

少年百行全書
第七類

地球

上册

商務印書館發行



少年百科全書
第七類 地球上册

我們住的地球

海底下的生物，完全住在黑暗當中，不懂什麼叫做光，他們又沒有眼睛，又沒耳朵，不過有點感覺罷了。他們所知道的地球，只有兩個部分：一個是他們能吃的，一個是他們不能吃的。那裏又無日，又無夜，又無日月星辰，又無四時，聲音，顏色，就是除了自己以外，有沒有他們同類的生物，也不大白咧。

這個好像一個小孩睡在黑暗的牀上過的生活一樣，在全生活中只有一種改變罷了，這改變就是口裏有東西和沒有東西的分別。世界上雖然有些人類像如此的生活，但我們總不情願如此的。

我們的生活就大不同了。我們具有許多感覺的器官，這類的器官，如味覺，嗅覺，這還不大重要，觸覺雖能知寒暖，也不大希奇。講到聽覺就覺得希奇了，靠着牠能得到許多知識，和許多美麗的東西，好鳥的歌聲，海洋的浪聲，朋友的談笑聲，與音樂聲等，但是在這些感覺器官之中，無論如何總要算視覺為最奇。有了視覺，我們便可找出無量數的奇怪景象來。視覺能顯示我們地在腳下，天在頭上；日月，星，流星，電閃，日落等，一一都能看見。又會顯示我們自己的身體，和朋友的身體，以及世界上千百萬的生物。又能告訴我們一天分成白晝與黑夜。

白晝與黑夜本是極平常的，若經我們細心一想，就會變做希奇的事情。原來宇宙間越普通的事，要是不但

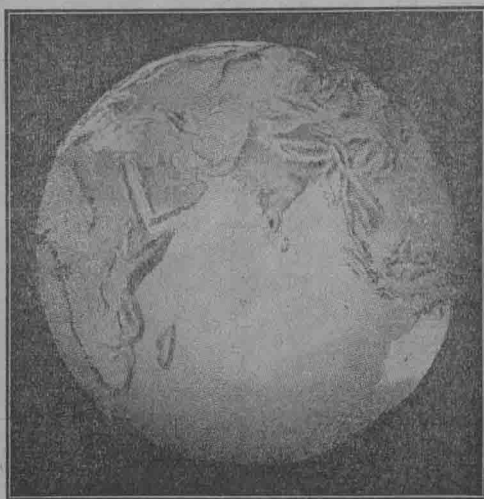
用眼去看，更用心去想，越會變做極奇異的事。這奇妙的視覺，又能告訴我們一種變遷，這變遷雖不及一天一夜那樣快，但牠的次序決不會弄錯，一來一往也是很正確的。

四季的變遷 冰天雪地的月份過，以後，詩人所謂『歲月復生』便接着來了。白天便漸漸長了起來；樹木

也發出嫩芽；好鳥的歌聲也格外好聽，大地便穿了一套綠油油的衣服；空氣也漸暖了，太陽也漸熱了，漸由春而至於夏。但人人都知道不會老是夏天的，就是將最聰明人的本事一齊拿出來，也不能拖住牠。五穀漸熟，又到了秋天了。葉子便變成棕色，花也逐漸謝落，樹葉也從枝上落下，所有綠而美的植物，都像死的一樣了。

秋天以後，又是冰雪的冬天，但到了春天，那死去的樹木又重新綠了。其實他們並沒有真死，冬天和夏天何嘗不是一樣的活着；不過他們必須順從四季的變換

罷了。這種變換是要重複而來的，來而復去，去而復來，如同夜變做日一樣的情形。他們這樣進行已經過了好幾萬年，將來也仍舊這樣進行着。那些海底的生物自然不知道這類事情，但我們是知道的，所以也要用生活的方法去適應變遷，和樹木一樣。到了白天我們就起來，夜裏就去睡覺。



這是地球的雛型。這一面稱為「舊世界」就是在哥倫布尋得美洲以前大家所知道的。世界高低的部份是陸地，平滑的部份是水。地球上陸地比水少。

在夏天所做的事情，冬天就不能照樣做，如換衣服等。可是這恰同樹木相反，我們減去衣服時，正是他們要穿上，我們添加衣服時，他們又脫去了。這樣看來，要曉得萬物的奇妙是我們分內的事了。

視覺在感官裏，能佔優勝地位，不但因牠能告訴我們關於地球的事，比別的感官格外多，而且牠能把遠隔地球所有別的異奇美麗的世界也會一一顯示我們。

奇異的太陽 關於這類事情，就是把我們所有的感官合了起來，也不能覺着這類景象。地球對於我們最有興味，因為地球是我們的，一日不能離了牠的，對於我們的生活是非常密切的。但是地球以外，那些很遠的，祇能看決不能觸到的東西，對於我們也是很重要的呢。其中最主要的就是太陽，光和熱都是牠給我們的。沒有太陽，便沒有什麼可以生在地球上。那末，下不見太陽而不知太陽的海底生物，上至每日常見太陽的人類，都不能生活了。此外有月亮，晚上發光照我們。又有上千上萬不知名的星。有句詠星的詩道：『我真覺奇怪，你到底是誰啊？』想要回答這個問題，一定是很奇妙的。

但是我們即不擡頭向上去看，或者比山頂高些的地方，就是這樣平平看去，奇奇怪怪的事，已經一生不能研究完了；自古以來，將人們所研究明白的都一齊集着，也不過懂得百萬分之一咧。我們永遠不能把所有的問題一概答出，但那能回答的，與正當發出的問題，都是對於人生極有價值的。人們曾找出那些問題，都是使我們生活快樂，與那野蠻人的生活劃出極不同的界限來。雖然我們所知的微乎其微，比那未知的相差極遠，但能多知道一些，總是要好一些。

想到牠的原始，着實是一件值得思想的事情。這些問題，問答，不是非經過一番研究而能說出的。各人都應該用一部分時候去研究牠；有許多男男女女，把他們一生的工夫都下在這個上頭。有些少年或者要問，爲什麼要這樣尋煩惱呢？爲什麼不這樣吃吃，頑頑，睡覺呢？爲什麼我們不和海底的生物一樣說，『我不知道，我也不願意知道；這東西對於我毫不相干，我何必自尋煩惱』呢？

不錯，正有如同那樣生活的男人，女人，和小孩；但是那不是真正的生活了。你如果願意像海底生物那樣一點都不想，連牠旁邊的魚類或牠自己都不去想，那麼你的價值也不比牠高些了。要叫生活有價值，唯一的方法，就是向更高的地步走。倘若我們自己過那種生活，那末歷古以來的競爭與工作，一直傳把我們的，一概拋棄了。頃刻之間，都被我們搗碎。好像積木的房子，一旦倒塌下來，我們也就跟着塌下去了。我們的生活是最高，可是還有更高的在前呢。生活越高，所需要的知識越多。如果我們的知識門忽都關閉起來，所有的記憶全數忘卻，同海底生物一樣的住到黑暗裏去，那時候或者需要那種生活了。

地球故事的原始 我們已經看過過四面的情形，上至天庭，下達海底，現在再從牠開頭講起，先講牠從來的經過。大凡講故事，講那身歷其境的故事，自然更能動聽，不過這故事卻不同，有誰經歷過，祇能就四週所見，找出一點情形罷了。但也許從觀察中而尋出真實的情狀，譬如做偵探的，他走進竊賊掘過洞的屋子裏，把所有情節都找得出來。他無非考究所見的東西，驗驗竊賊掉下來的傢伙，看看留在地板上的手印，何嘗看見兇兒正在那裏行竊的情形。

講地球的故事，正和偵探的情形一樣。若是我們要把這故事講得很好，一定要照做偵探小說作家那樣佈置。他開頭所說的總是偵探走進屋裏，先怎樣的想像，等到一件一件證據找出以後，然後把他們都湊合起來，所得的結果，竟有賊正在偷時，他躲在窗後看見一樣的明白。

古時對於地球故事的揣測 地球的故事，無論比甚麼偵探故事都更眩迷，但也格外有趣，格外奇怪，格外有精彩。古時的人想着這問題，最容易弄錯。他們所得到的情形，實在比真的情形相差太遠，要是不把這誤謬破除，他們決不會有進步的。

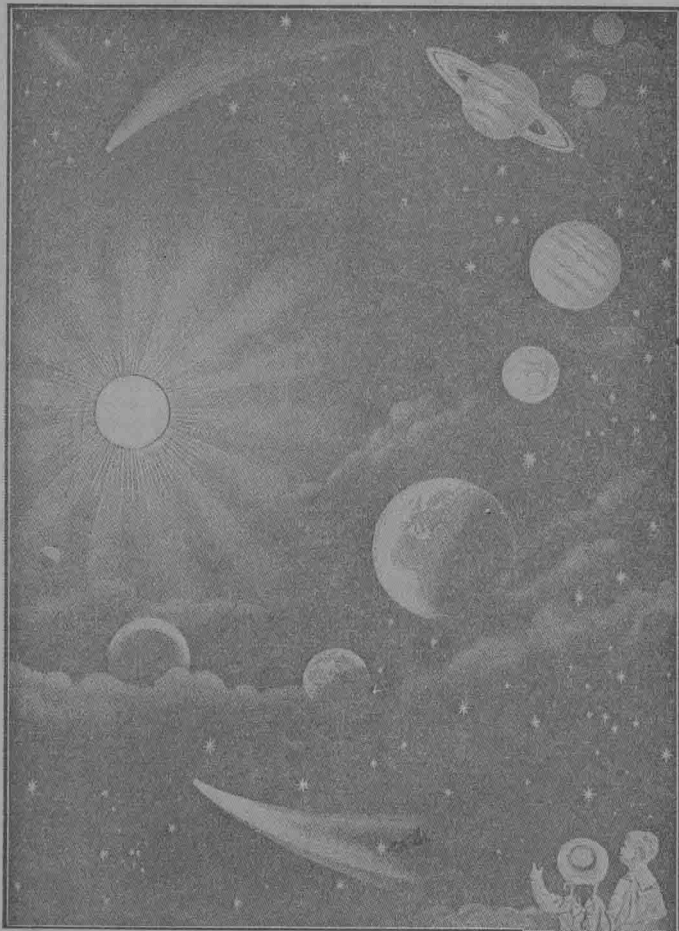
譬如你要上樓去睡覺，卻一步踏下樓梯，一逕往廚房走去了。雖然你下樓下得非常勇敢，非常快當，但決不會走進你的臥室的。緊要之點就是你動腳時路就走錯，所以決不能成功了。前人發見地球的故事，即因此而誤。這卻不是他們的錯處，原來正路和歧路，很不容易辨別的。他們都是極聰明的人，都是不會落人後的。可是他們工夫用得愈深，愈入窘境了。

想到地是平的人 從前要懂得地球的人，當然只會根據着幾樁大事實去想。最簡單的，他們以為地上儘管有些高高下下的山谷，大體上看起來，總是平的。地上的高下，也不過像壞路的崎嶇，或球場的不平罷了。不問走得多遠，頭總是朝上，腳總是向下。也不會有個人走到邊上掉了下去。在地上走，或坐在火車上走，總不會像在球上走的。

後來他們以為又有些明白了。第一是面前有個空濶無邊的大地，這大地是一個平面，向各方向伸展出去

的。他們再想這世界上的各樣東西，不是正貼住這個平面之內，便是像天一般懸在這平面上，或者再有些藏

行運的界世個各



地球是浮於空間的大球。牠不是惟一

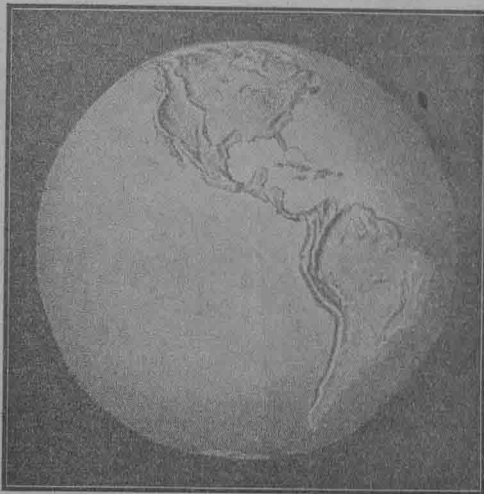
的世界不過是宇宙中諸世界之一。圖中的地球，似乎比了任何別的世界來得大，這是因為牠最近我們之故。太陽的週圍，有大千世界，和億萬的星辰。這圖不過是宇宙的說明，到底沒有人看見過這個樣子的。用了望遠鏡，也不過看見最近地球的世界的一小部份。此外無窮的大宇宙，就沒有人能夠知道了。

在這平面之下。掘地固然是困難的，所以人不能深入地底，可是現在既明明有個上頭，自然也就有個底下了。

地底下的大奧妙 他們根據地下的若干部分，想到地下去，就說地底下是滾熱燒着火的。他們有什麼憑證呢？原來有些山頭上有些大洞，這些山的特別名稱，就叫做『火山』，洞就叫做『噴火口』。有時火山發動起來，地底下各種的東西，都從山頂上的洞口直噴出來。那些東西熱得可怕，還帶出許多黑煙。因此他們說地底下是極熱的，大概總是燒着火的。

現在地平的說頭，地上地下的光景，我們像煞都有一個明白的觀念了。但是這種觀念大部分是無意識的。人們越信這種話，就要越變越無意識，弄得一場糊塗。地平這話好像不錯，那地是靜止不動的，這話也就不錯了。我們不覺得地在腳底下動，也不能想像牠動。若是我們每天每夜向上看星，我們總覺星是從東邊地角上升起來，然後在天上穿過，又從西邊地角上落下去的。

前人所想的太陽 我們明明白白看見太陽，是每天這樣走的，早晨時候我們見牠在東邊，穿天而行，到了西邊，就不見牠了。前人常常想道，這個大火球每夜總浸到西邊的水裏去，然後再用不可思議的方法經過地底，第二天早上重新燃起來，新新鮮鮮的走牠的路。不問太陽在晚上到底怎樣，我們心裏所想，眼裏所見，那朝出於東



這是地球那一面的「新世界」，叫作南北美洲本來沒有人知道的，直到四百年前哥倫布去發現了。才爲人所知。這片大陸很是廣大，差不多要乘一星期的火車，才能橫貫過去。

晚落於西的這件東西，總不會有疑問的。地自己會動這句話，真是使個個人發笑的談話。

但是後來反對我們所想的主張來了，那就是說地不是平的。有些勇敢的人很確實的宣布說，地不是別的，

不過是個大球，我們就住在球的外部。有許多人恥笑這個意見。他們說：『如果牠是個大球，我們必定可以一直向前環行一週，又回到出發的所在了。』那時候，他們所知道的地面，不過只有一小塊，此外更不知道，所以一直走出去，一點彎不轉，可以回到原處的觀念，像是絕無理由的。

有人會跌出地球以外嗎？他們又辯說，大球那一邊總

不能住人的。如果有人，一定要跌出去了。而且如果地是個球，那從球頂上出發的人，任向那一方走得太遠些，立刻就

要滑將起來，像木人兒從橘子上滑下一樣，最後便一交跌出去，一命嗚呼了。這真是個大疑團，或者竟不是疑團，簡直是那主張地是球的人，說了些無意的話罷了。

但是說地圓的先生們，總不肯放棄他們的主張，只一重一重堅決的辯駁着，直到後來人家都相信他們的話。是的确不錯的。最好的辯難當中有一則說，假如你看着一隻船出海，絕不會看出那船是在平海上走的光景。



地不像平的桌子，却像圓的橘子。我們要證明這事，只要到海邊去看來船。我們先看見的，不過是一些烟。

然後我們看見桅頂，船好像在山坡上爬起來的一樣。

譬如那海是同耕過的平田一樣，那麼你就可以看見那船越走越遠，越遠越小，最後小成一點，一會兒就不見了。但是船出海的時候，完全不是這樣的。如果我們用心用意的看，就可以看出那船纔要消滅的光景，是有個特別樣子的。先是船底不見，然後像越沉越下似的，只看得見槳桅，過一會只看得見一些槳桅的尖兒，到末了纔一點也沒有。那船完全不見的時候，其實牠還離我們不遠，照理我們可以清清楚楚看見牠的，可是有件東西將牠藏起來了。這件東西先藏牠最低的部分，然後將牠完全藏了。

海上的船怎樣走進視線來 假如那隻船回來了，我們

要看見些什麼呢？是不是先看見一隻不清楚的船，後來越近越清楚，好像霧裏看來人一樣嗎？那是完全不同的；那隻船卻好像從什麼地方升上來的，越升越近，先使我們看見牠的槳桅頂，後看見牠的底，正同在山上看人一樣。例如我們立在小圓山的半腰，有些朋友爬過山去，我們先看着他們漸漸下去，後來只看得見他們的頭，一會兒便完全不見了。到他們回來的時候呢，卻先看見他們的頭，最後看見他們的腳。在海邊看船就是這樣的道理。船是緊繞着地面走的。我們所以不見船，就因為我們與船的中間被



偶然地是那末我們就應該一時看見船的全部，不會這樣逐漸逐漸的看見了。



此刻船身才出現，看着牠愈升愈高。

地身隔住了。

奮力週航地球的古人 有些勇敢的船家說：『好呀，好呀，如果地真是圓的，如果有這們許多水，我們就好環行一週了。』我們將從我們的海邊上，帶着大船，和充足的糧食出發，雖不看見什麼，只有水在我們面前，我們還是一直向前走。如果這句話不錯，如果我們能這樣長久的走，糧食又不缺乏，我們就可以繞地球一週，從那一邊回到我們出發的地點來了。』

這些船家於是就照樣做去。他們駕起了那最好最大的船，對着那些以為永不能會面的送行朋友，歡歡喜喜的告別，轉過船頭，一直的去了。西班牙國，那時是世界最有名的，就做了他們的出發處。我們可以想像，那些不相信地圓的水手們，怎樣的盼望轉舵回家。他們每天總覺得越走越遠，那條路是那裏可以回家的呢？

但是到底沒有轉舵回去。他們的首領天天向前望，想找塊陸地，想找塊那向來未曾見過，他們希望就是他們出發地對方的陸地。有一次他們幾乎找到他們所期望的地方。他們看見的，不是一片大陸，是幾個小島。



末了，船已過了我們那邊的圓弧，清清楚楚的在球頂上行着了。



但我們看見的並不如此，我們所看見的恰如從球那邊走了過來。

不過想已够了；他們說，既然有小島，那末相近處一定有大陸了。

人怎樣發現地是個大球。那時候住在西班牙的人和相近西班牙各國的人都稱極東的地方爲印度。所以那些船家經過這些羣島的時候，便以爲他們又經到了一部分的印度了，因此就稱這次初到的羣島爲西印度，稱他們從前去過的爲東印度。其實他們纔走了全程的四分之一，這是他們猜想不到的。但是他們到底已經成功一件大事了。他們已經橫渡大西洋，發現了陸地。

這是偉大的開始。不久就有同樣勇敢的船家繼起而行，最後便達到了環行地球一週的目的。地是平的這句話，便告終了。這些航行替我們發現了，我們到現在還稱爲新世界的大陸。這個大陸對於全世界的人，都有非常重要的關係。而最重要的關係，就是證明這怪異的地，不是別的，確是一個大球。

地球是常動的

常聽人說地球是動的，我們總不覺得動。但是答這句話是很容易的。

當你坐在停在站裏的火車上時，你常常不能說出你所坐的火車是動着，還是不動着，除非你看看停在別的月台裏的火車，然後你纔能知道。有時你想現在火車是開了，看看月台卻是一點不動。這是別的火車動了，使你這樣想的。這樣就證明了我們不覺得地球動的原故了。你乘火車，或坐船，或駕氣球，或住在這地球上，當你走的時候，你要判斷你到底動不動，只有兩種辦法：一種是覺得底下行動着，那一種是看看外面的東西，如果那些

東西向後面過去，就是你動了。地球走動我們卻不覺得，爲什麼呢？就是因爲牠行動得非常平穩。當我們坐在極大的船上時，若是風靜浪寂的，我們就不能說出船是不是在走動。如果天容沈靜，沒有微風的日子，你閉眼坐在氣球上，你也不能說氣球是不是在飛動；有時就是睜着眼，也說不出呢。我們坐在車上，覺得車行動的，就是因爲車是顛頓着。有時車子忽然走得慢些，我們的身體還仍舊向前，就不得不倚正了。有時車子忽然走快些，我們的身體，還是丟到後面，就不得不矯正了。爲了這樣，我們就知道車子是在載着我們行走。

車子走得越平穩，我們就越不知道牠在走着。幫着我們旅行的諸般器具中，以氣球爲最平穩。因爲空氣的行動，我們是一點不覺得的。所以乘氣球旅行，比什麼最好的汽船，最新的電車，最精的汽車都好。但是走得實在最平穩的，卻無過於我們行動所在的地球，不問我們還是泅水，還是走路，還是坐氣球飛行着。地球動得最平穩的證明，就是我們不覺得牠的動。有時地球外部一小塊地方自己動起來了，我們便覺得動，這名叫「地震」，完全是另外一件事，從來沒有那個人覺得地球全部都動的。

如果地球忽然不動了，要有什麼事情發生呢？車子忽然停了，乘客一齊都向前一傾。你拿個球很命的一摔，那球便拋得老遠。地球向前走得這樣快，如果忽然這麼一停，那些活動的東西與固定的東西，也要一齊掉到太空裏去了。他們向空中飛去，或者不會過遠，就要被空氣壓下來，正像空氣壓下那拋出去的球一樣。但是若是地球忽然停止，那些男女老少，與一切獸類，卻一齊要沒有命了。海水都要激出海來，魚都要跌死，所有的城池建築都要倒毀。不過這是萬萬不會發生的。

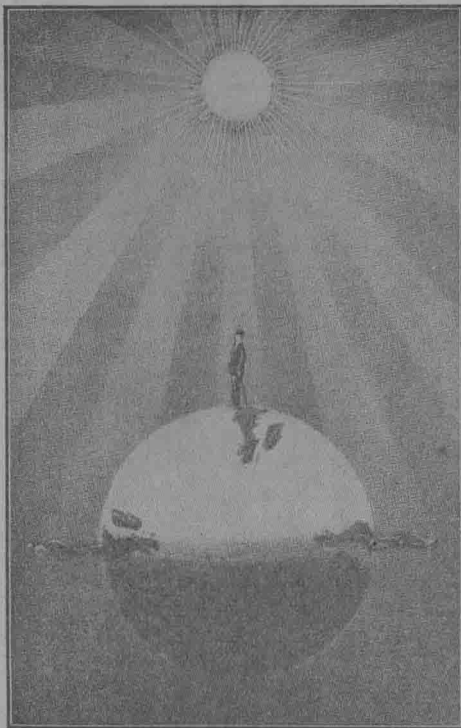
如果你坐着什麼去旅行，不知道牠到底動不動，最好你看看外面的東西。外面的東西動，便是你坐着的東西動；不動，便是你坐的東西不動。從前的聰明人，老早這樣做過。他們所看見的也同我們一樣，例如我們仰首便看見太陽，好像每天繞地一週似的。但是這正如小孩坐在火車上錯誤，實在是牠自己走，卻說是別的車子走。所以他們見太陽橫過天空是錯的。動的不是太陽，卻是地球。我們現在還說日出日落，乃是順着習慣，其實太陽永是不出不落，不過是地球像陀螺繞着牠旋轉罷了。假如你沒有地球儀，你可以請你父母買一個。能買到那個大得像個大雪球似的，固然最好，否則那像橘子大的，卻很便宜，也容易買到。你得了地球儀以後，便立刻可以將地球第一種的動法知道了。

地球至少有三種動法，我們應該完全研究的。第一我們先解釋太陽，像早從東出，晚落於西的道理。拿出你的地球儀來——如果沒有，就是一個皮球，一個橘子也好——在暗室裏向着一枝燃着的蠟燭執着。球靠近火光的一面，當然照得很亮，背着火光的，當然黑暗了。在球上作一黑點，就算是你的家，使這一黑點對着蠟燭。然後你將球慢慢的轉起來，這一黑點便慢慢的行動，最後便背着燭光。這時你仍舊向前轉動，一會兒這黑點又對着燭光了。

現在就拿蠟燭當做太陽，這黑點正對蠟燭時，便是正午。此後這球——或說地球——向前轉動，那黑點——或說你家房子——便失掉燭光，這就所謂太陽下山，便是夜裏。此後那一黑點又轉過來，照着光了，如果那時，你正在那裏，你就要說太陽出來了。

現在想想看，如果總是夜裏，或者總是日裏，地球便應該是怎樣呢？如果地球不永遠像陀螺那樣轉，如果是靜止的，那麼地球的這一半總在日裏，那一半便總在夜裏了。就像執着這球，不去轉動牠，必定一半對着蠟燭，一半就背着牠了。如果地球停止轉動，如果牠慢慢的停下來，像陀螺停下一樣，你想發生什麼呢？假如停下時，剛

日與夜的意義



倘若我們能向下看地球，像看一個旋轉的陀螺的，人在地球上，就要像圖中所顯示的樣子了。假定那人站在英國，正當我們所說的日出時，我們便見他漸漸向右，轉入光明的日光中。此後地球還是轉着，使他漸與太陽相近，到了正午，太陽就在他的頭上了。到了晚上，我們見他走出了日光，那時就是我們所說的日落，他就要經過黑暗的長夜，直到次晨才重見光明。這就是日與夜的意思。

剛是我們對着太陽，我們一定要說：『太陽老停在天上。』到了晚上，人又要說：『晚上是多亮啊。』然後又要說：『這是怎麼一回事呢？』於是晚上完全沒有了。這樣一直

下去都是白天裏了。你們想想看，那邊常住在黑夜裏的人，要不要跳上船去，開到這邊來重見太陽呢？我相信他們一齊要來的。但是我也極相信我們也總不久要到那邊黑暗世界裏去過一回的。如其不然，我想我們必定都要發瘋了。可是地球總是這樣的旋轉不歇，有白天讓人醒着，有夜裏讓人睡覺，這正是最好的事情。

我方纔讀過一個蜜蜂的故事。他們白天裏工作得很苦，晚上便去休息了。有人用極亮的電燈照上去，好像天已大亮似的，他們便又起來做工。直到電燈息了以後，他們纔停工。可是不久太陽上來了，他們又重新起來活動。這天傍晚的時候，他們都弄得筋疲力盡，勞傷而死。蜜蜂既如此，人也是如此的。他們住在這滴溜溜轉的大球上，對着太陽呢，是他們起來的時候；背着太陽呢，是他們睡覺的時候。

但是地球轉動而成日夜，卻並不是地球唯一的轉動。抽陀螺的時候，陀螺有時站在一塊地方轉，但是有時還要在地下慢慢的從這邊移到那邊。因此牠常有兩種的轉動。自轉的時候，同時又各處轉動，這樁事你一定看見過的。地球也是如此，牠自轉時，還要全體移動，正如陀螺在地下轉一樣。這種轉法我們也是不覺得的。但是牠雖沒有分日夜的結果，卻是個最重要的轉動。

成功一年是自然界中的大事情。究竟什麼東西支持着地球這個問題，現在無庸討論了。我們曉得沒有什麼支持着牠，牠不過在空中飛動，一年一年的週而復始的不休罷了。

我現在就將所謂一年一年「週而復始」的這句話，來說明地球一年的行動。你要曉得一年是件真事，實在不像一星期。你或者要想每七天就有個星期，別的日子也是七天逢一次，一星期大概是件真事。但是我們可以將星期一，星期四，星期五，星期六這四天除去，以三天為一星期。七天為一星期是從古時沿用下來的，所以我們仍舊用。一星期是人為的，只有一天與一年纔是天然的。我們稱一星期是人為的，因為自然界並沒有教牠如此。只有一天纔是自然的，因為自然界確實教牠如此，那就是地球自己旋轉的事實。一年也是自然的，因

為地球的第二種轉法——像陀螺在地下的移動——教牠如此的。

現在丟開陀螺，想想滾球看。你總很知道

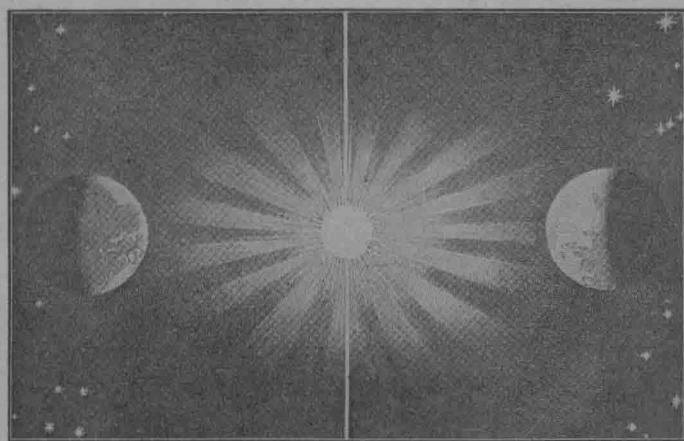
一個球向前滾時，還能够自己旋轉，因為你將牠在桌上旋轉時，牠也能向各方滾去。那末地球到底向那一方移動的呢？我們已經知道，所以能分日夜的，是因為牠自己旋轉，現在我們將每天每夜的光景通通一想，便能想出來了。

地球總是繞着太陽飛行 地球離開太陽

既不會近，也不會遠，牠總保持着那一定的距離，永久繞着太陽轉去，沒有停止的時候。如果你用根繩子，將球扣在燭臺上，你可以教球繞着燭臺飛舞。不過要教牠飛的時候又自己轉着，是不很容易的。——如果你能教牠自轉，又能教牠繞燭一週時，自轉三百六十五次，那就很像地球的樣子了。地球是常繞太陽飛行的，如果你能在那軌道上做個記號，等牠繞太陽一週重到這裏，牠所費的時候就

英國冬夜所見的地球

英國夏日所見的地球



這個使我們能明白日間光明，夜間黑暗的道理；也使我們知道地球是怎樣繞着太陽的右圖的地球這一面有太陽對着那時正是英國的正午，充滿着日光圖上一圈便是英國的記號，地球的那一面則正在黑暗中，就是夜間地球既然常轉不息，那些英國人，不久便走出了日光，他們那一邊的地球便在黑暗中了，也就到了夜間。所以地球旋轉不息，常出入於日光，牠的旋轉是繞着太陽的，牠繞太陽一週，要旋轉三百六十五次，所以做成了三百六十五個日，三百六十五個夜，我們稱之為一年。

是一年，而牠在繞太陽的行程中，必定要自轉三百六十五次。其實牠一年自轉的次數是三百六十五又四分之一。這四分之一的次數，我們並不將牠丟去，積下四年，成爲一日，那時將二月的二十八天改爲二十九天，將這年改爲三百六十六天的閏年。

關於一年中要說的事，還是很多，下回再說罷。現在我們對於我們所住的地，已知道牠不是平的，卻是個圓球。牠不是靜止的，卻是旋轉不息的。牠自轉成晝夜，繞着太陽轉去，一週便成了一年。這些我們都應該記清的。

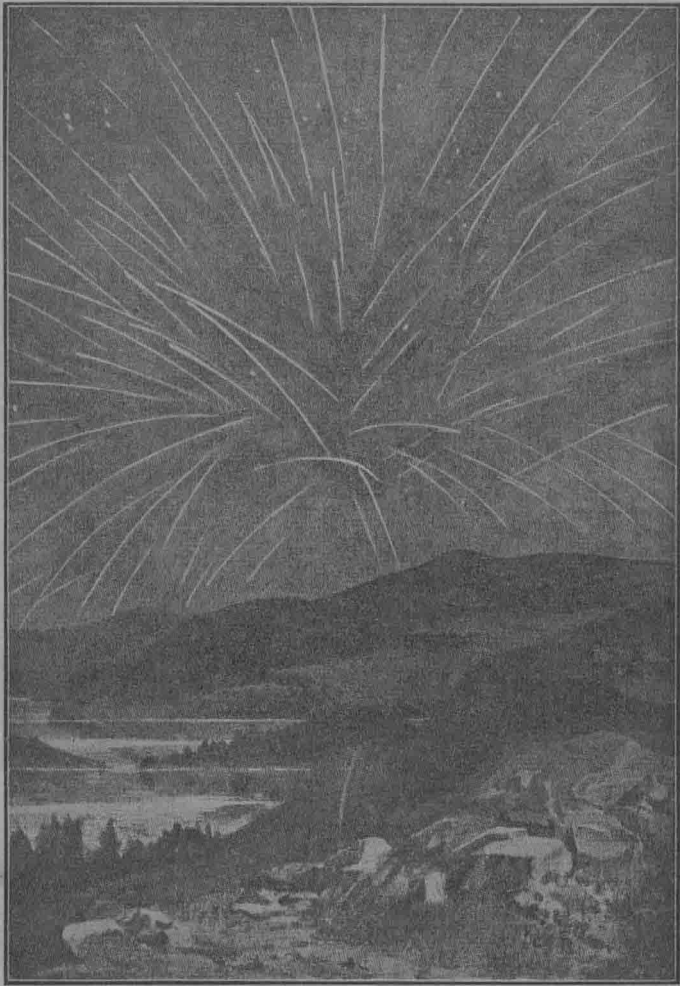
太陽與牠的家族

現在我們要將地球的故事從頭說起。我們曉得地球並不在宇宙的中央，牠只是環繞着太陽行。我們現在要找出太陽到底是什麼，爲什麼牠能够教地球繞着牠轉？我們不能沒有太陽而生活，我們也不能十分曉得牠。可是太陽與地球到底是從那裏來的呢？起初到底像個什麼呢？

我們已經知道地球自轉時繞着太陽，所以我們可以知道太陽是地球的鄰居。現在我們再找找還有別的鄰居否，我們知道還是有的。例如奇怪的月亮，就是我們鄰居之一，牠的故事是地球的一部分。此外還有許多亮東西在天上，也是我們的鄰居。他們的樣子像是星，可是有幾種理由，可以知道他們與衆星不同。那些亮東西不是星，因爲他們在天上是移動的，那真正的星卻是不動的。不動的從古以來稱爲『恆星』，動的稱爲『行

星。

少年百科全書 第七類 地球上冊 太陽與牠的家族
這是希臘人起的名字，歐美人便一直沿用到現在。



在十一月裏，我們常見這些火光在天上射來射去，因此我們便稱他們爲流星。不過他們到底稱不起星，因為他們是很小的，有的只有鵝卵石大。地球在空中遇着了他們，便吸引他們，他們一和空氣摩擦，便發熱生光了。從前曾有一個彗星破裂過，因此那地方便遍是這些小東西，成爲流星，不必說，他們都是那彗星的殘片了。我們所以在十一月裏最看得見他們，乃因此刻地球正走入他們的範圍之內。

我們單說到行，就要聯想到踪跡不定，不知向那裏去的意思。可是我們稱那亮東西爲行星，卻沒有此意。

我們已知道行星都圍繞着太陽，有一定的軌道的。因此就可以稱爲太陽與牠的家族。我們現在先應該記得太陽是個發光發熱的大東西，住在我們這個世界的中心。

那些奇異的行星，環繞着太陽，週而復始的走。其中有一個就是地球。牠不算最大，也不算最小，不靠得太陽最近，也不離得最遠。他們卻是同方向走的。但是那越比地球離得遠的，自然牠的環繞的行程也越是要長了。所以那週而復始成爲一年的意思，同我們的一年是大不相同的。地球繞太陽一百多次的時候，那離太陽最遠的行星剛繞過一次呢。

但是這些事都沒有關係。只有我們覺得最重要的地球，卻就是諸行星中的一個，那纔是一件重大的事情。我們的太陽，就是他們的太陽。太陽與牠的行星共稱起來爲『太陽系』。照此看來，若我們不先知道太陽系的故事，就不能談地球的故事，因爲地球是太陽系的一部分。

既沒地球又沒太陽的時候，從前的人，相信地是平的，而且是不動的，上頭有天，底下有可怕的陰世。這些話你大概還能記得。我們現在知道地是個球，是環繞太陽羣中的一個，其間有多大的不同啊！

現在要起頭講地球的故事了。我們應該從沒有地球的時候講起，連太陽與各行星一齊都沒有的時候講起。

在極遠極遠的時候（我們不能說極遠的日子，因爲那時候太陽地球都沒有，還有什麼日子呢？）有極大極大的星雲，比了人所見的東西總來得大，比了人所知道的東西也來得大。就是聰明人中最聰明的，也不能有個

到底多大的想像在他心裏。不過這東西卻總是有的。而且這東西雖然那樣大，卻不過是些雲。如果我們能親眼看見他們的，除了知道有這樣的大東西在那裏，也就沒有甚麼可說。他們各部分完全相同的。牠只不過是塊雲，就是你要畫張圖，也不過只能畫個輪廓罷了，因為實在沒有什麼可畫。

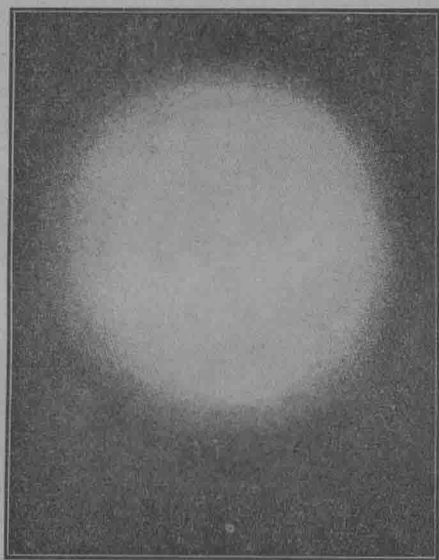
造成我們的材料就在這大雲裏 有

些人要想這一定是個很熱很亮的雲，裏面會發出強光大熱來的；但是大多數的人說，一定不是這樣的，最初這雲既不發光，也不發熱，或者竟還是很冷的。

你現在猜猜看，裏面到底有些什麼？

原來這大雲就是做成太陽做成行星的材料，我們的地球也包含在內的。甚至造成你的身體，與印書的紙，也是這雲做的材料。

地 球 的 縮 緊



地球本來是空中移動的雲氣。造成這雲氣的質料完全和造成地球的相同的。牠既環繞着行，所以牠自己旋轉起來。此後牠就成了和圖中一樣的小球，再縮小些，變得硬了，便成了我們所住的地球。圖中的一小點，就是代表這個硬的地球的。

現在可說造成太陽系的所有各種材料，都包括在這個大星雲裏面。但是那時候沒有什麼系統，雲也沒有什麼特殊的形狀，這部分與那部分完全是相同的。所能知道的只有這句話，就是那做成大塊雲的諸小塊雲是動的。他們亂七糟八，瞎衝瞎撞，一點系統都沒有。不知過了幾千萬年，他們纔漸漸的不那樣混攪，少微有點規則。

此後他們越過越有規則，又過了很長的時間，那無定形的大雲，於是纔自轉起來。

地球起頭旋轉的時候，你看到這裏，大概要想起地球的自轉來了。這是不錯的，這星雲的轉動，就是分晝夜的開頭。做成地球的材料，正在這星雲裏永久轉動着，而且所轉動的方向，一直不變。可是那時還沒有地球，連太陽系與太陽都還沒有，就是有這旋轉的雲罷了。

過了好久的時候，這雲便漸漸的收縮起來。這樁事是我們可以十分相信的，因為全世界的質點，都本來互相吸引着。你將球向空中拋去，還要掉下來，就是這個道理。大雲的各部既然互相推擠，自然就要縮起來了，因為只有外邊的因着吸引向裏推，沒有裏邊的向外推的。

太陽與地球的開始，與他們最初的形狀，是我們決心想找出來的。但當去找的以前，我們應當對地球的同胞看一下。這些世界是同地球一齊產生的，也一樣的倚賴着太陽的。這些世界同太陽地球併起來，組成一個完全的小家族，對於別的宇宙是獨立不倚的。因為這小家族是太陽居中，所以稱為太陽系。那麼同地球共組成太陽系的諸世界，是些什麼呢？

歷古以來，觀看天象的人，知道諸星中有若干星的行動，是和別的星完全不同的。一切的星，固然都好像從東升上，向西落下，但這不過地球轉的方向如此，所以覺得這樣。除去這一種假的移動以外，人知道只有幾個例外，別的都是固定在天上的。譬如古人稱為大熊星的那座星，我們一年一年的看下來，在那裏總未移動過。那歷古以來人所注意的最亮的星，現在還在相同的地方。我們現在雖已知道他們實在也在那裏動的，但他們離

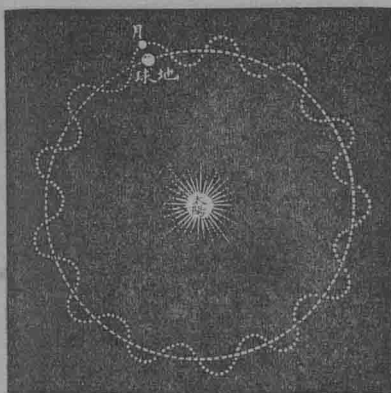
我們很遠，我們歷年用肉眼看去，總看不出什麼移動來，所以除去少數幾個以外，那些星都稱爲「恆星」。



地球的起始，就是像圖中所示不定形的雲氣。太陽和諸行星中所有的質料，這雲氣中都是有的。這雲氣在空中移轉了億兆年，然後有若干部份分裂了開來。那些分裂開來的，便成了各星球。

反過來說，那另外幾個亮星的行動，就完全不同了。他們不是固定的，卻是行動的。他們的行動，在今天

月繞地球的樣子



月和地球
一樣的繞
着太陽，不
過牠不像
地球的直
繞，而同時
又繞着地
球的，看圖
中所示便
明。

和明天，或上星期和下星期間，就可以看出來。這個月看那顆大星似乎在大熊星宮裏的，但下一個月就不在那裏了。所以那在天上走動的大星，都有特別的名字，與恆星大不相同。他們統稱為行星，例如他們當中有個金星，又稱晨星，比一切恆星都亮些；又有一個叫木星；又有一個爲了發出紅光來，名爲火星。

古來研究天文的，要想說明行星的行動，因此發了許多奇怪的議論，可是沒有一句對的。這是爲了他們沒有得到探開全部難關的秘鑰，所以終於不能通了。我們現在已知道行星完全不與恆星相同，而且一年到頭同地球一樣，環繞着太陽行的。行星絕不是星，同恆星比起來，就如針尖比塔頂，要小得許多了。他們所以能這樣亮的，不過因爲牠靠得我們很近罷了。就拿他們一概併起來，加到一個恆星裏去，那個恆星也不會有一些變動的。而且他們的光並不是他們自己發出來的，不過太陽光照在他們身上，又從他們身上反射到地球上來，好像球在牆上反射過來一樣。那些行星的光既然都從太陽得來的，所以如果我們能站到別的行星上去，就可以看見地球也很亮的在天上發光，正同別顆行星一樣，因爲地球正是一顆行星，也是從太陽得光的。不但如此，地球還是諸小行星中的一顆。

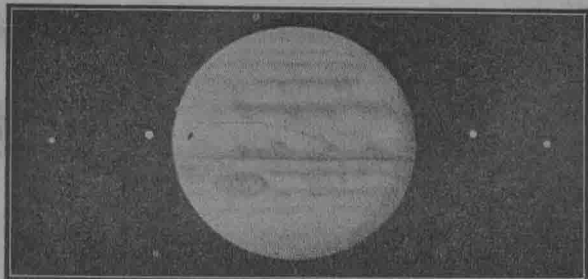
因此，那些行星與地球，圍繞着太陽，就造成了一個家族，我們稱之爲太陽系。這太陽系在大宇宙中很是孤

零。就是最近的恆星，相去已是很遠，因為那恆星所發的光，也要走三年纔可以到地球上來給我們看見。光走得原是很快的，一秒鐘可以繞地球八轉呢。近年纔發現太陽系是這樣孤零，離別個恆星非常之遠，這真是極奇

怪的事。

一切行星都環繞着太陽，但是有些行星，要比別的靠太陽更近些。我們已確實知道，有兩個行星比地球靠得近些，其餘的行星都比地球遠。

蓋利略在望遠鏡中所見的諸小月



地球以外，還有七個行星繞着太陽，而他們自身也。有許多月繞着其中一個行星，有七個月繞着牠。木星的四個月，第一個爲人類所發見，發見的人便是蓋利略。

你現在或者要說，月亮到底又是什麼呢？那是容易的，月亮是環繞地球的，正如地球環繞太陽一樣。而且月亮也是環繞太陽的，不過牠不像地球直走，同時又繞着地球罷了。所以月亮也是太陽系的一部份。因此我們若問別的行星有沒有月亮，我可以回答說，別的行星也有月亮的，而這一切的月亮，又都包在太陽系之內。

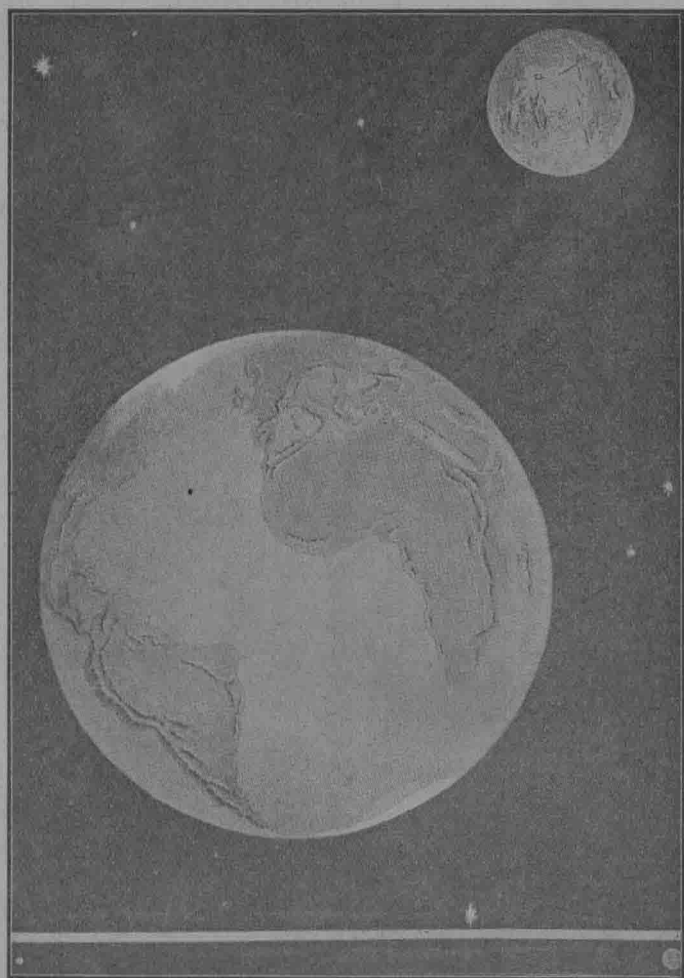
第一次發現那些月亮的時候，離現在還不很遠。發現的是個意

大利人，名叫蓋利略 Galileo。這個發現是他發明望遠鏡的第一次

報酬。望遠鏡是個長管，裏面安着鏡子，用着牠看天的。蓋利略看看那最大的行星木星，得了望遠鏡的幫助，就

發現木星旁四個小月亮，都是前人未曾見過的。他天天晚上去研究，清清楚楚的看見他們繞着木星轉，正同月

月 和 球 地 的 中 空



亮繞地球一樣。有時一個月亮完全不見，因為牠走到木星後面去了，後來又從那邊走過來。

繞木星的月亮，各

這圖表示現在的地球和月。若干部份的雲氣分裂開了以後，便自己收縮起來，其中一部份就成了地球。凡物各有吸力的，所以雲的中心要吸引雲的邊緣向內去。後來這雲便越變越小，直到成了固定的地球，而其中一部份又裂出去成了月。月和地球的距離，比了圖中示的要遠得多；要明白他們確實的距離，只有看圖底下橫條中的地球和月。

個距離不同，與各行星繞太陽的距離不同的一樣。但他們環繞的方向卻是相同的。

木星的月亮尤其有特別的興味。並不僅因他們是最先發現的，也因他們使蓋利略的主張有絕好的證明。他常對人勸說，教他們相信地球與諸行星繞太陽的道理，這個發現就使他又可以說，木星是同地球一樣，有幾個月亮繞着牠走的。

從那時候起，又發現了許多別的行星，也有月亮繞着走。所以這些月亮，都應該包含在太陽的家族以內。靠太陽最近的兩個行星，沒有月亮。地球我們知道只有一個。有些比地球離太陽遠得好多的行星，倒是很多的。例如奇怪的土星有九個。現在木星的月亮，比蓋利畧時又多發現了三個，共有七個，其中兩個是近兩年發現的，說不定還有幾個呢。

環繞太陽的各個世界 我想現在應該將造成太陽系的各行星作一個表，順着他們離太陽的遠近寫下來；又將他們各個離太陽的哩數，月亮的數目，與繞日一週所需的時候，一併寫下。

行星的名稱	離太陽的哩數	一年的時間	月亮的數目
水星	36,000,000	88日	0
金星	67,000,000	224日	0
地球	93,000,000	365 $\frac{1}{4}$ 日	1
火星	142,000,000	686日	2

木星	483,000,000	12年	7
土星	886,000,000	29½年	9
天王星	1,782,000,000	83年	4
海王星	2,792,000,000	165年	1

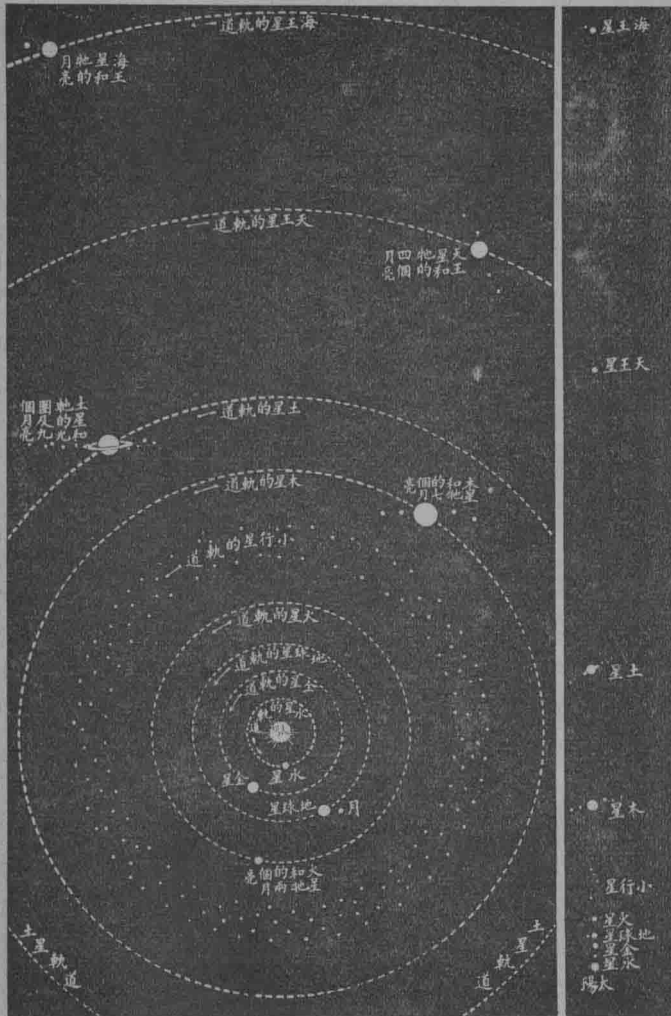
我們所謂『一年的時間』這一行，乃是各行星繞日的時間，照着我們的日期推算的。所以我們說海王星一年的時間是一六五年，意思就是海王星繞日一週，地球便已繞過一六五次。如果我們在一七四二年，將海王星的軌道上做個記號，一直要到一九〇七年纔能走回原處。這可算得一個很長的年了，是不是呢？

