

新中學文庫

化 學 學 校

上 冊

歐 斯 伐 著
湯 元 吉 譯

商 務 印 書 館 發 行

漢譯世界名著

化 學 學 校

上 册

Wilhelm Ostwald 著

湯 元 吉 譯

商務印書館發行

譯者序

化學學校原名 Die Schule der Chemie, 爲德國近代大化學家維廉·歐斯伐(Wilhelm Ostwald 1853—1932)所著。歐氏著作等身, 馳譽天下, 而尤以所著化學學校一書, 博得世界各國不少之佳評, 蓋此書不但可使讀者獲得普通化學之全部理論與知識, 且因其所用之問答體裁, 深入淺出之筆法, 尤能處處引人入勝, 啓發讀者之思想, 正如著者在原序中所言, 實不僅爲初學者而作也。此書在歐美各國已早有譯本; 惟我國則尙付闕如, 故不佞嘗蓄志將其譯成中文, 以饗國人; 而工作之開始, 已遠在予當年求學海外之時; 但因爾時校課繁重, 僅譯數章, 卽行中止。及後回至國內, 又因有其他重要工作, 一時無暇及此, 遂致一再遷延, 直至最近始能全部脫稿。計距予開始逐譯之日, 已忽忽十載於茲矣。

當予二年前繼續翻譯此書之時, 中國化學會適有中文雜誌化學之刊行。不佞因對該雜誌負有某種責任, 故嘗將譯成之稿陸續寄往發表。鄙意原擬俟全書登完之後, 再另印單行本以

便讀者。詎料商務印書館於一年前編訂萬有文庫第二集目錄之時，亦將此書列爲叢書之一，遂使不佞之原定計劃未能見諸實行，此予不能不在此向化學讀者重伸歉意者也。然就他方面言，此書若無上述之特殊原因，則其脫稿之期決無如斯之早，此予又不能不在此向萬有文庫主編者王雲五先生多多致謝者也。

歐氏此書之最後一版，係於一九一九年印行，故其中已有若干處與最近之化學發展不合。不佞現已將其一一加以訂正或補充；惟遺漏之處，焉能盡免，尙祈識者不吝賜教，俾能於再版時依照修正，幸甚！幸甚！至此書所用之化學名詞及術語，幾係全部採自國立編譯館所公佈者；間有與其不能一致之處，並非不佞好異矜新，實以就平日之經驗，深覺其非此不可耳，亦望海內學者有以教之。

中華民國二十四年十二月卅一日湯元吉謹序

第一版原序

余著此書之動機：一爲含有歷史性者，一爲含有未來性者。曩余初習化學時，即獲讀先哲史脫克哈德氏 (Stoeckhardt) 所著之化學學校一書，使余日後在化學界之一生事業蒙其影響，實屬至幸；蓋哈氏此書，既能以簡潔之筆法將各種事實啓示學子，復能以靈敏之技術使各種實驗均能適合初學者之身心，固一傑出之教本也。而余日後在化學上所從事之工作雖側重於一般問題之研討，然始終能未失却經驗立場者，尤不能不歸功於此書，故余至今猶感激不置焉！今者，昔日刊印哈氏著作之書局囑余撰一新式之化學學校，余既感榮幸，復念藉此可聊報哈氏之恩，故欣然接受此使命而不辭。

此余著此書動機之含有歷史性者；其含有未來性之動機亦基於相類之範圍。

化學於末一世紀中，曾經過一長足之發展，而其發展之中心則終降於德國。德國整千累萬之學者，賴有堪爲全文化界典型之教育機關之輔助，乃能於學術界與工業界緊密之合作下，

創造一種化學科學。此種科學繼續不斷之發展，似可爲其本身健全與否之一種繼續不斷之考查與證明；然其範圍初僅限於向製備及系統兩方面發展之有機化學；即在今日，猶有大部分之未來化學家係循此捷徑訓練而成。

然任何加速度之發展，同時必含有其危險性，而及時指出此種危險性之責任，則須具有遠大眼光者所當共負也。夫無機化學之形成爲科學，實較有機化學爲早；且在有機化合物工業外，尙有無機化合物工業之存在，而後者實爲一切化學工業之基礎。故工業界本身乃首先倡導一種呼聲，指摘由專攻有機化學之青年化學家解決無機化學上之各種問題爲不當，并思有以改革之；我國化學界之教師，繼亦本我國工業界與科學界特有之合作精神，對此問題予以注意焉。

然就余個人觀察所及，吾人欲避免化學上此種因片面發展所引起之危險，勢非應用近數十年來產自化學本身領域中之普通物理化學不爲功，蓋普通物理化學所研討之對象，係有機化學與無機化學或純粹化學與實用化學上之一切基本問題，實爲決定任何實際的化學教育之基礎，故吾人初授化學時，即應以之爲基礎也。余於拙著各種在範圍與性質上各不相同之化學教本中，均曾努力將普通物理化學之知識，就其目前之發

展情形，介紹於諸專家及學習化學或與化學有關諸科學之學子。予此種反復不斷之努力及歷年所得之教學經驗，證實吾人初習化學時，不僅有循上述途徑進行之必要，且亦有其可能性；此書不啻為余向此方面努力之結果也。

一年前此書第一部分出版後，謬蒙各界之贊許，致余不得不力求此第二部分亦能獲得同樣之結果。據予幼年之回憶（此種回憶對於此書之貢獻較余日後由教學所得之經驗為大），深感定比定律之說明實為一困難之問題。然吾人設將此定律加以歷史之觀察，則不難排除此種困難：蓋昔日列希忒爾氏（F. B. Richter）中和定律之發明，實為達進為數量所支配之化學領域之第一步。故吾人現在討論定比定律時，亦應以比較易於實驗及了解之酸與鹽基之中和現象為其基礎。此種教程一經實施，即能證明其確有優點，故余深望此種教學方式，匪特可使初學者易於入門及了解，并可予教學者以一種有益之啓示。余個人確信此種教程較諸基於氣體容積定律之普通教程為優。二十年前，余即深信科學之邏輯的發展與其歷史的發展之間係有密切之相互關係存在；此種信念今又得一重證明，對余實為一重大之教訓也。

余於此書中關於此方面所應用之教學經驗及原理，大部

分已見諸其他拙著中，然爲使說明不致超越此書讀者之了解力起見，於此書之寫作上亦曾再三加以注意。因此有時嘗將說明中止，俾於另一處再加討論；且從未失去可使學子明瞭於已經指出之範圍外，尚有將來應行學習之另一部分存在之機會而未利用之，是則不僅可避免青年學子於學畢一種化學課程後即自信爲知之無遺，（嘗有人以此爲藉口，主張化學不宜學之過早。）且可藉以啓發彼輩探求高深科學之慾望（設彼輩對此具有感受能力者），蓋此種求知慾望實爲此輩未來科學家之精神上的要素也。且教學者目前之任務，孰有更大於激發及展開我國國民之此種獨立的思想與前進的精神者乎？

此書之第一部分，嘗蒙諸專家予以極有價值之指教，至爲感幸。當於此書再版之時，悉加修正，以副雅望。今者，第二部分亦已付梓，尚希諸專家予以同樣之襄助，誠以此書實不僅爲初學者而作也。

維廉·歐斯伐序於來匹錫 (Leipzig)，一九〇四年八月。

第二——四版原序

在一切拙著中，無較“化學學校”一書銷行更快及譯本更多者，故其形式與內容尙能適合大部分讀者之願望與需要，殆可斷言。茲應書局之建議，更將此書刊一廉價本，俾往日以經濟關係未能購此書者亦得人手一編。余嘗乘此刪去書中無關宏旨及難使多數讀者了解之若干短章；並將書中未能完全達意之處加以修正，惟須修正者尙不多耳。

過去，書中誤植之字及其他錯誤之處嘗承細心讀者悉予指出，實深感激；此種有價值之合作，設能永不鬆懈，則幸甚矣！

茲於書後附一索引，藉副各界之要求焉！

維廉·歐斯伐序於大包墩 (Gross-Bothen)

一九一〇年二月，一九一三年十一月及一九一九年五月。

維廉·歐斯伐*

沈 怡

維廉，歐斯伐是近代的一位大化學家，大凡對於自然科學稍有一點研究的人，沒有不知道的。我做這篇文章，並不打算爲這位大化學家做傳，也並非介紹他的學說，但想將其言語行事，略略傳出，或者於目前國內的學術界不無幾分益處。

近來國內的學術界，雖有生氣，但是不能免掉一種浮誇淺薄的色彩；要設法除去這種色彩，我們最好平心靜氣看一看古往今來一般成功人的事蹟，就可以知道他們的成功，都是由不絕的努力得來。自從到歐洲以後，更親見那些學者朝夕孳孳於學的態度，愈覺得他們的成功，並不是一回偶然的事；而國內

-
- 不佞於民十四年秋開始滬譯化學學校之時，嘗致書學友沈君怡先生，請將其在少年中國第四卷第十二期發表之維廉·歐斯伐（原文作維廉·歐斯伐）一文轉載於此，俾將歐氏之治學精神介紹與讀者。旋蒙沈君復函首肯，並將其大著修正一過寄下。今拙稿付梓有日，爰誌數語，以伸謝悃。

某一時期的青年，但以走近路爲能，以爲成功可以一蹴而就，這種觀念未免根本上就錯了。

我自己也是個青年，自問並無向同輩下諍言的資格，因此在近代科學家中，找到了這位維廉·歐斯伐，也因爲他的生活與修養方法，確是我輩一個很好的模範。我們但能像他的樣子去努力，去修養，我們總是在成功的路上呀。

世界上的學者自創格言的也多了，話也未始是錯的，但是我們一去細考他自己的行事，能有幾次不被他們騙了。唯有歐氏，他自己確能遵守自己的立身訓。他是一個主張惜力論者，他最反對浪費精力於無益的事務，因此他的生活有時好像很單獨而且冷靜，顯得與他人不同的樣子。

歐氏很少同人說起他的立身訓，他也不希望人人都看重他的格言，他只是自己看準了這是一條正路，他就這般依着走了。當然，這種世世的態度，那有不引起人責言的道理，因此指斥他行爲的也有，諛之曰『極端的利己主義者』的也有。然而他毫不理會這種批評，照舊不肯浪費他的能力，照舊不息的工作。

他甚且發明了一個求幸福的公式，牠是：

$$\text{幸福} = \text{工作} - \text{阻力}$$

他的解釋是：阻力愈小，則幸福愈大，如果阻力等於零，則工作就等於幸福；因此不絕的工作，在歐氏心目中是無上的幸福。唉！但能領會了這幾句話，已遠勝於讀幾十部書了。

歐氏的家，是在大包墩(Grossbothen)的一個鄉間，從來匹錫(Leipzig)去，須坐一點鐘的火車。他有一所很大的別墅，那別墅的名字，就叫『能力』(Energie)；很能表現出這位主人的奮鬥精神。他的房子雖大，但是內中毫沒有一點陳設，滿屋子裏，幾乎找不出一間像模像樣的客廳。據一般人如此說，歐氏把所有的房間，無不利用來做了他的工作室和圖書室，因此他的夫人常帶笑的同人說，她快要沒有住的地方了。

在別墅附近，有一座極美麗古舊的花園，歐氏每天都去散步兩次。去的時候，總有一定的時間，不論天氣的好壞。歐氏是科學家，因此他的生活格外顯得有嚴格的秩序。他的工作，每在這二趟的散步中計劃出來，往來的人，常可以看見這位白髮的學者，不絕的踱來踱去，就知道他又在那裏轉什麼念頭了。在他散步的時候，誰也不敢去同他說話，因為打斷他的思想，是他所最犯忌的。散步完了以後，他就急急忙忙的回到試驗室裏，把頭埋倒在寫字桌上，又去深思他的工作去了。

歐氏平時很少說話，尤少同人談天。他從來不去試驗室

中，就是同他的親友也少來往。如果他有時竟說話了，那末他的話十有八九離不了他的工作。因此有人便說他是毫無情感的人，但是我們豈能將一般的標準，拿來測度卓越的天才呢？

歐氏從不吸煙，且不愛人在他面前吸煙；飲酒也很少；飲食的好壞，他從不置意。他的夫人是一位極可愛而又能幹的婦人，一家大小事務，都是她一人料理，並且常能鼓勵歐氏，替他排除諸般障礙。所以歐氏的成功，一半可以說是得了他夫人的幫助。

歐氏現在已是七十歲的人了，但是他的精力，叫人看了真要驚異。他從不曉得休息，就是病後也是照常的工作。但是他只工作他所喜歡的，就是凡能引起他底興趣的，他纔工作。他有非常敏捷的天才，他的著作之多，幾乎要叫人疑惑，他同時兩隻手有寫兩篇異樣文章的本領。

歐氏是一個主張一元論和唯物派的人，但是關於世務事情，卻從不在他心上。他的全部財產，都由他的兒子經管。因為他的性情古怪，所以他的一生竟沒有一個相契的弟子和同事的人。他可以說是爲人類生的，但是人於他都是疏遠的。

無論那一個偉大的人物，總有他優劣的方面。就是這篇介紹，也不過想表明一個歐洲學者的生活如此如此，並不希望人

處處都學他的樣子。不過他的求幸福的公式，他的言行合一的精神，他的嚴格的秩序生活，至少總可以做一般有志向上人的榜樣罷。

目 錄

第一章	質素	1
第二章	性質	7
第三章	質素與混合物	15
第四章	溶液	23
第五章	熔解與凝固	33
第六章	蒸發與沸騰	41
第七章	量度	49
第八章	密度	63
第九章	形態	75
第十章	燃燒	85
第十一章	氧(一)	99
第十二章	化合物與成分	115
第十三章	元素	131
第十四章	輕金屬	147
第十五章	重金屬	161

第十六章	氧(二).....	167
第十七章	氫.....	185
第十八章	氫氧爆炸氣.....	195
第十九章	水.....	213
第二十章	冰.....	229
第二十一章	水蒸氣.....	241
第二十二章	氮氣.....	257
第二十三章	空氣.....	267
第二十四章	碳.....	277
第二十五章	一氧化碳.....	291
第二十六章	二氧化碳.....	295
第二十七章	太陽.....	305
第二十八章	氯之製備法及其性質.....	313
第二十九章	氯與水.....	325
第三十章	酸與鹽基.....	335
第三十一章	化學當量.....	349
第三十二章	化合量.....	361
第三十三章	倍比.....	371
第三十四章	氣體容積定律.....	389

第三十五章	電解	403
第三十六章	酸	417
第三十七章	鹽	431
第三十八章	氯之氧化物	455
第三十九章	溴	469
第四十章	碘	483
第四十一章	硫	501
第四十二章	硫酸	519
第四十三章	硫化氫	529
第四十四章	氮 硝酸	543
第四十五章	氮	555
第四十六章	磷	565
第四十七章	碳(一)	579
第四十八章	碳(二)	589
第四十九章	矽	607
第五十章	金屬 鈉(一)	615
第五十一章	鈉(二)	629
第五十二章	鉀與鉍	641
第五十三章	鈣(一)	659

第五十四章	鈣(二).....	671
第五十五章	鋇與鎂.....	683
第五十六章	鋁.....	693
第五十七章	鐵(一).....	707
第五十八章	鐵(二).....	721
第五十九章	鐵(三).....	735
第六十章	錳.....	749
第六十一章	鉻.....	761
第六十二章	鈷與鎳.....	773
第六十三章	鋅.....	783
第六十四章	銅(一).....	793
第六十五章	銅(二).....	805
第六十六章	鉛.....	817
第六十七章	汞.....	829
第六十八章	銀(一).....	841
第六十九章	銀(二) 攝影術.....	853
第七十章	錫.....	863
第七十一章	金及白金.....	875

化學學校

第一章 質素

師 今天我們要開始一點新的花樣了；你要開始學化學了。

生 化學到底是什麼？

師 化學是自然科學的一部分，關於動植物，你是已經學過不少了，所以你也知道研究動物的學問我們稱牠爲動物學。研究植物的學問我們稱牠爲植物學——

生 那末，化學許是研究石頭的學問吧？

師 不是的，研究石頭的學問叫做礦物學。不過化學跟礦物學是很相近的。礦物學也不僅是研究石頭的一種學問，因爲地底下的其他一切質素，如同硫黃，金子，跟煤等等，牠都要研究的。但這些質素同時也屬於化學範圍之內。除此以外，還有那些地底下沒有的，可用其他東西製造出來的物事，如同糖，玻璃，鐵等等，也屬於化學範圍之內。所以化學乃是研究一切產自天然界或由人工造成的質素的一

種學問。

◎ ◎ ◎

生 那末，樹也是屬於化學範圍的了。

師 不對，因為樹並不是質素呀。

生 但樹是木頭造成的，而木頭總可算是一種質素吧？

師 對呀，不過樹還含有其他的東西，例如樹葉和果實就不是木頭造成的。固然，我們若是把這些質素一一分開來看，牠們當然都是屬於化學範圍的；但是要得到牠們，就得先把樹來毀了呢。

生 質素究竟是什麼東西呢？

師 要把這解釋清楚，却非三言兩語所能了事。讓我來試試，也許你自己已經知道了，不過還不能明白說出來罷了。且讓我來試試你看。這是什麼？

生 我猜是糖。

師 你為什麼猜牠是糖？

生 因為糖缸裏的糖跟牠完全是一個樣兒的。讓我來嚐嚐看。
——對啦，準是糖，甜的。

師 還有別一點可以使你辨明牠是糖嗎？

生 糖弄在手指上是黏的；這也是這個樣兒。

師 如此說來，若是有人把一種質素叫你辨別牠是不是糖，你

就可以從牠的外表，滋味，跟黏滋滋的這幾點上來辨明牠是糖。這種用來辨別質素的標識，我們稱牠為性質。糖是一種質素；所以我們可從質素的性質上來辨明牠們。——
你猜一種質素的所有一切性質，我們都可以用來辨明這種質素嗎？

生 我若是知道牠的一切性質，當然是可以的——

師 我們且來看看看，糖的種類只有一種嗎？——決不是的，我們有大塊的冰糖跟有砂一般的白糖，你是知道的。兩種同樣是糖，因為你若是把冰糖放在乳鉢裏磨細了，牠也就變成白糖了。

生 可不是。如此說來，牠們原是一樣東西呀。

師 牠們原是同一種質素，糖。但是牠的性質之一却改變過了。一樣東西的形狀，也算是牠的一種性質；可是形狀雖經過任何變更，而原來的質素卻依然不變的。量也是如此。不論糖缸是滿的或將近是空的，藏在裏面的糖，終歸是糖。所以形狀跟量這兩種性質是不能拿來辨別質素用的——糖是熱的；還是冷的？

生 這我不知道。——牠既可以算是熱的，也可以算是冷的！

師 對啦！如此說來，冷熱也不是可以使我們辨別質素的一種

性質。

生 這我們本來是不可以的，因為糖的大小冷熱，原是可以聽我們的便，要牠怎樣就怎樣的。

師 你瞧，現在給我們抓到問題的中心了。一種東西的性質，有些是我們不能去改變牠的。糖是甜而帶黏的；祇要是糖
◎◎◎◎◎◎◎◎◎◎
總是這樣。至於牠的大小跟形狀同冷熱，我們却可以去改變牠的。每一種質素總有某種不變的性質；而每一樣東西，祇要牠含有這種不變的性質，牠就能取得這種質素的名稱，至於冷熱，大小，或牠的其他可變的性質是怎樣，都是不相干的。往往有些東西，因為牠的用途或形狀而取得跟牠含有的質素不同的另一種名稱。在這種情形下，我們說牠是由某某質素造成的。
◎◎

生 這我沒有完全懂得。

師 這是什麼？那是什麼？

生 這是一根編物針；那是一把剪刀。

師 編物針跟剪刀是質素不是？

生 我不大清楚。——我猜不是的。

師 你倘若想知道的話，你祇須問一聲這東西是什麼造成的，那你就可以知道那個質素的名稱了。編物針跟剪刀是什

麼造成的？

生 牠們是鐵造成的。如此說來，鐵是一種質素了？

師 可不是，因為一塊鐵，不論大小冷熱，終歸是一塊鐵呀。

生 那末做書的紙，做桌子的木頭，跟做火爐的火磚，都是質素了。

師 前二項說得是對的，後一項就不然了。你若是把一塊火磚打碎或弄細了，牠還成其為火磚嗎？決不是的；這樣看來，火磚這名稱，僅能用在含有某種一定形狀的東西上，所以並不是一種質素。但是火磚究竟是什麼東西造成的呢？

生 是陶土造成的。

師 陶土是一種質素不是？

生 是的——不是的——是的，因為我就是把牠弄細了，牠仍舊是陶土呀。

師 一點兒也不錯；你每逢疑惑不決的時候，就可以這樣幫助你自己解答問題。你先問：這件東西是什麼造成的；等你得到答案之後，你就再問下去：造成那件東西的東西，又是什麼造成的。你可以一直問到你不能再問下去了為止。這時候你再問：我若是把牠擊碎了，牠還是這樣東西嗎？你若是可以答個是字的話，那這樣東西，就是一種質素

了。

生 如此說來，質素真是多的夠瞧了。

師 一點兒也不錯；世上的質素，比較你舉得出牠們名稱的，還要多得多呢。而這一切質素，都是屬於化學範圍之內
的。

生 那化學我是一輩子也學不完啦。頂好我還是不要去開始
吧！

師 你認識本城的那座森林嗎？

生 唔，很熟的。隨便你把我引到森林裏那一個場合，我總不
至於迷失在裏面。

師 可是你又不認識每一棵樹，你怎會不至於迷失在裏面呢？

生 那些路，我是認得的！

師 你瞧，我們學化學，也是這個辦法。我們並不想認識所有一
切的質素，不過區分那無窮質素的，溝通整個範圍的路
徑，乃是我們所要認識的。你若是把所有的幹路認識清楚
了，那你在化學裏也就不至於迷路了。等你把幹路認清楚
之後，你還可以詳詳細細地去認識那些支路呢。那時候，
你就會感覺到學化學，正和在森林裏散步一樣的有趣味
呢。

第二章 性質

師 上次教過的東西，你講給我聽聽看。

生 化學是研究一切質素的學問，而一切東西，都是由質素造成的。

師 前半段你是說對了；後半段卻不盡然。如同音樂，牠是由許多聲調造成的；聲調可不可算是質素？

生 聲調我們當然可以算牠是造成音樂的一種質素。

師 抽象地說來，這當然是可以的。但是在科學上，質素這名稱却僅限於一切含有重量的東西。

生 我們有什麼理由把一個名稱的意義加上這種限制呢？

師 這種理由是根據事實上的必要而來的。在日常用的語言裏，我們對於一個字的意義是往往不大頂真的。如同你自己方纔就是這樣。但是在科學上，我們說出一句話來，就不能含有游移不定的意義了。所以我們得在可能範圍之內求其正確，因此，就不得不把普通一切字的意義加以限制了。但是這種字的意義雖經限制了，然而跟牠們應用在

日常生活裏的時候的意義，仍是非常相近的，所以大致仍是相同的，不過是牠們的應用性和意義的界限來得比較明顯些罷了。所以我們在日常生活裏稱爲質素的東西，有一大半我們在化學上也稱牠爲質素；至於那些沒有重量，或是不可以稱的東西，我們在化學上就不能這樣稱呼牠們了。現在把你那句話的後半段改正牠，一切……

生 一切可以稱的東西，都是由質素造成的。——不過話是這樣說；但是質素究竟是什麼，我還是不明白呢。

師 你這話是什麼意思？

生 我現在雖知道什麼東西我們纔應該稱牠爲質素，但是我所知道的，也盡於此矣，並不比以前知道的多呀，因爲質素的本質是什麼，我還不明白呢。

師 這你本來何從去知道呢？我們平常爲了科學上的應用起見，替任何字去下定義，原是僅僅替牠立下一個界圈，不許牠以後越出這界圈的範圍而已。如同我們在本城森林的四周定牠個界限，我們並不能因此就認識森林的本身呀。你以後把各種質素的性質認識了，也就會跟着認識牠們的本質了。不過這夠你忙的了！

生 但我即使知道了一種質素的性質，那我也不過僅僅——

我應該怎樣說——僅僅關於牠的表面知道了一些罷了。

至於牠內裏的本質，我還是看不透呀。

師 你還記得有各種各樣的性質嗎？是那幾種？

生 你是指我們昨天談到的那些嗎？性質有的是不變的，有的是可以改變的。

師 可以拿牠辨別質素的是那種性質呢？

生 是不變的。

師 你所要知道的，不就是這嗎！不變性質是不能從質素上拿掉牠的。牠若是不存在，連同質素也不存在了。所以性質正就是質素的本質呀。

生 但這不過是牠的性質吧了。而我所要問的是，那些性質究竟是建築在什麼東西上的呢？

師 依你說，假設質素失掉了牠一切性質的時候，還得有東西遺留下來不是。現在，你假設把一塊糖的各種性質，如同顏色，形狀，硬度，重量，滋味等等都去掉牠，那末贖下的是什麼？

生 我不知道。

師 一點東西也不會贖下來的，因為一件東西的存在，我們僅能根據牠的性質纔能知道；若是性質不存在的話，那末，

什麼東西我們也就無從說起了。

生 你說得不錯，我是看得出的；不過我對於這個見解，恐怕要慢慢纔會習慣呢。

師 等你化學學多了之後，你就會知道我們所討論的僅是質素的性質，而並無所謂『本質』這個東西了。等到那個時候，你就不會再弄錯了。——再則，你現在就把一切問題都是根據性質的認識跟測定而發生的這個道理弄清楚了，也是再好沒有的。你把辨別一種質素所用的性質，舉幾種給我聽聽看。例如金，銀，銅這三種東西，你怎樣去辨別牠們？

生 看牠們的顏色；銀子是白的，金子是黃的，銅是紅的。

師 顏色是不變的性質呢，還是可以改變的性質呢？

生 我猜大多是不變的性質吧。

師 你爲什麼說得這樣不肯定呢？

生 因爲我自己也拿不大穩呀。金子和銀子的顏色，我可以斷定牠們是不變的性質；但是古銅就不是紅的，而是帶暗色或往往是帶綠色的。

師 你有沒有把一塊變成綠顏色的銅仔仔細細看過？牠裏外都是綠的嗎？

生 許不是的吧；不是的，我們如果把外面的綠顏色刮掉牠，裏面就仍舊是紅顏色的銅了。

師 一點兒也不錯；並且綠顏色的那東西跟銅也並不一樣；牠並不像金屬一樣的強韌，而是同土一樣鬆脆的。所以整個的問題是銅的外面又形成了另一種綠顏色的新質素，來把原來的紅顏色的銅遮住了，就如同窗子四周的黃色木頭給白漆遮住了一樣。

生 那綠顏色的東西究竟是怎樣跑到銅上去的呢？

師 牠是由銅變成的；至於怎樣變成的，以後你自然會詳詳細細知道的。現在，我們還得把顏色的問題來稍許談談呢。顏色是一種不變的，可以用牠來辨別質素的性質。不過我們須提防把一樣東西的表面上的一樣東西的顏色，當作就是造成那東西的質素的顏色。所以要知道一樣東西的顏色是怎樣，最好是把牠打碎了，使牠內裏的顏色顯露出來。這我們不妨來試試看。瞧，我這裏是一種藍顏色的，叫做硫酸銅的質素。

生 請您不要把牠打碎；牠的形狀多美，就如同一塊磨好的寶石似的。

師 含有這種形狀的東西，我們都稱之為晶體；牠們並不是磨

成功這樣的，而是不用人們幫助，就能自動長成這樣的。

生 我可以看牠長起來嗎？

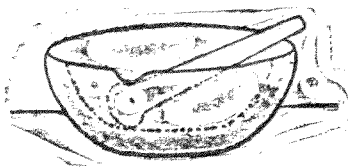
師 你自己不久就要學着製造這種晶體了。倘若我們可以因此學到一點東西的話，那我們儘不妨犧牲一塊來做試驗的。我把牠弄碎了，你看藍顏色是否這種質素特有的一種顏色？

