

萬有文庫

第二集七百種

王雲五主編

化學學校

(二)

歐斯伐著

湯元吉譯

商務印書館發行



化 學 學 校

歐斯伐著
高冠誠譯

漢譯世界名著

第十七章 氫

師 今天我們要講氫氣了。你還記得這名稱是從那兒來的嗎？

生 因為牠產在水裏，所以纔有這名稱的。

師 你回答的還不很好；你應當說：因為我們可以由水裏製造氫氣，所以纔有這名稱的。氫氣是水的一種成分。水還含有什麼成分？

生 我似乎記得你說過是氧氣吧。

師 一點兒也不錯！水是由氫氣跟氧氣構成的，換句話說，就是我們既可用這兩種元素去製造水，也可用水去製造這兩種元素。你倒說說看，我們怎樣纔可以用水製造氫氣呢？

生 我不大知道。我們也許可以把水加熱，使牠跟氧化汞一樣的分解為牠的成分吧。

師 這想頭不壞。但水加熱時會變成什麼，你是知道的呀。

生 可不是，牠會變成蒸氣。

師 對啦！但蒸氣不過是水的另一種形態而已。

生 也許我們把牠燒得更厲害些就行了。

師 這可給你碰對了。我們如把水燒得非常厲害的話，牠一部分確是會分解為氧氣跟氫氣的；但牠們冷卻時，卻又會化合為水，所以我們僅能用一種特別的方法，纔能證明牠確實是發生過分解作用的呢。不過氧氣跟氫氣都是氣體，所以我們用這方法，祇能得到牠們的混合體，而這混合體却是不容易分開的。

生 那我們只要設法把氧氣留住就行了。我們能不能使牠跟從氧化汞裏分解出來的水銀那樣變成液體呢？

師 要這樣做的話，就得把氧氣跟氫氣的混合體冷到零下一百八十度纔行呢。這方法太不方便了。我現在告訴你另一個方法。我們可以使氧氣跟另一種元素化合，而因此把牠分出來。至於選擇那另一種元素時，却有一個標準，就是要牠能跟氧氣構成一種不能揮發的化合物纔行。

生 我不大懂這意思。

師 讓我現在把事實來說給你聽，你就明白了。我們用的方法是使水蒸氣在燒紅了的鐵上面通過去。鐵歡喜跟氧氣化合你是知道的。

生 是呀，鐵燃燒時會放出很好看的火光呢。

師 所以當水蒸氣通過燒紅的鐵的時候，鐵會跟牠起很猛烈的作用，把牠裏面的氧氣取出來而變為氧化鐵；於是氫氣就賸下來了。氧化鐵就是在熾熱的時候，也是固體，所以鐵原來在什麼地方，牠也在什麼地方出現，是不會移動的。而氫氣却是氣體，所以會繼續朝前流動，而跟氧氣似的給我們聚集在水面上。

生 但我總覺得這是非常奇怪的。

師 讓我來做一個比喻給你聽。氧氣等於是一根骨頭，氫氣等於是一只貓，鐵等於是一隻狗。那根骨頭(氧)原是貓(氫)所有的；後來給狗(鐵)跑來奪去了，所以貓(氫)祇能空手溜掉了。

生 如此說來，原是鐵比氫氣強，所以纔能把牠的氧氣奪跑的。

師 從前化學家的意見，差不離就是這樣的。你現在聽了這個比喻，也暫且認為滿足了吧。等你以後化學學的多了，你自然會對這些問題獲得更為肯定的見解呀。

生 我可以看得見您剛纔說的那個試驗嗎？

師 這試驗需要很高的溫度，倒不很容易做呢。倘用鋅粉來做，就比較容易多了。我放一點鋅粉跟水在一個試管裏，

把通氣管接在試管上(參看第二十一圖)。在加熱的時候，會有氣體跟製造氧氣時一樣的放出來而聚集在瓶裏呢。

生 是呀，我現在看見有氣泡放出來了。

師 現在，我們來仔細認識認識氫氣看。牠的外觀是怎樣的？

生 跟空氣一樣的。

師 是的，氫氣是一種沒有顏色的氣體。讓我現在來裝一試管的氫氣，把火放在試管口上。你看見什麼嗎？

生 氫氣似乎是在燃燒。但火光却非常暗淡。

師 對啦，氫氣是一種帶燃燒性的氣體。——現在，讓我來指給你另一種製造氫氣的方法，我們可以用這個簡便的方法製造更多的氫氣呢。用的乃是氫的其他的化合物，牠們比水更容易把氫氣放出來。這種化合物之一就是鹽酸或氯化氫；我們可由後一名稱上看出牠是由氯跟氫構成的。

生 這跟食鹽裏的氯是不是同一種東西？

師 可不是，世上只有一種氯氣。這兒是氯化氫的水溶液，就是那藥鋪裏出賣的所謂鹽酸。

生 牠就跟水似的。

師 但並不是水。把牠倒幾滴在茶杯裏，再加半茶杯水進去；你嚐嚐看。

生 莫非又是不好吃的吧！

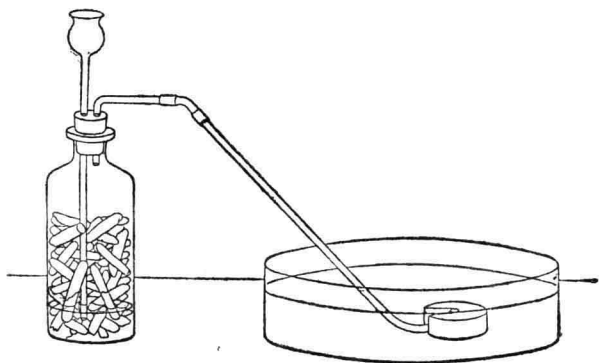
師 不，完全是兩樣的。

生 可不是，這是帶酸性的。但也是不好吃的，牙齒也給他弄麻木了。

師 因為牠是酸的，所以牠纔有酸這個名稱的。

生 您爲什麼要加這麼許多水進去呢？

師 因為濃鹽酸有毒，而淡鹽酸却是無毒的，所以我得把牠沖淡些。你的牙齒所以會變成麻木，就是因為被鹽酸侵襲了的原故。現在，來做我們的試驗吧。這一隻瓶裏裝的是鋅片，馬口鐵匠那兒是常有這種廢片多下來的。現在，我把一個木塞塞在瓶口上。木塞上兩個洞：一個洞裏插着一根上端含有一只漏斗的玻璃管，一直通到瓶底；另一個洞裏



第二十三圖

插着一根彎玻璃管，我把從前製氧氣用的那根通氣管用橡皮管跟牠接上。(第二十三圖)現在，我把鹽酸倒在漏斗裏；你立刻就看見有氣體放出來了。

生 趕快把瓶來聚集氫氣吧！

師 不，我先把氣體聚集在試管裏，第一只已經裝滿了。我把牠從水裏取出來，放到火上去；牠會發生什麼作用？

生 毫無動靜。這一定還是瓶裏面原有的空氣呢！

師 對啦！我再來做一個試驗。

生 這種爆炸似的聲音可真響呀！

師 讓我再來取幾種試樣試試看。起初的幾種也還有聲音；可是後來的幾種燃燒起來却很平穩了。我們可以把牠收在瓶裏了。等放出來的氣體漸漸變少了，我們祇須再加一點鹽酸進去，就又有氣體放出來了。

生 請您把這一切解釋給我聽聽看！

師 好吧。先講為什麼由氯化氫跟鋅兩種東西裏會有氫氣放出來。這和由水跟鐵兩種東西裏可以構成功氫氣是同樣的道理。因為氯化氫裏面的那氫氣情願跑到鋅那兒去，而不情願留在氫氣那兒，所以纔有氫氣放出來的。這試驗在普通溫度之下也能做成功，乃是非常方便的。

生 這我是懂得的。但爆炸的聲音是從那兒來的呢？

師 瞧，我這兒有一個裝滿半管水的試管。我把大姆指擋住牠的口，把口子放到水裏面去；這樣一來，裏面的空氣就跑不掉了。現在，我再裝半管燃燒時已經沒有聲音的氫氣進去。現在，我若把這管氫氣跟空氣的混合物放到火上去——

生 乖乖龍底東，這聲音可真響呀！

師 由這一點你可以看出來空氣跟氫氣的混合物燃燒時是有聲音的，而純粹的氫氣燃燒時却是沒有聲音的。這種混合體若在一隻玻璃瓶裏燒着的話，那牠大部會把瓶炸成碎片，而使我們受到傷呢。因為我們製造氫氣時所用的燃瓶裏原是含有空氣的，所以起初總會構成功這種非常危險的混合體。等到後來空氣給氫氣完全趕光了，纔會有純粹的氫氣放出來呢。所以我們每逢用到氫氣時候，必定要照你剛纔見到的這樣先把牠試一試看，看牠燃燒時會不會有響音；一定要等到牠沒有響聲了，纔能把牠聚集起來呢。

生 如此說來，這爆炸的響聲原是空氣在氫氣中的一種作用。
但牠爲什麼要爆炸呢？

師 因為那帶燃燒性的氫氣已經到處跟牠燃燒時所必需的氧氣混合了，所以祇要一點着，那火就會立刻傳到全部分去

了。純粹的氫氣在空氣裏却祇能在牠們互相接觸跟彼此混合之處燃燒，而燃燒時的面積的形式，就是跟火光的形式一樣的。如此說來，你能告訴我，爲什麼平平穩穩地燃着的火光，例如燭光，總是圓錐形的嗎？

⊙ ⊙ ⊙ ⊙

生 讓我想想看。有了，那是因爲氣體一面在向上升高，一面在燃燒，所以纔會愈變愈少，以致火光也愈變愈狹的。

師 對啦。現在，仍舊回到氫氣上去吧。讓我來裝滿兩試管的氫氣，把一個試管朝上夾住，一個朝下夾住。你猜那一個試管裏的氫氣會留在試管裏而不跑掉？

生 您提出的問題，大都是要教人上當的；往往正是我們的答案的反面纔是對的呢。所以我還是把不對的來回答您：試管向下放着，氫氣纔不會跑掉呢。

師 讓我來試試看。我先把向上放着的那一個試管放在火上，看能點着牠裏面的氣體不，不行，牠是點不着的；讓我再來把一片燃着的木片放到試管裏去，你瞧，木片還在裏面繼續着燃燒下去，可見裏面不過是空氣罷了。現在，我再把另外那一個試管來試試看，我把牠橫着放到火上去。——

生 對啦，這裏面的氫氣沒有跑掉，牠燃燒時是有聲音的。這

倒奇怪呢。

師 你還記得我們提到氫氣的密度時，我告訴過你什麼話嗎？

生 您告訴過我，氫氣是最輕的一種質素。但牠無論如何總是有重量的，應當下墜纔對呀。啊，現在我明白了；牠比空氣來得輕，所以會在空氣裏上昇，就猶之乎木塞放在水裏會上昇是同樣的道理。但牠在真空裏是應當下墜的吧？

師 牠若是一種液體或固體，那你的話就說對了。氣體放在真空裏，是會膨脹開去而均勻地充滿在裏頭的。方纔做的這個試驗的道理，你現在明白了沒有？

生 唔，明白了；氫氣原想在空氣裏上昇的；但因試管向下放着，不能出去，所以祇得留在裏面了。

師 對啦。因為你回答的很好，所以我再來做一個好看的試驗給你見識見識，表示獎賞你的意思。由這個試驗裏，你可以得到更進一步的了解呢。我在這兒做了一點肥皂水。現在，我把一根玻璃管用橡皮管接在氫氣發生器上，用一點棉花塞在玻璃管裏，然後把牠通到肥皂水裏去。

生 氫氣發生器真個會吹皂子泡呢！

師 可不是嗎？現在我讓牠來吹成一個挺大的；你瞧，皂子泡離開玻璃管，就像氣球似的很快地朝上飛去了。

生 哦，這多麼好看呀！您爲什麼要塞一點棉花在玻璃管裏呢？

師 我若不把棉花塞在玻璃管裏，那末，氫氣就會從瓶裏的泡沫那兒帶走無數鹽酸細滴，而鹽酸的細滴碰到肥皂泡，就要把牠弄壞了。因爲有棉花塞在玻璃管裏，所以那些鹽酸的細滴纔會被牠擋住而不至於跑到肥皂泡裏面去的。

生 市集上出賣的那種五顏六色的氣球裏，也是裝的氫氣嗎？

師 可不是。

生 我也買過一只這樣的氣球；但牠僅在第一天是會上昇的，到了第二天就差一點了，等到後來牠簡直再也不肯上昇了。難道是氫氣在裏面漸漸變重了不成？

師 這倒不是的。氫氣是一種非常細的質素，所以牠是不能永久藏在那很薄的橡皮裏面的。因爲牠從裏面跑出來了，所以就有一部分空氣從外面跑進去了。

生 原來是這樣呵。所以氣球也會愈變愈小的。我當初還以爲是沒有把牠紮牢呢，可是牠却是紮得再牢也沒有的。

師 對啦。因爲這個緣故，所以飛船也得時時的換新鮮氫氣呢。並且，氫氣放在任何器具裏太久了也不是好事，因爲牠會漸漸的跑掉，而讓空氣跟進去，這樣是很容易構成氫氣爆炸氣的。

第十八章 氫氧爆炸氣

師 你昨天關於氫氣學了些什麼？

生 學會我們可以用另外一種質素把氫氣從牠的化合物裏取出來。例如從牠跟氧氣構成的水裏，我們可以用鐵或鋅把牠趕出去。

師 還有呢？

生 我們也可以用氯化氫跟鋅來做這試驗。鋅把氫氣佔了去，氫氣就放出來了。

師 氫氣有些什麼性質？

生 牠跟空氣一樣是沒有顏色的，但比空氣輕得多，至於比空氣輕多少您却沒有告訴我。

師 牠的密度將近祇有空氣密度的十四分之一罷了。像這隻瓶裏的一立氫氣的重量還不足十一分之一克呢。關於氫氣你還知道些什麼？

生 牠能在空氣裏燃燒。我們如果預先使牠跟空氣混在一起，那末，燃燒時就會發出一種爆炸的聲音來；這是因為燃燒。

突然通過整個物體的原故。

師 一點兒也不錯。氫氣燃燒之後，會變成什麼東西？

生 那你沒有告訴過我。

師 這你應當自己去發現纔對呀。你想一想，燃燒時會發生什麼作用？

生 燃燒時那些東西會跟空氣裏的氧氣化合。

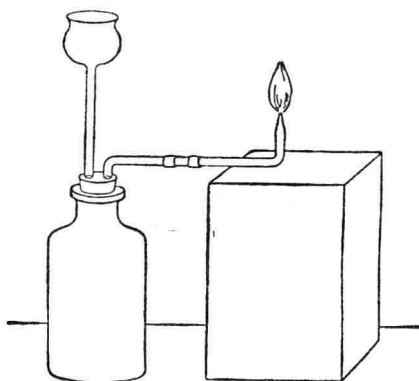
師 對啦。這樣說來，氫氣跟氧氣化合之後，會構成功什麼東西呢？剛纔關於氫氧化合物所說的話，你不記得了嗎？那個化合物是什麼？

生 你說的是水，構成功的莫非是水嗎？

師 可不是嗎。我們立刻就可以來做這個試驗。蠟燭燃燒時會

構成功水；你還記得我怎樣把這試驗做給你看的嗎？

生 記得的，您把一個大玻璃杯罩在點着的蠟燭上面，裏面一會兒就有了水滴了。



第二十四圖

師 這也可以用氫氣火來試驗的，我把一根尖頭的玻璃管繫在這套器械上，而把從裏面出來的氫氣點着牠（第二十四圖）。你瞧，玻璃杯裏立刻就有了水滴了。

生 這種尖頭是怎樣做的？

師 先把玻璃管放在火上轉動着。等到牠燒軟之後，就把牠朝長裏一拉，然後再用切玻璃的刀切斷狹小的地方就成了。

生 請讓我來做一次。——現在，玻璃管已經燒軟了。我來拉長牠。哦，怎麼拉成頭髮這樣細了呀！

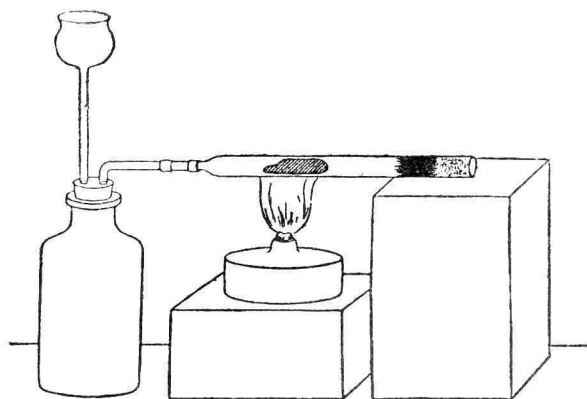
師 你拉得太快太用力了。不過這種頭髮絲也是一種玻璃管，因為當你拉牠的時候，玻璃是不會黏起來的。

生 真的嗎？我真有點不大相信會有這樣細的玻璃管呢。

師 你若拿一段放進墨水裏去，你就會看見有黑的液體滲進去呢。——但我們應該又回到氫氣上去了！氫氣不僅能跟自由氧氣化合，並且還能把氧氣從他的化合物裏取出來呢。你還記得氧化汞嗎？牠是一種什麼質素？

生 牠是一種紅粉；是水銀跟氧氣的化合物。

師 不錯。現在，我拿一點氧化汞裝進繫在氫氣發生器上的玻璃管裏，使氫氣在牠上面通過去，而把牠很小心地加熱（第二十五圖）。



第二十五圖

生 又有水銀分離出來了。

師 對啦；還有呢？

生 那是水一般的碧清的小珠子；牠是水嗎？

師 可不是嗎。這一次是氫氣從氧化汞裏把氧氣取將出來而跟牠構成功水了；同時水銀也分離出來了。

生 氧氣的一切化合物都有這種作用嗎？

師 雖不是一切，但是大部分的氧化物都是有這種作用的。重金屬的許多氧化物，都是能用這方法使其變成金屬的。這作用，我們稱之為還元，牠是氧化的對稱。如此說來，一種金屬變成牠的氧化物，乃是氧化作用；一種氧化物變成金屬，則是還元作用。因為氫氣能完成後一種變化（即還元），

所以我們叫牠爲還元劑。你可把這些名詞記牢呀！

生 我又學得不少的新知識了。

師 我還要做些實驗給你看，使你更加容易明白呢。這種黑粉叫作氧化銅，——銅若在空氣中燒久了，是很容易變成功氧化銅的。我把牠裝些在玻璃管裏，使氫氣在牠上面通過去，而同時把牠來加熱。你看見銅出現了嗎？

生 是呀，那些碎塊變成銅一樣的紅了，離牠不遠又有水在管子裏凝結起來了。

師 我把火移開去，讓牠冷下來，但冷卻時氫氣是必須繼續通過去的。現在，我可以把那些紅的碎塊倒出來了。我若把牠放在乳鉢裏磨牠一磨，牠就會發出金屬的光輝來呢。

生 這是多麼好看呀！牠爲什麼要在磨了以後纔發光呢？

師 這因爲氧氣從氧化銅裏跑出來的時候，使牠變成海綿似的一種東西了，所以你不磨牠，牠是不會發光的。——這種黃粉叫作氧化鉛，牠是——

生 牠是鉛跟氧氣的化合物。

師 不錯。因爲你說得不錯，所以我讓你親自來用氫氣使牠還元。你可以跟先前一樣的去做這試驗！

生 有水銀一般的亮珠出來了，那是鉛嗎？

師 是的，因為鉛很容易熔化，所以我們纔會一下子就得到液態鉛的。你如果把那小珠子倒在紙上，你就會看到牠結成一種軟而帶韌的，沒有彈性的金屬呢；這都是鉛的性質。我們現在要來做一種特別實驗了。這是三氧化二鐵，牠是我們先前把鐵粉放在空氣裏燃燒時得到的。我們也來用氫氣使牠還元。

生 這怎樣行呢？你昨天曾經告訴過我，鐵能從水裏取出氧氣而驅走氫氣，所以要比氫氣來得強，為什麼現在氫氣又會比鐵強呢？

師 信以為不可能的實驗我們也得去做，因為我們得着的每一個結論都有錯誤的可能，所以必須再從實驗上將其加以證明呢。

生 哪，那我倒要看個究竟呢。你瞧，除了那些碎塊變得格外黑些之外，什麼現象也沒有發生。

師 你留心瞧管子裏離碎塊遠些的那地方有沒有什麼東西？

生 唔，那裏似乎的確有了水滴呢。從一方面看起來，似乎一點現象也沒有發生；但從另一方面看起來，又似乎的確是發生了什麼現象了。

師 當氫氣還在繼續通過玻璃管的時候，我讓牠冷下來。現

在，你把那黑東西放在乳鉢裏，像銅一樣的磨牠一磨看。

生 牠也變成有光的了——

師 所以牠是金屬的鐵呀！

生 請您把這個矛盾的現象解釋給我聽。我過去總認為自然律是無往而不適用的。

師 據你看起來，那一條自然律在這裏被破壞了呢？

生 一種力總不能同時大於而又小於另一種力吧！先前是鐵比氫氣強，後來又是氫氣比鐵強，這總不能不算是一種矛盾現象呀。

師 這是由於你把化學作用的原因看作了機械力，所以纔會發生矛盾現象的；但機械力在這兒是既無法證明，又無法測定的。

生 那末，究竟是什麼原因呢？

師 這問題我即使答復了你，你也是不會了解的。在你想用一種學說把牠總括起來以前，你還得多學許多化學上的事實呢。

生 但你不能稍許說些給我聽聽，讓我找到正確的路徑嗎？

師 當然可以的，並且我所說的就是根據你個人的不正確的觀念而來的呢。一個人可以運走很多的水，但是水過於多。

了，也會把人帶走呢。

生 然則你的意思是說，那一種質素的量多，那一種質素就會在化學作用中佔強，是不是？

師 差不離是這樣。但我們該回到我們的氫氣上去了。氫氣跟氧氣化合時會構成功水，還有氧氣也能被氫氣從其他的化合物裏取出來而構成功水，這些事實你現在都已經知道了。不過，當牠們構成功水的時候，還有別種現象發生呢；我再把氫氣發生器拿來應用。等爆炸氣走完以後，就把氫氣來點着。你瞧，牠的火焰是很暗淡的。

生 起初是淡青色的，後來却愈變愈亮，而變成黃色的了。

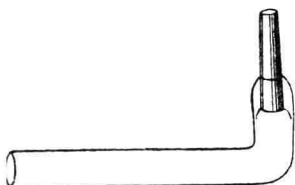
師 原因是這樣的：玻璃裏含有一種你已知道了的元素鈉，當玻璃管被氫氣燒熱了的時候，牠會從熱玻璃裏蒸發出來，把火焰染成黃色呢。

生 那是什麼原故？

師 鈉燒熱之後，總會放出黃色的光來，猶之乎金屬的銅會反射紅光是一樣的道理。火焰的黃色就是鈉的一種反應，因為每逢有鈉的時候，火焰就會發黃，而每逢沒有鈉的時候，火焰也就不發黃的。

生 但一切的火焰差不多總是黃色的呀。

師 一切燃料裏差不多都是含有鈉的；只要很少的鈉，就能使火焰發黃了。但我們也能製造一種不帶雜色的氫氣火焰呢。這裏是一小塊白金片，我用火把牠燒軟，然後把牠緊緊地包在一根編物針上；這樣一來，我就得着一根完全是由白金做成的有用的小管子了。我把這小管子插進一根



第二十六圖

比較粗些的玻璃管裏約模幾毫米深，而在牠插進去的地方加熱。你瞧，玻璃管貼在白金上了。現在，牠的周圍完全銲接了，我得着一根連着白金頭的燒管了。現在讓

我再來使牠變成直角形（第二十六圖）。

生 爲什麼要用白金呢。

師 因爲白金既難熔解，而又不大怕化學作用，所以我纔用牠的。我如果把尖頭結在氫氣發生器上，就可以使氫氣燒上好幾點鐘，火焰也不會變黃呢。我現在把一根白金絲放在氫氣火焰上，你看見什麼嗎？

生 牠發出很亮的光；火焰似乎很熱呢。

師 一點兒也不錯。一種燃燒着的東西的溫度愈高，那牠發出的光也就愈亮。但氣體却不是這樣；灼熱的水蒸氣的光是

很弱的，所以氫氣火焰也是無光的，雖然牠能使一切固體發出強烈的光來。

生 一切的固體？

師 一切的固體，只要牠們不熔解或不蒸發就行。這裏是煤氣燈罩上破下來的一塊碎片；你瞧牠發出的光是多麼亮呀。一根鐵絲起先也是發光的，但很快地就熔解而燒掉了。如此說來，火焰裏除掉水還構成功什麼東西呢？

生 還有熱。

師 對啦。熱是什麼？不久以前我們討論燃燒時所說的話，你還記得嗎？

生 記得的，你曾經給牠一個特別名詞，我猜是能吧。

師 一點兒也不錯；能是什麼？

生 一切可從工作中得到或能變成工作的都是能。從燃燒的氫氣裏怎能得到工作呢？

師 氫氣跟空氣的混合體能發生怎樣強烈的爆炸現象，你不是親耳聽到過的嗎；並且我也告訴過你，牠還可以使玻璃變成粉碎呢。要玻璃變成粉碎，不消耗工作那行呢。

生 這種工作倒怪滑稽呢！我若把我家裏的玻璃杯打碎，而照樣的說這是工作，那時候媽媽怕不給我顏色看呢。

師 工作總是工作，因為你總得費力的呀，不過是一種無益的工作罷了。但當磨坊老板把穀子碾細的時候，那磨子做的工作却是有益的了。

生 如此說來，我們難道不能使爆炸氣做有益的工作嗎？

師 當然可以的，有一種機器裏燒的就是空氣跟煤氣構成的爆炸氣。當牠爆炸時，汽筒會被牠向前推動。而機器轉動時，一方面會把廢氣擠出來，一方面又會把煤氣跟空氣吸進去，重新構成爆炸氣，而使其爆炸，所以汽筒每次都能受到一種很有力的衝動。現在，工業界造了很大的這種氣機來應用，因為就某方面講，牠們比較蒸氣機是好多了。

生 汽車跟機器腳踏車上裝的莫非也是這一類的機器吧？因為牠們的聲音也是這樣的呀。

師 是很相似的，不過牠們用的爆炸氣是用苯製造的罷了。

生 如此說來，爆炸氣原是可用一切東西製造的？

師 我們只要把有燃燒性的氣體或蒸氣跟燃燒時應有的空氣混合起來，就能得到一種爆炸氣了。因為在這種情形之下，火焰恆能一下就傳到氣體的全部去，而使牠燃燒起來；否則，只有在空氣可達到的場合纔會燃燒呢。

生 是的，這你已一度向我解釋過了。

師 我還向你解釋過別一件事的呢。我們有什麼方法可使氫氣的火焰比現在更熱呢？關於在空氣裏的燃燒跟在純粹氧氣裏的燃燒，我說過什麼話，你想一想看。

生 是的，我記得的。您若用純粹的氧氣去燒氫氣，那末，就不會有空氣裏的氮氣來把熱分去一部分，而火焰就會比較熱些了。

師 對啦！那你預備怎樣去做呢？

生 我讓氫氣在藏着氧氣的瓶裏燃燒不就行了嗎。

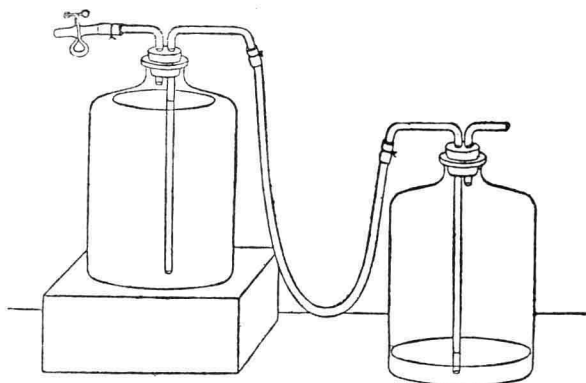
師 行雖行，可是不方便。我們只要把氧氣打到燃着的氫氣裏去，就能得到很大的熱了。

生 這應該怎樣做呢？

師 我們可以用一個空橡皮球裝滿氧氣，而加以壓榨，那末，氧氣就會從口子裏流出來了。現在，我來做一種真正的氣櫃給你看呀。這裏有兩個很大的玻璃瓶，每一隻瓶上都配着一個木塞，而每一木塞上都鑽着兩個洞。一個洞裏插着一根通到底的吸管，另一個洞裏插着一根弄彎的短玻璃管（第二十七圖）。那兩根吸管是用一根橡皮管連着的；一隻瓶裏是裝滿水的。