幾百個小行星和有光尾的星 但是這些還不是完全的太陽家族。因為近年我們又找出了許多很小的行星，比月亮還要小，在火星木星之間，繞着太陽行走。就將這幾百個小行星放在一處，還沒有地球大呢。從前有人想這些極小的世界，是一個大行星分裂出來的。但現在的人對於分裂的大行星這一句話不能相信了。這些小世界還是太陽家族的一份子。他們一齊都在太陽系的特別地方發現的，如果我們能將其中一個的歷史發現，全體的歷史就都可以知道了。

可是太陽系裏還有些稀奇古怪的東西，比以上所說的種種，更是全然不同。他們名爲『彗星』，俗名『掃帚星』，因爲他們後頭有條長而發光的尾橫在天上，像掃帚一樣。他們也繞着太陽進行，所以也屬於太陽的家族。

扁了的圈。

太陽和牠的女兒



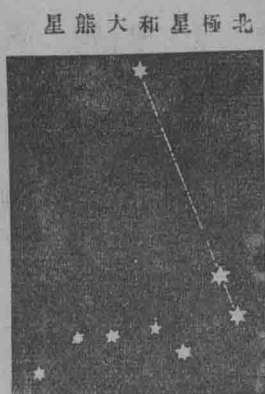
但他們繞太陽的路很為奇怪的。沒有一個彗星的繞日，成個圓圈的，他們的路向一個方向斜去，好像一個捺

少年百科全書 第七類 地球上册 太陽與牠的家族

太陽在我們這個宇宙中央正像一個發熱生光的大火爐。在牠的週圍繞行着一羣的世界，那就叫作諸行星。他們同樣繞太陽的，不過其中有幾個繞上太陽一週，竟要費到許多年數。地球一年繞太陽一次，最遠的海王星，在一千年中不過繞了六次。右邊一圖，表示諸行星大小的比較，和他們離日的遠近。

他們的軌道非常之扁，像下頁那個圖，就是一個彗星軌道的樣子。這彗星有時靠太陽極近，幾乎要併進去；然後繞過太陽來，一直走出去，橫過一切行星的軌道，甚至飛出海王星軌道以外幾百萬哩，最後再繞回來。但他還是太陽家族的一分子。

射過天空的亮光，但太陽家族還未十分完全呢。你必定聽過所謂流星的。在十一月清天無片雲的夜



所有的星本來都是移動的，不過有些移動得很慢，那就稱為恆星。你看這圖就容易找到這幾個恆星了。頂上的是北極星。

燒刺的，就掉到地球上，我們可以在博物院裏找到這些東西。太陽系中這些流星，為數很多，有些只有沙子大，有些有紐扣木球大，有時也有格外大些的。他們也是環繞太陽，屬於牠的家族的。在十一月裏，地球的軌道，剛經過這些無數小世界的軌道，這就是在十一月裏最容易看見流星的道理。

有件極有趣的事，就是一個有名的彗星，人很知道牠的軌道的，多少年以前，忽然沒有了，而我們卻就在牠的軌道上，發現了無數鵝卵石大的小東西。這些都是那彗星破碎了後的殘餘，大概是無可疑義的了。

現在我們將組成太陽系的各種星類，都數完全了。太陽自己住在中央，八大行星，彗星，火星木星間的小行

星，與一羣鵝卵石大的流星環繞着牠。大行星又有月亮環繞他們。這些星共合起來，成了一個家族，受太陽管理。此外我們又知道他們都向一個方向環繞太陽，也同地球一樣，轉，而自轉的方向正和地球相同；甚至於他們月亮環繞的方向，也和地球的月亮一般。不但如此，就是太陽自己轉的，也是這個方向。這些實在是很奇妙的。

照我們的眼光看起來，在太陽系中，太陽與地球為最重要，而這太陽系，正如我們上面說的，在太空中很是孤零，可以算得獨一的至尊。但是牠不是停在一塊地方的。我們曉得太陽帶着牠的家族，一秒鐘要在空中走十二哩。所以雖然太陽系現在在太空中是這樣的地位，可是我們不能說牠以前常是如此，或者說牠以後也必如此。

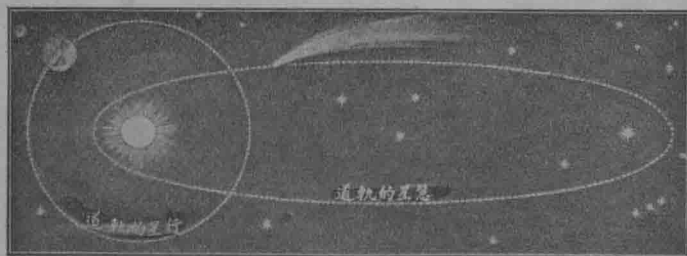
地球是怎樣做成的

講到這裏，我們又要回過來問問：太陽和地球到底是從何處來的？

他們在最初的時候到底是個什麼樣子？好，現在我們再講得詳細點罷。

許多年來，人類都以為太陽和地球及其他行星所組成的太陽系，最初的情形是和牠現在的情形一樣的。

巴尾的長哩萬百幾牠和途長的行獨星彗



此圖表示彗星繞太陽的途徑。有時彗星很近太陽，差不多要落進去；此後就繞過了太陽，飛到諸行星以外去，在空中正不知走了幾萬千哩，纔從新回向太陽來。地球也是繞着太陽的。彗星來時，我們可見牠很接近地球的路徑。

但是這種說法，現在已沒有誰肯相信了。我們相信他們是慢慢的生長到今日的樣子，並且略略知道他們是怎樣生長的。我們想知道太陽系最初的情形，祇須用望遠鏡上望天空。在天空中我們可以看見無數的天體，他們還在最古的時期，和太陽系最初的情形差不多。他們叫做『星雲』Nebulae（單數為 Nebula，源出拉丁文，原意為雲。）他們在天空中好像很纖細光明的雲塊。有些雲塊，肉眼也可以看得見，差不多就像恆星，但他們和恆星到底是迥不相同的。

你總明白的，若有許多的星，在離地球很遠的地方聚集着，我們看去，他們就好像一小堆明顯的星雲；可是拿很好的望遠鏡來看，便知道牠實在只是無數星辰的集合體，並不是雲。現在我們測驗由天上來的光線，可以確切的斷言，天空中至少有十二萬個實在的星雲。他們並非星辰的聚集，不過是火雲團聚的東西。我們通常所稱的火球，很可以拿來比仿星雲。一個星雲好像一個很大的火球。在天空中，我們看見的許多星雲，他們的大小和形狀，都不一致的。有許多的星雲所佔的空間，竟有較太陽系所佔空間大至幾千、幾百倍。他們中大約有一半，都有一個形狀，好像螺旋式的燄火，他們叫做『螺旋星雲』Spiral Nebulae。我們都知道螺旋樓梯是怎樣的形式；螺旋星雲和這種樓梯毫不相像，因為星雲是扁平的東西，不比樓梯是既旋轉而又上升的，不要被螺旋二字誤會了，還是說牠像螺旋燄火。

在螺旋星雲裏，每每看見許多光點，散佈在牠的各部；這些光點因為火球的分佈，各處濃疏不同，濃厚的地方便更見光亮。這些光點，往往體大光強，好像星辰；或者他們確是星辰也未可知。天空所有星辰，或者都由星雲

而來的。我們現在且擱起星雲的事實，再來談太陽系。

在離太陽系很遠的地方，可以測出許多顯著的事實。譬如所有的運動和旋轉，都依一定的方向；那麼按上所說，太陽系各星球，是在一平面裏了。在二八頁的圖，很能表出太陽系的形狀。換句話說，即八大行星都在同一平面裏繞日而轉。設取兩環，一大一小，小環放在大環裏，小環直放，大環橫放，那麼沿着大環邊緣運動的物體，祇見兜轉不息，沿着小環邊緣運動的物體，祇見他一上一下。但在太陽系裏，看不出有這種方向的運動；所以太陽系可視作由一組大小不同的環內外橫列而成的。這些環都擺在同一平面上，所以太陽系可說是扁平的，正如螺旋星雲，也是扁平的。

還有更希奇的事情，是組成太陽的材料和組成其他行星的一樣的。好像我們小小的地球和其他行星，都是由太陽裏產出來似的。

太陽是和地球一樣的材料造成的。人們都以為組成各行星的材料，是由太陽供給的。當這些從太陽裏出來的物質冷凝的時候，所成的各團體行星，就圍着太陽轉起來了。我們知道事實上，並不盡是這樣；不過他們話裏的意思，是不錯的。太陽和牠的許多行星的確曾經是個一體。

在最初的時期，太陽系也不過是一個星雲。我們現在看見天空中有無數的星雲，太陽系當日也不過是這些星雲中的最小的一個罷了。這是可以無疑的；不過一個星雲怎樣便變成今日的太陽系，此中情形我們尚不能確切知道。但按天空中星雲，多數都是扁平的螺旋形，那麼當日造成太陽系的星雲，漸漸扁平，成為螺旋焰火

的輪子形狀，當然不可算是虛擬的了。我想假使我們壽永，能够在較長的時期內，觀察非螺旋形的星雲，漸漸變作螺旋星雲，那末就一定可以大有所得。

此外尚有『吸力』 Gravitation 的事實，與星雲的變遷也很有關係。

牛頓因蘋果落地而察得的事實，吸力的事實，簡單說來，便是世界上無論大小物體，都有吸他物和被他物所吸的自然趨勢。在我們日常生活中，吸力可算是最親切的事實；譬如拋球則球落地，因為皮球和地球有互相吸引的趨勢。皮球的大小和地球比較起來，真不知幾千萬分之一；所以我們祇覺得皮球落地，而不覺得地球同時也受皮球的吸引。

英國科學家牛頓 Isaac Newton 幼時，在父親的花園中遊嬉，憩臥在蘋果樹下。他看見蘋果自樹落到地面上，便想出他的原因，是在地球和蘋果有吸引的作用。這件事情，在一般人誰還去理會牠；但牛頓是善於思想的，並且他還證實無論什麼物體，都有互相吸引的作用。譬如地球對於皮球，地球對於月亮或太陽，或是星雲裏各小質點，彼此都有吸引的作用。

大星雲怎樣會聚攏來構成地球，星雲初成的時候，牠的全部就都開始發生吸力。這種吸力是永遠有的，永遠不衰的。所以在牛頓發見吸力以後，許多人就将這吸力引用到各星雲上去，而又懷想到星雲受了這樣的吸力，在許多年代中，究竟要成功些什麼。

赫瑞勒他是制定大星雲表的天文學家，繼牛頓而起者有赫瑞勒 Herschel。他製造了那時從未有過

的精密望遠鏡。他一生的光陰，都用在觀察星辰的事上。他首先把星雲列成一表；自最渺小的星雲到實際的星，都依序整列，分別類屬。

他以爲自星雲散漫的情境變到發光的星球，必靠着一種集合力。他把一個花園來比仿天空；花園中的植物，各有其所屈的生活時期，自生長發芽到開花結子枯死，色色都有；天空中的星雲，從散漫的星雲到成形的星球，也色色都有。後來有一位法國科學家，說這種集合力，便是牛頓所發見的吸力。他並且很準確的解說其中情況，因爲吸力的事實，是我們所確切知道的。

當地球變冷時大概有些什麼事情。關於太陽系的歷史，我們還須記着兩事。我們會知道太陽及各行星，在空間是不靜止的，是繼續運動的。老實說罷，我們不能相信空間有靜止的東西，因爲空間中什麼東西都是變動的。星雲的運動是太陽系生成之原；昔時人們都不以爲這是一件重要的事實，甚至要說這種說法，對於太陽系生成之原因，實無甚裨益。他們以爲太陽系以外是真空的，到了最近距離之恆星，始有物質。但依近代的見解，則空間實非無物。空中滿佈着一陣一陣的細微顆粒，也許有體質很大的，譬如太陽系裏的空間，便是這樣。星雲行動，既然經過空間，因受了吸力，漸漸縮小，體積小而密度增高了，那末牠於牠的行程中穿過億萬數運動很急的游離顆粒，也是事理所當有的。

這樣就有許多有趣的結果發生了。若是星雲的行徑穿過一大陣的流星，譬如地球在陽曆十一月時候的樣子，那麼一個行星生成的初步，便在於此了。但即使沒有流星成羣的機遇，他們各顆粒間互生的無數小衝突，

亦足使星雲變爲較熱。因爲動量可以變爲熱量，熱不是別物，不過一種運動而已。我們日常刮火柴，因動作而生磨擦，磨擦生熱，遂能舉火；這也是動變爲熱的一證。

古時地球形似梨子。太陽和太陽系的生成，統如上述。我們雖不能確斷一切，但至少可信事實上必和以上所述的情形彷彿。

我們現在且談談地球初成的情形。地球怎樣離開太陽系各行星而獨立，此中逐漸演進的情形，我們不能確切知道，但所有最重要的事實，我們很能深信無疑。牛津大學 Oxford University 一般學生，研究地球初成時之狀態，說牠當日好像梨子，不似今日的扁橘式。但究竟是怎樣的，我們實不能確切知道。不過可深信無疑的，是牠的形狀和今日地球的形狀，迥不相同。實際上，當日地球的形狀很像現在的日球，不過大小懸殊罷了。

空氣是地球的一部分，隨着地球移動。我們大都以爲地球所佔空間，到地面而止，這是大錯了。地面決不像橘皮一樣，劃分得清清楚楚的。在地面上有空氣，空氣這樣東西，看不見，摸不着，實在是地球的一部分。牠跟着地球繞日而轉，同時對於地球有一種變遷不大的相關運動。空氣的成分，是因海洋大陸情形的變遷而調換的。簡單說來，空氣是地球的一部分。若我們住到別個行星上去，從遠距離觀察地球，我們對於這層，可無絲毫疑問了。空氣層自地面起，約有一百哩高。我們乘氣球上升空中，愈高則空氣愈稀薄。雖然氣球不能升到空氣層盡處，我們總可斷定空氣逐漸稀薄，到後來便沒有一些空氣。

地球像熱氣球的時期。地球不是終止於地面，牠的體質還是一層一層包在地面以上的；這體質是氣，沒有

截然可分的盡頭的。在古時候，並無所謂地球，不過一個氣體而已。凡物體到了極熱的時候，便能變為氣體。地球在當日熱度極高，今日之地殼，在當日也是個氣體。

現在所說的地球，在昔不過一大團灼熱的氣體罷了。在這個灼熱氣團中，含着許多原質。山，水，草木，空氣，都是從這些原質構造出來的。

我們住在空氣洋的底下 那麼我們實際上，誰說是住在地球的面上呢？分明是住在空氣大洋的底下。我們在空中氣洋底，爭扎生活，滿想到空氣洋裏去游泳游泳，好像鳥願意會飛。鳥類能飛，不費氣力；我們幸得有飛艇的發明，能不久困於空氣洋底，但已是費盡心力了！

這個地球，經過灼熱的氣團的時期，漸漸的發散光熱，好像一個小太陽，如是便漸漸變冷。譬如取一鐵條，燒到紅熱，從火中抽出，牠先是發出光熱，到後來就祇發熱而不發光，終歸於冷。牠自身變冷時，不能不發熱散光。地球的變遷也是如此，冷到一個時節，氣體便變為液體。這又可拿日常的事實來證明牠。譬如向冷玻璃窗吹氣，出自口的為氣體，到了玻璃上便成液體，結成水珠流下。因為玻璃片上的熱度較口中熱度低得多，所以就變成液體了。

這時候地球表面結成液體。因為液體較氣體重，所以祇向地心流去。至於不即變為液體的物質，便如現在的空氣，仍在牠的原有位置上。

許多年前流過地面的紅熱泉潮 我們可以設想，當日的地球中心為一團熱氣，外面為一層液體，最外面為

一層冷氣（即空氣）但不久液體的物質漸漸變為固體，或半液半固的膠狀物。

那時候地球旋轉，如像一個陀螺，正和今日的轉法一樣。又因為吸力的關係，太陽常吸引地球，地球對於牠遂有一種向心力。那麼可以設想靠近太陽一方面的液體，必被牠吸起而高出於地面了。但是地球是轉動不息的，所以液體高積的情形，可說是恰像一股水浪，經過地面。這種浪不是別的就是紅熱的泉潮；因為那時候地面上沒有冷水，所以浪頭是紅熱的。

何以沒有冷水呢？因為地球的熱度既這麼高，若有水便早化為氣體了。所以那時候的泉潮，是很險惡的，好像現在的火山熔流。

月球怎樣從旋轉的地球中飛出去 大約在這個當兒，確有一件很希奇的事情發生。研究這種學問的人，都說當着地轉的時候，地面液體的熱泉，也跟着旋轉。忽然間有一部分的熱泉離去地球，好像一把溼淋淋的雨傘，在旋轉時濺出了許多水珠。或者同時有兩部液體拋出，一從地球的此邊，一從那邊。這時候地球的熱度較低，流去一部液體後，形狀就有些固定。有人說這些陷下的處所，便是今日的海洋。但那時候尚沒有海洋，因為地球所有的水，仍在氣體中。

但是從地球拋出去的液體變成什麼呢？你們試猜猜看。這一團液體，當初離地球的時候，形狀很不規則；牠繼續運動，漸漸變冷。因為牠的各部分有互相吸引的作用，牠終久變為圓形。

我們的最近鄰家月球到我們地球的距離 這麼說來，你們當然已知道月球是由於這麼希奇的方法從地

球產生出來的了。起初牠離地球很近，經過很久的時間，牠漸行漸遠了。但牠仍然是最靠近地球的。我們到月亮尚沒有地球赤道十周的那麼遠。

地球的成形

月球成形以後，地球仍接着降低牠的熱度；正和現在也在那裏變冷一樣。後來冷到地球外層乾燥堅硬的時候，便構成了地殼。地殼是週佈在地球表面的，我們切不要以為現在所有的海洋，是當日地殼破裂的處所。不過海洋很深的地方，地殼薄些罷了。海洋的底，仍是地殼。所以就海面下說，世界各大陸本來是圓圖一塊的。我們常以為地球當日既是被熔岩所包圍，當着漸次變冷凝成固體的時節，牠的表面總得是坦平很有規則的。可是實際上卻大謬不然，牠的表面卻是極其凸凹不平的。這是因為在熱度低降的時候，有許多別的作用參在裏頭，把地面弄糟了。最主要的作用有兩種：便是水流和熱力。無論如何，地面不是恆久的東西，牠是時時刻刻有變動的。譬如在古時候，日本羣島，琉球，臺灣等島，均屬海岸，西與亞洲大陸毗連，後來經地殼變遷，便變了海中島嶼了。

地殼是怎樣變遷的？這個問題，本來很難回答。但我們不妨稍為研究一下，看看究竟是什麼一回事。一起首我們便須牢牢認定一種事實，這種事實許多年代以來人類都不承認，近來方才證實是的確不錯的。

這事實不是別的，不過說地殼的歷史，固然是一段常常變遷的歷史，但就大體而論，實是一段很和平的歷史。

人類每每想着地球的歷史，是許多禍患造成的。每一個禍害，使地球變成一種特別狀態，到了第二個禍害發生的時候，這種特別狀態纔突然消滅，另有一種特別狀態承牠的乏。在地球歷史中的確有好幾種大的禍害，譬如喜馬拉雅的聳然而起，也可算是很大的力量。

到了現在，地球已是很冷了，還時常有活火山和地震的現象。但是這種突然發生的大禍害，在地球歷史中，到底不是普遍的事實。因為地球是常常變遷的，變遷不是突然，而是漸進的。詩人告訴我們有『滴水穿石』的話，經過長久時期，把地面弄得凸凹不平的就是這種力量。這並非一朝起了大變動，隨後幾千年就無變化，實是永久連續，一刻不息的潛移默化。而這種默默無聲，孜孜不倦的地球歷史，便是我們對於本問題極重要的見解之一。

不但地殼構成的歷史如此，自然界的事蹟普通都是如此，從前羅馬人知道的，所以他們說：『自然界沒有突變的現象。』牠的變化是遲緩而準確的；雖無突然的變化，卻亦無休止的時刻，所以能有成功。

現在我們須計及構成地殼的種種力量了。第一就是吸力，因為地球是在刻刻收縮的。因內部的收縮，外部就比內部大得多，於是外部的下層便有些支持不住，所以有發生種種大變動的傾向。

譬如地球表面，有許多部分，總不免要崩潰或沈下。倘牠果真變得很低，當然水就流入，以前的陸地要一變而為海底了。復次，地球表面繼續收縮，不能完全得下面的支持，那就要發生皺摺了。你不見這些皺摺之一，就能構成一個長山脈麼？

地面的一部分既全沈下，也就命令別部分凸起。在發生皺摺時，便有這種情形。所以陸地可變成海底，而

海底可漸漸高起變成陸地。英吉利全國曾數次變為海底。

更有一件難想到的事實，就是歐洲和美洲大半的地方，曾有一

次都在冰底下；布洛德威 Broadway 及人烟稠密的斯特拉德

街 Strand 以至喜馬拉雅及科的勒倫 Cordillera 的最高

峰，亦曾一次變為海底。戴尼生 Tennyson 在他著名的詩

內，曾用平易的文字，發覺這種意思。這首詩就引在後面：

草木生長的地方，
已化作波濤滾滾的深坑。

啊地球，變動竟如此！

喧鬧的市場，

已化成寂寞的大洋。

青山如影不能留，

變化沒時休；

堅固的陸地，

海濱的國英去衝浪海



英國海岸，
漸漸為海
消融，有許
多地方，甚
至房屋都
被海水吞
去。圖中是
和爾得來
斯地方大
風暴後的
海濱。

消散如薄霧，

更如變幻的浮雲悠然而去。

第二種構成地球表面的大力量就是熱力，或說是火。我們知道現在地球內部仍是很熱。譬如從地面向下掘穴，穴愈深則溫度愈高；又如火山口常噴出熔石。這兩件事實可以叫我們知道地底是有熱力或火的。所以我們每天都是住在這包藏火球的地殼上；并且這地殼是很薄的一層。

倘若我們在一形體適當的甜瓜外面糊上一層紙，就可得着一種有關係的比例。研究岩石者自然容易識別某種岩石是由熱力或火的影響造成的。火字在拉丁文爲 *Ignis*，所以這種岩石在地殼最深的地層裏面，我們叫牠『火成岩』 *Igneous Rocks*。火成岩這個名詞，和那種由水的影響所構成的岩石恰相反。拉丁文的水字是 *Aqua*，我們把地殼內這種岩石叫做『水成岩』 *Aqueous Rocks*。

水的工作是構成地球表面的一種力量，現在仍繼續牠的動作。水在今日是一件極重要的東西。第一，將一塊糖放在一玻璃杯水裏，有些什麼現象？糖自然溶解了。倘若你將杯裏的水攪起來，那麼糖的溶解更快。

水是常常流動的，牠有溶解固體的力量；並且這種力量因為牠的流動就變得更加利害。因此我們可以想見水力可以變動地面。此外水流的時候，沒溶解的固體可隨急流而下，到水流遲緩的地方就成堆的沈在水底。流動的水時時改造地面。另有一種水自己變動，而繼續變更地面的方法。我們已知道，自從地球降低溫

度地面有水的時候，水已開始牠的工作；水在地面上不住的循環，不住的流動，不住的構造和改造地面。現在先

說海裏的水，就可以知道牠另外的方法是什麼。

海水是鹹的，乃是溶解了多量鹹味固體的結果。你或者要知道這種鹹味的固體從何處來的，讓我想一想，我就告訴你。太陽有從海裏吸收多量水分的能力。但所吸收的是純粹的水，水裏所溶解的鹹味固體一些不能吸收。譬如你放點水在碟裏，讓牠自然蒸發，過多少時候你就知道這水完全沒有了。倘若這水是放在利害的日光下，消失更快。若將海水放在碟內，就可見鹽類仍然留下，成很薄的一層在碟內，日光却不能將牠吸收去。

雲怎樣從海面上升 水受日光的力，化爲氣體升到空中，若分量很多時遂結合成雲。因空氣是常流動的，所以雲就被風移動，向東向西不定，或吹到乾燥的陸地上去。大西洋大宗的水就是這樣的挾在空氣中，向東送至愛爾蘭，和英格蘭，蘇格蘭的西岸。現在那許多地方都是雨量很多了，就是因爲水汽被空氣送來得很多，一旦遇冷，就變成了水滴，以致空氣的力量支持他們不住。於是這種水滴落下，我們便名牠爲雨。雨水是純潔的淡水，但是牠會變過海水。

雨水的落到地面上，和你手裏的球落下同一理由。但依地心吸力的定律，牠落到地面後，還要向下去，牠一直要到土內水平線爲止。因按着地心吸力的定律，水有趨向水平線的性質。所以由雨水造成溪澗，由溪澗合成江河，一直流到海裏去。有一位詩人說：『困憊的河流，亦朝宗於海。』

海裏所以不過滿的原因 這問題在許多年代以前，聖經的著作者曾注意及。他說：『所有河流都流到海

裏去，海總不滿；原來他們會重新歸到那些河流所從來的地方去的。」他所想的是很對的。河水都向海裏流，而海總不滿的緣故，是太陽不住的將海水吸出海外。所以地球上的水，是繼續不斷的循環的。

我們不是說要推究海內的鹽來自何處的麼？現在可知道了，就是從河流裏來的。因為水流經陸地向海裏去時，合了多量的固體物質，要是在水流平緩的地方，當然他們就會沉澱。然而最要緊的一件事實，水卻也能沿路溶解那些牠在路上帶來可以溶解的多量固體物質。長久的如此，因此河流便能在陸地上做成大峽，這種大峽在地球上到處可見。

現在我們要知道，水有繼續不斷的循環，但牠所溶解的鹽類，和所帶下的固體，不能有那樣的循環。他們也不能為日光所吸引。結果每年便有許多河流將陸地逐漸侵蝕，運到海裏去，所以海裏的鹽一年多似一年。當大海初成時，不過是天上的雨水，落在地面的最低處，那裏自是淡水，但從那時以後就漸漸的變鹹了。

研究這些學問的人，會利用海水鹽分的多寡，來襄助計算地球的年紀。他們能量得出河流帶到海裏去的鹽的分量，又能推算得出海內所有鹽類的多少；從這種手續就可測得河流向海流行的大約年數。很有趣味的，是從這種理想所計算出的地球的年紀，和用別種理想，別種法子所算出的一樣。

水亦可認為一種岩石和若干材料的創造者，這些岩石和材料，在地殼內都可以看見的。他們中有許多僅由水的流動而構成的。例如海水和潮的力量，能造成砂，砂若受壓力便成砂岩。礫和砂一樣，亦不絕的被水的作用造成。普通的黏土和砂礫都是一樣造成的。有許多種的岩石——如英國的多維 Dover, Eng. 之白

聖岩——確由古代小動物的遺體所造成。

水對於做成這種岩石，曾幹了一大部分的工作。除了這種和別的許多岩石外，水用別的方法做成的還有若干別種岩石。這種岩石或由水的流動，或由水對於動物遺體發生作用，就此做成了。地球上許多地方的石穴裏面，每有形如冰箸的奇怪東西，由頂上垂下，仍有同一質料所構成的東西從地上向上與之相接。這種岩石有一很長的名字，我們現在且莫管牠。他們和許多別種岩石一樣，係由水用一種不同的法子做成的。原來其初水把做成該岩的原料溶解了，此後當這水在空氣中已漸漸蒸發乾了時，這種原料內部便發生變化，水就不能再把他們溶解，他們就結成了那樣的岩石。

穴內石箸的構成 這種長而尖從穴頂下垂的石箸的做成法，是容易明白的。其初必是穴的頂面有了裂隙，於是上面的水一滴一滴的滲漏下來。每一滴水蒸發後，便留下一小點固體的物質，後來同樣的物質，就附加在這小點的外面。穴底向上的石箸也是因水一滴一滴的落在那地方而構成的。穴頂的石箸向下增加長度，穴底的向上增加高度，所以常常上下連接起來變成石柱。這石柱是上下兩端粗而中部細，後來因含這種原料的水緣柱而下，所以那柱遂逐年加粗。

你或者想知道由火造成的岩石，我很願意告訴你幾種岩石確實和白聖岩或礫石不同的。這種岩石之一就是花剛石 Granite。牠是一種美麗的火成岩，由很小的晶體構成，和糖及雪構成的晶體一樣。另一種火成岩和花剛石不同，因為牠不是由晶體結合成的，牠可用來除去指上的墨水污點。牠的名字叫做浮石 Pumice。

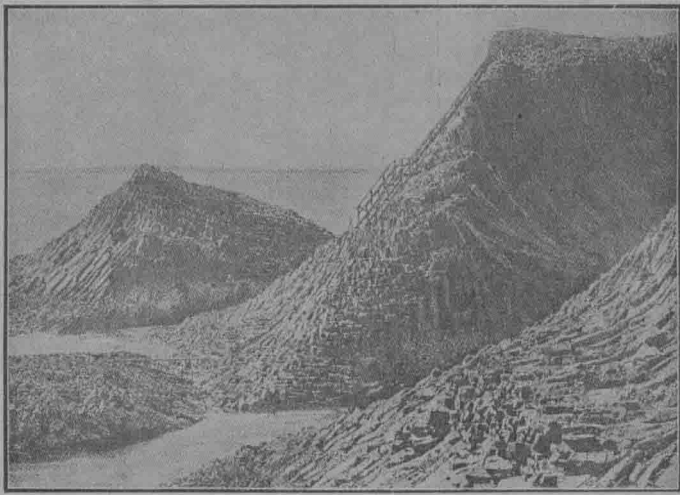
Stone

當你下次再用這種岩石的時候，應當記住，這種巖石係在地球上未有生物以前許多時候，由猛烈的熱

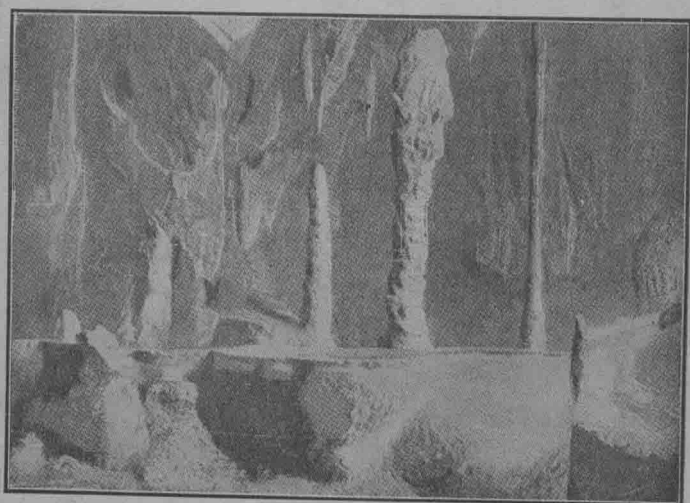
奇 異 的 石 柱 和 石 筭

力 做 成 的。

少年百科全書 第七類 地球上冊 地球的成形



這是蘇格蘭相近海中的斯塔法島的諸峯，上面都是玄武岩一類的黑石所造成的石柱，為數甚多。這種玄武岩是古時火力形成的。



地球上許多山洞都充滿着從上面下垂的石筭，和從下面上生同樣質料的別種東西。圖中是英國一個山洞裏的景象。他們的構成是由於水的滲漏。水當流動時，溶解了石質，滲漏時水分在空氣中消失，石質留下來結成了我們所看見的奇怪東西。

關於地球的兩件最大事實 地球對於我們有很重要的關係，所以我們必須將關於地球的兩件最重要的事實加以研究。這兩件重要的事實，在若干年前，雖絕頂聰明的人也是完全不知道的，我們現在已知道了。地球差不多是圓形，外部為冷的地殼，而內部很熱，並且繞太陽而運行。這兩件自然是關於地球最重要的事實。但在二千年前，若有人說起這話，大家就要疑他是瘋狂的人；相距僅僅三百年時，有一位空前的偉人，曾因



這是一個乾癆的蘋果。地球冷時也這樣乾癆了。因此造成了山川陵谷。

說這話而獲罪，另有幾位也因此而為街市上的人所譏笑，並且加以攻擊。

先說地球的形狀。地球不是真正圓形，在北兩極略平，中部周圍略為膨大。分地球為南北兩相等部分的線叫做『赤道』Equator。喫橘子

的法子你們是知道的，就是從牠的赤道剖開。並且許多橘子的形狀是很像地球的，不過橘子的赤道太膨大，而兩極太平罷了。

地球的迅速旋轉能令其中部膨大 我們知道地球在赤道膨大的緣故，就是

因為牠的迅速旋轉；因牠迅速旋轉時，構成地球的材料，有向外飛散的趨向，和傘上旋轉出來的雨滴一樣，那就是地球所以在赤道膨大的緣故。但在實際上膨大很少，譬如你從東面赤道上



地球未冷，地殼未成時，山嶺是沒有。當牠漸漸乾癆時，皺縮了幾個極高的地方，造成了幾條世界著名的長大山嶺，圖中的黑線，便是表

示這些。

動身，穿地球而行，走到西面赤道上的一點，比你從北極穿地球到南極的路，大約僅多二十七哩。你所行的路還不到八千哩；這就名爲地球的直徑。直徑的意義就是橫切面距離的測量。

假如你繞地球而行，所走的路程大約二萬五千哩，這就叫做地球的圓周。地球向左自轉一周，需二十四小時，所以每人在赤道上移動的速度是每小時一千哩。假如地球旋轉的速度增加，譬如自轉一周祇需一小時，那麼在赤道上的人將離開地球，和雨滴從旋轉的傘上飛開一樣。

假如你有一地球儀，你就知道牠不是端端正正的安置在牠的架上的。北極不是真正的在頂上，南極也未見得真正的在底下，牠的位置是稍微傾斜一點的。地球的這種傾斜，在繞太陽的時候，確實很重要，因牠以此便能分出四季。這個意思就是在每年之中，有一時期，北半球能受着從太陽來的正射光線，那時期就叫做『夏季』，在牠時期不能受着正射的日光時叫做『冬季』。

那就是爲何夏日熱而冬日冷的緣故。稍遲一刻我們還要講到地球繞太陽而行的方法，那時可知道有時地球距太陽較近，有時較遠。你或者要想到當距離太陽近時便是夏天；但在事實上卻是不然，距離太陽較近時反是冬天。我們冬天的時候，就是澳洲人的夏天，我們的夏天就是他們的冬天。所以地球距太陽的遠近與四季毫無關係，四季的變遷完全靠着我們所已經說過的地球位置的傾斜那一件事實。

更有一件關於地球傾斜的有趣事實。就是地球傾斜的度數不是固定的，過了幾千年，牠的斜度可比以前稍稍加大些，再過幾千年，又可稍稍減小些。地球旋轉時有一些擺動，恰和陀螺不能直立旋轉時所發生的搖擺

一樣；並且理由也是相同的。這種地球的搖擺是一件極緩的事情。每二萬年纔發生一次。因為地球的位置

地 面 的 形 情

山 間 的 溪 流



幽 谷



噴 火 的 山



峭 峻 的 懸 崖



沙 漠



濃 密 的 樹 林



地 球 不 是 平 滑 的；牠 充 滿 着 高 低 不 同 的 山 峯 淵 谷 和 絕 無 人 烟 的 沙 漠，寸 草 不 生 的 冰 天 雪 地。

本是傾斜的，所以當發生搖擺時更爲傾斜，譬如北半球的冬季就因以時期變得很長而天氣變得很冷。靠着這

種搖擺的理由，我們於是可以解釋古代地球北部都是一片冰地的緣故。

形 情 的 面 地 流 水

峯 山 的 雪 積 年 終



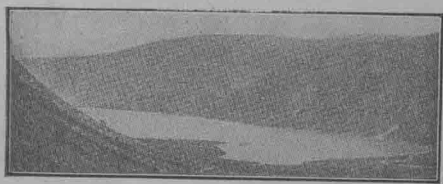
川 冰



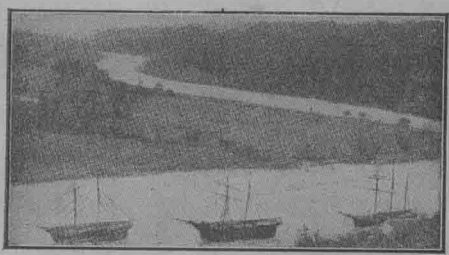
布 瀑



湖 大 的 似 盆 如



河 江 的 海 入 流 匯



洋 海 的 際 無 望 一



地 上 的 水，差 不 多 佔 有 四 分 之 三。水 與 陸 慢 慢 的 在 人 不 知 不 覺 中 變 遷 着。

次須說到地球繞日的方法。地球繞日的軌道并非圓圈，卻是一個圓而略扁的圈。這就是地球距太陽有

時較近有時較遠的道理。地球繞日而行的速度不是一樣的，當距太陽較近時比較快些。因若距太陽近時的速度不比距離遠時加大，那麼就不免被太陽吸引去了。若距太陽遠時的速度和距離近時一樣，那麼就要離太陽飛開去了。

現在地球的情形

我們已經談過的種種歷史，不過聊表怎樣造成今日的地球的一些重要事實而已。但是我們已經曉得，人們往往忘記從前在那兒做，到今日還是繼續望前做的事情，那就是發生變遷的地球現在還是在那兒變遷。

我們在此地，且不談海洋、大陸、和山嶺——這些是屬於地理學的。那固然也是很要緊的，我們卻要到相當的時候，在相當的部分裏，才講到那些事。現在我們起首一定要先想地球是一個球，牠的一切情形講起來，和一個打的球一樣的。你大概曉得一個打的球，有一定的重量，外面一定有個殼，內裏有個中心，由各種質料構結而成。或者你還曉得一個打的球，是有彈性的，所以你把牠朝牆上一擲，牠不和一塊泥團子一樣鋪開來，黏着牆上的，卻是又要撞回來的。現在我要告訴你，我們用牠的小塊子，造成打的球，和禮拜堂和一切別種東西的大地球，也是和那打的球情形一樣的。

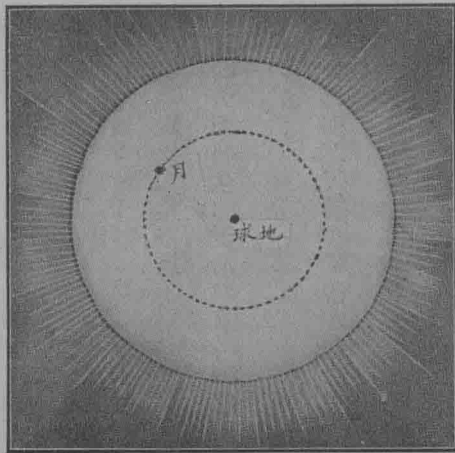
我們在上一部分裏，已談到地球的大小。現在我們都曉得一碼有多少長，一哩有多少遠；不過我們很難幻想二萬五千哩，到底是多麼遠。可是這哩數雖覺得很多，而地球和別樣東西比起來，還實在算個很小的東西。

我們有一個好比較，譬如拿地球和太陽相比，如本頁圖畫裏顯明的。假如太陽的中心，能擺在地球的中心裏，那太陽的面積，就要遠過於月亮和地球間的距離——那就是說太陽要比地球所佔據的，和月亮繞地球經過的全空間大得多。不過太陽裏雖然可以擺得下千萬個月亮，而且這些月亮擺進去了竟不致太陽發生什麼困難，在外面看起來，太陽不見得比月亮大得多少。

現在我不要告訴你們地球面積上有多少方哩，或地球有幾千萬萬噸重，因為我們不能實在清楚那些數目，究有什麼樣子長，什麼樣子大，所以我們談也沒用。

但是地球有樁很有趣的事，談起來我們卻可以明瞭的，就是地球的密度問題，這問題很有趣，因為很有意思的。我第一層先要告訴你們，什麼是密度；第二層，地球的密度怎樣能考察出來；第三層，什麼是地球的密度。

一個網球比高夫球大，但是沒有高夫球重。高夫球所含的質料比網球多。一個大塊炭，比一個小塊炭重。一個大塊炭所含的質料多些；但是假如你取兩塊同樣大小的小的炭，他們就要同樣輕重——那意思就是他們所含的質料成分是相同的。現在我們有個特別名詞，來稱呼一樣東西的大小——那意思就是指所佔的空間大小。這個特別名稱叫『體積』，是很容易明瞭的，因為僅僅指物



太陽比地球大得多，如將地球放在太陽中心，太陽的面積遠過於月繞地球的區域。太陽面的距離，四倍於地球到月的距離。

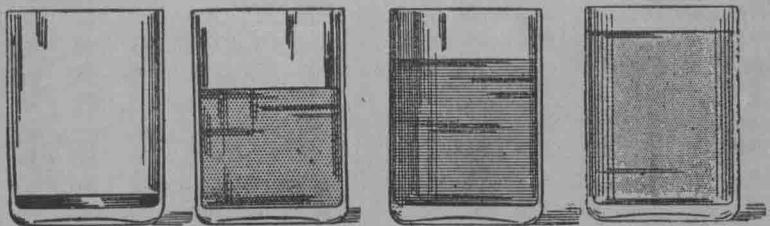
質的大小。現在如有網球和高夫球在一處，我們只看見他們的體積，不看見他們的重量，或他們質料的成分——除非你用同樣質料而大小不同的東西來比，和拿兩塊大小不同的炭比一樣。因此我們要用一個特別的字來稱同樣體積，而質料不同的東西所比出來的關係。你總明瞭立方體是什麼東西，就是一件和方磚頭相像的東西。現在假如你設想有一個立方體的水，這水是你把牠倒在一個立方體的器皿裏的，那水依器皿的大小，一定有一種重量。現在假如你把水倒出去，再把水銀倒在這器皿裏，那大小體積是同樣的，但是水銀要重了。水銀和水雖在同樣的空間裏，牠所含的質料成分卻比水來得多。這種情形，我們頂好說水銀比了水，牠的密度要高些——或者說質量多些。但是你或者要說，為什麼原故，我們不說水銀比水重些，這不更好些麼？這話有個不對的地方，就是一件東西的重量，是依地球吸牠的力，和牠吸地球的力而發生的；至於說質料的成分呢——我們現在正研究着的——地球雖離開了幾百萬哩，牠還是這樣的，所以質料的成分是不能移變的。所以我們與其說質料的成分是重量，不如說牠是質量，至密度一件東西的質量，雖把那東西擺在體積小些，吸力薄些，而使牠重量輕些的月亮上，還是一樣的；或者把牠擺在木星和太陽上，他們雖然大些，吸力高些，使牠的重量增加些，然而牠的質量也還是不變的。

所以比較不同的東西的質量——這質量我們常常叫牠密度——我們可以取些水，擺在一個一定的地位上，我們叫牠單密度，然後在那同一的地位上，再換上一件別的東西，假如覺得那東西是比水含有雙倍質量，我們叫牠的密度為雙倍密度——餘照此類推。我想你一定懂得這道理，假如那和水比的東西，是和水擺的地位

一樣，離地球中心的遠近相同，那雙倍的質量，一定要有雙倍的重量。但是我已經對你講明，我們不用重量這兩個字的原故，因為重量是依靠地球的吸力而變動的，或者這東西在月亮上，就要依靠月亮的吸力而變動；假如你以為這種分別，沒有什麼重要，那我馬上就要告訴你一個明白。

為什麼同樣的東西一定同樣重 假如我們取兩個金屬立方體，使他們的大小質料都是相同，並排擺在桌上，那末這兩個立方體不但密度相同，或質量相等，他們的重量，當然亦復相同。但是假如你不把他們並排擺着，而把他們疊起來，那疊在上面的一塊，一定輕些，因為牠比底下一塊，離地稍為遠點，所以地球吸牠和牠吸地球的力量也減輕些。我希望從此以後，你們和我見解相同，明白質量和重量的意義是有分別的。

我們怎樣能夠求出地球的密度來呢？我們怎能看出這個大球是比水的質量或密度高些，還是低些呢？這問題科學家已經研究了好多年代，回答的方法有好幾種。現在我們簡單的說一件罷，就是倘使我們能測量地球，使一個鐘擺搖動的度數，和使鐘擺搖動的速率，我們就能測量出地球對於牠所用的力量，此外，我們既已曉得地球的大小或密度了，合攏來我們



這幾個圖可使我們了解地球的吸力。此處共有四只玻璃杯，自左至右，第一隻盛的是一點水銀，第二隻是比水銀更多的甘油，第三隻是比甘油更多的水，第四隻是要盛滿的煤油。他們物體所佔的空間雖各不同，然而他們的質量都是相同的，正好像由雪溶化了水的質量仍與雪相同的。

就能說出地球的密度，那就是說地球內部的質料結構得有多少緊。

地球的內部比隨便什麼東西結構得緊 現在我們要談到一個最偉大的結論，就是地球的密度，比水的密度大約要高四倍或六倍之多。

我們曉得，水是件很重的東西，在地面上諸東西中比起來，牠也算密度很高的，因為當我們將同樣東西，在離地心一樣距離相比較時，重量實在是密度的先導。所以假如全地球的密度，比水的密度高五倍，那麼牠裏面質料結構的緊法，一定是我們夢想不到的。在地球面上，我們能看見能考察的東西當中，沒有一件東西的密度能和地球平均的密度一樣高的，如石頭煤炭之類，都不及地球密度高，所以地球內部的結構，比我們所曉得的最緊的東西，如鉛之類，還要緊得多。

我們在上面居住的地球薄殼 上述地球質料結構之緊，不但有趣，並且很是緊要，因為牠使我們曉得地球內部結構的勢力，如何偉大驚人。

有時因為地震，我們能看出牠的結構來。還有層很有趣的事，就是地球的外殼和地球的全部，比較起來實在薄極了。我們住在這薄殼上，以為非常堅固，決不怕牠破裂，把我們陷下去，但是我想地球如果能用把刀劈開，和剖橘子一樣，我們能用鳥的眼光來看看這剖開的刀口，一定要覺得非常詫異，我們所住和萬物所生長的地殼，實在非常之薄。我們曉得了地球的內部密度非常之高，我們當然總以為牠也非常堅硬——比鉛要硬得多。

但是除硬之外，還有一樁大事實，就是牠又非常之熱，那種熱法，地球上我們所曉得的熱東西，沒有一樣比得

上牠的。所以地球內部，既然非常之熱，恐怕構造內部的原料一定不是堅硬的。但是反過來說，倘若我們以爲那質料是流動體，或氣體的，也是錯的，因爲裏面那種質料，由熱度與壓力的變化，我們實在想不出牠的真實像形來。

倘若我們能夠把地球望牆上一摔，牠就會跳起來。我們適纔說過，假使我把一個有彈性的打球摔到牆上去，牠一定要撞回頭，不會鋪開和塊泥一樣黏在牆上。我們說一件東西有彈性，意思就是指那件東西，雖然我們把牠弄變樣子，牠一定仍舊要還原的。當一個打球擲到牆上時，牠一定有一部分要平下去，然後牠再鼓起來到原來的形狀，而使牠自己從牆上跳回來。假如你能夠把這大地球擲到牆上去，牠一定也要跳回來，跳得比一個打球，甚至比一個鋼球，更利害一點。不過我想這個試驗是永遠做不成的。

製成地球의各種質料，有種很便宜的打球，叫『雜組球』，是把小孩子頑的。這球叫雜組球，因爲牠是由許多東西構結起來的。

可是地球也是個『雜組球』，由各種質料特別構結而成；這地球雜組的問題非常有趣，我們馬上要來細細的研究。但是在未研究以先，我要告訴你們一個新得到關於地球組合的智識；雖然牠是最後發明的，卻是要最先告訴的，因爲牠在地球的歷史方面，告訴了我們從來所不知道的事情，就是地球現在是怎樣，和地球保存熱力的奇妙方法等。這真是個奇異的大發明。在這發明上所需要的特種質料，現在還是很少，但牠卻是造成地球的質料之一種。這奇異的質料是很少的，假如不因爲牠實在奇異，恐怕也沒有講牠的價值。這質料的名字叫

『銾』radium。在我未告訴你發明這銾的重要以前，我們先要問我們自己，地球怎樣會溫暖的？

第一層是因太陽使地球溫暖——從這種來源得到的熱度固然是很微末的，但是還可以供給我們，以及世上各種生物的需要。然而地球日間受太陽的熱度，到夜間卻又把牠退回空中，所以光陰有日夜的分別，意思就是指地球的一半光陰受熱，一半光陰失熱。我們可以斷定，假如地球的熱度全仗着太陽的來源，一定要和月亮一樣變冷變死了。月亮也和地球同樣的受太陽熱度，但是月亮是冷的死的。

地球一年一年的失去牠的熱度。第二層，我們曉得地球的溫暖，是從牠的內部發生出來的。但是牠內部並不製造熱度——當日祇少這樣想過的——不過裏面的熱度望外透發，薰熱外殼，薰熱之後，熱度即升入空中而失去。

所以每年地球都慢慢的失去牠的熱度；當然這是不能永久如此繼續的。月亮當日也是熱的，但是牠比地球冷得快得多，因為牠比地球小得多。一個小東西失去牠的熱度，常常要比大東西快些，因為小東西的質料，和表面比例起來，表面更覺大些，容易失去牠的熱度。所以小孩子一定要穿得很溫暖的，也正是為這個原故。

自生的火

地球誠然是朝朝失去牠的熱度，然而牠同時卻發生新熱度。發生新熱度之重要，你當然曉得。假如你腰裏有六個銅圓，一天用去一個，那麼一星期之後，你腰裏就空了。但是你每天用一銅圓，同時再得一銅圓——照

這樣子用法，你可以長長遠遠的用下去用不完。

地球也是這樣，牠消耗牠的熱度，既如上述的那樣，同時牠又生出新熱度。不但生一些就罷了，牠卻朝朝歲歲，幾萬年來如一日，同時生出牠新失去的熱度那麼多。所以牠不會變冷的；正和一個小孩子一天用一個銅圓，又得一個銅圓一樣，永遠不會變窮的。現在要曉得，那發生新熱度的質料，就是我們所已提起過的銦。

假如我現在就着手談起，把銦的一切奇怪事情都告訴你，我恐怕一定要說不完，因為新發明是時有所聞的，在我敘述未完時，或者又發明新事情了。然而無論如何，我們現在一定要談到銦，因為我們要十分明瞭地球怎樣會發生熱度——這是從來最偉大的發明之一。現在讓我來把牠說明一下子——我們再溫習上面讀過的——一種物體是由多少不同的東西構造起來的，這些東西叫作『原素』。

人們常常以為泥土，空氣，火，和水，為四種原素，並且還有許多男女小孩子，以這種智識為學問。但是我們現在曉得那四件東西，沒有一件真是原素。有幾種真原素，我們大家都曉得的，就是鉛，金，銀，水銀，和空氣中的養氣，我們正在這兒呼吸的。銦也正是一種原素。這是最近發明出來的原素，又是最稀少的原素，因為各處只有一些很微末的可以找到；但是牠卻比各種原素的全能還要奇異。

銦的最奇妙的一樁事，就是牠能常常自己生熱。鉛，銀，和養氣，都不能生熱。假如他們是熱的，一定是別的東西使得他們熱的，和一根火棒一樣——那棒是鐵造起來的——倘若把牠擺在火裏，牠也會變熱。但是銦獨自在什麼地方，不借外來熱度，自己卻會生熱，無論你在什麼地方找着牠，總覺得牠比牠週圍的東西熱些——當

然世上沒有別的東西像牠，除非是火。但是火和牠卻又是大不相同的，因為雖說這分別很難講得明白，我們知道火是藉着外物而生的。火所生的熱度，實在可說是太陽所生的熱度，這熱度本來收藏在煤炭裏面的，現在不過成了火重新發了出來。

將使地球長久溫暖的銑之奇能 銑的異常之處則不然，牠不須燃燒，就能自己生熱，而那熱度並不是昔日從太陽裏吸了進來而現在發出來的，牠是簇簇新，當場造出來的現貨。

但是我們對於牠一定又要生誤會，而最錯的誤會，莫過於以為銑的熱度，不是從外界得來，是無中生有的。那就完全錯了。從無裏一定不會生出有來的。假如我們曉得銑能生熱，能不借外界勢力而生熱，我們可以斷定銑的裏面，一定有一種能力，使銑用了牠而生熱。這是我們曉得事實上的確是這樣子的。

