

047
8367

書全科百年少 V.9

311

類七第

~~314~~

309
球

215

地



少年百科全書
第七類
地球目錄

上冊

我們住的地球……

地球是常動的……

太陽與牠的家族……

地球是怎樣做成的……

地球的成形……

現在地球的情形……

自生的火……

構成地球的東西……

空氣火和水……

水是什麼東西造成的……

水的大神奇……

三種奇異的氣體……

九二

八二

七六

六九

六三

五六

五〇

三八

三〇

二七

國家圖書館典藏

由國家圖書館數位化

南京 038993

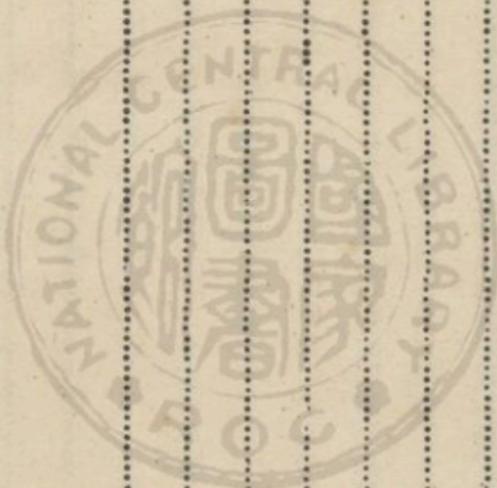
最重要的原質·····	一〇〇
原質的製成·····	一一二
原子內的世界·····	一一九
化合物的造成·····	一二七
化合物的三大類·····	一三九
進行不息的變化·····	一四九
天空中的世界·····	一五八
太陽的奇異·····	一七七
月——晚間的燈·····	一八八
時間和潮汐·····	一九八
太陽系裏的各世界·····	二〇七
彗星流星和天塵·····	二一九

下冊

我們眼光中的衆星·····	一
---------------	---

星的顏色·····	一五
星的構造史·····	二五
地球的外殼·····	三五
地球的改換面目·····	四六
森林和沙漠·····	五四
熱的地球的地殼·····	六三
土壤及其用途·····	七二
動怎樣改變物質·····	八一
東西會動的道理·····	九二
物體度量法·····	一〇三
物體的大小和重量·····	一一三
地球的吸引·····	一二四
空氣的壓力·····	一三五
熱東西和冷東西·····	一四七
熱的分類·····	一五七

熱是怎樣行動的.....	一六六
熱力爲我們所作的工作.....	一七七
熱與熱度.....	一八九
聲浪.....	一九六
樂音與噪音.....	二〇二
神奇的音樂.....	二〇八
聲音的行爲.....	二一〇
光是什麼做成的.....	二三二
奇妙的鍵盤.....	二四三
宇宙的大神祕.....	二五五



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，也不大明白咧。

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，也不大稀奇。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脚下，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
圖型。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
的陸地比水
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，下自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，何嘗看見偷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。

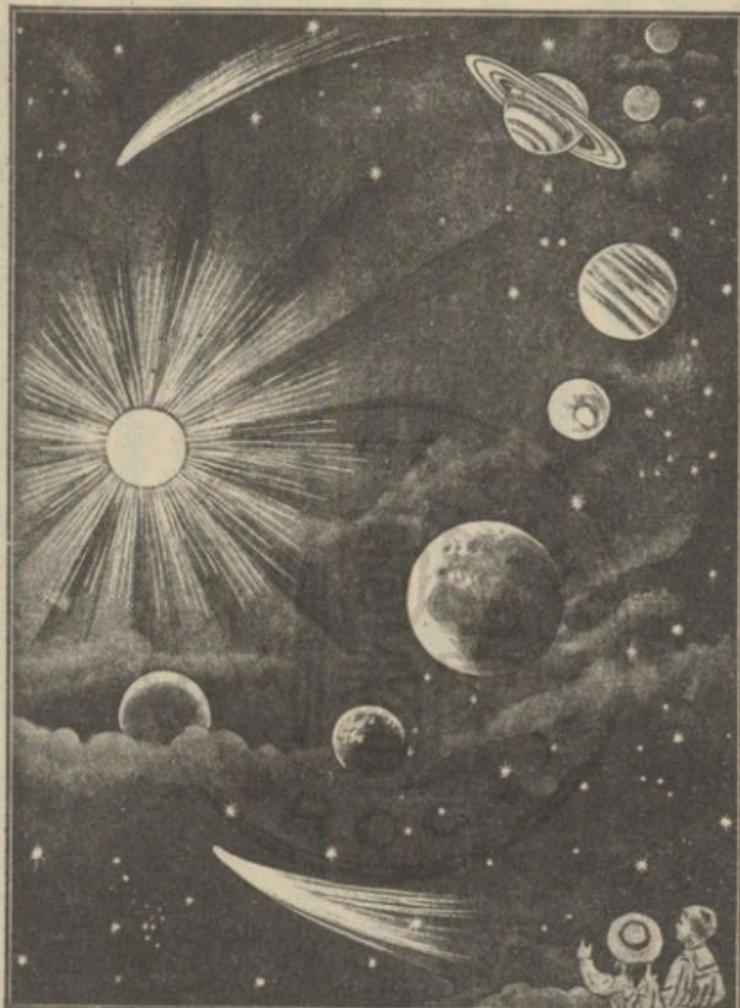
譬如你要上樓去睡覺，卻一步踏下樓梯，一逕往廚房走去了。雖然你下樓下得非常勇敢，非常快當，但決不會走進你的臥室的。緊要之點就是你動腳時路就走錯，所以決不能成功了。前人發見地球的故事，即因此而誤。這卻不是他們的錯處，原來正路和歧路，很不容易辨別的。他們都是極聰明的人，都是不會落人後的。可是他們工夫用得愈深，愈入窘境了。

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



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。

現在地平の説頭，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，弄得一塌糊塗。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。



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。

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

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，確不錯的。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

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，是有個特別的樣子的。先是船底不見，然後像越沉越下似的，只看得見橋樑，過一會只看得見一些橋樑的尖兒，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

的橋樑頂，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

們的脚。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



儼然地是平的，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。



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。

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。

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。

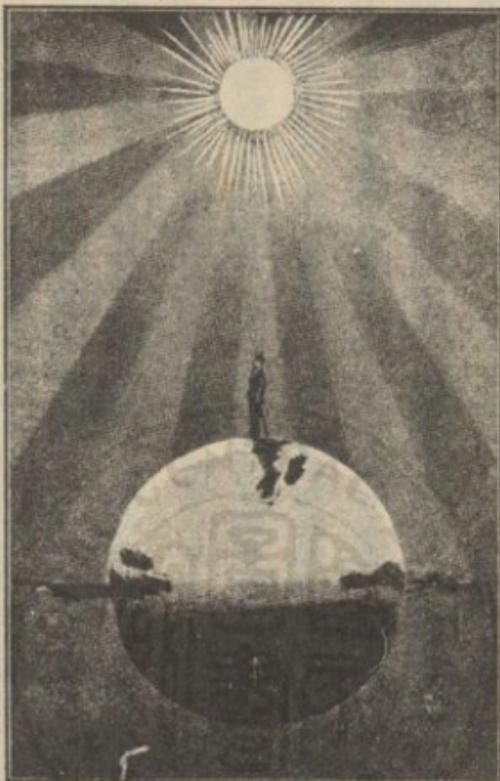
如果地球忽然不動了，要有什麼事情發生呢？車子忽然停了，乘客一齊都向前一傾。你拿個球很命的一擲，那球便拋得老遠。地球向前走得這樣快，如果忽然這麼一停，那些活動的東西與固定的東西，就也要一齊掉到太空裏去了。他們向空中飛去，或者不會過遠，就要被空氣壓下來，正像空氣壓下那拋出去的球一樣。但是若是地球忽然停止，那些男女老少，與一切獸類，卻一齊要沒有命了。海水都要激出海來，魚都要跌死，所有的城池建築都要倒毀。不過這是萬萬不會發生的。

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，你就要說太陽出起來了。

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



倘若我們能向下看地球，像看一個旋轉的陀螺，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。他就要經過黑暗的最長夜，直到次晨才重見光明。這就是日與夜的意思。

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。

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

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。他們住在這瀟瀟轉的大球上，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

爲地球的第二種轉法——像陀螺在地下移動——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，因爲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，是因爲牠自己旋轉，現在我們將每天每夜的光景通通一想，便能想出來了。

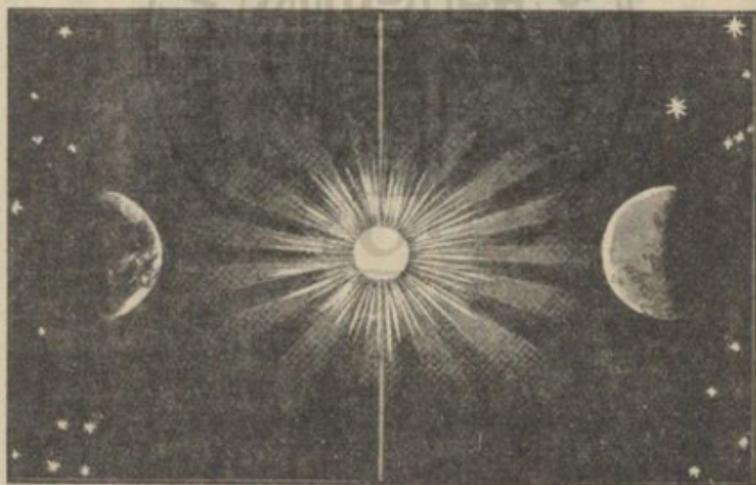
地球總是繞着太陽飛行 地球離開太陽

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；也使我们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。地球既然常轉不息的，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，我們稱之爲一年。

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

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，因爲他們是很小的，有
的只有幾顆石大。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
步入他們的範圍之內。

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。牠們卻是同方向走的。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，是環繞太陽羣球中的一個，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。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。

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。他們亂七八糟，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，稍微有點規則。

地球的縮影



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，所以牠就自己旋轉起來。此後牠就成了和圖中一樣的球，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。

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？

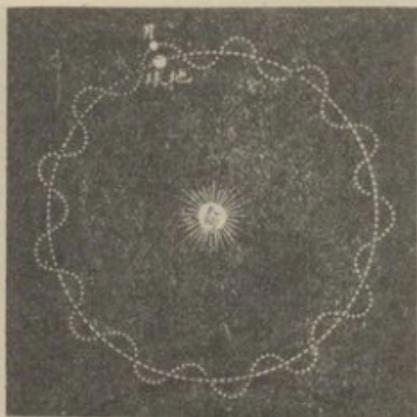
歷古以來，觀看天象的人，知道諸星中有若干星的行動，是和別的星完全不同的。一切的星，固然都好像從東升上，向西落下，但這不過地球轉的方向如此，所以覺得這樣。除去這一種假的移動以外，人知道只有幾個例外，別的都是固定在天上的。譬如古人稱為大熊星的那座星，我們一年一年的看下來，在那裏總未移動過。那歷古以來人所注意的最亮的星，現在還在相同的地方。我們現在雖已知道他們實在也在那裏動的，但他們離

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幾兆年，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
 月繞地球，
 繞着太陽，
 過牠不像
 地球的直
 線，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，好像球在牆上反拋過來一樣。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

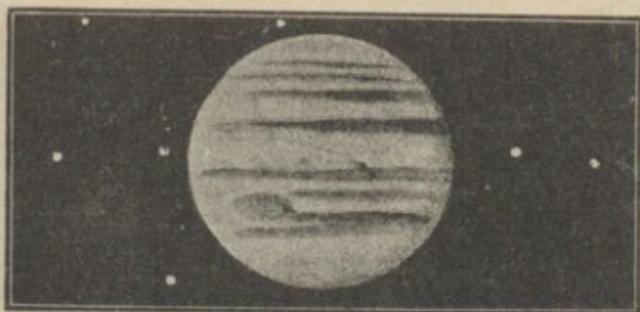
零。就是最近的恆星，相去已是很遠，因為那恆星所發的光，也要走三年纔可以到地球上來給我們看見。光走得原是很快的，一秒鐘可以繞地球八轉呢。近年纔發現太陽系是這樣孤零，離別個恆星非常之遠，這真是極奇

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。

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。

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牠。木星的四個月，第一個爲人類所發見的人便是蓋利略。



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

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，比了圖中所示的要遠得多；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，比蓋利略時又多發現了三個，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	68日	0
金星	67,000,000	224日	0
地球	93,000,000	36 $\frac{1}{4}$ 日	1
火星	142,000,000	686日	2

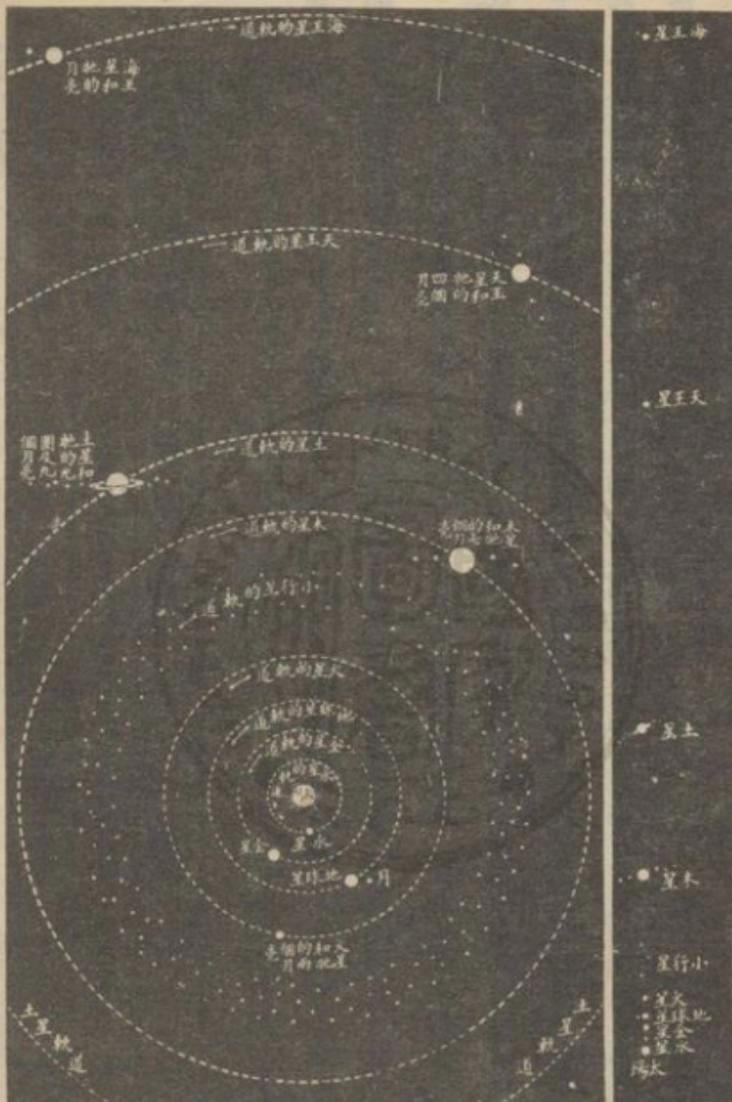
木 星	483,000,000	12年	7
土 星	886,000,000	29½年	9
天 王 星	1,782,000,000	83年	4
海 王 星	2,792,000,000	165年	1

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。他們名為「彗星」，俗名「掃帚星」，因為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。

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，好像一個擦

少年百科全書 第七類 地球上層 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。但牠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。在十一月清天無片雲的夜晚，

北極星和太陽星



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了。這幾個恆星，頂上的是北極星。

裏，你總該看見些。就是別的時候也有的。忽地一陣亮光起來，不知牠從那裏飛出的，在天上射了一段路，然後又沒有了。這個自然不是星，或者甚至只是像球大的小東西。他們在空中飛行的時候，地球把他們吸下來了。他們在空氣中走過的時候，就擦出了很大的光與熱，自己燃燒起來。那燒刺的，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，也同地球一樣的方向，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。這些實在是很有趣的。

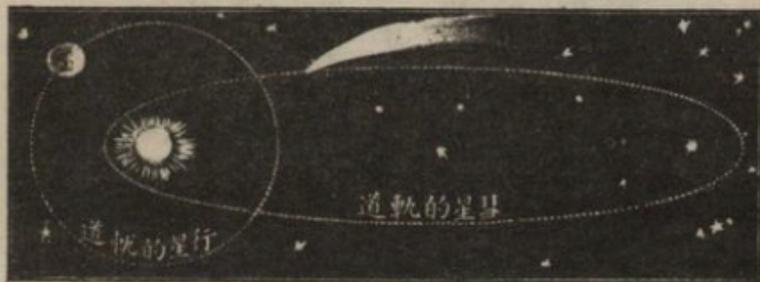
照我們的眼光看起來，在太陽系中，太陽與地球為最重要，而這太陽系，正如我們上面說的，在太空中很是孤零，可以算得獨一的至尊。但是他不是停在一塊地方的。我們曉得太陽帶着牠的家族，一秒鐘要在空中走十二哩。所以雖然太陽系現在在太空中是這樣的地位，可是我們不能說牠以前常是如此，或者說牠以後也必如此。

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。有一時彗星很近太陽，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，繞從新回向太陽來。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，好像螺旋式的簇火，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，還是說牠像螺旋焰火。

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。我們現在且攔起星雲的事實，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。人們都以爲組成各行星的材料，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，此中情形我們尙不能確切知道。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，成爲螺旋焰火

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，許多人都將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球表的天文學家 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。

他以為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，因為吸力的事實，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。我們曾知道太陽及各行星，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，因為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；昔時人們都不以為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。他們以為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，

亦足使星雲變為較熱。因為動量可以變為熱量，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；這也是動變為熱的一證。

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，我們不能確切知道牠，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。我們大都以為地球所佔空間，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。

地球的成形成

月球成形成以後，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，世界各大陸本來是團圓一塊的。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，也就能令別部分凸起。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。英吉利全國會數次變為海底。

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 Cordilleran 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，發此這種意思。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，

海濱的國英去街浜海



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游片。

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而，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；並且這種力量因爲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了去。

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，又能推算得山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。

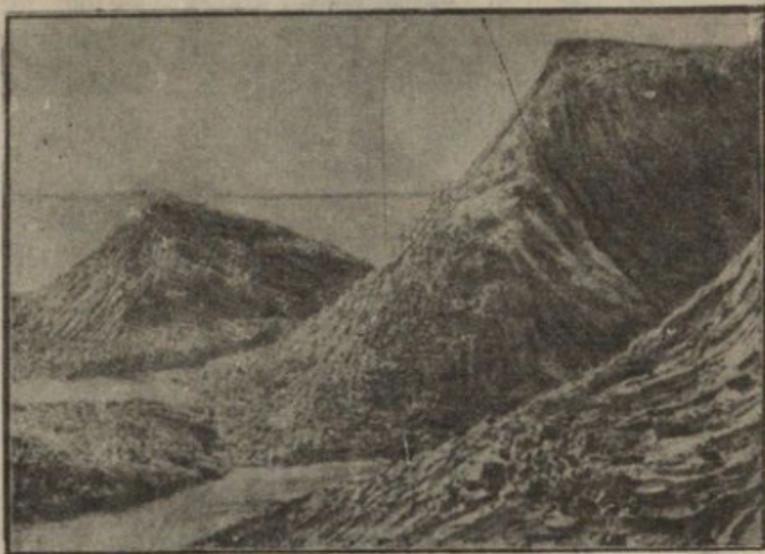
水對於做成這種岩石，曾幹了一大部分的工作。除了這種和別的許多岩石外，水用別的方法做成的還有若干別種岩石。這種岩石或由水的流動，或由水對於動物遺體發生作用，就此做成了。地球上許多地方的石穴裏面，每有形如冰箸的奇怪東西，由頂上垂下，仍有同一質料所構成的東西從地上向上與之相接。這種岩石有一很長的名字，我們現在且莫管牠。他們和許多別種岩石一樣，係由水用一種不同的法子做成的。原來其初水把做成該岩的原料溶解了，此後當這水在空氣中已漸漸蒸發乾了時，這種原料內部便發生變化，水就不能再把他們溶解，他們就結成了那樣的岩石。

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堊岩或礫石不同的。這種岩石之一就是花剛石 *Gemite*。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*。

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 簪



這是蘇格蘭相近海中新塔法島的諸峯，上面都是玄武岩一類的黑石所遺成的石柱，為數甚多。這種玄武岩是古時火力燬成的。



地球上有許多山洞都充滿着從上面下垂的石簪，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。

力做成的。

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；并且

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



這是一箇乾
扁的蘋果地
球冷時也這
樣乾扁了，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，并且加以攻擊。

先說地球的形狀。地球不是真正圓形，在南

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。并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
沒有的。
當牠漸
漸乾縮
時，皺縮
了幾個
極高的
地方造
成了幾
條世界
著名的
具大山
嶺，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。

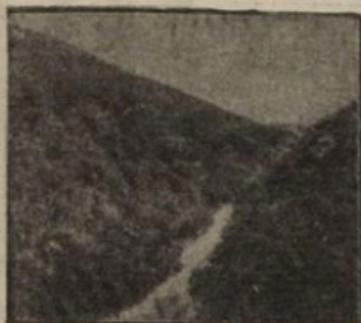
假如你有一地球儀，你就知道牠不是端端正正的安置在牠的架上的。北極不是真正的在頂上，南極也未見得真正的在底下，牠的位置是稍微傾斜一點的。地球的這種傾斜，在繞太陽的時候，確實很重要，因牠以此便能分出四季。這個意思就是在每年之中，有一時期，北半球能受着從太陽來的正射光線，那時期就叫做「夏季」，在牠時期不能受着正射的日光時叫做「冬季」。

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

形 情 的 面 地

流 溪 的 間 山



谷 幽



山 火 的 大 噴



崖 懸 的 峻 峭



漠 沙



林 樹 的 密 濃



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

少年百科全書 第七類 地球上層 地球的成形

四十八

地。冰天 不生的 漠，寸草 烟的沙 絕無人 澗谷，和 的山岸 低不同 滿着高 的；牠充 是平滑 地球不

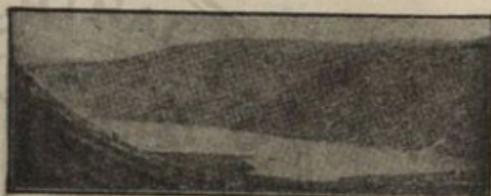
本是傾斜的所以當發生搖擺時更爲傾斜；譬如北半球的冬季就因以時期變得很長而天氣變得很冷，靠着這

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。

水地流面的情形

終年積雪的峯山

冰川



地上的水，差不多佔有四分之三。水與陸慢慢的人在不知不覺中變遷着。

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，太陽與地球間的距離，四倍於地球到月的距離。

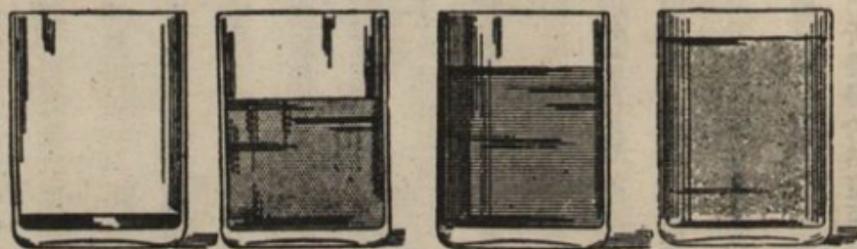
質的大小。現在如有網球和高夫球在一處，我們只看見他們的體積，不看見他們的重量，或他們質料的成分——除非你用同樣質料而大小不同的東西來比，和拿兩塊大小不同的炭比一樣。因此我們要用一個特別的字，來稱同樣體積，而質料不同的東西所比出來的關係。你總明瞭立方體是什麼東西，就是一件和方磚頭相像的東西。現在假如你設想有一個立方體的水，這水是你把牠倒在一個立方體的器皿裏的，那水依器皿的大小，一定有一種重量。現在假如你把水倒出去，再把水銀倒在這器皿裏，那大小體積是同樣的，但是水銀要重了。水銀和水雖在同樣的空間裏，牠所含的質料成分卻比水來得多。這種情形，我們頂好說水銀比了水，牠的密度要高些——或者說質量多些。但是你或者要說，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。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



這幾圖可使我們了解地心的吸力。此處共有四只玻璃杯，自左至右，第一隻盛的是點水，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，倘若我們以為那質料是流動體，或氣體的，也是錯的，因為裏面那種質料，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，因為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，因為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

「銑」radium。在我未告訴你發明這銑的重要以前，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銑。

假如我現在就着手談起，把銑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銑，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。銑也正是一種原素。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。

銑的最奇妙的一樁事，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。但是銑獨自在什麼地方，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，而那熱度并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，并不是說地球有用不了的熱度來源，不過看製造熱度的能力，那能力究竟用多少時，纔用得完，我們是猜想不到。

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。所以我說銦縱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；或在一細紫裏，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 Royal 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原素，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，人們不能親臨目觀的，如南極，北極，到今日也不曾有人到過。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。

我們沒有多久以前會說，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銑，然而他的成功是由於居禮 Monsieur Curie —— 他已經死了 —— 和居禮夫人，在前已經發見這個銑。而他們自己所以能發明銑，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，多少年前早已化為灰塵了，他們的名姓都已被人忘了。這是人類進化的歷程。我們已經學了會讀書會寫字，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特種的材料，已經講得不少了。但是很難說地球就是牠構造成功的。因為這種材料，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，銑，我們不能不加以研究，因為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，將統的事情攔起來。

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。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質。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。我們的思想常常容易拘泥，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，以及炭層。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 做成地球的各种物質，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



有許多重四形狀雖各不同而其質料實在是一樣的，如圖中金鋼鑽，鉛筆的鉛和煤三件東西，都是同樣的炭質製成的。

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



亞利桑那的大峽谷，是爲世界奇觀之一。谷由大河沖去其中軟石漸漸洗成這極深的河牀，周圍繞又高山，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，當然也曉得我們脚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，我們脚下的土，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，沒有牠水就不成其爲水。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，因爲水是一種化合物，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，是因爲養氣雖少，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，因爲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」，因爲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，我們就叫牠爲「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，也不是原素，或原素和原素的混合物，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。牠只因為熱了，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，當然是由多少原素構造起來的；那些原素是物質，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。少年人天生有這種看出奇妙的能力，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，有很多的冰體的水。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。

人們曾多年相信，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。



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。

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

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，牠就變爲不是水了，牠僅爲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，因爲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，因爲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，因爲每一個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」，水素這名稱用得最適當，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。牠也並不是一種特種的水，只是一件，完全不相同的東西。

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原素，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。

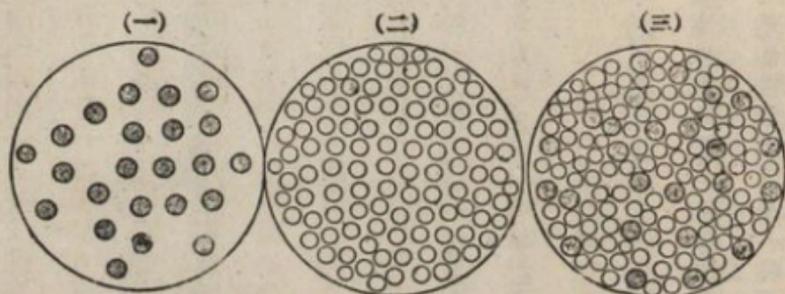
罷了。

現在要曉得原子，是最主要的東西，原素所有的特性，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

——我們只要畫一個大日，代表輕氣，日傍邊再註一個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，例如養素的原子。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，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，而其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塗，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。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 這一點我們必須要明白在胸中的，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，大自然是一大整體，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，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
八十二是
水。

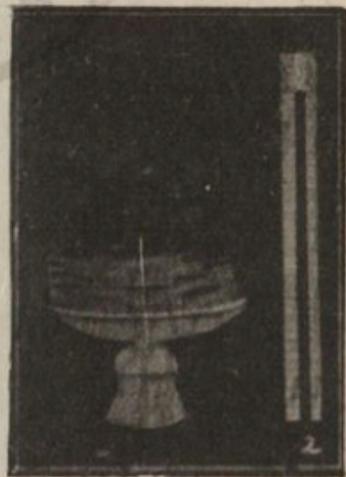
有百分之五是固體物質，而百分之九十五是水。這是很有趣味的事，因為他們給我們以一個例，表示植物曉得構造原理的奇異的道理。

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，那我以為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。

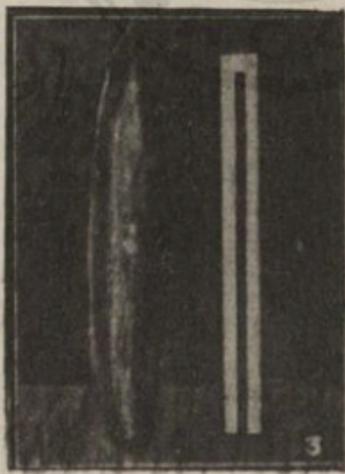
此外如蜘蛛網，蠶絲，都有同樣的妙處。

一點東西為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人的肌肉的。

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，



(二) 的成，有百分之九的水。



(三) 黃瓜的成，有百分之九十五的水。

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。

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。而他方面而蜘蛛的



(四) 牛乳的百分之八十七是水。

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。但我人這專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，是被

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多量的水的。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。



(六) 麵包所含的水，比較麵粉所含的多。



(五) 麵粉的成分，只有百分之二十是水。

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

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) 一個含有四分之一的糖



(八) 一個含有三分之二的糖

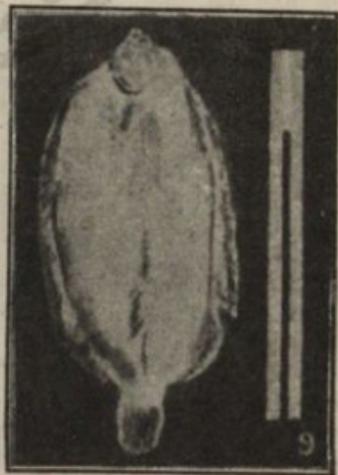
就是不論我們看得見與否，或是我們的手指覺得乾燥與否，水是在無論什麼地方都存在的。如其我們記得在世界上少有絲毫不能溶於水的東西，我們便可以確認牠的重要了。這意思就是無論極微量的這種奇怪的化合物，也能把無論什麼近牠的東西，溶解在牠的裏面，至少也能溶解一些。

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。

二種奇異的氣體

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) 一個比目魚含有五分之四的水。

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，我們可以押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』Decomposition。『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，向上傾入別一個瓶內，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。當牠和別的物质化合的時候，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感亂的。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，因為養氣幾幾乎能夠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夠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，可以用為食物的。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。我們通常以為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，就是牠能夠給我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，實在就是能夠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

用，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。炭又能成為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，他便燃燒，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和科學家了。

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，譬如一種氣體如氧，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，但他們都是互有關聯的，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。在海水中的牠的量非常之多，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物所不可缺少，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的用途，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卻的情形，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，是和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，所以把他們用作貨幣的時候，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，如磷砷之類。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，現在叫作氦，氖，氬，氙。氫這一種原質，是早已知道在太陽上和有幾種稀有的礦物內存在，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，所有已知的原質會列爲一表，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。

怎樣從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

毫無疑慮的知道銦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 銦雖也從鈾的原子分解而來，但銦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，使銦有這樣驚奇的性質，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。

第一使我們對於銦驚異和注意的，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銦內的根本原因的偶然結果罷了。這根本原因，就是銦的原子，會分解成較小的原子，其中有些已為我們所認識了。不過銦卻實在是原質，並非化合物，因為所有造成牠的原子實在是一種類的。我們第一須先知道銦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，氦，和銦，是從別的原質造成，前三者是由銦變成，而銦又是從鈾變成。

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，譬如說分爲二分，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鑄鐵匠，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。使銑變成氫或氧也是牠的力量。

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遠。

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，而其為音則一。我們能夠覺得他們，因為我們有一種感官，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，一方面用作幅射熱或熱波浪，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，但在現在因為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，我以為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，說牠是什麼波浪的房子，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，理由是再要充足沒有的了。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，方才可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。那大天才克爾文，他是牛頓以後第一個研究這類學問的著名學者，曾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，我們可以不去管牠。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。在這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，而大原子如銻，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，而在銻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，我們還是且不要太說得確實爲妙。

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，雖則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。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

們認為在電中，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。

有些人還以為科學愈把自然分析，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。我們也不會把牠認為僅僅一種混合。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，如其他實在是一種化合物，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，而實在是跟不同的，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。

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氣的重量的正確的比例。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，使道爾頓成為不朽的。

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，經過了這樣的加熱，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_2 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_2 這樣東西，你必須放牠在冷的地方，而且要不可見光，還要不使牠和養氣這類的東西接近，否則牠便要自取 H_2O_2 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_2 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_2 內的養呢？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，世界上的最普通的事，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 *Prepense*，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。

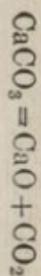
化學家用以表示化合物所發生的活用的記號。化學的程式的特別用處之一，就是牠能使我們可以簡捷清楚地寫出化學變化進行時所發生的種種事情的記錄來。這種變化叫做『反應』 Reaction。譬如我們說當鹽酸加了碳酸銅的時候，是有反應的。自然，有幾種一定的條件是所必備的。譬如在空氣結冰的溫度，幾乎任何化學變化都不能發生的。許多的化學反應須用多量的熱。這些事情不能以我們現在所要研究的方法來表示，但這種方法確能表示所發生的情形，而且表示得很正確。