生 可不是，因為牠裏面藍得正和牠外面一樣。

師 現在我們把牠放在這個瓷乳鉢裏（第一圖），用這根乳棒來把牠磨細了看。

生 您何苦勞神呢，因為結果怎樣，我們早就知道了。

師 你留心地瞧着，因為你做了一個結論之後，就得小心地去考驗牠是否可靠的；否則，那會知道自己有沒有弄錯呢。你看見什麼了？



第 一 圖

生 這東西裏面似乎不及牠外面來得那樣藍，因為那些碎塊愈變愈淡了，現在細粉變成淡藍色，將近是白顏色了。這

我倒有點不能了解呢。那些碎塊的藍顏色，在沒有磨成細粉之先，跟原有的那一整塊，原是一樣的呀。莫非是乳鉢上有什麼東西掉進去了吧？

師 這是不可能的，因為瓷是硬的，所以是不會有東西掉下來的。你瞧，這是一塊藍玻璃的碎塊。牠在這一頭的藍顏色，比先前的那塊硫酸銅還要深的多；但是在這一頭，卻淡得幾乎是沒有顏色似的，可是牠們卻同是一塊藍玻璃。

生 這是很簡單的；玻璃的這一頭要比牠那一頭厚得多了。哈，現在我可明白了：小塊硫酸銅顏色之所以來得淡，就跟這塊玻璃的顏色在薄的場合，不深是同一個道理；而大塊硫酸銅的顏色之所以比較來得深，也正跟玻璃在厚的場合來得更藍是同一個道理。

師 對啦；當光線穿過一種藍質素的時候，牠總須在裏面經過許多次的反射，所以牠所經過的路程愈長，那種質素的藍顏色也就來得愈深。因此大塊或厚塊東西的顏色，總要比小塊來得深些。海水之所以帶深藍色或是深綠色，還有浪花跟船尾的泡沫之所以白得就如同是沒有顏色一般，都是這個道理。因此，我們敘述一種質素的顏色的時候，一定得表明牠是細粉還是大塊纔對。我們在化學上所表明

的質素的顏色，大都是牠們由人工製造出來時所含有的顏色。說到顏色的問題，話還長呢，可是對於今天卻已夠了。

第三章 質素與混合物

師 你把昨天所學的再溫一遍看。

生 質素可用牠們的性質去加以辨別。牠們的性質之一是顏色；顏色的深淺是跟着質素的大小而定的。

師 對啦。你認得這塊石頭嗎？牠的名字叫做花崗石。牠是什麼顏色？

生 灰色，跟紅色，跟黑色。

師 你為什麼舉出幾種不同的顏色呢？

生 因為石頭裏有灰色的，紅色的跟黑色的好幾部分，並不僅僅是一種東西，我怎好只舉出一種顏色來呢。

師 花崗石是一種質素不是？

生 當然哪，用花崗石造成的東西多的很呢，如同鋪路的石子就是用牠做的。牠就是再小，終歸是花崗石呀。

師 這我們倒要來看一看呢。假定你現在把花崗石來打成許許多多或是完全由灰色的，或是完全由紅色的，或是完全由黑色的質素所造成的細粒，而把各種顏色相同的細粒

來堆在同一個場合，那末，這三堆細粒，你都可以稱牠們爲花崗石嗎？或是僅有一堆，並且是那一堆，你纔可以這樣稱呼牠呢？

生 也許紅的那一堆，我可以這樣稱呼牠。——不，這不行的，因爲祇有三堆搥攏起來，纔成其爲花崗石呢。

師 一點兒也不錯。若是一塊糖，你也可以同樣的辦嗎？你可不可以得到幾堆不同的細粒呢？

生 糖是不行的，因爲糖整個兒都是一樣的。

師 這話也不錯。你現在學到一種很重要的區別了，你可把牠記牢呀。這個區別是：凡是跟花崗石那樣打碎之後，可以分成幾堆不同的細粒的質素，統統稱爲混合物。還有那些打碎之後，不能這樣分的質素，則稱爲均勻質素。我們在化學上所研究的僅是些均勻質素。

生 爲什麼僅研究牠們呢？

師 因爲如要研究混合物，就沒得個底了。假設你有兩種均勻質素，那你祇要每次把牠們的分量變換變換，就可以把牠們配成無窮盡的混合物了。我們倘要對這種混合物，一一加以研究，那還有完結的一日嗎。

生 可是混合物究竟不是空空洞洞的東西，我們也不應該完

全置之不理呀。

師 好；你這話說得真對。但是我們對於混合物並用不着——都去認識的，因為假設我們把兩種均勻質素來配成混合物的話，那末，這種混合物的一切性質，都是可以照着牠們所含有的均勻質素的分量，從這兩種均勻質素的性質上計算出來的。如同顏色吧，就是由各種顏色同時發生作用而形成的一種結果。畫家調色所根據的就是這個道理。所以我們對於混合物的性質，是不必特別去研究牠的。

生 請您解釋得再詳細些。

師 一個做生意的人，若是已經標明了某種貨色每千克值多少錢，那末，他就用不着再標明五百克，或一萬克，或是六萬七千克值多少錢了，因為這是很容易算出來的。至於混合物的性質，我們也同樣可以從牠的成分的性質上推算出來，所以對於一切可有的數值，是不必——的去觀察跟把牠們記錄下來的。我們對於混合物所要知道的一切問題，都可以從我們關於牠的成分的知識上推算出來，所以祇要知道成分是怎樣，也就可以知道牠們造成的混合物是怎樣了。例如德國的銀幣，十分之九是銀子，十分之一是銅。所以牠每一千克的價值，是等於九百克的銀子的價

值，加上一百克的銅的價值。

生 這道理我倒是看得透的；但是我那能一看就辨得出一樣東西是不是混合物呢。我倘若把我顏色盒裏的藍顏色跟黃顏色調在一起，那末，出現的總是綠顏色，而並非藍黃兩種顏色的混合物呀。

師 這是因為那兩種顏色的顆粒太細的原故，所以你纔不能把牠們分辨出來的。你若把牠們的混合物放在顯微鏡下面觀察，那你就可以看出跟黃顏色混在一起或是黏在牠上面的藍顏色了。但是一片藍色玻璃跟一片黃色玻璃疊在一起的時候，變成的卻是綠色。所以光線穿過黃藍兩種顏色的時候，顯出來的總是綠色。

生 但兩種質素倘若都是白顏色的話，那末，我就是在顯微鏡下面也辨不出同時存在的牠們了，而牠們之是不是混合物，我也就無從知道了。

師 我倘若把一勺匙的糖跟一勺匙的沙混在一起，那我確是看不出裏頭是含有兩種東西的。但我若把糖放在水裏，牠却怎麼着？

生 牠會溶在裏面；而水卻會慢慢地變得跟原先一樣的清，並且是帶些甜的味道。

師 沙卻怎麼着？

生 牠會把水弄渾。

師 並且是不會使水變甜的。如此說來，你若用水去攪沙跟糖的混合物，那末，這種混合物既能跟沙一般使水變渾，又能跟糖一般使水變甜。這樣，我豈不是仍舊把混在一起的沙跟糖辨別出來了嗎？

生 是，這樣行呀。

師 爲什麼這樣行？待我來告訴給你聽。顏色並非是質素含有的唯一可以給我們拿牠來辨別質素的性質。質素跟水起的作用，也是一種特別性質。這種性質，在糖跟沙就不一樣，而牠們的顏色卻是一樣的。所以如要區別許多不同的質素的話，那我們僅僅認識了牠們的一種或兩種性質是不能認爲滿足的，而應該認識得愈多愈好，使我們至少可以找出一種區別來，如果其他性質儘是相同的話。因此，我們在化學上總須對質素的很多性質加以研討跟記述呢。

現在另外問你一個問題。我們談起花崗石的時候，曾經承認牠的各種成分是可以根據顏色的不同而彼此分開來的。你猜沙跟糖，我們有方法把牠們分開來嗎？

生 方法我猜是有的，不過我不知道罷了。

師 你瞧這個玻璃杯，我曾經把沙跟糖放在裏面，用水去攪牠。現在，沙已停在底下，糖已溶在水裏了。

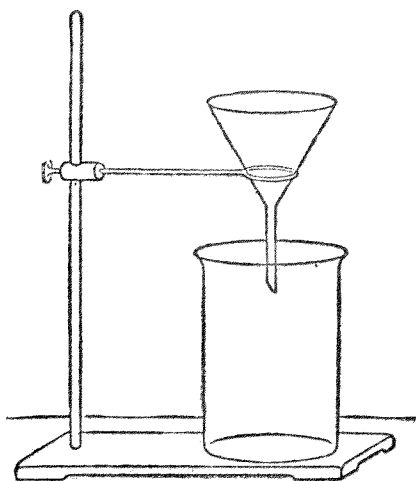
生 現在，我可想起來了：我們祇要把含糖的水倒掉，沙就會留在玻璃杯裏了。

師 這樣牠們能夠完全分離開來嗎？

生 不能的，因為水是倒不乾淨的，沙還是濕的，賸下的水裏還是有糖的。

師 現在，你瞧我怎樣來使牠們完全分離開來呀。我這裏有一張圓形的特別紙；這種紙，我們稱牠為濾紙，牠的吸水性質跟吸墨水紙很相像；不過質地來得純粹跟堅固些罷了。我把牠對摺兩下子，再把牠弄成一隻紙袋模樣，使牠一邊變成單層的，一邊變成三層的。這種東西，我們稱之為濾器。我現在把牠放在一隻玻璃漏斗上，然後用水來把牠浸濕，使牠可以服服帖帖地貼在漏斗的周圍。現在再把漏斗放在一個木架上，另把一隻玻璃杯放在牠下面（第二圖）。

第二圖



生 這一切有何用處？

師 爲的是把沙跟糖完全分開來呀。我現在若是把糖水跟沙造成的這種漿糊一般的東西倒在濾紙上，那末水是會流過去的，而沙卻留在濾紙上了。

生 但沙還是溼的，所以一小部分的糖還是留在上面的。

師 我們馬上就要把牠弄下去了。我祇要加一點乾淨水在濾紙上，牠流過去的時候，就會把糖水帶着走了。至於要把賸在玻璃杯裏的沙完全弄到濾紙上去，我也祇要用乾淨水把牠洗下去就得了。因爲我一次不能把沙通通從玻璃

杯裏洗下去，所以等到濾紙上的水流完之後我再繼續洗牠幾次。現在，我們已經把試驗做完了。停會兒等濾紙跟沙乾了，我們不是把沙跟糖完全分開來了嗎。

生 但我們怎樣纔能得到糖呢？

師 糖，我們明天會得到的。我把流過來的糖水倒在一隻淺底的瓷碟或是瓷盤裏，放在熱爐子上面。

生 幹嗎呀？

師 我們如果把水放在熱爐子上，牠會起什麼作用？

生 牠會變乾。

師 是的，牠會蒸發掉，因為牠會變成水蒸氣，消散在空氣裏，而使碟子裏一點東西也不賸下。糖也會起這種作用嗎？牠放在熱爐子上也會變少嗎？

生 不，除非有人去吃掉牠，牠總在那兒的。

師 對啦。我現在如果把這含糖的水放在熱的場合，水就會蒸發掉，而把糖留下來；等水完全蒸發了，碟子裏就祇有糖了。這樣一來，我們就把混在一起的沙跟糖完全分開來了。

生 明天糖是怎樣，我倒很好奇呢。現在水還是清的，所以看牠不見，據說牠明天會出現呢！

第四章 溶液

生 糖在那兒嗎？

師 碟子在這裏，你看看看。

生 一點兒也不錯，我看見一堆跟糖一樣的白東西在碟子裏呢，可是旁邊還有一點液體呢。

師 這是賸下的水；因為跟糖在一起的水裏，總是含有很多溶解了的糖的，所以沒有純粹的水來得活動，因此水要從裏頭蒸發出來，也來得比較慢些。

生 可是這糖，並不是我們原來所拿的粉一般的糖呀。

師 對呀。現在得到的糖是晶狀的。這碟子裏的晶體並不大，長得也不很顯明跟好看，可是我這裏還有別種糖呢，你認得嗎？

生 認得的，是冰糖。

師 對啦，這種冰糖的製法，是先把普通的糖溶在水裏，然後讓牠再慢慢地結晶出來。若是糖很多，而結晶結得非常慢的話，那我們就能得到很大很好看的晶體了。你把冰糖仔

細看看看；每塊都是晶體呢。

生 可不是；到處都是光滑的平面。難道普通的糖就不是晶體造成的嗎？

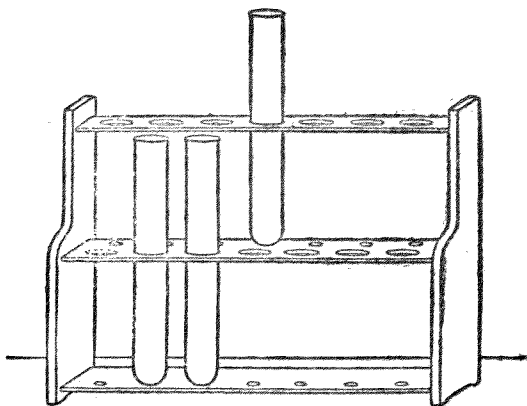
師 當然是的，不過那些晶體比較小得多罷了。此地是一面放大鏡，你用牠看看糖缸裏的糖看。

生 看上去，正和冰糖一樣。

師 就是那種圓錐形的塊糖，也是晶體造成的；祇因為牠們長得不整齊，所以我們纔不容易辨明的。所有這種糖，都是從溶液當中分離出來的，所以都是晶狀的，換句話說，就是都是由顯明程度不一的晶體造成的。

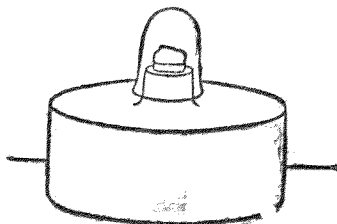
生 溶液蒸乾之後，都會構成品體嗎？

師 大都是會的。不過要得到晶體，也不一定要蒸發溶液，因為其他可用的方法還多呢。讓我現在就來做一個試驗給你看看。此地是我們新近放硫酸銅的那只玻璃管（第三圖）。我若是加點水進去一搖，硫酸銅就會溶掉，而水則變為藍顏色了。

第
三
圖

生 您爲什麼放在這個小玻璃管裏做試驗呢?

師 這你馬上就會知道的。這種小管子，化學家做試驗的時候是常要用到的，假使他不願意把大量的東西做試驗的話；所以化學家稱牠爲試管。現在，我把這酒精燈(第四圖)點上火，再把溶硫酸銅的水，放到火上去燒。



第 四 圖

生 當心玻璃管破呀！真怪，牠並不破。

師 這種小管子，我們如果用得當心，是不會破的。現在，你看牠裏面的東西：起初除了藍色的水之外，還有硫酸銅，現在硫酸銅都慢慢溶掉了，而溶液的顏色則愈變愈深了。我還可以多加點硫酸銅進去，現在，我就是把水煮沸了。固態硫酸銅也是不會完全溶掉的。我再加點水進去熱牠一熱，現在，所有的硫酸銅都溶掉了。這個清溶液，我們且把牠攔在一邊。

生 起先試管倒底是爲什麼不破的呢？玻璃遇着熱都是會破的呀。

師 也不一定。製造玻璃時，得先把牠熔了纔行，熔玻璃時又得把牠燒得很熱纔行；可見凡是玻璃的東西，都曾經燒得很熱過，然而牠們並沒有破掉。

生 但是我新近把熱茶倒在玻璃杯裏，玻璃杯破了，我還受媽媽怪的呢。

師 這也是實情。這兩種互相抵觸的事實，讓我們來想方法去解釋牠。要玻璃破還有什麼方法？

生 打，碰，或是去折斷牠。

師 是，換句話說，就是把不同的力量，加在玻璃上不同的場合，而使牠變成另一種形狀。熱對於玻璃的形狀，也可以

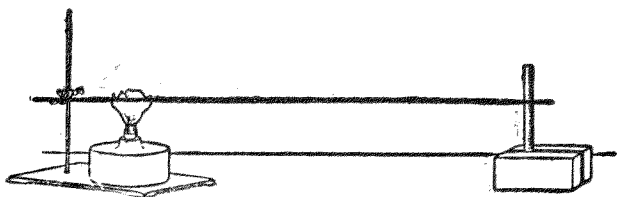
發生影響嗎？

生 當然，熱是可以使一切物體膨脹的。

師 對啦，一塊熱的玻璃，要比一塊冷的玻璃大些。你看見過沒有？

生 沒有，牠們的差別一定是小得叫人看不見的。

師 可是我倒要讓你見識見識呢。這兒是一根比較很長的玻璃管。我把牠的一頭橫着夾在一個架子上，放一根尺在牠的另一頭。玻璃指在尺上的那一點，你把牠記牢。爲的要使你可以看得格外清楚些起見，所以我把一根黑顏色的細針用臘黏在玻璃的頭上。現在，我把燈放在玻璃管下面，使牠燒熱起來(第五圖)你看見什麼嗎？



第 五 圖

生 懸空的那頭，先是升高，後來又慢慢跌下來了。真怪！

師 有什麼可怪？

生 我還以為針會朝長裏一頭跑呢，因為玻璃遇着熱得膨脹，

所以牠應該會變長纔對呀。

師 可是牠卻變彎了，並且是朝上彎的。『現在，我來解釋給你聽吧。

生 且慢，我自己已經知道了。玻璃管之所以變彎的原因，是因為牠下面比上面先熱，所以牠膨脹的程度，在下面也比較上面來得大。

師 對啦，後來呢，上面也同樣的熱了，所以牠又變直了。這樣看來，玻璃是有彎曲性的；但我若把牠變得太厲害了——

生 那牠就要斷了。

師 現在，玻璃之所以遇了熱會破的原因，你也不難知道了。我們若是把玻璃熱得不均勻，牠就會變彎；若是彎得太厲害，那牠就要破了。若是熱得均勻的話，這現象就不會發生了。你的茶杯之所以破的原因，是因為牠外面還是冷的，而裏面卻熱得太厲害了。

生 但是你把試管放在火上去熱的時候，裏面也是冷的，牠為什麼沒有破呢？

師 因為牠是用薄玻璃做的，所以熱很快的就傳遍玻璃全身了。再則，薄玻璃可以彎得比厚玻璃多多，纔會破呢。因此，一切要遇着熱的化學玻璃器具，都是用薄玻璃做的，

而用的時候，都得小心地，慢慢地去熱牠，使熱可以極其均勻的傳到玻璃的全身去，那牠纔不會破呢。——現在，硫酸銅溶液已經冷卻了，讓我們來看看。

生 試管裏又有固態硫酸銅了！

師 我把液體倒在另一個試管裏，把固態的東西用一根玻璃棒取牠出來。爲的要牠乾，我把牠放在一張濾紙上，因爲濾紙是可以吸收液體的，你仔細觀察一下，看見什麼沒有？

生 又是晶體！

師 可不是。這些晶體，並非是因爲溶液蒸發了，而是因爲牠冷卻了纔長出來的。

生 請您解釋給我聽！

師 你若是拿一定分量的水來溶解硫酸銅，你能使任何分量的硫酸銅都溶解在裏面嗎？

生 不能的，牠慢慢就不再溶解了。

師 對啦，一定分量的水祇能溶解一定分量的另一質素。這種溶液，我們稱之爲飽和溶液——

生 飽和者是因爲牠再也吃不下去了！

師 但是你若把這種溶液加熱呢——

生 那牠又會變餓的。

師 對啦，牠又會去溶解那另一質素了。可是等牠又冷下來時，那先前被牠多溶解了的質素，牠是沒法加以挽留的，所以這個質素，又變為晶體析出來了。

生 這跟蒸發作用原是同一個道理呵；蒸發時，水跑掉了，再沒有什麼可以溶解那質素了，所以質素也不能繼續留在溶液裏了。

師 對啦，質素每逢超過飽和溶液裏容得下牠的那分量的時候，牠就要變成固體分離出來了。但是我們在這裏，還得滿足另外一個條件呢，這要放在將來講了。——我還忘了問你昨天學了的是什麼東西？

生 昨天講的，是混合物跟均勻質素。混合物是由各種不同的質素造成的。

師 混合物怎樣纔可以辨得出，並且怎樣纔可以彼此分離開來呢？

生 根據牠們含有的成分的各種不同的性質。例如當那些成分的顏色各不相同時，我們就可以把牠們一一的檢出來；還有一個方法就是使一種成分溶在水裏，另一種成分就贖下來了。

師 假定那另一種成分是不會溶在水裏的。—— 這樣得到的溶液，究是混合物呢，還是均勻質素呢？

生 混合物。

師 爲什麼？

生 因爲牠是由各種質素合成，並且是又可分離爲各種成分的。

師 這固然是對的；但溶液的性質之中，也有跟其他混合物一樣，是由牠的成分的性質合成的嗎？

生 有的，硫酸銅溶液就是藍得跟硫酸銅本身一樣，而糖溶液也是甜得就跟糖本身一樣的。

師 可是硫酸銅跟糖的本身是固體，而牠們的溶液卻是跟水一般的液體。你若是把另外一種固體，例如是沙，用水去攪，那你得到的並不是溶液，而是漿一般的東西。

生 如此說來，溶液是帶有一種跟普通混合物不同的性質的。

師 對啦，溶液是均勻的，是介於質素跟混合物之間的。

第五章 熔解與凝固

師 昨天講的是什麼？

生 昨天講的是溶液。可是我還沒有完全了解。

師 什麼地方還有困難？

生 就是固態質素跟液體混和了，會變成一種真正的液體這一點我還不明瞭呢。

師 你想想看，固態質素還有別的方法可以變成液體嗎？

生 冰或雪熔解了的話，也會變成液體的。

師 這僅僅乎限於冰或雪嗎，還是其他的固態質素也是會熔解的呢？

生 對啦，大年夜我們曾經熔過錫的。

師 任何固態質素，祇要加熱，總可以使牠熔解或是變為液體的。這種液體，若是冷卻了呢——

生 那牠就又變為固體了。

師 如此說來，我們要冰變為水，祇須加熱，要水變為冰，祇須使牠冷卻就行了。冰在什麼溫度會變為液體？

生 在零度時。

師 水在什麼溫度變為冰？

生 也是在零度時。

師 我們若是把冰熱到零度，牠會立刻變為水嗎？

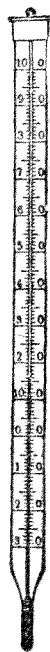
生 我想是會的吧——

師 你一定是把物理上學過的東西忘掉了。現在讓我們自己來做一個試驗吧。這兒是一支溫度計(第六圖)。溫度計是由一根細玻璃管造成的，一頭比較粗些，是藏水銀用的。因為水銀遇着熱的膨脹程度比較玻璃大得多，所以溫度愈高，牠在管子裏昇得也愈高。水銀柱的高低，換句話說，就是溫度的高低，我們可以用玻璃管裏的每隔若干距離就有一劃的 \odot 刻 \odot 尺去觀察跟計算牠。現在，我把溫度計的圓球插在這隻玻璃杯裏的打細了的冰裏；停一會兒，水銀就跑到零度的那一劃上去了。

生 水銀為什麼會剛剛跑到零度上去的呢？

師 因為是造溫度計的工匠叫牠這樣的。造溫度計的工匠在把溫度計造的祇等裝上刻度

第 六 圖



尺就可完工的時候，老是先把溫度計插在一部分已經熔解了的冰裏記上那水銀昇高的一點，然後在裝刻度尺的時候，再把零度的那一劃放在這一點上的。

生 如此說來，那個地方的熱是等於零。

師 不是的，那個地方不過表明我們稱牠爲零的一個溫度罷了。這是我們任意擇定的，因爲你知道，冬天的溫度還可以遠在零度以下呢。我們如今可以達到的最低的溫度，簡直可以低到零下二百七十二度帶零呢。

生 這種選擇所根據的理由究竟是什麼呢？

師 這你馬上就會明白的。我現在把杯子用手圍住去暖牠。你看溫度計有沒有改變？

生 仍舊是零度。

師 我現在把放在這房間裏的水加些進去。你猜水的溫度大約有多少？

生 室溫總在十七八度之間。水的溫度想必也是這樣。

師 你看溫度現在是多少。

生 現在指在五度上了。

師 水比較暖些，所以把溫度提高了。現在，你小心地攪一下看。

生 溫度愈跌愈低了。現在到零度上停住不動了。這是什麼道

理？房間裏比較來得熱，溫度應該升高纔對呀。

師 冰跟水混在一起的時候，溫度總是零度。你若是想加熱進去，使得溫度可以升高，那末，一部分的冰就會熔掉，而因此把全部加進去的熱消耗去；反過來，你若是把熱從裏面取掉牠；那末，一部分的水就會凝固為冰，補償你所取掉的熱。

生 水凝固的時候，有熱放出來嗎？

師 當然有的。由水凝固為冰，跟由冰重新熔解為水的時候所放出的跟所消耗的熱，其多少正是彼此相等的。

生 為什麼正是相等的呢？

師 假設牠們不是相等的，例如凝固的時候放出的熱是八十，而熔解的時候消耗的熱僅僅是六十，那末，我們祇要先教水結成冰，然後再教冰熔解為水，豈不是得到的東西雖是一樣，而放出的熱比消耗掉的熱，卻多出二十了嗎。豈不是祇要我們重覆的做下去，就可以無中生有，憑空得到任何巨量的熱嗎。但這是不可能的，所以熔解時所消耗的熱，跟凝固時放出的熱，彼此必定是相等的。

生 難道要無中生有，憑空得到熱，是不可能的嗎？摩擦的時候，不是可以生出熱來的嗎？

師 但這並不能算是無中生有呀，因為你摩擦的時候總得消耗工作，而工作卻不是可以憑空創造的。——這個問題，我們暫且不要去談牠，因為熱量究竟是什麼，跟我們如何去量牠，我想稍為緩一緩纔解釋給你聽呢。我們還是回到我們的冰跟水的問題上去吧。冰跟水混在一起的時候溫度總有一定，還有我們為一勞永逸計，把牠定成是零度，這你都已經知道了。如此說來，固體冰變為液體水，換句話說，就是冰熔解的時候，溫度總是有一定的。你猜每一種質素熔解的時候，溫度總是有一定的嗎？

生 我猜是的吧，因為鉛是容易熔解的，而銀子卻是不容易熔解的。

師 我們在這裏有一條普通定律，就是任何質素熔解時跟凝固時，總有一定的溫度，並且這兩種溫度總是相等的。因此，任何質素的熔點跟凝固點，彼此總是相同的。固態跟液態質素，僅可以在這個溫度同時存在；又在這個溫度加進去或是取掉的熱，僅作為消耗固態增加液態，或作為消耗液態增加固態之用。所以任何質素的熔點。就和牠的顏色跟溶解度一樣，也是牠的一種特有性質。

生 這條定律是誰立的？

師 定律二字用在此地，僅是一個抽象的名詞。我們發現質素的性質在事實上確是如此，所以就把牠們比作那班肯聽話的，不犯規矩的學生了。定律在自然科學上的意義，不過表示一種對於許多事物含有正確性，並且可以用一個普遍的方式表現出來的經驗而已。

生 這種定律多不多？

師 多得很呢。這種定律有一個長處，就是可以省掉我們去把那零零碎碎的事實，一一的記在腦筋裏或是去應用牠們。

生 請您把這解釋得再詳細些。

師 我們就把冰跟水的混合物祇有一個一定的溫度這定律來講吧。例如在土令根製造溫度計的工匠，既把溫度計定成爲放在冰跟水裏總是零度了，那末，他就可斷定這枝溫度計，無論放在世上任何地方的冰跟水裏，所指的溫度永遠是零點。假設不是這樣的話，他休想賣溫度計，而我們也不能把買來的溫度計做試驗了。

生 這定律可給溫度計的工匠幫這許多的忙，倒怪不錯呢。

師 自然律並不是一種可以發施號令的實際存在的東西，所以你應該說，我們人類發現了冰跟水混在一起的溫度總是不變的，倒怪不錯呢，因爲有了這個發現，造溫度計的

工匠纔能造出可以普遍應用的溫度計呢。但僅僅有了零度，溫度計還不能算是成功，所以還得標上其他一切的刻度呢。

生 這種刻度，是不是就是等於米尺上的毫米呀？

師 這樣簡單倒不行呢。因為管子的粗細跟藏水銀的圓球的大小，彼此往往是不相同的。假設是不同的話，那末，即使加的熱是相等的，可是水銀昇高的程度卻不能相等了，而溫度計也要不能用了。

生 這倒是真的。如此說來，我們必須把一切溫度計同樣的加熱，而標出水銀的地位，然後把這一點跟零點中間的距離，平均地分爲若干格纔行呢。

師 好好。應該熱到什麼溫度呢？

生 任何溫度。

師 這可不行。因為這樣，祇有同時製定的溫度計纔正確呢；若是拿到別的地方去，誰能知道牠們高頭一點所代表的溫度是多少呢。

生 這我可不知道怎樣辦了。

師 我們若是知道有一個跟冰點一樣容易製造的，確切不移的溫度，我們就有辦法了。

生 哈，現在我可想起來了，這是水的沸點。

師 對啦，這就是水開始沸騰的溫度。不過這要明天纔講得到呢。

第六章 蒸發與沸騰

師 昨天學的什麼？

生 我昨天學的是冰熔解時的溫度，不論水多冰少，或是冰多水少，總是相同而永遠不變的。

師 水凝固為冰的時候呢？

生 水凝固為冰的時候也是那個溫度。但水若完全凝固為冰之後卻怎樣呢？

師 那時候我們所有的只單獨是冰了；而冰是我們要牠冷到什麼溫度就可以冷到什麼溫度的。冰在熔解的時候也是這樣，牠若是完全熔解了……

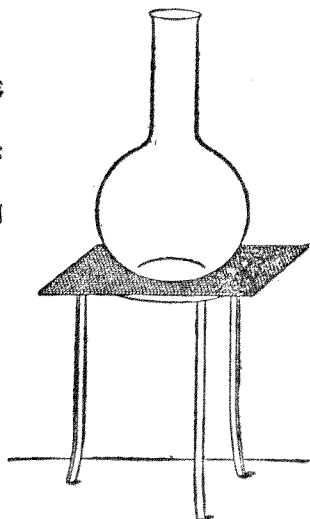
生 那末，我們所有的只單獨是水了，而水是我們要牠熱到什麼溫度就可以熱到什麼溫度的。

師 你話雖不錯，可是結論卻做得太快了，因為牠並非在所有一切情形之下都是對的。若我們有的只單獨是水，那我們果真可以要牠熱到什麼溫度就熱到什麼溫度嗎？我若是把一壺水放在火上，牠卻怎麼着？

生 牠先是變熱，後來就開始沸騰了。

師 對啦，這個試驗我們現在倒要來做牠一做呢。這兒是一個用薄玻璃做成的瓶；牠可以放在火上而不至於燒破。瓶裏面是水，我把牠放在一個三角架上，三角架底下是一盞燈。

第
七
圖



生 三角架上的那個銅絲網有什麼用處？

師 第一爲的是可以把大瓶或是小瓶都放在上頭；第二爲的是教牠把熱均勻地散佈開去，使那些做得比較厚些的玻璃瓶放在上頭也不至於燒破。

現在，我把溫度計來插在水裏……

生 瞧，水愈變愈熱了。

師 你且等着！

生 現在水滾了，而水銀也昇的非常高了，已經是一百度了，快要把整個玻璃管填滿了。要是水銀沒有地方可以再膨

脹下去怎麼辦呢？

師 那牠就要把溫度計脹破了。因為牠膨脹時所發生的壓力是很大的。

生 那你趕快把燈移開去吧！

師 你先看一看溫度計看。

生 還是在一百度上。

師 並且在一百度上的時候還長久得很呢。我把火開大些，你看見什麼嗎？

生 水滾得更厲害了。

師 溫度計呢？

生 老是在一百度上。哈哈，現在我漸漸看出這情形跟冰熔解時的情形似乎完全是一樣的了。

師 一點兒也不錯；你來把這兩種相像的情形解釋解釋看。冰熔解的時候，若有冰跟水兩樣東西在一起，溫度就是不變的。這兒的情形呢？

生 這兒水是照樣有的；但是第二樣東西是什麼呢？且慢，我已經知道了，那是蒸氣。可對？

師 對啦。我用火加進去的熱有兩種用途：牠第一種用途是使水變熱，第二種用途是使水轉變為……

生 蒸氣!