所以我們的新發明，並不是說地球有用不了的熱度來源，不過有製造熱度的能力，那能力究竟用多少時，纔用得完，我們是猜想不到的。

人們已經找到的銑併起來不過一丸藥盒之多。但是我們忘去了一件事，世上雖已有充分的銑，够發生充分的熱度，而我們猶以為未足。凡世人所已搜羅得之銑，合併起來，不過一個高夫球的重量。不僅如此之微末，而且世間只有一兩處有名地方，可以尋着這銑。康瓦爾 Cornwall 地方之花剛石，或石版內，常尋得出含銑的花紋——或叫石紋——在澳大利亞之花剛石類，含有此種質料稍多。然而自銑發明以來，幾年於此，所搜羅得的，不過一丸藥盒之多。

假如所找着的那麼許多，就是世界上銦的全數，那麼對於地球所含的銦，可以使地球溫暖這句話，似乎很有懷疑。但是我們現在已經明瞭，世上除康瓦爾和澳大利亞兩地之外，別的地方也有銦，不過只可以尋出，而不能收羅得。所以我說銦不是頂頂稀罕的原素，也是頂頂稀罕的原素之一。

我們雖然可以說，無論到什麼地方，只能找到一點，然而處處地方，總找得着一點的。最近有人取些水和各種泥土，和各種石頭來作個試驗，就察出各種東西裏面全有些銦。但是那成分是非常之少。假如牠的成分不少，要使地球熱得我們不能住了。你或者不大相信，以為那麼微末的東西，怎會被人探出呢？但是這道理很容易明白的，只要你記住，銦是一件很異常很活動的物質，牠時時刻刻有動作，而動作得很有勢力的，所以牠的所在容易被人探出。

我們週圍都有的微銦 你可以在一所很大的房子裏，找着一個很小很小的小孩子，假如那小孩子在那兒高喊；或在一網柴裏，可以找出一根針來，假如那針是不住的在那兒發光。這就是何以在很多的石頭裏找出很微末的銦來的原故。這個理隨便什麼東西都可適用的。發現這銦的人，是一個英國人。他的名字，叫斯特拉特 Hon. R. J. Strutt。他是皇家社會 Rayal Society 會長累力爵士 Lord Rayleigh 的長子。那很微末的銦，是在我們慣見的石頭花剛石裏找出來的，別種石頭或礦物裏，也含有一點這種質料。

你現在或者接着要說，雖然地面上石頭礦物裏，都有很微末的銦，甚至雖然凡造成地面的質料裏都含有銦——那地面作四十或五十哩厚——然而總不够補足那地球天天失去的熱度。但是事實上卻是很奇怪的，這

很微末的銑，十分富於生熱的能力，能使現在的地球不減冷，從前的地球沒有冷過，將來的地球也不會再冷。

銑可變爲過去時間的時計。銑的奇能是層出不窮的，我們越覺得牠有奇能，我們對於牠越明瞭。牠又能變成一個過去時間的時計。我能使你們明瞭牠怎樣做時計，這並不是難事。當銑繼續在那兒生熱的時候，牠是常常改變的，牠的改變的結果很多，有一種結果是生出又一種元素，叫「鐳」Helium，第一次找到牠的地方是太陽裏，情形是很奇妙的，容後再講。我們考察銑天天的變動，可以準確計算出牠每天造鐳的速率。那速率正是我們所要曉得的；因爲在石頭裏，可以找出鐳的成分——那鐳是除銑之外，沒有第二個法門製造得出的——那麼，既然找出了鐳的分量來，就很容易計算那石頭的年歲了。

現在人們正在那兒計算呢，他們考察着地殼裏的種種石頭，看他們究竟含多少鐳和銑。把這鐳和銑的成分一計算，可以算出銑在這石頭裏多少年代——那意思就等於這石頭有多老了。

我們所曉得的地球還是很小的部份。由上述方法，我們已得着一個意外的發現，將關於地殼外層的年齡問題，得個比從前圓滿的答案。至於地殼的內層，我們知道的很少，但是那內層關係也比較少些，在生命未有以前，他們就埋沉在那兒了。

凡我們能得來的石頭，很容易考察的，都屬於有生命時代的東西。但是我們也能考察些別的石頭，如花剛石，在未有生命以前，經很大的熱度造成的，他們的碎塊子，常常破地面而出，所以我們現在能得到他們。

現在在我們的故事將完結處，你們試和我一回想一種很奇怪的事情。我們現在是在地球上，不能離開牠

的；但是你或者要想，雖然我們不能離開牠，或我們不要離牠，無論如何牠的各部分，我們總可以考察週到。實在這思想不對的。到底地面上還有幾部分，人們不能親臨目視的，如南極，北極，到今日也不會有人到過。那世界上很多最高的山頂，也不會有人到過。地球上面的空氣層，大約有一百哩高，而人所到過的不過十分之一。

人決不會到地球心裏的。至於望下掘泥，人也當然不能到地球內部的。在牠未到地心之前，牠全身早已燒成氣體了。我們祇能談那包羅萬象的薄地殼。這薄殼和地球全部相比，可算等於無有——八千哩中之四十哩，因此地殼要比地球全部薄二百倍，像這樣薄皮的橘子，從來未曾有過。

我們沒有多久以前曾說，把地球剖成兩開，看看剖開來後的樣子。我們對於剖這地殼的進行，到底已經有過什麼成績呢？老實說，毫無成績。我們現在測量煤礦，只能到幾千萬尺的深，我們再下去，就覺得非凡之熱，而且在那麼低的地方，很難得到充分的空氣，所以很是危險，不能進行。可是現在就算我們能把礦掘完的，也不過把煤層掘清而已，和全地殼比起來，還只可算一無所得。

但是上述的情形，正是我要你們記住的要點，並且是我提這問題的原故。因為我要從此以後，分別人的體力和心力所能做的事情。我想這是最重要的教訓，雖世界最聰明的人，不能有比我們這教訓再重要的了。

我們的體力實在很有限。有很多很多的地方，我們身體可以算世界上最奇妙的東西，可是那奇妙實在有限，不幾年就老了死了。身體固然要有很多方法來保養他，然而任何樣子保養，卻不能使他長生不老。他們不能離這小地球——因為地球實在是小，不過我們的身體比牠還要小得多——他們也不能到地面的各部；他們

祇能在一二哩高的空氣之內翱翔，而地殼方面掘到一二哩深，也已覺得非常吃力費事。

但是這僅談我們的身體；假如談到我們的心，那就不對了。你就坐在你座位上，你的心能到最遠的星辰上去，比那星辰再遠幾萬萬哩的地方去呢。南極雖未有人到過，但是我們曉得南極是什麼樣子。我們曉得這空氣層有多高，靠近地面的是什麼氣質。我們曉得地球的地殼有多厚，怎樣計出牠的年齡。雖未有人腳踏過埃佛勒斯峯 Everest mount 頂，而心卻能測量出牠的高度。

我們的心力是不可測量的。心天天在那兒教我們關於地球的智識。雖然我們的眼睛，一天一天的變成近視了——因為我們現在不在曠野森林間覓食吃，而在費很多的功夫讀書，寫字——但是我們心的眼睛，能越看越遠，越看越廣，越看越多，並且能明瞭所看的是什麼東西。

所以我們雖一定不能驕傲，因為我們所曉得的，比世上應曉得的智識是很微末的，但是我們也不必因為身體的能力有限而羞慚。我們是人類，因為我們有人類的心力。我們已經做了許多大事業，我們總要有一日，將我們現在不甚明瞭的地球，作為我們永遠安樂的家庭。

身體本來柔弱無用，不能做許多我們所要做的事；身體死後，新身體就要從新長起。但是心雖然有時做錯，不能做完我們要做的事，牠的能力卻大得多，牠的眼睛能看見身體的眼睛絕未看過的，或將來也絕不會見的東西。我們雖死，而我們心力的功績，倘真有價值，絕不會死的。我們後起的人，雖說他們的身體要從小長起，但是他們的心，不要從小長起。他們好像已站在我們肩膀上一樣能看得更遠一點。

我們的身體可死但是我們的心力永遠進行。斯特勒特在地殼許多地方找着銻，然而他的成功是由於居禮 Monsieur Curie —— 他已經死了—— 和居禮夫人，在前已經發見這個銻。而他們自己所以能發明銻，又由於法國人柏克勒爾 M. Becquerel 根據他前輩的根基做出來的成績。這些人的身軀早已死了，和我們的身軀，在本世紀未完前，亦將死去一樣；然而他們的成績存在着的，就和我們今日所做的成績之在將來一樣。在未敘述那些依靠斯特勒特成績研究的人名以前，我們一定要遠推到幾千年前科學萌芽的時代，敘述幾千萬個人名，方纔能到斯特勒特，雖然那些人的身體，多少年前早已化爲灰塵了，他們的名姓都已被人忘了。這是人類進化的歷程。我們已經學會讀書會寫字，但是我們未曾發明讀書，和寫字，或字母，或紙，或印刷，或墨汁。已死的男人和女人，已經代我們做了很多生活需要的工作；而我們也在這兒幫助那未生的男人和女人。畜生不能把他們的智識傳授與他們的小孩子；而我們能傳授的。所以我們擇其善者而從之，其不善者而改之，那就叫『進步』。

構成地球的東西

我們對於在地裏找到的那種種的材料，已經講得不少了。但是很難說地球就是牠構造成功的。因爲這種材料，就只在地殼的本身上，也沒有達到億萬分之一。至於地球的內部，有沒有這種質料，還沒有人能知道。不過這種奇異的原素，銻，我們不能不加以研究，因爲雖然發現的分量很少，卻很能告訴我們許多地球過去的事

實，也因為牠對於地球的現在和將來有重要的關係。但現在我要論到幾種組織地球的主要物質，將鉅的事情擱起來。

可是第一要緊，我們的腦筋裏，必須要得着些根本的理想，不然我們就會不知道自己是在什麼地方。要明白這件事，必須先知道物質這個字的意思。物質不過是材料罷了，地球是賴牠構造成功的，太陽也是如此，我們的身體是牠組成的，空氣亦復如是。廣義的說起來，各種東西都是物質。

我們已經知道，物質有三種狀態——固體、液體、和氣體。氣體的物質，我們叫牠是空虛的。我們論到物體三態的時候，意思並不是說物質種類的不同。那是另一個問題，我們以後要談到的。任何種類的物質，可以變成任何的狀態，並且還能變成別種我們所不知道的狀態。

我們現在不必論到這些狀態，只要認真明白一件事情。這一件事情，就是像空氣這樣空虛的東西，仍然還是物質，好比液體和固體一樣的真實。牠有重量和實質，假使因為看不見覺不着，就以爲牠不是真正物質，那就是大大的錯誤了。而且空氣真個沒有了，人類立刻就要死。平常我們談到空氣，說牠是虛無縹渺的，這不過是無意識的妄語。人力能使空氣冷成流質如水一般，甚至冷成固體如冰一般，可是氣體的空氣，和液體固體的空氣，在各方面都是一般的真實，因此水蒸汽，和尋常的水或冰，乃是一般的物質。

但是這樣的說起來，我們還是不易領悟，所以我們必須得着正確的觀念之後，才可以使物質的研究有進步。我們的思想容易拘泥，以爲看不見，覺不着的東西，都不是真的。假使你用拇指去推牆，就覺着有抵抗，那一

定無疑牆是真的，是真物質做成的。但是在牆和你的中間，看不見什麼東西，如果說這個空間，也是填滿了物質，和你自己的身體或牆是一般的真實的，恐怕你就不肯相信了。

一根蠟燭點完了的情形 你在空中移動臂膀的時候，並不覺着有抵抗力，所以你就當空氣不是一件物質。我們應當切實的知道，並且不可忘卻，物質有三態，就是固體，液體，氣體。無論人看見或看不見，這些物質都是一樣的真實，同等的質料。現在舉一個例證明這件事。

點了一枝蠟燭，牠就會慢慢的不見。究竟不見的到那裏去了呢？有些人以為蠟燭是無形消滅了，但是這句話毫無理由。要知道世界上各種物質，不能從無中生有，也不能在有中變無的。所以蠟燭的物質，只能看不見，絕對不能消滅。看上去好像蠟燭在未點之先是物質，既點之後就沒有了。但是當蠟燭燃燒的時候，所出來的物質，雖然看不見，我們能將牠聚集起來，秤牠的重，而且完全能證實蠟燭的物質，沒有一絲失掉，不過變更又一種東西罷了。

既然明白了這件事實，我決定你們就不會謬誤，就要以為人類生活其中的氣，和魚類生活其中的水，是同樣的真實，一般的是物質。

所以在我們開始研究構成地球的材料的時候，我們必須要十分明白地球是什麼？地球是物質的球，是包括平常我們叫做土，水以及天氣諸材料在內的；這就是說我們知道地球是物質構成的，無論那物質是固體，液體，或氣體。我們只可以想自己是生活在地球固體的土地上，有時或浮在牠液體的水面上，總不能想到地球的完

全外面去，因為地球還有一大部分在我們的頭頂上咧。

那末這個完全的球是什麼東西做成的呢？這是三種形態的物質做成的，就是固體、液體、和氣體。或者地球的內部，有許多物質是處於別種形態的，我們不能知道，也不能擬想，那既不是固體，也不是液體和氣體。

現在重要的一點，並不是物質所處的一種形態，乃是我們所發現的各種不同的物質，有許多異樣的形態，一部分似固體，一部分似液體，一部分又似氣體。

金子不能做成銀子，銀子也不能做成金子 設使固體、液體，以及氣體的問題，不是我們所說的物質的種類，我們的意思到底是什麼呢？

一個小銀元和一個金洋的區別，就可以表示出我們的意思來。這兩件東西都是固體，都是堅硬而光輝的質料做成功的，但是一個是銀的，一個是金的。金洋錢可以溶解開來，甚至成爲氣體，然後又可復歸固體，但是構成牠的物質，除去金子而外，是絕不會變成別種的。銀子亦復如此，儘管有固體、液體、及氣體的銀子，但是仍然是銀子，絕不會變成金子或其他東西的。所以我們知道，構成地球的，至少有兩種物質，並且不能使這一種變成他一種的。

讓我們再舉一個例子，纔不致受人迷惑。可以取這三種不同的物體來說，就是金鋼鑽、鉛筆的鉛，以及炭屑。

鉛筆和金鋼鑽是一樣的質料做成的 這兩件東西的形式、價值、用途，以及發現的地方，都大不相同，比較那銀元和金洋的區別，格外來得顯著。然而假使將金鋼鑽燃燒，牠就變成黑色的質料，和煤屑一般。這種黑色的

質料或煤屑，也可以變成鉛筆的鉛，而且也可以變成很小的金鋼鑽，這三件東西——金鋼鑽，煤屑，鉛筆的鉛——其實毫無異點，是同樣的質料炭做成的，不過形狀不同罷了，即如冰，水，及水蒸汽。

因此這是一個迷人的問題，我們必定要注意的。全世界上有許多物件，看起來似乎很不同，可是精細的考察一下，其實都只是一樣東西，不過形態不同罷了。還有許多東西，看起來很相同的，如水和液體空氣，但是一經精密的考察，卻很不相同，互相沒有絲毫的關係。

絕不能變動的簡單的原素 做成地球的各種物質，其中區別的問題，久已引起科學家的注意，現在是大概決定了。一方面我們知道怎樣去識別同類的物質如炭，有時是黑色的形狀，有時是無色透明，美觀而堅硬的結晶體。他方面我們也能分別那些種類不同，形式相似的物質。這是一個何等重要的問題，因此化學這門科學，研究着各種不同的物質，第一件事就是要解釋這一切。

任何物料，如果不再能化為簡單，我們就叫牠是原素。譬如一種貴重的東西黃金，我們能使牠熱或冷，燃燒牠，或捶打牠成任何形式，但是無論如何，牠仍然是金子，絕不能變成比金子還簡單的東西，所以金子是個原素。

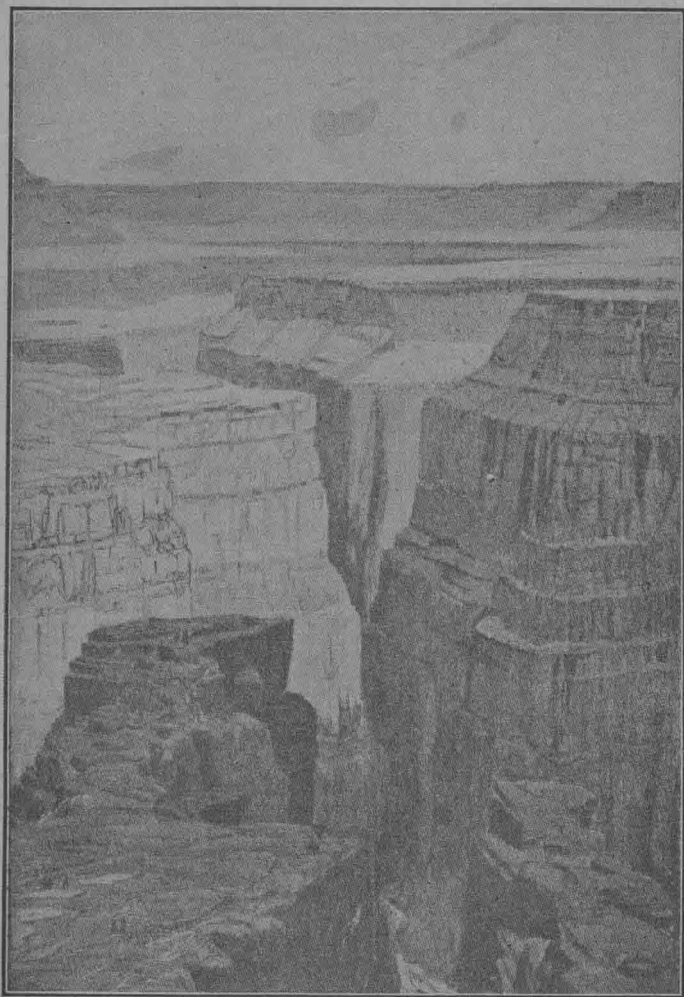
希臘人以爲地球是他們做成的四件東西 做成金鋼鑽，煤，及鉛筆的鉛，也和金子是一樣的情形；其實鉛筆的名稱並不通，因爲裏面並沒有鉛，不過是炭罷了。真正的鉛是做管子用的，又是一種原素，其他如銅等類也都



有許多東西形狀雖各不同，而其質料實在是一樣的，如圖中的金鋼鑽，鉛筆的鉛，和煤三件東西，都是同一樣的炭質製成的。

是各種原素。但是我們研究主要的原素之先，必定要知道從前那些習慣上人所承認的原素。這並不是要笑

一 哩 深 的 峽 谷



亞利桑那的大峽谷，是為世界奇觀之一。谷由大河沖去其中軟石漸漸洗成這樣深的河牀，周圍繞以高山，中間便是四千呎至七千呎深的峽谷。這峽谷名叫「科羅拉多的大峽谷」，長有二百哩，有些地方闊有十哩，深一哩，底下便是急流。

他們的謬誤，不過他們漸漸的明白這個謬誤是很有趣的。

古遠如希臘時代，當時的人民，雖然知道的比現在的人少，然而當世諸人類中卻可以算得最聰明最奇妙的。他們已經開始研究許多現代人所研究的事情了。他們以為天地間有四種原素，就是土、空氣、火和水。現在我們當然知道這四件東西是組成地球的，我們最好將他們分別的談一下。

空氣、火和水

從前希臘人談到地，大概都指着堅硬的物質說的。他們和我們一樣，當然也曉得我們腳下地土裏所含的堅硬物質，形狀很多，如金、銀、鐵、和沙。這些東西，多少總有點相同；他們互相比較，比和空氣等別種東西比較相像得多，所以他們可以總括起來，給他們一個總名目『地土』。

地上當然還有許多別的生物，譬如樹，樹造成了木料，就和我們在花園裏拾起來的土毫不相同。但是希臘人很不錯的，承認各種生物，都由土的質料構造出來的；他們說土是各種生物之母，（按此語與中國俗諺『萬物土中生』意同。）所以他們又把各種堅體的東西，連生物的身軀在內，總起來說，由土這一種原素構造出來的。然而現在我們曉得，我們腳下的土，和土裏生出來的生物，是由各種不同的原素構造起來的，無論借什麼勢力，用什麼方法，經多少時候，都不能使他們互相改變，或分成別種東西的，所以我們曉得他們纔是真正的原素。

現在我們來看看希臘人所說的第二種原素——空氣。我們已經明瞭，我們雖然看不見空氣，但牠是一個實在的物質；然而是否就如希臘人所設想的原素呢——那就是說牠是否單由一件東西構造起來的，到處一樣。

的，併且無論你怎樣弄牠，牠是否決不會變成別的東西，或分析成更簡單的原素的？這個問題，我們可以給牠一個堅決的答覆，因為化學家對於空氣研究得最詳細。牠不是一個原素，不過是多少原素的混合物，那些原素可以從這混合物裏分析出來的，正和你可以把金、銀、融冶在一起，然後又可以把他們分開一樣。空氣是多少不同的原素，在氣體狀態中的混合物。現在我要請你們特別注意『混合物』這個名詞，因為牠有一個真意義，當我們談到水的時候，我們就會明瞭水，雖然不是一種原素，雖然含有兩種原素，然而不是那兩種原素的混合物，只是另外一種東西。

水的情形，以及其他別種東西的情形，都很複雜的，所以我現在要先提到空氣，因為再比空氣簡單的東西，是很少有的。世上最簡單的質料，當然是由一種原素構造起來的，如金，或銀，或鐵。沒有別的東西，比他們更簡單。但是空氣，捺實下來講，并不十分比上述的東西複雜，因為隨便什麼人，只要他將牛奶倒入過茶裏，或看見過葡萄糕的，都曉得什麼叫做『混合物』。

倘若你把糖粉和一些米粉和合起來，就可以得到一種很簡單的混合物。關於這種混合物，有一樁不能忘記的特別事實，我請你們不要忽略，或者以為無須注意，因為當我們談到水的時候，我們就要明白，為什麼我現在要談混合物這個問題？

兩種東西在一起變化的情形。糖和米粉的混合物，有一個要點，就是：無論他們怎樣調和得均勻，那糖還是糖，米還是米。他們不過混合在一起，決沒有改變。捺實下來講，和你有一粒米，和一粒糖，把他們並排在一起沒

有什麼差別。一粒米，仍然是一粒米，而一粒糖，也仍然是一粒糖。

上述的話，看起來很簡單，然而很要緊，我們應當要曉得的，因為我們馬上就要讀到，有時兩種原素，合併起來，不單是混合罷了，在一定情形之下，又能生出一件別的東西，既不是混合物，也不是那兩種原素的本來面目，譬如你把糖和米合在一起，糖米都不見，卻成了一杯水。那一定不單是混合，你看是不是呢？把兩袋裏的東西，放在一個杯子裏就算，這是造那混合物的方法，現在的情形，是完全和這個兩樣的。

什麼是混合物什麼不是混合物 空氣不過是多少原素的混合物。這就像你拿一種由多少和糖粒或米粒相彷彿的原子——我們馬上就要談到——所構成的氣體原素，加入若干別種氣體原素，使後來的顆粒或原子，和第一種原素的顆粒或原子混合起來。這又像你拿甲口袋裏黑的石子和乙口袋裏白的石子，同擺在丙口袋裏一樣。那黑的石子，還是黑的，白的石子，也還是白的，你不過得着一種黑白石子的混合物。

然而這種簡單的事實，空氣是各種氣體的混合物，人們實在費了許多的時候，纔發現出來，還要過更許多的時候，人們纔能相信呢；即使現在，人們雖然已曉得空氣裏有各種不同的質料，他們還難明白這些不同的質料，只是混合在一起，並沒有什麼別的作用。有時在未有詳細研究的書裏，也往往談到事實弄錯的話，他們說：空氣不單是氣體的混合物，只是一種和混合物大不相同的東西，叫作化合物。但是那種立論不對的；空氣不是一種化合物。假如空氣是一種化合物，就沒有人能夠呼吸牠，而我們也不能在此地發表什麼議論，說什麼是非。幸而牠只是一種混合物，牠裏面所含的特種原素，為我們所需要的，我們就可以不費什麼困難，隨時吸取。

造成我們所呼吸的空氣的兩種氣體。水裏也有這我們所需要的同樣原素，我們就可以明白，水實在大半是由這種原素構造起來的，沒有牠水就不成其為水。但是倘若我們一定要從水裏得到這種養氣原素，我們只好立刻就死，因為水是一種化合物，不是混合物；倘若你要從化合物裏取出東西來，一定要採用特種方法，費很大的困難纔可以。

空氣的全部，差不多由兩種原素構造起來的；他們的名字叫『養氣』和『淡氣』；他們實在不是結合在一起的，不過混合在一起，正如你口袋裏的石子一樣。養氣和淡氣結合的方法，有許多種，但是各種結合法構成的結果，大不相同——那結果既不是養氣，淡氣，而且也更不是空氣。養氣和淡氣結合了構造起來的最著名的東西，叫『淡酸氣』Laughing gas 或『笑氣』；當你有牙齒脫落時，牙醫生用以止你的痛的。

空氣裏這兩種原素，并不各佔相等的成分，淡氣比養氣多得多，現在我先提養氣，是因為養氣雖少，卻重要得多。空氣裏所含的養氣，剛佔全空氣五分之一，而淡氣的佔五分之四。這比例當然不大準確，因為空氣中還有其他各種成分很微末的原素，幫助混合的成功。

在許多東西中自持不變的情素。但是那些其他原素，雖然很有趣，他們並沒有什麼特種功用，所以於我們不大要緊。我祇願告訴你們一種——恐怕是其中最著名的——牠叫『氫』又叫『惰氣』；因為牠雖和別種東西混合，卻沒有和別種東西化合過，所以我們可以說，牠雖和多少東西在一處，而仍舊是自持不變的，我們就叫牠為『惰氣』。

但是在我們未放下空氣不談之前，還有一兩句話，關於淡氣和養氣的，我要告訴你們。雖說空氣中五分之四，是含的淡氣，但淡氣卻不十分重要，因為牠在空氣裏，沒有什麼作用。可是淡氣一到泥土裏，情形就大不相同了，因為牠在泥土裏，有助長動物和植物的功用，要是沒有牠，就沒有生命了。

淡氣在空氣裏所做的事，實際上只在減少或沖淡養氣，正和你多放一點水，能減少藥性一樣。倘若空氣裏，不止五分之一，而全部都含養氣，我們不曉得我們自己就要變成什麼樣子了。

我們沒有養氣不能生活而養氣過多也不能生活。我們將要在本叢書第八類生命現象中讀着，養氣是各種動物和植物所呼吸保生的原素。沒有養氣，他們立刻就要死。甚至海裏的魚也是這樣，他們呼吸即從空氣裏得來，而融化在水裏的養氣。可是我們要知道，那造成水的養氣，魚是不能呼吸的，就和上述的情形大不相同。倘若空氣裏全是養氣，我們血裏的養氣就要覺得太多，我們就容易受很大的刺激，不能安靜，而生命也就短促了。我們將要像火裏吹進養氣，燃燒得非常暴烈一樣。不過我們能很容易的從空氣裏取出養氣來，並且能保藏起來，當我們要得很熱的火焰時，可以不用平常的空氣，而用這純粹的養氣來燃燒。還有，當人害病的時候，不能從空氣裏得到充分的養氣，也可以用這純粹的養氣，給他呼吸一下，便有很大的功效。

以上所述的，都是我們目下對於空氣應當知道的事情。大概講起來，牠是兩種氣體原素的混合物，但是混合得不平均，其中約有五分之四為淡氣原素，而五分之一為養氣原素，此外並有很少的其他各種原素，乃成空氣。現在我們要談到第三件東西，希臘人也以為原素的東西——火，究竟怎樣呢？希臘人指這個東西為原素，

簡直錯得太離奇了，但是假如我要說，火完全不是一件東西，也不是元素，或元素和原素的混合物，或化合物，你們一定又要以為我這話太無意識了。

火實在不是一件東西不過是一種熱光 但是你去看看火，並且考察一下看。那裏有煤，有的也是紅熱，還有許多火焰。要曉得紅熱的煤，不過是煤的一種形狀罷了。幾乎各樣東西，當牠熱透的時候，都會放熱光的。譬如我們房子裏的一種尋常電燈，牠裏面的細線，是放熱光的，但是這不過因為電到線裏面，使得牠變熱罷了。那線是不燃燒的；因為那燈泡裏實在沒有空氣給牠燃燒。牠只因爲熱了，纔會發光。

現在再講到火的火焰，希臘人對於牠很有興趣，因為他們想，火焰在那兒動着跳着，一定是活着的。其實火焰不過是一種發着光燃燒着的氣體罷了。火焰裏面的氣體，當然是由多少元素構造起來的；那些元素是物質和空氣或一個錢一樣；然而火焰自身，并非是一種新奇的原素，牠不過是那些原素燃燒而發光時的一種形狀。所以在我們的各種原素表裏，我們不能把火作數，算作一種原素。

現在我們再談到第四種希臘人以為原素的水。這件東西，雖說很尋常，然而倒是一件很有趣，很奇怪，世界上最重要的一件東西。我曉得，我們的老脾氣，總要以為一件東西，既然是尋常的，就決不會奇妙的。我們時常要想世上真奇妙的東西，只有那些很稀少的物件。

潛伏在到處都有的尋常東西裏面的大奇妙 然而那以為稀少物件纔算奇妙的人，卻是愚夫。有一個法國人，叫巴斯篤 Pasteur，是世界上最聰明人之一，我們應當要很感謝他，也應當要看重法國人，因為他會有若干

奇妙的發明，他說『各種東西，都是奇妙的。』所以曾經在尋常普通東西裏，看得出奇妙來的人，實在是世界上最偉大的人，他們的事業，實在是大事業。英國大詩家華滋華斯 Wordsworth，是一世紀前的詩學改革家，從他以後，英國的詩就和昔日的大不相同，他的所以偉大，就因為他能在各種東西裏看出奇妙來。少年人天生有一種看出奇妙的能力，可是到他們自謀生計的時候，或有人告訴他，不要追問什麼的時候，他們從此就失去這能力了。現在我們來用一些工夫，來讀華滋華斯的兩節詩，等我們研究水的時候，我們好記着他們。

水的奇能大半生物都由牠造成的 華滋華斯描寫一個人，曾說：

依傍着綠河邊的一顆櫻草，

在他看來不過是一顆黃的櫻草，

此外並沒有什麼。

可是華氏在他這有名的傑作末段，卻用着他那小孩一般的心思，說：

在那兒搖蕩的雖然是最卑賤的野花，也能引起我

深伏在痛哭流涕中的感思。

所以我們一定要知道，世上沒有尋常或污垢的東西，雖然尋常的水，算最普通的東西，然而也是世界上的一件最奇妙的東西。水到處都有的。空氣裏有很多氣體的水，或水蒸汽；地球上南北兩極鄰近的地方，有很多冰體的水。流動體的水，佔全地面五分之三。我們身軀裏足含有四分之三的水分，而各種生物裏也都含有這樣

多的水分。

沒有水，就不能有生命。地面很多的變動，都由於水的動作。無論什麼東西，到了水裏，不融化的，實在少得很；不僅是堅體的東西，如糖之類，和流體的東西，並且氣體到水裏，也要融化的。

水是由比水更簡單而不屬於水的東西構成的。許多關於火星的最重要問題中，有一個問題就是牠上面有沒有水；而許多關於月亮的最重要事實中，有一個事實——何以牠上面沒有生命，找不到什麼東西——就是牠上面沒有水。

人們會多年相信，水是一個原素。從前想不到水能分析成更簡單的東西。然而我們曉得，水并非原素，並且還發明出幾件很重要的事實。

實在水是由比水更簡單的，不屬於水的東西構造起來的。你研究水，第一步，恐怕就是看出水和空氣一樣，也是一種混合物。但是水決非氣體的混合物，這是很顯明的，因為水若純為氣體的混合物，水的自身，一定也是氣體形狀，如空氣那樣子；那末牠恐怕是流動體的混合物，和牛奶一樣的了。然而這也是不對的。牠既不是原素，也不是混合物，只是一種化合物。因為地球上的東西，大半是化合物，我們在未向前討論之先，一定要把化合物這個名詞，弄得明白。

水是什麼東西造成的

倘若你拿一堆沙來看，你就曉得那堆沙是由多少小顆粒集合起來的，而各小顆粒自身就是沙。一杯水也正和一堆沙一樣，牠也是由許多小部分，或點子集合起來的，而各點子自身，就是水的點滴；全杯的水，就是由這些點滴聚集起來的，和一堆沙由多少顆粒集合起來的一樣。這些點子，非常之小，倘若你想把他們排成一行，要排成萬萬個，纔有一吋長呢。

這些點子，或說各種東西的小部分，有個特別名稱的，因為全世界都用這個名稱，所以我們一定要懂得牠的意思。這特別名稱便是『分子』Molecule，在拉丁文中是細小微體的意思。我相信你們懂得這道理，倘若我們要研究水，究竟是什麼東西，最好的方法是取一個水的分子來研究——這不過是設想而已，分子太小，不能實地取來研究的——看牠是由什麼東西構造起來的。固然，只研究一個分子，實在難研究出什麼來。然而我們把這一個分子，分析成一點一點的，我們定能找出我們要找的東西。

現在我們可以設想，有一個水的分子，在我們面前。我們第一步，看見牠含有三件東西。無論什麼地方的水，你身軀裏的，或空氣裏的，或海裏的，或冰體裏的，或含在火星上空氣裏的，都包含這三件結合在一處的東西。如若沒有這三合體，水就不成其爲水了，雖然形狀像水，卻不是水。這是一樁我們可以自信無疑的事情。

不但如此，因爲水總歸是這種三合體的分子構造起來的，所以到處的水，地球上的，火星上的，或遠在幾萬萬哩的行星上的，和其他一切的水，都完全有同樣的動作。水依據牠的性質，有牠一定的天演規例；而水的性質，到處一樣的，所以那規例也到處一樣的。我們可以察看火星上的雪團，經太陽的熱度融化開來，和地球上的雪團

融化，是同樣的情形。

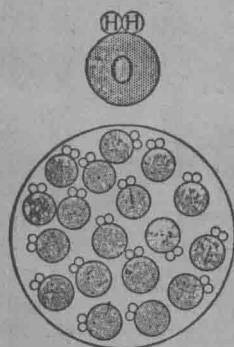
天地間到處的水，都是同樣的沸騰，同樣的融化，同樣的結冰，同樣的解化別種東西，同樣的結成點滴，有各種同樣的特性；因為你無論何時何地，看見的水都屬同種的。

但是構造水的分子的三件東西是什麼呢？這水的分子，大概是天地間我們所曉得的分子中最重要，而且亦是最簡單的，所以我們拿牠為研究的初步，非常之好；雖然牠三部份，有三個不同的名稱，但為研究水的重要起見，我們也值得來研究他們。而且其中兩部分是彼此相同的，所以並不會覺得困難。本頁的圖畫，是一個水的分子，怎樣構造的想像圖。

假使你能夠看見一個水的分子，牠大約是什麼形狀？我說這是一幅想像圖的意思，因為我們雖畫出三部分，像圓形的樣子，而我們對於他們實在莫明其妙，因為我們決未曾看見過他們。可是我們卻曉得，那三部分確實是有的，由某種勢力的作用，能結合在一起的。還有一層，我們也曉得，那種結合他們的勢力，非常偉大，因為要把一個水的分子，剖解開來，非常困難吃力；而多少年來，人們以為水是個原素，也正為這個原故。

你現在一定要明瞭，那圖形是什麼？牠是一個單獨部分，或

分子，或水的單位。一部分的水——和一杯水，或大西洋裏的水一樣的——是由多少這些分子集合構造起來



水的最小部分，是頂上圖中那三個部分的東西造成的，這就叫作一個分子。大的圖表示那些分子怎樣構成一滴水的。

的。但是一個單獨分子，是水的最微末最微末的部分。假如你把牠剖解開來，牠就變為不是水了，牠僅為構造水的兩種質素的混合物。我們對於這一點，一定要十分明瞭，因為這是一個化合物和一個混合物的區別，也是世界上的一個最重要的區別。

怎樣使一個O和兩個H結合 假如你瓶子裏有——這很容易的——許多圖裏標明H的東西，還有許多圖裏標明O的東西，或者說你有兩分H一分O，使他們兩種東西，在水裏同樣的比例，可是瓶子裏所盛的不是水，而僅是H質素和O質素的混合物罷了。那種混合物，並不是水，也不像水；並且還有一樁奇怪的事，雖把這種混合物擺在尋常溫度的房間裏，牠簡直一點不流動，和一種氣體混合物一樣，你看牠的形狀，恐怕不能從別種氣體混合物，我們叫作空氣的裏面辨別得出。等下子我們將要讀到怎樣利用H和O的混合物，使每一個O和兩個H結合在一起，成一個水的分子；然後由固有的氣體混合物，變成很微末的一點水了，而這點水實在由那氣體混合物裏，構造出來的。

上述的，就是水是什麼東西，這問題的解答就是牠是我們所謂H和O兩種氣體的混合物，構造起來的。但是H和O這兩個字，代表什麼東西呢？讓我先談O，因為我們對於牠提的次數多些。O不過是代表一個氣體原素「養氣」，我們談空氣的時候，已提過牠；養氣是空氣這種混合物中最重要東西，而牠亦是兩種氣體化合物水的最重要的東西。圖畫家畫圖，把O畫得很大，而把H畫得很微細，因為每一個O，有十六個H重。所以在每個水的分子裏，雖有兩個H和一個O之比，而O或養氣卻佔全水九分之八，一個水的分子裏，含一分H，

八分養氣。

每一個水的分子有兩個輕氣原子和一個養氣原子。我希望上述的各節，已經十分明顯。倘使每一個H，祇有一個O的十六分之一重，那麼，凡兩個H和一個O構造的東西，都含十六分O兩分H；即等於八分O，一分H。或者說九分之八的水，是由O或養氣構造起來的，九分之一，是由H構造起來的，也是一樣的意思。

現在要問H，是指的什麼呢？H是代表一種氣體叫「輕氣」，或叫「水素」，水素這名稱用得適當，因為取牠能生水的意義，原來輕氣實在是養氣用以生水的一種氣體。不過僅把他們混合在一起是無用的，他們一定要化合起來纔有用，併且是一種特別化合法，如圖中所顯明的——兩個H與一個O。此外還有一種化合法，兩個H和兩個O化合在一起，成功別種物質的分子，那分子裏面，不單祇含有三部分，而為四部分了。但是那別種物質，可不是水。牠也并不是一種特種的水，只是一件完全不同的東西。

現在又有一個名詞，我們一定在此地要懂得。那合併起來造成水的分子的H或O的細點子，叫什麼名字呢？那些細點子，叫原子，所以我們現在可以說，水是由分子構造起來的，而每一個分子，含有兩個輕氣的原子，和一個養氣的原子。

所以大凡我們說一件東西是元素，如養氣或金子，我們的意思就是說，那件東西，含有許多同樣的原子。大凡我們說一件東西，是一個化合物，如水，我們的意思，就是說那件東西，是由至少兩種原子的分子構造起來的。大凡我們說一件東西，是一個混合物呢，我們的意思，就是說兩種或兩種以上的原子，如養氣和淡氣，混合在一齊

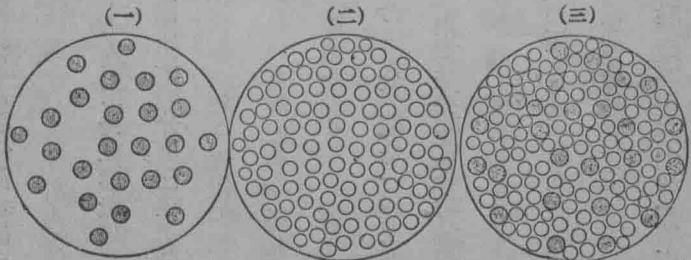
能了。

現在要曉得原子，是最主要的東西，元素所有的特性，就是原子的特性所授與的。金子所以爲金子，因爲牠是金質的原子構造起來的；養氣所以爲養氣，因爲牠是養素的原子構造起來的。我們適纔讀過，世界各處水的分子，都是同樣的，而世界各處的水，又是同一種分子構造起來的，所以我們也可以知道，凡一種原素的原子，都是同種的。你面前這頁書裏，你眼睛裏，太陽裏，和水裏，都有養氣的原子，雖然養氣只和輕氣在水裏化合。然而到處的養氣原子，都是同樣的，因爲他們是同樣的，所以我們能明瞭他們的一切。

最後，讓我們記牢水的構造法。倘若你取養氣和輕氣兩種成分，成適當的比例——那就是養氣八倍於輕氣，使每一個養氣原子，和兩個輕氣原子，結合在一起——讓我們來把他們混合在一個瓶子裏，然後用電光照透他們，這兩種氣體的原子，就要互相衝調，每一個養氣原子，和兩個輕氣原子，結合在一起；而這兩種氣體，就完全消滅，在原地地方變成了一滴很小的水點。

倘若我們要簡單說明水的性質——那就是說一個水的分子怎樣構造

——我們只要畫一個大H，代表輕氣，H傍邊再註一個2字，顯明要兩個輕氣原子，然後再畫一個大O字，代表養



這都是表示原子如何混合的。圖黑球就像一個原素，例如養的原子。白球就像另一個原素，例如輕的原子。他們混合時，就成了原素的混合物，例如第三圖。空氣是這樣的混合物。養和輕成了這樣的一個混合物，但那不是水。

氣，O字旁邊，再註一個1字，顯明只要一個養氣原子；然後我們可以把這兩個符號，寫在一起如H₁O₁，這樣子。爲簡便起見，我們常常省去1字，我們要用這特別記號標明水時，可以寫H₂O，那就是表明一個水的分子，是兩個輕氣原子，和一個養氣原子構造起來的。

世界上凡我們能考察的物質中，大約有一半——包括地殼，海，和空氣在內——是由養氣構造起來的，而另一半是由各種別的原素構造起來的。我希望我們現在對於一個分子，和一個原子的分別，已經十分明瞭。這兩個名稱常常會顛倒糊混，但是我們一定要用得正確不錯。

水的大神奇

關於水這樣東西，我們已經說過不少了。我們現在已經知道怎樣從前的希臘人當牠是一種原質，而且此後還經過一個極長的時期，人家都如此想，然而實在牠並不是一種原質，而是養氣和輕氣的化合物，這養氣和輕氣，纔是真的原質。

不過牠雖則不是一種原質，但牠在世界上的作用，在實際上講，卻很像是一種原質，如從前人所誤認了好久的。世界上已經存在的水，無論在泥土內，在生物體內，在海中，或是在空氣中，永遠是水，正像一種原質似的，不會變成別的東西，好在鉛和銀，以及別的原質，也永遠是鉛和銀，或別的原則一樣。然而牠到底不是一種原質，卻是別的原質化合而成的。有一個很重要的理由，使我到底不得不承認水這樣東西，雖則牠的作用很像原質，實在

並不是一種原質

這個理由是水這樣東西，是常常多少被生物在那裏造成的。從我們肺裏呼出來的水，並不全是我們先前所飲的水中來的。其一部分是在我們身體內由組成我們食物的成分中的輕氣燃燒而成。燃燒的輕氣，就是輕氣和養氣化合的，那就是水了。

所以世界上有一事正在進行，據我們所知，這是一件很可驚異的事，而且我們毫不能知道牠的終極將要怎樣？這就是世界上的水量，一直在那裏增多，似乎是無可疑的。因為生物活動的結果，輕氣一直在和養氣化合成水，而空氣中的養氣則在用掉。

一方面這個作用正如此進行着，而他方面反對方向的作用，則據我們所知，則是很少或竟全無，因為水這東西，一經造成，便永遠是水了。此外我們還須記得燃燒的作用，都能造出水來。在煤中，尤其是在煤氣中，是有輕氣的，所以他們燃燒時，水便生成了。我們所用的燃料，實際上幾幾乎沒有一樣不含輕氣的，無論是煤啦，木柴啦，煤油啦，煤油這類東西，內含多量的輕氣，和炭質結合着。而現在世界上每年所燒去的煤油量是很多的，燒時所有其中的輕氣，便和炭質分離而去，和牠所最喜歡的養氣去結合，便成爲水。世界上所有的摩托車，除了用電的以外，要牠行動，都須含有輕氣的燃料，所以水就生出得更多了。

現在燃料的用途之大，爲從前所未有。極大的森林，經過了極長的年代纔長成的，現在是斬伐下來當柴燒了。至於每年所燒去的煤量，即就牠比前一年所增加出來的量講，已比不多幾年以前一年中所燒去的總量還

要多。

怎樣水是永遠在那裏被火所造成 天然出產的油，情形也是相同。在眼前所出產量儘夠我們的需用，所以雖則我們現在還在把這種東西用盡，是顯然的事，而千百萬人中，卻沒有一人想到我們的後代將要怎樣辦的，正如一個人雖則明知沒有新的資產增長出來為後來之用，卻毫無算計的用掉他的資產一般。

不過就我們目下的問題而論，其主要點是在由原質造成水的一事，就是這種繼長增高的燃料的用途所生的不變的結果。假使世界上有一種天然作用，不需我們的勞費，而可以把水分開，那輕氣可以繼續的得回來，自然就不成問題。可是實在天然間沒有這種作用。這就是我們所以要對於水一經造成之後，便永遠是水一個事實，加以嚴重的注意了。牠是已經燒掉了，不能再燒的了，從燒牠時所生的能力一經用掉，便永遠不能回復的了。

全世界的最大問題 這一點我們必須明白在胸中的，因為我們將來就要知道全世界的最大問題，就是當天然的燃料，如煤，煤油，木料等，顯出將要很快的用完的象徵的時候，我們怎樣可以得到能力的問題。我們並非把電忘掉了，也未忘記用電的車輛也可以行動，無需乎輕氣或其他任何燃料。但我們須要曉得電也不過是一種能力的特別形式，而無論何種能力，都有一個來源的。

我們只須直捷的問電是從那裏來的，我們就可以曉得是燒一種東西，如煤油或煤氣而來的，正如火的能力的來源一樣。所以即使電的應用，已普及於各種用途，牠仍然是要製造出來的，而把可燃的東西燃燒的事情，一

點兒也不能停止。

總之把水普通的研究起來，我們可以把牠當爲一種原質看待，因牠的作用，好像一種原質，常常如此，而且永遠如此的。但我們卻必須記住牠到底不是一種原質，而是一種化合物。至於我們爲什麼要記着這個道理，那有兩個理由：第一，因爲這是一個自然界中一樣最普通的東西的真相，所以在了解自然的一點上是很重要的；第二，因爲世界上不絕的把輕氣的燃料燒掉而成水，而水又永遠是水的一個現象，是現在人類活動中一個極嚴重的事實。

生命的故事和地球的故事是互相依賴的 在這本書的別一部分，我們曾經特別注意於生命，但我們要曉得，大自然是一大整個，牠的種種分類，雖則達到一定地點，也可以說是自然的，但分得太細了，便不自然了。水的自身，原不是一種生命，牠的造成，牠的存在，牠的作用，都和生命的存在分離的，所以我們應當把牠放在目下講；但在別一方面，牠卻是和生命或種種生命的活動密切的關聯的。生命是靠水而存在的，而水又是隨時隨地因了生命的種種活動而從牠的原質造成的。

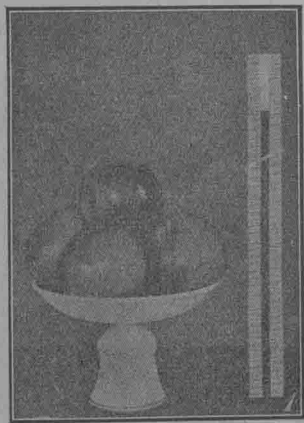
所以要把生命的故事和地球的故事完全分開，是不可能的事。生命的故事，實在是地球的故事中的一部分，地球是所有生命之母。這裏讓我們且看一組很智巧的圖畫，告訴我們各種生命的產物所含的水分的。若要問其中的水從那裏來的，那也並不難答。一部分本來是水，從外界吸入的。他們吸這水進去，正和我們飲水一樣。還有一部分，卻是由生命的能力所造成的。

這種種東西都是我們的食物，我們常常以為這種東西，就是這種東西罷了，別的沒有什麼。豈知譬如一只蘋果，牠自己也是生物，牠不單是為我們而存在，也是自己存在的，而且和任何別的動物一般，也像我這樣要食物的。蘋果中所含的水一部分，就是由牠的食物中的輕氣在牠或牠的樹內燃燒而成。換一句話，就是由輕氣和這樹所吸入的養氣化合而成。在我們的身體內，而且在任何生物體內，也有完全同樣的情形，時時刻刻在那裏發生。

指示我們的食物中所含水量的圖畫 在下面的許多圖內，每一圖的右方有一根柱子，叫做測度計，分為一百格，其中間的粗黑線，就表示這圖中的東西，所含水量的百分比的。其原理是和溫度表上的刻度，或任何儀器上的刻度一般無二。這柱子就是一件儀器，指示我們圖中的水量的。

從第一圖，我們曉得蘋果中百分之八十二是水。這種水的由來，我們已經知道了。其餘的百分之十八分，是別的種種物質，不是水，那自然是蘋果的主要成分。圖邊測度計上的黑線，告訴我們的眼，和上面的文字告訴我們的心一般。這種表示事物的方法，叫做「圖解法」，是很明白簡單的，現在牠的需用正在漸漸增大。

黃瓜幾乎全部是水的奇妙 第二圖告訴我們楊梅中只有百分之十是固體物質，百分之九十是水。第三圖告訴我們黃瓜只



(二) 蘋果的成
分有百分之
十二是
水。

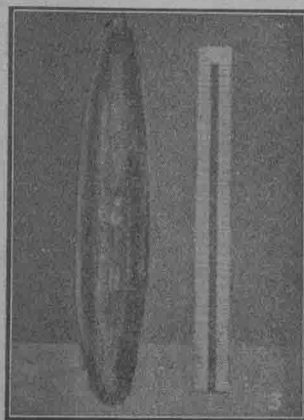
有百分之五是固體物質，而百分之九十五是水。這是很有趣味的事，因為他們給我們以一個例，表示植物曉得構造原理的奇異的道理。

假設有一個人，要想做一樣和黃瓜一般堅實，而且能夠直立的東西，但只准用百分之五的固體物質，而要使牠非特能支持牠自己的重量，還要能支持比牠重十九倍的水，那我以爲除非牠借用植物界，已由植物所早已做成的物質，決計不會成功的。總之，惟植物知道怎樣把堅固和輕巧聯結起來，黃瓜的輕而有力的結構，即其一例。

此外如蜘蛛網，蠶絲，都有同樣的妙處。

一 小點東西爲世界大建築家所驚異者 還有世界上所有研究光亮或發明各式燈光之人，恐怕沒有一個人能像螢蟲那樣的從一定量的能力中得到如許多的光亮的。再舉一例，世界上的事，恐怕沒有比製造機器還要費思想，實驗，和勞力的了。那些製造的人，往往竭盡心力，總要想使得機器所能發出來的能力，比例於其重量的最大。然而到底沒有一種機器在這點上能夠近似我的肌肉的。

