

# 化學的神祕

劉遂生編譯

中華書局印行

民國三十七年八月發行  
民國三十七年八月初版

化學的神秘 (全一冊)

Chemistry and its Mysteries

◎ 定價國幣三元二角

(郵運匯費另加)

原 著 者

Charles R. Gibson

編 譯 者

劉 遂 生

發 行 人

李 虞 杰  
中華書局股份有限公司代表

印 刷 者

上海澳門路八九號  
中華書局永寧印刷廠

發 行 處

各埠中華書局



# 化學自修

## 目次

第一章	化學是幹什麼的？	1
第二章	怎樣認識化學呢？	4
第三章	幾種簡易的實驗	7
第四章	不能見的磚石	15
第五章	不能見的物质，怎樣變成能見呢？	22
第六章	理想的舞蹈	25
第七章	水是什麼物質組成的？	32
第八章	什麼是爆發？	41
第九章	燃燒能夠毀滅物質麼？	50
第十章	呼吸空氣發生什麼變化？	62
第十一章	電和化學	69
第十二章	從來沒有看見過的金屬	74
第十三章	神祕的物質	82
第十四章	更神祕的物質	90
第十五章	星光化學	98
第十六章	地球是什麼物質組成的？	107
附錄	重要元素表	111

# 化學的神祕

## 第一章 化學是幹什麼的？

小朋友對於有趣味的神話故事，想來是人人愛聽的，所以我先來講一個古代的神話，讓大家細心聽着：

相傳古代有一女子，名字叫做辛得勒拉(Cinderella,係煤渣女之意)，在家裏整天的做苦工；但她的後母姊妹兩人，都很驕傲的過着優越的生活，想天真爛漫的小朋友聽到這樣不平等的待遇，對於辛得勒拉一定要表同情了！所幸當後母姊妹舉行舞會以慶祝皇太子時，她亦在座，發見神仙教母降臨。小朋友當然喜歡推測教母來後的奇突變化：一隻南瓜，忽然變成美麗的馬車。六隻小老鼠，都變成灰色的花馬。另一隻小老鼠，變成強健的車夫。六隻蜥蜴，均變做身材高大而且遍體金黃色的僕人。還有一種奇遇，即是卸去她的破舊衣裳，換着滿鑲金銀珠寶的美服。其結局便是太子和她很美滿的結了婚。

這個神話傳遍世界，膾炙人口者，經久不衰。有人探其來源，必定遠在四千年前，埃及皇帝時代。今日若要獲得確實的證據，當極困難。姑不論是否如此悠久；但古代確有此種神話，可無疑義。說法容或略有出入；但傳遍世界却是無可否認的事實。

講到化學，有時竟像辛得勒拉的遭遇。爲什麼呢？因爲它的

美麗未被人認識。雖然做了有益於人類的苦工，人們却未加注意，眼見其姊妹科學如電學、天文學等，頭角崢嶸，蒸蒸日上，遂至忽視了化學的功績（正和做苦工的辛得勒拉相彷彿）。但我並非侮謾其姊妹的科學（亦即妬忌安享優美生活的姊妹）。所以說化學像做苦工的辛得勒拉的原因，係要表明化學曾經被人們所忽視過的！

小朋友如果聽到化學上的奇突現象，自會發生濃厚的興趣；但最初聽到神祕的現象，恐怕也不容易就相信呢！如將神祕的現象，給小朋友觀察，加以解說，小朋友們自然可以深信了。

設有兩瓶各盛無色的氣體，我告訴小朋友說，這兩種氣體結合，就成功尋常的清水時，小朋友定將認我是在說笑話！但在化學上講來，確實是對的。小朋友讀這本書不到半本時，早就知道這是確論，深信不疑了！

開始講這故事時，就有好問的小朋友，急不及待的問道：化學是幹什麼的？

化學當然是研究些科學問題的。什麼是科學呢？我們可以說科學者，係研究學問的東西；嚴密說來，科學乃是一種有條理的學問。化學是科學中的一分枝，專門研究物質的變化、成份的異同以及其用途的。今舉例來說：化學說明空氣的成份和人類呼吸空氣所發生的變化；小朋友中決沒有認為呼吸空氣，僅僅是好玩的。化學又敘述水的成份，以後小朋友們自然可聽到有趣的事實。

今有特種金屬於此，遇水便易發火。如與刺鼻難聞的某種毒

氣結合，便生成日用必需的食鹽。這一個神祕的變化，諒小朋友是難以相信的。但經詳細研究，就會知道確係事實。實際上，不用這種方法採取食鹽；因地球裏有大量的鹽床，海水裏含有多量的鹽汁呵。若將海水煮沸，水分蒸去，即有固體鹽粒殘留。用這種方法可以說明鹽床生成的原因，但食鹽怎樣到海水裏去的呢？

地球自有歷史以來，總有一個時期海水中是沒有食鹽的。後因河水侵蝕地殼，被溶解的食鹽才逐漸流入海中。

化學又講到煤炭燃燒所生的變化，以及生熱的原因。煤燒盡後，煤究竟往何處去了？但生成別種物質，並沒有真正的消滅！

小朋友站在安全地帶時，都喜歡看看爆發的玩意，因爆發現象神祕而有趣。化學說明爆發所生的變化。化學是人類的好友，協助吾人避免爆發所生的危險。又明白告訴我們使用爆炸藥，而不致傷及人畜的方法。像汽車和機器腳踏車等，都是應用爆發作用，才能夠行駛的。

開掘礦穴，真是一件千辛萬苦的工作；如果取用炸藥，炸成深洞，並不費事。化學又說明炸藥的製法及避免礦中意外危險爆炸的方法（因有一位化學家，發明了礦用安全燈）。

化學詳述製藥的方法，用於醫病，減輕痛苦，延年益壽，化學真是人類的救星！

食物消化的作用，身體溫暖的道理，維持生長的要素，以及呼吸空氣的原因等等，化學都明白告訴出來。忽有一位小朋友問道：化學上許多物質，又怎樣認識呢？

## 第二章 怎樣認識化學呢？

小朋友聽到別人的說話，才知道一些物質的名稱和用途，實際上自己發覺的却居少數。例如自家所有的物質，多經過父母師友等說明，才知道許多名稱。又常說出一些物質，祇是書本上看到，實際上從來沒有看到過的。

小朋友今日所看到的物質中，有些在祖父時代，從來不曾夢想得到的。這是什麼緣故呢？因為化學家不斷的發見新物質，並將其方法傳授後人的緣故。我們的祖宗所知道的物質，比我們現今所知道的少得多，因知遠古時代的初民，對於物質的真義，實際上知道的，是極其微少的。按人類富有創造性，能將許多物質的真義發見出來。小朋友知道地球上自有人類以來，他們就會發見物質的，但怎樣知道化學上的物質呢？我們的祖父時代發見的物質實已不在少數。某老化學家曾經說過：在青年時代，的確可說是無所不知，無所不曉；但在現在，不敢再作這種誇大的論調了。為什麼呢？因有很多的新物質，是最近才發明或發見的。

化學的研究，是在何時何地發軔呢？追溯其起源，在數百年前，發祥於僧院之中。

英國有一位僧侶叫做培根（Roger Bacon），生於七百年前。博學多能，曾經著過化學書，深信是英文本中的最早者。培根從什麼地方獲得這種學問呢？

這位僧人藏有大量阿拉伯文化學書，係從阿拉伯經過西班

牙而來的。我們要感激阿拉伯人，不僅是因為著有天方夜譚等著名的故事書，且因其首創藥方，為今日醫藥界的先鋒！

阿拉伯人又怎樣獲得化學知識呢？根據歷史上的考證，係從古代埃及而來，似乎不致錯誤，因知化學的寶庫，藏於古代埃及者必經歷長久的歲月。為什麼會到阿拉伯呢？當不難於推測。因為千餘年前，阿拉伯和埃及發生了戰爭，阿拉伯於戰勝之餘，乃將所有化學著述，席捲而歸。

古代的化學家，應稱為“鍊金家”；至於近代的化學家，仍被稱為“化學家”。這是什麼緣故呢？

古代的“天文學家”被稱為“占星家”，係因古代的占星家並不是研究星象而得到真正的知識，僅係觀星象而占吉凶的。用星象之說，預知禍福，以博人民的信仰。今日科學昌明，這種“占星家”在淘汰之列，自屬當然。

“鍊金家”却不像“占星家”。鍊金家中不乏熱心研究化學的人，惜其目的並不在獲得各種物質的知識，祇是尋求賤金屬（如鉛等）變成黃金的方法。倘有人果真獲得這秘密，當然可以獨享富有，但必須嚴守秘密，否則被人竊獲，於是黃金之多，俯拾即是，其價值必不能再比鉛鐵為貴。

鍊金家因有此種不得已的苦衷，乃將其想像的發見，用荒謬的文句寫出。所以古代埃及鍊金家所著之書，都是荒唐不經之詞。這些書籍傳到羅馬，就被皇帝放在火裏燒燬了。

化學的著作，約自第四世紀始。在一千二百年前，有一本化



學書，係阿拉伯人吉伯 (Geber) 所著，書中語多悖謬。話雖如此，此種觀念，並不希望小朋友完全拋棄。他們曾經發見許多新物質，惟對於少數可協助“變賤金屬為黃金”者，才感到興趣。有此功效的物質，就叫做“哲人石”。鍊金家又發明許多化學方法，但除有助“哲人石”的搜索者外，餘多視為無足輕重。

鍊金家在實驗室中，不僅努力“變鉛成金”的實驗，而且滿望發見長生不老的藥品。英國僧人培根，在六百年前所著的書上，有這樣的一段故事：“某日，西西里島 (Sicily) 有一位老翁，正在田中耕種，忽然發見一隻金瓶，滿貯黃色之水。老翁乃一飲而盡，遂變為翩翩的美少年！”我期望小朋友說一聲：“胡說！”小朋友說得對呀！這件事真是荒謬絕倫！然而培根竟將這種無稽奇遇，獻呈羅馬教皇。聰明智慧如培根，他竟相信這種荒唐故事，可無疑義。

變賤金屬成黃金的觀念，並不因鍊金家的絕跡而消滅，雖時至二百年前，化學家仍信變鉛成金之說。但自此以後，這種觀念乃漸趨於消滅。

地球中有定量的黃金，人力是不能增減的。有一位小朋友說從金礦中製出黃金。實際上不能說製出黃金，因為金礦中的黃金並不像煤礦中的煤塊。金礦取出，並看不到金黃色的黃金，要用機器磨碎石塊以後，才可以分離而出。因此，黃金不可以說係製出的。

鍊金家早就知道金礦的一些事實；但未明瞭黃金是有定量、

人力對它不能增減的，於是不斷的努力，搜索賤金屬變為黃金的方法，已如前述。鍊金家常說探索“哲人石”，如果獲得，便可變鉛為黃金了。

鍊金家常有一種幻想：以為有一種“幻石”，和小說上所說的“仙棒”有同樣的功效。他們相信有些物質和鉛作用，就會逐漸變成黃金。鍊金家一心搜索這種神祕物質，但對於其他物質，則漫不經心，如此經過悠久的歲月，於化學上很少進步。雖到了距今二百年前，化學家還沒有放棄“哲人石”的搜求。等到覺悟這是沒希望的幻想時，才開始做些實驗，以期明瞭物質的性質，到了這時候，真正的化學研究才產生出來。

今日化學知識的豐收，多係由實驗而來，所以先做幾種實驗看看，想小朋友們是一定歡迎的。

### 第三章 幾種簡易的實驗

小朋友對於實驗，大都是喜歡玩弄的。本想將許多實驗，詳加敘述，祇因一則要有大量實驗器具和藥品，二則有許多實驗很難做難解，三則譯者已寫就幾本專供實驗的書（1. 化學幻術；2. 初中化學實驗室——中華；3. 化學娛樂與實驗——商務），不必再重複列舉。所以決定選擇下列幾種簡易的實驗：

先講氫（俗名輕氣）的製造——輕氣瓶中如果誤混進空氣，點起火來就要爆發。實驗時應該特別當心，

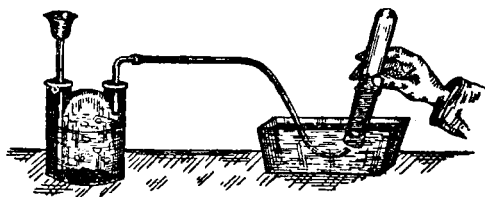
雖說是製造輕氣，但輕氣並非由別種物質組織而成的。譬如

女小朋友會攪糖於麵粉中，調以清水，捏成各種形狀，放到蒸籠中製成熟糕餅。但製造輕氣，並不能應用此種觀念：因為糕餅係糖麵等物的混合體；輕氣祇有氫的成分，並沒有攪雜了別種成分。所以說製造輕氣，是要從含有氫成分的別種物質中，設法引導出來。因為存在某物質中的氫，是與別種成分錯雜組合，而不是分離存着的；祇是某物質中的一種成分，並不容易把它分出的，因之要用些化學力量，才可以把它提取出來。

分離氫的工作，要應用玻璃瓶和試管。我來裝置，希望小朋友留心觀察：

先取兩口瓶一隻(大口瓶代替亦可)，兩口各裝木塞。一塞之上插有長頸漏斗，伸到瓶底，以便傾注液體之用。另一塞上插一曲玻璃管。管上套一橡皮管，引至水槽中。另取試管一支，滿盛清水後，倒立於盛水的水槽中。再將橡皮管口移置試管口下。如第一圖的式樣。

小朋友看見這支曲玻璃管，不知道怎樣彎曲而成。我乃取一玻璃管，送到燈火上燒灼。且燒且轉，等到紅熱時，輕輕向下彎曲，離火待冷，便可製成。若讓小朋友去做，什九是失敗的！為什麼呢？因為小朋友大



第一圖 製造輕氣

兩口瓶中發生的輕氣，經由細玻璃管，達到水槽中，生成氣泡，將試管中的水壓下，遂獲得滿管的輕氣。

半性情急躁，不及等到燒紅，便用力硬去彎曲，結果便容易折斷。

兩口瓶中發生的輕氣，不能從漏斗中逃出，因漏斗腳沒於液內之故。祇好飛向曲玻璃管，經由橡皮管，從沒於水中的管口上逃出，即被倒立的試管所捕集。

輕氣究竟從什麼地方發生呢？先盛入幾塊鋅粒（這種金屬，外觀上似鉛，惟硬度較大）於瓶中。有一位小朋友說鋅粒不是輕氣的來源。鋅係一種單物質，祇有鋅的成分，而沒有別種成分。這個說法，當然是對的。另有一位小朋友說鋅中既然沒有氫，為什麼要將它投入瓶中呢？我惟一的答覆是“靜觀後效”！

次取水半杯，滴入少量之酸。此時桌上置有鹽酸和硫酸各一瓶，兩種均可有效；躊躇半晌，決定取用硫酸滴入杯中（萬不可將水傾入硫酸中，因硫酸飛賤，容易傷人）。然後將這種液體，從漏斗口注入，遮沒鋅粒。立刻發生氣泡，冒出液面，這就是輕氣泡，當由曲玻璃管而至橡皮管口逃出，捕集於試管中。小朋友以為我所捕集的，一定是輕氣，其實並不正確；因兩口瓶中本來有空氣存在，初發生的輕氣，當然要努力驅逐瓶裏的空氣，所以起初所捕集之氣泡，係空氣和輕氣的混合物。如果用火燃燒，就要發生爆發。所以製造輕氣 必須先放棄許多氣泡，大約要等待幾分鐘以後，空氣已被驅盡時，方可捕集！

既隔數分鐘後，可以捕集純粹的輕氣了。怎樣知道試管中的輕氣，不再混有空氣呢？方法很容易。先將試管裝滿水後 試管中就沒有空氣。再將試管倒立於水槽中，水不致流下。此事可另作

一個簡單實驗證明之：試輕輕提起試管，祇要試管口不離水面時，試管中的水即不致下落。今將試管傾斜，使空氣得鑽進少許，試管中就發生氣泡，致將試管中的水稍稍壓下。

今將兩口瓶中的輕氣，通入盛滿水的試管中，試管中就發生氣泡，將水壓下。等到試管中的水全落下，試管外面隨即發生氣泡時，方可提起試管，離開水槽，口仍須向下，迨移近火焰時，即將管口對着火焰，就發生暗淡的火光，輕氣燃着。更做一個爆發的實驗：試管中盛水約及三分之二，其餘的三分之一空着，當然是空氣，倒立於水槽中，照樣捕集輕氣後，燃火即生爆發之聲！檢視試管，並未破裂。因為試管口大，爆發的氣體得從管口逃出。如果用細口瓶，爆發所生氣體，一時不易逃出，便轟然一聲，玻璃瓶爆裂，甚至碎片橫飛，很是危險！如瓶內空氣未曾驅盡，則所捕集的輕氣燃燒時亦有爆聲，藉此可以證明瓶內空氣究竟已否驅盡。

輕氣顯然是從鋅粒上發生出來的，却沒有人料到是從鋅以外的物質發生的。小朋友的判斷能力薄弱，原不足怪！

有一位小朋友說，輕氣不是從水發生，便是從酸而來。這個判斷，是不錯的，但未見得是聰明的判斷；因在瓶中，除了鋅、水和酸以外，並沒有別種物質存在。

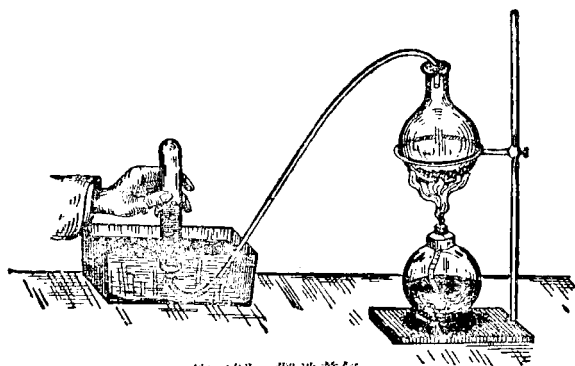
• 設有兩人，站在已被打開的保險箱傍邊（要假定沒有第三者來過），當然可以斷定不是甲開，就是乙開的。但須提出證據，證明究竟是誰開的，方為合理。•

另有一位小朋友，知道水的成分中有氫存在，因之相信氫是

從水中出來的。這個說法，亦不能令人深信無疑，必待證實酸中不含氫以後，才可以使人確信呵！譬如說：有一位慷慨輸將的朋友，投進救國捐箱中十萬圓，可以料到是某甲所捐輸，因為他很富有；但事實上某甲是個守財奴，分文未曾捐輸過。某乙雖無多金，因念國難嚴重，愛國心殷，的確慨然捐輸了這筆鉅款呢！

或有人認氫是從酸中發生的。這種判斷，仍恐不免出於猜測。話雖如此，這個猜測却是對的。且說瓶中化學變化究竟怎樣呢？這種酸是由氫和別種成分組成的（此處未便深究）。等到起化學變化時，那個別種成分就和鋅化合，將氫的成分放逐出來，而成氣體，直衝而出，捕集於試管中。可以燃火，發生暗淡色之火光；或者混進空氣，作爆發的實驗。

次講氧（俗名養氣）的製造——養氣的實驗，當然是小朋友所喜歡玩弄的。祇要明白第二圖，就容易知道實驗的方法。



第二圖 製造養氣

燒瓶中送進藥品後，加熱，即發生養氣。這種氣體，經由細玻璃管達到水槽中，生成氣泡，排去試管中的水，即可集滿。

取硬玻璃製的燒瓶一隻，瓶口裝一木塞，塞上穿洞，插入一支彎曲長玻璃管。燒瓶架於一隻鐵架上。瓶下放酒精燈，以便燒灼。一位小朋友問道，瓶要燒破麼？我說祇要瓶中是十分乾燥，並不容易燒破的。

小朋友要留心投入瓶中的物質：取少許白色結晶體，叫做“氯酸鉀”，再加進一些黑色粉末，叫做“二氧化錳”。兩種物質混合均勻以後，即送進乾燥的燒瓶中加熱。小朋友不免這樣想：養氣是從二氧化錳中發生的；因為這種藥品中有氧成分存在，這種論斷是對的。若說養氣是從氯酸鉀中發生出來，當然也是對的，因為氯酸鉀中亦存有多量氧之成分。若將這兩種物質，分別放進燒瓶中加熱，都可以製出養氣。話雖如此，今將兩種藥品混合後加熱，不必要高溫度，就會發生養氣。

試看水槽中有氣泡發生。等燒瓶中空氣驅盡後，就集滿一試管的養氣。有一位小朋友，用警告的語調促我注意，勿將試管接近火燄，在他的意思，以為像輕氣一樣，要發生爆發的。但因養氣不能燃着，雖混有空氣，亦無爆發的危險！

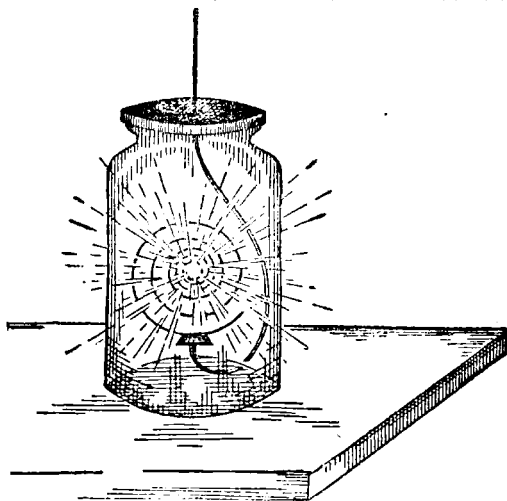
養氣既然不能燃燒，怎樣知道試管中是養氣呢？這種氣體雖是不能燃燒，但能幫助別種物質燃燒，發生強烈的光輝。今將滿管的養氣來作實驗：

取中國舊式蠟燭一支，着火以後吹熄火焰，殘留火星，隨即送進養氣管中，火焰復發，大放光輝！

另有一種實驗須取滿一大瓶養氣，方可做得。我說一支鐵

絲，可以在養氣中燃燒，小朋友聽到，準會說我在“說笑話”。但事實勝於雄辯，且看我來實驗。法將一支鐵絲繫於燭杆上，另端繞以火柴。火柴着火後，隨即送到養氣瓶中（瓶中應稍留水，以防瓶破）。火柴燃盡時，鐵絲即開始燃燒，發生強烈的星光，四處飛濺，煞是好看！有如第三圖式樣。

另有一種實驗，也是小朋友常喜歡玩的。取大號玻璃瓶兩隻，一隻盛滿養氣，另隻不盛什麼（即是盛滿空氣）。將燭杆上的短燭，燃火以後，沈入空氣瓶中，繼續燃着片時後，火焰即逐漸暗淡，終至熄滅。乘其火星未熄時，趕快移入養氣瓶中，則火焰復發，光輝強烈，令人目眩！如第四圖的式樣。如果燭匠製出的蠟燭，在空氣中燃着，能放出如此強烈的光輝，真可享受無上的榮譽了！