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，都是由於碳酸石灰所組成。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：



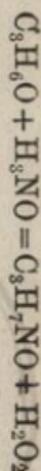
但像這樣方程式裏邊有一個問題，就是這個方程式到底是真的或差的呢？而這是很容易試驗的。我們知道 $2 + 3 = 5$ 這個方程式是差的，因為有一個極充足的理由，就是這一邊比那一邊的總數多一。在任何化學方程式，或任何別種類的方程式內，我們必須確定在這一邊計算出來的結果，比那一邊不多也不少。這樣那個方程式，纔是真的方程式。這固然不能就說這方程式所表示的變化確然發生，因為有時也竟可發生完全不同的變化。但至少牠是可以發生的。

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，那末這方程式所表示的，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，看牠是真的還是差的。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：

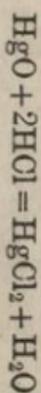


在這個方程式中，我們可不論其化合物是否存在，或是否知道他們的名字。但假設是存在的，那末我們就要知道這種作用到底能否發生呢？你在讀下去之前，能夠尋出牠的答案來嗎？

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2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 代汞，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：

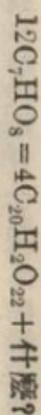


這個方程式是表明鹽酸加於養化汞的作用的。養和綠交換了伴侶，所以我們纔可以得綠化汞和養化輕，就是水。你自然必須把牠檢驗一下。其中有一點是新的，而你還沒有學過的方程式中見到的，這必須加以解釋，因為牠在所有的化學方程式中，幾幾乎都要遇到的。這就是在那方程式的左邊，有一個大2，牠和我們在小程式中所極熟的小2，是有不同的意義的。大2的意思，就是要使這個方程式正確，我們必須取二個分子的鹽酸加於一個分子的養化汞。

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，或鹽類，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，或輕青酸便是。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，其名爲鹽酸。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，其符號爲 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，其程式爲 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 。輕和單是炭或單是淡是不能成酸的，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。

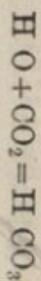
大多數的酸於輕之外還含有養，不過從前所講過的還沒有是這樣的。例如有一種酸類，是由輕淡養三者所成，有 HNO_3 的程式，其名曰硝酸。

全歐全美所賴以爲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」，加以土壤中而生長的。

同樣，輕，硫黃，和養成一種酸類，有 H_2SO_4 的程式，而名爲「硫酸」。正如硝酸所成的鹽名爲硝酸化合物一

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：

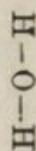
HCl 鹽酸 HCN 輕青酸 HNO_3 硝酸 HNO_2 亞硝酸 H_2SO_4 硫酸

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。我們還可以看到有幾種酸類，每分子中有一個輕原子，而有幾種則有兩個。假使我們說起寸燐酸 $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$ ，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。

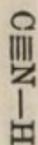
化學家怎樣寫成圖式或構造式。這些酸類的程式，就表示這個極重要的事實的。你不要想像以為我在這裏是說真的手，這不過說好像每一個原子有一定數的手或鈎，或任何東西，使牠能够把捉住別的原子罷了。所以現在我們知道把程式去寫成圖形了。這種就叫做「圖式」或「構造式」。水的構造式是：



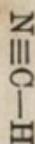
這表示我們養原子的每一隻手是和輕原子的一隻手相抓住。此外我們可以把鹽酸寫成：



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。

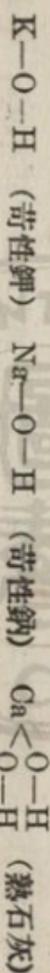


那表示淡有三手。在這兩個式子中，炭總是有四手，而輕有一手。至於到底這兩個式子那一個真能表示輕青酸的分子實在的構造，那是化學家應當在牠分解時或造成鹽類時的性質中研究出來的。

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，還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（阿姆尼亞水是氣體）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，而人乳則有極微的鹽基性反應。所以要以牛乳喂嬰孩，我們當路加一些鹽基類，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姆尼亞 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，那是阿姆尼亞。

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

如果你記得阿姆尼亞的程式，你可以看見牠是沒有金屬的，牠的程式是 NH_3 。如果我們加水於阿姆尼亞，我

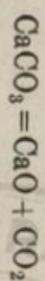
們就得 NH_4OH ，這就是阿姆尼亞水，那是一種真正的鹽基類，作用也像鹽基。所以我們極有理由可以猜測

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。

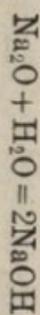
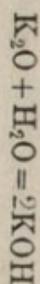
生石灰吸水時所發生的作用 有一種化合物叫做『生石灰』。牠的所以有這個名字，是因為牠對於物質的強烈的作用，譬如牠到了你的眼睛裏時，你所要覺得的。牠是一種白色粉狀物，其程式為 CaO。牠是一種極強的鹽基，由濃碳酸鈣或白堊而生成的，其方程式如下：



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：



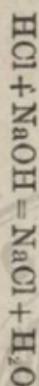
這種熟石灰，是一種養化物和水的而成，而這是我們所述的種種鹽基所同的。例如有一種 KO 就是鉀的養化物和一種 Na₂O 就是鈉的養化物。當於他們加以水的時候（實在我們並不須加水，因為他們自己會從空氣中取得），下面的作用就發生了：



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。

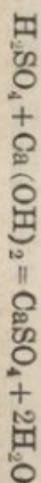
現在我們要研究第三大類的化合物，叫做鹽類的。至於我們爲什麼把牠放在末後講，則因牠是酸遇鹽基時所生成的緣故。在研究酸的時候，我們看見任何酸類都含有輕的，而沒有含金屬的，而酸中的輕或輕的一部分，是可以被金屬所替代而成鹽的。現在我們要看見這個作用是怎樣的了。

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：

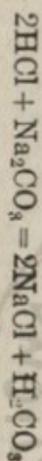


幾種常見的鹽類和他們的組成。如果你去檢驗這個較難的方程式，你可以見到牠是對的。 CaSO_4 是

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。

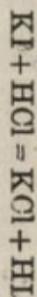
在這些例內，我們看見怎樣酸中的輕常能被金屬所替代了。其方法就是把一種鹽基類放到酸類中去作用。我們還看見任何鹽類都含有兩部分。牠是一複成物，一部是從酸內得來，一部是從鹽基內得來。這種部分都叫做「根」。CaCO₃ 含有一個鹽基根和一個酸根，如我們觀察牠的程式可以見到的。

怎樣一種強酸類可以把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便分解，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：

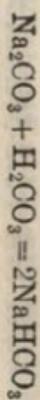


這告訴我們碘化物是分解了，而輕碘酸和綠化鉀是生成了。

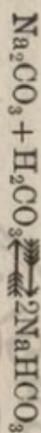
酸類和鹽基類的不同程度的強弱 有幾種鹽類，是酸類中只有一部分的輕被金屬代替而成的。例如有
一種完全的鹽類 K_2SO_4 ，那是硫酸中的輕完全被鉀代替了的，但也有一種鹽類 $KHSO_4$ ，那是硫酸中不過一
個輕原子被鉀代替了的。我們叫這種鹽類爲「酸性鹽類」。

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，因爲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，是因爲在某種觀察之上，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，如炭酸氣、炭酸鈣等類了。這些是極簡單的，但炭卻可以生成幾十萬的別的

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」。牠的原意是攪雜，當我們說一樣東西是極好而沒有可議的時候，

我們常說「牠是不摻雜的」，譬如說，「不摻雜的喜悅」。我的在這樣說的時候，我們實在是是在把牠比作純粹的金，那是不曾被較賤的金屬如銅所摻雜的。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」，其中實在沒有鐵。錫和鉛的合金是用作鐸樂的，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」。

合金為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有一些的新金屬加入，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_6H_{14} 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次序的遞變，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。

曾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 Liebig 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。

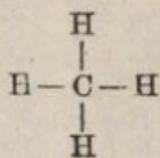
怎樣一個人對於一種枯燥的問題的研究常能給人類以幸福。許多人要說這是一個枯燥的問題，也許你要以為這是不值得去知道的。但是研究自然界的任何部分，和利用牠所給與忠實研究牠的人的權力，卻是值得的。利比喜在他研究的結果，證明了沼氣分子中的三個輕氣能被三個綠原子所替代的一宗事實，他就滿足了。這是一種化學的事實，所有的事實都是寶貴的。他決不想到他所發見的一種新化合物是要成爲世界上的一種無價之寶的。

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。譬如我們可以把它其中一個輕原子換掉，而代以○□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的。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

或別的用途，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，只須把他們浸在其中。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_6O 、 C_2H_4O 等，這種都叫做「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，酒精和碳酸氣。麵包就這樣使成爲膨脹而鬆的。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，生出酒精和碳酸氣來。那酒精發散了去，那碳酸氣便成爲氣泡，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，而把碳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，和他的工作作是怎樣的。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，牠把牠變成酒精和碳酸氣。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並不爲所作用。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，是最有價值的。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* 的，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。

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，我們必定先要明白太空中的世界，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 *senses* 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，若是我們要明白無論什麼東西，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，就曉得幾樁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。

大半的科學名稱的結尾，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生在古時，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

天上我們昨夜所見的星有的牠的本身或者在一千多年前已消失了。這是誰也不容易相信的，但事實上確如我們看見星實在看見的是從那是發出經空間而入我們眼的光。這光在空中行走的速度為每秒鐘十八萬六千英里，迅速固已出人意料，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，直至昨夜纔傳到我們眼中呢！例如圖中那個新星帶的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，這便因那星體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，真知識的真用處，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。但是我們又不能假感謝他們——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 *Nicolaus 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圖



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，但我們如能送報到這些的恒星的，就要發上二千年的光陰。

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。他並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為「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，並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者的榮耀。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，我們越能較明白造物者的奇能。

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。我們的太陽已算大了，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。大約三十年以前，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。這光線在那時就起程，到十數年前，纔到地球上。

照天文家的眼光看起來，天上的星可以分為完全不同的兩種。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，所以我們所能覈看見的，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，比較小而不要緊的行星（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』 Meteorite，或『射星』 shooting stars，還有幾個希奇古怪的東西，叫做『彗星』 comet，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，他們不能覈知道，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 *Sihing* 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。

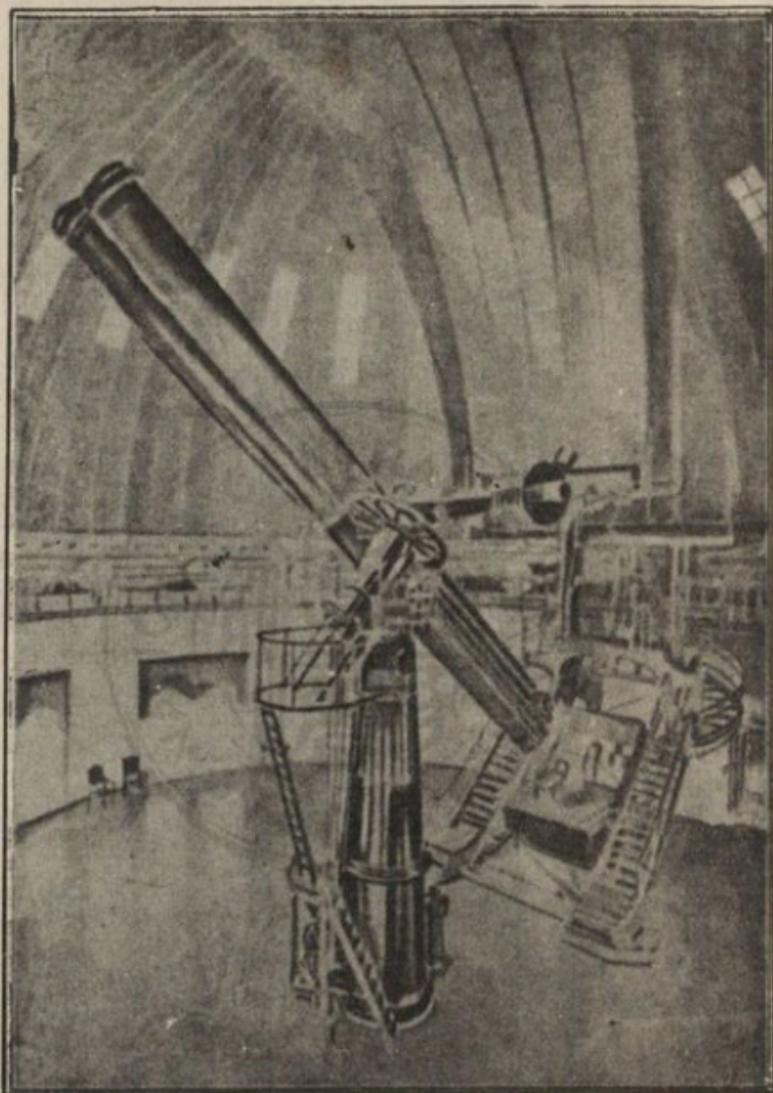
我們永遠不能明白別的星系，像我們明白太陽系一樣。但是當我們看星的時候，我們一定要存一個白魯諾所存的念頭，要常常記着這個星，或且是許多行星的太陽，也是許多和我們相類的很聰明生物的太陽。在這宇宙中間，在太陽系之外，恆星之外，還有許多別的東西，我們也知道這些別的東西是什麼。那末，當我們已經知道宇宙究竟是什麼東西做成功時，我們就可以仔仔細細去研究這些東西中間靠近我們的幾個。

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

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

世界最大望遠鏡之一

響。



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。

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来了，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

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。



這是獵戶星座，一到冬夜，在天南發光很亮一月，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，略為早些。星雲是三個星中間的一個，那三個就是古人稱為獵人的劍的。

我們研究了月以後，我們就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），然後我們要小心那些恆星，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，我們越明白造物物的奇功了。

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

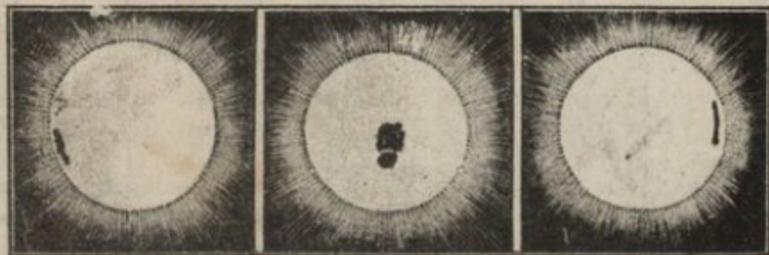
那邊，貫穿中心劃一條綫，大約有八千哩長。這條綫就稱爲直徑，直徑的意

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，要不停的運



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痛。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顛攏來。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 $98^{\circ}-99^{\circ}$ 。如果在蔭處的空气有這麼熱，我們一定受不住。沸水比較這個還要熱而火柴的火籤，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了。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。砂和石是養化的矽 silicon 做成的，也要分解為養氣和矽。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，可以稱為大。地球和我們的身體比較，也可以稱為大。太陽和地球比較，也可以稱為大。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，和我們看不到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。在希臘大思想家亞理斯多德的著作裏，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，以太陽為有缺點；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，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挈 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。羅挈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為火焰。他們也像別的火焰一樣，火光熊熊的跳躍。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為不可能了。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，而是永遠為大波濤所激盪的。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，並且也已知知道為什麼這樣的。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，而羅黎以為還有一種原素，這種原素在現在的地球上沒有。羅黎給牠一個名字，叫做苛羅寧 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。

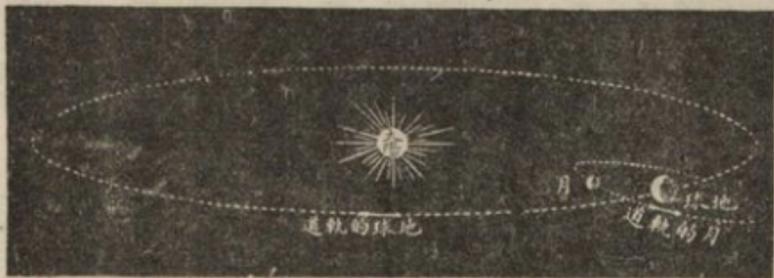
太陽在我們生命中所表現的力量。我們所得的智識，使我們敢說：太陽和行星和衛星都是一個大體所分裂的各部份。我們知道各部份都在冷去，而且縮攏來。我們從恆星和星雲的研究裏，可以推測太陽已往的歷史。從別的紅色恆星，從我們關於暗星所曉得的一點兒，從地球（從前也和太陽一樣但已很快冷卻了）從這幾種的研究裏，我們可以猜想許多關於太陽將來的情形。

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，這光并不是月自己的光，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。牠反射太陽的光很多，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，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，比別的東西，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，是地球體積五十分之一；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。

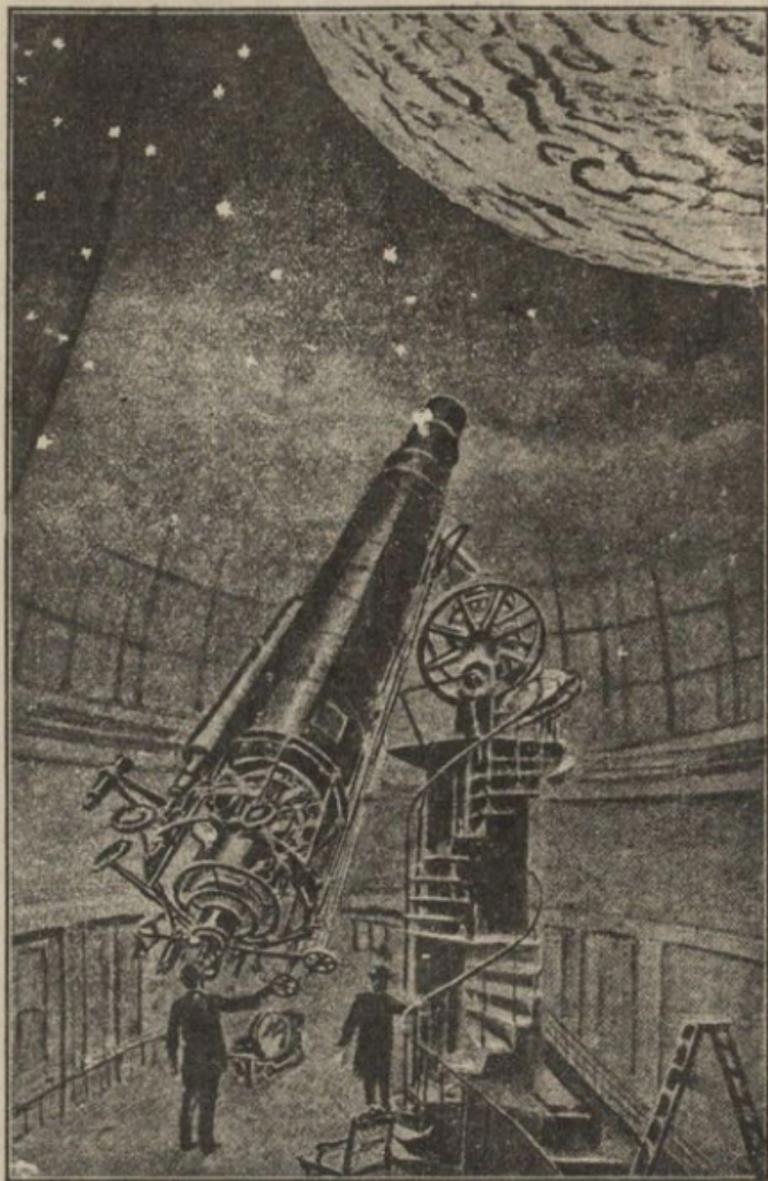
我們知道月亮比我們知道阿非利加更詳細。自然我們希望要看見月的那一面，但是我們可以相信，若是我們能夠看見牠，牠也不見得和這一面有什麼大不同的地方。現在我們已經拿我們看得見的一面，詳細細細的用圖畫和小照來把牠佈置起來。波爾 Sin Robert Ball 說得好：『天文家曉得月的表面，比地理家曉得

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？

觀 察 的 別 界



天空中諸世界，月最近我們。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，而且我們可以將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。

還有圓圓，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，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。

圖 畫 的 月



月實在是一個死的，世界和地球繞日一轉，繞着地球，自己不會發光，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

這般分明；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

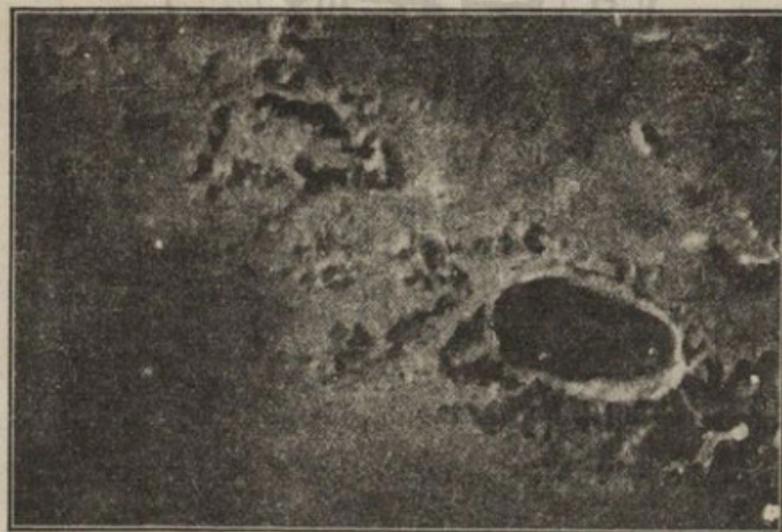
的。
若是我們要曉得什麼緣故，月上面有這麼多的堆高起來的東西，這回答又是因為月小的緣故。

少年百科全書 第七類 地球上冊·月——晚間的燈

一百九十四



月面還是種種痕跡，最清楚的便是我們肉眼也能看得見的黑而大的平原。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體型的攝影。這些山嶺，爲了沒有風雨的消蝕，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。圖左上方，我們可以看出，好像是一個大隕石經過時所遺成的，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：

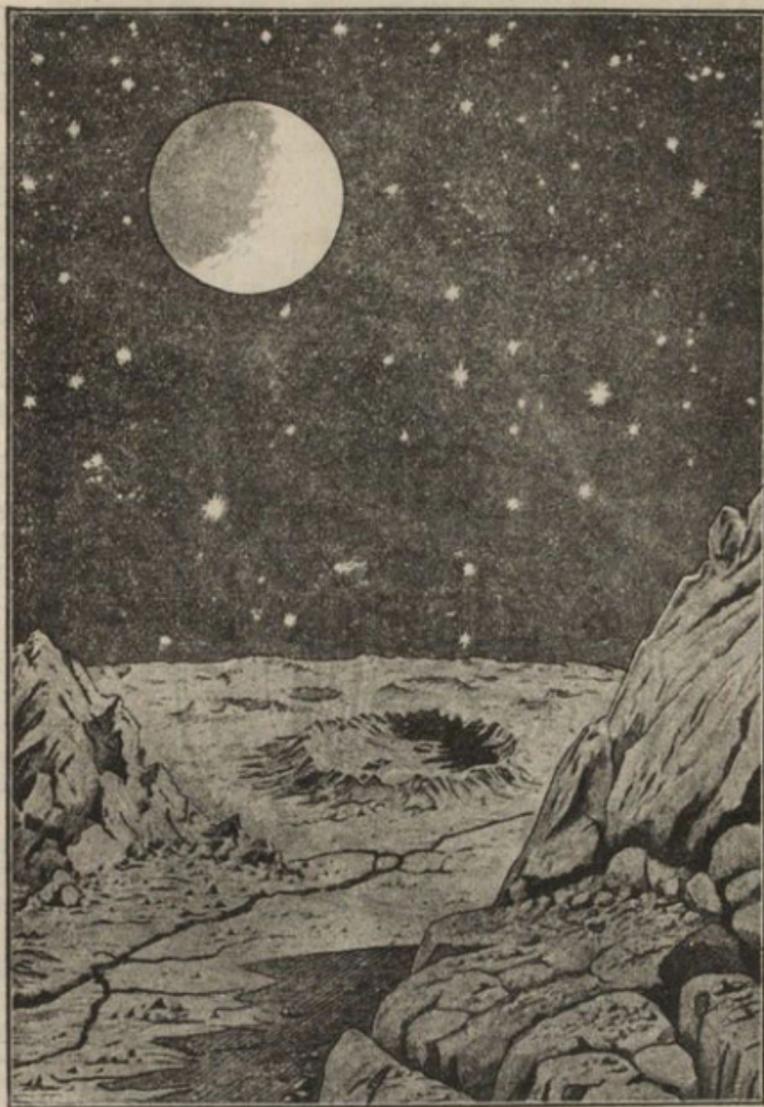
『若是有人在月亮上蓋屋子，幾百年之後，那屋子或者仍舊是簇新的。這屋子也不必有玻璃，因那地方沒有風雨。房子裏頭也不必有火爐，因為沒有空氣，火是燒不着的。在月亮上的灰塵是飛不起的，氣味是聞不着的，聲音是聽不見的。』

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，也不過像針子落到靶上一樣的寂無聲息。月上如有花，也不會發香氣；鳥或者可以啾啾於樹間，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，我們自然永遠看不見滿月了，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，是一個極好看的东西，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，並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面觀察得一般詳細，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。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分，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，并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？古時天文家的計算，沒有算到潮汐，而且這事有太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；並且地球自身的固體，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，是很符合的。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這些；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的。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，因為宇宙間的變遷，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。

最奇妙的事就是我們知道這些真是奇异的。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。最奇妙的事，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爲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爲火神 *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。

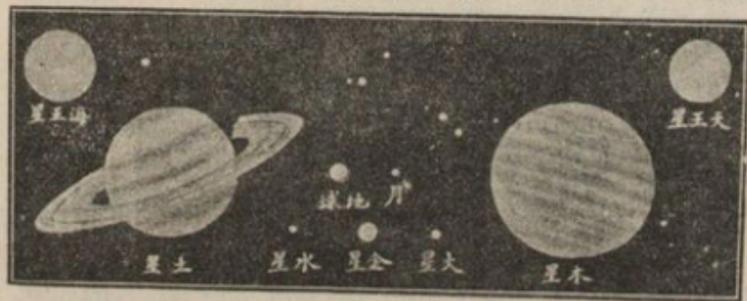
如果我們這般無名的普通人，運氣比哥白尼好，有機會看一看水星，那麼我們所看見的水星是彎鉤形，和新月的情形極相似。我們立刻可以知道不但水星，金星也是如此。因爲他們和地球月亮火星一樣，都是自己沒有光，只能反射太陽的光。水星繞太陽走時，牠的半面映着太陽光。我們所看見的水星或金星的形狀，完全靠着我們能看見多少牠的朝着太陽的半部，正如我們看月亮時的情形。關於水星面上的樣子，恐怕我們不能知

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。牠的直徑是三千里弱，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



這是繞日諸行星的軌形，可以看出他們的大小，較木星的比地球要大一千二百倍。

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，在我們看過去是彙恆星中最亮者）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，牠的軌道是最接近於圓的了。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 33,000,000 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，稱牠為『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（或者有更

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為紅光。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 35,000,000 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，我們稱之為『火星之對照』 Opposition of Mars，因為從地球上看起來，那時太陽正好在這一邊，火星在那一邊，兩方遙遙相對；所以稱之為火星的對照。

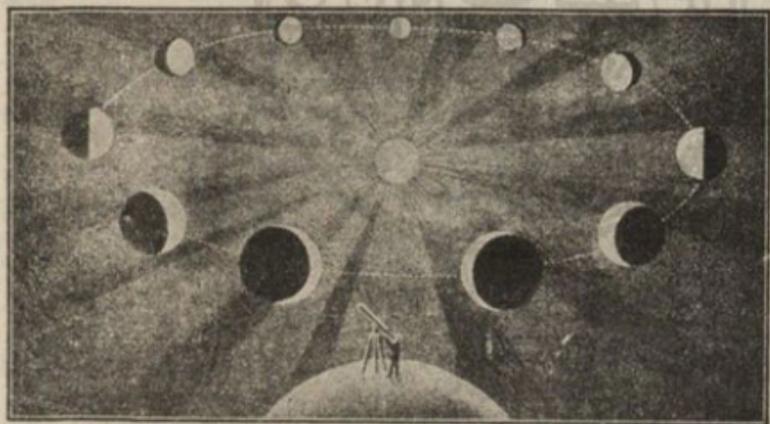
火星上有無生物的問題 如果地球和火星的軌道都是正圓形，那麼自然在每一次對照時，他們倆的距離都是一樣的。他們的軌道的形式既然不同，自然沒有上述的情形。在一八九二和一八七七年（發現火星的兩個月亮也在那年）兩次的對照時，地球和火星相距很近。

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的儀器，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？

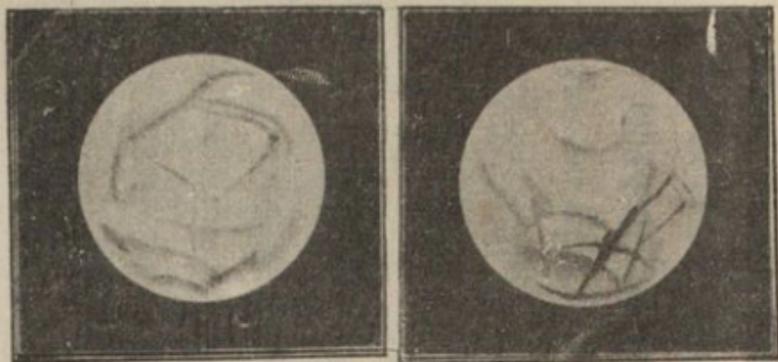
地球上所看見的別的世界



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。當他最近地球時，真像一灣新月，過了些時便小一些，直到他遠時，便成了一個小球。左圖是金星，繞日轉着時爲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，和他們爲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。

照相器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 1,200 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脹得格外利害的緣故。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。

如果木星的结构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 1,200 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。這許多的事實都使我們深信：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，妄以為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些各種東西以前，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

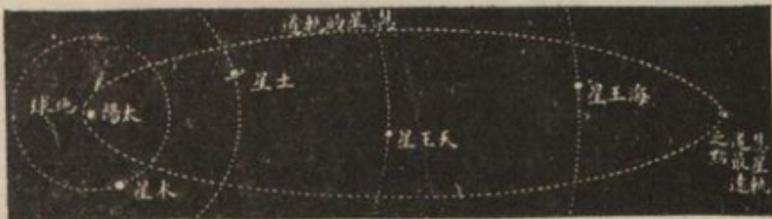
色的是彗星。

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

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。在後面二二四頁的一幅圖畫，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



彗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，此時離太陽約3,300萬哩地方去了。

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為核心——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，就會聯想到牠的尾巴。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，有的散為毛帚的樣子。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為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；因為要不是如此，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，尾巴反倒在前面引路。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，所以彗星近太陽時方有尾巴，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光所推出的部份，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

被推出的質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赫列 Hallley，

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

八二年赫列又在同一的地位看見一個彗

星。赫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

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



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。

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，表示出嚇列彗星在一〇六六年，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。

人類有紀載的歷史，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，不能為害。我們能望過彗星的尾巴很清楚，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，我們以為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 *Methyl 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，再受了光的壓力變為尾巴。

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。我們必得把「星」這個字所引起的觀念完全丟開。我曉得有一個小孩子，以為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為星，正如一塊炭不能算為星一樣。流星這兩個字，告訴我們從前的人是一直當他們為星的。但這是為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，在養氣內開始燃燒時尤甚。

大多數的流星就這樣子的變為了氣體。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。

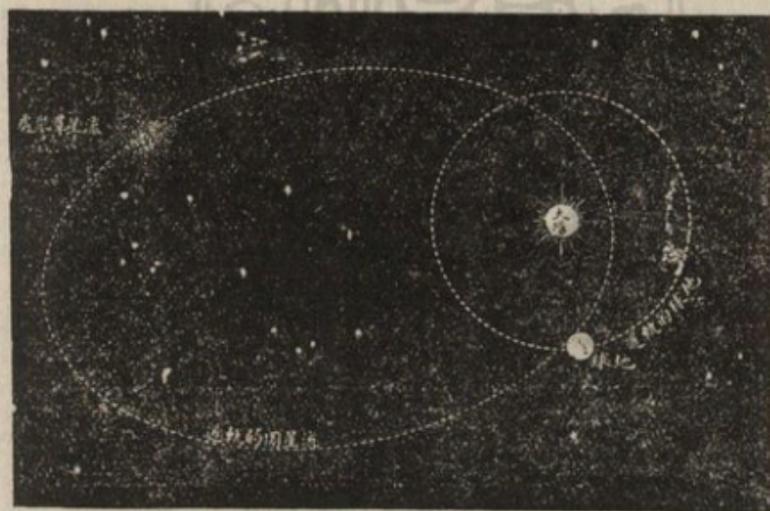
現在我們來討論一下，我們在規定的時間內所看見的，一陣下來如霖雨般的流星。例如在十一月裏所看

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紀載。最早的紀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彗星。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為一羣；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的許多的物質，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所剩下的東西。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，流星更格外多，當地球繞着他們時，天上一條條的白光便也格外多了。