師 這種情形也應當是可以顛倒過來的。從前，不論我們從水或從冰出發，溫度總是一樣的，現在……

生 現在，不論我們從水或是從水蒸氣出發，也應當得到同樣的溫度。是呀，拿水做出發點的試驗，我們方纔已經做過了；但第二種試驗呢？我們如果要做的話，勢必要使一只盛滿水蒸氣的瓶冷卻了纔行呀。這倒不容易做呢，恐怕得用一只汽鍋纔行吧。

師 用簡單一點的方法也行的。你留心看着：我把溫度計從水裏拿出來，讓水還繼續的滾下去。現在溫度計已經冷下來，跌到五十度了。我現在再把牠放到瓶裏面去；但不把牠放在滾水裏，而只把牠放在離水面不遠的場合。你看見什麼嗎？

生 溫度計上有水滴下去了。牠怎麼跑到那上面去的？我懂了，一定是瓶裏的水蒸氣碰到冷溫度計凝結爲水了。

師 對啦；你看溫度是多少！

生 又是一百度。

師 現在，我們也把第二種試驗做了，你還預備用汽鍋的呢。瓶的上半層裏全是水蒸氣，這是可拿瓶裏面噴出來的水

蒸氣跟牠在外面形成的雲霧證明的。蒸氣碰到冷溫度計，一部分就變爲水了，所以你在瓶的上半層裏有的是水跟水蒸氣兩樣東西。水蒸氣在溫度計上的凝結作用，可以繼續到失去的熱得到補償而溫度重新昇到一百度的時候爲止。

生 瓶的上半層裏果真是水蒸氣嗎？裏面完全是透明的呀。

師 水蒸氣就跟空氣一樣，是透明的。

生 真的嗎？我一向還以爲水蒸氣是像霧一樣不透明的呢。火車龍頭裏放出來的蒸氣，不就是一片厚厚的白雲嗎；還有天空的雲也同樣的是水蒸氣呀。

師 不是的，你所瞧見的並非是水的蒸氣，而是由蒸氣遇着冷所形成的極細的水點。你若是可以看到火車龍頭裏面去的話，那你就會看出裏面的透明，就如同充滿了空氣似的呢。就是那頂頂透明的空氣裏也常常含着巨量的水蒸氣，而雲霧只在水蒸氣遇着冷而變爲極細的水點時纔能形成呢。——由此你可以看出這個情形跟水和冰的情形是非常相像的。水跟蒸氣只能在某種一定的溫度之下纔能同時存在呢；而牠們同時並存的時候，那個溫度也一定是存在的。

生 爲什麼這樣巧，剛剛是一百度呢？

師 這是因爲我們把一切溫度計在滾水裏所示的溫度定成了一百度的原故。

生 我們有什麼理由可以這樣定呢？

師 你還記得我們離開溫度計工匠的時候講的是什麼嗎？他在玻璃管上纔有了一點呢，這就是水銀柱在熔解了的冰裏所示的，被他定爲零度的那一點。此外，他還須有另一個溫度，纔能得到第二點而在他的溫度計上刻上度數呢。那另一個溫度，就是滾水的溫度；這兩點中間的距離，我們普通都把牠分成一百等分。因爲底下的一點是零度，所以高頭的一點勢必是一百度了。

生 原來是這樣呵，現在我可明白了。但是再高或是再低的溫度怎樣量呢？

師 那我們只要把零度以下跟表明一百度的那一點以上的空位，通通照起先一樣分爲若干等分就行了。至於溫度計所含水銀之多少，就要看我們所量溫度的高低而定了。若是所量的是高溫度的話，那末，水銀就得少些，使牠能有膨脹的餘地。

生 可是我們平常掛在窗口的溫度計上的度數到了五十度就

完了，並不到一百度呀。這種刻度是怎樣做成的呢？

師 我們先用極其精密的方法，做好一支由零度到一百度的溫度計，把牠分成一百等分：這樣的溫度計叫做標準溫度計。然後只要把那支短溫度計跟這支標準溫度計同時放在一間房子裏或是比較巨量的水裏，那末，牠們就會取得相同的溫度了，而我們只須把標準溫度計所示的溫度刻在短溫度計裏水銀停留的那個場合就行了。

生 是，這樣行呀。現在，我不知道再問什麼了。——且慢，還有呢：平常掛在窗口的溫度計上，左邊常有一個C字，右邊常有一個R字，而兩邊的刻度也是不同的。

師 牠們的意義是這樣的：在一百多年以前，有一位叫做Réaumur (列氏)的法國人造了一種溫度計，把冰點跟沸點中間的距離分成了八十等分。另一方面，有一位叫做 Celsius (攝氏)的瑞典人，卻把牠分成了一百度。後來列氏溫度計在德國通用起用，而攝氏溫度計卻在法國通用起用。現在我們所用的大都是攝氏表；並且在科學上，除了攝氏表之外，什麼表也不用了。——列氏表跟攝氏表的關係是怎樣的？

生 攝氏一百度相當於列氏八十度。

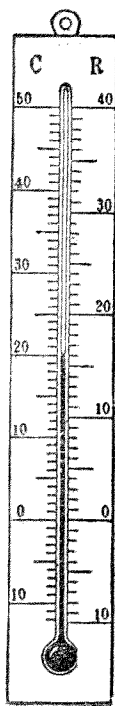
師 說得再簡單些!

生 攝氏十度相當於列氏八度,或是攝氏五度相當於列氏四度。

師 對啦。你可以把這寫成一個公式:你若把C表攝氏的度數,把R表列氏的度數,那末, $C : R = 5 : 4$, 所以 $C = \frac{5}{4} R$ 或 $R = \frac{4}{5} C$ 。你若是要把列氏度數變為攝氏度數,就可以用第一個公式;若要把攝氏度數變為列氏度數,就可以用第二個公式。——你瞧溫度計可對不對?(第八圖)

生 對的;攝氏二十度,列氏是十六度。

第 八 圖



第七章 量度

師 你昨天學的什麼？

生 學的怎樣做溫度計。

師 對啦。因為溫度計也算是一種量度儀器，所以我們要來談談量度這個問題了。什麼東西是可以量的？

生 可量的東西多着呢：例如長度呀，重量呀，面積呀，——我猜大概所有一切東西都是可以量的。

師 並非一切東西都是可以量的，不過可以量的東西確實是非常之多的罷了。量度要用什麼？

生 要用一種制度？

師 制度是什麼？

生 這可難說了，因為制度的種類不一，是跟着我們所量的東西而定的。

師 舉一個例看！

生 例如桌子的長短，我們可以用厘米去量牠。

師 這兒是一桿厘米尺，你量一量桌子的長短看！

生 這桿尺是五十厘米長；這是可以從牠末一頭的數字上看出來的。我把牠這一頭放在桌子的盡頭，而在牠那一頭達到的場合做上一個記號；然後再把這桿尺放在做了記號的這個場合，而在牠另一頭達到的場合再做上一個記號。現在，我再來把這桿尺放在第二個記號上，這時候牠已經露到桌子外面去了；我來看一看桌子的盡頭是多少厘米呀。是二十二。所以桌子的長是： $50 + 50 + 22 = 122$ 厘米。

師 不錯。你是把厘米一直加到等於桌子的長短為止的，這桿尺不過是減輕了你把厘米一一加起來的工作罷了。

生 正是如此。

師 量重量的時候，你是怎樣辦法的呢？

生 我把要量牠重量的東西放在一個稱盤裏而把法碼加在另一個稱盤裏，一直加到兩邊重量相等的時候為止。

師 重量是多少你怎樣說明呢？

生 法碼上都標着克的數目的；我只要把牠們的數目加起來就行了。

師 你瞧，辦法又是跟方纜一樣：你把克一直加到跟你要量的那東西的重量相等時為止，而法碼的功效不過是減輕了你把克一一加起來的工作罷了。

生 可不是。我一向還沒有看出這兩項事情，原是極其相像的呢。

師 你不久就會知道所有一切量度的方法原是根本相同的了。現在另外問你一個問題：你爲什麼不用克去量長短，而用厘米去量重量呢？

生 這怎麼行呢？

師 爲什麼不行呢？

生 因爲我就是把再多的厘米加在一起，也不會加出重量來呀。

師 對啦；你可以把這道理用一個普遍的方式述出來嗎？

生 長短只能用長度來量，輕重只能用重量來量。

師 我們可以說得更普遍些，就是：任何量只能用跟牠同一性質的量去量牠。

生 是，這我是明白的。

師 你曾經用厘米來測量長度；但厘米是唯一的度制嗎？

生 不是的，除此以外還有毫米 (Millimeter)，公里 (Kilometre)，英寸 (Zolle)，英里 (Meilen)，愛累* (Ellen)，跟其他許多的度制呢。

* 德國從前通用之一種單位，約等於 $\frac{2}{3}$ 米或 $\frac{7}{10}$ 碼。 (譯者)

師 牠們有什麼分別呢？

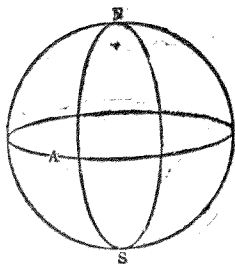
生 例如一厘米的長短，就跟一英寸等等不同。

師 對啦；厘米，英寸，英里等等的長短，都是有一定的，我們稱之為長度單位。一切量度的結果，是由我們所用的單位跟這種單位在我們所量的那東西之中所含有的數值二者所造成的。

生 為什麼同一性質的量，例如是長度，卻有許多的單位呢？

師 因為單位乃是我們人類任意擇定的原故最初的時候，每一人羣需要長度單位的時候，就各自選定了一種，而沒有顧到別一人羣所用的長度單位是什麼。後來這種不同的單位越來越不像了，所以第十八世紀時，法國政府首先把所有一切老制度都廢棄了，而用一種新的制度來代替了牠們。並且因為想使這新制度永遠不致毀滅起見，他們就決定把地球來當作原始標準。他們把子午線的四分之一（第九圖中之 A N 段）

第 九 圖



又分爲一千萬分，而把每一分的長短規定爲長度單位，稱之爲一米 (Meter)。每一厘米等於一米的百分之一，或是

子午線的四十萬萬分之一。

生 可是我們還沒有到過北極，我們怎能這樣去分子午線呢？

師 我們所量的不過是子午綫的一部分而已，牠和全綫的比率，可用牠的兩根垂直綫所形成的角度加以測定；但是結果發現了這個方法，竟遠不如用兩支米尺互相比較來得精密可靠。因此，現在所謂一米，實際上是等於保存在巴黎的一桿用白金跟鈹兩種金屬造成的，最不容易起變化的長度。

生 要是這桿尺一旦遺失或毀壞了怎麼辦呢？

師 這一着已經預防到了，因為此外我們還造了二十桿同樣的尺，分別藏在柏林，彼得斯堡，羅馬，華盛頓等等地方呢。並且這些尺的長短都極其精密地互相比較過，所以即使其中有的遺失了，而米尺的單位卻不致連同失掉的。除此以外，還有許許多多用其他質素造成的尺跟牠們比較過，所以米尺單位就跟人類一樣是永遠不會毀滅的。

生 可是米尺究竟是我們人類任意擇定的一種制度，我們為什麼沒有選一種跟我們人類不發生連帶關係的制度的呢？

師 因為這種制度世上是沒有的。

生 但是角度卻是兩樣的呀。我在幾何學上曾經唸到過，直角是一種天然制度，而不能由我們人類任意選擇的。爲什麼長度就不是這樣呢？

師 你舉一個天然的度制給我聽聽看！

生 ——這我倒想不出呢。這兩項事情的分別究竟在什麼地方呀？

師 角度並不是可以大到無窮的。你若是使一根直綫就另一直綫的某一點上轉圈兒的話，那末，這兩根直綫所形成的角度起初雖會變大，但是牠却不能大過四個直角，因爲四個直角實際上就是等於零度，而再轉下去時，所有的角度又要跟以前一樣了。由此看來，我們所能得到的最大角度的數值是有限的，而這個數值就是一種天然單位。至於長度就不是這樣了，因爲長度是可以大到無窮的。

生 如此說來，凡是可大到無窮的東西，都是不能有天然單位的。

師 一點兒也不錯。你不久就會相信這一類的量的單位都是由我們人類任意擇定的了。最有力的證據，就是從來還不曾有人能替牠們找出一種天然的單位來呀。——現在，還是回到米尺的問題上去吧。拿一種單位來量所有一切同

樣性質的量乃是非常不便的，例如桌子的長短，你還不妨用厘米去量牠，但你若用厘米去量一座山的高低，或是一條河的長短，那你得到的數字，就未免太大了，所以我們在這種場合所用的單位也比較大多了。

生 我知道，用的是米跟公里。

師 對啦。我們人類一向就用慣不同的單位的；不過那些單位的關係往往是非常複雜的，所以當我們採用米制的時候，就同時決定了任何制中只許採用適合於十進制的單位。

生 爲什麼剛剛要用這種單位呢？

師 因爲這樣一來，計算起來就簡便得多了，因爲我們由甲單位化成乙單位，或是由乙單位化成丙單位的時候，只要在那個數字後面加上幾個零圈，或是把小數點移動一下就行了。因此：

$$1\text{公里} = 1000\text{米}$$

$$1\text{米} = 10\text{分米} = 100\text{厘米} = 1000\text{毫米}$$

生 Kilo 這個字究竟什麼解說呀？

師 Kilo 這個字在希臘文裏的解說就是一千。這是人們當初決定下來的，就是用希臘文裏的數字 Deka-, Hekto-, Kilo- 去表明任何單位的倍數，而用拉丁文裏的數字 Dezi-, Zenti-, Milli- 去表明任何單位的分數。

生 原來是這樣呵，現在我也知道 Kilogramm (仟克) 跟 Milligramm (毫克) 這兩個名詞的解說了。

師 對啦，重量的單位是克，一克是等於一立方厘米的水在攝氏四度時的重量，所以克是由厘米脫胎下來的。由克又得到牠的倍數什克，佰克，仟克等等；但是普通所用的只有仟克，每仟克是等於兩磅*。克的分數之中，分克跟厘克 (Dezi-und Centigramm) 平常都很少用到；惟有毫克 (Milligramm)，即千分之一克，在科學上卻是常要用到的。

生 可是我記得地理先生曾經教過我們，說是同一物體的重量是可以改變的；這是跟地心的吸力有連帶關係的。因為地球是橢圓形的，所以物體在兩極上離地心最近，而在赤道上離地心最遠。

師 對啦，可是你還得補充一句，說是：吸力是跟着地心的距離而減少的；此外，還有那離心力——牠的作用跟地心吸力正是相反的——也得算上去，牠在赤道上來得最大。

生 我的意思是說法碼的重量既是可以改變的，那我們怎好拿牠來用呢？假定我在這兒稱了一仟克的沙；然後把牠搬到一座高山上再去稱牠，那牠的重量應該要比在山下的

* 德磅，非英磅。 (譯者)

時候來得輕纔對呀！

師 你若是在山頂上用稱去稱牠，那你應當加的法碼跟你在山下所加的卻是相等的。

生 可是我從前卻學到過——

師 你的法碼在山上，也跟你的沙一樣，是會變輕的，並且彼此是成比例的。或是說得更普遍些：重量的可變性對於一切物體所生的影響都是成比例的。

生 這是怎麼講？——哈，現在我可明白了，沙在山上的重量雖是減輕了，可是法碼的重量也是照樣跟着減輕了。但是重量的減輕，我們用什麼方法去證明呢？

師 這我們只要不用重量，而用別一種跟重量不發生關係的方法去量就行了。有一種彈簧秤裏頭含有一根賦有伸縮性的鋼法條可以代替法碼的功用。假定你在山頂上用這種秤去稱東西，那你稱得的重量就會比你在山谷中所稱得的來得少了。最精密的方法是擺鐘；地心吸力愈大，牠也就擺得愈快。

生 這當中的連帶關係是怎樣的呢？

師 這你在物理課上自然會學到的；我們還是回到我們的主要問題上去吧。我已經向你說過了，我們買起東西來，並

不是爲了牠的重量，而是依照了牠的重量去買的。我們爲什麼要買麵包？

生 爲的是吃牠。

師 你是爲了要增加重量纔去吃牠的嗎？

生 哈哈！不是的，我是因爲牠一則好吃，二則可以使我有力量，所以纔去吃牠的。

師 後一層是比較重要一點的原因。例如煤，我們也不是爲了牠的重量，而是爲了能把牠來生火跟牠還有別的用處，所以纔去買牠的。

生 這樣說來，重量究竟有什麼用處我可不明白了。

師 你還是喜歡拿一個小的奶油麵包呢，還是喜歡拿一個大的奶油麵包呢？

生 當然是喜歡一個大的呀！

師 爲什麼？

生 因爲大的比較來得多些；小的吃了也不會飽呀。

師 大麵包跟小麵包是誰重呢？

生 當然是大的呀。

師 現在，你可以看出重量的用處了。我們買東西是爲了牠們的性質跟用途，而牠們的性質跟用途卻是跟着重量增減

的。麵包養活你的力量跟牠的重量是成正比例的；同樣，煤的重量愈大，你得到的熱也就愈多。不但這些工業性質跟經濟性質的問題是如此，就是在科學上有許許多多情形也是跟重量有連帶關係的。例如天平之所以變成化學上一件非常重要的儀器，也就是爲了那些跟重量有連帶關係的東西，而實際上重量本身是多少，卻大多是毫不相干的。

生 如此說來，重量就猶之乎一本書的紙張；紙張本身的價值原是極有限的；但因有字印在上面，所以就變成很有價值的了。

師 你這個譬喻雖不全對，卻也怪好。但我們還是找幾個淺近的例子來說說罷。液體的買賣可以用體積跟重量兩種方法來計算，你是知道的。例如酒跟啤酒就都是照着牠們的體積來計算的；火油呢，既可以照着牠的體積，又可以照着牠的重量來計算；而硫酸就只能照着牠的重量來計算了。

生 這是什麼原因？

師 原因不過是習慣跟取其便利罷了，因爲照着體積計算要比用稱稱簡捷得多了，並且量體積的器具也比天平易於

製造，所以我們纔喜歡採用前法的。他方面，硫酸是一種帶有危險性的，不便倒來倒去的液體，所以我們還是情願用稱來稱牠。不過歸根結蒂，無論用那一個方法都行，因為體積跟重量的關係在同一質素原是永遠不變的。因此，液體的功效跟益處和牠的體積跟重量，同樣是成比例的。火油的體積跟重量對於牠的消費者是完全不相干的；牠的消費者所關心的，乃是他究能從火油裏得到多少光量或是熱量而已。但光量或熱量之多少卻是跟着火油的體積改變的，所以只要知道火油的體積是多少，也就可以知道牠能發出若干熱量來了。現在，你告訴我量制是什麼。

生 容量單位是立(Liter)。

師 你只答對了一半。容量單位本是由長度單位造成的，所以是一立方米。但是這個單位用在許多場合實在是太大了，所以我們纔另外選了一個跟我們平常用慣了的單位相差不遠的單位的。這個單位，等於一個每邊只有十分之一米的立方體，所以牠的體積只有千分之一立方米。這就是一立方分米，或簡稱為一立(l)。

生 你說一立方分米只有一立方米的千分之一，一定是錯了，因為一分米僅是一米的十分之一呀。

師 你再仔細想一想看！

生 哦。請您不要見怪，原是我自己一時糊塗算錯了。體積應當照着立方計算纔對呢，而 $10 \times 10 \times 10$ 原是等於一千呀。

師 這樣對啦。除了立之外，科學上還有一種比牠小上一千倍的單位呢。這個立方體是多大？

生 現在我可不會再算錯啦。牠每邊只有一分米的十分之一長；十分之一分米是百分之一米，所以牠是一厘米。

師 這個立方體是一立方厘米(ccm.)。現在，你照着度制的樣式，寫一個表給我看看。

生 1 立方米 = 1000 立；1立 = 1000 立方厘米。

師 對啦。關於量度這個題目我們雖還有很多的話可說；但今天我們就算是已經夠了吧。

第八章 密度

師 量體積跟重量的方法你昨天已經學過了；今天，我們還要繼續談談量度這個題目呢。一磅鉛跟一磅羽毛是誰輕？

生 你以為我會來上你的當嗎！兩樣東西當然是一樣重呀。

師 可是鉛跟羽毛究竟是誰輕些呢？

生 唔，照理原是羽毛輕些呀。

師 如此說來，這問題當中似乎有些矛盾了。矛盾的來源，是在輕重這兩個字應用在日常生活裏的時候原是含有兩種意義的。我們常說鉛比羽毛來得重，其實我們的意思是說一握的鉛比一握的羽毛來得重，或是說得更仔細點，就是說我們若把同體積的鉛跟同體積的羽毛來比較，二者之中是鉛比較來得重些。還有我們常說木頭比鐵輕，也是這個意思，因為一根木頭往往可以重於或輕於一塊鐵，是可由我們任意作主的。

生 這我是明白的。

師 但在科學上，我們就不能說這種不肯定的話了。鐵比木頭

或鉛比羽毛來得大的這個性質，我們稱之為密度。所以我們說鐵較密於木，鉛較密於羽毛。如此說來，密度是由什麼加以規定的？

生 由重量跟體積加以規定的。

師 對啦。因為體積相同時，重量愈大則密度亦愈大；或是重量相同時，體積愈大則密度亦愈小，所以密度是跟重量成正比而跟體積成反比的。我們若是拿 g 表重量， v 表體積，那末，密度 d 即可由下列公式表之：
$$d = \frac{g}{v}.$$

生 這個公式有什麼用處？

師 爲的可以拿牠來計算密度。我們現在舉一個例來說；水的密度是多少？

生 這要看牠的重量跟體積纔能決定呢。

師 不對，水的密度跟牠的重量和體積是沒有關係的。我們爲一勞永逸計，就把重量的單位定爲一克，把體積的單位作爲一立方厘米。現在，我們隨便拿多少水來做個例，就算是一立吧，那牠的重量是多少呢？

生 一立的水是一千克重。

師 若是用立方厘米計算，牠的體積是多少呢？

生 一立是等於一千立方厘米。

師 如此說， g 跟 v 都是等於一千； d 是多大呢？

生 一千除一千等於一；密度 d 是一。

師 現在假定只有二十立方厘米的水；那你再算一算看。

生 二十除二十等於一；密度 d 又是一。哦，原來是因為體積是跟着重量增減或是重量是跟着體積增減的，所以不論水是多少，體積跟重量的商數纔老是相同的。

師 這你現在完全明白了。這兒是一塊立方形的鉛；牠的密度是多少？

生 那我得先定牠的重量。允許我自己來稱嗎？牠的重量是三八·八四克。現在，還得知道牠的體積究是多少呢。這怎麼辦呢？

師 因為牠是立方形的，所以你只要知道了任何一邊的長短就行了。這兒是一桿尺。

生 這邊是十五毫米長；牠的體積是 $15 \times 15 \times 15 = 3375$ 。

師 三千三百七十五什麼？

生 三千三百七十五立方毫米。哦，不錯，我應當把體積算作立方厘米纔對呢。這一回決不會錯了，牠的體積是三·三七五立方厘米。

師 對啦。由這上頭算出來密度是多少呢？

生 $\frac{38.84}{3.375} = 11.51.$

師 如此說，這個立方體的密度是——·五——，所以我也可以說，鉛的密度是——·五——，因為我就是拿另一塊立方形或任何其他形狀的鉛去試驗，我所得到的也一定是這個數目。這當中的原因，你倒說給我聽聽看！

生 你可以得到一個相差不遠的數目我是可以相信的；要說是你得到的數目跟——·五——絲毫不相差的話，那我就覺得有點懷疑了。

師 那你不過是把我以前（第一章）關於性質所告訴你的話忘了罷了。密度也是一種性質，所以不管形狀怎樣，只要是由同一質素求得的數值，牠們總是相等的。普通的鉛所含的雜質並不算多，所以牠確是一種很純粹的質素，因此鉛的各種試樣的性質總是相等的。