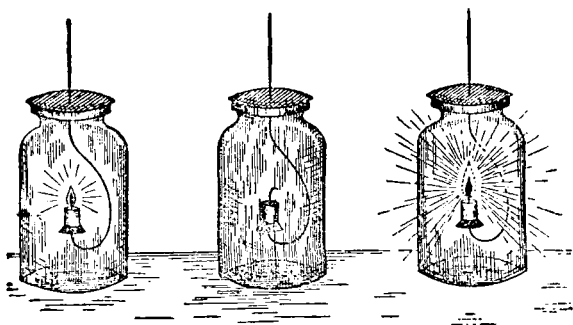


第三圖 燃燒鐵片

試將鐵用鋼質發條燒紅，沈入盛氧的瓶中，鋼即燃燒，發生炫目的強光。

燃燭於空氣瓶中，為什麼頃刻即歸熄滅呢？有人說，是瓶內的空氣用完了。這個說法，未見確當。因為一瓶空氣中，倒有大





第四圖 燃燭的實驗

左瓶中係空氣，盛入燃着的蠟燭，片刻以後，火即熄滅，如中間的玻璃瓶所示。其原因已在本文中說明。右瓶中滿盛養氣，燃燭沈入後，能放極其明亮的光輝。

部份的氮(俗名淡氣)，不能幫助燃燒。假定一瓶空氣均分作五等份：淡氣約佔四份；養氣祇有一份。空氣大約是四份氮和一份氧的混合物。着火之燭，既將一份的氧耗盡，剩下淡氣，便不能再助燃。那末一份養氣，用到什麼地方去了呢？它和蠟燭成分中的碳結合，成爲另一種氣體，叫做二氧化碳，或叫做碳酸氣。這種氣體，妨礙燃燒，非常厲害。設將燃燭伸進二氧化碳中，立刻熄滅，彷彿像伸進水中一樣。

再講二氧化碳(俗名碳酸氣)的製造——取製氫用的兩口瓶一隻，中盛大理石十餘粒，浸沒水中。由漏斗口注入鹽酸，便發生二氧化碳氣體，由另一曲管放出，通到直立的大瓶中即得。

將一隻老鼠，投入盛二氧化碳之大瓶中，不久便會結果它的性命，像落水溺死一樣。

有一位小朋友說，把一隻老鼠送到養氣瓶中，將有什麼現象呢？一隻老鼠落到養氣瓶中，頗呈歡欣鼓舞之狀。因得大量養氣供其呼吸，所以它的性命能維持得很長久；但俟養氣耗盡，還是要悶死的！

總括上面的幾種實驗。小朋友們已經知道氫、氧、氮和二氧化碳的幾種重要性質了。

輕氣還有一種特性，我們還沒有注意到呢！輕氣的重量極其輕微，所以俗稱輕氣。尋常要將一種液體或比空氣重的氣體傾入另一器中時，祇要由上向下傾注便可；但若將輕氣移進另一器中，必須使它由下向上浮升才有效。輕氣由下向上浮的情形，就同空氣從水向上浮一樣。

所以氣球裝進輕氣，可以直昇雲際。齊柏林(Zeppelin)飛船，載客裝貨，飛渡大洋，就是利用輕氣球的力量。

輕氣是萬物中之最輕者。養氣、碳酸氣等都比空氣重。如果室中空氣沈靜，可以將這些氣體向上或向下傾注於別種器皿中。

若再講些有趣的事實，當然是好的；但如講些目不能見的理論（暫且叫做“不能見之磚石”），則對於明瞭物質的性質，想來更有益處！

## 第四章 不能見的磚石

關於“不能見的物质”的故事，想小朋友多少總知道一些。例如從前有一個殺人妖精名叫傑克(Jack)的，於佯稱救得三頭大

妖性命之後，接受了三件法寶，其中之一，是一件衣服，可以使他隱身有術。祇要一衣被身，就沒有人能夠看見他的身體。傑克自從獲得這種禮品以後，便能殺死“拘禁美婦的老術士”。

又有希臘神話中叫做“盞”的故事上說，如果頭戴這種盞時，可使身體完全隱沒不見。更有“皇帝的新衣”一故事，係古代著名童話家安徒生(Han Christian Andersen)的傑作。這個故事，係講兩個騙子，佯稱織成一件美服，凡職位不稱的人或是愚人去看這件神祕的衣服時，就具備着不能見的性質。小朋友知道人民、政府官員，就連皇帝本人，對於這妄稱織成的衣服，如說看不見時，就有被稱為愚人或不稱職的厄運，於是大家祇好齊聲謊言看見這件衣服了。又說皇帝着上這件神祕的衣服出巡時，人民雖不見此衣服，却個個都贊揚這件衣服的美麗；但當一位小朋友一聲道破皇帝並沒有穿着這件衣服，傳遍以後，就連驕傲的皇帝，亦深信不能見的事實，乃係確實沒有這件衣服的存在。

但我要告訴小朋友的“不能見的磚石”，却與此迥異。磚石雖是渺小得不能見，但確實是存在的。

前章所做幾種實驗，像輕氣、養氣等，眼睛是無法看見的，但是有方法能證明其確實存在。那末，不能見的磚石，竟是什麼呢？

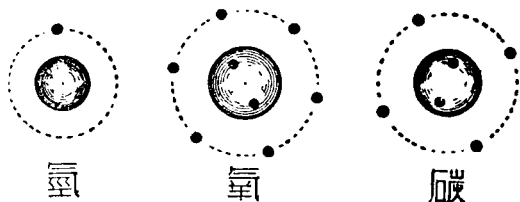
小朋友不可誤認物質除不能見的性質外，是和尋常的磚石相似的。所以用“磚石”兩字來敘述的原因，係因世界萬物都是由它建造而成的（當然連人也在內）。所謂不能見的磚石，並不是像

尋常磚石的縮影，小朋友應記得在第一章裏，曾經設想化學好比是一個可憐的女孩子。外觀上當然是不相類似，但可幫助着表明隱藏的化學美麗。同樣，以不能見的粒子當作磚石來看待，可以幫助人們相信萬物係由這種粒子組成的。科學家對於這種不能見的磚石，就命名叫做“原子”。

不能見的磚石究竟是什麼物質所組成？這些磚石都相同嗎？究竟多麼大小？現在有一個好機會，以測驗我們的想像力。小朋友或者善於想像，會捏造神仙的奇特動作，則對於我所說的渺小原子，當更易想像了。但小朋友想到神仙故事，知道是虛構的；想像到原子時，這的確是實在的，應當記清。

首先要解說一個問題，是不能見的磚石（原子）究竟是什麼物質所組成的？當我說原子是“電”組成時，小朋友準會立呈驚駭狀態！以為這話非常滑稽！但總得相信原子完全是電所組成！這裏有幾個原子圖，倘若真能看見原子，想來就是這個情形。

小朋友看第五圖很奇特！圓黑點是什麼呢？中心陰影是什麼呢？陰影外圍的虛線圈又是什麼呢？



第五圖 原子圖

原子究係什麼物質組成的？試

讀本文，便易知曉。

圓黑點是假定表示電的粒子。小朋友曾經聽得電有兩種麼？這是很容易證明的：一種叫做陰電；另一種就叫做陽電。因要保

持化學的範圍，這個道理暫且不表。

圖上圓點表示陰電粒子，中間陰影表示些陽電核。試看這圖上三個原子的陽電核外，都圍着陰電粒子；僅有兩個原子的陽電核中間含着陰電粒子，陰電粒子就叫做“電子”。原子的周圍，爲什麼用虛線圈呢？因爲電子並非停止不動的，是繞着陽電核依圓形而運動。所以畫成虛線圈，是表示電子所走的路線。

陽電核中的電子，當然也是運動着，很像環形舞中電子的繼續舞蹈。什麼時候才停止呢？是永不停息的。就是所謂“永動”。如果小朋友以爲永動（永不停息）是不可能，祇要注意天空的月球總是繞着地球而行的情形，就容易明白了。月球繞着地球，而地球又繞着太陽運動，歷億兆年而未見停息。如果讀到天文學書籍，便可知道還有許多星球亦是運動不息的。同樣，電子也是繞着陽電核，以極大的速度運行着。所以一個原子，實際上是一種渺小的轉動電子系——祇是電的運動。

像第五圖，是表示三種不同原子的形式。除電子數目不等外，其餘都是相同的——電子組成。具備不能見的磚石，一切物質都可建造出來。一種物質可以僅用一種磚石建造；也有用兩種或兩種以上的磚石建造而成，這就是生成各種物質的大原因。

原子祇有第五圖所示的三種麼？不對！已經發見了九十餘種原子。如果有九十餘種不能見的磚石，每種各備若干，建造各式各樣的房屋，小朋友知道能造若干種呢？

純用一種磚石可以建造一所房屋，就叫做單屋；用二種磚

石，或者三、五種不同形式的磚石來建造房屋，就叫做複屋。

依同樣的道理，有些物質係純用一種原子組成，叫做單體，例如氫是單體，完全係由一種氫原子組成的。此外氧、鋅、碳等物質都是單體，又叫做元素（見本書末頁）。水係一種化合物，因係氫原子和氧原子化合而成的。

一位小朋友說他自己是由原子組成的。當我說“的確不錯”時，他又說是由一種原子組成的。這位小朋友天真爛漫，說出這種話來，却沒有人能相信人是單體。人體係由多種原子所組成，主要成分為碳、氫、氧以及氮等。人體不僅是多種化合物所組成，而且具有生命。生命的存在，可使組成身體的原子不斷的起化學變化，以組成新物質。組成吾人身體的原子，和組成別種物體如星球等的原子是沒有兩樣的。這件事實，豈不神祕麼？但原子既不能創造，却亦不能毀滅，祇能夠將不能見的磚石來建造各種物質，但希望小朋友記好，人類並不是由單純的原子所組成，是由原子組成的多種化合物構成的。

談到單體和化合物時，有兩位小朋友發生爭執。我說食鹽是一種遇水發火的金屬和一種有刺激性的氣體組成的。一位小朋友說這是錯誤的，因為曾經見過這種金屬，名字叫做鈉，比鉛還軟，容易用刀切開。一小塊鈉放到潮濕紙上，便會發火燃燒。又曾看見別人做過我所說的一種刺激性氣體的實驗，顏色黃綠，叫做綠氣（學名氯）。倘若食鹽真係這兩種物質混合而成，不信可以送進口中。這個爭論漸趨激烈，所以我必須出任仲裁，來說明究竟。

假使食鹽係鈉和氯混合而成，食鹽不能進口，這句話我很贊同，因為我不願口中有火花發生，甚至腸胃中亦起火爆發；也不願吸進綠氣，因有刺激難堪的氣味。我從來不曾說過“食鹽係鈉和氯的混合物”這句話。我的意思，是說食鹽係由鈉原子和氯原子組成的化合物。小朋友應該明白。

小朋友還是嗷嗷不休的辯着，以為這和鈉與氯混合以成食鹽的意思無甚分別。此時我亦認為所講的還未能滿意，於是再用比喻來說明：

設有勞工數人，運來許多磚塊；另有工人運來大量琢就的石塊。乃僱工用磚建造一個高聳的烟囱。離此數十步外，另用石塊砌成一座廠屋。小朋友自會知道磚造的烟囱和石建的廠屋，是兩種絕不相同的建築物，烟囱形似圓柱，直升高空，不能當廠屋之用；廠屋寬大，却亦不能充烟囱之用。這兩種建築物，性質和用途是完全不同的。

設若磚石齊備以後，事實上並未建造烟囱和廠屋，而命工匠建造一所偉大的科學館。用石砌外牆，磚砌內牆。那末，現時用於造科學館的材料，即是準備砌造烟囱和廠屋的材料。但這座科學館，并非連接烟囱和廠屋而成，事至明顯。小朋友，烟囱和廠屋永不存在，和科學館是沒有關係的。但事實上，用以砌造烟囱和廠屋的材料，與建立科學館的材料，沒有分別。

我想小朋友應當知道這種比喻的意義了。純粹鈉原子可以組成一種物質——金屬鈉，遇水而有發火的奇特現象。有些小朋

友問，爲什麼發火呢？此是後話，容再答覆，較爲妥當。此刻所要注意的，是鈉原子組成金屬鈉，氯原子則組成另一種氣體。不能硬將這兩種物質混合起來。倘使在沒有組成金屬鈉和綠氣時（相當於未建烟囱和廠屋時），鈉原子和氯原子結合成爲白色固體化合物，這叫做氯化鈉，就是食鹽。食鹽這種物質，既不是金屬，又不是氣體，更不是兩種物質的混合物。

我深望小朋友要相信食鹽、水等化合物，并不是由兩種或兩種以上的單體混合而成的。化合物和單體的物質，好比是不同的建築物。我們建立的科學館，雖說係用同樣的磚和石建造的，却不是烟囱，又不是廠屋。我之所以不憚煩，設喻申說，期望小朋友十分瞭解者，因爲我覺得有些成年的學生，一部化學雖學習過半或竟習完以後，而對於化合物、混合物和單體的區別，往往還弄不清呢！

黃金是一種單體，係金原子所組成。有人以爲一個金原子，卽是一個不能見的金粒子，倘使原子係能見的，那就是金黃色的一微點。這是錯誤的，金原子並不是呈黃色堅硬的固體，一切原子祇不過是些電子跳躍的一環。因原子能結合，乃成爲不同性質的物質，如成爲固體、液體或氣體。氯原子并不是氣體，也沒有氣味，更沒有黃綠之色，不過假想是一個簡單的原子而已！等到其真正存在時，已是許許多多的原子互相結合了。

若常留意原子祇是跳躍電子的一環，就不難瞭解食鹽的組成：它雖是由組成金屬鈉的鈉原子和綠氣的氯原子結合而成，然



與此兩物是完全不同的。這種區別，比較廠屋、烟囱和科學館，還要來得顯明。

有些小朋友說，能見的物質係由不能見的原子所組成，不懂這是什麼道理？所以我決心在下章裏詳加解說。

## 第五章 不能見的物質，怎樣變成能見呢？

在前章裏，已經知道皇帝的衣服是不能見的；因為祇是想像其存在，決沒有實際存在的道理。我所說的不能見的磚石（原子），雖不能見，然而實際上是確實存在的。

小朋友如果看顯微鏡，就知道鏡頭底下的物質，是非常放大的。譬如觀察蠅翅的邊緣，可以看到很細的絲。觀察蕁麻葉背時，可以看到滿貯毒液的尖刺。小朋友一不小心，手指誤觸到這尖刺上，所以感到痛楚，就因為有毒液侵入的緣故。

從顯微鏡中可以看見一些微生物，想小朋友都已知道。我正想說明什麼是微生物時，適有一位小朋友說原子比微生物還要微細，這句話自然是對的，因微生物往往由異種原子千萬隻組織而成。有些微生物非常微細，雖是高度顯微鏡，也不容易看得出。聚集幾百萬個原子才成功一個微點般的微生物，所以我們休想看見原子的真面目。雖用極高度的顯微鏡，亦沒有方法看到原子；即使數百個原子聚在一起，還是不能看見的。如有幾百萬個原子結合在一起，成功微點時，祇有用極高度顯微鏡才可以看得出來。

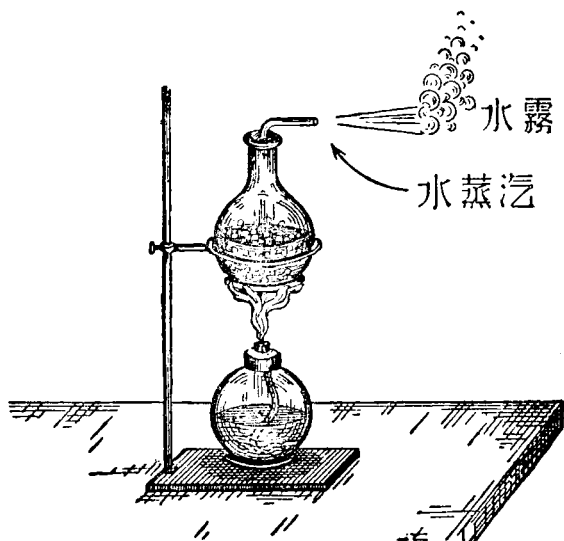
假設我們乘坐飛機，上昇高空，作飛渡沙漠的壯舉，沙漠中雖間有旅行家騎在駱駝背上，向前進行，但因飛得很高，俯視大地，却不得見。雖着黑色之衣，也不能發見其絲毫痕跡，這實在是飛得很高的緣故。縱使三五成羣，亦不能見；然若千百成羣，結隊而行時，或可隱隱約約看見好像一縷黑線，緩緩前移，彷彿像蚯蚓般的蠕動。當然不能將個體分辨清楚，料想是一羣人畜向前進行而已。設若吩咐這一羣人畜，逐漸分散，使兩者之間各離若干距離，依然繼續前進，則從飛機上俯視，但見一縷黑線漸次散開，顏色漸淡，以至於痕跡全無。話雖如此，但旅行家和駱駝，却依然存在，祇因單獨的人畜格外顯得渺小，遂使在高空中的我們不得看見。

玻瓶中盛水少許，一望便見。用火燒煮，可以使水變成看不見的水蒸汽，像第六圖的樣子。

加火煮水，不久便會沸騰，放出蒸汽。我想小朋友應當知道蒸汽不過是高温度的水而已。

小朋友曾經看見過蒸汽麼？我可斷言所得到的回答一定是“常常看見的”。小朋友錯了！你們看見的不是真正的蒸汽，而是水霧。

我爲了這個問題，曾經向一位青年學生解釋過：一隻燒瓶裏盛水半滿，瓶口裝一木塞，塞上插一曲管，瓶下用火加熱，像第六圖的樣子。沸騰所生的蒸汽，被逼而由玻璃管口噴出（看第六圖）。我即指着管口和尋常所謂蒸汽的中間部位，告訴這位學生說：這個空白的部位，才是真正的水蒸汽，確乎是不能見的，能看見的，



第六圖 水蒸汽不可見的明證

燒瓶中盛水半滿，加火煮沸，水蒸汽遂從細玻璃管口噴出。水蒸汽是不可見的；可見的是蒸汽稍冷以後變成的水霧。

祇是水霧，這種水霧係由極小的水滴而成。設將冷匙接近水霧，它便凝成清水下滴，這就是蒸餾水。

將這個實驗給這位學生看，他覺得很有趣。數日後，我聽得他告訴別人，說我做的一個實驗，使他看見從來沒看見過的蒸汽。我的實驗，是示以蒸汽係目不能見的，結果適得其反。我平時向學生提出問題，乃往往得着出人意料的奇特答話。在科學上，祇有一知半解的人出言常常錯誤，所以我對於問題，往往不憚煩，詳加解說，務必使人澈底明瞭，免生誤解而後已。現在我渴望

小朋友相信我常說的不能見的原子，實際上的存在，好像觸目皆是物質一樣；蒸汽雖是不能見，但其確實存在，正和水霧與液體水一樣。

空氣是不能見的！但從來不曾有一位小朋友，對於空氣的存在，發生過懷疑。空氣之不能見，實因空氣粒子太散漫的緣故，好像沙漠中的旅行家單獨旅行時，不能被人們發覺的一樣。有位小朋友說，旅行家成羣結隊，行於沙漠中時，我們從飛機上向下望，可以看到一縷黑線，難道不能將許多空氣粒子壓榨到一處，好讓我們看見麼？有些小朋友對於這個問題覺得可笑，以為空氣決沒有被人們看見的道理。但我手中拿着一隻玻璃管，問及管內盛些什麼物質時，有幾位小朋友說是水。當我說不是水而是液體空氣時，小朋友們都覺得詫異，以為我是故作戲言呢！

液體空氣是一種神祕而有趣的物質，往後當另設一章，專門討論，刻下暫且不題。現在的目的，祇望小朋友知道能見的液體空氣，係從不能見的氣體空氣粒子被壓縮而成的，正和沙漠中的旅行家成羣結隊，被飛機上的我們發覺一樣。

下章即用新發明的理想舞蹈，以說明原子的構造，物質的生成，想來是很有趣的！

## 第六章 理想的舞蹈

小朋友（尤其是女小朋友）大家都喜歡舞蹈，不論參加舞蹈，或作壁上觀，這裏是沒有什麼關係的，因一切舞蹈純然是理想的！

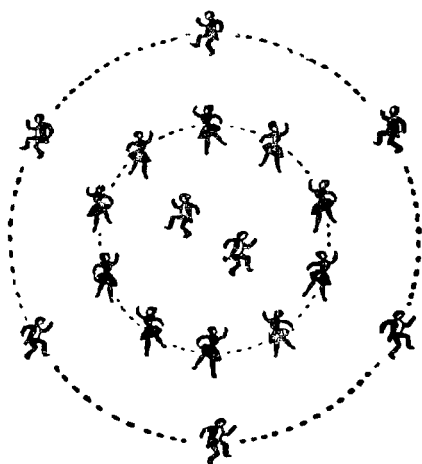
假想這種舞蹈叫做“原子舞”。試以舞蹈表示各種原子。想小朋友還記得每個原子有一個中心部分(或叫做核),叫做陽電。原子含有電子,即是陰電粒子。今設男小朋友代表“電子”,女小朋友代表“陽電”。一位女小朋友說她是陽電粒子。她這種說話顯然有錯誤,因我從來不曾說過“陽電粒子”一詞,爲什麼不可這樣說呢?因爲從原子中雖可取出電子(陰電粒子),然不能從原子中分離出陽電來,我們能夠證明陰電係由獨立的微粒而成。但對於陽電,就不能作如是觀,要設想陽電係構成原子核心的。這種說法,或對或不對,等到小朋友長大,再行研究,暫且不提。現在祇好讓我來談新發明的一種“原子舞”。

每種發明,往往都是跟著舊觀念而來。我所發明的原子舞,當然不能例外。乃採用一種舊式舞蹈叫做環形舞的,來創造一種“原子舞”。

第一種舞蹈係表示氧原子的:招呼十位女小朋友攜手成一小環,以表示陽電核。還要招呼些電子,乃邀集許多男小朋友加入舞蹈。兩位男小朋友站在女小朋友的環內,六位小朋友站在環外,看第七圖就明白了。

舞蹈開始時,代表電子的六位男小朋友,站在外環,雖間隔較遠,不能攜手,但須依環形且舞且進。其時代表陽電核的女小朋友,間隔很近,攜手適成一個正常的環形,撒手而舞,進行不息。至於站在環內的兩位男小朋友,係代表兩隻電子,被圍於陽電核內。他倆在核內可以自由跳躍。

這個舞廳，廣大無比，可以容納成千的小朋友，所以先排列二十組氧原子舞。再排列舞團以代表氫原子時，那些跳舞小朋友可以休息，但在實際上，組成原子的電子是決不會停止，而是永遠跳躍的。當我來排列氫原子時，若讓男女小朋友依然運動不息，誠恐容易發生衝撞，致亂秩序。



第七圖 氫原子舞

許多男女小朋友組成一個氫原子的跳舞團。八位男小朋友分成兩部，六位在外圍，兩位在中心，以表示八個陰電粒子。另選若干位女小朋友繞成一環，以表示陽電的中心核。

氫原子的陽電核，並不要如此廣大，祇要招呼五、六位女小朋友便夠分配。依照以前的方法，排成一環，祇要一個男小朋友代表電子，安排於女小朋友的環外。看第八圖就可明白了。

這位男小朋友，很費力的獨自繞着女小朋友且跳且進，看圖上虛線外環便易知道。其時代表陽電核的女小朋友依內環而舞蹈，呈正常的環形舞，與上不同者，就是這個環裏，沒有男小朋友。

從表示氫原子舞的第八圖中，小朋友看到陽電核中並沒有被圍的電子，外環祇有一個電子繞着跳舞。像這種氫原子舞，單純而少趣，因之排列六十小組，以代表六十個獨立的氫原子。所