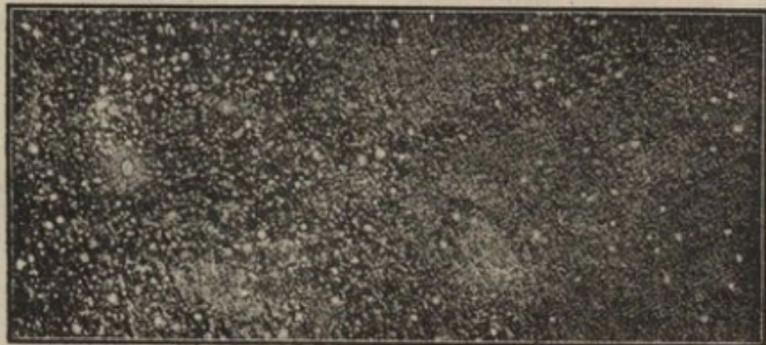
現在我們已經講完太陽系的故事。我們從太陽開始，以天塵爲結束。以後我們將要討論到恆星，我們已經曉得恆星都是太陽。



我們眼光中的衆星

我們已經知道，太陽是恆星之一；換句話說，一切的恆星都是太陽。這個道理白魯諾 Giordano Bruno 早就知道了，不過到現在，纔能够證明出來。在現在時候，這個道理已成了天文學中最可靠的根據。世界上最大的一個天文臺（在美洲）因此就專門用着牠，來研究恆星之一的太陽，和都是太陽的恆星。我們所知，道關於太陽的事，可以幫忙我們明白衆恆星。

我們一定要從頭上講起。我們知道在最古的時代，人類就研究這些星了，他們沒有望遠鏡，隨便什麼器械都沒有，他們所有的，就是一雙眼睛，一個頭腦。到亞西利亞人 Assyrians，埃及人 Egyptians，加爾底亞人 Chaldeans，和希臘人 Greeks 的時代，還沒有什麼望遠鏡，天文臺也是極少的，然而差不多一切關於星的知識，都給他們知道了，直到我們這世代，纔有些新的知識，因為有眼睛的人，若是願意去用他的眼睛，可以知道許多關於星的事。



頭一件事，人類所知道的，就是有幾個發光體，像恆星一樣的，在恆星中間跑來跑去。這些跑來跑去的星，就是「行星」，我們已經明白他們了。現在我們用「星」Stars 這一字，去表明行星之外的星，這些星自古以來，人叫牠做「恆星」，因為要給牠和行星分別清楚。我們現在不用「恆」Fixed 字這個字，也有緣故的。一則，我們又叫行星只是「行星」Planets，並非簡單的「星」Stars；二則，我們也知道許多恆星到底會動的，而且我們更有理由相信他們都是在那裏動。

不過若是我們每逢天氣好的晚上，去看這些星，我們就是看了一世，也看不出他們是動的。並且就是我們看幾個世代，看幾個世紀，大半的星，我們也看不出他們是動的。將他們互相比較起來，他們好像永遠不變的，雖然完全的一片天，在一年的各時候，或一夜的各時候，好像是移動的。例如冬天的天，從我們地球上看過去，是比夏天的天有趣得多。

人的眼睛看過去，星好像是一羣一羣的，這些一羣一羣的星，叫做「星座」。這些星座中間的星，各個的地位，夜夜不變，年年不變。所以若是六個星成一個冠冕的形狀，人家就叫牠做「王冠星座」，如此類推。這六個星的正當名字，就是「北方冠冕」Northern Crown，或「波里里斯」Corona Borealis。我們可以在第八頁上找到牠，或者我們可以在天上找到牠。波里里斯一字是從波里阿斯 Perseus 轉來的；波里阿斯是北風的神。但是現在最要緊的，就是要知道從前人家所不知道的。

上古的人以為人住在一個球裏頭，四週圍有星黏在球殼上面。當我們看天的時候，牠好像一個圓頂，或是

一個覆碗，有人說過：那個覆碗我們叫做「天」。覆碗上有許多的星黏住，他們離我們好像一樣遠的。所以他們以為我們所看的一羣一羣的星，實在是一羣一羣的星，或是星座，有的天文家，竟是以為這些星是黏住在一個球上，我們就住在這球裏頭。天所以好像完全移動的緣故，是因為這個空球完全轉動，所以這些星也跟着動。他們要解說行星行動的緣故，就杜撰出許多別的球。這個學說，自然是極複雜，極不可信的了；因為牠是完全錯的。這也就等於我們坐在一個屋子內看過去，想每件東西好像是在一個平面上，離開我們眼睛一樣遠的一般。這樣我們對於這個房間的觀念，是何等可笑的。但是實在講起來，我們是用透視法看這屋子的，因此我們知道，雖然在我們眼界裏，那些東西好像是在一排上，其實是一個離我們極近，一個離我們很遠。

空間的深度是我們理想所不能揣度到的。可惜我們不能够用透視法看天。若是我們能够用我們的眼睛，看出空間的深度，大半天文家所有的誤會，也不會有的了。隨便什麼小孩子，在天好的晚間出去看天，也能够改正這些誤會了。沒有多少時候以前，一個英國人，教我們一種法子，可以知道天的透視，或是空間的深度。他做了許多天的圖畫，使我們先是左眼看見，後是右眼看見。當我們兩隻眼，同時在這顯體鏡 *Starescope* 上看時，那圖畫就給了我們一個天的透視。我們能够看見有的星很近，有的星很遠，雖然在天上看過去，好像他們是一樣遠的。所以現在我們可以明白那些星座，看過去好像一羣在一個平面上的緣故，是因為我們的眼力，不能够揣想到空間中的深度，牠的深度實在太大了。

不過自然我們要知道那些要緊的星座，因為他們是天上的界牌，并且若是我們去找彗星，或是行星，我們

要拿他們做標準。在此我們可以得到一個極有趣的事情。那些「恆星」是不恆的，所以當他們動的時候，星座一定要變牠的形狀。我們也知道他們是果然會變的。第一件希奇的事，就是那些變動是極微的。我們有許多名字和記載，都是上古傳下來的。不過照大概看起來，現在天的表面，和人類纔研究星辰時候的天的表面，是差不多相同的。

我們眼力看不到的變動。然而我們現在知道，有的星一秒鐘走十哩或一百哩那麼遠。這樣看起來，這些星離開我們不知道有多遠呢！因為東西越近，他們的變動越看得出。

第二件事，我們要曉得的，就是這些變動，雖然好像小得很，然而這些變動是有的。有什麼憑據呢？頭一件，我們知道有幾個星座，古人沒有給他們名字，近年來纔爲他們題了名字。我們知道那些古時的天文家，很肯用工夫看那些星，并且也很肯給他們名字；所以我們很可以相信，他們所以不給這些「新星座」（我們叫牠做新星）名字，是因爲那時他們看不見他們的。這些星座的星，早已在天間行動，現在我們拿「新」字，加在他們身上，是因爲幾千年以前，他們還未像現在清楚的合成一羣，所以那時也沒有星座的名稱。

星座的名字，都是按他們像什麼東西問題的。不過有的名字，看過去是很沒有道理的。然而這樁事，也可以幫我們證明這些星是不動的。因爲或者在這星座得名的時候，牠果然很像那東西的，現在卻就變得不像樣了。

天的南北部 若是我們明白地球怎樣轉法，我們就可以知道，在美國大半的地方，祇能够看見天的北部。

恰巧那些最有味，最好看的星，都在北部。這或者我們想是如此，因為大半的大天文家，都生長在北半球，而在南半球，祇有一個好的天文臺（在哥倫尼角 Cape of Colony）。所以我們實在對於南部的天，也沒有知道到我們應該知道的那麼多。

不過無論如何，在北半球的人，至少應該要知道幾個最妙的星座。這些星座，用不着什麼別的器械，就可以看得見的。一雙眼睛，一隻頭腦就夠了。那些希臘人，也不過用這兩件東西，就發現了數不盡的事實。這課書中的圖畫，告訴我們，什麼星我們應該知道的，我現在要提起他們中幾個要緊的星。不過這些圖畫上，缺了一件東西，或者要使這圖畫不清楚了。這個東西就是天河的北段。所謂天河，乃許多的星，聚成一條大帶，環着完全的天，絲毫不斷的。

古時天文家給星題的古怪名字 我們都應該知道，那七粒組織成大熊的尾巴，和一部分身體的星。這七粒星好像一把犁，我們有時也叫牠做「犁星」。若是我們看見他們，我們就可以找到北極星 Polestar。犁頭的前面兩粒星，叫做杜白 Dubhe 和米拉 Merak。在他們一條直線上的一個星，就是北極星。一直向北極星看就是北方了。現在再說到那大熊。倒湖大熊的尾，我們就可以看見一粒叫做獵人，或阿克脫拉斯 Arcturus。這個星是最亮諸星中的一個，人家叫最亮諸星為「一等大老」“First Magnitude” Magnitude 就是拉丁字大的意思。阿克脫拉斯是飛得最快諸星中的一個，人家想牠每分鐘要走一百哩路。

還有一個很容易看見的星座，形狀好像一個大W字，牠叫仙后，或卡息奧多拉 Cassiopeia，或椅中婦人。



(圖註)我們在夜間抬頭向天宮看時，就覺得大部分的星都是聚結成團的。這些都叫作「星座」。有些星座有極奇異的名稱，因為古時人，按着當時所拜的神道題的；還有是看起來像什麼東西而題的。現在我們看起來，這些星座毫不像什麼東西，有些現代的天文家說，恐怕有許多星，地位已是變動了。圖中所示，就是古人所畫的星座。看這圖時，最好向南立着，將這圖放在頭頂上，使上端向北，那就分外容易明白了。

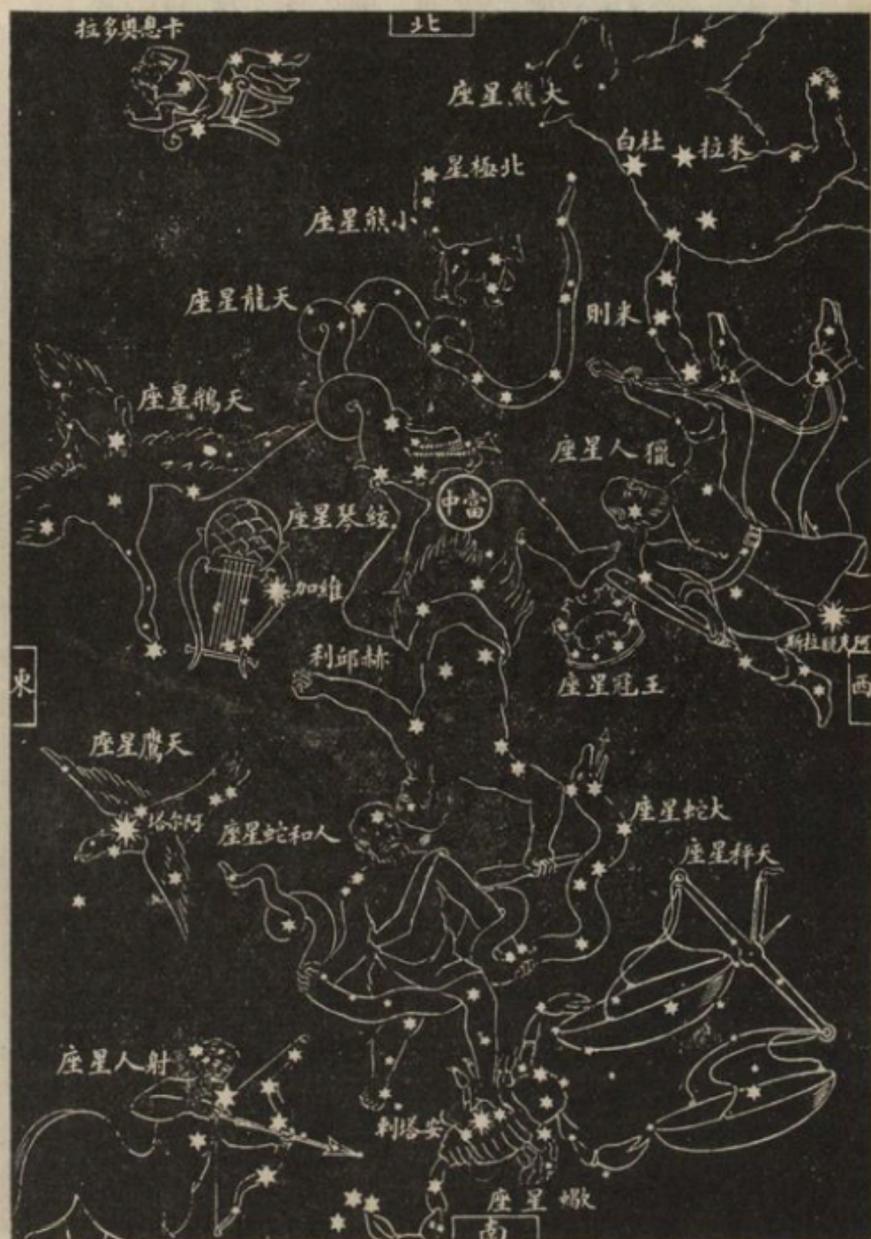
這個星座，不會給人看錯的。

一個很美麗的白星，也是「一等大老」之一，牠的名字叫墮鷹，或維加 Vega。牠是在絃琴 Lyre星座中間，在天河的旁邊的。牠是特別的有趣，不但因為牠是美麗，並且因為太陽和地球，現在正向這顆星用每秒鐘十二哩的速率走過去。

很近仙后有一個星座，叫做英仙，或百爾修 Perseus。牠的形狀，好像一個大L字，在那大W字之下。這個星座是有趣的，因為牠中間一個星，是一個雙星，叫做怪物，或阿古 Algol。阿古實在是兩個星，一個亮的，一個暗的。這兩個星，轉來轉去，有幾天中間，那暗的就使那亮的蝕了一半，所以這星是忽明忽暗的。

二月裏天上的奇觀 第十二頁上的星圖，給我們知道，在二月左右我們可看見的奇觀。在英仙的下面，不是像小牧羊，或卡珀拉 Capella的向左，是在右，並且比牧羊還低些，有一個星座，叫昴宿，或普雷雅德 Pleiades。天上沒有東西，像這星座好看。牠是一個真的星座，因為牠的星是真的聚在一羣。用肉眼來看，若是我們運氣好，我們可以看見七個。用鏡看，我們可以看見許多。我們用望遠鏡和一個照相機，我們可以照出三萬多星，有的是星，有的是星雲。在天上的隨便什麼部分，沒有這麼一大羣的星，像這個昴宿的。現在你看下去，由昴宿向左

圖 星 季 夏



(圖註)這種以動物名稱分星座的方法現在的天文家還是採用着，因為用得久了，要是改變一下，便要發生許多困難。其中一個擎星是很容易尋出的，因為他們就是造成大熊的背和尾的七個星。古人將這些星座顯明之後，又編造出來許多故事，講到那些星是怎樣會有的。大熊背

中兩個星一直過去，就是北極星，更給與我們不少便利。

些，你就到了紅光燦爛的另一個「一等大老」叫做從者，或愛爾地不蘭 *Aldebaran*。再朝下朝左些，就是那最明亮最出名的星座，獵戶，或奧賴溫 *Orion*了。在星圖上，可以看得出獵戶的羣星，聚在一起成了一個打獵人的形狀。有三粒星一排，像他的腰帶。還有略小些的三粒一排，像他的劍。這小的三粒星中間一粒，可以算是天

上最希奇的東西了。牠實在是一個星雲，並不是一粒星。在這個星雲中間，至少已經有六粒星變成了，將來必定還有許多星會變出來的。再朝下朝左些，我們就要看見天狗星，或賽立阿斯 *Sirus*。牠是全天空中最亮的星；人家稱牠為「天軍的領袖」。但是我們不可想就是攏總的星，離我們一樣遠，天狗星也是最大的。天狗像阿古一樣，也是雙星。牠也有一個暗的星，不過這個暗的星，不走到地球和天狗之間，所以天狗的光度，是不變的。

在晚上去睡的時候可以看見的奇觀。上文所說的，是天上最好看的美景。不過在這部分天中間，還有三個星，我們如今要提起他們，那是很容易看見的。一個叫做卡斯忒 *Castor*，一個叫做波勒克斯 *Pollux*，他們是雙人星的兩個頭。雙人星也叫做哲米尼 *Gemini*。還有一個叫做先兆犬，或普陸克尼，是小天狗星座的身體。

若是你們拿這些星記好了，一遇機會就去找他們，你們就很容易的認得他們了。并且這樣天空就變成很有趣的東西了。若是你們說，你要早睡，這個是不相干的，因為許多的星，差不多在小孩子去睡的時候，就看得見



(圖註)我們大家都知道有黃道 Zodiac。這個名字，那就是我們的太陽系在那裏運行着的一帶天空。牠共有十二宮，在這四個眾星圖裏，都可以尋出他們來。他們的名稱是在二千五百年以前得到的。

了。就是那時候看不見，也遲不了多少。

或者起先我們以為我們不能知道那個星是亮的。可是無論什麼人，他若有眼睛，他一定能夠知道，天狗星是比較牧熊者 Arcturus 亮。並且牧熊者是比較普雷雅德中間無論什麼星都亮。並且我們若是要量他們光度的相差多少，也是不難的。譬如我們可以比較這些星，印在照相乾片上所需的時候。若是我們當那些星光性質相同的（雖然我們不可以當他們如此）當他們印上乾片時，我們就有法子比較那些星的光度了。

何以我們不能明白星的真光。但是，我們再想想，我們就會知道，這個法子和用眼睛看的法子和別種法子，都不可以量出星的真正光度的。我們可以明白，照我們看起來，他們是若何的亮；我們可以明白那光線傳到我們的時候，是若何的強，但是這又是一個問題了。月亮不過受太陽的返照，尚且好像比天狗亮得多，然而天狗或者比幾百個太陽還亮些。星的遠近，有大大的影響，正如燈塔的光，受遠近的影響一樣。

所以我們用這些法子所量的光度，不過是我們眼光所看見的光度罷了。就是講到天狗星，雖然我們以為牠是最亮的，或者還是最暗的也說不定。牠好像是最亮，或者不過是因為牠是近些罷了。所以我們若要知道星的光暗，一定要先知道他們的遠近。

星的遠近，是他們的頭一個大問題。世界上的天文家，都在研究牠。現在許多星的遠近，大概都可以知道

圖 星 罕 季 冬



(圖註) 古希臘文學家荷馬、Homer 和希西阿、Hesiod 的文字中所提着的星座名稱，有幾個和我們現在所用的是相同的。例如大熊、獵戶、天狗等類。這些星座在這個冬季羣星圖裏，可以看出。舊約聖經中，也有許多和現在相同的星座名稱，我們讀約伯記三十八章三十一—三十二兩節就可以知道。

了。他們是用以下的方法算出來的。

人類如何算出星的遠近。若是一個東西很近你的頭，你的頭一轉，這個東西的地位好像也變了。就是你起頭用這個眼看，後來用別個眼看，牠的地位好像也變了。若是你知道，你兩眼相離多少，你就可以量出來，這個東西離開你多少。講到行星，或是月這些東西，我們可以先從一個地方看牠，是在什麼地位，後來又從別的地方看牠。那地方的相距，或者可以幾百哩。幾百哩的底線，很够量行星和月了。正如兩隻眼睛的距離，很够做一條底線，去量一枝鉛筆離我們的遠近。但是恆星離開我們太遠，無論你在地球上拿那一樣的線作底線都是太短。

我們怎樣做呢，我們又不能夠離開地球？有了，我們可利用地球繞太陽的行動。我們可以在一天晚上看星一次，然後等六個月以後，再看一次，那時地球跑到太陽那邊去了。這樣我們可以有一條一萬八千六百萬哩長的底線了（這個是地球離太陽距離的雙倍），用着來量有些星的遠近了。但是雖然這麼大的距離，仍舊有時還沒有什麼用場，因為有些星，離我們的距離，實在算也算不清的。

天文家如何知道看不見的星的「重量」？有時我們說，我們能够稱星的重量，但是「重量」這個字，這個地方

不應該用的。若是我們說這本書是多少重，我們意思是說這本書受地心吸力多少。要是地球忽然沒有了，這本書的重量，差不多都要失去，只有太陽的吸力使牠留下一些重量。但是這本書所有的材料，還是沒有變過。這種不變的材料量，我們叫牠做「質量」，而我們所能量星的，就是這個。我們若說星的重量，那就沒意思了，雖然，我們知道了牠的質量，我們就可以知道，那星放在地球上，牠所受的吸力多少，就是有多少重量。

我們有時可以量一個星的質量；若是那星附近還有別個星，因為我們可留心牠的行動，如何受那星的影響。譬如我們曉得天空中有無數的雙星，他們互相環繞着，他們的吸力互相影響他們的行動。而他們的吸力的大小，自然要看他們質量的多少，因此我們就可以量牠出來。這樣，我們也可以量着不見的星的質量。這樁事我看可以算是天文學的大勝利。

星的大小，我們不能够用什麼直接法子去找出來，不過能够猜猜罷了。這是因為我們沒有法子看得見星的圓體，所以也不能够去量牠的直徑。望遠鏡既然不能做這事情，而星光的研究，也不能表明牠的大小，所以要量準牠的大小是很難的。

天文家如何用他們的能力去算星的大小。但是我們也不是完全隔膜的。因為若是我們能够知道關係一個星的別的事，我們至少也可以猜牠的大小。譬如我們知道了他們的遠近，他們的光暗，他們的質量，我們就有一點法子，猜他們的大小了。不過就這幾樁事情的本身，還很難知道，而結果也很靠不住，所以我們所能夠說的，就是這個星，或者比太陽大幾倍，因為牠的光是這麼多。這樣還不致相差過遠。

末了一件事，我們在此地要說的，就是星的數目。要知道這個，一雙眼睛和一個頂大的望遠鏡是不够的。我們一定要照相的乾片，牠能够看見的星，比眼睛看見的來得多，因為組織乾片的物質，比組織網膜 Retina 的物質，比較容易受感覺些。用這樣法子算出來星的數目，大約是一萬萬顆。這個自然是一個大數目，但是牠也不過比美國人民多一點。

天空中究有多少星 若是星的數目是無窮的，照相器和望遠鏡，既然常常進步，自然他們所照見的星的數目，應該一天一天的多起來。然而現在所發現的，並不會多些。我們還有別的緣故證明，看得見的星的數目既然有限，看不見的星或者也有有限的。我們這一個宇宙的星是有限量的，不過或者空間中別的宇宙，還有許多數不清的星。

星的顏色

我們運用三種器具，就能研究恆星，而得到許多知識。這三種器具就是：眼睛，望遠鏡，和照相機。望遠鏡使眼睛所看的格外精確，格外分明；照相器的益處是對於某種的星光，眼睛或最好的望遠鏡所看不出的，牠能覺察。不過這三種器具無論我們如何利用着，無論他們如何發達，他們所能做到的，只顯示出天上幾點的光，使我們能比較從地球軌道上各處所看見的恆星的樣子（在前一課我們已經論到這事）。我們現在還沒有希望能看出他們的渾圓全體；最近的恆星已是這麼遠，看過去也不過是一點的光。但我們還能用上所述的器具多知道

些關於他們的智識；因為我們能觀察他們互相加於他們行動上的影響，因此就可以曉得一些他們的大小或重量。

上述的考察是不可缺而且極有興味的。我們可以稱牠為敘述的天文學——恆星的敘述的研究。但我們所要達到的智識，超過於單靠這些器具所能做到的。我們並不畫出天空的圖，做星名的目錄，測量星與星間的距離為已足。無論什麼科學，一定總有一個更進一步的研究。不論你研究化石，或星，或天氣，你的目的，一定不止於敘述而已，即使你的敘述本身是極有興味而且極精確的。

我們在各科學中所求的目的，總不離於說明或解釋。除非我們精確知道我們所要解釋的事實，我們自然不能解釋牠，所以總要先從敘述著手。從前世人還沒有懂得科學的性質時，他們常常未到自然中去求事實以前，即試下解釋，以致他們的解釋不免於錯誤或無用。我們現在知道無論在什麼科學中，精確的敘述總須先來的。但我們千萬要避免別種的流弊，就是：別要以為精確的形容或敘述一件事，就是等於解釋牠。人類的性情總歡喜故步自封，容易滿足。但我們知道學問是沒有止境的，就是正確的解釋的本身也須解釋——這等於說，無論什麼原因總有再進一層的原因。現在我們把這個教訓應用到恆星的研究上。

我們在我們短時期的生命內觀察天象；換句話說，人類在他的生命的短期間內觀察天象，我們不但要看並且也要懂。單曉得某某東西在某某地方，這是不能算為滿足。我們要曉得他們在人類沒有發生，地球沒有成功以前的無數世紀如何變成的；他們在我們死後，地球毀滅後，要變到什麼樣子？我們不但要知道那裏有什麼

東西，我們並且也要曉得那裏有什麼變動發生。我們現在要明白：眼睛，望遠鏡，照相機，這三種器具，雖然在已往已做了不少的事，將來還有許多事等他們做，但他們不能答覆我們不能不問的問題。

擴張人類智識的奇巧器具，還不到半世紀前，世人都以為天文學一定有一個止境。除了一向在進行製造更大的望遠鏡，更精的照相機外，沒有人想到更有什麼進步的新路了。至於知道星是什麼東西構成的，星中有什麼變動，一時好像沒有什麼法子可以得到這些知識的。當時有一個大學者（已死了不止半世紀）竟宣言道：人類永沒有希望能知道星的結構的了。

可是接着就有一個新發明的器具出世，幫助天文學的發達。這新發明的器具的功用也是敘述的。但這種的敘述卻和以前的敘述大不同。牠使我們越過一大段的路程，直達真正屬於解釋區域的邊界。牠告訴我們星的已往歷史和將來的運命。我們因之現在方纔能開始所謂「新天文學」的研究，這是直接根據於這個新器具的發明的。我對於這一點要特別注重；因為對於無論什麼學問這是一個好教訓。無論什麼知識都要依靠方法和器具。每一個方法或器具，都有牠的不可測的前程，但也有牠的界限。所以每有一個新方法或新器具被採用，那一部分智識的歷史便開一個新紀元。望遠鏡和顯微鏡的發明——在他們本身不過是幾塊玻璃的一種安排法——也是如此，在智識的歷史上卻創了一個新時代。

分光鏡所提出的恆星的真顏色。正有一個器具，也不過是幾塊玻璃的安排在一處，而影響卻不減於望遠鏡或顯微鏡。這器具的名稱是「分光鏡」Spectroscope。Scope 的意思是「看」，Micro 的意思是「小」，Tele

的意思是「遠」Stereo 的意思是固體，那末 Spectro 的意義是什麼呢？

一線白光，經過一塊兩面不平的玻璃時，分裂為構成這白光的各種顏色。所以一線的太陽光，經過一塊三稜鏡時，便分解為一個顏色帶，稱為「分光色帶」Spectrum。分光鏡不過是一種把無論什麼光分為色帶的器具。一個小的分光鏡可以帶在身邊口袋裏，你若隨時隨地把牠對着火，或火焰，或電光，或無論什麼顏色流質，你便立刻可以看見一束的顏色帶，那就是你面前某種光的分光色帶。這種分光色帶可以一絲一絲的提出來研究或分析，所以分光色帶的研究，也稱為「色帶的分析」Spectrum analysis。

分光鏡所關的智識的新田地 這個小小的器具，竟發現了一個新世界。我們把這分光鏡來照各種發光的東西，我們便立刻知道：無論什麼發光體總射出一種特具的光或都有牠的特具的分光色帶。無論什麼化學原素，我們如果能使牠發光，那麼牠的光一定會顯出特種的色帶，和別種光素的色帶完全兩樣。所以如果你把分光鏡對著煤氣火焰，你可以從顯於你眼前的色帶，立刻斷定到底裏面有沒有鈉，炭，輕，鉀，銦，等元素。我們既然能對於煤氣火焰施這方法，我們自然也可以把這法子應用到太陽或恆星上。這就等於找到了解恆星結構成分的秘鑰了。你如果抓一把鹽丟在火焰裏，一種明亮的黃色便立刻顯出來。這是極分明的，就是肉眼也能看出。但如果你隔 分光鏡來看牠，你要立刻看見鈉的色帶出現。所以你能斷定這火焰裏一定有燃著的鈉。

從恆星的顏色來推測牠的成分 這是很有趣味的試驗，並且能告訴我們：肉眼所看不出的極少量的鈉，可以用分光鏡察出。用分光鏡對於太陽，恆星，或彗星施同樣的手續，我們可以斷定說：「那裏有鈉的成分。」現在

大部分的天文學研究都是專注於太陽、行星、恆星的色帶的分析；所得的結果極可驚。這裏我們自然只能講一些他們所發現的幾個最重要的事實。

第一，我們從分光鏡所得到的結果，沒有人能預料得到的。我們知道，望遠鏡和照相機能指示恆星的動作，但如果我們想一想，我們便知道，他們所能指示的星的動作不離於橫跨空中的行動。但假如有一個恆星循我們的視線 *Line of vision* 向我們進或離我們去，無論行動怎麼快，望遠鏡一點都不能告訴我們了。

恆星在無限的空間中的行動 經過了長久的時間，望遠鏡自然也會指出恆星的光明的增減，但我們無從知道，這還是由於恆星中的什麼變故，或由於牠的行動，而分光鏡卻能告訴我們，循我們的視線而進退的恆星的行動，以及行動的速率。從這裏所得到的結果，增添了不少從前望遠鏡所得關於星體行動的知識；並且使我們漸漸的粗知恆星世界關於行動方面的大略。但我們先知道分光鏡如何幫助我們得到這些智識。

如果我們立在火車站裏，聽一部在行動的火車的聲音，我們便覺得火車朝我們進時，汽笛的聲音漸漸提高；反之，火車背我們去時，汽笛的聲音漸漸降低。聲調的高低看每秒鐘達到我們耳朵裏的聲浪的數目為升降。當火車朝我們進時，汽笛的聲浪自然互相朝前擁擠，所以聲浪的數目增加，而調子也升高了。當火車背我們去時，聲浪中的間隔延長，而調子也降低了。這個原理的發現，起先是關於聲音方面的，但也可以應用到光上去。對於火車的聲音，或機器的笛聲發出的聲浪固然可以應用，對於恆星發出的光浪也可以應用。所以如果恆星循我們的眼線行動，牠的光浪要依牠的進退而擁擠或延緩。

恆星是照直行的還是彎着走的？利用分光的方法，我們能够察出恆星光的變化，使我們能發覺牠在我們視線上的行動——從前人以爲這是不可能的。

現在用着望遠鏡和分光鏡，我們來研究這許多關於所謂恆星行動的知識，我們想大家一定要曉得，對於恆星的行動能否找出什麼普遍的法則來？譬如說，宇宙中有沒有什麼中心點給一偉大的恆星所佔住，四周環繞著別的恆星，正如行星繞太陽一樣？許多人這樣想。但我們沒有什麼證據，而別種相反的證據到有些。從地球和別的行星以及彗星的考察，我們知道各天體的行動，是按圓的或橢圓的軌道走着，並不是向前直進的。我們自然會問：那麼恆星是不是也照類似的軌道走，或是一往直前的呢？照現在所集得的證據，我們還不能察出恆星的彎曲軌道。但我們要記著，我們關於恆星的智識還是幼稚得很；即使恆星的軌道是彎曲的，牠的彎度一定是極廣大的，恐怕沒有幾百年的觀察不能斷定牠到底是彎的還是直的？

還有一個問題，是關於天河的行動的。天河大家知道是一道的星帶，太陽多居於牠中間的某處。我們眼睛看過去，好像牠的各部和我們的距離是相等的，雖然我們不敢十分斷定，大概是很近一個圓圈的。我們知道一些天河中恆星的【正當行動】(Proper motion)是恆星的一種表面的移動，據推測，實際是在空間行動的，)但我們很希望能知道，這偉大的星帶，到底有沒有全體的自身旋轉？我們現在還不能說。

是否有兩個恆星羣互相對衝過去？有一個德國天文家，已經專心研究了幾年恆星的行動，現在一個英國天文家在格林威許 Greenwich 繼續着那德國人的工作。他們倆的研究漸漸使人知道恆星的行動，能給

人猜想不到的事實。

第一，即使太陽和地球的行動（這行動使我們覺得恆星有特定的趨向）不計，恆星的行動也不是雜亂無章的。即使完全把這個例外，恆星的行動很明白的顯出有某種的趨勢，那就是這些行動，全體看起來，成爲兩個潮流，照相反的方向前進。一個潮流要動得快些，但兩個都在動的。我們的太陽好像是屬兩潮流中之一。這樣子看起來，空中好像有兩條的恆星。