生 我真想不到這東西的用處在那裏。

師 你留心瞧着！我現在把氧氣發生器跟裝水的瓶上的那根



第二十七圖

短玻璃管接起來，而把另一個瓶放得比較低些。現在，我如果加熱使氧氣發生出來，那牠會跑進位置較高的那隻瓶裏，使裏面的水穿過橡皮管流到位置較低的瓶裏去呢。

生 這倒怪好看呢。

師 現在，位置較高的瓶裏已充滿氧氣了。我把氧氣發生器去掉，在短玻璃管的橡皮管上安上一個并夾。

生 這是一種什麼東西？

師 這是一個用金屬絲製造的有彈性的夾子，牠能壓住橡皮管使牠閉牢。這種并夾是很容易製造的，並且比螺旋式的并夾往往還要關得牢些，所以在化學實驗室裏是常常要用到的。

生 又簡單，又適用，的確是不錯！

師 我們可以任意讓氫氣流出來。我只要把裝水的瓶放高些，而把并夾開開，氧氣就會依着水的壓力或快或慢地流出來了。我若把并夾關着，氣流就又停止了；我如果許久用不着氧氣的話，那我就把放在高處的瓶放到底下來；這樣一來，就沒有上壓力發生了。

生 這玩意兒倒怪可愛呢！

師 我現在把連着白金頭的玻璃管紮在氣櫃上，並且把牠的尖頭平着放在酒精燈裏。我現在讓氧氣流出來，火焰就被吹到一邊去了，而同時變的又小，又尖，又非常的熱了。

生 並且還格外亮些呢。

師 我把一根白金絲放進這火焰裏；你瞧，牠不僅燒得發了白，並且立刻就燒熔了。現在白金絲的一端形成一個美麗的小球了，我如果把牠燒得再長久些，牠就要落下來了。

生 牠亮得簡直叫人不能正眼相視了。但你原來是想把氫氣燈的熱度指給我看的呀。

師 這火焰裏燃燒的東西，大部分就是含在酒精裏的氫氣。爲了要獲得真正的氫氣火焰起見，我們必須把氫氣發生器做得大些跟實用些纔行。照像現在用的這一個，當你加進

新鮮鹽酸的時候，氫氣出來的實在是太快了；等到後來却又太慢了，所以是無法得到一種均勻的火焰的。讓我們另外來做一套氫氣發生器，使牠放出來的氫氣恰能適合我們的需要。

生 你怎樣可以使牠有這副本領呢？我對這一點倒懷着幾分好奇心呢。

師 我把兩個有木塞跟玻璃管的瓶完全照着氧氣櫃那樣裝配起來，所不同者，不過是瓶比較小一點罷了。一隻瓶裏放鋅，一隻瓶裏放稀鹽酸；而把後一隻瓶放在比較高些的地方。我現在若把安在裝鋅的那隻瓶上的并夾開開，鹽酸就會流到鋅上面去而生成氫氣來了——

生 並沒有什麼出來呀！

師 因為吸管裏還沒充滿鹽酸，所以還不能起作用呢。但我只要吹一吹裝鹽酸的那隻瓶上的短管，就會立刻發生作用了。

生 可不是，鹽酸裏起了泡沫了。但你為什麼在鋅的下面還裝了一層石子呢？

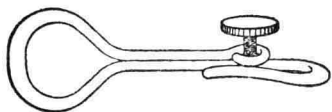
師 這你馬上就會明白的。現在，我把那隻能讓氫氣流出來的并夾關上，你看見什麼嗎？

生 鹽酸從吸管裏倒流到上面的那隻瓶裏去了。啊！現在我明白了。不能再流出來的氫氣把鹽酸從下面的瓶裏壓到上面的瓶裏去了。

師 一點兒也不錯。但瓶底是不平的，所以鹽酸是不能都流出去的。因此，那積下的一份鹽酸，若沒有石子鋪在鋅的下面，就要繼續跟鋅發生作用了。

生 那真奧妙：不愧是個貨真價實的自動機。

師 現在，讓我來試驗我的氫氣是不是已經純粹了，因為要等牠已經變為純粹之後，我們纔能把牠點着呢。我用并夾把



第二十八圖

火焰弄成適當的大。爲了這個用處，所以并夾上纔有一個螺旋的（第二十八圖）。現在，我

把氧氣的尖頭通進去，你瞧，火焰又變得又小又尖了。白金絲比以前熔得更快了。你若把鐘表上用的鋼法條的一端放在火裏，牠起先是燒成白熱，後來也會放出很好看的火光燒將出來呢，就如同是把牠在氧氣裏燃燒一樣。一根削尖的粉筆，也會燒熱起來，而放出太陽一般的亮光呢。

生 這是何等美麗的焰火呀！

師 這可以告訴你，純粹氫氣跟純粹氧氣構成的火焰，換句話

說，就是爆炸氣的火焰，的確是熱得非凡的。

◎◎◎◎◎◎

生 那也許是我們所能製造的最高的熱度吧？

師 不是的，牠的熱度還不到攝氏二千度，而弧光燈裏的熱度却能超過攝氏三千度呢。但牠跟平常火爐裏的熱度比較起來，却不能算低了。

生 今天我真見識了跟學會了不少的東西！

第十九章 水

師 水的成分是什麼，牠是怎樣由這種成分構成功的，我們都已討論過了。今天我們要就水的本身來討論了。水占有地球表面的大部分，你是知道的。

生 是的，大約是七分之五光景。

師 但造成海洋湖河的水都是不純粹的，因為有大量的其他質素溶解在裏面呢。

生 海水裏含有食鹽，我是知道的；但我却不知道其他的水裏也是含有別種質素的。

師 你怎樣纔可以知道海水裏含有食鹽呢？

生 海水是鹹的。

師 一點兒也不錯。其他的水，例如天水跟泉水的味道都是一樣的嗎？

生 不是的，我曾經嚐過一次天水，牠的味道很不好。

師 那末，從這些不同的味道上，你就應該可以斷定牠們是含有其他質素的了。這裏是少許純粹水。你嚐一嚐牠的味道

看。

生 牠的味道也跟天水一樣是不好吃的。純粹水是怎樣製造的？

師 用蒸餾方法製造的，這就是說先使水變成蒸氣，然後再使蒸氣冷卻，使牠變成液態水的。

生 爲什麼這樣一來，水就會變純粹了呢？

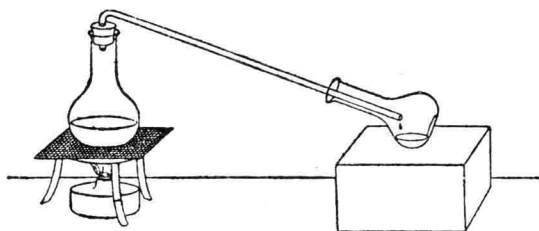
師 普通的水裏所含有的不潔成分是不會揮發的，所以是不能變成蒸氣的。現在，我取了一點普通的飲水在這裏；爲的要使你很明顯地看到牠是含有不潔成分的，所以再倒些墨水進去；我如果把這黑色的液體加以蒸餾，那末，餾過去的就是碧清而純潔的水了。

生 我倒想看一看呢；這試驗是怎樣做的？

師 有種種的方法；我們先用最簡單的方法來做。我把一個有洞的木塞裝在這隻薄燒瓶上，再在木塞的洞裏裝一根向下彎成尖角的玻璃管進去，然後把黑色的水倒進燒瓶裏去燒牠，一直燒到牠沸騰爲止（第二十九圖）。

生 蒸氣已經昇到管子裏去了，已有水珠從管子裏流下來了，牠的確是碧碧清的。

師 我們再把另一個燒瓶套在管子的下端把蒸餾水聚集起



第二十九圖

來。

生 現在，這一隻燒瓶裏面已到處給露潤溼了。現在出來的蒸氣不再凝結了。

師 那是什麼原故？

生 因為燒瓶太熱，蒸氣不能再冷却了。

師 一點兒也不錯，所以我們如果要真正的蒸餾，那末，一定還要準備一個冷却器纔行呢。我可以先很簡單的來做：我把裝冷水的瓷皿放在燒瓶的下面，這樣一來，燒瓶就冷却了。

生 但瓷皿裏的水也變熱之後怎樣辦呢？

師 那末，我們就得停止工作了。在這裏，你可以看到一個尤其對於大化學工業含有重要意義的事實，就是：一切的工作必須繼續不斷地進行纔好。要達到這個目的，必定要不斷地補充消耗去的東西跟不斷地移去多餘的東西纔行。

在 這 個 試 驗 裏 消 耗 掉 的 是 什 麼 東 西 ？

生 變 成 蒸 氣 的 水 消 耗 掉 了 。

師 對 啦 ， 除 了 水 之 外 ， 還 有 蒸 發 時 所 必 需 的 熱 也 消 耗 掉 了 。

什 麼 是 多 餘 的 ？

生 瓷 皿 裏 的 溫 水 。 我 們 可 以 用 一 個 吸 管 使 牠 流 下 來 ， 而 把 新 鮮 的 水 從 上 面 加 進 去 。

師 說 得 好 極 了 ； 至 於 蒸 餾 掉 的 水 呢 ， 我 們 也 可 以 用 一 隻 漏 斗 把 新 鮮 的 水 裝 到 燒 瓶 裏 去 補 充 牠 的 。

生 蒸 氣 豈 不 要 從 漏 斗 裏 跑 出 來 嗎 ？

師 只 要 使 管 子 的 下 端 浸 到 水 裏 去 ， 牠 就 不 會 讓 蒸 氣 出 來 了 。

但 我 們 的 冷 凝 器 還 得 改 良 纔 行 ， 因 爲 聚 蒸 餾 水 的 燒 瓶 只 有 一 半 放 在 水 裏 ， 上 半 部 仍 是 熱 的 ， 所 以 蒸 氣 是 不 能 完 全 凝 結 的 。

生 那 我 們 就 得 把 牠 反 復 地 轉 動 ， 讓 冷 的 一 面 總 轉 到 上 面 去 纔 行 呢 。

師 這 樣 一 來 ， 就 又 得 添 上 一 個 人 或 一 副 器 械 纔 能 做 這 試 驗 呢 。

我 們 所 需 要 的 ， 乃 是 一 個 能 自 動 做 這 一 切 工 作 的 冷 凝 器 。

生 我 們 只 要 照 着 下 面 流 掉 的 水 的 多 少 ， 不 斷 地 把 冷 水 從 上

面加在燒瓶上就行了。

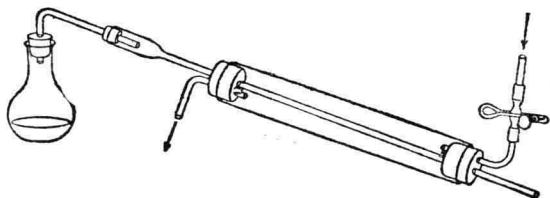
師 這辦法已經比較好些了。可是還有一個缺點：加進去的冷水會跟瓷皿裏的溫水混和起來，這樣一來，我們就得耗費很多的冷水了。我們不能加以改良嗎？

生 你的要求可真多呀！

師 我們如果要解決一個工業上的或科學上的問題，決不可因為已達到某種程度就行自滿的，所以總得要時時刻刻地發問：我們不能再加以改良嗎？還有，當我們找到一個缺點或者不健全的地方的時候，也該同樣地發問：我應當怎樣去改良牠呢？

生 我想不出什麼方法來。

師 我們用這個冷凝器（第三十圖）就可以達到我們的目的



第三十圖

了。牠是由一個通蒸氣的內管跟一個裝冷水的外套構成

的。這種外套也可以用金屬薄片製造，牠的兩頭裝着鑽有兩個洞的木塞；一個洞裏插着一根蒸氣管；另一個洞裏各插着一根短管子，上面的用作吸水，下面的用作排水。再用一個螺旋并夾調節水量；熱水是從上方流出去的。

生 冷水爲什麼一定要從下方流進去呢？我覺得如果讓冷水立刻跟蒸氣接觸，應當可以冷得格外好些呢。

師 你這話恰是說反了。溫水比較來得輕，如照你的話去做，牠又要昇到上面去跟冷水混和了，而結果我們又犯了浪費的毛病了。冷水如果是從下面流進去的呢，那牠的功用，不過是使剩餘的一部分蒸氣凝結罷了。牠愈向上流就變得愈熱，因爲牠是儘量的在吸收熱，就是那從上面流進管內的蒸氣也會被將近熱到一百度的熱水冷卻一些呢。因此，冷水的功用將近可達到十分之十的地步，因爲冷水跟熱水的無益混合作用在此地是任憑如何不會發生的。

生 我這纔知道在那小小的器具裏原也藏着很多的奧妙哩！

師 在這裏，你學會對流的第一種應用了。當蒸氣從上面流向下面而漸漸失掉熱的時候，冷水就從下面流向上面而漸漸的將熱吸收了去了。這一類利用對流的奧妙的事實，你以後還要碰到很多呢。對流的應用往往是可給予一種問

題以最經濟的解決方法的。

生 我雖不能十分了解；但遇有相似的問題發生時，我總加以注意就是了。

師 瞧，我們現在已聚集了一些蒸餾水了；你可以證實牠的味道跟我先前給你的水的味道完全一樣，並不帶墨水味道的。

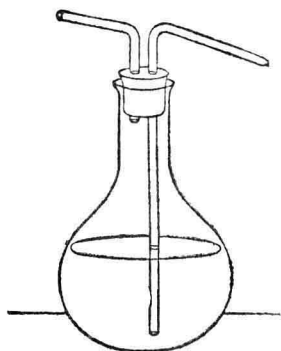
生 泉水雖沒有特別的味道，可是喝起來倒還適口。這水爲什麼就這樣難喝呢？

師 因爲我們從小喝的就是含有某幾種質素的泉水，所以是已經習慣了；至於純粹的水，却會對於我們的味覺惹起一種跟泉水所引起的不同的印象，所以我們纔覺得牠是不適口的。——現在我們要做一個洗滌瓶了。

生 洗滌瓶是什麼？牠有什麼用途？

師 我們做化學實驗時，必須用純粹水纔行，因爲這樣纔不致把我們所不要的質素弄到我們的溶液裏去呢。爲了應用時的方便起見，我們須把這種水貯藏在一種簡便的器具裏纔行。這種器具的製造法是這樣的：我先切兩根玻璃管，一根比這瓶約高一倍半，一根則稍許短些。我先把長的一根的一端放在火上轉動着，讓牠變軟而不斷地收縮起來；

等到口子的直徑合到將近二分之一毫米的時候，就使牠



第三十一圖

冷卻。然後，我再把短的一根彎成鈍角形，把長的一根——在牠的頭端冷卻以後——彎成銳角形；最後把所有的頭都燒圓牠，把牠們插進鑽有兩個空洞而合於瓶口的木塞裏去，而我的洗滌瓶也就成功了（第三十一圖）。我把牠洗乾淨以後，就把蒸餾水裝進去。

生 這些東西有什麼用途呢？

師 我如果朝短管裏一吹，水就會像一條線似的從另一個管子裏射出來了；我要牠射在什麼地方，就能叫牠射在什麼地方呢。我如果需要更多的水呢，那我祇須把瓶倒豎起來，就有很多的水從口管裏流出來了。

生 在我看起來，您為了一個小小的目的所費的工作似乎是太大了。

師 並不見得；因為我有了一個洗滌瓶，平常的工作就省力而穩妥得多了，你不久就可以知道我當初所做的工作並不是白費力的。『工欲善其事，必先利其器』這句話說得再切

也沒有了。洗滌瓶對於化學家就是一件含有這種性質的利器。

生 但我的父親曾向我說起過，說是法郎克林說的，我們當緊急時應該能把錘子當錐子或把錐子當鋸子應用纔行呢。

師 這也不錯！牠的意思是說我們不該固執一法，而應當隨機應變纔是。但一時權宜之計跟正常的工作之間，却有一個很大的差別。當我沒有鋼筆尖的時候，我固可用一根浸在墨水裏的火柴寫字；但用筆尖寫起字來究竟要快些好些，所以我還是歡喜用筆尖而不歡喜用火柴寫字的。——不過，我們愈說愈遠，竟把水忘却了。水是什麼顏色的？

生 我猜是全無顏色的。

師 是的，水層淺的時候，牠是沒有顏色的；但在水層深的時候，純粹水却是青色的。

生 水層的厚薄有什麼關係？

師 水的青顏色是極淡的，所以當水層淺時，我們是看不出牠的顏色的，但層次愈厚顏色就愈明顯，這你不早就已經學過了嗎。所以當純粹水放在白瓷的浴盆裏時，我們就能看到牠是青色的了。

生 等我遇到機會的時候，我倒要留心看一看呢。但河裏的水

却不是青色而是褐色的。

師 那是因為河水裏含有褐色的雜質的原故。海水裏通常是沒有這種質素的，所以纔是青色的；倘有少許褐色的質素含在海水裏，牠就會因此變成綠色了。

生 但是海水裏含有食鹽，並不完全是純粹的呀。

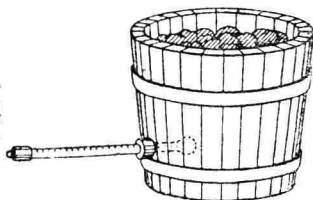
師 一點兒也不錯；不過食鹽是沒有顏色的，所以水的顏色是不會因此改變的。——水的密度是多少？

生 這我還記得呢。因為水的密度用作單位了，所以是等於一。

師 答得好。水的密度在攝氏四度時是等於一；而在所有其他溫度之下却都比較小些。所有的質素差不多都是遇熱則脹的，唯有水在零度與四度之間却是遇熱則縮的，牠在四度以上纔會遇熱則脹呢。

生 這我倒要見識見識呢！

師 這可用許多方法來試驗。你拿一個木桶，在靠底的場合鑽



上一個洞；洞裏放一個木塞，木塞裏插一支溫度計。然後在這個桶裏裝滿含有冰塊的冰水，使牠平平穩穩地放在那兒（第

三十二圖)。過了一會兒，浸在表面的另一溫度計所示的是零度，而那安在下方的溫度計所示的却是零上四度。這現象你倒解釋解釋看！

生 因為水的密度在四度時最大，所以都聚集在最下層了。

師 照理你雖還得補充幾句，但就大體上說你的話是對的。

生 我正想起：我們不能把這做得更簡單些嗎？我們如果像做溫度計一樣，把水裝進一根下端含有一個球的玻璃管裏，那末，水豈不是會在零度到四度之間先向下沈，從四度起向上又往上升嗎？我們不能這樣製造一個水溫度計嗎？

師 這我們馬上就可製造出來的。這裏有一根玻璃管，牠的圓徑約為二分之一毫米。我把牠的一端燒到收縮起來為止，然後跟吹肥皂泡似的朝裏一吹，牠就形成一個球了。我再在上端裝一個木塞。木塞上套上一段比較粗些的玻璃管，倒些水進去（第三十三圖）。現在，我把球稍微加一加熱：水面上即刻就有氣泡出來了。然後再使牠冷卻，你瞧，有一點點水被吸進球裏去了。我先來把牠燒沸；然後把火移開去，你瞧，水在朝球裏直衝呢；現在，球裏已經完全裝滿水



第三十三圖

了。往往也會有一個小氣泡留在裏面，但牠是很容易去掉的。我如果先使水冷卻，然後把牠直放着加熱。氣泡就會由玻璃管裏跑出去了。

生 但我怎樣纔能把度數刻上去呢？

師 我可以用火漆把一條舊毫米尺或是一條毫米紙黏在玻璃管上。等水溫度計取得室溫之後，就把上端的粗玻璃管去掉牠。現在，我把牠跟另外一支溫度計交給你，你把牠們紮在一起，但須使刻度表可以讓我們清清楚楚的看得見纔行。紮好之後，把牠們放在一個較大的水杯裏，而把溫度計裏的水銀跟水溫度計裏的水所停留的場合都記錄下來。然後再放一點點冰在水裏，使牠的溫度大約降低兩度光景，把牠好好的攪一下（至少須五分鐘之久），攪到水溫計所示的高度不再改變為止，就再把高度記錄下來。你照這樣做下去，一直到零度為止。明天把結果報告給我聽。

生 怕您不會滿意呢。昨天我化了整整一下午去試那溫度計，但不能發現水的容積在四度時是最小。

師 那末，你發現了什麼呢？

生 我發現溫度起初開始降低時，水的確是下降的；但在八度

時，牠却停着不動了。我如果再使牠冷些呢，牠就又上昇了。我發現容積總是在八度的時候最小。

師 這是什麼原因呢？

生 那我倒沒有去想牠呢。我總以為我是觀察錯了，但弄來弄去結果却總是相同的。

師 如此說來，你的觀察是正確的了。你觀察的是什麼？

生 我觀察的是水的容積。

師 不對，你僅不過觀察了水的高度，而由高度再去推定了容積罷了。你如果想從水的高度去推定牠的容積，那你就得先斷定溫度計的球的內容係保持未變纔行呢。這你敢斷定嗎？

生 讓我想想看。我敢斷定牠是這樣，因為我在同一溫度所得着的高度總是相等的呀。

師 好好。但你由這上頭也只能推定溫度計的球的內容在同一溫度之下是相等的罷了。你現在感覺到什麼沒有？

生 你的意思是說球的玻璃因着熱而膨脹了嗎？那是不成問題的，因為玻璃是很薄的，牠祇抵得水的容積的極小一部分而已。而這個小容積的膨脹量總不能造成那麼大的區別呀。

師 這你是想錯了。你以為玻璃佔的容積的變化在此地是有關重要的，是不是？那是錯誤的！這兒有關重要的乃是玻璃球的容積的增加量，而此膨脹量跟一大小相等的實心玻璃球的膨脹量却是相等的。牠跟水的膨脹量差不多也是相等的。

生 可是我們的球又不是實心的咯？

師 你假設把一個實心的球均勻地熱到某某溫度，牠裏面會不會有張力發生？或者牠是可以保持平衡的呢？

生 我猜牠是保持平衡的，因為牠是均勻地膨脹的。

師 對啦。你現在再假設這個實心的球是由許許多多的空心的球疊起來造成的，你若把牠加熱，牠會不會跟先前不一樣呢？

生 我看不出牠有什麼理由會跟先前不一樣。——現在我知道了；不管內裏是空心的或是實心的，外面的空球膨脹起來總是一樣的。這倒怪妙呢！

師 現在，你可以明白你為什麼纔會把表明水的最小容積的那一點求得過高的。如果水是完全不會膨脹的話，牠就會隨着熱度的升高而下降了，因為球的容積是變大了。事實上水却是會膨脹的，所以等到水的膨脹率跟玻璃的膨脹

率彼此相等的時候，牠就停在玻璃管裏不動了。這是八度時發生的現象。所以你所觀察到的，乃是水的膨脹率跟玻璃的膨脹率二者之差；你如果要知道前者是多大，那你就得先知道後者是多大纔行，但這不是容易做到的。

生 噢喂，我還以為我比旁人做得好呢，原來這一番心血却是白費的。

師 那倒不然，因為你可以由此看出我們每逢做實驗的時候，必定要仔細思想，方能明白當中的道理，這對你是很有益的。

第二十章 冰

師 你昨天認識了水的若干性質；其中那一種是你記得最牢的？

生 關於水的最大的密度跟與這有關係的幾種實驗，我記得最牢。我曾經用水桶試驗過，結果一點也不錯。

師 好。水在四度時密度最大，這個事實對於自然界關係是極重大的。

生 這小小的區別，對於自然界爲什麼就這樣重大呢？

師 當一種靜止的水——譬如湖——在冬天從上面起冷卻時，那已經冷了的水最初會不斷地向下沈，直到全部的水的溫度達到四度時爲止。但到後來，上面的冷水就停留在上面而漸漸結冰了，而下面的水却仍保持攝氏四度的溫度而不變，正和你在木桶裏做的試驗是一樣的（參看第十九章）。

生 如此說來，魚倒還不至過於受凍呢。

師 這一點倒還在其次。假定不是那樣的話，冰就要沈在湖

底，而結果不是湖面上結冰，而將使整個的湖結成冰了。這樣一來，魚就都得凍死，而春天開凍的時間也要長久得多了。不過在嚴冬的時候，那水流很激的河裏的溫度也往往能達到零度，結果就造成水底冰了；當水底冰的體積大到某種程度時，牠就要浮到水面上來了。

生 我一向還以為冰是浮在水面上的，所以湖面上纔會結冰的呢。

師 這一點也可以幫助自然防止湖水全部結冰呢。說到這裏，使我想起冰的性質來了。水在零度會變成冰，你是知道的。但我現在要試驗給你看，這不一定是對的。我如把搗碎的冰跟少許食鹽混和起來，溫度就會降到零度以下去，並且食鹽愈加得多，溫度跌得也就愈低呢。現在，把你的水溫度計跟那支水銀溫度計都交給我。我的冷混和物的溫度是零下五度；我把水溫度計放進去，使水冷卻。

生 水會結冰而把小球脹破呢！

師 破了，你再吹一個新的不就得了嗎。但是你等着罷，牠纔不會這樣快就結冰呢。

生 這是什麼道理？

師 在沒有現成的冰跟牠放在一起的時候，水會冷到零度以

下許多，也是不會結冰的。但牠跟現成的冰一接觸，那牠立刻就要凍起來了。

生 爲什麼會這樣呢？——對不住，我知道我應該問：「這跟什麼有連帶關係呢？」

師 這是一個比較困難的問題。水跟冰同時存在的時候，溫度總保持零度而不變，這你是記得的。你如果單獨把水冷到零度以下，事實上這時雖有結冰的可能，但並沒有一種非如此而不可的必然性存在。這是一個很普通的事實：即使條件都已具備，可使某種新質素或形態分離出來，但這作用通常是不會自動發生的，所以多少總是要超過那一點的。僅當這種新的東西存在時，纔不會發生這現象，而結果新的東西也就愈變愈多了。

生 這又不是說明咯，這不過是一種敘述罷了。

師 這話一點兒也不錯。現在，你既知道了這種現象在怎樣的情況之下纔會發生，牠的性質究竟是怎樣，你還不知足嗎？等你的化學知識學的充分足夠之後，你自然會學到與此有關的其他更深一層的關係，而從各方面去了解這種情形呀。我們所能由科學獲得的一切，實不過僅此而已，但這的確不算少了。爲了將來討論這種問題時的方便起見，

讓我來把這個現象的名稱告訴你。僅就水說，這現象稱爲過度冷卻；通常則稱爲過度現象。

生 我看，我還得學許多東西呢！

師 世上是沒有人能學得完的。——冰是浮在水面上的；你能根據這一點做一個怎樣的結論呢？

生 我可以做一個結論說冰是比水輕些。

師 你以爲水在結冰的時候會失去重量嗎？

生 不是……我是說被冰擠走的水要比冰重些。

師 假使牠能沈下去的話。換句話說，就是：當水結成冰的時候，冰所佔的容積是要大於水原先所佔的容積，並且還大得可觀呢；以容積計算，十份水會構成十一份強的冰呢。這也是水的一種特徵。其他的質素在凝固時都會縮小，所以固體在牠們的熔質裏，總是往下沈的。

生 這與水在四度下會膨脹的那個事實有連帶關係嗎？

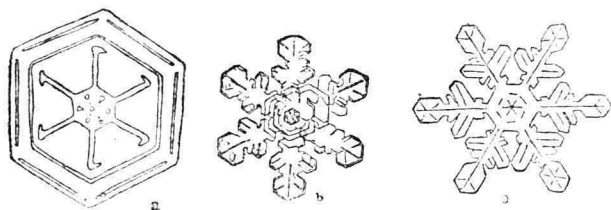
師 關於這個問題，曾有許多人想過；但至今還沒有得到確切的解答呢。牠們也許是有連帶關係的。——水開始結冰時的情形，你有沒有仔細觀察過？

生 你是說結冰結的還不多的時候嗎？那時水面上會構成功針狀的冰，水窪裏就常有這種現象的。

師 那是晶體，因為冰原是一種可以結晶的質素呀。

生 這我是知道的，因為很大的雪晶體我已看到過好多次了。牠們就像含有六根射線的星或六角薄片似的。

師 一點兒也不錯；這裏是幾張雪晶體的相片。（第三十四圖）



第三十四圖

就是窗上的冰樹也是冰的結晶。

生 但牠們是沒有有規則的平面的。

師 這是因為水在玻璃上凝結得太快了，所以纔不能構成完美的晶體的。但在玻璃片上很光滑的地方，我們就往往能找到很規則的晶體了，這些晶體是從空氣裏的水蒸氣裏慢慢地分離出來的。

生 如此說來，霜也是由晶體構成的了？

師 可不是嗎；當太陽照在霜上的時候，牠就在霜的表面上反映出來，霜的光輝就是這樣來的。就是那水面上的冰片也是晶狀的，這你不難在精密的觀察下將牠加以證明的。

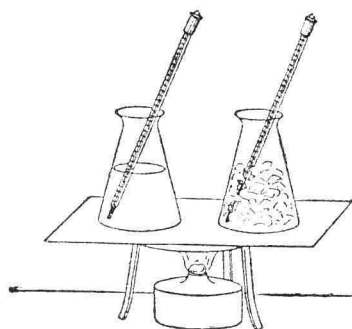
——冰的顏色跟液態水一樣，也是青的。

生 可是雪的顏色却完全是白的呀！且慢！我已知道這當中的原因了，因為雪是非常細的，所以纔顯得是沒有顏色的（參看第二章）。我也記得冬天的大冰塊，在若干方向是現着很明顯的淺青色的。