以選擇氫和氧的原子從事跳舞，自有其原因，小朋友不必追問，祇要繼續跳舞便得。

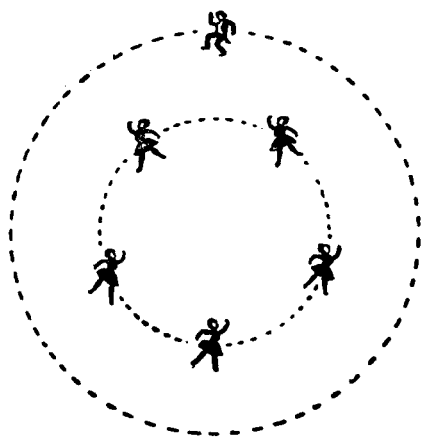
我挑選代表氧原子的舞團兩組，使他們離開原位，並使其接近，依舊跳躍着。我告訴小朋友說，這兩組可以代表養氣的最小微粒，就是說養氣分子了。

小朋友對於“分子”

的意義恐怕不容易明白，現時祇可說：分子係任何物質存在的最小微粒。例如養氣一分子，輕氣一分子，以及類此的氣體，祇要兩原子，便可組成一分子。若水一分子，就要三個原子方可組成。最多的需要成千個原子才能組成一個分子。這裏暫且不表，依舊談我們的舞蹈。

環顧舞廳，可以看見代表十個養氣分子的舞團十組，每組係兩個氧原子所組成。另有六十個氫原子，每兩個成爲一組，代表三十個輕氣分子。且看遇着什麼變化。

如欲使表演格外完善，實際上就不得不將這些小組(分子)舞團，配備得非常擁擠。這些舞團，當然要大起衝撞。分子確實是



第八圖 氫原子舞

這個跳舞團，係表示氫原子舞，圖中看起來祇有一位男小朋友以表示一個陰電粒子，但需要多數女小朋友參加以表示一個陽電核。

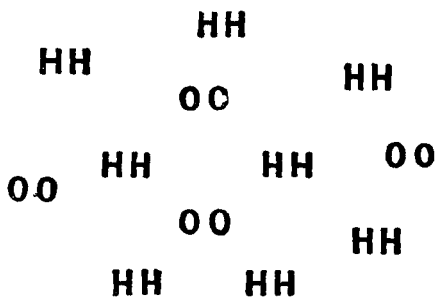
具有激烈衝撞的性質，不過我不會讓小朋友實行擁擠的舞蹈罷了。

全體舞蹈時，所有男女小朋友組成的原子，應保持像第九圖那樣的集合。就是以“H”代表氫原子，以“O”代表氧原子。雖則如此，在廳中跳舞時，男女小朋友仍難保持其應有的位置。因之我叫一聲“停步”，將其改組為更簡單的舞團。

我想每一男小朋友代表一個氧原子，每一女小朋友代表一個氫原子。那末，怎樣表示一個養氣分子呢？我叫兩位男小朋友（兩個氧原子）攜手，以代表一個養氣分子。同樣叫兩位女小朋友攜手，便可代表一個輕氣分子。

小朋友應該記得一切的分，並非都是兩個原子組成的。若要表示幾個複雜的分子，以組成一些別種物質，當然是不可能；雖說一個分子之微，在這個舞廳中，也找不出如許多的男女小朋友呵！

此刻來研究所謂“分子舞”了。四望舞廳，只見所有的男小朋友都是兩兩攜手以代表養氣分子；所有的女小朋友也都兩兩攜



第九圖 輕與養的混合氣體

每個“H”代表一個氫原子，兩個氫原子結合便成一個輕氣分子。每個“O”代表一個氧原子，兩個氧原子結合便成一個養氣分子，這個圖形就是表示輕與養二氣的混合物。



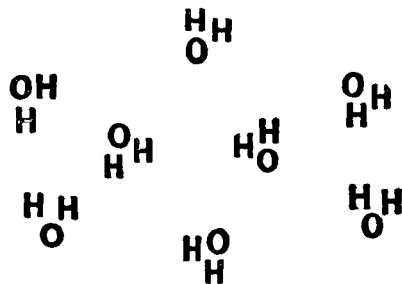
手，以代表輕氣分子。忽然有一位年幼的小朋友，說他記不清是代表養分子，還是輕分子了。我說兩者都不是！所有男女小朋友祇是代表原子的。至少需要兩隻原子才組成一個分子。

我恐怕這種分子舞對於年幼的小朋友，似乎有些難解，其實却是很簡單的。若每位男小朋友代表一個氧原子，每位女小朋友代表一個氫原子，這樣一來，廳中起舞，當然要比以前的“原子舞”簡便多了！

在這種簡單的“分子舞”中，准許成對的男小朋友和成對的女小朋友在廳中，且遊且舞。衝撞雖說不免，但衝散以後，重行攜手，比較容易。且看發生什麼變化！

一聲號令，成對的男小朋友和成對的女小朋友撒手離開，於是一位男小朋友和兩位女小朋友攜了手，就是三位小朋友成功一組，像第十圖的式樣。“H”依然代表氫原子，“O”代表氧原子。每組即代表水一分子。但此種舞蹈，究竟有什麼失當之處呢？

依然有些成對的女小朋友跳躍着；却没有成對的男小朋友遺留着。這個理由，却不難獲得，祇要數一數就容易明白了。小朋友正在舞



第十圖 輕與養混合氣爆發後的結果

試將這圖上的“H”的個數和“O”的個數計算一下，便知道和第九圖的數目相等。“H”和“O”當然仍表氫和氧原子；但經爆發之後，每個氧原子和兩個氫原子結合，即是每三個原子結合以成水的粒子。輕與養二氣俱不見，而變成些微的水滴。

着，很不容易數出，號令一聲，衆皆停步。乃開始計數，才解決了殘留成對的女小朋友的問題。

現在有一種爭辯：一位女小朋友一手握住另一位女小朋友，另一手攜住一位男小朋友，來代表水分子時，另一位女小朋友祇和一位女小朋友攜手，仍代表一分子的輕氣。在水分子中的女小朋友，說另一女小朋友依舊係一個氫原子。她的意思，以爲另外的女小朋友，同樣有組成水分子的資格，現在却是失意般的落伍了！但在輕氣分子內的一位女小朋友，高聲的說在水分子中的女小朋友，依然和她一樣是一個氫原子。

這個爭辯愈趨激烈，我不得不停止計數，以息爭端。我保證她們依然是氫原子。除了原子交換舞侶外，就沒有變化發生。有些女小朋友所以未能結成水分子的事實，就因爲沒有多餘的男小朋友來代表足量氧原子的關係。

現在招呼二十位男小朋友（氧原子）和六十位女小朋友（氫原子），令二十位男小朋友和四十位女小朋友組合，而留下二十位女小朋友。這二十位女小朋友，沒有男小朋友伴舞，很是寂寞！再令十位男小朋友，兩兩攜手，每組代表一個養氣分子。於是號令一發，每位男小朋友都各攜兩位女小朋友以代表一個水分子。此刻各位男女小朋友都有異性朋友伴舞，以代表許多水分子了，於是全場歡然，自在意中！但這舞蹈，尚未完全告畢，乃另發號令，水分子分裂，即是男女小朋友各各撒手分開，而另組成兩位男小朋友攜手，與兩位女小朋友攜手的舞團。如此即是水分子

消失，依舊遺留着養分子和輕分子。

小朋友記好“原子舞”和“分子舞”，自可發見其妙用，因為敘述化學上的許多神祕變化時，易收瞭解之效！

當水分子舞時，我若告訴小朋友說，男小朋友依然是男小朋友，女小朋友仍舊是女小朋友，小朋友會認為這話是無庸說的，然則究竟有什麼變化呢？假設男小朋友變為女小朋友，或者變為馬，或竟變為猴子……這真是大笑話了！這就和說氧原子或氫原子變成別種原子，是一樣的可笑！當化學變化時，原子是永久不變的。氫、氧原子結合成水分子時，原子依然不變。

另有一件事，希望小朋友記好，氫原子並不是輕氣的微點。當燃燒輕氣時，並不是燃燒組成輕氣的氫原子。我們將在後章裏，可以知道氫原子祇不過是和別種原子結合罷了。

有一位參加跳舞的男小朋友說：大家攜手跳舞，以代表理想的水分子，覺得很高興，但還要知道如何證明一個水分子中，除了一個氧原子和兩個氫原子結合外，並無別物存在。好！再來一個實驗，男女小朋友擔任仲裁，來證明水的一分子，不過是一個氧原子和兩個氫原子所組成的。

## 第七章 水是什麼物質組成的？

現在要做一個實驗，來證明每個極微細的水滴（分子），除掉兩個氫原子和一個氧原子結合以外，再也沒有別種物質存在。最好的辦法，是由我來主持實驗，讓小朋友來討論和判斷，并由

我擔任仲裁，決定誰是誰非。

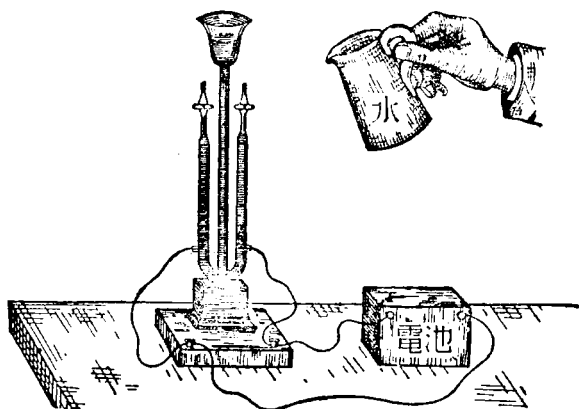
假定小朋友異口同聲說月球是牛酪凝成的，當然不能證明其確實無誤；但我說月球不是牛酪凝成的，這話也不能駁倒小朋友。我想能夠找出充分的證據，使小朋友確信月球係石樣物質（好像地球上的山石一樣）所組成，最好的方法當然是要取得月球的碎片，來作實驗。所以欲使小朋友確信起見，乃叫一位小朋友隨便取一碗清水（河水、自來水、井水或泉水等均可）來，讓我做一個簡易的實驗：

傾注少量清水（稍加硫酸數滴，使易導電）於杯中，將電池上的兩支電線末端，浸到水裏。電池裏的電流，即由一支電線的末端，通過水中，傳到另一支電線的末端。且看發生什麼變化！

有一位小朋友說，看見水中兩支電線上，有細微的空氣泡發生，再沒有別的發見了。我乃提議將兩支電線上所發生的氣泡，用兩支試管收集起來。最好的裝置，像第十一圖的式樣，有兩個活塞，可將收集的氣體放出來，以便從事實驗。

裝置妥當後，小朋友便可以進行實驗。

這架器具有一“U”形曲管，還有一支長玻管，很像長頸漏斗；這個漏斗，備注清水之用。希望小朋友將“U”形管中貯滿清水。有一位小朋友即將清水注入漏斗，漏斗中貯滿水，但是“U”形管中並沒有水上升。這是什麼緣故？因為“U”形管中本有空氣，所以水就不能上升。那末，怎麼辦呢？有人提議將管端的活塞轉開，讓空氣逃去便可。於是轉動活塞，果然水即上衝，裝滿全



第十一圖 分解水生氫養二氣

“U”形管中滿盛清水，通以電流，其結果輕與養二氣泡分別由各管下端上升，收集於管頂，如第十二圖所示。清水中通常滴加少量之酸，以助電流的傳導。

管。乃將活塞關閉。

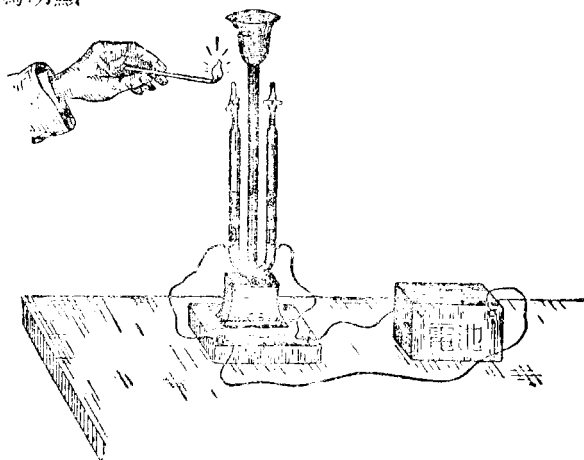
“U”形管的兩側裏面封閉兩塊小金屬片（白金片），有很短的金屬絲，伸到管外。因之電池上的兩支電線，可以連接到這個很短的金屬絲上。電池中的電流遂得從一片上通過水中，傳到另一片上。此刻好讓小朋友自己來實驗，我依舊擔任仲裁。

立刻有小朋友指出兩金屬片上，都發生空氣泡（白金片實在就是電線的末端）另有小朋友說這些小氣泡，上升管頂的，並不是尋常的空氣，而是輕氣和養氣。更有一個聰明的小科學家，他說這些氣體是從清水而來。因此有一種爭執發生：究竟那一支管中是輕氣？那一支管中是養氣呢？我乃懸賞徵求正確的答案。

於是有一位年歲較大的小朋友，對我耳語，說輕氣是從導出

電線(陰極)末端發生，上升於管頂；但未能說明那一支電線導出電流。我即對這位小朋友說：“你說得很對。”但電流由那一支電線離水，我是不願說明的。

隨即又有一位年幼的女小朋友，於嚴密注視管頂的氣體之後，就說：“輕氣是集於左管頂端。”問其原因，她說左管所發生的氣體，比右管所發生的多得多。另有一位男小朋友，他以爲電流通進的時間，兩管既是久暫相同的，怎麼知道輕氣的發生，比養氣來得快呢？她的回答是因爲輕氣比較多些。另有一位女小朋友，問她怎樣知道輕氣多呢？她祇用手指指着管頂收集的氣體來代替她的答復。現在觀察第十二圖左管的氣體，恰好等於右管的兩倍，至爲明顯。



第十二圖 分解水生成輕養二氣

試和第十一圖比較，即知“U”管頂收集了氣體，輕氣的體積，恰好比養氣大兩倍。明火燃之可以燒着。理由已在本文中詳細說明。

我於是宣佈：如果大家對於這位女小朋友的說法，認為滿意時，她就應該得獎。有幾位小朋友齊聲說她祇能證明左管的氣體兩倍於右管；但未能證明是輕氣。那位女小朋友好勝心殷，得獎心切，隨又申說那兩倍量的氣體，一定是輕氣，因為每個水分子，都是由兩個氫原子和一個氧原子組成的，所以氫的體積，一定要比氧的體積加倍。我乃以仲裁的資格，來下一個判斷。姑且先向那女小朋友，作一度的提示，即引用前面所說的月球和牛酪的一段故事，說她不過說出這個一定是輕氣，而未能證明是輕氣。但她又說：“因為盛於管中的，祇有清水，而電流祇不過變水成輕、養二氣。這是顯然的事實”。但有一位小朋友說，水可以變成淡氣和碳酸氣。那位女小朋友又說我曾說過“原子不能變”的一句話。我說這是對的。另一小朋友說：“對呀！原子雖不能變；但可結合生成別種氣體呵！”關於此點，有一位少年老成的小朋友用很幽默的語調說：“朋友！你能夠從桃樹上採到葡萄麼？或是從西瓜藤上採到杏子麼？”為年幼的小朋友着想，恐怕不容易懂得此種說法的真義，所以我來解釋一番。他的意思，就是說桃樹上生不出葡萄，西瓜藤上結不出杏子；同樣，從水中亦得不到水中不含有的某種成分。淡氣要從氮原子結合而成；早經知道水的分子除含氫、氧原子以外，別種原子是沒有的。假如能將這兩種原子分開，讓氫原子互相結合，當然祇可以獲得輕氣；氧原子互相結合，當然祇可以得到養氣。如有別種的原子，和氫、氧原子結合，才可以生成別種新物質！

那位女小朋友，既經明白說出輕氣存在左管，體積是養氣的兩倍，此刻可以將獎品贈給她麼？還是不能！因尚未證明是否為輕養二氣。且看怎樣證明

當然有許多小朋友願意答復此一問題。為鼓勵計，我覺得那位女小朋友，既能想出左管是輕氣，右管是養氣，諒她必能證明，所以我就讓她證明，以免行將到手的獎品為他人奪去。

她的提議是：如果左管中冒出的氣體能夠燒得着，便是輕氣的明證。於是轉動左管的活塞，用燃着的火柴，接近管頂，果然可以燃燒。但仍有幾位小朋友，對於她的獎品獨得，心有不甘，於是說除輕氣外，還有別種氣體同樣可以燃燒。但當我問及別種可燃氣體的名稱時，他們躊躇了許久，才有一位小朋友說“煤氣”。我以仲裁的資格，指出煤氣係大量輕氣和別種氣體的混和物。除此以外，小朋友再也想不出第二種可燃氣體的名稱了。其實可燃的氣體多得很呢！但從“U”形管端冒出的氣體，燃燒時火燄暗淡，正和第三章裏所說的輕氣焰的顏色相同。

這是輕氣，當可滿意。等待後來，更可獲得確證，可令人深信無疑。

如將殘留火星的蠟燭，接近右管頂端，轉動活塞，倘能發生強烈的火焰時，便知是養氣。乃依法實驗，果然和第三章裏的實驗情形，適相符合。

於是許多小朋友，都異口同聲的贊成首先發見左管是輕氣的那位女小朋友，獲得獎品。這個問題好容易才解決了。此時又



有一位小朋友問我電流怎麼能令水變成這二種氣體，這樣一問，倒引起一個有趣的論題。若小朋友能依法去做一簡易的實驗，就不難明瞭了！

法將自來水筆放在袖口摩擦之後，急速移近一堆紙屑，則紙屑活躍，彷彿像蝴蝶起舞一樣，結果有些紙片，被筆桿吸住，懸掛其上。這是什麼緣故呢？因為筆桿已經帶電了！小朋友要明白這是一種電力；這種力量可使原子結合，成為分子。

電池上的電線末端，浸入水中時，一支引入電流（陽極），就吸引氧原子，一支導出電流（陰極）就吸引氫原子（這還是它的大略情形），於是組成水分子的原子，就被分離。同種類的原子乃互相結合，就在引入電流的電線末端，發生養氣泡；導出電流的電線末端，發生輕氣泡。

有人說恐不能使氫原子與氧原子結合生成水分子。當我說“可能”時，就有人以為希奇，要問個究竟。

有一位小朋友提議做一個相反的實驗。他說將輕氣裝入“U”形管中，養氣裝入另一支管中，通以電流，就可化合生水。然如果依此手續做去，必定失敗！

倘若管中留有少量之水，可以另做一個實驗。不過這位小朋友的提議，並非像我們所做的實驗，他是提議將水放去，如此則沒有什麼變化發生，因為電流是不能通過氣體的。我看見小朋友們頻頻點頭，就知道他們已承認所提議的實驗是無效的。至此既沒有人再有所提議，我乃進而詳述氫原子和氧原子結合的方法。

姑先說一個比喻：假定要將工廠的烟囱和廠屋，改建一座科學館，單用連接的方法是不能成功的；應將磚、石雜件一一拆開，從新砌合，才有成功的希望。

這裏所說的科學館，便是代表水分子。借電流的力量，以拆散水分子 成功“不能見的磚石”，即氫原子和氧原子。遇到適當的機會，兩個氫原子即互相結合，成為輕氣分子；兩個氧原子互相結合，成為養氣分子。這兩種氣體好比是工廠中的烟囱和廠屋（一種係磚砌的，一種係石建的）。且看怎麼建造科學館？

一位小朋友說：“對於這些氣體，應當採取處理烟囱和廠屋的方式，必先將輕氣分子裂成氫原子，養氣分子裂成氧原子”。我即問他：“以後怎麼辦呢？”他的答話是用不着做什麼。但如何使氫原子和氧原子結合呢？這件事用不着我們煩心，氫、氧原子自己會找伴侶，結合成水分子的。氫、氧原子兩相吸引之力 非常強大；每個氧原子要和兩個氫原子結合。做這個實驗時，小朋友見其變化的迅速，一定要驚異的。電解水以成輕、養二氣，是何等遲緩的工作，祇是一點一點的發生。但是輕、養二氣化合成水，簡直是瞬息即成。讓我來說一個比喻，好讓小朋友們容易瞭解：

有一種遊戲，名稱叫做“搶位置”，想來係小朋友們常玩的。其玩法大約是：在一個廣場上 依照一個大圓圈，安排許多椅子。每一椅上，坐着一位小朋友。另外有一位小朋友站在圓圈的中央。遇有機會時，要搶到一個座位，方才離開中央的地位。每把椅子代表一個地方。例如：南京、蘇州、上海、杭州、漢口等等。站

在中央的一位小朋友設或叫道：“上海到蘇州！”於是坐在這兩把椅子上的小朋友，應當趕快交換座位。當這兩位小朋友離開座位的一瞬間，站在中央的小朋友就可飛奔而去搶一個位置。假如所叫的兩個位置很靠近，那末站在中央的小朋友就不容易搶到座位。因之更可叫道：“上海到杭州！南京到漢口！”此刻有四位小朋友須同時移動，所以能搶到位置的機會就可比較多些。如果依然搶不到一席時，就可以叫一聲：“總動員！”此時全體小朋友都得更換位置。這個遊戲的變化很多，小朋友且看這個比喻的意義是什麼？

當分裂水分子成爲輕氣分子和養氣分子時，可以說是化學變化發生了。有些化學變化發生，既慢且穩，好比在這種遊戲中叫出地名，只有少數小朋友交換位置。有些化學變化發生的很急劇，好比在這種遊戲中，叫出“總動員”，所有的原子都得變動位置。號令一發，全體動員，氫原子和氧原子結合而成水分子。今將這實驗的手續，敘述一下：

試盛輕、養二氣於厚玻璃瓶中 最好用空汽水瓶，做原子“總動員”的有效實驗。最簡便的方法，是將燃燭接近瓶口即可。在做這個實驗以前，我得警告小朋友，燃火之時要發生轟然巨響的，惟不致有什麼危險。但爲謹慎計瓶外包以布袋，如此萬一瓶破，玻片就不致有橫飛傷人的危險了。

我正手持燭火，一位女小朋友問我是不是將氣體的原子結合以生水。當我說聲“正是”時，她說應該另備一隻空瓶，以便盛

所生的水。另有一位小朋友說這個汽水瓶就可以勝任：她以為我手持的玻璃瓶如瓶口向下時，則所生的水勢必全部流出，所以要想另置空瓶於瓶下。我即告訴她說：“這是大可不必的”。

我們依然進行實驗：即用燭焰接近兩種混合氣體，於是轟然爆發，幸瓶未破裂，但見許多小朋友都現出失望的樣子，連忙問及水在那裏？蓋化合所生之水，實在就存於瓶的內壁，呈無數微細水點之狀。那時自然有人問及何以祇有這樣少的水，我唯一的答覆是“欲知究竟，且聽下章分解”。

## 第八章 什麼是爆發？

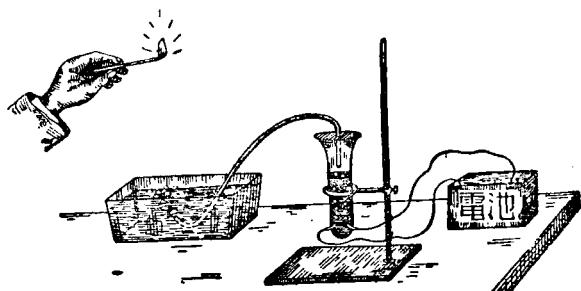
小朋友不論男女，站在“安全地帶”時，我想沒有一個不喜歡看看爆發的。有些小朋友玩弄黑色火藥，竟然忘却“安全距離”，其結果不是灼傷手指，就是傷及面部！

人們每有這樣的幻想：假如死神已經降臨，無可避免時，與其被炸，不如病死。若問其原因，其答覆大約是“一個人因病而死，屍身依然完整；但被炸而死，則粉身碎骨，血肉橫飛了！”