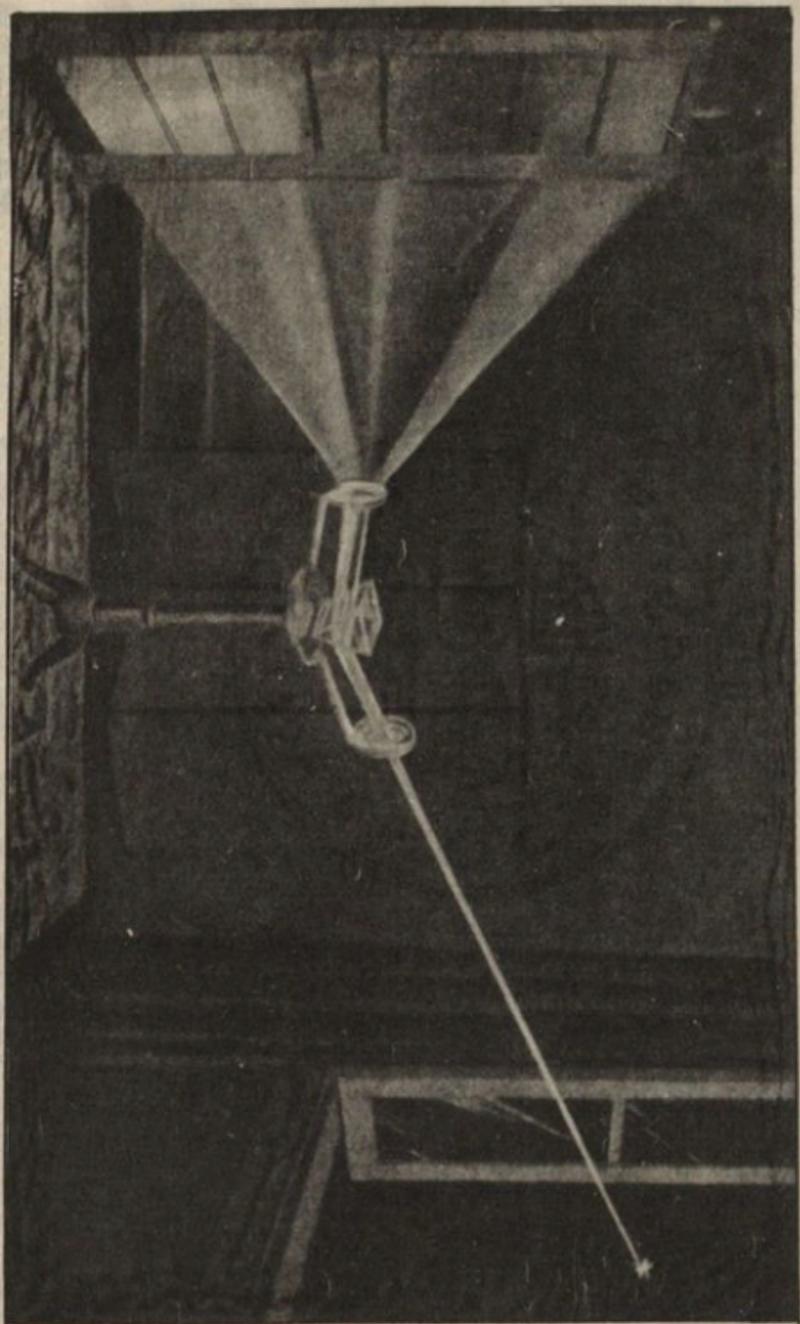
這樣，我們知道我們看得見的恆星都屬於這兩個系統，從前或許是相距極遠的，現在正要互相穿過去了——這實在是很可駭的觀念。在無窮的空間中，還有多少這樣系統，那就沒有人知道了。

從恆星的化學研究所得到的知識，自然不用說，到處的天文家都在精心研究卡普登 Kapteyn 教授的這種學說；而我們現在關於恆星的行動，所得的智識，只不過二三十年中所發明的一些鱗爪。但至少我們總可以從今起，永遠廢去恆星是不動的這個觀念了。

分光鏡貢獻於恆星行動的知識是極寶貴的，牠所有的成績，我們想沒有別的東西可以來代替。但這還不過是牠所能教我們的知識中的一小部分，因爲前面已提過牠在知識上又開了一個新境地——恆星的化學。恆星化學和恆星行動這兩種研究，都還在幼稚期中，大部分還不離形容或敘述。但我們已開始能說明我們所敘述的現象。

恆星化學的研究所得的最大的結果是：凡在空間中，我們所能見到的，所有構成天體的諸元素，都是和地球

星 光 告 訴 我 們 星 的 造 成



(圖註)這圖指示我們分光鏡的用法，如何去將一個星光穿過了三稜鏡，分成各色。各種金屬有各種的顏色，因此我們可以知道星體是什麼東西造成的。

上相同的。

恆星中的元素正如我們在分光鏡中所看見的。我們在鈉或養燃燒時，所看見他們分光色帶中的花樣，正如我們在太陽和別個恆星的分光色帶裏所看見的一樣。同樣的原因發生同樣的結果，這是沒有人敢否認的。所以我們可以斷定：鈉、養、炭和其他的元素，都存在於恆星中。不但如此，恆星分光色帶中所有的花樣，沒有一種不能歸於我們所已知道的元素身上。這些發現不但在狹義的科學中，而且在知識的本身上有極大的意義。構成天文家或讀者眼睛的各元素，竟可以在極遠的星面上看得見正在燃燒著，而這些星離得我們那麼遠，他們的光或者竟要走上千萬年，才到我們地球上。在廣大的空間中，無論我們向那一方看，無論在什麼星中，我們有極明顯的證據斷定，那裏也有我們現在所呼吸的各種原子——構成空氣、海、和地球的原子。如果我們以前沒有資格用宇宙這兩個字，現在我們一定够得上了。因為現在分光鏡能告訴我們，構成我們身體的元素正在極遠的恆星上燃著，或當牠的光出發時正在燃燒。

在分光鏡的各種發現中，這個發現要算最偉大或最有意義的了。但得了牠的幫助，我們所知的還不止於此呢。我們知道各恆星的色帶，並不是一樣的。恆星可以依他們的色帶分類。這種分類可以使我們由敘述進而為解釋，因為分類就能知道恆星的歷史。

恆星的三種分類法 恆星可以約略依他們的色帶分爲三類。這種分類法，比我們向來依光暗的分類一定重要得多。在第一類，最熱的一類裏，我們有證據證明，他們有多量的輕氣和別的氣體。他們也稱爲「氣體

的恆星」。第二類熱度較低些，稱爲「金屬的恆星」，因爲他們成分裏顯有金屬如鈣，鎂，銅，鐵等的存在。第三類的則更冷些，有時稱爲「炭氣恆星」，因爲炭氣是他們成分中最顯著的部分。

現在我們得了這些知識，便可以知道他們和恆星歷史間的關係。假使這是在古時，大家一定以爲各種恆星初成時就是如此，從古到今還保持原狀，正如從前的人以爲地球上各種元素和各種生物，一向是這個樣子的。現在卻不然，我們已知道進化的觀念——這觀念告訴我們說：萬物都是由別的東西發達或進化得來的。

恆星中比人類生命還要長的變化 我們差不多可以深信，我們所能辨認的三類恆星，可以表示恆星歷史的三時期——每一時期所經過的時間極長久，以至自有人類到今的時間，還不够察出他們中的變化。我們相信最熱的恆星是年紀最輕的。牠漸漸的冷去時，牠的成分發生變化，而金屬出現了，最後炭便成爲其中最顯著

的元素。

此後這個恆星再冷下去，直到牠失去光明時爲止。過了這時期後，我們不能再用分光鏡來研究牠了，因爲牠已經沒有資料給分光鏡考察，我們不能再看見牠了。我們只能爲了牠遮蔽別個有光的星，或牠的吸力影響

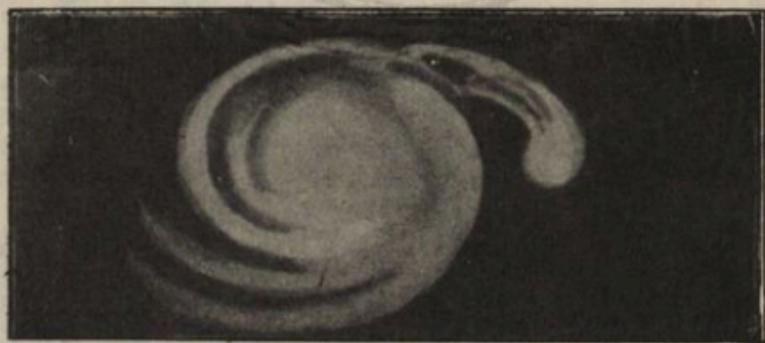
於別個有光的星的行動，間接的知道牠。大概恆星有光時代，是比較要短些；過了一個光明的少年時代，牠便沉沒於一個長時期的黑暗中。

我們自然會追問那麼這些熱的，白色的輕氣的恆星從那裏來的呢？如果我們要使我們的敘述成爲完滿的敘述，那麼我們一定要找出黑而冷的恆星，如何再變爲白熱的恆星這一條路。

恆星會不會消滅後再變爲恆星 天上的情形並沒有顯示萬物已近盡頭的徵象。反之，天上包有各時期的恆星，並沒有到盡頭，或方開始的表示。那麼黑暗的星，一定有一條路可以復興，我們現在就是要解決如何復興這問題。我們研究星雲時，可以得到答覆這問題的祕鑰。

星的構造史

天空間到處都有一塊一塊像雲的東西，我們叫牠做「星雲」。這些星雲是極大的，他們所佔的地位，比最大的星還要大。但是組織他們的物質是極淡薄的，所以星雲的分量，和他們所佔的地位比起來，卻是極小。我們讀牛康教授 Professor Newcomb 所說的話，可以略略知道星雲到底到什麼樣子。他說：「一個不過像日系這麼大的星雲，或者就是最大的望遠鏡，也看不見牠。并且除非牠是特別的光，永遠不能夠印在相片上。我們所看見的星雲，比太陽系要大到幾百倍或幾千倍哩。」



現在已發現的星雲，已在五十萬以上，其中至少有一半，都帶着這個螺旋形的。既然這個大熱的氣體旋轉得如此厲害，我們就可以看見其中一部分拋了出去，有人想，這就是和我們地球日球一類的道理。

沒有多少時候以前，人家以為天上沒有多少星雲，因為他們所能夠看見的是很少的。若是他們真是少，我們就不能說他們是能夠做許多星出來了。近年來，我們發現出來的星雲數目是很大的。在本世紀開場的時候，他們說星雲的數目，大約是幾萬。二十年以前，他們算出來，我們所知道的星雲，大約有十二萬之多。但是加利福尼亞 California 地方，力克天文臺 Lick Observatory，又幫忙我們看見許多。現在算起來，看得見的有五十萬。這個數目，自然到五十年以後，又要算是太小了。然而我們很應該約略知道，如果星雲是未成的星，那個學說是真的，他們的數目一定是大的。

現在我們要論到一個很重要的問題。若是離開地球極遠的地方，有一大羣星，看過去會不會像一陣雲呢？我們的回答，就是他們一定是像的。我們知道，天上有這些一羣的星，他們的遠是不可限量的，恐怕我們所謂星雲的說不定就是這些一羣一羣的星，聚在一起。因為他們離我們遠得很，所以不能將他們一個一個分開來看。

六十多年以前，洛塞爵士 Lord Rosse 造了一個大望遠鏡——在當時算是最大的，力量很強，因此看出來許多東西，起初人家以為是星雲的，其實都是羣星聚在一起。因為他們遠得很，所以他們的形狀就像雲。天文家當然常常要想，如果我們有再大的望遠鏡，我們就能看出攏總的星雲，都是羣星聚在一起了。這樣看起來，有的時候，真理的證見，是永遠不能夠得着的了。因為若是我們有了再大的望遠鏡，所看出的星雲，應該果然是星雲了；然而安知這些星雲，若用更大的望遠鏡，看起來不又是羣星呢！

但是上課書所說的分光鏡，可以有大了。用了這鏡，天文家證明出來，天上果然有星雲。他們完全是氣體做成功的，他們果然是發光的雲，并不是星。

我們從星雲發的光所得著的智識。我們要明白這話對與否，要看我們對於分光色帶的知識如何？我們知道，我們驗看熱氣所發的光，是沒有一條像太陽光一樣的連續色帶的；只有許多明亮的直線，夾在黑暗的空間裏。所以我們拿分光色帶，分成兩種；一種叫做連續的，一種叫做不連續的。連續的分光色帶，是一色的帶，牠的來源，不是完全氣質發光體所發的光。不連續的分光色帶，有許多明亮的直線，在暗的背景上。他們表明那發光體，是完全氣質的。現在已明白（英國天文家哈金茲 Sir William Huggins 的功勞居多）有許多星雲的色帶，是不連續的，所以知道他們果然是氣體。我們起初講到星雲，能够成星的學說，我們是指着太陽系說的。德國大思想家康德 Kant 年少的時候，就有這意思，後來由法國算學家拉普拉斯 Laplace 完全證明了。他說：太陽系是從一個球形的大星雲做出來的。他想這大圓球自轉的時候，就漸漸的變平，牠的外圍漸漸的一環一環的落下來，就成了行星。

做成我們世界的星雲形狀。這個學說，現在沒有人相信牠的。太陽系和別的系，都不是這樣造成成功的。一圈一圈的物質，不能像上文所說的那樣落下來；即使他們能够，他們也不能縮成行星。有許多的事，都和這個學說相反的。并且我們知道，在星雲之間，沒有一個是圓圈的，就是單單這一件事，已經能够推翻拉普拉斯的意見了。甚至絃琴星座裏那個美麗的星雲，也不是一個圓圈。

除卻球形的星雲之外，拉普拉斯不知道別種的星雲。但是我們現在所處的地位已是不同。當洛塞製他的大望遠鏡時，他不但發現出許多的星雲，並且發現一種叫做「螺旋形的星雲」。我們都知道螺旋形的梯像什麼樣子，但是我們不可以以為螺旋形的星雲，也像這個樣子的。他們是平的，不像梯形一樣。在第二十五頁上有一個螺旋形星雲的小照，牠的樣子很像燒着的螺旋焰火。

朝代改革帝位與滅天上的東西只是慢慢的變遷。起初的時候，人家不很相信這個新發現的事。一個法國人說：這是一定因為當拭望遠鏡玻璃的時候，他們不當心，在玻璃上留下了一個螺旋形的痕跡，所以洛塞看見這麼一個星雲。但是現在我們知道，這些螺旋形的星雲是真的，並且是很多的。我們所知道的星雲中間，至少也有一半是螺旋形的。我們所拍的照越好，我們越看得出牠是螺旋形的。

既然許多的星雲，都是這個形狀，自然他們並不是碰巧這樣的。天上的事，都是意料所想不到，若是不過有一個，或是五十個，或是一百個星雲是這樣的，我們或者可以想，這不過受了特別磨擦，碰巧這樣的。但是我們既然看見還不止一半的星雲，都是這個形狀，我們自然要想，這個特別的形狀，一定在星辰構造史中，代表一個特別時代的。我們研究螺旋形星雲的小照，我們要看見許多的現象，好像星和太陽都在牠中間，漸漸的構造起來。因為有的地方，星雲好像漸漸的凝結起來。這樣看起來，這樣的星雲，一定正在構造一簇一簇的星的時代。那些一簇的星，就是這個時代以後的一個時代了。像我們太陽系的這個東西，牠裏頭不過有一顆星（恆星），一定是個簡單很小的星雲構造成功的，比我們所看得見的螺旋星雲小得多，簡單得多。到底天上有多少比這個

還小的星雲——太小了，看也看不見，照相也照不來——我們也不知道。或者我們所看見的，不過是極大的星雲，就是造一簇一簇的星的星雲，不是那些構造單顆星，像我們太陽一樣的星雲。

研究螺旋形的星雲的時候，分光鏡又是很有用的。我們已經說過，他們看過去，好像有的地方，正在那裏變硬——好像有的星要在牠中間構造出來。分光鏡可以證明這個，因為螺旋形的星雲的分光色帶，不是完全不連續的，但是牠是不連續的，和連續的混在一塊兒。

若是一個螺旋星雲，要凝結成一簇星，或是一個小的螺旋星雲，要凝結成一個像太陽的東西，這個星雲一定會旋轉的了。要是我們能看見一個螺旋星雲旋轉，那就快活了。但是這個事，是做不到的。我們一定不要忘记，我們所看見的東西，都是大得了不得，所以就是我們拿我們的太陽系加到他們裏面，加了又加，也沒有什麼影響。這些旋轉是看不見的，不過我們有許多緣故，可以相信這些星雲會旋轉的。我們的責任，就是將這些我們所看見的事實，準確詳盡的記下，待後世天文家，來證明這些星雲的確是旋轉的。現在我們相信他們會旋轉的，我們就很容易明白那些星和行星，如何從螺旋形的分枝上落下來。並且有許多的小照看得出，他們好像是這樣的，雖然我們的性命太短，不能夠找着確實的證據。有一個著名的人說：「天上有許多螺旋形的星雲，他們好像環着一個中心點旋轉，但是要到許多年代之後，他們纔能夠變成太陽，和太陽系。可是在星的進化史裏，萬代不過頃刻，我們用不着希望在我們這麼短的性命裏，可以看見他們的旋轉，和他們的凝結。帝王興滅，朝代改革，但是天上的事，只慢慢的運行着，大概人類消亡之後，宇宙纔能夠走到牠的目的地。」

但是我不知道，我們可否用「目的地」這幾個字，或者自然的舞臺是沒有目的地的。總而言之，我們現在已經得着證據，可以知道，就是目的地達到了，新的起頭又要來了。

天上不絕的變遷 當我們研究星的時候，我們按他們的光暗，分他們歷史的時代。最後的時代，就是他們只是死的，暗的，冷的。這個時代，我們似乎可以說是他們歷史的終止，也可以想一切的星，都向着這個終止奔的，所以總有一天，宇宙中所有的，完全都是死的星。但是我們現在在星的構造史中，我們還看得見他們初期的東西，好像星雲等等。

所以新的起頭，一天一天還在發生出來，現在我們要知道的，只是如何發生出來的，我們可否假定死的星，有法再變成星雲呢？若是我們可以假定牠，那我們星的進化學說，就可以完全無可批評了。因為這樣，我們就可算這星的進化，不是像一條直線，乃是像一個圓圈，週而復始的。我們也可算天上所有的東西，代表這個圓圈的各時代。



這是南方星座「舟」中的星雲。有人想我們的太陽系起初大概是這樣的。

天上的世界會不會互相衝突的？我們已知道天上的星不是一直在一塊的，乃是行動的。我們並且可以證明在星與星之間，有吸力的作用。既然他們互相吸引，既然他們的距離漸漸的變動，他們自然很有機會互相衝突了。

這個不但是可有的事，或者竟是已經有的事。若是一個暗星，一個明星，或是兩個暗星，衝在一塊兒，或是互相碰一碰，要發生什麼事呢？他們的行動，一定要變成磨擦所發生的熱了，正如我們兩手相擦，發生熱一樣。若是這個熱度够高，牠就可以拿天上許多的東西，變成氣體。換一句話說，這樣的一個衝突，可以製造星雲。自然你們要問，我們從來有沒有看見這樣的事？或者我們看見過的，就是有的時候，新的星忽然燃着，大概總是因為衝突的緣故。

沒有多時以前，天文家證明，若是兩個暗星相觸，或者不過走得近了，不但大的熱度要發生出來，並且像潮汐一般的影響，也要發生出來。這些潮水又要引起氣體的爆烈和噴湧，而這些噴出的氣體，要成螺旋的形狀。理論上說起來，這樣的螺旋形，就要有兩個分枝，直接由相反的衝突而成，像地球上潮汐的旋渦一般。

一個星的一生 所可奇的，我們看見的螺旋星雲，果然有兩個分枝，並且果然是在牠的核旁邊，相對的兩點上生出來的。

這又是一個證據，可以表明天上星的衝突，會把死的星，變成星雲。這些知識都是新發明的，我們對於這種研究，方才開始。將來天文家，要大大的研究螺旋星雲，是無疑的了。

熱氣造成的大的星雲



這是難得的照片。從這照片我們可以看出那個在獵戶星座中的大星雲。這個星雲就是一塊大熱氣，比了地球繞太陽的軌道要大上一百萬倍多些。是在一六五九年前上發現的。一八八〇年在美國照成了第一張照片。現在這張照片也是在美國加利福尼亞的力克·利克天文臺照的。藉着這張照片，後世的人就可以比較這些星雲，過了若干世紀有否變形。

有許多星雲，不是螺旋形的。還有許多，不過顯出一點螺旋形的痕跡。或者這些非螺旋形的星雲，是兩個明的或暗的星，真的相衝做成功的。我們要問，這樣的星雲會不會變成螺旋形？我們想他們會的。一個形狀

不規則的星雲，隨牠怎麼轉，到底總要轉成一個螺旋形的。但是倘若一個星雲，是兩星互相衝成的，那末牠的形狀，一起頭就是螺旋了。

比地球大幾千百倍的星雲。或者天上也有暗的星雲。或者一個暗的星雲，收縮的時候，卻變光明了，熱了。此後第二步，就變成螺旋形的星雲。再後就變成星了，變成太陽系了。最後再經過各時代，一直變成了黑暗。在這個很長的歷史中間，或者有一個熱度增加的時代，還有一個熱度退縮的時代。我們的太陽是在第二個的時代，好像是無疑的。

我們應該知道，最小的星雲，在什麼地方？當我們研究星座的時候，我們知道，在獵戶中間有一個星雲，牠是在二百五十年前發現的。在這個星雲的照片上，我們可以看見，牠中間有六顆星，四週圍着極大的星雲。我們再留心看，我們就知道，這六顆星不過是許多星中間的一小部分罷了，雖然我們不知道到底有多少星是屬於這個星雲的。在這樁事上，我們可以證明很慢的變遷正在進行不息。我們從波爾所講的比較，可以約略知道，星雲到底有多大？若是我們可以設想一個大球，牠的圓週和地球繞太陽的軌道相等，一百萬個這麼大的球，一定可以很容易的包含在這個星雲中間。牠中間有算不清的鉅量輕氣。

無處不有而又無人明白的以太。我們也應該曉得安德洛麥達 Andromeda 星座裏的大星雲。這個星座，離仙后不多遠。牠真的是個螺旋形的。絃琴星座中間所謂「指環星雲」的，也是如此。在南面，阿哥星座中的星雲，卻不是螺旋形的。我們現在一定要收束我們的天文學了，牠是科學中最舊還最奇的。但是現在不

過是我們研究新天文學的起頭。這是用着分光鏡的。無論什麼科學，都沒有這個科學的前程遠大。

但是我們沒有收束以前，我們要說兩三句話，關於將來天文學所要解決的問題。這些問題，都是關於以太這兩個字的。以太這個東西，世界上確實是有的，雖然牠是很異乎尋常的東西。並且牠是沒處沒有的。在星與星的空間裏，完全被以太充滿着。牠是光線傳來傳去的媒介物。牠可以把光線從這張紙上，傳到我們的眼睛上去。牠也可以把光線，傳到幾千萬里那麼遠。這裏有空氣的地方，也有牠的。星與星之間，沒有空氣的所在，也有牠的。牠也是傳星與星之間吸力的媒介物。

人人想解決的以太問題。並且我們相信，我們所謂的通常物質，像身體，地球，太陽，星，星雲，彗星，這些東西的物質，都是從以太生出來的；而一個原子工作完了的時候，不論牠在那裏，牠就復原到以太的地步，正如一片冰，本來是海水做成的，後來又溶在水中了。但是我們不十分明白以太這個東西。我們更不明白，以太和通常物質的關係。我們也不知道，地球和天體的行動，可會被以太阻礙不會，雖然牠的影響太小了是不覺得的。

世界上的天文家，而且不但是天文家，連研究光學的，研究電學的，研究化學的人，一起在內，都拚命的研究以太這問題。因為這個問題，和無論什麼科學都有關係的，並且也是關係無論什麼事而沒有答案的謎題。我們很有希望，這個問題不是不能解決的，並且解決之後，可以算是空前未有的科學大發現。

此後我們要研究些比較通常的東西了。我們要講到地質學了，那是講一個天體表面的變遷，而這天體我們可以很仔細的研究的。這個天體是什麼東西呢？就是我們的地球。

地球的外殼

我們已經知道，天文家們正在研究幾個天體的歷史。我們稍為曉得一點恆星的歷史，當我們研究太陽的歷史時，很有些益處。至於月球的歷史，我們以為可以得到不少的知識，但這也有許多困難。竟有幾個很精細的當代天文家宣言說，我們向來稱為月球的火山及火山口的，實在並不是這些東西，他們是月球表面，沒有大氣保護時，大流星跌下後所遺的痕迹。這裏我們得到一個教訓，就是說明或解釋是極難的，必須在敘述後方可下這種工夫。

若使我們的研究移到地球上，那麼我們將以為無論如何，總能得到一種確實的地球史了，我們不但有當前的月球和各時期的行星（如火星木星等）做我們的指導，我們研究對象的地殼就在我們的腳底下。我們能開礦，我們能掘深洞下去，我們能觀察山峽的旁面，我們能爬上山；有了這些材料，我們應該能了解地球的歷史。在我們已往的研究中，我們不但一二次，總是時時提到這種稱為「地質學」的研究。我們已經稍稍知道，水對於地球史的關係；一種叫做「銹」的元素如何幫助地殼有熱氣；一種水製成和熱氣製成的石岩。現在我們先把地質學中幾個重要事實和見解來討論一下，使我們够得上了了解將來地質學的進步，因為我們關於地質學最重要的發現，還是沒到而正將要到的時期。

大家知道歐洲南部不多時前發生一個歷史上最大的，最利害的地震。這些地震，火山爆發，和別的難得發

生的爆烈的事，使我們對於地球史發生一個極錯誤的觀念——這觀念雖然荒謬，而八十年前的地質學家都相信牠。我們很容易以為這種爆烈，是偶然發生的變故，如地震，颶風，暴潮 Tidal waves 等等，形成地球的歷史。別的變動我們一概不管；即使我們注意到河床的加闊或加深，我們不會猜想這種小而且慢的變動有什麼關係。我們對於地球史的觀念，正如以前的史學家對於人類史的觀念一樣。近代最大著作家之一，曾經寫過幾句話，對於人類史學家，地殼研究家，永遠是一個極好的教訓。喀萊爾 Carlyle 在他的一本關於法國革命的書中告訴我們，一顆橡樹在森林中漸漸的發長了一千年，而沒有人注意到牠；後來，或者這顆樹給電光打壞了，人人就記載這椿事了。

世界的歷史是地球新新養成的。實在說起來，人類的歷史，每時每刻都在地球的養成中。地殼的歷史，也是如此，成於每時每刻極小的事情；在一刻間所做的固然是不足道，而過了一百萬年後，就大有可觀了。我們現在不必顧到這許多關於兩派地質學相反的敘述，我們只要知道新派到處得勝。他們倆不同之點，就是：新派信地球的形成和變遷是遲緩的，漸進的；而舊派則以為地球的歷史是兩時期的迭為起伏，一時期沒的什麼變動發生，一時期是破壞時期，那時生命滅絕，然後萬物從新開頭。

這較新的較真的學說，不但對於我們了解地球歷史時很有益處，並且把我們現在的地質學的研究革新了面目。因為我們每越一條水，或看見雨落在石頭上，或在海邊沙灘上玩耍，時時刻刻都能親眼看見那遲緩的變化。這種變化構成了天地間生命出產地方的過去，現在，和將來的歷史。

今天也許一個新的莎士比亞或牛頓出世。這是一個很有意義的思想，也可以應用到人類的歷史上。我們覺得新聞紙上沒有什麼新聞，我們便以為沒有事情發生。我們大錯了。今天說不定世上又生出一個牛頓或莎士比亞，或一個嬰孩，將來會成一個大政治家，毀敗或救他的祖國。人類的歷史時時都在構造中。這本書和我們著書或讀這本書的人都參預一部分的工作；而現在外面在下的雨，也正在構成地殼史的一部。但我們每每沒有注意到常見的事物。最能引起我們的注意的，是新奇的，偉大的，或急驟的事物。紙球靜止時，貓兒不動；我們扯牠時，貓兒便看見了。我們也是如此的，東西動時我們方覺得。我們把我們的歷史歸於戰爭和地震，而忘卻了無名的主動者，忘卻了沒有人處雨露的工作。科學所給我們最大的教訓，是到處歷史都在形成，而我們新聞紙和歷史上所記載的，只不過是他們中的泡沫——就是地震戰爭等。

地質學所告訴我們的地球史。現在既然知道了地質學所給我們的最大教訓，我們可以繼續研究到地殼最重要的幾個事實了。我們必須得到各科學的幫助；我們一定要知道地理學的各部，因為地理學中不討論城市而討論山水的一部，不過是地質學中最遲出（並不是最末）的一章。

我們須得知道，化學家所能告訴我們關於大氣和氣候的知識。如果化學家發現雨水中有炭酸的成分，而能證明炭酸能溶化石頭，那麼這也是地質學中的一部。如果研究風的科學家，看出風如何能改變地面的情形，那麼這也是地質學中的一部。我們須得盡我們所能做到的，研究雨和霜，浪和潮，地上和地下的河道及冰川等的影響。這些都是雕刻地球的器具。我們如果立刻觀察他們，我們能看出他們在有陸地的所在，如何的刻，捏

割磨，使我們可以知道地球的歷史。地質學也不能離了地震和火山研究家的幫助。地球雕刻最大的結果是山。山到底是否地震和火山所構成的？以前大家都以為確是如此的。但到處求助的地質學，自然也向化學告借；而二十世紀的化學所發現的一種銦式的元素，卻要完全改變我們對於山的構造的見解。

歷史和力量的來源不是暴裂的劇變而是幽靜渺小的事情。地質學的新趨勢，無論在什麼地方，總是告訴我們說：凡急驟的，鉅大的，動人耳目的，為災害的事物，如地震之類，不是最有力量的勢力。即使他們力量極大，而他們決不是影響最大的事物。地震自然和山的構成有關係，但構成山的最大原動力之一，大概還是那銦加於地殼的漸進而著實的變遷；銦不止直接製造熱，還簡接製造由熱所發生的各種結果。

但地質學所借來的知識並不止於此。牠從化學中稱為礦物學的一部，也得了不少的益處。礦物學所研究的，如結晶體的如何構成，如何分裂，如何溶化，他們的重量，硬度等等；還有礦物見於什麼地方，如何藏於礦脈中等等——這些也構成了地質學的一部。我們知識的來源，還不盡於此。我們關於生命的知識，對於地質學都有貢獻。岩石中有許多種生命的記載，有的和現在所生存的完全不同，有的和現在的生物一樣。

我們由埋藏地下的動物所得來的智識。地質學從這種生命餘迹的研究，得了不少的益處，而生命的研究也從地質學得了許多的利益。實在說起來，岩石的記載和生命的記載沒有什麼大分別。不幸，岩石還不能完全指示我們所希望的，關於生命歷史的智識。達爾文曾在種源論中說到地質記載的不完全，從那本大著作印

行到今已六七十年，而地質的記載仍是不完全。我們如果肯稍為想一想，我們便覺得化石能够保存已是很奇

怪的了。我們不必因為所保存的很少而覺得奇怪。如果我們討論一個化石的保存須要多少條件，我們便反而覺得牠竟能存在是很奇怪的了。霜和雨，海，滴水，壓力，火山噴出的礦質的熱氣等等，一定已毀滅了不知幾百萬個的化石。並且並不是每個生物的身體都適宜於成化石的。

有許多人很不滿意，因為岩石所告訴我們生命的歷史，並不及我們所預期的那麼多。但他們忘卻了我們所已研究過的岩石是何等的少。要知道地面突出水上的部分，只不過七分之一；而從前就這些陸地也一定會在水下，而現在海洋的底，也曾是乾地，充滿生命過的。

研究一小部分地球所得的知識。我們考察所能及到的只不過這七分之一，而這七分之一在生命的歷史上，並不見得是最重要的一部。甚至在這一小部中，我們所研究到的，也不過這裏那裏幾個小地方，大都散處在西歐各部。我們所考察的還不到我們所能考察的千分之一。這一些的考察，能產出這麼大的成績，這倒是實在可驚的事。我們應得知道，這些成績不但和過去的動物史有關，並且也說到過去的植物史。在前一世紀中，我們的確發現了一二萬種不同的化石，正如赫胥黎所說：「我們深信這些生物實在曾在他們發見的地方生存過。這是毫無疑感的，正如我們不會疑惑海灘上一塊蚌殼一樣。這兩方面的證據是同等的充足。」

我們所以能得到這些成績，是由於泥土所構成的記載。我們雖然要想，泥土如何會構成的這問題，是不值得研究的，但這個問題的答覆，實在是解決大部分地質學的鑰匙。泥土是水力的結果；水和地面和石頭接觸，把他們磨損，把他們撞下，把他們的碎屑在能聚的地方聚在一起。



千萬年來的地球歷史，都是寫在石層裏，本圖就是一個顯著的證據。百萬年以前，有一條小溪，從山上流下，帶着許多泥沙石子，送到海底裏去。那時海裏遊着一條偉大的動物，叫作魚龍。

魚龍是海裏的大動物，他有一大頭，有力的爪牙，和像槳一般的四肢。有一天，這個大動物或者被別個怪物戰死了，牠的身體就此落在海底。同時，那些被小溪帶來的沙泥石子，又繼續不息的落下。

年代過久，小溪逐漸加闊，便成了一條大江。雨落在山上，將泥土沖鬆，流成千百條小溪，總匯大江裏去。每一小溝總做着消蝕山嶺的工夫。江既加闊，來的沙石當然更多。後來，那大動物就此深深的埋好了。



