分開了。

生 如此說來，男孩兒們就譬如金屬，而女孩子們就譬如其他那一類東西了！

師 這是可以聽便你譬喻的。因為金屬是隨着正電流走的，所以我們稱牠們為鹽的正成分，其他那一類東西則稱為鹽的負成分。前者我們也稱牠們為陰向游子；後者稱為陽向游子。

生 這些名稱是什麼解說呢？

師 牠們是從德文裏 Kationen 跟 Anionen 這兩個字譯過來的。Ion 在中文裏就是游子的意思。Kat- 的原文意思是『順流』；An- 的原文意思是『逆流』。鹽的正成分是隨着電流走的，所以是『順流』的；鹽的負成分是逆着電流走的，所以是『逆流』的。這兩個字是由希臘文裏來的。因為鹽

的正成分是走到陰極上去的，所以中文就譯作陰向游子了；又因為鹽的負成分是走到陽極上去的，所以中文就譯作陽向游子了。

生 這並不是我想請您說給我聽的；我的本意是在想機器那一類的東西。但是你剛纔說的這一切，倒也是怪有興趣的！

師 末了，我再告訴你幾個名詞。由電流引起的化學分解作用，我們稱之為電分解；那被分解的東西則稱為電解質。陰向游子跟陽向游子的總名則叫做游子。任何電解質都是由游子構成的，並且每一電解質都含有一個陰向游子跟一個陽向游子。當分解作用發生時，游子就聚集在電極上了；電流是由電極通到電解質裏去的。陰向游子是在陰極上分離出來的；陽向游子是在陽極上分離出來的。我已經把這些名詞通通寫在這張紙上了，你好好把牠們背熟呀。

生 謝謝您，總算是第一次要我背書了！

第三十六章 酸

師 我告訴你的那些名詞，我想你總已經背熟了；但是事實本身如何，你有沒有弄明白呢？

生 我想我是弄得很明白了。在電解質裏正電是隨着陰向游子走的，負電是隨着陽向游子走的，所以陰向游子纔會在電的流入處，陽向游子纔會在電的流出處分離出來的。所謂流入處跟流出處，就是所謂的電極是也。

師 說得好極了。現在，你如果把我從前敘述給你聽的氫氧化鈉的分解作用回想一下的話，你就會看出游子在電極上並不一定是會出現的了。游子在許多情形之下是不穩定的，所以在電極上出現的往往是游子經過化學轉變作用而構成的東西。

生 這跟什麼有連帶關係呢？

師 這是看情形而定的。例如那些會跟水發生化學作用的質素當然是不能跟水一同出現的；至於那些分離之後不能單獨存在的游子（如羥基之類）乃是會變成別種穩定的

質素的。這個定例可以幫助你了解大一半的電分解作用呢。

生 我還不能完全了解呢。

師 這是當然的。等一等我們還要舉幾個新的例子來討論呢，你慢慢就會明白的。

生 學化學就跟走進一間新的住宅似的：住宅裏的東西我們雖都見到過了；但牠們所放的地方跟那些門究竟是通到什麼地方去的，我們仍舊是不甚明瞭的。

師 這個譬喻很好。但是我猜想你不久就會漸漸變的跟住在自己家中一樣的呢。

生 我們一直到現在為止，老是蹬在一個房間裏還從來沒有換過房間呢。

師 你的意思是不是指我們老是拿鹽酸來做出發點呀？但你須知道，由這間房間通到別的房間裏去的門卻是很多的，所以拿鹽酸做出發點乃是頂好的辦法。現在，我們也要很快的來把另外一間房間看一看呢，我的意思是指硫酸。

生 硫酸我們已經討論過了(第三十一章)。

師 不錯，硫酸的稀薄水溶液我們是已經討論過了。牠的化學式你還記得嗎？

生 我已經忘了；讓我立刻來查一查看，這次查過之後，我一定要把牠記牢了。硫酸的化學式是 H_2SO_4 。

師 這個化學式有什麼意義呢？

生 牠告訴我們硫酸是由兩個氫原子，一個硫原子跟四個氧原子構成的。

師 若是就重量來說呢？

生 那我就非查表（第三十二章）不可了。我找出來是：

氫.....	2.02
硫.....	32.07
氧.....	64.00

師 對啦。這一只瓶裏的質素的組成就是跟你計算出來的數目相差不遠的。

生 牠看上去就跟水似的！

師 你把瓶拿在手裏搖一搖看。

生 哦，比水重得多呢。並且搖起來就跟油似的。

師 一點兒也不錯。硫酸的密度是一·八五，所以差不多比水重兩倍呢，並且牠的黏滯性也比水大得多了。——我倒些酸在水裏，你在裝水的瓶的外面用手摸一摸看。

生 水變得很熱了！

師 可不是嗎。硫酸跟水放在一起是會放出很多的熱來的。

生 放出來的熱是從那兒來的呢？

師 因為硫酸跟水之間發生了化學作用，所以纔有熱放出來的；詳細的情形，你以後還要去認識呢。你也可以這樣說：硫酸跟水所含的能，在未混和之前要比已混和之後來得多，而混和時放出來的熱就是那多餘的能。

生 這情形跟燃燒是完全相同的；質素在燃燒之前所含的能也比燃燒之後來得多。

師 一點兒也不錯。硫酸一碰到水，就把水吸收了去了。例如我們如果把牠用一種器具做着放在空氣裏的話，那末，牠就會把空氣裏的水蒸氣吸收了去，使自己變的較為稀薄而使空氣變的較為乾燥呢。因為這個原故，所以常有人在冬天把硫酸放在窗戶底下，使窗戶上不至於結冰呢。

生 您的意思是說空氣裏沒有水分，冷窗戶上就不會構成冰了。

師 說的好極了，我的意思正是如此。硫酸吸收了水分之後，體積會大形增加。所以我們裝硫酸時總須留神，不要使牠超過器具的容積的四分之一纔行，否則牠溢到外面來就要構成污漬了。

生 這是為什麼？

師 硫酸是一種強酸，所以牠碰到鹽基就會跟牠化合，碰到鹽類就會使牠分解。污漬就是這樣構成的。這一切我們不久還要詳詳細細的加以討論呢。——除此以外，這跟硫酸喜歡吸收水分也是有連帶關係的。我現在滴一滴硫酸在木板上，你瞧，木板上一會兒就有了一個黑點了。

生 看上去就像木頭被燒焦了似的。

師 可不是有幾分是相似的嗎。木材是由碳、氫、氧三種元素構成的，而後二種元素的重量之比恰好是跟水一樣的。硫酸把氫跟氧當作水取跑了，贖下的就只有碳了。——就是稀硫酸也能毀壞別種東西呢。稀硫酸滴在紙上之後，一部分的水份會蒸發掉，於是贖下的硫酸就會漸漸吃進紙裏去，而使牠變為極易破碎的一種東西了。

生 我向朋友借過一本舊化學書，當中有幾處已經破爛了，也許就是因為您剛纔說的這個原因吧。

師 是不是因為這個原因，你很容易試驗出來的，你只須把石蕊溶液或是把一張濕石蕊試紙擱在那破爛了的地方就看得出來了。

生 讓我立刻來試試看！不錯，試紙變紅了。

師 這證明確是有酸的。但是酸類並不是都有毀壞別種東西

的作用的，所以你的書很可能是被硫酸毀壞了的。由此看來，硫酸是很要當心的。開始學化學的人，十之八九都是要把書籍弄壞的。

生 難道沒有挽救的方法嗎？

師 挽救的方法很簡單，你只要使硫酸變為任何一種不帶腐蝕性的化合物就行了。

生 使牠變為那一種化合物呢？

師 使牠變為任何一種鹽就行了。鹽普通都是不帶腐蝕性的。

生 如此說來，我只要用氫氧化鈉去中和硫酸碰到地方就行了。

師 這辦法雖不壞，但還不算頂好，因為你用氫氧化鈉放了上去之後，硫酸雖然會被牠中和，但是臍下來的氫氧化鈉也是有腐蝕作用的。

生 那我可不知道怎樣辦好了。

師 你用醋酸鈉得了。牠跟硫酸會構成硫酸鈉和醋酸，醋酸對於紙是沒有影響的，因為牠是帶發揮性的，所以牠一會兒就蒸發完了。

生 我還沒有聽懂呢，請您把這解釋的格外清楚些吧。

師 最好是用化學式來解釋，你就容易明白了。醋酸既是酸，

那牠當然是一種氫化合物了。我們若以 HA 來代表牠(A 是用以代表氫氣以外的那些元素的), 那末, 醋酸鈉的化學式就應當是 NaA 了。你倒說說看這是爲什麼?

生 因有金屬把氫氣代替了(第三十章), 所以酸纔會變成鹽的。

師 對啦。現在, 我使鹽酸跟牠發生作用。

生 爲什麼不用硫酸呢?

師 因爲用鹽酸做試驗, 情形來得最簡單不過了。硫酸放在以後再試驗吧。我們得到一個方程式是:



若是用語言來表明牠, 你應當怎樣說法呢?

生 醋酸鈉加氯化氫構成功氯化鈉跟——醋酸了。

師 對啦。你可以由這個例子引出一個定例來: 你如果要把一種鹽裏的酸取出來, 那你是非用另一種酸去處理那種鹽不可的。

生 如此說來, 我們也可以用醋酸把鹽酸從氯化鈉裏取出來了?

師 這是一個非常困難的問題, 從前的化學家不知爲牠絞了幾多年的腦汁呢。就一般情形講起來。你的話是對的, 就

是任何一種酸都是能依照你剛纔所說的格式使任何一種鹽分解的。不過構成功的那酸，其分量的多寡卻是看情形而定的。

生 我還以為牠的分量是完全由化學方程式加以規定的呢。

師 不，牠是從不會直接構成功這麼多的。方程式裏的所有四種質素，最初都是存在的。但是其中若有一種是帶揮發性的話（例如我們這兒的醋酸），那末，牠就會跑掉，而使跟牠站在方程式同一邊的那種質素（例如我們這兒的氯化鈉）賸下來呢。

生 您說的這一切道理，我相信我是聽懂了；但是我感覺到我還有很多問題應當向您請教呢。

師 這兒可以提出的問題的確是還多得很呢。但是，我們目前，就把已經討論過的認為滿足了吧。

生 還有一點請您告訴我，硫酸的情形是不是跟醋酸不一樣的呀？

師 只不過表面上有些不同罷了。硫酸是兩價的。換句話說，就是牠是含有兩個可以被金屬代替的氫原子的，所以牠可以跟兩個化合量的醋酸鈉發生作用呢。方程式是：



生 如此看來，的確是沒有多大分別的。——我爲了要請您把硫酸怎會在書本裏弄下污漬的這個問題解釋給我聽，可把時間耽誤得夠長久了。——

師 現在，我們正達到我原先所想達到的目的了。我們剛纔所討論的這一切，也能把製造鹽酸的原理告訴我們呢。你把硫酸跟氯化鈉發生作用的方程式寫出來看。

生 $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NaCl} \dots\dots$

師 不要忘了硫酸裏是含有兩個化合量的氫氣的呀。

生 不錯，我這樣寫就對了： $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NaCl} = \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{HCl}$ 。

師 若是用語言把牠表明出來呢？

生 硫酸加氯化鈉構成功硫酸鈉跟氯化氫了。

師 對啦。鹽酸就是這樣大規模的製造出來的。

生 硫酸是從那兒來的呢？

師 是用硫黃經過燃燒製造出來的。

生 我們也可以倒轉過來，用鹽酸使硫酸鈉分解嗎？

師 在水溶液裏是可以的。我們用的如果是無水硫酸或是含水不多的硫酸的話，那末，氯化氫就會變爲氣體跑掉，而分解作用也就會全部完成了。

生 我還沒有聽懂呢。我們只能看構成功若干氯化氫就趕跑

若干氯化氫呀，而您曾經告訴過我，構成功的氯化氫不過是一部分罷了。

師 這個想頭很不壞。事情是這樣的：那四種不同的質素之間會構成功平衡，而這種平衡乃是跟同時並存的質素的含量有連帶關係的。若是有一部分氯化氫跑掉的話，平衡就被破壞了，於是質素之間又會發生作用而構成新的氯化氫了。如果新構成的氯化氫又跑掉了呢，那末，只要硫酸跟氯化鈉還沒有用完的話，一切又會從頭來起的。

生 這樣一來，分解作用就能全部完成了。

師 假使硫酸跟氯化鈉的分量是配對了的話。你把牠們的分量算一算看。

二份氫 = 2.02	鈉 = 23.00
硫 = 32.07	氯 = 35.46
四份氧 = 64.00	氯化鈉 = 58.46
硫酸 = 98.09	二乘氯化鈉 = 116.92

師 對啦。倘若你用的硫酸跟氯化鈉的分量跟這個比例是不同的話，那末，分量用得過多的那種質素就要騰下來了。——現在，話是說夠了，讓我們看一看實際的情形是怎樣吧。我們除了紙上談兵之外，還要來做幾個試驗呢。先做硫酸的污漬。醋酸的氣味怎樣你知道嗎？

生 跟吃的醋是一樣的嗎？

師 差不離是一樣的。醋是用多量的水跟少許的醋酸配成功的一種溶液，所以我們也簡稱之爲稀醋酸。

生 那末，牠的氣味如何我也知道了。

師 那就好了。這是稀硫酸；你聞一聞看：牠是沒有氣味的。這是醋酸鈉；醋酸鈉是一種白色的鹽，也是沒有氣味的。我現在倒些醋酸鈉在硫酸裏，然後把牠來加熱。你再聞一聞看。

生 對啦，氣味就跟醋一樣的。

師 我們再來大規模的試一試，就是多放些醋酸鈉跟硫酸在一只燒瓶裏蒸餾（參看第三十圖）。蒸餾過去的水一般的液體就是稀醋酸。

生 我們怎樣知道牠就是稀醋酸呢？

師 目前你只要根據牠的氣味斷定牠的確是醋酸就夠了。現在，我們也要來製造鹽酸呢，但是這就麻煩得多了。除了氯化鈉之外，我們還要把五份（體積）硫酸跟兩份（體積）水配好之後放進燒瓶裏去呢。

生 爲什麼恰好要配成這樣呢？

師 因爲這樣一來，在你沒有加熱之前所構成功的氯化氫就

會溶解在水裏而不至於放出來了；牠要在加熱時纔會放出來呢。我們把牠放在一只琺瑯質的鐵水鍋上來試驗。並且把放出來的氣體。引到一瓶水裏去；但不使通氣管放到水裏面去，而只使牠放在水面上。

生 那我倒又要問爲什麼原故了？

師 氯化氫很容易被水吸收，所以通氣管是不能通到水裏去的；否則，試驗中途停了下來，水就有倒流到燒瓶裏去的危險了。

生 這我還不十分明白呢。

師 你現在假定燒瓶裏是完全充滿氯化氫而通氣管是插在水裏的，那末，水就要把氯化氫吞下去了。這樣一來，燒瓶裏的壓力就會變小，而外面的空氣壓力就要把水壓到燒瓶裏去了。水進到燒瓶裏之後，氯化氫就愈容易被牠吸收而壓力也就因此愈變愈低了，結果燒瓶裏不久就要完全充滿水了。

生 唔，事情大概總是這樣的。但現在出來的氣態氯化氫並沒有被水吸收了去呀。

師 等燒瓶裏的空氣跑完之後，這種霧就會停止的。——還有一種情形是很特別的，就是水吸收了氯化氫之後，牠是會

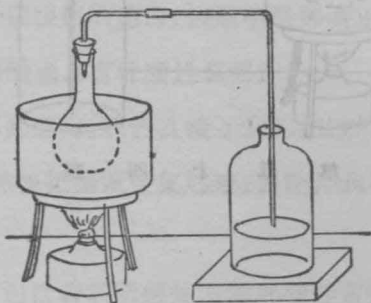
變重而往下沈的。這樣一來，水面上就變成一層極稀的溶液了，氯化氫是最容易被牠吸收的。——現在。你用手摸一摸玻璃瓶看。

生 牠變得很熱了。是不是因為出來的氯化氫是熱的原故呀？

師 不是的。即使氯化氫是冷的，牠也是會構成熱溶液的，因為氯化氫溶解在水裏的時候，是會放出熱來的。

生 這跟硫酸是一樣的情形嗎？

師 一部分是跟硫酸一樣的，一部分是因為氯化氫失卻牠的氣體形態時，也是會放出熱來的。



第五十三圖

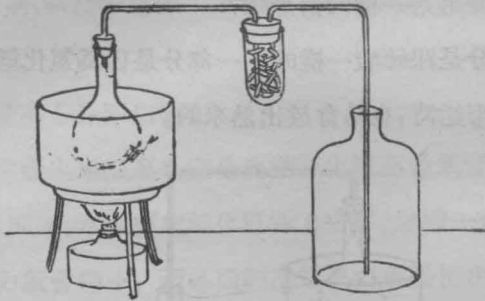
生 構成功的溶液就是那普通的鹽酸嗎？

師 是的。——我從前（第三十三章）還欠下你一個試驗沒有做給你看呢，現在要來補做一下了。這個玻璃管裏裝的

是氫氧化鈉，我使氯化氫從甲玻璃管裏通進去，而使乙玻璃管通到一只空玻璃瓶裏去。你瞧，一會兒就有水蒸氣在玻璃瓶裏凝結為冰了（第五十四圖）。你把反應方程式寫出來，以表示你感謝我做這試驗給你看的好意。

生 $\text{NaOH} + \text{HCl} = \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ 。

師 對啦！



第 五 十 四 圖

第三十七章 鹽

師 把昨天學過的東西再溫一遍看！

生 我昨天學會鹽酸跟其他的酸都是能用牠們的鹽跟硫酸一同加熱而製造出來的。

師 這話說得範圍太狹了。不過反過來說呢，我們普通用的。的確大都是硫酸；你猜這是爲什麼原故？

生 也許因爲牠價錢最便宜的原故吧！

師 這雖是一個很好的藉口；但還不是那真正的原因呢。我們想獲得的酸應具有什麼性質呢？

生 那我倒不知道呢。我們直接了當的把牠加熱，使牠變成蒸氣跑掉，然後把蒸氣聚集起來，就能得到我們所想獲得的酸了。

師 這裏面正包括着我所想知道的那種性質呢：我們想獲得的酸一定要很容易揮發纔行；而我們用牠去分解鹽的那種酸，一定要很難揮發纔行。而硫酸就是很難揮發的；所以我們纔拿牠來製造別種酸的。

生 我們也可以倒轉過來用鹽酸使硫酸鈉分解嗎？

師 這話你曾經問過我，我當時曾經告訴你說，這個作用在液體裏是可以完成一部分的。但是當我們去加熱的時候，鹽酸卻會揮發掉，而臍下的硫酸鈉就如同是沒有經過分解作用的了。

生 現在，我完全明白了！這跟你以前所述的情形（第三十六章）又是相同的。如此說來，硫酸是很難揮發的，是不是？

師 可不是嗎。硫酸的沸點是攝氏三三八度，而水跟氯化氫構成功的混合物的沸點最高祇不過能到一一〇度罷了。至於無水氯化氫在普通溫度之下則簡直是一種氣體了。

生 醋酸呢？

師 醋酸的沸點是一一八度。現在，我們已經把這個問題解決了。我們要來繼續拿鹽酸作為一個例子，再認識一條定律了，等把這條最後的定律認識了之後，就可以跟鹽酸暫時分手了。鹽酸構成功的鹽叫做什麼名詞？

生 鹽酸構成功的鹽？這問題聽上去倒怪稀奇呢！——啊，我想起來了，牠們的名詞叫做氯化物（第二十八章）。

師 一點兒也不錯。鹽類是怎樣製造的呢？

生 我們只要使金屬把酸類裏的氫氣趕出去，就能得到鹽了。

師 對啦！我現在取四個試管，在每個試管裏裝五克鹽酸進去，然後再把鐵釘、鋅片、鎂跟鋁分放在四個試管裏。你瞧，每個試管裏都是有氫氣放出來的。你現在留神使每種金屬儘量的溶解在鹽酸裏。

生 我應當怎樣做呢？

師 等鹽酸裏的金屬完全溶解了之後，就再加些新的金屬進去，一直加到鹽酸不再跟金屬發生作用的時候為止。

生 到了這個時候，氫氣就完全被趕走了。

師 一點兒也不錯。——除此以外，我們還有一個方法可以製造鹽酸呢。

生 唔，是用鹽基的方法。

師 一點兒也不錯。這兒還有三個試管，每個試管裏也裝着五克的鹽酸，你現在用氫氧化鈉，氫氧化鉀跟石灰去中和牠。你可用石蕊試紙使溶液達到中和性為止。

生 我們現在有了七種由鹽酸構成功的鹽了。

師 我們還要多製幾種呢。酸跟金屬的氧化物放在一起的時候，也是能構成功鹽的。例如氧化汞跟鹽酸就是能發生下列的作用的： $\text{HgO} + 2\text{HCl} = \text{HgCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$

生 這跟鹽基的情形倒是完全相同的呢！

師 不完全是相同的，因為在鹽基跟酸發生作用時，水是由氫基跟氫氣構成的；而在氧化物跟酸發生作用時，水是由氧氣跟氫氣構成的，所以在後一種情形之下所構成功的水只有前者之一半罷了。——上列方程式裏的汞鹽乃是非常毒的。所以讓我自己來製造吧。我把少許稀鹽酸來加熱；等燒熱之後，就加少許氧化汞進去。起初牠一加進去就消滅了，換句話說，就是一加進就溶解在鹽酸裏了；到後來卻賸下一部分不再溶解了。這時候，鹽酸已經飽和了，牠已經完全變成汞鹽了。

生 除此以外，還有別種製鹽的方法嗎？

師 當然是有的，例如使一種由含有揮發性的酸所構成功的鹽分解，也是一種製鹽的方法。這個方法你不是知道的嗎？

生 可不是嗎。世上有沒有比鹽酸更易揮發的酸呢？

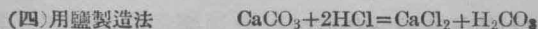
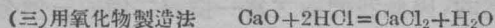
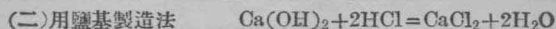
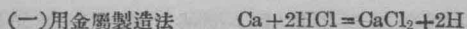
師 當然是有的，例如碳酸就比鹽酸容易揮發得多了。碳酸的組成是 H_2CO_3 ，所以牠的鈣鹽的化學式是 CaCO_3 ，因為一個化合量的鈣是可以代替兩個氫原子的(第三十三章)。普通的粉筆就是碳酸鈣。我如果把鹽酸倒在粉筆上，立刻就有泡沫出來了，因為碳酸變成氣體跑走了。賸下來的東

西就是氯化鈣。等鹽酸飽和之後，氣體也就停止了。

生 要我把這一切都記在腦筋裏，恐怕有點困難呢。

師 這並不是很困難的。我現在把製鹽的四種格式都替你寫出來。並且爲便於比較起見，把製出來的鹽都當作是鈣

鹽：



生 這當中的道理原來是非常容易的呀！

師 我們再來照着第四個方法製造氯化銅。我們用這種叫做碳酸銅的藍鹽來製造；這種藍鹽也叫做扁青石，顏料行裏是有得出賣的。我如果把鹽酸倒在牠上面的話，那牠也會起泡沫，而構成功一種綠色的氯化銅溶液呢。

生 我們有了不少氯化物了！

師 你把這些溶液濾到洗乾淨的試管裏去；但你每次須把濾紙換過，並且不要忘記每次都把漏斗洗乾淨呀。

生 我當盡我的能力去做。

師 現在，我們得到下列各種氯化物的溶液了：

氯化鈉

NaCl

氯化鉀	KCl
二氯化鐵	FeCl ₂
氯化鋅	ZnCl ₂
氯化鎂	MgCl ₂
氯化汞	HgCl ₂
氯化銅	CuCl ₂
氯化鋁	AlCl ₃

你瞧，每一個金屬原子是跟一個或二個或三個氯原子化合在一起的，因此我們稱之爲一價或二價或三價金屬。

生 這跟什麼有連帶關係呢？

師 這是元素的一種性質，你目前只要把牠記熟了就行了。跟這有關係的一條定例，你以後自然會聽到的，——我們目前所感覺興趣的，卻是另一問題。你現在預備八只試管，並且在每只試管裏大約放八十立方厘米蒸餾水進去，然後把各種氯化物分放在這八只試管裏，但每種只要放幾滴就行了。