所以黃瓜，蜘蛛，螢蟲，以及其他有肌肉的生物，都告訴我們在構造，耐重，光亮，和機械等幾點上，其他且不去說，

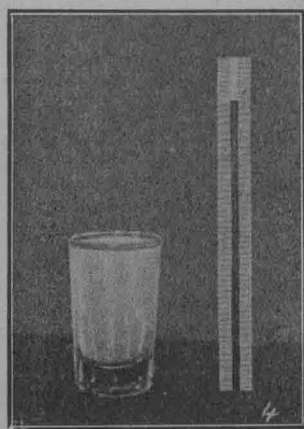


(三) 黃瓜的成
分有百分之
十五的水。



(二) 楊梅的成
分有百分之
十的水。

生命的作用常常是非常奇異，出我們的意想之外，不去細密的觀察，是不能想像的。牠對於物質和能力的定律並不反背，牠並不是從沒有中造出有來，牠並且服從所有在我們這地球的故事中所要研究的種種定律，不過牠卻能在這種定律範圍之內，運用得非常巧妙，無論怎樣智巧的人，也不能及。即就黃瓜而論，我們只須一注意牠的構造，就可以見到牠的輕巧而有力的神奇，所有的建築家和製造家所都要驚異的。第四圖和第三圖比較觀察起來是很有趣味的，這圖指示我們牛乳中百分之八十七是水，百分之十三是固體。由此可知牛乳中所含的水較黃瓜少，但黃瓜能直立而牛乳不能。在本書的另一部分，我人將要詳述牛乳這樣東西，不過目前我們暫時可以專研究怎樣物質在決定牠的為液體，或為固體，能流動，或能直立上，牠的構造是一個最重要的問題。



(四) 牛乳的成，百分之八十七是水。

怎樣一個蜘蛛的網比鋼還要堅固

假設這個問題，僅僅不過有物質內中所含的水的多少的問題，並無別的關係，則牛乳沒有玻璃杯，也要能直立，而黃瓜若在其外皮上鑽一孔，就要流滿桌上了。但要知牛乳中的固體物質，雖較多於黃瓜，而各部分卻是不相聯結的。這告訴構造的有力，是從各部分的適當聯合而得的，例如造橋，要牠堅固，不應單靠牠原料的堅固和質量，而還要靠牠的怎樣配置和接連的方法。假使我人能用沙製成繩索，那必須用比蜘蛛絲更多的質料。然而我人到底不能用沙造繩，因為牠的各部分不能結合。而他方面蜘蛛的

絲較同等重量的鋼絲，還要堅固，因為牠的各部分結合得更好的緣故。

所以力量這樣東西，就是結合起來抵抗破壞的能力，是適當分子的怎樣結合的問題，而不是各分子的性質和多少的問題。我人常說，『團結就是力量』，例如我人能把一條樹枝橫在我們膝上折斷，但不能一下把一束的樹枝折斷。不過這句俗語的精義，卻不是這樣粗淺的例所能說明的。

一樣堅固物質的真實力量的由來 一個強有力的人，能一下折斷許多樹枝，不過假設這種樹枝，並不單單是一根一根的併起來的，而是所有他們中間的質料用最好的方法排列法合起來的，那必須要許多人方始能夠折斷牠了。因為一束之樹枝，其力量不過是許多枝樹枝的力量遞加起來的。但世上真正堅固的東西，如蛛絲，黃瓜，強國，或其他，他們的力量，必定較僅僅各部分的力量相加起來的力量還要大。真實的力量，乃是各部分相配合而成。例如蛛絲的部分，是互相配合的，黃瓜中的固體的原子，也是互相配合的，男女老幼智愚的責任能力，也是互相配合的，而一個強盛幸福的國家中間，其將來有一天有比過去或現在的國家還要幸福還要賢明的國家出現，其國民也必這樣的更好的配合起來。誰能想得到黃瓜中可以求得如許多的知識呢？由此可知我人要知道大事須從小事中去求，只須我們去嘗試，倘使我們不去嘗試，就是要從大事中求得小事的知識，都是不可能的。

一塊麵包告訴我們的一個大教訓 第五圖告訴我們一袋麵粉，內含水只有百分之十二，餘剩的百分之八十八是固體，其中的大部分是宜於做我們的食品的。但我人這裏應注意的是麵粉雖則幾乎都是固體，卻不能

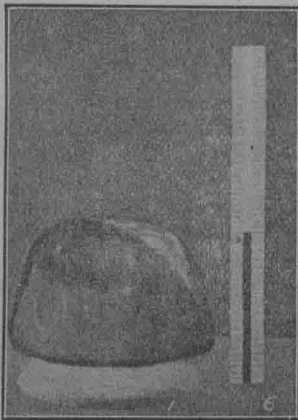
直立，而必須要一個袋去盛牠。和黃瓜相較，則黃瓜幾乎全部是水，但反能直立。其故是因為麵粉各部分，是彼此毫不連結的。

第六圖告訴我們當麵粉做成麵包的時候，有一種作用，使其各部分互相配合起來，或可以說是互相黏合起來，所以麵包雖含有比麵粉較多的水，反能直立。這便教我們和前同一的功課，就是力量是結合而成，並不單靠分子的稠密。

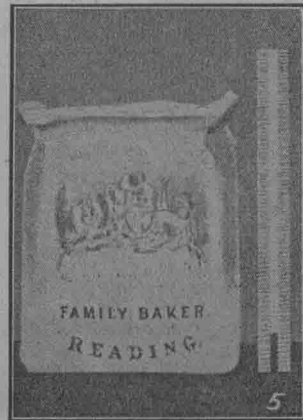
第七圖告訴我們在番薯中水恰佔含四分之三，四分之一是固體。而這一分固體，是有作食物的價值的。

第八圖告訴我們蛋中所含的水分比番薯內較少。約略說起來，一個蛋含三分之二的水和三分之一的固體。第九圖中所示的一個比目魚，則幾乎有五分之四是水了。我們在這些圖中得到一個普通的教訓，就是幾幾乎所有一切生命的產物內都含有大量的水的。但在這些圖所示的東西中，乾麵粉含水最少，而這是生命的產物之加以人工製造的，在已失去了生出這種東西來的植物中所含的大部分的水分了。

物中盡去其水的大困難 這一組插圖，雖單是論及生命的產物，但我們還必須明白曉得在無論何物中，總



(四) 麵包所含的水，較麵粉的多。



(五) 麵粉的成分，只有百分之二十是水。

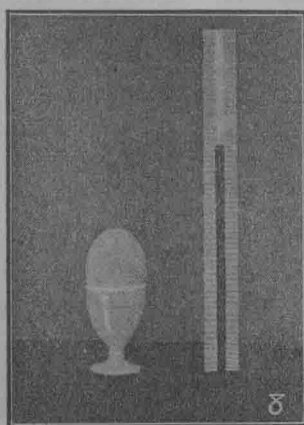
有一些水的。必須用了極巧的技術和經過極大的困難，方始能得到一些毫不含水的空氣，自然這是成爲氣體的水分。同樣我們如其要一種固體，十分乾燥，一些也不含水分，也須要有極大的困難。水是有一種性質，可以在什麼東西上附着的。我們有時爲了特別的用途，或須要用幾種完全乾燥的東西，譬如一片玻璃，或其他做試驗的時候所需用的許多東西之類。但我們要取去百分之九十九分的水，是很容易的，可是要把最後的痕跡完全取去，那可就很難了。

所以我們常常要用到某種和水特別相愛而能够自己把近旁所有的水分吸去的物質。火酒便是這些物質中之一，所以雖則火酒自己是液體而是潮溼的，卻常常用以乾燥別的東西。這就是說使取去別種東西上的最後的一些的水分。這種方法是很好的，但假如我們要一種完全沒有水分的火酒，那可就很難了。我們相信雖是化學家用了種種技巧和經了種種的困難，卻總不會得到過一種不含一些兒比例數或百分數的水的火酒。

在物質變化中水所有的大力量 我們現在須把水暫爲放下，不過我們須把一個觀念深深地印在心裏，這



(七) 一個含有百分之四的水



(八) 一個含有百分之三的水

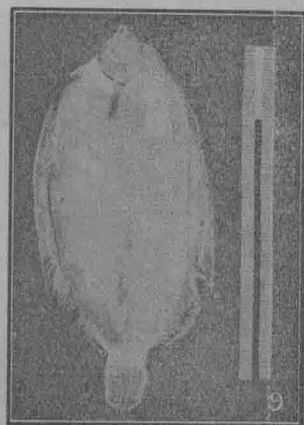
就是不論我們看得見與否，或是我們的手指覺得乾燥與否，水是在無論什麼地方都存在的。如其我們記得在世界上少有絲毫不能溶於水的東西，我們便可以確認牠的重要了。這意思就是無論極微量的這種奇怪的化合物，也能把無論什麼近牠的東西，溶解在牠的裏面，至少也能溶解一些。

普遍於全世界，水常是起變化的工具，因了牠的溶解東西的力量而改變他們的狀態。這就是從前一句老古話所久已表示的一種觀念，所謂『水滴石頭穿』便是。這一句話的意義，比我們僅僅不加思索而接受時所想像的，還要廣闊和普遍的真實得多哩。

沒有水的世界就是沒有生命的世界。一個沒有水的世界，不但就是沒有生命的世界，而且即離開生命的問題而論，也要在種種方面，和我們所知的世界全然不同。所以如其我們要在這裏說所有關於水的一切種種，我們就可以見到我們必須把所有關於地球的故事和生命的故事的已知的一切種種說明，因為水的問題幾乎和什麼東西都有關係的。不過水不是一種原質，現在卻要講到做成牠的原質，而以輕氣為始。

三種奇異的氣體

當我們考驗世界上一切的物質時，我們便知道是由約八十種物質叫做『原質』的所造成。每種原質又由



(九) 一個比目魚有五分之四的水。

微小的部分叫做『原子』的所造成。無論在地球上或行星上的任何一種原質，其所含的原子是同一的。一種原質所含的特點，與別種原質分別，全視造成牠的原子的性質而定。輕氣之所以和養氣或金有分別，因為輕氣的原子和養氣或金的原子有別的緣故。所以研究一種原質，實在就是研究牠的原子。我們須常記着一切關於輕氣的種種，都依其所造成的原子的性質而定，就是別的一切原質也都通用這種道理的。我們現在將從輕氣講起，因為輕氣的原子是最簡單的，最小的，也是在我們所知道的八十種或八十五種原子中最輕的。如其我們記着這個，我們就可以明白許多事情——譬如輕氣為什麼可用以充滿昇高的氣球的理由。

當我們在世界上的任何地方，找到一種原質的本身，而不是和其他原質所化合的，我們可名之曰『自然』。譬如養氣在空氣中是自然的，金也自然的，這並不是說，我們可以把金磅沒有代價的丟去，只是說金正如養氣一樣，可以找到牠的自身而不是化合物罷了。至於輕氣我們第一件應注意的，就是只有在很少的和很特別的情形之下，才可以在什麼地方找牠是自然的。據我們所知，牠在組成地球的物質中，約佔百分之一。但我們要尋出這些輕氣來，非分析各種化合物不可。輕氣所以不容易在自然間獨立存在，而常常和其他原質相化合的緣故，是因牠有一種和其他原質相化合的大力量；所以無論如何，牠總是和他們結合起來，不能保持獨立。

有一種原質和輕氣有驚人的吸力的，便是養氣。我們知道這種輕養二氣相吸引的結果便是水。養氣的數量是隨處很多的，而且比能夠和所有輕氣化合的量還要多許多，此所以我們不能找得獨立的輕氣，而常常找到牠和養氣化合着了。

輕和養的吸引力這樣的大，所以獨立的輕氣爲世界上最好的燃料。在燃燒的時候，這就是說在牠和養氣化合的時候，較諸別的東西可得更多的熱度和能力——不過這自然是很貴的燃料，因爲我們要從牠所化合的物質中取出獨立的輕氣是很費事的。

把水分析爲原來的成分 現在我們須要知道一二種可以取獨立輕氣的方法。天然我們必須取某種含有輕氣的化合物，還須施以必要的方法，使我們得能把它分解而取得其中的輕氣，最便宜的化合物就是水。我們將電流通過水內，如其我們做得合法，便可以使水分成兩氣，就是輕氣和養氣，各自分儲於玻璃管內。這種方法有一個特別的名詞，正如化學家對於日常所用的別的許多方法一樣。這字是很長的，但我們卻能夠很容易的解釋牠。

水是從輕養二氣所化合成的。所以這二氣形成爲水時，其步驟就名爲『化合』Composition。再如水重復分析成二氣時，這步驟就名爲『分解』De-composition。『分解』這二字是很普通的，不過藉以表明『化合』之對待名詞罷了。如其我們記着前面所說關於水的種種，和古人在極久的時期中誤解水爲一種原質的故事，那我們可以知道現在能夠把水分解成二種真正的原質，實在是化學史上最大發現之一。

輕氣是一種能上升而看不見的獨立的氣體 分析水的方法，此外還有好幾種，但我們只須記着電流通過水時，能夠把牠分解也就够了。而且此外還有極多的方法，能夠把別的含有輕氣的化合物分析，而得到其中的輕氣，但我們不必去在這種地方紛擾。我們只要記得一件簡單的事，就是無論在水中的輕氣，或是其他化合物

中的輕氣，以及我們在行星中所找出的輕氣，總是同一的。其所以同一的理由，便因為一切的輕氣是由同一的原子所造成的緣故。

我們可以把獨立的輕氣研究，牠是一種看不見的，無色的氣體，看起來和幾種看不見的氣體混合而成的空氣一樣。在所有已知的物質中，輕氣是最輕的。我們可以在水比輕氣重一萬一千一百六十倍上得到一些這種觀念。牠比空氣還輕的多，所以我們將牠放在空氣中，就會上升。我們能夠把牠從一個瓶內，向上傾入另一個瓶內，那是一個很簡單而有趣的試驗。牠沒有臭氣，如其我們把牠吸入一些，也並不要緊，不過和不呼吸一樣罷了。如果要維持生命，那非停止吸入輕氣，而吸入空氣和養氣不可。

輕氣能冰結成固體而看得見。在最近幾年內，倫敦皇家學院詹姆斯杜華 Sir James Dewar 能將尋常是氣體的輕氣做成液體。要這樣做，須得把輕氣使得極冷，再壓緊起來，化學家所謂加以高度的壓力。液體的輕氣看起來像水，正如液體的空氣一樣。如其使牠再冷些，牠就會凍結。固體的輕氣看似固體的水或冰，也像固體的空氣一樣。固體的空氣是已知的一切物質中之最冷者；換一句話說，牠有最低的溫度；牠含着最少的熱量。如果牠再略微冷一些，牠就要絕對不含一些兒熱了。現在在倫敦和來丁的地方，正有人在想法要取出餘剩在其中的一些些熱，而看絕對不含熱的物質到底是怎樣的，這在現在我們只能猜想罷了。

除了水是輕氣的化合物，輕氣在任何生物中可以找得的一個事實之外，這原質也能在任何地方，能以別的方法化合而存在於所有的生物體中。所以即使水不是生命所必須，或水中也沒有輕氣，生命還是不能沒有輕

氣。

自然，這氣體在空氣中能很容易的燃燒。燃燒這氣體的產物，沒有別的，只有水。輕氣的西文原名，其意義不過是『水的製造者』Water-maker，也有人譯為『水素』的。除了牠能和養氣化合以外，牠幾乎能夠和所有的其他原質化合；我們在後面還要講起幾種牠的化合物。

助成光和熱的養氣 養氣是組成水的第二種原質，較輕氣重十六倍，在化學上我們把H來做輕氣的記號，同樣我們就把O來做養氣的記號。牠是和輕氣一樣的無色無臭的氣體，牠在水中只能略微溶解，但這在水中溶解的一些些的養氣的微量，卻是一切水中的生物所必需的。因為生物不能去利用造成水的養氣，而只有利用溶解在水裏的極微量的養氣。

當我們將養氣加以壓力，而且使牠寒冷，則成液體，或甚至冰凍；在這種狀態之下，我們看起來正如水或冰。牠是一種活潑的原質，很容易和其他許多原質化合。當牠和別的物質化合的時候，我們就說這種植物是燒掉了，而這種作用，就叫『燃燒』Combustion。養氣和別種物質化合的時候，往往要發生熱，通常並發生光。我們身體上的熱，便是這樣產生的。

純粹的養氣在各方面的重要 有時某種物質，燃燒得很慢，我們便不覺得有什麼熱發生，但如果仔細去觀察，我們也便可以覺到有這種作用的。譬如鐵生鏽的時候，面上有一部分便燃燒或和養氣化合，那時我們如果留意考察，可以覺得這部分比其四周來得暖些。

燃燒的作用，或是把養氣加在任何東西上的作用，是這樣的重要；而反對方面，則從和養氣化合的東西中把養氣取出，也是這樣的重要。所以我們對於這兩種作用，都有特別的名詞。當任何物燃燒或和養氣化合，我們就說牠是被養化了，這種作用就叫『養化』Oxidation。反之，則養從牠所化合的物質中取出，就是把養從和牠化合的物質分開，我們就說這種物質是還原了，而這個作用就叫『還原』Reduction。

爲了許多種的用途，我們現在很需要純粹的養氣以代空氣之用。燃燒的作用，在養氣中要比空氣中快許多。這是天然的，所以我們要得到極高的熱度時，就須用純粹的養氣以代空氣。我們大概都看見過幻燈，通常所用射在幕上的光，是使一片石灰非常熱後發出來的，而使牠極熱的最後的方法，是用二管，一含輕氣，一含養氣，而使輕氣和養氣燃燒。

養化的意思是在物質上加些養氣而還原則拿去養氣。這發生一種極高的熱度，使放在那裏的石灰發出極明亮的光。此外純粹的養氣，有時也可以供病人的呼吸，以代空氣。不過這便極純潔而不含一些些雜氣的才好。而取純養最好的方法，是從液體空氣中分開來，不過這或許太費些。現在醫院中所用的純養，卻是由此法得來，而是極純潔的。至於純粹的養氣，用在別的用處時，那便無須定要這樣的純潔。那末，我們就可以用別的方法來取得好了，費用可以省些。

我們須特別記着『養化』和『還原』這二個名詞，和牠的意義。因爲我們如若不用這二個名詞，而欲在化學的任何部分上說，或寫一二分鐘，也是不可能的事。

我們既講過世界上最重要的原質水以後，也已詳述造成牠的兩種奇異的原質輕和養了。我們知道養氣是佔一種氣體的混合物，叫做空氣者的五分之一。我們在這裏便須提起另一種奇異的氣體，就是淡氣。因為在空氣中，其餘的部分幾乎全是牠，像輕氣一般，牠是無形無色無臭無味的氣體，而且牠也能由氣體而變為液體，由液體而變為固體的。牠在水中卻只能溶解一些些。

淡氣空氣中的靜的原質使最聰明的人惑亂的。雖然淡氣是非常重要的，生命沒有牠就不能生存，可是這種氣體，是非常冷靜的，不活潑的原質。牠和養氣有極大的分別，因為養氣幾乎能够把任何物質侵蝕而和牠化合。牠也和輕氣大異，因為輕氣和養氣的愛力極大，而常常和牠化合着，無論什麼地方，少有能獨立存在的，而淡氣則不能侵蝕他物質，他物質也大都不能侵蝕牠。

所以養氣和淡氣同在空氣中，卻沒有相互的作用的。當我們呼吸空氣，自然也吸入淡氣，我人身上的血液中有不少的淡氣，但牠在那裏毫無作用的。各種有生命的生物，在其身上必有淡氣，但並不是獨立的淡氣，乃是淡氣的化合物。只有很少數的生物能夠利用空氣中獨立的淡氣。

在我們生活時或樹木生活時，我們一定要用去做成我們身體的淡氣的化合物的。所以如果我們要繼續生活下去，必須取得這種化合物以補其缺。然而我們雖在空氣中生活，並呼吸很多的淡氣，到我們的血液裏，至於樹木也是生活在同樣的空氣裏，但無論是我們人或是樹木，都沒有利用空氣中的淡氣的能力。

使人夫去知覺的淡養化合物 所以我們必須從食物中得到成為化合物的淡氣。通常我們是從樹木中

或是有幾種的蔬菜，或如麥這一類草本植物中得之。但樹木和草類，據我們所知，他們自身也須依靠有幾種能够直接利用空氣中的淡氣的微小菌類，而得到淡氣的。

如其我們略經一些困難，我們也可以將淡氣和其他物質相化合，雖然我們還沒有學到怎樣製成淡氣的化合物，可以用爲食物的。我們只須提起二種我們所能製的淡氣的化合物。其中之一，是淡氣和養氣的化合物，是約在一百年前被一個英國科學家發明礦工防火燈的德斐 Davy 所發見。這種化合物名叫「笑氣」，如其我們吸入了這種化合物，竟要一時失去知覺，所以牙醫常用以麻醉病人，而取掉他的壞牙。有時人吸了牠，竟要受刺激而狂笑不止，這就是牠所以得名笑氣的理由。

阿姆尼亞也是淡氣化合物之一，我們在這裏可以提起的。牠是一種輕淡化合物的氣體。我們通常以爲阿姆尼亞是一種液體，但這是錯誤的。我們通常所謂阿姆尼亞，或阿姆尼亞水，實在是阿姆尼亞的水溶液。

輕淡養是最重要的氣體。阿姆尼亞是無色的，和輕淡養一樣。但有一點不同者，就是牠能够給我人的鼻子以一種極強烈的刺激。當我們呼吸了這氣時，我們竟全身震動，我們所謂嗅鹽的東西，實在就是能够發出阿姆尼亞來的東西；我們在昏暈的時候，可以嗅着來提起精神的。雖則水對於輕淡都不很能溶解，但卻能溶解可驚的數量的阿姆尼亞。在市場上出售的，就是這種溶解的阿姆尼亞。牠是非常有力而活潑的一種氣體，所以牠的水溶液，有洗滌東西的用途。

這三種氣體輕，養，淡，第一二種可以化合成水，後二種混合在空氣中，是世界上最重要的三種氣體。

但我們也須記着空氣還含有其他氣體，雖則他們的數量很少。牠含有一定量的炭酸，那是炭養的化合物；牠也含着一些些阿姆尼亞，其中有些常被雨水所洗掉。此外牠還含有幾種極稀少的原質，沒有什麼特別的作，而在某種理由上是很有趣味的。

最重要的原質

我們大家知道煤，大家見過金剛石和木炭，大家也用過叫得很誤謬的鉛筆。這些截然不同的東西，却是從同一種很奇妙而很重要的原質所成的。這種原質雖並不如前面已經說起過的三種氣體那樣多，但其重要却不亞於他們，因為牠能造成無數的化合物。牠又像那三種氣體，在生物體內是必要的部分。

這種原質，就叫做『炭』。牠和上述的三種氣體截然不同。牠有許多形狀，平常是一種黑色粉末，如木炭。不過有時牠也能成一堆細小的結晶體而存在，這就是做成所謂鉛筆的『鉛』了。這種名字，其實是很誤謬的，因為鉛是另一種原質，和鉛筆全無關係。炭又能成爲較大的種種形狀不同的結晶體而存在，叫做『金剛石』。

金剛石是稀少的，堅硬的，光亮的，因此很貴重。不過實在卻並不值得費了這樣許多的金錢和生命把牠從地中去掘出來。所以我們現在希望化學家在短時間內研究出怎樣製造金剛石的方法，以節省金錢和生命，而大家都需要多少是多少，只可惜貴重的東西總不能過於普通罷了。化學家確曾製成金剛石，不過是很小的。

假使你把一塊金剛石燒得很熱，同時不使牠接觸空氣，牠便膨脹而變成一塊黑塊，和木質一般。假使在空

氣內加熱，牠便燃燒，變成普通的碳酸氣。在常溫度，炭是固體，不像我們上面已經講過的幾種原質。假使加大熱，我們知道牠也能成氣體。不過牠是跳過液體這一個階級的，所以液體的炭質却沒有發見過。牠比輕氣重十二倍。在化學上，牠是用C字來代表的，所以我們現在已知道H, O, N, C, 是什麼意思了。水是H和O所成，阿姆尼亞是N和H所成，還有一種叫做『沼氣』，而為礦工所最怕的，是C和H所成。

金剛石是炭質，是為一個偉大的法國化學家拉瓦節所發見。他是屬於當法國大革命時國民所起來反對的一個階級的，他們說『共和國無需哲學家』，竟殺了他的頭。這共和國現在可覺悟了，知道尊敬他的大思想家 and 科學家了。

我們得到炭質的有趣味的方法之一，是做成木炭。這通常是把樹木燒焦所成，世界上有幾處地方把牠用作燃料。火藥內也用着牠，有時又作除去臭氣之用，因其吸收氣體的作用是很大的。

炭質無論成什麼形狀，我們總不能當牠是金屬，雖則牠是固體，又很堅硬。金剛石固然和木炭是大不相同的，但這兩種以及無論什麼別種形狀的炭，都和金、銀、鉛及其他我們所叫作金屬的原質沒有一些相像的。所以我們可以曉得，固體的原質是可以分成類的，正如所有的原質都可分類。我們認為炭質是非金屬固體原質的一個絕好的代表。現在我們無需把各種原質一一詳述。其中大多數，除了化學家以外，簡直是沒有什麼重要的。不過我們對於這種種原質，譬如一種氣體如養，一種固體如炭，和還有一種絕不相類的固體如金，却都要有一些概念，原質也有極少數是液體，最著的是水銀。

幾種主要的非金屬固體原質 在固體原質中，有些是非金屬的，我們必須舉述他們幾種，因其是很重要的。

大概這種固體原質中，炭以外，其次要算到硫黃最重要了。牠和炭一般，也是固體。這就是說，在常溫度時是

固體。我們應當曉得隨便那一種東西，都可以成固體液體或氣體而存在，隨牠所處的情形而定。這是我們所

不應當忘記的，因為我們每易於不經意的說，某某一樣東西是固體，或是液體，或是氣體，雖則我們的意思，是說牠

在通常所遇到的情形下是這樣的。即如硫黃，雖通常是固體，但很易使牠變成液體，也容易變成氣體。牠的顏

色是黃的。我們常常看見的，是黃色的粉末，和炭一樣，牠的外觀是毫不像金屬的，也不溶於水。還有，牠也能成

種種不同的形狀，正如我們所見於炭的。做鉛筆的鉛心和金剛石之不同，是由於炭所成的結晶形不同。同樣，

硫黃也能成不同的結晶體，因此外觀也不同了。這原質的特別重要處，是牠在生物體內常常存在着。牠的用

途是醫藥，製造火柴，和其他種種。牠的來源的大部分，是從西西利這類地方得來，在那裏的地面上或離地面不

深處，可以找到牠很多。

二原子養和一原子硫做成一分子氣體 炭和硫黃是都能養化的，他們的結果都成爲一種氣體。要做成

這種氣體，二原子的養，和一原子的炭結合而成一分子的氣體，硫黃也是如此。在化學上，硫黃是用S字來代表

的。所以我們現在很容易用符號表示養化或燃燒炭和硫黃所成的兩種氣體，其一是 CO_2 ，其一是 SO_2 。

這兩種養化物，是炭和硫所成的化合物中的極重要的。前者叫做碳酸氣，在空氣中略有一些，是動物呼吸

的產物，而是植物養料的一部分。那相應的硫化化合物，雖沒有碳酸氣那樣重要，但也是極重要的，牠能造成許多

含在海水中和泥土中的鹽類，爲植物所利用。

怎樣不同的原質從同一的質料用同一的方法造成。在我們未述金屬原質以前，我們必須先述一小羣的原質，因爲他們自成一類。我們至少總已知道其中兩種的名字罷。他們是弗，綠，溴，碘。前面兩種是氣體，第三種是液體，第四種是固體，不過不是金屬。溴和碘是從海草灰中取得的，而海草又是從海水中得着他們。關於這四種原質的最有趣味的事實，是他們雖則有許多方面各不相同，但沒有一個人當研究他們的時候，不想到他們有相互的關係的。實在他們確是如此。他們差不多是我們所曉得的最好的例證，使我們知道原質是可以分類的。而關於這四種原質所教給我們的功課，在近幾年內，已被認爲世界上最重要的功課之一。這功課使我們知道，雖則我們把養，碘，金，等算做原質，然而他們卻並不是絕對的相異的。假設我們細密的觀察，我們可以看出他們在根本上，非但互有關係，可合成一類一類而已，竟是用同一原理，從同一的原料造成的。

這個大發見我們要留在後面再講。現在我們所應記得，是雖則我們算他們爲原質，但他們都是互有關係的，而這種關係是很有意義的。

造成無數鹽類的原質。上面述的四種原質很奇妙的，互相關聯的叫做『造鹽原質』。他們都能造成和食鹽很相像的化合物，而能够很奇妙的依次從他們的化合物中互相驅出的。他們所能造成的鹽是幾幾乎無數的。他們的標準和模範，就是世界上最普通最重要的鹽，大家知道，而大家叫牠做鹽的，牠的學名叫做『食鹽』。像別的鹽一樣，食鹽也是化合物。牠的分子（就是牠能够存在的最小顆粒）是很簡單的，只含一原子的

造鹽原質中的綠，和一原子的一種金屬原質叫做鈉的。在化學上，鈉字用牠拉丁名的起首兩字母 Na 來代表。綠是用 Cl 來代表，我們不能再用綠的原文的第一字母 C 字來代表綠，因為這已代表了炭了。所以化學家叫食鹽做綠化鈉，而拿 NaCl 來代表，這代表的式子告訴我們牠的成分，這關於牠是最重要的。牠是世界上最普通而最重要的鹽。在海水中牠的量非常多，而有許多地方，牠是成爲我們所叫作石鹽的而存在，這是從極古的時候乾掉了的海留下來的。現在我們所用的鹽，大部分是把海水煮乾而成，這就是使水蒸發成汽而散去，溶在水內的鹽便留存下來了。生物體上都有食鹽存在，無論牠是動物或是植物。這是生活所必需的東西，是絕對不能沒有的食料。

鹽是生活上最普通的必要品之一。知道綠化鈉或食鹽在各種食物中的含量有多少，那是很重要的。牛乳中含牠頗豐富，肉類也含得頗足的，但別種食物都不如此。所以實際上我們必須加鹽於食物中。照此說來，徵收鹽稅是徵收一種爲生活所必需品的稅。我們有許多人都以爲印度徵收鹽稅，是暴虐的惡的行爲，雖則牠是一種很可靠的稅源，因爲人民不能不吃鹽。不過鹽非但爲我們以及各種生物的食料所不可缺，而且在保存別的食物如魚，牠的價值也是很大。所以凡是懂得化學上鹽，及其和人生的關係的，總傾向於主張這是政府所應徵稅的末一種東西。

從前有一個時候，所有原質分成兩大類，金屬和非金屬，現在我們分類的方法已不同了。

六種最有用的金屬和什麼是金屬。我們知道有幾種原質不十分是金屬，但又很近於金屬。我們也曉得

水銀是金屬，然而牠却甚至不是固體。不過我們仍舊值得去把好多種原質歸類起來算做金屬，其數大約有六十。在古時只有六種金屬是知道的，就是鐵，銅，錫，鉛，金，和銀。他們至今仍是最廣用的，雖則已有別的許多金屬發現了。

他們的名字已很足夠使我們得到一些什麼是金屬的概念了。通常金屬是不透明的固體，重的，而有金屬的光彩。但也有例外，如水銀是液體，而我們方才所講起的鈉，則是輕的，不是重的。

金屬的發見變動我們的歷史。當只有六種金屬為人類所知道的時候，金天然是最貴重的，所謂貴金屬。但現在我們知道還有許多金屬比金還要稀少許多，貴重許多。他們大都是用於特別用途，金和其他金屬所不能滿足這個要求的。

所以現在製鍊金屬的一門科學是非常重要的，而我們現在確信關於金屬的種種知識的歷史，如怎樣製鍊，怎樣使用等，是人類歷史的一大部分。我們現在曉得，在前有一個時候，人類完全不會得使用金屬，他們只能用石頭來做斧頭和兵器，這就叫做『石器時代』，是世界各處的人類在各個不同的時間均曾經過的。在此之後，便到了人類知道用金屬如黃銅和鐵來製造兵器的時代了。用金屬或金屬製成的器械來工作，是遠過於用石器來做的。所以怎樣從鐵礦中鍊出鐵來的這一個大發明，當牠在世界的無論那一處出現的時候，便總造成那裏人類歷史的一個新紀元。

鐵是金屬中第一最有價值的東西。雖則金屬是有些互相類似的，但他們却有多方面的不同。有的

可以打薄，有的可以延長成線，有的很堅韌不怕彎折。但在許多金屬實在最有價值的，照有價值三字的真意義講來，要算是最普通的第一發見的一種，就是鐵了。牠是一種原質，在化學上，用牠的拉丁名的首先兩字母 Fe 來代表。牠的價值之大，就因牠幫助於我們人類的大而且多。這是我們人類的運氣，牠是很普通的，雖則不常見牠獨立存在。牠是常常和養氣化合而存在的，製鍊牠的方法，就是用炭從其中把養氣取去。

人類知道用這個方法取鐵，已在紀元前數千年。這不是一種學後就要忘記的知識。因為在從前所知道的各種東西中，用牠所製成的兵器和工具是特別的重要的。世界上有幾處地方，在未發現鐵以前，曾有一時用過黃銅來做兵器和種種工具，所以有『石器時代』、『黃銅時代』、『鐵器時代』這三個時代。在此以後很久，到了我們所處的時代，可以叫作『鋼鐵時代』。鋼並不是一種另外的原質，我們可以叫牠做鐵的特殊的一種，牠所超過於鐵的，正如鐵所超過於黃銅或石的。

怎樣這奇妙的東西叫做鋼的從鐵製成。幾幾乎我們所得到的無論什麼的鐵，總是不純的，其中含有一定量的炭，和其他許多原則。假使我們把炭以外的其他原質全數驅除淨盡，再把炭質也取去其一部分而存留着適當的分量，再在那時用種種不同的冷却的情形，我們便可得到這一種奇妙的物質，就是鋼，我們也可認為鐵之含有微量的炭者。牠盡有鐵的種種好質性，而且更多。牠是更堅硬而較不脆，能磨成極鋒利的口，無論用以造橋樑，船舶，或汽車，牠都很可驚異的，極能抵抗彎折。

因為鋼是這樣的奇異，並且這樣的比鐵更為有用，所以把牠的性質說成不過是鐵之含有炭者，是極不適當

的說明。凡是現在正研究鋼的人，正在苦心焦思，要發見是什麼使得牠這樣的有用，還有到底是什麼使得牠有時成爲很不相同的性質，有的能够支持極大的彎折力，有的則彎折而使火車失事，或使橋樑斷裂。這決不是單單鐵中含炭與否的問題，乃是當牠冷卻而凝固時怎樣結晶的問題。

我們都承認食鹽、雪、和有幾種藥物是結晶。但很少有人會想到所有的金屬都是結晶所成。然而事實都是這樣的。這種結晶天然是很小的，而且很堅固的很優美的互相配合起來的，但總之，一塊金塊和一條鐵條，是一個雪球或一塊冰塊一樣的從結晶所成的。

造成鐵和鋼的力量可驚的小結晶體，使鐵成爲這樣有用的，是牠的結晶組織，而使鋼成爲這樣奇妙，也是這含炭的鐵的特別結晶組織。在現在每天幾百萬用鋼的事件中要斷定那一種要發生不測與否，全是牠的結晶組織怎樣的問題。假使我們用顯微鏡來觀察（鋼這是近來才用以研究金屬的），我們可以知道靠得住的鋼和靠不住的鋼的分別。靠得住的鋼，牠的結晶是很優美的有規則的相配合排列的，四面都互相密合，也沒有一處地方有游離的炭夾在結晶的空隙中間的。這種研究，現在全世界各處都在進行，而美國尤甚。上面所述，已足夠告訴我們這種研究了。

金和銀也是極優美而自有牠的用途的金屬，但假設一旦世界上金銀絕跡，我們也可以沒有他們過日子。這就是說，他們沒有真正的用途，至少他們的用途也是很小的。

爲什麼金銀稱爲貴金屬，爲某種特殊的目的，我們有時要用極薄的東西，這就是金的真實用途之一了。

因為牠能打成比無論什麼東西還要薄的金箔。我們說牠是有展性的，就是可打薄的。

金銀之稱爲貴金屬，並非單爲了他們之稀少而美麗，而更多在他們之不會生鏽。大都數的金屬，放在空氣中，是要生鏽或養化的。而尤其是空氣中有溼氣的時候，這鏽的進行更快。譬如鋼，大家知道是很容易鏽的。在小刀上，大家想必總已得到過這種經驗。

金和銀却是不鏽的。他們可以暴露在空氣中，不被養化。我們固然知道銀是要變黑的，但這是空氣中硫黃的作用。至於鏽，他們都是不鏽的。這就是金銀同稱爲貴金屬的原因之一。還有一個原因，是他們的不易熔。可以熔金的幾幾乎惟一的東西，是二種極強烈的酸的混合劑，一種是硝酸，一種是鹽酸。這兩種酸的任何一種，都能單獨侵蝕大多數的別種金屬，但都不能單獨侵蝕金，必須要混合起才能侵蝕。所以這兩種酸的混合劑叫做『王水』，因爲牠能侵蝕，稱爲王金屬或貴金屬的金。

爲什麼火叉的一端放在火裏時那端也會燙的。金銀雖不受空氣和其他物質侵蝕，但是很軟的，所以把牠們用作貨幣的時候，必須混入別種金屬，否則不久就要磨損。

我們已知道金是不能用普通方法養化的。就是用特別的方法，也不能使牠養化。不過銀如果燒得十分熱，再放在高壓的空氣中的時候，是會被養化的。

金屬的普通性質之一，是善於傳熱。譬如火叉的一端放在火裏，他端也會燙將起來，就因鐵也是熱的良導體。因此金屬是最不適於做衣料，將金屬做成的衣服，將要愈穿愈冷，因爲牠能够把我們身上的熱很快的傳去。

金屬又是電的良導體。至於到底是這麼東西使得金屬善於傳熱及電，至今沒有人能夠說明。但我們所應記得的，是通常最善於傳熱的東西，也就是最善於傳電的東西。將來我們大概能夠知道有一種同一的道理（也許是原子排列的方法）可以說明傳熱和傳電的作用。

電這一種東西，關於牠我們以後還要講，是現在有很大的用途的。牠使發動力從產生的地方傳到需用的地方的最好方法。一地燒煤或用水力，由牠可使各地都得到發動力。

爲什麼全世界都用銅來傳電。因爲電的用途這樣大，所以我們一年一年的更加需要善於傳電的東西，使電在牠的中間通過，好像水通過水管一般。這就是現在我們所以需用金屬的一大理由。傳電最易的金屬有三，是金，銀，和銅。而銅是最便宜，所以全世界都用牠來傳電。像金銀一般，銅也能找到獨立存在的，我們所需要的，就是這獨立的銅。不過牠必須要非常純粹，因爲只須有一些兒雜質夾在牠的中間，牠的傳電力便要遠遜。所以用以傳電的銅，必須特別製鍊過。其法是用電流把溶在水裏的銅的化合物分解，像用電流把水分解一般。銅的好處，在牠和金銀一般，在常溫度時是不會鏽的。

奇妙的水銀唯一的液體金屬。這裏我們要把水銀略述一下。牠是應當和銅，金，銀，聯想起來的，因牠和這三種原質合成一族，互相關聯而也互相近似的。不過牠有一點特別，就是牠是液體，金屬中就只有牠是液體。在自然界，牠和別三種原質一般，有少量獨立存在。又像其他三種，也是電的良導體。牠是極有用的，不但因牠善於傳電，還因牠可以鋪在玻璃上面做成鏡子。水銀雖有這個名字，其實完全不是銀，而是絕然另一種原質。

當牠受了熱，牠能很均勻的膨脹，因此可用以製造測溫度的寒暑表。依了差不多的道理，牠又可用以製造氣壓計，爲測空氣壓力之用。

水銀還有一點不同於他三種金屬，就是牠在醫藥上的價值。對於有幾種疾病，有的是輕的，有的是極利害的，牠不但是最好的藥品，簡直是唯一的特效藥。我曾經說過，牠每年所救活的人數，差不多和因渴求金銀而毀壞的人數一樣多，這固然不免過甚其詞。但無論如何，若我在這一族四種原質只許有一種，我必定選擇水銀，若許有兩種，就選擇水銀和銅。

一族奇妙的氣體和他們所教給我們的。現在我們不用再說其他金屬原質了，雖則在後面還要說起一些他們的化合物。也不用再說什麼非金屬的固體原質，如磷神之類。現在讓我們轉到幾種很奇妙的原質，我們人類經很久的時間所一直沒有知道的。他們將使我們知道怎樣各種原質都互有關聯，而是出於同一的根源。第一要說的，是有一族極奇妙的氣體，在空氣中以極少量而存在。這就在近幾年內才發見，雖則那時以前，人人還以爲空氣的成分是已經完全確知的。這種氣體的本身並不重要，他們在我們生活上並無直接關係。他們的爲量甚微，他們在空氣中或無論什麼地方都沒有作用。但他們所給與我們的教訓，和他們與別種原質的關係，都是異常重要的。他們的第一種是氫，發現於一八一五年前。此後我們又發見這所謂氫的，其中大部分固然是氫，但還有少量的別四種原質，現在叫作氮，氧，氫，氫。氮這一種原質，是早已知道在太陽上和有些極稀有的礦物內存在，但從未想到在空氣中也有牠。

五種遺失過的原質補足我們知識的缺漏。如上面講過的四種金屬原質成爲一族一般，這五種原質也確然成爲一族。他們有一定的公性，表示他們相互間的關係而和別族原質區別。更有進者，當他們未發見以前很久的時候，所有已知的原質曾列爲一表，表示某一族間的各原質有相互的關係，而各族又互有關係。可是在這表內，却有一個很可疑的缺漏，有一族是照理應當有的，而那時事實上却似乎沒有。這五種原質就是從前所遺失而找不到的，現在已很適合的配在這表上所缺漏的地方了。所以即使別的毫無足述，他們的發明，在學術史上已是一件大事，何況他們所足述的還不止此，因爲我們現在才發見他們的來源。其中第一種氦，在所有原質中，除了一種以外是最輕的。而我們知道牠是從一種最重的原質分解所成的。就在近年，我們又知道這族中的別的原質，也是同樣成功的。所以現在我們毫無疑慮的確信，不但我們所謂原質之間有相互的關係，簡直是可以逐一轉變的。

怎樣說原質改變我們的宇宙觀 現在讓我們暫時拋下了這一族原質，轉到一種極重的原質。這一種原質和那一族的任何一種都是絕不相同的，雖則，實在是他們的母親。在前我們已略爲講過一些關於奇妙的原質銹了，因爲我們近來知道牠是熱的發生者，分配於地殼的全部而使地球溫暖的。所以關於無論那一種原質，沒有可以說得再重要的了。因爲地球的溫暖是生物所必需，而這溫暖的久暫，可以決定地球上生命的久暫。

此外銹在思想界也實在有同樣的重要。牠不但給我們以熱，並且給我們以新真理，其最要的是我們現在當把原質看作不同種類的動植物一般，並不是在最初的時期，就是現在這個樣子而互相異樣的。我們現在已

毫無疑慮的知道銨的本身也是由其他一種原質叫做鈾的的原子分解而成的。

世界可以從原子的分解上學到些什麼東西 銨雖也從鈾的原子分解而來，但銨自己的原子的分解的過程，比鈾和我們所曉得的無論其他任何原質都還要顯明。那就是這種原子的分解，使銨有這樣驚奇的性質，如發生熱和電，以及各種以太的波動，很像我們所叫做光的波動的。

第一使我們對於銨驚異和注意的，是牠的發生熱和電，愛克司光線，及其他種種光線。但現在我們知道這些都不過是屬於一種存在銨內的根本原因的偶然結果罷了。這根本原因，就是銨的原子，會分解成較小的原子，其中有些已為我們所認識了。不過銨卻實在原質，並非化合物，因為所有造成牠的原子實在是一種類的。我們第一須先知知道銨原子所生出來的原子是什麼，然後再設法去了解這個發見的可驚的意義，而這個發見，可算是人類知識的破天荒的大發見。

原質的製成

我們已經知道，至少有幾種原質的歷史，我們是可以追求的。我們確實可以親眼看見他們中的幾種的造成，譬如小原子的原質，從別的原質的大原子分解而成。我們現在很確知氮，氫，氟，和銨，是從別的原質造成，前三者是由銨變成，而銨又是從鈾變成。

既然知道了這些，我們很有理由可以猜想到別的原質也一定是這樣造成的。那些專門竭力研究從天體

上發來的光的天文學家，使我們確信他們有證據足以證明同樣的東西，也在我們這世界以外的別的世界上存在。除了這個肯定得如煤能夠燒這一種事實一樣確定的證據以外，我們還有一個俄國化學家，在多年前的工作，指示我們原子是可以依一種定律分成族類的，而這種定律只是一個意思，就是原子是互相密切的關聯的。

所以我們現在不得不承認一些事情，這起初也許很使我們迷惑，而確曾迷惑過許多人的。我們早已講過原質和化合的分別了，水是最好的化合物的例，而做成水的養和輕是最好的原質的例。我們也早已說過原質是由一種原子所成，而化合物是幾種不同的原子合併而成。

這些都是確實的，毫無疑義的。然而我們現在卻知道更進一步的真理，就是原質所由成的原子，也並不是最簡單的，而是更簡單的物質所成。原子二字，本是不能再分的意思。這本是極古的名詞，在紀元前數百年早已有了的，直到大約一世紀以前，法國化學家約翰從他研究水所由成的道理中，給這二字以新的重要，並且指示我們那希臘人曾經夢想或猜測過的原子一物，確是存在的。現在沒有人再疑心這個了。不過從起直到現在，大家都以為原子一物，就和原子二字所表的意義相同，是不可再分的。

這個的意思，自然就是原子所成的原質，確是原質，因為假設原子能分，譬如說分為二分，那麼，原質豈不是變成了一種化合物了麼？不久以前，還有許多大化學家，十分確定的以為原子是最簡單而不能再分析的，他們對於原子的見解，都是十分確定而且過於肯定的。他們告訴我們無論何處的無論什麼東西，都是由八十幾種不同的原子所成，這種原子，就是造成地球的永遠的基礎，不能造的，也不能毀的，自從造物親手造成以來存在着從

未破壞或傷損的，而以後也將永遠這樣存在而不變。

世界上所有東西的製造和保存者 這個見解，正和我們通常把種種不同種類的動植物認為是由造物就這樣造成的一般，把造物當作一個大製造家或大鐘錶匠，而不知道牠是世界上所有種種生命和活動的變化所應歸功，不但從前已經如此，而現在還正在如此的。造物並非一天把世界造成了就罷手的，牠是永遠在製造，變化，而且保存這世界的。使銑變成氦或氫也是牠的力量。

當你好好的把這種奇妙的問題思索一番之後，你將要知道下述的對於造物和其事業的觀念，就是牠永遠在工作的觀念，是比了把牠看作一天造成了世界如同人造一只錶的樣子，而從此就歇手坐在雲端裏閒望着，更使牠偉大而有價值。假設牠不是隨時隨地存在，牠便是不存立，但牠確是隨地存在的。或者要說這種問題和現在地球的故事沒有關係。但要知我們研究地球所得的知識中最有價值的，就是使我們在日常生活上更增高和推廣我們對於造物的觀念。

一原子和他原子的真區別 現在讓我們更細密的觀察原子。我們現在可以很確定的說，原子其實自己就是化合物。不過卻有一個問題，就是他們是從什麼做成的呢？譬如說，養氣的原子是不是從養原子所特有，而和做成金原子或輕原子的部分相異的部分做成的呢？假設牠是如此，那麼，雖則我們已知道做成原子的部分，我們仍不得不承認所有世上的物質，是有八十幾種東西所成，我們所謂輕原子，是由更小的輕所特有的顆粒所成，而這種顆粒，和做成他種原子的顆粒是絕異的，而做成其他原質的原子的顆粒，也是各原質所特有而互相

絕異的。但事實並不如此，而適相反對，就是做成某一種原子的部分，是和做成任何別種原子的部分完全相同，只在他們數目的多寡和在各種原子間排列方法的不同，造成各種原子的異點。

假設我們起首先觀察我們所最有研究的大原子，特別是銦原子，我們可以見到他們可以依了我們所還未知道的原因而分裂，分成較小的原子，而產出別一種原質來。

我們怎樣發見做成原子的東西 我們現在已把一種原子和別種原子間的關係講過了，但我們卻未說出到底原子是什麼做成的。不過我們知道當銦原子分裂的時候，牠能夠產生一些別的東西，而就是這一些別的東西，在最近十二年中，吸引人家的注意和興趣，比了宇宙間任何東西都要利害。

這種東西，其數是無限的，並不是單單在銦內存在，在銦內只是最容易發出，所以易於觀察研究罷了。

我們現在知道隨時隨地我們若用適當的方法去尋求他們，我們必然可以找得他們，不但在銦內，無論什麼原子都能產生。我們上面所已經講過的一大類的金屬，產生他們很多。在有幾種原質內，他們是容易看出些，而在他幾種原質內則否。但隨時間的進行，我們一天一天的更確信無論何處的任何物質，都能產生這種東西，只是快慢的程度不同罷了。所以我們現在可以進一步說，所有種種物質，都是由他們所成，至少也可說大部分是由他們所成。不過三十年以前，我們若問原子是什麼所成的，那是極不通的問題，要想去回答，便更無道理了。但現在我們卻可以很正當的問這個問題，而且正進行着去回答牠。

我們早已知道原子並不是永久的，而像世上任何物質一般，是變化的。就在這個變化中我們加以觀察，我

們得知原子所由成的東西。不論是銑，或是一種金屬，或是一種氣體，我們都發現當他們變化的時候，都能發出一種一定的東西，全是一般的，而且不論從什麼原子產生，也是一般的。這種東西，並不是全個原子都由他們造成，不過是最重要的部分，所以我們須不厭求詳的知道他們。

不要使含混的名詞誤了我們 但如果我們要懂得他們，我們必須注意一兩個名詞，因為我們現在所用的名詞，多數是有含混的意義的。在下面我們要講到熱。那時我們將要知道這一個熱字，是有兩種很不同的意義的，不過只有最銳敏的研究者才覺得這名詞的蒙蔽他們罷了。坐在火爐旁，我們覺得暖，這因為火能送出一種波動，和光波一樣的波動，不過是不可見而卻能由皮膚感覺的。這是熱的波動，或叫『輻射熱』。他們和光一些沒有什麼兩樣，同是以太中的波動。但是如果我們拿起一樣熱的東西，譬如在日光下曬熱的石頭，我們也說牠裏面有熱。牠使我們的手指覺暖，而這種熱是由於輻射熱射上去而來的。

雖則石上的熱，和太陽光的熱，對於我們的感覺是一樣的，但二者絕非一物。石上的熱是做成石的原子的一種來往不停的運動所生。只因現在還很少有人注意到這點，而且二者所給與我們的影響又是一樣，所以我們就用同一的字『熱』來代表完全不同的二事，一是以太中的波動，一是原子的來回運動。

做成原子的東西是一種電 我們所以要引用上述的例，是因為牠是一個人人知道的顯著的例，正和別一個通用的字電字的用法是完全一樣的，而我們現在正要研究由原子分裂而成和做成原子的東西，就是一種電。我們如果不好好的把電字的意義弄清楚了，我們將要非常感亂。這個字是久已在科學上成爲最重要的字，

而在近十年內尤其比以前重要萬倍。如果我們錯用了牠，或者不明白牠的真義，我們就要做出無數的錯誤了。多時以前，有人發見如果把一塊松香摩擦，牠便能吸引輕物體，這吸引力我們就叫作『電』。在前很久的時候，這不過是一種好奇的事，後來方才處處能夠得到電，現在大家多少都已熟悉電流了。流的意思是流動，而這種電就是一種流動的東西。松香吸引輕物體，這一種現象，是有一種東西在松香和輕物體之間的空氣內流動。而當我們用電流來亮電燈時，則是一種東西在電線內流動的。在送電報時，這種東西，能在更長的線上流得還要速。