沙泥石子既不會停止因
此海底漸漸增高底下的
幾層壓成硬石。有一天，
一條象到江邊喝水，將牙齒
掉下，也被江流帶到海底。
再有一天，淹死一頭鳥，不
必說也落到海底了。就是
死的魚類介類，也被埋著。
魚龍死後的幾萬年，地球
上有人居住了。有一天，有
一人帶他妻子，乘獨木舟
去打魚。他將魚叉飛到一
個大魚身上，不料叉頭沉
入海底。他當然不能再取
起那個叉頭了。這也就
此永遠埋藏那裏。

海底漸漸增高，竟成爲乾
燥的陸地了。有一天，人開
始掘着地，就將這奇妙故
事，顯示人間。第一先看見
叉頭，然後是象牙，鳥骨，介
類，魚類。末了，才是那海中
大動物的骨架。這些東西
都已成了化石。

海底裏正在構成的石頭。海的每一個浪撞在岸上時，都在做這種工夫。我們引一個大著作家的話來說明：「最堅硬的石頭，很遲緩的，但很著實的，漸漸磨損為細粉。這樣成功的泥，照情形看，有細有粗，都被潮流的激盪擁着，直到海洋中較安靜的部分去，在那裏就是最細的粒屑也能沉到海底。」

河流把陸地的一部，照樣的帶到海中，所以海底也照樣積了幾層的泥土。這種泥土漸漸的變硬，而成爲時間的記載。他們變硬時，我們稱他們爲沙石，或灰石，或別的名稱。地面是這些石頭所構成的；照我們所知，這石頭有 70,000 呎厚。他們中有的現在還在構造中。據我們所知道的，這種在多維 Dover 所找到白堊似的石頭，大西洋底還在構造。

這些石頭中記載了極廣大的故事。我們知道，不知多少的生物在海中生活；他們死時，他們的殼和硬的部
分，都沉於海底，就都被海水和河流所磨下的細碎泥土所蓋沒了。

博物院中希奇東西的歷史。這種泥土變硬了，過了許多年代後，人就可以走進博物院，看見一塊沙石或灰石，裏面嵌住這些生物的殘餘，這種程序，也可以應用到許多陸地上的動物身上。海龜的卵生在沙上，太陽熱氣還沒有把牠孵化以前，就給泥土掩埋了，這是一個實例。這些事都發生於人類還沒出世以前不知幾何年代，而我們現在能目擊牠的結果。此外則動物的身體，也許會飄到海裏，葬於池沼中，或埋於河邊的泥土中。

但野獸的殘餘，在化石中卻難得看見。大概他們的屍體不是沒有被泥土所掩，便是被別的野獸吃去了。不但如此，即使動物的骨頭能安固的嵌於泥土中，而他們也許會被含碳酸的水所腐化。赫胥黎曾有幾塊從蘇

格蘭送來的石頭裏面沒有什麼化石或骨頭，只有幾個洞。把這些空隙用東西填沒，使成一種模型，便看得出這模型和一種十二呎長的爬行動物的脊骨，及甲殼的一部相符。赫胥黎說得不錯，他說：「這個大野獸死後埋於沙中，沙漸漸的在骨頭外變硬，但還是有空隙的，水於是漏了進去。那含炭酸的水，把所有的磷酸鹽 Phosphate 和石灰炭酸鹽 Carbonate of lime 都溶解了，骨頭就此腐化，完全消滅了。」

藏於石中的古代大動物 我們既然懂了化石是什麼，他們如何成功的，我們須得研究他們能告訴我們什麼？這一部分的科學另外自己有一個專名，有許多人終身只研究牠的一小部。我們自然要知道這種研究所得的結果，如果有結果可言。我們發現這種化石的殘餘，不論動植物，和現在生存者的形式，大都相仿，雖也有不同的點。如果我們在博物院裏兜一個圈子，觀看化石的殘餘和現存的生物混在一起，粗心看起來，決辨不出什麼不同的地方。但卻有一個很顯著的例外。有幾種樣子極龐大很可怕的爬行動物，現在世上絕種了。最近我們方知道，這種動物最大的體格有多少大。無論那一個，住在紐約或旅行到紐約的人，一定要到中央公園裏的自然歷史博物院 Natural History Museum 去看一看那新裝着的，現已絕種的動物所遺留下的可驚的骨架。從這種化石研究裏，我們得到一個關於生命的教訓，這裏我們可以說一說。有一時期生命，試用體格龐大的法子來維持自己。牠很堅忍的，很澈底的試用這法子，但牠失敗了。這種生物變成和房屋一樣的高大，而他們的腦子還是很小。不知生命世界裏的律例是心神為體質的主人。他們的偉大並不能免他們於愚笨的害處。一生致力於肌肉的發達，而忘卻了心智教育的人，可以從這種化石中殘餘的龐大爬行動物，得着一些警

戒。

要懂石頭和牠包容的東西是怎麼個樣子，最妙的法子是按照下時先後的次序來安排。譬如我們揀定倫敦某處開掘。第一，我們先過著沙礫的地層，含有已絕種的大動物，如某種的象，犀牛，和穴居的熊的骸骨。這種的殘餘，以及一個大頭顱，都是一兩年前擴張一個倫敦新聞紙辦事處時，工人們所發現的。更下一層，就是所謂倫敦黏土 London clay，含有奇異的牛，鼈，棕樹，碩大的熱帶果子，和現在只在熱帶看見的介類遺體。當這層地殼成時，這些地點一定在熱帶中。倫敦黏土再下一層便是白堊。在拉丁文裏 Creta 就是白堊，所以這白堊的正當名稱是白堊層 Cretaceous。就在這一層裏，我們發見那龐大的爬行動物，和幾個飛於空中的爬行動物，使我們知道飛鳥的來源。

更下去些，我們便碰著更低級動物的殘餘，如魚介之類。愈下去我們所發見的生物格式，愈和現在生存的不同。下去到某深度，所有的殘餘都是很簡單而且很少的。最後的幾層沒有生物的形跡，這是已在地球沒有生物的時候，那時地球外殼還在可怕的情形內，我們在天文學裏已經說過了。我們當然不可以想地球上到處都有這種完全有規則的地層，而毫無斷缺。我們方纔這樣的形容他們，不過是要得到一些關於生命的智識，到底是有許多偶然的變化，和許多間斷發生的，以致這些地層在許多地方混不清楚。許多地方我們會遇著另外一種地層，那實是一個罅隙，罅隙的一邊，泥土便隆起或者凹下。人在地下尋煤尋金，或相類的東西時，遇著這種地方很討厭，地質學家稱他們為「缺點」"Faults"。

但這種縫隙能為我們解釋地震的意義。意大利的地震，顯出從這種縫隙和地殼的變動，可以發生極利害

的結果。譬如說，西西里 Sicily 新近發生的地震，說不定竟可以把這個島和意大利的陸地接連。這個好象

和我們開始時所得的教訓——地球的歷史是由於小變化累積而來的——相衝突。但地震如何來的呢？這

還不過由於小的，遲緩的，而著實的變遷，不絕的在那裏進行着。我們住在一個熱球上，球的內部時時在失去牠

的熱，而漸漸縮攏來。支撐在內部上的外殼時時失去牠的支撐物，所以牠必得跟之而墜下。一個蘋果縮小

時，牠的皮必得跟之而皺攏來。山脈也許是地球內部收縮時所發生的外殼皺紋；此外則因地殼有時在某處墜

了下去。牠的墜下也許和一根鐵棒跌下時一樣急，但我們知道鐵棒的跌下是為年久的生鏽所致，所以驟然發

生極大結果的地震，牠自己本身就是遲緩的，年代久遠的力量所發生的結果，這種力量實在是造成地球外殼史

的分子。當這種力量在內激動時，地殼就在某處凸起，在某處沉下，水和陸地變易位置。這種變動，有時不過頃

刻間——有人竟會把一個島的突然不見拍在照相內——但大都是漸漸的變化，隔了幾百年方始看得出。有

一個關於地殼和地質學的觀念，我們須得時時存於心中，那就是：地質學不單是現在已停止進行的過去力量的

記載，而這種從前構成地球的力量，現在還在工作。我們現在在一個時代中，正如五百萬或一千萬年前的生物

也在一個時代中。他們是那時在地面上，我們是現在在地面上。波士頓 Boston 好幾次曾在海底，將來一定

還會沉到海底。不論為水流，或為山脈所限定的疆界，總不能永遠保持的。只有一件東西能超過美國，或喜馬

拉雅山而獨存，那就是人類的智力和他所能發現，所能擬想的真理及美麗。只有這種遺產，我們能希望將來傳

授給未來的無數年代的人類。他們也許住在現在沒於水底下的新大陸，他們也許航行於現在的不列顛上面，但他們將永遠記着，而且敬禮於沙氏比亞，密爾登，牛頓，哈佛 Harvey，和達爾文的名字。

地球的改換面目

關於久已在那裏工作而形成地球表面的一種力，我們曾經開始研究了，而且我也曾發見到這種力至今還在那裏進行牠的工作。當我們讀通常所謂歷史時，若以為數百年前的人的言行，比現在人的言行重要，那是一種很誤謬的見解。同樣，在地球的歷史上，現在的情形也和從前的情形一樣重要。因為牠的將來的歷史，正在被現在的潮汐河流及風雨等勢力在那裏造成，正像將來的人類歷史正在被我們所造成一樣。

那麼，當我們把現在這樣的地球表面觀察時，我們到底可以發見些什麼呢？要回答這個問題，且讓我們翻開地圖來看。我們並不以為地圖上有什麼特別新奇的東西，但在牠上面卻印着許多價值極高的人類歷史，即使這地圖是沒有文字，在上面或是同一顏色的，在過去許多年中，有許多性喜旅行和探險的勇士，離了他們的家鄉去探索這地球。他們的事業是很可驚歎的，現在我們即使用了極大的思索，也幾乎沒有一個人，對於哥倫布的勇敢和堅信的行爲，就是在那茫無邊際的水面上去尋找毫無把握的陸地的事，能够十分了解的。然而這就是上千的這種勇士，冒了生命的危險，用了極大的思考，知慧，忍耐，和堅信，纔能得到這一些表示在地圖上的知識。這是我們坐在家裏的人，當翻開一本地圖時，所應當記着的。

現在我們不用去管普通世界地圖上的種種不同的顏色。譬如在英國出版的地圖上，必定有許多紅色，我們曉得這種紅色，就表明英國人所管理的土地。我們當看見世界上紅色的記號這樣的多，我們不由得想到負這樣管理之責是何等的嚴重啊！

紅色之外還有別的顏色，這種顏色就代表各國。各色的中間，是各國間的界線，叫做「國界」。但當我們求真實學問的時候，我們第一要曉得在最高等的科學上是無國界可言的。我們的地圖上所印的顏色，在要想有最高等的思想的人的眼中，是一些兒沒有意義的。有一個旅行全世界的偉人曾經說過：「我曾走遍世界，我只見有兩等人，」男人和女人。我們可以加一句，假設我們走遍世界，我們只見一樣東西，就是這「大自然」。運動的定律，光的定律，化學的定律水和空氣的定律，是無論在何處都是真實的，所以地球是整個的，我們也必須把牠認爲整個的。正如人類也是一體的，都是地球的孩子，雖則有時我們也要想到我們自己是許多愚蠢的小團體，互相仇視且戰爭的。

現在我們第一看出來的，乃是這地球的表面是一部分蓋以水而一部分是乾的陸地，我們曉得乾的陸地大約佔七分之二，而水佔七分之五。那大塊的乾的陸地我們叫牠做「大陸」，而那大塊的水面，我們叫牠做「海洋」。

從海洋中聳出來的山峯，那海底裏也是有地盤的，而當這種地盤升得頗高，如同山脈的地方，我們便可見到從海面上聳出的山峯，連成一串的島。從別一方面說，在大陸的中間，我們也可以見有被水所掩蓋的低下的地方，譬如北美的各大湖，及亞洲的裏海等。陸地和水在地面上的分布，我們近來知道是常常改變的。這種證

據現在還沒有完全發見。

當我們觀察一張世界地圖而看見了大陸和海洋的時候，我們必須了解我們現在所看的地圖，不過是現在的地球偶然所成的形狀，我們的一生甚至人類的全部有史時期，在地球的歷史中只不過是一瞬罷了。而地球的全歷史，又不過是宇宙歷史中的一瞬。我們現在正尋出一個方法，使怎樣可以作一個全然和現在不同的地圖，表示一百萬或五百萬年以前的地面的樣子，甚至還可以知道些關於百萬年以後的地面，大概就全體而論，地球的面是年年在那裏變乾燥的。

地球是怎樣變乾燥而漸漸和火星一樣的。雖則在地球上，新的水是常常在那裏做出來，但失去的較多，因為像地球這樣一個行星當牠漸漸的老起來，水便一點一點沉入地殼中去而離開地面了。假使我們細細的把火星觀察，這除了我們所已知者外，大概還有許多關於地球的功課要教給我們，我們已可相信地球總有一天和牠一樣。觀察月亮時，我們可得到同樣的教訓。現在火星面上雖不能說全乾，也近乎要乾了。除了在兩極之外，差不多沒有什麼水的。

就大體而論，固然地球時時在那裏變乾之說是不差的，從前大概沒有現在這樣多的乾燥的陸地，不過部分的說來，現在是海洋的地方，在從前也許有一時是陸地，而現在的大陸，也許從前是在水底的。我們曾有一個失掉的大陸的證據，那是很有趣味的，因為這和我們的遠祖很有關係。

當我們看世界地圖時，我們看見從印度下去，沿暹羅，馬來半島的海岸，有一串的海島，直連着其中最大的澳

洲大島，這個大島是很大的，所以其實是一個大陸，雖則牠沒有像被蘇彝士運河割爲海島的非洲那樣大。

一片沉在海底的大陸，當我們研究澳洲大島和在牠及亞洲南部中間的各島的時候，我們就知道大概這從前曾是一片大陸，而這些島，無論是小是大，大概都是這失掉的大陸的最高部分。再當我們研究澳洲大島和那些島上的生物的時候，我們更可確信他們一定是在一個大陸上發生的，我們若再仔細研究澳洲島上生物的特點，我們簡直可以算出在什麼時候澳洲是成爲一島而和其餘的大陸分離的。在我們研究的時候，我們面前須放着一本地圖。現在且說在這一個大區域的北部，如蘇門答臘和婆羅洲，我們找得幾種奇異的猴子，他們的活的標本，在動物園中可以看到。我們可以證明他們是比無論什麼現存的生物都更近於原始的人類，所以事實也許是如此的，就是極久以前，人類的祖先，就住在這失掉的大陸上，而那裏也就是人類第一次出現的地方。這樣我們到了在我們面前的大問題之一，我們直接的相信地上的水陸是多少在那裏改變的。但使大陸下沉，而一部分變爲海底的是什麼力，使淺海的底上昇而變成陸地又是什麼力呢？那在這一方面的知識上，沒有別的問題再要重要，我恐怕也很少更難回答的了。

海底升降之奇蹟 假使我們只不過問這樣的問題，譬如說，美洲東岸是被什麼在那裏侵蝕去的，那回答是毫無困難的，因爲我們能親眼看見這種侵蝕作用的進行，風和水便是兩個要因。但我們如果要發見使全大陸失掉的是什麼，那我們天然要用比上面這類說明更深的說明。這裏更深二字，正如牠的字義，因爲在地面上作用的力量，當然不會發生這種可驚的結果。那些在地面上作用的力，像風啊，雨啊，空氣啊，水啊，至多只能影響於

地球的表面。他們當然不會有把海底舉起使成陸地，或把陸地壓下使海水在牠上面流動的力量。我們必須找出一種在更深處作用的力量。我們很知道，假使我們不絕的把磚屑丟在一個深坑裏，不久就可把牠填滿。所以使海底上升的作用，也許是海底上年年堆起些東西來使牠最後變成和水面一樣平。而且我們確還知道海底裏還有生物的遺骸堆積起來，造成英國海峽的白堊岩的，也就是現在還在大西洋底裏堆積起來的東西。

地殼的時時一高一低的變動。不過海底的平均深淺有二哩半，所以這一定不是堆積的作用使海底上升成陸地的。那不是海底上面有些東西堆積起來乃是海底自己升了起來。不過此外即使這個說明是不對的，我們還是沒法去解決大陸怎樣沉下去的問題。但無論如何，我們如果對於這個問題愈加深切的研究，便愈可見得不論其說明到底是怎樣，二者的真正說明必定是同一的。那必定是一個作用，年年進行，一方面舉起一處地方的地面，而一方面則把牠壓下去的。

這差不多是一種軒輊戲板的作用。水是流質而善於流動的，受了地心吸力之後，天然要盡其所能流向地球的中心，所以地面上那一處堅硬的地殼陷下去一些，水便進來，高出一些，水便從此流去，所以地面有水的地方，我們所叫作海洋的，只不過表明牠是比較低的地方罷了。我們要切實了解這個問題，只須設想地面上水取去後是個什麼樣子就得。那我們就可以看出牠的真形狀，凹凸和高低了。

地殼的變動和使其變動的力。到底什麼東西使得地面上深的地方深，高的地方高，舉起一處而壓下他一處呢？觀察這個問題，最好是不是要把水的存在放在我們的心意裏。這樣我們立刻可以知道我們所研究的實

是固體地球的真形，和所以生成這個形狀及其變化的原因。我們所學到的第二件事情，就是所有地面上可驚的變化的原因，都是在地下起作用的。地面是我們的地盤，所有生命都是牠的子女。但如果我們真能把水完全弄乾，我們要看見這地球的外殼只是一張薄皮，至多不過約一百二十里厚薄。而這薄殼的一上一下的運動，發生這樣可驚的結果，就是使海水從一地衝到別地，把海變陸而陸變海的，是從地球內部一種作用不息的大力所生。我們前面所說要找出一個更深的關於地殼變動的說明，大意就是如此。我們總算終於達到了够深的地步了。

假設地球十分渾圓將要怎樣 現在第一要講到現在這地球的真形到底是怎樣的，假設我們能把牠弄乾，就是把所有的水去盡，而拿牠在手裏看起來，牠到底是個什麼樣子呢？譬如說，牠是不是渾圓的，和球一樣的呢？我們可以決定牠不是的。假設牠是渾圓如球，水將要平均蓋在牠所有的面上了，那麼，地面上將要都是海洋了，而生命的發生，盡其所能，也只能不是在水中，便是浮在水面上了。而我們前已講過，在這樣的全是水面的地上，生命是不能進步的。

地球既不是渾圓，那麼，到底是什麼樣子的呢？大概一張世界地圖或地球圖可以告訴我們一些。當我們看這種地圖的時候，第一使我們注目的，就是大部分的陸地在北部，而大部分的水在南部。這是極有趣味極為奇特的。爲什麼？我們料想牠應當如此，那是說不出什麼理由來的，不過牠必定有些意義在裏頭。也許這是偶然，那是也有牠自己的定律的。但偶然的定律，卻不能算作地面上水陸分佈的理由，正如牠不能算作天空中旋

轉的星雲，爲什麼有這樣多的理由一般。

爲什麼世界上大陸和國家都在兩端成尖形 現在我們再要注意一件事，就是通常大陸延伸到南方的時候，那愈南的地方，便愈加狹小。我們在無論何處都可以見到這個現象。陸地在其南端成尖形的事，幾幾乎是普遍的趨勢了。我們可以看格林蘭島，南美洲，非洲，印度，亞洲，便可知他們都愈在南端愈狹小的。假如我們設想塔斯馬尼亞島和澳洲相連如從前有一時的樣子，我們便可知澳洲的極南，竟成一尖點了。凡此種種，決非偶然，必然有其理由。

這個深切有味而重要的研究，現在各地的學者，都正在進行着，而還在中途。不過也是十分的重要，而且將來還要重要，所以我敢說我們必需要照牠的研究所已達到的程度了解牠。雖則我們不能在英文或別種文字的書上多看到關於牠的理論。研究這種學問的學者，他們所以能够這樣做，是因爲現在的海底是大部分已作成了地圖，而我們已曉得那處淺那處深，和假使水平面降下時什麼地方能够在海面上聳出了，而做成種種設想的地圖和地球模型，表示那時地球將成怎樣形狀，和水陸分佈的情形，曾設想海平面略爲從現在的樣子變動，譬如說，深了四分之一哩。

不像球而像梨的地球 所有這種種已經做了多年的極困難的工作，都趨向於使我們有一種相信，這也許當我們看見有這樣多的水在南邊，而這樣多的陸在北邊的時候，所早已料到的，就是相信這地球是粗大略像一個梨子，那大的一頭略爲近於南端，而尖的一頭略爲近於北端。我們不可以設想，以爲這梨子是很準確的向南

北，也不要以為牠是完全有規則的梨子形。但不論如何，這「梨子形地球」的學說，總是我們地球史和其將來的知識對於地球的過去歷史上的一種進步。總之，我們應把海洋看作是這樣的圍在這梨子的上面，而使得牠連了水看起來，是很像一個圓球形的。

所最不可忘的，是不絕的在地殼下面工作的力。如果我們現在雖還差不多不能了解牠，但如果有一天我們真能懂得牠，那便只有牠可以說明為什麼地面是凹凸不平的？若使這地殼是從同一物質做出，各處一樣厚薄，而且完全是圓形的，那我們便不能懂得牠了。

地球內部怎樣縮小而使地殼皺成山脈。假使如上面所說，那地球內部所發生的縮小的結果，將要處處地方一樣。但這地殼卻並不是處處都由同樣的質料造成的，大概有幾處地方厚，有幾處地方薄，又因是梨子形的，所以吸力的大小也各處不同。凡此種種，都幫助我們懂得為什麼當地球內部縮小時，地殼不是慢慢的全向地心沉下去，而卻皺縮成山脈，或破裂，或傾斜，或振轉，或壓緊，或拔長等等，甚至年年有升降了。

將來科學上最大的工作，便是去了解地球內部到底是怎樣，和找出地殼的構造和組織到底是怎樣？在這個時期以前，地質學的研究不過及於地球表面上的東西。這好比我們要知道一個人的生平和活動，而僅僅看其穿了衣服的外表一般。

要費一世紀的時光和數百萬金錢纔能掘成的洞。有人會計算過，假設在一世紀以內，人類積極工作，再費了幾百萬塊錢，我們便可以在地球上穿一個約十哩深的洞。但這不過是臆說罷了，因為只須我們在這洞內走

下一半或三分之一的路，沒有人知道，我道將要怎樣了。我們或許可以得到些水蒸汽，然而於此我們仍然得不到什麼，而要下這樣的洞，其結果不用說，必死無疑。

實在可奇的事，是科學家在其狹小而嚴謹的範圍內，能够學到很多的知識。譬如這也是一件奇事，就是我們竟會知道億兆里外的里上的原子的重量，所以聰明的人，總不敢冒險宣佈說，我們將永不會知道關於這地球的內部情形。再過幾時，也許新的學習方法足供我們的利用。就在近幾年中，我們發見了銻和牠的作用。我們現在已能從地殼中看出牠的存在，並且會多少計算出牠在各種且成地殼的化合物中的比例，我們現在正開始了解，怎樣這種原質用了牠所產生的無盡的熱和電，必定在那裏作用而年年改變地殼的形狀了。

怎樣地皮每天升降二回 在最近的時候，法國和德國的科學家會宣佈他們的對於地殼的漲落的發見。他們告訴我們，這地殼是每二十四小時間，漲落一次至八寸之多，不過我們天然不能覺得，正如海船上的水手不知潮水的漲落一樣。

這些都是極深極難的問題，而卻是極重要的。我們下面且講些近於我們所住的地面，而容易為我們所了解的東西。

森林和沙漠

我們已知道那造成地球歷史的力，是最大的，而也是最深沉的。大凡做得最多的最不做聲，所以必須經過

長時間的研究和思索，纔能認識他們，因為近地面的東西吸引了我們的注意去了。同樣，做成民族的歷史的，實在是那些平常的父母和他們對於子女的關係，而政治家以為是自己的功勞，歷史家也往往陷入同一誤謬。

雖然，在地球表面上也常常遇到許多奇妙有趣的事，把牠改變得足使我們生物生出許多差異。所以我們現在且放下地面上蓋着水的七分之五不講。我們也不去再說水是從那裏來的，和將來將要怎樣的問題，雖則我們應記得這並不是永遠不變的。我們現在可研究露在水面以上的七分之二的地面了。我們實在是陸地的生物，要靠着陸地的生物活命的，又因呼吸空氣，不能住在水裏，所以我們所能研究得最好的，天然是陸地。現在我們要單就這陸地講了。不過我們不要忘記，這不過是地面的一部，而且是很小的一部，但照全體講，也是在增大的一部。假使我們觀察火星，我們知道牠也曾有過海洋，而且還可以看見一件很有趣的事，就是牠上邊的陸地，也是尖端朝南的，和地球上一樣。不過火星上的海底，現在已不為水所遮掩了。牠是在漸漸的乾起來。

這個過程，在火星上是已進行得很遠的，在地球也無疑的要遭逢的。譬如當我們研究北美洲的地理的時候，我們就有證據可以看出出多年以前，乾地的面積，比了現在的這個大陸要小許多。這種地面上漸漸乾燥的過程，地理學家會證明不但在北美洲可以看見，在歐洲也如此，因為有一個時候，只有蘇格蘭和斯干的那維亞半島的北部是露在水面上的。這種水分的失落，和地面的出現，無論遭逢在行星，如地球或火星上，或遭逢在更小的天體，如月球上，都有兩種顯然的法則。第一，水是常常傾向於變成蒸汽而向空氣中飛去的，而這水汽的分子，當牠在行星的周圍飛動的時候，又傾向於完全從這行星上飛開去的。這飛開的傾向，隨牠運動的速度和行星的

大小而定。因為在每一個行星裏，牠的氣層內的氣體分子，各有牠為這行星所能控制的速度。

地球不絕的失去水分這水分向空中一直飛去。行星愈大，吸力也愈大，而牠所能控制的運動速率也愈大。不過如果水或任何其他氣體的分子的運動速率超過這個範圍，他們便有一直飛出去，而不再回來的可能性了。這個過程是不絕的在那裏進行的，而是世界歷史上的一件最重要的事情。我們曉得海洋是常常因日光的勢力而上升到空氣中去的。其上升的大部分，仍變為雨而回來，但一小部分是永遠失落了。這裏我們也應當顧到別一方面，就是因為輕和養的吸引力，水也是在那裏增加的。固然也大概是事實，不過地球卻並不能把所有做出的水毫不失落的保留着。

還有第二個法則，使世界如我們的地球或火星或月亮漸變乾燥的，是把水分失落到內部去。當行星在熔融的時候，固然是沒有罅隙的，但當牠冷縮了，就有裂痕和皺紋出現了，所以水分就能通過地面滲入地中而失落了。

假設上面的說法是對的，我們應料到我們可以在地球或火星或月亮上找得他們的例證。就是世界愈小，牠的海愈失掉的快，因為牠的吸住大氣中小蒸汽的吸力小了。

沒有水的世界就是沒有生命的世界。現在地球比火星大，火星比月亮大，而據我們所推測，果然和事實相符。在地上，海中還充滿着水，雖則水面慢慢的在低下去，在火星上，海底內只有一些潮溼，足以養活植物罷了。而在月上，海水是全乾了，一些沒有什麼東西了。還有一個極重要的證據，足以擁護這個新發見的，就是地上的

內海，如裏海、死海、大鹽湖等，其水面都在降低。前二者的水面都比海面低，表示他們自從從前的海退去而留在陸地中間後，曾漸漸的空起來了。至於他們是由從前的海留下來的，事實是因我們看見有幾種海洋中的生物也在裏海中存在而知道的。在裏海和大鹽湖這一個例內，我們還能多少精密的測出他們降低的速率。

凡此種種都有很可怕的意義的，而對於那些殫精竭力以研究這種事情的人，和那些以前總不能懂這地球從生成到現在的歷史而直到近年纔懂得的人，是很有興味而很重要的。這須是對於地球全體的廣大的研究，還要和火星月亮比較的時候，纔能教給我們以這樣重要的功課。我們於此，大部分須歸功於亞利桑那的羅威爾天文台的羅威爾教授。

世界的漸變乾燥和牠對於人類的意義 水的從地面上失落，不但在海洋內這樣，在陸地上也如此。我們曾經知道所有生命都是生在水內的，所以我們要知道水的從地面上失掉，直至最後海底都成陸地，是一件極嚴重的事情。雖則當海面降低的時候，似乎沒有什麼可以說深切的影響於生命。但水從陸地上失去，則最榮華的森林，最美麗的田地，都要變為沙漠了。

地球上現在的沙漠，似乎很明白的表示這變乾燥的過程的起始，和牠的嚴重的結果。沙漠是可怕的地方。知道牠的人告訴我們說，我們若不身歷其境，我們是不會相信缺水的意義的。地球上最大的沙漠帶，包含中亞細亞，阿剌伯，撒哈拉，和美洲的亞利桑那，在那裏旅行過的人，纔真認識水對於生命的價值。關於地面變乾而做成沙漠的過程，我們尋得一定的證據，是很可驚訝的。在亞利桑那有一個極大的森林，自從牠在數百萬年以

前，現在已都變做石頭了，當這森林生成的時候，那邊是有水的，現在沒有了，或者竟可說一些也沒有了，除了在那極小的範圍以內生命也不再有的可能了。

怎樣一時茂盛的地方現在變成無生命的沙漠 在我們這半球上，例如在北非洲和柏勒斯坦，也有關於這變乾的過程的記載。似乎在那兩塊地方，這沙漠的慢慢的生成，和牠的侵蝕一時曾滋盛過的土地是很快而至很短的歷史便可以記載的。在地中海的南岸，撒哈拉沙漠的邊上，我們可以找得偉大的溝渠的遺跡，在前是用以通水到迦太基去的。這種遺址的大小，教我們知道從前所遇過的事。現在在那裏鄰近的川流是不能去灌滿這溝渠的了。這地方一定是變乾的，正如柏勒斯坦一樣，那是在舊約的時候就乾起來的，現在是沙漠了。假使我們轉到我們的鄰居火星上去看，我們可以推想得到那邊的沙漠一定還要大，而事實果然如此。那裏只有海底，還有些植物。在我們地面上，七分之五是海洋，而在火星上，八分之五是沙漠。就是火星的名字，現在對於我們有新的意義了。牠本來因戰神得名的，象血的意思，因為牠是紅的。

維持生命的森林和帶來死亡的沙漠 這血色便是沙漠的顏色，從山頂上看地面上的沙漠，正和用望遠鏡看火星上的沙漠顯同一的顏色。如地球上的沙漠一樣，火星上的沙漠也是終年不變的。

假使我們能够了解沙漠和森林間的不同可怕的意義，我們將要在地理上得到新的趣味。在這本書的別一節，我們曾學過些關於水的功用和綠葉的意義。沙漠除了間或有一處兩處沃地外，簡直是沒有水的地方。我們不能不算牠是死的。而一方面森林卻非但自有生命，而且還是更多的生命的源頭。牠的綠葉使動物

得以生活，因為牠供給動物所需的食料。森林內的樹木，使空氣清潔，因為牠能吸去碳酸氣而送還養氣。他們還有無數的方法去改變土壤而使牠肥沃。總之，凡此都是維持生命的。甚至於樹木的遺體變成了炭，還是在供給我們後出世者的需要，所以維持生命的這句話，那時還是真確的。

關於森林和沙漠的意義，和他們中間的絕端相反，非洲的大陸，現在給世界以最可驚奇的例證，這是於現在於極遠的將來都是很重要的一點。

最黑暗的非洲的大沙漠和大森林 當我們觀察非洲大陸的時候，有兩樣景象最刺我們的眼目，因為在有地球上兩極端的例證中，牠所給與我們的是最大而最可驚奇的了，非洲北部的大陸，是為撒哈拉大沙漠所佔據的。在南方，則有一個大森林，叫做剛果森林。在非洲中部的右面，靠近這森林，便是剛果河。

剛果河的流域是和剛果森林相若的。但這森林的面積略為延北一些，而多少被他河如奈遮河所灌溉。這種河的名字是無關緊要的。其主要點是那裏有水，所以那裏有綠葉。此外我們在非洲地圖上用什麼顏色去給與這部分的地方，也無關緊要。一個人若把非洲當作一部分沃的變化的世界，那作起地圖來，他便將要將大森林的面積設成綠色，而在牠北方的，比牠還要大的沙漠，則設成褐色。

現在我們可以知道，褐色的面積是代表什麼了，這是代表沙漠，乾燥和死亡的。而綠的呢，則我們知道是代表濕潤，正有生命，和將有生命的。這綠的面積，實在比地面上的無論什麼部分都要重要，這有許多理由，下面就

森林因人所不能製造的橡皮而正在毀壞。這非洲的森林是很有趣味的，一方面因其面積之大，和與其他的一極端，就是那大沙漠，遙遙相對。一方面因其有各種無盡的財產，而尤有趣味的，則因牠那裏發生一種東西，爲我們人類所能利用的。

這種東西就是橡皮，牠的有價值的用途極多，不勝枚舉。而且世界上沒有東西可以代替牠的用途的。這是一種植物的產物，被綠葉製成的。現在似乎還沒有化學家能把牠從組成牠的原質製造出來。大概人造橡皮的製法，如果發明了，我們將要不能舉出比牠更有價值和更有用的發明來的了。