生 我已經放好了。

師 這兒是另一種鹽的溶液，這種鹽叫做硝酸銀。我倒些硝酸銀在每只試管裏，把牠搖一搖，你看見什麼嗎？

生 每次都是有一片白雲似的東西構成功的。

師 是的，每次都構成功一種白色沈澱了，這種沈澱就是氯化

銀。

生 如此說來，又構成功一種氯化物了！

師 一點兒也不錯；但牠跟其他幾種氯化物卻有一個分別，牠在水裏是不能溶解的。

生 一絲一毫也不能溶解嗎？

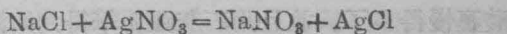
師 這話我們不能說；我們只能說牠是很難溶解的罷了，因為每一立水不過只能溶解 0.0015 克的氯化銀而已。只要分量一超過這個數目，就立刻有沈澱出來了。

生 瞧，沈澱完全變成灰色了。

師 因為試管剛纔是放在日光裏的，而日光是能使氯化銀分解而變成灰色的呀。

生 日光怎能有這個作用呢？

師 日光也是能之一種，所以牠在某種情形之下也是可以做化學工作的——但我們不要把根本問題忽略過去呀。你已經親眼看見過了，那些用鹽酸製造出來的各種不同的鹽跟硝酸銀溶液的反應都是相同的，牠們就如同是含有同一種質素似的呢。我們可以拿氯化鈉來做例子，牠跟硝酸銀溶液的反應可用下列方程式以表明之：



一切鹽類氯化物跟硝酸銀溶液發生交互作用時，總是會依照這個格式構成功氯化銀的。

生 難道這當中有什麼特別不成嗎？

師 可不是嗎。此外還有其他許多氯化物，其構成與作用跟鹽類並不一樣，並且跟銀也是不會構成功沈澱的。

生 這個事實背後大概又藏着一條自然律在呢。

師 當然哪；但是這條定律我要等到以後纔能告訴你呢。我們先來做幾個試驗，然後再用那條定律把其中的道理總括起來。

生 試驗我是頂高興看跟頂高興做的。

師 好，那你就再用硫酸來製造各種的鹽吧。你用二十倍（體積）的水把硫酸沖淡；但你須留神把硫酸倒到水裏去，卻不可把水倒到硫酸裏去呀。

生 爲什麼？

師 因爲水跟硫酸和在一起時，總有很多的熱放出來，所以你如果把水倒進硫酸裏去的話，那是很容易有硫酸濺到四面去闖出禍來的——

生 我已經把試驗做好了。金屬溶解在硫酸裏，比較溶解在鹽酸裏慢得多了。並且用石灰跟粉筆得到的溶液總是不清

而有白色東西夾在裏面的。

師 硫酸鈣在水裏是很難溶解的，所以構成功的硫酸鈣一大部分就立刻變成固體沈澱出來了。

生 原來如此呵，我還以為出了什麼毛病呢，因為粉筆碰到硫酸的時候，也跟先前碰到鹽酸似的是有泡沫放出來的呀。

師 現在你好好記住：硝酸銀溶液對於一切鹽類氯化物裏所含的氯乃是一種試藥，而氯化銀對於一切硫酸鹽也是一種試藥。硫酸銀就跟氯化銀一樣，都是很難溶解的，所以牠也能構成功一種沈澱，這種沈澱的顏色，就跟氯化銀一樣也是白的，不過牠放在日光裏是不會變為灰色的。

生 我又得用水把各種鹽溶液沖淡嗎？

師 是的；沖淡之後，你就在每種溶液裏加些氯化銀進去。

生 對啦！每次都是會構成功一種白色沈澱的；但是這些沈澱的外表卻是跟氯化銀不同的。

師 什麼地方是不同的呢？

生 氯化銀是會結成餅的，而硫酸銀卻不是這樣的。

師 一點兒也不錯。你如果把任何一只含有氯化銀的試管用 力搖一搖或是攪一攪的話，那末，氯化銀到後來就會完全結成餅，而使液體變成碧清的了。硫酸銀是一種細粉，你

就是把牠搖上幾搖，牠也是不變的。因此，我們纔稱後一種爲粉狀沈澱而稱前一種爲雪片狀沈澱或牛酪狀沈澱的。

生 爲什麼叫做牛酪狀沈澱呢？

師 因爲牠跟凝結的牛奶很相似，而牛酪就是由凝結的牛奶裏製造出來的。

生 氯化銀爲什麼會有這種性質呢？

師 我們知道的還不十分清楚。固態氯化銀就跟角似的是帶粘膠性的，而固體硫酸鋇是帶脆性的。氯化銀所以有那種性質，也許是跟這一點有連帶關係的。你把硫酸鈉跟氯化鋇的反應方程式寫出來！但你不要忘了鋇是兩價的，而硫酸裏是含有兩個氫原子的呀。

生 $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{BaCl}_2 = 2\text{NaCl} + \text{BaSO}_4$

師 不錯。你把這個方程式跟先前構成氯化銀的那個方程式比較比較看。

生 牠們是很相似的，在這個公式裏，鈉是可由其他任何一種金屬代替的。

師 對啦！先前那個方程式裏的氯跟這個方程式裏的那種東西是相似的呢？

生 跟 SO_4 是很相似的；但是我不知道牠的名詞叫做什麼。

師 叫牠做硫酸根；鹽類裏含有的氯則叫做氯根。

生 這些名稱究竟什麼解說呢？

師 你由剛纔做的這些實驗裏認識了一條定律了，就是鹽類的某種成分是含有一定反應的，而這種反應跟另外的成分乃是毫無連帶關係的。一切氯化物都能構成氯化銀沈澱；而一切硫酸物則都能構成硫酸銀沈澱。但在後一種情形之下具有共同反應者乃是硫酸根，而並非其中所含的硫或氧。因此，這些具有特別反應的元素羣在中文裏都叫做根或基，在德文裏則用 ion 一字加在鹽的名稱背後以表明之。

生 我還沒有完全了解呢。

師 一切鹽類都能分爲兩種成分，一種是金屬，一種是跟金屬化合在一起的東西。後者在若干情形之下僅是一個元素（例如氯），在若干情形之下也可以是一羣元素（例如硫酸根）。這兩種成分都是有特別反應的。

生 但是您指給我看的只有氯根和硫酸根罷了。金屬也有特別反應嗎？

師 有的，這兒是碳酸銀，牠也跟粉筆一樣是能溶解在酸裏

的。你可以用鹽酸、硝酸跟醋酸從碳酸鋇裏製出三種鹽來；這三種溶液都能跟硫酸或任何一種硫酸鹽構成功沈澱，就跟氯化鋇能和硫酸構成功沈澱一樣。

生 原來如此呵！這背後的确藏着一條定律在呢，我現在漸漸相信起來了。銀的情形也是這樣嗎？

師 可不是嗎。一切銀鹽的溶液都是能跟某某金屬氯化物構成功沈澱的。

生 我現在也漸漸明白起來了。

師 你瞧，只要一含有銀根的鹽跟一種含有硫酸根的鹽在溶液裏碰在一起了，總是會構成功硫酸鋇沈澱的。至於那兩種鹽的其他成分是什麼，卻是毫不相干的。

生 如此說來，銀是硫酸根的試劑，而硫酸根乃是銀的試劑了。

師 說得好極了。我看出你已經把這當中的道理弄明白了。所有一切的鹽類試劑都是有相互關係的。

生 並且每一對試劑一定要可以連合起來構成功一種不溶解的鹽，那末，牠們對於這個反應纔算是有用的呢。

師 這話也是對的；你今天真聰明極了。——鹽類的這種成分如果僅是元素的話，那末，牠們跟在自由狀態之下的時候

是大不相同的，所以牠們是必須有另一種名稱的。

生 請您再講一遍看。

師 在金屬氯化物的溶液裏，你是沒有方法可以把自由氯的各種性質（例如綠顏色、惡味跟其他一切特性）辨別出來的。金屬也是如此，例如鋅、鐵、銅等等在溶液裏的時候，你也是看牠們不出的。

生 這倒是真的。

師 但是牠們在溶液裏都各有各的反應，所以牠們是毫無疑義地以任何一種形式個別地存在着的。

生 這也是真的。

師 所以我們可以做一個結論，說那些元素的形狀跟普通一定是不同的。

生 這情形跟碳和金鋼鑽是一樣的嗎？

師 就許多方面看起來，這是一個很好的比較，尤其是因為這種新形式的元素跟那些自由元素的能的含量乃是彼此不同的。這兒還有一點是很特別的，即此種新形式的元素只能作為鹽的成分存在是也。牠們的名詞背後之所以都有一個共通的『根』或『基』字，就是因為這個原故。我們還可以用另一種格式把這個特點表明出來，就是在氯跟

硫酸這一類的根的西文符號上加一個減號（如氯根 Cl^- ，硫酸根 SO_4^{--} 之類）而在一切金屬根的西文符號上加一個加號（如鈉根 Na^+ ，鈣根 Ca^{++} ，鋁根 Al^{+++} 之類）是也。

生 這些加減符號爲什麼多寡不一的呢？

師 這你應當自己知道纔對呀。你再把從前的表（第三十七章）查一查看。

生 啊，我已經看出來了，凡能跟一個氯原子化合的金屬都只有一個正號，餘類推。

師 對啦！這種金屬我們稱之爲一價的，其餘的則稱之爲二價的或三價的。

生 還有另外那些有減號的成分呢？

師 凡是能跟一個鈉原子化合的根都是一價的；凡是能跟兩個鈉原子化合的根（如硫酸根）都是兩價的。

生 這種情形跟中和現象（第三十三章）完全是一樣的。

師 當然是一樣的；你不久還要認識得格外清楚些呢。

生 這種根和電分解時的游子有連帶關係嗎？

師 當然有的。電分解時朝正反兩方向走的正是這種根呀。

生 如此說來，只有鹽纔能通電而因此分解呢，是不是？

師 一點兒也不錯；一切電解質都是鹽。而只有鹽纔是電解質呢。酸跟鹽基也包括在電解質之內，因為就狹義言，牠們的性質跟鹽是完全相同的。

生 而酸的一切共通反應，例如使石蕊變紅或跟鎂放出氫氣之類——

師 這都是氫根 (H^+) 的反應。一切酸都是氫化合物；但是氫化合物之中，祇有那些含有氫根的纔算是酸呢，這你早就知道了。如此說來，你剛纔所舉的各種反應乃是氫根的反應，這情形就跟氯化銀爲氯根的一種反應是一樣的。

生 鹽基的情形是怎樣呢？

師 鹽基的共通成分是羥基 (OH^-)：牠們的共通反應都是羥基的反應。

生 這一切過於簡單了，要完全弄明白倒費力呢。

師 這話我是相信的，就是那些大化學家自己當初也很費了一番心血，纔把這種極其簡單的道理弄明白的呢。因此，我再來做幾個試驗給你看看。我現在使電流（第三十五章）通過任何一種銅鹽（例如硫酸銅）的溶液；電線的兩端繫有兩塊白金片，因為白金是不會被出現於溶液中的質素侵蝕的。你瞧，其中有一片上一會兒就有了一層銅

衣了。

生 是的，我看見一層紅色的銅衣呢。

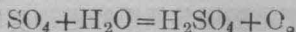
師 這是金屬銅。溶液裏含有硫酸銅，而硫酸銅是含有銅根 (Cu^{++}) 和硫酸根 (SO_4^{--}) 的。正電隨着銅根走到陰極上去；電在那兒由白金絲裏走掉了，而銅根卻變爲紅色金屬遺留下來了。

生 如此說來，所謂游子者，就是跟電連在一起的金屬了？

師 這個見解很可把事實表明出來，你不妨老記住的。照這個見解說起來，陰向游子是由金屬跟正電合成的，而陽向游子乃是由負電跟氯根或硫酸根或硝酸根或其他一切陰根合成的。

生 您可以告訴我那硫酸根在這個試驗裏會發生怎樣的變化嗎？

師 牠能跟水依照下列方程式構成功硫酸和氧氣：



生 如此看來，這跟羥基在氫氧化鈉被電分解時所發生的變化（第三十五章）是相似的，是不是呢？

師 有幾分是相似的，但不完全是相似的，因爲羥基跟水是不起作用的。你想一想看：電分解如果繼續下去的話，硫酸

銅溶液到最後會變成功什麼東西呢？

生 一方面跑出來的是銅，並且牠愈變愈多，到最後一定會完全跑光呢。另一方面跑出來的是氧氣；但是同時還構成功硫酸呢。——到最後，賸下來的恐怕只有硫酸吧。

師 一點兒也不錯；等到這時候，硫酸就要被電分解了。牠會構成功什麼東西呢？你在搖頭表示不知道。硫酸含有那幾種根呢？

生 含有氫根和硫酸根。

師 對啦！如此說來，陰極上會有氫氣析出。陽極上呢？

生 硫酸根會跑到陽極上去。這情形跟硫酸銅一定是相同的，所以一定會有氧氣放出來，並且同時會構成功硫酸呢。

師 一點兒也不錯。硫酸老是會重新構成功的。如此說來，看得見的電解出產物是什麼呢？

生 是氫氣跟氧氣。

師 對啦！並且陰極上出現的是兩個氫原子，而陽極上出現的是一個氧原子，竟跟牠們在水裏的比率是相同的呢。所以整個反應就如同光是水在被分解。而硫酸卻絲毫沒有參預作用似的呢。從前人們的見解就是這樣的。

生 我們怎會知道整個作用確是跟你所說的一樣的呢？

師 因為硫酸根跑到陽極上去之後，就通通變成硫酸聚集在那兒了，所以我們可以由這一點上知道硫酸確是參與作用的。否則，牠原先在什麼地方，到後來一定仍舊是在什麼地方的。——你把從前做過的那試驗（參看第五十及五十一兩圖）再來做一遍，你就可以格外明白些了；不過你這次須用白金絲做電極纔行，因為鐵是會溶掉的，

生 這又是什麼原故呢？

師 硫酸根跑到銅或鐵這一類的電極上去之後，是會跟牠們化合而變為硫酸銅或硫酸鐵這一類東西的。

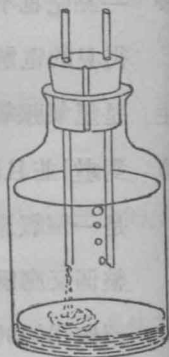
生 這道理又是簡單得叫人不能相信的。

師 你如果用銅絲使電流從硫酸裏通過去的話，那你就得很方便的看出這當中的作用了，因為構成功的綠藍色的硫酸銅溶液是很易於辨識的（第五十五圖）。

生 這個試驗當中的道理是怎樣的呢？

師 你自己想想看哪。硫酸裏含有那幾種根呢？

生 含有兩個氫根和一個硫酸根。如此說來，準是硫酸根跑到甲銅絲上去而構



第五十五圖

成功硫酸銅，而那兩個氫根跑到乙銅絲去而——。

師 而變成氫氣放出來了，因為金屬普通是不會跟氫氣化合的呀。

生 已經通了好一會兒的電了，我還看不見有藍顏色呢。

師 你從旁邊看過過去，尤其是對於液體的下面一層要加以注意。

生 對啦！下面一層是藍顏色的。牠怎會跑到那兒去的？

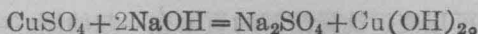
師 溶液是在電極上構成功的；但是牠的密度卻比其餘的液體來得大，所以牠就沈到底下去了。光線若是好而你若是留心看的話，你會看出那些正在向下沈的藍色溶液呢。

生 我們有沒有另外一種方法可以辨識溶液裏的銅呢？

師 方法可有的是。例如我若是加些氫氧化鈉溶液到硫酸銅溶液裏去的話，牠們就是會構成功一種淡藍色的沈澱的。你瞧，這不是嗎。

生 這沈澱是什麼東西呢？

師 是銅跟羥基的一種化合物，我們稱之為氫氧化銅。氫氧化鈉跟硫酸銅的作用可用下列方程式以表明之：



生 氫氧化銅的化學式跟氫氧化鈣完全是相似的。氫氧化銅

也是一種鹽基嗎？

師 是的，牠是一種很難溶解的鹽基，所以牠纔會沈澱出來的。你瞧，我若是把任何一種酸加進去的話，那沈澱立刻就又溶掉了。

生 我剛纔把先前做試驗時（第五十五圖）得到的液體照樣的用氫氧化鈉試了一試，但不曾有東西沈澱出來。

師 這是因為硫酸跟硫酸銅混在一起的原故。氫氧化鈉起初只跟硫酸發生作用；你把方程式寫出來看——。

生
$$\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}.$$

師 對啦！一直要等到硫酸都用完之後，氫氧化鈉纔會跟硫酸銅發生作用而構成功沈澱呢。

生 牠們起初為什麼不會發生作用呢？

師 這你應當自己知道回答纔對呀。假使有氫氧化銅構成功的話，牠跟沒有用完的硫酸會發生什麼作用呢？

生 原來如此啊，我知道了。硫酸會使氫氧化銅重新溶解，所以只要有硫酸在那兒，氫氧化銅總是不會構成功的。

師 一點兒也不錯。普通都是不會構成功沈澱的，假使有另外一種可以使這沈澱溶解的質素在一起的話。——再則，你剛纔認識了的這個反應乃是很普遍的：一大半金屬的羧

化物都是不溶解的，（換句話說，就是非常難溶解的）。所以當我們把氫氧化鈉或氫氧化鉀加到具有溶解性的金屬鹽裏去的時候，大都是會構成功沈澱的。

生 用氫氧化鈉或氫氧化鉀都是一樣的嗎？

師 可不是嗎；你就是把氫氧化鉀代替氫氧化鈉寫在方程式裏，結果你總是能得到同一金屬的羥化物的。所以問題只在乎我們把羥基送到溶液裏去，使金屬的羥化物可以因此構成功而已。——你現在如果把氫氧化鈉也加到你製好的另外那幾種鹽裏去的話，那你會看到這一切東西的羥化物呢。

生 我已經把試驗通通做好了。除了鐵的沈澱是污綠色的之外，其他的沈澱都是白色的。而鈣鹽的沈澱都是不大明顯的。

師 氫氧化鈣在水裏是稍許帶些溶解性的。

生 還有一點請您告訴我。我很想把電分解的試驗再複做一遍。我的伯父送給我四個乾電池；我可以拿牠來用嗎？

師 當然可以的。電池上面的兩個螺旋就是電極；你若是用電線把牠們連接起來的話，就可以通電了。通電時須消耗電池，所以不用電的時候，總不要把電極連接起來。

生 等一個電池用完之後，我再用一個新的就行了。

師 你大都須把三個電池連在一起用纔行呢。

生 這是爲什麼原故？

師 每一電池的電壓總是有一定的，並且牠所做化學工作之大小乃是跟電壓的高低有連帶關係的。一個電池的電壓是不夠使水在氫氧化鈉溶液或硫酸裏分解的，所以你必须同時用幾個電池纔行呢。

生 兩匹馬拉起車來，要比一匹馬力量大得多了。

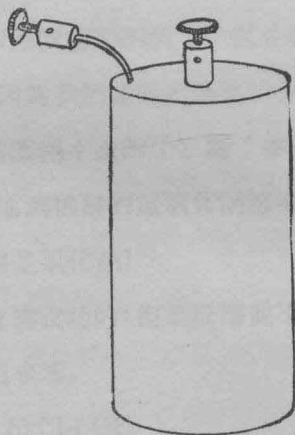
師 這個譬喻是很好的；但你第一須懂得怎樣使牠們拉車纔行呢。你如果要把電池的電壓加起來的話，那你就得使不同的電極互相連接起來纔行呢。每一電池上有兩個螺旋，一個是在正當中，一個是在邊旁。你若用電線把甲電池上靠旁邊的那個螺旋跟乙電池上正當中的那個螺旋連起來的話，那末，在賸下的兩個螺旋之間的電壓就是等於每一電池的兩倍了。

生 我怎樣纔能把三個電池連在一起呢？

師 你只要把乙電池上靠旁邊的那個螺旋跟丙電池上正當中的那個螺旋接起來就行了。這時候第一個螺旋跟末尾那個螺旋中間的電壓正是等於每一電池的三倍。

生 現在就是要我再接一個電池上去，我也會了。

師 那倒是用不着的，因為三個電池的電壓加在一起已經夠使我們做一切的試驗了。



第五十六圖

第三十八章 氯之氧化物

師 現在我們可以拋開鹽酸不談了；但是我們還要對於氯氣略加討論呢，因為我們還要認識氯的各種氧化物呢。——我又把製氯的器械（第四十三圖）準備好在這兒了。現在，我使氯氣通到稀薄的氫氧化鈉溶液裏去。

生 構成功的一定是氯化鈉！

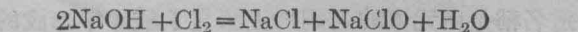
師 氯化鈉確是會構成功的；但是反應並不是這樣簡單的。你把方程式寫出來看。

生 $\text{NaOH} + \text{Cl} = \text{NaCl} + \text{OH}$

師 你再把方程式用術語讀出來看。

生 氫氧化鈉加氯構成功氯化鈉跟羥基了。

師 這個方程式是不能把真正的反應表明出來的，因為羥基是不能單獨存在的，牠一定要跟其他的元素化合之後纔能存在呢。正確的方程式是這樣寫的：



你把牠讀出來看。

生 兩個氫氧化鈉加兩個氯構成功氯化鈉跟一種新的鹽跟水了。您爲什把氯的符號寫做 Cl_2 而不寫作 2Cl 呢？

師 因爲依照氯氣的密度看起來，牠的化學式是應當寫作 Cl_2 的。新構成的這種鹽叫做次氯酸鈉。牠是次氯酸根 ClO^- 的鈉鹽。

生 這名稱多麼長呀！

師 氯跟氧能以各種不同的比率構成功各種不同的陽向游子，所以我們不能不用各種名稱來將其加以區別，這兒是一張表；其中一排是陽向游子的名稱，一排是這種陽向游子和氫構成功的酸類的名稱，另一排是鹽類的名稱：

陽 向 游 子	酸	鹽
ClO_4^- …… 過氯酸根	HClO_4 …… 過氯酸	MClO_4 …… 過氯酸金屬
ClO_3^- …… 氯酸根	HClO_3 …… 氯酸	MClO_3 …… 氯酸金屬
ClO_2^- …… 亞氯酸根	HClO_2 …… 亞氯酸	MClO_2 …… 亞氯酸金屬
ClO^- …… 次氯酸根	HClO …… 次氯酸	MClO …… 次氯酸金屬

生 這是一張很大的表。

師 你容易把牠記住的。你先注意每排中的第二行：『氯酸』這名稱是由元素的名詞加上語尾『酸』字形成的；當牠構成功鹽時，只要把金屬的名詞加在背後就行了；當他構成功陽向游子時，只要把根字加在背後就行了。

生 這我是懂得的。

師 各排中第一行的名稱只不過比各排中第二行的名稱前面多一個『過』字罷了。

生 是的，這我是看得出的。而各排中第三第四兩行的名稱也只不過多一個『亞』字或『次』字罷了。這倒是非常簡單的呢。

師 可不是嗎。其他元素，如硫、磷、溴、碘之類所構成的氧化物的名稱跟這是大同小異的；你若是把這個表裏的名詞記住的話，那你遇到其他的化合物時，就不會感到困難了。*——我們剛纔已經提到過了，氯氣通到氫氧化鈉溶液裏之後，除了構成功氯化鈉之外，還會構成功次氯酸鈉呢。這種液體還有一個名稱叫個漂白溶液。

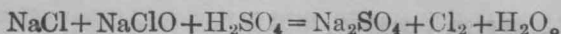
生 是不是因為牠是蒼白色的原故呀？

師 不是的。我們稱之為漂白溶液，乃是因為可以用牠來漂白的原故。你把牠倒些在一個小試管裏，加些酸（例如稀硫酸）進去。你聞聞看，這是什麼氣味？

生 氣味難聞極了；我猜氯氣的氣味就是這樣的。

* 此節與原文大有出入，特此聲明。又關於無機化合物之命名法，讀者可參閱教育部國立編譯館出版之化學命名原則。 譯者

師 一點兒也不錯。試管裏又構成功氯氣了。你看這個方程式，牠可以告訴你發生了什麼作用呢：



生 氯化鈉加次氯酸鈉加硫酸構成功硫酸鈉跟氯氣和水了。

師 一點兒也不錯。並且構成功的氯氣跟原先拿來製造漂白溶液的氯氣，其多寡正是相等的呢。氯氣可以作為漂白之用，你是知道的。因此，漂白溶液裏加了酸之後，也是有漂白作用的。