女小朋友，喜欢看爆發，但又怕轟然巨響！若女小朋友能鼓起勇氣，我就做輕、養混合氣的爆發實驗。

現有一隻大號試管，管側裏面固定着兩片白金片，各連有金屬絲到管外。試管裏先盛水半滿，將電池上的兩支電線，分別接到管外的兩支金屬絲上，如第十三圖的式樣。我想小朋友們都知道我的目的是要電解水。輕氣是從一片白金上發出；養氣是從另

一片上發生，小朋友看！我們並沒有作分別取輕、養二氣的裝置。所以結果所得是輕、養兩種混合氣體，聚集在這一試管的頂端。



第十三圖 肥皂泡的爆發

這個圖的裝置和實驗，和第十一圖及第十二圖都相似；祇不過將所發生的輕養二氣混合通入肥皂水中，是其異點。肥皂水中發生了許多輕、養混合氣體的氣泡後，速將細玻璃管移去，否則有炸毀大試管之虞。用火近肥皂泡，泡遂發火，聲似爆竹。

這種混合氣體，經由細玻璃管導入盛肥皂液的水槽中，隨即發生許多氣泡。這種泡裏當然是輕、養兩種混合氣體。乃用火焰接近氣泡，即發生爆發聲，和上章用汽水瓶實驗輕、養混合氣爆發的情形正相彷彿，惟此一實驗比較安全些。

有一位小朋友，手拿有火的蠟燭，前來實驗這個爆發作用。我說可以，但應稍候，讓我拿開這個試管裝置，以免發生危險。於是將試管及細玻璃管移去。水槽中的水面上，留有許多肥皂泡。有幾位女小朋友，看見水面上的肥皂泡，真是萬分微細，料想爆發起來，聲響極低，用不着逃避。但一聞爆發聲，却又覺着驚異！一位小朋友說一聲“總動員”，將燃燭接近肥皂泡時，即發生一陣爆發聲，好似近在咫尺的來復鎗聲！

氫原子和氧原子結合生成水分子，則從氣體分子變為水分子，其間原子的變換，非常迅速。要拿“總動員”來確切表白，簡直沒有希望，除非小朋友搶位置時的速度，像橫飛的子彈一般迅速！

小朋友中認爆發是有害者，當然大有人在；惟要注意，代步的汽車是由於爆發作用才能行駛，在第一章裏已經說明過了。汽車裏汽缸中的爆發，以及鎗、砲、炸彈之類的爆發作用，都是化學變化（原子間的總動員）。煤礦中亦間或發生可怕的爆發，亦是化學變化；同理若室中滿佈可燃的氣體，通風不良，一人持燭火入內，就會發生爆發。燭火當然是“總動員”的信號。爆發發生巨大的聲響，震動門窗，這是什麼緣故呢？

“什麼緣故”一詞，已屢見不鮮。但我更希望遇着一件現象發生，要問“何以會如此”和它的真實性。在我欲答覆這些問題以前，有一位小朋友想要知道一切爆發作用，是不是都是化學變化。這顯然是一個很有道理的問題。我很奇怪，為什麼這樣年輕的小朋友能夠發出這樣聰明的問題呢？他說常將盛糖果的紙袋，吹氣使它脹起，置於掌上，用力一撲，即生爆發之聲。他的小妹妹說他常用這個玩意兒來恐嚇她，乘她不備，在她身後突然作這種爆發巨響。現在姑暫停止談論，讓我來答覆這個問題。

紙袋的爆發，絕不是什麼化學變化。這個現象的發生，當然沒有原子的變動。袋中氣體分子，自始至終，不生變化。爆發的巨聲完全是由於分子的衝撞而成。蒸汽筒的爆發完全和紙袋是相仿的。我此刻要答覆那位小朋友了。

平靜的化學變化和爆發的區別，實在和搶位置遊戲中的少數換位和叫“總動員”相彷彿。分子急劇衝撞，遂生巨響。我想小朋友應知道“聲音”是空氣中的一種波動所致。當這種波動送進耳膜時，發生一種感覺，就叫做“聲音”。但此刻都要注意的是，在一種分子變成別種分子的過程中，原子若發生急劇的衝擊，分子即有所謂“振動”。彼此突然衝撞的結果，在汪洋的空氣海中，就發生洶湧的波濤，不僅發生聲音的感覺，若是激盪萬分凶猛，雖遠在數哩外的玻璃窗，也有震破的可能！

爆發所生的損害，並不是全然由於激盪空氣致成的。小朋友可以將黑色火藥，盛於金屬罐中，裝置一根很長的引火線。乃將金屬罐埋藏於土中，而露出引火線。用火燃着引火線，引火線即發生微細的火花，隨即趕快跑開，達到“安全地帶”。轉瞬之間，轟然一聲，藥罐爆裂，但見一堆泥土，四處飛散！像此情形，如以為是空氣的激盪所致，實是錯誤。金屬罐爆發，衝散泥土，究竟是什麼原因呢？

金屬罐爆發的原因，是由於罐中的固體火藥着火，發生多量氣體，罐中容納不下，祇好突圍而出。當火藥着火起化學變化時，組成火藥分子的原子，就急劇换位，結合而成數種不同的氣體分子。氣體有自動四散的性質，所以在金屬罐中的氣體，不得不急尋出路，以致爆發。此時適有一位熱心的小朋友，發出疑問，阻斷我的話。

這位小朋友問我，從前做輕、養兩氣爆發生水的實驗時，汽

水瓶外爲什麼要包一布袋呢？如果氣體所佔的體積，遠比水滴所佔者爲大，則從大體積變成小體積時，可斷定不會將瓶炸破。但小朋友要記好，在氫、氧原子自由結合生成水分子以前，我們必須燃火以分離氫、氧分子爲原子。當輕、養二氣遇熱而驟增體積時，即是遇到總動員令。等量的氣體，熱時比冷時所佔的體積大得多，所以爆發發生時，有多量的氣體急劇噴出。如果沒有出口處，或出口處過小時，就有炸破瓶的危險。我們所用的汽水瓶，因有適當大小的瓶口，好讓氣體衝出，所以危險性就減少了。

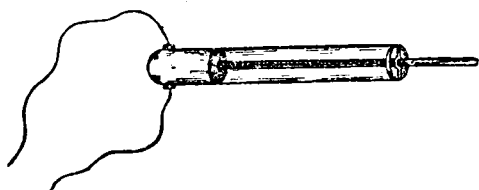
有幾位小朋友，對於原子結合生成水分子時，輕、養二氣的膨脹，發生懷疑。以爲我們所說氣體的膨脹，固然很正確；惟很急劇的情形，恐不免出於臆測而已。因須設計，以從事實驗證明：

今有一支四呎多長的玻璃管，一端插活塞。外觀上很像氣鎗；但另一端密閉，又和氣鎗不同。小朋友試留心注視管端封進的兩支金屬絲，分明是供通電之用，小朋友大都可以猜着。不過這裏通電的目的，是要使管內發出電氣火花。爲什麼呢？要使管內氣體發生爆發。我們現在要再度造成水分子，即是用這支長玻璃管以代替汽水瓶來實驗。

下面有幾個長玻璃管的圖形，看過以後，就不難想像實驗時所發生的現象。這些原理，很容易應用到實際生活上去。

試看第十四圖，長管中并未盛入氣體。有幾位小朋友這樣想，裝滿氣體，比較好些。這也許是笑話，但我總是特別留意玻璃管，深信爆發時氣體是要膨脹的。

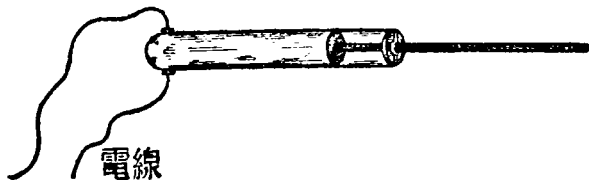




第十四圖 爆發前的情形

這支玻璃管，係一端封閉，嵌入兩支銅絲，另端開口，裝進一個活塞而成的。管之封閉端滿裝輕、養二氣後，通以電流，火花一現，活塞即向右方飛移，如第十五圖所示。

試看第十四圖，很容易知道氣體膨脹時所遇到的現象。因為氣體膨脹，要佔一個較大的空間，不是炸破玻璃管，便是推動活塞，向右移動。究竟遇着何種現象，却不難預先料到。所以希望小朋友注意那個活塞。於是通以電流，發生火花（好比叫一聲“總動員”）。轟然一聲，氣體膨脹，活塞便沿着管壁，向右飛去，看第十五圖便可明白。但活塞並不永久停留，少時依舊向左縮回，接近左端，像第十六圖的式樣。

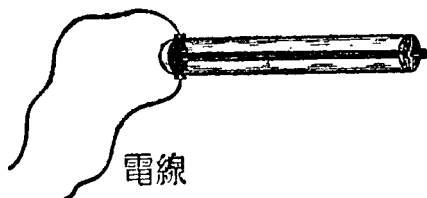


第十五圖 爆發時的動態

試比較第十四圖，便知活塞的向右移動，係被氣體爆發所驅使的。不過立刻就飛移到封閉處，如第十六圖所示。其原因已在本文中說明過。

輕、養二氣爆發時，熱氣體比冷氣體確佔較大的體積。爆發

完結成爲水分子，所佔體積之小，和同數原子所成的氣體體積比較，就是說前者不佔有空間，亦不爲過！



第十六圖 爆發後的結果

這個圖是表示氣體爆發後活塞最終的位置。最初將活塞推進，比較靠近封閉處，如第十四圖所示。爆發時活塞即飛向右方，如第十五圖所示。最終即變成本圖的位置，因爲氣體經爆發而消失，生成些微的水滴，幾乎成真空，外間的空氣因將活塞壓進。

用這支長管，更可以做別種有趣的實驗：若依前法裝等量的輕、養二氣，裝一活塞，自右向左略爲推進，如第十四圖的式樣。這個實驗和以前的實驗 祇有分量上（輕、養等量和輕二份、養一份）的差異。試通電流，注意活塞，向右飛動，和以前同；但僅逐漸縮回左端，與以前不同。這究竟被什麼物質所阻滯呢？有一位小朋友說是被管內餘剩的養氣所阻滯。這裏的養氣好像是空氣墊一樣，這是十分對的。在總動員時，每個氧原子要和兩個氫原子結合。此刻既有等數的氫、氧原子，勢必有半數氧原子找不到伴侶。若有人懷疑管內剩的是否爲養氣時，祇要試以有火星的燭芯，便可證明。

當我寫這篇文章時，恰好看見實驗桌上放了一瓶紐形炸藥（Cordite）。想小朋友必定知道這是一種炸藥，常用於來復鎗及大

炮上的。這種炸藥，在普通人家中是不易看到的。外觀的形狀像太妃糖棒，但取出來看看，更像塗有褐色麵條。粗細不一，大小不同，有的粗同鉛筆，有的細如弦線。形狀雖不一致，但顏色都是褐色。

我即取出一支細紐形炸藥，擦着火柴，小心去燃燒時，有少數小朋友向門邊奔避。多數小朋友都訕笑起來，因知我決不會有危害小朋友的動作的。手持一支炸藥，着起火來，很像一支小蠟燭，僅比蠟燭燒得稍為快些，但並不急劇，實在令人覺着驚異！這種炸藥，裝在瓶中，是毫無危險的。取少許燃燒，也是絕無危險的。倘使把全瓶炸藥投入火爐中，就有不堪設想的危險發生，這事我們未便實行呵！

小朋友不難相信：假使爆發是化學作用，那末最低限度必定有兩種不同的原子起“總動員”。茲姑就黑色火藥爆發時，推測其中原子的變動。

黑色火藥的製造，却非常容易，我們時常自己配製，以供娛樂之用。火藥的第一種成分叫做硝石，是一種白色固體物質。外觀上和食鹽沒有什麼區別；但其性質不甚相同。化學名詞叫做硝酸鈉（正式製黑色火藥，須用硝酸鉀，因硝酸鈉有潮解性）。小朋友或許會聯想到食鹽，它的化學名詞是氯化鈉。從名詞上看來，大約總是同類的物質了。這兩種物質分子中，都有鈉原子存在，這確是事實。但要注意，食鹽一分子是由一個鈉原子和一個氯原子所組成；硝石一分子是由一個鈉原子、一個氮原子和三個氧原子

組合而成的——一種複雜的化合物。這種硝石是製造火藥三種成分中的一種，分量約佔火藥全體的四分之三。

有一位年歲較大的小朋友說，他想硝石是硝酸鉀，這當然是很對的；但我們所用的硝石，係從南美洲智利國而來，所以又叫做智利硝石，其主要成分確係硝酸鈉。

第二種成分，便是小朋友都知道的黃色硫磺。這種物質，病房裏常把它燃燒，以供消毒之用；藥房裏常用來製硫黃膏，以治皮膚病。

第三種成分，便是黑色木炭末，係取日常所用的木炭，研成粉末而成的。

我暫時不願將配製火藥的精確量告訴小朋友，也不願意你們協同配製；因恐小朋友貿然配合，隨意玩弄，是很容易發生危險的！如把這三種物質適量配合起來，用水調和，使成糊狀，搓成細條，待乾以後，切成莖大的粒子，就可備實驗之用。

火藥爆發時，發生什麼現象呢？想小朋友知道是燃燒，因須着火才會爆發的。這種燃燒，確實是很快的。火藥中用硫黃，係維持燃燒的。爆發作用，不僅是比別種物質燃燒得更快，並且有很大的異點存在，祇好留待下章再談吧。

有一位小朋友說火藥不必一定着火，亦可以使它爆發的。起初我不知道他的用意。當他說火藥施以激劇的打擊，便會爆發起來時，我才明白他誤會的地方。當我告訴他說用木錘去搗碎火藥塊時，火藥是不會爆發時，他覺得很驚異。但他又說在來復鎗

上有一小鎚，僅僅衝擊黃銅彈筒，便可使火藥爆發的。這位小朋友的錯誤，是在他說鎚的衝擊，很足以使火藥爆發。蓋當衝擊時確有幾種物質可以爆發的。其中的一種，爲量很小，係裝於小彈筒帽中的。機關一響，尖針衝擊這種極小量的高度炸藥，它先爆發，再使火藥着火，子彈便會砰然飛去。

一個電花，就足以使火藥爆發。我們可以預備一隻放電花的裝置，以便從事實驗。若論大規模的應用，可將地雷埋藏於地下，裝上電線，引到“安全地帶”，便可應用。電流一通，瞬即爆發，可使山崩地裂，作開山洞、採礦藏之用；又可轟炸敵兵，使其覆沒。

研碎火藥塊，常用木鎚，其中理由，我相信有些小朋友能夠說出。如用鐵鎚，易生火花，致起爆發，這是何等危險的事。用木鎚，就不必顧慮到會生火花了。

或者有人這樣想：火藥爆發，燃燒越快越好。但亦不盡然！因鎗彈裏面的火藥，如果爆發燃燒得太快，鎗管就有炸裂的危險！

我們常聽說有一種炸藥叫做猛炸藥(Dynamite)，它的炸力是極猛烈的。若用於鎗中，不待子彈飛出，鎗管早已炸裂，所以不適用於鎗中。另有一種紐形炸藥，炸力更猛，所以在製造時，即加入凡士林，使其發生爆發不致太易，爆發起來亦不致過分激烈。

欲知物質燃燒，發生什麼有趣的現象，且待下章分解。

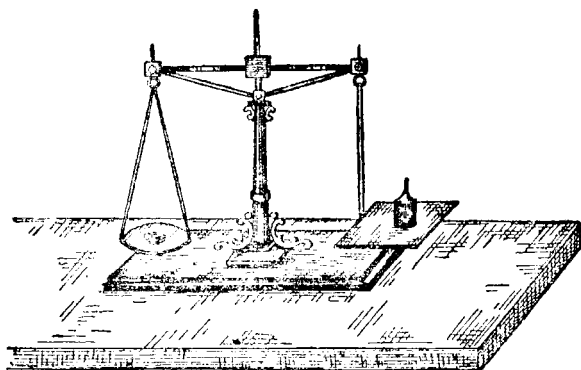
## 第九章 燃燒能夠毀滅物質麼？

在本章裏，專門敘述物質的燃燒現象，有些小朋友聽到，不免

要發生驚奇之感！燃燒與化學有什麼關係呢？燃燒確是物質發生化學變化的一種現象，小朋友聽下去自然會明白的。

物質燃燒能夠毀滅麼？有一位十歲左右的女小朋友說前天是她的生日，有一人送她一塊蛋糕，上插十支蠟燭，差不多都點完了，祇剩下幾個蠟燭芯。她的意思是說物質經過燃燒，一定要毀滅的！現在不必遽下否定之詞，且看下面的實驗：

取一支小蠟燭置於天平的一盤上，像第十七圖的樣子。另一盤上，放一砝碼，使兩端適成平衡，看頂端針尖正對中央，便可知道。



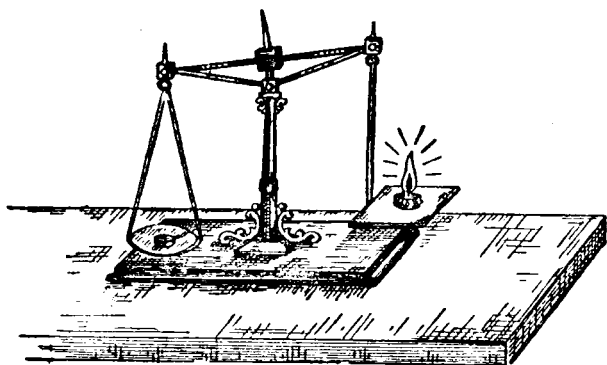
第十七圖 天平前蠟燭

天平上一端盛短燭，另端則置砝碼，使呈平衡。欲知蠟燭燃着後天平仍呈平衡與否，試觀第十八圖便可知。

將蠟燭燃起火來，靜觀天平有何動靜？蠟燭燃去一部分後，就發覺重量減輕，因為看到有砝碼一端往下沉，放蠟燭一端往上升。這種現象，當然是我們所料到的，因為半段蠟燭總不能和全

## 支等重

有一位年幼的小朋友插言道：“什麼東西使得天平兩盤移動呢？”在這裏我本不欲多發議論，祇因問者求知心切，不得不詳加答覆：“須知兩盤的移動，實在是因為地球吸力的關係。”蠟燭愈重，吸引之力亦愈大。起初放上一個砝碼，恰好保持平衡的狀態。但片刻以後，蠟燭漸次消失，它的重量減輕，於是地球吸引蠟燭的力量就比不上地球吸引砝碼的那樣大，因此盛砝碼的一盤即往下沉，像第十八圖的樣子。



第十八圖 天平稱蠟燭

蠟燭燃火後，重量逐漸減輕，不足為奇，但真能消滅麼？

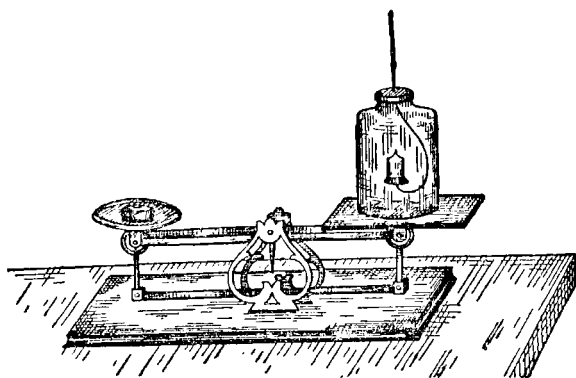
要看下圖分解。

蠟燭繼續燃燒，等到祇剩燭芯時，外觀上好像這支蠟燭行將完全毀滅。果真毀滅嗎？試看下面的實驗：

做這個實驗，應當用一隻大號天平，以便天平盤上可放置一個盛蠟燭的玻璃瓶。我想有幾位小朋友可以猜到遇着的現象，亦

許有人不明瞭燃燭於瓶內和燃燭於空中，究竟有什麼差異，且看遇着怎樣的變異！

試看第十九圖，就知道這個實驗的裝置法。法將一支短燭，



第十九圖 天平稱密封於瓶中的蠟燭

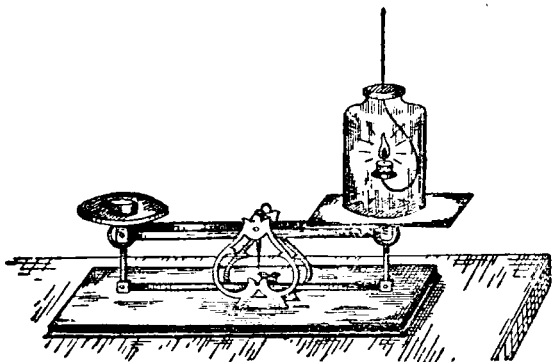
試看天平中間的一個小針，知道燭和玻璃瓶正和砝碼等重。今將蠟燭燃火後，隨將玻璃瓶塞密，究竟能否減重，要看第二十圖自易明白。

固着於燃燒匙的小匙上，使沉入瓶中時，匙柄上的圓銅片適可蓋密瓶口。提起蠟匙，燃火後再沈入瓶中，像第二十圖式樣。如果蠟燭不毀滅，且從燃燭變化所生出的物質能保持不失去，則天平上的指針應當不移動。且看指針是否移動？

由以前的實驗，知道燃燭時間越長，則失去的重量越多；但此一實驗就完全不同了。眼見燃燭逐漸燒去，而指針却依然不動。

這支燃燭確實縮短了！但蠟油的消失，已變為別種不能見的物質，否則指針一定要移動的。這種不能見的物質是什麼呢？究竟發生什麼變化呢？





第二十圖 天平稱密封於瓶中的蠟燭

注意瓶中的燃燭，雖然燃着片刻，似乎消失了少許；但天平上的指針，仍在原有位置，未曾移動。其理由已詳於本文中。

有幾位熱心的小朋友，說出所發生的變化：“那些原子間已經發生變化，即是所謂化學變化。”這是十分對的。不過蠟燭為什麼會燃燒呢？蠟燭的燃燒正和煤油燈的燃燒一樣。大家都知道煤油燈有一根燈芯。煤油係由燈芯逐漸上吸，好像吸墨紙吸墨水一樣。小朋友應知道燃燒的是油質，燈芯的消耗是很有限的。等到燈油將完時，燈芯才燒去一小部分。

蠟燭是固體蠟油中固着一支燭芯而成，却没有液體的油。在蠟燭燃燒之前油必先變成液體。工匠製成的燭芯，燒毀的速度應和溶蠟的消費速度相等。但舊式蠟燭的燭芯，燒毀的速度很慢，所以不得不用燭箱了。我想小朋友都親眼看見過的。

用燭箱箱去燭芯的有趣情形，我想敘述一番。舊式蠟燭的燭芯是直立的。在明亮火焰中的燭芯，得不着養氣以維持燃燒，結

果燭油消耗，殘留着直立的焦黑燭芯，必須常常筚去。近世新式蠟燭的燭芯，情形不同。燃燒時燭芯捲曲，彷彿像婦女燙過的頭髮，尖端伸到火焰之外，能儘量吸收空中的養氣而燒毀，其速度和蠟的消耗相等。

燃燭尚有一種現象，為小朋友所常見的，即用火去燃着曾經燃過的燭芯時，最初是大放光明。片刻以後，火光漸見微弱，幾欲熄滅；但後來又逐漸光亮，終乃呈常態的光輝，繼續燃燒。這是什麼緣故呢？因為以前吹熄時，燭芯尖端殘留着少量的蠟，一經着火，蠟油溶化，維持燃燒，所以起初發生亮光；但其熱力尚未能將其下部的蠟油溶化時，少量蠟油已經用盡，故勢欲熄滅；但稍待蠟油逐漸溶化，被吸上升，達到燭尖，所以能夠再放光明。