生 可是一切物體遇着熱都是會膨脹的，所以鉛的體積在熱的時候比冷的時候也要來得大呀。

師 這話一點兒也不錯。重量也會跟着熱改變嗎？

生 據我所知道是不會的。

師 重量跟溫度是完全沒有關係的。所以溫度愈高，鉛的密度也愈小，因為實數老是那樣，而法數却變大了。

生 如此說來，密度並不是一種固定的性質了。

師 不，牠確是一種固定的性質，因為牠的數值在某一種溫度總是有一定的。不但鉛是這樣，其餘一切的質素也都是如此。就是水的體積也是跟着溫度改變的，所以我們纔把溫度決定為四度，而說一立方厘米的水要在這個溫度之下纔有一克重呢。

生 為什麼剛剛決定為四度的呢？

師 因為在四度的時候，水的密度最大而體積卻是最小的原故。

生 我剛剛想到一個問題，就是物體若不是立方形的時候，牠們的密度怎樣定法呢？

師 這話問的是很對的，因為只有極少數的質素纔能變為立方形呢。你瞧我用什麼方法來做呀。這是一個玻璃管，上面的刻度可以使我們讀到十分之一的立方厘米。我把水倒進去，再看倒進去的水有多少；我找出來是五·三三立方厘米。

生 你讀到小數點以下兩位，而管子上的刻度卻只能讀到小數點以下一位罷了。

師 這本領是我們常做這種試驗的人誰都得學會的。水的位

置普通總是在兩劃當中而不會剛巧正在那一劃上的。我們只要用自己的眼睛，把那兩劃當中的地位約略估計一下，看是十分之幾，就可以讀到小數點以下兩位了。

生 這我倒還不能呢。

師 這並不難學，以後你儘可以自己練習的。——但是現在，我們還是繼續做我們的試驗吧。這是一杯細鉛子；你把牠連杯子稱一稱看是多重。

生 是四三·五八克重。

師 現在，我把一部分的鉛子倒進玻璃管去，你把杯子再重新稱一稱看。

生 是二八·四二克重。

師 那我倒進玻璃管的鉛子是多少呢？

生 四三·五八減去二八·四二是等於一五·一六克。

師 現在我把水在玻璃管裏的位置讀下來；那是六·六六，比剛纔是多了—·三三立方厘米。從這些結果上，我可以得到一個什麼結論呢？

生 哈哈，我現在看出來了，水昇高的體積剛是等於鉛子的體積，如此看來，鉛子的重量是一五·一六克，體積是一·三三立方厘米，所以密度是一一·四〇。這數目跟剛剛算

出來的那個數目雖相差不遠；但並不是完全相等的。

師 這是因為你沒有量準的原故。你先前量得那個邊的尺寸是等於十五毫米；你現在再量一量看！

生 可不是，比十五毫米是要少點呢。

師 其餘的邊，你也量一量看！

生 牠們並不是相等的。

師 你瞧，你先前用的那個方法是不很精密的，所以你得的結果也不會十分正確的。要量得非常精密，實在是一件很不容易的事情；所以我們對於剛纔求得的數目是可以認為滿意的；那真正的數目是一一·四。——我把天平跟量器給你去用，停會兒你可以把許多質素的密度定牠一定。可是你須注意把空氣泡泡都去掉牠呀，否則，你量出來的體積一定會太大，而求得的密度會太小呢。

生 好，我想自己立一個好好的表出來呢。要我量些什麼東西呢？

師 最好是把你那一套礦物標本裏的東西量牠一量——現在再講另外一個問題。液體也有一定的密度嗎？

生 我想總有的吧。可不是嗎，水的密度是等於一呢。

師 對啦。現在，你仔細想一想看，液體的密度我們可以怎樣

去定牠？

生 我們得定牠的體積跟重量。且慢！我已經知道了。我們只須把牠倒進一個量杯裏，就可以知道牠的體積了。

師 重量怎樣定呢？

生 這我可以跟鉛子一樣的去定牠。我先把放那液體的杯子稱一稱看有多重，然後等把一部分的液體倒進量杯之後，再把牠來稱一稱，就知道重量了。

師 這樣也行，不過還有比這更簡單的方法呢。你可以一勞永逸，先把那量杯的重量定好牠；那你每逢倒進液體跟稱好牠是多少重之後，只要減掉那量杯的重量就行了。

生 這樣一來，我就省了一次的工作了。

師 你若是把每次所稱的液體的體積規定好是多少的話，那你還要更加省事呢。這個方法對於固體雖不行；但在液體卻是可以做得到的，因為液體是可以填滿任何空間的。例如你放一立方厘米的液體在量杯裏，定好牠的重量是多少，那末，那個公式會變成什麼樣兒呢？

生 那末， $d = g/v$ ，換句話說就是：密度等於重量 $d = g$ 。

師 你瞧，你簡直用不着除法了。因此，我們也常說，密度是等於體積單位的重量。這個說法雖不錯，但是太嫌狹一點，所

以我過去纔沒有向你提起的。

生 我方纔試了一試，想倒一立方厘米的水在量杯裏；可是要當心真不容易，不是倒得太多就是太少了。

師 你可以多倒點進去，然後用一狹條吸墨水紙把多了的水再吸了牠去。吸墨水紙所吸的分量極少，所以你要得到你所需要的分量是很容易的。

生 是，這樣行呀。

師 你要是用這個叫做移液管的東西(第十圖)，那就更方便了。移液管是一個法文字，意思是一個小煙斗兒。我們用嘴在牠上面一頭吸着的時候，須把牠底下的一頭放在液體裏，一直等液體超過了刻在移液管上半段的那個標記的時候為止。這時候你須趕緊用食指塞住上頭的那個孔，而把下面的那個尖頭靠着盛液體的器具的壁放着；現在，你只要把食指放鬆一點讓液體流到標記那個場合就行了。

生 但是要知道重量，還得把液體移到另外一樣東西裏去稱纔行呢。

師 這是用不着的，因為移液管本身是可以放在天平上的；只

第十圖



要你把牠平着放，就不會有東西流出來了。你如果已經把移液管的重量定好過的話，那你只要把這個數目從全重量裏減掉牠，就可以知道每一立方厘米的重量或密度了。還有一個更簡單的方法是用一根金屬絲照着移液管的重量做成功一個法碼；這種法碼依照商界的習慣法叫做移液管的皮重。那末，其餘加上去的重量就是等於密度了。

生 這我一定是要去做的。

師 這樣一來，你就可以把各色各樣的液體，例如酒醇跟鹽溶液，拿來做試驗了。而你將找出前者的密度是比水來得小，而後者的密度是比水來得大呢。

生 如此說來，我還可以立一個液體密度表呢。

師 現在，固體跟液體你是知道去對付牠們了；但是氣體呢？

生 氣體的重量跟體積，一定也可以量的吧？

師 那當然是可以的，不過不是這樣簡單的罷了。第一，巨量的空氣的重量是很有限的，一立空氣不過只有一克重罷了。第二，氣體的體積在壓力跟溫度稍有變化時，改變得是非常厲害的。所以同一氣體的密度，在不同的壓力跟溫度之下，常是不同的。

生 這在固體跟液體也是同樣的情形。

師 不過在固體跟液體所起的這種變化比較要小得多了，所以只當你要量得極其精密的時候纔成爲問題呢。

生 那末，在氣體我們怎樣辦法呢？

師 這是一件很麻煩的事情，你以後自然會知道的。今天，我只能告訴你，我們已經把量氣體時的溫度跟壓力加以規定了。這樣一來，牠們的影響就有節制了。

生 我真沒有料到量度竟有這樣的複雜呢。

第九章 形態

師 你昨天學的東西，我現在不想再去溫牠了，因為其中有一大半你已經在讀別的功課時唸到過了。但我們又要回到再上一課所提起的問題上去了。水有兩種特性，你已經知道了。水沸騰時跟冰熔解時依照的是些什麼定律？

生 這兩種現象只能在一定的溫度之下發生。

師 對啦。但這種性質並不僅僅是水，而是一切質素都有的。

生 真的是一切質素都有的嗎？

師 一切質素，只要牠是實在的，純粹的，都是有這種性質的。
至於溶液的熔點跟沸點卻是變化不定的。

生 怎樣是變化不定的？

師 溶液沸騰時並不跟純粹質素一樣，牠的溫度並非是不變的，而是跟着蒸氣走的，並且跑掉的蒸氣愈多，溫度也就變得愈高。溶液凝固的時候，也是如此：牠開始凝固後，牠的溫度並非是保持不變的，而是跟着凝固的東西走的，並且凝固的東西愈多，溫度也就變得愈低。

生 這現象我可以看得見嗎？

師 那是以後的事情；目前我們還是討論純粹質素吧。液態水可以變為固態水跟蒸氣，你是已經知道了。這些不同的情形叫做什麼你可知道？

生 知道的，牠們叫做集團態。

師 對啦，這是那普通的名稱。牠怎樣解說？

生 集團 (Aggregare) 是聚集 (Versammeln) 的意思；但牠跟液體或氣體有什麼關係我可不知道了。

師 從前的人以為一切物體都是由許多微粒依照各種不同的方式集攏起來而構造成功的，所以纔有這個名詞的。這些微粒，我們稱之為分子。因為分子間的距離往往遠近不同，所以牠們纔可以造成功固體，液體或是氣體的。

生 請您把固體，液體跟氣體是怎樣由分子構造成功的這個道理解釋給我聽聽看。

師 這個問題，我們現在可以不必去討論牠；我不過是因為要把集團態這個名詞的來源解釋給你聽，所以纔提起牠的。我覺得還是讓我們直接來觀察集團態是怎麼一回事的好，所以我現在要用物態這個字來代替集團態那個名詞了。

生 物態這個名詞究竟是什麼解說呀？

師 這名詞可以把物體形態中的最重要的區別表明出來。固體關於形狀方面的性質是怎樣的？

生 我倒不知道有什麼特點可說呢——我們可以去打碎牠或割開牠或弄彎牠——

師 我們若是不去動牠呢？

生 那牠的形狀也就不會變了。

師 對啦。你有沒有想到過這是何等的重要呀？

生 我倒看不出這有什麼特別重要呢。不過我們平常例如要把一塊大糖打碎，却往往是很不方便的。

師 你想想看，若是這座房子的石頭跟樑的形狀是可以改變的，那牠豈不是隨時隨刻都可以坍下來嗎？豈不是我們所有一切器具都要不能用了嗎？若是你的刀片的形狀不能保持不變的話，你那裏還可以拿牠來切東西呢？若是你的牛奶瓶的形狀是可以改變的話，你那裏還可以把牛奶裝在裏面呢？

生 可不是，現在我看出這當中的道理了——這樣想下去那裏還有個完呢——整個世界將要拉倒啦——

師 我知道你已經可以漸漸了解了。一切物體都可以保持牠

們的形狀不變嗎？例如水，是怎樣的？

生 水是不能保持牠的形狀不變的，因為水是可以倒進任何器具裏的。

師 只有水纔有這種性質嗎？

生 不，一切液體都是這樣的。——對啦，我現在看出一個很大的區別來了。可是為什麼只有固體纔可以保持牠的形狀不變呢？

師 這問的太不聰敏了。一樣東西是否固體，你怎樣纔可以辨別出來呢？

生 我拿手去摸牠——

師 ——證明牠的形狀是可以保持不變的。所謂固態云云，不過是表明這種物體可以保持牠們的形狀不變而已。

生 但這總有一個原因呀？

師 我不懂你是什麼意思。

生 例如這塊銀子，牠為什麼不是液體呢？

師 你若是把牠加熱加得夠了的話，那牠也會熔化為液體的。這兒是一根細銀絲，我若是把牠放在火裏，牠就會變成功液體而在末端形成一個小圓球了。瞧，現在那圓球掉下來了。

生 原來是這樣呵！

師 物體是固態還是液態，全看牠的溫度而定：在熔點以下總是固態，在熔點以上總是液態。

生 一切物體都是這樣的嗎？

師 是的。

生 如此說來，任何液體冷卻之後都是可以變成固體，而固體加熱之後，都是可以變成液體的。

師 一點兒也不錯。不過有些液體的凝固點是非常之低，而有些固體的熔點卻是非常之高的罷了。我們知道有各式各樣溫度的熔點跟凝固點呢。

生 什麼是造成這種溫度的因素呢？

師 這又問得不聰敏了！要問，你頂多也只能問：這些溫度跟什麼有連帶關係呢？你剛纔問的那句話，就等於你在問：世上為什麼有駱駝的呀？而事實上，我們只能問駱駝的性質怎樣，牠的性質跟別的禽獸的性質又有什麼關係罷了。熔點也是一種天然現象，牠跟別的現象是有若干連帶關係的。

生 是些什麼關係呢？

師 在你沒有知道那些其他的性質之前，我就是回答了你，你

也是不懂的。

生 這話倒是真的。如此說來，我們一定要等到知道了許多不同性質之後，纔能找出牠們的連帶關係呢。

師 對啦；所以我們的初步工作，是把事實搜集跟記錄下來，然後去把牠們互相比較比較，找出牠們相同的場合來。自然律都是這樣發現的。

生 我一向不是這樣想法的。我還以為聰敏人自然而然就會發現自然律呢。

師 自然而是不會發生什麼的。你現在仔細想一想看：自然律所告訴我們的，不過是某某幾種東西之中究有何種連帶關係罷了。但我們要表明這種連帶關係之前，總得把那種東西的性質認清楚了纔行呢；誰要是沒有把牠認清楚，誰也就沒有辦法了。

生 這話固然是對的；但是這樣一來，豈不是人人都可以發現自然律了嗎？

師 只要他們能把前人還沒有研究得十分詳盡的東西弄明白牠，當然是可以的。不過這不是一件容易的事情，因為世界上比較普通一點跟比較易於接近一點的東西，差不多通通有人研究過了；所以想找出一個前人還未加以研討的

問題來研究，一定得有極豐富的知識纔行，而極豐富的知識卻不是容易得到的。例如你既到了北極，你就不難把牠發現出來了。所以困難並不在看見北極，而在怎樣纔能跑到那兒去看得見牠。

生 那我情願好好的用功了，也許將來我也能發現什麼呢！

師 好吧，你用功得了；希望你終歸是有的。——但我們還是回到我們的問題上去吧。物態這個名詞的意義，你現在懂了沒有？

生 懂了，固體是有形狀的；液體是沒有的。

師 這話大體是對的，可是氣體呢？

生 氣體也是沒有形狀的。

師 那牠跟液體有什麼分別呢？

生 氣體不但比較輕得多，並且也薄得多。

師 你答得雖不錯，但還不中肯呢。我若是把液體倒進一只空器具裏，那牠只能依照牠的分量填滿那器具的一部分。但我若把氣體放在一只空器具裏，牠會怎樣？

生 這我不知道，因為氣體是看不見的呀。

師 不論多少，牠總可以把那器具完全來充滿牠。

生 這倒怪呀；我們怎樣知道是這樣呢？

師 一件固定的器具祇容得下跟牠本身容積一樣多少的任何液體。我們若把液體放少了——

生 那末，器具的一部分就會空着。

師 對啦；你如要多放一點液體進去，那就辦不到了，因為液體的壓縮性是非常之小的。至於氣體就不是這樣了，你可以把很多的氣體放到一件器具裏去，并且要再多放一些進去也總是辦得到的。

生 無緣無故就可以辦得到嗎？

師 不，那要加很高的壓力纔行呢。例如你要再多打一點空氣到你的腳踏車輪胎裏去總是辦得到的，不過是愈到後來愈費力罷了。目前，只有下面所述的這個液體跟氣體的區別對於我們是重要的：液體雖沒有一定的形狀，卻有一定的體積；牠的體積是不會跟着牠的形狀改變的。例如一立的火油，無論是放在一只桶裏，或是一只盆裏，或是不論那一件器具裏，牠永遠是一立而總不會變多或變少的。

生 氣體呢？

師 氣體既沒有一定的形狀，又沒有一定的體積；你若把牠放在一個空間裏，牠就把這個空間整個的充滿了。

生 如此說來，物態這個名詞對於氣體是不適用的。

師 誰說是不適用的！液體的形狀是跟着放牠的器具走的，但只能到牠表面達到的那個場合爲止。氣體的形狀就全跟裝牠的器具一樣了。因爲牠是充滿在裏頭的。

生 那末，所謂物態者，乃是表明物體如何取得形狀之謂也。

師 你要這樣解說也可以。

第十章 燃燒

師 現在，你已經把所有三種物態都認識的較爲清楚了，所以對於我們爲什麼將近認識一切質素的三態的這一點也能獲得一個較爲完全的想像了。

生 爲什麼我們不能認識一切質素的三態呢？

師 那是因爲有些質素的熔點或沸點太高，或是凝固點太低，使我們沒有方法可以達到的緣故。

生 有一個問題，我早就想問您了：從一種物態轉變爲另一種物態，究竟是化學作用呢，還是物理作用？

師 這種分類原很隨便，你是知道的。如果我們跟以前一樣，認爲發生化學作用時質素的大一半性質是必定要起變化的，那末，我們勢必也要把物態的變化認爲是化學作用了。

生 可是熔解跟沸騰在物理課上也是要講到的，這兩種現象豈不是應當屬於物理學範圍之內嗎？

師 要使冰變爲水，就跟要使水變爲冰一樣的容易。但在化學變化中，像這種適相其反的作用中卻祇有一個比較容易

實現，而另一作用的實現則大都是很困難的。因為這個區別，所以我們從前纔不把物態變化看作化學作用的。

生 你說從前；難道現在就不是這樣了嗎？

師 現在，我們知道普通的所謂化學作用中，有許多是能依照正反兩方向進行的，並且所遵從的定律，就跟物態變化所遵從的全是一樣。——但現在我們還是回到我們一向就認為是化學作用的那些現象上去罷。你有沒有把一支蠟燭燃燒時的情形仔細觀察過？觀察過的？那你倒把你觀察到的情形說給我聽聽看呢。

生 我們若是把一支蠟燭點上火，那牠就會一直點到燒完時為止；當牠點着的時候，會發出又熱又亮的火來。

師 對啦。如此說來，燃燒必須要有什麼東西呢？

生 蠟燭！

師 此外呢？

生 此外我倒想不出什麼東西呢。

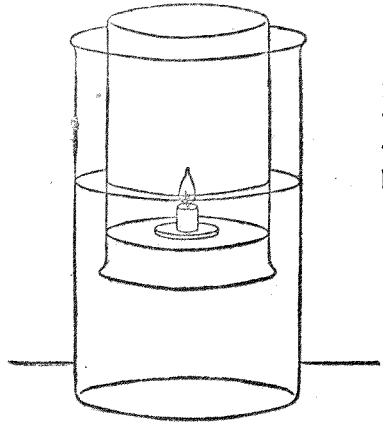
師 我們若把點着的蠟燭放到水裏去——

生 那牠會滅掉。

師 這是為什麼？現在跟以先有什麼不同呀？

生 牠現在沒有空氣了。

師 對啦。如此說來，燃燒必須要有蠟燭跟空氣兩樣東西纔行呢。現在，我想指給你看，一枝蠟燭只要跟空氣一同放到水裏面去，牠也會繼續點下去呢。我把一塊木片放在這



第十一圖

隻大杯子裏，聽牠浮在水面上，把一枝點着的蠟燭放在木板上，再把一只玻璃杯倒轉着罩在木板跟蠟燭上面，而把牠洗到水裏面去；蠟燭還是繼續點下去的(第十一圖)。

生 哦，這倒怪好看呢。請你照這樣再放牠一會兒。可惜，現在火滅了。一定是有水濺在燭心上了。

師 我們再來做一遍，把玻璃杯筆立直的拿着，一點兒也不讓牠搖動。

生 火點了一會兒又滅了。

師 現在，我們把水完全拿開去；而把蠟燭放一塊平玻璃上，把玻璃杯緊緊的罩在上面。

生 現在火又滅了。

師 由這些試驗裏，你可以得到什麼樣的結論呢？

生 我可以得到一個結論，說是蠟燭在玻璃杯裏是不會點得長久的。

師 你若是這樣說就錯了。我現在把玻璃杯向上放着，把蠟燭放了進去。你瞧，火光雖搖搖不定，但牠卻不會滅的。

生 請蓋點什麼東西在上面看！許我蓋嗎？瞧，現在火又滅了。

師 你預備用什麼話去表明這個經驗呢？

生 蠟燭在密閉的玻璃杯裏僅能點很短的時間。

師 必須是玻璃杯纔會怎樣嗎？

生 我猜不一定吧。

師 對啦，不一定要玻璃杯的。蠟燭套在金屬做的滅火罩裏也會滅，你是知道的呀。但蠟燭在燈籠裏爲什麼不會滅呢？

生 因爲燈籠是有氣洞的。

師 氣洞跟蠟燭滅不滅有什麼相干呢？

生 有了氣洞，新鮮空氣纔會進去把用過的空氣從上面擠出去呢。

師 對啦。現在，你試把我們今天所談的一切問題總括起來說一說看。

生 蠟燭點着時必須要有空氣。在一個密閉的空間裏，牠只能點很短的時間。若是把這個空間裏的空氣時常換換呢，那牠就會點得長久了。

師 說的好。但這間屋也是四面關着的，而蠟燭在這間屋裏，只要牠還沒有點完，卻總不會滅的。這是什麼道理呢？

生 這是因為屋子大的原故。

師 你在這句話裏又暗中把一個經驗作為前提了。你的意思是說一個密閉的空間愈大，蠟燭在裏面也就點得愈久？是不是？

生 我的意思可不就是這樣嗎。

師 事實確是這樣；可是裏面卻包含着其他重要的結論呢。你想得出為什麼纔是這樣的嗎？

生 想不出。

師 讓我們先把相似的情形找來看看看。一支短蠟燭只能點很短的時間，而一支長蠟燭卻能點的很長久。那是為什麼？

生 那是因為蠟燭在點着時會消耗掉的原故。——難道燃燒時空氣也會消耗掉不成？

師 你留心地瞧着。這兒是一支結在一根鐵絲上的蠟燭，我把

牠點着之後，就把牠放進一只瓶裏去。等牠滅了之後，我仍舊把牠小心地拿出來，再來點着牠。現在，我若是把牠放進瓶裏去——

生 —— 牠立刻就滅了。

師 由此我們可以得到一個結論，說是瓶裏的空氣已經消耗掉了。

生 爲什麼呀？不是還有空氣在瓶裏嗎？

師 瓶裏有的不是空氣了，因爲空氣的

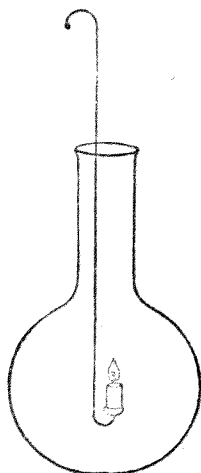
性質是可以使蠟燭在牠裏面燃燒的呀。現在，瓶裏的東西是沒有這種性質的。

生 可是看上去，牠卻跟空氣完全是一樣的呀。

師 對呀，瓶裏是一種跟空氣一樣的沒有顏色的氣體；但並不是我們所謂的空氣了。空氣已經經過一種化學變化，而取得別種性質了。

生 別種性質？可不是，蠟燭不會在裏面燃燒了。除此以外，我卻看不出其他的性質呀。

師 因爲一切氣體的外表差不多彼此都很相似，所以我們纔看不出牠們是有分別的。牠們的分別只在精密試驗時纔



第十二圖

會表現出來呢。——這一只瓶裏是我用水搖過之後，又讓牠澄清下來的石灰水。大部分的石灰已沈在底上，而很小一部分已經溶解在水裏了。看上去水還是那樣，所以牠表面上好像是保持着牠的性質沒有改變似的；可是實際上牠卻改變過了。你嚐一嚐看！

生 呸，就跟肥皂似的。牠可不是毒的吧？

師 不毒的。我把這石灰水倒點在一只含有普通空氣的瓶裏，把牠來搖幾下。你看見什麼嗎？

生 看不見什麼特別東西。

師 石灰水並沒有起變化，是不是？現在，我把那只曾經有蠟燭在裏面點過的瓶也同樣的來試驗一下看。

生 水渾的就跟牛奶似的了！

師 你瞧，曾經有蠟燭在裏面點過的那隻瓶裏的氣體還含有一種普通空氣所沒有的性質呢。所以空氣確是經過了一種化學變化了。

生 如此說來，我們倒可以用石灰水看出我們眼睛所看不見的東西呢。

師 可不是。若是我們能直接看出空氣裏新構成的那東西，那我們就用不着石灰水了。這一類可以使我們辨別是否有

某種東西存在的質素，都是叫做試藥；而牠所引起的作用，則叫做反應。所以石灰水是一種試藥，而那變渾濁的作用乃是一種反應。

生 反應就是相反作用的意思。

師 對啦，起過變化的空氣跟石灰水相互間起了作用，所以纔有那使石灰水變渾的白色質素生出來的。——現在，我們再來做進一步的研究。蠟燭燃燒時會變成什麼東西？

生 牠消滅了。

師 你以為牠是完全消滅了嗎？

生 可不是，因為牠一點東西也不會賸下來的。

師 但你的書或是你的蘋果或是其他的東西不見了，你總會問：牠們是到那兒去了？

生 因為牠們是不會消滅的呀！

師 蠟燭呢？

生 唔——牠會跑到那兒去呢？我明明看見牠消滅掉的。

師 不錯，牠是變為不見了。但牠可不可以變成一種看不見的東西呢？

生 看不見的東西世上是沒有的。

師 哦嘖！

生 世上是沒有鬼的呀。

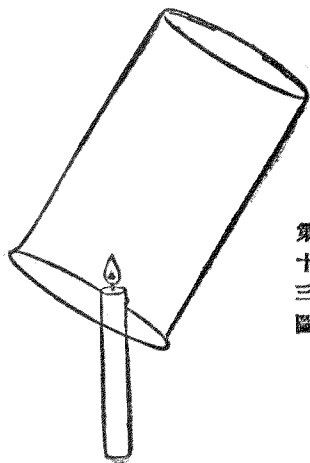
師 可是據說鬼有時倒是看得見的呢。——空氣你可以看得見嗎？

生 ——看不見的。但是空氣在蠟燭點着時是要改變的。這我真弄不清楚了。

師 這是很簡單的。燃燒時蠟燭跟空氣雙方都發生了變化，所以纔會構成氣態質素，而氣態質素卻是看不見的。

生 世上有不是空氣的氣態質素嗎？

師 你感的困難原來在此呵。可是有許多外觀跟水一樣的液體事實上也並不是水，你不是明明知道的嗎？所以你聽說世上有許多氣體外觀雖跟空氣一樣，而事實上却完全是些別的東西，倒是用不着大驚小怪的。這一點，以前在化學演化史上也曾經發生過很大的困難；一直等到我們學會了用石灰水這一類的試藥去辨別各種不同的氣體之後，纔能