生 是的；但我們何必繞這個圈子呢？我們為什麼不直接了當的就用氯氣漂白呢？

師 假使我們不論在什麼地方都有氯氣可以應用的話，那末，你的話是說對的。但是氣體是不容易運輸的，因為牠的體積是非常大的。

生 但是你從前曾經告訴過我（第二十九章），我們也可以拿裝在鋼筒裏的液態氯來用呢。

師 液態氯非又純粹又乾燥不可，所以牠的價值太昂貴了。至於製造漂白溶液，就是不純粹的氯氣也是可以用的。再則，普通運到各處去賣的並不是漂白溶液，而是一種氯跟石灰（或氫氧化鈉）構成功的固態化合物。

生 是不是因爲固體比較液體更加容易運輸的原故呀？

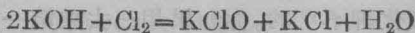
師 一半是因爲這個原故，還有一半是因爲石灰要比較氫氧化鈉來得便宜些。這樣得到的乃是一種白粉。我們稱之爲漂白粉。牠的氣味很像氯氣，並且也有摧毀惡味或使腐爛的東西變爲無害的功效呢。

生 我猜我曾經有好多次看見這種地方洒着白粉的呢。

師 如果這種白粉的氣味是跟氯氣一樣的，那末，牠一定是漂白粉。——現在，我們要歡迎我們的一位老相識了。我們如果用濃氫氧化鉀溶液（一份氫氧化鉀跟兩份水）來製漂白溶液，並使其中含有若干過剩的氯氣的話，那末，起初構成的雖是次氯酸鉀，但到後來卻會構成功氯酸鉀呢。你還記得這樣東西嗎？

生 是不是就是我們拿牠來製造氧氣的那種東西呀？

師 正是的。我現在告訴你氯酸鉀的製造法。起初是照着下列方程式構成功次氯酸鉀跟氯化鉀：



到後來，次氯酸鉀就又變成功氯酸鉀跟氯化鉀了：



生 爲什麼會發生這個作用呢？

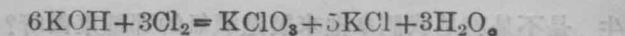
師 因為次氯酸鉀在這種出產物之中並不是頂穩定的，而氯酸鉀卻較為穩定，所以前者纔會變為氯酸鉀的。

生 但我不懂為什麼不直接構成功氯酸鉀的呢？

師 這話問得很對。那是因為在達到最後一階段之前，必須先經過中間幾個階段的原故。例如你在房子裏要從這一邊走到另一邊去的時候，你也必定是要從當中經過的，雖然你不想停留在那兒。

生 這話聽上去是對的；但我自己還有點拿不穩呢。

師 那是當然的。但是等你的知識到了廣博精深的地步之後，你自然會對這種現象得到一種較為正確的理解的。——我們在這兒也可以跳過中間的階段而直接寫成下列的方程式呢：



生 六個氫氧化鉀是從那兒來的？

師 上列第二方程式裏含有三個氯酸鉀；為了製造牠是非用六個氫氧化鉀不可的。你如果用三去乘第一方程式，然後再把第二方程式加上去，而略去方程式兩邊相同的數項的話，那你就得到剛纔寫出來的方程式了。

生 方程式兩邊相同的數項怎能略掉呢？

師 化學式若立在方程式右邊，那就表示這種質素是構成功了；若是在左邊，那就表示牠是消滅了。倘若一種質素先是構成功的，但後來又消滅掉了，結果豈不是仍舊沒有牠嗎。

生 是的，這我明白了。

師 現在，氫氧化鉀溶液已經被氯氣所飽和了；因為氣泡通過溶液時已經不再溶解了。同時也有晶體析出了。等溶液冷卻之後，晶體還要增多呢，因為氯酸鉀的溶解度在冷的時候比較在熱的時候小得多了。

生 是的，同樣的情形，你以前提到藍礬的時候已經試驗給我看過了（第四章）。還有那應當構成功的氯化鉀到那兒去了呢？

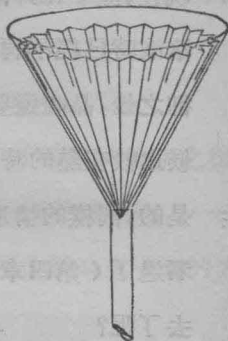
師 牠溶解在液體裏了。我們如果用過濾的方法把氯酸鉀的晶體去掉，而把濾過去的液體（我們稱這種液體為『母液』）蒸乾的話，那末，我們就能得到氯化鉀了。

生 用這個方法可以把牠們完全分開來嗎？

師 不，用這種『結晶分離法』是不能把牠們完全分開來的，因為濾膜下來的氯酸鉀上還是沾有氯化鉀的母液的。但是我們若把這種晶體先放在兩張濾紙之間好好壓乾（壓

的時候母液就吃在濾紙裏了)，然後再用加熱的方法把牠溶解在少許水裏的話，那末，我們只要把那稍許有點混濁的溶液趁熱濾過去，濾液裏就會有很純粹的氯酸鉀晶體析出了。我現在把這試驗做給你看，你看過以後自己也就會做了。

生 您爲什麼把濾紙摺成這許多皺紋呢（第五十七圖）？



師 這樣一來，溶液濾起來就快得多了。我若是用一個平滑的濾器的話，溶液濾起來是非常慢的，而新的晶體就要在濾器上析出了。所以我們每逢要液體很快就濾過去

時，就要採用摺合濾紙了。反之，

第五十七圖

如果我們要把一種固體放在濾器上加以洗滌的話，就要採用平滑的濾紙了。

生 爲什麼？

師 因爲你用摺合濾紙過濾時，你是沒法把濾紙的邊加以洗滌的。

生 不錯，水是會從外面流下去而變混的。

師 一點兒也不錯。爲的要使氯化鉀變爲純粹起見，我把母液蒸乾之後贖下來的渣滓先用少許冷水攪牠一攪（但不可使牠完全溶解在水裏），然後把溶液濾過去而把牠再來蒸乾。贖下來的就是非常純粹的氯化鉀了。

生 這是什麼原故？

師 溶解在水裏的氯酸鉀是很少的，那末，曾溶解的大部分氯酸鉀就遺留在濾器上了。你把濾過去的溶液加以蒸發時，若不使水分完全蒸乾，而留下一點點母液的話，那末，這樣得到的晶體就是很純粹的了。我們如果把牠放在濾紙上的話，母液就會被吸進濾紙裏去了；等到氯化鉀晶體在濾紙上乾了之後，就可以把牠倒下來了。

生 這一切倒是做得怪妙的。我自己還想多製些氯酸鉀，而把牠跟氯化鉀好好的分開來呢。我們能拿氫氧化鈉代替氫氧化鉀嗎？

師 用氫氧化鈉是不適宜的。氯酸鈉雖能照像氯酸鉀一樣的構成功；但牠是非常容易溶解的，所以是很不容易跟同時構成功的氯化鈉分開來的。——現在，我做一個很重要的試驗給你看，你可要留神呀。我溶些氯酸鉀在水裏，加些硝酸銀溶液進去，你瞧，液體仍舊是清水一般的。

生 這有什麼特別呢？

師 氯酸鉀雖是一種含有氯的鹽；但是牠卻跟一切氯化鹽不同，是不能構成功氯化銀沈澱的。因為氯酸鉀裏只含有鉀根和氯酸根，所以牠只能和硝酸銀構成功氯酸銀，卻不能構成功氯化銀的。你由此可以看出，只有氯根纔能和銀根發生一種特別的反應呢。

生 你從前告訴過我，水雖是含氫的，但牠並不是酸。這跟剛纔講的這種情形倒是很相似的呢。

師 一點兒也不錯。水裏含有的氫根是不成爲問題的，因為牠的數量是少得不能用普通的方法證明出來的。

生 這我還沒有聽懂呢。

師 我不是向你說過，一立水裏只含有 0.0015 克的氯化銀嗎？如此看來，我們用銀根證明氯根，乃是有一定限度的；若是氯根的數量少於這個數目時，就不能構成功沈澱了。所以我們說，一種反應的『感應度』乃是有一定限度的。

生 各種反應的限度是不同的嗎？

師 當然哪。例如要你的鼻子把一千分之一立方厘米的氯氣發現出來，乃是一件很容易的事情；但要你用發出極微火光的木片把少於十分之一立方厘米的氧氣發現出來，可

就有點困難了。

生 是的，我現在完全領會了。如此看來，一樣東西雖是存在的；但我們往往是無法知道牠是存在的。

師 對啦！一種質素少於某種限度時就是如此。因此，我們纔努力想替每種質素都找出一種感應度最大的反應來的。

——我們又要回到氯酸鉀上去了。我把幾粒氯酸鉀晶體放在試管裏燒一燒，然後把燒賸下來的東西溶在冷水裏，加些硝酸銀溶液進去：你瞧，氯化銀立刻就沈澱下來了。你倒解釋解釋看！

生 我不知道。

師 氯酸鉀是怎樣分解的，你把方程式寫出來看。

生 $\text{KClO}_3 = \text{KCl} + 3\text{O}_2$ ——啊，現在我知道了。原來是構成功氯化鉀了，而氯化鉀是含有鉀根和氯根的呀。

師 對啦！這你應當立刻就能回答的，因為你早就知道了。

生 是的；但我卻沒有能立刻想到這上頭去。

師 你聽見我一問，應當立刻就把我做的試驗用方程式寫出來的。

生 若是我這樣做了的話，我一定會自己想到上頭去的。以後我要照着你的話做了。

第三十九章 溴

師 昨天學的東西，我今天不來問你了；但這不過是表面上的罷了，因為我們今天預備討論的溴碘二元素跟氯是非常相似的，所以你只要把我問你的話通通當作是有關於氯的，那你的回答一定是不會錯的。

生 牠們果真是完全相似的嗎？

師 不，牠們是少許有些分別的。但是牠們的化合物的化學式卻完全是相似的，所以我們只要拿溴或碘去代替氯就行了。——我先把溴拿給你看；你把你看見的情形述給我聽聽看。

生 瓶裏裝的是一種深褐色的液體。瓶的上半部是紅黃色的；這是不是因為溴把瓶潤濕了的原故呀？

師 不是的。你如果仔細觀察一下的話，你就可以看出溴跟水銀一樣，在四邊是比表面低些的，而那些可以潤濕玻璃的液體例如水或油之類，跟牠卻正是相反的。

生 這跟什麼有連帶關係呢？

師 這跟表面能力是有連帶關係的；可惜我現在還不能把這種特殊性質的原理詳詳細細的告訴你呢。如此說來，玻璃瓶裏既不是因為溴把牠潤濕了而纔變為黃色的，那末，這黃顏色倒是從何而來的呢？

生 也許是從蒸氣那兒來的吧。

師 這給你碰對了。我現在把瓶塞開開，在瓶口上對着你吹一口氣過去，你可以證明瓶裏的確是含有蒸氣的。

生 呸，這多麼難聞呀！比氯的氣味還要難聞呢！

師 但牠們的氣味卻是相似的。溴是一種含有揮發性的液體。[⊙][⊙]這是一件罕有的事情，因為在普通溫度之下，除了溴以外，就只有一種元素是液體了。

生 這是那一種元素？

師 你是知道的！

生 我想不起來了。

師 水銀。

生 不錯！請您原諒我太笨了；這我是應當知道的。

師 你至少應當把元素表從頭至尾的看一遍，把你已經認識了的液態元素找出來的。

生 誰能立刻就知道牠應該怎樣做纔是頂對呢。

師 你在我這兒就是爲的要學會這樣做呀。現在，我要繼續討論溴了。溴的沸點是六十度；但是牠跟水一樣，在普通溫度之下就能放出蒸氣了。溴蒸氣是黃褐色的，所以是看得見的；水蒸氣是沒有顏色的，所以是看不見的——

生 並且是聞不出氣味的！

師 對啦！我們跑到空場上去做試驗吧，否則，那含有腐蝕性的溴蒸氣是非常討厭的。我這兒有一只空瓶，換句話說，就是有一只充滿空氣的瓶；我放一滴溴進去。你瞧，牠已經變黃色蒸氣了，但是蒸氣仍舊是停留在瓶底上的，

生 如此說來，牠比空氣要重些呢。

師 是的，牠的密度是比空氣來得大些，差不多要大到五倍呢。但是我們如果把這瓶放上好幾天的話，溴蒸氣也會均勻地散佈在空氣裏呢。我現在放一塊玻璃板在瓶口上，並且塗些石油脂上去，讓裏面的蒸氣不至於跑到外面來。

生 玻璃板爲什麼會關得這樣緊呢。

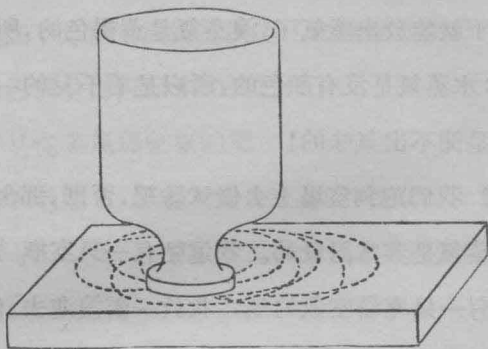
師 因爲我預先把瓶口放在一塊平鐵板上（一塊平的石頭也有同樣的功效）用濕沙磨過的。

生 我也可以磨嗎？

師 當然可以的。你只要拿着瓶頸筆立直的放在鐵板上繞着

圓圈地磨牠就行了。磨的時候，切不可讓瓶東倒西歪的。

——溴蒸氣的密度雖然大似空氣的密度，但牠是不會永



第 五 十 八 圖

遠停留在瓶底上的，你猜這是爲什麼原故？

生 也許是因爲瓶放得不穩的原故吧？

師 不是的。真正的原因是因爲一切氣體放在一起時，彼此都是會自動的混和的。這個現象，我們稱之爲滲透。現在，我倒幾滴溴在一百立方厘米水裏，我若把牠搖一搖的話，牠立刻就變成一種黃褐色的溶液了。這種溶液叫做溴水。

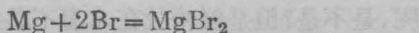
生 跟『氯水』的名詞倒是完全相似的呢。

師 對啦！我如把鎂粉放在溴水裏搖上幾搖的話，牠的顏色就不見了。我如果再把騰下來的鎂粉用過濾的方法去掉的話，我就會得到一種無色的液體了。你知道是發生了什麼

作用嗎？

生 也許是溴跟鎂合化了吧？

師 一點兒也不錯。鎂跟鈣都是兩價的，而溴跟氯都是一價的，所以方程式是：



構成功的東西叫做溴化鎂。

生 溴化鎂許是一種鹽吧？

師 可不是嗎。溴化鎂溶液是可以通電的；你如果用白金絲使電在牠裏面通過的話，那末，過一會兒你就可以看出自由溴的黃褐色了。這是什麼作用？你把鹽酸的電解作用（第三十五章）回想一下看。

生 讓我想一想看。——有了。溴根變為溴了，因為電流是在那地方跑到液體裏去的。

師 對啦！溴根是一種陽向游子，所以是跟着負電走的，而溴纔會在負電流離開液體或正電流進到液體裏去的那場合出現的。

生 不錯，正負電流的方向原是相反的。

師 你在另外那個電極上看見什麼嗎？

生 那處構成一種白色的沈澱了。

師 你可以猜得出這是什麼嗎？溴化鎂裏還含有什麼根呢？

生 含有的是——鎂根。如此說來，應當是鎂了。

師 牠的作用跟鈉是相同的（第三十五章）。

生 如此說來，鎂也可以使水分解而構成功氫氧化鎂跟氫氣呢，是不是？但是鎂粉放在水裏不是很平穩的嗎？

師 這話是極有道理的。普通的鎂會跟空氣裏的氧氣構成功薄薄的一層氧化鎂蓋在外面；鎂給牠保護在裏面，水就不會跟牠接觸了。

生 在電分解時呢？

師 電解時出現的鎂，牠的表面上是沒有什麼包着的，所以是會被水侵蝕的，換句話說，就是鎂是簡直看不見的，我們看得見的不過是牠跟水構成功的氫氧化鎂罷了。

生 電分解時的情形倒也不是十分簡單的呢，我單獨是不會弄明白的。

師 你不久就會弄得很熟的，因為這種反應大半是相同的。
——現在，我用水把幾滴溴化鎂溶液沖淡些，並且倒些硝酸銀溶液進去。

生 構成功一種白色沈澱了，就如同有氯根在溶液裏似的呢。

師 構成的是溴化銀；銀根對於溴根也是一種試藥。氯化銀的

顏色是雪白的，而溴化銀卻是帶些黃色的。

生 氯跟溴的確是有相似的地方的。我們怎樣可以把牠們加以區別呢？

師 這你以後還要詳詳細細的學到呢。你現在留心看呀：我倒些氯水在溴化鎂裏。

生 牠變的就跟黃褐色的溴水一樣的了。

師 事實上確是構成功溴水了；反應方程式是：



生 如此說來，氯使溴化鎂分解了？

師 對啦！市面上出賣的溴就是這樣製造的。除了海水之外，自然界出產的若干鹽裏中也是含有微量溴化鎂的；當其他鹽類結晶出來之後，溴化鎂就留在母液裏了。

生 溴化鎂是很容易溶解的吧？

師 是的。我們須把母液儘量的用氯加以處理，至其中所含的溴將近全部析出為止；但氯是不可用得過多的，否則，牠會和溴混在一起呢。

生 液體裏的溴怎樣可以取出來呢？

師 這個問題你自己應當能夠回答纔是呀。兩種質素構成功溶液之後。彼此可以怎樣分開來呢？你從前曾經把水跟鹽

分開來過，你回想一下就知道了。

生 那時我是把水蒸發掉的。現在，我若是照這樣做的話，溴也要跑掉了，因為牠是含有揮發性的呀。你曾經告訴過我，溴的沸點是六十度；牠比水還要蒸發得快呢。

師 正因為是這樣，所以你纔能把牠們分開來的。

生 那我豈不要把溴損失掉嗎？

師 爲什麼？

生 因為牠是會變成蒸氣跑掉的呀。您在笑我，可見我又沒有想得澈底。不錯，我只要使蒸氣冷卻，就可以先獲得溴了！

師 對啦！你只要把溴跟水構成的溶液加以蒸餾就行了。因為溴比較水容易蒸發，並且溴蒸氣的密度也比較水蒸氣的密度來得大，所以溴會先蒸餾過去，而使你得到很多的溴跟少許的水呢。

生 蒸氣密度的大小也有關係嗎？

師 你自己想一想看哪，溴蒸氣的密度大於水蒸氣九倍。假使牠們的沸點是相同的，那末，在沸點時一立溴蒸氣中含有的溴豈不是九倍於一立水蒸氣中含有的水嗎。

生 是的，這我是明白的。

師 你現在替我做一道算題。溴的化合量是七九·九二；溴蒸

氣的化學式是 Br_2 。現在，你算一算看，溴的蒸氣密度跟水的蒸氣密度在相等溫度跟相等壓力之下，彼此是成什麼比例的？你先把關於蒸氣密度的定律（第三十四章）說給我聽聽看。

生 蒸氣密度跟分子量是成正比的。啊，這原是非常簡單的。水的分子量是一八·〇二，溴的分子量是一五九·八四；二者的比率是 $159.84/18.02 = 8.87$ 。這比率比我原先所想的又是簡單得多了。

師 我們來做一個很有趣的試驗；但因有毒氣放出來，所以須放到空場上去做纔行。這個試管裏有一點點溴，我把牠插在沙堆裏，而放些錫箔進去。

生 哦，燒的多麼紅呀！

師 你瞧，溴的性質跟氯一樣，牠跟金屬碰到頭之後，就會彼此化合的。

生 先前跟鎂也是這樣。但是那時爲什麼沒有燒紅的呢？

師 你自己回答得了。在空氣裏燃燒跟在純粹氧氣裏燃燒有什麼分別（第十一章），你回想一下就知道了。

生 啊，我知道了，先前除了溴之外，還有很多的水在一起，所以纔沒有燒得夠熱的。

師 一點兒也不錯。你現在可以用溴水跟其他的金屬製成許多鹽類，去證明牠們跟溴化鎂一樣，都是能跟硝酸銀溶液構成淡黃色沈澱的，並且加了氯水之後，都是有黃褐色的溴放出來的。如此看來，這些溶液裏的鹽都是含有同一溴根的。

生 那末，我們用以前的方法（第三十七章），也應當能得到溴鹽了。溴能不能構成一種鹽酸似的酸呢？

師 問的好！這種酸是有的，牠叫做氫溴酸。牠的化學式是怎樣寫的？

生 溴跟氯既是相似的，化學式應當是 HBr 吧。

師 對啦！這個瓶裏裝的就是溴化氫的水溶液；純粹溴化氫在普通溫度之下，就跟氯化氫似的，乃是一種氣體。

生 溶液的外表跟鹽酸是完全相似的。

師 性質也是極相似的。你瞧，牠對於藍色石蕊試紙是帶酸性的。我若是把一滴溶液倒在一大杯水裏的話，那末，這種很稀薄的溶液也是會對石蕊起作用的。你現在試一試看。

生 我已經倒了一滴溴化氫溶液在水裏了；我現在放一張石蕊試紙進去——牠仍舊是藍色的！

師 我把水攪一攪，試紙就變紅了！

生 我真笨極了，把這也忘了！

師 現在，你從你無意中做的這個試驗裏做一個結論看。你倒在水裏的那一滴溴化氫溶液跑到那兒去了呢？

生 我猜牠是沈下去了；牠若是留在上面的話，那牠一定會散佈開去，而決不會不跟試紙碰頭的。

師 對啦！溴化氫溶液的密度比水大得多，並且其中所含的溴化氫愈多，那末，牠的密度也就愈大。現在，你照着做鹽酸的方法（第三十一章）替我做一種溶液，使一立中恰好含有一個化合量的溴化氫。

生 我先得量五個立方厘米出來，倒一滴石蕊進去，然後再使滴管裏的氫氧化鈉溶液流進去，一直等到紅的溶液變成藍色爲止。

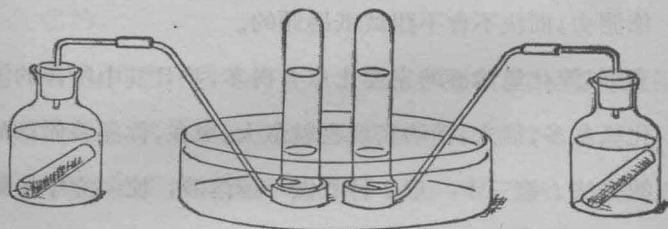
師 再往下去怎樣做法，你是知道的。你等到把溶液做對之後，就用兩塊鋅片放在兩只同樣的小瓶裏，把氣管接上去（第五十九圖）。然後再倒同樣多少的鹽酸跟氫溴酸進去，而細心地觀察氫氣出來的速度。

生 我應當怎樣做呢？

師 你或者是使通氣管通到水裏去而數水裏出來的氣泡，或者是用兩只試管放在通氣管出口的那場合而把氫氣聚集

起來，這兩種方法都是可以用的。等你把試驗做完之後，你明天把得到的結果告訴我。今天，我們還要提一提溴的化合物呢。溴化氫你預備怎樣製造呢？

生 溴也許跟氯一樣是可以和氫燃燒的吧？



第 五 十 九 圖

師 不，溴跟氫的混合體是既不能用電光，又不能用日光使之爆炸的。但我們如果使牠們同時在燒紅的白金上通過去的話，那末，一部分是會化合的。

生 我們也許能用硫酸使一種溴鹽分解吧？

師 這想頭不壞。但這也有困難：硫酸對於溴化氫並不像對於氯化氫是不起作用的，牠會失掉氧氣，而氧氣會跟溴化氫裏的氫氣化合，結果又會構成功溴了。我在室外加些濃硫酸在溴化鉀裏；你看見什麼嗎？

生 看見有褐色氣體放出來了，這大概就是溴了。除此以外還冒煙冒得非常厲害呢。

師 冒烟的東西乃是溴化氫。牠本是無色的；但是牠完全和氯化氫一樣，會跟空氣裏的水蒸氣構成功一種難於揮發的溶液。我把一根玻璃棒先放在烟霧裏，然後再放到一張石蕊試紙上去。