我們打電報時通過極廣的空間的東西到底是什麼。近來我們知道電線是不必要的，那種流動的東西，不管牠是什麼，也能流過空間的，完全可以不用線。現在每天有電流從美國送到歐洲，或從歐洲送到美國，但這流動的東西到底是什麼呢？

這又是和光極端相像的，是一種以太的波動。在無線電報，牠並非為空氣所傳播，而是為無處不在的以太所傳播，雖則這以太是我們所不能見的。牠的波浪，是比看得見的光浪長，正如鋼琴上低音所成的波浪較高音的波浪長一般。不過長短雖不同，電的波浪是和光的波浪完全同種類的，他們同在一種以太內運動，以絕對同一速率進行，而且種種方面受同樣定律的支配。

我們所稱為電的二種波動。我們總以為電的波動和光的波動一定是大不相同的，因為一種是看得見，而一種是看不見的。但這不過是為我們眼睛的限度所限罷了，和我們看不出輻射熱的線同一道理。實在電的

波動，熱的波動，光的波動，根本上是同一的，正如鋼琴上的高低二音儘可差異很大，而其爲音則一。我們能夠覺得他們，因爲我們有一種感官，就是我們的耳朵，能告訴我們以這兩個音。

我們曾經知道熱這一個字，可以作兩種不同的用途，一方面用作輻射熱或熱波浪，一方面又可用作一種物質間原子的來回運動的特殊狀態，這二者在我們皮膚的感覺上所生的影響是完全相同的。現在我們要說電一個字，目下也有二個不同的用途。這是使人非常迷惑，而引入許多錯誤的。這是沒法想的，而我們所不得不很可憐的忍受的。在將來這或不至如此使人迷惑，但在現在，因爲大家太不留意，於字的意義，所以我們不得不竭力把牠弄明白。現在讓我們記着，電和熱一般，是表示兩種絕然不同的東西的。下面我們就要知道這事的重要了。

從原子內出來的奇妙的東西電子 從原子分裂出來的和做成原子的東西，叫做「電子」或「電的原子」。

這電的原子一切名詞，也許將來要通用的，我以爲是名詞容易混亂的最好例證了。我們只須略想一分鐘看。無線電報的電是電的波浪，要知波浪不是一種物質，卻是一種物質所生的現象。海中的波浪並非是做成海的物質，而是海的現象。我們若講一個原子，說牠是什麼波浪的原子，那是很不通的，光的原子是沒有人能夠說的。而在別一方面，數百年來我們曾用原子二字來代表做成原質的單位，而現在我們又要用這同一的字來表明原子內部的另一種東西，那也是不甚好的。

所以我們要曉得一個字往往可以用作兩個意義。我們固然不妨叫電子作電的原子，但我們的意思，是說

他們是一種小粒子，決不有一些兒和橫過大西洋的電波相似的，如同石頭內的熱不和輻射熱相同一般。不過假設我們在所知不如現在，而還沒有把原子二字用作別的東西的名字的時候，那麼，把這二字用作這樣東西，理由是要充足沒有的了。因為原子的意義，就是不可分的東西，而從前化學家以為養原子或輕原子是合於這個條件的。

做成世界的物質的最簡單形式 現在我們已曉得原子并非不可分，而這種新的原子，叫作『電子』而造成我們這樣長久時期內所稱作原子的，才真配用這個名字。他們是合格的叫作原子的，因為他們真是最簡單的，不可分的，沒有不同種的部分在他們的裏邊的，而實在能夠滿足原子這字所表的意義。

現在且讓我們觀察觀察他們的性質。同時讓我們設法記得我們現在終於已在研究地球和天體所由成的物質的最簡單的形式了。不管牠到底是什麼，總之，是有電子這樣東西的，在我們面前的書頁內，在我們呼吸的空氣中，在太陽內，以及星內，他們才是真的單位，真的物質的原子，使得我們了解戴尼生的一句話，說宇宙間應當有一種原質，而各種我們一向所稱為原質，都是由牠所成。

原子內的世界

我們已經知道一些關於在原子內流動的電的小粒叫做電子的了。現在讓我們把他們的大小思索一二分鐘看。他們是非常之小，所以須用了比較的方法，方才得到一些關於他們的大小的約略觀念。現在且讓

我們先把原子的大小得到一些觀念看。那天天才克爾文，他是牛頓以後第一個研究這類學問的著名學者，會費了不少的時間和精力，在這個問題上面。他的意見差不多是這樣說：一滴的水是由無數水分子所成，每個水分子含有三個原子。

自然養氣的原子要比輕氣的原子大，但在現在這個問題上，我們可以去管牠。現在且讓我們把一滴水放大，當作牠有地球的大小看。

那麼，做成牠的原子，大小大概是在一粒子彈和一個網球之間。再讓我們在反對方向着想，這或者可以幫助我們，使更容易了解一些。讓我們想像這個周圍二萬五千英里地球，算牠是由一大堆石彈所成，再設想這個地球縮小起來，縮成一滴水的大小，那麼，我們想像想像看，這些石彈將小到怎樣呢？而這就大概和真的一滴水內的原子的大小是差不多的。

當做這個計算的時候——這並非是單從猜想得來的道理，却是根據於許多的事情，如肥皂泡變薄時顏色的改變之類——牠以為原子是最簡單最小的東西了。但我們現在，却要把原子看作就由更小的東西做成。不過有一個問題，就是這種東西，到底比原子小多少呢？讓我們設想一個平均大小的原子放大到像一個大禮拜堂的大小。那麼，假使照舊觀念說起來，那一定是一整塊很大的單一的堅實的晶體，棱角分明，毫無磨損，不再由較小部分所成，而也不可再分的。

但照新觀念說來，那原子是正像一間大屋的樣子，中間有很多的空隙。而且還包含種種構成牠的東西。

而這種東西，是在牠的中間流動，大概是一種圍繞的運動，很有規律的，如同行星在太陽系內轉動的樣子。而這種東西，就是所謂電子的，其大小，大概不過像這頁書上的一點句點，假如一個原子是放大成爲一間大屋的大小。如果我們把這樣的一點和一間大屋比起來，那真是小而又小的了。而實在這比作大屋的原子，假設把一滴水放大成地球大小，牠只如一粒石彈那麼大罷了。

請看這頁書上的一點句點，想想牠是什麼東西。上述的是最好的方法，使我們對於電子的大小有一些兒觀念的。這裏我們還要注意一點，就是在種種證據的證明之下，這大小是一定不變，萬有相通的，所有電子都是一樣的，不管牠是從何種原子來的，也不發這種原子是在地球上的，或在太陽上的，或在無論什麼地方的。

上述的觀念，雖所講到的東西是非常之小，然這觀念却非常之大，使我們幾幾乎不能相信。現在讓我們注意上一句子末了的一點，再用我們心裏的眼睛去探究牠到底是什麼所成？牠是一個小的圓的黑墨水的點子。這黑墨水是由種種物質做成的，有的使牠膠黏，有的使牠黑。總之，我們可說牠是一種鐵鹽的溶液，關於鐵這一樣奇妙的金屬，我們是上面已經講過了些的。鐵鹽的一種特性，就是他們都是富於色料的。在我們所謂句點的一滴墨水裏邊，這種鹽的分量天然不會多的，然而已經有好幾萬萬的原子在內了，有的是鐵的，有的是做成這種鹽的別的成分的，還有些是墨水內的其他物質的。

一點句點中間所包含的部分比了地球上的人口還要多。假使我們在這一點之內再加入許多原子，其數目和地球上的人口——約有七八萬萬——一樣多，然在我們眼中，並不見得大些，其小可想。豈知這種這樣小

的原子，當牠和牠的內部的東西比起來，便是一個很寬暢的地位是使他們在內面有流動的餘地的了。而這種東西，就是所謂電子的，比起原子來，就像一點句點比了一間大屋了。

這種表示電子的大小的方法，其重要是出乎我們意想之外的。牠不單是給我們以一些關於電子的大小的觀念。牠的功效是遠過於此。我們用了這種描寫，使我們對於原子的實在構造上可以得到一些觀念。

我們已說過，如果一個原子當作一間大屋，那些電子便在其間流動，如同地球和別的行星在太陽系內運動一般。現在有幾位大思想家已使我們確信這不是一種幻想。他們鄭重的叫我們去想想一個原子，當牠是一個太陽系的樣子。

這太陽系，我們知道是很空曠的，這就是說，雖其間有幾個行星，然而空的地方還很多。就是當地球和牠的最近的近鄰火星最相近的時候，其間的距離還是好幾千萬英里，換一句話說，就是比起太陽系的全大小來，各行星是很小的，所以其間有極多的空隙了。

原子內永遠不停的奇妙的運動 同樣，原子內的電子，也是如此的。雖則原子自己已是很小了，然電子還要小許多，所以比起他們自己的大小來，他們環繞着運動時，他們的中間有極大的空隙，如同行星在太陽系內環繞着運動時，其間也有極廣的餘地了。

有許多的理由，使我們相信電子確是在原子內運動的。我們固然不敢說他們是照正圓形或橢圓形而運動，如行星之於太陽系，然我們確能知道他們是在動的，而且照了一種一定的規律和統系而動的。我們很確定，

像我們可以說太陽系一般，我們現在也可以說原子系，每一個原子便是一個原子系。設使我們能夠記得幾千年來，大家都以為物質是粗陋的，無感覺的，死的，惰的，消極的，不活動的，我們便可以覺得這個發現的重要了。我們現在方知道做成物質的原子，前人所認為死的不活動的，却是一種無休的奇妙的活動力的可驚的活劇，其奇妙毫不亞於太陽系，因為奇妙與否是不因大小而定的。

現在要講到底是什麼東西把太陽系聚集起來使成一系的呢？這我們大家知道是太陽的吸力。這系統有一個中心，由牠控制而維持秩序的。假如一旦太陽消滅，那麼，這些行星便不照圓的軌道走了，都要一直線的飛出去，而這系統也就無所謂系統了。就是太陽單單失去了吸引力，這些行星也要飛出去的，而太陽系也便完結了。

現在再讓我們講到原子這一方面。原子內的電子是用了極大的速率和勢力運動的。他們都是一個種類的，其最可注意的事實，是他們的趨勢是非互相吸引的，而是互相拒斥的。

維持電子不使從原子內飛出去的東西。每一個電子是傾向於推開別個電子，而同時也被別個電子所推開的。然而雖則他們有互相推開而分離的趨勢，一個原子內却仍還有無數的這種小體存在。加以他們又是在運動的，而通常運動的東西，總有向一直線的趨勢的。但在一定的時間內，他們大多留在一個原子系裏邊，如地球留在太陽系裏邊一樣。我們知道阻止地球從太陽系飛出去的，是太陽的中心吸心。那麼，我們天然要推論到如果原子系內沒有一個中心勢心，阻止電子的飛開，使他們雖則互相有推開的傾向，而其力足以維持他們

聚在一處，那原子的存在豈不是要不可能了嗎？這裏我們必須要講到一些新的事情，而不得不用二個新的名詞了。雖則我們不能說我們已完全了解我的所講的東西，但我們要說電是有二個種類的。這裏我們完全不講電的波浪。那是絕然不同的東西，將來我們知道得更多的時候，我們當另給牠一個特別名詞。至於這兩個種類的電是相反的。爲便利起見，我們把一種叫作『陽電』，一種叫作『陰電』。

一原子內的二種電 至於他們所以要區分爲兩類，和他們所以要這樣稱呼的理由，是由於他們相互間的關係。陽電和陰電是互相吸引的，而兩陽電或兩陰電都是互相拒斥的。我們曾經講過的電子，就是那種很小的奇妙的東西，在原子內流動如同行星在太陽系內轉動一樣的東西，是屬於陰電這一類的。他們有時也叫作『陰電子』。因是同種類的電是互相拒斥的，所以當我們知道在原子內聚集着存在的電的小顆粒都是陰電，我們便可以確定，這原子內一定有些陽電在內把他們吸緊起來。而事實確是如此。

我們須把一個原子當作一個中心，有一個陽電所成的太陽，爲維持這原子使不散的線，而在牠的周圍的勢力範圍之內，有許多的陰電所成的電子，圍繞着牠不絕的運動，而受控制於那陽電所成的中心的。

一個電子在一分鐘內可環行世界一周 這就是原子所由成的系統了。而原子和太陽系的相似，不但是美妙有趣味，並且大家公認以爲這是我們所能想到的觀察原子的方法中最有益而可以爲訓的方法。

我們自然應當問我們自己，到底我們講起過的陰陽電是什麼東西？這是現在屬於這一技的科學的種種問題的問題。

關於陽電，我們現在幾幾乎一些不知。但對於陰電，我們却曾用了種種方法，在近八年內，學到了不少。我們知道電子能以每秒鐘三萬英里的速率從原子內動出來，這就是說牠是動得非常之快，所以一分鐘內，牠可以環繞世界一周。我們還知道他們是帶電的，所以能使在牠近旁的空氣成爲特別的感電的狀態。我們還可以稱他們的重量，和研究他們互相拒斥的力。

我們現在還正在起始得到些知識，關於各種不同的原子的電子存在的數目，譬如小原子如輕，裏面的電子比較的少，而大原子如銨，則有非常之多。我們現在且不去引述他人所主張的電子的精密數目，只須說一句他們在輕原子內大約有幾百，而在銨或水銀這類的原子內，則有數萬也已夠了。不過這在現在還是一個正在竭力進行的問題，我們還是且不要說得確實爲妙。

我們開始找得關於地球的知識的道路。電子的研究，足以幫助我們了解爲什麼有幾種原子存在，而別種則否，爲什麼原質只有八十餘種而不是八萬餘種，爲什麼原質可以分成族類，爲什麼碘和弗各方面都很相像，雖然他們和別的原質很相異，和諸如此類的問題，那是很有趣味的。

三十年以前，除了有如此幾種原質，各有這樣這樣的性質而外，是沒有可說的了。沒有人能夠說爲什麼應當只有這種原質而沒有其他原質，也不能說爲什麼養有養的性質，金有金的性質。這些都是大問題，假使我們要完完全全的知道地球的故事，我們是應當能夠回答的，而現在關於物質本性的新發見正在起始回答這個問題了。三十年前，我們以爲我們尋到了原子，我們的工作是終結了。現在我們知道我們尋到了原子，我們的工作

作正才開始。在我們離開這部分的故事以前，須要懂得大小不過是一種說法，實際上並沒有什麼重大的意義的。比我們大的東西，我們叫作大，小的便叫作小。或者我們容易看得見而沒有困難的，我們叫作大。而肉眼所不能見的便叫作小。

大世界和小世界及世界內的世界 但這是把我們的眼睛來量度所有的東西，實在我們沒有這個權利。實際上世界內還有世界。

我們看見在我們的四周，有我們所熟識的世界。我們想地球是這世界的中心，而天空中的任何東西，都是圍繞着牠而行。然而實在除了月之外，簡直沒有東西繞牠而行的。而我的世界，實在只是以太陽做中心的一個系統的一部分罷了。那麼，這個太陽系便是我們這世界以外的別一世界。然而這太陽系，却還不過是星的世界的一部分罷了。

或者不朝外看，却朝裏看。我們會發見了一樣器具叫做顯微鏡，而曾經看到小生命的世界，是以前沒有人能夢想到的，然確是活現的真實的奇妙的，和我們個個人所知道的世界一般無二。而藉了化學的幫助，我們可以鑽到更小而一樣奇妙的世界中去。我們任意取起一樣生物體，或一滴水，或一塊石，或一粒微塵，他們都是由原子所成，而我們以為這原子當是最小的世界了。

我們對於原子比了對於星所知較少 然而每個原子，却有牠自己的世界。我們現在對於我們叫作原子的系統，或世界的奇蹟，譬如牠的均衡，歷史，和構造等，比了對於我們所叫太陽系的這一個世界，所知還較少。我

們認爲在電中，我們已找得了做成各種物質的最基本的第一原料。但電這一物，說不定還是一個更深一層的世界，以太的世界之一部，也未可知。

有些人還以爲科學愈把自然分析，物的奇妙和美麗愈要毀損，所見何其短淺呢！

化合物的造成

我們現在對於最緊要的原質，已經把所有必須說的說過了。但『化學』這一個名詞，實在是化合的意思，其主要點是在論各種原質的相互的作用。如其物質相遇而沒有作用，那末這世界將永久不變，而且也將沒有生命了。所以化合物的造成與毀滅，實在是物質研究上的更重要的部分。

化合物是什麼，我們已經知道了。我們也不會把牠認爲僅僅一種混合。有時化學家把兩種原質混合，但他們僅僅不過是混合着，而沒有別的作用發生。而最重要的，則是把他們混合在一起的時候，他們常常互相化合而成爲化合物。

我們已經研究過幾種化合物了，而尤其是其中最重要的水。但是世界上自然存在的化合物是無數的，而化學家還能把天然間所不存在的，製造出無數來。其中有幾種是對於我們非常有價值的。所以我們必須盡我們所能學得化合物的造成的方法，如同樣重要化合物的毀滅的道理。表示造成化合物的名字，自然是『化合』，而表示毀滅化合物的名字，則是『化分』。世界上幾乎隨處都有這兩種作用，在不斷的進行，而地球的全生

命和變化，都依此而存在的。

我們可以清楚地描寫一種化合物，無論牠是極簡單的一種，如水，或食鹽，或是世界上最複雜的一種如赤血球。一種混合物可以含任何比例數的做成牠的成分，這一種少些或多些，那一種多些或少些，那都是非常不定的東西。但一種化合物則不然，如其牠實在是一種化合物，那必然是十分一定的東西。

空氣中淡氣和養氣的比例，是不一定而可以任意變的，因為空氣是僅僅一種混合物罷了。但水中的輕養的比例，則隨地隨時都一樣的正確不變。任何一種化合物，永遠含有同樣的原質，而且成同樣的比例的。化合物有一定的組成的事實，而是化合物的特質。水是永遠含有八倍於養氣重量的輕氣的。

我們當已知道怎樣去明白這個道理了，因為我們知道要成一種化合物，必定將某種原質的一定數的原子和他一種原質的一定數的原子相化合纔成。譬如二原子的輕氣和一原子的養氣做成一分子的水，然不會有一種化合物，含有二個半原子的輕氣和一個原子的養氣的。

一個學校校長百年前所做的重要試驗 我人智識的歷史上關於化合物中原質比例不變的事實是在百年以前一個孟却斯德 Manchester 的學校校長所發現。他的名字叫做約翰道爾頓 John Dalton。他由這個事實和其他相像的事實證明原子的存在，正如我們知道牠存在一樣。

我們可以再看水而明其理論。我們叫水為輕二養 H_2O ，我們就知道其中輕的原子數是二，而養則一。但在這種事例和其他還有許多事例，二種原質也可以互相化合成一種以上的化合物；譬如有一種化合物看起

來很像水，而實在是不同的，其一分子中含有輕養二種原質的原子各二，而應當寫作 H_2O_2 。

我們所以知道牠是這樣，是因為在我們把牠分析的時候，我們尋出在一定量的這種化合物中，常含有二倍於水中所含的養氣。牠的唯一的意義，當然就是這種化合物，含有我們上面所說過的成分。就是牠的每一分子，含有二倍於水中所含的養原子的意思。然而我們卻總不能發見一種化合物含有一倍半或二倍半於水中所含的養氣的。只須輕養二氣都是由原子所成，這種事是永遠不會遇到的。

原質中的原子永不能成爲分數而結合。淡養二氣，是更好的例。他們竟能互相化合成五種化合物。當我們將他們中間所含的二氣的重量秤了之後，我們就可以發現他們的比例是常常很簡單的。其中一種，常含有二倍於他一種的養氣。更有一種則含有三倍的養和二倍的淡，而另有一種是五養和二淡。但你可以看見，牠常是三或五或二，而並不會近於五或較三略多些。所以我們現在可以正確的說出化合物是怎樣組成的了。這不過是一種化合物的分子中所含的二種原質的原子數的問題。我們對於他們的名字，不必去知道，下面所列的，便是這五種化合物： NO ， N_2O ， NO_2 ， N_2O_3 ， N_2O_5 。

其中有一種或須是你們所很熟悉的，就是淡二養，因為這種化合物是『笑氣』。牙醫常常用以暫時麻醉人們痛苦的感覺的。

據我們所知這是一個最好的例子，表示在原質相化合時，必以簡單的比例配合的。而如他們互相化合成一以上的化合物，那末一種原質在各種化合物中的比例，也必然是簡單的奇數。或者是二個對一個，或者是一

個對一個，或者是三個對一個，或者是三個對二個，或諸如此類。但分數如二分之一，或四分之一，或無論什麼不成整個的分數，都不會有的。

使道爾頓不朽的大發現 這個道爾頓 John Dalton 所賴以知道原子的存在，和化合物所由成的一大法則，已經為全世界所知道了一百多年，叫作定比例之定律了。牠的唯一意義，就是化合物由分子組成，而每一種的化合物，是由一定數的原子合成。

假設我們在隨便什麼地方，找得一種化合物，譬如 N_2O_5 。而把牠分析開來，我們都可以發覺淡養二氮的量的正確的比例。這正確的緣故，只有一個意義可以說明，就是這種化合物，必然由分子所成，而每個分子，是含有二個淡原子和五個養原子的。如其沒有像原子那樣的東西，那末原質就不會有如此的性質了；所以原子這東西，是一定存在的，而事實上也確實如此。這是一個極大的理論和極大的發明，使道爾頓成爲不朽的。

如其我們把輕的原子重量當作一，那末淡是十四，養是十六。所以在三十兩淡養化合物之中，我們可以找得恰有十四兩的淡和十六兩的養。至於其餘淡養化合物的重量比例，也不難去照此計算出來，只須你記得你所要計算的這樣化合物的組織。

何謂程式和牠在化學家的意思中是什麼 像 H_2O 、 NO 、 CO_2 等類的名字，把牠叫做『程式』，每個名字，就是牠所代表的一種東西的程式。那並不是難字，乃是在化學上每天所用的名字。自此以後，我們可以講到水的程式，碳酸氣程式，或是任何一種化合物的程式，隨我們的便。當你看見一化學程式，如 H_2O ，而把牠和當你

分析水時所發見的事情比較一下，而注意其中輕養的比例，我們就可以明白，這程式能够準確的表示給懂得牠的任何人以一種事實，就是在水中，處處都是十六分重量的養氣和一分重量的輕氣。養的一原子要比輕的一原子重十六倍。

現在我們要研究不多幾種的化合物造成的方法了。其最簡單的是我們所已知道得很熟悉的了。這是原質的『直接聯合』而成化合物。所謂燃燒，就是這種的例子，當我們用這個字的時候，通常的意思就是在這種直接聯合的中間，有光亮發生的。當輕養聯合成水時，生出一個淡青色的火焰而是極熱的。但除了養氣之外，化合物也可在別的東西中燒燃而成。譬如輕在綠氣中燃燒，能發灰綠色火焰，而生出所謂『鹽酸』程式是 HCl 。我們在研究食鹽，或是 NaCl 時，我們便能知道 HCl 是什麼意思。銅也可以在硫磺的蒸氣中燃燒，鐵也是如此。

幾種化合物在光和熱中的奇特性質 組成化合物的方法，更有一種很普通的，是一種原質把另一原質從牠的化合物中驅出而代之。譬如我們可以用輕氣來作用於含有養氣的化合物而生出水，那時輕氣驅逐了別種原質而自居其地位，因和養氣合而成水。或再舉一例，如其我們取一種原質像鋅，加於鹽酸，那末輕氣就被驅逐出來，鋅去代了牠的地位，即成一種新的化合物綠化鋅，這就是綠化物用鋅去代了輕的。

此外我們還常常可以僅不過把一種化合物加熱而生出別一種化合物來。常常有幾種極複雜的化合物，經了這樣的加熱，便分解而成二種或二種以上的較簡單的化合物，或者我們只不過驅出這化合物中某一原質

的一定比例，而得到一種新的化合物。譬如，如其我們把 H_2O 這樣化合物加熱，我們便可以逐去其中一半的養氣，這也是造成我們的老朋友水的方法之一。確然，如其你要保存 H_2O 這樣東西，你必須放牠在冷的地方，而且要不見光；還要不使牠和養氣這類的東西接近，否則牠便要自取 H_2O 中的一半的養氣，而只把水留下了。

化合物怎樣玩一種交換伴侶的遊戲 H_2O 或類此的東西的特別用途之一，就是牠能夠很快的放出養氣，給與我們覺有臭味而要除去的物質，因而使牠變為無實的東西。

你或許要說，空氣中有許多養氣，為什麼定要用 H_2O 內的養氣呢？這個問題的答案，是當養氣離開牠的化合物的時候，比平常狀態的養氣，更是活動而有力，這不但養氣為然，任何原質都是一樣的。關於這一點，前面已經有過說明了。

此外還有一種組成化合物的方法，大概是最普通的，我們必須要明白牠。牠的名字，就是所謂『複分解』 *Double Decomposition*，但實在是是很簡單的。這就是如其我們把二種化合物混合在一塊，他們常會交換他們的成分。牠的意義便盡於此了。會遊戲的人，定能知道所謂交換伴侶的意義；而當在化學上遇到時，我們就名為複分解。關於這種道理，我們有上千的例子，譬如我們把二對東西，一對是水銀和養氣結合的，一對是綠和輕結合的，把他們放在一塊，那末，水銀取綠，而輕取養，因之我們就可得了綠化汞和水了。那是『複分解』的最好例子，而能教給我們一些事情的。

伴侶之相愛者在遊戲中聚在一塊 因為我們通常可以說，當這樣的化學變化發生時，其方向是有一定傾

向或趨勢的。有些化合物是結合得強固的，而有些是極弱的。而化合物的傾向往往是要組成在強固的化合物。我不知道你有沒有想過在玩交換伴侶的遊戲的時候，你不是以為最要好的最容易聚在一塊嗎？如其你沒有注意到這一點，我卻可以決定我是注意到的。

這就是化學變化的法則，而尤其是複分解的法則。如其化學家知道什麼化合物是強的，和什麼化合物是弱的，還知道那一種原質是特別和別一種原質相愛，那末他便能够預言二種化合物放在一起的時候，將要發生什麼了。自然有時也可以一些不發生什麼變動。那就是二種化合物中的伴侶已是很相愛，所以不願調換的。確的『複分解』往往是向一個方向進行，而不能使牠回轉的。

怎樣二種澄清的液體混合而成鮮明的色彩。現在我們要在上面的例子中，注意其中所成的水之一物。我們知道水是最強的化合物之一。輕養在一塊兒時，是沒有再相愛的了。這是一種三個為一羣的例子，因為牠有三個原子。所以在一個『複分解』的作用中，如其有一個成水的機會，我們便可以十分決定其將生成水。至於其他伴侶，不論是什麼，也不論他們是十分相愛，或全不相干，大概也不得不成為同伴。還有一事須特別注意的，就是普通在『複分解』的一個作用上，任何物質之成為固體的——就是不溶解於水的——是特別容易生成。如其同時水也生成，那末這東西就像在水中游離的一般。不久牠就沉到底下去，然後將水傾去或濾去，我們便可得到一種獨立的新的東西了。所以對於一個化學家，世界上最普通的事，就是把二種澄清的或無色的液體互相加起來，不多一回之後，就可以發生一種或是鮮紅色，或是潔白色的雲霧，那是由於所起的『複分解』

所生成的。在上面所述的例中，綠化汞是白色的，不能溶解於水的。如其我們將水蒸發，我們就會得到一種白色的鹽類。這是非常毒的，可也是很有價值的一種東西，而這就是由『複分解』做成牠的方法之一。

化學家在尋求製金的東西時所獲得的，在複分解或別的情形內，常遇到一種固體，從一種液體內發生，漸漸地沉向底下，我們對於這種事情，是有一專門名詞。在英文內有一個字 *Precipice*，意思就是懸崖，那是一塊突然陷下的地方，如其一個人或是別的東西在這地方跌下去，我們便說牠是沉陷下去了。這沉陷二字，在英文中是從懸崖二字轉變過來的，而當一種固體在一種流質內生成而向底面沉下時，我們便說牠是沉澱了。這沉澱二字，又是從沉陷二字借用的。雖然有時牠沉下的非常慢，或是竟不沉下而懸空在流質內，但無論其沉下與否，其所生成的固體，我們總名為『沉澱』。

這是一個冗長而且笨重的名字，但幾世紀前的化學的老發明家，當他們尋求返老還童的仙丹，和點鐵成金的神物時，已用着這個名詞了。他們到底沒有找到他們所尋的東西，但他們都很注意到了許多事實而用很神祕的名字來叫他們。在這樣的方法中，所生成的一種特別東西，是叫做『白色沉澱』。牠是很毒的，但用以殺生存在我們皮膚上為害的小生物，卻是很有用的。因為牠對於這小生物是極毒的，而這就是我們所需要的。此外還有一種『紅色沉澱』和其他種種。此後，我們應當明白所謂沉澱的東西，是什麼東西了。現代的化學家往往把同樣的觀念轉成英文，而說在某種化學作用的時候，這一種或那一種的化合物是擲下或排出。排出一語更能表示這個觀念，因為一樣新的化合物在不能為水所容留或藏匿如同一塊糖溶在水裏的時候，恰如被牠

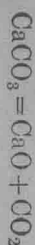
排出的一般。

化學家所用以表示化合物所發生的活用的記號，化學的程式的特別用處之一，就是牠能使我們可以簡捷清楚地寫出化學變化進行時所發生的種種事情的記錄來。這種變化叫做『反應』 Reaction。譬如我們說當鹽酸加了碳酸銅的時候，是有反應的。自然，有幾種一定的條件是所必備的。譬如在空氣結冰的溫度，幾乎任何化學變化都不能發生的。許多的化學反應須用多量的熱。這些事情不能以我們現在所要研究的方法來表示，但這種方法確能表示所發生的情形，而且表示得很正確。

我們知道那『=』是等於的記號，我們也知道那『+』是加的記號。所以如其我們寫 $2 + 3 = 5$ ，我們就叫牠爲『方程式』 Equation。因爲這是指出某幾種東西，加起來是等於別一類東西的。同樣，我們也可以寫一化學的方程式。而化學的研究上，這種方程式，是幾天要用到許多回的。『=』的記號用在化學方程式上的時候，是表示在化學變化發生時，寫在其左邊的東西，是變成寫在其右邊的東西。

$\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2$ 所告訴我們的絕大變化的故事。這種方程式可以是很簡單的，也可以是很繁複的。讓我們先從很簡單的起始，我們都知道大理石和白堊是什麼東西。這二種東西和許多其他的東西，都是由碳酸石灰所組成。石灰這個字的拉丁文是鈣 Calcium，而其記號是 Ca。我們不能單用一 C 字，因爲我們已知道這是代表炭的。所以碳酸石灰的方程式是 CaCO_3 。如其我們把牠加熱，那末牠就分解成二種新的化合物。一種是生石灰，牠的記號是 CaO ，表明牠是鈣的養化物；還有一種又是我們的老友碳酸氣 CO_2 了。

而所有這些種種，我們都可以把牠列成一行，所謂化學方程式的，如下：



但像這樣方程式裏邊有一個問題，就是這個方程式到底是真的或差的呢？而這是很容易試驗的。我們知道 $2 + 3 = 6$ 這個方程式是差的，因為有一個極充足的理由，就是這一邊比那一邊的總數多一。在任何化學方程式，或任何別種類的方程式內，我們必須確定在這一邊計算出來的結果，比那一邊不多也不少。這樣那個方程式，纔是真的方程式。這固然不能就說這方程式所表示的變化確然發生，因為有時也竟可發生完全不同的變化。但至少牠是可以發生的。

無不能變有有也不能變無 在別一方面，我們知道如其在一個所謂方程式內，這一邊有些東西是別一邊所無的，那末這方程所表示的，必定是不會有的了。設使能有，則牠的意思，豈不是要有些原子從沒有變為存在，或有些原子毀滅而變成無物？但我們知道無是不能變有的，有也不能變無的。所以什麼東西都應計算到，牠是從那裏來的，牠是向那裏去的。我們能夠這樣的計算到了，那我們便可以說是對的，然而也許還是不對，若然不能依此做，那末我們必然是錯誤的了。

所以我們必須看清我們的方程式，細細計算二邊的各種原子數，必須要看出他們是符合的，不但數目符合，而且種類也符合。一邊是一個養的原子，決不能在他一邊用一個炭的原子來代表。這一邊的每種原子數，必須和那一邊的這種原子數相等，否則，這方程式便是差的。要試我們到底明白『反應』與否，只須看我們能不能

寫正確的方程式爲斷。我們不能如此做，我們便是不明白『化學反應』。

現在讓我們把前一頁上所述的方程式計算一下，看他是真的還是差的。我們看見兩邊卻有一個鈣原子，和一個炭原子，及三個養原子。所以這是正確的方程，牠能夠完全的而且正確的表示，我們把大理石或白惡加熱時所發生的作用。牠把其中每一個原子都計算到了，而沒有多餘。下面是另一方程：

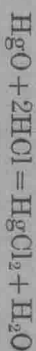


在這個方程式中，我們可不論其化合物是否存在，或是否知道他們的名字。但假設是存在的，那末我們就要知道這種作用到底能否發生呢？你在讀下去之前，能夠尋出牠的答案來嗎？

我能夠知道你所決定的答案，那就是在這方程式的末端，我們不寫 H_2O_2 而寫 H_2O ，這就是說，過養化輕代以水。

大？與小，及其分別 現在我們要知道那種反應是否可以發生的呢？在事實上，上面二種反應中之可以發生的一種確實是發生的，那種反應，比之於有幾種極複雜的，而要在這本書上寫成幾行的反應，是很簡單的。現在讓我們再舉一個複分解的方程式的例子，我們仍可用一個已經提起過的化學變化來說。

我們知道汞的記號是 Hg ，是從拉丁文來的。這拉丁名的意思是水銀，因為牠的形狀看起來是如此。我們不能以 H 代表，因為我們已經把 H 代輕氣，所以我們纔用 Hg 。下面是一個方程：



這個方程式是表明鹽酸加於養化汞的作用的。養和綠交換了伴侶，所以我們纔可以得綠化汞和養化輕，就是水。你自然必須把牠檢驗一下。其中有一點是新的，而你還沒有學過的方程式中見到的，這必須加以解釋。因為牠在所有的化學方程式中，幾幾乎都要遇到的。這就是在那方程式的左邊，有一個大2，牠和我們在小程式中所極熟的小2，是有不同的意義的。大2的意思，就是要使這個方程式正確，我們必須取二個分子的鹽酸加於一個分子的養化汞。

幫助我們記憶和了解的一種簡單法則。這是如此的，如果我們要得一個完全結果，使我們在方程式中用以起始的二種物質完全變化，那我們必須取他們的適當分量。自然，這意思就是大2，是用來包括寫在牠後面的物質的全部的，一如寫作 $2(\text{HCl})$ 或 H_2Cl_2 。這個意思就是說，在那上述的方程式的左邊，我們必須要計算二原子的輕和二原子的綠。我們記住了這一點，我們就大約能夠檢驗這個方程式而看出其真實與否了。

所要記憶的簡單法則，是在符號下的小的數目字，是表示這符號所代表的原子數有多少的。如其後面沒有數字，那末就是只有一個原子的意思，因為我們不必去寫個1字在後面。但一個化合物的程式，以前的一個大數目字，則是表示我們把牠取幾個分子的意思，所以，如其我們寫 $3\text{Na}_2\text{CO}_3$ ，實在我們有六原子的鈉，三原子的炭，和九原子的養，在一方程式的一邊。

寫方程式和檢驗牠的練習。這並不是十分困難的事，而是必須明白的。你可以在一片紙上練習寫一個方程式而再檢驗牠。隨你取任何字母，及想像任何一種的化合物。譬如讓我們想像一個：



假設有這種事情發生，而其中還有一種化合物來完成這個方程式，那末你想這種化合物將要是什麼呢？要有多少分子呢？總之，牠只有一種新的加法罷了。

化合物的三大類

地球上無窮無盡的變化之神奇，化合物的數目是無限的。有人費了畢生的精力，也僅僅只能研究其一部分。但有一定種類的化合物卻是我們所常常遇到的，而我們所發見的化合物的大部分，和我們現在正學着去製造的新化合物，實在都是屬於這些種類的。我們大家想必都很熟悉酸和鹽這種名詞，也許更聽見過『鹽基』這個名詞。這種名詞，在化學上都是有重大的意義的。以某種一定的方法組成的化合物叫做『酸類』，而以別一種一定的方法組成的則是鹽基類，或鹼類，而酸類和鹽基化合，則成鹽類。

我們想到酸類，我們便知道牠有一種特別的味道如檸檬等，大多數的酸類，都有這個味道的，但也可以沒有，如碳酸，或輕靑酸便是。但化學家說一樣東西是酸或不是酸時，都毫無容心於牠的味道。他們說酸常常是輕氣的化合物。這在開始時是很容易記得的。不過我們卻須要加一句話，就是其中和輕氣化合的原質，決不能是金類。所以我們知道酸類中的輕，常常可以被一種金類所代替，而成鹽類。讓我們舉一個例子來看。

我們知養氣雖則不是金屬，但牠和輕氣的化合物是水，卻不是酸類；這是一種例外。現在讓我們另舉一種

原質綠氣，關於牠我們所已略為知道一些的，牠的符號是 Cl_2 。那一個原子輕和一個原子綠便化合而成綠化輕。這就是一種主要的酸類，其名為鹽酸。用了一個極簡單的方法，如我們將要在後面說起的，牠裏面的輕氣，可用一種金屬來代替，譬如鈉，其符號為 Na 的（這就是牠的拉丁名的開首字母），就可以代替牠，而我們就從此得一種物質，其程式為 NaCl ，而叫作『綠化鈉』。照我們上面所說，這應當是一種鹽類。而實在牠果然就是我們所日食的食鹽，海水中含有很多的。

此外幾乎任何一原質，或數原質，只須其不是金屬，我們都可以知道他們能和輕化合而成酸類。綠是這樣的，而我們也可以推知屬於綠的同一族的原質也當是這樣的，而事實上他們也確是如此。所以我們可有輕弗酸 HF ，輕溴酸 HBr ，和輕碘酸 HI 。輕和單是炭或單是炭是不能成酸的，但卻有一種酸是三者一同所成，其程式是 HCN 。那是輕青酸，大家想都知道牠是致命的大毒的。

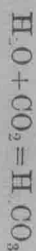
大多數的酸於輕之外還含有養，不過從前所講過的還沒有是這樣的。例如有一種酸類，是由輕淡養三者所成，有 HNO_3 的程式，其名曰硝酸。

全歐全美所賴以為食物而生存的一種酸類 牠和牠所成的鹽類，自身已是很重要，而且牠對於植物界和我們人類的服務，尤其重要。現在西方文明的全部就靠小麥的，而這小麥就靠着硝酸的鹽，叫做『硝酸化合物』，加以土壤而生長的。

同樣，輕，硫黃，和養成一種酸類，有 H_2SO_4 的程式，而名為『硫酸』。正如硝酸所成的鹽名為硝酸化合物一

般，牠所成的鹽就名爲『硫酸化合物』。他們也是在許多方面很重要的。同是這幾種原質還可以成爲比例略有不同的酸類，如亞硝酸 HNO_2 和亞硫酸 H_2SO_3 。

但我們所聽得最熟的酸類，要算是碳酸了，而尤其是碳酸氣 CO_2 更聽到得多。這裏你要以爲有些錯誤了，因爲酸類當是輕的化合物，然而 CO_2 中沒有輕。不錯，不過 CO_2 卻只是由於一種酸類失去其中的相當於水的成分而留下來的吧了。假使我們在碳酸氣上加以水，我們就能得到真的碳酸氣了，如下式：



原子相聚時不同的勢力 這 H_2CO_3 確是一種酸類，我們可以試驗得之。正如所有的酸類一般，牠裏面的輕氣也可以用金屬來替代，而得一種鹽類，叫做『碳酸化合物』。例如有一種碳酸化鈣 CaCO_3 ，那是世界上最普通的鹽類之一，我們大家所知道的白堊和大理石便是。還有碳酸化鈉 Na_2CO_3 ，那是在我們的血液中很重要的。

這裏是我們所述的幾種主要酸類的方程式：

HCl 鹽酸 HCN 輕青酸 HNO_3 硝酸 HNO_2 亞硝酸 H_2SO_4 硫酸

H_2SO_3 亞硫酸 H_2CO_3 碳酸

我們應注意酸中的輕原子總是寫在前面的，我們還要注意酸中的原質總不會有金屬的。我們還可以看出有幾種酸類，每分子中有一個輕原子，而有幾種則有兩個。假使我們說起寸磷酸 H_3PO_4 ，那每分子中就三

個輕原子了。這差不多他們有不同數目的手，可用以拿住別個原子的。輕原子總只有一隻手，綠原子也有一隻手，炭原子有四，淡原子或有三或有五，養原子有二，如此等等。

化學家怎樣寫成圖式或構造式。這些酸類的程式，就表示這個極重要的事實的。你不要想像以為我在這裏是說真的手，這不過說好像每一個原子有一定數的手或鉤，或任何東西，使牠能够把捉住別的原子罷了。所以現在我們知道把程式去寫成圖形了。這種就叫做『圖式』或『構造式』。水的構造式是：



這表示我們養原子的每一隻手是和輕原子的一隻手相抓住。此外我們可以把鹽酸寫成：



而原子恰各有一手。在上面的表上的其次一種酸類，就是輕青酸，那便略有一些困難了，因為我們記得炭原子有四手，而淡原子則有時有三手，有時有五手。那麼，我們到底怎樣去寫輕青酸的圖式呢？或者是這樣：



那表示淡有五手，或如這樣。



那表示淡有三手。在這兩個式子中，炭總是有四手，而輕有一手。至於到底這兩個式子那一個真能表示輕青酸的分子實在的構造，那是化學家應當在牠分解時或造成鹽類時的性質中研究出來的。

上述的種種酸類，比起有幾種生物體中所造成的特種酸類來，都是很簡單的。例如有一種檸檬酸，是在橘子或檸檬中的，尿酸，是在我們身體中生成的，蘋果酸，是在蘋果內的等等。他們的構造式將要寫滿這樣的半頁，因為他們分子中的原子數是這樣多。不過無論如何，我們總可以發見酸中總不會有金屬的，而且一定有幾個輕原子，可以被金屬所代替而成鹽類的。

金屬的化合物叫做鹽基類的是酸類的反對。現在我們要轉到另一類的化合物，我們所常以為酸類的反對的。他們是金屬的化合物。他們也可以含有輕，也可以不含，但在種種方面，和酸類總是十分不同的。他們叫做『鹽基類』或『鹼類』。當我們在化學上研究任何液體時，我們往往要知道牠是酸類呢還是鹽基類，這也是不是酸也不是鹽基？通常有許多種很容易的方法可以知道牠。有一種色料叫做『立脫摩斯』Litmus 的，是遇酸變紅，而遇鹽基變青的。我們可以把這種色料染在紙上，而用以試驗液體的所謂反應。通常我們須備兩種紙，紅的和青的。那末，當我們要試出一種液體的反應時，我們便把青色紙放入其中，假設牠變成鮮紅色，那就證明這液體是酸類，大概是鹽酸或硝酸。或者我們取一片紅色紙，浸在一種溶液如阿姆尼亞水內，或竟放在一個盛阿姆尼亞水的瓶口（阿姆尼亞實在是氣體），那牠就要很快的變成藍色，證明牠是遇到了鹽基了。好的牛乳有極微的酸性反應，而人乳則有極微的鹼基性反應。所以要以牛乳喂嬰孩，我們當略加一些鹽基類，使牠變為和人乳一樣。自然有時一樣液體既不是酸又不是鹽基，那我們說牠是『中性反應』，無論是紅色或青色的立脫摩斯紙，浸在其中都不起變化的。

鹽基類之組成 現在我們要研究幾種鹽基類的組成。最熟知的是苛性鉀，其程式為 KOH 。這裏我們立刻可以發見有一種金屬在內，牠不是一種酸類。而且我們還看見牠偶然也含有輕氣，但我們總把代表金屬的符號寫在最先，而假使牠含有輕氣，則把H寫在末後，以便索性把牠和酸類完全分別。苛性二字的意思是腐蝕，因為牠能侵蝕皮膚，而且牠確能夠很快的毀損種種生命的組織。同樣，還有一種苛性鈉，其程式是 NaOH ，還有熟石灰，其程式是 Ca(OH)_2 。這末後的一個程式，和我們從前所學過的稍有不同。你須要注意那個括弧，這是用以表示括弧後的小數目字是及於括弧內所有的符號的。現在讓我們把他們寫成圖式，記着K和Na是有一手的，而Ca是有二手的。



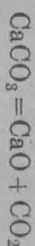
一種能飛散的重要鹽基類阿摩尼亞 上述的各種鹽基是固定的，如同我們叫有幾種油是固定的一樣，因為他們不能放出氣體，而永遠定在那裏不動的緣故。然而卻有一種重要的鹽基類，是一種氣體而能飛散的，所以我們叫牠做揮發性鹽基，正如我們叫有幾種油為揮發油一樣。這種鹽基我們早已知道了，那是阿摩尼亞。

現在我想你要說了，那是一種我們所說的鹽基的組成的例外。因為我們說過鹽基類是金屬的化合物，而如果你記得阿摩尼亞的程式，你可以看見牠是沒有金屬的，牠的程式是 NH_3 。如果我們加水於阿摩尼亞，我們就得 NH_4OH ，這就是阿摩尼亞水，那是一種真正的鹽基類，作用也像鹽基。所以我們極有理由可以猜測 NH_4 這一個原子團，是有像金屬的作用，而有些像金屬的性質的。總之，這種化合物能對於立脫摩斯紙生鹽基

性反應，化學上的作用恰像種種固定的鹽基類，如 KOH, NaOH, Ca(OH)₂ 或此外可舉的一般。

我們還要注意在這些種種鹽基類的程式中，OH 則是一再遇到。因為 OH 是這樣的普通而且重要的原子團，所以我們給牠一個專名詞叫『輕養根』。我們在化學上是常常遇到牠的。而我還要告訴你們種種鹽基，實在是從他們和水化合的一件事實上得到 OH 的。讓我們把熟石灰來講起，因為牠是很簡單的。

生石灰吸水時所發生的作用 有一種化合物叫做『生石灰』。牠的所以有這個名字，是因為牠對於物質的強烈的作用，譬如牠到了你的眼睛裏時，你所要覺得的。牠是一種白色粉狀物，其程式為 CaO。牠是一種極強的鹽基，由濃碳酸鈣或白堊而生成的，其方程式如下：



而當我們把牠加以水，我們說是把牠化了，其產物是熟石灰，方程式如下：



這種熟石灰，是一種養化物和水而成，而這是我們所述的種種鹽基所同的。例如有一種 KO，就是鉀的養化物，和一種 Na₂O，就是鈉的養化物。當於他們加以水的時候（實在我們並不須加水，因為他們自己會從空氣中取得），下面的作用就發生了：



於此你可以注意到這實在和生石灰被水所化，或阿姆尼亞放入水中時的作用是完全一樣的。所以現在我們可以明白爲什麼鹽基內有輕養根了。而我們也可以很容易的記着他們在化學上的適當名詞，是輕養化合物。

現在我們要研究第三大類的化合物，叫做鹽類的。至於我們爲什麼把牠放在末後講，則因牠是酸遇鹽基時所生成的緣故。在研究酸的時候，我們看見任何酸類都含有輕的，而沒有含金屬的，而酸中的輕或輕的一部分，是可以被金屬所替代而成鹽的。現在我們要看見這個作用是怎樣的了。

一種酸類遇到一種鹽基類就成鹽類。假使我們取一些鹽酸而使牠和一些苛性鈉相遇。那是一種很簡單的例。立刻就有強烈的反應發生，而一種鹽類就生成了。這裏是一個方程式：



這表示我們用一種酸類和一種鹽基類，可得一種鹽，在這個例內是含鹽或綠化鈉，我們所極熟悉的。那酸內的輕和鹽基內的養輕化合而成水，所以我們得到的是含鹽的水溶液。

現在讓我們再舉一個例。我們把熟石灰加於硫酸，看有什麼作用發生。我們知道熟石灰是鈣的化合物，而硫酸所成的鹽名爲硫酸化合物，所以得到硫酸鈣，便如下：



幾種常遇的鹽類和他們的組成 如果你去檢驗這個較難的方程式，你可以見到牠是對的。 CaSO_4 是

硫酸鈣，而水也如上例一樣的生成。不過這時的鹽類卻幾乎不溶於水的，所以我們所得，是一種白色塊狀物質，就是那鹽類。這種鹽類在天然間常成大塊的存在，叫做『石膏』，是美麗而有價值的。牠的另一形式，是燒石膏，那是成粉末的。假使把水加到這種粉末上，牠會固結起來，因此我們可用以製造模型，肖像，或種種東西。

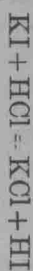
在這些例內，我們看見怎樣酸中的輕常能被金屬所替代了。其方法就是把一種鹽基類放到酸類中去作用。我們還看見任何鹽類都含有兩部分。牠是一複成物，一部是從酸內得來，一部是從鹽基內得來。這種部分都叫做『根』。CaSO₄含有一個鹽基根和一個酸根，如我們觀察牠的程式可以見到的。

怎樣一種強酸類可以是一種弱酸類從牠的鹽中驅出。現在我們要曉得酸類的強弱有種種的等級，一種強酸常常能把一種弱酸的酸根從牠所成的鹽中驅出，而把牠自己的根去替代。最強的酸是我們所最初舉述的鹽酸，硫酸，和硝酸，而碳酸和輕青酸是屬於最弱的酸。我們所以叫輕青酸為弱，是因牠的鹽類常常能被別種酸類分解的。讓我們舉一個容易的例。假使我們用鹽酸作用於碳酸鈉，我們就可以看見碳酸鈉使分解，而強酸的酸根便去代替弱酸的酸根，如下：



我們又得到綠化鈉，和真正的碳酸了。不過我們通常不寫 H₂CO₃，而也可以 H₂O + CO₂，因為事實上碳酸氣是放出到空氣中去的。在這樣做的時候，牠就發生氣泡。我們普通都知道當我們把酸類加於一種鹽類而發出氣泡的時候，那種鹽類便必然是碳酸化合物。

這告訴我們製造酸類的最容易的方法，是把牠的鹽類加上一種較強的酸，使其把牠驅出而自去代替。例如我要輕碘酸的時候，我們只須把一種碘化物如 KI 和鹽酸起作用，如下：



這告訴我們碘化物是分解了，而輕碘酸和綠化鉀是生成了。

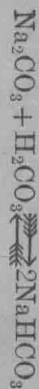
酸類和鹽基類的不同程度的強弱 有幾種鹽類，是酸類中只有一部分的輕被金屬代替而成的。例如有一種完全的鹽類 K_2SO_4 ，那是硫酸中的輕完全被鉀代替了的，但也有一種鹽類 $KHSO_4$ ，那是硫酸中不過一個輕原子被鉀代替了的。我們叫這種鹽類為『酸性鹽類』。

酸類或鹽基類的強弱有種種不同。假如有一種鹽類是弱酸類和強鹽基類所成，那這種鹽類是鹽基性多於酸性，因此雖則牠照理應當對於立脫摩斯顯中性的，然而事實上牠能使紅變青如同鹽基類一樣。所以綠化鈉是對於立脫摩斯顯中性的，因為牠一種極強的鹽基和一種極強的酸所成，而他們能互相平衡。但如碳酸鈉 Na_2CO_3 （俗名叫做洗滌蘇打），則是一種強鹽基和弱酸所成的鹽，所以牠能夠把紅色立脫摩斯變成青色。這個例並可以說明酸中的輕氣只有一部分被金屬代替時的例。