師 在那些永久為雪所籠照着的高山上，冰塊往往會滾到山谷裏去，這些冰塊叫作冰河。在牠們移動的時候，牠們會分裂開來；在那裂口的場合，我們可以看到最美的青色呢。

生 這是因為光線須穿過很厚的冰層的原故。

師 對啦！現在，我們來仔細討論冰的熔解吧。我先把一塊厚鐵片放在一個三角架上；三角架下面是一盞點着火的酒精燈。



第三十五圖

然後再拿兩隻同樣的燒杯或燒瓶，一個用作裝冰，一個用作裝跟冰等重的零度的冷水。等裝好之後，就把牠們對稱地放在鐵片上，使牠們可從下面得着同樣多少的熱；然後再在每隻燒瓶裏放

進一枝溫度計。現在實驗可以開始了（第三十五圖）。

生 要我觀察什麼呢？

師 你可以看到冰雖然消耗了多量的熱而卻不會變熱起來。

生 那怎麼可能呢？

師 你瞧：水裏的溫度計現在已從零度昇到二十度了。在冰裏的還是零度呢。

生 那是應該這樣的，因為水跟冰在一起的時候，溫度應當是零度的。

師 一點兒也不錯；冰吸收的熱跟水從零度到二十度之間所吸收的熱多寡原是相等的，可是牠却不曾變熱。這倒是怎麼一回事呢？

生 因為有一部分的冰熔解了。如此看來，冰熔解時一定有熱消耗掉了。的確是消耗了嗎？

師 正是那樣。熱是什麼？

生 熱是一種能或工作，那末，使冰變成水原是需要工作的。

師 一點兒也不錯。在從前還沒有創出能的概念的時候，人們對於這件事情頗覺得驚奇，以為這裏的熱雖不能用溫度計觀察出來，但牠的確是存在的，不過是隱着的罷了；所以他們稱這種熱做潛熱。現在，雖有一個正確的觀念替代了從前的錯誤觀念，但潛熱這個名字還是適用的。

生 我還想知道的比較詳細些呢。

師 普通爲了改變一種現存的狀態，一定要消耗工作或能纔行，這是你知道的；在這兒也是這個道理。譬如你要使一塊糖變成糖粉，或是把一根棒折斷，或是把一根鐵絲弄彎，你總得消耗工作纔行。因此，冰熔解時也得需要工作，而這種工作只要把熱加進去就可以完成了。

生 我們也可以用別種方法去完成這種工作嗎？

師 當然可以的；你如果把兩塊零度的冰塊互相摩擦的話，牠們也會變成液體的。瞧，現在冰已熔解了，溫度已比零度稍許高些了。另一溫度計的溫度已昇到八十度附近了。現在你記牢：一克水熱高一度所必需的熱量，我們稱之爲一卡，西文縮寫爲 cal. 如要使一克水的溫度提高八十度，那就需要八十卡，如要使二百克的水熱到三十度，那就需要 $200 \times 30 = 6000$ 卡。所以熱量可由昇高的溫度度數（以攝氏度數計算）乘水的重量（以克計算）以求得之。

生 這我懂得了。但水冷却時是怎樣情形呢？

師 冷却時，牠得放出熱來，其多寡則可用溫度的差別乘水量以求得之。——在我們剛纔做的那個試驗裏，把水熱高八十度所用去的熱跟熔解與水同重的冰所用去的熱，多寡

乃是相等的，所以每克的水跟每克的冰所吸收的熱都是八十卡。如此看來，要使每克的冰變成零度的水，就非有八十卡不可。換句話說，就是八十卡乃是冰的熔解工作或熔解熱。我們也可用我先前告訴你的那個舊名字，說八十卡乃是冰的潛熱。

生 但這個數目祇能適用於一克的冰呀。

師 這話是不錯的；我們所以歡喜把重量單位作為這一類數目的標準的原因，乃是因為以後只須把重量去乘牠，就可以求出某某重量應有的數值了。我們立刻來把牠應用一下看。我們稱五百克的水在一個玻璃杯裏，用一支比較精密些的溫度計量一量牠的溫度，量出來剛是十八·七度；然後我們再來秤一塊冰。牠的重量是三十四克。我現在把冰放在水裏，用一支溫度計小心地去攪牠，攪到冰熔解了為止。溫度跌到一二·四度了。我們可以由此把冰的潛熱計算出來呢。

生 讓我來試試看。五百克的水由十八·七度跌到十二·四度，是用去 $18.7 - 12.4 = 6.3$ ； $500 \times 6.3 = 3150$ 卡。這多的熱熔解了三十四克的冰，每克的冰是用去 $3150/34 = 93$ 卡。對嗎？

師 差不離是對的，但不完全是對的。因為所謂 熔解熱 者，乃是一克溫度為零的冰變為溫度亦為零的水所耗去的熱，但這兒的冰水在試驗終了時並不是零度，牠跟原來的水合起來時恰好是十二·四度。所以你把熔解熱算得太多了，牠實際上並沒有這麼多。

生 這我是了解的。但怎樣纔能算得不錯呢？

師 祇要通盤計算一下就行了。五百克的水失了 $5.00 \times 6.3 = 3150$ 卡是不錯的。但其中有 $34 \times 12.4 = 422$ 卡是爲了使零度的水變成十二·四度所用去的，所以只有 $3150 - 422 = 2728$ 卡是用作熔解冰的。這個差數給三十四一除，就得到冰的熔解熱（八十卡）了。

生 我又看出做試驗並不難，要得到正確的結果却不容易呢。

師 我們離正確的結果本當還遠呢。因為不僅是五百克的水變冷了，就是溫度計跟玻璃杯也同時變冷了；這一層我們還沒注意到呢。再則，玻璃杯跟冷水放在屋裏是會漸漸熱起來的，所以在冰熔解的時間內已有熱從外面進去了，所以我們得到的溫度事實上是稍許高了一些。我們應當顧慮到的還不盡於此呢，但我不想再多說了，否則怕要把你弄糊塗了呢。

生 我已經有些糊塗了。世上竟有懂得這麼多，並且還會做得一點也不錯的人，真使我有點不大了解了。

師 彫刻或繪畫你不是不會的嗎；你在學會騎腳踏車以前，不是也覺得很困難的嗎。一切的本領都是由學習中得來的，要能做正確的量度也何嘗不是如此呢。世上的學問，是永遠學不完的。據最精密的試驗結果告訴我們，冰的熔解熱是八十一卡。

第二十一章 水蒸氣

師 今天臨到講水蒸氣了。

生 說來說去還是水！假使我們學習其他一切質素時都得化這麼多工夫，那我的化學知識是不會學得很多的。

師 我們不過拿水來做一個榜樣，以便認識一切質素在各種不同情形下的性質罷了。例如你在水熔解跟凝固時所見到的各種有規則的情形，就是在其他的質素也完全是相似的，所以在那裏你就用不到再學了。

生 但我們爲什麼偏要拿水作爲榜樣呢？

師 在所有一切質素中，水是我們研究得最透澈的一種東西，所以我們對於牠知道的也最清楚。

生 我們到底是爲什麼一定要選擇水呢？

師 因爲地球上水多的原故。你只要想：假使溫度是在零度以下，地面的情形就要跟溫度高於零度時大不相同了。其故無他，只因水在零度是要結冰的。所以當溫度降到零度以下時，不僅要有冰雪出現，就是植物的生機也得停止了，

因爲此時植物裏所含的水也不能繼續活動了。

生 是的,我知道水的影響真是無孔不入的。

師 此外,因爲水在地球上這樣的豐富,所以要把牠提淨,也比提淨任何其他的質素來得容易。所以就水的某種性質講起來,拿牠去跟其他的質素比較,的確是再適宜也沒有了。你在討論溫度計跟密度時已經遇到過這種情形了。就是在其他許多性質上,水也是可作爲「標準質素」的。——這樣看來,我們實有許多理由去詳詳細細的認識水的性質,比較認識其他質素的性質要緊得多了。所以我們再來討論水的沸騰。

生 關於水的沸騰還有什麼特別可學的東西嗎?不管火頭的大小,水總在一百度的時候沸騰,這我記得很牢呢。

師 再有什麼特別可學的沒有,你馬上就會知道的。我把水裝在一只燒瓶裏,等牠燒滾之後,就用一個木塞把燒瓶塞住。結果是什麼?

生 結果蒸氣壓力會上昇,而把燒瓶脹破呢。

師 不錯。因爲這關係,所以我把火移開去,讓一切冷下來。我現在倒些水在燒瓶上使牠冷得快些;你看見什麼嗎?

生 那倒怪呢!水又沸騰了!

師 我再把水倒在燒瓶上，裏面的水又沸騰了。現在已經全部冷得可以用手去拿，而不至於燙傷了。此時水的溫度大約是五十度；但我每逢把冷水倒在燒瓶的上半部的時候，裏面的水就又沸騰起來了。

生 這我確是不能了解。

師 爲什麼不能了解？你看見的不明明是事實嗎！

生 水在一百度時沸騰，我是學過的；但是牠現在在溫度很低的時候就沸騰了。

師 那你可以做一個怎樣的結論呢？

生 我可以做一個結論，說水在任何溫度下都是能沸騰的。但這是胡說霸道的！

師 爲什麼？

生 因爲先前不論火頭是大是小，水總是在一百度沸騰的呀。

師 不錯！但當我們看到一個現象起了變化的時候，我們就應該斷定這一定是另有原因的。你仔細想想看。先前沸騰時跟現在沸騰時有什麼不同的地方沒有？

生 先前是在加熱時沸騰的，而現在卻是在冷卻時沸騰的。

師 單是冷卻是不能使水沸騰的。否則，當你把火移開去之後，燒瓶裏的滾水豈不是應當繼續不斷的沸騰下去嗎？還

有一個根本的區別你看不出來嗎？

生 是呀，你把燒瓶塞住了。但那小小的一個木塞怎會影響沸騰呢？

師 你把木塞拔去看！

生 可不容易拔呢。好像空氣在拚命朝裏鑽呢。

師 如此說來，燒瓶裏的空氣壓力是變小了。你想一想這是什麼原故？

生 這我是明白的。先前沸騰時，蒸氣把空氣趕跑了，後來燒瓶被塞住，空氣就不能再進去了。

師 對啦！燒瓶裏騰下的祇有水跟水蒸氣了。後來，當我把冷水倒在燒瓶的上半部時，水蒸氣因此凝結起來，壓力因此減低下去，所以水就沸騰了。

生 如此說來，在我們減低壓力的時候，水的確是會在任何溫度之下沸騰的。

師 水在任何壓力之下都是會沸騰的，並且總有一固定的溫度相當於每一壓力，所以僅在壓力恰恰是一氣壓的時候，沸點纔會是一百度呢。在壓力很低的高山上，開水的熱度已不能把肉煮熟了。

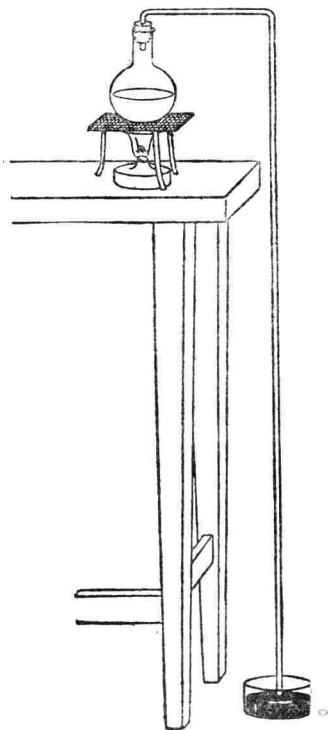
生 那我倒想看看呢。

師 讓我來做幾個試驗給你看。現在，我在燒瓶口上安上一個有洞的塞子，在那個洞裏插上一根彎了三折而外股是八十毫米長的玻璃管(第三十六圖)。我把玻璃管的一端浸在一個裝着水銀的盆裏，把燒瓶來加熱。你聽，最初是空氣通過水銀的聲音。現在聲音變了，就好像是由金屬發出來的了。

生 這聲音是從何而來的呢？

師 現在水蒸氣裏差不多不再含有空氣了。當蒸氣泡走進冷水銀時，就突然變成液態水而破裂了，因此水銀就跟水銀互相碰着而發出金屬之聲了。當空氣還雜在蒸氣裏的時候，牠會隔在水銀之間，所以是不會發出現在這聲音來的。我現在把火移開去，把冷水倒在燒瓶上，水又沸騰了。

生 玻璃管爲什麼要放在水銀裏呢？



第三十六圖

師 你現在注意我把冷水倒在燒瓶上時會發生什麼現象？

生 在您把水倒上去的一瞬，水銀突然昇高了。後來，水銀在水沸騰時雖然降低了些，但牠停留的位置比較原來卻仍高些。

師 我先前向你說的一切，你現在親眼看到了。燒瓶裏的壓力愈小，水銀就昇的愈高。水銀的位置在我把水倒在燒瓶上的那一瞬最高，後來因為燒瓶裏又充滿水蒸氣了，所以壓力又變大了；壓力一大水銀就又降下來了。

生 可是水銀的位置為什麼會越變越高的呢？

師 因為我把冷水倒在燒瓶上，所以裏面的水愈變愈冷，因此蒸氣壓力也就愈變愈小了。每逢我把壓力弄得更小的時候，水就重新沸騰起來了。

生 如此說來，每逢水面上的壓力比蒸氣壓力小時，水就沸騰了。你在點頭，可見我這話是說對了。但燒瓶裏僅有蒸氣，所謂蒸氣壓力究是指的什麼呢？

師 你假設有一真空的空間，那末，裏面當然是完全沒有壓力的。現在你放一點水進去；水就會變為蒸氣了。但當該空間裏已充滿相當量的蒸氣時，蒸發作用就停止了。而此時該空間裏的蒸氣的密度乃是有一定的，所以牠的壓力也

是有一定的。至於密度跟壓力之大小，則全視溫度之高低而定。在零度時，壓力很小，牠僅能把水銀提高四厘米而已。但在一百度時，牠卻大的可把整個空氣壓力克服了。

生 在一百度以上是怎樣情形呢？我們到底能不能使水熱到一百度以上呀？

師 當然可以的，祇要提高壓力，換句話說，就是不使蒸氣跑掉就行了。例如在蒸氣鍋裏，就會發生這種情形。當壓力兩倍於空氣壓力時，水的溫度就有一百二十一度，當牠的溫度達到一百八十度時，壓力就要十倍於空氣壓力了。蒸氣機就是利用壓力製成的。每個蒸汽鍋裏的壓力大小如何，你都能由蒸汽鍋上的所謂氣壓表上看出來；氣壓表就像鐘表似的，上面有一根針可以把壓力表明出來。

生 這東西我常常看到過；那上面印着的西文Atm.是什麼解說？

師 Atm. 是德文 Atmosphäre 一字的縮寫，中文的意思是大氣壓；一大氣壓就是空氣施於地球表面的壓力；而五氣壓則是五倍於此的壓力。——蒸氣除掉用作推動機器以外，也可作為加熱之用。你知道這是什麼原因嗎？

生 因為牠的溫度是一百度的原故。

師 這還不盡然；你知道，蒸氣可供給的熱比較百度的水可供給的熱多得多呢。

生 這當中的連帶關係想必跟水和冰的關係是一樣的，是不是？

師 一點兒也不錯；我們要使百度的水變為同溫度的蒸氣，必須做很大的工作纔行，這個工作是可以由加熱來完成牠的。至於所需工作之多少，我們現在可以來大略的量牠一下看。我們先把一定量的水放在燈上燒牠若干時，然後根據水的重量跟增高的溫度把那盞燈每分鐘可供給的熱量計算出來。然後再把水放在用過的那盞燈上使他燒滾，並經過一定時間的沸騰最後我們只要把牠重新稱一稱，就可以由牠失掉的重量，知道構成若干蒸氣了。由構成的蒸氣量，就能計算一克的蒸氣需要若干卡了。

生 我想來做這個實驗；我應該用什麼容器呢？

師 我們用一個燒瓶，稱二百克水在裏面。你把溫度計放在水裏量一量牠的溫度看，你瞧，水的溫度是十八度。燈已經點着一些時了，所以火勢已經均勻了。我把牠放到燒瓶下面燒上十五分鐘。——你再量一量現在溫度是多少？但你

得先把水好好的攪一攪呀！

生 是七十八度。如此說來，十五分鐘升高了六十度，每分鐘是升高了四度。因為水是二百克，所以這盞燈在每分鐘之內可以供給八百卡。

師 對啦！——現在水開始沸騰了，我看一看表看。過了十分鐘，我就把燈移開去，使燒瓶略微冷一冷。現在，讓我來稱一稱水的重量究竟輕了多少，牠輕了十四克。如此看來，一克蒸氣需要若干卡呢？

生 十分鐘乘八百卡是八千卡，以十四去除，是五百七十一強。

師 差不離是對的！正確的數目是五百三十七卡。我們得到的結果是稍許大了一點，原因是因為燒瓶在這一次的試驗裏不比先前只熱到七十八度，而是熱到一百度了，所以牠現在失掉的熱比較第一次在十八至七十八度之間所失掉的要多得多了。

生 我知道我們如要得到正確的數字，那我們就只得顧慮到許多其他的方面纔行呢。

師 一點兒也不錯；這個試驗比較量冰的潛熱時還要困難得多呢。但我們現在不用去討論牠了。水的蒸發熱差不多要

比牠的熔解熱大上七倍，這你剛纔已經看見過了。

生 熔解熱是八十一卡，可不是七倍嗎。

師 因為這個原故，所以我們纔用不着大大的費事，就可以利用蒸氣把熱從一個地方運到另一個地方去的。我們可用蒸氣鍋製造蒸氣，而把牠從管子裏引導到我們需要熱的地方去。學校跟其他公共機關裏，就常常設有這種水汀爐，其溫度的高低，則可用水汀爐上的龍頭以調節之。

生 蒸氣把熱放出之後，會變成液態水；水汀爐裏的液態水到那兒去了呢？

師 牠由另外的管子裏重新回到蒸氣鍋裏去了。水在管子裏循環地流着；而熱卻從蒸氣鍋裏走到用得着牠的地方去而停留在那裏了。這道理就跟火車龍頭上的活塞桿儘着在機器跟車輪上接受工作的那場合往復地轉動着，而工作卻祇能停留在車輪上是一樣的。

生 火車上也一定有水汀爐的，是不是？我們在冬天可以常常看見車輛之間有蒸氣放出來呢。

師 是的，這一類水汀爐裏用的就是那已經完成了牠的工作，而由機筒裏流出來的過剩的蒸氣。——現在，我們已把水的三種形態都認識清楚了。但牠對我們的意義還不止，這

一點呢。在牠的其他性質中，有一種對於我們最爲重要，這就是牠溶解其他質素的本領。你關於這一點所學過的東西，還記得嗎？

生 記得是些有趣的東西。不錯，我想起了，水溶解了一些東西之後，牠就飽和了。

師 說得詳細些！

生 我們如果把水跟牠所能溶解的東西放在一起，那末，這東西就會溶解在水裏；但牠溶解在水裏的分量是有一定的，因爲這時水已飽和而不能再溶解那東西了。

師 假使你用三倍的水呢？

生 那末，牠能夠溶解的東西就有三倍之多了呢。

師 對啦！但這是光就某種一定的溫度而言的；假使你把溶液加熱的話——

生 那末，溶解的東西也就要增多了。

師 這倒不一定總是對的。大部分的質素的性質雖是這樣；但有些質素雖處在不同的溫度之下，然而牠們溶解在水裏的分量却仍是相等的。例如日常的食鹽就是如此，牠在冷水跟熱水裏的溶解度差不多是彼此相等的。

生 有沒有那一種質素會在溫度較高的時候反而溶解得少些

呢？

師 這種例子也是有的，不過不多罷了。

生 那一類質素會在水裏溶解，那一類不會在水裏溶解呢？

師 嚴格地說起來，一切質素都是可以在水裏溶解的。但有很多的質素僅在含量極微時纔會完全溶解，所以我們得用很精密的方法纔能察出牠是溶解了呢。

生 可是玻璃總不能溶解在水裏吧！

師 玻璃倒恰巧是會溶解的呢，不過分量不多罷了。

生 我們可以看得見嗎？

師 你如果拿一點點紅蘿蔔的汁放在一片玻璃上，那牠是不會變顏色的。你如把玻璃跟蘿蔔汁一同放在乳鉢裏磨牠一磨，蘿蔔汁就很快的由紅而變青，由青而變綠了。這是因為你在磨牠的時候，有玻璃溶解了，所以纔會影響到蘿蔔汁的顏色，使牠變成綠色的。

生 磨不磨有什麼關係呢？

師 水所影響的面積愈大，那末，溶解的作用發生的也就愈快。玻璃的面積，在你磨牠的時候，是會變大的。

生 這我倒沒有想到呢。但石頭總不會在水裏溶解吧？

師 一切的泉水跟河水裏都是含有溶解了的質素的。你只要

把那些雜質在廚房裏的水鍋上形成的那一層內皮一看，就可以知道了。

生 是的，我新近還看到過有人把牠刮下出來的呢。牠在鍋爐上是黏得很牢的。

師 這一類雜質是給水在流過岩石時帶起走的；那些泉水原是極純淨的蒸餾水。

生 蒸餾水？誰去蒸餾牠的呀？

師 泉水來自雨水；雨水落在地面上，須先漏過土壤，然後纔在較深的地方出現。雨水從那兒來的呢？

生 從雲那兒來的。

師 對啦；而雲卻是由空氣裏所形成的水蒸氣凝結而成的。如此說來，雨水確是真正的蒸餾水，而且是新鮮蒸餾出來的呢。你平常看見的那由晴落裏流下來的雨水，牠已把自從末一次下過雨以後就聚集在晴落裏的灰塵通通帶起跑了，所以牠總有些不純淨的。——你知道水是怎樣跑到雲裏去的嗎？

生 牠準定是在地面上蒸發之後而給風吹到天上去的。

師 這話一部分是對的。但蒸發是需要熱的，至於需要多少熱你剛纔已經看到過了。熱是從那兒來的呢？

生 那許是太陽熱吧。

師 一點兒也不錯，那正是太陽熱。因為太陽的光綫能使牠射到的東西變熱，所以牠也是能之一種，這種能我們稱牠為光或放射能。由此看來，使水蒸發跟使蒸氣流到高處去的那種工作，乃是由太陽供給的。當水變成雨水或雪重新落下來的時候，牠能把吸收了的一部分工作重新放將出來，例如去推動一只磨車呢。

生 如此說來磨車實際上豈不是由太陽去推動牠的嗎？

師 一點兒也不錯。太陽若不出現，一切的水流就得停止了。就是風車也是由太陽去推動牠的，因為風也是因太陽的作用纔發生的呀。

生 這一切倒都是有連帶關係的呢！從此以後，我對於太陽跟雨水倒要另眼看待呢。

師 你以後還要認識很多這一類的連帶關係呢。——我們應該回轉去講水能溶解其他質素的這一個性質了。當水溶解了任何一種質素的時候，我們就稱牠是這種質素的溶液。這一類溶液的用途比較質素本身來得大多了。

生 爲什麼？

師 因為牠們的化學作用。固態質素之間，大都是不能發生作

用的，即使能發生作用，也是極迂緩而不完全的。如要使牠們發生化學作用，就得使牠們變成液態纔行。這可用熔解或溶解兩種方法促其實現。熔解時通常是需⊙很高的溫度的，所以不容易做到；而溶解卻是極容易辦到的。並且有許多質素在高溫度之下是要發生變化的，所以用高溫度是不適宜的。

生 我已經看出水在全部化學之中差不離是最重要的一種東西呢。

師 不僅是在化學上，就是在日常生活裏，水也是最重要的一種東西。一切的食物裏，多少都是含有水的；茶，咖啡，牛乳，酒，啤酒等等都是各種不同的質素跟水構成的溶液（一部分也是混合物）；就是血液跟人們身體裏的其他一切汁液也都是水的溶液。還有植物裏含有的液體也是溶液；我們如使一種植物乾枯，換句話說，就是把牠的水份抽去的話，牠就要死亡了。至於一切的動物，也是這個情形。

生 水會是這樣重要的一種質素，真是我夢想不到的。如此看來，我們倒可以說「沒有水，沒有生命」呢！

師 這話當然是可以說的；但我們也同樣可以說：沒有氧氣沒有生命，沒有氮氣沒有生命，沒有鐵沒有生命……生命是⊙

一個異常複雜的現象，必須全部的條件同時具備了，纔能構成生命呢。你可以把牠比作一條拉緊的由許多不同的小環連成的鍊子；當任何一環斷了的時候，其他的環縱然再強，但整條鍊子卻是要分裂開來的。生命也是這樣，當牠缺少了一個不可或缺的因素的時候，生命就要停止了，所以我們是不應把任何因素看作是特別重要的。

第二十二章 氮氣

師 今天我們要把空氣認識得更加清楚些了。

生 如此說來，希臘人的四種元素我們都要挨一挨二的學到呢；最初學的是火，後來是水跟土，現在臨到空氣了！

師 古時的希臘人因為到處都能碰到這些東西，覺得牠們毫無疑義是極其重要的，所以就稱牠們做元素了。我們因為一開始也就想認識那些最重要的東西，所以纔會跟希臘人一樣，碰到同樣的東西的。關於空氣你知道些什麼？

生 我知道牠是一種氣體，但牠不是元素而是一種混合物。

師 或說得確切些，牠是一種溶液，因為牠是均勻的，不將混合成分顯示出來的。此外——

生 牠五分之一是由氧氣構成，而五分之四是由另一種氣體——

師 叫作氮氣的氣體構成的。我曾經告訴過你，氮氣就跟氧氣一樣是無色無嗅無味的。氮氣是不能維持燃燒的，這是牠跟氧氣不同的一點。同時，牠本身是不帶燃燒性的，這又

是牠跟氫氣不同的地方。

生 如此說來，氮氣既不能跟氧氣，又不能跟其他質素化合嗎？

師 在普通情形之下，確是不能的。氮氣這傢伙真是有點特別的，牠總歡喜單獨存在，而不大情願跟其他元素化合的；縱使跟其他質素化合了，但牠一有機會，就又跑出來了。因為牠是一種氣體，所以除了空氣之外，牠是沒有去處的。空氣裏所以含有一大部分的氮氣，就是因為這個原因。

生 牠不能溶解在水裏嗎？

師 牠的溶解度比氧氣還要小呢。我們來製造一點氮氣看。你知道我們怎樣纔能製造嗎？

生 只要把氮氣從空氣裏分離出來就行了。

師 一點兒也不錯；我們怎樣去使氧氣分離出來呢？

生 把任何東西，例如是燈火，放在空氣裏燒，就能把氧氣去掉了。

師 這試驗有許多不便的地方。第一，會構成其他的氣體跟氮氣混在一起；第二，在氧氣尚未完全消耗以前，蠟燭早就熄了。我這兒有一種特別東西，可拿牠來做這試驗，這東西叫做磷（參看第十三章）。牠能在普通溫度之下把空

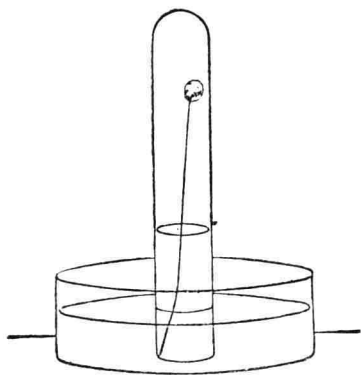
氣裏的氧氣通過去掉。我把一點點磷插在鐵絲上，等牠燒熔之後，就把牠放進一根玻璃管裏，把玻璃管倒着放在水裏(第三十七圖)。你瞧，磷上有白霧在往下沈呢：那是牠的氧化產物，其中含有氧氣呢。同時，水開始漸漸往上昇了，約在一點鐘以後，白霧就停止了，這表示所有的氧氣都已用完了，而緊閉在玻璃管裏的空氣卻有五分之一是消滅了。我此地有一個從昨天起就有磷放在裏面的玻璃瓶，現在裏面祇賸下氮氣了。

生 看上去牠跟空氣完全是一樣的。

師 你立刻就會知道牠並不是空氣了。我把一片燃着的木片放進去，牠立刻就熄了，就像是放進水裏去了似的。

生 給我一些磷，我想把這試驗再做一遍呢。

師 我還是不給你的好，因為磷是很容易燃燒的，而且性質是很毒的。我另外給你一種綠顏色的東西。牠是鐵的化合



第三十七圖

物，叫做鐵礬。你如果把牠溶解在水裏而把溶液跟石灰混和起來的話，那你也曾得到一種也能很快就吸收氧氣的稀漿呢。我現在在這個大瓶裏製造了一點這種稀漿，把牠用瓶塞好好塞住，而用力的去搖牠。現在，我把瓶頸插進水裏，把瓶塞去掉，水立刻就衝進瓶裏去了，這表示有一部分空氣確是消耗掉了。

生 讓我用木片來試試看！不錯，牠立刻就熄了。

師 此外，關於氮氣所能做給你看的試驗實在不多，因為牠既沒有構成化合物的傾向，所以我們在化學上對牠也就無從着手了。

生 牠輕的也許是跟氫氣一樣的吧？

師 不是的。牠是空氣裏的主要成分，所以牠的密度跟空氣是差不離的。因為氧氣的密度比較大些，所以牠比較空氣要稍微輕些。

生 如此說來，氮氣竟是一種對於地球上的各種現象無關重要，可有可無的元素了。

師 這倒不然。氮氣在和平時與戰爭時是同樣重要的，因為牠是一切植物裏不可或缺的一種成分；此外，氮的化合物乃是火藥，人造顏料以及其他許多在工業上跟日常生活上

都極重要的質素的基本原料。未經化合的氮氣雖全不值錢——因為空氣裏有的是，任憑你要多少就是多少——，但已經化合的氮氣的價值卻都是很高的；在一九一九年，每仟克差不多值到一馬克呢。