第十三圖

把這困難打破的呢。——現在，我們再來做幾個試驗。我再點起一支蠟燭，把一只玻璃杯罩在上面(第十三圖)。你看見什麼嗎？

生 玻璃杯變渾了，就跟我們哈上一口氣進去似的。

師 哈氣時使玻璃杯變渾的是什麼東西？

生 我知道，那是哈出的熱氣遇着冷玻璃杯變成的細水點。

師 對啦。這只玻璃杯裏形成的也是細水點。

生 牠是怎樣跑進去的？

師 那是因為蠟燭燃燒時有一部分變成水了。

生 這倒怪呢，真有點出人意料之外了！但水總不會使石灰水變渾吧？

師 水是永遠不會這樣的。蠟燭燃燒時會構成兩種新質素。一種是水，另一種就是使石灰水變渾的那東西。

生 牠叫做什麼？

師 牠叫做二氧化碳。

生 這名詞倒怪滑稽呢。這是什麼解說呀？

師 這你要到以後纔會知道呢。

生 現在，這問題愈變愈五花八門了！

師 可不是嗎；但我們還是先揀一個簡單一點的問題來研究

研究吧。你若是把這個問題完全弄明白了，你也就會了解其他的問題了。我們使鐵來燃燒。

①

生 這行嗎？

師 這是容易的。鐵屑是什麼你是知道的吧？

生 是呀，那就是銼鐵時落下來的細屑。

師 我把鐵屑散些在火裏。——

生 多麼好看！儘是些星光！

師 這是燃燒的鐵。

生 鐵絲放在火裏爲什麼不會燃着呢？

師 那是因爲熱給鐵絲傳到別處去而溫度不夠高的原故。至於那些小鐵片呢，牠們很快的就燒熱了，而熱也不會傳到別處去的。

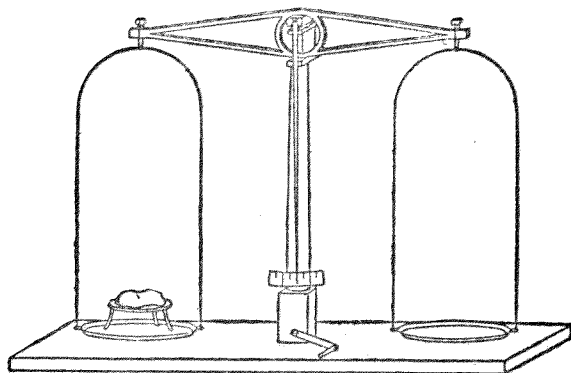
生 如此說來，只要溫度夠高，大的鐵塊也會燃燒了。

師 可不是；這個試驗我們以後也要來做牠一做呢。還有鐵匠把鐵燒紅的時候，鐵也會燃燒的。這種燒過的鐵在打鐵時會一片一片的掉到地下來，所以又叫做鐵皮*。

生 你說鐵匠把鐵燒紅的時候，鐵也會燃燒，可是我們並看不見火焰呀。

*原文爲 Hammerschlag 卽英文之 iron-scale 或 iron dross，因不知吾國已有適當之譯名否，故暫譯之如此。

師 燃燒並不一定要要有火焰的，就是鐵屑燃燒時形成的星光也不是火焰。讓我們立刻來做一個這樣的試驗看看。



第十四圖

這種黑粉也是鐵，不過牠比普通的鐵屑還要來得細些罷了。我把一只用鐵絲做的小三角架放在天平的一只盤裏，三角架上放一個鐵絲網，鐵絲網上放幾克鐵粉（第十四圖），然後把天平兩邊的重量弄的彼此相等為止。現在，我把火放到鐵粉堆的旁邊去，牠已開始燃燒了。

生 我只看見一陣極微的火光罷了。

師 鐵粉燃燒時就是這個樣兒。就是木炭燃燒時也只能放出極微的火光罷了。

生 可不是。但您為什麼要把這些東西放在天平上呢？

師 這道理你馬上就會知道了。你倒說說看，鐵燃燒時變輕呢

還是變重？

生 我想一定是變輕吧，放鐵粉的那一邊一定是要昇高的。

師 你仔細看看看。

生 牠沈下來了！也許是風把牠吹沈了的吧。——不，那邊愈變愈重了。這倒奇怪呢。

師 這有什麼奇怪？

生 東西燃燒的時候，有時會變輕，有時又會變重，這可不奇怪嗎。

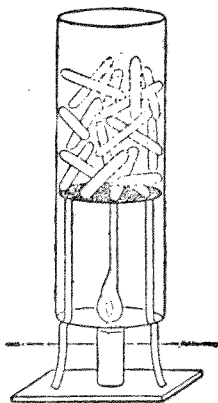
師 那是因為蠟燭燃燒時構成的東西會跑掉，而鐵燃燒時構成的東西不會跑掉，所以纔有這個分別的。若是構成的東西不跑掉，那末，重量總是增加的。

生 蠟燭燃燒時也是這樣嗎？那我倒想看個究竟呢！

師 那我們只要把蠟燭燃燒時構成的水跟二氧化碳保留起來就行了。

生 這恐怕有點困難吧。

師 倒不一定，有一種叫做氫氧化鈉的質素，可以把跟牠發生接觸的



第十五圖

水和二氧化碳完全保留起來呢。我把這種氫氧化鈉放些

在一隻套在一支點着的蠟燭上面的燈罩裏（第十五圖），然後把這一切放在天平上，用相等的重量使兩邊變為平衡。我們用不着等多麼長久……

生 可不，放蠟燭的那一邊已經在開始往下沈了。

師 並且燒掉的蠟燭愈多，往下沈得也就愈厲害呢。

生 一切燃燒的質素都有這種性質嗎？

◎◎

師 可不是，你停會兒可以把油，石油，硫黃，或其他任何東西放在燈罩下面去燒，結果你會發現重量總是增加的。

第十一章 氧(一)

師 你末一次學的什麼？

生 末一次學的是一切物體燃燒時總是會變重的。

師 這還不很完全呢。你想想蠟燭看！

生 末一次學的是一切物體燃燒時總是會變重的，若是我們把燃燒時構成的東西也算進去的話。

師 你再把蠟燭想想看！牠若是燒完了呢？

生 啊，現在我知道怎樣說了。末一次學的是一切物體燃燒時構成的東西，比較原有物體要來得重。

師 這可說對啦。

生 可是鐵也會燒得一點也不賸下來嗎？

師 要使鐵燒得一點也不賸下來也是可能的。你把我們昨天燒過的鐵粉拿來看看看，看牠變成什麼東西了？

生 變成一堆黑的，就跟鐵粉差不離似的東西了，並且是燒成一整塊了。

師 你拿一部分放在乳鉢裏磨細了看。

生 變成一種黑粉了。

師 你把乳鉢洗乾淨之後，再放些鐵粉進去磨一下看。

生 牠變的就跟鐵一樣的明亮了。

師 這你可把牠們的分別看出來了。燒過的鐵並不是鐵，而變成含有其他性質的另一種質素了。而鐵呢，就跟蠟燭燃燒時一樣的消滅了。

生 但是那也曾經參加燃燒作用的空氣呢？

師 牠就跟鐵一樣的起了變化了。空氣在蠟燭燃燒時會消滅掉而變成另一種氣體，就跟固體鐵會變成固體鐵皮是同一情形。

生 鐵燃燒時也會構成氣體嗎？

師 不會的。

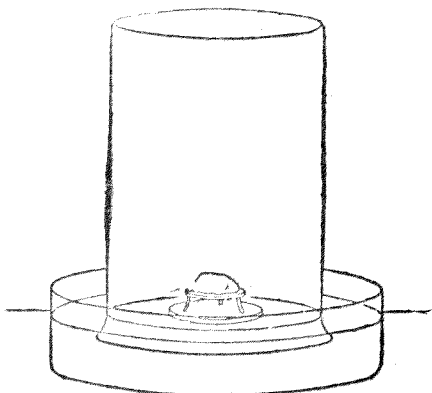
生 如此說來，鐵在空氣裏燃燒的時候，空氣一定是會消滅掉的。

師 我們把這試驗來做一做看。我把三角架連鐵粉放在浮在水面的木片上，等用火把鐵粉點着之後，就把一只大玻璃杯罩在上面。起初必須用力揪住牠，纔能使牠筆立直地立在水裏呢（第十六圖）。因為這個試驗進行的很慢，所以我們必須等到發出極微火光的鐵停止燃燒跟冷卻之後，

纔看得出空氣是
不是消滅了呢。

——現在，你看
見什麼嗎？

生 空氣似乎確是消
滅了，不過是一
部分，還不到四
分之一呢。



第十六圖

師 我們若是仔細一量，就知道將近有五分之二的空氣是消滅了。

生 也許是你把鐵取得太少了把。

師 即使我把鐵拿得再多些，空氣也是不會多消滅的。

生 但蠟燭跟鐵就和空氣不一樣，因為蠟燭跟鐵是可以一直燒到沒有為止的呀。

師 木炭也可以燒到沒有為止嗎？

生 木炭燒過之後會有渣滓贖下來。

師 空氣跟這也有點相似。木材是由可以燃燒跟不可以燃燒的兩種質素構成的。前一種質素燒掉之後，就只有後一種質素贖下來了。空氣是兩種氣體的混合物：一種參與燃燒

作用，叫做氧氣；一種在燃燒時保持不變，叫做氮氣。若拿容積計算，氧氣在空氣中約佔五分之一強。

生 我們有的若是純粹氧氣，那牠在燃燒時就要完全消滅掉了，是不是？

師 若是不構成其他氣體，你這話是對的。我們來製一次氧氣看。

生 這行嗎？

師 在一百多年之前，我們就已經學會製氧氣了。這種白鹽叫做氯酸鉀。我若把牠加熱，牠就會放出多量的氧氣來呢。

生 你加進去的這黑粉是什麼東西？

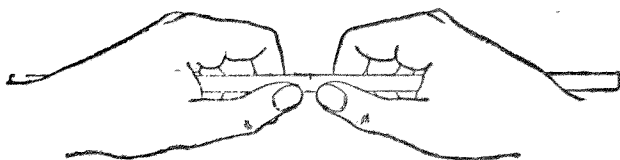
師 這種質素叫做二氧化錳。我們若把牠加些進去，氧氣的構成就更加來得容易而均勻了。我把這兩種質素構成的混合物放在一只燒瓶裏。現在，我還要有一個通氣管纔行呢。要有通氣管，那我除開要用一只剛好塞在瓶口上的木塞之外，還得切一段玻璃管呢。

生 玻璃怎樣好切呢？

師 玻璃本只能折斷，而不能切斷的；我們如果要使玻璃在我們要牠折斷的那場合很平滑地折斷開來，那我們就得先在那場合鏗牠一鏗呢。

生 這是什麼東西？

師 這是一把用舊了的三角銼刀，因為齒都磨平了，所以變成三個刀口了。我若用這種非常銳利的刀口在玻璃管上用力割上一刀，那末，這場合就會裂將開來了。現在，我若把這場合向外放着，我就能把玻璃很平滑地折斷了（第十七圖）。



第十七圖

生 你做的怪靈巧！我也能做的您這樣嗎？

師 停會兒我給你一根玻璃管，你不妨自己去練習練習看。

——現在，我來把玻璃管弄彎牠。

生 這怎麼可以呢，牠是會斷的呀。

師 玻璃管燒熱了會變軟；變軟之後我們就可以把牠弄彎了。爲的要熱得均勻起見，所以我得把要弄彎的那場合放在火裏不斷的旋轉纔行，否則，那場合是會破裂的。燒了一會兒，玻璃就變軟了，並且因為自身的重量已自動的變彎了，我若再助牠一臂之力，就能得到我們所需要的形狀了。

現在，只要讓牠冷下來變硬之後，牠就能保持新取得的形狀不變了。

生 看上去這是很容易的；我也可以做嗎？

師 這並不很難，不過你總得練習練習呢。最要緊的是不可讓熱集中在一個地方；還有當你把它弄彎的時候，也不能用力過大，否則，彎曲的那場合就要變的不均勻了。——現在，我把玻璃管的那一頭也稍許彎了一彎了。最後，我把玻璃管的兩頭也都放在火裏旋轉着燒牠一燒，使那銳利的邊燒圓之後，不至於再割手。這一點我們是無論如何不應當忘記的。

生 這是什麼道理？

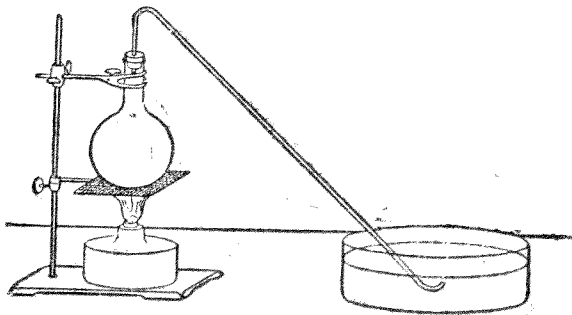
師 燒軟的玻璃，性質就跟液體一樣。液體在應該構成角或尖端的地方總是圓形的，你是知道的呀。

生 液體為什麼會這樣呢？

師 那是因為表面張力的原故。表面因為表面張力而竭力縮小；又因為球的表面在一切形狀不同而容積卻是相等的表面中來得最小，所以一切液體都是有取得球狀的傾向的。

生 但液體的形狀又是跟着放牠們的器具的形狀而定的呀！

師 對呀。這是根據地心吸力而來的；因為地心吸力的關係，液體都是有奔低的傾向的。上面所說的表面張力跟地心吸力這兩種原因會同時影響到液體上面；但普通地心吸力比較要強的多，所以液體的形狀大都是跟着地心吸力而定的。——現在，我們還得在木塞上鑽上一個洞纔行呢。這我可以先用一根鋼針穿一個洞，然後再用一把稍許粗些的圓錐刀把這個洞銼的恰好能容玻璃管穿過去爲止。現在，一切都裝置好了；讓我來把全副儀器裝置的可使燒瓶下面容得下一塊鐵絲網，而鐵絲網下面容得下一盞酒精燈呀(第十八圖)。



第十八圖

生 您爲什麼把玻璃管的一頭放在一只有水的盆裏呢？

師 爲的是要聚集氣體呀。我若是把牠放在一只空的，這就是

等於說把牠放在一只充滿空氣的瓶裏的話，那末，氣體跟空氣就要混和起來，而使我看不出瓶裏在什麼時候已經充滿了氣體了。因此，我纔把瓶用水來裝滿，而把瓶口倒轉着套在玻璃管出口的那地方，讓構成的氣體把水從瓶裏擠牠出去的。氣體跟水是不混和的，所以我這樣得到的氣體，是很純粹的。

生 已經有氣泡出來了，快把瓶放在上面吧！

師 目前出來的還是這副儀器裏原有的空氣呢！

生 你怎會知道新氣體在什麼時候出來呢？

師 我把玻璃管從水裏取出來，拿一塊放出極微火光的小木片放在牠出口的那場合。你看見什麼嗎？

生 木片還在繼續放出極微的火光呢。

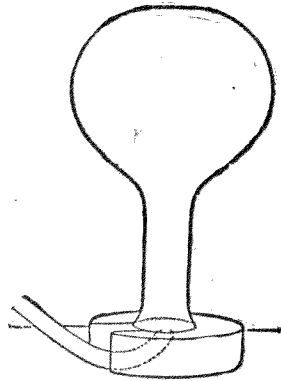
師 那末，這就表示出來的還是空氣呢。——現在呢？

生 哦，木片自動的燒起來了！

師 並非自動的，而是因為碰到那從玻璃管裏出來的氣體纔會燒起來的。現在，我仍舊把玻璃管放在水裏，而把瓶套在牠出口的那場合。爲的不必把牠老拿在手裏起見，我把牠放在一個用鉛做的小架子上(第十九圖)；玻璃管的出口剛不露出架子的表面，所以氣泡可以昇到瓶裏去，而把

裏面的水擠將出來。我現在再用水裝滿幾只瓶，預備停會兒裝氧氣進去。

生 請把你剛纔用發出極微火光的木片做的那試驗再做一次看。



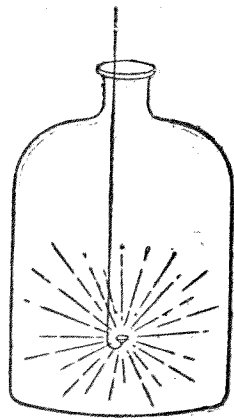
第十九圖

師 這現象是氧氣的反應。我們若把一塊發出極微火光的木片放進氧氣裏，牠就會燒將起來；我可以用這只瓶裏的氧氣把這試驗做上好多次呢。等到最後氧氣用完了，試驗就再也做不靈了。

生 這是什麼道理？

師 在我沒有解釋給你聽之前，我還想做幾個相似的試驗給你看看呢。我把一塊木炭結在一根鐵絲上，等用火把牠的一只角點着之後，就把牠放進氧氣裏去；牠漸漸的全部都燒着了，比在空氣裏亮得多了。硫黃在空氣裏燃燒時，火光差不多是看不見的；但我們若把牠用一把小鐵匙放在氧氣裏燃燒，那牠就會放出藍色的火焰呢。還有磷在空氣裏燃燒時，火光也只是黃色的；但我們若把牠用一把小鐵

匙放在氧氣裏燃燒，那牠就會放出日光一般的亮光呢。你若把一點火綿或是火絨結在一根捲起的細鐵絲的頭上，而把牠們點着的話，那末，鐵絲就會放出星星的火光燒將起來，而構成的白熱的鐵皮會落到瓶底上的水裏去呢（第二十圖）。



第二十圖

生 哦，這是多麼好看的焰火呀！

師 我們不要因為焰火好看，就把這當中的意義忽略了。關於這現象，你可以大略說些什麼嗎？

生 一切質素在氧氣裏燃燒時，都比在空氣裏燃燒時來得猛烈。

師 對啦。但牠們在空氣裏也全靠有氧氣纔會燃燒；然則猛烈不猛烈的分別是從那兒來的呢？

生 在純粹氧氣裏，牠們可放出較多的熱來。

師 這話也可以算是對的，也可以算是錯的，全看你把熱字怎樣解說而定。你若是說一克的煤或鐵在氧氣裏放出的熱^①量比在空氣裏放出的熱量多，那你就錯了，因為熱量原是^②

相等的。你若是說溫度比較來得高，那就對了。

生 如此說來，我指的原是溫度。

師 當然咯，你到怪調皮呢！因為在氧氣裏放出的熱量只須去熱那燃燒產物，而在空氣裏放出的相等的熱量却還須去熱那空氣裏含有的氮氣，所以溫度在前一種情形下纔會比較高些的。

生 然則較高的溫度跟較亮的光是有連帶關係的嗎？

師 可不是；我們並且可以從光的強度上約略估計溫度的高低呢。此外，較高的溫度也能產生較大的燃燒速度。

生 這又是什麼道理呢？

師 這是一條由經驗裏得來的通律，就是溫度愈高，化學作用進行的也就愈快。——現在，我們還是回到我們的氧氣上去吧。你所看見的這些現象，都是化學作用，因為那些燃燒的質素跟氧氣都消滅掉而變成新質素了。

生 這些現象裏構成的熱跟光也是新質素嗎？

師 不是的，這些沒有重量的東西，我們是不稱之為質素的。

生 可是牠們實際上確是存在的呀！

師 當然咯，牠們既有作用，自然也是存在的呀。牠們的性質確跟質素相似，因為牠們是可以互相轉變的，而且除開經

過轉變作用之外，牠們是永遠不會用其他方法產生出來的。牠們跟質素所不同的一點，就是沒有重量罷了。

生 那末，牠們許是力吧？

師 從前我們都把這些東西稱做力；但後來纔知道這個名稱是會引起誤會的，因為力這個字已經有了別的用處了。現在，我們稱之為能。熱是能的一種，而光是能的另一種。能的解說你可知道？

生 知道的，所謂有能力的人，就是一個能實現他的計劃跟做出一番事業來的人。

師 能在科學上的意義也跟這相像。凡可使一切東西改變的都是能。

生 如此說來，質素在化學作用裏起的變化也可算是能了？

師 可不是，不過我們不這樣說罷了。假設質素可以互相發生作用而構成新質素的話，我們就稱之謂含有化學能。質素轉變時，牠含有的一部分化學能也同時發生轉變，或變為熱，或變為光，有時也會變為電能或機械能呢。

生 這倒有點奇怪跟神祕哩。

師 能的轉變，並不及質素的轉變那樣神祕，並且實際上還比較簡單得多呢。為的要使你對於能獲得比較進一步的認

識起見，我還可以告訴你，就是我們人類或是馬或是一副機器所做的工作也都算是能呢。

生 如此說來，我也可以用我的手臂製出熱或是光或是電了！
師 那當然可以哪。你用兩隻手互相摩擦時，牠們是會變熱的。你若把你那用鈍了的錐子用力的向一個洞裏鑽下去的話，牠一會兒就會熱的使你燙手呢。至於摩擦可以生火，你早就知道了，是不是？

生 可不是。如此說來，我要多少熱，就能製造多少熱了。

師 不是你要多少而是你能製造多少熱，就能製造多少熱。你把錐子鑽了若干時後，你就不能再轉下去了，因為你已把原有的能都消耗掉了。

生 我從什麼地方得到能的呢？

師 從食物裏。你從食物裏吸收去的是化學能；但你身體裏的肌肉卻可使牠轉變為工作呢。

生 用什麼方法使牠轉變呢？

師 我們要是能知道倒好了！科學家至今還沒有把這道理完全弄清楚呢。至於工作時須消耗化學能，你也可以由下面的事實裏看出來：那就是一匹做重工作的馬，我們是必須多多的喂牠的。

生 可是我不做工作的時候，胃口倒也是挺好的呢。

師 那你原是把吃下去的食物裏的化學能浪費了。不過你總得需要一部分的化學能，纔能把你的體溫保持在攝氏三十七度；你身體比四周來得暖，所以牠會不斷地消失熱；這消失掉的熱只可從食物裏又得到抵償。這是你製造熱的第二個方法，不過是不由你自主的罷了。

生 我也可以製造光嗎？

師 可不嗎，你若在黑暗中把兩塊糖互相摩擦，牠們就會發光了。

生 白天牠們不會發光嗎？

師 發光倒是會發光的，不過跟日光比較起來，程度差得太遠，所以不能使我們看出來罷了。在這個試驗裏，也是由你肌肉做的工作轉變為光的。

生 但我是不能直接製造光的吧？

師 你是不能的；但那些螢火蟲跟造成海上發光現象的小蟲却能把牠們吃下去的東西裏的化學能直接轉變為光呢。

生 還有，我也可以製造電能嗎？

師 當然可以的，你只須把一根火漆棒跟一塊布互相摩擦就行了。

生 不錯，這我原是知道的。這我又是靠我手臂做的工作而非直接去製造的。

師 在你身體裏，無論遇着什麼樣的工作，甚至於是在你思想的時候，都有電流發生。可是這些電流卻留在你身體裏，而不容易把牠們傳到外面來的。

生 我一向還沒有知道我自己有這樣的本領呢！

師 這你是用不着自負的，因為這是任何禽獸都可以做得到的。

生 但這終久是夠稀奇的呀。食物裏的能又是從那兒來的呢？

師 從太陽那兒來的。

生 這我可不能了解了。

師 我們的食物原不外葷素兩種。但植物是非有光能不能生長的，所以只能在日光晒到的地方生長，因此牠們就把光能儲藏在身體裏了；我們吃植物時，不就是等於把太陽能吃下去了嗎。至於我們吃的那些動物呢，牠們原是吃植物生長的，所以牠們也就等於是吃着太陽能而生長的了。

生 從此以後，我對太陽倒要另眼看待呢。

師 你若把我們方纔討論過的問題記在心上，你對宇宙將比以前更加了解呢。

第十二章 化合物與成分

師 末一次你學了不少新東西。你把其中最重要的幾點說給我聽聽看！

生 我起先學的是怎樣製造氧氣跟怎樣把氧氣聚集起來；後來學的是質素在氧氣裏燃燒起來要比在空氣裏活潑得多，因為空氣裏祇不過含有五分之一的氧氣罷了；最後呢，也學了一些關於能的知識；但這說來話長，並且也怪新奇，實非三言兩語所能說得完的。

師 我來幫助你說。能跟質素有什麼相似跟不同的地方？

生 相似的地方？可不，能是可以轉變為各種不同的種類的；並且當一種能構成時，另一種能就得消滅了去呢。

師 對啦；至於那不同的地方呢？

生 能不能用秤秤的，牠是從太陽裏來到地球上的。質素可不是從太陽那裏來的吧？

師 不是的，至少那分量是少的沒法證明出來的。——你暫且把這幾點好好的記牢牠；關於其他方面的，等我們碰到的

次數多了，你自然也就會熟悉的。——現在，我們再把氧氣提出來談談。那裏還是昨天裝滿的一瓶氧氣呢。牠有那幾種顯著的性質？

生 氧氣跟空氣一樣，是沒有顏色的。

師 牠的氣味是怎樣的？

生 我聞不到什麼，牠是沒有氣味的。

師 這你本當不用把瓶打開就可以告訴我的。你祇要想想看，空氣裏五分之一原是氧氣呀。

生 可不是嗎，空氣既是沒有氣味的，氧氣當然也是沒有氣味了。

師 這是氧氣所有的幾種顯著的性質。此外，牠還有其他的性質，必須要經過量度或試驗，纔能使我們認識出來呢。例如我上次試驗給你看的在燃燒時發生的那些現象，也是屬於這一類性質的。因為牠們是根據化學作用而來的，所以我們稱之為化學性質。就是氧氣能使發出極微火光的木片燒將起來的那個作用，也是一種化學性質。——現在我們還要來學另一種製造氧氣的方法呢。這種含有紅磚色的細粉，叫做氧化汞。我取一些放在一個用特種玻璃製成的，比普通玻璃較難熔解的厚試管裏，並且跟上次一

樣，也裝一個通氣管上去，然後用一盞很強的燈去燒那試管。你看見什麼嗎？

生 紅粉變黑了。牠許是燒焦變成炭了吧？

師 不是的，我讓牠冷下來，牠又變紅了。

生 那末，牠怎會變黑的呢？

師 有許多質素在燒熱時會變顏色，因為顏色原是跟溫度有連帶關係的。

生 現在有氣泡出來了。

師 這又是那遇着熱膨脹起來的空氣。

生 可是現在氣泡愈來愈多，並且也愈持久了。

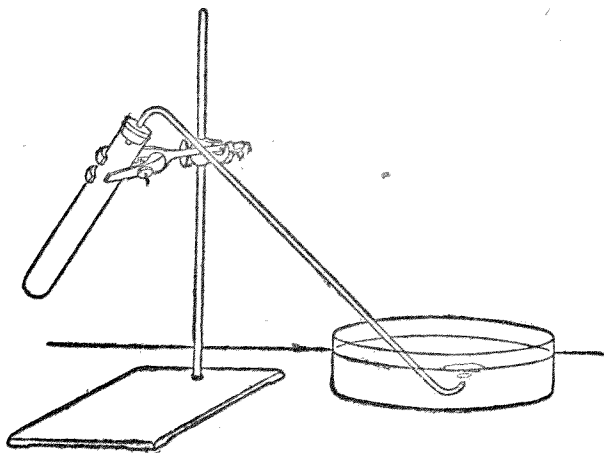
師 我們把牠聚一點在一個小試管裏，用一塊發出極微火光的小木片去試試看。——還是由試管裏出來的空氣呢。讓我再裝一管子來試試看——

生 木片燒將起來了，這是氧氣。

師 許是吧。讓我們把牠聚一點起來，看牠是不是沒有顏色跟氣味的。你試一試看！

生 是的，牠是沒有氣味的，並且我們也看不出牠是有顏色的。但這些試驗有什麼用途呢？

師 當我們得到一種東西之後，必須先把牠的一切性質證實



第 二 十 一 圖

了，然後纔能說牠是某某質素呢。

生 但我們那能把一切性質都加以試驗呢？那還有完了的一天嗎！

師 你說得不錯。但數種性質我們是必須要加以試驗的，因為有許多質素的各種性質雖再不相同，但彼此卻有一種性質是能完全相同的。

生 真的能完完全全相同嗎？

師 對於這個問題，我們是永不能答個是字的；即使我們看不出什麼分別來，也是不能的，因為我們既沒有方法可把任何一種性質觀察或量得絕對的正確，那我們也就無從知

道那些看上去確是相同的性質在精密試驗時會不會變成不相同了。爲的要避免這一類的困難的試驗起見，所以我們纔去試驗數種性質的，因爲兩種不同的質素含有數種相同的性質的例子究竟是不多見的。

生 看試驗現在做的怎樣了。試管的上半段變的就跟銀子一樣的了。

師 可不是，而氧化汞大部分是消滅了。我再燒些時，現在牠完全變掉了。我把通氣管從水裏取出來，讓一切放在那兒冷下來。

生 你爲什麼不聽一切就這樣放在那兒冷呢？

師 因爲我們若不把通氣管從水裏取出來，那末，當燒熱的氧氣冷下去而縮小起來時，就會有水昇到試管裏去了。——現在，你仔細看好；我可以用羽毛把試管裏那層銀似的東西掃在一起而使牠變成亮晶晶的液態細球呢。