橡皮既不能用人工製造，但牠是很需要的，於是剛果的森林便不得不供給牠，如牠供給別的許多東西一樣。牠的意義，就是我們所叫作文明人的，如我們自己這樣的人，現在正從各方面深入這森林去，而牠的結果，非常嚴重。其結果之一，是我們不去愛護這種實在是無價之寶的綠色植物。這凡當我們開闢一塊地方的時候，都正是這樣做的。這事情現在正在進行，而且每年加快。我們正在只顧目前，而完全不顧後來呢。

怎樣低等民族正被文明所摧殘。不過我們卻有特別的理由對於在剛果森林內所進行的事覺得遺憾。雖則現在我們可以很舒服的坐在橡皮輪的摩托車或自由車上，但我們也應曉得牠的代價是多少。要曉得有一種生物，在世界上沒有別的地方可以找得，而有無窮的趣味的，是這森林的綠葉所養育和維持的。而其中首屈一指的，是幾種人類，那是愚蠢野蠻的人所要輕視的，而聰明人和聰明的兒童，都能懂得牠的貴重的，因爲牠所教給我們的，都是關於全體人類的事情。

不幸在全世界，這所謂文明的進步，如在剛果森林裏的樣子，正在慢慢的確定的把低等民族毀滅。這不但在剛果森林是如此。在塔斯馬尼亞一方面和其他多方面，這手續是已經完畢，而這種人類竟已不再存在了。長此以往，大概一世紀以後，低等民族恐要絕跡了。

我們有一時認為神話的猩猩的故事。要知即使我們承認他們是比我們低等，這在有幾方面固然也是不錯的，但他們總是很有趣味的，因為他們有許多教訓給我們。一旦他們絕跡，這種課便永遠沒有了。

在我們所特別研究，而牠的本身就有許多功課給我們的，剛果森林內，不但有低等的人種，正如樹木一般的被人毀滅，還有兩種猴子，是沒有別的地方可以找到，而是有趣味到不可以言語形容的。我們知道他們的存在，還不過是最近幾年內的事，現在所知於他們的還是很少。他們是黑猩猩和大猩猩。這種猩猩的發見者，大探險家察宇，他的冒險的故事，在他從非洲回來以後許多年中，幾幾乎大家都認為編造的神話的，他還死得不多幾年哩。雖則現在我們所得關於這種生物的知識還是這樣的淺，和他們所能給與我們的教訓是有無限的希望，而他們可是已很快的正在滅亡了。對於這個题目的最著名的學者，相信現在剛果森林內已不到一萬以上的大猩猩，而全世界的別處是一個都沒有的。黑猩猩也沒有十萬以上。這數目果然不能算十二分小，然也不能算大了。

現在正從地球上永遠滅亡的類人猿，讓我們想一想，一個一萬人口的小村鎮，而設想他是地球上所有的人口，然後再設想那散布在一個很大的面積上，一萬個大猩猩，靠森林的存在為生，而這森林是一天天的正在毀

滅的。那些大猩猩和黑猩猩在剛果森林內的遭際，就是這樣的。像現在的樣子，只須一二代後，他們就都要滅絕了。然而所有這種種都和現在管理這世界的人漠不相關。他們不會見過一個大猩猩，也必要看見，除非藉此可以賺錢。但對於自然和人類生活的學者，這種神奇的生物，還正當我們初知道他們的存在的時候，而就要從這世界上永遠滅絕的了，卻是看得非常重大的。

這大猩猩和黑猩猩的身上，有好幾百種的性質，除了人以外地球上沒有別的生物也有的。還有幾種我們所有的疾病和不適，也是除了這兩種生物和還有二種長臂的類人猿以外，地球上沒有動物受到的。研究了他們，我們近來會知道些關於人類疾病的事實，和全世界的橡皮，無論是從前所有的，或是將來能有的，有同樣的價值。

毀滅森林而帶給人類以破敗的要橡皮的呼聲，在現在的時候，我們盲目的毀壞的行爲，正在地球的各處做他破壞的工作，但沒有像在這大森林內所做的這樣有害的了。我們一定要有橡皮來做車輪，還一定要快而且便宜，只須牠能够供給我們一日，我們便不去問將來怎樣，不去留心這和將來橡皮的供給是有影響的，也不去想到有一種說起來很可怕的事情，正在碰到一種不幸的人類，而是森林的子孫的身上，也不去想到這種全世界沒有別處可以找到的神奇類人猿，正在很快的從地面上滅絕，而當將來的人回看我們，而驚奇怎樣會這樣自私自利，暴殄天物，和不注意學問和生命的人類時，我們的耳朵將要聾了。

最近的時候，美國的國民和政治家才知道了科學家所已說了許多年的話，這就是我們對於世界的責任之

一，尤其是對於我們的子孫和他們的子孫的責任之一，是種植樹木。從前有一個老規矩是這樣的，一個人如倒了一株樹，他必須重植一株新的去補償。不過在英國這條規矩是早已被人忘掉了。在美國也沒有人去遵照，所以幾千畝榮華的森林，從前除了大自然之外沒有人去觸動過的，已經以可驚的速率伐盡了。

當種植的人熟睡時也能生長的樹。我們不大曉得人類的的生活是依賴綠葉的，而斬伐樹木差不多是把懸掛自己的繩子割斷。不過總有一個時候，我們將要更加聰明些。窩爾忒司各德 Walter Scott 曾在他的著名的小說密特洛新之心 "The Heart of Midlothian" 同引述一個山地的地主臨死時對他兒子的話，說道：「約克，假使你沒有事做，不妨種樹，那是你睡着時也會自己生長的。」一個人在生過一瓣草的地方去種植兩瓣草，就是爲人類服務，這句話是十分的當的，所以造成森林而使不毛之地變爲各種生命的住處，也可以叫作「造林事業。」講到善於破壞的人，我們已經說：「他們製成沙漠而叫牠和平，」同樣講到能夠幫助自然的大工作的人我們也可以說：「荒涼和寂寞爲了他們而歡喜，沙漠也快活，而開玫瑰般的花。」

熱的地球的地殼

山冰河地震和火山 上面我們已讀過了沙漠和森林相反的事實。固然一個初和地面相識的人，也許以爲還有別的事情比沙漠和森林更可驚異的。不過我們以爲地球的價值和意義，是因了生命才有的，而從這個觀察點看起來，森林和沙漠的相反，是地球上最重要的事情了。大概離了生命這一點而論，最可驚奇的，便要算

山，谷，內地的峭壁，和所謂峽谷的了。在海岸邊的峭壁，我們是早已知道了的，我們可以看見海水幾乎天天在地球上起作用。但在海很遠的地方，我們曉得也有峭壁的，還有很大的谷，好像突然間被洪水挖空的似的。現在讓我們研究這種離陸地上的高出的和低下的部分。

關於山脈的成因，我們大概還正在起始了解。但無論如何，有一點可以確信，就是這種過程是漸進的。我們也可確信地球內部的冷縮，是一個造成山的暗中的原因。一般人的見解，這我們現在已疑心他大概不是完全的真理，以為山脈是由地殼因要補足內部冷縮的空缺而皺成。在上冊第四十六頁上有一個圖，很巧妙的表示出怎樣這地殼可以假定為摺皺而成三條縱線，就是世界上三大山脈所代表的。

現在我們開始相信那各處地方都有的奇異的銹原質，大概因之牠內部所發生的能力，在造成山脈上也有一分力量的。不過關於這事，我們現在還不能多說。現在讓我們轉到那些不是堆起的而是掘出來這部分陸地上去。在十九世紀以前，大家總以為谷是由突然的大攪動如洪水氾濫這樣事所造出來的。當我們看不出牠的緩慢的進程，而他們的作用是需要這樣極長的時間，使我們竟不能知道其久遠的時候，我們往往不能懂得牠能發生怎樣的大變動。在第一次有人主張說，內地的峭壁和大谷等的長線，是並非突然間生成，而是慢慢的被現在還作用的種種力量，如水，風等力所造成，對於這個题目的學者，總不能相信牠是真的，但在現在已沒有人對於這個問題起疑問了。這個真理的發見者，是一個大地質學家，名叫加爾斯來伊爾，他像別的許多偉人一樣，生前被人吐罵，而在現在或將來，則所有研究地球的學者，將要沒有一個不敬重他。

從前曾有過一個時候，美國的大部是被冰所掩蓋的。在過去歷史中，這樣實在已非止一次了。現在沒有一個人知道這冰紀時代的真因，所以最好還是不去說牠，大概在不多幾年間，我們將要研究出牠的原因來。不過當我們研究山脈時，我們至少要曉得從前曾有過這種冰紀時代而最可注意的，是這種冰紀時代，在地質學的時期中要算是最近的。

怎樣山和移石告訴我們以地球的故事

達爾文說：「蘇格蘭和威爾斯的山，用了他們破裂的斷口，磨光的

表面，和聳立的移石，所告訴我們不久以前曾充滿着那裏的谿谷的冰川的故事，就是一塊火燒的宅基所告訴我們的這座屋子的故事，也沒有這樣清楚的了。」在世界上的許多地方，我們至今還可以研究這種冰對於山的作用。前上册四九頁有一張圖，畫着一道冰川從一個積雪所蓋滿的山頂上沿着谿谷流下來的景象。在極冷的地域，我們可以找到這種冰川直流到海面，但在別的地方如瑞士，那我們自然只能找到冰川在離海面四五千尺的高度才有。舉一個例，譬如在格林蘭，當冰川到海面而破碎，就成爲冰山；而在瑞士則往往從半山破碎而滾下，成爲一種叫做墮冰的。

當我們說到冰川時候，也許有人要問，冰怎樣會流？牠流得多少快呢？我們可以說，牠是會流的，牠的速率大約每天幾尺的樣子，在中間的部分快些，在兩旁較慢，因爲受着兩旁石面的磨阻的緣故。

冰川會永遠流動的奇異的理由 在別的河流，這個道理也是一樣的，就是血在血管中流，也是如此。冰河怎會流動的理由，現在已知了。冰的重量，使牠向下墜，同時自然也被上面的雪壓下來，不過如果沒有冰受壓會

融解，和壓力去後再凍結的一個事實，那冰河仍不會流動的。

所以當冰川流下的時候，中途沒有什麼阻力，就使一部分的冰融解，於是就流過了。而這阻礙已經過了之後，牠重復凍結起來。冰有這樣奇異的性質，是可以實驗的。其法是用一條線跨在一塊冰上，線的兩頭懸重物，過了一回，那線可以直通過冰而冰絲毫無損。這因為線壓着的地方冰會融解，線一過便立刻再凍結之故。冰河的冰是由高山上的積雪變成的，雪受壓擠緊，便成爲冰。

關於墮冰，我們可以不必講，只須知道牠不一定是冰所成的。牠有時是雪所成。雪所成的墮冰在春天是常遇的，而由冰河破裂的冰所成的，則在夏天較多。我們要記得冰山是由極冷的地方的冰川所成的，因爲在那裏冰川可直達海面。我們看見一個冰山的圖的時候，我們須知道我們所看見的只是牠的一小部分。

浮在海上大冰山 一個冰山只有八分之一或九分之一浮出在海面上，其餘都在水面下，所以水手們有時看見一個高出水面三百呎的冰山，我們可以推想牠的全積是怎樣的大啊！海流有時把冰山從北冰洋直向南方帶來，橫過汽船的航線。偶然還有北極的動物帶在牠上面。這種動物，當冰山在暖的水中融去，就要淹沒了。

牠的山已被磨去的世界 冰川，墮冰，雨，雪，霜，空氣等，都常常傾向於把山磨去而使成平滑。當我們研究別的世界，這種世界有許多方面和我們的世界相同，不過牠的歷史較老，那我們就可以看見牠的山會遇到些什麼事情了。譬如我們的近鄰火星，就是沒有山的。這是我們可以確信的，因爲我們已證明，即使極小的山，只須牠

有，現在的望遠鏡總可以看出來的。但天文家夜夜觀察，注意着火星的邊沿，水不能看出一些山的影蹤。假設牠上面有山，只須二千呎高，便可看見。固然或者也可以說，火星上是從未有過像地球上這樣大的山。然而火星所以光滑的主要的理由，大概因為牠的山是已經被磨去了，正如大概在地球也正在進行的事情一樣。

火山是山的十分特別的一種，由特別的方法造成的。所有的火山，模式都是一般的，這因為他們生成的方法是同一的，就是由於內部迸發出的物質漸積起來而成的。世界上有許多地方有火山，有的是現在還在活動，有的則在我們人類的記憶中，沒有見過牠有過一次迸發出什麼物質來的。在火山中心的洞，叫做「火山口」。

火星上沒有大火山，月亮上有許多像火山般的東西，但有些天象，現在以為這些實在並不是真的像地球上的火山，乃是被大隕石所擊成的。這還是一個可疑的問題，所以現在我們不去多說。

火山起初是地球上的一個洞，多少有些突然的被地震的結果所造成的。近年曾有一個旅行家，很幸運的竟親眼看見一個火山的產生。

從這個地面上洞或裂口，噴出水汽和許多化學物質，這些化學物質中，有幾種很強的證明海水是在作用的。火山通常是近海的，所以也許海底裏的地震放一些水到較深的地層下去，在那裏水變成汽，而從陸地上迸發出來，就成為火山。我們也可以料想到容易地震的地方，應多火山。我們都曉得西西利的埃得納山 Mount

Etna 是最著名的火山之一，而西西利便是很容易發生地震的，不久以前，就曾有過一次空前的地震。

我們現在還不會曉得怎樣，而且為什麼有時一個火山休息而有時活動，也不曉得為什麼有的竟死滅？不

過我們曉得，或是爲了這個原因，或是那個原因，大概是海水透入熱的地層的緣故，火山就會爆發，而噴出極熱的，甚至燃燒氣體、液體，和固體物質來。

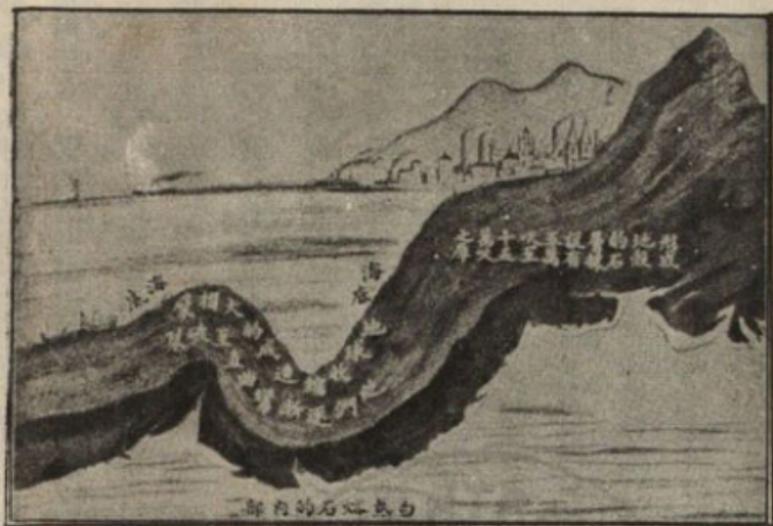
赤熱的熔岩的河從火山上流下來。在第一次爆發以後，有一種物質叫做「熔岩」的，往往在幾個地點起始向火山旁邊流下來。在熔岩不過是一個從火山內迸發出來的熔化的岩石的總名，牠裏面實在有很多不同種類的岩石。據說這種熔岩流動時，有些像蜂蜜的流動，其速率有種種不同。曾經有人看見過一個熔岩的川流，其速率竟有每分鐘三哩的樣子，不過這是例外。當熔岩起初流動，牠是白熱的，後來變爲赤熱，末了變成黑塊，和煤渣差不多，浮石就是熔岩的一種，牠是被氣體所充滿的熔岩流上面的泡沫。還有一種熔岩是暗黑的，好像玻璃，牠的特別名詞叫做「黑曜岩」，是很美麗的東西。有一事很有趣，就是在火山的產物中，可以找得銚的證據。所有我們現在這個題目中的這一部分，都已從銚的發見受了極大的影響，現在我們還不知道我們舊觀念將要改變到什麼程度？

我們住在一個內部熱的冷面上。沸泉也是火山的一種。這是一個地上的洞，噴出一般水汽和熱水的泉流的。最著名的沸泉是在冰島，新西蘭，和北美等地方。有的每隔一定的時間，噴水一次。因爲這種水中常常有許多種的鹽類，而這種鹽類常在這沸泉的四周分出，成爲固體，所以常常造成一種像火山口般的東西，不過小些吧了。在火山和沸泉這兩件事實上，我們不能不想到地球內部的高熱，和其對於流向牠的水所生的影響。我們是在一個內部極熱的東西的薄殼上住着，而且行動的。

照此說來，地震自然是可能的了。不過因為我們不大曉得地殼的深淺到底有多少，所以地震的原因是很難瞭然的。我們所叫做固體的地球，是多少在那裏動着的。在格林威許天文台近旁的山上遊玩的小孩，很足以搖動那個山，而攪動那裏的天文儀器。甚至一陣大雨的重量，或霜的影響，也足以使地球激動，感應極靈敏的儀器可以指示得出來。所以一片山岩的崩下，或是一陣墮冰的滾下，自然能把地球震動到一個頗大的程度了。一個發明測量地震儀器的英國人，上面所述，都表明這地球是受許多種的攪動在牠的外面起作用的。不過真正的地震，卻由於在地球內部作用的力，而這種力就是能發生可怕的破壞的。在世界上有幾處地方，地震特別來得多。微小的地震，固然在歐洲也有，但和日本大不相同。在那裏地震是非常的普遍，而不得不特別的。不過在一八七五年，英人約翰米倫教授開始在日本研究地震以前，我們對於地震所知很少。他曾告訴我們說：「那個國裏，在一年中一定的數季，日間可以有數次地震，夜間也常常有。」那個時候，還只有只能指出地震曾經發生的儀器，但現在約翰米倫教授和其他學者已發明了能够量出地震的大小的儀器了。

所以現在這門的學者已能够算出在建築房屋或橋樑時所當算進去的力了。他們在知道了地震時地殼動搖的情狀之後，他們便做成種種建築物的模型，而同樣的搖動起來，因此曉得怎麼樣的建築物最能支持。此外還曾經指示給我們有幾種地皮，比別種容易受影響。通常在硬地上建築比在軟地上好，離地皮的邊緣和斷面較遠的地方比近的地方好。

怎樣地震能幫助人知道好建築物的規律 米倫教授曾說：「你們當記得有兩種構造是用得的。一種可



白堊紀的石內部

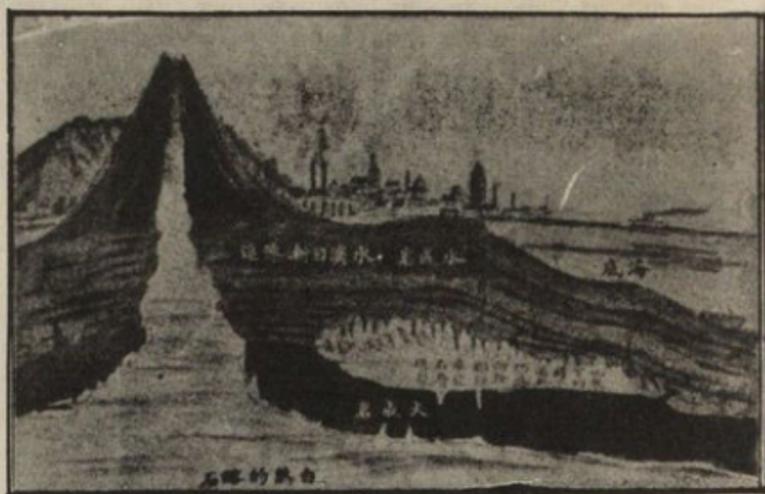
地球的內部，好像一個大火爐。我們大家都生存在這包着火爐的地殼上。當地球內部熔化的東西，漸漸冷去，地殼就皺縮彎曲起來，正像一個橘子乾燥時起的皺紋一樣。因為皺的緣故，山岳即被形成，如圖中所示。



我們總以為地是堅實的，可是經過了幾次可怕的地震，方知地並不如地殼所顯過此。因為地殼無力支撐，那地上的岩石，便要破裂（如圖）於是地即起震動，幾百哩以內的房屋都要被牠毀滅。

少年百科全書 第七類 地球下冊 熱的地球的地殼

以比一只鋼鐵的匣子，一種可以比一只柳條的籃子。你可以把他們踢，他們都能够支持，不必問牠那鋼鐵的匣子是為富人造的，而柳條的籃子是為貧人造的。只須你還有一個好地位，那便除非地皮在你腳底下裂開，沒有



這圖表明火山爆發而為地震的原因。看了這圖我們好像親見那大自然的機器正在準備演成那一齣慘劇一樣。圖中的火山雖還休息着，但去繼續噴火之期，已是不遠了。



水從海底透過地殼，滴入地中，地中的熱把他化做水蒸氣。到後來氣體膨脹，將岩石炸裂，地裏面的熔石和熱泥，就由這裂口噴發出來。這種岩石的破裂，足以演成地震。圖中是舉火山的口，牠的爆發大概就是這種原因。

歷史上所曾有過的地震，可以損壞你的房屋，至多不過能使你架上的裝飾或牆上的白粉走動一些罷了。」

在威得島 Isle of Wight 上與茲本

Osborne

的海軍大學裏，有一個村是照這個原理造的。我們現在

對於地震固然還不曾懂得什麼，不過過去半世紀的研究，至少已教給一個極重要的教訓，就是怎樣可以免去地震所發生的房屋的損壞，和可怕的生命損失而保護我們自己。

土壤及其用途

我們對於地球的知識愈多，愈覺得地球好像是爲着生物而設的。這星球好比生物的活動場，好比生物之

母。現在凡能呼吸空氣的生物，都居在這星球最高的位置。我們研究生物的生活時，知道他們都在地球的表面，就是地殼同空氣接觸的地方。所以地殼表面土壤的構成，除了空氣，雨水，光線外，也是同生物的生活作用，很有關係的。

我們常常說：我們係靠着土壤生活，實在係因爲動物的生命全靠植物；植物的生命，又靠着土壤的緣故。所以我們簡直可以說：不管什麼生物的生活，都是靠着這個地球的表面不停止的變化才能存在的。

我們居於鄉村中，或立於海岸上的時候，土質的形狀，就好明白。因爲白堊崖上的薄層，與以下各層的顏色，是完全不同的。英格蘭南部的海岸，是一個最好的成例。若此地的地質，一經研究，則其餘的地方，就可類推。惟荒涼的所在，和永遠爲冰雪所遮蓋的，則不在此例。凡此種最容易考察的作用，實爲吾人的生活所倚靠的。

試觀海岸邊白堊質的懸崖，牠上面數呎的土質，已從白色而變成棕色。因爲這種白堊，一經風化的作用，容

易變成泥土。至問其所以變棕色的原因，則不外其中所含的鐵質，已漸漸變成養化鐵，雨水經過這種棕色鐵化物，就帶着牠流到別處，所以棕色的條痕，滿布石岩上，而植物遂在這泥土上，生長發達。我們便是在研究地質的初步中，也就有很多的有趣的和要緊的事可以知道。

我們都知道，生物須取用淡素，作他們的食料。我們又知道，空氣中大約有五分之四，含着淡素。所以地面上的泥土，及生存此泥土上的生物，沒有不和淡氣發生關係的。而且泥土是鬆的，當然會含着許多空氣，這種空氣的大部分，也就是淡氣。因此我們可以知道綠色植物，都從空氣中取得了牠所需要的淡氣，以為生活。至於取用碳酸以為生活的植物，也須淡素為其補助。

沒有淡氣動植物便不能生活。我們人類以及下等動物，沒有不靠着淡氣以為生活的。但這種淡氣，雖然我們從空氣中吸取了而經過我們的血液，我們並沒有用着牠；不過無論是誰，要是不得這種富有淡氣的蛋白質為他的食品，卻就不能生活於天地間。所以有此種結果的原故，乃是為了生物不能直接取用此氣，除非牠又和別的東西混合了。數年以前，發現了一個事實，就是植物，也恰像我們一般的。他們固然能够吸收碳酸，但不能吸收淡氣。這是六十多年以前一個英人證明的。不過我們卻又確實知道，生物非淡素不足以生活，所以凡是種植物的人，沒有不豐富的淡素混合物，給予植物的。但這淡素混合物是怎樣得到的呢？卻是一個最有趣味的問題。

我們都知道，凡電光發現，或空氣為電氣所震動時，即有一部分空氣中的淡氣和養氣化合；此種化合物，便為

雨所吸收，而送至地下。這就是生物所用淡素混合物的來源之一種。

泥土中淡氣的大秘密 但是精於種植的人，很知道這種淡氣的來源，實際上是不能算數的。如果他想單靠着這個，那末在泥土裏就一些也不會有淡氣混合物，他所種的東西，一些也不會發長，而人所倚以爲生的植物都要沒有了。或者我們說得準確些，植物等到將牠種子裏的淡氣用完了，牠就只好停止發長了。所以除了雨水降下時給予泥土一些淡氣之外，必定還有別種淡氣混合物的來源存着，這是一定的道理。

我們知道這個，還有一個原故。因爲世上有幾處的泥土裏，確是特別富於淡氣混合物，這些混合物的來源，完全不是雨水的的作用。一定在泥土裏有一種東西，能使自由的淡氣，和別種原素混合，成爲植物生活所需的淡氣混合物。我們說，淡氣會被凝住的，因此淡氣凝住的問題，就成了研究土壤學的人最有興味的一件事情，接着就發現了許多奇妙的事情。

黴菌和植物的同工 的確有一種植物，歷來有一種特別的力量，能自己生長發達着，一些用不着別種植物所需要的淡氣混合物。這種植物的正當名稱是「荳莢科植物」。他們得名的由來，就因爲他們會結荳莢的；我們一想到一個豌豆莢，就可以明白荳莢是什麼了。現在我們覺得生莢的植物，假如豌豆蠶豆等，都存一種從空氣中得着淡氣的能力，而自爲滋養；當我們仔細考驗他們的時候，竟是發見他們所收容的淡氣，非常豐富，倘若不是從空氣中吸取來的，那裏會這樣多呢。

研究這些植物的人，看出他們的根上，有許多細瘤生着，卻黏着一些細土。倘然這些植物是生於沙中的根

上就沒有細菌，非有淡氣混合物供給他們，他們便不能生長。因此，可知在泥土裏，一定有一種東西，能夠發生這些細菌，而將吸取空氣中淡氣的能力，給予這些植物。第二樣看出來的事情，就是那些細菌中，充滿着一種特殊的細菌。這樣，荳莢科植物的確是和細菌同工的。兩種生物，自己安排着同工的，我們知道還有不少，這是其中一個好例子。豌豆或蠶豆，或不論什麼荳類，將糖和水分供給了細菌，因為細菌雖然極其需要糖和水分，卻不能自己產生這些東西的。在那一方面，細菌卻有一種非常的能力，會凝住空氣中的淡氣，那就是將牠和別種原素化合。這樣造成的淡氣混合物，就此供給了荳莢科植物，他們得到這些東西，反好像從泥土中得來的一般。但是這種細菌固然能夠凝住淡氣，我們要牠向別種植物作同樣的工作，卻就完全失敗了，譬如我們將牠向麥作試驗，總是不成功的。這種細菌的同工，只有和荳莢科植物才會發生着。

淡氣給予植物的能力 這事以外，當然還有許多事情待我們去發現，或者已經發現了。既然這種細菌能夠凝住空氣中的淡氣的，那末我們說不定土中也有許多別種細菌，也能凝住淡氣，產出淡氣混合物，供給一般的植物，例如種種花草樹木和穀類等。

現在，我們有一個必須明白的要點在這裏。當我們取用淡氣，而使牠和別種東西化合時，就存一種能力儲蓄着，換言之，就是淡氣混合物中的能力，比了純淡氣中所含的要來得偉大。這種能力，當然是植物所需要的。不過無中不能生有，有中也不會生無。倘然我們在化學實驗室裏製造淡氣混合物，我們知道，我們要製造多少，就要化費多少電力或熱力；正像這種混合物在空氣中被電力所製造時一樣。現在，雖然生命是奇妙的，能做許

多驚人的事情，但牠卻不能創造，也不能毀壞。牠不過是個調節者，並不是個創造者。倘然一個黴菌製造一個淡氣混合物，牠必定要從別的地方去得着那種工作的力量，方和化學家做這工作時所需要的一般。

黴菌用淡氣混合物餵養植物的方法 因此，可知一個黴菌製造淡氣混合物時，在牠的食物裏，必須要有了一種能力，然後牠才能使牠製造出來的東西也有能力。黴菌既然是寄生在荳莢科植物的根上的，所以那些能力是從那些植物來的；這就是他們間交易的一部分，那時這交易的形式是小粉和糖質。這些東西都是含着能力的，因為他們會使我們強壯，所以當他們供給黴菌時，黴菌就將他們的能力製造於淡氣混合物之中。

但是現在大問題就發生了，因為植物需要着淡氣混合物，而黴菌卻在製造淡氣混合物之先，需要着植物的幫助。我們第一個問題就是：在最初的時候，究竟那能力是從那裏來的？可是回答起來卻很容易。那能力是從太陽來的。植物造成的糖質中，有日光的能力儲蓄着。這個能力，就是黴菌取來製入淡氣混合物中的。現在我們在幾個一定的地方，可以找着富於淡氣混合物——硝酸鹽——的泥土。在俄國，在阿根廷，都有這種泥土，那當然是農夫的大幸運，因為那裏能產出最茂盛的麥子。重量的硝酸鹽都含在這種泥土的田裏，而這種泥土卻又是幾呎深的。

黴菌的能力最初是怎樣從太陽來的 我們已決定，這些淡氣混合物是黴菌製成的。不過這些黴菌，並不是和寄生於荳莢科植物根上的一類的，是身外的。但是物力有來源的定律，是必須遵守的，那末黴菌所用的力是從那裏來的呢？這也是從太陽來的，不過藉着植物的媒介。這種泥土的全部意義和解釋，就是天然的植物

在這種泥土上長久的長着，從太陽方面收取能力，將這能力變成了物質，落到土中去餵養黴菌，因此使黴菌能凝住空氣中的淡氣。在某處一個農業專門學校裏，有許多人時常在那裏告訴我們這種泥土變化的大事實，他們曾將兩塊田裏的泥土，加以審慎周詳的考察過的。

地球保藏着太陽的富力，其中一塊田，用平常的方法種植着，每年的產物，不論是什麼東西，人總是來取去應用着。那另外一塊田特為放棄了二十五年，由牠荒蕪着，到現在果然成了一塊草原。他們的泥土，在二十五年以前，都曾經仔細考驗過的，其中所含的硝酸鹽，都為人所知道的。現在再去考驗一下，就覺得一直種植的那一塊田裏，比了從前，已可以說沒有什麼硝酸鹽了，而那一塊荒田裏，就可以取出鉅量的硝酸鹽來。原來荒田裏的植物，一年一年的長着，他們的小粉質和糖質，並沒有被收割的人取去，都重新落到泥土裏去，餵養着那些會凝住淡氣的黴菌的。

這一種黴菌，發現得還不甚久，大概可算得世上最重要的黴菌了。牠的名字是「硝石黴菌」Azotobacter，意思是和硝石有關的黴菌，硝就是淡氣的舊名稱。在這個專門學校裏，他們已考驗過世界各處的泥土，竟是有例外，都含有這種黴菌的。牠的確是一種大而圓的黴菌，但是牠的能力和牠的外表是沒有關係的。倘然我們能看到這個生物的內心，我們就可以知道牠實在是一個奇妙的能力調節器。

奇妙的黴菌正像一個燒燬糖質的火爐。黴菌像個火爐。牠能用非常的速率燒去糖質和小粉質。牠既燒去他們之後，就製成了淡氣混合物。世上各處，我們所倚以為生的植物，全靠著牠和黴菌間義務的平均才能

生長，因為植物只能直接吸收空氣中的碳酸，而不能吸取淡氣，而黴菌是能直接吸取淡氣時，卻要植物供給牠的食料。所以在實際上說來，豈莢科植物的發現，在能夠應用到各種植物身上去的。豈莢科植物自己雖然有一種安排的方法，會使那特種的黴菌寄生在牠的根上，和牠同工過活，但他們互倚為生的道理，在別種植物身上也未嘗不是如此，因為硝石黴菌這一類東西，固然全自由生長於泥土之中，而不必寄生於植物的根上，可見他們生命的道路，也未必能夠出原有範圍之外。

硝石黴菌的存在，實在是很需要的，因為這樣泥土就不為變成酸質了。我們有時也能找到已經變成酸質的泥土，只因爲有什麼東西已在他們中間變成酸質，或加進酸質了。在這種泥土裏，硝石黴菌是不能生存的，當然不必說，這種泥土就很瘦瘠的了。有時我們很恨這種泥土，因此盡量的加肥料進去，要使牠變好起來，可是結果卻多造成了些酸質。