生 試紙上有了一個紅斑了，可見得牠的確是酸。

師 那你不是得到氫溴酸了嗎。氫溴酸的用途並不廣，我們不用多討論了；我們對牠最感興趣的只有一點，就是牠跟氯化氫乃是很相似的。——溴跟氯此外還有一種相似之處：你如果把溴放在氫氧化鈉溶液裏的話，你就可以知道了。氯放在氫氧化鈉裏會構成功什麼東西？

生 會構成功氯化鈉。

師 你再想一想看！

生 我想起來了，構成功的是兩種鹽，一種是不含氧的，一種是含氧的。

師 你只要把化學方程式寫出來，你就很容易想起來了。你把溴代替氯寫出來看。

生 $2\text{NaOH} + \text{Br}_2 = \text{NaBr} + \text{NaOBr} + \text{H}_2\text{O}$ 。對嗎？

師 對的。你把方程式讀出來看。

生 氫氧化鈉加溴構成功溴化鈉跟——這東西叫什麼名詞

呀？

師 牠的名詞跟氯化合物是完全相似的。

生 如此說來，應當叫做次溴酸鈉了？

師 對啦！牠裏面含有一個新的陽向游子，即次溴酸根 (OBr^-) 是也。牠跟用氯製成的漂白溶液一樣，也有漂白和消毒的功效，因為溴在這一方面的性質原是跟氯相似的。這個試驗是很容易做的：你如果把溴水倒些在氫氧化鈉溶液裏的話，溴水的褐色就會消滅掉，這可證明溴是變成功別的化合物了。

生 但溶液總是帶些淡黃色的，並不是完全沒有顏色的。

師 這是次溴酸根的顏色。我現在用濃氫氧化鉀溶液（第三十八章）再來做一遍看。因為反應是很猛烈的，所以把溴倒進去的時候務必要小心纔行。每逢我搖牠的時候，溴的顏色就不見了；一直要等到我加了很多的溴進去之後，褐色纔不會消滅呢。

生 有許多白的質素析出了。

師 這是一種跟氯酸鉀相似的新鹽。牠叫做溴酸鉀。你知道牠的化學式是怎樣寫的嗎？

生 牠跟氯酸鉀既是相似的，那牠的化學式就應當是 KBrO_3 。

師 對啦！牠的化學式的確是這樣的。停會兒，你可以把牠跟氯酸鉀似的加以提淨，並且可以證明牠們的性質也是十分相似的呢。牠的溶液跟硝酸銀溶液是不會構成功沈澱的。牠在加熱時會放出氧氣來；而臍下的渣滓溶在水裏之後，卻是會跟硝酸銀溶液構成功沈澱的（參看第三十八章）。

第四十章 碘

師 你昨天關於氫氣放出速度所做的試驗結果如何？

生 根本沒有什麼結果。氫溴酸的功效跟鹽酸是完全相同的，我沒有看出什麼區別。有時似乎是前者的作用快些，有時又似乎是後者的作用快些；總之，二者之間是沒有大分別的。

師 這一點不是很值得驚異的嗎，而你卻說『沒有什麼結果』，乃是大錯的。你從前曾經親眼看到過，其他的酸（如硫酸）跟鋅發生的作用要慢的多了。至於醋酸更不用提了！

生 但那幾種酸的作用是有區別的，而鹽酸跟氫溴酸的作用卻是相同的呀。

師 把你得到的結果用比較肯定的話說出來看。

生 鹽酸跟氫溴酸對於鋅的作用是相同的。

師 這話還不徹底呢；你應當說：鹽酸跟氫溴酸的當量溶液對於鋅的作用是相同的。其他的酸並不是這樣，所以我們在這兒所觀察到的這個事實確是夠驚異的：鹽酸跟氫溴酸。

在化學方面雖屬彼此不同的酸，但牠們的作用在特種情形之下卻是可以相同的。

生 這個事實能告訴我們什麼呢？

師 這話問得很好。只可惜我要等到將來纔能回答你呢。等到那時候，你就會看出這是一件十分重要的事實了。

生 您既不讓我多知道，那您現在爲什麼又要告訴我呢？

師 我將來自然會讓你多知道的。等我們將來回到這個問題上來的時候，你一定很容易把我們新講的東西弄明白的，因爲你既在已經把這些實驗弄熟了。我們要來討論碘了。我替你帶了少許碘在這兒。碘是鹵素中的第三位仁兄，其他兩位是氯跟溴。因爲牠們可以跟一切金屬構成鹽類化合物，所以牠們在德文裏也叫做 Salzbilder，中文舊譯造鹽元素，現譯鹵素。

生 碘跟氯溴二元素是不相像的。氯是一種氣體，溴是一種液體，而碘卻是一種固體：牠們是根本不相同的。

師 氯無論如何總是氣體嗎？

生 不，我似乎記得您曾經告訴過我，氯也可以因爲高壓力跟低溫度的影響變爲液體，甚而至於變爲固體呢。

師 對啦，氯能以一切形態出現呢；溴也是如此。至於碘也是

如此，你立刻就會親眼看到了。

生 但就這一點說起來，牠們究屬是彼此不同的呀。

師 當然哪。牠們如果是完全相同的話，那牠們倒是同一質素，而不是三種質素了。氯、溴、碘三元素及其化合物之性質，彼此雖很相似；但其間卻有循序漸進的區別。這些區別按照氯——溴——碘的次序而改變，所以溴的性質恰好是介於氯碘二者之間的。

生 這是那些性質呢？

師 差不離是一切的性質。先講化合量：溴的化合量將近是氯碘二元素的化合量的平均數。氯的化合量是三五·四六；溴的化合量是七九·九二；碘的化合量是一二六·九二。你若把三五·四六跟一二六·九二加在一起，以二去一除的話，那你得到的數目就是八一·一九，這跟溴的化合量七九·九二是很相近的。

生 爲什麼不恰好是二者的平均數呢？

師 我們不應當這樣發問的；這樣發問是不會得到答案的。化合量究竟遵從那種定律，我們目前還不能肯定的回答呢。所以我們現在只要知道事實情形是怎樣，就可以認爲滿足了。這一類事實，你可從下面的表裏看將出來：

	氯	溴	碘
化合量	35.46	79.92	126.92
沸點	-33.6°	63°	184°
融點	-102°	-7°	114°
氣體密度	0.00317	0.00714	0.0113

生 您本想試驗給我看碘也可以變成液體或氣體的呀。

師 好，讓我來試驗給你看呀。我拿一只燒瓶，放在大火上轉動着燒牠，一直燒到牠很熱爲止。現在，我丟一小塊碘進去。你瞧，牠立刻變成一種幾乎全是黑色的液體了，而且——

生 哦，這是多麼好看呀！像這樣美麗的紫色我還從來沒有見識過呢！

師 碘蒸氣是紫色的。我如果把燒瓶加以搖動的活，那你就可以看出碘蒸氣會跟一種遲鈍的物體似的在瓶底上轉來轉去呢。碘蒸氣的密度約九倍於空氣的密度。現在，我們把瓶擱一會兒；你看見什麼嗎？

生 顏色愈變愈淡了；燒瓶的玻璃上有黑點沈澱下來了。

師 碘蒸氣又變成固態碘了。碘的融點在一一四度，沸點在一八四度。牠的蒸氣壓力在室溫時是很小的，所以燒瓶一冷卻，差不多所有的碘又變成固體了。你把那些細點仔細看

看看。

生 牠們是有光澤的。

師 這是一面擴大鏡，你拿去用。

生 牠們的外表是很有規則的，好像是晶體呢。

師 牠們事實上確是晶體呀。我從前（第四章）曾經告訴過你，質素變為固體時，大都是以晶體形狀析出的。不過析出的晶體不一定是像碘晶體這樣美麗的罷了。你瞧，我若是把碘晶體析出最多的那場合加熱的話，牠們就又變成紫色蒸氣了；但蒸氣很快的就消失掉而又在較冷的場合變成功晶體了。

生 這倒差不離是跟蒸餾一樣的呢。

師 一點兒也不錯；但我們卻稱之為昇華；所謂昇華者，即由固體經過蒸發而又變為固體的一種作用是也。——碘因溫度而起的變化，你已經認識了。現在，我們要看水對牠有何影響了。你對於這一點有何期待？

生 氣跟溴可以溶解在水裏；碘或許也是這樣吧？

師 我們來試試看。我把少許碘放在乳鉢裏磨一磨，使牠容易溶解些（假使牠是可以溶解的話）；現在，我把磨細的碘放在燒瓶裏，加很多的水進去。你看見什麼嗎？

生 牠似乎沒有溶解；水仍舊是沒有顏色的。

師 我把水倒些在試管裏；把試管放在一張白紙上，而從上面看下去。

生 這跟氣的情形倒是相似的呢。現在從上面看下去似乎確是有碘溶在水裏了，因為水是帶些褐色的。

師 對啦；碘是可以溶解在水裏的，不過不多罷了。但我馬上可以使你看得格外清楚些呢。這兒是少許馬鈴薯澱粉，你媽媽在廚房裏是要用牠的。我先用少許冷水把牠調一調，然後把牠放進燒瓶中的滾水裏去。

生 牠會變成功糊漿呢！

師 只不過是很薄的糊漿罷了，因為我用的澱粉是很少的。我把牠倒些在放碘溶液的試管裏——

生 這可妙極了；溶液變成藍色了。

師 碘跟澱粉構成功的那種質素乃是藍顏色的；並且顏色非常之深。就是很少的東西已經可以證明出來了。如此看來，澱粉乃是碘的一種感應試藥——

生 而碘乃是澱粉的一種感應試藥——

師 對啦，你記性不錯，一切反應乃是雙方面的。

生 碘澱粉也是一種鹽嗎？

師 不是的，澱粉並不是金屬呀。澱粉是由碳，氫，氧三種元素構成的。我們只知道把牠跟碘放在一起就會構成功藍色質素，除此以外知道的就不多了。

生 我們可以拿牠染色嗎？

師 不能，因為牠太不能持久了。你瞧，我如果把試管裏的碘澱粉加熱的話——

生 牠又變的沒有顏色了！

師 現在，你可留心呀。我把試管的下半節筆立直的放到冷水裏去——

生 又變成藍顏色了！但只有下半節是如此。

師 我現在把試管從冷水裏取出來；但仍舊把牠很小心地筆立直的拿着，使牠裏面的東西不至於混和。

生 下半節仍舊是藍的，而上半節卻是白的。現在，又漸漸全部變藍了。

師 你可以做一個什麼結論呢？

生 我可以做一個結論，說碘澱粉在熱的時候是沒有顏色的，而在冷的時候卻是有顏色的。

師 這話不完全是對的，因為碘澱粉經過加熱之後，你若從上面去觀察的話，那末，你就可以看出碘水是帶些褐色的。

呢。

生 如此說來，碘在加熱時原來是跟尋常一樣的在那兒的，是不是呢？

師 我可以把你的意思說得格外明白些：加熱時碘跟澱粉是不能化合的；牠們仍舊是各歸各的存於同一溶液裏的；但在冷卻時牠們就能合化爲藍色碘澱粉了。

生 牠們爲什麼一會兒能互相化合，一會兒又不能互相化合呢？

師 你提出的問題爲什麼一會兒是很聰敏的，一會兒又是很愚笨的呢？

生 這是看情形去的。

師 碘跟澱粉也是如此。溫度對於某種質素之是否可以彼此化合，乃是有極大影響的。

生 不錯，我現在想起來了。鐵跟炭也要在高溫度之下纔會跟氧氣燃燒呢，而在低溫度之下卻是不會的。

師 這話還算不錯。但這個例跟碘澱粉的性形並不是完全相似的。

生 您的意思是不是說碘澱粉在低溫度之下纔會互相化合呀？

師 我的意思不僅是指這一點。燃燒作用似乎不能在普通溫度之下發生，其原因是在反應速度在低溫時過小，所以纔令人覺察不出的。而我們現在所討論的碘澱粉，牠是無論經過多麼長久的時間也是不能在高溫度下構成功的。

生 碘跟澱粉在低溫度時既能很快的化合，那末，牠們在高溫度時豈不是應當格外化合得快些嗎？

師 好好，你還記得化學反應速度是隨着溫度而增加的呢（第十一章）。不，事實是這樣的：碘跟澱粉在低溫時所構成功的化合物在加熱時是會分解的，但在冷卻時牠又重新構成功了。

生 您可以使我格外容易明白些嗎？

師 這倒不容易呢，因為溫度對於化合物有何影響，碘澱粉還是你第一次碰到的一個例呢。水在低溫時是液體，在高溫時會變成蒸氣，但在冷卻時又會變成液體。你如果把這個事實注意一下的話，你也許最容易明白呢。

生 但是水在一切溫度之下都是會蒸發的，不過在高溫時蒸發得格外厲害些罷了。

師 這情形跟碘澱粉是相似的。碘澱粉在室溫時已經有一部分分解了；溫度愈高，則分解作用也就愈厲害，到最後就

簡直沒有碘澱粉了。關於這個問題，我們現在不可以再討論下去了；等你將來獲得更多的化學知識之後，我們再回到這個很重要的問題上來罷。——我們先前做試驗時，碘澱粉為什麼下半節是藍色的而上半節卻是白色的呢？

生 因為牠下半節是冷的，而上半節是熱的，所以纔是這樣的。

師 對啦。我先前若是僅使上半節先冷下來而讓下半節仍舊保持牠原有的溫度的話，那末，情形是怎樣呢？

生 那末，一定是上半節先變成藍色，而下半節仍舊是白色的。

師 當我把試管加熱時，我總是把下半節放到火裏去燒牠的；但是變成白色的並不限於下面加熱的這一部分，而是遍及於全部分的。就是我們平常要把鍋爐裏的水燒熱，也老是把下面的一部分加熱的；然而結果全部分的水是會變熱的，這是為什麼原故呢？

生 啊，現在我明白了。熱水比較冷水來得輕些，所以牠總是浮到表面上去的。所以我們儘可以使熱水蹬在冷水的上面，卻不能顛倒過來使冷水蹬在熱水上面的。

師 這樣說就對了。現在，我們要回到我們的碘水上去了。牠怎樣能把澱粉認識出來，讓我現在來試驗給你看呀。我為

的要多溶些碘在水裏，而因此把試驗做得格外明顯些跟快些起見，所以約摸加四分之一的酒醇在碘水裏。這樣一來，碘就可以多溶些在水裏了，而液體就完全變成褐色了。

生 這是什麼道理呢？

師 碘在純酒醇裏是很容易溶解的。我如果把容易溶解碘的酒醇加到不容易溶解碘的水裏去的話，那末，這個混合物的溶解功效乃是介於其成分之溶解功效之間的。

生 總是這樣的嗎？

師 雖不總是這樣；但大都是這樣的。這一類混合物的功效雖不能完全依照混合定則由其中所含成分的功效預先計算出來；但混合定則在大體上對於牠們也是適用的。

生 如此說來，這並不是一種真正的自然律，因為自然律是可以使我們把應得的結果預先計算出來的。

師 僅就這一點來說，你的話是完全對的。但是我們討論的這些情形中，一定也是有自然律存在的；不過此中情形並不簡單，所以我們還沒有能把定律發現出來呢。我現在把我的褐色碘溶液倒一滴在一片白麵包上。

生 完全變成黑色了！

師 實際上乃是藍色的；因為是極深的藍色，所以看上去就變成黑色了。碘跟麵包裏含有的澱粉構成功深藍色的碘澱粉了。你可以用同樣的方法把馬鈴薯、蘋果、豌豆、蠶豆這一類東西裏所含的澱粉通通加以證明呢。

生 那些東西都是含有澱粉的嗎？

師 是的；除此以外，植物的其他許多部分裏也是含有澱粉的。還有，屠戶如果把麵粉放在香腸裏騙人的話，我們也能用這方法將其加以證明呢，因為肉裏本來是沒有澱粉的呀。

生 如此說來，我倒可以利用碘溶液變成張天師把隱藏着的東西發現出來呢！

師 我們還用碘溶液發現過更重要的事實呢。尤其是找出來在日光中蹬過的樹葉裏是含有澱粉的，而在暗處蹬過很久的樹葉裏乃是不含澱粉的。

生 這跟什麼有連帶關係呢？並且這事實有什麼重要呢？

師 我從前曾經告訴過你，太陽在綠葉裏會做化學工作（第二十七章）。後來化學家觀察出來，這種化學工作中的初步有形產物即澱粉是也。

生 所以在太陽中蹬過的樹葉裏纔有澱粉的。但澱粉在暗處

跑到那兒去了呢？

師 牠一部分是被消耗了，一部分是被送到旁處去了。樹葉就跟動物一樣（第二十七章），也得用氧氣燃燒食物纔能生活；不過牠的食物是牠自己利用日光能製備的，而動物乃是不能的罷了。樹葉蹬在暗處太久之後，其中所儲藏的澱粉就要被消耗掉了；結果，我們在這種樹葉裏也就找不到澱粉了。

生 馬鈴薯是生長在地底下的，牠的澱粉是從那兒來的呢？

師 這話問得好！馬鈴薯裏的澱粉是這樣來的：樹葉是製造澱粉的工廠；澱粉如果老是蹬在工廠裏不出去的話，那末，地方愈變愈小，結果，工廠就要不能再繼續工作了。因此植物纔把製好的澱粉運到澱粉對牠有益無害的那些場合去的，尤其是運到那些可以產生新植物的種子跟球莖裏去的。種子跟球莖起初還沒有綠葉，所以還不能自己製造食物，而祇能靠現成的食物來維持生命。澱粉所以聚集在裏面，就是爲這個原故。

生 而人們卻來把這些儲藏好的澱粉拿跑了。

師 這是無妨的，因爲植物製造的這種儲藏所是非凡之多的，而牠們在事實上並不是都能發展的。一塊田裏所產生的

穀子比原先種下去的總要超過六倍到八倍呢。植物只能用這個方法替人類跟動物把他們所需要的日光能收藏起來。——我們現在又要回到碘上去了。碘跟氯和溴是否有相似之處，你預備用什麼試驗加以證明呢？

生 碘可以跟金屬化合嗎？

師 可以的。我用鎂粉放在碘溶液裏一搖，碘溶液就變的沒有顏色了，牠跟溴溶液是完全一樣的。這當中究竟發生了什麼作用呢？

生 莫非是構成功碘化鎂了吧？

師 可不是嗎，換句話說，就是碘變成功碘根而鎂變成功鎂根了。我把溶液濾過去，加些溴水進去，你看見什麼嗎？

生 溶液又變成褐色了，好像是由於碘的原故呢。

師 你告訴我，你預備怎樣證明牠的確是碘呢？

生 我加澱粉進去。

師 好極了；我還有少許糊漿在這兒呢。一加進去果真就完全變黑了。

生 但並不是藍色的呀；液體實是綠褐色的。

師 這是因為我把澱粉加得太少了，所以只有一小部分碘變成了碘澱粉的原故。我現在把這種淡綠色的溶液倒些在

生 另一試管裏，用水把牠沖淡，並且再多加些澱粉進去——對啦，現在通通變成功很好看的藍色了。這的確是碘。

師 停會兒你還可以把試管裏的液體加熱，證明藍顏色在加熱時的確是會變為不見，而在冷卻時又會重新出現的呢。

生 這我一定要試驗的。

師 現在我另取一部分碘化鎂溶液，加一滴硝酸銀溶液進去。硝酸銀和氯根與溴根會發生什麼作用？

生 會構成功白色沈澱。這兒也是有沈澱出來的；但牠是淡黃色的。

師 你可以由此看出碘跟其他幾種鹵素的異同之處了。——牠們還有一種相似之處：我加些氫氧化鈉溶液在碘溶液裏。你看出什麼嗎？你預備怎樣加以解釋呢？

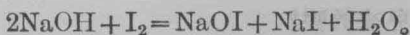
生 溶液褪色了。也許又構成一種名稱很長的鹽了。

師 你的意思是指什麼？

生 我的意思是指次碘酸鈉，不知道可是對的？

師 這名稱是不錯的。你把牠的化學方程式寫出來看！

生 我已經背也背熟了：



師 對啦。我若是把溶液攔在那兒的話，那末，碘就要跟六個

化合量的鈉發生作用了。你把方程式寫出來，並且讀牠出來！

生 $6\text{NaOH} + 3\text{I}_2 = \text{NaIO}_3 + 5\text{NaI} + 3\text{H}_2\text{O}$ 。又構成功碘——
師 又構成功碘_⊙酸_⊙鈉_⊙了。碘的這個作用比較其他鹵素容易發生得多，並且也快得多，所以我們是不能把次碘酸鈉加以保存的，牠在溶液裏的壽命是很短的。

生 碘化氫也是有的嗎？

師 可不是嗎，牠跟氯化氫和溴化氫一樣，也是一種氣體；但是牠很容易變成液體，並且在水裏的溶解度也非常之大。牠們都是沒有顏色的。

生 我可以看得見碘化氫嗎？

師 倒不容易製造呢。這兒是我剛纔做好的碘化氫水溶液。當牠新鮮時，牠是沒有顏色的。我現在把牠倒些在一只淺底的瓷皿裏；你瞧，牠一會兒就變成褐色了。

生 這就如同是碘似的。請您加些糊漿進去看！

師 好，我來加些進去。你瞧，牠又變成藍色了，可見得這的確是碘。

生 牠是從那兒來的呢？

師 因為空氣裏的氧氣跟碘化氫裏的氫氣化合了，所以纔有

碘出來的。方程式是： $2\text{HI} + \text{O} = \text{H}_2\text{O} + \text{I}_2$ 。我如果把溶液攔上幾天的話，所有的碘化氫就都依照這個格式變成碘跟水，而碘到後來就完全變成很好看的晶體析出了。碘跟氫氣只是很鬆的化合在一起的，換句話說，就是碘跟氫氣是很容易從牠們的化合物裏取出來的。

生 如此說來，這跟氯化氫恰是相反的，因為氯化氫是由氯跟水構成的，而氧是被趕出去的呀（第二十九章）。

師 一點兒也不錯；並且構成功氯化氫時也要借助於日光呢。我還想試驗給你看，碘化氫就跟其他幾種鹵素的氫化物一樣，也是一種強酸。我把碘化氫溶液倒些在鋅或鎂的上面；你瞧，氫氣出來的也是非常快的，就如同我把鹽酸倒了上去似的呢。我如果把一滴碘化氫溶液放在很多的水裏的話，那牠已經可以立刻使石蕊變成紅色了。——關於碘我們暫時已經學得很夠了。

第四十一章 硫

師 你關於硫知道些什麼？

生 我知道牠是一種黃色的固態物體。

師 物體這名稱是不對的。物體跟質素有什麼分別？

生 不錯，請您原諒。物體係指某一固定的東西而言，而質素乃係指含有相同性質的一切物體而言的。

師 你應當說質素係指含有相同的特別性質的一切物體而言的；而特別性質乃是不能由人們任意加以改變的。——你舉幾種硫的特別性質給我聽聽看。

生 硫是不能傳電的，並且是帶燃燒性的；燃燒時牠的氣味是很難聞的。

師 這話是不十分對的。

生 但是硫的氣味在燃燒時總不能算是好聞的吧。

師 硫無論燃燒不燃燒都是沒有氣味的。

生 我不明白您的意思。啊，現在我知道了。難聞的一定是硫在燃燒時所構成的那東西，這一定是硫的氧化物吧。

師 一點兒也不錯。這東西含有一個硫原子跟兩個氧原子，所以牠的名詞就叫做二氧化硫。二氧化硫具有那種物態？你望着我表示不知道的意思；但你想一看看，二氧化硫你是聞得見的呀。

生 對啦，那牠一定是一種氣體或蒸氣，是不是？

師 是的。聞得見的東西一定是可以進到鼻孔裏去的；而可以進到鼻孔裏去的東西一定是氣態質素。

生 如此說來，硫既沒有氣味，那牠一定是不能蒸發的。

師 假使沒有另一小小的暗鈎在從中搗亂的話，那你的結論是做對的。你以為空氣裏含有的一切東西都是可以聞得見的嗎？

生 只要有氣味的，當然是可以的，例如房間裏有了一種惡氣味時，那我只要使房間透一透氣，就能把那惡氣味趕到房間外面去，而聞不出什麼了。

師 這話正是說錯啦。趕出去的不過是一大部分惡氣味罷了。等牠在房間裏少至某種限度以下時，你就聞不出什麼了，因為你的臭覺已經不夠靈敏了。

生 請您把這解釋得格外清楚些。

師 鼻對於一切可以使臭覺發生感覺的質素，算是一種試藥。

我看得出你心裏在問，這是那些質素？關於這一點，我們知道的還很少，就跟我們現在還不知道什麼東西纔能引起色的感覺一樣。每種試藥都有其感應限度，鼻當然不是例外，所以一定要當某種氣味在空間裏超過了某種分量時，我們纔能聞得出來呢。這個分量和空間的商數，叫做濃度。當一種試藥的濃度小至某種程度以下時，牠就要失卻效用。