生 這種細球就像水銀似的。

師 事實上正就是水銀呀。

生 水銀是怎會跑進試管去的呢？

師 是從氧化汞裏產生出來的。

生 氧氣也是從牠裏面產生出來的嗎？

師 可不是嗎；只有這兩種質素是從氧化汞裏產生出來的；除此以外就再沒有別的東西可以產生了。

生 可是水銀爲什麼不在氧化汞停留的那場合出現的呢？

師 原因全在水銀放在燈上燒的時候是會揮發的，換句話說，就是會變成蒸氣的。至於蒸氣只要一碰到試管上冷的場合，就會凝結爲液態水銀了。我在此地另取一點水銀放在一個試管裏來燒牠：你瞧，已經有些細滴在試管的上半段出現了，並且愈變愈厚，現在就跟一面鍍銀的鏡子一樣了。我把方纔得到的那液態金屬來做一個同樣的試驗：你瞧，牠的性質也是如此，所以牠確是水銀。可是水銀的蒸氣是有毒的，你可小心呀。

生 這我倒沒有料到呢！

師 爲什麼沒有料到？

生 水銀是金屬；金屬是不會沸騰的呀。

師 金屬是可以沸騰的；不過那些最普通的金屬的沸點大半是非常高的，所以我們不能用普通方法促其實現罷了。但例如在弧光燈的火焰裏，我們所知道的一切金屬就都是會蒸發的。水銀的沸點比較是來得低些，牠在攝氏三百五十度就開始沸騰了。——現在，我們仍舊回到我們的試驗

上去吧。我們方纔用的那紅粉。在燃燒之後會變成水銀跟氧氣，你是看見過了。我們還可以使水銀跟氧氣又變成那紅粉呢，這個作用是可倒轉過來的。

生 哦，這倒希奇呢。我可以看得見這個作用嗎？

師 可惜我不能把這試驗做給你看，因為我們須把水銀跟氧氣一同在三百度以上放上好幾個禮拜，牠們纔會變成氧化汞呢，並且分量少的只有幾克罷了。但我們如果真把牠照方纔說的這樣製造出來的話，那末牠的一切性質跟普通的氧化汞卻全是一樣的。

生 難道普通的氧化汞不是這樣製造的嗎？

師 不是的，牠是用另外一種跟這完全不同的方法製造出來的；這方法你目前是不能了解的。

生 如此說來，豈不是不論我們用那種方法去製造，結果都是一樣的嗎？

師 可不是嗎；這是一條非常重要的通律，就是：不論我們用什麼方法去製造一種質素，牠的性質是絕不會受到影響的。

生 這我倒沒有料到呢！

師 這種例子，你不是已經遇到過了嗎：用氧化汞製出來的氧

氣跟用氫酸鉀製出來的氧氣，性質不完全是相同的嗎！

生 可不是。我倒沒有注意到這一點，我還以為這是當然如此的
的呢。

師 你好好記住，『當然如此』這四個字，總是我們在沒有用
腦子細細去想的時候纔會說出來呢。——現在，你把幾個
新名詞來記牢他。因為由一種均勻質素氧化汞當中可以
產生兩種不同的質素水銀跟氧氣，或是反過來說，因為由
兩種不同的質素水銀跟氧氣可以產生一種均勻質素氧化
汞，所以我們把氧化汞叫做化合物，而把水銀跟氧氣叫做
成分。如此說來，氧化汞是——？

生 氧化汞是水銀跟氧氣的化合物。

師 對啦，而水銀跟氧氣則是氧化汞的成分。——現在，我們
要談到一個很重要的問題了，就是那化學作用裏關於重
量所發生的問題。這裏是一只封好的瓶，瓶裏除開氧氣之
外，還有一塊結在一根鐵絲上的炭，我把瓶放在天平上，
把天平兩邊的重量弄成相等。現在，我想不把瓶塞打開就
把炭來點着牠。

生 你預備怎樣去點着牠呢？

師 這我可用種種方法以求達到目的。例如我若再用一根鐵

絲穿過木塞通到瓶裏去，而把兩根鐵絲用另一條極細的鐵絲連接起來，那我只要用電流使鐵絲燒紅，炭就會燃着了。不過我們有的是日光，所以大可不必這樣麻煩。現在，我用一個火鏡來點着這炭。

生 對啦，這也行呀。胡啦！炭已經燒將起來了。

師 但又滅了，因為氧氣已用完了。你覺得怎樣，瓶會變重嗎？

生 當然如此！

師 你又說是『當然如此』了！我們倒要看個究竟呢。你瞧見什麼了？

生 天平上的針又在零點左右擺動了；重量似乎是沒有改變呢。莫非是重量增加得有限，所以我們纔看不出的吧？

師 不是的，即使我們用最精密的方法來量，結果也是一樣的。

生 這那會對呢！我不是學到過跟親眼看到過燃燒時重量是會增加的嗎？

師 誰的重量是會增加的？

生 不錯，我話沒說對呢。我應當說燃燒時的出產品比較燒掉的物體是來得重些。

師 但是這兒呢？

生 牠們的重量在這兒是相等的。

師 你這個結論是錯的。這兒的出產品比較原有的物體實際上是來得重些。

生 如此說來，重量怎會保持不變的呢？

師 因為有氧氣消滅掉了，而消滅掉的氧氣的重量恰好是等於燃燒時的出產品所增加的重量，結果互相抵消了，所以重量纔會保持不變的。

生 這倒怪妙呢。

師 可不是。這不過是舉了一個例來說明一條極其重要的，可以適用於一切化學跟物理作用的定律罷了。那條定律是：
 不論某幾種質素間發生了什麼變化，牠們的總重量永是
 保持不變的。

生 但個別重量是會起變化的吧？

師 可不是；不過有一方面損失重量，就有另一方面增加重量，所以結果得失總是相等的，這條定律只能適用於一切重量之和。

生 您從前曾經教過我，教我遇到這種情形時不要問：為什麼是這樣的？而祇問：這跟什麼有連帶關係？現在我倒要請問您：這條定律跟什麼有連帶關係呢？

師 在化學作用裏，我們即使不能或不情願去稱每個質素的

重量，但我們仍舊是有方法來計算的。例如我祇要知道我所取的氧化汞跟由牠裏面產生出來的水銀的重量是多少，就可以知道跟水銀一同產生出來的氧氣的重量了，因為『氧化汞 = 水銀 + 氧氣』這個方程式應當是永遠可以成立的，而氧化汞，水銀，氧氣這些名稱在公式裏所表明的卻正是牠們的重量呀。

生 氧氣是一種氣體，牠也有重量嗎？

師 你以為氣體都是沒有重量的嗎？

生 氣體會重量，我倒有些不能想像呢。

師 氣體的密度，換句話說，就是牠的重量跟體積之比雖祇抵得上水的幾百分之幾，但牠重量究竟是有的。一立空氣約重一克有餘。

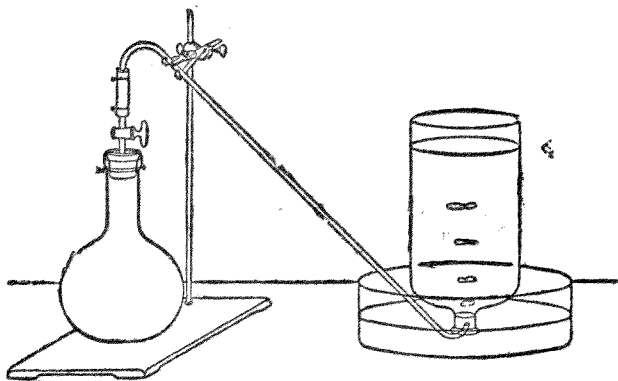
生 這我倒想看一看呢。

師 這是很容易辦得到的。這兒是一只厚玻璃瓶，瓶上有一橡皮塞，橡皮塞當中插着一個管塞。我把橡皮塞用鉛絲或麻繩好好紮緊，免得牠會跳下來。現在，我把玻璃瓶放在天平上，把重量弄的恰巧平衡為止。然後再把管塞開開，用一個腳踏車上用的打氣筒把空氣打到瓶裏面去。打了幾下之後，仍舊把瓶放到天平上去。你瞧，瓶很顯明的是變

重了。

生 我們也可以看得出你打進去多少空氣嗎？

師 當然可以的。我把製氧氣用的那副器械上的通氣管用一小段橡皮管接在管塞上，再把一只裝滿水的瓶套在通氣管出口的那場合；現在，我若把管塞開開，那末，方纔打進去的空氣就會重新流將出來，聚集在裝水的瓶裏了（第二十二圖）。你起初若曾把瓶的重量稱準的話，那你只要把



第 二 十 二 圖

牠再稱一下，就會知道牠失掉的重量了。由失掉的重量，就可以知道流出來的空氣的重量了。如果裝水的那只瓶上的體積是用刻度表明出來的，那你也就會知道流出來的空氣的體積了。

生 不錯，這樣是行的。

師 停會兒你不妨做幾個試驗看看；你會找出空氣的密度不過只抵得水的密度的八百分之一罷了。——現在，還是回到我們的試驗上去吧。你有沒有注意到我從氫酸鉀跟氧化汞裏製造出來的氧氣的量呀？

生 注意到的；由氧化汞裏製造出來的氧氣似乎少得多了。

師 可不是，一克氫酸鉀裏放出來的氧氣比一克氧化汞裏放出來的氧氣多得多了。但我若每次都用一克的氧化汞去做試驗，那末，結果你猜是怎樣呢？

生 結果必定是一致的。

師 若不用氧化汞，而用氫酸鉀呢？

生 結果也是一致的。

師 那末，你的意思是說：每逢一種質素轉變為另一種質素時，這個轉變作用都是依着一定的重量關係進行的，是不是？

生 我這意思不知道是不是完全是對的；不過相差恐怕也不遠吧？

師 你的意思完完全全是對的。這你本當想也想得到呀，因為一定的質素總有一定的性質，而牠之可以轉變為一定量的另一種質素又正是牠這種性質中之一種，所以原有質

素跟轉變作用的出產品二者之間的重量關係勢必也是有一定的了。

生 我不曾有勇氣做這樣的一個結論。

師 我們怎樣可以證明這個結論的確是對的呢？

生 用試驗來證明。

師 對啦。幾百年前，我們就由經驗裏得知參預轉變作用的質素間——至少是就大體說來——總是有一定的關係的：例如從一千克脂肪裏，祇能製出一千克左右的肥皂，而不能聽便我們要製多少就是多少的。但自最近一百多年來，我們纔對這個問題做精密的研究，并在這問題當中還找到一個極嚴格的定律呢。

生 這個定律對於一切質素都可以適用嗎？

師 對於一切純粹質素，換句話說，就是對於一切既非溶液，又非混合物的質素都是適用的。

生 這倒希奇呢。到今天為止，你所告訴我的一切定律都是非常簡單而使人容易了解的。但要我每逢有需要時就知道應用，恐怕還有點辦不到呢。

師 這是當然的。定律就跟工具一樣。誰要是沒有經驗，那他就是有了工具，并且知道這工具有什麼用途，也是沒有多

大益處的。但我們往後去的討論自然會使你得到你所需要的經驗呀。

第十三章 元 素

師 上一課你曾學會兩條很重要的可以闡明重量於質素間發生化學作用時所起的變化的定律。其中之一叫做重量永_{◎◎◎}住定律；你把牠再說一遍看。

生 質素間發生化學作用時，其總量恆保持不變。

師 另一定律是關於那一方面的呢？

生 是關於化學轉變中的重量情形的。當一種質素轉變為另一種質素時，牠們的重量之比總是有一定的。

師 對啦。這條定律，我們稱之為恆_{◎◎◎◎}比定律。

生 這種比例數跟什麼有連帶關係呢？

師 問得好！這個問題的答案是怪值得驚異的，所以在我沒有把牠告訴你之前，我得先使你把化學質素這個新概念弄_{◎◎◎◎}明白呢。你一定還記得『氧化汞 = 水銀 + 氧氣』這個方程式；牠是根據什麼得來的呢？

生 牠是根據重量得來的。

師 你現在若用熱使一定量的氧化汞分解而把水銀聚集起來

的話，那末，水銀比較氧化汞是重呢？還是輕呢？

生 讓我細想一下看。——牠應當是比較輕些。

師 爲什麼？

生 因爲牠跟氧氣混合起來纔會有氧化汞那樣重，而氧氣本身也是有重量的呀。

師 對啦。如此看來，當水銀或氧氣變成氧化汞的時候，重量總是增加的；不過在前一種情形之下所增加的乃是所需要的氧氣的重量，而在後一種情形之下所增加的乃是所需要的水銀的重量罷了。

生 這我是懂得的。

師 我們曾把水銀跟氧氣稱做氧化汞的成分，而把氧化汞稱做化合物：這你一定還記得的。

生 唔，還記得的。

師 由這句話裏，我們可以知道一個成分總要比牠所能構成的一切化合物來得輕些。

生 因爲每次都有別種東西加上去，所以纔是這樣的。

師 一點兒也不錯。——現在，你不難推想到我們是能用氧氣照着你看到過的那樣子做出各種試驗來的，並且消耗掉的氧氣在每一試驗中所構成的各種新質素的重量總是有

一定的。在這種實驗裏我們從沒有發現過新構成的質素會比氧氣來得輕，牠們的重量總是[○]大於氧氣的。

生 如此說來，氧氣只能構成化合物了。

師 可不是；氧氣的成分至今沒有人知道呢。這一類的質素，^{○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○}我們都稱之爲元素。如此說來，元素的定義是怎樣呢？

生 元素構成的一切出產品的重量，恆大於元素本身。

師 一點兒也不錯。我們也可以說，元素的成分至今是沒有人知道的。不過這個定義，卻不及上面那樣明瞭，因爲依照後一定義，我們還得把成分的定義加以說明呢。

生 可是我從前也學過，元素是一種不能分解的質素！

師 意義都是一樣的，因爲分解二字的意義，就是指的由質素轉變爲成分，換句話說，就是指的由一均勻物體構成許多不同物體的那個作用呀。

生 現在我明白了。但分解二字的原來意思，是表示把已經存在的東西分將開來，並不是表示轉變作用的呀。

師 這當中的道理是這樣的：當一定量的水銀跟氧氣轉變或化合爲氧化汞之後，牠們雖是消滅了；但我們仍可隨時把牠們由氧化汞裏取將出來，並且所得到的分量跟以先是完全相等的。所以我們可以假定水銀跟氧氣這兩種成分

在牠們的化合物裏確是存在着的，不過是相互化合之後隱藏在裏面罷了。分解跟化合兩個名詞就是這樣來的。

生 那末，成分究竟是在不在化合物裏面呢？

師 你問的不十分清楚。化合物並不是布袋或木箱可以教什麼東西『在』牠裏頭的。你若把『在』字當作我們隨時又可用適當的方法把成分由化合物裏製造出來那樣解釋的話，那末，說牠們『在』裏面是可以的。你若把『在』字當作成分還保持着原有的一切性質未變，隱藏在化合物裏那樣解釋的話，那就未免含糊，而容易引起誤解了。——現在，我若說氧氣是一種元素，你一定知道是什麼意思了。

生 還有其他的元素嗎？

師 唔，例如水銀也是一種元素，還有硫黃，鐵，錫，鉛跟銅也都是元素。我們現在已經知道的元素一共有八十九種。這兒是一個元素表（見下）；你在當中還可找出幾種熟識元素呢；但一大半你是不認識的。並且有許多是非常稀少的，換句話說，就是能使你製造這種元素的質素是非常稀少的。

生 這種稀少元素難道就不能由比較常見的質素裏製造出來

* Actinium	Ac	錳	Neodym	Nd	釹
Aluminium	Al	鋁	Neon	Ne	氖
Antimon	Sb	銻	Nickel	Ni	鎳
Argon	A	氬	△Niob	Nb	鈮
Arsen	As	砷	Osmium	Os	銱
Baryum	Ba	鋇	Palladium	Pd	鈷
Beryllium	Be	鈹	Phosphor	P	磷
Blei	Pb	鉛	Platin	Pt	鉑
Bor	B	硼	* Polonium	Po	錒
Brom	Br	溴	Praseodym	Pr	鐳
Caesium	Cs	銻	Quecksilber	Hg	汞
Calcium	Ca	鈣	Radium	Ra	鐳
Cerium	Ce	鈰	Radon	Rn	釷
Chlor	Cl	氯	* Rhenium	Re	銲
Chrom	Cr	鉻	Rhodium	Rh	銲
Dysprosium	Dy	鐳	Rubidium	Rb	銲
Eisen	Fe	鐵	Ruthenium	Ru	銲
Erbium	Er	銲	Samarium	Sa	釷
* Europium	Eu	銲	Sauerstoff	O	氧
Fluor	F	氟	Scandium	Sc	釷
Gadolinium	Gd	銲	Schwefel	S	硫
Galium	Ga	銲	Selen	Se	硒
Germanium	Ge	銲	Silber	Ag	銀
Gold	Au	金	Silicium	Si	矽
* Hafnium	Hf	銲	Stickstoff	N	氮
Helium	He	氦	Strontium	Sr	銲
Holmium	Ho	銲	Tantal	Ta	銲
* Iridium	Ir	銲	Tellur	Te	碲
Indium	In	銲	Terbium	Tb	銲
Iridium	Ir	銲	Thallium	Tl	銲
Jod	J	碘	Thorium	Th	釷
Kadmium	Cd	銲	Thulium	Tu	銲
Kalium	K	鉀	Titan	Ti	鈦
Kobalt	Co	鈷	Uran	U	鈾
Kohlenstoff	C	碳	Vanadin	Vd	釩
Krypton	Kr	氬	Wasserstoff	H	氫
Kupfer	Cu	銅	Wismut	Bi	銻
Lanthan	La	銲	Wolfram	W	鎢
Lithium	Li	鋰	Xenon	X	氙
+ Lutetium	Lu	銲	Ytterbium	Yb	銲
Magnesium	Mg	鎂	Yttrium	Y	銲
Mangan	Mn	錳	Zink	Zn	鋅
* Masurium	Ma	銲	Zinn	Sn	錫
Molybdaen	Mo	鉬	Zirkonium	Zr	鈮
Natrium	Na	鈉			

△元素41原有 Colombium 及 Niobium 兩種名稱；在英文中 Colombium 一字較爲常用，故中文遂譯爲鈳（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。鄙意鈳鈮二字不妨並採並用，以期合於諧聲之原則。

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

* 表中有 * 符號之元素，均爲原書所無而由譯者新添入者。

譯者

嗎？

師 這是無論如何不行的，因為每種化合物祇能依照一種形式分解為元素，換句話說，就是我們由每種化合物裏，總祇能得到某幾種元素；並且牠們的重量之比總是相同的。我們若想用人工方法製造這個質素，那我們又非用那幾種元素（牠們的重量之比也須跟上面所述的完全相同）或『含有』這幾種元素的質素不行。

生 這又是一條自然律嗎？

師 可不是，牠叫做元素永住定律。

生 請你多解釋一點給我聽聽。

師 從前曾有許多所謂煉金家犧牲了一輩子的光陰，想由鉛或其他不值錢的金屬裏去製造金銀；然卻沒有一人是做成功的。煉金家所根據的希望，正在他們以為甲元素是可以轉變為乙元素的，例如使鉛變為金子之類。他們事先並不知道這是不可能的；一直等到那些經過了好幾百年之久而絲毫沒有得到結果的試驗證實了金銀是不能由其他元素得來的之後，他們方纔覺悟了。後來他們又找出不但是金銀，就是其他一切元素也都是如此的。

生 這樣看來，煉金術倒並不是完全無意識跟無益處的呢，對

不對？

師 可不是。煉金術並不是無意識的，因為煉金家事先並不知道這件事是不行的呀。不過那些煉金家的方法確是不科學的，換句話說，就是不合宜的，因為他們都是抱了僥倖成功的心理，去亂試一陣的；但他們最後得到的結果，就是元素既不能互相轉變，而含有某幾種元素的化合物也不能轉變為含有其他幾種元素的化合物的這兩個結果，卻都是科學上的發現。這個發現，使化學變的容易多了。

生 這意思我不懂。

師 你假定我們給每種元素一個符號，那末，我們祇要把任何化合物中含有的元素的符號排在一起，就可以把一切化合物表明出來了。例如德文中『Hut』這個字，你僅能用h, u, t, 三個符號去拼他，並且把牠拆開來時，也僅能得到三個符號；倘要你用這三個符號拼成『Rose』這個字，就辦不到了。化合物跟元素的關係也全是這樣。在元素表裏，每一元素除開名稱之外，還有一個符號；這些符號都是由西文名稱的第一或第一第二個字母造成的。地球上所有一切質素都可以用這種符號拼起來去表明牠們，不過每種質素的拼法都是不同的罷了，因為不同的質素任

憑多到怎樣程度，然而每一種質素却總只能分解為某幾種元素罷了。

生 我看這又是那許許多多定律中的一條了；牠們雖很簡單，但我們一定要等弄慣之後，纔不會感到生疎呢。

師 你不久就會弄慣的。現在，我們且把元素表拿來看看看，看你在日常生活裏已經學會多少化學了。氧氣你已認識了，牠是一種沒有顏色的氣體。氫氣也是一種沒有顏色的氣體；不過牠是可以燃燒的。並且是最輕的一種質素。

生 氫在德文中爲什麼叫做 Wasserstoff 呀？

師 因爲牠可以由 Wasser（水）裏製造出來，所以纔叫做 Wasserstoff 的。

生 如此說來，水可不是元素了？

師 不是的，你不見元素表上並沒有牠的名詞嗎？水是氫氣跟氧氣的化合物。——關於氮氣，你也知道一些了，牠是混合在空氣裏的另一成分，也是一種沒有顏色跟氣味的氣體。

生 因爲空氣是沒有顏色跟氣味的，所以氮氣也是這樣的。

師 對啦。現在臨到碳了。牠不是氣體，而是一種固體。普通的木炭就是由碳造成的，不過並非是純粹由碳造成的罷了。這四種元素照例出現於一切生物界，因此可以說自成一

屬的。這是我先把牠們講給你聽的第一原因。此外，牠們又是由許多元素造成的彼此各不相同的四屬中的代表元素；這是我先把牠們講給你聽的第二原因。

生 這是什麼意思？

師 在其他元素中，有許多是跟氧氣相似的，有許多是跟氫氣相似的，有許多是跟氮氣相似的，又有許多是跟碳相似的。

生 相似的？

師 可不是，牠們在沒有化合，換句話說，即仍舊是自由元素的時候，彼此的物理性質往往是相似的；還有牠們與一第三或第四元素構成的化合物的性質，彼此往往也是相似的。

生 這個分類的方法，不是十分確定的。

師 可不是。但我們從一個元素所構成的一切化合物的全體性質上總可以找出許多異同之點來；所以熟悉那些情形的化學家並不難把牠分類。因為你還不熟悉那些情形，所以你祇能把我告訴你的那個分類當作是對的就夠了。

生 但僅根據忠心跟信仰去相信一件我自己不能加以證實的事情，乃是違背科學原理的呀。

師 等你把化學知識學的足夠之後，你自能去加以證實呀。並且這種分類，原祇能幫助你去掉學習化學時所感的困難罷了；我又不用牠來做任何科學結論咯。像這一類由我們任意造成的事物，就是在科學上，也是能聽便我們去對付牠的。

生 現在我明白了。

師 現在，你把下面的這個表好好的記牢：

* 氫	* 氧	* 氮	* 碳
* 氯	* 硫	* 磷	* 矽
* 溴	錳	砷	鈦
* 碘	碲	銻	

其中加有 * 符號的那些元素，你以後還要詳詳細細的去學呢。

生 爲什麼只學這幾種呢？

師 其他的那些元素，要不是在自然界不大出現，就是牠們的化合物是沒有多大用途的。並且你也不能把化學上已有的一切知識通過去學會牠呀，所以我們不能不選一點學學，就認爲滿足了。但選擇的標準，至少要教你把那些在用途跟產量兩方面常使我們遇到的質素通通認識了呢？

生 如此說來，我祇會學習化學的一部分罷了。

師 世上是難得有一個人能知道化學上的一切事實的。我當盡我的力量，把化學上最重要的部分介紹給你，使你能對牠們獲得一個想像。將來，祇要你願意跟能力夠得到，你儘可以選出一部分來完完全全的去學會牠。現在，我們先講已經挑出來的那幾種元素。我已經向你講過，氫氣是一種沒有顏色的。可以燃燒的氣體；不過牠的火焰是極暗淡無光的。牠在一切質素中最輕，所以我們可以拿牠來裝飛船用呢。

生 小孩子們玩的那種紅橡皮球裏裝的也是氫氣嗎？

師 正是的。我們若用火去點一個剛剛裝好的氣球，裏面的氫氣就會白夫一聲的燒將起來呢。

生 這我在最近倒想試一試呢。

師 可不要把面孔放的太靠近呀，因為氫氣的火焰熱得非凡，有時還會發生爆炸現象，把你的面孔燒疼呢。——氯氣是一種含有刺激性惡味的綠色氣體。我們常用一種叫做漂白粉的白粉洒在腐爛了的，帶惡味的質素上；漂白粉的氣味就是從很稀的氯那兒來的，所以氯的氣味，你也許已經嗅到過了。

生 是呀 我記得我們家裏的廚子常把牠洒在街道靠角的地

方，不知道那是爲的什麼？

師 那是因爲氯能摧毀帶惡味的質素跟殺分裂菌或微菌這一類有害的小動物的原故。——這兒，你可以看到溴；溴在普通溫度下是一種紅棕色的液體，牠放出來的紅黃色的蒸氣的氣味跟氯是極相似的。

生 哈哈，這就是你先前提到的一種相似的地方了。

師 可不是。還有碘的氣味跟氯也是差不離的，不過你瞧，牠在普通溫度下却是一種發光的黑色固體；牠的蒸氣是紫色的。

生 我記得我喉嚨裏曾經用碘酒塗過；牠跟碘有關係嗎？

師 牠就是碘在酒精裏的一種溶液。——現在，我們已把第一屬裏的元素講完了。第二屬裏的氧氣你已經認識了。還有硫你一定也認識的吧？

生 是不是就是那黃顏色的東西？

師 硫或硫黃是一種黃色的固體；燒起來的時候，火光是藍顏色的。

生 並且氣味是非常難聞的。爲什麼化學裏大一部分的質素都是不好聞的呀？

師 不好聞的質素對於鼻子裏的皮膚，大一半 是富有刺激性

的。假使牠們沒有惡味的話，我們就不能聞到牠們，並且要時常因為皮膚受了損傷而傷風了。這樣一來，學化學豈不比現在更加危險嗎。

生 啊，這倒不錯。一切有毒的質素都是難聞的嗎？

師 這可分成兩層來說。第一：祇有那些能變成氣體或蒸氣的質素纔有氣味；否則牠們那能傳到我們鼻子裏去呢？第二：那些有毒的質素的確大都是有惡味的，尤其是帶刺激性的，不過也有少數有毒的氣體跟蒸氣或是完全沒有氣味的，或是氣味是非常淡的。這一類的質素尤其來得危險；以後我們要去認識這樣的一種氣體呢。

生 那我倒要留神呢。

師 現在臨到氮的那一屬了。你對氮氣本身也有一點認識了。氮氣在德文裏叫做 Stickstoff，意即窒素；但牠並不是有毒的，因為我們不斷的在呼吸空氣，而空氣裏不就是含有氮氣跟氧氣的嗎。牠在德文裏叫做窒素的原因，乃是因為那必須有氧氣纔能生活的動物證在純粹氮氣裏是會窒死的。還有磷，你對牠也知道一點了。

生 是的，紅頭火柴裏就是含有磷的。

師 對啦；由這上頭你可以認識牠的一種性質，就是牠是很容易

易燃燒的，只要那摩擦時生出來的熱已經能去點着牠了。

因為牠有這種性質，所以我們纔拿牠來製造火柴的。

生 從前我曾經在黑暗裏看見火柴頭上發出淡綠的光來；我家的女廚子跟我說，這是因為火柴潮濕了的原故。這是什麼道理呢？

師 磷在空氣裏會慢慢地燃燒，燃燒時就會跟你看見的那樣發出光來。我們爲的要使火柴頭上的那一點點磷不至於自動燃燒起來起見，所以總使牠先跟樹膠或膠水混合起來，因為等這些東西乾了之後，火柴頭上就有了一層外衣，而氧氣就不能跟磷接觸了。這層外衣碰到潮濕時就會溶掉；因此磷就會跟空氣接觸了。