土中千千萬萬有用的黴菌 我們照上面的方法做，非但沒有好處，反將硝石黴菌摧毀了，而使植物不能生長。現在我們可以開始知道一些泥土的各種性格了。黴菌種類的多，簡直沒有言語可以表明得出。泥土的表面，時常從植物的枝葉等物，得到他們物質上的增加。此外再有獸類的殘遺和別的東西加上去，至於特意由人工加上去的肥料還不算。這些東西一到土中，便立刻變了，而且很容易證明，他們都變成黴菌的。倘若我們取一些泥土，加以熱力，將裏面的黴菌殺死，那些變動就立刻停止了。或者我們放一些殺黴菌的東西，像哥羅芳之類，在這種泥土裏，那些變動也會立刻停止的。這種情形當然我們盼望不會遇見才是，我們只盼望那些變

動依然在土中進行着，爲植物預備應用的食品。我們已知道，秋天落下來的葉子，到了春天就成爲微生物的食料，只要那些微生物是能活動工作的。

照此看來，泥土的平常化學作用，當然是十分重要的了。我們已知道，酸質泥土和鹼質泥土的分別，是何等重要，所以我們時常要將硝酸鹽、碳酸鹽和阿姆尼亞鹽這一類化學混合物儘量加到泥土裏去。然而我們這樣做，卻有時竟至有損而無益，因爲我們所加進去時，往往過度，而失去土中微生物平均發達的力量，我們現在才知道，能決定收好效果的，的確是有生命的微生物，不是無生命的化學混合物。所以現在的問題，只是到底我們要不要只將微生物加到田裏去，因此而得到比加進化學混合物更多的成功。

懶惰的微生物並不爲他們的生活而工作。有些研究這事情的人，就將寄生於荳莢科植物根上的微生物，取了一些下來，自己餵養着，等他們長得發達了，然後再放到土裏去。可是他們開始時失敗了，原來放在試驗室裏餵養出來的微生物，已是變懶了，當他們回到土裏的，竟是一些也不工作。這正是普通一切生物的至理。那些微生物既已過慣了不須工作的生活，在玻璃管中吃着種種的好東西，長得很是肥美，就此成個無用東西了，好像一個吃得太多而不工作的人一般。幸而這到底不是困難，因爲我們所期望土中應有的微生物，本來是到處有的。

有許多人相信，用活的微生物餵養泥土，是很有用處的；可是在另一方面，又有許多人還不能決定說這是已經證明的事實。不過無論如何，過後我們便知道了，而且我們更可確信，現在雖然不能達到我們所希望的目的，我們不久就能達到的。現在，又有一個最重要而我們必須研究的事情發生了。

從前的日光餵養着現在生產植物的田地。我們大家知道，當我們用去煤或煤油時，就是用去從前植物從太陽那裏得來，而加以儲蓄着的富源。現在人類所藉以爲生的五穀，也不過是這種富源的供給，固然有許多生產豐富的地方，這個富源是非常偉大的，可是牠到底不是無限制的。現在世上各處青蔥的五穀，當然是在那裏用着現在的日光，因爲他們要是沒有這個，是不能生活的。但要是他們只靠着這些，他們還是不能和現在一般的生長的。因此，在實際上講來，他們大概還是依靠着過去的日光生長的，正好像我們要用煤來餵養着沒生命的機器一般。

我們已知道，植物所倚以爲生的土力，早就爲儲蓄着的，早就爲硝石黴菌從以前的植物身上，取下糖質和粉質來製成的。現在富力充足的泥土，就是從前有儲蓄的泥土，正像那某大學裏荒蕪二十五年的一塊田，所以會肥美的，只爲了人沒有將牠年年所產的富力取去。現在有許多人都在那裏盼望科學家會幫助他們解決這事，因爲他們這個現象，確有不容漠視的地方。

自然和科學所不能做的事情。他們想當煤用完的時候，或者肥美的泥土用完的時候，科學將要供給他們別樣東西。現在，科學是不能做什麼奇妙的事情的，他不能無中生有，因爲即使自然本身，也不能無中生有。科學可以想出最好的方法，來利用現在射到地球上來的日光。但是我們現在天天在消耗去從前的日光，我們又不能預支將來的日光，我們將藉着什麼來生活呢？這真是一個大問題，有頭腦的人，必須要仔細想想，否則恐怕我們的子孫要攻擊我們，稱我們現在爲浪費的時代了。

此後我們將講到地球故事的另外一部分。對於地球是什麼的一件事上，我們已有一個好見解了，我們也研究過地球以外的許多空中世界，來幫助我們，可解我們所住的地球了。我們也已知道造成地球、太陽、諸恆星的各種原子，和各種原子互相結合的方法。如果我們用起學者的口吻，我們可以說已經研究過地質學、天文學、化學、和地理（不是講講疆界城邑的地理，是自然地理）等，而最後我們又已研究過農學。可是此理仍舊還要着一個重要的大研究，沒有請教過，這就是物理學。

我們現在所說的物理學，就是聲、光、動、熱、電的研究。當然物理和別的東西，例如化學，是沒有什麼實在分界的，因為我們不能單獨的就會明白一件事。雖然我們時常說，時常想，自然和我們心思一般，各項事情分得很清楚的，到底還是大謬不然。這不過為便利起見，我們才將他們分開來，因為我們不能在一時看見各種東西，我們只好一時研究一種東西。所以此後第一步，我們就將研究物理學中的動學，那是比我們現在猜想得到的要有趣得多。

動怎樣改變物質

動體所發生的奇力，我們現在是講到地球故事的另一部分，就是物理學中的動學。當我們放眼向天地和我們自身察看一下的時候，我們的眼裏，便得着了兩種東西：物質和動。在這本書裏，已有許多地方講到物質，例如他們是什麼構成的，怎樣會構成岩石、行星、和恆星的。我們在此地不要再講什麼物質的本身了，也因為我

們對於牠並不曉得十分多。四十多年以前，人總想他們是完全知道物質的。現在我們才知道，雖然我們已學習了不少，可是還不過學習的開始。不過，無論如何，我們現在說着物質這一個名稱，我們總知道我們是在講些什麼，因此我們就可以進一步而研究那個所謂「動」之一事。

動之爲物，在概念上是不能和物質一例看待的，不過牠說是真實的罷了。一個球握在手裏，和一個球射過來時擊到手上，一定有個分別，要是一個孩子肯注意這個分別，他就能知道動是真實的。我們只輕輕的跳上一步而入水，或者我們卻高高的飛擲落水，我們要是亦肯注意這兩事的分別，我們也就能知道動是真實的。我們現在正在開始相信牠比物質還要來得真實，物質不過是一種東西的動的狀態，這東西就是我們所說的以太。

這事非常新鮮有趣而重要，我們必須要想法明白牠的。我們相信世界各處，都有那叫作以太的一種東西。有些人要笑以太，以爲牠不過是想像的東西，但是除了人的心思以外，牠或者可說是世上一切真實東西中最真實的。如果我們藉着學習一切的心思也要算不真實，那末世上簡直沒有一事是真實的了。

運動能發光生熱而使物質成爲真實。以太不動的時候，我們就不能知道什麼；沒有什麼出現，就可算以太不在那裏。可是以太一動——動法不一——就有許多東西出現了。爲了這個，我們便得了一個很好的理由，說動是真實的。倘然以太用一種特殊的方法動着，那末就有我們所說的光這個東西出現了。

光和輻射熱，和愛克司光，和電力，磁力等，都是以太中種種運動狀態。因此我一想到這些東西對於世界的關係，就立刻可以明白動是極其真實而又是極其重要的事情了。不過這還是以太論的開始。我們現在正在

知道，不單是空氣，便是和鐵石一類的硬東西，也正是以太中一種動的狀態，這種動雖然是和產生光熱的動是兩樣的，但究竟還是一種動的狀態。

我們知道熱有兩種意義，一種是從太陽或火那裏來的輻射熱，就是以太的運動，一種是我們觸着的一個熱的對象。我們相信第二種熱是熱體中原子和分子的往復運動，或說顫動。所以這種熱也是關於動的。

繞成鋼圈的鐵鍊。現在我們可以將這事思想得仔細些。一樣東西熱的時候，要來得大些，已經成功定理了。這就是說，物體的大小是和牠的熱——實在就是動——有關係的。這樣不是可以說原子和分子依着動而生存的麼？有許多試驗，可以證明這大概是真的，這種試驗還在增加之中。其中有一個最著名的試驗，倘然我們有機會使牠實現的，我們必須着手做。我們不能相信一件東西的堅硬，只是動之一事所做成的？倘然我們能想像到這個，便也能想像到以太的運動會將這事成爲物質，成爲我們以爲堅硬的物質。這試驗是這樣的：譬如我們將亂堆在地上的鐵鏈的一圈，取在手裏，用非常的速率旋繞着，牠就會變得十分堅硬，好像是一片純鋼所造成的，那時將牠拋在地上，牠竟會像硬圈一般滾得很遠，直等到牠的旋繞頗軟時，牠才自然而然的和起初一樣，亂堆在地上。旋繞是將一個軟東西變成硬東西了。

燭能够穿過木的門。對於這事，還存另外一個奇妙的解釋，就是將燭置在槍中放出去，燭藉着動的力，能穿過木的門，而自己不受一些損傷。

我們再可以取一片薄紙，放平了用非常的速率旋繞着，牠就能够割削無論什麼東西，正像一把刀。可是牠

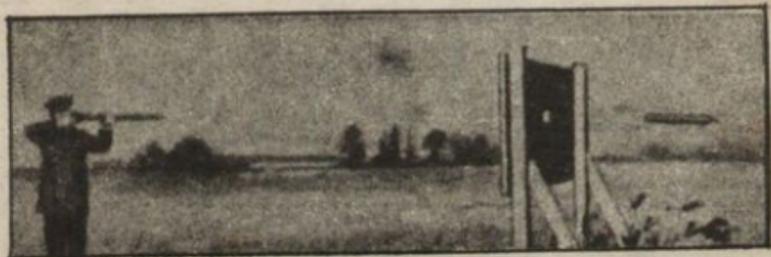
到底還是一片薄紙呢。我們只使牠動，便將牠變硬了。這樣的試驗，一個一個，不知可做多少，都使我們明白，所謂硬如鐵石的東西，並沒有什麼特別會硬的所在，只不過叫他們在一定的 روش上動着罷了。

不過最奇妙的試驗，是煙環的試驗。一個吸煙的人，能從他的兩唇間吹出煙環來，或者我們也可以將許多煙放到一個方的箱子裏去，在這個箱子上面作一個洞，和一個有彈力的背面，那時我們輕輕敲着背面，煙環也就會從洞中出來。這些環正和吹煙人所吹出來的一般的，不過要大些，而容易使人看見些。在

我們注意這些環做些什麼，或明白我們所看見的以前，我們必須要知道兩件事。第一件，煙——顯出一個環來的微細物點——是和本問題沒有關係的。我們不能不有這些物點，只不過要這個環看得見。真正的環，不是煙環，是空氣環。就是我們不在箱中燒什麼東西，也能敲出很好的環來；就是我們不吸煙，也能吹出完美的環來。能懂得這個的人，實在很少。他們想煙是必需的，那裏知道煙之爲用，不過要牠顯出環來。

第二件應該記得的事，是空氣環另有一種清楚的動作的。我們知道牠在空氣中移動，因爲我們能看見牠

如此。然而重要的地方，實在是造成他們的空氣，自身在運動着而這種第二步運動，有些像我們將一個印度橡



動有些什麼效用，在這圖中表
示得很清楚。倘然將
一枝燭撞
着木板，不
消設燭要
碎斷的。可
是將燭放
在槍中射
出，使牠走
得飛快，牠
就會安然
的穿過了
木板而燭
一無損傷。

皮圈緊沿着一根棒滾着時所得的情形。橡皮圈一直自身翻着滾，滾時將裏面翻到外面來。一個煙環，也是這樣的，牠一面轉着，一面還要絞着，這種環的特殊名稱是「回旋環」Vortex-ring。

煙環不能毀滅的奇異。所以一個煙環，實在是空氣的一部分，牠不像牠四週的空氣，牠是在特殊的動作狀態中，存在着最是異乎尋常的性質的。牠能存留得很久，在四週空氣中保全牠的獨立，能抗拒那破壞牠的行動。我們竟不能用刀割破牠。如果我們要想這樣做，牠就會在我們面前避去。一個環或者可在另一個環裏穿過，但我們決不能使一個環打破另一個環。這幾端和另外沒有說及的許多端，無非爲着造成這些環的空氣是一直在運行的。這種動作就將抗拒的力量給予了這些環。牠使他們像物質的原子，一般的難於毀壞。牠給予他們一種堅硬性，像鐵鏈的旋繞給予自身一種堅硬性。克爾文 Lord Kelvin 是牛頓以後研究這些問題最偉大的人，他想着許多物質，一定可以將這種像回旋環一樣的東西來做成。因此要是以太到了一個特殊的運動狀態中，也就可以成爲物質，正像我們能把空氣進入特殊的運動狀態中而使牠的幾部分成爲許多獨立的東西，例如煙環。

奇妙的環能解釋地球的祕密。這種關於物質的回旋環理論，是諸理論中最著名的，牠可以顯示出一大部分的真理。我們前面已經說過，動作或者比了物質還要來得重要，現在也可以證明了。倘然是動作造成物質，事情一定是這樣的。全世界有許多人正在從這一個觀察點上研究物質的本性。物質的電子論，他們現在正在研究着的，實際上不過是我們剛才說過的另一種說法罷了。此後我們將年年聽見那對於這個問題的新發

明。

同時，我們還須學習些別種使我們知道動作是何等重要事情。當我們停止一個動的球時，我們就知道球中有力，也必須要用力去停止牠。現在球已停止了，和起先一樣了，可是牠的力已不在牠裏面了。牠的動，就是牠的力。火車，摩托車，飛機行動時，我們知道他們的力是從別地方來的。他們的力是氣體的壓力，製在機器的引擎中的。

將氣體處於一個特殊的地位，使牠自己漲大開來，當牠這樣做時，牠就趕動引擎了。這種氣體的壓力，是世上諸多重要事情之一。牠是從那裏來的？有許多人，共同研究着，也挨次研究着，在十九世紀的末葉，已經發明一個極妙學說的真理了，這學說叫作『氣體的運動論』Kinetic theory of gases。

千千萬萬個推動摩托車的氣體原子 每一個人都知道，活動寫真 Kinematograph，就是現在所說的影戲。這字是從希臘來的，原意是動作，因此氣體運動論只是說，氣體的壓力和別種性質，都不過是氣體中諸原子和諸分子的運動。這事現在已經證實了。我們看見的火車和摩托車的大動作，只是千千萬萬不可思議的分子，在那裏作小小的運動。使大塊石頭，在轟裂時飛到天空中的，使偉大的戰艦，在遇着魚雷或潛水艇時沈到水底下的，也不過是這些小分子集合在一處的一些作用。正如俗話所說，積少成多，積小成大，便有無窮的力量。動就是力，我們所看見的大動和大力，實在根本於我們看不見的小動的。現在有一非常特別的事情要說，這事情是少有人想到，而於動學上是很有趣味的。

人類永遠能做的唯一的事。我們都是人類，要是身上的血液，一分鐘不動就要死的。我們是地球的主人。我們已將地球的表面變成種種樣式，地球上如有人，一定能看出我們所改動的是什麼？我們管理着別種動物；已造過許多大城大船；已學過許多恆星的祕密。可是我們回過來向自己問問，到底我們能做些什麼，到底人類已做過什麼，將來將做什麼，哈哈，所得的回答，不過是我們能夠移動東西。這句話初看看是不很對的，但到底是千真萬確的。要是一個人不靠着他那移動東西的力量，簡直他沒有做過什麼，也不能做出什麼。他實際上所能做的，乃是移動着他自己一部分或全部分的身體，衝撞到他身體以外的別種東西上去，因此他能在地中挖一洞而自己住着，或者將各種機械放在一處，而建成一個皇宮。

我們動着我們的胸腔，嘴唇，和舌頭，我們就說話了；或者我們動着我們的身體去切緊什麼東西，我們就做了。一個阻擋；我們動着我們的手指執着一些東西，又將那東西移到別的東西上去，我們就寫字了。我們已做成許多奇妙的事情，我們也將要做成許多更奇妙的事情；可是一切我們所能做的，只是移動東西。在此我們所應該記得的，就是不過是東西的移動卻有這麼大的結果。自然的各種工作既然還要靠着動，人類的各種工作，當然也非靠着動不可了。

我們怎樣會知道東西是動着。我們的地球動着，便可以想天是動着，或者看見自己火車外的東西動着，便可知自己是動着，所以我們要知道東西的動不動，只要將牠和別的東西比一比。我們所能明白的動，就只有這個相對的動。倘然宇宙間剛剛只有一點東西為我們所能想到，而此外空中並無別物的，當然那一點是能移動

的。可是到底沒有人能夠想出一些方法來，證明白這東西是運動的，至於牠動的速率和方向等，更不必說了。因此，我們對於動之一事所知道的一切，只是一動一靜的比較，或者兩動不在一個方法上的比較。所以恆星的全宇宙或者也是在動着的，不過到底牠是否這樣動，或者既是動的，是什麼方向，有什麼速率，更就沒有人能說得出了，因為沒有東西來測驗這個動。倘然地球在一個人的下面，懸空的奔得和一個人的脚步一樣快，我們將用何法來量出牠的奔來呢？這個問題，也可適用到火車、恆星和種種事情上去。

有一種見解，卻說人的行動，也有兩種，猶如我們看見煙環的行動，也有兩種。煙環既能全體行動着，又能各部分互相旋繞紐絞的。

我們安靜的坐在椅子裏時我們的身體仍是旋轉着。因此我們能從這裏移到那裏，或者我們不必離開我們的地方，卻能夠重新到那地方。倘然我們中有誰竟是完全孤獨在空中的，當他的身體移動時，他就可以明白究竟動是什麼一會事，可是他自身的動就不會知道了，卻和我們安坐在椅中，不知我們的身體每秒鐘要和地球同走許多里是一個道理。從這裏到那裏的動，常稱為「地方動」[Loco-motion]。不過正當的名字，還是「移動」[Translation]。我們可以將牠和轉動 [Rotation] 來比較。移動是一往直前的，轉動卻自己旋繞着。一件東西的動法，不是這樣，便是那樣，或者兩樣同時兼着。一個球打出去時，打的人總叫牠有兩種動法：一就是我們看得見的移動，一就是地上顯出印證來的轉動。地球飛在空中，也有這兩種動：移動成了四季，轉動成了晝夜。一個特質移動時，轉動是很難避免的。由窗間落一本書或一個球下去，我們要牠不有這旋轉，是很不容易辦到的。

地軸的微顫 同時這兩種動以外，還有一種顫動。這種顫動，我們打個寒噤，就可以覺得，不和轉動一樣的。牠實際上也是移動，不過移動時不絕的循環往復，動體完全不變牠的地位的。一個波浪是一個顫動的好榜樣，我們必須明白顫動就是顫動，不必管牠的顫動速率。往復的運動，或者會一秒鐘幾百萬次，或者一秒鐘一次，甚至還要慢些。鐘擺是真的顫動，不問其為一百萬倍快，或一百萬倍慢。地軸似乎也是有這樣的一個大顫動，比了牠的移動和轉動完全是兩樣的，牠顫動的時間，並不是和鐘擺一般，一秒鐘一次，也不和光浪一般，億兆分之一秒鐘一次，卻大概是二萬五千年一次。可是這還是個顫動。這三個名稱「移動」、「轉動」和「顫動」，當我們想到動之一事時，應該記着的。當我們研究全宇宙，而覺得四週的東西都在動的，我們就不得不問：這種動力是從那裏來的？對於這問題唯一的回答是：這是大原動力和事物之創造者來的。「牠」是各種動作最先的和最後的主動者。

動和力永勿遺失的定律 倘然我們要問，比較切近些的原動力是什麼呢？我們就可以由此而得到一個大發現，這發現是科學上最偉大的，也是在這本書裏時常提到的，也是別種關於科學的書中所引用着的。這個發現就是動和各種力一樣永不能無中生有，也永不能遺失的。第一個想到這事的人，是大約二千五百年前的希臘大思想家Thales，在十九世紀的時候，就得到了證明。

不論在何處，我們看見動，我們就曉得那裏一定已有別種動在着，或者是一種動的連續，或者是由着別地方的動而發生的。球離開手臂時的動和力，是從我們肌肉中的糖質得來的。各種動都是如此。而且這個原理，

不單在動之一事上準確，在不論何事上也是一例的。牠有一個特別名字，就是「能力的保存」Conservation of energy。能力 Energy 是力 Power 的另一特別名字，保存律說力是永不遺失的；此外，名字中雖沒有說出，而力不會無中生有的道理，也是這保存律的一部分。

牛頓動律的第一條，就能使這保存律表現出來。各人都該知道牠，因為牠是適用於各種東西的。牠常被稱為慣性律，意思不過是「無所為」。

動體爲什麼不永遠動着 慣性律說一件東西動時，牠自己不變中止或變更的。因此牠總要永遠的動着，而且在同一的方向，同一的速率動着，除非有什麼別種力來阻止牠，或改變牠，或使牠慢些和快些。這是慣性律的一半，可是就只得一半；現在我們先明白這一半，因為這一半爲我們談到慣性時所容易忘記的。另外大家都知道的一半，實在也是一個事情，不過看起來有些兩樣罷了。這一半乃是說：一件東西靜止時，就一直靜止着，不作什麼事，直等到別的東西來動着牠。我們想到牛頓動律中第一條慣性律時，我們應該記得這個律的兩方面或者說，這個律的兩種作用。

球擲向空中時爲什麼要落下來 這個慣性律，應用在不動的東西上，大家都知道，可是應用在動的東西上，知道的人就少了。他們不知道一件動的東西，沒有別的東西去阻止牠，是不會停止的。我們看一個球擲到天空中去，或者橫掠地面而過，我們總知道牠的動要停止。這差不多對於各種動都是如此，所以我們就要想，一件東西動時，總要疲倦，過了些時，總要停止的。可是事情卻完全不是如此，這真是一個非常的大發現，到底最小

的一觸加到最大的物質上時，只要能使那物質動一下的，這個動就將在同一的方面和速率上永遠動着，永不會感着疲倦。一個球擲向空中時，是地球的吸力使牠停止的，也是空氣的阻力幫助牠停止的。

一個滾在地上的球停止時，不是牠有急要停止，乃是空氣的阻擋，和地面的磨擦，使牠停止的。一件東西的真意，乃是靜則永遠靜着，動則永遠動着。我們如果將這事前後想想，要是物體不是這樣的，那末能力保存律，也就要靠不住了。

解釋物質靜止的牛頓律 如果物體不必別種東西去動牠，而牠自己就會動着的，那末力或動，就是無中生有了。如果動體不受阻止而就會停止的，那末我們很容易見出，動就無端化為烏有了。這就是我們所以要說牛頓律是能力保存律的一個好解釋的原故。牛頓還發明另外兩種動律，統共三種，都叫作牛頓律。第二條動律是很簡單的。這律說：使東西動着時，牠的動一定和牠所受的力，成為嚴格的比例。而且，這東西一定在外力所從來的一直線上動着。不論多少力，在多少方向上，加於一個物體，這句話說是對的；不論那物體是靜着或已動着，這句話也說是對的。

如果我們能知道一種什麼力，將從什麼方面，加到一個物體上的，我們用了這個定律，就能很準確的知道那個物質，將於什麼方向和什麼速率上動着。我們也發明了一個非常的真理，就是靜止乃力量平衡的狀態；一面的力拉着，一面的力推着。兩方面的力剛剛敵得住，所以結果就是靜止。地心吸力是在那裏將檯上的書拉得去，但是檯子的力就出來抗拒地心吸力了，爲了檯子的力卻正是居於地心吸力反對方向的，所以書就靜止了。

大砲幫助我們明白動的定律。牛頓的第三個動律，就是動和反動是平均的，相對的。這個大定律，我們仔細看起來就可以知道牠是能力保存律的另一種說法，當一個大砲放出時，牠所有的反動力，就可以當這定律的最好說明。砲向後退的反動力有多少，一定等於子彈向前出去的力量。

此後我們將簡單的提出另外三種動律，那就是刻卜勒 Kepler 律。我們決不可將他們和牛頓律混亂着，不過他們在幾點上很是重要因為牛頓的大發明，吸力律是以他們為根據的。

這許多定律都是非常重要的，我們雖然不能明白他們的全部，但一定總應該知曉一些的，因為這個宇宙，連我們所居的地球也在內，所以能存立的，都倚賴着他們。

東西會動的道理

牛頓的三條定律，叫「動律」。刻卜勒的三條定律，叫「行星動律」他們不是講一切的動的，是講行星的運行的。刻卜勒經過許多年的辛苦，才能明白所已發見的行星，都照着定律行的，例如他們的速率和他們離日的遠近為比例等事。這些定律的計算法和說明，都很是複雜的，現在和我們沒甚關係，還是不提。至於這三種定律之間，也沒有什麼連帶的地方；他們不過是關於行星運動的三種事實，被刻卜勒尋了出來，就此一個一個製成了定律。可是有更完美心性的牛頓，卻能將這些事實加以思考，而在他們的背後，尋出他們共同倚賴的吸力律來。

吸力律可以說和世上大部分的運動，都是有關係的。斯賓塞 Herbert Spencer 所說的：這是宇宙因之

而得平衡的定律。如果形成宇宙的諸天體，因了吸力律而得平衡，而得穩定，也就可以見出牠的奇妙偉大了。何況他們又都是一面動着，一面被牠管束着。這個大定律，能解釋我們所看見的種種動作，不論是天體的運行，蘋果的落地，月繞地球，行星繞太陽等事，都在牠的包羅之中。不過有一個大哲學家說，到底我們不能決定在諸恆星間有無吸力。然而我們現在已證明，在他們中間確乎有吸力的。我們看不見的恆星，能使他們的吸力影響於我們看得見的恆星，因此我們就能知道我們看不見的恆星有多大，有多遠。

這樣，宇宙間各物互相吸引着，都根據一種共同的力量，有一定的方法，不因距離之遠近而發生問題，那就不必說了。只要這一個定律，便能將宇宙疑為一體。

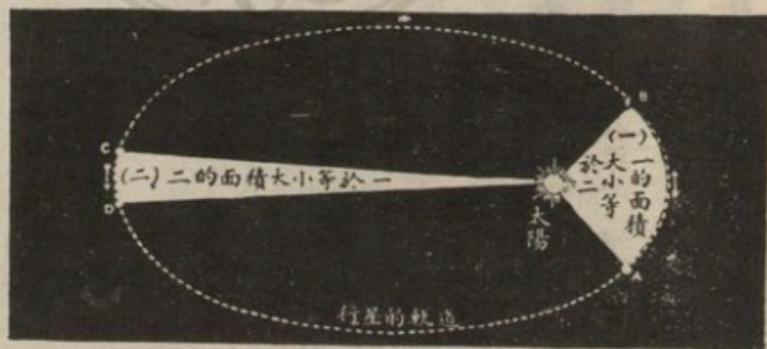
天地間的事事物物；

不論遠近，

暗暗裏，

都有不朽的力量連結着

少年百科全書 第七類 地球下冊 東西會動的道理



吸力律的圖
先導刻卜
勒律的圖
表一個行
星在線上
走着時，於
同一的時
間裏，走同
一的面積，
所以從A
到B的時
間和面積，
正等於C
到D的時
間和面積。

你將一朵花勸一下，

就不能不把天邊的大星驚動着。

這是一個詩人說的話，很是美妙正確。這詩人叫湯卜遜 Francis Thompson，還有更好的這幾句話：

我確想我的脚步，

當我在豐草繁花間走過的，

一定會使天上的諸星閃爍着。

現在，自然而然而要引起一個疑問了，就是這個大定律，究竟能被別的東西改變或打消否？照我們所已知道的，距離並不會破壞牠。不過要是我們回過來，在地球上的實驗室裏，研究吸力的運動，我們究竟能使牠受到別的影響否？從前有許多專心研究的人，在這個問題上，曾費了他們畢生的精力，對此確有了一個好的發現。

例如，我們將一些東西，放在兩個物體之間，我們究竟使他們的吸力受影響否？倘然吸力和光一般，也能隔斷的，那末吸力和阻礙物到底有無關係？仔細研究的結果，得到了正確的答語，就是兩個物體間的吸力是仍舊一貫的，他們的重量和動作，或者要動的趨勢，絕對不受他們中間任何物質的隔離，因此而發生變動。

吸力的偉大是沒有東西可以阻止的，不論穿過空氣，或穿過水或穿過真空的以太，或穿過層層的岩石，或穿過任何東西，吸力的分量，永不會加一些，或減一些。倘然距離和阻礙，都不能擾亂吸力，那末熱對於吸力又是如何呢？譬如我們取一件牠和地球互相吸着，有一個一定重量的東西，我們先將牠放在液體空氣中，使牠冷於

冰五十倍，然後再使牠變成白熱，我們卻覺得牠的吸力還是沒有分毫影響的。

至少我們還可以用這個方法試驗。我們譬如將這本書提起來離桌面五六吋的光景，然後使牠和地心的距離，漸漸的加增。書漸漸變輕了，因為吸力按着距離的加長，有漸漸變弱的定律的，雖然距離不會使吸力停止工作。書在五、六吋高時的重量和提得很高時的重量，當然是相差很微的。但是在最新式的吸力實驗中，我們卻可以說，如果吸力穿過大熱時，有和書高低時一樣的差別的，我們就該取消吸力不變動的話。許多人卻說熱度變得那樣厲害，吸力還沒有受到和書一樣的影響，到底吸力是不會變動的。

原子不論在散開時或結合時重量總是一致的。我們不能用距離來取消吸力；我們不能用遮礙物來阻止吸力；我們不能用熱度來影響吸力；那末譬如我們取兩個原子，養和輕，將他們合成水時，他們的重量，比了原來時將如何？換句話說，就是化學的結合或分解，會影響於吸力否？不論那兩種原子分開時，或深切的結合時，是否重量始終不變的？對於這問題的回答，就是化學的結合和分解，並不比了別的東西，更會使吸力發生任何影響。



東西更近地心的要更重些，倘然我們能在英國架起一個大天秤，使牠一端落在北極一端落在赤道，在北極的一定要比下些，因為那裏到地心要近上二十六哩。

此外還有許多別的方法，來試驗吸力的影響，可是結果都失敗了。我們知道，沒有東西可以使吸力改變牠的道路到一根頭髮粗的。約瑟湯卜遜 Sir Joseph Thompson 說的，差不多沒有法子可以握牢吸力的。如果我們的手能够握牢牠的，我們就能够做些什麼事情，可是到底到現在還沒有什麼方法，可以使我們如願以償。然而大多數人都還不懂這個道理呢。

一個想推翻這吸力律的名人 十九世紀中，有一個名人說，他能够推翻吸力律，那就是他將一個蘋果握在手中，不讓牠落下去。可是這不過是他將力來對抗力，吸力律不消滅，他只好用力握着這蘋果。這個道理也可以應用到飛機上去。吸力是不息的活動着的，駕飛機的人，像鳥一樣，就不能不用別種舉動，來發出對抗的力，使飛機浮着。鳥的對抗力，是從牠的筋骨中糖質的燃燒得來的；飛機的對抗力，則從牠的機器中煤油的燃燒得來的。

如果我們能管理吸力就有奇事發生 不過我們不妨設想一下，要是我們在幾個方法中，能取消吸力，或者能握牢吸力，或者能用物隔斷吸力的，那末各種事情就會絕對的不同了。飛行的事，當然不會再有問題。不論鳥或飛機，只要用一些燃料發出力來抵抗空氣的摩擦阻以外，簡直不必再用什麼多量的燃料。當然也不會有什麼東西叫鳥或飛機落下來。手裏放出來的蘋果，要不是我們敵牠一下，牠一定也不再會跌到地上。只要我們能管理吸力，這樣非常的事真是不勝枚舉。這一個時代，或者竟是會實現的。

然而在現在，我們不單不能管理牠，甚至還不能明白牠。我們能測量到牠的極細微處，但是牠究竟是怎樣

活動的，我們就一無所知了。對於這事，至少有二十四種的理論，約瑟湯卜遜說的，其中總有一個是對的。可是爲了我們不能使吸力受一些影響，因此我們也就不能將任何理論加以實驗。不過現在在研究電學問題中，卻已有一些有希望的預兆出來了，或者不久我們就能比了從前格外明白些。

一個孩子在一個禮拜堂裏看一盞燈擺着因此幫助世人不少。然而我們現在離開吸力的發現，已是二百六十多年了，我們還只能證明牛頓律的真實，和吸力的獨往獨來，不受干涉，此外對於牛頓所不知道的吸力來源，我們也還是一個不識不知。

我們先講到牛頓的動律，然後再講到吸力律的先導刻卜勒的行星動律，這是對的；但我們卻不可就此忘了這些問題的真正開始者。這就是「光如日星」的蓋利略 Galileo，我們大家說他是一個天文家的。他的確是諸大天文家之一。不過他那裏的心思，不單發明了望遠鏡，而成就天文界中的大工作，卻更發明了許多實驗的器械，動的科學是由蓋利略開始的，「這句話，他完全可以擔當得起。

在比薩 Pisa地方的教堂裏，掛着一個銅的燈盞，蓋利略的時代就掛起，現在還在那裏，倘然我們看牠一會，就可見牠是在擺着。那時蓋利略只有十九歲，他就將一個手指，放在另一手腕的脈息間，藉着這天然的鐘表，才知道不論那燈擺得大或小，每一擺的時間總是一樣的。這是動的科學中一個最重要的發明，過了五十年，蓋利略就將這事情實際應用起來，藉着一個活動不絕的鐘錘，製成了一個鐘。