生 所謂失卻效用是什麼解說呢？

師 這就是等於說反應不能發生了，或是不能給人辨識出來了。例如木材之可以燃燒或煤之可以發灼，就是對於氧的一種試藥。但是木材在空氣裏也會熄掉，即使這空氣裏仍舊是含有很多的氧氣的。

生 我們怎樣能知道氧氣這時候還沒有用完呢。

師 磷放在這種空氣裏還可以燃燒，由這一點上就可以知道了。因此，磷對於氧氣的感應度要大於木材或煤呢。

生 如此說來，我所以聞不見硫蒸氣的氣味，乃是因為我的臭覺不夠靈敏的原故，是不是？

師 正是如此。你既懂得這樣好，我為表示獎賞你起見，倒要來證明給你看，硫就是在普通溫度之下也是會蒸發的呢。

你拿一只嶄亮的銀茶匙，放少許硫黃在裏面。等你明天再去看牠的時候，你就會發見硫磺的四週多了一個褐色的圓圈了。

生 這是什麼原故？

師 因為硫黃蒸發了，而蒸氣跟銀構成功褐色的硫化銀了。

生 我們怎會知道是蒸氣跟銀化合了呢？

師 如果是固態硫黃跟銀化合了的話，那末，牠一定只能在牠跟銀接觸的那個場合構成功褐色斑點，而事實上硫化銀卻在硫黃的四周圍構成功一個圓圈了，這可證明硫黃也跑到較遠的場合去了。牠除非是蒸氣，決不能有此作用的。

生 對啦，這我是明白的。如此說來，銀茶匙和我的鼻子比較起來，牠是一種含有較大感應度的試藥，是不是呢？

師 當然是的。但有一部分原因，是因為你給銀茶匙發生反應的時間比較給你自己的鼻子的時間要長得多了。

生 啊，我倒沒有想到這一層呢。總是這樣的嗎？

師 雖不總是這樣的；但每逢一種功用能聚集在一個場合而不失散的時候，就都是這樣的。——但我們又要回到我們的硫黃上去了。固態硫跟氣態硫你已經認識過了；現在我

們也要來見識見識液態硫呢。硫黃可以融解嗎？

生 可以的；當我們把硫黃火柴燃着的時候，我可以清清楚楚的看出硫是在融解呢。

師 你觀察得是很對的。我們把這試驗大規模的來做一次來。我放幾根棒狀硫黃在這個試管裏，把牠放在火上加熱。你瞧，硫黃是很容易變成功液體的，牠在一百二十度時已經融化了。我如果把融化了的硫黃倒出來的話，牠一會兒就又凝固為黃色固態硫了。就這一點上看起來，硫跟水是很相似的。水在融解時跟凝固時有一種特別情形，你還記得嗎？

生 水的融解溫度跟凝固溫度是完全相同的，牠們都是零度。

師 對啦；硫跟水所不同的，不過是一百二十度罷了。現在，我們把硫再繼續加熱，你猜牠會發生怎樣的現象呢？

生 那牠一定要開始沸騰了。

師 對啦，熱到最後牠是會這樣的。但牠在沒有開始沸騰之前，我們還要見識若干別種現象呢。把你現在所看見的陳述給我聽聽看。

生 硫黃的顏色愈變愈深了。您不要把試管這樣拿着，硫黃快要流到外面來了。奇怪，牠並不流出來。莫非是牠忽然間

變成固體了吧？

師 不是變成固體，而是變成很韌的了。液態硫在某種溫度時可以因為加熱而愈變愈韌，這是牠跟普通一般質素不同的地方。

生 牠並且變成深褐黑色了。牠是不是跟捻粉或牛奶似的燒焦了呀？

師 看上去好像是這樣；但事實上並非是如此。我現在如果把試管從火上移開去，使牠裏面的東西冷下來的話，那末，剛纔所發生的變化又會再發生一次，不過程序恰是相反的罷了：硫的顏色又變淡了，也沒有先前那樣韌了，現在牠又凝固了。燒焦的牛奶是不會這樣的。

生 那末，分別究在什麼地方呢？

師 分別在牛奶跟捻粉這種東西乃是碳跟其他元素構成的化合物，這種化合物會在高溫度時分解而只留下炭來（第二十四章）。而硫卻是一種元素，所以是不能分解的。——現在，我再來把牠加熱，使牠經過一切的變化；假使火頭是很大的話，那末，熱到最後，硫就開始沸騰了。蒸氣是深紅褐的。

生 蒸氣的顏色差不離是看不出的。

師 硫蒸氣很快的就凝結了；因為硫在四四五度時纔開始沸騰，所以硫蒸氣是很容易重新變成液體的。我現在把融化了的深褐色的硫黃倒在冷水裏；你把牠從水裏取出來看！

生 這簡直不是硫黃了；牠變的就跟松香或橡皮一樣的了。

師 但事實上卻是硫黃。我如果把牠燃着的話，牠會跟硫黃一樣的燃燒呢；並且放得長久之後，牠又會變成普通的檸檬色的硫黃呢。這不過是硫的另一種形式而已，這是一種非晶狀硫。

生 這我不能了解。

師 從前討論碳的時候，我曾經告訴過你，一種質素可以取得各種的形式而不改其化學性質。碳的情形是怎樣的？

生 啊，我現在想起來了；碳可出現為金剛鑽，石墨跟碳三種東西；但牠們歸根結蒂統統是碳呀。

師 一點兒也不錯；這怎樣可以證明得出呢？

生 讓我細細的想一想看，這當中很有些奧妙呢。現在我想起來了：我們如果使各種形式的碳燃燒的話，那末，我們得到的二氧化碳的量總是相等的。

師 如果我們用的各種形式的碳的分量也是相等的話。我們若是把這個道理應用到橡皮似的硫黃上去，結果應當是

怎樣呢？

生 如果牠真的是硫黃的話，那末，只要牠跟普通的硫黃分量是相等的，燃燒時構成的東西多寡也一定是相同的。

師 一點兒也不錯；事實上的確是如此。但在燃燒時，前者放出來的熱卻比普通硫黃多些。這是什麼原故？

生 哦，這我是知道的，從前討論碳的時候，你曾向我說過的。這些不同的固態形式叫做同素異形之形式，牠們含有的能乃是多寡不相等的。也許是橡皮似的硫黃裏含有較多的能，所以牠纔會放出較多的能的吧。

師 這你倒記得很不錯呢。

生 你那時曾經說過，我們可把能當作一種質素看待，而同素異形的質素裏所含的這種質素乃是多寡不等的（第二十四章）。如此說來，當牠們變成同一種化合物時，那過剩的質素（能）當然是會重新出現的。

師 說得好極了。事實上的確是這樣。你由此可以證明我們把同素異形的形式比作物態（固態、液態、氣態）並不是沒有理由的，因為我不但可以使黃硫變成橡皮似的非晶狀硫，並且後者又能自動變為黃硫呢。

生 但這塊東西現在仍舊是橡皮似的呀。

師 等到明天或後天，尤其是你如果把牠擱在溫度較高的場合的話，牠就會變成又硬又脆的了。

生 牠爲什麼不會立刻就變成黃硫呢？

師 這種轉變作用在固體大都是進行得很慢的；除此以外，這當中還有一種跟過度冷卻(第二十四章)相似的現象呢。

生 對啦，我記得金剛鑽也是有這種情形的。

師 硫的同素異形的形式還不止這兩種呢。除此以外，還有五六種其他固態形式是跟普通硫黃不一樣的呢。但是我卻不想試驗給你看了，因爲牠們在普通溫度之下都是不穩定的，並且大一半是不容易製造的。我們最好還是來討論硫黃燃燒時構成功的那種東西吧。

生 是不是氣味十分刺鼻的那種東西呀？

師 是的。牠是一種氣體，你是知道的；牠的名詞叫做二氧化硫。牠含有兩個氧原子跟一個硫原子；化學式是 SO_2 你用方程式把硫黃燃燒時發生的作用寫出來看；但可不要忘了空氣裏的自由氧的化學式是怎樣寫的呀。

生 $\text{S} + \text{O}_2 = \text{SO}_2$ 。

師 對啦，由這個方程式裏，我們可以知道硫黃在氧或空氣裏燃燒時，氣體的體積是不會增加的。

生 爲什麼？

師 這你自己應當由方程式裏看出來的。硫黃是一種固體。如此說來，一摩爾氧氣可以構成若干摩爾二氧化硫呢？還有，每一摩爾氣體佔有若干大的體積呢？

生 啊，現在我明白了：因爲氣體的摩爾數相等時，其體積亦必相等，所以一摩爾的二氧化硫佔有的體積跟一摩爾的氧氣佔有的體積也一定是相等的。

師 對啦。我現在做一個試驗給你看，你看了之後就格外明白了。我把一根玻璃管彎成第六十圖所示的形狀。我若裝進水銀的話，牠就是一個壓力計了。

生 壓力計是什麼？

師 壓力計是量壓力用的一種儀器。我如果在玻璃管的

第六十圖

管的上端用嘴吸氣或吹氣的話，水銀就會因此改變牠的位置；所以我只要把壓力計跟一種器具連接起來的話，我就可以知道這種器具裏的壓力是多麼大了。我把牠緊密地插在一個恰好可以塞在一只大燒瓶口上的木塞裏；木塞上除此以外還插着一只燃燒硫黃用的鐵匙。我把硫黃

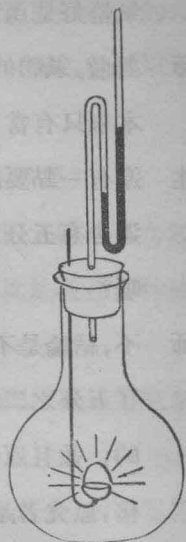


用火點着而把燒瓶緊緊地用木塞塞住（第六十一圖）。你把壓力計觀察一下看。

生 水銀在最外面的玻璃管裏上昇了。如此看來燒瓶裏的壓力要大於外面的壓力呢。

師 一點兒也不錯。因為硫黃燃燒時放出來的熱使燒瓶裏的空氣獲得更大的壓力了，所以纔會這樣的。

生 現在硫黃不再燃燒了；水銀也重新跌下來了。



第六十一圖

師 等一切冷卻之後，水銀在玻璃管裏會變的一樣平呢；這表示空氣裏消耗掉的氧氣跟構成功的二氧化硫。其體積乃是相等的。

生 我們怎樣能斷定是如此呢？

師 假定我們不把構成功的二氧化硫由燒瓶裏放出來，而牠是佔有兩倍體積的話，那麼，結果是怎樣呢？

生 結果燒瓶裏的壓力就要比較大些了。啊，現在我明白了；因為壓力未曾改變，所以依照體積計算起來，消耗掉的氧

氣恰好是由新構成的氣體補充了。

師 對啦。氣體的摩爾數相等時，其體積亦必相等：這個定律本來只有當溫度跟壓力相等時纔適用呢。

生 還有一點要請教呢。燒瓶裏有的本是空氣，而空氣裏只不過含有五分之一的氧氣罷了。剛纔做的結論豈不是錯了嗎？

師 不，結論是不錯的。假使消耗了五分之一的氧氣，而構成了五分之二二氧化硫的話，那末，結果壓力也是會增加的，並且原先若完全是氧氣的話，結果壓力就會增至雙倍，原先若是空氣的話，結果壓力就會增加五分之一。整個兒的分別不過如此而已。我剛纔爲避免燒瓶裏的壓力因爲熱得過於厲害而變得太大起見，所以纔沒有用純氧的。我現在把燒瓶打開來，加些水進去。

生 水加進去之後，就有氣體跑出來了。氣味可不是好聞的！

師 我把燒瓶塞住，把裏面的氣體跟水好好的搖一搖。現在，我若把木塞開開的話，外面的空氣就會帶着聲音朝裏鑽呢。你可以做一個什麼結論呢？

生 哦，這種情形我從前已經認識過了。燒瓶裏的壓力變小了，因爲氣體溶解在水裏了。

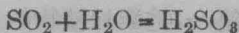
師 對啦；二氧化硫是很容易溶解在水裏的。至於構成功的東西是什麼，你只要把一條石蕊試紙放進去一試，就可以看出來了。

生 讓我來試！試紙變紅了！構成功的是酸，是不是？

師 一點兒也不錯。二氧化硫本身並非是酸，因為牠是不含氫的。如此說來，當牠溶解在水裏之後，究竟是發生了什麼作用呢？

生 牠一定是從什麼地方得到氫了。牠可以把水裏的氫氣拿跑而把氧氣趕走嗎？

師 牠是從水裏得到氫的；但牠並沒有把氧氣趕走，因為當牠溶解在水裏的時候，並沒有放出氣體呀。牠依照下列方程式把水整個兒的取去了：



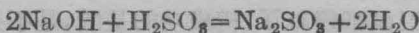
二氧化硫跟水構成功亞硫酸了。

生 我可以看得見亞硫酸嗎？

師 不能的，因為二氧化硫的水溶液在加熱時，不但會失掉水，就是二氧化硫本身也是會跑掉的，結果是一點東西也不會積下來的。

生 那末，我們怎會知道牠的溶液裏的確含有亞硫酸呢？

師 我們如果把氫氧化鈉溶液加進去，那末，牠們是會依照下列方程式構成功亞硫酸鈉的；亞硫酸鈉在水分蒸發之後就變爲晶體析出了：



我們也能用其他鹽基獲得其他各種亞硫酸鹽呢。亞硫酸鹽的溶液裏，都是含有兩價的亞硫酸根的 (SO_3^{--})。因爲亞硫酸是由二氧化硫加水構成功的，所以我們也稱之爲含水二氧化硫，而稱二氧化硫爲亞硫酸酐。總之，凡由酸縮水而成之氧化物均稱曰酸酐，簡稱曰酐。*

生 酐是自成一族的特別質素嗎？

師 不是的。酐這名稱是我們常要用到的，所以我纔告訴你的。現在，我告訴你二氧化硫的幾種特別性質，並且可以試驗給你看呢。第一，牠對於植物的生長乃是有害的。

生 這是可以想像得到的，因爲牠的氣味是很難聞的。

師 這是不成理由的；你想想看，氮化合物也是很難聞的呀（第二十二章）。極少的二氧化硫已經夠毒了，所以那些鑛鑛所（其中常有二氧化硫放出來）近傍的植物十之八九是要死亡的。就是石煤裏也總是含有硫黃的，所以牠

* 此段與原文稍有出入。

在燃燒時常會放出不少的二氧化硫；二氧化硫跟烟一同吹到城市的空氣裏之後，城市裏的樹木也是很容易被牠摧殘的。

生 不錯，我常看見馬路上的樹葉在早秋時就通通落盡了；是不是就是因為這個原故呀？

師 可不是嗎。還有那些針葉樹在這種空氣裏簡直是不會生長得好的，因為針葉樹的葉子的壽命是非有數年之久不可的。還有那即使是洗得很乾淨的煤氣裏也老是含有硫的，所以植物放在煤氣燃燒得很多的房間裏也是很難長大的。

生 這倒是一種很討厭的東西呢。

師 但是牠也有牠的好處，因為牠對於我們不希望有的黴菌這一類低等植物也是有同樣作用的。地窖裏發了霉的時候，我們只要把幾磅硫黃放在裏面一燒，所有的黴菌就會通通被牠殺死了。因此，我們為避免酒桶裏發霉起見，常先放幾條硫黃在裏面燒一燒，然後纔把酒裝進去呢。

生 我真沒有想到這樣壞的一種質素竟會有益呢。

師 任何質素都是能這樣的，只要我們認識牠的性質，並且遇到要[○]用到某種性質時，就能想得起來就行了。我們對於各

種質素的性質所以要很細心的加以研討，這就是其中的一個原因。——現在我還要做一個試驗呢。你到花園裏取幾朵鮮花來！

生 花已經取來了。您預備拿牠做什麼用，我倒很好奇呢。

師 我把鮮花放在一只含有燃着的硫黃的小瓷皿的旁邊，而把一只大玻璃杯罩在上面。你細心看裏面會發生什麼作用。

生 我看不出什麼。有了，那一朵玫瑰花的顏色變淡了。現在，其他的也都變了：牠們通通變成白色了！這倒怪好看呢！

師 這是二氧化硫的另一種性質：牠可以把植物色素漂白呢。

生 我們能不能拿牠的這種性質作一種有益用途呢？

師 你以為我會答應你個不字嗎？那你是弄錯了。二氧化硫可以漂白毛，絲跟穀稈呢。漂白時，須先將這種東西帶潮的掛在一間屋裏，然後再在屋裏把硫黃用火來點着。

生 用氯漂白豈不比較好些嗎？

師 一則因為二氧化硫比較便宜些，二則因為氯會傷害絲跟毛，所以我們纔喜歡用二氧化硫來漂白的。我們要就此暫時離開二氧化硫了，不過還有兩點我是要加以補充的：第

一點是二氧化硫在零下十度時是可以變成一種清水似的液體的；第二點是一立水在室溫時差不離可以溶解五十立氣態二氧化硫呢。

第四十二章 硫酸

師 硫酸是最重要的硫化合物之一。牠有許多用途；我本當早就把牠指給你看跟解釋給你聽了。關於硫酸你還記得些什麼(第三十六章)?

生 硫酸是一種又濃又沈重的酸，跟水混合時會放出很多的熱來，也能吸收空氣裏的水分。

師 牠的化學式跟組成是怎樣的呢?

生 牠的化學式是 H_2SO_4 。牠含有兩個氫原子，所以牠是兩價的酸。

師 回答得好。你還記得有一種試藥可以證明硫酸嗎?

生 記得的，木材碰到硫酸時會跟燒焦了似的變成黑色呢。

師 這是證明濃硫酸的方法；稀硫酸是沒有這種反應的。你知道牠為什麼沒有這種反應的嗎？木材為什麼會變黑的呢？

生 因為牠如同燒焦似的失掉水了。對啦，硫酸裏如果已經有了很多水分的話，那牠當然不會再把木材裏的水取去了。

師 對啦。你記不記得還有一種反應可以證明稀硫酸或硫酸。

根呢？

生 我現在明白您的意思了。我們可以用鉍鹽得到一種白色沈澱，因為硫酸根和鉍根可以構成很難溶解的硫酸鉍呢。

師 對啦，這是專指硫酸根而言的。但是稀硫酸裏還有氫根呢；你怎樣可以把牠加以證明呢？

生 牠是具有一切酸類的普通反應的，例如用石蕊試紙就可把牠證明出來。

師 對啦；因為硫酸溶液裏既含有硫酸根，又含有氫根，所以必須用兩種不同的反應來證明牠們呢。我們曾經拿牠做什麼用途的呢？

生 曾經拿牠從食鹽裏製造鹽酸的。

師 對啦；除此以外，我們還可以拿牠來製造其他的酸類呢。

生 但硫酸本身是怎樣製造的呢？

師 這是一種非常重要的工作，規模是極大的。硫酸是由硫黃經過燃燒而製造出來的。

生 硫黃燃燒時不是只能構成功二氧化硫嗎（第四十一章）？

師 最初構成的是二氧化硫。你把牠的化學式跟硫酸的化學式比較一下看；由二氧化硫變成硫酸還缺少些什麼呢？

生 牠們的化學式一是 SO_2 ，一是 H_2SO_4 。還缺少氫氧二元

素呢。

師 那只要加進水跟空氣裏的氧氣就行了。我們前幾天做的二氧化硫溶液，還剩下若干在這兒呢。我如果加些氯化鉍進去——

生 立刻就有沈澱出來了。亞硫酸變成硫酸了嗎？

師 是的。

生 如此說來，我們只要把二氧化硫的溶液放在空氣裏，就可以製造硫酸了？

師 這樣做法雖是可以的，不過還嫌麻煩一點呢，因為這個反應需要長時期纔能完成，並且二氧化硫經過蒸發作用也是要損失一部分的。所以實際上製造硫酸時，總是先把硫黃加以燃燒，然後再使二氧化硫跟空氣和水蒸氣一同通到很大的鉛室裏去，讓牠在裏面因為一種觸媒劑的效力而很迅速的變為硫酸的。

生 為什麼要用鉛室呢？

師 因為鉛在這種情形之下是不會被硫酸侵蝕的。

生 用的是那種觸媒劑呢？

師 觸媒劑是氮的氧化物，你以後還要詳詳細細的去認識牠們呢。鉛室裏構成的硫酸，還含有一百分之三十五的水。

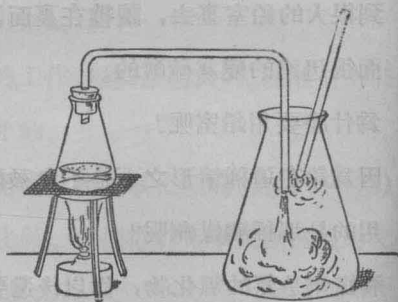
我們如果不通這麼多水蒸氣進去，作用就要發生毛病了。這樣製成的硫酸叫做鉛室酸；只要牠裏頭所含的水分不妨事，我們就可以利用牠；但用在若干場合，就非先把水分去掉不可了。

生 水分怎樣可以去掉呢？

師 只要加熱就行了。含水的硫酸在加熱時，只有水分會蒸發掉，而賸下來的硫酸裏不過含有百分之幾的水罷了。普通市面上出賣的濃硫酸就是這樣製造的。近來我們已經不用硫黃，而用自然界出產的硫化鐵或硫化鋅來製造二氧化硫了。這些東西放在空氣裏燃燒時，也是可以構成功二氧化硫的，並且同時還可構成功那些金屬的氧化物呢。

生 這我倒想見識見識呢。

師 你以後也許有機會參觀硫酸廠呢。現在，我想做一個試驗給你看(第六十二圖)。我把這個鐵匙(第十一章)裏的



第 六 十 二 圖

少許硫黃燃着之後就放到一只很大的燒瓶裏去；然後再把一只小燒瓶裏放出來的水蒸氣也通到大燒瓶裏去，並且同時用一根玻璃棒沾一滴濃硝酸放進去。過一會兒，你就可以看見玻璃棒四周有一種紅色蒸氣放出來了。等過了幾分鐘之後，我若把蒸氣停掉，而使大燒瓶冷下來的話，就有一種液體聚集在瓶底上了。牠是帶酸性反應的，並且還能跟氯化鋇構成功很多的沈澱呢。牠就是硫酸。

生 是呀，這一切我現在是看見的。

師 我把這酸倒些在一只瓷皿裏，放幾顆白糖進去，而把牠放在水鍋上蒸發。賸下的渣滓一會兒就變成深褐色跟黑色了。

生 就跟木材被硫酸弄焦了是一樣的。

師 一點兒也不錯，白糖也是會被硫酸弄焦的；我們可以這樣把硫酸覺察出來呢。我把另外一滴硫酸來用猛火加熱；你看見什麼嗎？

生 有濃厚的白霧放出來了。

師 硫酸變成蒸氣而蒸氣又凝結為霧了。——現在，你瞧這件特別東西：牠放在瓶裏時看上去就好像棉花似的。我現在把瓶打開，用玻璃棒取些出來放在空氣裏，牠會像加了熱

的硫酸似的構成功烟霧呢。

生 這是什麼東西呀？

師 這是三氧化硫。我拿些丟在水裏——

生 牠發出來的聲音就跟燒紅的鐵丟在水裏一樣，並且立刻就消滅了。牠大概是溶解了吧？

師 可不是嗎；而溶液裏卻是含有硫酸的。你用氯化鋇跟石蕊試一試看。

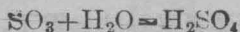
生 對啦。請您把這解釋給我聽！

師 這情形跟二氧化硫變成亞硫酸是完全相似的。你把我那時告訴你的話(第四十一章)再說一遍看。

生 二氧化硫是一種氣體，可以溶解在水裏而跟水構成功亞硫酸。

師 三氧化硫是一種容易揮發的固體，可以溶解在水裏而跟水構成功硫酸。牠的化學式是 SO_3 ，你只要一聽牠的名詞就知道了。牠跟水發生的作用，可用下列方程式表明出來——