生 如此說來，我們應當利用空氣裏的氮氣，使牠變成化合物纔對呀！

師 困難正就在此呀，因為你得費很多的金錢纔能使牠化合呢；這樣一來，價值可就高了。

生 這到底是怎麼一回事呢？氧氣跟氫氣不是會毫不化錢就能自動的變成化合物的嗎？

師 這正是牠們不同的地方：氮氣是不會「自動」化合的。我知道你心裏在問：這是什麼原因呢？這個問題的答案是：氧氣跟氫氣變成化合物時是有工作放出來的；牠們化合時會產生巨量的熱你是親眼看到過的。至於氮氣變成化合物時，我們就非應用或消耗工作不行了。因為工作是從不能不用代價就得到的，所以化合後的氮氣的價格比較未經化合的氮氣要高得多了；而氫氣跟牠卻是相反的。

生 但氧氣的情形跟牠可不是相反的呀。

師 製造自由氧氣的工作是由植物供給的；這當中的詳細情

形你不久就要學到了。因為自由氧氣會分佈到空氣裏去而不留在植物裏，所以牠是不值錢的。假使氧氣是一種固態或液態的質素的話，我們就要同現在收集植物的果穀一樣把牠收集起來出賣了。

生 如此說來，這種質素的價值並不在乎牠們本身，而在乎跟他們結合在一起的工作。

師 你想到一個非常重要的事實；但你沒有能用適當的語言把牠表明出來。一切的質素沒有工作或能簡直是不能存在的，所以我們提到質素就得提到能。所以問題的中心是：有些元素裏蘊藏着的能，在未化合時要比較已化合後來得多，而有些元素（例如氮氣）卻正是相反的。元素或化合物的價值之高低，全視這兩種情形而定。

生 但牠們的價值，總在於能呀。

師 這話大體是對的。

生 你先前曾提起氮氣化合物可以製造火藥，所以對於戰爭是很重要的。這跟工作問題也有連帶關係嗎？

師 當然哪。一桿槍也是一種工作機械呀。

生 哦！槍是用作破壞而不是用作工作的呀。

師 破壞也是一種工作，因為我們起初得給鎗鏗裏的子彈以

大到某種程度的速度：這就非有很大的工作不行了。例如你平常把東西丟到遠處去，也是非用力不可的。

生 可不是，現在我明白了。你先前告訴我的那種氣機，就是利用爆燃的作用去做工作的。

師 一點兒也不錯。假使我們要排除巨大的岩石或冰塊，就非做很大的工作不行，所以必須用火藥去炸牠們，這是你早已知道的。這種地方的工作是極其顯明的。

生 啊，牠們的關係原來是這樣呵！

師 至少有一部分就是這樣的。

生 還有一點我早就想問您了，請您現在答復我吧。您說氮氣是很容易從牠的化合物裏重新分離出來而變為自由的狀態的。然則世上為什麼還有化合的氮氣呢？為什麼牠們不會都變成自由的氮氣呢？

師 這問的很好。這個問題的答案是：自然界所能做到的各種工作，其中有些是能使氮氣化合的。例如有許多植物，特別是蝶形花科的豌豆，蠶豆，羽扇豆等，就都是能利用牠們的一部分工作使氮氣化合的。又當空氣裏放電或普通所謂閃電時，氮氣也是會因此變成化合物的。除此以外，我們在農業上也常跟化合的氮氣打交道呢。動物的排洩物

裏常含有巨量化合的氮氣，這些含在肥料裏的氮氣給農夫重新灌溉到田裏去之後，就被植物吸收去了。

生 我從前總想不出這種難嗅的東西，對於植物會有什麼好處，現在方纔知道施肥的原理了。

師 肥料裏除去化合的氮氣以外，還含有植物所需要的其他質素；但其中氮氣比較最貴，所以也最重要。再則，我們若能使肥料變成一種無臭的東西的話，倒也是再好沒有的的一件事，因為那種難聞的質素裏也是含有氮氣的，我們現在讓牠揮發掉，實在是一種損失呀。

生 如此說來，氮氣倒可稱做臭氣呢！

師 這名稱的正確程度，恐怕是出乎你自己意料之外的呢。羊毛燃燒時的氣味你聞到過沒有？

生 聞到過是極臭的！

師 其他許多質素，例如角，肉，皮等等也會放出同樣的氣味來，這一切質素都是含有氮氣的，由這一點上我們能把牠們跟不含氮氣的其他質素辨別出來。例如糖，木材，澱粉等等在燃燒時氣味雖也不好聞，但卻沒有那一種特別可憎的氣味；牠們是不含氮氣的。

生 當燒熱的牛奶溢了出來的時候，牠的氣味也跟燃着的毛

似的。牛奶裏也含有氮氣嗎？

師 可不是，牛奶裏含有的牛酪就是一種氮化合物。

生 陳牛酪也不好聞，但牠的氣味卻跟燒焦了的牛奶是不同的。

師 牛酪的氣味也是由氮化合物那兒來的。

生 難道一切的氮化合物都是不好聞的嗎？

師 雖不是一切，但大部分的氮化合物是不好聞的。但不僅氮氣是如此，還有其他的元素也有這種不良的性質；例如硫的化合物通常也是含有一種可厭的氣味的，不過是另一種氣味罷了。

第二十三章 空氣

生 您昨天關於氮的化合物曾經說了一大堆的話；但沒有把其中任何一種細細敘述或把牠拿給我看。我猜氮的化合物一定是很多的。

師 可不是嗎。牠們的情形是很複雜的，你要等到以後纔能去認識牠們呢。目前關於自由氮氣可討論的問題還多着呢。

生 我以為關於自由氮氣可討論的問題是有限的；你自己不是說過這話的嗎？

師 不錯，關於元素氮的性質我是說過這話的。但氮氣是空氣裏的一種主要成分，所以我們現在要來討論空氣了。因為我們的整個生命跟一切的舉動都是在空氣裏完成的，所以我們必須把牠的性質完全弄清楚，並且懂得怎樣利用牠之後，纔不會到處碰壁呢。

生 這話確是的，我們沒有空氣就活不成了。但是您曾經告訴過我，這僅是氧氣的關係罷了；你並且說過，氮氣這名稱乃是由於動物會窒死在裏面，所以纔會成立的。

師 這話一點兒也不錯；我們不用再提了。但空氣是一種氣體，並且是散佈得最廣而最爲人們所知道的一種氣體，所以我們想拿牠來做一個例子，把氣體的性質認識的比較清楚些呢。

生 這我是非常歡迎的，因爲我得老實說，我一直到現在還覺得氣體有點神祕呢。固體跟液體我們是可以看得見而捉摸得住的；但一只瓶裏裝的是氧氣或是氫氣或是普通的空氣，就使人看不出了，因爲看去瓶裏就跟什麼也沒有似的。

師 你這話我是相信的。氣體差不離是使人看不見的，所以我們普通關於氣體所知道的知識也不很多。因爲這個原故，所以我纔想指些出來給你看看的。我們生存在一種氣體裏，而這氣體就是空氣，這是你早已知道的。至於空氣實際上確是一種物體，這是不難在起風或當暴風雨降臨時體驗出來的。流動着的空氣，就跟轉動着的固體或液體似的，同樣能使其他的物體移動，或將其推翻或打破呢。

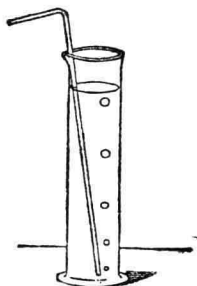
生 但我們爲什麼看不見空氣呢？

師 因爲我們蹬在空氣裏，四周圍都是空氣，所以纔看不見牠的。水裏的魚，也是看不見水的。但當空氣被水包圍着的

時候，就可以看得見了。我用一根管子把空氣吹進一只裝滿水的瓶裏去。這時，你可把那些球形的空氣泡看的清清楚楚的呢（第三十八圖）。

生 但氣泡裏是什麼，我卻看不見呀。

師 空氣是透明的，你當然看不見呀。這一只玻璃瓶裏的水，你看上去也是沒有東西的；你所看到的，不過是水跟空氣或玻璃杯形成的界限罷了；在空氣泡也是這種情形。



第三十八圖

生 水跟空氣都是透明的物體，為什麼空氣在水裏的時候卻是看得見的呢？就賸了這一點我還不大明白哩。

師 牠們雖都是透明的；但光在其中通過時所受的影響卻是彼此不同的。這現象在物理學上叫做不同的折光率。因為這個原故，所以你只能看出亮暗之間稍有分別，卻看不出特別的顏色來的。——現在，我們再從別方面去把空氣認識得格外清楚些。直到今天為止，你只認識了空氣裏含有的氧氣這兩種成分。但空氣裏的成分並不止於此，牠裏面還含水蒸氣呢。

生 對啦，這我早就想問您了。空氣能產生一大氣壓的壓力，而水在這個壓力之下須在一百度時纔能沸騰。當空氣的溫度還遠在一百度以下的時候牠裏面怎能含有水蒸氣呢？水蒸氣不應當早就通通變成液態水了嗎！

師 你能想到這些問題上去，使我非常歡喜，因為我事實上的確還沒有把能使你解釋這些問題的知識告訴過你呢。這問題的原因是水在蒸發時，牠只顧到牠本身的壓力，卻不顧到其他同時存在的氣體或蒸氣所生的壓力的。

生 請您把這解釋得更加明白些！

師 你把我先前告訴你的話想一想看。我向你說過（參看第二十一章）：水放在真空裏會蒸發，但當水蒸氣在其中達到一定的密度之後，蒸發作用就不再繼續了。現在我還得告訴你，即使該空間裏還含有另一氣體，例如是空氣或氫氣，水蒸氣也仍舊是會照樣的佈滿在裏面的。這時，牠的壓力會加到另一氣體所生的壓力上去，所以結果壓力是等於二者之和。不過在這情形下，水蒸氣的構成比較要稍為迂緩一點，因為蒸氣通過另一氣體而散佈開去時是需要相當的時間的。

生 我似乎是明白了；不過我還想看一看這個試驗呢。

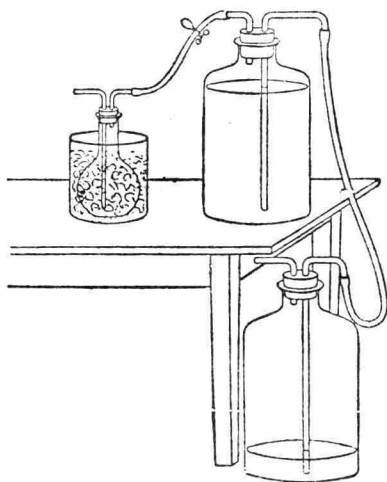
師 第一，空氣裏是否含有水蒸氣，你是極容易加以證明的。水蒸氣會在冷的場合凝結為露，還有空氣裏的水蒸氣遇着冷時會變成液態水而下降為雨，這你都是知道的。

生 如此說來，我們可以把空氣裏含有的水蒸氣用冷卻的方法取出來呢，是不是？

師 可不是，這是很容易的。我把一個插着一根進氣管跟一根出氣管的塞子塞在一隻小燒瓶上(第三十九圖)，一方面用打碎的冰跟食鹽(三與一之比)製成冷劑，把燒瓶放在裏面。現在，我祇要使房間的空氣在燒瓶裏通過，燒瓶裏一會兒就構成冰了。冰熔了之後，就是水了。

生 但我怎樣纔能使空氣通過燒瓶呢？若是用口去吹，豈不太麻煩嗎！

師 我們可用氣櫃去製造牠(參看第二十七圖)。我們若把空瓶放低



第三十九圖

些，把另外的那只瓶用一根橡皮管跟燒瓶連接起來。那末，我們就能把整瓶的空氣吸過去了。速度的快慢，可用并夾加以節制。一瓶吸完之後，我們祇須把兩只瓶顛倒一下，仍把高處的那一只瓶用橡皮管跟燒瓶連接起來，又可以應用了。

生 對啦！我真沒有想到我們不但可用氣櫃打氣，並且還能用牠吸氣呢。

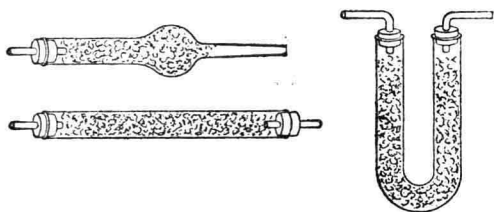
師 現在，試驗已做得很久了；你瞧，已經有很多霜在燒瓶裏沈澱下來了。

生 要把空氣裏的水取出來，必須要使牠冷卻纔行嗎？

師 那倒不一定，用別的方法也是行的。有許多質素極喜歡很快的跟水結合，我們祇須使濕空氣在牠們上面通過去，牠們就會把水取出來了。例如你從前看見過的 NaOH （參看第十章）跟濃硫酸就有這種作用。還有化學工廠裏的巨量產品 CaCl_2 也是一種方便的吸水劑。牠無論是在燒乾或熔化的狀態之下，都是能很快的吸收空氣裏的水分的，所以你若把一小塊 CaCl_2 放在空氣裏，牠不到半點鐘就變成一滴水了。用 CaCl_2 可使空氣跟其他的氣體很快的就變乾呢。

生 用什麼方法？

師 只要把牠放在一種具有特別形狀的玻璃管裏（第四十圖），而使我們要加以乾燥的那氣體在玻璃管裏通過去就行了。你自己如果不能吹這種玻璃管，那你祇須用塞子塞在一根比較粗些的玻璃管的兩端，在每個塞子裏都通一根比較細些的玻璃管進去，那就成功了。但你不要忘卻在兩端塞些棉花進去呀，否則氯化鈣的細粉會給氣流帶起跑呢。你若先把這樣的一根管子的重量精密地稱牠一稱，然後在一定量的空氣通過去之後再稱牠一稱，你就知道空氣裏含有若干水分了。



第四十圖

生 這我倒想來試一試呢。

師 那你非使幾十立的空氣通過去，你是得不到多少水分的。

生 空氣裏究竟含有多少水分呢？

師 這是很不同的；這跟溫度和空氣的質地是有連帶關係的。水在空氣裏怎樣蒸發，我剛纔已經告訴過你了，你還記得

嗎？

生 牠在空氣裏跟在真空裏的蒸發量乃是彼此相等的。

師 對啦！溫度愈高，那末，每一空間裏的蒸氣壓力跟含量也就愈大愈多，這你現在是知道了。這兒有一個表，牠可告訴你空氣跟液態水互相接觸時，或如人們所說，空氣爲水蒸氣所飽和時，每立空氣裏究竟是含有若干克的水蒸氣。

溫度(攝氏)	每立設水蒸氣所飽和之空氣中含有之水蒸氣
0°	0.0049克
5°	0.0068克
10°	0.0094克
15°	0.0127克
20°	0.0172克
25°	0.0238克

生 我們討論溶液時也用過「飽和」這個字，跟這兒倒是一樣的呢。

師 情形原是相同的，因爲我們在這兒的意思，原是說空氣不能再吸收更多的水蒸氣了。

生 但少吸收些是可能的吧？

師 當然是可能的，這情形跟溶液是一樣的。天空或屋子裏的空氣通常都是不飽和的；僅當空氣裏有雨或霧的時候，牠纔是飽和的呢。空氣裏實際上含有的水分跟牠在飽和時

應當含有的水分二者之比，叫做空氣的濕氣或濕氣度。例如假定空氣在二十度時每立中含有0.0140克的水，那末，牠的濕氣就等於： $\frac{0.0140}{0.0172} = 0.82$ 或一百分之八十二，因為依照上表，牠在二十度時至多可含有0.0172克的水呢。就普通情形說，空氣約含有一百分之七十的濕氣。空氣倘含有一百分之五十的濕氣，我們就要覺得牠乾燥了；倘含有一百分之九十的濕氣，我們就要覺得牠潮濕了。

生 這我完全明白了。

師 現在，你再仔細看看那個表看。濕度每升高十度，水分差不多就升高雙倍。在二十度時，空氣只飽和了一半，在十度時牠就完全飽和了。所以含有一百分之七十的濕氣的空氣如果冷下十度的話，就會有一部分的水分變成液態水沈澱下來了。這就是下雨的原因。

生 數字跟空想比較起來可使我們對於任何問題明白得多了。雨跟霧究有什麼分別呢？

師 這跟沈澱下來的水的多少是有連帶關係的。倘若是少的話呢，那末，那些極微的細滴就不能構成大滴，而祇能構成霧了；反之就會構成雨了。因此，霧的形成總比雨來得早。天空的霧我們並不稱之為霧，而稱之為雲。

生 我們怎會知道雲就是霧呢？

師 山坡上常有雲掛着；但我們跑到山頂上去一看，就知道牠是霧了。

生 還有一點請您告訴我：空氣爲什麼不總是被水蒸氣所飽和的呢？牠不是到處都跟水接觸的嗎，不但是在海洋裏，就是在陸地上許多場合也是如此的。

師 原因是在於空氣是流動的，所以牠的情形是常常改變的。假設牠在一個地方原是飽和的，後來卻吹到另一較暖的地方去了；光是這個原因，就已經會使牠變成不飽和了。這你只要一看上面的那個表就知道了。牠若被吹到另一較冷的地方去了呢，那牠就要失卻一部分的水分，而使其下降爲雨了。這時牠若又恢復了牠原有的溫度，那牠又要變成不飽和的了。如此看來，無論起什麼變化，牠總是朝變成不飽和的那一個方向走的。

生 這問題又是比我所想像的簡單得多了。

第二十四章 碳

師 就產量跟重要性講起來，除了氧，氫，氮之外，就要數到碳了。我們可用普通的木炭製造這個元素，你是知道的。

生 因為我知道您今天要講碳 所以我曾經把一塊木炭仔細的觀察了一下。有一點是值得令人注意的，就是木炭上的所有的年輪都是很明顯的。

師 不但是年輪，就是構成木材的每個細胞，我們也能在顯微鏡下面看的清清楚楚呢。

生 但木材本身總不是僅僅由碳構成的吧？

師 不，牠是由碳，氫，氧三種元素的化合物構成的。當我們漸漸加熱去燒牠的時候，後二原素會被趕跑，而只賸下碳來。因為碳在很高的溫度之下纔會熔解，而我們把木材燒成木炭時的溫度卻遠在其下，所以燒賸的碳纔能保持木材細胞的原狀而不變的。木炭也並非是純粹的碳。這一點，你在燃燒時就能看出來，因為牠是有灰分賸下來的，而純粹碳在燃燒時卻是沒有渣滓賸下來的。

生 然則世上還有純粹的碳嗎？

師 可不是嗎；燒過的煙灰就將近是純粹的碳。煙灰是一種非常細膩的黑粉，你是知道的。

生 您以前曾經說過，差不多所有一切的純粹質素都是晶體；煙灰似乎不是晶體吧？

師 牠確不是晶體。我們稱這一類的質素爲非晶狀的。煙灰是非晶狀碳。木炭也是非晶狀碳，不過不是純粹的罷了。

生 石煤莫非也是非晶狀碳嗎？

師 不是的，地下出產的煤，如白煤，石煤，褐煤跟土煤等都還是化合物呢，不過已含有很多的碳了；其中以白煤所含的碳爲最多，土煤所含的爲最少。牠們都是由植物變成的。我們在石煤裏常可找見餘殘的植物；而尤以在褐煤裏所找見的最爲明顯；至於土煤就往往都是由植物的殘渣構成的了。這些東西藏在地底下所經過的長期的變化，就跟木材在高溫度之下變成木炭時所經過的變化完全是相同的，不過在前一情形下所起的變化，比較要慢得多罷了。

生 現在我明白了；一切燃料是由碳構成的，所以你纔把碳算作是一種重要元素的。

師 一點兒也不錯。我們不僅拿燃料來發熱，並且在工業上還

拿牠應用在許多別的機會呢。除了風車或水車之外，一切機器都是借助於煤的力量去推動牠們的；還有那化學工廠跟一切冶金工廠裏的工作，無一不是借助於煤的力量而完成的，所以入類的文化沒有煤就不堪設想了。

生 這是什麼原故？我的意思是問：我們爲什麼在這些場合都要用煤呢？

師 因爲煤在燃燒時會放出巨量的工作（其出現之形式爲熱）的原故。我們可拿牠來加熱，推動機器，引起不能自動發生的化學作用，簡單說起來，凡是我們需要能的場合，煤都是能供給的。

生 關於氧氣你也說過這樣的話，這是怎麼一回事呢？

師 能僅在煤跟氧氣化合時，換句話說，就是僅在煤燃燒時，纔會放出來呢。所以要牠們發生化合作用，是二者不可缺一的。

生 因爲氧氣是氣體，所以我們不用化錢就可以到處得到牠；而煤卻是一種固體，所以我們必須用錢去買牠纔行。

師 你能把這記住了，真是好極了！你說的話，完全是對的。你同時也可以看出來因爲煤是固體，所以我們要用到熱的時候，纔能拿牠來製造的。倘若煤也是一種氣體的話，那

末，我們也許能把全部的空氣點着，卻不能在火爐裏生火了。

生 那樣就要構成爆炸氣了！

師 對啦！現在，我們還是專就實際的情形來討論罷。煤是工業上最重要的一種能源。你現在留心這一點：我們燒煤的時候，恆使構成的質素儘快的由煙囪裏出來，而將生出來的熱儘量的保存下來；所以我們並不是爲了煤裏含有碳，而是爲了煤裏含有能纔去 牠的。

生 我還從來不曾這樣想過呢。但我相信這話是對的。

師 你也可由下面的事實上看出這道理來。一隻汽船或是一個火車頭開行時，必定要裝煤纔行。牠們的行程的遠近，全看煤的多少而定；煤用完了，機器也就停止不動了。因此，海洋沿岸及海島上都設有煤棧，以應汽船購煤，換句話說，就是購置工作之需。

生 但我們划船的時候，是不需要煤的。

師 這問題你自己應當能夠回答纔對呀。氧氣對於動物有何意義，我曾經告訴過你，你祇要想一想得了。

生 我知道了，食物的功用跟煤是一樣的，但食物並不是由碳構成的呀。

師 但一切食物卻都是含有 C 的，而我們從食物那兒得來的能，卻有一大部分是因 C 的燃燒而產生出來的。食物是 C ， H ， O 的化合物；若干食物裏也含有 N 呢。

生 燃燒時發出的臭味就是從 N 那兒來的。

師 對啦。因為食物幫助構造動植物的身體，所以動植物身體裏的一切成分都是含有 C 的。這一類的質素，還有那些跟牠們相似的質素，都叫做有機 C 化合物；因此，我們就養成了一種習慣，把所有一切的 C 化合物都稱做有機 C 化合物了。

生 有機 C 化合物多嗎？

師 到目前為止，已經有二十多萬了；而每天還有新的有機 C 化合物在繼續不斷的發現呢。

生 這有誰能學得完呢！

師 可不是嗎。但這是無妨的，因為有一種書籍已把所有一切的有機 C 化合物都收羅進去了；我們祇要一查，就可以獲得關於牠們的全部知識了。

生 其他元素也有這許多化合物嗎？

師 不，牠們的化合物少得多了。因此，我們所以纔把 C 化合物特別歸在有機 C 化學裏，而把其他一切質素都歸在無機 C 化學裏的。

生 這似乎有點勉強吧。

師 表面上似乎很勉強，實際上倒並不算十分勉強，因為碳化合物彼此相似之處還非常的多，所以是不妨歸併在一起的。不過有少數簡單的碳化合物也會在許多礦石跟岩石裏出現，所以就給我們歸併到無機化學裏去了。

生 可不是，石炭一類的質素裏就是含有碳的。

師 除此以外，牠也會在其他化合物裏出現呢。例如大理石跟白堊裏就是含有碳的。但這要放在以後討論了；目前我們還是討論未曾化合的元素碳吧。——碳有一種新的現象，是你必須認識的。金剛鑽也不過是碳罷了，你有沒有聽到過？

生 聽到過的，因為牠在高溫度之下是會燃燒的。

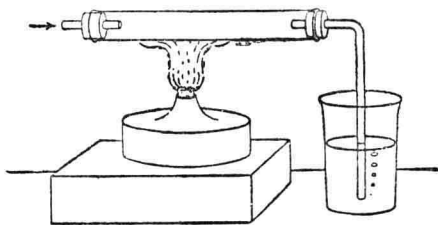
師 這理由還不充足，因為在高溫度之下可燃燒的質素並不限於碳一樣，而氧氣是會跟大部分的質素化合的呀。

生 但據我所知道，碳燃燒後是不賸下東西來的。

師 這個特徵已經比較肯定些了；你的意思是說，金剛鑽或構成金剛鑽的那個元素的氧化物乃是含有揮發性的。但碳並不是唯一含有這種性質的元素。硫黃跟氫氣燃燒時也是不會賸下東西來的

生 那末，問題是在燃燒時的出產品了。

師 說的好極了；現在，我們離題已經近得多了。碳燃燒時構成一種叫做二氧化碳的氣體，這你已經認識過了（參看第十章）。因為牠會跟石灰水構成一種白色沈澱，使那原先是碧清的石灰水變成牛奶似的，所以我們很容易把牠辨識出來。現在，我再用別的方法把這試驗做一遍，你就能記牢了。我現在把一小塊煤放在一個玻璃管裏，然後一方面從外面用火去燒那放煤的場合，一方面用氣櫃把空氣打進去。玻璃管的一端須插在玻璃杯裏的石灰水裏（第四十一圖）。現在煤已經熱紅了，同時你可以看出石灰水是變渾了。



第四十一圖

生 如此說來，我若

用金剛鑽去替代煤，那末，牠也是會燃燒而使石灰水變渾的。

師 一點兒也不錯；不過這試驗是不能放在一隻普通的玻璃管裏做的，因為金剛鑽在很高的溫度之下纔會燃燒，而普通的玻璃管在高溫度之下卻是會熔解的。並且你即使要

試驗，最好也得要用氧氣呢。

生 金剛鑽是不是碳，的確是能「這方法加以證明的。

師 且慢，不要說得太快了。這樣，你祇能證明金剛鑽裏含有 C ，却不能證明牠完全是由碳構成的呀。你怎樣纔能知道牠除了碳之外，不再含有其他的元素呢？

生 您的意思我不大明白。

師 你瞧：我把先前做的試驗再用木炭來做一遍，牠雖照樣的會燃着，石灰水雖照樣的會變渾，但我卻不能說木炭就是 C ，而祇能說牠裏面含有 C 罷了，因為木炭裏面除了碳之外，還含有氫跟氧呢。

生 讓我想一想看。現在我知道了：氫氣燃燒之後會構成水，如此說來，如果構成功的僅僅是二氧化碳的話，那末，我們就可以說那質素裏面僅僅含有碳了。

師 你離題已經近得多了；但你還沒有把問題的中心點抓住呢。我們也可以假定金剛鑽是碳跟氧氣構成功的一種化合物，不過是含有的氧氣不及二氧化碳裏含有的氧氣那樣的多罷了；在這種情形之下，牠在燃燒時也祇會構成二氧化碳，而牠事實上卻不是僅僅由碳構成的。

生 真有這種化合物嗎？

師 可不是；不過牠不像金剛鑽是固體的，而是一種氣體罷了。

生 那就不會跟金剛鑽弄混了。

師 你想把話岔到別處去，這是不對的，因為你這樣一來，就失掉一個可以增長見識的機會了。

生 老實說吧，關於金剛鑽為什麼單獨是由碳構成的這一個問題，我實在是回答不出呀。

師 就重量計算，三份的碳燃燒之後，應當能構成十一份的二氧化碳，因為牠是跟八份的氧氣化合了。我們拿金剛鑽做試驗時，得到的結果就是這樣。倘若金剛鑽含有的成分不僅僅是碳的話，那末，牠構成的二氧化碳就要少於那個數目了，因為牠構成的二氧化碳是必須相當於碳的含量的呀。

生 如此說來，木材構成的二氧化碳應當少於煤了。

師 事實上確是如此。三份木材至多祇能構成四份半的二氧化碳罷了。

生 難道就沒有一種質素可以構成更多的二氧化碳嗎？

師 絕對沒有的，但有另一質素，卻可構成同樣多少的二氧化碳。這就是我們普通拿牠製造鉛筆的石墨。

生 如此說來，石墨也是碳了？

師 可不是嗎。所以我們得這樣說：元素碳能以煤，金剛鑽跟石墨三種形狀出現。

生 這我還是不明白。同一質素爲什麼能以三種形狀出現呢？並且，煤既完全是由碳構成的，我們爲什麼不能用煤去製造金剛鑽呢？

師 這話問的非常有意思，我當盡我的力量來回答你。同一質素，例如水，能以各種不同的形狀出現，你是知道的。就拿水來說吧，牠也有冰，水跟水蒸氣三種形狀呢。

生 這是牠的三種狀態。而煤，金剛鑽跟石墨却都是固態的呀。我們如果能用加熱或冷卻的方法使這三種東西互相轉變的話，那我就相信牠們是同一質素了。但牠們是能在同一溫度下同時存在的呀。