再看玻璃瓶中所燃的蠟燭。想小朋友能夠說出所生無色氣體的名稱，否則便是健忘！或者回想第四圖的實驗，便可憶想起來。燃燭之所以熄滅，是因為瓶中的養氣被燃燭耗盡的緣故。瓶中空氣的一部分，乃被碳酸氣所替代，這種氣體是不能維持燃燒的。什麼緣故呢？因為這種氣體中沒有養氣存在。有一位小朋友認為我的說話是錯誤了。因此不得不找出一位仲裁來，讓我和這位小朋友開始辯論。

這位小朋友問我道：“碳酸氣不是又叫二氧化碳嗎？”從這句話看來，知道他有些化學知識，因為這是化學上的一個名詞。他又問二氧化碳每個分子是不是由一個碳原子和兩個氧原子結合而成。我說不錯，但二氧化碳中沒有養氣存在。這種氣體中祇有

氧原子，而原子並非氣體，所以說沒有養氣存在。如果二個氧原子互相結合，便成爲養氣分子；此刻氧原子祇和碳原子結合，而成爲碳酸氣分子，碳酸氣和養氣就完全不同了。小朋友應該承認我所說的是全對的，設或理解尙覺困難時，不妨想像磚和石砌的科學館便易明白。科學館雖說係用造烟囱的磚和建廠屋的石所砌成的，却看不到烟囱和廠屋，這是很明顯的事實。

再將另一燃燭沈入曾經盛過燃燭的玻璃瓶中，火即熄滅，由此不難相信養氣已經耗盡。至於碳酸氣的存在，化學家有很簡易的方法可證明出來。法將澄清石灰水少許，傾入瓶中，振盪以後，倘若發生乳白色，便是有碳酸氣存在的證據。這是什麼緣故呢？因碳酸氣的存在，能使石灰水各原子間發生化學變化，於是有少許白堊粉發生於水中。正因此故，所以我決不能中止討論燃燭的問題。

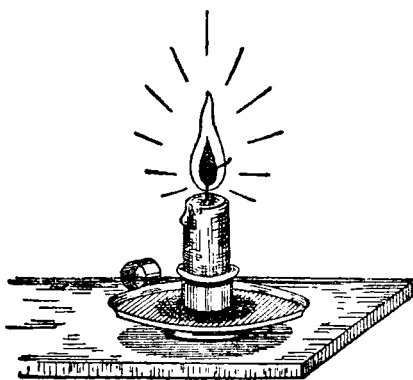
和我爭辯的這位小朋友，曾經說過碳酸氣的每個分子是由一個碳原子和二個氧原子結合而成的。我們當知道氧原子是從密閉於玻璃瓶內的空氣中而來的。至於碳原子的來歷，很容易猜到，一定是從蠟燭中生出來的。蠟燭燃燒時，是不是祇生出碳酸氣呢？這却不然；因爲有些氧原子是和氫原子結合，結合之後，生成什麼物質呢？我想每個小朋友都能夠猜到是水了。不過並沒有看到瓶中有水呵！小朋友或者沒有看到，我却早已看見了！瓶裏壁上有許多微細的水滴，正和霧露相彷彿，這實在就是水。

我擬作進一步的解釋，使得小朋友格外容易明瞭。試想發生

水的氫原子是從何處來的？有人說係從瓶內空氣中而來。如果尋常空氣中含有少量的輕氣，就不能冒然燃火（因空氣中已有養氣），以致發生危險！小朋友早就知道輕、養二氣混合後，點起火來（總動員），就發生爆發之聲，化合生水。由此推想氫原子惟一存在的地方，一定是蠟燭本身，不必再行偵查了。但有人或許要問：“爲什麼蠟燭中的氫原子和空氣中的氧原子結合，沒有爆發的現象呢？從前做過輕、養二氣爆發的實驗，其結果生成霧狀的水滴。這裏亦生成水滴，但未經過爆發作用，這是什麼緣故？”最好假設下面的遊戲，以幫助解釋此問題。

小朋友應該記得“搶位置”的遊戲中，並不是常常叫“總動員”的；必在難以獲得座位時，才發出這種呼號的。平時祇不過呼喚兩個地名（表示遲緩的化學變化）。如果爲熱鬧計，不妨連呼數對地名，因之有較多的小朋友要更動位置（表示比較快些的化學變化，像蠟燭的燃燒）。如果叫一聲“總動員”，勢必全數小朋友都要移動，當呈極紛擾的現象。（這就是表示急劇的化學變化。爆發的現象，即屬此類。）

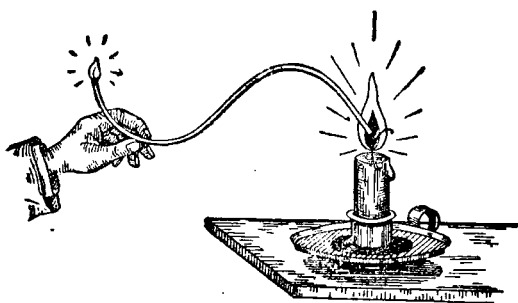
蠟燭的火焰，約分兩層，至爲清晰，像第二十一圖的樣子。焰心光輝暗淡；外層則很明亮。明亮部分之外，確還有一層無光的焰，小朋友不易看得清楚。有一位小朋友問：“燭焰暗淡部分內是什麼物質？”當我說是“未經燃燒的氣體”時，他頓呈驚奇狀態。我這樣簡單的答覆，當然不能令他滿足，所以我不怕煩，再做下面的實驗：



第二十一圖 蠟燭的火焰

火焰分爲兩層，暗層之外，圍以光明火焰；並且伸出了鼻孔（燈芯），以吸收充分的空氣。

試取細玻璃管一支，長約四、五吋，依第二十二圖式樣彎曲，一端伸入燭焰內心暗淡部分，一端則露於空氣中。轉瞬之間，就看見白色霧狀的未燃氣體，沿着玻璃管上升，逐漸冒出，引火立即

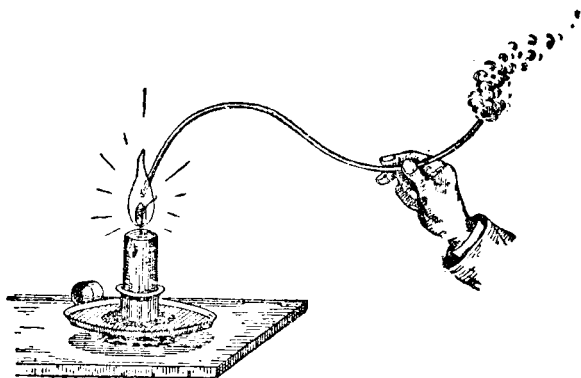


第二十二圖 火焰的實驗

火焰中心黑暗部分係未燃氣體，用一支玻璃管將它引導出來，可以燃燒。

燃着。這種氣體如此容易着火，爲什麼在焰的中心不會燃着呢？一則因爲這部分的氣體溫度太低；二則因爲外層熱焰所包圍，遮斷了空中助燃的養氣。雖說某種氣體能夠燃燒，但在燃着以前，必先獲得空中養氣的幫助，方可燃燒，否則還是不能燒着的！

火焰明亮部分又是什麼呢？讓我把玻璃管下端插入這部分，看能不能點火。我聽得小朋友中有人說可以燃着，而且光輝還要加倍強烈！又有人說這是不會着火的！究竟誰是誰非？於是我將玻璃管稍爲提起，使管端離開暗淡部分，而適在明亮火焰中，像第二十三圖的樣子。



第二十三圖 火焰的實驗

用玻璃管插入火焰外層明亮部分，另端僅僅冒出不潔的煙霧。

玻璃管上端冒出一團污濁煙霧，用火去燃，火反被熄滅。這種煙霧，外觀上雖和明亮火焰不同，實際上是經由玻璃管，被冷卻而生成的。這種煙霧究竟是什麼物質呢？其成分既和明亮火焰相

同，然則明亮火焰裏又是什麼成分呢？我以前已經說過了，想小朋友可以記得。在“總動員”聲中，碳原子和氫原子結合，生成碳酸氣；同時氫原子和氧原子結合，生成水滴。這種煙霧即是碳酸氣和水蒸汽的粒子混和而成的。光明火焰裏也是這些成分，不過因為溫度很高，所以碳粒子即被灼熱發紅。所有的熱量，乃由化學變化而來。

關於燭蠟化學的問題，討論已不算少了！但還有一位小朋友，好像是化學專家，欲以一個重大問題向我問難。他是知道蠟燭在着火以前，首先需要空氣，或是說需要空氣中的養氣，更為適當。他問我道：“倘若沒有養氣，就不能發生燃燒現象麼？”發生這種疑問的動機，是因為他知道炸藥罐中雖沒有空氣存在，依然可以發生燃燒而爆發。這個說法是對的；但忘記一件事情，即是雖無養氣存在，却有無數的氧原子和別種原子結合，以造成炸藥呵！炸藥着火時，氧原子游離，自身結合生成氧分子——養氣。不過此變化來得非常急劇。現在有幾件事情，可以使小朋友聽得很高興：

一支蠟燭（或其他可燃物）在空氣中燃燒時，速度是很遲緩的，因為祇有與空氣中氧原子接觸的部位才能夠燃燒。至於炸藥中的氧原子，處處都有，所以一經着火，全部皆燃，不僅是表面能夠燃燒。炸藥爆發，都很急劇；別種物質燃燒，都甚遲緩。我想這是人人知道的。

設有人說人類身體裏面也起燃燒，準會驚奇不置！但事實上確是如此。不過此種燃燒，並不是發火的一種燃燒，其詳情留待

下章敘述。

有一位小朋友問道：“倘若沒有氧，便不能發生燃燒麼？”我的答覆是：“大致是對的！祇有很少的例外，如綠氣也可以助燃的。”我且做幾個實驗，以作結束。

燒瓶一隻，中盛食鹽、二氧化錳和濃硫酸的混合物。加熱，便可獲得綠氣。取滿數瓶，以供實驗。

綠氣色呈黃綠，故名綠氣。質重而有惡臭，有大毒。小朋友當心，慎勿吸入！取吸墨紙一條，飽吸熱松節油後，送進綠氣瓶中，當即發生火焰燃燒，冒出一陣濃煙。

另取一瓶綠氣，投入銅箔，立即發火。投入鎂粉，結果更佳。一位小朋友相信瓶中一定不是養氣；燭火置於瓶中，為何發生奇異的現象？投鎂粉或木炭末到養氣瓶中，就不致發生任何現象。若將沾有松節油的吸墨紙，送進養氣瓶中，也沒有着火的現象。倘我存心戲謔，讓小朋友來對着瓶口作一度的深呼吸，那他一定可以明白瓶中所集的氣體究竟是否養氣。

綠氣能夠維持燃燒，是不是和養氣一樣呢？於是再取用幾瓶綠氣，來做實驗：

今將盛燃之燭，沉入綠氣瓶中，火焰隨即熄滅；但是說起來很奇怪！蠟燭所冒的煙，是油狀的蒸汽，可以着火，燃燒時呈冒煙的紅色火焰。

有一位小朋友堅持着說他曾經看見過燭火沉入綠氣瓶中，燭火仍舊繼續燃燒。這我不以為奇。如果記憶清楚，這一定是沉



於綠氣瓶中的燭火，不過是紅熱的燭芯，再發出火焰罷了。

另有一位小朋友插言道：“恐怕他所說的，是氧的實驗吧！”這卻不對！當然第一位小朋友所說是對的。那紅熱的燭芯，在綠氣中可以復燃；但細蠟燭的火焰，在綠氣中是會熄滅的。爲什麼蠟燭的粗細不同，就會有這樣的差異呢？這兩種情形，看起來好像沒有什麼分別，其實是不同的；因爲粗蠟燭中粗大的燭芯，留有充足的熱量，可以繼續分解蠟油，這種油狀之煙上升，就被綠氣所燃着。此種火焰復將蠟燭燃着，繼續燃燒；但此種燃燒，不是尋常的燃燒（如在養氣中的燃燒）。下章我們將討論呼吸空氣後所發生的變化。

## 第十章 呼吸空氣發生什麼變化？

到現在小朋友一定熟悉“分子”這個名詞了。小朋友都應知道一個養氣分子是養氣的最小粒子，也知道每一個水分子不像養氣祇有氫原子那樣簡單。再回想從前做過的電解水的實驗，應知道每一個水分子是由兩個氫原子和一個氧原子結合而成。還應記得我們曾將輕養兩種氣體的混合物通以電流，可使二種原子結合成水。此刻我想提出一些問題，以供小朋友的討論。

“空氣分子”是什麼物質所組成？有幾位小朋友注意到第三章，認爲空氣的分子是由氧原子和氮原子組織而成的。許多男女小朋友，都是這樣解答。當我說出這是錯誤時，他們都現出驚異的樣子！有一位小朋友說我在第三章裏確已說過：假定一瓶空氣

分作五等份，就有四份淡氣和一份養氣。所以他以為空氣的分子是由四個氮原子和一個氧原子組織成功的。我覺得這樣答覆，依然未能解決這個問題。

有一位年歲較長的小朋友，聲稱知道我的意思。他說養氣和淡氣雖是空氣的主要成分，但還有極稀少的別種氣體，攙雜其間。這是很對的；但沒有一人能夠發覺我在故弄玄虛呵！蓋事實上沒有“空氣分子”那樣物質。為什麼呢？因為所謂空氣者，就是幾種氣體的混合物；那些氣體是絲毫不相結合的。

我們曾經將輕、養二氣裝進長玻璃管中（第十四圖），在沒有爆發以前，依然是兩種氣體的混合物。輕養兩種氣體分子，個個獨立存在，運動不息，互相衝撞着。空氣的情形，亦正相同，不過是淡氣分子、養氣分子，以及其他幾種稀有的氣體分子，個個獨立存在，互相衝撞而已！

小朋友呵！我提出這個問題來，你們確不易回答。現在我極希望小朋友們要曉得並沒有“空氣分子”這種物質；空氣不過是性質各異的數種氣體的混合物罷了。

前述燃燭所生的化學變化，是空氣中的氧原子與蠟燭中的碳原子和氫原子結合。我們呼吸空氣所生的變化，正與此相像！這種敘述，大概係想像的，有一位女小朋友不能相信，所以我又提及小老鼠盛於碳酸氣中悶死的事實，來作證明。老鼠所以不能活下去，是因為瓶中沒有養氣，祇能呼吸碳酸氣，所以立刻就悶死。講到人類，如呼吸這種氣體，當然也要窒息而死；除非有

大量的養氣供給，才能夠活着。我們呼吸養氣，究竟發生什麼變化呢？

有幾位小朋友說，呼吸空氣，空氣中的養氣就和血液中的幾種物質起化合作用。又有人說，這就是燃燒。究竟是不是人體內部亦有燃燒現象麼？誠然，有之，但並不像蠟燭那樣燒得激烈，發生火焰。這是一種很遲緩的燃燒，但亦有熱量發生，所以人類身體確比沒有生命的桌、椅等物要熱些。適有一位女小朋友說人體內部既然發生這種燃燒現象，怪不得她有時會發高熱，燒得很不舒服。這話說得很對的；但發熱發得長久了，人的身體就會衰弱（人體溫度通常係攝氏三十七度，超過就有病象）。有時醫士開一藥方，配藥來吞服，就是要退去這種高熱。

有一位小朋友，意欲試解我的“空氣分子”的難題（實際上並沒有這種物質存在），問我可否允其試為解答。我一向情願小朋友提出問題，因可詳悉疑團之所在。所以我寫本書時，常常預留地步，以待小朋友發問。不過有些書上的設問，大多數是虛構的；獨在本書上的許多問題，都是小朋友實際上可能提出的。且讓這位小朋友來發問，我則隨時解答。

空氣吸進肺臟，立刻就呼將出來，養氣怎能進入人體呢？我很容易解決這個難題，但我要知道這位小朋友對於肺的觀念如何，才可以解答。所以我就問他，“肺的形狀究竟像什麼呢？”他說像氣球。這是不對的。有許多小朋友能夠說出肺的形狀像海綿，而充滿了氣管。

設有人患氣管枝炎，我們可以聽到醫生說，病不在氣管。空氣從鼻孔（不從口）吸進，經過氣管而達肺，通過枝氣管後再向外散出；但是呼出來的氣體，和吸進的氣體，却全然不同，究竟是什麼成分呢？

肺裏不僅含有這些“枝氣管”，而且還有許多“小枝氣管”縱橫錯雜，存在其間。那已經營養全身的血流，從心臟流入肺臟，為養氣所洗清，這些血管就司運輸之責。但是血液和空氣，是不是同入肺臟呢？這却不然。他們係各走各路，但因管壁很薄，發生化學變化時，養氣可以從空氣中透進血管裏，碳可以從血液裏透到空氣中。這些碳原子和空氣中的氧原子結合，所以從肺中呼出的空氣中，必定有碳酸氣存在。且讓我們來做一個實驗，證實我的話。

小朋友應該記得：從前燃點蠟燭，要斷定其生成碳酸氣時，可用少許澄清石灰水傾入燃過蠟燭的玻璃瓶中，就可檢出有碳酸氣的存在。現在就應用這種方法，做一個簡易實驗：

杯中盛澄清石灰水，將細玻璃管（竹管或飲汽水的紙管均可）的一端伸入石灰水中，如用口在另端吹氣，石灰水中即可發生氣泡。如果呼氣中有碳酸氣，石灰水便變成乳白色，彷彿像牛奶。於是實行吹氣，發覺石灰水忽變渾濁，可見呼出的氣體有碳酸氣了。這當然是因起了化學變化（總動員），結果生成白堊分子存在於水中的緣故。

這位小朋友給我的難題，我已詳加解答。他說空氣因呼吸而

變質，已經給他一個滿意的答復；但能否再證明人體內的血液亦有變化呢？且讓我來再做一個實體：

法取血液少許，盛入玻璃試管中（這些血液，正不必從人體裏抽出，祇要向屠戶買少許豬血便可）試注視買來的血液，顏色暗赤，並不像偶然割破手指所出的血那樣鮮紅。其理由因血液從心臟發出，通過動脈以營養全身時是鮮紅色（人和獸類是相同的），再經靜脈而回歸心臟時是暗紅色，如管中血液之色。由靜脈回至心臟的血液，經過肺臟，為養氣所洗清，則又轉鮮紅色。小朋友要注視玻璃管中暗紅色的血液，通入養氣時所呈的變化。乃通入養氣，並將玻璃管充分振盪，血液即變鮮紅，彷彿像動脈管中血液顏色。像這樣仔細解決問題，想小朋友可以感到滿意了。

我若問小朋友：“鐵釘生鏽，是一種什麼變化？”小朋友或者認為這個問題不應在此處發生。鐵的生鏽，和我們呼吸的空氣有什麼關係呢？鐵的確是不呼吸的，不過呼吸係吸收空中的養氣，達到血管中與血液發生燃燒變化。鐵的生鏽，亦是一種遲緩的燃燒變化。因係空中的養氣和鐵的結合，遂稱之為“氧化”。氧原子和鐵原子互相結合，就生成另一種物質的分子，叫做氧化鐵。但鐵是否吸取空氣中的養氣呢？鐵不能吸取乾燥空氣中的養氣，祇能吸取潮溼空氣中的氧原子，以相結合。

小朋友應知道鐵器浸於水中，是頂容易生鏽的。我覺得小朋友也應知道鐵器在陰雨時，比較晴朗時更易生鏽。小朋友都很聰明，知道將腳踏車等安置於乾燥地方，亦知道將鐵器的表面上塗

上一薄層凡士林，以阻止空中的水分和養氣與鐵接觸。

腳踏車上鐵器部分爲什麼要鍍上一薄層金屬鎳呢？因鎳不像鐵那樣容易生鏽。當然還有別種方法，以防止生鏽，如腳踏車架上常塗以油漆，不僅爲了美觀，也可以防止生鏽。

有一位小朋友問道：“鐵上怎樣鍍鎳呢？”因爲這個變化，和燃燒現象無關，祇好等到下章再說。那末，和化學有關麼？當然是有關的，否則我不願在此多討論。

一位小朋友說，他想這是與電學有關的問題。我也是這樣想；這是電學和化學的問題，將於下章詳細討論。

談起急劇燃燒(爆發作用)時，我曾講過，要說出黑色火藥的各成分在爆發時的任務。

小朋友應當記得黑色火藥有三種成分：硝石、硫黃和木炭。我若問燃燒爆發時，什麼物質供給養氣呢？我想小朋友一定可以答出。倘若小朋友感覺困難，我可以幫同偵察。試參閱本書末章的元素表，知道硫黃和木炭都是單體。硫黃祇含有硫原子，木炭祇含有碳原子，所以不能從這兩種物質中獲得養氣，因此容易偵出養氣一定是從硝石中而來。硝石是俗名，它的學名叫做硝酸鉀。每個硝酸鉀的分子是由一個鉀原子、一個氮原子和三個氧原子結合成功的。由此可以知道火藥中硝石的任務，係供給必需的養氣。至於木炭有什麼任務呢？

我們知道燃燒係氧原子和碳原子的結合，所以火藥中有木炭的成分，可毋庸懷疑。硫黃的任務又是什麼？硫黃在火藥中，比

較不大重要。不過用了硫黃，可以使得火藥格外容易燃燒；一經燃燒，就可爆發。

前章裏講紐形炸藥時，說過炸藥成分中，要攙進一些凡士林，它的任務，正和黑色火藥中的硫黃相反，有阻止燃燒的性格；否則作用過於急劇，會發生極強烈的爆發。小朋友或者要這樣想：戰爭時祇愁炸藥炸力不強，惟恐不能把敵軍炸成齏粉，再沒有嫌炸力過強而加以阻止的道理。但要曉得礮中用紐形炸藥來發射礮彈，當然不願把礮筒炸毀的；但願強烈的炸藥，裝進礮彈，飛落敵陣，發生劇烈的爆炸。這種炸藥，就叫做“高度炸藥”。

有一位小朋友說，若必須有火才開始爆發，究竟怎樣引火呢？有幾種物質，經一度急劇衝撞，就會發生爆發。像黑色火藥夾在硬物中間，用力捶擊，就會爆發；不過這種方法，並不是很容易生效的。

有一位小朋友說，一支烏鎗，機紐一撥，發生輕微的撞擊，就可使火藥爆發。這是錯誤了！彈藥筒中火藥容易爆發的原因，乃在起爆帽。

另有一種危險的炸藥叫做“雷汞”的，是金屬汞（水銀）、硝酸和酒精製成的白色晶體。這種晶體會發生很劇烈的爆炸，其危險的程度，直令人難於置信。

在離開燃燒的論題時，我們應當記好在人類身體內空氣中的養氣與血液遲緩結合，使碳得以除去。如燃燒劇烈，則火焰隨之而生，如燭的燃燒就是。更激烈的總動員，則發生爆炸，像炸藥自

身供給養氣而爆發。

我還記得，曾經允許過小朋友要將金屬鈉和鉀遇水即着火的理由說明，我深信一定有人能夠應用燃燒的知識，來解釋這種現象。

鈉原子很容易和水的氧原子結合，氧原子脫離氫原子，氫原子遂結合生成輕氣。當此種化學變化發生時，有大量的熱發生。這些熱量，很容易使輕氣燃燒，發生火焰。有一位年長的小朋友，曾經做過鈉、鉀的實驗。他很詫異，為什麼鉀一定會發火，鈉有時不發火呢？因為鈉需要較高的溫度才能熔解，若鈉周圍有大量的水時，熱漸散去，鈉就得不着高熱以起燃燒，僅發嘶嘶之聲而已！換句話說，就是化學變化不甚急劇。