怎樣蘇打能說明我們身體內常起不息的變化 正如有一種 $KHCO_3$ ，我們也有一種 $NaHCO_3$ ，這是通常叫作『重碳酸鈉』或『烘焙蘇打』。牠所以叫重碳酸鈉，是因為在某種觀察之上，是含有兩倍於碳酸鈉的碳酸的，但這不過是牠只含有一半的鈉的另一種說法罷了。製成牠的方法是多加一分碳酸於碳酸鈉上即得，如下：



這個作用是世界上最重要的作用之一，而不絕的當我們的血液流動於各組織時在那裏發生的。借了這個作用之力，各組織所生的碳酸就被牠吸取而送入肺內，在那裏牠再向反對方向起變化，而 CO_2 和 H_2O 就從肺部呼出， Na_2CO_3 再在血液內生成而重復做牠的工作。一種作用像這一種的可以向兩方向進行，我們有特別的寫法如下：



這種箭頭表示他的變化能向任何方向進行，或叫做可逆的。

在幾百萬的化合物中，我們只見了一些，但我們已知道了什麼是酸類，鹽基類，和鹽類的意義，和他們間的關係了。

進行不息的變化

生命和生物的化學 這是我們這書上研究化學的末一部分了，雖則在別部分我們還將要常常遇到化學。所以這裏我們要去研究幾種特別在生物界內所常見的重要化合物。

在此以前，我們大體是在講所謂無機化學，那就是與有機物或生物無關的化學。但在生物界內，我們可以發見一個化學奇異的境地，我們還正在開關的，而要看見屬於這類的化合物，都是我們所極熟悉的原質『炭的

化合物，』這炭是在木炭，金剛石，和鉛筆內很有趣味的，而牠在我們和所有生物的身體內，更要有趣千萬倍。

我們早已見過幾種炭的化合物，如碳酸氣，碳酸鈣等類了。這些是極簡單的，但炭卻可以生成幾十萬的別

的化合物，有幾種的一分子中竟有多至論百的原子的，而炭的化合物的化學，就是通常所謂有機化學的新意義。

這部新的化學也有同樣的定律和原理，和我們所學過的一樣。原子和分子的定律，原質和化合物的定律，

養化和分解的定律，化學方程式的定律等等，是隨處都是真實的，而無庸討論的。他們在火中或在我們身體上

是真實的，在地球上或在太陽上也是真實的，因為『大自然』是一整個，牠的所有工作都是一貫的。

但在我們把這化學的末一部分講下去以前，我們還要說一些關於幾種極有趣味和價值的物質，他們不是

原質，也不是化合物，而在現代生活上佔極重要的地位的。我們知道我們把原質化合時，我們便得一種新物質，

完全和我們所用以開始的物質不同。但在有幾種例內，我們只須把一定種類的原質混合起來，而也能得到一

種和牠所含的原質十分不同的物質。

最好的例就是鋼，那是我們現代生活的柱石，而這就不過由於鐵和炭混合而成，並不由於他們的化合。這

裏我們還可述幾種別的混合物而有特別的名字的。例如有一二種水銀和別的原質的混合物，如水銀和鈉的

混合物。這種混合物名叫『汞膏』，牠的英文原名，就是併合的意思，譬如有時有兩個公司或兩個團體聯合，我

們就說牠併合了，汞膏這字，就從併合這字化過來的。除了汞膏以外，金屬在熔融時混合而凝固時仍保持混合

狀態的混合物，也有專名詞，這就叫做『合金』。牠的原意是攙雜，當我們說一樣東西是極好而沒有可議的時候，

我們常說『牠是不撓雜的』譬如說『不撓雜的喜悦』我的在這樣說的時候，我們實在是再在把牠比作純粹的金，那是不曾被較賤的金屬如銅所撓雜的。我們的金幣是九成金和一成銅的合金所成，因為銅使金變為較堅硬。同樣，我們也用相同的比例去製造銀幣。當我們說一只戒指或一種裝飾品是十五開金或十八開金，我們就在說牠裏邊的銅的成分。但實在有用的合金，卻不是金的，也不是銀的。

金屬的混合物叫做合金有重要的用途。普通最有用的合金的大部分是黃銅，那是一種銅和鋅的合金。通常的黃銅約有七十分銅和三十分鋅。銅，鋅，鎳，三金屬的合金，名曰『日耳曼銀式洋銀』其中實在沒有銀。錫和鉛的合金是用作焊藥的，如其中鉛量較多，名曰『白蠟』。錫和銅的合金是青銅，那是一種美麗的金屬，可用以鑄像的。至於這本書是用一種鉛和錫的合金所做成的鉛字所印出來的，那種合金名曰『活字金』。

合金爲什麼能和做成牠的金屬性質大異，現在還沒有一個人能說明。譬如在有幾種例中，就是一些些的新金屬加入，也能使其合金的硬度大大的增加。在鋼的一物內，這尤其是如此。有幾種金屬，如鉻和錳，若在鐵加了炭而製鋼的時候，加入鐵內，能大大的增加牠的用途，以致舊式的鋼，現在只爲了最平常的用途纔製造一些了。這一部分的研究，現在還只不過在開始時期，然而我們卻可以無疑的知道，怎樣去用了適宜的合金而得到我們所需要的幾幾乎任何原料，不但是鋼，而且是許多別的東西。譬如我們可發見一種合金，牠的硬度不下於鋼，而牠的重量卻遠遜於鋼的，因此得以解決製造飛機上的一個大困難問題。

炭化合物的化學的特殊興趣 現在我們要放下這種原質的奇異混合物，在其中各原質之比例可以無定

的變動的，而轉向炭化物的化學方面去研究了，而在那裏我們將要看他們組成方法的嚴謹的規則。不論他們的對於生物界的重要，就是這種組成的有規則是最能使化學家感興趣的。他們似乎都從一定的幾種簡單模型中構造出來的，而從每一種模型中，我們可以看見有一大組的化合物生成。譬如有一種化合物叫做『沼氣』，而有 CH_4 的程式的。而從這個化出來，我們可以看見有一大組的化合物，每一種比前一種多一個炭原子和二個輕原子。例如 CH_4 之後，我們有 C_2H_6 、 C_3H_8 、 C_4H_{10} 、 C_5H_{12} 等等。在這一部分的化學中，有數十種的這樣的組或族，其分子似乎是由於其中原子團的二倍或三倍等等而造成的。最有趣的是他們的性質也有一次的秩序的遞變，視他們的構造為定。例如當我們把一組的化合物研究下去，我們可以看見每一種的沸點要比前一種的高些。

會免數百萬人痛苦的悶藥的製法 沼氣是叫做炭輕化合物的一種，因為牠含有炭和輕。天然存在的任何種炭輕化合物我們都知道，還能夠製出許多來。而且還能從他們中製出新的化合物來，只須把其中的一定數的輕原子用別的原子去替換。最有名的例，就是『哥羅芳』的製成。我們可以用沼氣 CH_4 ，而把一個綠原子去代替其中的一個輕原子，或把兩個去代兩個，或把三個去代三個，或把四個去代四個。這樣我們可得種種化合物，如 CH_3Cl 、 CH_2Cl_2 、 CHCl_3 、 CCl_4 了。那第三種就是哥羅芳，就是一種悶藥，曾經把上百萬的人從可加於人類的最可怕的痛苦中救出來。當利比喜 Lidibis 第一次發現這種哥羅芳的時候，他不過正在研究炭輕化合物。

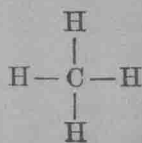
怎樣一個人對於一種枯燥的問題的研究常能給人類以幸福。許多人要說這是一個枯燥的問題，也許你要以為這是不值得去知道的。但是研究自然界的任何部分，和利用牠所給與忠實研究牠的人的權力，卻是值得的。利比喜在他研究的結果，證明了沼氣分子中的三個輕氣能被三個綠原子所替代的一宗事實，他就滿足了。這是一種化學的事實，所有的事實都是寶貴的。他決不想到他所發見的一種新化合物是要成爲世界上的一種無價之寶的。

這對於以科學爲只須研究實用部分的人，實在是一個大教訓。沒有一個人能夠知道什麼將要有用或無用的，只須我們知道得愈多，我們便愈可斷定所有的事實，和所有各種的真理，都有一天成爲有用的。化學家對於以沼氣開始的種種炭輕化合物，和別的相關的炭化合物的研究，已經給人類以許多最有價值的東西，而且以後還要給許多哩。

怎樣沼氣及於下礦去取煤的人的影響。這裏我們只須研究沼氣，而把別的炭輕化合物放開。沼氣是生於沼澤之中的，而可以很容易的把牠收集在瓶中，只須用棒攪動淤積的池沼底下的泥就是。牠在煤氣中也有，而且在煤礦中的煤，也生出此氣，雖則這煤還沒有燃燒。牠和空氣的混合物，遇火爆發甚烈。許多的礦工是這樣失掉他們的生命。現在我們用一種德斐所發明的安全燈，使火圍在其內，而保障人們的生命了。

化學家並不用到池沼中或煤礦中去取沼氣，因爲他們自己能夠從種種化合物中很容易的製造出來。牠不能夠直接製成，因爲炭不能和輕直接化合。牠是一種無色無臭的氣體，那是對於礦工十分不幸的，牠燃燒時，

便生成碳酸氣和水。我們已經學過怎樣可以把一種化合物的程式寫成圖式，所以假使我們記得炭原子和輕原子所有的所謂水的數目，那沼氣的圖式便不得不如下：



從炭輕化合物中，我們得到許多族的別的化合物。譬如我們可以把其中一個輕原子換掉，而代以OH的一個原子團，叫做輕養根的。我們如果把沼氣這樣做，我們得到一種物質有 CH_3OH 的程式的。而我們把

其次一種炭輕化合物 C_2H_6 這樣做，則得到一種 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ，以此類推，直可以把炭輕化合物的全族都這樣做。

可怕的毒藥酒精能夠傷害所有接觸牠的生命。這樣，我們得到一種新的物質的一族，那是在化學上和別的許多方面都很重要的。他們叫作「酒精」。其中的第二種 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 是一種液體，我們所通常叫作酒精的，好像此外沒有別的叫酒精的樣子。牠在人生上影響的重要，至少也和別的許多化合物一般。所有的酒精都是毒的。第一種 CH_3OH ，是叫做「木精」，是極難吃的，所以可以把牠攪在通常的酒精內，使只適於為燃料或別的使用，而不適於為飲料。這種混合物叫做「變質酒精」，大家都知道的。第二種是通常所謂酒精。牠比第一種還要毒，能傷害種種生物，無論是動物或植物的生命，只須把牠們浸在其中。再其次的幾種酒精，比木精和通常酒精更要毒。其中有一種在平常的威士忌酒中往往都有存在的，而在生的威士忌酒中，則更幾幾乎總

有的。

爲什麼酒精是世界上最大咒詛之一 因爲任何人都可以把生的威士忌酒出賣，只須他覺得自有愚蠢的人去買牠，所以我們常常看見這種酒精對於人類的影響。當威士忌酒放了一時之後，這種酒精叫做『雜醇油』的便失去了，所以陳的威士忌酒比生的要毒得緩和些。但最好的威士忌酒，或無論什麼酒類，也總含有許多通常的酒精，這酒精對於腦神經有一種特別的影響，而使人愛牠。所以酒精這一樣東西，無論在怎樣的形式裏，是現在文明的大咒詛，而且因爲國家允許人們去賣生的威士忌酒給那種原始人類我們所謂野蠻人的，他們便很容易被其傷害，而也成爲他們的主要咒詛了。我們叫他們爲野蠻人，但到底二者那一種是野蠻人，那是另一問題。酒精在有幾方面確是一種極有價值的液體，譬如牠的洗滌的功用和燃燒的用途。也許不久牠還要有價值，因爲我大概還要用牠爲發動機之燃料，當我們把汽油用完了的時候。

怎樣糖可以變成酒精 在炭化化合物的各族中，我們看見有許多炭化合物，是炭和輕養化合而成的，而其中的輕養的比例，是和成水的比例是一樣的，例，如 $C_2H_4O_2$ 、 C_2H_2O 等，這都叫做『炭水化合物』。我們不可以把炭輕化合物和炭水化合物相混雜。在我們要把炭水化合物研究下去以前（這種炭水化合物是我們所極喜歡的，因爲糖就是一種炭水化合物）我先要告訴你，他們或他們中的幾種，是酒精的來源。這至少在一萬年以前已有人知道了，近來對於埃及遠大的研究告訴我們這樣。實在，我們大家都知道酒精是從糖製成的。我們都嘗過變味的糖漿，牠的味道是有些特別而我們大概不喜歡的。這時就是糖漿內的糖起始要變成酒

精的時候了；或者說，這糖漿在發酵了。

糖是因我們所謂發酵作用而分解的，牠的產物總是二種，酒精和炭酸氣。麵包就這樣的使成爲膨脹而鬆的。做麵包的溼麵團中含着一些小粉，牠也是一種炭水化合物，就變成別一種炭水化合物，那在化學上實在是相同的，就是糖。而發酵的酵母若和糖起作用，生出酒精和炭酸氣來。那酒精發散了去，那炭酸氣便成爲氣泡，使那麵粉團膨脹而成爲麵包。有一種『灌氣麵包』是不用酵母的，而把炭酸氣從外面打進去的。

糖小粉和馬鈴薯製成酒精的方法 這種由糖發酵而成酒精的事是常遇的。假使這糖是在葡萄內的，其結果便成葡萄酒。在英文上葡萄藤和葡萄酒二個字也只差得一個字母，v和w，假使把葡萄藤內的v字念成w，二個字便是同一了。但酒精也可以，而且實在用不含糖的東西製成，只須含有小粉。而因爲許多植物含有小粉當他們所儲藏的食料，所以做酒精是很容易的。大麥是多數用在這個用途的。那英國一方面要向別國去買小麥，否則便要餓死，而他方面卻把許多可種小麥的地方去種大麥而製成威士忌酒，而這也要用代價去換得的，而且不但飲牠的人付這代價而已，連婦女嬰孩都直接或間接的付到了。此外酒精也可以從馬鈴薯製成。非洲的有幾種土人，現在正很快的滅絕，因了這種馬鈴薯酒，從德國和別的國家送去的。

但對於化學家，最有興味的事，是小粉或糖發酵而變成酒精的作用。我們必須知道什麼是酵母，和他的工作是什麼的。自然，酵母的力量是久已知道的了，但牠是一種生物可驚的發見，卻直到八十年以前纔做到。

怎樣酵母在製酒精時生存工作而死亡 我們現在曉得酵母是一種微小植物，而牠的天然食料是糖。在

牠吃這糖的時候，牠把牠變成酒精和炭酸氣。當那酒精聽其漸漸強烈，這酵母就死，正如任何生物被牠自己所產生的廢料包圍而致死一般，所以在製酒的時候，必須時刻去把製成的酒取去，否則發酵作用就要停止，因為酒精把酵母殺了，正如任何生物把牠多飲了時也要被牠所殺一般。

我們知道酵母所以能使酒精發酵，是由於一種特別物質，叫做「酵素」，那是牠的細胞中所發生的。這種物質，也可用人工製成，而也能使糖發酵。我們也知道所有生物的作用都是賴這種酵素的，所以發酵的化學在將來必然要成爲化學中的最重要部分，因為牠將要能夠論及生命所靠着的化學作用。

關於酵素的最大事實，是牠能够使化學變化進行，而牠自身並不起變化。所以即使一些些的酵素，也能做無窮量的工作。在別的化學作用中，開始變化的物質總要用掉的。我們只能從鹽酸和蘇打中得到有限的食鹽，而蘇打和鹽酸已用掉了，但酵素能使牠近旁的物質起變化而自己不爲所作用。這裏我們不過舉酒精的發酵作用一種，那是知道了最久的，而且據我們所知，也是最重要的，但這不過是數百種中的一個例子罷了。

叫做以太和間質的幾種物質和他們的作用。和酒精很相近的，我們還有一大族的物質叫做「以太族」的。其中之一，相當於通常的酒精的，是最有價值。因為牠像哥羅芳一般，也可用以麻醉劑，使人吸了之後失其痛苦的感覺的。

此外還有一族叫「間質族」，也是很長的一族，而同族的各種有密切的關係的。間質的原名，是「失輕酒精」的簡寫，因為牠是酒精中失去幾分輕氣而成的。

間質的第一種是很有用的，牠的名字叫福爾末林 Formalin，殺微生物的效力極大，而是常常用以保存東西的。不過牠是毒的，所以不宜用以保存食物。

還有一種間質，叫做『假性間質』Paraldehyde，是最好的，一種藥劑，能使病人安眠的。

福爾末林的程式是 CH_2O ，這是很有趣味的。我們知道植物是能製造炭水化合物的，如小粉或糖。我們也知道炭水化合物中有炭和輕養，而輕養的比例是成水的比例一樣的。我們還曉得植物用牠的葉從空氣中的炭酸氣得到炭，和用根從泥土中得到水。現在炭和水的最簡化合物我們所能夠想像的，當是 CH_2O ，而我們只須把牠倍幾倍，譬如說六倍，我們便得到糖 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 了。所以植物學家以為不久可以證明植物在把炭和水製成糖時，一剎那間所成的第一種化合物，當是福爾末林 CH_2O 。

我們簡單的化學研究的結束，有許多書是專講炭輕化合物，酒精，間質，和與他們相當而從他們中製出來的酸。我們知道酒是常常變酸的，牠的原因就是酒精已變成了醋酸。這裏我們不能再多講了。在這化學的簡單研究的末了，我們所應說的，就是牠的還有一個重要的部分，是論到『輪質』 C_6H_6 一族，和幾千種從他們所化出來的化合物。其中的一種是『石炭酸』。不過你們不要把石炭酸和炭酸相混亂，如同我從前在學校裏時所常犯的。

天空中的世界

我們所住的地球，不過是空間中許多世界之一。若是我們明白我們自己的世界，我們必定先要明白天空中的世界，就是我們看得見走不到的所在。在這一段書裏，我們要講論到天文學。天文學就是星的科學。

這觀察星辰的事業，雖然在上古的時候，已經有人研究；但是直到三百年前，天文學方纔算是真正的一門科學。

這就是一切真正科學發軔的時代。一個丹麥的修道士和兩個意大利人（其中一個，差不多也可以叫做

修道士），可以算是天文學的始祖了。接着他們的，就該推撒克牛敦 Isaac Newton 爲第一。他們告訴我

們說，我們所住的地球，和地球年年所環繞的太陽，在大宇宙中間，不過算是極小的一部分。在這宇宙中間，像

這樣的太陽和行星，不知道有多少呢。自從有了望遠鏡，可以使這些星近我們；有了分光鏡 Spectroscope，可

以分別星的光線；有了牛敦所發明的地心吸力律 Law of Gravitation，人類就漸漸的曉得的天空的世界

更加詳細了。

若是我們要有正當的智識論到我們所住的地球，我們必定先要知道，究竟這地球是什麼東西。我們知道，

這個堅穩不動的地面，是一個大球的表面。我們也知道，這個大球，每日自轉一次，日夜因此分了；每年繞着太陽

轉一次，四時因此分了。如今我們要考究人類如何漸漸的改正，感覺 sensations 所供給他們的證據，這些證據似

乎對我們說：地球是不動的，太陽是動的。以後我們就要研究地球的質地，和牠時時刻刻的變遷。

我們要曉得，若是我們明白無論什麼東西，我們不能單單研究這個東西就算了；我們必要研究牠四週圍

的東西。我們不能發明白一樣東西的一部分，除非我們先要明白這樣東西全體的大略。我們連我們自己都

要不明白，若是我們不先研究我們的環境，我們的父母和學校，我們讀的書，我們呼吸的空氣，我們聽見別人所說的話，還有許多說不完的事。論到地球，我們休想我們能穀明白牠，若是我們不去研究這個大宇宙，其中小小的一部分才是地球。這種科學，叫做『天文學』Astronomy，天文學的意思就是『星的定律』The law of the stars。這種科學，從幾方面看起來，可以算是最奇的科學了。我想在這樣事上，好像在別的事上一樣，我們應該拿人類如何有天文智識的歷史做開端。

這種科學，或者是一切科學中的最舊的。人類對於天時的變化，氣候的冷暖，和太陽的作用，常常抱有不變更的注意。這種事自然和天空中的變化，有莫大的關係的。人類在最初的時候，就細心觀察太陽和月亮。在那比較熱的境地，像埃及和阿刺伯等，空氣也清明些，所以他們看見的星也比較明亮些。這些星既然好像不動的，他們就能做行旅的引導。所以，天文學自上古時，就像現在的那般有用，但是現在我們還不知道，牠到底有多大的用處。因此我們也知道這天文學的智識，在基督降生前數千年前，就已有。這知識在東方大為發達，并且在西亞細亞和埃及，更加的發達。但是就在大不列顛，這種知識也是有的，因為斯吞痕治古廟 Stonehenge 可以證明當基督前一千六百年，那個地方的人，就曉得幾椿關於太陽的轉動的確的事實。我們可以證明這個若是我們細察這古廟的建造，因為這廟不這單為敬神而設的，并且牠是一種天文臺，用以觀察日月星辰的。

大半科學名稱的結尾，總是 ology，所以我們可以定這星學的名稱為 Astrology，這樣我們用星的字，總括了天空的一切有光體。

最初研究地球的鍊丹人和星學家 我們用『天文學』三字，去表明這個真正科學，和叫做『星學』的非真正科學是不同的。若是我們講到化學 Chemistry，我們知道這其間也有這個情形的。在未有了化學之前，世界上有一種非真正科學，叫做『鍊丹學 Alchemy（這兩字其實是一樣的）』。那些所謂鍊丹人，極力找尋那鍊金石 "Philosopher's stone"，他們以為這塊石頭，可以使無論什麼東西，變為金子。他們還要找尋一種長壽酒 Elixir。他們相信，這酒可以使人返老還童的。這些鍊丹人，這樣的拼命找這些東西，他們走錯路了。他們解釋他們試驗的結果，也解釋錯了。但是我們若是沒這鍊丹人在我們以前，我也不能有這近代的化學。他們是熱心而且忍耐的人。他們作了無數的試驗，也發現了無數的事實，這樣他們就建下了化學的基礎。雖然他們的宗旨是錯的，雖然他們試驗結果的解釋也是錯的，但是我們從他們的發現，得了許多益處。

所以現代的天文家之得星學家的好處，和現代的化學家之得鍊丹人的好處是一樣的。若是沒有他們星學家，我們也不能設有天文學。他們像鍊丹人一樣，也是熱心而且忍耐，他們也發現了許多關於天上星辰的事實。

上古的人對於星辰的奇想 一般的星學家，將他們所發現的事實，都解釋錯了。但是事實永遠總是事實。這些事實既然是真理的一部分，他們自然也可以算是真正科學的一分。并且那些人就是解釋錯了，也是沒有大害的。在每種族和每國的古史中，我們都可尋到一種星學，或星相學，那星學是研究星辰如何定人的命運。埃及，波斯，阿剌伯，希臘，支那，和印度都有星相學。所以當歐洲起始有文化的時候，他們也就相信這些學說。

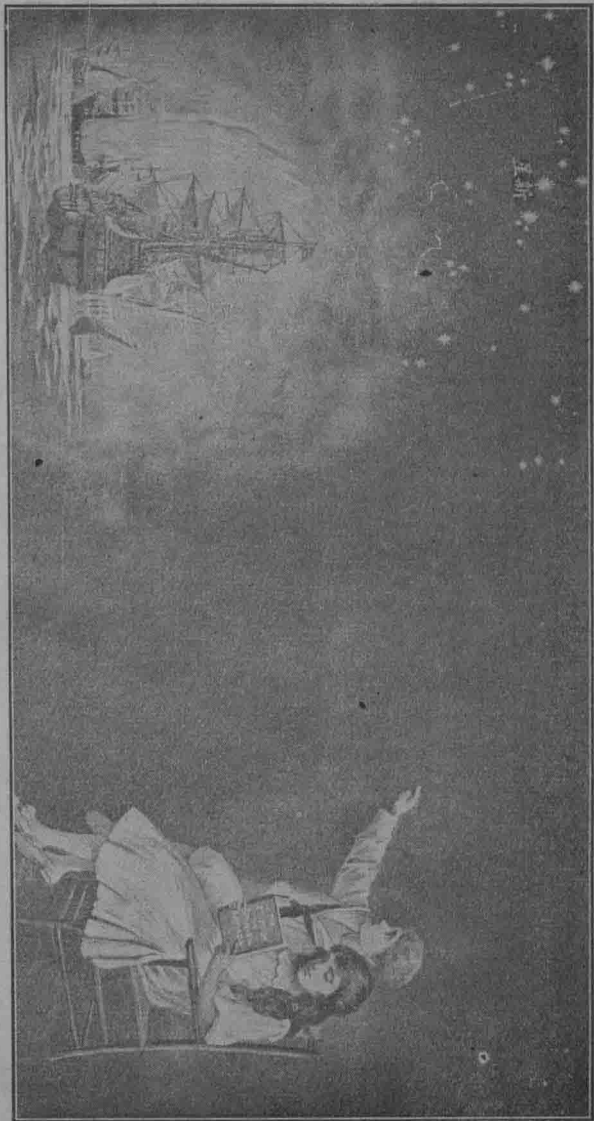
這種學說興盛了好幾千年，就是現在，我們還能够拿一兩個銅元，去買一種無稽的曆本。這些書以爲他們用觀察星辰的法子，可以預言世界上的事。星相家以爲他們所知道的行星，和人的性情品格都有一種關係。他們說：金星司愛情，火星司戰事，還有別的星也各有所司。他們將天空分爲幾部分；他們說：若是某行星進了某部分的天，某種的事就要發生在人的身上，若是一個人的生時，恰巧在某部分的天，升上地平線之上，而又是某行星進去的時候，這事就一定發生在這個人的身上。

古時的錯誤乃現代真理的祖宗。我們知道，上文所說的都是荒唐無稽的。但是若是我們想我們如果在古時，就能知道這些事是無稽的，我們也就可算是呆笨了。世界上最難的事，就是去設想，若果我們生在和現在不同的世界上，我們的觀念和我們的思想究竟是如何的。我們一定不可以輕看那些相信星相學的人，也不可以以爲他們是比我們愚蠢些；不然，我們就是輕看幾個世界上最大的人物了。發現行星行動定律的刻卜勒 Kepler 和英國的大哲學家培根 Bacon 都是很相信星相學的人。若是我們生在他們的時代，他們可以相信的事，自然我們也可以相信的了。

他們雖然是大人物，但是有許多事他們不知道，我們卻反知道。這就像俗語說的，我們在他們肩膀上，所以我們雖小，他們雖大，我們看見的比較他們還清楚。未有天文學之前，星相學不能不生在世界上。錯誤是真理的祖宗；真理既生，錯誤自然就死了。

天文家發現了許多事實，使星相學沒有立足的餘地；其中最要緊的一個，就是哥白尼 Copernicus 所發現

天上我們昨晚所見的星，有的他的本身或者在一千年前早已消失了。這誰也，不容易相信的，但事實上確如此。我們看見星，實在看見的是從那是發出經空間而入我們眼簾的光。這光在空中行走的速度為每秒鐘十八萬六千英里，迅速固已出人意義，但那星體和地球間的距離實在太遠了。那最遠的在紀元前所發的光，直至昨夜纔停到我們眼中呢！例如圖中那個新星，雖始出現已在三百年前，當西班牙無敵艦隊攻英的時候，牠已存在。但地球上直至一千九百年左右纔看見牠。這便因那里離牠的距離牠的光要在空中走了三百年纔能到的緣故。從此可知空中有已存而我們未見的星，也有我們仍見而實已消滅的星。



的太陽爲日系中心點的學說。我們一定要知道，在這事上（正如在別的事上），人類若沒有知道真理，他們就要相信假的道理。所以就是在我們的時代，或是在將來的時代，若是有人不知道天文學的道理，他就要相信星相學了。惟獨真理，可以醫愈謬誤。

我們已經知道天文學，從最初的時候就是有用的。但是我們要注意，真知識的眞用處，和僞知識的僞用處，有什麼分別？那般星相學家說：星學是有用的，因爲牠能使人知道未然的事——這種知識人人歡喜曉得的。

上古的時候星辰爲行旅的引導。有時候這種預言居然應驗（這個并不希奇，因爲預言家常常揀合情理的事來預言），但是大半的時候他們不應驗。若是他們不應驗，他們不但沒用，而且反有害。不過在星相學盛行的時候，那些人也有一點天文學知識。這種知識當時也是極有用的。其中一個用處，就是觀察星的地位，可以使陸地上和水中的行旅，有一個指導。旅行一事，在古時就是不可少的，然而當時沒有好的地圖，而指南針一物，除中國外，別國都還不知道。在埃及，阿剌伯，和希臘等地方，天空常常是明亮的，所以在晚間，星總是看得見的，總可以指導行旅的人的。航海的船，受天文學的益處不少。現在還是如此，將來也要如此。

但是我們所要研究的，是真知識和僞知識的異點。一個是比沒用還不好，一個是極有用的。他們倆都是根據事實的，並且都是根據同樣的事實的——例如某星在某時某處可以看見等。僞知識和牠的結果，是用錯的說明，去解釋真的事實。有用的知識，是用真的說明，去解釋真的事實。

人類如何在數千年間爲謬誤觀念所支配。上文所說的定理，在無論什麼事上，都是應用將來的。無論我

們研究星學也好，研究疾病也好，地質學也好，歷史也好，有兩件事我們一定要知道的。第一就是事實，第二就是事實的解釋。我們一定要先知道事實。這個事實我們或者從觀察得來——例如觀察星辰——或者從實驗得來——例如化學實驗。事實總是事實，我們明白他們也好，不明白也好。並且我們一定先要明白事實。既然得了事實，我們就要去明白去解釋這事實的意思。如果我們不明白這事實的意思，與其自命我們知道的，不如直說我們不知道，然後再仔細去研究牠。

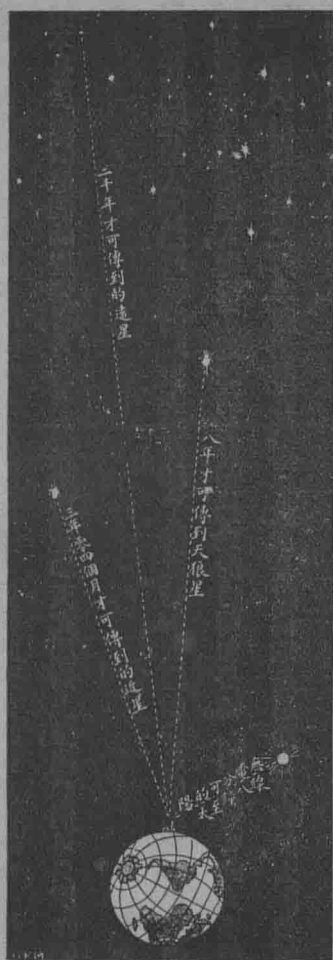
我們感謝稱讚那些星相學家，因為他們發現了許多的事實。但是我們又不能感感謝他們——並且還要責備他們，因為他們偽造了許多的說明，使人類受欺騙。近代的天文家，像星相學家一樣，向我們要錢，不過他們要這錢不是去報酬他們的假預言，乃是去用在望遠鏡和天文臺的上頭，使他們可以再詳細些研究我們所住的世界。

古時代勇敢的人因為信我們現在所信的受了許多苦。人類對於星辰比較的確實知識，發軔在希臘時代。我們知道有幾個希臘人，發現了地球的形狀和地球的自轉和公轉。但是當時的人不相信他們，並且輕看這些真理。他們在幾百年之內，寧願相信那些舊學說，就是說地球是扁而且不動的，太陽是繞地而轉的，因為就平常眼光看去，實在是好像如此的。

但是在第十六世紀的時候，有一個大人物——一個修道士——名字叫做尼哥拉斯哥勃力克 *Nicolas Kopernik*，他是一個丹麥人。現在的人都叫他做哥白尼 *Copernicus*（拉丁文）。他從新再證明二千年來

所不承認的真理，就是說地球是繞日而行的，還有別的行星像火星 Mars，金星 Venus，木星 Jupiter，土星 Saturn，也都是繞日而轉的。

從地球上拍電報到行星的時



這圖使我們明白恒星的距離。無線電報能在一秒鐘中經地球一周，但我們如能透報到遠些的恒星的，就要數上二千年的光陰。

他的門徒，一個意大利人，叫做蓋利略 Galileo 的，發明了望遠鏡的作用。用了望遠鏡，他更能證明哥白尼的學說。他看出來金星的盈虧 phases 和月是一樣的，所以曉得金星繞日的軌道，一定在地球繞行的軌道之內。他并且看出了土星的四個月亮，所以他知道土星像地球，因為地球也有一個月亮。我們叫太陽和牠的統系爲『太陽系』。論到太陽系，這本書已經講過一點了。天主教裁判所，對於蓋利略的學說討論了好久，後來決定禁止他再提起這種學說。他們還強迫他自己宣言，他所發現的事都是假的；若是他不肯宣言，他們就要處他苛刑或死刑。他們還禁止他教授的事業。所以這個孤苦零丁的老人（因為他的女兒死了），終身苦慘，孤獨。

而且被人看輕。但是他的尊貴的名字，卻永遠被人崇拜尊敬着。

差不多在同時，還有一個人像哥白尼，也曾經做過一個丹麥修道士。他所見的，比哥白尼和蓋利略還深遠些。但是他不是用他自己的眼睛發現的。他是一個意大利人，名叫佐達諾白魯諾 Giordano Bruno。若是你們想容易記得些，將他的名字改爲喬治布拉文 George Brown 那亦可以，他這個名字，無論在何時何地都可以不朽的。白魯諾，或布拉文是發明關於我們所住的宇宙新學理的第一個人。所以他所做的工夫，是極有趣的。

我們已經知道，蓋利略所受的報應若何。但是他總有些犧牲自己，不承認他自己明明知道的真理。所以他也不可算一個爲真理殉身的人。白魯諾像蓋利略一樣，也被人攻擊過的。他也曾經自己否認他自己所說的話。但是他後來良心發現，自覺慚愧，因此大膽的再從新承認他所立的學說。在一千六百年，天主教裁判所就定了他的死罪。不過白魯諾曾經違背了他所立的誓，并且造出許多關於宗教的奇說，所以教會說他們是因爲他是一個不悔罪的異端的人，所以加刑於他，並不是因爲他是一個科學家。

牛敦如何成就真理 若是世界上有一天，人類不再會誤會這些人，那時候少年自少到大，就會明白真理是永遠不能失去的，與真理戰爭，就是與造物戰爭，終究要遭失敗的；明白世界上祇有一個穩當而且合理的法子，去對待他們，就是無論什麼人有什麼意思，我們以爲他們對也好，錯也好，總要老實恭敬的去注意他們，不應當侮辱他們。造物自己會審判的。造物說過：『不要審判別人，你們就不至於受審判。』

在我們不曾研究白魯諾如何指導這全世界以前，我們須知道在天文學歷史上，還有一個名字，我們要記得的。他是一個英國人，名叫牛敦。他發現了一個地心吸力律，因為有了這吸力，宇宙間的星辰，就不至於衝突。當他發現這律的時候，他年纔二十三。當他印行他所發現的事的時候，人家都說他是一個罪人，因為他要想奪去造物的榮耀。但是現在我們極尊敬他，並且我們也知道，我們越是明白天然界的東西，我們越能發明白造物者的奇能。

頭一個明白天上恆星都是太陽的人，當白魯諾研究哥白尼的學說的時候，他忽然想着一個念頭，他要研究究竟這宇宙是個什麼東西？頭一個真理他所發現的，就是說，太陽也是一個恆星。因為有了這種意思，他就想到別的恆星了，他想若是太陽是一個恆星，別的恆星自然也是太陽了。

你們想想，這句話的意思是多麼深，他的結束一句話（一切的星是太陽）是更要緊了。人類起先以為地球是萬物之中心點，太陽是牠的附屬品，天天繞着地球而行的星，不過是一點一點的微光，極不要緊的；他們除了預言某年某事要發生了，某人將要得勝了，這些事之外，沒有別的意思的。後來白魯諾卻告訴我們說，這些小小的微光，也是太陽和太陽一樣，或者比太陽還大，而且還要緊；又說這些恆星的四圍，也有許多行星繞着而行的，那些行星上面，或者也有生物，像人類一樣聰明，或者比人類還聰明，也說不定的。這個學說，真可算是人類空前的光榮，而又偉大的發明。在這時候以前，已經有些思想家和神學家，提起這種學說，但是世界上的人，沒有程度去信牠。

在大宇宙間地球好像是滄海之一粟。這個大宇宙係許多恆星做成功的，這些恆星就我們所能算得出的，



地球和全宇宙相比，不過是滄海之一粟。天上星辰的多，就像世界上的汽車叫人難數。而這些星辰卻個個就都是太陽。我們的大陽已算大了，但太空中正有不知比牠大的太陽在移動着。我們的太陽系，只是全宇宙中極小的一部份。這些比較，看圖自明。

已經不下一萬萬了。在這些恆星中間，太陽不過是其中一個，也不可算最亮的，也不可以算最大的，雖然對於人

類，牠是比一切恆星聚起來還要緊些。在這些恆星的四圍，或者也有行星和月亮繞着走的，正如太陽一樣。我們住的地球，和這大宇宙比起來，不過好像是滄海之一粟罷了。若論到這宇宙的大小，我們也可以這樣比較的。我們的地球，和大行星木星比起來，可以算是小了。但是拿木星和太陽比起來，木星又是小了。然而若是我們設想從海王星（太陽系中離太陽最遠的行星）所行的軌道起，一直到太陽的這個空間，是一個固體，一個大球。我們的地球，我們的太陽，就像二三滴水在大湖中，誰還去注意牠呢。若是我們再拿這個大球，和天上許多的物體比起來，這大球也不可以算是什麼。並且我們若拿這大球的直徑，和牠離開最近的星的距離比起來，這直徑還是不可以算是什麼。

所以當我們看到天上羣星的時候，我們別忘記，這些星的距離，是不可思議的，也不可以誤會（像別人已經誤會），以為這些星離地球的距離都是一樣的。

在西班牙無敵艦隊失敗時起程的光線，太陽系的行星，不獨是比那些恆星近我們，並且比較起來，他們好像是在我們門口，別的星好像是無限的遠。大約二十年以前，我們知道一個星上，發生了一件事，大家都極注意。後來天文家算出來，這事實是在伊利薩伯在英國做女皇的時候，就發生的。這光綫在那時就起程，到十數年前，纔到地球上。

照天文家的眼光看起來，天上的星可以分爲完全不同的兩種。在這幾兆看得見的星中間，除了七個星以外，都是太陽。他們離開我們不知道有多遠呢。他們中間有的比我們的太陽不知道大多少呢。八個大行星，

和我們的太陽，和我們的月亮，還有別個行星的月亮，以及幾個極小的行星（他們有的和一個美國的郡差不多大，我們非用望遠鏡看不見他們），合起來就是太陽系。他們和別的恆星都沒有關係，雖然我們看過去，他們好像混在恆星中間。

現在讓我們拿宇宙間所包含的東西，來排成一張表。第一，我們先要注意太陽系的東西。我們拿牠來做一個一切別系的表樣或標本。因為別系是太遠了，所以我們所能殼看見的，不過是他們的太陽（或是恆星）

太陽系所包含的東西 我們太陽系有太陽，八個大行星（地球也是其中之一），行星的月亮，比較小而不緊要的行星（這些行星在火星軌道之外，木星軌道之內繞日而行），許多極小的物，例如石頭，石子，還有一塊一塊的石片（平時看不見的，不過有時他們在我們空氣中間經過，發些亮光，我們就叫牠做『流星』Meteorites，或『射星』shooting stars，還有幾個希奇古怪的東西，叫做『彗星』comets（他們也屬於太陽系，也在太陽的旁邊環行的）。我們實在應該將這表念熟。這表比一張已死帝王的表（其中有的不必念的）還容易念，並且也是像牠一樣要緊的。你們所最容易忘記的，或者是石子，彗星，和小行星。這大行星的名字，我們在第二十六頁上已經讀過了。這些名字，我們自然應該念熟的，並且應該照他們繞太陽的次序念熟。

我們也應該知道這些東西中間，有的我們用肉眼看得見的，有的我們用望遠鏡才看得見的，好像那些恆星一樣。然而他們實在離開那些恆星，像我們離開恆星一樣遠的，而且他們是和我們一家的。當天文家發現一個小行星（已經發現的小行星有一百多）的時候，他們不能殼知道，到底牠是一個比羅得島 Rhode Island

還小的行星，或是一個比太陽還大的恆星。直到他們看見牠在衆星之間行動，他們才知道牠是一個行星。

要明白遠處東西的難處 要知道金星如何和一個恆星例如天狗星 *Shins* 完全兩樣，就是天文家也覺得難得了不得。這長距離的影響極大，牠常常使我們拿不要緊的當要緊，要緊的當不要緊。若是隔壁一個人斷了腿，我們當他比印度地方沈死了兩萬人還要緊些。大半的人，讀報的時候，看見昨天一個人被殺了，他們就當他是比蘇格拉底 *Socrates* 和白魯諾釘在十字架上還要緊幾千倍。在天文學上也是如此；若是一個極小的東西，恰巧在近的地方，我們就當牠是極大的了。或者你們聽見過長頭髮彼得 *Shock-headed Peter* 的故事，他跌進了一個池子裏，因為他走路的時候，不朝前看，反而朝天上望。彼得自然應該當心些，但是我們也可以錯看了他，我們也不可以看輕那些尊敬離他們甚遠的寶貴東西的人，倒反去看重那些思想不出咫尺之外的人，這些人他看一個煤氣火，說比星還亮。煤氣火照我們肉眼看起來，固然是亮的，但是我們思想的眼光應該看得遠些。

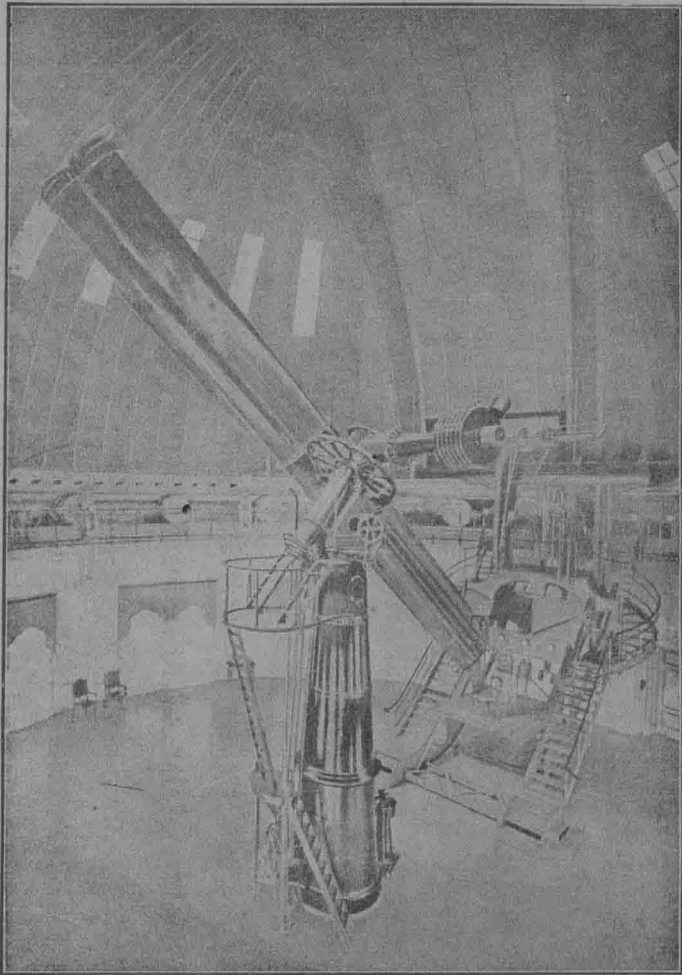
我們永遠不能明白別的星系，像我們明白太陽系一樣。但是當我們看星的時候，我們一定要存一個白魯諾所存的念頭，要常常記着這個星，或是許多行星的太陽，也是許多和我們相類的很聰明生物的太陽。在這宇宙中間，在太陽系之外，恆星之外，還有許多別的東西，我們也知道這些別的東西是什麼。那末，當我們已經知道宇宙究竟是什麼東西做成功時，我們就可以仔仔細細去研究這些東西中間靠近我們的幾個。

我們發現在天空間，除我們太陽系之外，有許多明亮的恆星。我們也發現天上有許多暗的恆星，已經變了

響。

一 之 鏡 遠 望 大 最 界 世

少年百科全書 第七類 地球上冊 天空中的世界



這是表示行星的神祕所用的大望遠鏡之一。牠使我們看天很切近，例如使我們詳細知道火星，有些地方竟比地球還詳細。近代望遠鏡的座子，常用水力來升降，所有器械，也用機器移動着，雖然有幾噸重，並不妨事。牠雖這樣粗大，然而作用卻非常精細。再造牠的費用很大。蓋利略雖是此鏡的發明人，但他沒有像我們現在人的得其大用。

冷的恆星。

我們雖然看不見他們，我們可以用別的法子去發現他們出來；就像去留心他們給予別的恆星的影

星的數目和種類 一個很出名的天文家叫做波爾 Sir Robert Ball 的曾經說過：若是我們指着我們看得見的星說，『攏總的星都在這裏了，』和指着燒紅的馬蹄鐵說，『攏總的馬蹄鐵都在這裏了，』有什麼兩樣呢？發光的星或者比較不發光的星少得多也說不定的。發光的星和不發光的星是完全不同的。我們過一會子，就要論到他們了。現在我們要知道，他們兩種合起來，纔可以算是天上完全的星。這兩種恆星之外，還有一種東西叫做『星雲』Nebula。Nebula 的意思就是雲。這些星雲，看過去像許多小小的雲塊，混在衆星之間。我們已經知道，我們的太陽系，乃是這些星雲做成功的。我們也信別的恆星，和他們的系都是星雲做成功的。

在天空中間，有許多星還沒有完全成功的，他們不十分像星，卻有點像雲，我們就叫牠做像雲的星 Nebulous stars，在第一七六頁上有一張獵戶 Orion 星座裏的星雲的圖畫。在這星雲之間，我們可以看見有六個星，已經開始凝結起來了。在初冬晚上，你們朝南望，你們可以看見獵戶。你們若照圖畫上的地位看去，你們就可找到那塊大星雲了。照我們肉眼看起來，這星雲好像一粒星，位居三粒一排的星居中，古人以為這個星宿形狀，像一個獵戶，三粒一排的星，就像他所背的劍。

有些人說，天上有發光的星雲，也有不發光的星雲。所以我們要知道，星雲有兩種，正如恆星有兩種一樣。彗星在空間所行的奇路 天空中除了太陽系的彗星之外（太陽系的彗星是照着規則繞日而行，和地球一樣的），還有許多別的彗星。一個彗星只好算是一個極小的東西，所以我們要看見，必定要他們走近時。就

是太陽系的彗星，也是不過他們近太陽的時候，纔看得見，近年來，許多天文家正在觀察他們。若是他們走到太陽系之外，就看不見了。不過我們知道，他們是在那裏，因為他們有時就走近了我們。這些彗星衝來衝去，有時衝到太陽附近，我們就看得見牠了，但是他們在太陽的週圍圍繞了一會子，又衝到別的所在去了，或者從此以後永遠看不見了。天文家知道這些彗星不是屬太陽系的，他們并且知道他們永遠不回來了，因為一個彗星的軌道不是像一個圓圈，或是一個橢圓形，牠的軌道只像這樣的形狀U。所以直等到牠破成許多石頭隕石的時候，牠永遠不會到一個恆星跟前走兩次的。

使我們觀察天界如看書的器械 上文所述的，就是天文家要研究的事。要達到目的，天文家有許多手段來相幫他們。第一，就是心的器械，這是什麼呢？就是萬有吸力律。我們都曉得地心有吸力，不然，地上的東西也站不住腳了。牛敦發現出來，月和地球也有個相引的吸力，并且地球和一切行星，都是被太陽吸住。不過六十年前，人家說，我們永遠也不能夠確實知道太陽系之外，有沒有吸力，星和星之間有沒有吸力？但是我們現在已經知道，一切星中間，都有吸力的。我們也相信，這條律無處不能應用的。這個萬有吸力律的智識，是極有用的；這知識便是一個器械，使我們可以得着新知識。

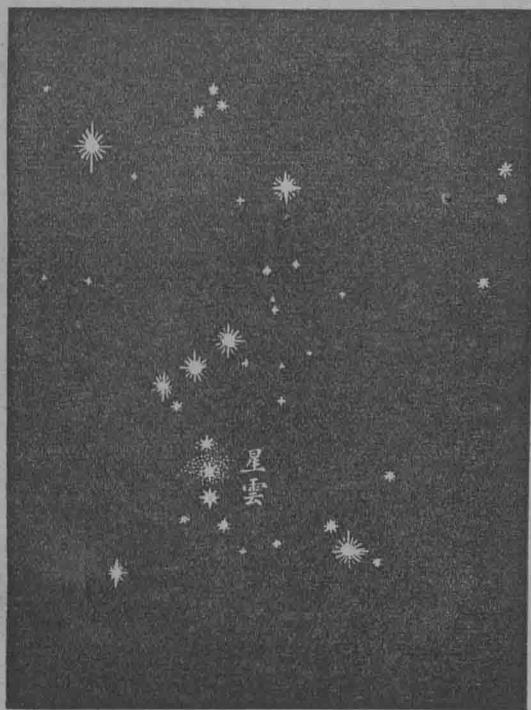
我們還有兩種相類的器械。第一就是望遠鏡，望遠鏡使我們能夠看見天上的星，和他們的行動。第二是一種比較新的器械，叫做『分光鏡』。分光鏡拿星所發出的光，分爲許多顏色，使天文家可以知道星的性質。有了這個器械，我們證明出來輕氣，鐵，鈣，炭氣，養氣，和許多別的世界上的所有的原素，星中間都有的，并且星就是這些

東西做成功的。這個發現是極希奇并且極要緊。既然除了星的光以外，我們沒有別的東西，可以做研究星的根本；既然用了這些器械，我們可以極仔細的研究這光，看起來將來天文家，也不能夠有更有價值的器械了。但是我們說將來做不到什麼東西，我們還不如不說的好。

我們現在要研究天上諸

星的種類，我們必定先要描寫他們的性質和形狀，我們必定要看看太陽，研究牠是什麼造成的，牠如何放牠的光明，牠的斑點若何，牠有沒有大氣？我們必定又要研究月亮，因為牠是我們最近的鄰舍——雖然彗星和隕石有時比月還近些。

我們研究了月以後，我們就



這是獵戶星座，一到冬夜，在天南發光很亮一月裏，稍過半夜的時候，牠的地位是在正南，在二月和三月裏則到正南的時候，略為要早些。星雲星是三個星中間的一個，那三個就是古人稱為獵人的劍的

可以曉得地球到幾千萬年以後，要變成什麼樣子？我們要留心那些行星。我們要特別注意火星，因為火星有許多的地方，和地球相同，并且牠是近到這地步，以至我們曉得牠的北極，比知道我們地球上有些部分還清楚些。

等到我們將太陽系已經研究得夠了（不是因為太陽系比別的系要緊，乃是因為我們所能夠仔細研究的祇有牠），然後我們要留心那些恆星，把牠一種一種的描寫出來，例如熱星，冷星，鈣星，輕氣星，單星，雙星，星雲星，無常星，不變星，和種種別的星。

不過我們要知道，描寫和說明，是完全不同的。這理不但在偉大的星上可以應用，並且也可以應用在一個渺小的孩子身上，或是無論什麼東西上。所以我們要盡我們的力量，去說明他們的歷史，他們的構造，他們的命運，以及天河 Milky Way 的緣故。我們自然不能夠回答攏總的問題，不過我們要盡我們的力量就是了。雖然人家常常說：天然的事，不是我們應該研究的，但是我們漸漸就要知道，我們知道的越多，我們越明白造物者的奇功了。