師 這話是一點兒也不錯的。但事實上，我們確是可以用很高的溫度使煤變爲石墨的。

生 你能試驗給我看嗎？

師 這並不很難。弧光燈裏的煤條是用普通的煤做的。等到以後有工人來換新煤條進去的時候，你若把那用舊了的煤條要來一看，你就可以看出那尖頭已經變成灰色的，平滑的，帶些金屬光彩的，就跟石墨似的一種東西了。就是電

燈泡裏的煤炭絲也是因為受了高溫度的原故，起過同樣的變化的。起初，牠不過是一條燒焦的棉花絲罷了，後來用舊之後，也變成灰色的，發亮的，石墨似的一種東西了。

生 我在最近期間一定要去討一隻舊燈泡來，把牠打破了看看呢。

師 但留心不要把那極細的燈絲丟掉呀。

生 剛纔談的是煤；我們能不能使金剛鑽也變成石墨呢？

師 可以的，用同樣的方法加熱就行。

生 反過來做行不行呢？

師 要使石墨變成普通的煤，那就得先使牠變成化合物，然後再使牠從那化合物裏分離出來纔能成功呢。

生 這我有點不能想像。

師 我也不想詳詳細細的說給你聽。因為在這個試驗裏須用到你還不曾認識的質素呢。目前，我只要告訴你有這個可能性就已經夠了。

生 金剛鑽是怎樣情形呢？我們能不能用煤或石墨去製造牠呢？

師 這也是可以辦得到的。

生 如此說來，金剛鑽不應當這樣貴了！

師 我們目前還不能做到這地步呢，因為我們現在製造出來的金剛鑽，分量是極有限的。

生 這是為什麼呢？世上不有的是煤嗎！

師 你這樣一問，又把我們引到剛纔討論的那個問題上去了。我曾經拿碳的三種形式去跟狀態比較。碳也可以具有普通的三態呢，牠能變成液態碳或氣態碳——

生 液態碳或氣態碳？

師 可不是。只要溫度高到三千度以上就行；這是可以用電流使其實現的。——如此說來，碳可以取得氣體形狀，液態形狀跟三種固體形狀，所以牠不僅有三種狀態，並且有五種狀態呢。

生 原來是這樣呵。這原是對的：水加熱之後可變成蒸氣；煤加熱之後就變成石墨。但這又不對了：石墨冷卻時依舊是石墨，牠是不會重新變成煤的呀。

師 這確是這個問題裏最困難的一點，但我想你總會弄得明白的。水在零度時會變成冰，你是知道的。你還記得我關於過度冷卻（參看第二十章）向你說過的話嗎？

生 記得的，你說過只要沒有冰在一起，水也可冷到零度以下而不致結成冰呢。

師 對啦。這個密閉的玻璃管裏裝的是水，冰從外面是進不去的。現在，我把牠放在零度的冰水裏。任憑我把牠放在裏面多久，牠是永遠不會結冰的。

生 這樣做是不對的；您得把牠冷到零度以下纔對呢。

師 一點兒也不錯！我祇要加些食鹽進去，溫度就降到零度以下了。半茶匙食鹽已經夠了；溫度已經到了零下四度了；但是玻璃管裏的水並沒有結冰。

生 您若是把牠放得更長久些呢？

師 結果也是不會結冰的。一直要等我把食鹽放多了，溫度降到零下十度以下了，而我一面在把玻璃管用勁的搖動，那末，牠纔會一下子就結成冰呢。

生 可不是完全跟你所說的一樣嗎。

師 你對於金剛鑽也可作如是觀。在我們剛纔提起的那些實驗裏，因為條件不合，所以是不會構成金剛鑽的。假使要牠構成功，那就必須在高溫度之下加上很大的壓力纔行呢。但這種條件極難做到，所以金剛鑽纔這樣不易於製造的。

生 這一切，我現在可加以想像了。但是爲什麼剛剛是碳纔會有各種不同的形狀的呢？

師 並不僅僅是碳纔有這種性質。不久你還要去認識其他含有數種固體形狀的質素呢。

生 這一類不同的形狀是不是僅僅限於固體的呢？

師 主要是限於固體的。我們稱這種質素做同質異相。所以煤，金剛鑽跟石墨乃是同質異相的碳。

生 現在，我自己相信對於這整個的問題已能大略領悟了。但有一點我還想知道，就是：這種區別究竟是從那兒來的呢？或者是：牠們跟什麼有連帶關係呢？

師 牠們跟工作或能在質素裏的含量是有連帶關係的。煤轉變為金剛鑽時，就跟冰轉變為水，或水轉變為蒸氣一樣，都是需要能的；且當其轉變時，既不會吸收另一質素，也不會放出另一質素來，這一點牠們也是彼此相同的。

生 如此說來，能倒差不離是一種化學元素呢，因為一種質素跟牠一結合就會變成含有別種性質的另一種質素了。

師 這是一種很有益處的見解。不過能是沒有重量的，所以重量在這一類同質異相的轉變中是不起變化的。

生 現在，我完全明白了。

第二十五章 一氧化碳

師 碳在燃燒時會變成什麼東西，你已經屢次聽到跟見到過了——

生 是的，碳在燃燒時會構成二氧化碳。我們爲什麼不直截了當就叫牠做氧化碳呢？

師 因爲除了二氧化碳之外，氧跟碳還能構成一種叫做氧化_○碳或一氧化碳的質素呢。前一化合物比較後一化合物含有雙倍的氧，所以牠纔叫做_○二氧化碳的。

生 一氧化碳是怎樣的呢？

師 跟二氧化碳一樣，也是一種無色的氣體；所不同者，牠不但含有燃燒性 并且對於人跟獸類都是非常毒的。

生 我可以看得見牠嗎？

師 就跟普通一切氣體一樣，你祇能看出牠是一種無色的，外表完全跟空氣一樣的氣體罷了；牠的密度跟其他物理性質全跟氮氣一樣。你已經屢次看到過牠燃燒了。

生 我在什麼地方跟什麼時候看到過一氧化碳燃燒的呀？

師 煤在火爐裏燃燒，你不是常看見的嗎？當我們加上新鮮的煤的時候，火爐裏常會生出一種亮的火焰來。這火焰是由煤裏放出來的燃着的氫氣構成的。而牠之所以能夠發亮，乃是因為有些碳化合物給氫氣帶走了的原故。

生 不錯，這我是屢次看到過的。

師 當煤完全燒紅之後，火焰的顏色就跟起初不一樣了，牠就變成淡青色了，在白天差不多是看不見的。接水管的工人在牠們的可以自由轉運的煤爐生火的情形，你也許是看到過的：焦煤燒紅之後，爐子就熱的非凡；但我們僅能在夜裏看見一道很淡的火焰，而在白天差不多是看不見什麼的。

生 不錯，這我也看見過的。那火焰就跟酒精燈的火焰似的。

師 一點兒也不錯，這就是一氧化碳的火焰。氧氣跟燒紅的煤接觸之後，牠起初能跟兩倍於二氧化碳裏所含的碳化合，而構成一氧化碳。一氧化碳在煤的表面上跟新鮮空氣發生作用之後，就構成二氧化碳了。

生 以後我倒要把火爐詳詳細細的觀察一下呢。

師 觀察的時候，你須注意到一點：一氧化碳也跟氮氣似的是沒有氣味的；但我已經向你說過，牠是非常毒的。牠跟空

氣混合之後，可以鬧出大禍來；每年因中一氧化碳的毒而喪失性命的人是非常之多的。

生 他們怎會中毒的呢？

師 就好像我剛纔向你說的那樣。我們在火爐裏的煤燒紅之後，如果把火爐的門關得太早了，那末，進去的空氣就不夠構成二氧化碳，而僅僅構成一氧化碳了；一氧化碳流到房間裏，停留在裏面人就要中毒了。

生 房間的容積跟火爐比起來大的多，並且空氣多少總是流通的，所以聚集在房間裏一氧化碳比較上是不會很多的呀。

師 這話是對的。空氣裏所含的一氧化碳雖不多；但可惜牠也會聚集在血液裏呢。並且人們吸了一氧化碳之後，只不過感覺到疲倦要睡而已，並不會感覺到將要窒息，所以也不會想到救治一層上去的。

生 那末，已中毒的人，我們應該把他們怎麼辦呢？

師 應當趕快把他們引到新鮮空氣裏去，叫他們作深呼吸，有必要時，還得跟救淹斃的人似的實行人工呼吸呢。就是煤氣裏也含有不少的一氧化碳，所以煤氣也是有毒的。不過煤氣裏還含有其他難聞的氣體，所以是可以及早發覺的。

當我們聞到這種氣體的時候，我們應當立刻去調查是什麼地方漏了，而趕快去加以正當的防備纔不會闖禍呢。

生 我們身體裏到處都含有碳跟氧，牠們並不是有毒的元素；我真沒有想得到牠們化合之後竟會這樣毒呢。

師 由這一點，你又可以看出化合物的性質跟牠們含有的元素的性質是截然不同的。我從前已經向你說起過，如果我們說的話，能使人誤會到元素構成化合物之後依然是含有牠們原有的全部性質的，那末，我們說的話一定是不正確的。

生 這我是知道的，不過說到話頭上的時候，我每每又不期而然的想到那上頭去了。

第二十六章 二氧化碳

師 關於二氧化碳你還記得些什麼？

生 記得牠是煤或含碳的質素燃燒時構成的一種氣體，並且是能用石灰水加以證明的。

師 你記的總算很牢。二氧化碳跟石灰水發生作用之後，我們看得出什麼呢？

生 牠會渾的就跟牛奶一般的。

師 對啦。用化學家的口吻說，應說牠會構成一種白色的沈澱。

生 誰會沈澱下來呀？

師 你若把那變渾的液體放在那兒的話，就會有一層白色的東西沈澱下來。這白色的東西是一種粉，牠的密度比較液體來得重些。凡在一種液體裏因化學作用而構成的固體，我們都稱之為沈澱。二氧化碳本身是怎樣的？

生 牠大概也是一種沒有顏色的氣體吧。

師 對啦，正是這樣的。牠比空氣重得多，所以在空氣裏總是

向下沈的；牠這種特性跟氫氣正是相反的。

生 這我倒想看一看呢。

師 那我們就得先來製造二氧化碳呢。讓我來裝一隻二氧化碳發生器製造給你看呀，這跟氫氣發生器（參看第二十三圖）完全是一樣的，不過裏面放的不是鋅，而是白堊或大理石罷了。漏斗裏裝的也是鹽酸。你瞧，鹽酸一流進瓶裏去，裏面就起泡沫了。放出來的氣體就是二氧化碳。

生 白堊跟鹽酸發生了什麼作用呢？

師 關於這一點，因為你現在知識還不夠，所以我還不能詳細解釋給你聽呢；但你不久就要學到了。目前，我們只須證明牠的確是二氧化碳就夠了。我們使牠流到一隻空燒瓶裏去，然後倒些石灰水進去，把燒瓶來搖牠一搖看。

生 對啦，又構成那種白色沈澱了。

師 在這個試驗裏，你可以看出牠比空氣是要來得重些，因為牠通到燒瓶裏去之後就留在裏面了。我們還可做得格外明顯些呢，就是把二氧化碳跟氫氣一樣的（參看第十七章）裝在兩個試管裏，把一個試管朝下放著，一個朝上放著。朝上放著的那個試管裏的二氧化碳是不會跑掉的。你怎樣可以證明呢？

生 當然又是用石灰水呀。

師 我們也可以做得更簡單些。二氧化碳就跟氮氣一樣，燃燒的物體放進牠裏面是會熄掉的。你瞧：我把燃着的木片放進朝下放着的那個試管裏，牠還能繼續燃燒下去；一放進另外那一個試管裏，牠立刻就熄了。

生 如此說來，氮氣跟二氧化碳的作用原是相同的！

師 光就牠們對於燃着的木片的作用說起來，你的話是對的；但就石灰水說起來，牠們的作用就彼此不相同了，因為氮氣是不能構成沈澱的。兩種不同的質素而能含有一種相同的性質的例子乃是非常之多的。牠們若有一點是彼此不相同的話，那末，我們就得把牠們認為是不同的質素了。二氧化碳跟氮氣不同的地方還很多，例如前者的密度就比較來得大些。

生 燃着的木片放在二氧化碳裏為什麼原故會熄掉呢？二氧化碳裏不是含有氧氣的嗎？

師 這個問題倒很狡猾呢！木片裏燃燒的東西大部分就是碳；依你說，豈不是要叫木片裏的碳把二氧化碳裏已經跟氧氣化合的碳趕將出去嗎？這不是如同要你把你自己舉到天空裏去一樣嗎？！

生 原來如此呵！

師 但其他的質素，例如鎂就能把氧氣從二氧化碳裏取出來呢。鎂帶燃着之後可放出很亮的光來，你是知道的。我裝一瓶二氧化碳起來——

生 要不要把牠聚集在水面上？

師 用不着的。我使牠直接流到瓶底上去就行了；牠的密度比較空氣大，所以牠是不會從瓶裏跑掉的。至於瓶裏已經裝滿沒有，我只要用一塊燃着的木片放在瓶口上一試就知道了。木片若是熄掉的話，我就知道瓶裏已經裝滿二氧化碳了。

生 這倒的確是很簡單的！讓我來做！現在，瓶裏已經裝滿二氧化碳了。

師 因為一根鎂帶太容易熄掉，所以我把幾根鎂帶來放在一起點着牠，把牠放進二氧化碳裏去。

生 您瞧牠就跟雨點似的在向四面亂噴呢！

師 由此可見牠跟在空氣裏燃燒時是不相同的。現在構成黑色跟白色的東西了。白的是氧化鎂，黑的是由二氧化碳裏放出來的碳。

生 唏，我倒也能跟牠這傢伙見到一面呢！

師 停會兒，你還會格外看得清楚呢。我現在倒些鹽酸在上面；牠會把氧化鎂溶掉而使碳賸了下來呢。

生 是的，現在通通變黑了。起泡沫的是什麼呢？

師 那是賸下來一點鎂，牠能跟鋅似的和鹽酸發生作用而放出氫氣來呢。——現在，我還想把二氧化碳的另一種性質試驗給你看呢。我把一隻瓶先裝滿水，然後通進二氧化碳去，使牠把大部分的水趕跑，再用大拇指塞在瓶口上用勁的搖牠幾下，你瞧，大拇指被瓶口吸住了，這表明瓶裏的壓力是減小了。現在，我若把瓶口放在水裏，把大拇指拿開，就有很多的水流進瓶裏去了。我若照樣的繼續做下去，到後來瓶裏會通通裝滿水呢。這個試驗的意義何在，你可知道？

生 牠告訴我們二氧化碳是被水吞下去了。

師 對啦，牠在水裏的溶解度是很可觀的。在室溫之下，一立水將近可溶解一立二氧化碳呢。在低溫度時還要比這多；但在高溫度時就要比這少些了。

生 汽水就是這樣做的嗎？我似乎記得你曾經說過這話的。

師 對啦，汽水就是二氧化碳的水溶液，不過其中還含有若干其他的鹽類呢。

生 但是這一類的水，普通都叫做碳酸水呀。

師 在日常生活裏，二氧化碳就叫做碳酸。這名稱就跟氧氣似的，都是由前人的不正確的觀念裏產生出來而沿用下來的；所以我還是一開始就使你應用那正當的名稱的好。——汽水會起泡沫是什麼原因？你還記得我告訴過你的話嗎？

生 因為牠當初是用壓力溶解在水裏的，所以當我們把瓶塞打開而使壓力減小了的時，牠就又跑出來了。

師 對啦。在不同的壓力之下，被吸收的氣體量也是不同的；二者乃是成正比的。製造汽水時所用的壓力，大都為四大氣壓，所以此時汽水裏含有的二氧化碳比在一大氣壓下要多出四倍呢。當我們把汽水倒出來的時候，那過剩的二氧化碳就會跑掉，而構成功泡沫了。

生 還有其他的飲料，例如啤酒，也是會起泡沫的。這也是二氧化碳的作用嗎？

師 可不是。但是啤酒裏的二氧化碳，並不是我們打進去的，而是在麥芽發酵時構成功而溶解在啤酒裏的。

生 牠是由什麼東西構成功的呢？

師 麥芽裏含有糖，糖因麩的作用會分解為酒醇跟二氧化碳；前者在啤酒裏喝了能令人醉，後者能引起泡沫來。

生 新近有一位朋友告訴我，他住的那座房子裏有一個地窖專是爲藏啤酒用的，他並且說常有人把碳酸桶搬到地窖裏去呢。他曾經把一種很大的鐵桶指給我看，說這就是碳酸桶，碳酸桶究竟是什麼東西呀？

師 碳酸桶裏裝的是液態二氧化碳。我們可以用牠把裝在桶裏的啤酒壓到樓上去呢。

生 液態的二氧化碳是有的嗎？

師 有的。我們若用一隻很有力的抽機來壓二氧化碳，壓到後來，牠就會變成水一般的液體了。

生 恐怕要使勁的壓纔行吧？

師 這須看溫度而定。在零度時須用三五·四大氣壓；在二十度時須用五八·八大氣壓；在零下八十度時只要一氣壓就可使牠變成液體了。這跟水是完全相似的：水蒸氣的溫度愈高，那末，牠的壓力也就愈大。所不同者，不過是二氧化碳的那些溫度比較低得多罷了。

生 如此說來，二氧化碳原是蒸氣呵。

師 你也可以這樣稱呼牠。

生 過些時我倒要去請那位朋友的父親倒些液態二氧化碳在玻璃杯裏，好讓我見識見識呢。

師 這是不行的，二氧化碳從鐵桶裏流出來的時候，立刻就變成雪一般的固體了。

生 這是什麼原因呢？

師 一切液體，連二氧化碳也包括在內，在蒸發時都要消耗巨量的熱，這你是知道的。所以液態二氧化碳一流到僅有一大氣壓的空氣裏的時候，也立刻就沸騰了；沸騰時須消耗巨量的熱，因此餘下的一部分二氧化碳就變成固體了。

生 如此說來，我們也可以使水蒸發而凝固為冰了。這似乎是不可能的吧？

師 不可能倒也不見得；我們祇要能使水在零度以下沸騰就行了。要使水能在零度以下沸騰，卻非把壓力弄得很小不行。我們若把水放在真空裏，牠事實上確是會凝固的，這兒的情形就跟我剛纔關於二氧化碳所述的情形完全是一樣的。世上的確有一種冰箱可以這樣在夏天製冰呢。你瞧，二氧化碳也有三種狀態，就這一點看來，牠跟水也是相似的。二氧化碳在工業上是一種重要商業品，因為我們製造汽水跟把啤酒從酒桶裏放出來時都是要用到牠的。要是你留心的話，你可以時常看見榻車上裝着藏液態二氧化碳的鐵桶呢。

生 那麼多的二氧化碳是從那兒來的呀？

師 大部分是從地底下流出來的。在許多地方，尤其是在有火山或曾經有過火山的那些地方，不斷的會有二氧化碳從地面上流出來。牠若是在地底下跟水流碰在一起了，那末，水就會被牠所飽和而變成帶酸性的礦水了。

生 爲什麼是帶酸性的呢？

師 因爲二氧化碳的溶液原是酸性的呀。

生 碳酸這名稱也許就是這樣得來的吧？

師 牠們是有連帶關係的。——在許多地方，二氧化碳也會單獨流出來，給我們聚集起來，用強有力的吸機把牠壓到鐵桶裏去。例如在意大利耐潑爾的維蘇維火山近傍，就常有二氧化碳從地下流出來。那兒有一個洞穴將近有半米深是浸在二氧化碳裏的，並且還有二氧化碳像流水似的從洞裏流出來呢。人們跑進這個二氧化碳的湖裏時，因爲頭可以露在湖的上面，所以是不會淹死在裏面的；但是狗就會窒死在裏面了。這就是那有名的所謂「狗洞」。

生 人們真使狗窒死在洞裏嗎？

師 不，總是趁早把牠們領到空氣裏去，讓牠們又蘇醒轉來的。

生 但終不免有點殘忍呀！禽獸爲什麼會窒死在二氧化碳裏呢？

師 原因就跟窒死在氮氣裏是一樣，爲的是沒有氧氣在裏面呀。至於二氧化碳本身，也跟氮氣一樣，原是沒有毒性的，因爲我們肺部就是不斷的含有二氧化碳的。

生 肺部怎會含有二氧化碳的呢。

師 由血裏來的。我曾經向你說過，含有碳的食物在細胞組織裏會被由血液裏帶了去的氧氣所燃燒，而構成功二氧化碳，情形就跟普通發生燃燒時是一樣的；二氧化碳構成功之後，先是被血液吸收了去，後來就由肺部裏跟氮氣一同呼出來了。

生 如此說來，我呼出來的空氣裏應當是含有二氧化碳的了。

師 可不是嗎。你祇要把你肺部的空氣用一根玻璃管吹到一杯石灰水裏去，你就可以知道了。

生 對啦，石灰水完全變渾了，並且有白色的東西沈澱下來了。我又得把許多新奇的事情記牢呢。

第二十七章 太陽

生 我近來又記起一件事，我爲了這件事已經用過很多腦筋了。燃燒時，呼吸時，腐爛時都會構成二氧化碳；還有地底下也會有二氧化碳流出來：這一切我現在都知道了。但既有這麼些二氧化碳聚集在空氣裏，空氣裏豈不早就充滿二氧化碳了嗎？

師 空氣裏是常常含有二氧化碳的，不過並不多，僅有二千分之一罷了。二氧化碳祇在那些關緊的房屋裏，纔會因爲呼吸，發酵或其他的作用，漸漸聚多起來呢。石灰水放在空氣裏，表面上會構成一層白皮；由這一點，你就可以看出空氣裏是含有二氧化碳的了。

生 一層白皮？啊，我知道了，因爲二氧化碳祇能在石灰水的表面上發生作用，所以祇有表面上纔能構成沈澱呢。但空氣裏的那些二氧化碳究竟是到什麼地方去了呢？莫非是牠跟空氣比較起來並不算多，所以牠雖是在增加，而我們卻察覺不出的呢？

師 牠如果真是在不斷的增加，那我們倒是可以察覺出來的。不，空氣裏一方面雖在增加二氧化碳，但一方面也在失掉二氧化碳，所以造成的是一種平衡情形。

生 失掉的二氧化碳那裏去了呢？

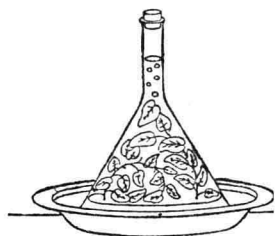
師 被植物消耗了。植物會引起一種分解作用，使碳幫同構造牠的身體，而把氧氣又送到空氣裏去。

生 如此說來，植物可以製造氧氣了？我可以看得見嗎？

師 這並不很難。我們把新鮮的綠葉放在一個很大的漏斗裏，把漏斗倒着放在一隻裝滿新鮮水的大鉛桶裏，等漏斗裏裝滿水之後，就用一個塞子把牠塞住。現在把牠放到日光裏去(第四十二圖)。

生 讓我來搬鉛桶。

師 那太麻煩了；我祇要用一隻盤子放在漏斗底下，那末，當我把盤子跟漏斗一同由水裏取出來



第四十二圖

時，就不至於有水流出來了。太陽若是照在上面，不久就會有氣泡上昇而聚集在漏斗裏呢。

生 這恐怕是那溶解在水裏，而在加熱時又會放出來的氣體吧(參看第十六章)？

師 不是的，水那會這麼快就變熱呢。我們讓牠就這樣放在太陽裏；不過須時常把漏斗轉動轉動，使太陽把牠各方面都能曬到纔行。等我們聚有幾立方釐米氣體之後，就再把漏斗放在大鉛桶裏，使裏外的水一樣平齊，然後把塞子去掉，而用一小片發出極微火光的木片去證明那聚集在漏斗裏的究竟是不是氧氣。

生 這個試驗有趣極了！現在植物的形狀也完全跟先前不一樣了。我一向沒有想到氧氣經過呼吸，燃燒等等作用，是會有用完的一日的呢。植物會把牠又還給我們，倒是我們的恩人呢。

師 你瞧，我們不但須靠植物來做我們的食物，並且那燃燒食物的氧氣也須靠牠來供給呢。

生 你說的第一點，我還沒有完全明白。我們的食物當中也有的是動物，並不專是植物呀。

師 但我們所吃的那些動物卻是靠吃植物而生長的呀。我們吃的動物都是草食動物，而非肉食動物。就是肉食動物也是靠吃草食動物而生長的，所以實際上人與獸都是靠植物生長的。

生 不錯，這話是對的。植物既能把氧氣給還空氣，那末，森林

中的空氣裏應當含有很多的氧氣了。我們所以歡喜在森林裏散步，還有那鄉村的生活所以能有益於我們的健康，也許就是這個原因吧？

師 這倒不是的。森林區跟非森林區比，鄉村跟城市比，其空氣中所含氧氣之多寡，是並無大區別的。

生 這是什麼原因？這跟你剛纔講的話豈不是互相抵觸的嗎？

師 因為空氣不斷的在流動，彼此很快的就混合了，所以牠裏面所含氧氣之多寡是沒有大區別的。風力就是不大的時候，牠每兩分鐘也能有一仟米的速度。由此你可想見森林裏的空氣是會很快的就流到城市裏去的，反過來講也是這樣。

生 但是在海洋上是怎樣情形呢？

師 也跟我們剛纔所說的差不離。水裏不但有動物，並且還有植物，尤其是含有很多極小的植物。牠們的作用也跟在陸地上一樣；不過牠們所吸收的不是溶解在空氣裏，而是溶解在水裏的二氧化碳罷了。牠們放出來的氧氣溶解在水裏之後，就被魚跟其他海洋動物吸呼進去，作為燃燒食物之用了。

生 對啦，牠們是用鰓呼吸的。鰓究竟是什麼東西呀？

師 牠能把含有氧氣的水輸送到那些被血液所流過的器官裏去，而氧氣就在這裏跟來自細胞組織的二氧化碳互相交換了。

生 如此說來，水產動物原跟陸地動物一樣，不過一是由水供給氧氣，一是由空氣供給氧氣的罷了。

師 一點兒也不錯；還有些低等動物的工作更要簡單，因為牠們的細胞組織可以直接運水呢。

生 碳跟氧的循環作用倒是怪有趣的呢：動物不用的就給植物拿去用，植物不用的就給動物拿去用。氮氣想必也是這樣的吧？

師 可不是；不過氮氣須跟其他元素化合在一起對於動植物纔有用呢，這話我從前已經向你說過了（參看第二十二章）。

生 這我是記得的；我還記得你說過世界上消耗掉的化合氮能夠因田地的作用而又得到補償呢。如此看來，一切都再有秩序也沒有了。——還有一點我早就想請教您了，請您現在告訴我吧。那些植物的葉子爲什麼要在日光裏纔會放出氧氣呢？

師 這你自己應當知道纔對呀。碳變爲二氧化碳的時候，不是會放出巨量的熱嗎？

生 可不是嗎。機器跟人和動物所做的一大部分工作，也就是從這裏來的呀。

師 如此說來，構成二氧化碳時放出來多少工作，分解二氧化碳時也就應當用到多少工作了。植物從那裏去取這工作呢？

生 這一層我倒沒有想到。你好像說過是從太陽那裏取出來的，這話可是真的？

師 可不是真的嗎！植物的生活是兩重的。牠們一方面就跟動物一樣，須啣水，生長，開花結果等等。這些工作牠們是無法憑空製造的，因此牠們就非消耗食物不行了。而一方卻又跟動物不同，牠們的食物都是自己製備的，而其所需之工作或能，乃是從日光那裏取來的。

生 你曾經說過植物跟動物一樣，必須借助於食物纔能工作。如此說來，植物也應當放出二氧化碳了。

師 事實上也確是如此。植物的兩重生活也正在於此呀。牠們能跟動物一樣，從燃燒作用裏去取牠們工作時所需要的能；但牠們同時又從日光裏取能，並且所取的比較所用的要多得多，因為牠們也得貯藏一些預備在黑暗時用呢。因此，牠們所以纔時時刻刻放出二氧化碳來的；不過牠們在

日光裏放出來的氧氣比較二氧化碳要多得多了。牠們要在黑暗時纔會單獨放出二氧化碳呢。

生 植物是怎樣利用日光能的呢？

師 關於這一問題，我們知道的還不多。我們僅知道綠色植物纔有這種作用呢。至於那些無色的植物，例如菌類，牠們是跟動物一樣靠吃植物跟腐爛了的樹葉等等而生長的。二氧化碳在樹葉裏的初步作用怎樣，我們還不明白；我們僅能證明初步構成的產物是澱粉罷了。由此看來，你可以把植物的綠色細胞當作極小的化學實驗室看待；不但植物所需要的一切東西是在這種實驗室裏製造出來的，就是日光或太陽的放射能也是靠這種實驗室裏的設備纔能轉變為蘊藏在化合物裏的能的呢。