生 請您讓我來寫這方程式：



三氧化硫丟在水裏爲什麼要有聲音呢？

師 這是因爲有很多的熱放出來的原故。三氧化硫實在是一

種很危險的質素，所以我們必須很小心的去保存牠跟處理牠纔行。

生 牠爲什麼要冒烟呢？

師 這是因爲牠吸收了空氣裏的水分而構成功難於揮發硫酸的原故。硫酸在室溫時是不能以蒸氣的形式存在的，所以牠就變成功霧了。

生 三氧化硫是從那兒來的呢？

師 是由二氧化硫跟氧氣構成功的。

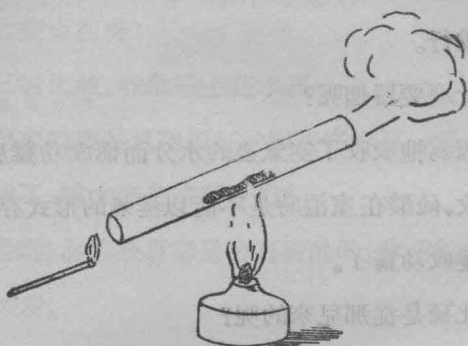
生 那牠在硫黃燃燒時豈不是就應當構成功了嗎？

師 一點兒也不錯；硫黃燃燒時的確是可以構成功三氧化硫的，不過是極其有限的罷了。二氧化硫跟氧氣的化合作用進行起來是非常慢的；我們如果想得到很大的產量的話，那就非用觸媒劑不行了。

生 又是要用觸媒劑的！究竟是用那種觸媒劑呢？

師 或是用白金粉，或是用氧化鐵都行。我這兒有一根粗玻璃管，玻璃管裏有少許石綿，石綿外面有一層白金粉。我把玻璃管斜放着（第六十三圖），而從外面用火燒那放石綿的那場合。這樣一來，燒熱的空氣就會如同在烟突裏似的由下往上昇呢。現在，我把一根燃着的硫條放在玻璃管的

下端：——



第 六 十 三 圖

生 上面有很濃的白烟出來了！

師 這兒也構成功三氧化硫了；而三氧化硫又跟空氣裏的水蒸氣化合為硫酸了。三氧化硫在化學工業上的用途是很廣的；現在照着這個方法製造出來的三氧化硫的數量是非常大的。牠還有一個名詞叫做硫酸酐。你知道是為什麼嗎？

生 從前講二氧化硫時，你會告訴過我，我還記得呢。硫酸經過縮水就會變成三氧化硫，所以後者又有硫酸酐之稱：

$$\text{H}_2\text{SO}_4 - \text{H}_2\text{O} = \text{SO}_3$$

師 答得好。現在，還有幾點也是關於硫酸鹽的，我也得告訴你呢。硫酸是兩價的，所以牠可以構成功兩種鹽，這是看

牠所含的氫係全部抑係一部分被金屬所取代而定的。在前一情形下，我們稱之爲酸性鹽；在後一情形下，我們稱之爲中和性鹽。

生 這些名稱的意義是怎樣的呢？

師 我們且把酸性硫酸鈉的化學式寫出來；因爲只有一個氫原子被鈉代替了，所以化學式應當是 NaHSO_4 。我這兒有這種鹽，牠是一種白色的晶體。我拿牠溶些在水裏，然後把石蕊試紙放進溶液裏去——

生 牠立刻變紅了。

師 是的；由此可見兩個氫原子之中雖有一個是被鈉代替了；然而餘下的那一個氫根的酸性反應卻是不會因此而受到阻礙的。

生 酸性硫酸鈉溶液跟鎂放在一起也會放出氫氣嗎？

師 當然會的；你試試看哪。

生 可不是，氫氣並且放得很快呢。

師 你由此可以看出贖下的那一個氫的確是一個酸氫；牠的味道也是酸的。因此，我們纔稱這一類鹽爲酸性鹽的。至於另外那個中和性鈉鹽(Na_2SO_4)，因爲牠已經沒有氫了，所以牠也不會有氫的反應了。這就是硫酸鈉，你也許已經

認識了；牠又叫做芒硝，在德文裏叫做 Glaubersalz。

生 我有一次肚子不舒服，還吃過牠的呢。牠的味道可並不好。牠在德文裏爲什麼叫做 Glaubersalz 呢？

師 Glauber是德國從前的一位醫生；牠生前把芒硝的醫藥作用看得很重，所以就替牠起了一個名稱叫做 Sal mirabile，意思是表示牠是一種神奇的藥。Glaubersalz 這名詞是後人提的。我現在給你少許芒硝；——你不用搖頭，我並不要你去吃牠，只不過要你證明牠對於石蕊的確是中性的，並且是不帶酸類的其他性質的罷了。你還可以證明牠跟氯化鉬是可以構成功沈澱而表明牠自己是含有硫酸根的呢(第三十七章)。

生 是的，一切試驗都是如你所說的那樣的。

師 現在，我們要跟硫酸暫時分手了。不過我還想補充一句，就是硫酸本身雖不出現於自然界中（在火山地帶則有微量硫酸出現）；但是硫酸鹽卻是分佈得極廣的。牠們總是中和性鹽；其中除了芒硝之外。還有苦鹽、各種礬類以及石膏等等呢。

生 請您再講得詳細些呀。

師 等以後講到各種金屬時，我們還要一一提到牠們呢。

第四十三章 硫化氫

師 今天我們趁早兒搬到外面空場上去上課吧。

生 是不是因為有東西會爆炸或發出臭味來的原故呀？

師 是因為後一種原因。你把這隻瓶聞聞看。

生 呸，氣味就像腐爛了蛋似的。這又是硫的一種化合物嗎？

師 是的，牠叫做硫化氫 (H_2S)。硫化氫是一種氣體，很容易溶解在水裏。我剛纔給你聞的就是硫化氫的水溶液。我把牠倒些在玻璃杯裏，把玻璃杯敞着放在一旁。這究竟有何用處，你停會兒就會知道了。現在，你告訴我硫化氫可以燃燒嗎？

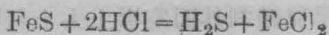
生 這我那會知道呢？

師 你可以由化學式裏大致加以推測的。牠是由什麼東西構成功的呢？

生 牠是由硫黃跟氫氣構成功的。這兩種東西都是可以燃燒的；如此說來，硫化氫大概也是可以燃燒的。

師 一點兒也不錯。我們來製些硫化氫，並且來把牠用火點。

着。製造硫化氫須用兩種質素，一種是黑色的牠叫做硫化亞鐵，一種是酸，例如是鹽酸。這兩種質素會依照下列方程式發生作用：



生 這倒完全像一種鹽被酸分解了似的呢。

師 說得好極了，事實上確是如此呀。硫化氫就跟氯化氫一樣，也是酸之一種；而硫化亞鐵就是牠的鹽。

生 如此說來，我們也可以用硫酸來代替鹽酸了。

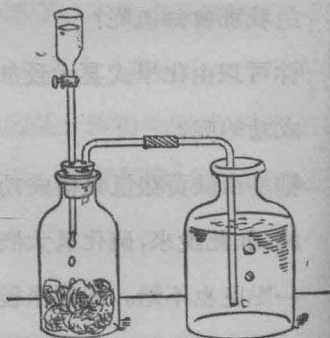
師 當然是可以的，你把方程式寫出來看。

生 $\text{FeS} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{H}_2\text{S} + \text{FeSO}_4$ 。

師 因為你寫得不錯，所以我讓你來幫助我設備一套器械。我們應當做一套什麼樣的器械呢？

生 也許可以做一套跟氫氣發生器相似的器械吧（第十七章）？硫化氫在低溫度時就會放出來嗎？

師 是的，硫化氫本是一種氣體，而硫化鐵也是很



第 六 十 四 圖

容易分解的。我們做一套跟氫氣發生器相似的器械；但不用普通的那種漏斗管，而用一只管塞漏斗安在瓶上（第六十四圖）。

生 管塞漏斗安在瓶上有什麼用處？

師 我們只讓酸一滴一滴的流到硫化鐵裏去，這樣就不會構成功過分多的硫化氫了。等我們用不着硫化氫的時候，我們就把管塞完全來關上，因為我們除了必須要用的以外是不願多製造這種難聞的氣體的。

生 現在，一切都預備好了。

師 現在，我讓鹽酸一滴一滴的流到硫化亞鐵上去，而把氣體通到一只裝滿水的瓶裏去。

生 牠似乎沒有溶解在水裏。啊，對啦，起初出來的原是瓶裏的空氣呀。現在有氣味放出來了！

師 我馬上就來用這少量的硫化氫做一個試驗看。我把一個擦得很亮的銅幣放進去。

生 牠的顏色變深了，幾乎變成黑藍色了，

師 這是硫化銅。銅把硫化氫裏的硫取去，而把氫趕出來了，這跟鋅和氯化氫發生的作用是完全相似的。現在，我用一個銀幣來代替銅幣——

生 牠也變黑了！這作用是完全跟銅一樣的嗎？

師 是的，構成功的是硫化銀。

生 現在又有腐爛了的蛋的氣味出來了。我們平常用銀匙吃蛋的時候，牠也會變黑，就跟剛纔用銀幣做試驗時一樣。這當中是不是有連帶關係的？

師 當然是有的。構成功蛋，尤其是構成功蛋白的那些質素，其中是含有硫的化合物的；而硫是很容易變成硫化氫放出來的。蛋在煮熟時，尤其是在腐爛時，往往會有這種作用；我們聞到的那種氣味就是硫化氫的氣味。

生 如此說來，並不是硫化氫的氣味像腐爛了的蛋，而是腐爛了蛋的氣味像硫化氫了。

師 這樣說是比較對些。——現在，硫化氫溶液已經足夠了。讓我把含有白金頭的玻璃管（第二十六圖）接在硫化氫發生器上。而把硫化氫來用火點着。

生 你先前爲什麼沒有立刻就這樣做呢？

師 硫化氫和氫氣一樣，跟空氣混在一起也是會構成功爆炸氣的。我們如果一開始就做這試驗的話，早就發生了令人很不爽快的爆炸了。你現在看見什麼嗎？

生 火光是藍色的。若是拿牠跟硫的火光和氫的火光來比較

的話，牠還是來得像硫的火光。現在有二氧化硫的氣味出來了。如此說來，硫化氫燃燒起來是跟硫黃一樣的。

師 這話都是對的。現在，我把一隻大的乾燒杯放在火上——
生 有水沈澱在燒杯上了，可見得火裏是有氫的。

師 一點兒也不錯。現在，我再把一塊玻璃放在火上搖來搖去，不讓任何一處燒得太熱。

生 玻璃上有了一層白色的東西了。這是什麼？

師 這是硫黃。我如果把火勢加以限制的話。那末，就只有氫氣纔能燃燒，而硫則因為冷得很快的原故，就不會燃燒了。這情形跟蠟燭火是很相似的，不過用蠟燭火做試驗時析出的是碳罷了。

生 但是玻璃上的那層東西並不是黃的跟硫黃一樣，而是白色的呀。

師 這是因為那層東西太薄的原故；一種質素的粉末愈細，那末，牠的顏色也就愈淡，這你是知道的呀（第二章）我如果使硫化氫從一個玻璃管裏通過去，而同時在玻璃管外面加熱的話，那末，你還可以把硫黃看得格外清楚些呢，因為在這種情形之下，大部分的硫化氫是會分解的，於是氫氣就跑走了，而硫黃就析出了。現在，你可以看得見一

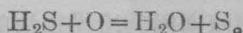
滴一滴的黃硫呢。

生 我們也可以倒轉過來，使氫氣跟硫黃化合為硫化氫嗎？

師 我們如果使氫氣在加熱的硫黃上通過去的話，就可以構成功少許硫化氫了。現在，你把我先前擱在一旁的那杯硫化氫溶液看看看。

生 牠完全變渾了；有一種白色質素析出了。

師 這也是硫黃。空氣裏的氧氣跟氫氣構成功水了，所以有硫黃析出了：



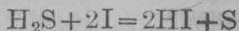
生 因為牠是很細的，所以纔是白色的。

師 對啦。因為硫化氫是很容易放出氫氣的，所以牠是一種很厲害的還元劑，換句話說，就是牠能把其他質素裏的氧氣取了去，或者是給牠們以氫氣呢。我們可以用牠使碘變為碘化氫呢。我這兒有少許碘，我倒些水在牠上面，而把硫化氫通進去。

生 立刻變渾了。這大概又是硫黃了，是不是？

師 對啦；你把方程式寫出來看。

生 唔，硫化氫裏含有兩個氫原子，而碘卻只需要一個。啊，我知道了：

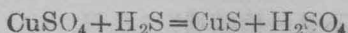


- 師 一點兒也不錯。你仔細看我做試驗。
- 生 每逢你把液體搖動時，牠就變成褐色了；但牠一會兒就又變白了。
- 師 每逢我搖溶液的時候，總是有新鮮的碘溶解在牠裏面的；但是牠一會兒就又變成沒有顏色的碘化氫跟白色的硫了。我把一張石蕊試紙放進去，牠立刻就變紅了，這是氫碘酸的作用。
- 生 硫化氫難道不是一種酸嗎？
- 師 牠雖是酸；但是一種弱酸。我如果把石蕊試紙放進硫化氫溶液裏去的話，牠只會跟放進碳酸溶液裏去似的（第三十章）變成『深紅色』，而不會變成黃紅色的。現在，我把硫化氫的各種最重要的性質試驗給你看。我有許多金屬鹽的溶液在這兒，我在每一種裏都加些硫化氫溶液進去。你把我每次所拿的鹽的名稱跟構成功的沈澱的顏色都說給我聽。
- 生 鋅：白色的——鎘：黃色的——銻：黃紅色的——鉍：褐色的。——鉛：黑褐色的。——銅。也是黑褐色的，——銀：褐色的——。一切金屬都能構成功這種沈澱嗎？這種沈澱

究竟是些什麼東西呢？

師 這些沈澱都是金屬的硫化物。你剛纔已經看到過了，牠們的顏色大都是又深又很顯明的，所以是很容易覺察出來的。因為這個原故，所以我們纔常用硫化氫來辨識各種金屬，或是說得對些，纔用牠來辨識溶液裏的各種金屬游子的。你用方程式把硫酸銅跟硫化氫發生的作用寫出來看。

生 讓我來試試看：



這個方程式如果是對的話，那就應當構成功硫酸了。

師 一點兒也不錯。我不是向你說過的嗎，硫化氫原是兩價的酸；硫化銅就是牠的銅鹽。如果甲酸跟乙酸的鹽發生了作用而跟乙酸中的金屬構成了一種鹽的話，那末，乙酸是勢必要放出來的（第三十六章）。

生 但是你曾經向我說過，硫化氫是一種弱酸，而硫酸卻是一種強酸。硫化氫怎能把硫酸趕出來呢？

師 因為硫化銅是非常難溶解的，所以纔會發生這個作用的。硫化氫雖弱，但是牠起初構成功的那一點點硫化銅已經不能完全存於溶液裏了，所以大一部分就變為固體析出

了，於是溶液裏又得構成功新的硫化銅了，新構成功的硫化銅到後來又會變為固體析出，所以只要硫化氫是足夠的話，那末，銅到最後就完全變成功硫化銅了。

生 假使我聽懂你的話的，那末，溶液裏總是會賸下少許硫化銅的。

師 一點兒也不錯，我的話你是完全聽懂的。但賸下的那一點點硫化銅是少得稱不出重量的，所以在許多場合是可以不必計及的。但我們在做具有高感應度的試驗時，就得顧到賸下的這一點點硫化銅了，並且也有方法把牠加以證明跟定量呢。

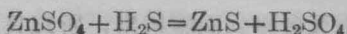
生 如此說來，牠豈不是一種若有若無的東西嗎，這我倒有點不能了解呢。

師 世上有許多東西是我們的肉眼看不出的；但放在顯微鏡下面就可以看得出了。這你不是親身經歷過好幾次的嗎！

生 可不是嗎。

師 我再做幾個試驗給你看看，你看過之後就格外清楚了。這是先前由鋅溶液跟硫化氫構成功的白色沈澱；我們當時用的也是硫酸鋅，牠跟硫化氫發生的作用可用一相似之

方程式表明之：



但硫化鋅比較硫化銅易於溶解得多，所以我就是用很多的硫化氫，也是不能使鋅完全變成沈澱的。溶液裏還有硫化氫的氣味，所以硫化氫的確是過剩的。我如果用過濾的方法把硫化鋅去掉，而放些氫氧化鉀溶液在濾過去的碧清的溶液裏的話，那末，就又有硫化鋅沈澱出來了。

生 請您告訴我，這是什麼原因呢？

師 我立刻試驗給你看。我從濾器上取些白色沈澱，把牠用水調一調，然後加些稀硫酸進去——

生 完全變清了？究竟發生了什麼作用了呀？

師 你把我剛纔寫的方程式用術語倒轉過來讀出來看。

生 硫酸加硫化鋅構成功硫化氫跟硫酸鋅了。讀對沒有？

師 對的；這兩種反應都是可能的，這是看那一邊佔強而定的；溶液裏如果是硫化氫跟鋅鹽多的話，那末，就構成功硫化鋅跟酸了；如果是酸多的話，那末，就構成功鋅鹽跟硫化氫了。這情形跟鐵，氧化鐵，氫氣和水四種東西之間的情形（第十八章）完全是相似的。

生 請您解釋得更清楚些。

師 我還有一點硫酸鋅溶液在這兒。我先加硫酸，後加硫化氫進去；你瞧，溶液裏是沒有沈澱出來的，因為溶液裏已經有了很多的酸了，所以反應簡直是不能從左方走向右方的。我現在如果用氫氧化鈉把酸加以中和的話，立刻就有沈澱出來了。

生 啊，我先前未能立刻弄懂的恐怕就是這一點吧？

師 對啦；先前是因為硫化鋅沈澱下來時構成了很多的硫酸，所以纔不會有硫化鋅繼續沈澱出來的；但我後來用氫氧化鉀溶液使硫酸失卻了牠的效用，所以又有硫化鋅沈澱下來了。

生 這當中的道理，我非仔仔細細的想一下，是不能完全了解的。

師 我們以後還要碰到這一類的情形呢。你現在記住下面的這條普通定則：任何一種反應的出產物都是可以阻止這個反應全部完成的。雖其效力大都是很微弱的；但在若干情形之下卻是很明顯的。

生 請您先告訴我，硫化亞鐵化是硫化氫的一種鹽嗎？

師 是的。你為什麼要問呢？

生 如此說來，硫化氫在器械裏的形成，本是跟硫化鋅的反方

程式含有相似意義的，因為依照下列方程式也是能構成功硫化氫的呀：



師 好極了，我看你的頭腦已經漸漸變的像個化學家了。硫化亞鐵比硫化鋅還要容易溶解，所以我們把硫化氫通到一種鐵鹽裏去的時候，總不會有沈澱出來的，這兒是硫酸鐵（即普通之淡綠色『綠礬』）的溶液；我加硫化氫溶液進去——

生 一點作用都沒有發生。你若再加氫氧化鉀溶液進去——

師 加進去就立刻有黑綠色的硫化亞鐵沈澱下來了。這兒的情形跟先前正是相反的；硫化亞鐵跟酸是不能同時存在的，所以牠一碰到酸類就放出硫化氫了。我們如果想顛倒過來使硫化氫跟一種鐵鹽構成功硫化亞鐵的話，那末，勢必要構成功酸了；而酸是會溶解硫化鐵的，所以硫化鐵是簡直不會沈澱下來的。

生 我們如果用氫氧化鉀溶液把酸取去的話，就會有硫化亞鐵沈澱下來了，是不是？

師 是的。你如果能把這種情形儘量的記牢的話，那是再好沒有的，因為分析化學中用以證明跟分離各種不同金屬的

方法都是建築在這種情形上面的。有許多金屬是可以跟硫化氫構成功沈澱的，有許多金屬（如鐵之類）是不能跟牠構成功沈澱的。後一種金屬可用硫化鉀或硫化鈉（這兩種硫化物都可以溶解在水裏）使其沈澱。你把硫酸亞鐵的方程式寫出來看。

生 $FeSO_4 + K_2S = FeS + K_2SO_4$ ；啊，我看出來了，這當中是不會構成功酸的。

師 一點兒也不錯。說到這裏，我要立刻告訴你一句話了：重金屬的硫化物在自然界中散佈得很廣；例如鉛、銅、銀等金屬的最重要的礦就通通是硫化物。

生 礦是什麼意思呀？

師 礦在博物學上的意義是指金屬的天然化合物而言的。例如鐵礦大都是鐵的氧化物。金屬是由這種天然化合物裏經過化學變化製造出來的；而冶金學乃係應用化學中歷史最久的一部分。硫礦一定要先經過煨燒*纔能製成金屬呢。煨燒時硫會變成二氧化硫——

生 硫酸就是用牠來製造的嗎？

* 此處有原文一句未譯，因 rösten 一字在德文中含義甚多，除煨燒外，尚有燻、烤、炙等等解釋，故原文如斯云云。

師 一點兒也不錯 煨燒時金屬大都是會變成氧化物的。

生 那末，跟原來的鏽比較並沒有多大進步呀。

師 那倒不然，因為金屬變成功氧化物之後，我們就能在高溫度下用炭使牠變成功金屬了，因為炭是會跟氧氣化合為氧化碳的。

生 我們為什麼要這樣繞圈子呢？我們不能直接把硫去掉嗎？

師 不能的，因為我們一直到現在還不知道有那種方法是夠便宜的呢。但我們要離開這個問題了，因為以後討論金屬時還是要回到這個問題上來呢。

第四十四章 氮 硝酸

師 你還記得氮嗎？

生 我還記得很清楚呢；氮是一種無色無臭的氣體，牠是空氣的主要成分，我似乎記得空氣裏有四分之三的氮呢。

師 是五分之四，或說得更確實些是百分之七十九；你其他的話都是說對的。還有呢？

生 空氣中的氮跟氧乃是一種混合物，而不是一種化合物，因為氮所構成的化合物實在是不多的。

師 多倒是多的，不過牠不喜歡構成功化合物罷了。硝石你認識嗎？牠是氮的一種化合物。

生 是不是製造焰火用的那種白鹽呀？火藥不也是用牠製造的嗎？

師 是的。硝石是硝酸的鉀鹽；硝酸的化學式跟組成你以前已經認識過了（第三十三章）。硝酸的化學式是 HNO_3 。如此說來，硝酸鉀的化學式是怎樣寫的呢？

生 讓我想想看。那是很簡單的，硝酸鉀的化學式是 KNO_3 。

師 對啦。硝石裏含有鉀、氮、氧三種元素。讓我馬上就把氮證明給你看呀。我把少許硝石跟十倍於其重量的鐵粉混在一起，然後把牠裝滿一只試管的三分之一。現在我用木塞把試管鬆鬆地塞住，然後把牠放在火上略微加熱。氮怎樣可以辨識出來呢？

生 就我記憶所及，牠似乎是沒有什麼特徵的。不，牠可以使火熄掉呢。

師 對啦；我把一根燃着的木片放到試管的上半部裏去——
生 牠還是繼續燒下去的——現在火熄了。您又把木片燃着放進試管裏了；這一次火立刻就熄了。起初大概是出來的氮氣還不夠多呢，是不是？請您把這當中的道理向我解釋得格外清楚些。

師 鐵把硝石裏的氧氣取去了，所以氮氣只得跑出來了，因為牠跟鐵和鉀是不會合化的。

生 鉀變成什麼東西了呢？

師 牠跟一小部分的氧氣化合為氧化鉀，一同和鐵賸下來了。

生 恐怕是一同和氧化鐵賸下來的吧？

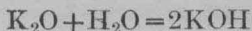
師 一點兒也不錯。但我為使化學作用不致過分猛烈起見，所用的鐵已超過硝石裏的氧氣所需要的分量多多，所以只