太陽的奇異

我們研究天體，自然先從太陽着手。牠是衆天體中和我們最有關係的。牠是地球上生命和美麗的來源。太陽中有點兒變化，就能影響於我們呼吸的空氣。我們研究太陽，就是研究天空中我們最熟悉的星，所以我們可以從太陽推測到別的星體的情形。

我們對於太陽的頭一個觀念，就是一個大的灼熱的球體，從無數的年代到現在，日夜不絕的四面放射出滔滔的光線和熱流。我們只要看地球上所受的光和熱，就可以知道牠的力量何等的大。但是我們要記着，射在地

上的光和熱，和太陽所放出全部的光熱比較起來，正如滄海之一粟。

我們既然知道地球的大小和太陽的距離，我們就可以計算出來太陽射在地上的光熱只抵牠全部的二十萬分之一。但就這不足輕重的小

部分，已經能使毫無生命的地球，成爲我們現在充塞生命和美麗的地球。

有人說得好：『我們所有的生存和活動的力量，我們四周所環繞的東西，我們從大自然中所得來的美麗，種種都是靠空中無數天體中之一稱爲太陽的福氣。』如果有二十萬萬個地球靠太陽得到這許多益處，太陽也能滿

足他們的需求。從這裏我們可以想擬太陽的力量了。太陽能殼給地上

男女老小每個人一份地球所受的熱，而還剩許多，可以再給幾萬萬個人。

地球和我們小小的身體比較起來，自然是很大的了。從地球這邊到

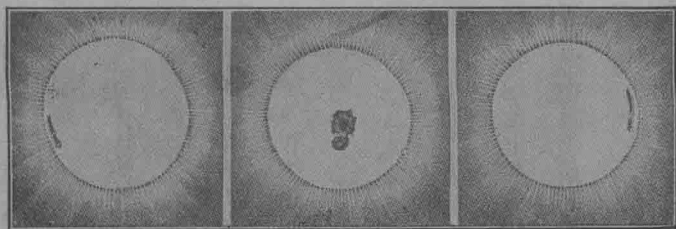
那邊，貫穿中心劃一條綫，大約有八千哩長。這條綫就稱爲直徑，直徑的意

思，就是橫穿量。太陽的直徑是 865,000 哩左右。太陽是差不多渾圓

的，正如一個球。我們只要把三又七分之一來乘牠的直徑，就可以得到牠

的周圍的長度。如果你照這樣做，你可以算出環繞太陽有多少路。地球

25,000 哩的周圍，和太陽的比較起來，簡直沒有東西。有人算過，每點鐘六十哩的火車環繞太陽走，要不停的連



這三個圖，指示我們太陽的轉法。第一圖中，我們看見一個小黑點；天之後就到第二圖的地位；再過六天，便到第三圖的地位上了。黑點是不動的，所以知道是太陽自

走五年，方能兜一圈子。等一會兒我們可以知道太陽和地球一樣，也在那裏旋轉不已。雖然牠週身轉一次所費的時間比地球多得多，然而牠的身體大得利害，所以牠面上無論那一部分一定是動得極快。

太陽比我們地球大一百萬倍多 如果把太陽割為等大的一百萬塊，每塊都比地球大。然而他們的重不及地球，因為他們體質比地球鬆得多。所以太陽的重量並不是一百萬倍地球，只不過三十萬倍左右。因此我們知道地球比了太陽已經縮小很多，裏面的體質也結實許多。地球所以結實些，是因為地球上大部分的體質已凝結為流體和固體；而太陽全部分是氣體。雖然太陽中心的氣體是很結實，但平均算起來，一塊的太陽比同樣一塊的地球輕得多。在天氣清明時，我們說今天太陽熱得很。太陽的熱很可以把人的面孔和手上的皮膚燒灼得發油。世界上有的地方，太陽直接從空中曬下來，在日中時簡直沒有人能抵擋牠的力量。

太陽本身的熱可以把地球烘得皺攏來 上一段形容太陽熱力的話，實在不能算為完全。我們曉得各種東西的熱度可以用寒暑表來量的。用普通的寒暑表作準，我們說人類的體溫在九十八度及九十九度的中間，用符號來代表就是 $38^{\circ}-39^{\circ}$ 。如果在蔭處的空氣有這麼熱，我們一定受不住。沸水比較這個還要熱，而火柴的火燄，或無論什麼火則比沸水更熱得許多。為幾種特別的用途，如熔化某種金屬，我們必得在地球上做出人力所能達到的高熱度。在一種電爐裏，我們能殼費了許多錢，經過了許多困難，用電暫時造出差，不多一萬度的熱度。但這許多的熱度都不及太陽內的熱度。太陽的熱度雖然有許多人都算過，確實多少卻不容易知道。但是如果我們暫定太陽表面的熱度為一萬和一萬五千度間，留這五千度為伸縮地，我們一定不會有錯誤的危險。

外面這樣熱，裏面一定更熱得許多。假使要地球的熱度升到這麼高——譬如說把地球放在太陽的大氣裏——不但是每個生物還沒到這度數之前老早已燒完，並且在極短的時間內，全地球，包括海以及最硬的石頭，就要一起變成一團熱氣。這熱氣也要像太陽一樣放射出光和熱，但自然只能在很短的時間內，因為地球是比較的小得許多。

離地球 93,000,000 哩 一個火焰燦揚的大火團 如果漸漸的把地球舉到太陽那裏，到某距離時，世界上所有的化合物都要分散開來，太陽的熱度可想而知。在太陽的熱度裏，沒有化合物能殼存在。地上所有的水到那時，先變成氣體，然後分裂成原來構成牠的輕和養二氣。砂和石是養化的砂 silicon 做成的，也要分解為養氣和砂。這許多的原素，以及別的原素，金屬也在內，都要變成極熱極亮的氣體。這一個簡單的形容，可以使我們知道一點太陽裏到底包含什麼成分。

太陽和地球的距離每天有一點變更，因為地球繞太陽的路並不是一個正圓形，冬天比夏天近些。但這變動是極小，而平均的距離大概是 93,000,000 哩左右。

這個距離和地球的大小比較起來，是很大的；但和別的星比較起來，卻是極小。正如波爾所說的，『實在的情形是：我們和太陽比較的靠近些，可以得到牠的光和熱，而和別的最近的恆星則我們和牠中間，隔開一個大而無際的深淵，就此和牠生分了。』

地球的末日在宇宙中不過是一顆星的隕滅 如果太陽漸漸的離開我們，直到牠和最近的恆星同等遠時，

那時地球要永遠在黑夜裏，沒有一個生物能生存着。如果有一個人還能住在這樣的一個地球上，如果太陽在那個距離還看得見，那麼太陽看過去和別的星一樣，並不是他們間最亮的。如果太陽和地球以及他們所包含的東西一旦消滅，於宇宙的影響不過是一顆小小的星不再閃爍發光罷了。

或者你們看見『小小的』這三個字，以為我們曉得太陽是何等大的，如何稱牠小小的？但大小這類字，都是相對的名詞。一個東西和別個東西比較，方能有大小之別。和化學裏的原子來比較，就是最小的細胞也是大的。我們的身體和細胞比較，可以稱爲大。地球和我們的身體比較，也可以稱爲大。太陽和地球比較，也可以稱爲大。然而太陽和看得見的宇宙比較便是很小的了。我們看得見的宇宙，雖然光線要走幾千年纔能通過，和我們看不見的無限的宇宙比較起來，相形之下簡直沒有什麼東西。

蓋利略頭一次用望遠鏡窺太陽時所看見的東西。在一六一一年，蓋利略藉望遠鏡的力，發現了太陽上有些黑斑，在太陽的面上每天移動着。這是一個很有趣味而且很有關係的發現；雖然牠對於蓋氏自身，發生了很可怕的影響。在希臘大思想家亞里斯多德的著作裏，沒有講到關於太陽斑點的話；所以那時有權勢的人說：蓋氏所稱的太陽斑點，是因為他的望遠鏡或眼睛有毛病所致。不但如此，他們並且以發現太陽有斑點是侮辱太陽，以太陽爲有缺點；所以這個發現是大逆不道的。但從那時起，我們漸漸知道太陽斑點是關於太陽最有趣的事。如果太陽面上碰着有大的斑點時，我們可以徑自用肉眼隔一層薰煙的玻璃看得出。如果我們天天觀察，我們可以看出，正如蓋氏三百年前所發現的這種斑點時在移動，從太陽的這邊超過到那邊，於是不見了；隔

了幾時，再在別一邊出現。

觀察時，我們也覺得當這斑點靠近兩邊時，似乎變得狹一點，好像是我們從側面看過去的樣子。這個現象只有一個解釋，就是太陽自身也在旋轉。我們現在知道太陽兜一轉，需時二十五天多，所以太陽每轉一回地球轉二十五回多，到底多少回我們也不確實知道，但也許要到二十七回。地球的自轉構成我們的日夜，但當然不能影響於太陽無論那一部分的光明。牠是構成我們白天的根源。

太陽的斑點如何證明太陽的旋轉 研究太陽斑點如何移動，如何變形，可以幫助我們證明太陽如何旋轉。我們觀察時，看見一個斑點越過太陽的面，費時十二三天，我們也看見各斑點都是朝一個方向移動，這個方向自然是太陽轉動的方向。我們也看見太陽旋轉的方向是和地球以及環繞太陽走的各個行星所轉的方向一樣。月亮繞地球和牠自己旋轉的方向，也是這個方向。這個關於太陽和各行星及其衛星的運動的緊要事實，還有別的事實，都使我們相信，這幾個天體實在有公共的歷史，實在都是從一個祖宗出來的，正如上文所說過的。太陽的斑點不是在太陽面上各處都看得見的；有的地方看得見，有的地方看不見。近太陽的中線或赤道，我們不大看見斑點；近兩極，則從來沒有看見過。在太陽面上也有各道或各帶，和地球上的溫道相彷彿；只在這溫道上方看得見斑點。

這個事實自然和太陽的各部分的構造有關係，但現在我們還沒有確實懂牠的意義。有時我們竟也看見一個斑點靠近赤道或離兩極不很遠。我們把這幾個斑點的移動的速率來比較起來，我們看出近赤道的兜一

圈子比近兩極的少些時候。如果這些斑點是在一個固體的面上，各部分同時旋轉如一個陀螺的，那麼他們兜轉一回，所費的時間是相同的。

可以容納一個地球的太陽斑點 太陽各斑點的速率不同，只有一個解釋，就是：太陽的表面用不同的速率環走着，這是很可能的，因為太陽是一團氣，不是一個固體。近來在研究偉大的木星時，我們已經很確實的知道，當木星旋轉時，牠的各部分同時也不甚聯絡的各自環走。這和太陽一樣，表明木星外部不是固體的，而是氣體或半氣體半流體的。

我們普通所稱的太陽的斑點，是比太陽的別部分更暗些。但還有別的比太陽別部分更明亮的斑點，數目或許比黑暗的斑點為多。我們現在還沒有知道，這種斑點到底是什麼東西。但我們可以分析他們那裏來的光綫，希望不久便能知道他們是什麼東西構成的？我們心中一定要存一個觀念，就是：太陽含有極深層的熱氣，這種熱氣，從我們別種研究裏看出來，是時時在很大的激動中。至於黑暗和明亮的斑點，大概是某種氣聚在某處地方的現象。他們也許是太陽深部的熱氣潰湧而出，但我們還不能實在解釋什麼理由。我們稱他們為斑點，但斑點兩個字很容易使我們誤會他們的大小。我們常常可以看見太陽面上一個斑點，實際上竟可以容納兩個地球。

太陽面上的變遷如何可以移動地上的一根針 還有一樁事我們沒有解釋過，這是很有趣值得知道的，就是：太陽斑點和地上所發生的事情有一種關係，對於地上磁力的變遷尤甚。地上磁力的變動，和磁針行動的

改變，都和黑暗的太陽斑點的大小及數目相符的。如果我們想一想，就要覺得這實在是很可驚的事。太陽表面上有變動，地球上的磁針就替他們記錄起來。大概說：太陽斑點能使地球（大磁石）發生變動，間接吸引磁針，這句話是不對的。不如說：太陽裏發生了什麼事，一方面使斑點發現，一方面也使太陽所加於地球的磁力發生變化。

太陽十一週年律的疑謎 還有一件關於太陽斑點更其特別的事。這事就是他們的數目及大小，年年有規則的變化。這是確實的，無可疑的，因為三百年來一直有人細心觀察他們。在這三百年內，他們數目及大小，從頭到尾經過有規則的增加及減少，每十一年他們便恢復原狀，然後再開始下一次的十一年的變化。這樣子的輪流不已。凡一種按規則周而復始的變化，我們稱牠的每一週為一環。所以我們可以說太陽斑點的變化是十一年一環的。裏面的原動力，一定是一種盛而衰衰而復盛的勢力。這個勢力是什麼，為什麼這樣，我們絲毫都不知道；但這個事實將來總可以幫助我們更知道些太陽裏的實在情形。

羅擊教人如何看見太陽上一種新的光 事情很湊巧，月亮的大小及距離，和太陽的比較，能使月亮居我們和太陽中間時，恰好不大不小將太陽掩住了幾秒或幾分鐘。當那短時間內，凡從太陽邊上突出的東西都看得見。這種突出的東西確實是有的。他們很美麗，並且能告訴我們許多關於太陽表面的智識。他們的光明比起太陽的火焰差得遠，所以平時看不見，正如星光在白天看不見一樣。只有在太陽完全蝕時太陽被月亮遮蓋時，我們方能看見這種突出的東西。

但幾年前一位英國大天文家羅掣 Lockyer，發明了一種儀器，可以在太陽沒有蝕時看得見這些突出的東西。這些突出的東西是多量的熱氣。他們放射出來的光和太陽本身的光不同。羅掣的儀器能使我們把普通的日光掩蓋起來正如月亮在日蝕時所做的使我們看得見突出的氣體。他們的特色是他們的鮮紅奪目的顏色，和他們體量的偉大。

大足以吞地球的火焰 對於這種突出的東西，我們最好當他們爲火焰。他們也像別的火光熊的跳躍。但這種火焰體量大而離開我們遠，所以非得觀察他們好幾分鐘，或一二點鐘，不能看出他們的動作。完全的日蝕最久不過幾分鐘；如果天文家不能有幾點鐘的觀察，我們現在關於突出物的智識要成爲不可能了。有時我們能看見一個大火焰從太陽的面上突衝而出；所以我們可以曉得太陽的外層一定不是堅固的體質，而是永遠爲大波濤所激盪的。地上沒有什麼風濤可以和太陽上的風濤比較的；太陽上的風濤是比地上最熱的火爐還要熱的熱氣風濤。我們能量這種火焰的長度；有的竟至於十倍或十多倍地球的直徑。三十年前有一個火焰，曾經被人觀察，在一兩點鐘內從太陽裏衝出，大約衝過了三四十萬哩的長度。後來在幾分鐘內，這個最大的火焰裂散，一刻工夫又不見了。

我們幾秒鐘內所看見的太陽的冠冕 這種火焰從太陽裏突出，大約在一秒五十哩的速度左右，比最快的來福鎗的鎗彈還要快一百倍。從這裏我們可以擬像牠的大小和牠的力量了。

冠冕就是環在頭上的一種東西。太陽在完全的日蝕時也有牠的冠冕。在第一頁上一幅插圖可以稍使

我們知道，這個環太陽的一匝火焰是怎樣的燦爛，有什麼形態，雖然沒有圖畫能表出牠的偉麗於萬一。我們平時心中應該常常懸着一幅太陽日蝕時的圖畫，而在每天看見太陽時，應該記着，如果我們的眼睛不是被牠光所炫耀，我們能夠看見牠的周圍的奇異的東西時，牠的壯麗要增加幾千倍。

太陽偉大的出產是光和熱。這兩種東西都是以太中的波浪，以太不是實在如原子等有體質的東西。但近來我們時常在地球上研究火焰，熱氣，或熱的金屬所放射出來的東西，這些熱的東西，不但像太陽般放射出光和熱，並且也放出很小塊的電質，就是構成原子的電子。

從太陽放射出來的電子 構成太陽的熱東西，不絕的在猛烈的激動中，放射出電子來。所以太陽不但時時的向各方放射出熱和光，牠並且也放射出這種極小的粒子。這種粒子向無限的空間飛去；太陽系裏有許多事情，大概是由於他們而發生的。舉一個例，譬如關於彗星的尾之現象。彗星靠近太陽時長出一條尾來，離開太陽時，這尾從後頭轉到前方去。這是什麼理由呢？大概是因為從太陽裏射出來的電子衝擊着彗星，把彗星輕鬆的部份趕到和太陽相背的方向去了。

我們已知道太陽裏面是沒有化合物的，並且也已知為什麼這樣的。我們研究太陽的光線時，總可以知道太陽裏大部分是什麼原素；至少可以知道太陽的外殼含什麼原素。太陽的冠冕——太陽邊緣突出的部份——大部份是輕氣，而羅掣以為還有一種原素，這種原素在現在的地球上沒有的。羅掣給牠一個名字，叫做哥羅寧 Coronium。近太陽的本身，我們可以證明有許多我們所熟悉的，我們身體上找得着的原素的氣

體，如輕鈣（即石灰）、鎂（燃燒時能發出極明亮的光）、鈉、鐵和別的許多的地球上普通的金屬。

太陽或許是中年的星。把太陽的各種情形和別的星比較，是很有趣的事。我們現在知道無論什麼星，太陽也在內，都有牠的歷史。他們不能永遠這樣的明亮。他們必得漸漸的冷去。他們冷時，他們外部的化學結合發生變化，而光的性質也跟之而變了。我們信太陽是在一顆恆星的歷史的中途。一顆恆星在牠的最熱最亮的時代會發出白色的光。天狗星 *Sirius* 就是這種星，我們從地球上看起來，牠是空中最亮的恆星了。我們以為這種白熱星的原素會發生變化，牠漸漸的變冷，顏色發黃，如太陽一樣。在天空中我們還看見別種的恆星，顏色發紅；用顏色來推測，他們的化學組織和現在的太陽不同。

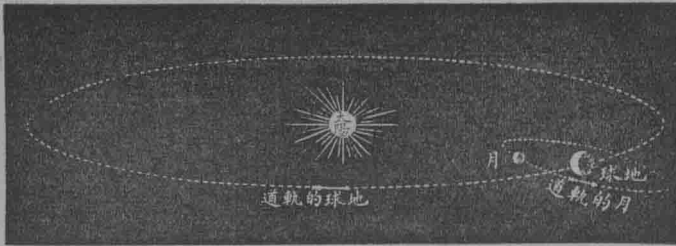
太陽在我們生命中所表現的力量。我們所得的智識，使我們敢說：太陽和行星和衛星都是一個大體所分裂的各部份。我們知道各部份都在冷去，而且縮攏來。我們從恆星和星雲的研究裏，可以推測太陽已往的歷史。從別的紅色恆星，從我們關於暗星所曉得的一點兒，從地球（從前也和太陽一樣但已很快冷卻了），從這幾種的研究裏，我們可以猜想許多關於太陽將來的情形。

同時我們知道從地球生命開始時，太陽已是這個樣子；而地球上生命沒有消滅以前，牠還得要這樣繼續下去。總而言之，地球有生命一天，太陽總是光和熱的力量以及別的力量來源；維持所有的生命；製造雨水和河流，贈送地球以光明、顏色和美麗；供給我們植物的食料，因此使我們行動時，我們的筋肉會工作，使我們的眼睛會看太陽和大地的美麗，使我們的腦子會知道爲什麼有這許多的事情。

月——晚間的燈

自幾千萬年前到現在（至少也有五千萬年了），地球旁邊有一個衛星跟着，我們叫牠做『月』。在不論那個時代，人類都是極佩服月的。在不論那個國家的歷史上，都有膜拜月亮的記載。自然照我們眼光看起來，太陽之外，牠就是最亮的了。所以太陽是日間的王，月就是晚間的后，做詩的都把牠來做吟詠的材料。詩人常常拿月的光，做貞潔的表記，雖然我們知道，這光並不是月自己的光，乃是太陽的反光。

在現在，人類不復以為萬物都因為他們而生的；我們也不復相信，月有使人發神經病的能力。但是我們知道月有重要的影響及於地球的。第一個明白的影響，就是月放出月光來，給人家晚間很有用。我們已經知道，地球受太陽的光是如何的少，月既然比地球小，牠所受的光，自然更少了。有人算過，要六十萬個滿月照在地球上，纔可以使地球晚間，也像日間被太陽照的時候那麼亮。太陽是一年到頭發光的，所以月亮向日的那一面，也是常常亮的；除卻有時，地球走到太陽與月之間，那時月就暗了幾分鐘。我們看月在一月中間的盈虧，就可以知道月自己是不會發光的。這個我們很熟悉的盈虧，祇有一個解釋。這解釋就是月的光，乃太陽的返光。若是月背地球的那一面受太



陽光，我們就看不見月了。

不過有時，我們看見一種，俗語叫做『新月抱老月』。我們看見一鉤很亮的新月，其餘的部份也隱隱約約看得見。這個因為那亮的部份是太陽的反光，其餘的是地球的反光。這樁事，也可以證明地球從遠處看起來，也是很亮的。牠反照太陽的光很多，所以有時牠可以使月也受牠的反光。

月所以明亮的緣故，是因為牠離地球甚近。在天空中間，我們所看得見的東西，不過有極少數的比月小，然而月比無論什麼東西，都近我們。月離開地球不過二十四萬哩——比地球圓週的十倍還少些。這個距離，和地球離太陽，或是離火星的距離比起來，自然是極小了。因為牠是近我們，所以我們可以用望遠鏡來研究牠，別的東西，更加詳細些。

月何以冷得這麼快 不過月是極小的，我們所能看見的一面，只比歐羅巴洲大一倍。你們若是到地圖上去看歐洲，你們就知道歐洲不可以算大的。月的直徑，比地球的直徑的四分之一稍大些。若是拿地球切成一樣大小的五十塊，每塊搓成一個圓球，每塊圓球就像月亮一樣大了。但是月的面積差不多等於地球面積的三分之一。這些數目，是極要緊，而且有趣的。看了這些數目，我們可以知道，若拿月和地球比起來，月的面積按牠的體積的比例算起來，還可以算是很大的了。牠的體積，是地球體積五分之一；然而牠的面積，卻有地球面積十三分之一。因為這個緣故，所以月比地球先冷得這麼快，而月的先冷就發生了兩樁事。第一，月亮今日無生命的情境。第二，牠的表面的形狀——這形狀使我們知道牠的生命是短而速的。月球的表面因冷而縮到

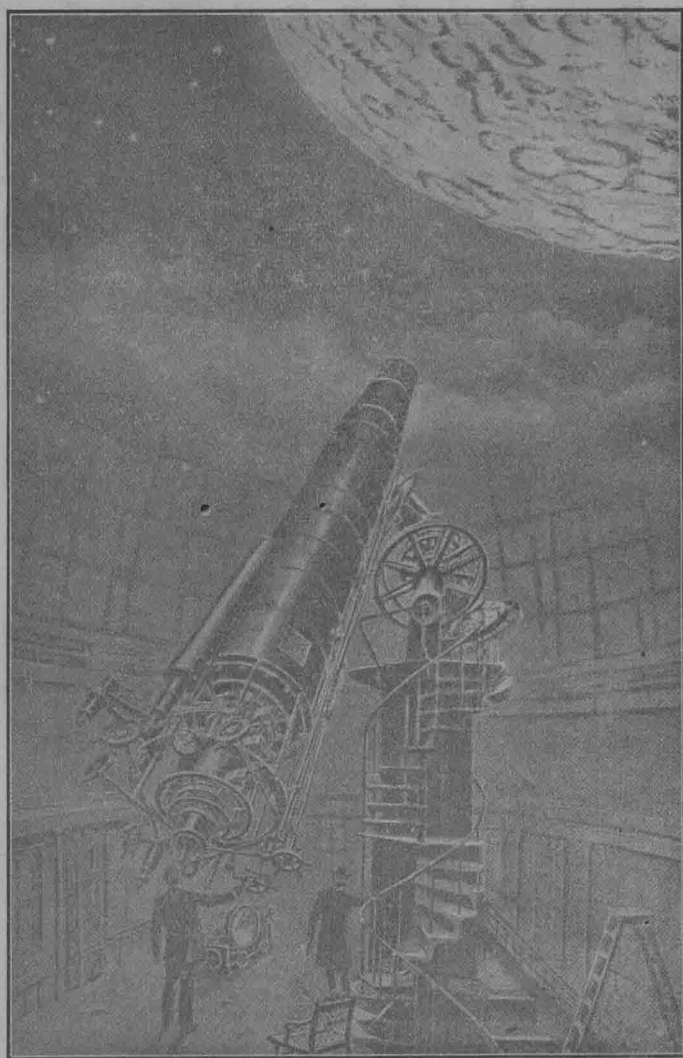
中心去，因為牠縮得快，所以就發生出奇奇怪的激烈變動，這些變動留下了許多痕跡，使我們因之而加以研究。月的另外半面人類永遠看不見的。因為月的不甚變動，我們就知月和地的距離，也是沒甚變動的。這緣故當然是因為月繞地的軌道差不多是一個圓環。月球繞地凡二十七日又三分之一而一周。這個日數就是每個陰歷月份的日數。按陰歷上算起來，每年十二月；然而這個不過是因為簡便的緣故，其實每年有十三月還零些。換言之，在地球繞太陽一次的時間內，月繞地十三次多些。

但是在月球繞地的時候，牠祇拿一面向我們。這緣故是因為月繞地的時候，也有一個自轉，月繞地一次，同時牠也自轉一次。換一句話說，月的一天就像地球一月那麼長。

所以若是月上有人，他們也就有日夜，因為月球也有自轉。但是因為月的自轉甚慢，所以牠的一晝，差不多有我們兩禮拜長，牠的一夜，也是這樣長。

我們知道月亮比我們知道阿非利加更詳細。自然我們希望要看見月的那一面，但是我們可以相信，若是我們能夠看見牠，牠也不見得和這一面有什麼大不同的地方。現在我們已經拿我們看得見的一面，詳細細細的用圖畫和小照來把牠佈置起來。波爾 Sir Robert Ball 說得好：『天文家曉得月的表面，比地理家曉得阿非利加內地還清楚些。月球上小小的點，像英國教區那麼大小的，也已經位置在圖畫上了。更要緊些的東西，都已經有了名字了。』不過上文所說的，只講到我們看得見的一面；別一面我們是不知道的。若是我們觀察月的圖畫，或是用一個望遠鏡看月，我們看見月的表面，和我們平常所看見的表面，是大不同的。我們一會子

就要知道，月的表面何以有這個狀態



天空中諸世界最近我們。我們用望遠鏡看時，牠便如圖中右角上的樣子顯示在我們眼前在大望遠鏡中看起來，牠格外顯得大，我們一時之間，竟只可研究牠小小一部份，而且我們可以把牠作成一個詳細的圖表，有幾部份比了地球還可以詳細些。

月的表面上有許多痕跡，最大的痕跡就是深色的大空隙，我們就是用肉眼也看得見的。

雖然這些大空隙

沒有水，古時的天文家叫他們做『海』。我們也看見很大的稜脊，這些就是山脈。還有圓圈，他們是火山的遺跡。

許多我們在月面上所看見的東

西，都很顯明的，這是受了外來的光所

致，我們還看得見他們的影子呢。當

月滿的時候，當日光直照在月上面的

時候，我們看不見這些影子。雖然這

時候，照我們肉眼看過過去，月是很美麗

的，天文家在這時候，不能像別的時候

研究牠那麼容易。若是我們要看見

月上面的山陵，最清楚的時候，我們要

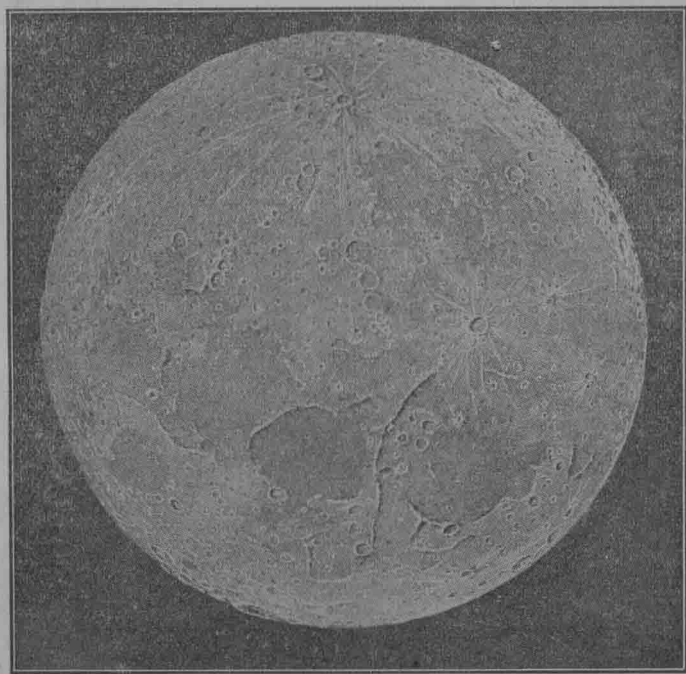
等到這山在甚近光暗分界的時候。

這時候太陽的光線，斜照在這山上，我

們可以看見牠的形狀，和牠的影子，并

且可以知道牠的大小。

月 的 畫 圖



月實在是一個死的。世界和地球繞日一樣，繞着地球。牠自己不發光，我們所見的是太陽的返光。

月上的山的影子是極清楚極明瞭的。

這是因為月的週圍沒有空氣。

地球上的影子，不能這麼黑，也不能

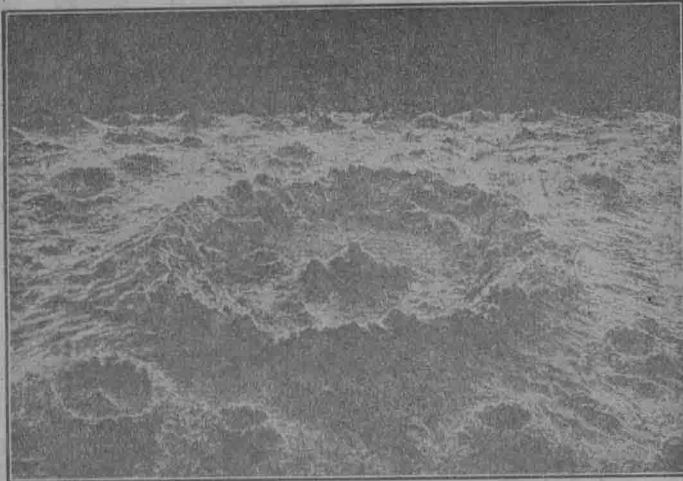
這麼分明；因為空氣拿光綫散開，使有的光綫照在頂黑的影子上，所以不會清楚。我們知道在地球上量影子的長短，可以很容易知道一個東西的高低。我們可以在日中量牠；那時太陽最高，若是我們知道那天太陽的高度，我們就可以算出這東西的高低來，並且有的時候，影的長短和東西的長短是一樣的。要知道月上面山的影子幾里長，是很容易的事。我們也可以算出，當時若是有人在月球上，那太陽的高度若何。因此我們也可以算出來，月上面山的高低，和火山口的邊的大小。我們算出來在月上面，有些火山口，有五六十哩濶，有的更闊些。有些火山有極高的牆，約有一萬呎。沒有深的火山口的地方，我們可以看見一片大平原，中間有些還有山峯，有些沒有。這些火山口中間極好看的一個，叫做哥白尼 Copernicus，還有許多別的天文家的名字，都拿去作這些月球上火山口的名字。

地球上未有人類以前的事 天文家以為月球上面，至今還有小小的事發生。例如我們相信月上面，現在有一個小火山穴，是從前沒有的。雖然我們一點也不疑惑，月上面現在仍舊時有這般小的事發生，然而我們知道，這些事若是和從前的大變動（就是使月的表面變成這個形狀的大變動）比起來，真是不可同日而語了。照我們揣度起來，當這些大變動發生的時候，不但地球上沒有人類，並且地球是熱到那地步，無論什麼生命，都不能生存在牠上面。

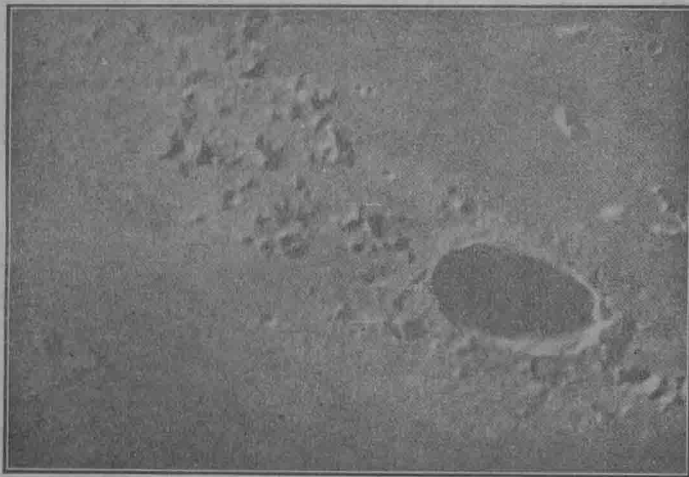
無論如何，既然小的東西，比大的東西冷得快，月球上的激烈變動，也是很自然的。月面上有一個火山口，牠的闊有八十哩，並且月球的火山和山嶺，不是只東一個西一個罷了。他們是遍滿月的表面的，差不多沒處沒有。

的。若是我們要曉得什麼緣故，月上面有這麼多的堆高起來的東西，這回答又是因為月小的緣故。

態 狀 的 月



月面還是種種痕跡，最清楚的便是我們肉眼也能看得見的。而大的平原。用大望遠鏡看時，則能看見圖中所示的大山脈，大火山口。這圖是一個天文家做的月面攝影。這些山嶺，為了沒有風雨的消蝕，比了地球上的山嶺，壽命要長些。



這是柏拉圖火山相近地方的一個照相。黑洞就是火山口，直徑不過五十哩。口旁的牆就是左旁的黑影，有些地方有八千呎之高。圖左稍上處，我們可以看出見一個深谷，好像是一個大隕石經過時所造成的，又有些像地震所弄成的。

人在月上面可以跳過一條街。月亮表面上的吸力，和地球上的吸力，是大不相同的。比較起來，月的吸力

不過當地球的吸力六分之一。一個在地球上能跳六呎高的人（有些人能夠跳這麼高的），在月亮上能夠跳三十六呎高。照這樣看起來，當月亮上的火山，擲出下面的東西的時候，他們所遇的吸力的阻力，自然是極小了。因此我們就可以明白，月的表面何以有這麼多堆起來的東西。

月表面上的一切狀態，都是因為火山的噴發，和月球極快的皺縮所致的。在地球上是大不同的。除了這兩個大緣故以外，地球上的一切變故，還有別的原因。如空氣，風，和水，都是能釀成這一切的變化。我們研究地球的時候，已經知道空氣和水與地球表面的變化，有什麼大關係。在月亮上面，是沒有什甚空氣和水的，所以波爾說：

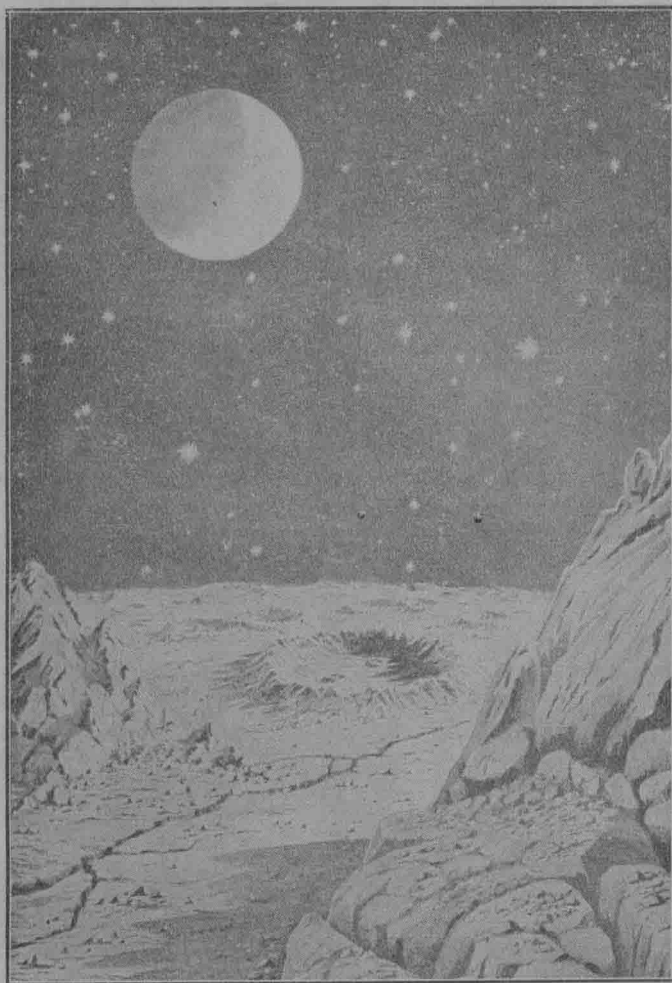
『若是有人在月亮上蓋屋子，幾百年之後，那屋子或者仍舊是簇新的。這屋子也不必有玻璃，因那地方沒有風雨。房子裏頭也不必有火爐，因為沒有空氣，火是燒不着的。在月亮上的灰塵是飛不起的，氣味是聞不着的，聲音是聽不見的。』

何以月亮上沒有像地球上所有的變化。我們知道地球上的一切凸起的東西，常常被空氣和水弄得光滑些；但是在月亮上，若是一塊火山石，被火山噴出之後，變得冷了硬了，從此以後，牠的形狀就永遠不變了，因為沒有東西使牠變的。

祇有一件事，能假使月的表面現在時時有變遷。因為月上面，沒有空氣包圍着，所以牠受太陽的光，比較足些。在月亮的日間，如我們的十四日，月的表面可以變得極熱；然而在月亮的晚間，如我們的十四夜，沒有東西去

保守這熱度，那時候月的表面可以變成比地球上什麼地方還冷些，因為牠的熱一起都發散了。所以月亮的表

從月球上所看見的地



日光照在地球上，在別的行星上看來，也正和月的發光一樣。我們固不知道世上有人見地球這樣否？但如果有的一定不像我們自己所看見的地球的。月上無空氣，所以無生物。因此月上如有人，也不能說話，因為沒有傳話的空氣；要是大砲彈能放到月球上去，也不過像針子落到砧上一樣的寂無聲息。月上如有花，也不會發香氣，鳥或者可以啣嗽於樹間，但是一聲都不能給人聽見。月真是一個靜物，什麼都不聞不問的。

面，夜間一定因為過冷，縮得頂利害，日間又因為過熱，漲得頂利害。

在地球和月未分開的時候每天祇有四點鐘長。月本來是地球的一部份，是無疑的了。我們若不是先仔細的研究算學，我們不能夠說明這事的證據。有人證明出來（加爾斯達爾文的兒子喬治達爾文 George Darwin 說的更清楚），說月亮自古一天一天的離開地球遠些，從前的時候，月比現在近地球得多。我們慢慢就要知道，當月極近地球的時候，牠繞地球的速度，一定和地球自轉的速度一樣的。當時地球的一天，祇有四點鐘長。牠的一個月，也是四點鐘長；因為所謂一個月，就月繞地一周的時間。照此看起來，月和地球一同轉，好像他們中間有一根棍子連住他們，或者好像他們是未分開的。自然我們現在所說的地球，和我們現在住的地球，是大不同的。那時候的地球表面上，都是流質；在那時候，地球的流質，受太陽的影響，就有潮汐。地球既然轉得這麼快（四點鐘轉一次），或有這流質的地球的一部份，被丟出來——好像我們轉雨傘的時候，一兩滴水常常拋出——就成了月亮了。

月亮繞地球的軌道 論到月亮的來源的大題目，我們所知道的不過如此。若是月的來源，果然像我們上文所說的，月的自轉，和牠繞地球的公轉，就應該和地球自轉，和牠繞日的公轉是同一方向的。我們知道，他們果然是如此的。但是月繞地的軌道，和地繞日的軌道，不是在一個平面上的。在一個圖畫上面——例如本書中的圖畫——看過去，好像月的軌道，和地球的軌道，是在一個平面上的。若是他們真是如此，我們自然永遠看見滿了，我們每月在月望的日子，所看見的是月蝕了。并且我們每月，也一定有一次日蝕了。但是我們要知道，月的軌道是漸漸的傾側，對於地球的軌道成一個銳角的。這樣我們就可以明白，何以我們看得見滿月。我

們也可以明白，在一定的時期，當月的軌道正好遇着地球的軌道，就有月蝕或日蝕了。

月球的人看地球是什麼樣。若是月上面有人類，他們看我們的地球，是一個極好看的東西，比我們看見的月是大得多，而且像我們看月那樣的亮，不過有時常被雲遮住一大半（月是不會被遮住的）。有的時候，日頭因為被地球遮住就蝕了，但是照月上面的人看起來，地球是比太陽大得多，所以日蝕的時候，不但是太陽的本體看不見了，并且牠的外面凸出的火燄，都看不見了，就只剩得一點的微光。

天文家若是在月上面觀察太陽，一定不能像他們在地球上觀察得一般詳細，因為我們眼光所見的月的大小，正好合天文家的用頭。每回日蝕的時候，月和太陽離地球的相對距離，是一回一樣的。有時日蝕的時候，月的平圓面，不夠遮住完全的太陽，我們就可以看見月的四週圍，有一圈太陽的亮光。

時間和潮汐

當我們研究自然界的時，我們知道有許多的變遷，像日夜呀，四時呀，不是永遠向一個方向運行的，只是去了又來，來了又去的。所以等到他們變遷了二十回之後，或是千萬回之後，他們又復原狀了。這種週而復始的變遷，叫做『循環的變遷』。在自然界裏，這些循環的變遷，多得數不清。晝夜是一個我們最熟悉的循環變遷。拿牠和別的循環變遷比起來，牠是極短的。當我們研究太陽系的時候，其間有許多的循環，我們若拿他們來和日夜來比起來，日夜不過一瞬息罷了。

譬如地軸——就是通南北極的直線——有一個慢的變動，要經過兩萬六千年，纔循環一次。又如行星所

行的軌道，常常要漸漸的傾側（不是在一個平面上，像圖畫裏那樣），這些傾側，不知道經過幾千萬年，纔循環一次。

講到短的循環，地球上水的循環；水由海裏化汽上騰，變雨落下來，成了江河又流到海裏。還有原素的循環，例如碳酸裏的炭氣，由空氣裏到植物裏，再由植物裏到動物裏，再由動物裏回到空氣裏。

這些循環，和千萬種別的循環，都是極有趣的，並且儘我們研究，也研究不完的。不過從一方面看起來，他們又不是十分有趣的。什麼緣故呢？他們是天地間許多大事情的原因；然而在循環到末端的時候，一切的事，就仍舊像從前一樣，他們不能夠變到什麼別的地位了。

若使在天然的大變化中間，我們能夠找到什麼小小的變遷，一直向一個方向走的，不至再復元的，那麼這種變遷雖小，也是比循環的變遷還有得幾萬倍呢。

一種變遷，是循環不已，隨牠怎樣循環，到底總歸到原狀。一種變遷，一直變

下去，終究達到一個地位。不過我們要問：什麼地位呢？不循環的變遷，或者是極慢的，但是時候既然是無窮的，



這種變遷，若是不復元的，他們對於世界終究要有個大影響的。所以我們自然應該注意這種不循環的變遷，比循環的變遷更加利害些，雖然有些不循環的變遷，比循環的小得許多。存着這個意思在心裏，我們現在要研究潮汐了。

上古人類初以為地球是永遠不變的。研究日系的時候，天文家頭一件就發現太陽是日系的中心點；以後他們知道，各行星自己有自己的軌道，繞日而行的；以後他們又發現太陽和行星在天空中間的平衡，是被吸力維持住的。後來他們研究這些行星，因着他們的吸力，如何互相影響，他們就得到一個結論，說太陽系是穩固不變的。穩固 *Stable* 的意思，就是若是沒外界的東西來影響他們，他們是永遠要像這樣的。但是在他們研究之中，他們忘記了一樁事，就是潮汐。他們計算太陽行星和月的一切測量的時候，他們心裏以為這些東西，是堅硬不變化的物質做成功的。他們用文字來證明說，照現在的距離，照現在的行動，這些星體有時有小小的變動，但是這些變動是循環的，所以太陽系是永遠如此運行的。

太陽月亮和地球上的潮汐 但是我們都知道，地球不是一塊堅硬不變的東西。如今我們不用別的憑據，單說潮汐，我們就可以知道這句話是實在的，因為潮汐是大家都可以看見的。我們要知道，潮汐是月的吸力做成功的，但是月的吸力，非但影響到地球的表面，並且也影響到地球內部的物質。所以若是地球的內心，不是固體，乃是流質的，當地球自轉的時候，地球內心受月亮吸力的影響，也一定有潮汐的。若是月的內心，仍舊是流質，地球的吸力，也一定影響牠的。

我們現在講太陽。我們已經知道太陽一定也不是堅硬不變的物質做成功的。若是宇宙中間有吸力可影響到太陽的物質，太陽上面一定有極大的潮汐了。按萬有吸力律講起來，當太陽自轉的時候（差不多二十六日一次），行星和行星的月都應該使太陽上面發生潮汐。

行星中間最大的星，叫做木星的，必定有極大的吸力，足以發生很大的潮汐在太陽上面。木星自己或者仍舊和太陽差不多，牠自然也不是堅硬不變的物質做成功的，因為木星的各部轉的速度，各各不同，像太陽一樣的。所以木星的月和太陽（我們也不提及地球，和別的行星了），一定能够使潮汐發生在木星的上面。土星也是如此。

我們如何知道潮汐要拿完全的地球更動呢？上文所說的，可以使我們知道，潮汐這一個問題，是很重大的。無論如何，我們必定要先知道，潮汐在日系中所做的事，然後我們可以查考，日系究竟永遠不變否？古時天家的計算，沒有算到潮汐，而且這事有大大的關係也說不定的。英國天文家喬治達爾文 George Darwin 研究這問題有好幾年。他和別的天文學家，在潮汐的中間，發現出來一個使日系變遷的根源。這變動雖然很慢，然而向一個方向行的，不是循環的，所以牠將來能夠使日系變成和現在不同的東西。

現在我們先略略說幾句，關於潮汐的極簡單的事。自幾千年以前，人類就知道地球上的潮汐，是和月有關的，雖然他們還不知道吸力的理。我們現在知道，當地球自轉的時候，地球上近月這一面的水，受月亮的吸力，就高起來；并且地球自身的固體，被月亮吸力所吸引，比背月那一面的水，受月亮的吸引還利害些。

太陽和月互吸地球的爭持 上文已經說過，地球的本身，也被月吸引，因此地球向前，地球背月那一面的水，剩下來也成了一個滿潮，正和近月那一邊的水成功滿潮一樣。其餘的兩面那潮水就落下去了，因為兩個地方不能立時都有水。地球受太陽吸力，也是這樣的，不過沒有像月那麼利害，因為太陽是比月遠多了。在新月和滿月的時候，太陽和月的吸力一定在一個直線上。有一種科學的玩具，就可以證明這個理由。但是有的時候，月和太陽吸地球的力，正成一個直角。所以在近新月或滿月的時候，滿潮是比平常的時候更加滿，低潮是更加低。最大的潮叫做『高潮』Spring tides，最小的潮叫做『低潮』Neap tides。高潮是太陽月亮兩吸力相合所致的。低潮是兩吸力相敵所致的——換句話說，就是月亮的吸力減去太陽的吸力所致的。月比太陽近得多，所以牠得勝了這相持不下的戰爭。

潮汐在地球自轉的時候好像一個停輪機 我們現在可以很確實的證明，當地球自轉的時候，繞着地球走的潮汐，好像是牠的一個停輪機。潮汐的能力是從地球自轉的能力借來的，所以這潮汐時時消耗去地球自轉的力量。照這樣看起來，地球每日越轉越慢。潮汐天天使日子增長。自然，今天和明天長短的相差，是極小的。若是我們要猜猜看，每日究竟長多少，我們所猜的數目，却是靠不住的，然而每日確實增長是無疑的。我們還可以確實的證明出來，潮汐又有一個結果，就是月漸漸的離開地球。月既然離開地球遠，牠繞地球的時間，自然也加長；換言之，月份和日子都是漸漸的加長。

我們可以順潮這個變動，也可以逆潮這變動。並且我們兩邊研究的結果，是很合符的。若是月亮現在漸

漸的離開地球，月亮從前一定是比較的近地球，而那時候一月的時間，一定也比較的短些。若果日子爲了地球受潮汐的磨阻，漸漸的增長，從前的日子，一定比現在的短些。若是我們算到極遠的時代，我們就可知道有一個時代，一天止有四點鐘長。然而我們不再算到再早的時代，因爲我們相信，如果地球轉得比這個更快些——日子比這個更短些——地球一定要轉碎了。

爲什麼我們祇看見月的一面 現在如果我們逆溯月亮和月份的歷史，我們知道當地球四點鐘自轉一次的時候，月也四點鐘繞地球一次，所以每日每月都是四點鐘長。但是那時候，月和地球差不多是一體的，不過中間有一個分斷的地方罷了。比這時代再早些，月和地球一定是一體的；換句話說，月亮這個東西是地球被落下的一部份。這個理，我們用別的法子，也可以證明的。所以研究潮汐和潮汐的影響，可以使我們知道地球和月曾有過一體的時代。

我們如今拿從前已經說過的話，再述一遍，這句話就是說月自轉一次，和牠繞地球轉一次的時間是一樣的，所以我們祇看見月的一面。若是月自轉一次，和繞地球轉一次的時間，不過是碰巧的事，那麼這件事，可以算得異乎尋常的希奇了。但是我們知道，他們不是碰巧的。既然上文所說的，月和潮汐的關係，和月的歷史都是可信的，我們知道月自轉一次，和公轉一次的時間，自然應該相同的了。

將來或者一天有現在兩個月長 我們也要知道，等到月亮通身都冷，等到牠是硬硬的，內心的潮汐也不能發生了，正如牠現在表面上不能發潮汐了，那時候，月亮同時自轉公轉的律，就或者不能應用了。所以在幾萬萬

年以後，月自轉的速度，或者像現在人樣，但是牠公轉一次的時間或者比較長些。照這樣說起來，若是到那時，地球上仍舊有人，那時的天文家，或者可以看見月的背面了。

但是這件事，在潮汐所致的許多大變遷中間，只可算一個很小的變遷罷了。月亮一定一天一天的離開地球遠些；牠繞地一次的時間，也一定一天一天的長起來；地球的日子，一定一天一天的長起來。但是我們有法子證明出來，這些變動的速度，不是一樣的。日子變長比月份變長來得快些，現在就是這樣的。所以在幾百萬年以後，一天和一月又要一樣長了，正如在月纔成功的時候一樣。不過起初的時候，他們都是四點鐘長；將來他們又相同的時候，他們要像五十七個現在二十四點鐘那麼長了。

地球上的潮汐，何故總有一天停止。到那時候，月一定離開地球極遠，所以牠繞地的時間，要這麼長。但是潮汐的停輪能力，使地球自轉的速度也慢了，所以地球自轉一次，也要五十七日長。

照這樣看起來，地球和月跟着轉，好似他們中間有一根鐵棍連住的，不過使他們連住的力量，不是鐵棍乃是吸力。若是我們要拿鐵棍來替這吸力，我們一定要極大的鐵棍——因為這吸力是極大的——月是太小了，不能拿住那棍子的一端。