生 如此說來，我們原來都是靠太陽生活的，對不對？不錯，我還記得你向我說起過（參看第二十一章），水跟空氣所以能在地面上流動，也要歸功於太陽熱的作用呢。如此說來，地球上的一切現象原來都是跟太陽有連帶關係的。

師 這話差不離全是對的，因為我知道世界上的確只有一種現象，就是潮汐，纔是跟太陽沒有連帶關係的呢。潮汐的工作是取之於地球的轉動跟月亮的功用的。但這跟太陽

所做的工作比較起來，真是微乎其微了。

生 爲什麼一切現象都會跟太陽有連帶關係呢？

師 因爲太陽的輻射是我們所有的唯一能源，而一切現象又非有工作或能不能發生，所以一切現象纔跟能源有連帶關係的。

生 我先前看見元素的那種循環關係，心裏很覺得歡喜；現在覺得牠並不怎樣希奇了。

師 這原沒有從太陽裏不斷地流到地球上的能流那樣重要。能流到地球上之後，就被植物吸收了去，並把牠貯藏起來了。而其他一切生命則均係靠植物來加以維持的。你可以把這一切情形跟一部水磨去比較。元素譬如循着圓圈轉動而不斷的在吸收瀑布所供給的工作的車輪；瀑布譬如日光；所以世上若是沒有了日光，那末，生命之磨立刻也就要停止了。

第二十八章 氯之製備法及其性質

師 你假期之前學的化學怎樣了？恐怕忘了一大半了吧？

生 提起這話倒是怪有趣的。當我們結束的時候，我感覺到自己對於所學的一切是非常模糊的；那時你若立刻來考我的話，那我成績一定是不會考得好的。但當我最近翻讀我從前每逢下課之後就根據我的記憶所寫下來的筆記時，忽然感覺到一切原是十分明白通曉的。

師 這就對了，這可證明你是用心聽講的。我們每逢學了許多新知識之後，原要經過相當時期，纔能把牠完全消化呢。所以我們最好是同時學習幾們功課，因為當我們學這一門功課時，就能同時把那一門功課記在腦子裏了。

生 現在要我學那一種新的化學知識呢？

師 那有的是，儘我們揀得了！當我們討論元素的時候，你不是常想對於你從日常生活裏所認識了的那些質素知道的更清楚些的嗎？這就是我們現在所想做的。

生 如此說來，你上學期把那些普通定律教會了我，這學期要

我去認識各種不同的質素了。

師 這倒也不是的。你應當知道而還沒有知道的普通定律還多得很呢。我們還是照從前一樣，在討論質素及其轉變作用的時候，同時就附帶的討論那些可以闡明這種轉變作用的普通定律。

生 我見着這麼多的普通定律，心裏倒有點兒駭怕起來了，因為腦筋裏東西裝得太多之後，也許反要弄糊塗了呢。

師 你以往學過的那些普通定律有沒有把你弄糊塗呢？

生 那倒沒有；牠們大都是當然如此的——請您原諒，我的意思是想說牠們大都是非常簡單的。以至於跟牠們相反的情形，簡直不是我所能想像的呢。

師 一點兒也不錯。你既有這種印象，那你許是能完全了解那些定律的。以後你遇到新的定律時，也一定是這樣的；你一定會不用轉念頭就能如同受了本能驅使似的把他們加以應用呢。

生 你為什麼說如同而不說簡直是受了本能的驅使呢？

師 因為你須經過學習之後纔能得到這種本領呢，而本能卻是由遺傳得來的一種本領。——我們拿氯氣來開始。關於氯氣你還記得些什麼呢？

生 氯氣是一種元素；食鹽跟鹽酸是牠的化合物。

師 這話是對的。氯氣本身是怎樣的一種東西呢？

生 我猜是氣體吧。

師 這話也是對的。但是牠跟你已經認識了的其他一切氣體是不同的。第一、牠是黃綠色的；第二、牠的氣味是極其難聞的。牠就是在普通溫度之下也是很容易跟大部分的元素，尤其是跟一切金屬化合的；牠並且能跟許多化合物或其中所含之一種元素化合。因此，要從牠的化合物裏把牠取出來，乃是非做許多工作不行的。

生 我們能在自然界中找到氯氣嗎？

師 不能的。像這種在普通溫度之下就很容易變成化合物的質素是不能在任何地方存在的。

生 這倒是真的。如此說來，我們怎樣纔可以製造氯氣呢？

師 拿鹽酸去製造牠。鹽酸是由什麼構成的，你還記得嗎？

生 讓我想想看；想到了，牠是由氯氣跟氫氣構成的，因為牠還有一個名詞叫做氯化氫呢。我們製造氫氣時，就是用鋅把氯氣由鹽酸裏趕出去的。

師 那末，我們怎樣纔能得到氯氣呢？

生 把氫氣取出來就行了。但用什麼東西去取牠呢？

師 你想一想看，氫氣能跟什麼東西化合？

生 我只知道牠能跟氧氣化合。氧氣的力量夠不夠把氫氣取出來呢？

師 夠的。

生 如此說來，我們若是把氧氣通到鹽酸裏去，就有氯氣出來了？

師 事情倒沒有這樣簡單呢；氧氣在普通溫度之下一無能為，你是知道的呀。我們如果使氯化氫跟氧氣或空氣一同在燒紅的用藍礬浸過的陶土碎片上通過去的話，那末，就會依下列的方程式構成功水跟氯氣了：氯化氫加氧氣構成氧化氫（或水）跟氯氣。

生 藍礬有什麼用途？

師 牠能使化學作用的速度增加，乃是一種觸媒劑（參看第十六章）。

生 您可以試驗給我看嗎？

師 這試驗我還是不做的好，因為這樣做出來的氯氣是不純粹的，牠裏面還含有其他的質素呢。我們如果要得到純粹的氯氣，那末，我們就必須用一種容易放出氧氣的固態化合物纔行呢。你可以舉幾種給我聽聽嗎？

生 氧化汞跟氯酸鉀。

師 好，我們就用氯酸鉀罷。

生 爲什麼不用氧化汞呢？

師 氧化汞放出氧氣之後會變成什麼？

生 會變成水銀。

師 對啦。我曾經向你說過，氯能跟一切金屬化合，水銀當然不是例外；我們如果拿氧化汞來試驗，那末，我們就要得到水銀跟氯氣的化合物，而不能單獨得到水銀跟氯氣了。

生 用氯酸鉀會好點嗎？

師 可不是；氯酸鉀把氧氣放出之後，那剩下的東西是不會跟氯發生作用的。我用幾粒跟定針頭一樣大小的氯酸鉀放在一個小試管裏，然後倒少許鹽酸進去。

生 鹽酸看上去就跟水似的。

師 鹽酸裏本是有水的。氯化氫本身是一種氣體，牠很容易溶在水裏。這種含有五分之一到三分之一重量的氯化氫的溶液就是藥房裏出賣的鹽酸。——現在，我把試管來加熱。

生 內容變的帶些黃綠色了。

師 這就是那起初溶在水裏的氯氣，一會兒牠就要變成氣體。

出來了。你聞一聞看，但是要小心呀！

生 我聞不出什麼。——啊，現在出來了。呸，這氣味好臭呀！

師 我先前爲什麼只用很少的氯酸鉀來做試驗，你現在可明白了吧。我們對於氯氣須十分小心纔行，因爲牠不但難聞，並且是非常有毒的，牠對我們的肺部跟鼻孔裏的黏膜能加以傷害呢。——我把一個嶄亮的銀幣放在試管口上，讓牠放一會兒——。

生 牠變成深灰色了，變的就跟紙版似的了。

師 你瞧，氯氣也會跟銀化合呢；不論溫度高低，銀是不會跟空氣裏的氧氣起作用的，所以牠是被算在貴金屬裏的。

生 我僅能看見這一點點氯氣嗎？

師 不，我們還預備多做些呢。但這要拿到後面那間敞着的屋裏去做了，因爲在那屋裏即使有氯氣漏了出來，也是會被流通着的空氣吹散開去的。

生 我們用氯氣做試驗的時候，都得這樣做不成嗎？

師 那倒不是的，因爲一切化學實驗室裏都是設有玻璃烟櫥的，烟櫥的門是可以推動的，而一切氣體放在烟櫥裏都是能由烟窗裏跑出去的。

生 這一次您大概預備多用一點氯酸鉀了吧？

師 不，我簡直不用牠了，因為氯酸鉀用多了並不是沒有危險的，我用另一種叫做二氧化錳的氧化物來代替牠。二氧化錳是一種產在地下的礦物；牠若跟鹽酸放在一起加熱的話，那末，牠放出來的氧氣就會跟鹽酸裏的氫氣化合了；這樣得到的氯氣是很純粹的，因為除了氯氣以外其他構成的一切東西都是不能揮發的——我應當怎樣做這試驗呢？

生 我猜跟製氫氣一樣的去做法就行了（參看第十七章）

師 回答得好。不過我們須拿一只薄玻璃燒瓶纔行，因為氯氣需要加熱纔會放出來呢。再則，我們也不能直接用火去燒牠，否則，燒瓶裏的固體是很容易熱得過度而把燒瓶炸破的。這一層，在製造氯氣時尤其不是我們所希望的。

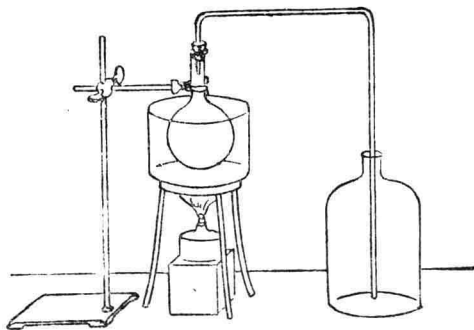
生 那末，我們只要用一個鉍網放在燒瓶下面就行了。

師 這還不十分可靠呢。我們頂好是用水鍋來做。

生 水鍋是什麼東西？

師 那是一只恰好容得下燒瓶的琺瑯質的小鐵鍋；鐵鍋底上還得放一個鐵絲三角架，使燒瓶不至於直接碰在那燒熱的場合纔行。通氣管也得用一整根玻璃管做纔行，因為橡皮管碰到氯氣是要損壞的。燒瓶的內容，只要有一百立方

厘米就行了；我們先裝滿半瓶的粗塊二氧化錳；然後再把鹽酸倒進去，叫牠把二氧化錳恰好遮住。我們一方面已經把水鍋燒熱了。現在我把燒瓶放在水鍋裏，使通氣管通到一隻預先乾好的白玻璃瓶裏去。



第 四 十 三 圖

生 玻璃瓶有什麼用途？

師 爲的是要收集氯氣呀。

生 您爲什麼不像以前那樣把牠收集在水面上呢？

師 因爲氯氣很容易溶在水裏，一立的水可以溶解四立的氯氣，所以我們纔不能像以前那樣做的。

生 現在瓶底上已經變成綠顏色了。

師 我把玻璃瓶放在一張白紙上，爲的就是要使你看得格外清楚些呀。

生 但祇有瓶底上是綠顏色的。

師 氯氣的密度，差不多大於空氣兩倍半，所以牠纔能聚集在瓶底上，而使空氣浮在上面的。

生 對啦，綠色的東西愈變愈高了。

師 等瓶裏完全裝滿氯氣之後，我們就把牠移開去，用一塊玻璃板蓋在瓶口上。你趕快用另外一只空瓶去接氯氣呀。

生 您預備把裝在瓶裏的氯氣。怎麼辦呢？牠的氣味怎樣，我已經認識得夠透了。

師 我想試驗給你看，金屬就是在普通溫度之下也會在氯氣裏燃燒呢。

生 那我倒有點好奇呢。您拿的是金子嗎？

師 不，這是裝在書裏出賣的假金葉，其中所含的成分大一半是銅。我拿幾頁捏成一個不結實的球，把牠丟在氯氣裏。

生 燒紅了！蒸發了！

師 現在第二隻瓶裏又裝滿氯氣了。我再把第三隻瓶接上去。現在我倒些銻粉在第二隻瓶裏。

生 多麼好看的雨一般的火光呀！銻是什麼東西？

師 銻是一種灰白色的元素，性質極脆，所以很容易磨成細粉。印刷用的鉛字，就是用鉛跟銻兩種東西做的。

生 金屬遇了氯氣會變成什麼呢？

師 我已經向你說過了，牠們會跟氯氣化合；這種化合物叫做氯化物。如此說來，牠跟銅銻構成的化合物叫做什麼呢？

生 我那裏會知道呢？

師 你只須在金屬前面加上氯化兩個字就行了。那末，應當叫做什麼呢？

生 氯化銅跟氯化銻。

師 一點兒也不錯。除此以外，你還要注意到一點，就是有些金屬往往也能以數種比率跟氯氣化合呢。在這種情形之下，那含氯含得少些的化合物，在德文裏叫做(Chlorür)，那含氯含得多些的叫做(Chlorid)；在中文裏是用數字加以表明的；但我們須先知道金屬跟氯氣的原子價，纔能用這方法去稱呼牠們的含化物呢。關於這一點，我們以後還要提到呢。現在，我若是告訴你銅在德文裏叫做(Kupfer)；銻在德文裏叫做(Antimon)；那末，牠們的氯化物應當叫做什麼呢？

生 Kupferchlorür 和 Kupferchlorid；Antimonchlorür 和 Antimonchlorid。

師 一點兒也不錯。我們一面說話，一面又裝滿好幾瓶氯氣

了。我們用石油脂把玻璃板黏在瓶口上，使氯氣放到明天也不至於逃掉。今天，我們可以結束了。

第二十九章 氯與水

師 你昨天學的是什麼？

生 我昨天學會了怎樣製造氯氣。我們從氯化氫裏把氫氣去掉，賸下的就是氯氣了。氯是一種黃綠色的氣體，氣味很難聞，並且很容易跟許多金屬化合。那些化合物在德文裏叫做(Chlorür) 和 (Chlorid)。——我們也能得到液態跟固態氯嗎？

師 當然可以的，我們只須加上壓力，並把牠冷到某種溫度以下就行了。氯氣在零下三三·六度時，就是在普通空氣壓力下已能變成一種黃綠色的液體了。液態氯在零度時的壓力是三·七大氣壓，在二〇度時的壓力是六·六大氣壓。在很低的溫度之下。牠也會變成一種淡綠色的固體呢。液態氯是放在吃得住壓力的鋼筒裏賣到市面上去的。我們只須把龍頭打開，氯就出來了。龍頭若是裝在鋼筒上面的呢，那末，出來的就是氯氣，龍頭若是裝在鋼筒下面的呢，那末，出來的就是液態氯。

生 這是什麼原故？——啊，請您不要見怪，這原是當然的呀。但有一點，我卻有點覺得奇怪。您說氯氣是裝在鋼筒裏的；但是我昨天卻學會氯氣是能跟一切金屬化合的呀。

師 這話問得很有意思！其中有一點是很特別的，就是完全乾燥的氯氣乃是很不容易起作用的。牠是不能跟鐵化合的。所以我們在沒有把氯氣裝到鋼筒裏去之前，只要把鋼筒好好弄乾就行了。

生 爲什麼會有這分別呢？

師 這又是一種觸媒作用。沒有水的時候，氯氣跟鐵的化合速度是非常之小的。

生 水跟氯氣有什麼特別作用嗎？

師 當然有的，我們若把水跟氯氣放在一起搖動的話，氯氣就會溶在水裏了。我在一隻裝滿氯氣的瓶裏裝上五分之一的水，把瓶塞塞好之後搖牠幾下。你瞧，瓶塞給牠吸住了，因爲瓶裏的壓力減小了。

生 現在所有的氯氣都溶解在水裏了嗎？

師 那纔不會呢，溶解在水裏的不過只有四分之三罷了。氯氣溶解在水裏之後，壓力就變低了；壓力變低之後，溶解在水裏的氯氣就要少些了。我們如果要使水爲氯氣所飽和

的話，那是非使壓力保持不變不可的；例如把氯氣通到水裏去，就能達到這個目的了。至於對於我們此刻要做的試驗，那溶解在水裏的氯氣卻已經是足夠了。我倒一點氯水在試管裏，你看牠是怎樣的？

生 跟水一樣的。似乎略微帶些綠顏色呢。

師 你把試管放在一張白紙上，再從上面看下去，看牠是什麼顏色。

生 現在很顯明的是綠顏色。這是什麼原故？

師 這你應當自己知道纔對呀；有一種跟這相似的情形，我們一開始就講到過了（參看第二章）。你想一想硫酸銅看。

生 硫酸銅跟這有什麼關係呀？啊，現在我知道了，從上面看下去水層要厚得多了。

師 好好。——你若把這水聞一聞，你就知道牠跟氯氣的味道是相同的了。牠對於金屬的作用跟氯氣一樣，也能構成氯化物呢。這本是可以預料得到的。

生 爲什麼？

師 溶在水裏的氯氣，其分量的多少是跟着壓力改變的，我們只要使壓力降低，就能重新把氯氣從水裏取出來了。如此說來，氯水跟含有一定壓力的氯氣之間總是有一種平衡

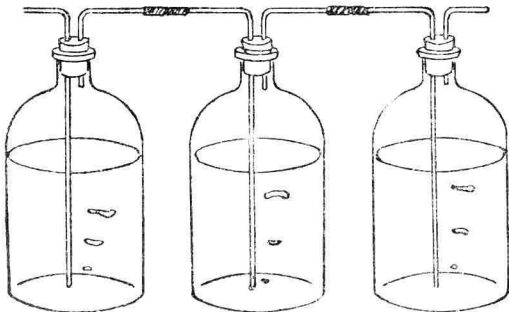
情形存在的，所以凡是氯氣所有的一切作用，氯水也都是有的，不過在後一情形下，那構成的東西還能跟水發生交互作用呢。

生 你說的話，我都能了解；不過內中似乎還藏着許多別的道理呢。

師 可不是嗎，我在這兒又隱隱約約的把一條很重要的定律告訴了你了。在我沒有解釋給你聽之前，我還想使你認識其他若干例子呢。

生 也許我自己能把其中的道理想出來呢。

師 你還是等到以後去想罷，目前我們還想多製一點氯水呢。我們來把製氯氣用的那副器具重新裝置起來。爲的要多製一點氯水起見，我們使氯氣從許多瓶裏挨次的通過去。



第 四 十 四 圖

每隻瓶上都塞上一個鑽了兩個洞的塞子；一個洞裏插的是一根彎成直角的長玻璃管，另一個洞裏插的是一根彎成直角的短玻璃管（第四十四圖）。

生 你在這兒爲什麼用橡皮管接那玻璃管呢？

師 爲的是要叫橡皮管相信氯氣是會使牠不久就變成又硬又容易碎的呀。我們如果不用橡皮管把玻璃管接起來的話，那末，玻璃管是很容易壞的，所以這一點橡皮管我們是樂得犧牲的。

生 現在，水裏已經有氣泡出來了。

師 這還是空氣呢。我們使末尾一只瓶裏出來的氯氣通到一只空瓶裏去，否則流到空氣裏去就麻煩了。我們只要時常放些木炭跟石灰到空瓶裏去，氯氣就會被牠吞下去了。

生 試驗在什麼時候終止，我們怎樣看得出呢？

師 等到末一只瓶裏變成綠顏色的時候，第一只瓶裏一定已經飽和了；這時候我們不妨把其他的瓶移到前面去，而再把一只裝了新鮮水的瓶加在空瓶之前。——現在第一只瓶裏已經裝滿氯氣了。

生 您拿牠做什麼用呢？

師 用途可多着呢。我這兒有一片真金葉，我把牠放在一只小

瓶裏，倒些氯水進去，把瓶擱在一旁，過了一會兒，金子就變成氯化金溶解在水裏了，而水也變成黃顏色了。你瞧，就是最貴重的金屬也是不能抵抗氯的——。

生 假使有水在一起的話。

師 這話補充得好極了？我現在再把幾朵艷麗的鮮花丟在氯水裏。你瞧，花的顏色一會兒就變白了。氯對於許多色素具有漂白作用，所以我們常用牠漂白棉織品跟麻織品呢？

生 這當中的道理我聽了可以明白嗎？

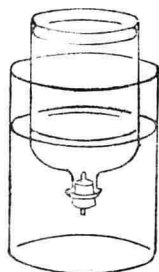
師 也許你可以聽懂一半吧。那一類色素就跟木材，紙，草等等一樣，都是有機化合物。氯能使牠們氧化。換句話說，就是使牠們燃燒，所以牠們的顏色纔會消滅的。

生 燃燒？氯又不是氧咯，怎會燃燒呢？

師 這跟水是有連帶關係的。氯氣把水裏的氫氣拿跑，贖下的氧氣就能使色素燃燒了。

生 氯氣能使水分解嗎？

師 在某種條件之下是可以的。讓我把這試驗來做給你看呀。我把一根短玻璃管插在一個塞子裏，把這個塞子塞在一隻裝滿氯水的瓶上，把瓶倒轉過來放在一只



第四十五圖

玻璃杯裏，然後把牠們一古腦兒放到日光裏去。（第四十五圖）

生 瓶裏並沒有氯水流出來。

師 這是當然的，因為玻璃管很細，空氣是進不去的。

生 但是也不見有什麼作用發生呀。

師 等到明天，就有一部分氯水被瓶裏構成功的氧氣擠出來了。

生 氧氣是由那兒來的呢？

師 由水裏來的。氯因日光的作用跟水裏的氫化合了，所以氧氣就被趕出來了。

生 日光跟這有什麼關係呢？

師 日光就跟觸媒似的，可以使一種化學作用的速度增加。我們稱這現象為光化學作用。攝影術就是建築在這種作用上面的。

生 關於這一方面的情形，我很想知道的格外詳細些呢。

師 這你必須稍微等一等呢；因為我們目前還有比這更重要的問題須加以討論呢。瓶裏構成功的是不是氧氣，你預備怎樣去證明牠呢？

生 我只要用發出極微火光的木片一試就知道了。

師 對啦。因為你回答得不錯，所以我再做一個試驗給你看，這試驗是非常富於教訓的。這兒是一瓶已經攔了好幾星期的膠水，牠已經起了腐化作用了。所以氣味是極難聞的。現在，我加些氯水進去——。

生 臭東西跟臭東西放在一起，結果倒好玩呢！

師 你聞一聞看！

生 我有點不情願聞牠。

師 我以為你是想學化學的——？

生 遞給我哪！我什麼味道也聞不出，這是什麼原故？

師 氯可以毀滅臭味，這是牠的另一種性質。

生 這莫非又是氧化作用吧？

師 一點兒也不錯。

生 想不到氯倒有這本領呢？

師 牠的本領還不止這一點呢。我們若用氯氣來處理含有病菌的東西，病菌也會被牠毀滅呢。病菌是一種極小的生物，雖能跟空氣等等的影響抵抗，卻不能跟氯氣抵一抗，因為氯氣是能將牠殺死的。由這一點看來，氯氣雖討厭；但牠對我們倒也是極有益的呢。氯是可以當作消毒劑用的。

生 消毒劑這名詞什麼解說呢？

師 消毒就是消滅有毒的病菌的意思。——可惜我們不能常用氯氣來消毒，因為牠不僅能殺菌，並且還能把牠所碰到一切東西加以摧毀呢。

生 我們所以把氯氣裝在鋼筒裏出賣的原因，我現在明白了。

師 拿鋼筒裏的氯氣去消毒乃是不常有的事；普通用的都是漂白粉。

生 漂白粉是什麼東西？

師 漂白粉是氯氣跟石灰互相接觸之後構成功的一種化合物。氯氣被石灰吸收去之後，會構成功一種白粉。這種白粉又會吸收空氣裏的水蒸氣，所以普通都是有點潮濕的。我們很容易使漂白粉裏的氯氣重新放出來；牠就是放在空氣裏也會放出氯氣來，你一聞就知道了。

生 我們為什麼不用鋼筒裏的氯氣呢？

師 因為把氯氣裝在鋼筒裏出賣，還是近幾年的事呢*；當我們從前還不知道把氣體，例如二氧化碳之類（參看第二十六章）壓到鋼筒裏去的時候，氯氣是用別的方法運輸的。

生 我們為什麼不直截了當的就用氯氣呢？

* 此係一九一九年的舊話

師 每立氯氣的重量約爲三克。我們如果要運一百多磅的氯氣的話，豈不要用很大的器具纜行嗎？而實際上我們所用的氯氣何止幾千萬倍之多，那什麼行呢！

生 漂白粉究竟是什麼東西呢？

師 我現在就是告訴了你，你也是不會了解的；我們以後還要提到牠呢。

第三十章 酸與鹽基

師 我們曾經屢次提到過氯化氫，現在，你應當把牠認識的格外清楚些了。關於氯化氫你知道些什麼？

生 氯化氫的水溶液叫做鹽酸。我們若把鋅放進去，就會有氫氣放出來；若把二氧化錳放進去，就會有氯氣放出來。

師 二氧化錳的有效成分是什麼？

生 是氧氣，因為我們如用其他氧化物去替代牠，也是可以得到氯氣的。請你告訴我，是不是一切氧化物都能跟鹽酸發生作用而放出氯氣的呢？

師 沒有這麼一回事。我以前就向你說過，例如氧化汞跟鹽酸放在一起就不會有氧氣放出來的。你要記牢：大凡容易把氧氣放出來的氧化物纔能有這作用呢。——鹽酸的那個酸字是什麼解說？

生 表明牠的味道是酸的！我還親自嚐過的呢。

師 對啦！除此以外，一切含有酸味的質素還有另一種性質，可使我們很容易把牠們辨識出來。市面上有一種方塊的，

差不多完全是黑色的藍色素出賣；牠的名詞叫做石蕊^{◎◎}。我拿些石蕊放在水裏，過了幾點鐘之後，尤其是在高溫度之下，水就變成深藍色了。你去把這藍色溶液跟其中所含的渣滓用過濾的方法分開來（參看第三章）。這種溶液叫做石蕊溶液，須放在一只祇用棉花塞住的瓶裏保存起來。纔不至於褪色呢。

生 爲什麼原故？

師 因爲瓶裏若是缺少了空氣的話，石蕊就要褪色了；詳細的情形你現在還不能了解呢。我把這種有色溶液塗在白紙上。

生 這有什麼用途，我倒很好奇呢。

師 爲的是要用牠去發現酸呀。這種石蕊試紙市上也有現成的出賣，我這兒拿的就是這種現成的切成細條的石蕊試紙。我把鹽酸滴些在試紙上，你看見牠發生的作用嗎？

生 牠變紅了。

師 一切酸類，例如檸檬、蘋果以及一切漿果的汁液，還有醋酸、酸牛奶等一切含有酸味的東西都是有這種作用的。

生 請您給我些石蕊試紙，我想到處去試試看呢。

師 給你幾張嘍。——

生 我試了一試，凡是含有酸味的東西，的確都是能使牠變紅的。

師 現在，我還想把酸的第三種性質試驗給你看呢。這兒是一點點鎂粉。

生 就是那可以發出日光一般亮光來的鎂粉嗎？

師 一點兒也不錯。我把牠放在一個試管裏，倒些水進去；你瞧，什麼作用也沒有發生。現在，我再加些鹽酸進去，立刻就有氣體出來了。你猜這氣體是什麼？你只要想一想鎂是金屬，你就會知道了。金屬跟氯化氫會起什麼作用呢？

生 金屬能把氯氣拿跑而使氫氣放將出來。

師 對啦！我用手指撇在試管口上一會兒；然後把牠放到火的近旁去——

生 白夫一聲響！不錯，這是氫氣。

師 現在，我們不用鹽酸而用醋酸或檸檬汁跟鎂粉放在一起，每次都是有氣體放出來的。

生 但是放出來的氣體都沒有用鹽酸時那樣的多！

師 因為這個原因。所以我們纔稱那些酸為弱酸的。這倒怪呢，那三種不同的性質——酸味，使石蕊試紙變紅，跟鎂粉放在一起能放出氫氣來——倒總是同時出現的呢。

師 這正是一大類質素含有的共通特徵；這一類質素我們統稱之爲酸。這情形跟哺乳動物之必定有熱血、骨骼、兩心耳兩心室以及其他許多特徵是極相似的。

生 我本想再問您一句爲什麼偏偏是這幾種性質纔會同時出現於酸類的；但我猜想到您目前一定是不肯解說給我聽的。

師 事實上你的確可以再等一等呢。上述三種性質中的末尾那一種比較是最重要的；我們可以由此推論到一切酸類都是含有氫氣的，因爲牠們都是能放出氫氣的呀。

生 的確是如此嗎？

師 是的，一切酸類都是含有氫氣的。

生 如此說來，一切氫化物都是酸類了？

師 那倒不是的！

生 那末，這兩件事實怎樣合得攏呢？

師 祇有能跟鎂放出氫氣來的氫化合物纔是酸呢。例如水也含有氫，你是知道的；但牠跟鎂放在一起卻不能放出氫氣來；牠也不帶酸味，也不能使石蕊試紙變紅，所以牠並不是酸。酒醇跟石油也不是酸，雖然牠們也是含有氫的。