生 但我過了些日子，又把買來的火柴弄潮時，牠卻不會發光了。

師 因為磷的性質太毒，所以政府現在不許再用磷製造火柴了。我們現在用的火柴頭裏是沒有磷的。

生 磷本身是怎樣一種東西呢？

師 差不離跟蠟似的。這裏是一瓶磷；因為我已告訴過你，牠在空氣裏會慢慢燃燒，所以我用水把牠保持起來。牠毒得厲害，所以我還是不給你的好。

生 磷是怎樣製造的？

師 你想不得到我的允許，自己就去製造，是不是？那倒沒有這樣容易呢。牠是獸骨裏的一種成分，而用很複雜的方法由這裏面提取出來的。

生 牠既很毒，怎能在獸骨裏出現呢？

師 當牠還是自由元素的時候，磷是有毒的；但牠的化合物卻是沒有毒的。這個例子可以告訴你元素的性質跟牠們的化合物的性質可以不同到怎樣的程度。——現在，臨到最末的那一屬了。除開你已稍稍知道的碳之外，你還得認識矽呢。這兒就是矽，你瞧。

生 燧石可就是由矽造成的？

師 不完全是的；燧石乃是矽跟氧氣的化合物。我們普通都把矽跟氧氣的化合物稱叫二氧化矽。例如石英沙跟沙岩，還有水晶燧石，通通是由牠構造成的。還有那一切的岩石裏，差不多都是含有二氧化矽的化合物的，所以矽是地球表面上散佈得最廣的質素中之一種。——今天就算夠了吧。不過我還要告訴你一句話，就是我們討論過的這些元素有一個總名，這個總名叫做非金屬。牠們是元素中主要分類之一；其另一主要分類則稱為金屬。

生 我猜我今天學的可真不少了。

師 我們今天不過是在將來的工作範圍裏稍許溜搭了一下罷了。真真的功課還在將來呢。

第十四章 輕金屬

生 世上究竟有多少不同的金屬呢？

師 大約六十種左右，因為其中有幾種我們知道的還不十分清楚，所以數目有點不十分確定。

生 金屬有這麼多，我們怎能弄得清楚呢？

師 動植物的種類比這多的多，我們也能把牠們弄清楚；這區區幾種金屬有什麼困難呢？我們可以用分類的方法，把彼此相似的金屬歸併在一起。

生 動植物是根據狀態跟器官分類的；在金屬可不能這樣去分類吧？

師 這話可不十分對。各種元素在固態時所表現的晶狀就跟動植物的狀態一樣，彼此常有相似之處；不過金屬的晶狀縱屬相似，而其他的性質卻仍可截然不同；有生物則不然，牠們祇要狀態相似，其他的性質也就大致是相同的。所謂金屬的其他的性質，一是牠們的化學性質，換句話說，就是牠們跟其他元素構成化合物的能力；二是牠們的物理

性質，如同光輝，顏色，密度，硬度等等，牠們在各種不同的金屬都是不同的。

生 如此說來，我如果想了解跟記牢那分類法，那我倒必須要先把那些元素的所有這一類我還沒有學過的性質通通弄清楚纔行呢。

師 這祇有那發明分類法跟想實行去分類的人纔有這需要呢。你目前祇要知道給我歸併在一屬裏的元素在性質上具有某種相似之處就已經夠了。

生 這話倒是真的。但分類法所根據的究竟是那些性質呢？

師 根據的是各種不同的性質，因為我們找出來雖用各種不同的性質去分類，但結果得到的各屬，彼此卻大都是相同的。現在所通行的分類，就是由許許多多這一類的根據中得到的一種結果。至於每一屬裏彼此一致的性質，我以後當一一的提出來解釋給你聽呀。

生 如此說來，這當中原是極有條不紊的。

師 可不就跟動植物的分類同樣的有條不紊嗎。就是動植物的分類，也有時因為各科之間的區別太小，或是因為分類時根據的理由不同，會叫人摸不着頭腦呢。

生 但像元素性質這一類不能改變的東西之間是不應當發生

矛盾現象的呀。

師 元素性質之間原是不會發生矛盾現象的；不過在那多少是由我們任意加以決定的分類中往往有時是不能一致的罷了。

生 這一切爲什麼不能跟數字或是幾何學上那樣秩序井然呢？

師 我們對於元素性質的知識是不完全的；祇就這一點說已是不可能的了。例如我們做的試驗中大一半倒是在跟普通溫度相差無幾的溫度和普通壓力之下做的。我們若把元素的性質放在一切可能的壓力跟溫度之下去試驗的話，結果就要大不相同了。

生 如此說來，分類上的缺點原是跟我們知識上的缺點而來的。

師 這是極可能的，因爲依照過去的經驗來說，總是我們對於一門學問的知識愈精深廣博，那末，這門學問也就愈加明瞭清楚。——現在，我們要回到我們的問題本身上去了。
金屬可分爲輕金屬跟重金屬兩類。

生 輕金屬，這是什麼解說呀？一切質素都是有重量的，所以都是有若干重的呀。

師 一點兒也不錯。凡是密度小於水的密度的四倍的質素，都叫做輕金屬。

生 爲什麼把限度恰巧定爲四呢？

師 因爲金屬的其他性質的區別在這個限度來得頂頂顯明的原故。我先前曾提到過這一類的標識常能收彼此相得益彰之效；這就是一個例了。——輕金屬又分爲鹼金屬，鹼土金屬跟土金屬三類。這三類包括下列幾種最重要的元素：

鹼 金 屬	鹼 土 金 屬	土 金 屬
鈉 鉀	鎂 鈣	鋁

生 這可不算多呀。

師 這並不完全。但其餘的幾種或是產量過少，或是用途極不重要，所以你暫時用不到去管牠，而我暫時也不把牠們告訴你聽了。

生 你剛纔提起的鋁是不是就是大家都知道的那嶄亮的白金屬呀？

師 正是的；你若曾經把牠拿在手裏過的話，你就會記起牠是非常之輕的了。牠事實上的確只比水重過二·七倍罷了。

生 據說牠是由泥土裏製造出來的，可是真的？

師 這話祇有一半是對的，因為泥土並不是一種固定的化學質素，而是由許多岩石及其風化出產物構成的一種不定的混合物；但一切石頭跟泥土裏差不多都是含有鋁跟氧氣構成的一種化合物的。尤其是各種陶土跟泥土裏通通是含有鋁的。

生 哈哈，所以我們纔叫牠土金屬的。但牠的產量既如此之多，價錢為什麼還那樣貴呢？

師 鋁現在並不算挺貴；每一仟克祇賣到三個馬克*左右罷了。因為從牠的化合物裏提取牠時須耗費多量的工作，所以牠的價值纔會超出原料多多的。在不久以前，我們纔學會用電解的方法去提鋁的呢。鋁跟牠的化合物二者價值之差，可以表示鋁所含的工作或能究竟比牠的化合物多出多少，因為你知道，工作是不會白白送給我們的呀。

生 我們可以把工作重新從鋁裏取出來嗎？

師 當然可以的。這兒是鋁跟你已經認識了的三氧化二鐵的混合物；我若用火去點着牠，那牠就會放出很多的熱來，燒到白熱的程度，而構成鐵呢。我們可以用這種燒熱了

* 此為原書（一九一九年出版）所載之價值。

（譯者）

的物質去做種種鍛合或熔解的工作呢。

生 這試驗倒怪好看呢；這種混合物是怎樣配成的？

師 是用一份鋁粉跟三份三氧化二鐵配成的；但牠們都得預先放在高溫度下焙乾纔行。配好之後，可把牠們放在一只用陶土做的坩堝裏，或是在普通的磚頭上挖一個潭，把牠們放進去。至於引火的東西，只要用一條鎂絲（鎂本身你不久就要學到了）插在鋁跟三氧化二鐵的混合物裏，用火柴去點着牠就行了。

生 這個試驗當中的道理究竟是怎樣的呢？

師 三氧化二鐵是鐵跟氧氣的一種化合物，這你是知道的。鋁在高溫度下跟牠接觸之後，就會跟氧氣發生化合作用，使鐵分解出來。因為鋁跟氧氣化合時放出的工作比鐵跟氧氣分離時消耗的工作多的多，所以纔有很多工作積下來變為熱放出來的。

生 難道工作跟熱是同一種東西不成？

師 就牠們可以互相轉變的一點說起來，牠們可算是同一種東西。至於工作確能轉變為熱，你不難由摩擦可以生熱的這一點上看出來的。總之，要克服摩擦一定是需要工作的。

生 現在我明白了。工作是能由蒸汽鍋裏的熱那兒得來的。

師 對啦，現在我們仍須回到我們的輕金屬上去了。鹼土金屬裏的鎂，你也許已經認識了。

生 就是那可以燒得很亮的鎂嗎？

師 可不就是牠嗎。鎂是一種含有燃燒性的白色的輕金屬；燃燒時會放出很亮的光來，所以我們每逢遇着需要很亮的光而手邊恰巧沒有電流可供我們應用的時候，就常常拿細條的鎂帶來使用。我這裏有一條市面上出賣的鎂帶，我把牠來點着，你瞧，光是多麼亮呀。

生 那賸下的白灰跟放出的白烟究竟是什麼東西呢？

師 這你自己應當知道纔是正理呀。燃燒是一種什麼作用？

生 燃燒是跟氧氣化合的作用。如此說來，那白色的東西莫非是鎂的氧化物嗎？

師 正是的。鎂在燃燒時會放出極強的光來，這表示牠跟氧氣化合時是會放出很多的工作的；而工作出現之形式，就是光跟熱那兩種東西。

生 難道光也是一種工作嗎？

師 可不是。植物能在日光裏生長及構成木質跟樹葉等等，你不是都知道的嗎？你拿木材來燒的時候，可以得到熱，這

就是木材裏含有工作的一種表示。因為植物僅能在日光裏生長，所以木材裏含有的這種工作是由日光裏得來的。

生 我們怎樣可以得到鎂呢？

師 那你必須跟製鋁一樣的用電工作去把牠從牠的化合物裏提取出來呢。鎂的化合物（其中大一半是氧化物）在自然界的產量是非常大的。那造成大山的白雲石裏就含有很多的鎂化合物；其他的岩石裏也大都含有鎂化合物的。

生 藥店裏出賣的苦土是什麼東西？牠跟鎂可有什麼關係？

師 有關係的，苦土就是氧化鎂；牠跟鎂燃燒時構成的東西原是相同的。還有那醫藥上用的苦鹽也是鎂的一種化合物。這一切質素，你以後都要仔仔細細學到的。

生 跟鎂有關係的東西這麼多，我本想再多聽一點呢。

師 這種情形，你在其他元素還會碰到呢。例如鈣就是一種不很普遍的金屬，因為從牠的化合物裏提取牠的時候所應消耗的工作比鎂還要來得多呢，並且牠比鎂也來得容易燃燒。我這裏有一塊鈣，他就跟鐵似的。

生 我為什麼現在就要學鈣呢。

師 因為牠的化合物散佈的非常廣，所以你現在就得學牠了。鈣是地面上產量最多的元素中之一種。造成巨山大陸的

石灰石就是一種散佈得很廣的化合物。白堊跟大理石是同樣的化合物，不過形狀不同而已。

生 但白堊，大理石跟石灰石是三種不同的東西，怎會是同樣的化合物呢？

師 牠們不過是外表上不同罷了。我若把牠們每種都取一點來用鹽酸處理的話，那牠們都是會構成泡沫而放出一種氣體來的；並且這樣構成的溶液加了稀硫酸之後，都是會有洗滌生出來的。除此以外，牠們還有許多作用都是相同的。不過構成白堊的顆粒比較構成大理石跟石灰石的顆粒細得多，而那總帶灰色的石灰石裏普通還含有其他的雜質，所以這三種質素的外表纔不一致的。不過大理石也常含有雜質，所以往往是紅色或黑色的。如此說來，牠們不過是在物理性質上不同罷了，在化學性質上卻仍是相同的。

生 鈣還有別種化合物嗎？

師 那真多的數不清呢。石灰石經過高溫度之後會變成生石灰；生石灰碰着水就會膨脹而放出熱來；若是水多的話，牠就變成石灰漿，石灰漿跟沙混在一起就是灰泥。還有那石膏跟水泥也都是鈣化合物。

生 關於這兩樣東西我也想知道得更多一點呢。

師 這你也得等到將來呢；否則，我們就不能把元素表通通講完了。現在，還賸下那第一屬裏的鹼金屬沒有講呢。你瞧，這一隻瓶裏裝的是鈉。

生 牠白的，就跟銀子一樣，瓶口爲什麼是封好的呢？

師 因爲鈉在普通溫度下會跟空氣裏的氧氣化合，所以我們纔把瓶口封好使空氣進不去的；空氣既進不去，鈉也就不會改變了，而我們也就能看見牠那白銀似的光彩了。我這兒還有幾塊灰色鈉呢。

生 牠跟我先前看見的完全是不同的！

師 不過是在那已經跟氧氣起了化合作用的表層上有點不同罷了。我若用刀把牠切了去，裏面那嶄亮的金屬就又現露出來了。

生 可是一會兒就又變成灰色了！

師 可不是；牠又跟氧氣化合了。

生 裝鈉的那液體是什麼呀？

師 這就是那普通的石油。牠是由碳跟氫氣構成的，並不含有氧氣，所以鈉能放在裏頭而不至於跟氧氣化合。

生 鈉也可以把氧氣從化合物裏取出來嗎？

師 當然可以的。我現在拿一小塊鈉丟在水裏。你瞧，牠起先變熱，接着就熔化了；那球在水面上跳舞似的跳着愈變愈小了。現在還會發生一次小小的爆炸呢，你可小心呀，你瞧，已經炸過了，鈉也通通消滅了。

生 鈉到那兒去了呢？

師 牠把水的氧氣拿跑，變成一種可以溶解在水裏的氧化物了。

生 鈉的這種氧化物也在自然界中出現嗎？

師 不，牠得用人工製造呢。但另一種化合物卻在自然界出現；普通的食鹽就是鈉的化合物。

生 跟什麼化合成的？

師 跟氯。

生 這倒令人有點難信呢。

師 爲什麼？

生 鈉跟氯氣都是非常猛烈的質素，而牠們卻能化合成普通的食鹽，這豈不有點令人難信嗎！

師 你如果以爲元素的性質在化合物裏是依然保持着未變的，那你的見解就錯了。我們說食鹽是鈉跟氯的化合物，不過表示牠能由這兩種元素製造出來或這兩種元素能由

食鹽裏製造出來而已。

生 這真是可能的嗎？

師 將來你自會親眼看到呀。

生 我急於想看到跟學習這一切希奇古怪的東西，真等的我心焦死了。

師 目前我們還得把最後一種輕金屬，鉀，拿來講一講呢。這一只玻璃管裏裝的就是鉀。

生 牠就跟鈉似的。

師 可不是，並且牠們的一切性質也都是相似的呢。我若把貯藏在石油裏的鉀丟一點在水裏，牠就會發生極強的作用，而放出紫紅色的火焰來呢。

生 鉀本身想必也是不在自然界中出現的吧？

師 可不是！牠若能在任何一處出現的話，那牠一定已經跟到處都有的水發生作用而變成氧化物了。

生 自然界中有那幾種鉀化合物呢？

師 那可多得很呢。就你知道的說吧，硝就是其中之一種。此外，許多礦石裏也都含有鉀；普通的紅色長石就是一個例，鉀化合物可由岩石裏分解出來散佈到地底下去，在那兒被植物吸收了去，作為生長時必不可少的一種營養品。因

爲鉀化合物就是加了熱也是不揮發的，所以植物燃燒後積下的灰裏總是含有鉀化合物的。我們若用水把牠們從灰裏溶解出來，然後把水來蒸乾，就能得到一種鹽狀的固體了。這種東西，我們稱之爲碳酸鉀。

生 這個試驗我倒想做一做呢。

師 這是很容易的。你祇要用水把木材灰調成泥漿一般的東西，然後把牠放到濾紙上去濾（參看第二圖），就會得到一種碧清的液體了；你若把這跟肥皂水一般滋味的液體裝在一隻小小的瓷皿裏放在暖的火爐上一些時，就會有一種白色或灰色的鹽遺留在瓷皿裏了。但你可小心不要拿石炭灰當作木材灰去做試驗呀，因爲石炭灰裏是不含碳酸鉀的。

生 我今天學了這麼多，恐怕我不能完全記牢呢。

師 我們剛纔所講的一切，等以後講各個元素的化合物時，還要再講一遍呢。我今天的目的，不過是教你自己知道你已經從日常生活裏認識了許多質素了，所以你已經有了很多的化學知識了。但關於那些質素跟牠們的性質的科學化的，換句話說，就是有規律的知識，你還得學習起來呢？

生 我可以擔保我決不會拆爛污不用功的。

第十五章 重金屬

師 我們今天要開始講重金屬了。我們知道得最早的那些金屬，例如銅，金，錫，鉛跟鐵等都是屬於重金屬的。

生 爲什麼恰巧是這些金屬最早被我們知道了呢？

師 因爲黃金可以直接在地底下尋到，而銅，錫跟鉛也極容易由牠們的礦裏提取出來，所以我們毋需很豐富的經驗跟靈巧的技術就能在很早的時代將牠們弄到手了。鐵的製造比較困難的多，所以牠的應用也比上述幾種金屬晚的多。我們現在也先來列成一個表，把那頂重要的幾種金屬寫牠出來。

鐵	鎳	銅	銀	金
錳	鉻	鉛	錫	鉑
鈷	銻	汞		

生 這些東西，我差不多都是認識的。

師 你對於錳知道的決不會多的。錳跟鐵很相似；牠的氧化物，就是那二氧化錳，你以前由氫酸鉀裏製造氧氣時曾拿

牠來促進氧氣的放出，所以你已經認識牠了。

生 鈷是一種藍色顏料；難道牠也是一種元素嗎？

師 那藍色顏料不過是元素鈷的化合物罷了。鈷本身跟鐵也極相似；但在空氣裏卻不像鐵那樣容易上銹。鎳，你是認識的？

生 是的，那十分尼*的硬幣就是用鎳做成的。

師 那些十分尼的硬幣的主要成分確是鎳。除此以外我們還拿牠製造廚房裏用的各種傢具呢。鎳比鐵白的多，就跟銀差不離似的；牠就是在潮濕空氣裏也是不會上銹的，並且質地又硬又不易於熔解，所以是一種比較貴重的金屬。

生 鐵生銹時會發生怎樣的作用？

師 牠跟空氣裏的氧氣跟水分化合了就會生銹，所以鐵在乾燥的空氣裏比較在潮濕的空氣裏易於保存多了。

生 鍍鎳是什麼解說？

師 鍍鎳就是把鎳來鍍在一樣東西上的意思。我們可利用電流使鎳由牠的化合物的溶液裏洗澱在各種金屬上。因為鎳在空氣裏可保存得很好，所以鍍過鎳的東西也比較沒有鍍鎳之前易於持久。

* 德幣名。

生 鉻我一點也不認識。

師 關於鉻我現在也不想多告訴你。這兒是一塊鉻；你瞧，牠比鐵白得多，並且質地也非常硬，也不容易熔解。牠的化合物之中有許多是帶着豔美的顏色的，所以能作為畫家的顏料及塗色之用。鋅你一定是認識的？

生 可就是我們拿牠來做晴落，鋪屋頂，跟做浴盆用的那鋅？

師 正是的；牠比我們剛纔提到的那些金屬都來得容易熔解。——現在，我們來到銅的一屬了。銅你也認識的很清楚了。

生 是的。還有鉛我也認識的；牠是很重的。

師 鉛的密度是十一·四。牠很容易熔解，質地是軟的。熔點低的金屬，質地大一半是軟的。

生 反過來說也是這樣。

師 不，反過來說是不對的。金銀的質地比較還軟，可是熔點卻很高。但拿錫來說，你的話就對了；錫的質地比較是軟的。

生 並且也很容易熔解。我們過新年的時候，曾把錫燒熔了倒在水裏，而得到些奇形怪狀的東西。這些東西究竟是從那裏來的呀？

師 這你自己應當知道纔對呀。錫的熔點是二百三十五度；我們若使水跟熔解了的錫發生接觸，會發生什麼現象呢？

生 水會開始沸騰。現在，我明白了：一定是水先構成蒸氣，而蒸氣把熔解了的錫吹大了，所以纔會構成那些奇形怪狀的東西的。

師 一點兒也不錯！至於那吹大了的錫只要跟未變蒸氣的水一接觸，牠就凝固了。——關於汞或水銀你知道些什麼？

生 我知道汞在普通溫度之下是液態的。

師 金屬中只有牠是含有這種性質的。但牠卻不是唯一液態的元素，因為溴在普通溫度下也是液態的。——銀你也是認識的。

生 是的，關於銀的認識，我是從銀幣跟銀茶匙那種東西上得來的。

師 汞跟銀就和末尾一屬裏的金跟鉑一樣，都是被算在貴金屬之中的。

生 我們為什麼原因纔這樣稱呼牠們的呢？是不是因為牠們價格昂貴的原故呀？

師 這倒不是的，例如有許多非常稀少的，比牠們還要來得值錢的元素，我們並不稱之為貴金屬。不，牠們叫做貴金屬，

乃是因為牠們跟其他的金屬不一樣，就是用火燒了，也是可以保持牠們亮晶晶的光彩而不變黑的。

生 牠們為什麼纔可以這樣的呢？

師 這你自己應當知道纔對呀。鐵在空氣裏燒了之後會起什麼作用，我不是跟你說過的嗎？

生 不錯，牠會跟氧氣化合，其他的金屬也一定是這樣。難道貴金屬就不能構成氧化物嗎？

師 這倒不然，牠們也是能構成氧化物的；不過牠們的氧化物一經加熱，就又分解為金屬跟氧氣了。以前講到汞的時候，我不是已經把牠的這種性質指給你看過的嗎？

生 啊，原來是因為那些氧化物在高溫度下立刻又要分解，所以纔不能構成的呵。

師 一點兒也不錯！這些金屬跟氧氣化合時須消耗工作；而這工作卻不是那高溫度所能單獨供給的。

生 貴金屬絕對不能構成化合物嗎？

師 那倒不然；我們祇要使那些在發生化學作用時還可以供給工作的質素去跟貴金屬發生作用，就可以得到牠們的化合物了。例如硫黃對於銀跟汞就有這種作用。

生 這種作用我可以看得見嗎？

師 當然可以的。我把一滴水銀放在一只乳鉢裏，加一點硫黃進去磨牠一磨。你看見什麼嗎？

生 通通變黑了，這黑東西是什麼呀？

師 是硫黃跟水銀的一種化合物。——我們也可以用同樣的方法使銀跟硫黃化合呢。你把一點硫黃放在銀幣上用木塞磨牠一磨看！

生 銀變成棕色跟黑灰色了。

師 因為牠們中間也發生了一種化合物了。銀和冰銀也可以直接跟氯，溴和碘化合呢。

生 如此說來，牠們對於這些元素並不能算是貴金屬了？

師 可不是。但金跟鉑的性質就比較貴重些了，因為牠們跟硫黃放在一起磨的時候是不會跟硫黃起化合作用的。

生 牠們絕對不跟任何東西化合嗎？

師 那倒不然，牠們跟氯是可以起化合作用的。但這種化合物就跟氧化汞似的，在高溫度下是會重新變成元素的。好，今天講到這裏就算結束了吧。

生 化學的範圍真是夠大的了！

第十六章 氧(二)

師 今天我們想把氧氣認識的更清楚些。

生 氧氣我不是早就認識了嗎？

師 你所知道的不過是我們對於氧氣已獲得的全部知識中的極小一部分罷了，所以是很膚淺的。就是我今天預備講給你聽的，也不過是其中的一小部分而已。

生 你不是全知道的嗎？

師 不，我相信能知道我們對於氧氣已獲得的全部知識的人世上是沒有的。

生 這我可不能了解了；世人不知道的知識豈不是還沒有發現嗎？

師 這倒不然；因為世人知道的東西是各不相同的：例如甲知道這一點，乙却知道那一點，所以每種知識總有一個人知道，而全部的知識却沒有一個人能完全知道的。並且一切的知識都載在書本上，誰都可以找到牠。往往有人把儘量找到的材料寫成功一本專書，旁人就免得再去找了。但他

所寫的也不過是撮要而已，所以倘有人因為某種原因想對某項問題知道的非常清楚的話，那他就得親自到書本裏去找，或是設法從實驗中獲得他所希望知道的知識纔行呢。

生 書本裏的東西都是對的嗎？

師 大部分總是對的；即使有錯誤，也不過是著者因為某種原因一時弄錯所致，決不是他故意欺騙人的。科學文獻的特點跟偉大之處，正在牠裏頭所載的每一個字都是一種誠意的表示。

生 倘有誰一時弄錯而把這錯誤寫了出來的話，豈不要永遠錯下去嗎？

師 那也祇會錯到牠跟另外一件事實發生了抵觸的時候為止。這時候，我們自然會來考查錯誤究竟是在那一方面，并且往往能看出致誤的原因呢。——現在，我們還是回到氧氣上去吧。我們從前怎樣製造氧氣，你一定是記得的。

生 我記得是從一種白鹽裏製造出來的，可是牠叫做什麼我卻想不起了。

師 叫做氯酸鉀。就重量說，牠差不多含有五分之二的氧氣，而能在適中的溫度下把牠放出來；尤其是在我們放些三

氧化二鐵或二氧化錳進去的時候，來得格外容易。

生 這話你從前就已向我講過了（第十一章）。這倒怪希奇，我倒想親眼看一看呢。您能把這個試驗做給我看嗎？

師 當然可以的。我把一點氯酸鉀放在一個小試管裏去燒熔牠。你看見什麼嗎？

生 牠燒熔了。現在，牠清的就跟水一樣了。祇有極小的氣泡在向上昇呢。

師 這是極微量的氧氣。現在，我把試管從火上移開去，倒一點三氧化二鐵進去。

生 泡沫多的就跟汽水似的了。是不是氯酸鉀開始沸騰了呀？

師 不是的，這是因為忽然間放出許多氧氣的原故。我現在把一片放出極微火光的木片放進去，牠立刻就燒起來了。這是氧氣的一種特徵，你是知道的。你瞧，那熔了的氯酸鉀雖是從火上移開去之後冷了下來了，然而氧氣的放出却因加進去的三氧化二鐵反而加速了。

生 這確有點希奇。究竟是什麼道理呀？

師 三氧化二鐵在這裏的作用，就跟一部生了鏽的機器加了油，或是一匹馬受了鞭策是一樣的。

生 這我可不能懂。

師 旁人也是跟你一樣的不懂呀。我們祇知道事實上有許多化學作用，本身的速度雖是極慢，但因加了其他的質素進去，却能變得很快，而這些加進的質素是不會受到永存的改變的。至於這種叫做觸媒作用的加速作用的原理究竟何在，却正是現在科學界所研究的一個問題；也許在幾年之後，我就能給你一個解釋了。目前，我們不過是把牠當作一種便利的幫助看待而已。

生 等我日後把化學學成之後，我也要來嘗試一下，看我能不能把觸媒作用研究明白呢。

師 這是一個頂好的計劃。但我們現在要製造氧氣了。你以前曾經學過怎樣把牠聚集起來，現在一定還是記得的。我把裝滿水的瓶暫且放在一邊，因為我在沒有聚集氧氣之前，要叫牠先把空氣趕跑呢。

生 這樣勢必要有少許氧氣損失掉呢。

師 這也沒有辦法；我們如要得到純粹的氧氣，勢必要犧牲一點纔行。這種情形，你以後常要碰到呢。現在，我們開始來燒牠；你瞧，一會兒就有氣泡從玻璃管裏放出來了。好了，現在你把瓶放在那塊鉛板上吧，可是總要留神把瓶口放到水裏面去，使空氣不至於流進去呀。

生 氣泡愈來愈多了!

師 可不是,我還是把火移開一會兒的好。你可以趁這個空當把另一只瓶去裝滿水,預備好在那兒!

生 我應當怎樣把牠倒轉來,纔不至於使水流出來呢?

師 把大姆指抵在瓶口上就行了。

生 我的大姆指太小了!