但是倘若我們祇要考究月和地球，上文所說的地球月亮變化的結果，是很靠得住的了；但是我們忘了太陽了。地球上受月亮吸力所發生的潮汐，總有一天要停止，因為將來月和地球，要跟着一塊兒轉，好像中間有棍子連住一般。但是地球上，還有太陽吸力所發生的潮汐，或者像潮汐一般的地球內心流質的變動。我們好

久沒有注意這些了，因為他們沒有和被月激地的潮汐一樣有力。但是無論如何，他們是存在世界上的，他們將來還要存在的，月的吸力所發生的潮汐是要停止的；所以太陽所發生的潮汐一定也有像停輪機的能力。

幾禮拜連着天亮幾禮拜連着天暗的時代。這件事好像是極希奇的，好像我們不能相信的。月繞地一次的時間，要比地球自轉一次的時間還短。一個月比一天還短，這件事和現在的情境是太不同了，我們很難去相信牠。但是我們若去研究別個有一個月亮或兩個月亮的行星（若是這個行星比地球小，牠的變化一定比地球快，所以牠現在的情景，就和地球幾千萬年已後的情景一樣），我們就要知道，那行星上面所有的事，正和天文家預言地球和牠的月的事相同的。

那個希奇的火星，地球外面的近鄰，比地球小得多，或者是比地球先有的行星。牠有兩個月亮，還是三十年前所發現的。近火星的那個月亮，繞火星三次多一點，同時火星就自轉一次——這樣看起來，若是我們拿近火星的月來，量火星的月份，火星上一天，比一月的三倍還多些。從前的人，不能夠解釋這個火星的月可怪的行動；但是現在，我們可以設想火星的自轉，被牠的潮汐所影響，所以變慢，正如地球一樣；這樣我們就可以解釋牠了。

潮汐造成的很慢的變遷。或者我們對於日系將來歷史上所受潮汐的影響，可以再說幾句話，但是恐怕我們所說的，要近於猜想了。最要緊的一句話，我們要牢記的，就是雖然潮汐的影響是極慢的，我們是看不見牠的結果的，然而所做成的變遷，是向一個方向走的，不是循環的。這日系不是自古就有的，牠是許久時間的變化的結果。並且牠也不能夠永遠存在的，因為宇宙間的變端，是時時不絕的，所以日系到將來的時候，一定要受大變

遷的。

我們不會結束這段書以前，可以再提起日系中兩種變遷。這兩種變遷，因為他們不是循環的，所以是很要緊的。第一樣，就是太陽系一天一天冷下來，太陽和行星一天一天的失去牠的溫度。他們互相傳授一點溫度，但是多半的溫度，都散在空中去了。雖然這溫度不能夠滅去，雖然牠不能從宇宙間失去，但是牠是從日系中間失去了。我們近來曉得太陽和行星自身有什麼東西可以做熱的，但是這個東西不能永遠用不完的。太陽和行星從別的恆星所傳來的光和熱，和他們所失去的熱比起來，還不及萬一，所以日系總有一天變冷。

還有一個不循環的變遷，這個就是吸力所生的變遷，因為受吸力的影響，太陽和行星，天天縮起來，所以將來太陽四圍的東西——地球也在內——一定要被吸到太陽裏頭去，那時宇宙間就沒有太陽系了。

能夠使太陽系變成一個圓球的以太。近年來，天文家又發明了一個問題。行星和能動的月亮，都在一種東西中行動，這個東西不是空氣，因為空氣不過是在有的行星和他們月的外部。這個東西是以太。我們確實相信宇宙間有以太這個東西。我們也已經知道些牠的性質。現在的問題，就是要知道，到底以太能否使行星和月的行動慢些？這以太有沒有一些摩擦和抵抗力，像魚游水中，鳥或彈子飛空中時一樣呢？或者以太有這個影響的？若是牠有這個影響，那影響當然是極小的。但是我們不要看不起牠小，若是牠一直向前，而不受時間的限制，或者就是這個極慢的能力，將來有一天，能夠使日系變成一個死的圓球——或者就像幾千萬世紀以前的形狀一樣；那時候，牠也是一個圓球；後來被別的星體一衝，就衝得粉碎成功一個星雲。

最稀奇的事就是我們知道這些真是奇奇的。但是當我們說到日系古時的事，將來的事，牠如何受潮汐的影響，失去熱度的影響，受吸力的影響，我們一定不可忘記，這些變遷所用的時間，若和我們的生命來比，就好像無窮的一樣。沒有一個人的理想，大到這地步，可以明白天文學所要講到的時間；正如我們不能夠明白天文學所論的遠近大小一樣。最可奇的事，就是我們人類生在世界上雖短，竟是能夠知道這極奧妙極尊貴的事的萬一。

太陽系裏的各世界

我們現在可以研究太陽系裏別的行星了。各行星中最靠裏的是水星，這大概不容疑惑的。雖然有幾個天文家以為他們看見過比水星更近太陽的星，實在情形恐怕不是如此。將來也許天文家發覺有這麼一個稱為火神 *Vulcan* 的星，但無論如何我們現在只承認水星是最靠裏的行星。水星的發現可以追溯到很古的時候。水星實在不容易看得見，就像哥白尼這樣一位大天文家也沒有看見過。雖然如此，而我們知道從有天文記載時起，水星已有人知道。

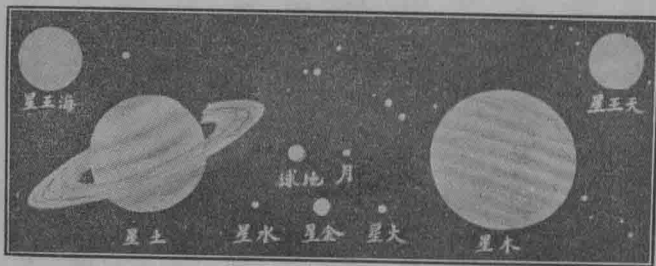
如果我們這般無名的普通人，運氣比哥白尼好，有機會看一看水星，那麼我們所看見的水星是彎鉤形，和新月的情形極相似。我們立刻可以知道不但水星，金星也是如此。因為他們和地球月亮火星一樣，都是自己沒有光，只能反射太陽的光。水星繞太陽走時，牠的半面映着太陽光。我們所看見的水星或金星的形狀，完全靠着我們能看見多少牠的朝着太陽的半部，正如我們看月亮時的情形。關於水星面上的樣子，恐怕我們不能知

道什麼。固然水星是很小，但重要的緣故，還是爲了牠靠近日邊，過於明亮了。水星實在亮得利害，用我們的肉眼不能看出牠的形狀來。即使用望遠鏡，因爲牠閃爍過甚，也不能辨別牠面上的形勢。

但我們確能知道好幾件關於水星的有趣的事實。這個行星並不很大，卻比月亮大些。牠的直徑是三千哩弱，這是很容易記的數目。我們也知道牠和牠的大小比較是很重的；換句話說，牠的體質是很密的。水星的密度比地球大些，在衆行星中牠的密度要算最高的了。水星一年抵我們的八十八天，或者也可以說，水星繞日一週，要費我們三個月的時間。我們知道各行星並不是循正圓形繞太陽走，他們的軌道是橢圓形。無論那一個行星都是如此，這是由於萬有吸力律的運行。但普通看起來，行星的軌道雖然是橢圓形，而實際和圓圈差不多，所以沒有仔細的考察，我們竟可以稱之爲圓環也無妨。

每年只有三個月的水星 然而水星却是很特別的，牠的軌道比較別的行星（地球自然也在內）更加扁得許多，就是牠格外的這個形狀O。據天文家說，水

星距太陽平均的路程是 35,000,000 哩，但牠的軌道既那樣扁，所以牠離太陽的距離最短時竟至於 28,500,000 哩，而最長時卻超過 43,000,000 哩。水星既然極近太陽，一定是很熱的。但牠的距離變化這麼大，而且



這是繞日諸行星的形，可以看出来他們的大小，比較的比木星要大地一千二百倍。

變化相續得這麼快——因為水星的年只有三個月的時間——所以我們很難擬想，有那一種的生命能夠忍受這種劇烈的變化而還能存在。

我們現在敢說水星也有大氣，並且或者是很密的大氣。牠大概也依牠的軸而旋轉。我們很有理由可以相信，牠的自轉和牠的繞太陽的公轉所費的時間相等，正和月亮的情形相仿。關於水星的成分，我們只能曉得一點；因為牠的光是太陽射在牠的大氣的反光，不能告訴我們什麼。但我們可以曉得水星的大氣裏也有水的成分，牠一定沒有衛星。

居地球和水星間的光明的星體 金星的軌道在地球和水星中間；所以牠也有圓缺，和月亮及水星情形正同。金星比水星大得多；牠的直徑是7,760哩，和地球的8,000哩差不了多少。牠因為近太陽（牠和太陽的距離平均66,000,000哩），所以很亮——牠的亮光自然完全是太陽的。木星雖然比金星大得許多，而且除了太陽的返光外，自己也發出一些光，而金星還是比木星亮。但我們做這種比較時，我們是以從地球方面看過去的現狀為觀察點。我們要知道，木星離開地球，比金星遠幾百萬哩。我們曉得太陽雖亮，在天空中卻算不得大星。月亮雖亮，和別的星比較起來，不過一粒微屑。從這裏我們知道，金星的光亮爲了牠近我們，所以我們眼睛看起來牠的光增加了許多。但我們智識的眼睛應該去找出，到底那個是最亮，那個最大，那個在宇宙裏最重要，不要管牠的近或遠。

白天有時看得見的星 從我們眼睛看來，太陽和月亮除外，金星要算天空中之王了。牠不但比木星亮，無

論那個星都不及牠。牠最亮時，在白天裏竟也可以肉眼看得見，木星和天狗星（天狗星，在我們看過去是衆恆星中最亮者）就沒有這種資格。牠的強烈的光是完全由於太陽的返光，因為牠那太陽照不到的部份，是完全黑暗的，像月亮一樣。我們從別的書裏看見，金星的盈虧就是牠在各時期所呈的不同的形態，是蓋利略所發明的。

關於金星表面的狀態，我們差不多不曉得什麼，但我們信牠有牠的大氣。金星和太陽的距離平均是 66,000,000 哩。牠的軌道雖然也是橢圓形，但和別的行星比較起來，牠的軌道是最近於圓的了。金星的一年大約抵我們的 224 天。金星大概自轉一週和繞太陽的公轉一週費同久的時間，正如水星繞太陽，月亮繞地球的情形一樣。金星和水星一樣，也是沒有衛星的。

從太陽出發在那處碰着地球。如果我們從太陽出發，我們經過金星之後，下一次要碰着一個和金星類似的球體，牠的大小簡直和金星不差什麼。牠和太陽的距離平均比 93,000,000 哩少些。牠的一年有 365 天。但牠的一天，不像頭兩個行星的情形，有一年那樣長，卻短得多，只不過二十四點鐘。此外和頭兩個不同的地方，還有一個衛星。如果火星裏有人，他們用什麼名字來稱這個行星，我們不能知道；但牠自己上面的居民中一部份，用和這本書同一語言的人，稱牠爲『地球』。

我們再前進些，我們要碰到那個奇異的火星。火星以及別的在地球外的行星，我們看起來，都沒有盈虧的現象，如月亮，水星，金星等。雖然我們所看見的火星是牠的有光的全部，但虧缺的金星還比火星亮些（或者有

時不在此例。) 這個行星顏色是紅的，使人想到血；血又使人聯想到戰爭；所以歐洲文字裏，火星 Mars 是戰神的意思。火星正如水星，金星，地球，月亮一樣，自己不會發光。牠的面上一定有一種紅的顏色使太陽反射爲紅光。或者牠的面上有大沙漠，以致發生紅的顏色。

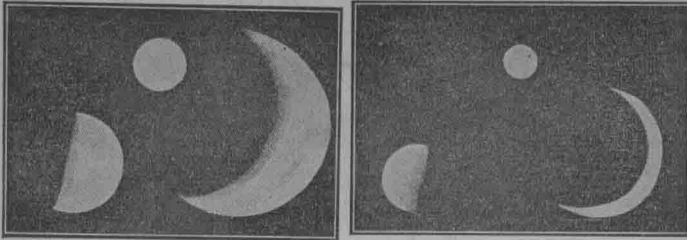
火星有時很近地球。火星繞日的軌道自然也是橢圓形。牠的橢圓和地球比較起來，更不像正圓；只有水星的軌道比牠更橢圓點。刻卜勒 Kepler 關於行星的運行，和運行規則的發現，是由於觀察火星的軌道而來的。而牛頓的萬有吸力律的發現，則是根據於刻氏的研究。

地球環太陽走的軌道是近于圓環，而火星的軌道（在地球軌道外）呈蛋圓形；所以火星和地球的距離時時不同的。火星的一年抵我們的 686 天；所以每隔幾年，他們倆便有一個相近的機會。最近時，地球離開火星恐怕只有 325,000,000 哩的路程。你們如果自己畫一幅圖畫表示一個太陽，一個環太陽走的地球，地球軌道外再畫一個火星，也是繞太陽走；你如果設想地球每轉一環費時比火星少，你就可以曉得地球環走時時要走到太陽和火星中間。當太陽地球火星同在一線時，我們稱之爲『火星之對照』Opposition of Mars，因爲從地球上看起來，那時太陽正好在這一邊，火星在那一邊，兩方遙遙相對，所以稱之爲火星的對照。

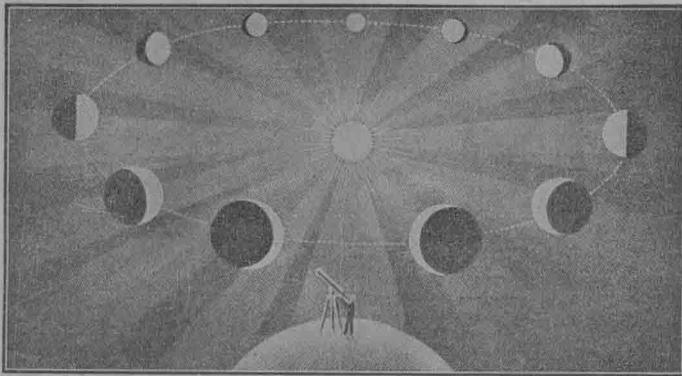
火星上有無生物的問題。如果地球和火星的軌道都是正圓形，那麼自然在每一次對照時，他們倆的距離都是一樣的。他們的軌道的形式既然不同，自然沒有上述的情形。在一八九二和一八七七年（發現火星的兩個月亮也在那年）兩次的對照時，地球和火星相距很近。

再下一次的相近的對照，是在一九〇九年。當時的天文家有了新式的精巧的望遠鏡和分光儀器，滿擬這一回可以比以前多得到關於火星的智識。關於火星的最大問題，是到底有沒有聰慧的生物住在火星上面？

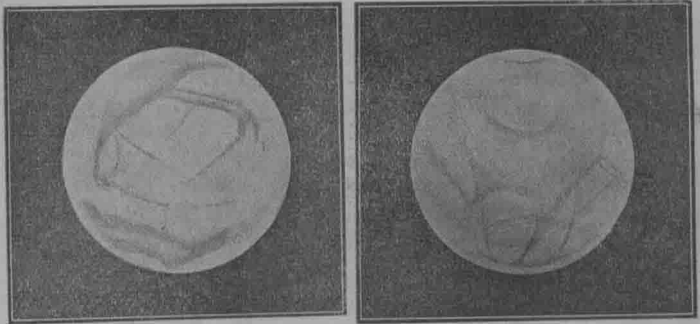
地球上所看到的別的世界



水星金星都和月一般，時常向我們改變他們的狀態；不過這些在望遠鏡中才能看見右圖是水星。當牠最近地球時，真像一灣新月，過了些時便小一些，直到牠遠時，便成了一個小球。左圖是金星，繞日轉着時為天文家所看見的種種狀態。



水星和金星，比了地球要更近太陽些。這圖指示我們在地球上，看他們時，他們是個什麼樣子，和他們為什麼會有這種種的樣子。當太陽完全照在我們看得見的一面時，他們却正離我們很遠，所以樣子很小；反之，當我們只看見一灣新月時，他們正近我們，所以樣子反要大些。



有些天文家想他們能看見火星上複雜式的運河，而同時別的天文家都說這是望遠鏡的錯覺，運河却是單線的。右圖就是複雜式運河的樣子，頂上是火星的南極，有發光的冰。黑如漏斗的地方，有人想是海。左圖是火星的平面，不過稍為仰起了一些，顯出了北極，那就是底上面的一片。在這裏看起來運河都是單線的，正合着這些天文家的思想。

我也很喜歡和你們多討論這個問題，但我想還是不要這樣做。因為最近的幾年，我們又知道了許多關於火星的智識。但有一件事我們須得曉得的，就是從兩次對照裏我們得到了不少的知識。雖然我們所希望的還不止如此。我們知道火星裏也有水；大家自然都知道，這個事實於火星上有無生命的問題有重大的關係。

地球表面將來會不會變到和現在的火星一樣。火星和太陽的平均距離是 140,000,000 哩。牠離太陽最遠時，竟至 155,000,000 哩，最近時 128,000,000 哩。由此我們可以知道，牠的軌道是何等的橢圓；因為如果牠的軌道是正圓的，那麼牠和太陽的距離應該時時一樣了。我們已經知道，火星的年抵我們的 686 天。牠的直徑是 4,200 哩左右，不過比地球直徑的一半稍為長些。

看了火星的大小，就可以明白牠的歷史，已是比地球變遷得快些；正和看了月亮的大小而明白月亮一樣。所以我們相信現在火星表面的各種現象，是將來地球表面的寫照。觀察火星時最引我們注意的，就是：第一，火

星的表面似乎已失去大部份的水，第二，因為年紀大的緣故，牠的表面已經磨擦得很光滑，正像地球現在也在那裏這樣進行的樣子。如果你問我為什麼月亮並沒有磨光呢？那麼我的解答就是：月亮沒有水和大氣做這種工夫，而火星則兩樣俱備的。

照相機替我們發現一個新世界。火星的自己旋轉的速率，並不同於水星和金星，也不同於月繞地球時的行動，和牠繞太陽的速率，是完全不同的。這是於我們很便利的；因為我們因此可以看見火星的各方面。我們能看見火星，研究牠，畫牠的形勢圖；而世界上卻沒有一個人能看見地球上各部分的，想起來，實在是很奇怪的事。火星的一日比地球的一日多半點鐘；換句話說，火星每轉一回，費時二十四點鐘半。

火星的表面上有許多的痕跡好像是有意做的。許多年來，人家說這種痕跡不過是幻像而已，但現在已有人把他們拍在小照內。有人以為這種痕跡是運河，是火星上一種靈敏的生物所築，而裏面有水的運河。但我們知識沒有完備以前，還是不要下什麼斷論為妙。不過你們切須記着，在火星裏掘運河，比在地球上掘運河要容易許多。因為火星的體質比地球鬆得多，掘運河時，舉出泥土來不很費力。我們也要知道火星有兩個衛星；靠裏的一個每天繞火星三匝。我們可以說『每天三匝』，因為地球的一天和火星一天差不多一樣的。

一羣太陽光照耀着的小世界。如果我們從火星再向外走，我們要碰着一大羣的小行星。他們居於火星木星間，自成一帶或一道繞着太陽走。有人以為他們是一顆大行星粉碎後所成的，但我們還不能十分了解這一羣幾百小星的歷史。他們中頭一個被發現的，稱為栖里茲（Ceres），時在十九世紀的第一夜。

我們早已不用特別的名字來稱呼他們，而採取數目或字母來表他們。就我們所知道的，他們的光完全是太陽的返光。在他們外面屬於太陽系的行星大概不但靠太陽的返光，自己也有些光。木星以外的各行星，自己的光所加於太陽返光的部份愈見加增。如果我們把木星，土星，天王星，海王星四個行星來比較，我們可以知道：從太陽朝外出發，愈遠的行星所含的輕氣也愈多。這種燃着的輕氣，發射出行星自己所貢獻的光，這是很有趣的事實，就是在最外的行星內，含着很多最輕的元素。

離開火星和各小行星很遠，平均和太陽相距 483,000,000 哩處，我們碰着最大的行星，稱爲「木星」。木星的一年抵我們的 4,380 天多些。你可以計算木星的一年，我們這小小的地球要環太陽走多少回？這個大行星的直徑是在 87,000 哩左右。牠的體量雖大，牠離地球太遠，所以我們研究牠很不便利。在牠和我們最近的對照時，牠和我們的距離大約四倍於太陽和我們的距離，而牠的直徑卻不過太陽的十分之一；所以我們關於牠的情形不能曉得到什麼地步。

我們開始研究木星時，便覺得牠和我們所已研究過的各行星，其間有一個大不同之點。這並不是指牠的大小的問題；這是指一樁更有趣得多的事——牠的體質的問題。木星並不是一個固結體，牠是一部份氣體，一部份流體所構成的。

木星有 1,300 個做地球的容積。我們從前所說過的：有些行星自己也發些光，正如氣體的太陽一樣，但規模小得多。這個大堆的體質，旋轉得非常之快。

木星的一天還不到十點鐘，而牠的身體卻比地球大得許多；所以我們可以計算出來，在木星赤道上的東西，一定比在地球赤道上的轉動得快二十七倍。這就是木星的赤道部所以膨漲得格外利害的緣故。我們說過木星的直徑是 87,000 哩，但這是指從赤道穿過的直徑而言。穿牠兩極的直徑的長度是 5,000 哩，還缺些。這是由於牠的體質，不是固體而是流體和氣體所構成，而又轉動得極快的緣故。

如果木星的構造和別的行星有這樣的不同，我們可以推測：牠的體質一定沒有地球那麼密；牠的重量，以牠的大小為比例，一定不及地球了。木星有 1,300 個地球那麼大，但是我們考察牠對於牠的衛星對於別個行星和彗星的影響，我們知道牠的吸力的力量並沒有地球 1200 倍的吸力，只不過比地球強 300 倍。這個等於說：木星的體質的重只有地球的四分之一。

木星的現在情形和過去的地球相仿。這許多事實都使我們深信：木星代表過去時代的地球，正如火星和月亮代表地球在將來的情形。如果有人立刻問為什麼木星的時期這麼後，我們的回答就是：因為木星體量如此的大，所以牠很遲緩的失去牠的熱，很遲緩的凝結為固體。我們如果把木星，地球，火星，月亮的現在情狀來比較一下，我們便知道實在的情形，和我們所擬測的相符合。最小的生命最短；而最大的現在還在少年時代。木星有八個衛星。最外的一個衛星，或不止一個，也許本來是彗星，被木星的吸力所引，迫得只好繞牠走。

我們能看得出木星的吸力影響於彗星和近牠的行星，所以牠把一顆彗星捉住這個事，是很在情理之中。這樣的一個沒有尾巴的彗星，看過去竟同月亮一樣。

木星外層的各部，以不同的速率各自轉動，正和太陽一樣。木星表面的形勢是年年有變更的。牠的將來如何我們現在只能猜想。

土星——令人三歲便老的世界 在木星之外很遠的所在（離太陽的路程差不多兩倍於木星和太陽的距離），有一個行星叫做『土星』。牠和太陽的距離是 870,000,000 哩左右；牠的一年可以抵我們的三十年。牠並不十分小於木星；牠的直徑過於 70,000 哩。牠的赤道部份也膨漲得很利害，正如木星一樣，理由也相同。構成牠的體質並不是固體。牠的每一天只不過十點鐘多些；所以若使牠的上面有人住，壽命和我們相等，那麼他們三歲的時候，和我們九十歲的老人一樣老了。

土星和木星一樣，也是很熱很光明的。我們所能看見的土星，大概只能到牠的熱的大氣為止，正如我們只能看到太陽的大氣一樣。土星的體質在衆星中可算密度最低的了；比地球要稀鬆得多，或者比水都不如。但牠的體量是這樣的大，所以牠的密度雖低，牠的重量已比地球重八倍還有餘。

土星特有的環 土星有九個衛星，或許不止此數。第九個的衛星發現得不多時，牠的動作很特別。我們要注意，別要毫無猶豫，妄以爲凡是行星的月亮都是從他們行星自己身體裏分裂出來的。土星的第九個月亮，大概就不是如此。

土星的特點就是牠的環，在空中找不到和這個相仿的東西。蓋利略是頭一個發現這環的人。但在蓋利略死後，我們方始了解這環的意義。土星上環的影子，可以證明我們所看見土星的光差不多都是由於太陽的

返光。我們能證明這環一定不會是整塊的固體，而是各部分構成的。我們確實知道土星的環上正有變動發生。天文家都在細心觀察這種變化的進行。這種環也許竟至裂開，他們的體質給土星所吸，併入於本體中，以至消滅無餘。

有四個衛星的天王星 遠在土星外，平均距太陽1,754百萬哩，有一顆行星叫做『天王星』。天王星的發現，不過一世紀又四分之一以前的事。這個行星正如木星和土星一樣，離開凝結為固體的時期正遠呢。牠的直徑差不多31,000哩長。牠的一年抵我們的八十三年，所以從人類發現了牠之後直到現在，牠才走一圈半的路。天王星是一個德國人叫做赫瑟爾 William Herschel所發明的。他住在英國，靠音樂為生。他工作之後，所有的空閒時間，完全費在天文學上面。在別一課上我們可以讀到關於他的故事。他沒有錢買望遠鏡，他得到他的姊姊喀羅林（才能並不減於他）的幫助，自己製造了一個很大的望遠鏡，在當時可以算得世界上最大的了。靠了他的望遠鏡的力，他在一七八一年就發現了天王星。

這個行星離我們太遠，沒有法子看出牠到底有沒有自轉；如有自轉，那麼是什麼速率？牠有四個月亮，這也是赫瑟爾所發現的。

天王星在發現後的六十年中，雖然還沒有繞太陽一週，那時的天文家就已曉得牠的運行不十分按照橢圓的軌道走。

根據吸力公律，那時的天文家以為天王星的不規則的行星，大概是由於天王星以外，還有別一個繞太陽的

行星使牠受了影響。在一八四六年，這個行星發現了。

有人轉動望遠鏡的方向發現了一個新世界。用算術計算之後，天文家便專向天空中的某部，找尋那假定使天王星的軌道受影響的行星。他們果然找到了這個行星，在知識史中恐怕沒有比這個再奇異的發現了。

這個不朽的空前的功績，必須歸於一個叫做勒未累 *Le Verrier* 的法國人，和一個叫做亞當斯 *Adams* 的英國人。他們倆不約而同，算出這看不見的行星的部位應該在那裏。

這個行星就稱爲『海王星』。我們信牠是太陽系中最外面的行星。牠和太陽的平均距離是 2,750,000,000 哩，比天王星更遠 1,000,000,000 哩。牠的一年抵我們的一六五年；所以從牠的發現到今六十年，牠還沒有走完半圈的路程。關於牠的自轉的事，我們一些都不知道。牠比天王星稍爲大些，也有一個月亮。

彗星流星和天塵

大多數人的思想，都是以爲恆星和恆星中的空間是完全空的，太陽系裏各行星中的空間也是完全空的，所以我們有『空間』這個名詞。我們自然並不以爲空間是『真』空的；我們意思是說除了無所不在的以太外，空間是空無所有的。但現在我們漸漸知道，空間並不像我們所想的那麼空無所有。

如果我們能够從地球旅行到火星，在路上我們一定時常碰着各種東西；所以我們沒有研究這各種東西以前，我們的太陽系研究算不得完備。這種東西是太陽系的一部，但和太陽、行星、衛星等大不相同。他們中最出

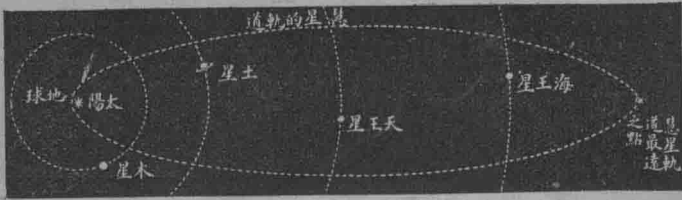
色的是彗星。

研究彗星之後，我們再來研究流星和一種充塞空間的微塵，天文家常稱為『宇宙塵』的東西。我們先要曉得，這幾種東西彼此並不是沒有什麼關係的。如果我們能把一粒屑物

質的歷史追溯上去，我們便知道：在某一時牠構成彗星的一部；再過幾時牠是流星的一部；最後牠變成天文家研究沒有多久的天塵，或宇宙塵的一部。

我們先從彗星下手罷。普通總以為彗星共有兩種：一種是有規則的，繞着太陽走，正如我們一樣。還有一種是只有一次來會着太陽，此後就飛向牠所從來的無限空間去了。但我們不久便知道，就是這第二種的彗星也有回來的時候。我們現在所能說的，就是我們愈研究，愈覺得將來總有一天可以證明我們所看見過的彗星都是太陽系的一部，也同地球一樣，繞日而走。

我們觀察一個普通彗星時，我們所看見的恐怕只不過一個發光的東西，看過去也許只不過是一顆恆星。如果有一大彗星近我們時，或我們用望遠鏡看起來，那麼我們便能立刻辨出牠不是一個恆星。我們決計不會把牠誤會當為別的東西；因為無論什麼恆星，行星，或月亮，不會有牠這副狀態的。在後面二三四頁的一幅圖畫，表示出彗星的三部份。牠有一個頭，中心有極明亮的一點；牠的周圍有雲



霧列彗星是太陽系一分子，也是繞日而行的。不過太陽卻不在牠行程的中心點，而在其一端，看圖中所示便明。這個彗星約七十五年於我們看見一次，此時離太陽 3,200 萬哩地方去了。

氣環着，有些兒像發亮的頭髮。

英文裏彗星 Comet 這個字，是從拉丁的 Kome 脫胎出來的；Kome 的意

思就是頭髮。中心最明亮的一點稱爲核心——一個生命細胞的中心也叫核心，這樣子一聯想，就容易記着。彗星總有核心，核心傍有一種霧氣式的物質環着。這種霧氣式的質料一定是從核裏發出來的。核心是極熱極活動的——無論如何在彗星近太陽時總是如此的。

我們一提到彗星，就會聯想及牠的尾巴。彗星當我們能看見他們時，大多數都是有尾巴的，這是實在的情形。這種的尾巴，有的長，有的短，有的只有一根，有的散爲毛帶的樣子。如果我們細心觀察，有幾根尾巴的行星，我們便知道牠的尾巴時時在變化，幾乎每天都有變更。有時他們竟消滅不見了，隔了一時一根或幾根新尾巴又出現了。

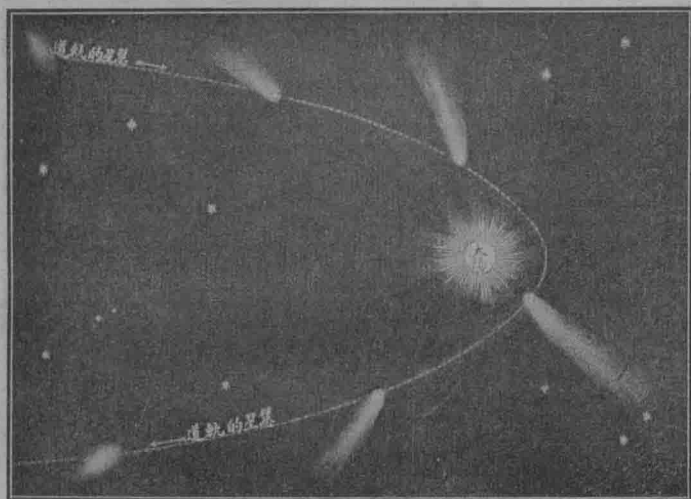
太陽的吸力如何使彗星長出尾巴來。我們現在開始了解彗星的尾巴到底是什麼東西。我們最好把牠的尾巴當爲一面或幾面飄揚的旗看待。如果我們能研究彗星的尾巴在彗星軌道內各時期的歷史，我們便能由此明白彗星尾巴的構造。我們可以定一條規律，彗星離太陽遠時沒有尾巴。彗星的軌道比無論那一個的行星都格外橢圓得利害。牠離太陽最遠時，竟遠在海王星之外。假定我們地球上的人，正在觀察一個離太陽走了許多路程之後又復回來的彗星，我們由牠的頭的樣子，由牠的動作，或者由着我們的預期，可以看出牠是彗星。我們初看見牠時，牠是沒有尾巴的。但當牠走近太陽時，漸漸的一根尾巴從後面拖出來，愈近太陽時愈大。於是牠要繞過太陽然後再向無限的空間飛去。當這時候牠走得極快；因爲要不是如此，太陽一定會用吸力把牠捉住。

彗星離太陽時尾巴在前 現在我們發覺彗星近太陽時，後面所長出的尾巴總是在和太陽相背的方向。所以當彗星離太陽而去時，尾巴反倒在前引路。彗星的離太陽，正如一個貴婦朝覲後回去的情形——她的的裙裾飄揚在前，她自己在後。

上述的情形，很明白的指示給我們曉得彗星的尾巴，是太陽從彗星頭部推出來的東西。所以無論彗星和太陽居於什麼關係，無論牠是朝太陽走或離太陽去，凡是彗星離太陽的一部總是頭，而背太陽的一部總是尾巴。太陽中有一種力量，當彗星走近時，能排拒牠的一部份。從彗星的頭部給太陽所排拒或推回去的一部份，就是牠的尾巴。就是爲這個緣故，所以彗星近太陽時才有尾巴，所以牠有這特別的動作。

彗星的尾巴是兩種力量所構成的。第一，彗星

的核心一直在那裏放射出輕鬆的體質。彗星離太陽遠時，這種體質放射得很慢，並且只繞着核心，做成了一種



地球上初見一個彗星時，只有一片白光。此後牠行近太陽時，就生出尾巴來，拖在和太陽相對的一邊。這圖表示一個繞太陽的彗星，在牠進行的路上有種種變動的形狀。牠離開時，就把尾巴豎在前面。

霧氣或頭髮的現象，使牠自己得了一個 Comet 的名字。

彗星如何失去牠的尾巴如何生出一個新尾巴，但當彗星近太陽時，第二個力量出現了。從核心中所放出的體質，給太陽排拒到和太陽相背的方向去了。一九〇八年時，在美洲發現一個極清楚的彗星。那個彗星於格林威許 Greenwich 地方，有人很細心的拍了好幾張照片；這幾張照片格外明白的顯出上述關於彗星尾巴的事實。還有一特別有趣的事，就是彗星的核心，在各時不是同樣的活動，也經過許多變化的，正如火山的情形，也正如太陽斑點的歷史所證明的太陽的情形一樣。而這種不同樣的活動，甚至竟是牠內心變化的循環。所以彗星所呈的現狀，可以每天，或每禮拜變化；有時牠的尾巴竟裂開飛散於空間，以至有好幾天彗星好像失去了牠的尾巴一樣。這或者是因為在那時核心放出不多的新物質。於是隔了幾時，一根新的尾巴又出現了。這就是等於說：核又開始爆發了，而太陽排拒的力量，就把這爆發出來的質料趕出，成爲一面飄揚的旗子，我們便稱牠爲彗星的尾巴。

我們常常聽見人家說起太陽吸引的力量（簡稱爲吸力），而現在這裏突然告訴我們說：太陽有一種排拒的力量，和牠的吸力適居於相反的方向。我敢說你們如果細心想過，一定會說這裏有點錯誤；或者說如果沒有錯誤，須得說明一下。近幾年內有人證明過，無論從那裏射出來的光，都有一種推壓的力量。我們可以用很精細的試驗來顯出一閃的光，可以把天平的一邊壓下一點。不但光，別種的以太的波浪（如熱浪）也有這種推壓的力量，所以這種力量也稱爲『放射壓力』。彗星之所以有尾巴，尾巴之所以在近太陽時出現，和牠之所以永

遠在和太陽相背的方向出現，這幾個的疑點都是由於這個光的壓力，或放射壓力的緣故。我們信彗星中被太陽所推出的部份，一定是極輕的原子。

我們現在不必多說，但我要你們記住：有時

被推出的資料竟可以和彗星本體完全分離。這一點早已有人猜想到，但到一九〇

八年所拍的照相實地顯出牠實在的情形時，這猜想才算爲證實。將來我們還得再

提到這些散裂開的碎屑。

彗星中最著名的還要推哈列 Halley，

那是一個大天文家的名字。在一六〇七

年刻卜勒 Kepler 看見一個彗星。一六

八二年哈列又在同一的地位看見一個彗

星。哈列推想這一定就是刻氏所看見的

彗星，每七十五年環太陽一週。他到底證

最亮最大的彗

星不用望遠鏡

我們亦能看見

這裏是四個重

要彗星的照像，

我們可以看出

他們各個大不

相同的地方。他

們的尾巴時時

變動着，近太陽

時大些，離太陽

時小些。有些彗

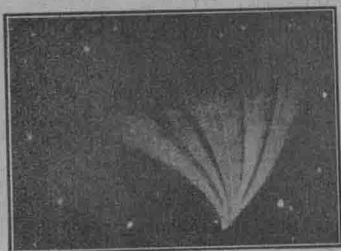
星的尾巴竟是

長到一萬萬哩，

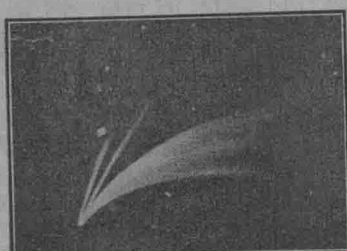
過於地球到太

陽的距離。

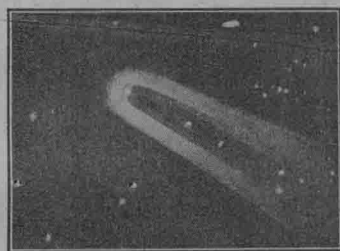
星彗的年四四七一



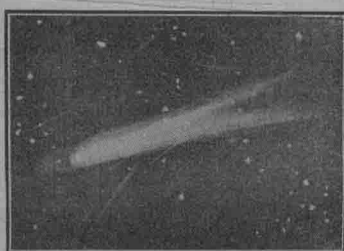
星彗的年八五八一



星彗的年一六八一



星彗的年二八八一



明了他的理論。這是頭一次證明一個彗星的環繞太陽。

嚇列發現一六〇七年前七十五年有一個彗星出現。比那時再前七十五年（一四五六）時也有一顆彗星出現；當時的人爲了那顆彗星大大的驚擾起來，以至教皇下令行禱告以避牠的災害。就是這個彗星，在一九一〇年又回來了，可是對於世人的預期，卻是一個大失望的事。因爲牠現在是很小，很平常，就是最沒有知識最迷信的人，也沒有爲了牠發生驚恐。

嚇列那時預言這個彗星在一七五八年要再回來。後來有人計算木星和土星的吸力，要稍爲把牠延擱一點時候；所以大家預期牠在一七五九年來，果然牠就在那一年出現了。在一八三五年牠又來，再過七十五年的出現，就是一九一〇年的那一次了。

牠將來之前，世人對於牠發生很大的興趣。到處的天文家，都備好望遠鏡，預備把這個難得來的客人拍一張照片。大家都希望能做頭一個發現牠的人。天文家希望關於牠體質的組織，能比較七十五年前粗笨的儀器多發現些。我們從前已說過，本着一線的光，可以知道發光的來源，有那幾種的元素。

諾曼人克服英國時已看見的彗星。這是不可掩的事實，從一八三五年以來，天文學進步得極快。有許多關於嚇列彗星的事實，刻卜勒，或嚇列，或一八三五年時的天文家所不能知道的，我們現在已能知道。舉一個例，我們能知道許多構成彗星的化學元素，而從前的人是不能知道的。

我們已經知道彗星有時會失去牠的一部。大概彗星的壽命不及一個恆星或行星長。彗星很容易破散。上一次看見嚇列彗星時，牠已經比從前小得許多；這一次出現時尤其小了。有一幅有名掛帷，叫做巴於克斯

掛帷 Bayeux tapestry，掛帷上有一圖，表示出赫列彗星在二〇六六年，諾曼人征服英國時的樣子。從那幅掛帷，我敢斷定那時的彗星，比四百年後驚動世人的彗星還要大。

彗星的一年竟比人類的歷史還長。拿我們的渺小的壽命來作準，七十五年已是很長的了。但我們確信有許多行星的年，比上述的七十五年還要長得多。有許多彗星幾千年或幾百萬年方回到太陽邊一次——這就等於說牠的一年，抵我們的幾千或幾百萬年。

人類有記載的歷史，只能追溯到 10,000 年，而人類在地球上的生命也不能過於 500,000 年。所以彗星的軌道給我們以一種新的量時間的標準，使我們的歷史好像短得很。我們很容易想，如果彗星真照這驚人的長時間，旅行到離太陽這麼遠的地方，那麼牠一定會碰到別的星，受着他們吸力的影響。但太陽和太陽系在空間是很孤獨的。最近我們的恆星還在二千萬萬哩外，所以空間很有餘地給一彗星旅行出可驚的長路程，而還能不墮於別個恆星的勢力之內，被牠永遠拖住。

如果彗星的尾巴摔在地球上便怎樣。我們也會疑惑，彗星的壽命如何會經得長久的時期呢，我們不是已知道彗星很容易破散開嗎？但牠的散裂大概是由於光的壓力或太陽的熱力，而這兩件東西都是在彗星比較近太陽時，也就是比較近我們時，才能發生效力。當彗星在離太陽極遠處行動時，大概沒有什麼原因可以使牠破散。

以前人家以為彗星的尾巴，也許會摔到地球身上，而如果這種事情竟發生，地球也許會毀滅。但我們很有

理由相信牠的尾巴曾經碰過地球，而沒有什麼可怕的事情發生。實在的情形，彗星的尾巴是一種極細軟極稀薄的物質，不能爲害。我們能望過彗星的尾巴很清楚的看見別的星，這是牠的尾巴稀薄的一個證據。但構成彗星尾巴的物質裂開後，變冷時也許會凝結。不過無論如何，我們以爲彗星總不是一個整個的固體，而是許多的小塊所構成的，大部份是熱體。到如今我們從研究彗星的光，知道他們包含炭和輕兩元素，大概是輕炭一類的化合物，這東西我們從前已經研究過的，沼氣 Marsh-gas 就是一個例。彗星近太陽時，我們所看見的牠頭部的變動，大概是由於太陽的熱力，所以熱的體就從核部出來了，再受了光的壓力變爲尾巴。

現在我們要開始流星的研究。但我們要知道，研究流星實在並沒有離開彗星的研究。我們非得把「星」這個字所引起的觀念完全丟開。我曉得有一個小孩子，以爲流星是天上一顆固定的星，忽然從牠的本位跌出，碰到地球上要把地球打碎的，所以他便大大的驚恐。其實所謂流星不能算爲星，正如一塊炭不能算爲星一樣。流星這兩個字，告訴我們從前的人是一直當他們爲星的。但這是爲當時沒有人猜想到我們所看見的諸星都是太陽，而他們在地上所找着的小塊的鐵，不是由真正的星所落下的。

流星在一年的某時節，或在某某幾年，數目格外多。在某某幾年十一月裏的夜裏，我們可以看見數百流星跌下。我們必須記着：他們自然是不分日夜的跌下來，但在白天裏，我們自然看不出，正如我們看不見星一樣。

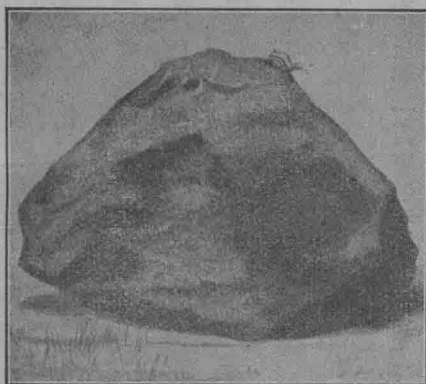
不過一百年前，我們方纔曉得流星到底是什麼。太陽系裏各行星間的空間，充塞着大小不同的物質。地球及其大氣轉動時，正如一種有吸力的清濾器，把許多東西吸引過來拖住了。流星沒有碰着地球的空气之前，

是冷的，而看不見的。但當他們以每秒三十哩或四十哩的速率衝過空氣時，他們變為極熱而且極亮，在氧氣內開始燃燒時尤甚。

大多數的流星就這樣子的變為氣體。所以他們的物質雖然居於我們的空氣中，而他們決計不會擊到地球面上的固體或流體的東西。我們平時所看見的，不過是一粒微物，衝進空氣的上部，燃燒時的一剎那間所發生的一道光。有時這一道光的痕跡還發亮一刻工夫。我們以為這是因為流星進行時遺下牠的一部，在牠身體離開時還發亮一秒鐘。

但每年總有幾回：一顆流星跌到地上時，還沒有完全燒完。並且紀載上說：有一次，一個人給這樣一個跌下的流星打死。這種東西可以在博物院裏看得見。如果我們研究他們的來源，他們便是很有趣的東西。他們並不是和地球上不同的物質所構成的。他們所包含的元素都是我們向來熟悉的，最普通的是鐵。大概他們沒有跌下之前，他們包含多量的炭氣，但在衝過空氣時，已燒盡了。流星的面上顯出方纔熔化的痕跡，這是在我們預期之中的。

現在我們來討論一下，我們在規定的時間內所看見的，一陣下來如霖雨般的流星。例如在十一月裏所看



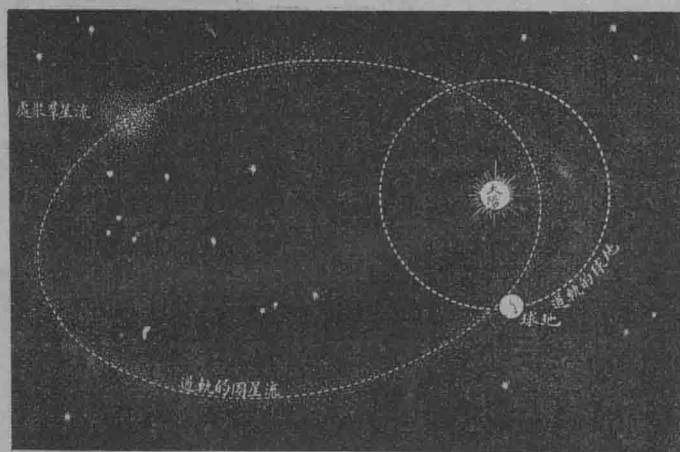
流星到地上，便稱隕石。這就是一塊隕石，重約一千四百磅，從阿爾卑斯山頂的天上落下來，先被人取去當做一個禮拜堂裏的擺子，後來才運入巴黎博物院。牠叫拉卡厄，是諸大隕石之一。

見的要特別明亮些，特別多些；十一月比別個月利害，而在每隔三十三年左右的十一月則尤甚。上古時我們已有一世紀中三次遇着這種大霖雨似的流星的記載。最早的記載在耶穌降生前第六世紀的末了。我們現在又曉得流星也環太陽走，正如地球一樣。但我們所知道的還不止這一些。有一個彗星的軌道和一羣流星的軌道在一條路上。還有別的流星隊和彗星在一條軌道上。我們竟有幾個證據，顯出從前本是一個彗星的軌道，現在沒有了彗星，而有一隊的流星代牠的地位。我們現在信：『在過去的時間有無窮數的彗星繞太陽走。現在剩下他們的體質的粒屑，正如落伍的兵一樣，仍舊照老軌道走。所以在地球碰到這麼一羣的粒屑時，就發生這種流星的霖雨的現象。』上述的一段話是從一個極可靠的著作裏引過來的。從這一段文字在五年前寫出後，我們的證據天天加增。如果你們還記得以前說過的一九〇八年彗星的事，那麼你們就可以知道天文家對於彗星的尾巴可以裂斷的這個新發現，是何等的有興味。我們知道那尾巴將來要發生什麼變化。差不多牠將來一定會凝結為一隊流星；或者他們中有幾個會被地球捉住。

你們中也許有人不明白，為什麼這種霖雨總在每年的十一月中發現，而且每隔三十三年的十一月尤甚呢？下面的圖形可以說明這個理由。圖裏表示出流星的軌道，正像彗星的軌道一樣，每年總有一次（譬如就說在十一月裏）地球跨過這條路，來捉住幾個流星的事情。但每隔三十三年，地球總有一次捉住許多數目的流星。這大概因為一個彗星的全體，或一部份破散時，既然變為許多流星，大多數就聚在一處成爲一羣；而有些卻走得快些，有些走得慢些，雖在一條軌道上走，卻分散得格外稀疏點。當地球跨過流星軌道時，如果那時恰巧有

一大羣的流星經過這兩軌道相交處，那麼所謂流星的大霖雨便來了。

這些流星，和一個真的星，或和小小的月亮比較起來，實在渺小得很；但他們有時竟有大砲彈，或一塊很大的石頭那麼大。空間裏大概含有不少比上述更小得許多的物質，正像一線太陽光射進房間時，我們所看見的微塵。這種微塵般的東西可以稱之為宇宙塵，如果宇宙兩個字太深，就稱他們為天塵也好。天塵中有一部份大概就是彗星的餘屑（正如流星一樣），但天塵一定不全是從彗星來的，因為他們太多了。地球一面轉動時，一面捉住少許的天塵，因此我們可以說，地球從以太中濾出少量的天塵。我們現在還沒有十分明白這種物質的歷史。這些天塵照我們的推測，也許是行星從雲凝成時剩下的東西。但我們所知道的極少，所以我們不必再說下去了。



天上的流星並非星，不過是彗星的碎體，按着一定的軌道繞太陽而行。此圖表示地球每年如何進入諸流星的軌道；當他們衝入地球的大氣時，他們便向熱生光，成爲射下來的流星。從前是彗星頭部的地方，流星便格外多，當地球繞着他們時，天上一條條的白光便也格外多了。

現在我們已經講完太陽系的故事。我們從太陽開始，以天塵爲結束。以後我們將要討論到恆星，我們已經曉得恆星都是太陽。

新智識叢書

生活系統	一冊	五角	人類進化之研究	一冊	六角
歐洲思想大觀	一冊	六角	動物與人生	一冊	六角
各科之效用與學習法	一冊	三角	將來之大戰	一冊	五角
公民衛生	一冊	五角	發明與文明	一冊	五角
杜威教育學說之研究	一冊	四角半	近代思想解剖	二冊	六角
柏拉政治教育學說今解	一冊	二角	柏格森變之哲學	一冊	三角
人口問題	一冊	六角	青春期心理學	一冊	七角
家庭與社會	一冊	四角半	通俗地質學	一冊	七角
近代文學思潮	一冊	四角	社會問題與財政	一冊	九角
都市居住問題	一冊	六角	合作主義	二冊	九角
運動生理	一冊	七角	教育思潮大觀	一冊	七角
婦女問題	一冊	九角	兒童之訓練	一冊	三角
婦女之過去與將來	一冊	六角	家庭與社會	一冊	三角
戰爭與進化	一冊	二角半	科學原理	一冊	五角
德國富強之由來	一冊	二角	土地與勞工	一冊	四角
德國實業發達史	一冊	五角	近世社會主義論	一冊	五角半
衣食住	三冊	一元半	社會改造之八大思想家	一冊	八角
地球與其生物之進化	一冊	九角	勞働組合	一冊	三角
社會問題	一冊	四角	經濟的政治基礎	一冊	二角半
			合作論	一冊	三角半
			優生問題	一冊	三角
			人種改良學	二冊	七角

少年叢書

(中外偉人的傳略)

我們把中外偉人的言行事業，用簡明的文字，興趣的體裁，編成這部叢書。一人一本，每本定價一角，已出下列各種，你所崇拜的是那幾位？

【本國人】

玄奘

陶淵明

張良

岳飛

朱子

蘇秦

蘇軾

馬援

班超

信陵君

諸葛亮

郭子儀

文天祥

王陽明

司馬光

【外國人】

達爾文

大彼得

拿破崙

富蘭克林

蘇格拉底

如里波的

林肯

格蘭斯登

克林威爾

德謨士

哥倫布

華盛頓

畢斯麥

納爾遜

商務印書館出版