有一部分鐵是變成功氧化鐵了。等賸下的東西冷卻之後，我就把牠丟在水裏；我現在如果用紅石蕊試紙放到水裏去的話——

牠就變藍了。如此說來，是構成功一種鹽基了。是不是氫氧化鉀呀？

是的。氧化鉀的組成是 K_2O ，牠跟水會變成——

讓我來算！



對啦，彼此恰好是夠了。

現在，我們還要證明氧氣呢。我如果把少許硝石放在試管裏拼命加熱的話，到後來就會有氧氣放出來了。我把一片放出極微火光的木材放進試管裏——

木材立刻燒起來了。對啦，所有三種元素我現在都見到了。但硝石裏是否還含有別種元素，我們怎會知道呢？

那就非知道由若干硝石中得到若干鉀、氮、氧不可了，換句話說，就是非把這三種東西加以定量不可了。如果牠們的重量之和是跟硝石的重量相等的，那末，硝石裏就決不會有其他元素了。

您可以試驗給我看看嗎？

師 當然可以試驗給你看的；但這項工作是又麻煩又費時間的，並且其中的各種步驟你現在也是不能了解的。所以你現在也只能跟平常一樣，聽我告訴你是怎樣就相信是怎樣罷了。等你將來高興時，你不妨親自加以考驗的。現在，我們從硝石裏來製造硝酸。我們應當用什麼東西呢？

生 我不知道。

師 你想一想看，我們怎樣從食鹽裏製造鹽酸的呢（第三十六章）？

生 是不是用硫酸加熱呀？硝酸也是可以揮發的嗎？

師 是的；牠如果是純粹的，那牠會在八十六度沸騰；如果是含水的，那牠的沸點就比較高些了，但也決不至於超過一百二十度的。你把方程式寫出來看；牠跟鹽酸的那個方程式是很相似的。

生 $2\text{KNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{HNO}_3$ 。

師 對啦；我們現在就照着這個方程式來做。你用化合量計算一下，看我們每種東西須用若干。

生 二份硝酸鉀是等於 $2 \times (39.10 + 14.01 + 48) = 202.22$ ；一份硫酸是等於 $2.02 + 32.07 + 64 = 98.09$ 。

師 好；硫酸約為硝石的一半。但我卻預備用將近相等的分量

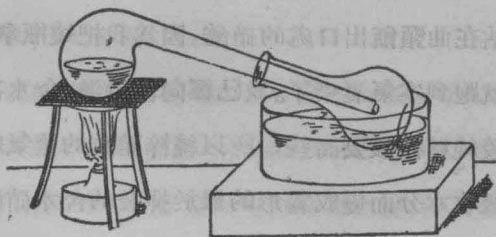
來做試驗，因為這樣一來，反應就進行得好多了。

生 這是為什麼？

師 硫酸是兩價的，你一定還記得的。在我們選定的條件之下，酸性鹽（第四十二章）的構成比較中和性鹽容易得多了。我們如要達到這個目的，勢必要用雙倍多的硫酸纔行。我把磨細的硝石倒在一只曲頸甌裏，然後再把硫酸加進去，並且使曲頸甌直着放上若干時，讓硫酸通通流下去。

生 您為什麼不好像製造鹽酸似的用燒瓶呢？

師 因為硝酸蒸氣可以使一切有機化合物（如木塞，橡皮之類）氧化而將其摧毀，所以我只能讓牠跟玻璃接觸。我在曲頸甌的出口處放一只燒瓶，把燒瓶放在一盆冷水裏



第六十五圖

（第六十五圖）。現在，我很小心的來開始蒸餾了。

生 硝酸蒸氣是黃色的嗎？

師 你是不是因為燒瓶裏是黃色的，因此就以爲硝酸蒸氣也是黃色的呀？不，硝酸蒸氣是沒有顏色的。但硝酸是很容易失掉一部分的氧氣，而構成功褐色蒸氣的。極少的灰塵就可以促成這個作用了。

生 現在已經有黃色的水珠滴下來了。

師 水珠含有黃色的原因，跟蒸氣含有黃色的原因是一樣的。純粹硝酸和水一樣本是沒有顏色的；但因有褐色蒸氣溶解在牠裏頭，所以就變成黃色的了。我很小心地繼續蒸餾下去，等我聚有少許硝酸之後。我就使牠冷下來。硝酸的腐蝕作用是很厲害的，所以你得小心呀。

生 是什麼東西在曲頸甌的出口處冒煙呀？

師 這是沾在曲頸甌出口處的硝酸，因為我把燒瓶拿掉了，所以牠就跑到空氣裏來了。我已經向你說過，含水硝酸的沸點比較純粹硝酸要高些；所以純粹硝酸的蒸氣纔會在空氣裏吸收水分而變成霧形的難於揮發的含水硝酸的（第四十二章）。

生 如此說來，在乾燥的空氣裏牠就不會冒煙了？

師 一點兒也不錯，牠確是這樣的。我如果倒些濃硫酸在一只大瓶裏，而使瓶裏面四周圍都沾有濃硫酸的話，那末，瓶裏的空氣一會兒就變乾了。現在，我用一根玻璃棒沾些在普通空氣裏很會冒烟的硝酸放進去——

生 對啦 放進去就不冒烟了。

師 現在，你設法把餾過去的液體證明牠確實是酸。

生 我只要把石蕊試紙放進去一試就知道了。

師 我照着你的話來試試看。你看見什麼嗎？

生 試紙不是變紅，而是變黃了。這是什麼緣故呀？

師 我曾經告訴過你，硝酸可以使許多東西氧化呢；牠對於石蕊試紙也是這樣。

生 可不是嗎；那我們應當怎樣辦呢？

師 我們倒一滴硝酸在一杯水裏，把牠攪一攪。現在你再試試看。

生 現在試紙變紅了。牠現在爲什麼不會氧化了呢？

師 一定要濃硝酸纔會發生很快的氧化作用呢。硝酸用水沖淡之後，牠的氧化作用就變得非常之慢，使人幾乎覺察不出了。

生 石蕊跟很稀的酸類也是有反應的，是不是？

師 硝酸的氧化作用是常常要被應用的。我倒一滴硝酸在一塊銅片上——

生 銅片上起了泡沫了；並且構成功黃色蒸氣了。您倒上去的那一滴硝酸先是變成綠色，後來又變成藍色了。呸，氣味可真難聞呀！

師 你可當心不要呼進去呀，牠是非常毒的。那綠藍色的東西你猜是什麼？酸跟金屬會構成功什麼東西？

生 構成功的不是鹽嗎？是的，酸跟金屬會構成功鹽，而使氫氣放出來呢。但黃色蒸氣究竟是什麼東西呀？

師 氫氣在這兒是不會放出來的；硝酸裏的氧氣會使牠氧化為水呢。黃色蒸氣就是由硝酸失水而形成的。構成功的鹽叫做什麼？牠的化學式是怎樣寫的？

生 牠的名字一定是叫做硝酸銅。至於化學式——我得先把銅的符號查一查呢——硝酸銅的化學式是 CuNO_3 。

師 錯了。銅是兩價的，所以化學式是 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 。你瞧，硝酸銅的藍綠色跟你從前（第三十七章）所製的那些銅鹽的顏色是完全相同的。這是銅根的顏色。——我現在如果把銅片上滴過硝酸的那場合用水洗一洗的話，你就可以看出硝酸在銅上吃進一個洞了。印刷用的銅版就是根據這

個作用製造的。方法是先在銅板上塗一層漆，然後用一根針刻上字或圖畫，然後再用硝酸來腐蝕銅板。這個方法所以叫做蝕鏤術，就是因為這個原故。

生 我還有一點沒有弄明白呢。用硝酸腐蝕的場合都是低下去的，那末，牠們在印刷時豈不仍舊是白色的嗎？而印出來的東西豈不變成一種反面的黑底白畫嗎？

師 銅版的印刷法跟普通的鉛字是不同的。前者須用一種很稠的顏色把銅板上凹下去的場合通通先來填滿；然後再把表面上好好的拭乾淨。這樣一來，顏色就只吃在凹下去的那些場合了。現在，我們如果把一張白紙用力壓在銅版上的話，那末，就能把顏色取出來而使牠沾在紙上了。因此，銅版是不能放在普通印書用的印刷機上用的。

生 用硝酸腐蝕時不是會放出有毒的黃色蒸氣的嗎！用鹽酸或是硫酸只會放出氫氣來，這豈不比較好些呢？

師 這兩種酸是不會使銅溶解的。

生 這是什麼原故呢？

師 銅是不能把酸裏面的氫氣趕出去的，因為牠本身是會被氫氣從牠的鹽裏趕出去的呀。但氫氣如果能一放出來就被硝酸裏的氧氣取了去的話，那末，不但是銅，就是銀也

會溶解呢。我這兒有一小片白銀，我把牠放在試管裏，然後再倒少許稀硝酸進去。在我把牠加熱時，又放出黃色蒸氣了，而白銀也溶掉了。構成功的東西是什麼？

生 構成功的是一種銀鹽。因為你用的是硝酸，所以是硝酸銀。且慢，牠跟鹽酸是會構成功沈澱的呀！

師 一點兒也不錯。你立刻就來試試看哪。

生 一切金屬都能溶解在硝酸裏嗎？

師 將近是一切金屬。你知道的那些金屬中只有金跟白金是不能溶解在硝酸裏的。我們如果用硝酸來處理金跟銀的混合物的話，後者就會溶解在硝酸裏而前者就賸下來了。因為我們可以用牠把這兩種金屬分開來，所以從前我們也稱之為分金水。——我現在再用另一種方法試驗給你看硝酸是很容易把氧氣放出來的：我把一塊炭燒紅之後放進濃硝酸裏去。

生 這真奇怪；濕炭也會燃燒呢！

師 硝酸就是因為容易把氧氣放出來，所以纔有許多很重要的用途的。牠在許多反應中是一種氧化劑。

生 金屬所以能溶解在硝酸裏，也就是因為氧氣被氧化了的原故呀。

師 說得好極了。現在，我還有幾句關於硝酸鹽的話要向你說呢。歷史最久的算是硝酸鉀或硝石。

生 硝石可以在地下找到嗎？

師 要是認真說起來，硝石並不是出產在地下的。牠不像其他的礦石，可以整千萬年的藏在地下，而是在不斷的產生的。凡有含氮的有機化合物，尤其是動物排洩物在空氣裏腐爛的地方，都是會由氮構成功硝酸鹽的。硝酸鹽如果跟木材灰等等東西裏的鉀鹽碰在一起的話，那末，我們就能從牠們的混合物裏用水把硝酸鉀取出來了。如果再把水蒸發掉的話，硝酸鉀就會結晶出來了。從前製造火藥跟硝酸用的硝石就是用這方法製造的。

生 現在呢？

師 在十九世紀的後半葉，我們在南美洲的智利國發現了巨量的另一種硝酸鹽，這就是硝酸鈉。自從那時期起，牠就成爲最重要的硝酸鹽了；其他一切硝酸鹽跟硝酸本身都是用牠來製造的。但是大部分的『智利硝』是做肥田粉用的。

生 我們不是用糞做肥料的嗎。

師 糞也是要用的；但是糞裏含有的氮是不夠產生最豐富的

收穫的，所以我們纔把智利硝當作肥田粉用而因此把氮氣灌輸到田裏去的；而這種消耗乃是可以由高量的收穫來加以抵償的。

生 如果智利人不肯再把智利硝出賣的話，那怎麼辦呢？

師 只要別人要買，並且出得起錢，智利人總是肯出賣的，因為智利全是山地，差不多是沒農業的。但有一個缺點，就是智利硝也漸漸要用完快了。

生 智利硝用完之後，農人怎麼辦呢？

師 他們自然會用別的方法把化合的氮灌輸到田間去的，氮還有一種很普遍的化合物叫做氨，即普通所謂之阿莫尼亞是也。我們下次就要討論牠了。

第四十五章 氮

師 你把我們上次關於硝酸所討論過的各種問題揀幾點複述一遍看，

生 硝酸鹽中有一種是鈉鹽，因為牠出產在智利，所以就叫做智利硝。牠可作為肥田粉之用。我們也可以拿牠來製造火藥嗎？

師 雖不能拿牠製造黑火藥；但可拿牠製各種無烟火藥呢。硝酸是怎樣拿牠製造的？

生 用硫酸跟牠一同蒸餾，就有一種在空氣裏會冒烟的液體出來。我自從新近起，手指上忽然多了幾塊洗不掉的黃斑；這也是由硝酸那兒來的嗎？

師 可不是嗎；牠一碰到皮膚，總是要構成功一種黃色質素的。硝酸的腐蝕性很大，所以我們對於牠必須十分小心纔行。——硝酸的化學式是怎樣寫的？

生 HNO_3 ；牠含有很多的氧，所以容易把牠放出來；因為牠容易把氧放出來，所以大部分的金屬可以被牠溶解，就是

那些不能溶解在其他酸類裏的金屬也是這樣。當金屬溶解在硝酸裏的時候，硝酸會放出黃色蒸氣來；但後者所含的氧氣比較硝酸要少得多了。

師 硝酸是幾價的？

生 唔，上次簡直沒有談到這個問題上去。但牠既然只含有一個氮原子，那牠當然是一價的呀。

師 一點兒也不錯。現在我們來討論氮的另一種化合物 NH_3 或阿莫尼亞吧。這名稱你聽見過嗎？

生 聽見過的。有一次有一個青年拿了一只瓶叫我聞，不料那氣味是非常刺鼻的，聞得我連眼淚都流下來了。牠當時告訴我，瓶裏裝的是阿莫尼亞，並且說阿莫尼亞是很有益於衛生的。

師 這大概是阿莫尼亞了，換句話說，就是阿莫尼亞的水溶液了。阿莫尼亞是氮跟氫的一種化合物，在普通溫度下是一種氣體，在水裏是非常容易溶解的。阿莫尼亞的水溶液看上去就跟水似的；但溶液的阿莫尼亞氣味是很大的；我們普通也稱牠做阿莫尼亞。這兒是少許阿莫尼亞的水溶液；你小心地聞一聞看！

生 是的，氣味跟上回完全是一樣的。我們怎能有一種氣味記

得這樣牢的呀！

師 這種氣味在日常生活裏是不常有的，所以你很容易把牠記牢，就如同你能把一件非尋常的事情記得十分清楚一樣。氣味對於化學家是很貴重的，因為我們可以利用牠辨識各種質素呢。

生 是的，您的話是對的。我現在是很容易把氯氣，硫化氫跟阿莫尼亞加以辨別的。

師 並且還有一點，就是我們的鼻子也能把極微量的東西加以辨識呢。鼻是含有最高感應度的試藥之一（第四十一章），

生 臭覺究竟是根據什麼東西來的呢？

師 臭覺很可靠是一種化學反應。被嗅的質素會給鼻孔裏的濕皮膚吸收了去，而在那兒跟嗅覺神經的末端發生化學作用，所以凡是對有機化合物發生化學影響的質素都是含有強烈的氣味的。再者嗅覺神經末端的器官是非常小的，所以微量的質素已經能夠引起一種顯著的作用了。我們又要回到阿莫尼亞上去了。牠的化學式是 NH_3 ，這表示什麼？

生 這表示阿莫尼亞是由一個氮原子跟三個氫原子構成功。

的。

師 牠的分子量是多大呢？

生 $14.01 + 3 \times 1.01 = 17.04$

師 對啦。關於牠的氣體密度，你能根據分子量做一個什麼結論呢？阿莫尼亞比較空氣是輕些還是重些呢？

生 氣體密度跟分子量是成正比的；但空氣是一種混合物，牠是沒有分子量的呀。

師 對啦；但我們卻能把一種恰好含有空氣密度的氣體的分子量計算出來呢。空氣既是由百分之二十一的氧氣跟百分之七十九的氮氣構成功的，那末，我們只要把百分之二十一的氧氣分子量跟百分之七十九的氮氣分子量加在一起就行了。你算一算看！

生 氧氣分子量是三十二，牠的百分之二十一是等於六·七二。氮氣的分子量是二八·〇二，乘百分之七十九是等於二二·一四。加起來是等於二八·八六。

師 對啦，這個數目我們稱之為『空氣價』。你把牠跟阿莫尼亞的分子量比較一下看，換句話說，就是把阿莫尼亞的分子量用牠除一除看，

生 阿莫尼亞的分子量比空氣價的半數稍許大些；牠們的商

數是等於： $17.04/28.86 = 0.59$ 。如此看來，阿莫尼亞要比空氣輕些呢。

師 一點兒也不錯。我們只要用二八·八六這個數目去除任何氣體的分子量，那末，我們就可以知道那種氣體比空氣重若干倍了。如果得到的商數小於一的話——

生 那末，這氣體就是比空氣輕些。

師 你說得很好；我馬上再來做一個試驗給你看看。你還記得我們怎樣用鉄從硝石裏製造氮氣的嗎（第四十四章）？現在，我們如果照着這個方法用鉄跟氫氧化鈉放在一起加熱的話，就可以製造氫氣了。氫氧化鈉裏總含有過剩的水分，而水分是會被鉄分解的（第十七章）。我把這混合物（一份氫氧化鈉跟五份鉄）放在一只小試管裏，然後用木塞（木塞裏插着一根含有尖頭的玻璃管）塞住試管而將其加熱。現在有蒸氣出來了；你把一片燃着的木材放在蒸氣出來的那場合看。

生 是的；這是氫氣火焰。這跟阿莫尼亞有什麼關係呢？

師 我想試驗給你看看，阿莫尼亞可以由氮氫二氣構成功呢。我
 用一份硝石，兩份氫氧化鈉跟二十份鉄放在一起加熱；你
 聞一聞看！

- 生 對啦，這是阿莫尼亞的氣味。
- 師 我把一根玻璃棒放在濃鹽酸裏浸一浸；然後把牠放在試管口上。
- 生 發生了濃厚的霧了。霧是從那兒來的呢？
- 師 這你馬上就會明白的。我把一張濕潮的紅石蕊試紙放在試管口上——
- 生 試紙變藍了；是不是那兒有鹽基呀？
- 師 是的；你用紅石蕊試紙把玻璃瓶裏的阿莫尼亞溶液試一試看。
- 生 對啦，還沒有等到我把牠放到溶液裏去，試紙已經變藍了。如此看來，阿莫尼亞原是一種鹽基。但並沒有金屬含在裏面呀！
- 師 這話是對的；但是鹽基的特徵是什麼呢（第三十三章）
- 生 讓我想想看。鹽基的特徵跟酸類的氫基是有些相似的；啊，我想起來了，那是羥基。
- 師 對啦；羥基是一切鹽基的共通成分。
- 生 但是阿莫尼亞的化學式是 NH_3 ；其中並沒有羥基呀。
- 師 一點兒也不錯。二氧化硫跟三氧化硫本身也不是酸，但牠們卻能跟水構成功酸；阿莫尼亞的情形也是這樣。牠也是

酞之一種，所以能跟水構成功鹽基呢： $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{NH}_4\text{OH}$ 。我們稱 NH_4 爲銨根；所以 NH_4OH 叫做氫氧化銨。牠跟氫氧化鈉一樣，也是一種鹽基。

生 銨根也跟鈉一樣是金屬嗎？

師 我們雖一向沒有能把這種質素製造出來；但是根據我們已有的知識看起來，銨根確是一種複金。硝酸裏的硝酸根和鹽酸裏的氯根彼此是很相似的，這你早就知道了。銨根和鉀根彼此也是很相似的。

生 銨根也可以構成功鹽嗎？

師 當然是可以的；你先前看見的霧就是一種銨鹽。

生 你曾經把鹽酸放到試管口上去的。

師 是的；氯化氫跟氨或阿莫尼亞構成功氯化氨了： $\text{HCl} + \text{NH}_3 = \text{NH}_3\text{Cl}$ 。

生 但是您從前告訴我的製鹽方法（第三十七章）跟牠是完全不一樣的。

師 酸跟鹽基構成功鹽時總會產生水，你一定還記得的——

生 這正是牠們不同的地方呀。

師 阿莫尼亞氣體比較氫氧化銨正缺少一個水，所以牠跟酸碰在一起時，正好構成功鹽而可不產生水了： $\text{NH}_3 + \text{HCl}$

$=\text{NH}_4\text{Cl}$ 。

生 原來如此呵。讓我再稍微想一想看；現在我完全明白了。這道理又是十分簡單的。

師 所以我們在需要氫氧化銨的時候，纔能直接拿阿莫尼亞的溶液應用的；以後我們還要常常用牠呢。

生 我們能不能好像製造氫氧化鈉似的經過蒸發手續而得到氫氧化銨呢？

師 不，這是不行的，因為氫氧化銨在蒸發時又會分解為阿莫尼亞跟水呢。這兩種東西都是能揮發的；阿莫尼亞並且還要走得快些呢。這情形跟二氧化硫完全是相似的（第四十一章）。

生 所以牠的氣味纔這樣厲害的呵。

師 一點兒也不錯。你猜阿莫尼亞會燃燒嗎？

生 就牠含有氫氣的這一點說起來，牠應當是可以燃燒的。氮是不能燃燒的。

師 我們如果能把阿莫尼亞氣流用火點着的話，那末，牠燃燒是會燃燒的，祇要我們老是把火放在那兒的話；但是我們把火一移開去，牠就熄掉了。我們用觸媒劑（尤其是白金）。也能使阿莫尼亞跟空氣的混合物燃燒呢。出來的是

硝酸。

生 如此說來，等智利硝用完之後，就可以用這個方法來製造硝酸了。這方法行嗎？

師 祇要阿莫尼亞夠的話，當然是行的。

生 阿莫尼亞是從那兒來的呢？

師 現在大部分是從石煤裏來的。我們如果把石煤放在密閉的器具裏加熱的話，牠就會放出很多的氣體了，這就是我不平常用的煤氣。

生 是不是在城外的煤氣廠裏製造出來的呀？

師 是的。煤氣裏含有很多的東西；阿莫尼亞不過是其中的一種罷了。牠聚集在副產品『氣水』裏。我們可以把牠從裏面用加熱的方法重新趕出來，而把牠或是當作濃水溶液應用，或是使牠變成鹽類拿來應用呢。

生 阿莫尼亞怎會跑到煤氣裏去的呢？

師 石煤裏含有氮氣；一部分氮氣在加熱時會變成功阿莫尼亞。焦炭爐裏的情形跟這是完全相似的。

生 焦炭爐有什麼用處呀？

師 鎢鐵是不能用普通石煤，而只能用石煤燒透之後所賸下來的較爲純粹的所謂焦炭的。製造煤氣的情形跟把石煤

● 燒成焦炭的情形彼此是很相似的。製造石炭時所得到的氣體並不是很好的煤氣，所以從前的人總是聽牠跑掉或把牠燒掉的。現在的人卻用牠來推動巨大的氣機了；並且能同時從這種氣體裏把貴重的阿莫尼亞取出來呢。

生 關於阿莫尼亞的話您已經說了很多了；但是我還沒有看到過牠呢。您能不能把牠給我看看呢？

師 牠是一種無色的氣體，所以是看不見的。我如果把少許濃阿莫尼亞水加熱的話，那末，最初過去的阿莫尼亞裏差不多是完全沒有水的。你瞧，溫度雖然還是很低，而液體倒好像在沸騰了。那些氣泡就是阿莫尼亞。

生 看確是看不出什麼的；但氣味倒是挺厲害的。

師 阿莫尼亞在高壓跟低溫之下是很容易液化的。液化之後，我們也能把牠好像氯一樣的裝在鋼筒裏運到別的場合去呢。液態阿莫尼亞也跟水一樣是沒有顏色的。

第四十六章 磷

- 師 今天我們要把磷認識得清楚些了。
- 生 啊，那我再高興也沒有了。我覺得牠比其他的質素奇妙得多了，因為牠會在暗處發光呢。
- 師 其他的人最初認識磷時也是有這種感覺的。磷的發現史是很有趣的。
- 生 請您講給我聽吧！
- 師 從前時代的化學家祇有一個目的，就是想使低賤的質素變為黃金，這你是知道的。
- 生 是的，這就是所謂煉金者。
- 師 在西歷一六七〇年時有一位煉金者名字叫做布朗德；他是一個很壞的商人。他想，自然界中最貴重的東西是人，所以曾經在人類身體中蹬過的東西應當是能製造黃金的，假使我們果真能用這種東西來製造黃金的話。於是他就先把人的小便拿來蒸乾，然後再把牠放在陶土做的曲頸甌裏用猛火來加以蒸餾。他雖然沒有得到黃金；但他卻

得到磷了。

生 這怎會可能呢？

師 人類的食物裏含有磷的化合物；這種化合物會跑到排洩物去，而在蒸餾時被同時存在的有機物所還元，於是磷就被趕出來了。這樣得到的磷是很少的；但磷的性質是很顯著的，所以是很容易被人覺察的。