欲知電和化學的關係，當於下章詳加討論，小朋友細心聽着。

## 第十一章 電和化學

電學在萌芽時期，與化學是毫無關係的。所謂電者，可由摩擦玻璃棒等物而發生。化學和電發生關係，約在十九世紀初年（1819年）。在此時期，化學和電怎樣會發生關係呢？

前此幾年，有兩位意大利教授發生熱烈的爭辯。爭論的焦點即在一隻新死蛙腿的痙攣。由此想見兩位學者化費了許多時間於此可笑的事件！雖說辯論達十一年之久，始告終結，但光陰並非白費，對於人類確有着偉大的貢獻。其結果並確定了誰是誰非。辯論的詳情，究竟如何呢？

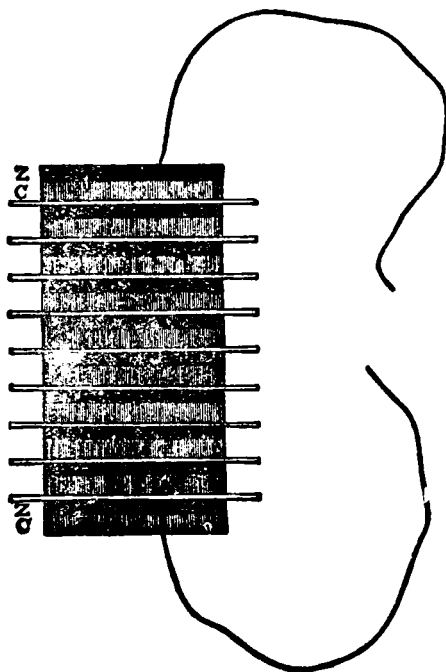


有一天，賈法尼 (Galvani) 教授注意到新死的蛙腿，當附近的電機發生火花時(機器放電)，每每發生痙攣。雷雨時天空中的閃電，不過是巨大的火花，早爲人所共知。此事曾經引起賈法尼的好奇心，以爲這種閃電亦許能引起蛙腿痙攣的，乃決定去實驗一下。

賈法尼用一支銅絲鉤，穿入死蛙腿中，攜到露天台上，懸於鐵欄杆上。選定暴風疾雨將至之時懸上，好等待閃電的發生。但事實上並未等待，因爲不論何時懸上，蛙腿總是起痙攣，好像遇到放電似的。賈法尼試了又試，絲毫不爽。這是什麼原因呢。賈法尼以爲一定是蛙腿上有電。此事爲弗打 (Volta) 教授所知悉，他說電的被放，係由於銅鉤和鐵欄杆的關係，蛙腿的痙攣不過是顯示確有放電現象而已。於是兩位學者爭辯不休，直到十一年後，弗打做過一種實驗，才證明他自己的說法確是無誤。下面就是他做的實驗：

取大小相仿、片數相同的銅片和鋅片。又剪些布條，浸透稀酸。爲什麼這樣做呢？我想他一定是摹倣溼的蛙肉。一切準備齊全後，乃將銅鋅各片，相間堆積。兩片之間，均隔溼布，像二十四圖的式樣。

弗打乃用一支金屬絲，紮住上層的鋅片；另用一支金屬絲，紮住下層的銅片。如此，就可用以顯示兩金屬間的放電現象。當時有名的蛙腿實驗，遂不復爲人所注意，因用蛙腿祇不過顯示銅鉤和鐵欄杆放電的證據。弗打的實驗大功告成，這是毫無疑義的！



第二十四圖 電池的鼻祖

這個圖形是用多數銅棒(C)和鋅棒(Z)及濕潤酸水的布條摺合而成。發生的化學變化,已在本文中說明。

但電池中的電流與化學有什麼關係呢?小朋友且聽我說來:

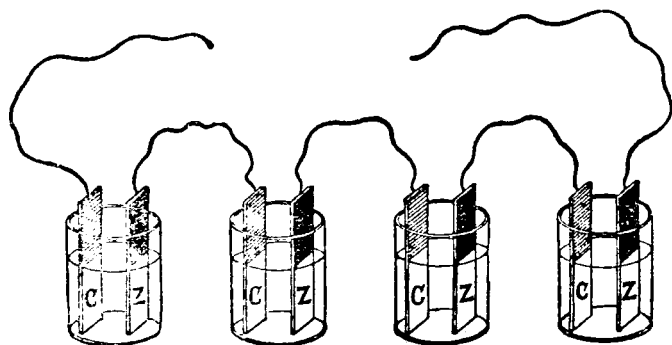
弗打在這實驗的過程中,覺得用溼布頗為麻煩,因其容易乾燥,必須時時洒以稀酸,乃設計改用玻杯,杯中盛稀酸約半滿。每杯中豎立銅鋅片各一枚,像第二十五圖的式樣。

這種新改良的裝置,省却時時溼潤布片的麻煩,所生電流又格外優良,能夠發生正常的電流,這就是電池的誕生。此後所有的電池,都是從這種電池脫胎而來的。至於電流的發生,乃由於電池中的化學變化,此事至為有趣!假如電池中僅盛清水,就沒有電流發生,一定要加些化學藥品才行。祇要化學變化不停止,總有電流發生。

但電池中的電流與化學有什麼關係呢?小朋友且聽我說來:

弗打在這實驗的過程中,覺得用溼布頗為麻煩,因其容易乾燥,必須時時洒以稀酸,乃設計改用玻杯,杯中盛稀酸約半滿。每杯中豎立銅鋅片各一枚,像第二十五圖的式樣。

這種新改良的裝置,省却時時溼潤布片的麻煩,所生電流又格外優良,能夠發生正常的電流,這就是電池的誕生。此後所有的電



第二十五圖 發生電流

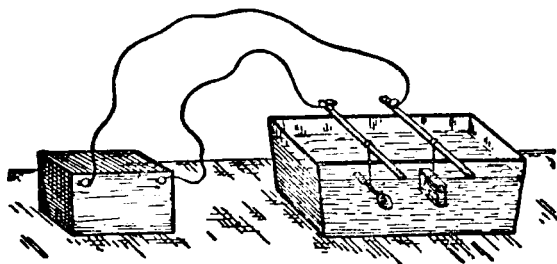
這個電池為第二十四圖的另一種裝置。每杯中盛以稀酸，代替濕布，並盛一對金屬片，而用銅絲依圖連接起來。

小朋友如果不是健忘，應當記得通電流於水中，分解成輕養二氣的實驗，這就證明化學和電有關。今日化學工業的發展，有許多種是靠着電和化學的相互為用。舉例來說，像腳踏車上手柄的鍍銀。這種電鍍的方法怎樣，可用一種實驗來說明：

取玻璃水槽一隻，中盛清水，投入少量白色晶體的化學藥品，名詞叫做硝酸銀（銀原子、氮原子和氧原子所組成）。水槽上橫臥兩支銅棒。一支懸繫銀片，另一支懸銅湯匙，均浸沒水中。乃將電池上的兩金屬絲，分別連到兩銅棒上，像第二十六圖的式樣。使電流由銀片上導入水中，由銅湯匙上導出。約需數十分鐘之久，方可完成。此時不妨另做別事，免荒光陰。

待後再看時，發覺銅匙已變成銀匙。此時我們可以假想鍊金家理想中的“哲人石”，費盡心力而未曾獲得的，已被我們毫不費

力的發見了。依同樣方法，將銅匙變成金匙，亦非難事。但小朋友中沒有人相信銅匙真能變成銀匙，不過是銅匙的外面被覆一薄層銀衣而已！這種方法叫做鍍銀。一般說來，叫做電鍍。究竟銀從何處來的呢？



第二十六圖 銅匙鍍銀

這個裝置，是表示將銅匙用電鍍上一層薄的銀衣。

有幾位男女小朋友說，銀是從懸於導入電流的銀片（陽極），跑到銅匙上的。有人說，銀是從水槽中硝酸銀液而來的。這兩種說法都是對的！實際上發生什麼變化呢？當電流達到液中時，液中藥品即開始起化學變化，千千萬萬的銀原子，即被導出電流線（陰極）所吸引，當然會和銅匙接觸。依此情形，銀原子跑到銅匙上，逐漸佈滿匙面，以致被上一薄層的銀衣。若不另懸銀片，則不多時液中的銀原子就要耗盡。現因液中懸有銀片，可從銀片上獲得補償，所以可繼續施行電鍍的工作。

若用氰化金製成金液，導入線上懸一金片，就可將銅匙鍍成金匙。到了此時，我敢斷言小朋友一定能將腳踏車柄上鍍銀的方法，既得確切無誤。有一位小朋友說，將手柄懸於導出線上。這是

很對的，但還須將一塊鎳懸於導入線上。他又說從來沒有看見過整塊的鎳，但可斷言鎳塊的外觀色澤，一定和手柄上所鍍的鎳一樣。他又說要放些鎳於液中（含多量的鎳原子溶液），才可電鍍。我想小朋友懂得這許多手續，必定能將其變化說得很正確。

電流分裂硝酸銀分子，那游離的銀原子乃被銅匙所吸引；同時殘留的氮、氧原子，溶解導入線上的一些銀塊，又生成硝酸銀分子。但隨被分解，銀乃得繼續附着於匙上。

銀塊當然要逐漸消耗，其速度和銀衣附着於銅匙上的速度是相等的。銀的總量既不會增加，亦不會減少。應用這種方法，可將色澤美麗之銀質鍍於銅器上，經久而不失其光彩。

上面的實驗，有一特別名稱，叫做“電解”。所謂電解者，就是用電力來分解物質的意思。像這樣解釋，想小朋友總可以明瞭。

電力有助於化學，不僅限於液體方面；固體物質的分解，也常有靠着電力的。電力！真是化學的好朋友呵！欲知究竟，且聽下章分解。

## 第十二章 從來沒有看見過的金屬

小朋友中，或者有人自以為所有的金屬都一一見過了，讓我來將小朋友已經見過的金屬排列成表，計有金、銀、銅、鐵、鉛五種。除此以外，接着就是鋅。從前製輕氣時，曾經用過鋅，想小朋友還能記得。應繼續列出的還有汞（俗名水銀），是一種液體金屬，常用於寒暑表和氣壓表內，想小朋友曾經見過。還有一種輕

金屬鋁，以及錫和鉑（俗名白金），想小朋友已聽見過它們的名字，但我不敢斷定每個小朋友都會見過。有一位小朋友說，大家都看見過錫罐（俗名洋鐵罐，用以裝餅乾等物）。如果這位小朋友以為餅乾罐是錫質的，那就錯了。餅乾罐若用錫製，其價值當比銅製還要貴些。通常所稱為錫罐，實際上係鐵質的，但在鐵皮兩面鍍一薄層的錫，使鐵皮不容易生鏽。有一位女小朋友說她好像看見過鉑的。此事大有可能，因電燈泡內常有裝進鉑絲的。但沒有一位小朋友能想到鎳；我覺得多數小朋友曾經見過，像腳踏車等物件上，常於鐵的外面鍍一薄層鎳，還有銅製的鉛筆套上亦常鍍鎳。

忽然有人想起黃銅。金屬表上並沒有黃銅這個名詞。為什麼呢？因為黃銅不是純粹的銅，是銅裏攙進別種金屬而成，它是一種“合金” 因我們要列成一個純粹金屬表，所以像黃銅和焊錫等合金，這個表上就找不到了。黃銅係銅裏攙進少量鋅和錫成功的；焊錫係錫和鉛的合金。我可斷言小朋友中總有人曾經看到燃燒時放出美麗光輝的金屬。有一位小朋友說是鈉。鈉遇着水，即起燃燒的現象。另有一位小朋友說是鉀，亦有同樣的情形。這兩種金屬都比水輕，能浮於水面上；質地均極柔韌，可用刀割切，彷彿像切糕餅等物一樣。但這兩種金屬還不是我所想到的燃放美麗光輝的那一種。

有一位小朋友想起一種金屬帶，一經燃着，放光極強，常用於夜間照像。可惜他沒有把它當作純粹金屬，以為是數種物質組

合成功的。這種帶乃是金屬鎂製成的，專用以燃放炫目的閃光。有一位女小朋友說她曾經見過一種藥品，就叫做鎂。我想她說的一定是氧化鎂。從這個名詞上小朋友很容易連想到金屬鎂的。這種藥品的每個分子確乎都含着鎂原子。有一位小朋友以為這種藥品也容易燃燒。我說如果這種藥品能燃燒，那末水分子中含有氫原子，水亦容易着火了！

有一位年歲較長的小朋友，提議表上應再加進一種金屬。他說曾經看見過金屬鈉的。我聽到後，就搖頭示意，但覺得他有些不高興的神色；因為他的父親曾由科學館裏拿出鈉來，被他看到。我並不是對於他見過鈉與否發生懷疑；我所以搖頭表示否定者，是因為鈉並不是金屬。因其外觀上很像金屬，所以小朋友以為它是金屬；這我却不以為怪，因若單就外表看來，連我也要以為是金屬；但在化學家認為是非金屬。這種物質，很是有趣，常用於電的裝置上，可供電傳照像之用。

小朋友若從本章起始數起，一共可遇到十三種金屬。還有別種金屬麼？金屬實在多得很，不過我們初次所列成的金屬表，祇列小朋友曾經見過的。適有幾位小朋友想到電燈絲是什麼金屬製成的一個問題。

有一個奇怪的故事，不知小朋友聽見過沒有？據說有一位鄉下農夫，因事進城，寄宿旅館，經過一夜。次日回鄉，就向朋友們訴苦，他說在城裏通夜未能合眼。朋友問他何故，他說床頂天花板上，有一隻炫目的燈，燈光整夜不熄。那位朋友又問他為什麼

不吹熄。他說放強光的是一根細絲，包藏於玻璃球中，雖欲吹熄，終不可得。

我想小朋友關於電燈的知識，當然比這位鄉愚要懂得多。我今提出電燈的問題，小朋友知道電燈泡裏有幾種細絲呢？

在以前電燈泡裏用的細絲都是用炭製成的。炭不是金屬，想小朋友都應知道。今日電燈泡裏的細絲，可用金屬鐵（音俄）、鎢（音烏）或鉬（音且）來製成。此時有一位小朋友忽然想起在學校科學館裏，曾經看見另外兩種金屬，就是鎳（音梯）和鉍（音必）。這話提醒了另一位小朋友，他說看見過這兩種金屬的棒結合在一起，加熱於結合處，則兩端所連接的電線上便發生電流。這種裝置，叫做熱電柱。另有一位小朋友，遂想起見過一隻長磁管，放入爐中，可獲高熱。他聽說有熱電柱放在管中，熱度越高，則所生的電流越強，所以讀出電流的強度，便知爐中的溫度。他問過一位電學家這熱電柱是什麼物質做成的。得到的答覆是鉑（白金）和鈦。但小朋友未能斷定鈦是單純的金屬，還是像黃銅那樣的合金。鈦實在是一種金屬元素，祇有鈦原子組合而成，所以我們的金屬表上還要加上鈦。

我們的金屬表至此已完備麼？我想小朋友或許有見過鈣的。設或見過，大約總是在化學室裏，鈣須裝於玻璃瓶中。這種金屬，決沒有用作器皿及裝飾品的希望；因遇空氣，極易生鏽（亦可說是氧化），生成氧化鈣，俗名叫做生石灰。鈣遇到了水汽，便生成氫氧化鈣，俗名熟石灰，同時放出輕氣。



總計所講的金屬，在表上數來不下二十種。小朋友所能見到的金屬，若說比此還多，我是不相信的。竟有一位小朋友說我們忘却一種金屬鐳（音雷），他說曾經見過鐳的。我祇是搖頭示意，他就表示驚訝狀態，並且說曾經見過醫生手裏拿了一小管鐳。此時我並不是懷疑他所說的鐳字，是斷定他見過的一定不是金屬鐳。譬如用膳時，桌上放有一碟食鹽，小朋友決不能說是看見金屬鈉，因為食鹽不過是含有鈉原子的化合物罷了。那位小朋友看見過的，一定是鐳的化合物，含有鐳原子，確乎不錯；但金屬鐳的外觀狀態和鐳的化合物不同，正與金屬鈉的形狀和食鹽不同是一樣的道理。金屬鐳是一種很神祕的元素，將另設一章，詳細探討。小朋友等着！

我現在準備從鐳起，再列一個金屬表，都是小朋友從來沒有見過的。談起了鐳，就很容易連想到鈾（音由）。這種金屬和鐳有同樣的神祕性質。忽然有位女小朋友插言道：“大家都忘記一種很重要而且常見的鋼。”我所以一直沒有提到鋼，因想小朋友都知道鋼就是很堅硬的鐵。這堅硬的特性，係由於鐵中混有微量的炭所發生的。我們沒有見過的金屬表，就此完結麼？有幾位小朋友猜想大概是完結了。但當我說出截至現在止，雖然列出二十二種，却還有多種沒有列出時，小朋友都覺得驚異！此刻已經列出的金屬，還不及全體金屬的三分之一。有一位小朋友，問其餘的金屬叫什麼名字。

若將所有金屬名字一一列舉出來，大可不必，因在第十六章

裏有一個元素表，可供參閱。在那些金屬中我想小朋友祇有少數可以聽到，如鋇（音貝）、鈷（音古）、錳（音猛）、鋁（音思）等。餘如鈾（音乙）、銻（音告）和鈦（音了）等，不但沒有見過，連聽都沒有聽到過，這是可以斷言的。

我若將六十多種金屬名字，一一誦讀出來，等不到說完，我想小朋友受了我的催眠術，恐怕要呼呼的睡着了！所以我祇可將少數有趣的金屬提出來談論。我知道小朋友一定要奇怪：爲什麼緣故從來沒有聽見過這些名字呢？因爲這些金屬存在地球上，分量既極微少，名稱又不顯著。這些金屬，雖在化學實驗室中，也很少有機會看到；至於尋常地方，更是不用說了。

我今要問小朋友一個問題：“世界上什麼金屬最多呢？”小朋友如環顧四周，稍加考慮，一定要說是鐵最多。須知答覆這個問題，並不是很容易的。鐵固然是日用器具有應用最廣的一種金屬；但我的發問，並不是這個意思。我是問世界上什麼金屬最多。

有一位小朋友，依然堅持着鐵最多，因聽人說過，地球內心似乎都是鐵。這話雖然不錯，但深入地心，是不可能的。我們所講的問題，祇限於地殼上，最多像開煤礦一樣，掘一個深洞而已。

我相信小朋友的答覆，大都是出於猜測，所以還是讓我來解答，比較簡捷。當我說出地殼上的鋁，比任何金屬爲多時，小朋友都覺得驚異。要知道鐵在地殼中，成爲石塊樣的鐵礦，用鼓風爐就可以將鐵提出。鋁是存在泥土狀的物質中，不得不用繁瑣的分離方法來提取。那末世界上鋁的量既然豐富，何以價格並不見得

便宜呢？鐵在地殼中的分量，比鋁為少，何以鋁比鐵還貴呢？其原因是為從泥土狀的物質中提出鋁的費用，比由鐵礦中提鐵的費用要多得多。

世界上發見鋁的初期，價值非常昂貴，祇能供給製造精緻裝飾用品。今日則日用器皿如鍋、壺、匙、杯等件，多有用鋁製者，價格要算相當的便宜。價格大跌，究竟為什麼原因呢？

從前製鋁，耗煤數噸，以熱泥土狀物質，使其發生化學變化，令鋁原子結合成金屬，如此生成的金屬鋁，祇可獲得一磅。

當第一次世界大戰時，煤價既貴，而鋁的用途又極廣博，那時鋁的價值格外昂貴，自在意中，但因發明了別種方法，可以低廉的代價，使泥土狀物質發生化學變化，所以它的價格不致高漲。小朋友如隨我神遊倫敦的英國皇家學會，就會明白其方法了。

皇家學會迄今依然存在，但我希望小朋友要回想百年前的景況。那時有一位青年化學家德斐(Davy)，正忙着一種實驗，希望小朋友留心所生的變化。他從六百隻電瓶所造成的電池[參看拙著化學娛樂與實驗(商務版)第五章第三十三頁]上，導出兩支電線，使電流通過一塊白色碳酸鉀上。本來將兩線的末端伸入碳酸鉀就可，但他因欲增大接觸的面積，乃於一線端繫一白金片，置碳酸鉀於片上，碳酸鉀上掘一小洞，傾入水銀，乃將另線末端就插於水銀中。德斐一心注視這碳酸鉀，希望通電以後，碳酸鉀即發生總動員；換句話說，就是發生化學變化，使碳酸鉀分解，彷彿像通電流於水中，水被分解的情況。

德斐對於這個實驗，非常重視，極希望能從碳酸鉀中析出金屬鉀來。如能達到目的，便算是無上的成功；因為到那時（1808年）為止，還沒有人能從鉀的化合物中析出鉀來，當然亦沒有人看見過金屬鉀！

電流既通，德斐看見白金片上發生氣泡，知是養氣，因早知碳酸鉀是鉀原子和氧原子等的化合物。德斐看見養氣泡時，就斷定碳酸鉀的分子已經發生總動員，而分裂成養氣分子和鉀分子了。因為養氣是在導入線（陽極）上發生的，所以在導出線上期待着鉀的發生。這支導出線是伸入水銀中，所以鉀應當聚在水銀面上。

德斐用這種方法取得的鉀，分量雖不多，但對此實驗的結果，欣喜欲狂！為什麼呢？因為發明了製鉀的方法，看見有史以來從來沒有人看見過的金屬！小朋友應當記得，這種金屬遇水便易發火，這是很奇特的性質。

小朋友雖是神遊皇家學會，然可想見百年以前的情況。德斐用同樣的方法，又發見前曾說及的金屬鈉；更利用電和化學的關係，製出金屬鈣來，這種金屬實在是石灰中的一種重要成分。

自從德斐發明了電解法，以製成金屬以後，不久（1888年）便有一位美國青年（二十二歲）化學家，名叫霍爾（Hall）的，發明了電解氧化鋁以製鋁的妙法。自此法發明後，鋁才得大量生產，價格驟跌，於是可廣用於製造飛機、汽車、潛艇以及許多日用品了。

下章要談神祕的物質了，想小朋友一定是歡迎的。

### 第十三章 神祕的物質

關於神祕的故事，想每個小朋友都曾聽得。我記得有一個神話，說有一種神祕的物質，燭火遇到它，便會立刻變成冰凍。像這種無稽之談，簡直沒有人能夠相信；但我要告訴小朋友，我曾經看見過液體空氣，小朋友能夠相信麼？這的確是事實。液體空氣的外觀狀態很像清水。我曾將液體空氣從一瓶中，傾入另一瓶中。有一位小朋友問道：“液體空氣怎樣製造呢？”

另一小朋友說，要想將空氣變成液體，必須要加熱才行，我乃搖頭示意。他又說，因為固體鉛加熱，就會變成液體鉛。固體變為液體，用這種方法是可行的；但這裏是將氣體的空氣變成液體，加熱就不行了。小朋友若從處理水的辦法着想，便容易想出製造液體空氣的方法來。

水熱到高溫時，就變成蒸汽。欲將水蒸汽變成液體的水，必須將水蒸汽冷卻。再要將水變成冰，必須格外冷卻。處理空氣亦是和水相仿的。氣體空氣必須冷卻，才能夠製成液體空氣；液體空氣必須格外冷卻，才能夠變成固體空氣，即空氣冰。這種空氣冰和尋常的冰不同，尋常的冰是水變成的。

有一位小朋友問道：“人類能否呼吸液體空氣，像魚在水中呼吸一樣？”另有一位年幼的女小朋友，她想試飲液體空氣。這可使不得！我們決不可嘗試，其理由往後便會知道。我想小朋友應