生 我們有沒有其他的方法能夠把酒醇跟石油裏含有的氫氣

辨識出來呢？

師 方法當然是有的。你祇要把一根又冷又乾的玻璃棒放在牠們的火焰上一試（參看第十章）就可以知道了：如果有水沉澱在玻璃棒上的話，那牠們就是含有氫氣的。

生 我想把一切東西都來試一試呢？

師 這對你是再好也沒有的。——如此說來，酸類的特徵是什麼呢？

生 酸類是氫化合物，牠們跟鎂放在一起能放出氫氣來。

師 這話說得很好。

生 還有一點請您告訴我：這些酸類是各種不相同的質素呢；還是跟水一樣，祇因為含有不同的雜質，所以纔現出彼此不同的呢？

師 你簡直不知道你提出的問題是多麼困難呀。現在，我僅能告訴你，牠們乃是各種不同的質素，數目是極多的。目前你只須認識十幾種就夠了。在你沒有認識這些酸類之前，我還想告訴你另一類叫做鹽基(Basen)*的質素呢。

生 牠們是不是酸類的堂姊妹呀？

師 不是的，這名稱是由希臘文 basis(基礎)一字裏引伸出來

* Basen 一字在德文中又作堂姊妹或表姊妹解，故如斯云云。（譯者）

的。不過牠們的確是跟酸類有某種關係的，因為牠們能把酸類的作用加以抵消呢，換句話說，就是鹽基的作用乃是跟酸類適相其反的。

生 這我有點不能想像。

師 我們從前用作聚集蠟燭燃燒時的出產物的氫氧化鈉（參看第十章）就是一種鹽基，你已經見到過了。

生 不錯，我還記得牠是一種棒狀或塊狀的白色東西呢。

師 對啦。我拿牠溶些在水裏；然後把被酸弄成紅色的石蕊試紙放進溶液裏去；你瞧，牠又立刻變成藍顏色了。

生 現在可以再被酸弄成紅色嗎？

師 當然可以的；你去試一試看。

生 如此說來，石蕊試紙是我們要牠藍就能變藍，要牠紅就能變紅的。

師 一點兒也不錯。我們若是倒些石蕊溶液在一杯水裏的話，那末，我們還可以看得格外清楚些呢。我倒一滴鹽酸進去，水就變紅了；再倒兩滴氫氧化鈉溶液進去，水又變藍了。

生 請讓我自己來試試看。啊，我把鹽酸倒得太多了。

師 這是無妨的，你祇須多倒一點氫氧化鈉進去就行了。

生 可不是；我這一次倒得很當心，末了一滴使水變藍了。

師 你現在祇須加一滴鹽酸進去，水就變紅了。

生 一滴？我以為加進去的鹽酸須跟起先倒進去的氫氧化鈉一樣多纔行呢。不錯，您的話是對的。妙極了！

師 我可以猜想得出，你在什麼地方還感到困難呢，所以我們再來大規模的把這試驗做牠一做。這裏是十克氫氧化鈉，我倒些水進去，加些石蕊溶液在裏面；現在，我必須多加些鹽酸進去，溶液纔會變紅。但當我用玻璃棒去攪牠的時候，溶液又變藍了。我若用移液管（參看第八章）把鹽酸一滴一滴的很小心的加進去的話，那末，我可以使溶液的顏色變成介於紅藍二色之間的紫色呢。現在溶液變的很熱了。我把牠倒在一

只淺底的瓷皿裏，
放在鉗網上用火加熱，並且用玻璃棒常去攪牠。



第四十六圖

生 牠已經很熱了。您
為什麼還要加熱呢？

師 我想把水蒸發掉；這種淺底的瓷皿就叫做蒸發皿。

生 邊上有白色東西出現了。

師 對啦！因為我在用玻璃棒攪拌，所以停會兒水會完全蒸發掉，而使一種略帶石蕊顏色的白東西騰下來呢。

生 蒸發皿裏的東西在朝四面亂濺，並且還有爆炸聲音呢。

師 這是因為蒸發皿底上的溫度超過一百度以上，而熱又不能完全傳到別處去的原故。我們只須把牠放在水鍋上（參看第二十八章）蒸發，就能使蒸發皿底上的溫度不至於昇高到一百度以上了。我因為要趕快把這試驗做完，所以纔放在火上直接加熱的。

生 我可以從這試驗裏學些什麼呢？

師 你把那白東西放在嘴裏嚐嚐看。——不礙事的！

生 牠的味道就跟鹽似的。

師 這兒是一點普通的食鹽；你比較比較看！

生 這兩種東西的味道似乎是一樣的。

師 牠們原是同一樣東西呀。鹽酸跟氫氧化鈉構成食鹽了。

生 這倒又奇怪了。

師 為什麼？

生 這話我本當是不應該說的；但是我總覺得有點奇怪，為什麼像鹽酸跟氫氧化鈉這樣厲害的質素會變成絲毫無害的食鹽呢？

師 發生化學轉變作用時，一方面會有質素消失掉，而另一方面卻有質素構成功，你現在又見識了一次了。你剛纔見到的不過是許多相似的化學作用裏的一種情形罷了。世上除掉氫氧化鈉之外，還有其他許多的鹽基；猶之乎世上除掉鹽酸之外，還有其他許多的酸類呢。任何鹽基跟任何酸類發生作用之後，都能把彼此的鹽基特性跟酸類特性喪失掉，而構成功一種鹽呢。

生 每次都構成功食鹽嗎？

師 不，食鹽是由氫氧化鈉跟鹽酸構成功的。你若用硫酸來替代鹽酸的話，那末，你得到的乃是芒硝；你若用醋酸來替代鹽酸的話，那末，你得到的乃是另一種鹽；簡單說起來，每一種鹽基都能跟每一種酸構成功一種特別的鹽呢。

生 如此說來，鹽的種類比酸跟鹽基要多得多了。

師 一點兒也不錯。我若給你十種不同的鹽基跟十種不同的酸的話，那你能得到多少鹽呢？

生 讓我想想看！第一種鹽基能跟十種不同的酸構成功十種不同的鹽；對不對？

師 對的。

生 第二種鹽基跟第三種鹽基又各能構成功十種鹽，所以算

起來一共是 $10 \times 10 = 100$ 種鹽。這的確是對的嗎？

師 對的。

生 這還了得；要是有幾千種酸跟鹽基的話，那末，鹽的數目還得了嗎！

師 可不是嗎。不過其中大一半是無關緊要的，所以我們從沒有製造過，或至多祇製過一次罷了。

生 牠們的外表都是跟食鹽一樣的吗？

師 沒有的事！牠們能有各種各樣的顏色跟形狀呢。也有許多在水裏是不大溶解的，甚而至於是將近不溶解的。化學家得到的沉澱（參看第二十六章）將近全是鹽。

生 石灰水跟氧化碳構成的白色沉澱（參看第二十六章）也是鹽嗎？

師 當然是的，因為石灰原是鹽基，而二氧化碳溶在水裏之後就變為酸了。

生 請您試給我看看看。

師 先將石灰試給你看。這兒是一點點普通造房子用的石灰我用水把牠調成牛奶一般的液體；這種液體叫做石灰水。紅石蕊試紙一放進去立刻就變藍了。

生 可不是真的嗎！

師 紅石蕊試紙是這樣做的：我們把鹽酸加在石蕊溶液裏，使牠變成紅色，然後把牠燒滾；此時紅色大都又會重新變藍，但你只須多加些鹽酸進去，紅顏色就又出現了。我們若用這樣製成功的溶液塗在紙上的話，紅石蕊試紙就成功了。

生 您爲什麼不把藍石蕊試紙直接浸在鹽酸裏呢？

師 因爲鹽酸吃在試紙裏，日子久了是會把試紙弄壞的。還有一層比這情形更要壞，就是在試紙沒有被鹽基染藍之前，吃在試紙裏的鹽酸是要消耗一部分的鹽基的。

生 對啦！這一個問題我早就想問您了。鹽對於石蕊的顏色難道是毫無作用的嗎？

師 牠是毫無作用的。我溶些食鹽在水裏，加幾滴石蕊溶液進去，把水分成兩部分。現在，我用一根曾經在鹽酸裏放過的玻璃棒放到一部分的水裏去攪牠——

生 水立刻變紅了！

師 我再加些氫氧化鈉在另一部分的水裏——

生 牠仍舊是藍的。

師 現在，你一方面只須用一點點酸就能使藍色的水變紅了，另一方面只須用一點點氫氧化鈉或石灰水就能使紅色的水

變藍了，這你不妨親自來試試看。

生 不錯，果真是這樣的。

師 如此說來，一定量的酸祇能跟一定量的鹽基構成功鹽，而鹽對於石蕊卻是沒有作用的。我們稱這種既無酸性，又無鹼性的溶液為中性溶液。純粹水也是中性的。你苦把一點點酸或鹽基加到一種中性液體裏去的話，那末，無論這液體是水也好，是鹽溶液也好，牠立刻能使石蕊變色呢。

生 讓我用石灰跟鹽酸來製一種鹽看。

師 好吧。

生 我加些石蕊在石灰水裏；石灰水變藍了。現在，我把鹽酸加進去。這是怎麼一回事？水剛變紅，牠已完全變的碧清了。

師 事情是很簡單的，石灰在水裏是不大溶解的；一千分水差不多只能溶二份石灰罷了。但是石灰跟鹽酸構成功的鹽卻是很容易溶解在水裏的。所以等石灰通通溶掉之後，就沒有什麼能使水變渾了。

生 不過多少仍舊是有些渾的！

師 這是因為石灰裏含有雜質的原故；我們若用十分純粹的石灰來試驗的話，水就會變成碧清的了。

生 這水我可以嚐嚐看嗎？

師 好極了，你的膽漸漸變大了！你不妨嚐嚐看，牠並不是毒的。

生 味道也跟食鹽似的，不過比較苦些罷了。

師 牠並不是食鹽，所以味道也是跟食鹽不同的。

生 我也可以把牠蒸乾嗎？

師 可以的，你不妨去試試看。不過比較蒸乾食鹽時要困難得多了，因為牠很容易溶解在水裏，所以一定要等到水差不離完全蒸發掉之後，你纔會看得見牠呢。現在要講碳酸了！

生 怎麼又要講碳酸呢？

師 你不是想知道石灰水跟二氧化碳構成的沉澱是不是鹽的嗎？石灰水是鹽基，你已經見到過了；現在，我想試驗給你看，二氧化碳跟水也會構成功酸呢。

生 二氧化碳本身不是酸嗎？

師 不是的；二氧化碳是由氧跟碳構成的（參看第二十六章），牠是不含氫的。

生 那末，你教牠從那兒去取氫呢？

師 從水裏去取。牠溶解時會跟水化合；化成功的東西，我

們叫牠做碳酸。

生 我們到什麼地方去取二氧化碳呢？啊！我想起來了，您只須呼氣就行了。

師 好好，你記心倒不壞呢。不過你這個提議還不算好呢，因為呼出來的氣裏所含的二氧化碳是不多的。我們可拿一瓶汽水來做這試驗。我們讓起初出來的泡沫稍微走掉一點，然後就用一只插着一根玻璃管的塞子塞在瓶上。這樣一來，就能把瓶裏的二氧化碳通到一只裝着水的玻璃杯裏去了。我已經放了一滴石蕊溶液在水裏了。你現在留心看呀。

生 是的，水變紅了；不過是紫紅色的，不像加進鹽酸之後是會變為黃紅色的。

師 你觀察得一點兒也不錯。這是因為碳酸的酸性不強的原故。碳酸的水溶液吃在口裏差不多是不酸的；你就是把鎂放進去，氫氣出來的也是非常之慢的。因此，我們纔說碳酸是一種很弱的酸的。

生 這是什麼原故？

師 人有智愚之分，酸則有強弱之分。講到這裏，你今天可以認為滿足了。

第三十一章 化學當量

師 你昨天學的東西，恐怕有點不大容易懂吧。

生 我已屢次遇到過這種情形了。起初我總感覺到是又困難又複雜的；但是等我細細的想了一遍之後，方纔知道一切原是再簡單也沒有的，

師 現在，我倒很想知道你有沒有把昨天學的東西消化了呢。

生 我把酸跟鹽基比作是遊玩時的男孩兒跟女孩兒。假定每次跑掉一個男孩兒跟一個女孩兒的話，那末，等到最後贖下來的不通通是男孩兒，就通通是女孩兒了。酸跟鹽基也是這樣；牠們構成功鹽之後，贖下來的不是酸就是鹽基。而石蕊之所以能變紅或變藍，完全是跟贖下來的東西有連帶關係的。

師 說得好，這個問題當中犯重要的一點的確是給你抓住了。我們就循着這條路討論下去吧。我稱四十克氫氧化鈉，把牠放進一只一立大小的瓶裏。我先加三分之一的蒸餾水進去，把瓶搖一搖；等氫氧化鈉完全溶了之後，我纔把水

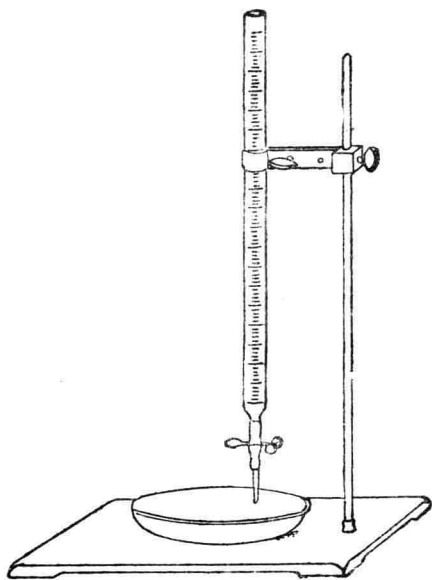
來加滿，並且把瓶再好好的搖牠一搖，使裏面的東西完全變為均勻的溶液。

生 你做的是氫氧化鈉溶液，是不是？

師 可不是；我做的乃是一種稀薄溶液。現在，你瞧這副儀器：牠是一根玻璃管，圓徑約為一·二厘米；玻璃管上刻着立方厘米跟十分之一立方厘米的度數。下端的口徑比較細些；牠是用橡皮管跟另一含有尖頭的玻璃管連接起來的，橡皮管上還有一個并夾呢（參看第十八章）。

生 這副儀器有什麼用途？

師 牠叫做滴 定 管（第四十七圖）。用牠來量溶液，再正確也沒有，一滴也不會錯的。我把氫氧化鈉從上面倒進去，

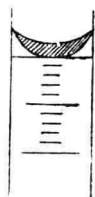


第 四 十 七 圖

然後把并夾開開，使溶液的表面剛流到零點那場合爲止。

生 溶液的表面是圓形的，這怎樣做得到呢？

師 圓弧的顏色比較暗些；我把牠底下的一條線恰好對準在玻璃管上的那條線上就行了（第四十八圖）。我們觀察的時候，最好是把滴定管朝亮的一面放着。現在，我用移液管量五立方厘米鹽酸，放在一個瓷皿裏，加一滴石蕊進去。



生 牠當然是要變紅的。

師 對啦！現在，我把氫氧化鈉溶液加進去，同時，第四十八圖用玻璃棒去攪牠。你看出什麼嗎？

生 看不出什麼特別的現象。有了有了，現在溶液裏有藍點出現了。但是立刻又不見了。啊哈，你現在須攪得厲害些，牠纔會重新變紅呢。

師 現在，所有的酸將近要用完了，所以我要使氫氧化鈉一滴一滴的流進去了。

生 現在一下子就變藍了！

師 加進去的氫氧化鈉，恰好跟五立方厘米鹽酸構成功鹽了。換句話說，就是恰好把牠中和了。讓我來看一看究竟用掉了多少氫氧化鈉：用掉二三·二七立方厘米。

生 讓我瞧。不錯，那黑月亮的位置剛在二十三那一劃下面的第二跟第三條線之間，並且靠第三條線要近些呢。但是我卻不敢說牠恰巧是十分之七。

師 等你經驗多了之後，你自然就會了。現在，我們把鹽酸來沖淡，使每一立方厘米的鹽酸恰巧消耗一立方厘米的氫氧化鈉溶液。

生 你想怎樣做呢？

師 這是很簡單的。我如果把五立方厘米鹽酸沖成二三·二七立方厘米，不就成了嗎。

生 這怎麼會對呢？啊，不錯，這原是非常簡單的。但這是用不了多少鹽酸的。

師 這是容易設法的，我祇須多拿點鹽酸跟水就行了。

生 不錯，我真是太笨了。

師 因為這個原故，我現在要罰你做一道算題了：如果你想做一立稀薄鹽酸的話，你應當用多少鹽酸呢？

生 如此說來，算題乃是：五立方厘米可以給我們二三·二七立方厘米：若干立方厘米纔可以給我們一千立方厘米？

不，我還是這樣算的好，就是：我用五立方厘米可以得到二三·二七立方厘米，用 $\frac{5}{23.27}$ 可得到一立方厘米。用

$\frac{5 \times 1000}{23.27} = 214.9$ 可得到一千立方厘米。由此看來，我一共

須用二一四·九立方厘米鹽酸纔行。教我怎樣量法呢？

師 這兒是一只有刻度的量筒，到最高的那一劃爲止，恰好是一立。你可以把鹽酸倒進去。但是你預先須看準每兩劃之間是多少立方厘米呀。

生 我不明白您的意思。

師 這一劃是七百立方厘米，那一劃是八百立方厘米。兩劃之間還有若干劃呢？

生 九劃；第五劃比其餘的要長些。

師 不錯。如此看來，容積是分成十等分了。因爲七百立方厘米跟八百立方厘米之間的容積是等於一百立方厘米，所以——

生 所以每兩劃之間的容積是等於十立方厘米。

師 對啦！如此說來，你應當先把鹽酸加到比二百高些的那一劃上爲止，（這時正是二一〇立方厘米）然後你再少加些進去就行了。

生 最後那一點點鹽酸還是請您放進去吧，我自己恐怕放不準呢。

師 你試試看哪；放的不對，可以想方法去改正牠的。

生 恐怕我加多了。

師 現在，你把水加到最高那一劃爲止。現在，我們恰好有一千立方厘米；你把牠好好搖一搖，然後倒進一只瓶裏去。現在，要來看我們究竟有沒有做對了。

生 恐怕已經太晚了。

師 並不晚呢。我用一根移液管，跟先前一樣的取二十立方厘米的鹽酸出來。若是我們做對的話，那末，我們只要用二十立方厘米的氫氧化鈉就能使牠中和了。

生 滴定管裏沒有這麼多氫氧化鈉了。

師 我先把牠來裝滿，然後使多餘的氫氧化鈉流到另外一只玻璃杯裏去，一直等到牠恰好流到頂高的那一劃上爲止。現在我可以開始做試驗了。因爲我知道大約要用若干氫氧化鈉，所以我一次就加一九·五立方厘米進去。

生 放得太多了，已經變藍了。

師 我祇須攪一攪，牠就又變紅了。現在，祇能一滴一滴的加了。現在，試驗已經做完了；我一共用掉二〇·一〇立方厘米的氫氧化鈉，你先前的確是把鹽酸拿多了。我們現在須多加些水進去纔行呢。

生 又是算題來了。

師 這一次是極簡單的。每二十立方厘米鹽酸須加 0.10 立方厘米的水，所以一百立方厘米鹽酸須加一立方厘米的水；九百八十立方厘米鹽酸須加四·九立方厘米的水。由此看來，你加四·九立方厘米的水進去就行了。

生 怎樣把牠加進去呢？

師 我這裏還有一根空滴定管。你把牠用蒸餾水裝滿，將零點放對，放四·九立方厘米的水出來不就行了嗎。

生 現在，我照着你的話把水放進去了。

師 好。現在，我們再來把瓶搖牠一搖，然後看這一次有沒有把鹽酸做對。但是我們先前用過的那一根移液管還沒有乾呢，我們如果就拿牠來用的話，結果是不會對的。

生 那就要等牠乾了之後，纔能用呢。

師 這倒用不着，我們用新做的鹽酸把牠洗一洗就可以用了。

生 這一點我自己是應當知道的！

師 這一次恰好是用掉 20.00 立方厘米的氫氧化鈉溶液。

生 您爲什麼不直接了當的說是二十呢？

師 因爲十分之一跟百分之一我也去量牠的，結果既然都是零，我那裏可以不照着讀出來呢——現在，我給你一個試驗做做，結果如何，你明天告訴我。我這裏有兩只瓶，一只

瓶裏裝的是硫酸，一只瓶裏裝的是硝酸。你照我剛纔製造鹽酸那樣，做一瓶稀硫酸，做一瓶稀硝酸交給我。並且做出來的稀硫酸跟稀硝酸都要能跟體積相等的氫氧化鈉中和纔行。

生 我先用氫氧化鈉溶液跟五立方厘米的酸中和，然後算出須把酸沖淡到怎樣程度。

師 一點兒也不錯；但是你不要忘記先把移液管跟量筒弄乾，並且每次都要把瓶好好的搖牠一搖呀。

師 一切都做對了沒有？

生 對是對了；不過請您不要見怪，我起初把酸沖得太淡了，所以只得把牠倒掉了。

師 這是常有的事；但你是用不着把牠倒掉的，因為你只須把算好的強酸加進去，就照樣可以用了。你停會兒把計算的方法細細的想想看。現在，我們且再溶一種鹽基在水裏，叫牠也能跟相等體積的酸中和。

生 看上去，牠就跟氫氧化鈉似的。

師 但牠並不是氫氧化鈉，而是氫氧化鉀。我須用六十克，纔能做一立溶液呢。——現在，溶液已經做好了。我取二十

立方厘米出來，然後用酸去量牠。

生 你想用那一種酸呢？

師 任憑那一種都可以，你把鹽酸遞給我吧。我們用掉二〇·五六立方厘米。現在應當加多少水進去呢？

生 二十立方厘米須加〇·五六，二百立方厘米須加五·六，一千立方厘米須加二十八立方厘米的水。

師 對啦！我先用一個小量筒(第四十九圖)把牠量好，倒在氫氧化鉀溶液裏，然後再用一點點溶液把量筒裏的水通通洗進去。

生 這又是一種祕訣，我倒要把牠記住呢。

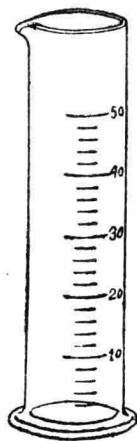
師 我現在若用其他兩種酸來量氫氧化鉀的話，你看結果是怎樣？

生 我猜是猜到一點，不過說出來恐怕是不會對的。

師 你且說說看哪！

生 我猜其他的酸對於氫氧化鉀的作用跟牠們對於氫氧化鈉的作用一定是相同的。

不過從另外一方面看起來，這是不會對的，因為每次構成功的鹽都是彼此不同的呀。



第四十九圖。

師 你猜得不錯。每一立氫氧化鈉溶液裏若含有四〇・〇一克的鈉的話，那末；每一立鹽酸裏就必須含有三六・四七克的氯化氫，纔能彼此中和呢。再就他方面說，每一立稀硫酸裏含有的純硫酸是四九・〇八克；每一立稀硝酸裏，含有純硝酸是六三・〇二克，因此每立中含有五六・一一克氫氧化鉀的溶液不但可以中和三六・四七克鹽酸，並且還可以中和四九・〇八克硫酸跟六三・〇二克硝酸呢。我們如果做成下列的表的話：

酸	鹽 基
鹽酸……………36.47	氫氧化鈉……………40.01
硫酸……………49.05	氫氧化鉀……………56.11
硝酸……………63.02	

那末，每一行裏的數目所代表的，就是這些酸跟鹽基彼此中和時的量。我們稱之爲當量。由這個表裏，我們可以看出這些酸跟鹽基究竟是照着什麼重量比率構成功鹽類的呢。

生 這並沒有什麼特別呀。

師 你細細的想一想看。假使我拿另外一種鹽基，例如是石灰來跟氯化氫中和，並且找出來三六・四七克的氯化氫須用三七・〇六克的石灰的話，那末，我不用另外再做試驗，

就可以由這個試驗裏知道三七·〇六克石灰也可以跟四九·〇五克硫酸或六三·〇二克硝酸構成功一種中性鹽了。至於酸類也是如此。例如我們既經找出四〇·〇一克氫氧化鈉可以中和若干克醋酸，那末，我們就不難知道若干醋酸可以跟若干氫氧化鉀或石灰構成功鹽了。

生 不錯，我現在想起一樁事情來了。這個表是我們要牠擴充到多大就可以擴充到多大的。只要知道四〇·〇一克氫氧化鈉須消耗若干克某酸，那末，表中所有其牠的鹽基也是要消耗這麼多克某酸的。反過來也是如此。

師 對啦。但你不一定是要用氫氧化鈉來做比喻的；三七·〇五克石灰或五六·一一克氫氧化鉀的功效跟四〇·〇一克氫氧化鈉也完全相同的。

生 這倒像是一條範圍極廣的自然律呢！

師 可不是嗎。表裏的數目，我們稱牠為酸跟鹽基的當量。如此說來，我們如果要知道一種新酸的當量是多少的話，只要知道須有若干這種新酸纔能跟一當量的任何鹽基構成一種中性的鹽就行了；逢到一種新鹽基時，也是如此情形。

生 您能做一個比喻使我格外容易明瞭些嗎？

師 當然可以的。例如你一方面可用一百馬克換進數目各不相同的英國錢，或法國錢，或美國錢，或俄國錢等等，我們姑且用 E, F, A, R 這四個字母來代表那些價值相等的錢幣。他方面，你也可用一百馬克購進分量各不相同的小麥、煤、鐵、紙、麻布等等。現在，我們來列成一個表：

100M(馬克).....	w(小麥)
E(英幣).....	k(煤)
F(法幣).....	e(鐵)
A(美幣).....	p(紙)
R(俄幣).....	l(麻布)

其中 w, k, e, p, l 這五個字母係代表麥、煤、鐵、紙、麻布的重量的。你只要一看這個表，就可以知道用若干某種錢幣能買進若干某某貨物了。你如果還想把意大利的錢列在表裏的話，那末，你只須知道 w 或 k 或 e 或 p 或 l 值若干意大利錢，那末，你就可以立刻知道所有這五種貨物各值若干意大利的錢了。說到其他的新貨物時，也是如此：你只要知道一百馬克或 E 或 F 或 A 或 R 可以買進若干某種新貨物，那末，你就可以立刻知道每種錢幣可以買進若干這種新貨物了。表裏所有的數目都是彼此相當的。

生 唔，這原是極簡單的！

第三十二章 化合量

師 你把昨天學的東西再簡單的述一遍看。

生 每一種酸跟每一種鹽基都有一定的當量；牠們只能照着牠們的當量構成功鹽。如此說來，當量就是化合量了。

師 說的很好；這一點的確是很重要的。現在，你準備好再學一條新定律呀，牠的範圍比你剛纔所講的要大得多了。

生 我可以了解嗎？

師 我猜可以的，因為牠是很簡單的。任何質素（不僅是酸跟鹽基）都有一定的化合量，而質素跟質素構成化合物時，其化合量總是成一定的比例的。

生 我還不能一下子就明白這道裏呢。

師 事實上你也用不到一下子就明白的；讓我們把牠好像蘋果似的，一口一口的慢慢吃下去呀。先就元素說吧，我剛纔說的這條定律對於元素也是適用的。

生 這是當然的，因為元素也是質素呀。

師 對啦！舉個例說吧，氧氣的化合量是十六；水銀的化合量

是二百。所以牠們化合爲氧化汞時，十六份(重量)氧氣須用二百份(重量)水銀。反之，當氧化汞經過加熱而分解時，由 $200 + 16 = 216$ 份氧化汞裏也應當能產生二百份水銀跟十六份氧氣。由此看來，二一六乃是氧化汞的化合量。

生 照理我們應當說是牠的『分解量』纔對呢。

師 這話也是對的。但是氧化汞不但可以分解，並且還可以跟其他的質素化合呢。在後一種情形下，二一六就是牠的化合量了。所以說得普遍些，這些被我們稱做『化合量』的數字也可叫做『反應量』，因爲牠們是代表一切質素參與化學反應時的重量的。

生 如此說來，一切質素間發生化學作用時，其重量原是給我們規定好的，所以是有一定而不改變的。我們如果多拿一些或少拿一些的話——

師 那末，其中就必定要有一種質素賸下來了，因爲牠的分量已經超過一定的比率了。你剛纔把話說錯了，我們是不能規定質素這樣做的，牠們是自動如此做的。牠們是不懂或是不能照着另外的格式做的。

生 請您再解釋得清楚些。您先前計算氧化汞的化合量或反

應量的時候，是把氧氣的化合量跟水銀的化合量加在一起的。這方法是普遍適用的嗎？化合物的反應量總是等於元素的反應量之和嗎？

師 不錯，總是如此的。你要牠別個樣兒也是不可能的。假說氧化汞對於另一種質素，例如是鹽酸吧，乃是具有另一不同的毫無連帶關係的反應量的，那末，當我們把水銀從氧化汞跟鹽酸構成的化合物裏取出來時，水銀的分量勢必是跟平常不同的，牠勢必又有一種化合量了。我們還可以把這個假設的例子類推下去，結果，我們簡直沒有方法得到水銀的化合量了。這樣一來，化合量定律根本就要被推翻了。

生 我看出一切定律都是相同的，你如給牠一個小指頭，牠就連整只手都拿過去了。

師 你這話比喻還不大好；你應該說：沒有秩序則已，若有秩序，則無往而非秩序，並且是絕對不容稍有破綻的。你祇要細想一下，就可以知道我下面所說的這種情形對於化學工作上是何等的便利了：我們只要知道元素的化合量，同時就可以知道由牠們構成功的一切化合物的化合量了，並且也就可以知道這一切質素應該依照那種重量比

率發生化學作用了。我們還可以由此算出用若干質素就可以得到若干出產物呢；這樣一來，就可以避免無益的耗費了。反之，我們也可以預先算出須用若干質素，纔可以得到若干出產物呢。

生 你從前曾經向我說過，自然律對於我們人類是極有幫助的；這話我現在纔真正了解了。

師 現在，我們還得去把那些早已認識過跟應用過的元素的化合量弄清楚呢。你雖不必把牠們通通記熟；但是你如果能記熟呢，那也是再好沒有的。不過等你用慣之後，你自然而然就會記熟了。我先給你一個小小的表：

氧.....16.00	氯..... 35.46
氫..... 1.01	鈉..... 23.00
氮.....14.01	硫..... 32.07
碳.....12.00	汞.....200.0

生 這些數目是怎樣得來的呢？

師 用兩種方法得來的。第一種方法是把化合物先分解為成分，然後再把成分的重量一一求出來的。第二種方法是先使稱好分量的元素變為化合物，然後再去求化合物的重量的。知道了化合物的重量，就能求出元素的分量成什麼比例了。

生 請您舉一個例看!