生 布朗德可沒有能得到黃金呀。

師 但牠的磷差不離跟黃金一樣有價值呢，因為他到處去旅行，不但把磷的賣價標得極高，就是旁人看一看也要化上許多錢呢。

生 製磷的原料，是人人都有的，難道旁人就不能製造嗎？

師 布朗德是一個商人，不是一個科學家，所以沒有把他製磷的方法告訴任何人。但不久之後，旁人也就把製磷的方法研究出來了，尤其是德國的孔克爾跟英國的波義耳——

生 是不是發現波義耳定律的那個人呀？

師 正是他。他們二人都把製磷的方法公開了；自從那時起，我們陸續發現了許多更加豐富的製磷原料，所以現在磷已不很貴了，在一九一九年左右一仟克不過只賣到三四個馬克罷了。這是現在市面上出賣的圓棒形磷；純磷是跟

白蠟一樣的。

生 這是晶體嗎？

師 不是的；磷是跟硫黃一樣澆成棒形的。牠是很容易溶化的。我從瓶裏拿一根出來——

生 瓶裏是什麼液體呀？是水嗎？

師 是的，我們所以把牠裝在水裏，乃是爲的要使牠不至於在空氣裏燃燒起來。因此，我還是馬上把牠放在一只瓷皿中的水裏切一段下來吧。

生 牠跟蠟一樣也是軟的。

師 是的。我現在把牠連水放在一個試管裏來微微的加熱。

生 牠已經融化了。水面上的一層白烟是什麼東西呢？

師 磷在四十四度融解。因爲牠有一小部分從水裏蒸發出來而氧化了，所以纔有那白烟的。牠的燃燒產物是不能揮發的，所以就變成一種霧了。我現在把有磷融在裏頭的試管放在冷水裏。現在一切都冷卻了，可是磷還是液體呢。

生 牠爲什麼不凝固呢？牠不是應當在牠的融點時凝固的嗎？

師 這是一種過度冷卻的現象（第二十章）。我如果把玻璃棒放在固態磷上磨擦一下，又把牠放到過度冷卻的磷裏去的話，後者就跟冰似的立刻凝固了，因爲由玻璃棒上帶

了一點固態磷進去了。

生 這倒是怪有趣的！允許我也來試一下嗎？

師 我還是給你些毒性不及磷的質素試驗吧。現在，我們把磷來熱得更厲害些。

生 牠不會燒焦嗎？

師 當然會燒焦的；但這是無妨的。我把一粒豌豆大小的磷好好的用試紙揩乾之後，就把牠放進一只乾試管裏去，然後再用藥水棉花搓成一個塞子鬆鬆地塞在試管口上，而很小心的把試管來加熱。

生 試管裏有一種綠色的火燄呢。

師 磷把試管裏的一點點氧氣消耗了。現在祇剩下氮氣了，我可以繼續燒下去了。告訴我你看見什麼東西。

生 液態磷起初是碧清的，現在變成又紅又渾了。似乎有少許紅色固體沈澱下來了。這是什麼東西呀？

師 這是磷的另一種形式。磷跟碳和硫一樣，也是具有同素異形性的，而黃磷在加熱時是會變成紅磷的。我如果一直燒下去的話，我可以使黃磷都變成紅磷呢。但這是很費時間的；這是儲藏在瓶裏的紅磷。

生 瓶裏並沒有裝水呀。

師 這是用不着的，因為紅磷在空氣裏的氧化作用進行得非常慢，所以我們是用不着特別加以防範的。紅磷也是磷，你可以由下面的事實上看出來的：牠燃燒起來就跟黃磷一樣，並且能同樣放出很濃的白烟呢。我把這兒的一塊黃磷點着——

生 現在牠可不及在氧氣裏燃燒時那樣明亮了！

師 你還記得這個試驗嗎？我現在再把少許紅磷放在鉛片上用燈火來燒牠——

生 牠燃燒起來要比較難些了。

師 你的觀察是對的。我還可以使你把牠們的分別看得格外顯明些呢。我這兒有一塊厚馬口鐵，我把牠放在三角架上。我在馬口鐵的一只角上放一塊黃磷，在牠的另一只角上放一堆紅磷。現在，我把燈放在馬口鐵的正當中，使黃磷跟紅磷可以得到同樣多少的熱。

生 現在黃磷已經燃着了！

師 紅磷還要等很多時候纔會燒起來呢。我們且在這當口，先做一個試驗看。我們使紅磷再變成黃磷。試驗是跟先前使黃磷變成紅磷一樣的；不過溫度熱得更加高些罷了。你看見什麼嗎？

生 有透明的珠子沾在試管的上半部了，看上去就跟油似的。現在變紅了。

師 紅磷變成蒸氣，蒸氣又變成液態黃磷了。後者在燒得比較熱些的場合又有一部分變成紅磷了。

生 一會兒是黃磷經過加熱變成紅磷，一會兒又是紅磷經過加熱變成黃磷：這我可弄不清楚了！

師 這確是不容易了解的事情是這樣的：在紅磷的沸點以下的整個溫度區域中黃磷是不穩定的，而紅磷卻是穩定的。但是黃磷轉變為紅磷的速度在普通溫度之下是非常小的。溫度愈高，這種速度也就愈大。因此你纔能看到黃磷在加熱時變為紅磷的。

生 這我是懂得的。但紅磷為什麼又會變為黃磷呢？

師 黃磷是只能由蒸氣變成功的。我剛纔把紅磷燒得非常厲害，以至於使牠變成蒸氣了；蒸氣凝結之後，就變成黃磷了。黃磷就是這樣由磷的氧化物裏提出來的。

生 紅磷既較為穩定，那末，構成功的就應當是紅磷，而不是黃磷了。

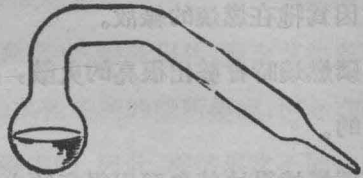
師 這當中是有一條自然律的，即任何轉變作用中最初構成功的總是一種比較不穩定的形式；這種比較不穩定的形

式隨後又能看情形而轉變為比較穩定的形式呢（第三十八章）。

生 我還想知道的格外清楚些呢。

師 我這兒有一套小器械；牠可以把另一場合的這種情形試驗給你看呢。這是

一個封好的小曲頸
甌（第六十六圖）



裏面除了裝着少許

第六十六圖

水之外，是沒有空氣的。

生 這是怎樣做的？

師 這是很容易的。我們可以先把玻璃管燒成一個「尖頭」，然後把水來燒滾。等水蒸氣把空氣都趕出去之後，就把尖頭來燒的合攏起來。這個試驗你以後可以自己試驗的。

現在，我用冰跟少許鹽製成一種冷劑；溫度表所示的溫度是零下五度。我把曲頸甌的頭頸插在冷劑裏；你猜會發生什麼作用？曲頸甌裏是充滿水蒸氣的。

生 水蒸氣會凝結，而裏面會結成冰呢。

師 你留心看裏面會構成什麼東西呀。

生 構成的是水，牠是不是過度冷卻了呀？

師 當然是的。你瞧，液態水在零下五度時雖不及冰來得穩定；但仍舊是牠先構成功的，這跟磷蒸氣先變為不穩定的黃磷是完全一樣的。

生 還有一點請您告訴我，磷在黑暗中為什麼會發光呢？

師 因為牠在燃燒的緣故。

生 磷燃燒時會發出很亮的火燄，跟牠發光時是完全不相同的。

師 磷燃燒得快就會發出很亮的火燄。牠若是在普通溫度下放在空氣裏的話，那牠就會慢慢地燃燒了，而構成功的東西跟牠很快地燃燒時所構成功的東西乃是不同的。

生 是不是因為牠表面上變得很熱，纔能發光的呀？磷光是帶些綠色的。

師 不，磷的表面上是不熱的。光是能之一種，你是知道的。磷燃燒時，不論快慢，總是有能放出來的。當牠慢慢燃燒時，一部分的能也會在低溫度時變為光呢。

生 這我還沒有完全了解呢。

師 大部分的光是由熱體放出來的，因為一種物體的溫度超過五百四十度之後，牠就開始使牠的一部分熱能變為光放出來了。起初放出來的主要的是紅光；溫度愈高，那末，

其他顏色的光也就愈多；最後就變成白光了。我們稱五百至六百度之間的溫度為紅熱，稱八百度的溫度為黃熱，稱更高的溫度為白熱，就是因為這個原因。

生 這種情形在一切物體都是相同的嗎？

師 固體大致是這樣的；在氣體就有例外了。這一類跟溫度有連帶關係的發光叫做熱發光。除此以外，還有其他各種的發光，而其光能則係由其他各種的能所變成，例如在磷發光時就是由化學能所變成的。因此，視情形之不同，就有各種不同的光放出來了，例如磷光乃是綠色的。

生 火螢蟲呢？

師 火螢蟲也會放出綠光來；但這並不是一種熱發光，而很可能是一種化學性質的發光。

生 牠們也許能製造磷呢。

師 不，火螢蟲發光並不是因為磷的關係，這是已經證明了的。磷是很毒的；如果是磷的關係，火螢蟲早就給磷殺死了。再則，發光的祇有黃磷，紅磷是不會發光的。

生 紅磷為什麼不會發光呢？

師 我不是向你說過了嗎，紅磷在空氣裏的氧化速度是慢得量不出來的。因為沒有能源存在，所以牠也就不能發光

了。紅磷所以沒有毒性，也是因為這個緣故。——現在，我們要討論磷燃燒時構成的那個東西了。

生 當然是磷的氧化物呀。

師 可不是嗎。磷可構成許多氧化物；但我們祇討論含氧含得最多的那一種。這一種氧化物是磷以很亮的火燄燃燒時所構成的。我把一塊磷放在一只小瓷皿裏，把瓷皿放在一塊玻璃板上，然後用火把磷來點着，而把一只乾的大玻璃杯罩在上面。

生 多麼好看呀！這就跟下着大雪似的，不過是規模較小而已。

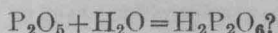
師 磷燃燒之後會變成五氧化二磷，化學式爲 P_2O_5 。在德文裏叫做 Phosphorpentoxyd。pente 是一個希臘字，意思就是五。五氧化二磷是一種雪白色的質素，也會跟雪一般的結成球呢。我把落在玻璃板上的東西很快的聚攏起來，而把牠丟到水裏去。

生 牠會發出嘶嘶的聲音呢。

師 五氧化二磷很喜歡吸收水分，而放出很多的熱來，因此牠丟在水裏的時候纔會發出嘶嘶的聲音來的。因為牠有這種性質，所以我們纔拿牠當作最有功效的一種乾燥劑用

的。跟五氧化二磷一同放在一種密閉的器具裏的濕東西，會把含有的水分都失掉呢；空氣在五氧化二磷上面通過去之後，會變得非常乾燥。你用石蕊試紙把五氧化二磷的溶液試一試看。

生 試紙變紅了；如此看來，是構成一種酸了。讓我來猜：大概和三氧化硫似的有水跟牠化合了，許是這樣的吧：



師 大體是對的；但是這兒的情形比較來得複雜些。最後的方程式是這樣的： $P_2O_5 + 3H_2O = 2H_3PO_4$ 。構成功的酸，叫做磷酸，牠是三鹽基性的。但起初的確會照着： $P_2O_5 + H_2O = 2HPO_3$ 這個方程式構成功一種一鹽基性的酸；不過這種酸是不穩定的，牠會吸收更多的水而變成功一種三鹽基性的酸呢： $HPO_3 + H_2O = H_3PO_4$ 。我們只討論最後的這一種酸。牠會構成功幾種鹽呢？

生 牠既是三鹽基性的，當然會構成功三種鹽呀。或者是一個氫原子會被金屬所替代，或者是兩個，或者是三個。

師 一點兒也不錯。因為這個原故，所以磷酸纔會構成功三種游子的，一種是三價的 PO_4^{3-} ，一種是兩價的 HPO_4^{2-} ，還有一種是一價的 $H_2PO_4^-$ 。這是儲藏在這兒的磷酸；因

爲牠在水裏非常容易溶解，很不容易變乾，所以是濕潮的晶體。牠的水溶液帶點適口的酸味；你倒嚐嚐看！

生 但磷是有毒的呀。

師 磷雖有毒；但磷酸是沒有毒的。不但如此，磷酸的化合物並且是一切生物所不可缺少的成分呢。你瞧：例如這種東西乃是磷酸的鈣鹽。

生 這乃是骨頭呀！

師 牠以前是骨頭；現在已經用火燒過了。骨頭是由一種有機質素跟磷酸鈣構成的；前者用水煮時會構成功膠。骨頭放在空氣裏加熱之後，有機質素會燒掉，而賸下的就是磷鈣了。我們稱燒賸的渣滓爲骨灰。除了骨頭之外，動物的細胞組織裏尤其是神經裏跟腦子裏還含有磷酸化合物呢。就是植物的生長也是需要磷鹽的。所以田裏缺少磷鹽時，我們是必須把磷鹽加到田裏去的。

生 從那兒去得到磷鹽呢？

師 普通的獸糞裏也是含有磷鹽的。此外，我們還可以在許多地方找到磷酸鈣的礦石，牠的名字叫做磷塊石。還有，生鐵裏也是常常含有微量的磷的，所以精鍊時得到的熔滓一大部分就是由磷酸鈣跟磷酸鎂構成功的。因爲這方法是

托馬斯發明的，所以我們就叫牠做托馬斯熔滓。牠在農業上的消耗量是很大的。

生 我往往看見報上說過磷酸鈣（即磷酸鈣肥田粉）是肥田粉；這跟托馬斯熔滓是一種相似的東西嗎？

師 過磷酸鈣是用磷塊石跟硫酸製造出來的，其目的在使磷酸變成較易溶解的一種東西，使植物比較容易吸收些。關於這樣東西，我們最好還是等到以後講鈣的時候再加以討論吧。現在，我們要向磷告別了。

生 除此以外，牠不再構成其他的化合物嗎？

師 那倒不是，牠構成的化合物還多的很呢。但是我們現在還不想去認識牠們，免得你認識的新東西太多了，反給牠們把你弄糊塗了呢。

第四十七章 碳(一)

師 今天臨到講碳了。關於碳，你已經學了不少了。

生 可不是嗎。牠有三種同素異形的形式，一是金鋼鑽，一是石墨，一是非晶狀碳。天然出產的無烟煤，石煤，褐煤並不是純粹的碳。

師 牠們除了碳之外，還含有什麼東西呢？

生 還含有渣滓跟少許氮。

師 比較重要的一點，乃是牠們都是含有氫的。由煤裏得到的煤氣，其中除了氫之外，還含有碳跟氫的化合物，而這些化合物的成分一定是原來就含在煤裏的。你認識那幾種碳化合物？

生 一氧化碳跟二氧化碳。牠們都是氣體；前者是有毒的，後者是沒有毒的。

師 碳酸是什麼東西呢？

生 二氧化碳跟水化合之後，就是碳酸。牠是一種弱酸，祇能在溶液裏存在。我們如果想把水分去掉的話，那末，構成

功的又是二氧化碳跟水。

師 是的；如此說來，二氧化碳是無水的碳酸，所以有時也叫做碳酸酐。你把化學式寫出來看！

生 一氧化碳是 CO ；二氧化碳是 CO_2 ；碳酸是 H_2CO_3 。如此看來，碳酸是二鹽基性的。

師 對啦！碳的普遍重要性究竟何在，你知道嗎？

生 一切動物都是含有碳的。除此以外，因為能的關係牠也是很重要的。

師 把後頭的那句話說得明白些！

生 經過碳的燃燒，我們可以得到熱呀，工作呀，光呀，跟其他各式各樣的能；而碳含有的能乃是由太陽那兒來的，因為植物可以由日光的幫助從二氧化碳裏製造炭呢。

師 植物製造的並不是炭，而是碳化合物。這一類的碳化合物是可以燃燒的，所以牠們或是不含氧的，或是含有的氧乃是不夠使碳完全燃燒的。我們就根據這一點，再做一種較為深入的探討吧。我們來回答這個問題：我們可用什麼方法量能呢？

生 能可以各種形式出現，我們須對每種形式的能特別加以測量纔行呢。

師 從前的人就是這樣做的。但我們不是有一條能常住定律嗎？所以我們祇要拿任何一種形式的能選作單位，那末，我們祇要查一查由這個單位裏可以得到若干其他各種形式的能，就可以把其他各種形式的能的單位也加以確定了。

生 請舉一個例看。

師 我們從前計算工作時，是用重量去乘牠被我們所提高的距離的。因為重量是用仟克，而高度是用米計算的，所以工作的單位乃是仟克米。熱起初是用卡（第廿一章）計算的，換句話說，就是一克水增高一度所需要的熱乃是等於一單位。後來人們弄清楚工作跟熱乃是可以互相轉變的，於是他們就把工作跟熱的比率量出來了。用的方法是使若干仟克米轉變為熱，而檢查產生了若干卡羅里。結果，找到一個方程式，就是 0.427 仟克米是等於一小卡。

生 這我是聽懂的。

師 但還有其他各種的能呢，例如電能，動能等等。如果每種能都要有一種單位的話，那末，我們就得立出許多方程式了，因為牠們的相互關係是都得弄清楚的呀。兩種能只要

有一個方程式就行，但是三種能就得有三個方程式，四種能就得有六個方程式，五種能就得有十個方程式了……

生 這些數目是從那兒來的呢？

師 我們祇要知道兩種或三種或更多種的能一共可以配成若干對，就可以得到這些數目了。但我們選擇各種的單位時，如果使其相互間的轉變產量都含有相同的數值時，那末，這些計算就顯然可以避免了。我看出你還沒有完全瞭解呢。例如我們假定不用仟克米而用一種祇抵得牠 $\frac{427}{1000}$ 的單位來計算工作的話，那末，一卡也就能代表一工作單位了，而我們有若干卡就等於有若干工作單位了。反之亦然。

生 是的，現在我明白了。如此說來，我們對於一切能都得替牠們設新的單位呢；其中祇有一種是可以聽牠保持原有的單位的。

師 但人們覺得還是設新單位比較好些，所以就照着實行了。選擇的方法，我今天不想詳詳細細說給你聽了。結果新單位將近是等於十分之一仟克米，所差不過只有百分之二罷了。[⊙]*這種單位叫做焦耳。[⊙]

* 一焦耳等於 0.10203 仟克米，故如斯云云。

生 這是一個什麼怪名詞呀？

師 焦耳是英國的一位物理學家；熱單位跟工作單位二者的相互關係就是牠最初加以精密測定的；牠並且是最早就把能常住定律的重要性看出來的科學家之一（一八四三年）。能常住定律是德國的一位叫做朱理亞·羅伯特·邁爾的醫生於一八四二年發現的。一卡是等於四·一八焦耳；一焦耳是等於〇·二三九卡。以後我們也用焦耳來量熱。這些數目你得好好的記牢，因為現在還常有人用卡表明熱量呢。

生 您為什麼要把這些東西這樣詳詳細細的告訴我呢？

師 因為牠們對於一切為量度所支配的科學乃是非常重要的呀。並且我們立刻就要用到牠們了，這用處跟我們剛纔所討論的那些情形乃是有直接關係的。碳的燃燒熱是等於四〇六、〇〇〇焦耳；因為一千焦耳又簡稱為仟焦耳（這跟一千克簡稱為仟克是同樣的情形），所以牠又是等於四〇六仟焦耳。在德文裏的縮寫是 j 跟 kj 。

生 這我簡直沒有懂得。

師 這我本來是不能向你要求的；但讓我們一步一步的來弄懂牠呀。煤燃燒時有熱放出來，你是知道的。

生 是的，煤爐就是拿煤來生火的呀。

師 說得很對。我們用煤用得愈多，那末，得到的熱量也就愈多，並且熱量跟煤的重量乃是成比例的，這是很顯明的。如此說來，我們祇要知道一克煤可以放出若干卡熱，就可以算出任何重量的煤可以放出若干卡熱了。

生 但這跟我們怎樣使煤燃燒不是有連帶關係的嗎？我媽媽常說我們如果燒煤燒的不得法的話，那末，憑我們燒上多少煤，房間裏也是不會變暖的。

師 這話是對的，原因是在於燒煤燒的不得法時，熱是要從烟囪裏跑出去而不停留在房間裏的。如果我們把熱聚集起來的話，那末，一定量的煤總可供給一定量的熱，那是毫無分別的。

生 這是一條新的自然律嗎？

師 不，你可以當牠是一條老定律中的一種特別情形看待的。任何質素都含有一定的性質，這你是知道的；燃燒熱也是一種性質，所以牠也是含有一定的數值的。

生 若是我處在您的地位，我是不敢做這個結論的。

師 結論你儘可以做，不過你得檢查牠是否可靠的罷了。關於燃燒熱的那條定律，曾經經過許多次的澈底檢查而從未

發生過破綻；再則，牠跟能常住定律也是有連帶關係的。我們把牠再表明得更肯定些。燃燒不過是化學反應中的一種，而那條定律乃是適合於一切化學反應的。任何質素經過任何化學變化時，其所吸收去的或放出來的熱量總是有一定的，而這些熱量乃是跟那些參與作用的質素之多寡成比例的。

生 您可以把這些情形解釋得更清楚些嗎？

師 質素發生化學變化時，牠們所含的能也同時跟着發生變化，這你不是知道的嗎。其結果乃是熱的放出；我們在化學反應裏所觀察到的熱，就是這樣來的。

生 但除了熱之外，也可以產生其他種類的能呀。

師 當然可以的，但當其他種的能出現時，構成功的熱也就跟着少下去了。但是其他種類的能，祇當我們採用特殊設備時，纔會發生呢。我們如果使質素直接了當發生作用的話，那末，全部的能就祇可以出現爲熱了。因此，用熱來量化學作用中的能的變化乃是頂方便不過的。

生 我相信我已經把您的話聽懂了；但是我感覺到自己還沒有十分把握呢。

師 如果我們來做幾道算題的話，你就會感覺到有些把握了。

我們假定有一只鍋爐裏含有一千公斤的水，而我們使一公斤純煤在鍋爐下面燃燒的話，那末，水的溫度就會升高八·一〇度。如此說來，一克煤可以產生若干卡熱呢？我們一同來計算。一千公斤是等於一百萬克，每克的溫度是升高了八·一〇度，所以一共是產生了八、一〇〇、〇〇〇卡。

生 這我是瞭解的。

師 八、一〇〇、〇〇〇卡是由一公斤或一千克的煤所供給的，所以一克的煤可以供給八、一〇〇卡。

生 這原是很簡單的呀。

師 再者：一卡是等於四·一八焦耳，所以一克煤可以供給三三、八六〇焦耳。但我們計算熱量時最好是不要把一克，而是把碳的原子量，換句話說，就是把十二克作為標準。如此說來，十二克煤就可以供給四〇六、〇〇〇焦耳或四〇六仟焦耳了。這數目，我們稱之為碳的燃燒熱。因為量得比較不算精確，所以末尾的幾個數目是變作整數的。

生 拿十二克作為標準，為什麼要比較好些呢。

師 我正想告訴你呢，你把碳的燃燒作用，用化學方程式寫出來看。碳跟什麼化合呢？

生 跟氧氣化合。方程式是： $C+2O=CO_2$

師 這個方程式可以把你所寫的質素的重量告訴你，這你是知道的。我若是把牠寫作： $C+2O=CO_2+406kj$ 的話，那牠也就把能的多寡表明出來了，因為我可以把牠讀作是十二克碳所含的能加三十二克氧氣所含的能乃是等於四十四克二氧化碳所含的能再加四〇六仟焦耳呢。我們寫這一類的方程式時，必須把那些參預作用的質素的化合量算做克數，而拿牠們作為熱量的計算標準呢。

生 我雖沒有什麼話可以反對您；但是直接用能來計算，似乎有點太大膽吧。

師 也許是因為你還不知道那些質素中所含的能量究有多少，所以你纔有這種感覺的；但這是任何人都不知道的。我們所量的不過是那些能量的差別而已；而這是方程式裏所唯一表明出來的。不論你把方程式寫成怎樣，你總是不能把每一種質素的能值求出來的。你所求得出來的，不過是牠們的能值的差別而已。而這個差別乃是量得出來的。

生 我看出這一切都是對的；不過要我把這許多新東西都弄熟，目前倒還有些困難呢。