急於要知道的，便是空氣變成液體的方法。

製造液體空氣的裝置，到一個大學科學館裏，或者可以看到，希望小朋友隨我神遊這種實驗室。當我們走進室中，便可看見一種大玻璃板製的起電機，能從來頓(Leyden)瓶中發出電氣火花。小朋友應該站遠些，以免發生危險！火花發生時，有一種有規則的爆發聲。室中還有許多別種有趣的實驗器具，不過不是關於化學的。我們的目的，是要看製液體空氣的裝置。

小朋友看見裝置的重要部分，一定要很驚異。有一架機器，它的轉動可以利用蒸汽機的力量，利用電機也有同樣的效果。爲什麼要用機器呢？因爲要推動空氣唧筒，以壓縮空氣。利用空氣唧筒，將空氣迫入一個大金屬筒中。我想小朋友應都知道地球周圍的空氣，對於萬物，都有壓力；想亦有人知道這種壓力的大小。假定在地板上，畫出一平方吋的正方形，這是個很小的面積，大約祇有小豆腐乾那樣大小。小朋友可設想就在這個正方形上，豎立一個不能見的空氣柱，高達大氣頂端，大約高達數百哩，若論這空氣柱的重量，究竟有多少呢？

有一位女小朋友說沒有重量。這是錯了！她又猜測最多不過三、四兩重。這依然不確！蓋一平方吋的空氣柱，其重量約有十五磅。接着就有人問道：“既有這樣大的壓力，爲什麼天平盤不往下墜呢？”這因空氣的壓力，對任何方向都是均等的。我想小朋友還可知道大氣的壓力是隨着時間、地方而微有變動的，看看氣壓表上的水銀時常有升降，便易明白了！

空氣唧筒中的壓力，比大氣的壓力約大二百倍，想小朋友必能明白這個意思。因我曾說過，一平方吋的大氣壓力重有十五磅，則利用機器上的唧筒將空氣壓入金屬筒中，其壓力必定還要大二百倍。但被壓入金屬筒中的空氣小朋友是無法看見的，所以我將金屬筒中發生的現象詳加說明。

被壓縮的空氣，要經過很長的螺旋管；螺旋管者，管的形狀像起木塞的螺旋，亦可說像寶塔中的圓式樓梯。被唧筒壓縮過的空氣，隨即經過螺旋管，從末端逃出，即達到盛螺旋管的長圓筒中；此時空氣因不受壓縮，乃突然膨脹。空氣膨脹，就消化一部分的熱量，因之空氣的溫度即較前降低。使這溫度降低的空氣回到唧筒，再施壓縮，復經螺旋管，照樣出管膨脹，於是溫度就格外降低！

每次從螺旋管末端逃出的空氣，溫度總比較降低些。這種低溫的空氣，因圍繞着螺旋管的周圍，所以螺旋管中的空氣溫度亦會逐漸降低。這種情形彷彿同沸水一杯放在冷水裏，不久就會冷卻一樣。這種工作，不過是要空氣冷卻，也就是它主要的工作。利用這種機器繼續工作半小時以後，那關閉於長圓筒中的空氣溫度就會降得非常低，乃凝成流動的液體，從長圓筒底流入一小槽中。小槽下裝一短管，伸到長圓筒外。管上裝一隻龍頭，開放龍頭，液體空氣就可流出。用什麼器具來盛液體空氣呢？

有人提議應盛入玻璃酒瓶中，以便觀察。有一位年幼的女小朋友問：“液體空氣可以試飲少許麼？”我說無論如何不能用口

飲，也不能用手接觸！須知飲沸水，有燙傷的危險；若誤將沸水潑落嬰孩身上，嬰孩有喪失生命的可能！這是小朋友都知道的。至於液體空氣，不是很熱，而是極冷！小朋友應知道寒暑表放進沸水中，水銀就會急升；放在冷水中，水銀就要驟落。如將華氏寒暑表放到沸水中，水銀能上升多少高呢？有一位小朋友說水銀能沸騰。這是錯誤的。水銀在沸水中祇升到 212 度。水銀要上升到三倍於這個溫度，才沸騰呢！現在讓我們來比較沸水和液體空氣的溫度：

觀察寒暑表上溫度的升降，應從何處做起點呢？有一位小朋友提議以水的冰點為起點。但在尋常日用的寒暑表上，用水的結冰溫度來做起點，不見得便當，因為中國常用的寒暑表是華氏所發明，所以又叫做華氏寒暑表，在這表上結冰的溫度是 32 度，所以我們應當採取 0 度，作為考察水的沸點和液體空氣溫度的起點。如將寒暑表插入食鹽和冰的混合物中，水銀就可以降低到 0 度。以此為起點，甚為適當，因對於寒暑表在沸水中或液體空氣中水銀的急升或驟降的程度，可一看就曉得了。

但沒有人想起溫度還沒有十分降低以前，水銀本身就要結冰的。水雖然在 32 度結冰，但水銀要再下降 66 度才結冰。下降時經過 0 度後，再要降 34 度結冰。水銀寒暑表既不能測量低溫度，科學家自然有別種方法可用，但我不願在此時說出，以免過分繁複。我們的目的，是比較沸水和液體空氣的溫度。

現在我們必須注意寒暑表的升降 當將寒暑表插入沸水中



時，可看到寒暑表升高到 212 度，這是從 0 算起的數目。若將寒暑表插入液體空氣中時，小朋友應當看到它急速下降，達到 0 度以下，還是往下降，但究竟降到什麼程度呢？有人說可降到零下 58 度，因為在他所見到的低溫紀錄上，這是最低的度數。我說這確是北極探險家的報告上所載的最冷的溫度。倘若空氣在零下 58 度就變成液體，我們再也見不到那些探險家，聽不到探險家的報告了！因為他們早已得不着氣體空氣呼吸，因窒息而死了！

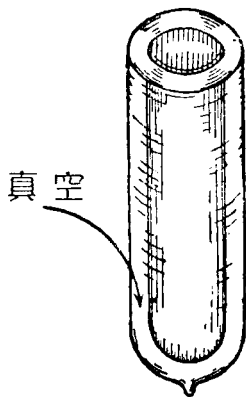
還有人猜測寒暑表在液體空氣中降低的度數，却和在沸水中上升的度數相仿，即是零下 212 度。不對！這種猜測還嫌不足；蓋在液體空氣中的寒暑表，它的溫度可降到零下 312 度。由這種情形看來，液體空氣冷得厲害，可想而知了。我們覺得在寒帶地方，冬天寒暑表上降到華氏 0 度，已是冰天雪地，很不舒服；然而這種溫度，比起液體空氣來，還是熱得非常！倘使小朋友能明白液體空氣酷冷的程度，我想你們一定會怕它，比怕沸水燙傷還要厲害！自然不會有人要求一飲了！現在讓我們再來討論物質遇到液體空氣時所呈的神祕現象。

金屬長圓筒中的空氣，曾經冷到零下 312 度，才變成液體。要試驗它的性質，必須使它流出一部分。流出時倘若盛入玻璃瓶中，將有什麼現象呢？玻璃瓶的溫度，比較液體空氣當然是熱得多，所以液體空氣就急劇蒸發而去。這時玻璃瓶自然也會逐漸變冷，但瓶外的空氣很熱，仍能使玻璃瓶的溫度逐漸升高，有恢復原有溫度的趨勢。像這樣繼續進行，結果液體空氣乃全體沸騰而

去沸騰而去的是氣體，亦就是淡、養等氣體混合的尋常空氣。液體空氣既然容易變成尋常空氣，那末用什麼方法來阻止呢？

有人提議液體空氣的四周要隔絕空氣，否則決不能保持低溫。這是對的，但用什麼方法隔絕空氣呢？有一位小朋友提議將液體空氣裝入金屬罐中。我想他一定忘記了金屬是熱的良導體。罐的四周的空氣，立刻要將罐的溫度提高。若竟如此做去，災害立至！因為液體空氣沸騰，變成氣體空氣時，金屬罐就要爆裂，正和水沸騰而蒸汽沒有地方出洩，有同樣的危險！現在我們不必浪費時間，妄加猜測；祇要知道液體空氣應盛入什麼特殊的器具中，就可以了。

實驗室裏有一位助手，手持一隻玻璃管，外層鍍滿銀衣。外觀上好像有很厚的玻璃壁，但兩壁中間是空的，所以重量很輕，像第二十七圖的樣子。這是一種特殊玻璃管，就用以盛液體空氣的。今日盛行的熱水瓶就是仿造這種玻璃管而製的。這種玻璃管好像是一小管套在一大管裏而將兩管上端連接在一起，再把兩管壁間的空氣從外管底



第二十七圖 盛液體空氣的玻璃瓶  
這個特殊裝置，無異是兩隻玻璃管相套，封閉而成。兩壁中間的空氣，由下端抽去，使成真空，因得保持低溫的液體空氣。

部尖端抽去，使成真空。將液體空氣注入管內時，則內管壁立刻冷卻；但內管壁外為真空，沒有空氣圍繞着，所以內管能保持冷卻，因隔絕了較熱的空氣，使它無法增高內管的溫度。外管鍍一層銀衣，更可阻止外熱的侵入。

有人指明酷冷的液體空氣傾入管中，管口還是有尋常的空氣要進去。這是對的，不過這個接觸面很少，液體空氣變為氣體的機會並不多。有一位小朋友提議管口可塞一木塞，即可阻止液體空氣的飛散。他忘記我曾說過的液體空氣裝入金屬筒中的危險了。如果用木塞塞住管口，則木塞就像氣鎗口上的塞子，很容易砰然一聲飛去！若木塞塞緊，則玻璃管就會炸破。究竟怎樣辦呢？祇要用些棉花塞住管口就行，因有了棉花，外面的熱空氣和液體空氣，多少總可以隔絕的。

有人說用這種雙層玻璃管盛液體的空氣的保冷時間，正和熱水瓶裏裝進沸水的保溫時間大致相等。這話很對！這兩件事是一樣的，所以將盛液體空氣的玻璃管，改盛沸水亦可以保溫。今日盛行的熱水瓶，即是應用這個原理而製成的。閒話少說，此刻且做幾種實驗，用來增加興趣。

試將液體空氣，傾少許於湯匙中。液體沸騰，彷彿像沸水汽而飛去，頃刻之間，化為烏有。想小朋友一定知道這是液體空氣回復常溫，變成尋常的空氣了。

次將水銀（常溫時是獨一無二的液體金屬）盛於玻璃管中，管外紮以鐵絲，沉入液體空氣中。玻璃管一經觸及液體空氣，液

體空氣便起沸騰，如同水沸騰一樣。究竟水銀發生什麼變化呢？水銀當然立刻結冰！乃將玻璃管提出，用力擊破，就看到成塊狀的水銀。小朋友應該要怕它的極冷，和怕熾熱的鐵一樣。乃用鉗子夾住固體水銀，以鐵錘錘成C形，可以暫充鈎子的用途，但恐四周空氣的溫熱能令固體水銀溫度逐漸升高，不久就要回復本來的液體狀態。

第二個實驗，就是試驗液體空氣對於葡萄的影響。取葡萄數個用細線結好，浸入液體空氣中，則立呈沸騰狀態。提起葡萄，見它已變堅硬。放在桌上滾動，彷彿像大理石琢成的圓球。用鐵錘一擊，立成齏粉！若用鮮花來代替葡萄，也有同樣的情形。

最後的一個實驗，是用液體空氣來替代水蒸汽，同樣可以推動玩具蒸汽機。

我想小朋友應該記得液體空氣的溫度是零下32度，有一位小朋友懷疑着這是不是最冷的溫度。我說從前認為它是最低的溫度，但後來液化輕氣時，溫度降到零下422度，輕氣才成液體，液體輕氣達到零下432度，還能結成固體。科學家還能造成比此更低幾度的溫度。

在離開液體空氣裝置以前，有一位小朋友說對於空氣漸次冷却的道理，還是不大明白。至於被壓縮的空氣，從螺旋管口逃出，膨脹時就變冷却，隨又被逼，復入螺旋管，壓縮時乃反變熱些，這種事實他已明瞭。須知被壓縮的空氣，每次通過螺旋管時，它的溫度總比前一次要低些，所以空氣經過多次循環壓縮後，便能

十分冷却了。我深恐小朋友不容易明白其中的道理，所以不憚煩，再設比喻來說明：

設有一羣小朋友於此，每人發給銅元十枚。在一廣場中，有亭一座，祇有兩門可以進出。每位小朋友走進亭門，加給銅元一枚。若一羣小朋友都進亭門，則每位小朋友有銅元十一枚，比以前要多一枚；但從另一個門走出時，每人應繳銅元兩枚，則每位小朋友出亭後祇剩銅元九枚。繞個圈子，再從原來的門進來，又獲得銅元一枚，那時仍舊是十枚；走出亭門時，又須繳去兩枚，因之祇剩八枚。如此繼續進行，進亭得着一枚，出亭失去兩枚，結果小朋友的銅元乃逐漸減少，終至一枚也不存。小朋友如能明白這個比喻，對於空氣經過螺旋管，熱量逐漸被奪的道理，亦不難明白了。

此時還有一事，希望小朋友注意，即空氣變為液體時，它的成分並沒有變更，就是說沒有起化學變化。有一位小朋友問：“爲什麼要談到化學上的問題呢？”通常總是如此，普通化學書上都要討論液體空氣的。製造液體空氣，雖沒有化學變化，和水的三種狀態——蒸汽、液體、固體（冰）——變化一樣，但液體空氣對於化學家有很大的供獻，所以本書決定要寫這一章。

今將再進一步，來究研更神祕的物質，希望小朋友細心聽着！

## 第十四章 更神祕的物質

小朋友曾經聽見過鏽麼？這是一種很神祕的物質。鏽初發

見時，大家很是注意。報章雜誌，競相記載，甚至說有鐳以後，蒸汽機可以摒棄，不用煤可以獲得大熱，一切癌症和其他疾病都可以治愈。當時鐳價雖是比黃金貴七千倍，但因地中含量豐富，不久就會很賤的。這些話未免過於誇張。話雖如此，鐳這種物質的，確是很神祕而有趣！

當小朋友猜測曾經見過幾種金屬時，記得有一位小朋友說他曾經看見過鐳。當時我就說他看見的一定不是鐳金屬，是鐳的鹽類。我初次看見鐳鹽，是在某實驗室中。

我對於電氣器具的動作還熟悉。有一種器具叫做驗電器，是可以檢驗受電和放電的分量的。如四周的空氣能變成良導體時，就可以察出鐳的存在。這裏有精密的起電機，能使驗電器受電。小朋友應知道電是常常想從荷電體上逃去的。裝置這種驗電器，須使電無法逃去，四周祇有空氣，但空氣是不善於導電的，所以驗電器受電後，可以經久不散。曾經聽說如有鐳在驗電器的近旁，就能使周圍的空氣有善於導電的性質，因之電就能夠逃散。現在希望小朋友隨着我去看個究竟。

當驗電器已經受電後，一位助手囑我們留心看是否有放電的現象。說罷，他就到另一室中去取鐳了。我們當然用心注視這個驗電器。不久忽然起了放電現象，我們不由得呼喚起來，這正是助手拿了鐳走進門口的時候。換句話說，就是助手踏進門口時，驗電器就開始放電了。我們抬起頭來，望見助手手中祇有一枝小玻璃管，管中盛了微量的鐳鹽。鐳鹽的量雖是極微，的確能夠影

響到驗電器。小朋友看看，這種物質夠神祕麼？

鐳可使驗電器發生放電的現象，還不是頂有趣的事；我所以要先把它說出，是要你們曉得怎樣偵察鐳的有無。想小朋友一定喜歡知道鐳發見的經過情形。

若想目視鐳的發見，一定要隨我神遊法國巴黎，到一所大學裏去訪問柏克勒爾教授(Becquerel)。看見他正忙於做些實驗。有一位小朋友問我發見鐳的是不是這位教授。我說並非這位教授；但是他的實驗，足以引起鐳的發見，這就是我們要來訪問他的原因。若問做些什麼實驗，他會告訴我們是試探某種物質是不是也能放出不能見的X光，好像由X光管放出的X光一樣[X光是由德國鑾琴(Röntgen)所發見]。他對於所想到凡能發生磷光的物質，都一一試過，結果乃獲到新發見，所以非常高興！他曾經做過別人認為淡然無味的實驗：將照像底片外包鉛箔，置於黑色信封中，信封外面放少許鈾鹽。送到太陽光下，深信光線決不能透過鉛箔，達到照像底片。結果發見鈾鹽發出不能見的光線，能夠透過黑色信封，又穿透金屬鉛，其證據是因照像底片上感光的部分正是鈾鹽放置的地方。

有一次柏氏(柏克勒爾的簡稱，以下仿此)想重做這實驗，因濃雲蔽日，大地昏暗，遂將照像底片與鈾鹽分別暫置於抽屜中，以待晴天的來臨。有人問我他為什麼需要太陽光。我說恐怕那種不能見的光線，亦許是受日光刺激而生，好像磷光是需要日光才發生似的。歷時不久，柏氏從黑暗無光的抽屜中取出照像底片時，

發見已被鈾鹽感光了。這是一個重大的發見，因此證明了這種不能見的光線，和磷光有了區別。柏氏還有其他的發見：

我們看見桌上有一個簡單器具，可以受電。柏氏用各種鈾鹽樣品，一一試驗，注意每種樣品使這器具放電的快慢。他說這些鈾鹽，是從波希米亞 (Bohemia) 等地的瀝青鈾礦中提出的。

柏氏自稱很幸運，能夠發見祇要有鈾鹽存在，就可使驗電器放電。這個發見，就在發見鈾於黑暗中能使照像底片感光之後。他的驗電器，萬分靈敏，能夠立刻明白表示各種鹽的樣品所生出放射線的多少。當他用一塊瀝青鈾礦檢驗放射性，發見放射性遠比瀝青鈾礦中提出的鈾鹽為大時，當然驚異不置（因知鈾才具備放射性）！瀝青鈾礦的放射性反比鈾鹽來得強，顯見鈾礦中一定還有放射性更強的物質存在。

所謂放射性物質，就是某種物質能放射不能見的光線的。一位小朋友有一張X光照像，他說X光管是具備放射性的。小朋友要想想，X光管到實驗時才具備着放射性。我所說的放射性物質，是它自身會發出比X光線更多的射線。如鈾鹽的放射線，除具備X光線外，還有別種放射線，而且是繼續放射，日夜不停的！柏氏發覺瀝青鈾礦的放射性比鈾鹽大兩倍半。欲在瀝青鈾礦中尋出放射性比鈾更大的某種新物質，真是一件難事！深願有人能夠澈底探索，尋出這種新物質。適有一位居禮教授 (Pierre Curie)，曾娶一位女同學為妻。這位女同學是波蘭一位數理博士的女兒，研究化學，備極熱心。柏氏乃要求居禮夫人擔任這種艱難的工作



(搜尋隱藏於瀝青鈾礦中的新物質)。如能提煉出來，其放射性自然比鈾更加強烈！居禮夫人遂毅然應允。小朋友或者以為這是輕而易舉的事，才讓給居禮夫人做的；以為在瀝青鈾礦中已經洩得有放射性很強的物質存在，祇要從中提取出來就可，料想居禮夫人一定很容易使它發生一化學變化，因之新物質就可以獲得。小朋友呵！果真像這樣容易的工作，柏氏亦不見得要勞居禮夫人的手了。柏氏深知這種工作，必須有極度的忍耐心和靈敏的技術才行，一度的化學變化，顯然是不夠的，因瀝青鈾礦由多種原子及各種不同的方式而結合，即使經過幾次的化學變化，亦許還不能分離出新物質來。話雖如此，倘若沒有柏氏發明用驗電器來測驗放射性物質的方法，居禮夫人的探索，當然是一無所獲了。

居禮夫人處理數噸重的瀝青鈾礦，每經一次化學變化後，就送到驗電器上去檢驗放射性，這樣經過多次的化學變化後，就獲得幾種物質，其中一種的放射性比鈾大四百倍。這個新發見的物質，名字叫做釷（音朴），以紀念其祖國波蘭之意。居禮夫人繼續探索，更經過多次的化學變化後，又乃獲得另一種新物質，它的放射性比鈾竟大到一百萬倍，確是一種具有極強放射性的新物質，就叫做鐳（舊譯作銻）。小朋友既聽到鐳發見的經過，當然更希望看看這種新物質的神祕性質。

時在一九〇三年，在鐳既發見後，大家都喜歡談論它的神祕。有一位小朋友稱鐳的產生，比他出世（1933）不過早了三十年的光景。這話很是無稽！假使說他的年齡比鐳小三十歲，那末現在

他的年齡應該是幾百萬歲了。我是說鐳的發見是在一九〇三年，但它存在地球中，却遠在有人類以前！地球中既有多量的鐳，為什麼比黃金還要貴幾千倍呢？鐳當然不像鐵那樣豐富，但存於多種物質中。設有一位年幼小朋友，問黃金是從什麼地方找出來的，我就說是可以從海水中找出。小朋友可以認為我所說的是無稽之談，但海水中確含有金，已為化學家所公認。那末浩浩海水，取之不盡，何以要自尋煩惱，偏要挖掘地殼，探求金塊呢？因為海水中含金的分量，實在是微乎其微！若從海水中提出黃金，就得化費鉅大的代價。但瀝青鈾礦中含鐳之量，比海水中含金的量還要少，又沒有現成的鐳塊可掘，這是鐳價奇貴的原因。想小朋友總可以明瞭了。

我們知道鐳不斷放射 $\alpha$ 光線，有人說並且放射出另外兩種光線，但實際上除光線外，還有別種物質。鐳放射出許多電子，即是陰電的粒子。鐳又不斷放射氦原子，並變成稀有氣體的氦分子。

有一種幻術：演者可從禮帽中，變出各種物品來，小朋友或者曾經見過。我記得看見一位幻術家的桌上，放了許多物品，分明是從帽中取出來的。我知道他的變法，但不願說出，等重演時，好讓小朋友看出他的秘密來。我所以要提及幻術家，是要說明不論他的手法如何高妙，繼續表演，終有變不出來的時候，因所貯藏的物品，總有取盡的時候。鐳怎樣呢？鐳不斷的放射 $\alpha$ 光線、電子和氦原子，似乎沒有止境，實際上却不然，總有停止的時候。那末鐳從什麼地方獲得這些物質呢？

鐳有放射性，是因原子的一部分崩潰的緣故，小朋友要曉得原子圖，翻閱第五圖便得。假使一個原子崩潰後，它結果怎樣呢？在原子核內繞行的電子，以極大的速度，飛奔而去。陽電核和它周圍的幾個電子又怎樣呢？失去一羣電子的陽電核雖然存在，但原來的原子不復存在。現存較少的電子，陽電核的一部分乃成爲較輕的原子，叫做氦。另一部分成爲別種原子，這是後話，容後再說。鐳原子實際崩潰時，射出游離的電子和生出的新原子。至於X光線是什麼呢？從什麼地方來的呢？

X光線的確是一種光線，是在瀰漫宇宙中很神祕的“以太”中的一種波動，和尋常的光線正相彷彿。醫生常用電機發生X光線，攝成照片，以檢驗身體。小朋友或者曾經看見過X光管，管中一端射出電子，突擊另端金屬靶上，致被阻止，就發生反射，乃在“以太”中發生波動，就叫做X光線。當鐳射出電子時，“以太”突被激動，亦就生成X光線。