師 我們還是拿氧化汞來做例子。我們如果使牠分解為氧氣跟水銀的話,那末,我們得到的氧氣跟水銀的重量適為一與一二·五〇之比。我們如為一勞永逸計,把氧氣的化合量定為一六·〇〇;那末,就可算出水銀的化合量是等於 $1:12.5=16.00:x$; $x=200.0$ 了。

生 這正是我想向您請教的:氧氣的化合量是怎樣得到的呢?

師 就跟度制單位跟衡制單位一樣,是由我們任意加以擇定的。至於為什麼恰好把牠定為一六·〇〇的,這一段歷史說來話長,等我以後再告訴你吧。

生 一切元素都是跟氧氣比較過的嗎?

師 雖不是一切,但是大多數元素都是跟牠比較過的。以前討論酸跟鹽基的化合量時,你不是看到過我們也可以先把另一種不是氧的質素的化合量加以規定,然後再利用這個化合量去定其他質素的化合量的嗎?

生 請你再舉一個例看!

師 我如果把水銀跟硫黃放在一起加熱的話,就可以得到一種叫做硫化汞的化合物了。水銀跟硫黃在硫化汞裏的重量適為一與〇·一六〇三五之比。由此就可求出硫黃的化

含量是等於： $1:0.16035=200.0:x$ ； $x=32.073$ 了。

生 若是直接用氧氣去定硫黃的化合物呢？

師 那末，結果也完全是相同的。化學家曾經從各方面去求這種數字，結果發現牠們都是一致的。

生 這一切在一方面既極簡單，在另一方面卻又怪希奇的，我還不十分習慣呢。

師 我還可以做個比喻給你聽。你假定收集了許多錢幣，其中也有德國的馬克，也有英國的先令，也有法國的法郎，也有俄國的盧布。你可以把牠們任意放在一起，或兩種或三種；但是每一堆的價值總是等於放在一起的錢的價值之和，而決不會等於另一數目的。我們不能使元素照着牠們的化合物構成別種化合物，也是這個道理。

生 如此說來，每種元素就跟馬克或法郎似的都是由同樣的東西構成的了？

師 事實上，化學家的確老早就這樣想的。牠們以為每種元素都是由很小的東西構成的；我們稱這種很小的東西為原子，意思就是說牠們不能再分裂了。例如硫黃的原子就都是彼此相同的；還有水銀、氧氣等等的原子也是如此。假設我們現在有一架非常精密的天平，可以使我們來稱

原子量表(一九三五年)

Aluminium	Al	鋁	26.97	Neon	Ne	氖	20.183
Antimon	Sb	銻	121.76	Nickel	Ni	鎳	58.69
Argon	A	氬	39.944	△ Niob	Nb	鈮	92.91
Arsen	As	砷	74.91	Osmium	Os	銱	191.5
Baryum	Ba	鋇	137.36	Palladium	Pd	鈷	106.7
Beryllium	Be	鈹	9.02	Phosphor	P	磷	31.02
Blei	Pb	鉛	207.22	Platin	Pt	鉑	195.23
Bor	B	硼	10.82	Praseodym	Pr	釷	140.92
Brom	Br	溴	79.916	Quecksilber	Hg	汞	200.61
Caesium	Cs	銫	132.91	Radium	Ra	鐳	225.97
Calcium	Ca	鈣	40.08	Radon	Rn	釷	222
Cer	Ce	鈰	140.13	* Rhenium	Re	銩	186.31
Chlor	Cl	氯	35.457	Rhodium	Rh	銲	102.91
Chrom	Cr	鉻	52.01	Rubidium	Rb	銣	85.44
Dysprosium	Dy	鐳	162.46	Ruthenium	Ru	鈳	101.7
Eisen	Fe	鐵	55.84	Samarium	Sa	釷	150.43
Erbium	Er	鐳	167.64	Sauerstoff	O	氧	16.0000
Europium	Eu	鐳	152.0	Scandium	Sc	鈾	45.10
Fluor	F	氟	19.000	Schwefel	S	硫	32.06
Gadolinium	Gd	鐳	157.3	Selen	Se	硒	78.96
Gallium	Ga	銻	69.72	Silber	Ag	銀	107.880
Germanium	Ge	銻	72.60	Silicium	Si	矽	28.06
Gold	Au	金	197.2	Stickstoff	N	氮	14.008
* Hafnium	Hf	鈳	178.6	Strontium	Sr	銩	87.63
Helium	He	氦	4.002	Tantal	Ta	鉭	181.4
Holmium	Ho	鈳	163.5	Tellur	Te	碲	127.61
Indium	In	銲	114.76	Terbium	Tb	鐳	159.2
Iridium	Ir	銩	193.1	Thallium	Tl	鉍	204.39
Jod	I	碘	126.92	Thorium	Th	鈳	232.12
Kadmium	Cd	鎘	112.41	Thulium	Tu	鈳	169.4
Kalium	K	鉀	39.096	Titan	Ti	鈦	47.90
Kobalt	Co	鈷	58.94	Uran	U	鈾	238.14
Kohlenstoff	C	碳	12.00	Vanadin	Vd	鈳	50.95
Krypton	Kr	氬	83.7	Wasserstoff	H	氫	1.0078
Kupfer	Cu	銅	63.57	Wismut	Bi	銻	209.00
Lanthan	La	鐳	138.92	Wolfram	W	鎢	184.0
Lithium	Li	鋰	6.940	Xenon	X	氙	131.3
+ Lutetium	Lu	鐳	175.0	Ytterbium	Yb	釷	173.04
Magnesium	Mg	鎂	24.32	Yttrium	Y	鈳	88.92
Mangan	Mn	錳	54.93	Zink	Zn	鋅	65.38
Molybdaen	Mo	鉬	96.0	Zinn	Sn	錫	118.70
Natrium	Na	鈉	22.947	Zirkonium	Zr	鈳	91.22
Neodym	Nd	鈳	144.27				

△元素 41 原有 Colombium 及 Niobium 兩種名稱；在英文中 Colombium 一字較為常用，故中文遂譯為鈳（化學命名原則第七頁）；然在德文中則通常均用 Niob 一字，舊譯作鈮，鄙意鈳鈮二字不妨兼採並用，以期合於諧聲之原則。

+元素 71 現在德文中通常稱為 Cassiopeiium，其符號為 Cp. 現因不欲另創譯名，益增紛歧起見，故決仍其舊。

*表中加有 * 符號之元素，均為原書所無而由譯者新添入者。

譯者

每個氧氣原子的重量的話；同時又有一種小法碼，只要放上十六個，其重量就恰好能跟一個氧氣原子成爲平衡的話，那末，每個水銀原子就要用到二〇〇·〇個這種法碼，而每個氫氣原子就要用到一·〇一個這種法碼纔能成爲平衡呢。如此說來，我們也可以把元素的化合量當作牠們的原子量看待呢。事實上，我們確是全都稱之爲 O O O 原子量的。

生 這一切都是真確的嗎？

師 世上雖沒有誰看見過原子，也沒有誰把原子一一的稱過；但是根據我們做的許多觀察看起來，原子存在的可能性的確是非常大的，所以我們就是立在科學的立場上，也是能對原子的假設放心得下的。我還想告訴你原子的另一種很有益的用途呢。我們可以用各種不同的符號來代表各種原子呢，例如用 O 字代表一個氧原子；用 Hg 代表一個汞原子；用 H 代表一個氫原子；用 Na 代表一個鈉原子；用 K 代表一個鉀原子；用 N 代表一個氮原子；用 Cl 代表一個氯原子；用 C 代表一個碳原子，這樣一來，我們只須把元素的符號排在一起，就可以把牠們的化合物表明出來了。例如氧化汞的符號或『化學式』是 HgO ；氯化

氫的符號是 HCl……

生 這些符號是怎樣選擇的？有些是德文原名裏起首的字母，有些又不是的。

師 牠們通通是起首的字母，不過不是德文原名的起首字母而是拉丁或希臘文原名的起首字母罷了。O 是 Oxygenium 的縮寫；H 是 Hydrogenium 的縮寫；N 是 Nitrogenium 的縮寫；S 是 Sulphur 的縮寫；C 是 Carbo 的縮寫。Na 是 Natrium 的縮寫，因為要避免跟 N 混淆起見，所以多了一個 a 字。其他的符號也是如此。

生 這些符號有什麼好處呢？

師 字母少，所以省事得多。例如我們看了 HCl 這個符號，第一就可以知道牠不僅是由氫跟氯構成的，並且還可以或僅可以分解為這兩種元素呢；第二就可以知道這兩種元素構成氯化氫時，其重量適為一·〇一與三五·四六之比；第三可以知道氯化氫發生一切化學作用時，其化合量適為 $1.01 + 35.46 = 36.47$ 。你瞧，由區區兩個字母拼成功的一個符號，竟能告訴我們這麼許多道理呢！

生 可不是嗎。但是我們不用原子來解釋也行，因為這一切我已經都從化合量定律上知道了。

師 你的話雖不錯；但就歷史上的演進情形講起來，都是先有原子假說，然後纔有這一切結論的。後來因為事實把這一切結論證實了，所以原子假說也得到證明了；不過所謂證明者，乃證明原子假說是適用的，並不一定能證明牠就是對的。

生 這兩點是有分別的嗎？

師 可不是嗎。例如我們在日常生活裏常說，太陽跟一切的星球每二十四小時繞行地球一週，又說太陽在早晨會升上來，在晚上會落下去；這個假說對於我們是很方便的。但你是知道的，天文家的假說就跟這相反了，他們以為太陽跟星球是不動的，而地球是繞着由南到北的軸線轉動的。——關於這一點我不想再繼續討論下去了。現在，我送給一個原子量表；我們已經知道的那些元素的符號跟原子量都印在表上呢（參看原子量表）。

第三十三章 倍比

師 你把昨天學的東西總括起來講一遍看，這並不是難事。

生 每一元素都有一化合量；化合物的化合量係其中所含元素的化合量之和。

師 對啦！這些數字有什麼意義呢？

生 一切質素僅能照着牠們的化合量構成功新的化合物。

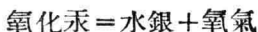
師 不但構成功化合物的時候是如此，就是在分解時○ ○跟發生一切化學轉變作用時○ ○ ○ ○也是如此。

生 此外，我還學會化合物的化學式是怎樣寫的。我們只須把牠們所含的元素的符號拼在一起就行了。

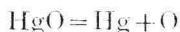
師 化學式有什麼用呢？

生 牠可以把化合物的組成告訴我們。

師 一點兒也不錯。我現在再告訴你牠的另一種用途。我們可以利用化學式寫化學方程式○ ○ ○ ○ ○呢。我從前（參看第十三章）曾經寫過一個方程式：



若用符號寫出來，就是：



生 這比較簡單得多了。

師 並且包含的意義也廣得多了。因為這些符號同時也代表化合量呢。氧化汞的重量關係在其構成時或分解時究屬如何，你一看這化學方程式就知道了。

生 我們可以把一切化學作用寫成這種方程式嗎？

師 可以的。但每一元素的符號在化學方程式的兩邊必須數目相等纔對，否則，那方程式一定是錯的。

生 爲什麼呢？

師 根據元素常住定律，牠是決不會對的。我們不能使一種元素變爲另一種元素，或用不同的方法使一種化合物變爲每次各不相同的元素，你是知道的。我剛纔告訴你的那個定則，就能把這道裏表明出來。

生 我們如果隨便寫一個化學方程式出來，只要牠兩邊的元素數目是相等的，牠總是對的嗎？

師 這話問的倒非常調皮呢。我只能答你一個不是的。每一元素並不是總能跟另一元素化合的；所以實際上我們所知道的化合物並不及理想的那麼多。並且在理想上可以做

得到的各種化學轉變作用。事實上還沒有能通通做得到呢。

生 爲什麼？

師 也許是因爲我們的方法受有限制的原故。例如我們現在離那應當可以達到的溫度跟壓力就還遠的很呢。不過光就那容易得到的質素講起來，你如果要去一一的認識牠們，也就夠你忙了，因爲我講給你聽的這些情形，實際上並不是如此簡單的。

生 化合量定律也許是不十分嚴密可靠的吧？

師 不，牠也是頂頂嚴密可靠的定律中之一條。我們雖用盡種種最精密的測量方法，至今也沒有發現過牠有絲毫的破綻呢。

生 那末，關於這一個定律還有什麼可討論的呢？您自己曾經向我說過，跟牠不一致的情形是決不會有的呀。

師 這當然是不會有的；但是比較複雜些的情形卻是有的。你還記得碳跟氧的化合物一共有幾種嗎？

生 一氧化碳跟二氧化碳；前者含氧較少；後者含氧較多。

師 回答的很好。你現在把這事實跟化合量定律細細的想一想看。有沒有那一點可以引起你的注意呢？

生 沒有。

師 你把一氧化碳的化學式寫出來看。

生 我想我須把牠寫做 OC 吧。

師 對是對的；不過普通都是寫做 CO 的。還有二氧化碳的化學式呢？

生 唔——這應當怎樣寫呢？寫成另一種化學式絕對是不可能的？那怎麼辦呢？

師 你瞧，這一點正是我們現在想要討論的。你一向總以為每一元素祇能以一個化合量去跟另一元素的一個化合量化合；而我呢，因為不願使你感到困難，所以也一向沒有戳穿你這個見解是不對的。現在你須知道兩種元素不但能以 1:1 之比，並且還能以 1:2, 1:3, 2:3……之比互相化合呢。如果元素的數目在二以上的話，那末，牠們不但能以 1:1:1 之比，並且還能以 1:2:1; 1:2:2; 1:2:3; 1:2:4……之比互相化合呢。

生 我從前以為這是極簡單的，現在這樣一來，豈不是把我的理想完全打破了嗎！

師 這倒不然，因為這些新的數字或因子本身原是極簡單的。
我們假定 A, B, C……等符號是代表某幾種元素的，那

末，牠們化合物的化學式就可用 $mA + nB + pC \dots$ 表明之；其中 $m, n, p \dots$ 等字母乃是代表整數微數的。在我們討論的範圍之內，牠們是不會超出七這個數目的。

生 如此說來，二氧化碳的化學式應當怎樣呢？

師 我以前就向你說過，牠含有的氧氣恰好比一氧化碳多兩倍，所以一氧化碳含有一個氧氣化合量，而牠卻含有兩個氧氣化合量呢。

生 而化學式呢？

師 例如我們可以把牠寫做 $C, 2O$ ；但是我們普通不是把因子寫在符號的上面，就是把牠寫在符號下面的，所以結果就變成 CO_2 或 CO^2 了。我們用前一種寫法。——你現在把二氧化碳的組成計算給我看。

生 叫我怎樣算呢？

師 我末一課給你的那兩個表都是可以應用的。

生 怎樣算我倒要想一想呢。我知道了。 C 是一二·○○； O 是一六·○○○○；兩個 O 是三二·○○○○；如此說來，十二份（重量）碳須有三十二份（重量）氧氣呢。

師 一點兒也不錯，其他一切化合物也是這樣計算的。這兒還有幾種化合物的化學式，你對於牠們多少總有點認識了。

你自己停會兒根據我末一課給你的那個表，把牠們的組成計算出來。

氧化汞 HgO	216.00	氫氧化鈉 NaOH	40.01
一氧化碳 CO	28.00	氫氧化鉀 KOH	56.11
食鹽 NaCl	58.46	石灰 CaO_2H_2	74.11
氯化氫 HCl	36.47	硝酸 HNO_3	63.02
二氧化碳 CO_2	44.00	硫酸 H_2SO_4	98.09
水 H_2O	18.02	氯酸鉀 KClO_3	122.56
二氧化錳 MnO_2	86.93		

生 我已經把牠們算出來了；但我心裏總覺得奇怪，我們究竟是怎樣找到這種化學式的呢？我們可拿牠們來計算組成，一算就算出了。

師 我不明白你的意思。

生 我的意思是說，我們究竟是用什麼方法使我們根據化學式計算出來的組成絲毫不錯的呢？

師 你的意思，我還不十分明瞭。你總不見得以爲我們在沒有知道組成之前，就已經知道化學式了吧？

生 我的意思正是如此。你把化學式交給我，我就根據牠們把組成算出來了。

師 這你可犯了一個絕大的錯誤了！我們總是先由實驗裏找到組成，然後纔能去立化學式的；所以化學式的意義不過

是要把由經驗中找到的組成簡單的表明出來罷了。

生 如此說來，我正把牠弄反了！現在，我也明白起來了。

師 化學式又是張天師的符號，牠那能無中生有呢。我們總要等把定量試驗做完之後，纔能着手去立化學式呢。

生 我現在完全明白了。這道理比較我原來所想像的又是簡單得多了。

師 最好是讓我來把這一類的研究情形說給你聽。這有兩種方法：一是合成法，一是分析法。我們若從元素出發，用牠們來構成化合物的話，那末，這就是合成法。我們若從化合物出發，把牠們分解為元素的話，那末，這就是分析法。合成(synthese)在德文裏的意思就是組成(Zusammensetzung)；分析(analyse)在德文裏的意思就是分解(Zerlegung)。你再把氧化汞的例子想一想看。我們若取一些水銀，倒些硝酸上去，把牠蒸乾，然後再小心地把騰下的東西加熱的話，那末，我們就會得到氧化汞了。

生 這個作用究竟是怎樣的呢？

師 硝酸含有很多的氧，你只消把牠的化學式看一看就知道了。在我剛纔講給你聽的這個作用裏，牠把一部分的氧給了水銀了。我們現在把那些中間物略去不講（因為牠們

在作用終了時。又都消失掉，所以跟我們是不發生關係的)。祇講最後的出產物。你如果在起先把水銀稱一稱，到後來又把氧化汞稱一稱的話，那末，增加的重量就是等於氧氣，而你就可以把方程式（參看第三十二章）立出來了。

生 但是您並沒有稱氧氣的重量呀！

師 我沒有直接稱牠；但是我知道氧化汞是由水銀跟氧氣構成功的，所以我只要知道水銀增加了若干重量，就可以把氧氣的重量計算出來了。

生 我明白了。這就是那所謂的合成法。

師 對啦。分析法是這樣的我們先把氧化汞稱好，然後把牠加熱，使牠分解為氧氣跟水銀；把後者用冷卻的方法聚集起來，稱一稱牠的重量。那末，失掉的重量，就是等於氧氣了。

生 這話我們可以肯定的說嗎？

師 當然可以的，因為根據重量常住定律講起來，氧化汞的重量應當是等於水銀跟氧氣的重量之和的。這三個數目中如有兩個是我們知道的，那末，第三個也就可以計算出來了。

生 可不是嗎。我因為沒有想到那條定律上去，所以纔覺得有點不安的。

師 我們再拿水跟氫氣來做個例。我們曾經做過一個試驗，就是使氫氣在稱好重量的氧化銅上通過去；此時氧化銅會把氧氣給氫氣，使牠們構成功水，我們如把水聚集起來，稱一稱牠的重量的話，那末，氧化銅失掉的重量就是等於氧氣了；而水的重量跟氧氣的重量之差就是等於氫氣了。

生 請您把這寫出來看！

師 方程式是： $\text{CuO} + 2\text{H} = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$ 。我們只要把 CuO ， Cu 跟 H_2O 這三種東西的重量稱一稱，就能把 2H 計算出來了。因為方程式兩邊的總重量應當是相等的呀。

生 又是離不掉那重量常住定律的！

師 可不是，這條定律是常常要用到的。

生 我們為什麼不把氫氣也稱一稱呢？

師 氫氣是一種極輕的質素，稱牠的時候，須用很大的器具纔行，所以是極困難的。一克氫氣的體積，就有十一立之多呢。

生 原來如此呵！

師 可不是。普通都是量度的手續愈方便，得到的結果也愈加

正確。例如我們曾經找到過下列的數字：

氧化銅.....	60.369克
減去銅.....	49.537克
<hr/>	
所以 氧.....	10.832克
又因 水.....	12.197克
減去氧.....	10.832克
<hr/>	
所以 氫.....	1.365克

由此看來，一·三六五克氫氣是跟一〇·八三二克氧氣化合了。因為水的化學式是 H_2O ，所以每兩個氫氣化合量是跟每一個氧氣化合量化合在一起的，我們如以 X 代表氫的化合量，就可以得到下列的方程式了：

$$2X:16=1.365:10.832$$

$$X=1.01$$

生 現在我相信我通通明白了。

師 但我還須補充一句，就是當我們遇到更加複雜的化合物時，情形也就更加複雜了；不過大體也是如此的。

生 也許您還可以告訴我，水的化學式裏為什麼比氧化汞裏多一個 2 字)？

師 你的意思是不是說我們也可以依照水銀的例子把氫的化合量定為一，使一份氫跟十六份氧化合呀？

生 我的意思正是如此，不過沒有能像您說得這樣明白罷了。

師 這跟兩種元素之間可以構成許多化合物的一點是有連帶關係的。你再把一氧化碳跟二氧化碳想一看看。我們如拿前者作為標準的話，那末，碳的化合量就應當等於十二了，因為在一氧化碳裏十六份氧恰好需要十二份碳呢。我們如以後者作為標準的話，那末，三十二份氧恰好需要十二份碳，而十六份氧只需要六份碳，所以碳的化合量應當是六了。

生 那末，一氧化碳的化學式應當變成什麼樣呢？

師 應當變成 C_2O 了。

生 唔，可不是。但我們究竟有什麼權利一定要把一氧化碳作為標準呢？

師 說到權利的一層，二者本是相同的。不過我們把所有一切化學情形加以考慮後，覺得還是把碳的化合量定為十二的好些，換句話說，就是把碳的化合量定為十二是又簡單又一貫得多了。

生 我還不能完全了解呢。

師 你現在就想十分了解，乃是任憑如何不可能的，因為你現在的知識還不夠呢。

生 氫氣的情形也是如此嗎？

師 可不是嗎。事實告訴我們，再沒有比把氫的化合量定爲一·〇一，把水寫成 H_2O 來得更加合理的了。從前的人曾經把氫的化合量定爲雙倍這樣大，把水寫成 HO 。但這個辦法沒有能行得通，所以後來還是把水寫成 H_2O 了；這比較寫成 HO 雖然要複雜些，但在另一方面卻有許多簡略方便的地方。

生 此中的詳細情形，可惜我還不能一一聽到呢。

師 但有一種情形，我們是可以立刻拿他來談談的。從前我曾經把幾種酸跟鹽基的化學式寫給你的，你現在把牠們的化合量計算出來，並且把算出來的數目跟我們做當量溶液時（參看第三十一章）所用的分量做一個比較看。然後再把你得到的結果列一個表出來。

生 我得到的結果是：

			化 合 量	當 量
氮	化	氮	36.47	36.47
硝		酸	63.02	63.02
碱		酸	98.09	49.05
氫	氧 化	鈉	40.01	40.01
氫	氧 化	鉀	56.11	56.11
石		灰	74.11	37.06

那些數目大都是相等的。

師 我當初曾經向你提起過這些數目，不過你那時候還不知牠們就是化合量罷了。那些構成鹽時所需要的數目，原不過是包括在定律中的一種特別情形而已。

生 這一點我剛纔也差不多是想到的。但是硫酸跟石灰的數目有點不大對，因為新數目要比老數目大雙倍呢。這可有點不對頭了。

師 酸的定義你還記得嗎？牠是拿氫氣作為根據的。

生 記得的，酸是含氫的化合物；牠們跟鎂發生作用時會把氫氣放出來呢。

師 一點兒也不錯。鹽酸跟硝酸的化學式裏都只含有氫的一個化合量。而硫酸——

生 卻含有兩個。這是什麼道理？

師 你如果要硫酸裏含有的氫氣等於一個化合量的鹽酸裏或一個化合量的硝酸裏含有的氫氣的話，那末，你就應當只拿半個化合量的硫酸了。

生 我還不十分明白。

師 凡能跟鎂放出相等分量氫氣的酸類彼此纔能算是相當的呢。所以你如果要使硫酸的化學式裏只含有一個化合量

的氫氣的話，那末，你就應當把牠寫成 $HS\frac{1}{2}O_2$ 纔對呢；但我們已訂下一條規則，是不許把化合量寫成分數的，所以只得在硫酸的化合式裏寫成 $2H$ 了。這樣一來，一個化合量的硫酸就含有兩個當量（參看第三十一章）了，所以當量是等於半個化合量。

生 這跟一氧化碳和二氧化碳的情形原是相似的。

師 唔，有些場合是相似的。——石灰的情形也是如此，你想必可以了解了。你把牠的化學式以二除一下，然後把牠寫出來看。

生 $Ca\frac{1}{2}OH$ 。

師 你若把牠跟 $NaOH$ 和 KOH 一比較，你就知道那些含有一個化合量的氫跟一個化合量的氧的鹽基彼此都是相當的了。我們如果要避免 $\frac{1}{2}$ 這個因子的話，那就非把石灰寫成 CaO_2H_2 或 $Ca(OH)_2$ 不可了。這樣一來，牠的化合量就要大於氫氧化鉀跟氫氧化鈉雙倍了。

生 如此看來， $(OH)_2$ 的意義原是跟 O_2H_2 一樣的？

師 可不是嗎。括弧外面的數目，是把括弧裏面的東西通通包括在內的。

生 鹽基裏的 OII ，似乎就跟酸類裏的 II 一樣，都是缺少不

了的呢。

師 我們稱 OH 爲氫氧基或羥基，在德文裏叫做 Hydroxyl，是由氫氧這兩種成份的希臘名稱造成功的。你剛纔的話是對的：一切鹽基都含有羥基；換句話說，就是牠們所含的氫氧化合量的數目乃是相等的。

生 那末，含有氫跟氧的化合物都算是鹽基嗎？

師 這話是不對的，有許多含有氫跟氧的化合物，例如水，並不是鹽基。

生 那末，我們怎樣纔能辨別鹽基呢？

師 鹽基可以跟酸構成鹽，而使後者失掉酸性，換句話說，就是可以跟酸中和（參看第三十章）。我們由這一點上，可以把鹽基辨別出來。

生 牠們總是含有羥基的，是不是？

師 是的。現在，你把構成氯化鈉或食鹽時的化學方程式寫出來看。鹽酸跟食鹽會構成功氯化鈉，你從前已見到過了。牠們的化學式，我先前已寫給你看了。

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

師 錯了。

生 化學式不都是對的嗎？

師 但是元素常住定律卻被你破壞了。元素的數目在方程式的兩邊應當彼此相等纔對呢。左邊比右邊多些什麼。

生 多一個氫，多一個氧，又多一個氫。

師 如此說來，是多兩個氫跟一個氧。但是中和時並不會有氣體放出來；所以既未有氫氣逃走，又未有氧氣逃走。結果一定是構成一種非氣態的化合物了。

生 這我是明白的。

師 你現在到表裏去找一找看，那一種化合物組成是等於 H_2O ?

生 水的組成是 H_2O !

師 對啦。現在，你再把方程式補充一下看。

生 $HCl + NaOH = NaCl + H_2O$ 。

師 這就對了。你瞧，我們即使不完全知道反應方程式是怎樣，也可以根據化學定律預先知道構成功什麼東西呢。

生 這真把我怔住了。這種計算法靠得住嗎？

師 在這一類簡單情形之下，總是不會錯的；在複雜情形之下，方程式的意義就大都是不十分肯定的了。總之，無論在那種情形之下，我們必須從實驗方面。把我們從化學式裏引伸出來的結論加以證實纔對呢。

生 我也可以看得見這是怎樣做的嗎？

師 當然可以的。我們若使氣態氯化氫在氫氧化鈉上面通過去的話，牠們就會互相發生作用，變成非常之熱，而使那構成功的水變成蒸氣跑出來了。我們只要使牠冷卻。就能得着液態水了。

生 請您把這試驗做給我看！

師 做這試驗須有氣態氯化氫纔行；但是氣態氯化氫怎樣做法，我們還沒有討論過呢。等我們以後製造牠的時候，再做這個試驗吧。