師 那末,你拿手掌或是一張硬紙或是一塊鉛皮或是任何一種只要是平面的東西去擋住牠就行了。若用壓軟的木塞當然是再好沒有啦。

生 現在,第一只瓶裏已經裝滿氧氣了。

師 我把牠在水裏用木塞塞牢;現在,我可以把牠取出來,放在一邊了。

生 您爲什麼把牠倒着放呢?

師 木塞往往不大緊密,所以得先讓牠被水浸透變成緊密了呢。現在,第二只瓶又快裝滿了;快把其他的瓶都預備好呀!

生 我真沒有想到這麼一點氯酸鉀會放出這麼許多氧氣來呢。——現在,第六只大瓶也裝滿一半了;可是再也沒有氧氣出來了。

師 對啦，再也沒有氧氣出來了，所以我可以把玻璃管從水裏取出來了，否則，燒瓶冷卻時水就要流回去，流到熱的燒瓶上就要鬧禍了。

生 顧慮的真是週到呀！

師 實驗的技術，正是要我們不必特別去想起這些事，就自然而然的會顧慮到這一切上去呢。現在，我們應當把從前沒有能做的一樁事情來補做一下了，就是把氧氣的密度來計算一下。

生 計算？恐怕我們先得去量牠吧。

師 量的工作是已經做好了。我取了十克的氯酸鉀，其中含有四克，或是說得正確點，其中含有三·九克的氧氣。至於每只瓶的容積是等於半立或五百立方厘米，這你只須看一看瓶底上印着的數字就會知道了。我們一共得到不到三立的氧氣，所以每立的氧氣約重一·三克，或每立方厘米約重 0.0013 克。因此，氧氣的密度（第八章）就是等於 0.0013 。

生 我真沒有想到這樣容易算呢。

師 容易雖容易，可是我們算的並不十分精確。我不過想指給你一條怎樣求出這種數目的路徑罷了；並不想指給你一

個真正的量度榜樣。

生 還有一個問題；您雖告訴我由十克氯酸鉀裏可以得到三
• 九克的氧氣，但您並沒告訴我怎樣量呀。

師 這又不難咯，你祇須把裝氯酸鉀的試管在未做試驗之前
跟做完以後一稱，不就知道了嗎。

生 可不是，現在我看出那失掉的重量就是等於那跑掉的氧
氣重量。

師 對啦，你把重量永住定律應用在這兒了。

生 如此說來，我用了一條自然律，而自己還沒有知道呢。我
們既能把自然律適當的運用，爲什麼還要去發明牠跟去
學習牠呢？

師 你這一次不過是偶然把牠用對了罷了；誤用自然律的事
情也是極容易發生的，所以我們必須把自然律正確地表
明出來，並且自覺地去運用，纔不會有誤用自然律的事情
發生呢。現在你雖要感覺到麻煩；但等我把你教得的確有
了成效之後，那你每逢學到一點新的東西的時候，自然就
會把牠看作是某一自然律中的一個特殊例子了。

生 不知道我能不能學的這樣呢。

師 那就不管牠了，我們目前所討論的還是氧氣呢。當我把牠

聚集在水面上時，你有沒有看見什麼特別情形呀？

生 沒有。

師 氧氣泡在水裏昇高的時候，並沒有縮小。這可以證明牠在水裏是不大溶解的。

生 氣體可以溶解在水裏嗎？

師 當然可以哪！汽水就是一個溶液。當牠還在瓶裏的時候，原是碧清的；等你把牠倒了出來的時候，那原來溶解在水裏的氣體就放出來了。

生 不錯，這我是看見過的。氣體爲什麼會在我們倒汽水的時候放出來呢？

師 壓力愈大，溶解在水或其他液體裏的氣體也就愈多。溶液在瓶裏所受的壓力是很大的；但當你將瓶打開時，壓力就停止存在了，而那原來溶解在水裏的氣體也就想朝外跑了。

生 原來是這樣呵，無怪乎打開瓶的時候要有聲音，並且要起泡沫呢。那是一種什麼氣體呀？

師 是二氧化碳，牠跟炭在空氣或氧氣裏燃燒時構成的氣體是同一種東西。以後我們還要去認識牠呢。

生 如此說來，我們也可以用烟去製造汽水了。

師 這倒不行呢，因為煙裏面除了二氧化碳之外，不但還含有空氣裏的氮氣，並且還含有其他難聞的東西呢。

生 我原是開玩笑的呀。

師 但我們也可以一本正經去討論這個問題的。二氧化碳如果是一種有價值的質素，那末，我們一定會想到怎樣把牠從煙裏提取出來而加以提淨的。但這一類的分離工作都是非常麻煩而要花錢的，所以我們在事前總先問：我們能不能用其他更簡單更省費的方法得到同樣的質素呢？化學工業的要素有一部分就是建築在這個問題的答案上的。但我們要回到氧氣上去了。牠在水裏的溶解度極小；水祇能溶解相當於牠本身體積的五十分之一那樣多的氧氣，而却能溶解跟牠本身體積一樣多少的二氧化碳呢。

生 若是加上壓力呢？

師 結果還是一樣的，因為你把一種氣體壓得愈厲害，那末，跑進同一空間的氣體也就愈多，所以溶解在水裏的氣體也就愈多。但上述比率跟溫度却有連帶關係，溫度愈高，溶解的氣體也就愈少。井水若在房間裏攔久了，你會看出什麼現象呢？

生 您是指玻璃杯上的那些細泡嗎？

師 正是的。那原先被氣體所飽和的涼水變暖之後，一部分的氣體就放出來了。牠們由小而變大，後來就脫開而上昇了——一直到現在為止，我們所研究的都是裝在瓶裏的氧氣跟其他質素放在一起時所發生的作用。現在，我們要去認識那自由存在的氧氣了。

生 那我倒很好奇呢。

師 氧氣是空氣裏的一種成分，並且是那有效的成分，你是早就知道的。另一種成分叫做氮氣；因為動物既不能在牠裏面生長，火焰又不能在牠裏面燃燒，所以也有人叫牠做窒素。空氣是無孔不入的，所以氧氣也可以散佈到各地方去，而跟牠所碰到的一切質素化合。這情形在地球的情狀跟現在一樣的時候，早已發生，所以已有幾千萬年的歷史了。因此，我們纔會在地面上到處都遇到其他元素跟氧氣構成的化合物的。圍繞我們四週的質素大一半是含氧的。一切元素跟氧氣構成的化合物，在德文裏都叫做 Oxyde。

生 這名詞是從何處來的？

師 是從 Oxygenium 這個名詞來的。Oxygenium 這個字是從希臘文裏來的，跟德文裏 Sauerstoff (氧) 這個名詞的意義是相同的。

生 德文裏 Sauerstoff * 這名詞究竟是從何處來的？氧氣又並不帶酸性略。

師 氧氣却在許多酸性的質素裏出現，所以從前的人以為凡屬酸性的質素都是不能缺少氧氣的。但後來證明這見解原是錯誤的。

生 爲什麼後人竟把這名詞保留下來了呢？

師 因爲我們提到牠的時候，並不會再聯想到牠原有的意義上去，並且牠的害處也有限，所以纔沒有去更動牠的。但我們要離開名詞而回到本題上去了。我們不但可在冬天因燃料的燃燒而使我們住的房屋變暖，並且可因此使機器發動，貨物移動，簡單說來，就是我們所必須做的一切工作，都可因燃料的燃燒做到，這你早就知道了。燃燒之所以能夠成立，乃是緣於跟氧氣的化合。但你可知道這個作用何以能做工作的呢？

生 這我從前（第十一章）曾經學過，我還記得呢。燃燒是一種化學作用，這作用發生時，會有工作或能放將出來。

師 你能把這記牢了，使我非常歡喜。現在我來給你一個謎猜猜。我們藏在地窖裏的煤爲什麼不會燒起來的呢？

* 僅就字面解釋，意爲酸素。

生 那是因爲我們不去點着牠的緣故。

師 所謂點着，究竟是怎麼一回事呢？

生 那就是把其他的質素放在煤的旁邊去燒，燒到煤也自動地燒將起來爲止。

師 你自己也應當知道這回答是不夠詳盡的呀。你把其他的質素放在煤旁邊去燒，與煤何干呢？

生 可不是！且慢，我知道了。煤會因此變熱，變熱之後，煤就燒起來了。

師 這樣說就對了。如此說來，只有熱的煤纔會跟氧氣化合，冷的煤是不會的，所以煤只能在火爐裏燃燒，卻不會在地窖裏燃燒。可是我現在要告訴你一件事，就是那堆在一起的煤，雖沒有人去點着牠，牠往往也會自動地燒起來。煤堆在一起的時候，內部會愈變愈熱，所以我們如不起來把牠撥散開來，使牠冷下去，那牠到後來就會燒起來呢。

生 這我有點不懂。熱究竟是從那兒來的呢？

師 這話問的挺對。熱是因爲煤的燃燒而發生的。

生 但煤不是要先熱而後纔會燃燒嗎！

師 不，煤是老在燃燒的；不過在低溫度的時候燒的極慢，溫度祇昇高的有限，所以我們纔看不出牠是在發灼跟蒸發的。

煤若堆在一起呢，熱就不能散佈開去，溫度就會愈變愈高，而燃燒的作用進行的也就愈快，結果就會發灼而燒起來了。

生 煤在地窖裏真的會燒起來，我倒有點不能想像呢。

師 我想提醒你另外一件事情。你若把一根樹幹放在露天牠會起什麼作用？

生 牠會保持原狀不變。

師 不，你這話是錯的。木材擱得太久，是會爛掉的。你可知道這是什麼解說？

生 木材會變成一種朽腐了的輕鬆的東西。

師 對啦！並且會愈變愈少，以至於完全變光了呢。

生 牠究竟是到那兒去了呢？

師 燒掉了。我們如果不使牠跟氧氣接觸，牠就不會這樣改變了。

生 但我們又看不見火光，怎能說牠是燒掉了呢。

師 燃燒在化學上的意義，就是指跟氧氣化合而言的，至於有沒有火光却是沒有關係的。因為有沒有火光跟會不會發灼，都是看溫度有沒有超過五百度而定的。一切東西在沒有達到這溫度以前決不會放出光來，所以也不會發灼，至

於溫度是否可以昇的這樣高，却跟化學作用無關，而僅跟聚攏在一起的熱是否足夠一點是有關係的。

生 像這一類不發光跟不發熱的燃燒現象多不多呢？

師 多的很呢。這些「黑暗的燃燒」都會放出熱來；並且跟牠帶火光地燃燒時所放出來的熱完全是相等的。任何作用裏所關緊要的一點，乃在牠的出發點跟終點須是相同的。倘係如此，那末，不論牠所經過的時間長短如何，而放出來的熱的多寡却總是相等的。

生 但我們若把煤加進火爐裏用勁去燒牠，牠會熱得多呢。

師 一定量的煤放出來的熱，多寡總是不變的。你在一定的時間內加進火爐裏的煤愈多，那你加進去的熱也就愈多，所以火爐也就愈熱了。

生 我還不能完全明白呢。

師 火爐雖一方面因為煤在燃燒而得到熱，但牠另一方面却也在失掉熱而使房間變為暖和。這就跟你把水放進一隻底上有洞的鉛桶裏去似的。水流進去愈快，那末，鉛桶裏的水面也就愈高；但這跟你放進去的水的總量，却是毫不相干的。

生 現在，我已明白了。就那腐爛了的樹說罷，我們可以做個

比喻，說是水流進鉛桶裏去的速度太慢了，所以我們纔看不見什麼的。但我們怎會知道牠慢慢腐爛時所放出來的熱，確是跟牠在普通燃燒時放出來的熱多寡是相等的呢？

師 這是從能常住定律裏引伸出來的一個結論。我們曾把這定律檢討過無數次，而每次總可證實牠是不錯的，所以我們可大膽地把牠應用到其他尙未經過檢討的情形上去而不致弄錯的。

生 但也許有一次竟是錯了呢；這並不是絕對不可能的呀。

師 可能當然是可能的。不過我們遇到這種情形的時候，總能根據我們所做的結論跟其他事實所發生的抵觸之處，把其中的錯誤發現出來。——動物跟空氣的相互關係怎樣你可知道？

生 動物沒有空氣是不能生長的。所以我把紙紮在我養蠶兒的那玻璃瓶口上之後，總要戳幾個洞在紙上，讓牠好通氣呢。

師 玻璃瓶裏除了蠶兒之外還有空氣。戳洞似乎不是必要的吧。

生 動物是需要新鮮空氣的。

師 爲什麼？

生 我祇知道我是這樣學來的。人要身體康健，也是需要新鮮空氣的呀。

師 一點兒也不錯；這當中唯一有關係的一點，就是動物跟人們都得有充分的氧氣纔能生活呢。呼吸的作用，就在於把空氣裏的氧氣吸到肺部去，在肺部被血液吸收了之後再輸送到身體的各部分去。

生 要氧氣在那兒幹麼呀？

師 要牠把身體燃燒。

生 這是講笑話的吧？

師 不，這是正經話。身體裏的作用，就跟我剛纔告訴你煤在地窖裏或樹幹在腐爛時所起的那些作用完全是相同的。身體裏的質素也會跟氧氣化合，不過沒有燃燒的木材那樣快就是了。

生 身體的溫度莫非就是這樣來的吧？

師 對啦。死人不能再呼吸，所以身體是冷的。但燃燒的作用並非僅此而已。身體須做各種工作，而工作是不能憑空得來的，所以必須有一種東西去供給牠纔行。這種工作或能也是由燃燒來供給的。

生 如此說來，你我的身體豈不應當早就燒完了嗎？

師 要是不加新燃料進去，可不是給你說對了嗎！我們吃下去的食物，就是加進去的新燃料。

生 如此說來，我吃木材跟煤也應當可以生活了。

師 祇要你吃下去能消化，換句話說，祇要你的胃能把這些東西變成可以溶解的化合物，給身體裏的液汁帶到週身去跟氧氣發生作用，那有什麼不行呢。例如木材，我們就能把牠弄細之後去喂牛，牛吃下去是可以消化的。那些鮮草和乾草的成分，跟木材的成分原是差不離的。

生 食物會在肺部燃燒嗎？

師 你以為呼吸時空氣是吸到肺部去的，所以食物就應當在那兒燃燒嗎？不是的！空氣吸到肺部之後，血就會把牠裏面所含的氧氣吸收了去，而把牠由血管裏輸送到週身的組織裏去。氧氣在那些地方跟溶解了的食物碰到頭，就會去燒牠們。食物除此以外還有一種功用，就是去補償身體中已用壞了的部分。你若拿身體跟一部蒸氣機來比較，那末，食物不光是那用以發熱的煤，並且還是那用牠來做修補材料的金屬呢。

生 一切動物都是這樣的呢，還是僅有熱血動物纔是這樣的呢？

師 你以爲冷血動物不會製熱，所以牠們就用不着吃東西了嗎？你若這樣想，那就錯了，冷血動物的體溫也總是高於四週圍的溫度的，何況牠們也都是有呼吸的呢。一切動物除開保持體溫之外，還得做各種工作，例如運動等等，所以牠們是非吃東西，非有氧氣不行的。

生 但植物是不會運動的，那倒是怎樣情形呢？

師 植物界還有非常特別的情形，你現在還不能完全了解呢。以後，我們還要回到這個題目上來；等到那時，你就能把這些問題的相互關係完全弄清楚了。

生 今天所學的東西真有趣極了！

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爲氧氣跟氫氣的；但牠們冷卻時，卻又會化合爲水，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氫化氫；我們可由後一名稱上看出牠是由氫跟氯構成的。

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。這兒是氫化氫的水溶液，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。

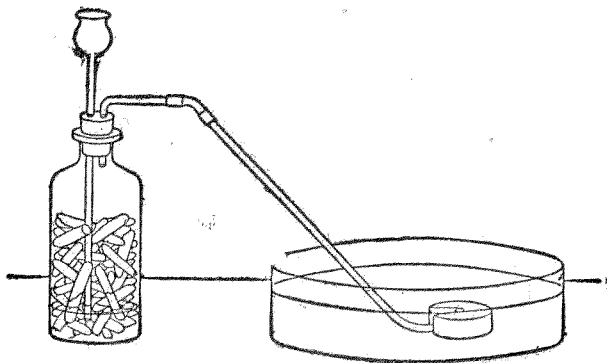
生 可不是，這是帶酸性的。但也是不好吃的，牙齒也給他弄麻木了。

師 因為牠是酸的，所以牠纔有酸這個名稱的。

生 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。

空 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，所以只要一點着，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，而鹽酸的細滴碰到皂子泡，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皂子泡裏面去的。

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。并且，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。

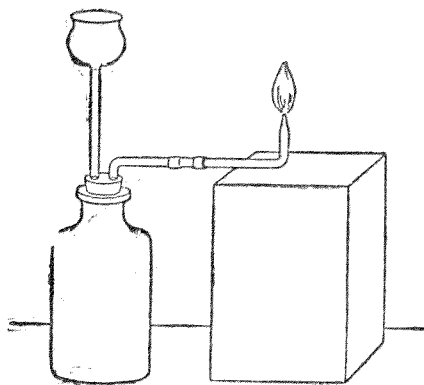
師 這你應當自己去發現纔對呀。你想一想，燃燒時會發生什麼作用？

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



第二十四圖

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。

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！

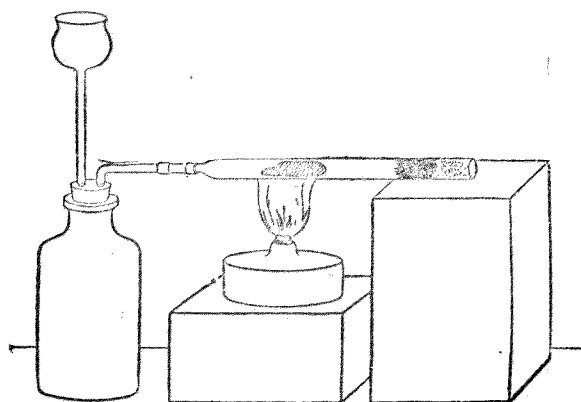
師 你拉得太快太用力了。不過這種頭髮絲也是一種玻璃管，因為當你拉牠的時候，玻璃是不會黏起來的。

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。

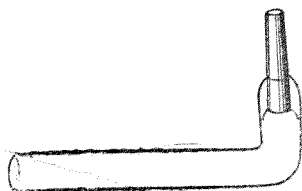
生 那是什麼原故？

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

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



第二十六圖

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。

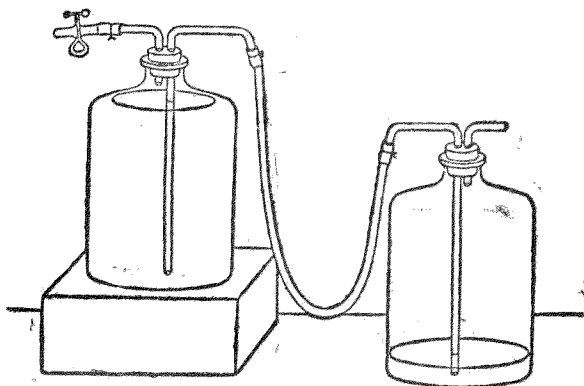
師 行雖行，可是不方便。我們只要把氧氣打到燃着的氫氣裏去，就能得到很大的熱了。

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^①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繫在氣櫃上，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出氫氣來了——

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？

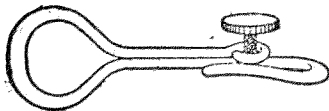
師 這你馬上就會明白的。現在，我把那隻能讓氫氣流出來的并夾關上，你看見什麼嗎？

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，若沒有石子舖在鋅的下面，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？

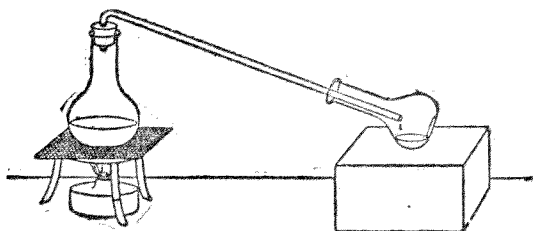
師 普通的水裏所含有的不潔成分是不會揮發的，所以是不能變成蒸氣的。現在，我取了一點普通的飲水在這裏；爲的要使你很明顯地看到牠是含有不潔成分的，所以再倒些墨水進去；我如果把這黑色的液體加以蒸餾，那末，餾過去的就是碧清而純潔的水了。

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，因為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。

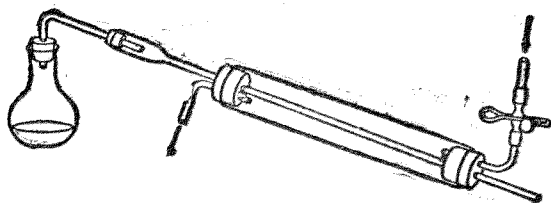
師 這辦法已經比較好些了。可是還有一個缺點：加進去的冷水會跟瓷皿裏的溫水混和起來，這樣一來，我們就得耗費很多的冷水了。我們不能加以改良嗎？

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却一些呢。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。

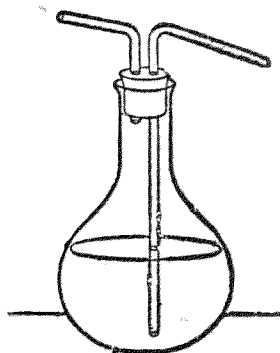
生 泉水雖沒有特別的味道，可是喝起來倒還適口。這水為什麼就這樣難喝呢？

師 因為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，因為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 水層的厚薄究有什麼關係？

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？

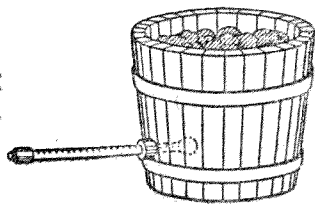
生 這我還記得呢。因為水的密度用作單位了，所以是等於一。

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？



第三十三圖

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

了。往往也會有一個小氣泡留在裏面，但牠是很容易去掉的。我如果先使水冷却，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，正和你在水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，使水冷却。

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。我們所能由科學獲到的一切，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，並且還入得可觀呢；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？

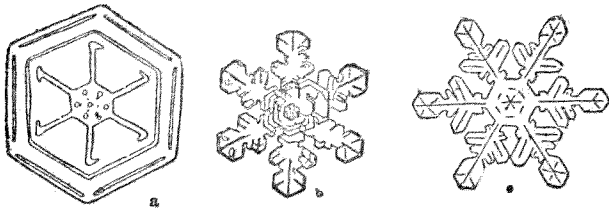
生 你是說結冰結的還不多的時候嗎？那時水面上會構成功針狀的冰，水窪裏就常有這種現象的。

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。

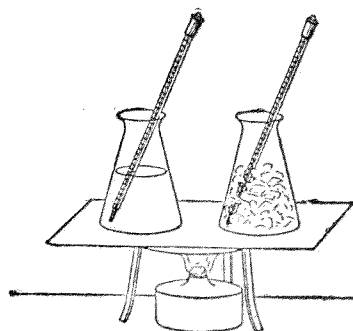
——冰的顏色跟液態水一樣，也是青的。

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



第三十五圖

精燈。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，可是牠卻不會變熱。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。但水冷卻時是怎樣情形呢？

師 冷卻時，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，

因為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，因為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，水也是可作為「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。因為這關係，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。

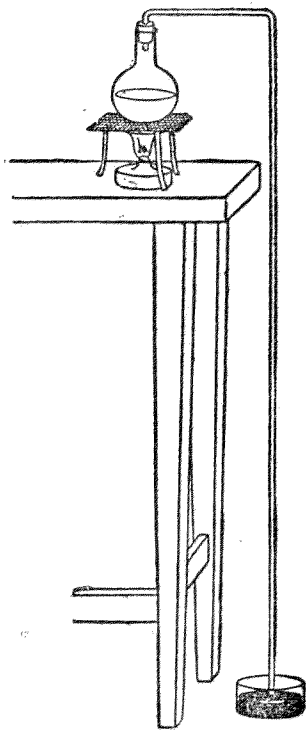
生 那我倒想看看呢。

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 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。熔解時通常是需要很高的溫度的，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？

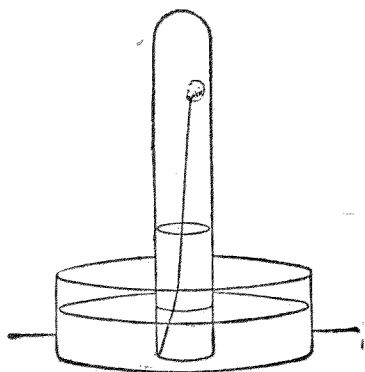
生 把任何東西，例如是燈火，放在空氣裏燒，就能把氧氣去掉了。

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

氣裏的氧氣通通去掉。我把一點點磷插在鐵絲上，等牠燒燬之後，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，現在裏面祇剩下氮氣了。

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。



第三十七圖

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

物，叫做鎂礬。你如果把牠溶解在水裏而把溶液跟石灰混和起來的話，那你也會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！鎗是用作破壞而不是用作工作的呀。

破壞也是一種工作，因為我們起初得給鎗鏹裏的子彈以

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？為什麼牠們不曾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^①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。

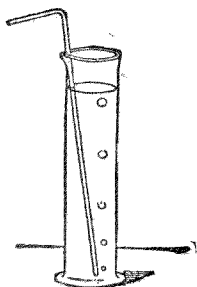
但我們爲什麼看不見空氣呢？

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。

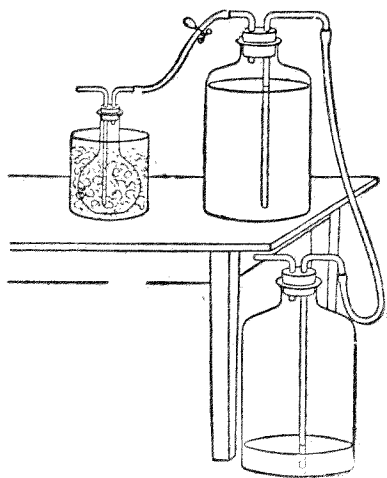
師 第一，空氣裏是否含有水蒸氣，你是極容易加以證明的。水蒸氣會在冷的場合凝結為露，還有空氣裏的水蒸氣遇着冷時會變成液態水而下降為雨，這你都是知道的。

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，就又可以應用了。

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。

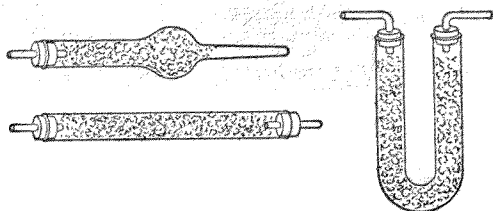
師 現在，試驗已做得很久了；你瞧，已經有很多霜在燒瓶裏沈澱下來了。

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氫氧化鈉（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氯化鈣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，所以你若把一小塊氯化鈣放在空氣裏，牠不到半點鐘就變成一滴水了。用氯化鈣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)	每立液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°	0.0228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場合呢。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，所以人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：我們為什麼在這些場合都要用煤呢？

師 因為煤在燃燒時會放出巨量的工作（其出現之形式為熱）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。

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 因為氧氣是氣體，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為煤是固體，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貴牠的。

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。

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。

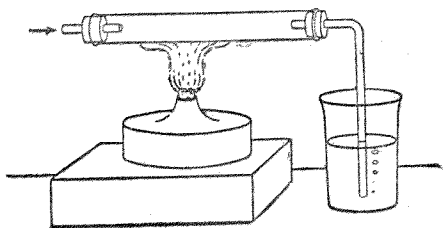
師 這理由還不充足，因為在高溫度之下可燃燒的質素並不限於碳一樣，而氧氣是會跟大部分的質素化合的呀。

生 但據我所知道，碳燃燒後是不騰下東西來的。

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騰下東西來的。

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，的確是能用這方法加以證明的。

師 且慢，不要說得太快了。這樣，^{*}你祇能證明金剛鑽裏含有[⊙]碳，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[⊙]碳，而祇能說牠裏面含有[⊙]碳罷了，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温度的原故，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。

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。

生 這一切，我現在可加以想像了。但是為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。我們為什麼不直截了當就叫牠做氧化碳呢？

師 因為除了二氧化碳之外，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，並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，可以闖出大禍來；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，而僅能構成一氧化碳了；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死，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。