鐳的另一種神祕性質，是柏氏偶然發見的。他從巴黎出發，往倫敦演講新物質的發見，隨身攜帶微量的鐳鹽，以備演講時展覽之用。因此物珍貴無比，不能遭受意外的損失，乃盛入小盒，妥放背心袋中。兩星期後，發覺貼近袋中鐳鹽的腰間，皮肉紅腫，感到痛楚，經過幾星期的醫治，方告痊愈。居禮教授亦有同樣的遭遇，因用手持鐳鹽從事實驗後，指頭上就感到痛苦。這樣看來，鐳放射對於人體有奇特的影響，是毫無疑義的。自從他二人無意中獲得這種發現後，醫生遂採用鐳治病，並非是傷害有用的皮肉，

乃是毀滅有害的肉瘤！

此時我希望小朋友隨我神遊某實驗室，參觀美麗的實驗，預料小朋友必定要說這個實驗是最神祕的了！這個實驗，應當在暗室中舉行。未熄燈前，首應注意其裝置。這裏是一個玻璃瓶，中盛少量鐳鹽。瓶口插一細長玻璃管，連接到含磷光物質的玻璃管中。如有放射性物質放射光線到這磷光物質上時，便會放出亮光來。有一位小朋友以為鐳鹽會沿着玻璃管移動過來的，但沒有人會相信，事實上亦不會有的；因為管上有一活栓，關閉起來，瓶中的氣體都無法洩漏，何況固體物質呢？因欲見磷光物質的放光，所以將電燈熄滅。

扭開活栓，好讓一些氣體通過，達到管中的磷光物質上。正在等待看有何變化時，有一位小朋友以為或有光線能通過玻璃管達到磷光物質上。但X光線僅能射經很短的距離，且依直線進行，所以是不會通過的。無論如何，X光線不受密閉玻璃管的阻止。那末，鐳所射出的電子怎樣呢？電子不能射到這樣遠，而且像鎗彈發射出去，是不能突然轉變的。現在所用的細長玻璃管，一端裝於瓶上，隨即轉變，將近末端，再度轉變，裝於另一管上，所以電子決不會由瓶中經由曲管達到另一管中的。祇有氣體才能夠沿着彎曲的細管進行。這時已看見磷光物質開始逐漸放光，所以斷定鐳放射氣體。

鐳放射出來的氣體起初叫做“鐳射物，”現今稱為氫（音東），小朋友聽得氣體有名氣的，便是鐳的後裔。

扭開電燈，取去細長玻璃管，另換一支內壁塗有磷光物質的細長玻璃管。再關電燈，又可以看見瓶中氣體沿着細長玻璃管達到另一管中。小朋友看見靠近鐳瓶口的細玻璃管開始放光，逐漸蔓延，達到另一管中的磷光物質上。

關於鐳的問題，我本想暫告結束，再寫一章，專談“星光化學”；祇因還有幾種有趣的神秘現象，又未便遽然停止。

鐳的另一神秘現象，是放射不能見的光線有傳染性，這的確是很奇特的！小朋友知道有些疾病是會傳染的，譬如接近感冒、麻疹、猩紅熱或白喉患者，就容易傳染到自身。鐳的放射性和傳染病相彷彿，能夠傳到別種物體上。居禮教授和居禮夫人曾經注意到這個問題，將一些物質接近鐳後，就沾染放射目不能見的光線的性質；但一經離開，這種特性便易消失。有些物質，經數小時即失其放射性；也有持續至數天之久的。多年以前，有一位大化學家克魯克斯 (Sir William Crookes) 曾藏一粒金剛石於鐳鹽中，歷一年有半後方始取出。他告訴人說，金剛石由鐳染得的放射性，歷久不散；因將金剛石接近驗電器，即呈放電現象，和用鐳鹽試驗有同樣的效果。居禮教授用鐳鹽試驗時，發覺自身有時也會具有放射性，足使靈敏的驗電器放電。

雖然還有別種神秘有趣的事實，但這些事實多在高深的書籍中敘述。等小朋友年齡長大，學問豐富時，再去研究吧！

## 第十五章 星光化學

從起首幾章裏，小朋友就知道什麼是養氣；什麼是輕氣；什麼是碳酸氣。養氣能使紅熱的燭芯大放光明；輕氣能夠燃燒，若和空氣或養氣混合，點火就會爆發；碳酸氣吹到燭焰上，火焰立刻熄滅，彷彿和潑水滅火一樣；通入清淨石灰水中，立刻變成乳白色，外觀上很像乳汁。

化學家早有許多巧妙的方法，以偵察各種物質的成分。譬如有一瓶液體，外觀上很像清水，問問化學家這瓶裏是什麼物質？化學家就取少許藍色液（即石蕊質，一種植物質，溶於水中的溶液）於試管中，再傾入這清淨似水的液體，如忽變紅色，即知這液體含有“酸”；這就是檢驗“酸”的一種特殊方法。小朋友吃水菓時，不妨將這種水菓汁滴入藍液中，它立刻會變成紅色，就可知水菓中有“酸”存在。

另有一瓶液體，遇到紅色石蕊液，立刻變成藍色，化學家就知道液中含有“鹼”；這就是檢驗“鹼”的一種特殊方法。小朋友常用的肥皂液或石鹼水，就有這種特性。

一塊金屬，化學家可以從外觀上毅然斷定它是某種金屬。但外觀似水，實際上含有鐵原子的液體，化學家怎樣知道有無鐵原子存在其中呢？

有一位小朋友插言道：“鐵能變成液體麼？”我所說的不是液體鐵。若要液體鐵，並非不可能，祇要將鐵送到鼓風爐中加以強熱，自會變成液體，流注砂模中，便可製成各種生鐵器具。我所講的，是液體中含有鐵原子和別種原子所組成的分子。試取一片金

屬鈉，可以一見就曉得；但如水中溶有少量食鹽，就不能從外觀上看出是有鈉了。實際上是有的，因食鹽是鈉原子和氯原子的化合物，想小朋友還可以記得。

化學家有一種方法，可以偵察液體中金屬的存在。法將某種固體化學品，溶於水中，滴加少許於欲試的溶液中，以試探有無金屬存在。倘若不起變化，就可斷言液中沒有金屬；如液中有微細粒子下沉，就可以斷定液中有金屬存在（因有化學變化的發生）生出的這種細粉，化學家叫做沈澱物。

化學家依沈澱物種類不同，就能斷定液體中是何種金屬和別種原子結合存在，且有各種不同的方法，去試探隱藏於化合物中的各種金屬。但在“星光化學”裏，是怎樣辦法呢？怎樣知道星球的成分呢？

有一位年幼的小朋友，他說知道探試的方法；因曾聽得天空中會落下隕石，化學家可以從隕石中偵出裏面有什麼金屬來。另有一位較長的小朋友說，隕石不落到地球上，不過是從天空的一處落到別處而已。這話未可全信，因天空的隕石大都落到海洋裏，總有機會會落到地球上。化學家獲得隕石，就會加以探索，但此事不是用以偵察星球成分的方法。星球並不單是放光的固體，其周圍還滿佈着火的氣體呢！

有一位年約十歲的女小朋友說，可以用望遠鏡看到天空中的星球，偵出它的成分。她說得對，也可以說是不對。從星球外觀的狀態上，雖不能決定其成分，但能從特殊的望遠鏡中，尋出它的

成分來。我願以化學家的觀點來觀察星球，所以假設在實驗室中先做幾種實驗：

怎樣設計一個假星球呢？因星球周圍滿佈着火的氣體，所以在實驗室中，可以燃燒各種氣體，從特殊望遠鏡中偵察。所謂特殊望遠鏡，就是“分光鏡”，用來觀察光譜的一種儀器。小朋友或者早已留心過光譜了。每當夏日，雨後新霽，天空常有虹彩出現，那就是太陽的光譜；或置鏡面於日光中，鏡邊光線反射，亦有時呈彩色光譜。女小朋友的玻璃飾物，也有同樣的效果。若用三稜鏡觀察燭焰，自會看到很美麗的光譜。試問考察光譜，怎樣能幫助偵察星球的成分呢？

在實驗室中準備實驗，可燃燒各種化學藥品，以生成各種各式美麗的火焰。最好燃着各種火焰材料，可以獲得各種顏色的光輝。

用於考察光譜的分光鏡，其中有一個三稜鏡，用以分散光線，使成美麗的顏色光譜。小朋友試觀察分光鏡，光線進入望遠鏡，從一個遮蔽物上的一條細縫中穿進。觀察片刻，就可知其重要性了。

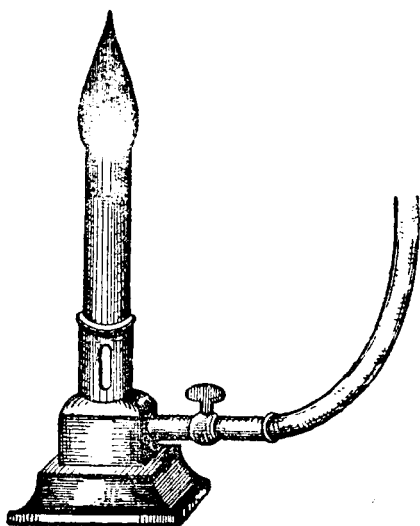
在熄燈以前，首先要搜集各種化學藥品。有一隻瓶上寫明是氯化鈉，這是食鹽的學名。雖沒有食鹽二字來得通俗，但看了容易知道是何種元素所組成。另外還有些藥瓶，應放在手邊，因實驗是在暗室中舉行，取用時可便當些。

最簡單的手續，係將各種藥品分別撒到火焰上。最好用本生



燈。這個燈是本生(Bunsen)所發明，如第二十八圖的式樣。

小朋友要注意這隻特殊的氣體燈：它有一支長圓金屬管，直立台上，氣體就從管底送入。在氣體的進程中，轉動另一個短圈套，可以引進空氣。氣體和空氣的混合物升到管頂時，用火燃燒，立即着火。溫度很高，然光輝甚淡。然後用少量化學藥品，撒到焰上，同時從分光鏡中去觀察。



第二十八圖 本生燈

注意管底側面小孔，乃是空氣的進口，和煤氣混合。火焰光輝雖然微弱，但其溫度很高。

在開電燈前，先用分光鏡去觀察有白熾罩的煤氣燈，可以看到一條美麗顏色的光譜，計有赤、橙、黃、綠、青、藍、紫七色。觀察別種白熱固體物，也有同樣的光譜。

燃起本生燈，撒以少量食鹽，從分光鏡裏可以看到暗淡光譜中，有一條明亮的黃線，在第二十九圖上一條白線的位置。小朋友要知道，鈉光譜中的黃線本有兩條，但其距離相隔很近，非有精密的分光鏡



第二十九圖 從分光鏡中看見的簡圖

這個圖形，係從分光鏡中去看鈉焰的式樣。

不容易看清；用我們的分光鏡來看，那兩條線因接近就好像是一條。

有一位女小朋友說，不懂得顏色成爲線狀的道理。我就問她：“白天走進一間暗室中，在窗壁上挖一個小圓洞，地板上應有什麼現象呢？”她說應當有一團亮光，形狀是圓的。我又問她：“若在窗壁上劃一條細縫，地板上將呈什麼現象呢？”她預料地板上是一條光線。於是我把分光鏡上遮蔽物中的一條線縫給她看，她才明白光譜成爲線狀的道理。

有一位小朋友問道：“從分光鏡中去觀察煤氣燈，爲什麼不看見細線呢？”因從固體物質（白熾罩）而來的白色光線，能放出無數的細線，從一端達到另端，所以疊成有色的連續光譜。有人想知道光譜上的細線，佔有不同位置的道理。但這個問題，將涉及別種問題，恐要忘却所談的是化學問題了，祇好留待將來遇有機會時，另行討論。此刻祇可說光波通過三稜鏡後，即轉換方向進行。光波越短，彎曲的度數越大，所以最短的光波生成光譜紫色的一端，光波最長的就生成紅色的另端。所謂長波，就是說兩波間的距離較遠；短波就是說兩波間距離較近的意思。

有幾位小朋友急不及待，情願先從分光鏡中去觀察，不願多聽什麼不能見的光波。等到他們年歲漸長，知識豐富後，再去研究這個問題，自然更覺得有趣。現在讓我們來做下面的實驗：

我在暗室中，另取一藥瓶，小朋友當然看不出簽條上的名稱。當小朋友從分光鏡中觀察時，我即取此瓶中的藥料少許，撒到火

上，他們就看見光譜紅端和紫端各有一條明亮的細線，像第三十圖的樣子。



第三十圖 鉀的指紋圖

從分光鏡中觀察鉀焰，常呈本圖上兩線的形式。用此種方法去偵察鉀，和用指紋去搜捕犯人，是一樣的道理。

我嘗稱此圖為鉀的指紋圖，因為光譜中有這種線時，便可偵出鉀的存在。小朋友應知道犯人常常要打手印的。是將手指捺到墨中，再移到紙上一按，手指離開，紙上便留着精微的細紋。這種指紋，在世界上決沒有兩人完全相同的。一個犯人可以化裝改變容貌，使得警察不易辨認，但指紋是無法改變的，所以憑指紋犯人就不能再狡賴了。我們從光譜中的細線，可以察知有什麼元素存在。

本書上祇用黑色表示彩色光譜，白線表示顏色細線。有一位小朋友問道“為什麼不用彩色光譜呢？”一則因為彩色光譜印刷很費工本，致增讀者負擔；二則因為彩色光譜在初中物理、化學書上通常都會有的。

試看第三十圖的光譜圖，兩端各有一細線，料想小朋友想不到用的是什麼藥品。當我說是廚房中常用的酒石粉時，想小朋友一定很驚奇。酒石粉的化學名稱叫做重酒石酸鉀。這個學名，比俗名來得繁複，但一望而知其中含有鉀的成分。化學家從分光鏡中看到像第三十圖的細線時，便可斷定有鉀存在。

今將數種不同的物質，分別撒到火焰上，望小朋友說出它們的名稱。小朋友要注意，我來做些幻術，這裏是從別個瓶裏取出來的少許藥品。握在手裏，暫且不給小朋友看。小朋友從分光鏡中看去，看見一條明亮的黃線。它的位置恰和第二十九圖的黃線位置相當，當然可以說它是食鹽。再從另一瓶中取出藥品，撒到火焰上去看，小朋友仍可說是食鹽。於是再試燃第三瓶中的藥品，小朋友所看到的細線，正和第三十圖上的細線相當；因為從前曾用過酒石粉發生這種細線，所以小朋友可說它就是酒石粉。再取第四瓶中的藥品，投到火焰上，亦發生同樣的細線，小朋友可仍說是酒石粉。若我批評小朋友的話沒有一次不錯的，一定都覺得驚異。這並不是和小朋友開玩笑，實在要使小朋友明瞭分光鏡祇能探索元素。第二十九圖表示有鈉元素，並非即指食鹽。我所以用食鹽，是因為要獲得鈉焰，以此為最方便的緣故。小朋友應知道食鹽是含鈉的一種鹽類，學名叫做氯化鈉。別個瓶裏是什麼呢？

一瓶中係洗濯蘇打，學名是碳酸鈉。另一瓶中係焙用蘇打，又名小蘇打，學名叫做重碳酸鈉，或叫碳酸氫鈉。這都是鈉鹽，都可以發出這種特殊而明亮的黃線。別隻瓶裏又是什麼呢？

我想小朋友可以說別隻瓶裏都是鉀鹽了；或者有人可猜到一瓶裏是硝石，學名叫做硝酸鉀；又有人可猜到第四瓶裏是氯酸鉀，就是曾經來製取養氣的物質。

專選鉀和鈉兩種元素來研究，是有着特別的原因。如將鉀、鈉的金屬給小朋友看，外觀上很相似，我不信小朋友能夠分辨清

楚，那個是鈉，那個是鉀，但在分光鏡中看來，就有著特別的差異。用分光鏡來偵察鉀或鈉，是決不會有錯誤的。

燃着一種鉍鹽，小朋友可以看見光譜中綠色部分，有美麗的細線。又燃着一種鋇鹽，看見大部分的亮線，集中在光譜中的紅色部位。這兩種化學藥品，為焰火廠家所常用。着火時能顯出美麗的綠光和紅光。談論到此，關於星光化學的問題，可暫告結束。我想小朋友都容易猜出這研究星光化學的方法。星球是一種球體，周圍滿佈着燃燒的氣體，放出光輝，我們可以用分光鏡去考察那遙遠的火焰。若由分光鏡中攝出光譜照像，考察細線的位置，可更覺便當。試將攝得的星光譜，和實驗室裏燃燒各種藥料所得的光譜，兩相比較，察看細線的位置，就可以偵知星球的成分了。

我們考察日光（這個恆星距地球雖有九千三百萬哩遠，但比較真正的星球，要算是很近的），已經知道太陽裏面含有鈉、鉍、鈣、鐵、鋅、鎵以及其他的許多物質。有一位小朋友，以為白熱的鐵祇有像虹一般的光譜，不會發生細線的。這是十分對的，但我並不曾說太陽裏面有白熱的鐵塊，祇說那燃着的氣體中有鐵原子存在，且看我們怎樣的說明。

今將一片鐵，送到熾熱的電弧中，從分光鏡中看去，可以看到光譜中有許多美麗的細線。這種熾熱的高溫，能將鐵變成白熱的氣體，或者說是蒸汽，才能夠考察這種鐵焰。

還有一事，我應當告訴小朋友的，否則看到星球光譜照像上的黑線代替了亮線時，一定要十分驚異的。我知道它的原因，但小

朋友須等到將來才容易明白。年歲較長的小朋友中願意明白這個原因的，諒不乏人，所以我不得不稍加解釋：這種黑線是由熾熱星球外圍的冷氣所生成，因為那些光波為冷氣所吸收，即是波動被阻，以致達不到地球上，所以在光譜中明亮部位現出黑線。

某日，有一位天文學家洛克爾 (Sir Norman Lockyer)，考察太陽光譜，發見一種細線，那是在實驗室中從來沒有見過的，乃推測太陽裏一定有一種什麼元素，是地球上所沒有的。他就給它一個名字，叫做氦 (太陽之意)。到二十七年後，有一位大化學家雷姆賽 (Sir William Ramsay) 發見地球上也有這種新元素，惟分量不多。在前章裏，講到神祕物質鐳元素時，曾經提過氦的，想小朋友還可以記得。今日飛船上採用氦以代氫，可以防止着火的危險！

地球亦是星球之一，它的成分是什麼呢？地球的成分實在多得很，所以另立一章，專門敘述。

## 第十六章 地球是什麼物質組成的？

本書寫完前章，可算正文已畢；再續這一章的用意，是要列出元素表來，即當做附錄，也很確當。

這個表上許多名字，小朋友是很少聽到，且有許多字是很奇特的。但這些成分，確是組成地球的材料。

將各種不同的元素，依其原子的輕重列成下表。小朋友要知道每個原子係一羣電子(陰電粒子)和陽電組成的。

元素名稱右邊是什麼符號呢？這是一種簡單的寫法，化學家專用以代替各種元素的名稱的。譬如有一位小朋友名字叫做 Kathleen，常簡寫為 K；但在下表中，K 就是代表鉀。

小朋友要注意，化學家有時取英文名字的第一字母或首二字母用以代表元素。有時採用拉丁字的首二字母，如 Cu 代銅，是從 Cuprum 一字而來。為什麼不用 C 呢？因為已經用 C 代表碳（通常寫作炭）了。

如果計算元素有多少種覺得費事，我可以告訴小朋友。今日元素共有九十餘種。從前還沒有這麼多，日後說再有更多的新元素發見，是在人類的努力呵！

這些元素符號對於明示化合物的組成很有用途。例如水，化學家就寫為  $H_2O$ 。讀過化學的人，一望而知是水了，因早已知道水的每個分子是氫二原子和氧一原子化合而成的。

化學家寫出  $NaCl$ ，我料想小朋友一定知道是何種物質。試檢下表，知道 Na 是鈉的符號，Cl 是氯的符號，所以這個式子是表示一個鈉原子和一個氯原子組成的分子。在第四章裏，我們已經說過這兩種原子，乃是組成食鹽分子 ( $NaCl$ ) 的。

再用三個符號來表示一種化合物，例如寫出  $H_2SO_4$ 。小朋友檢視元素表，很容易檢出是什麼元素組成的。我們讀起來，是兩個氫原子、一個硫原子和四個氧原子組成的。這些原子組成的分子，就代表硫酸的粒子。小朋友記好，手指上切勿沾染硫酸，沾到要燒爛皮肉的！也不能沾染到衣服上，沾到衣服即腐蝕成洞！

末了，還要向小朋友供獻一些願望：小朋友讀完了這本書，決不會有人覺得所獲得的化學知識，已極豐富。我寫到此地，已不下六、七萬言，不過是開啓化學研究之門，好讓小朋友進去偵察“化學寶藏”中許多有趣而神祕的事實。若從此能奠定了堅強的基礎，他日長大成人時，專心致力於化學的探討，說不定會有偉大的供獻，造福人羣！希望小朋友努力！

（完）





# 附 錄

## 重 要 元 素 表

名 稱	符 號	名 稱	符 號
氫(輕).....	H	*鎳(朵).....	Ni
氦(亥).....	He	*鈷(古).....	Co
*鋰(里).....	Li	*銅(銅).....	Cu
*鈹(被).....	Be	*鋅(辛).....	Zn
硼(朋).....	B	*鎳(家).....	Ga
碳(炭).....	C	*諸(者).....	Ge
氮(淡).....	N	*鉍(申).....	As
氧(養).....	O	銻(西).....	Se
氟(弗).....	F	溴(臭).....	Br
氖(乃).....	Ne	氬(克).....	Kr
*鈉(納).....	Na	*銻(如).....	Rb
*鎂(美).....	Mg	*鐳(思).....	Sr
*鋁(呂).....	Al	*鈾(乙).....	Yt
*矽(夕).....	Si	*鈳(告).....	Zr
磷(搏).....	P	*鈷(柯).....	Cb
硫(硫).....	S	*鈳(日).....	Mo
氯(綠).....	Cl	*鈳(了).....	Ru
*鉀(甲).....	K	*銻(老).....	Rh
氫(亞).....	A	*鈳(扒).....	Pd
*鈣(丐).....	Ca	*銀(銀).....	Ag
*鈷(充).....	Sc	*鐳(格).....	Cd
*鈦(太).....	Ti	*銻(因).....	In
*鈳(凡).....	V	*錫(錫).....	Sn
*鉻(各).....	Cr	*銻(梯).....	Sb
*錳(猛).....	Mn	碘(典).....	I
*鐵(鐵).....	Fe	*碲(帝).....	Te

氙(仙).....	Xe	*鑷(留).....	Lu
*鉈(色).....	Cs	*鉭(且).....	Ta
*鉍(貝).....	Ba	*鎢(烏).....	W
*鐳(蘭).....	La	*銻(俄).....	Os
*銻(市).....	Ce	*銻(衣).....	Ir
*鐳(普).....	Pr	*鉑(白).....	Pt
*釷(女).....	Nd	*金(金).....	Au
*釷(衫).....	Sm	*汞(貢).....	Hg
*鎘(有).....	Eu	*銻(他).....	Tl
*鐳(軋).....	Gd	*鉛(鉛).....	Pb
*釷(忒).....	Tb	*鉍(必).....	Bi
*鐳(滴).....	Dy	氣(東).....	Nt
*釷(火).....	Ho	*鐳(雷).....	Ra
*鉍(耳).....	Er	*鈷(土).....	Th
*銻(丟).....	Tu	*銻(由).....	U
*鐳(意).....	Yb		

(註) 凡有 \* 號的,都是金屬。名字右旁括弧內的字,是讀音。



(14062)