鐘錘會擺的定律 鐘錘搖擺的事情，是值得我們注意一下的。第一，已經先有蓋利略的大發明，說不論那

一個特製的鐘錘，總是按着一定的速率擺着的。第二，我們就應該自問，究竟動是從那裏來的？鐘錘靜止時，牠的頭總是最近地心的。吸力因此就滿足，不作什麼事情。可是我們只要推牠一下，或者拉起一些而放下，牠能動個不歇了。

爲什麼呢？如果我們結一些東西在一條線頭上，將那沒有東西的一頭執在手裏，我們自己就能研究這個問題。我們立刻可以明白，鐘錘擺到一端時，地心吸力要牠落下來。牠依着墜體律——不久我們就要研究着——而落下，愈行愈急，落到最低的地位時，那自然不會停止了。牠不停止，就爲了牠落下時，也經會着動力了，這動力足夠使牠反抗地心吸力，而向另一端擺起來。不過這樣的擺，是要漸漸的慢起來的，因爲牠要作反抗地心吸力的工作，所以要喪失能力。到了最後，牠就停止了，牠就恢復了牠靜止時的狀態。

鐘錘的力，是鐘錘被推着或被拉着時才發生的。鐘錘靜止時，力就沒有，沒有來源，就不會發生。很輕微的一觸，就可以使牠動着，我們或者問問自己，那一觸所給與牠的力，到底後來那裏去了呢？這不會失落的，鐘錘停止時，不論牠擺得如何微小，我們總要計算那發動的力量。這力量所去的地方，正和一個球裏的力量所去的地方一樣。牠是向掛鐘錘地方的磨擦中去的，也是向空氣的抵抗中去的。因此，倘然我們能造出一個鐘錘掛時不受磨擦，擺時不受空氣的抵抗，牠就會永遠擺着了。因爲放進去的力，沒有機會洩出，牠只好一直動着。

人身是奇妙的機器，然而我們卻不可以想這就是永久的動。因爲鐘錘一做着轉動什麼輪子，或抵抗空氣的時候，牠的力就要洩去，以至停止的。

永久的動這一句話，時常有一個特別意味的，不是一兩句話可以說得明白的。一個健康的小孩，是一個永久的動的好榜樣，而且真的，不論老或幼，不論醒或睡，我們身體中總有幾部分是時常動着的。永久的動到底是不可能的，我們愈學習，愈知道各物都在動着，或者甚至我們所說的物質，也不過是某種東西動的方式。到底世上除了動以外，有無別物，那是一個問題，可是我們總又已聽見過，永久的動到底是不可能的。現在我們就該明白永久的動這一句話究竟是什麼意思了。不可能的，乃是要無中生有，這就是那些所謂永久會動的機器所要達到的目的。幾百年來，已有好些人，想造一個機器，牠外面不用東西繞着，裏面不用東西燒着，就會使牠永久的工作下去。

人永遠造不成的機器 大約一百多年以前，巴黎科學院，才決定放棄製造永久活動機器的願望。起首看來，好像這個放棄是錯了，因為科學總應該向新的路上走的。可是到底放棄得不錯，因為現在我們知道決定，不會有人能造出一個永久活動的機器的。誰要能造成，誰就是一個創造之主宰了。

如果是要用力的，那末力必須要有來源；如果工作會做成的，那末必須要有個人，或有個東西來做成牠。甚至銦的原子也是這樣的，牠也不過是另外一種東西。進而言之，我們的身體和一切生物的身體，也都無不如此。他們比了人造的機器要奇妙得不知幾千萬倍。他們中有幾部分或者竟能繼續活動到百年左右；這些機器都能不必中止而自己修理好的；可是他們到底不是人們平常所說的永久活動的機器。

心臟每跳一下，或者伸一下手臂，睜一下眼皮，就有一定多少的工作做成了，一定多少的物質，從一定的距離

和一定速率移動了，倘然我們能知道這些數目的，那末合算攏來，一定會恰等於身體中因工作而燒去的炭質，這炭質大概是在糖質中的。

我們要用力必須先得力。如果我們是永久活動的機器，我們就能不飲食而生活。可是事實上我們和一切生物，卻不能不飲食，可知我們並不是永久活動的機器，只像世上所有的一切機器，要用力時，必須先要給以力量。世人本來想一切生物和能力保存律無關的。現在我們知道這到底是錯了，到底一切生物，不論牠是怎樣的奇妙，不論牠是怎樣的超於別種無生氣的東西，總還是全宇宙的一分子，也必須遵從這個大定律的。每一時代，總有些人，要想用一個生物，或一種機器，來從無中生出一些有來，他們的結果，只是失敗，而且將來也只有失敗。

現在我們可以再回到蓋利略另外的一個發明了，這事我們已在奇象上冊中第四十二頁上讀過，現在我們要看牠的意義，和我們所講過的工作，有些什麼相關之處。蓋利略在比薩 *Pisa* 斜塔上丟下了許多重量不等的球，他們都能在同一的時間內着地。大約二千年以前，希臘大思想家亞里斯多德 *Aristotle* 會說過的，十磅重的球已到地上，五磅重的球只會落到一半，這話差不多就被人相信了二千年左右。那時大家只會懸空的幻想，沒有人像蓋利略一樣，肯親自地來向自然之神尋求真理的。

不過我們必須明白這個。是不是一個大球和地球發生活動關係的時候，一定會比小球有更大的力量？是不是我們寧可被一粒小電子打着，而不可被一塊大隕石打着？是不是有大力活動着的，就有大速率？這些問題的回答都是個「是」字，那裏活動的力量要多些，不過那裏要做的工作也多些，因為那裏要移動的物質也是

隨着加多了。石頭愈大，牠的力固然也愈大；不過要移動牠的工作也一定就隨之增加，因此不論有多少東西，在地心吸力範圍內落下來，速率一定是相同的，不問其爲什麼東西，速率總按着同樣的度數，每動中漸漸增加起來。

現在我們或者要說這話是靠不住了，因爲大家知道一根羽毛決定要比一個石頭落得慢些。不過要是我們能想像空氣是可以排除淨盡的，那末羽毛也就和石頭一樣的落下來了。這是可以證明的。我們可以取一根長的玻璃管，將其中的空氣排去了，然後把一粒槍彈和一根羽毛，同時由他們從頂上落下去。我們就可以看見他們會同時到管底。這是一個大發明，可是蓋利略還有一個發明呢。亞里斯多德曾經說過兩樣東西，重和輕；重能使東西落下，輕能使東西上升。重的東西像槍彈，總要落下，輕的東西像熱空氣，總要上升。蓋利略卻說這是不對的。宇宙間的東西，所以有重量，只因爲吸力在各方面向各種東西活動着。骨子裏到底是沒有什麼重或輕的。空氣上升，氣球上升，軟木浮起，並不是爲了這些東西自身沒有重量，只爲了他們的重量，比了他們四週的東西所有的重量要輕些，因此他們四週的東西落到他們的下面，而將他們舉起了。

不過最奇妙的，是蓋利略不得一人的幫助，他一個人就能見到十九世紀中牛頓等所證明的真理。他能見到有動的地方就有力。這種動中有力的說法，對於蓋利略是新的，也就是全部動的科學的基礎。動的科學的正當名稱是『力學』Dynamics。

永遠不生不滅的能力 在蓋利略以前，竟是沒有人知道原因必有結果，結果必有原因的一會事，也不知道大原因有大結果，大結果有大原因。到底事情是這樣的，那裏有多少動，就一定有多少相當的原因在工作着。

那就是說，那裏有動，那裏就有能力。這能力永是不生不滅，而只能改變形式的。這些重要的意見的確是在蓋利略的心田中開始生長的，牠粗粗的就做成了牛頓的動律。然而蓋利略和牛頓雖然在他們心裏已有了能力保存律的意見，卻一個也不用什麼話來說明這事，一直要等十九世紀中幾個德國的天才來作成牠。

能力各處地方都有的，形式種種不一，其中有兩種形式，我們是必須要明白的。要解釋他們，話固然要費些的，但是還不算難懂。一件東西移動時，我們就說牠裏面有動的能力存着。這事也有個正當名稱，叫「主動力」Kinetic energy。

在鐘錘搖擺中所見出的兩種能力，要明白這事是不難的。鐘錘落下時，愈落愈急，是正在集合着主動力。另外一種力，是東西動時不顯出來的，只是隱藏在那裏。這叫「潛伏力」Potential energy。世界各處，我們時常可以看見潛伏力變成主動力，和主動力變成潛伏力。鐘錘真是這事最好的解釋。我們提起牠時，牠的動作向上，表示着牠的主動力；牠停止了不再向上時，動並沒有失掉，不過藏留在鐘錘裏，成了潛伏力。牠固然沒有動，可是牠裏面有可動的力存着。

那末我們將這鐘錘落下，潛伏力就變成主動力了，看牠動着就可證明。這個主動力能使鐘錘過了最低的一點時，再向上升。現在，鐘錘向上升起時，牠更是慢慢的動着；牠的動力，雖沒有消失，正在變着，當鐘錘達到對方最高點時，所有的主動力就都變成了潛伏力；這樣前後變動，乃使鐘錘擺個不休。

人正在想法從日光採取能力，可是我們還能在這事上更學得許多能力的變化。我們將鐘擺推著或拉

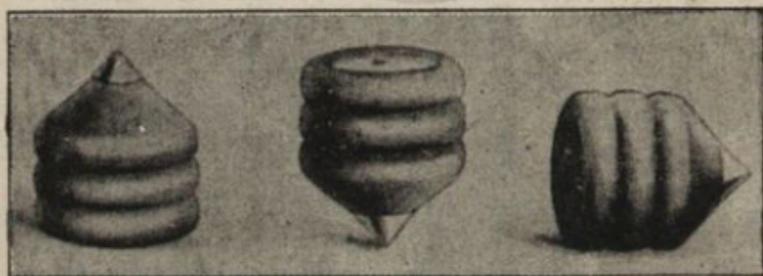
看時，究竟那主動力是從那裏來的？我們已經知道，我們的人身是不會創造能力的，我們的筋骨所以會有動力只因有那從食物的糖質裏取來的潛伏力。這種存在糖質和別種化學混合物中的潛伏力，都叫「化學的能力」；這種化學的能力是潛伏力的一種，牠能變成動力，正像鐘錘在最高點時一般。

可是糖質中的潛伏力又是那裏來的呢？是含糖質的植物自己創造出來的麼？我們知道這是不可能的。植物的潛伏力，卻是日光射到牠身上時的動力所造成的。我們現在正在研究，恐怕日光的動力，是從日體中許多原子所製造出來的。

物體度量法

我們所謂運動的意義，就是將許多物體互相比較所得的快慢。此種運動，我們叫作「關係運動」。所以他們的真實方向，他們的可靠速度，我們是不知道的。但是我們可將這一個「關係運動」和另一個「關係運動」相比較，我們就可以知道他們了。

科學不過是一種測量，雖然牠所測度的東西，與真實大相懸絕，但是我



物體有三種平衡，看圖中三個陀螺便可明白。左邊的一種是安定平衡，獨牠一下，牠動後仍能恢復原狀的。中間的一種是不安定平衡，微一觸，就要倒下。右邊的一種是中性平衡，推牠是全動的，可是過了一會，牠就恢復原狀了。

們科學所做的事業，全看這種測量的準確不準確。

現在我們要想法去測量運動。我們開始時，先要明白兩種重要的測量法。這也不是甚難的事情。譬如我們說，有人十秒鐘以內，能跑一百碼，或者說我們在一點鐘以內，可以走三哩。這種測量，不過按計時間的長短，和距離的遠近罷了。推而言之，無論動的東西爲動物，爲行星，或原子中之電子，都是以時間和距離爲測度的根本的。除此之外，有時物體的質量 M 也是很重要。在鐘表未發明以前，許多聰明的人，所用以爲測量的器具，與現在的器具比較，實在相差不遠。自從我們知道擺錘的定律後，我們就佈置起來，使牠每一轉運，就可旋轉一個齒輪若干距離。

我們還有一種人身上天然的鐘表，就是我們手腕上的動脈。若是在康強的時候，這脈絡震動的數次，往往和擺錘是相差不遠的。但是許多人想，以爲這種時間計算法，太覺勉強，不如將天然的晝夜，以爲根據，似乎方便些。天然的晝夜，雖非一定不變的，但地球的旋轉是一定的。牠旋轉的速度，雖然爲了潮水作牠的制動機，年代久了，要漸漸的緩下來；但是相差之數甚少，實際上沒有甚麼關係。所以我們可以將一天分爲二十四段，每一段叫作一點鐘，再將每點鐘成分和秒。所說的秒，就是地球旋轉一週時的八六四〇〇小段之一。

世人共認的東西，以秒數爲測量時間的單位，凡是世界上的文明國家，無不共認的，這真是一個極微幸的事。假使那一國裏有人以爲此種單位，爲時太長或太短，欲想變遷一下，那末一國的人一定要怒目相加，以爲他不識時務，而有意搗亂。

這又是一個極可憐之事，因為我們祇共認測量時間的單位，而無測量重量 Weight 和距離 Space 的公共單位。如其我們也一例有了這些單位，許多的困難，一定可以從此剷除。譬如要測量一個木箱時，祇須量其長寬高就好了。測量一張簿紙，則須量其長寬就好了，不是紙沒有厚度，因為數甚少，本來可以省略的，正像量一條線時，祇有長度，而沒有高寬。

國王的手臂變成了測量的器具，無論所量者為何物，從一個方向或二個三個（如長寬厚）去測度，所測量出來的長度，必定要有一種單位，和時間單位的秒一樣。在英國的長量單位是用碼 Yard 的，再將一碼分為三呎，每呎分為十二吋。碼的來源，有人說乃是一個英王的手臂。其所以用這個距離，而不用任何天然的距離，如時間單位用地球每一旋轉若干分之一的，實在沒有什麼理由。至於三呎為一碼，一七六〇碼為一哩，這樣的名稱，更是莫名其妙。實在說起來，英國的距離測量，重量測量，各種單位，實在煩雜複雜，將來一定會有他種單位來代替他們的。

因為我們有十個指頭，所以數起東西來以十進；因此為便利起見，所有的測量器具，應該也都以十進；這樣就可以省去許多麻煩了。

世界所共用的度量，現在世界各個文明國裏，凡是學科學的，已經不用英國的測量制度，而用一種特別共認的了，就是平常的測量，也用着這種科學的方法去測量。英美兩國的商人，往往用和別國不同的度量，去計算他們的貨物，一些不顧別國是用些什麼，真是不便利之極。如果別國人不能和他們一樣計算，卻還要說別國人

愚笨。

現在採用的一種新的測量制度，叫作「米突制度」Metric system。這制度是從法國來的。因為他們要有一種天然的測量根據，他們就從赤道量到南北極，分爲若干分，取其中一分叫作「米突」。雖然這種測量，未必縝密，但於實際上，沒甚關係。

「米突」的分法，都以十進。一個米突較之三十九又三十分之一的英吋略長些，所以較一碼長三英吋多些。此外，米突的分數，或米突的倍數，都有專門名詞，爲世界所共認的，例如十分之一的米突，叫作「特息米突」Decimeter，百分之一的米突，叫作「生的米突」Centimeter，千分之一的米突，叫作「密立米突」Millimeter。

使各種計算變容易的米突制度 米突制度最簡單的地方，就是我們別種測量法，亦可以根據牠。譬如我們量容量的器具【品脫】Pint，和【瓜脫】Quart，對於碼的計算法，是沒有關係的。在米突制度中則不然，如物體之大小，都用米突去測量，固然不必說了，就是重量或容積，也用一種物體來作標準，而這物體的大小，卻根據於米突的。所以重量，容積，體積三者，知其一就知其二，計算的方法，從此節省了許多，假使美國人不採用米突制，而用各種不相關係的制度法計算，那末用米突制度一日所能做了的事情，就非一禮拜的時間不能成功了。

所以許多知覺靈敏的人，以爲非採用米突制不可。凡讀此書的少年人，將來總可以目觀全世界都用米突制的。

我們已有秒以爲測量時間的單位，已有米突以爲測量距離的單位，但是測量一種運動物體時，除了時間和

距離，卻另外還有一種東西，作為測量運動的單位。

美國現在用的混亂制度。英美兩國常用克冷 Grains，盎司 Ounces 和磅 Pounds，以為衡量制度。他們對於碼或吋，或品脫，是毫無關係的。有人以若干克冷或盎司，作為一磅，而他人卻又會用別的數目來合成一磅。如此混亂不清，使人毫無頭緒。所以科學家，再不高興用這些方法來計算。我們要質量有一個有根據而又簡單的單位，於是我們就在簡單而又和別種東西有關係的東西中選擇。我們成功了，水就為我們所擇選以為單位的東西，因為水為人生最重要的東西，而又各處大概相似的。況且水還有一種特別的性質，當水的溫度在百度表零度以上四度時，其密度 Density 為最大。所以我們選擇一立方生的米突的純水，在四度時的重量，為質量的單位。此種單位叫作「格蘭姆」Gramme 大約等於十五克冷 Grain。於是就仿照米突制，均分一格蘭姆為十分，百分，千分等小數。

寒暑表的百度表，也是由此造成的，表上的零度，就是水的冰點，一百度則為水的沸點。此表在科學上，或為平常的用途，有最高的價值。但在美國，現在仍用華氏 Fahrenheit 的寒暑表。這種表上，以三十二度為冰點，二百十二度為沸點。這表在科學上是不常用的，所以我們可以暫且置下不講。

一磅東西稱不到一磅重的地方。我們有時候用重量 Weight 一字，有時候用質量 Mass 一字。但就普通一般的習慣說起來，重量 Weight 一字似乎比較合宜些。在表面上看起來，重量和質量，同是一樣東西，但就實地上的研究，他們是完全不同的。因為重量由地球吸力而產生，而質量乃是物體中物質的實在數量。

若是吸力一旦斷絕了，重量亦因之而消滅，但質量是永遠不變的；所以一磅鉛的意思，就是表明這東西裏，含有若干鉛質。若是我們將這一磅鉛拋入一溝中，則其重量，必多於一磅。若用手舉起，則其重量，又輕於一磅了。因為重量是以吸力為轉移，而吸力又因距離而變遷的。所以牠在月中稱起來，一定要更輕，在木星 Jupiter 中，就稍重些，在日中必定增加數倍了。這些稱出來的重量，雖然如此不同，但牠的質量是永遠一樣的。

時間的單位，距離的單位，及物質重量的單位，都為世界所共認了。若是我們將他們集合講起來，必會發生許多有趣味的事情。譬如我們說，某人在若干時內，走了多少的路，將這兩樣東西混合看起來，則某人走路的快慢，自然是不可言喻了。在科學上，往往將方向同快慢二種意思，包含在一個字內，這字叫作 Velocity，就是速度的意思。

所以「速度」比較「快慢」這個名稱，意義要寬廣些。譬如說，一人進行的速度與他人同。此地所說的速度相同，不是專指快慢相同，即方向相同的。但是現在我們祇討論快慢一字，可以不必提及速度。在自然界中，物體的快慢，有時漸漸增加，有時漸漸減少；例如物質向下墜落時則增加，向上拋擲時則減少。

從極高的地方墜下何以很危險。凡物體因地球吸引而下墜的，其每秒間增加的速度為三十二呎。所以從最高處墜落是很危險的，就是這一個原故。假使地球吸引物體的速度，是有一定者，那末我們從高塔上跳下和從椅子上跳下，實在沒有甚麼區別。只因為每秒的速度，到底是漸漸增加的，地方愈高，速度愈大，所以我們墜落到地上的力量亦愈大了。

我們曾說過物體因吸力而得的快慢，是無物能間斷牠的。但是世界上的力卻不單只有吸力。空中雨點由天空而至地面，在第一秒鐘時，祇墜落十六呎。因為在最初的起點，牠的快慢等於零。只在第一秒鐘之末，牠纔能有每秒鐘三十二呎的快慢。所以在第一秒鐘所經過的距離，是三十二呎的二分之一；在第二秒鐘所經過的距離是四十八呎，其餘依此類推。若是我們知道牠所墜落的總距離，那末牠觸地時的快慢，也就可以依法推算出來。就是牠最後觸地時的能力 *Power*，亦可照着牠的質量計算清楚。但是牠落下時，穿過了濃厚的空氣，牠的快慢，爲了空氣的阻力已經減少不少，所以我們並不覺得牠十分重。

空氣使雨點不致傷害我們。若無空氣的阻力作用，那末墜落的雨點和冰雹，用着他們極偉大的能力，對於我們損失，不知要到一種甚麼的境地呢。現在有些學者，已經發現，雨落下時的快慢，有一定限度的，不能越過這限度而更大的。因為雨點墜落愈快時，則空氣的阻力也愈大。以前所謂吸力永遠不爲他物所阻礙的話，到現在卻要生出一個疑難了。船之於水，他們彼此互相的關係也是這樣的，因為船行得愈速，水的阻力也就愈大。到底我們已知道，吸力不是天地間獨一無二的力，不過天地間的物體，無一不在牠勢力範圍之下罷了。物體靜止時，其中必另有一種力，足以抵抗地球的吸引力。我們要想到這裏，所說的靜止，就可以得到一個新意義了。

天地間的物體到底因爲吸力的作用，只繼續的運動着，並沒有靜止這一件東西的。桌子靜止於地板上，表面上看起來，似乎不錯，但就實際上討論起來，牠卻和地板，和地球，一同運動着。所以現在我們說桌子和地板是

靜止的，乃是對地球比較而言，不是絕對的。從此以後，我們可以知道靜止沒有真實的，只有比較的，我們也就要問，靜止究竟是什麼意思，倚賴着什麼的？

物體靜止時所需要的力 我們總想，物體靜止時，就沒有工作，因為靜止二字，本來是運動的反面。但物體的運動和靜止，都不過是力的動作，到底是一個根源。牛頓第一條動律，我們也可說牠為第一條靜律。牠是兩方面都用得着的。一個物質，不論靜止或運動，同在力的勢力範圍之下，如果兩力相等，而方向相反，物體就有一種靜止的態度。若是兩力不完全平衡，那末物體就要動作。所以我們說靜止與運動，同在力的範圍之下，不過是力的問題。

以上所述的【平衡】Equilibrium 我們既了解清楚，所以我們凡是說物體平衡的，就是表明一種物體，因兩種作用的力，大小相同，而方向相反，就成了一種靜止的態度。這是一個很難研究的問題，但牠的原理實在是容易了解的。我們平日所見的靜止物體，所處的態度，不是一樣的；換言之，就是他們平衡的狀態，各各不同。這種問題，不單是研究力學的人，覺得十分重要，就是開行船隻，駕駛飛機的人，也有實際的關係的。

使物體靜止的許多的法子 我們說物體在安定狀態中，就是牠不因外界的力，而變其位置的意思；或一時為外力所移動，等到此力一鬆之後，牠仍舊會歸其原位置的。這種平衡，叫作【安定平衡】，如不倒翁之置於櫃上，是一個好證明。此外若是我們懸一些重物在一條繩的一端，不論你怎樣變遷牠垂直的位置，牠必定於若干時間內，仍舊歸原，和不倒翁有同一的結果。這些也叫作【安定平衡】。

可是一個蛋卻不然。我們如要叫蛋豎立一秒鐘也是不能夠的。牠一遇着極小的擾亂，立刻就要倒下來。這種可以叫做「不安定平衡」。

除此之外，還有第三種平衡，叫作「中性平衡」。牠命名的意思，就是表明牠既非「安定平衡」也非「不安定平衡」。有一種拾球 Billiard-ball，實在是一個最明白的例子。牠靜止的時候，就完全屬於安定的態度，因為加於牠身上的力是平衡的。可是輕輕的一推，牠又會移動一些，然後再是靜止。爲了牠不要復其原位，所以牠沒有安定平衡；爲了牠又不是一動便不歇的，所以牠也沒有不安定平衡，沒有別的，牠到底只有中性平衡。

軒輕戲所教訓我們的重要的運動律，靜止的學說，現在是愈講愈複雜了。譬如軒輕戲，在板的一端坐一個小孩，而在彼端坐一大孩，使大孩所坐的地方，不在板的盡頭，而在盡頭和支點之間，於是這一重一輕的兩個孩子，就互相平衡着了。因爲兩端力的比較，乃是坐處至軒輕板支點的距離相乘之積。所以這兩端的小孩，因吸引力作用，所發生的向下墜力，正和支點所發生的反抗力相平衡。這是極重要的一點，我們現在應該知道的。

我們平常所用的各種橫杆，軒輕戲板各邊小孩的重量，和他們各離支點的距離相乘之積是相等的。由此推之，我們可以懂得各種橫杆的原理了。在軒輕戲上，我們看見在一端離支點稍遠，便是稍輕的小孩，也足以舉起牠端離支點較近的較重的小孩。這種情形，實在和橫杆相差不遠。人用着鐵桿 Crowbar 去工作的時候，在一端用極小的力，在彼端就可以作成極大的生活。這種事實，我們也可以用軒輕戲的原理去解析牠。我們只要想人所用之力點，是離支點很遠的一個長臂，而對方乃是一個短臂，就可以明白。其他如鉗子，破核桃

的槓子，行船的橈，原理都是一樣的。

我們知道，凡一種靜止或運動的物體，常常有一二種以上的力，想去變更牠的位置或態度。但是此種力未必完全平衡的。若是他們平衡了，運動的物體，即刻就會靜止。反而言之，不平衡時，物體必定要運動。但是運動的狀態如何？快慢如何？方向如何？我們不可不研究的。凡物體為各種不同的力所作用的時候，我們能否斷定牠的方向？要解決這個問題，雖然是一件難事，但去研究了此種運動定律，牠的困難也就容易明白的。每一種力，總有牠自身的價值，就是牠的大小和方向，雖然牠在許多複雜的地位上，這個價值是不會變的。如果我們能知道無數力的大小和方向，那末物體要向那裏運動，牠的快慢如何，就可由此推算出來。換言之，牠所運動的速度，亦就可得而知了。

行星的運行可以使我们知道宇宙間的大定律。以上所述的事，我們覺得很有趣味。若是我們將一種運動的實事，有一定方向，和一定快慢的，例如行星，來作個證據，那末這種事體就更為重要了。我們知道加到行星的力是很多的，結果就成了牠現在運行的樣子。動律第二條說的，凡物體運動，往往要循一直線而行。若是我們繫一個石子在一條線上，使牠在我們頭上旋轉，這石子并不循一直線而行，卻成了一個圓圈。要是此線被截斷了，或者脫手了，石即就成一直線的飛出去。行星繞日旋轉，也是這個道理。論牠的本性，原是要循一直線進行的，但有種種吸力或別種力逼着牠，牠只好繞着太陽成一個圓圈，和石子繫在手握的線上一樣。

行星為甚麼不能離日而自由飛行空中。凡以前所引的兩種事實，如石子，如行星，所以不能自由飛行，而必

須循一直線運動的原故，乃是因為中間有一種向內扯的力，防止他們有這種行動。平常一般人說，總用着幾個名詞，來稱呼這種阻止石子飛去的力，和扯直這線的力，那就是「向心力」和「離心力」兩個名字。不過這些名字是動律完全不知道的時候發生的，實在沒甚用處。

我們應該知道的，就是一個物體，處於兩種力的範圍之內，應有些什麼結果？那兩種力，一種就是物體自己運動的趨勢，一種就是物體向心運動的趨勢。而他們所得的結果，就是有了這兩種作用，所以物體就循圓形進行着了。

如果我們將這種使石離圓圈而飛行的力，叫作「離心力」實在沒有意思。因為這個石子并不想從圓心上飛出去，牠不過要循着直線運動罷了。

物體的大小和重量

我們已經知道測量物體的法子，是怎麼樣的，測量溫度、物質、時間的三個單位，在前一課上，已說得很詳明了。至於質量 Mass 和重量 Weight 的區別，想我們也仍舊記得很清楚明白。除此之外，我們可以學習一些力的平衡等事。現在我們先要講一些重力，然後再講到有趣的比重。

在第一〇八頁上，我們會講到地球的吸力，會使一個球從空中墜落，我們可以測量牠的快慢。但是用此種測量法，要想得到一種精密的結果，實在是很難的。若是我們用鐘錘擺動的率度去計算牠，或者可以得到一種

準確的結果，因為牠的擺動，是全靠着地球吸引力的作用。不過鐘錘擺動的率度，世界各處是不同的。

這個可以證明世界各處的吸力是不同的。從科學上看起來，我們知道，南極北極的地面，是很平坦的，因為地球成一橢圓形的原故。所以在赤道上的東西，較在兩極上的東西，要離地心遠些。吸力的大小，是與距離成反比例的，所以在兩極的物體，一定要重些。但物體較重的原故，不特是因為吸力的作用，還有別的原因呢。我們都曉得，地球是永遠旋轉的，在二十四小時內，牠必定要旋轉一周。若是將一個物體，在離無論那一極的五六吋地方懸着，而使牠和地球同時旋轉，那末牠於二十四小時之內必在空中畫一個小圓圈。然而這種運動，頗為遲緩，要是這東西在赤道上，那就全完不同了。

在赤道上，地球圓周的長度，大約二萬五千哩。換言之，在二十四小時之內，近兩極上的物體，不過走了數吋的距離，而在赤道上的物體，已經走過二萬五千哩的遠路程了，那就是在一點鐘內，幾乎要走一千餘哩。我們知道，在地球上這樣旋轉的東西，情形是和一個繫在線上的小石子的旋轉一樣的。牠也有向圓圈上切線飛出去的趨勢。這種力就是我們常常瞎說的「離心力」。

凡物體在地球旋轉的，都有這種離心力。牠的運動率愈快的，牠的飛出去的趨勢也愈大。換言之，當物體愈近赤道時，牠的離心力也愈大，因為在赤道上物體，運動率是很高的。這種離心力，和地球的吸力對抗着。當然是地球的吸力，纔使物體不會飛出去，只使牠循一圓形在地面上運動着的。

地球的吸力在近赤道的地方減少。當我們和赤道相近的時候，地球的吸力是在漸漸的減少着。所以物

體在此地的重量較之在他處要輕些。這是一種實在的情形，因為我們已離地心較遠了。

物體墜落時，因地球吸力的作用，每秒鐘所增加的速度為三十二呎。這種增加的速度，就是我們測量吸力的一種結果。至於實在的數目，和牠那相當的證明，我們也有方法可以得到。我們常常用吸力 *Gravitation* 的第一字母 *g*，代表世界上各處吸力的大小。英國的 *g*，是每秒三十二呎二吋四，就是，凡是在不列顛空中墜落的物體，每秒鐘增的度數，是三十二呎二吋四；換言之，即在英國由吸力所增的【加速度】*Acceleration*，是每秒三十二呎二吋四。

在兩極的 *g*，大約是三十二呎三吋，而在英國則三吋減為二吋餘。從此推想，在赤道的 *g*，必定是三十二呎一吋餘；所以牠的【加速度】可以斷定是每秒三十二呎一吋餘。

比重的意義及其重要 我們現在可以討論【比重】*Specific Gravity* 的問題了。比重這一種東西，也是對於吸力有關係的。*Specific* 一字乃是脫胎於特別 *Speci* 一字，在科學書上，我們是常常用牠的。如物體的比重或比熱 *Specific heat*，或一種特別植物，或運動的特性 *Specific character*，凡是這類的東西，都含有一種特別 *Special* 的意義的。

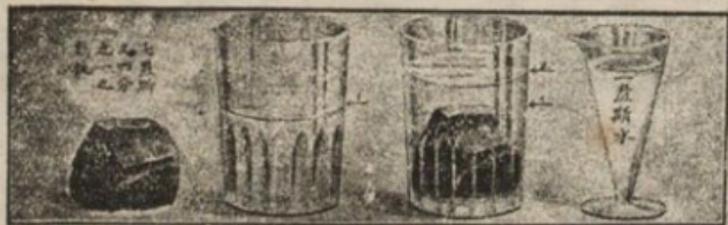
所說的比重，就是我們用一種簡單的名字，去表明一種物質，和牠在空中所佔位置的比例。譬如一磅鉛，在空中所佔的位置，較之一磅木所佔的位置要小許多；也就是在同一地位上，鉛的質量要多些。若是我們還記得質量這一個字的，那末鉛的質量很是緊密的。

這個問題，實在十分重要。因為許多物質的功効和能力，往往因比重的關係而不同。有些東西是會浮的，有些東西是會沈的。我們將熱水傾入冷水的洗澡盆內時，熱水往往浮在冷水的上面。反之，將冷水傾入熱水盆內時，冷水往往流行於熱水的底下。其他如我們肺中所呼出來的熱氣，會升騰到冷空氣的上面。氣球充滿熱氣或輕氣時，也是這樣。這些事實，不下有幾千種，都無非為着比重的關係。

我們用水為標準重量去測量他種物體的重量。我們現在又講到測量物體的問題來了。但是我們現在所要講的，乃是一種簡單的物質比較測量法，說明金子比水重若干倍，水比酒精又重若干倍，和這些相仿的事情。我們也要說，此物重於彼物；但我們的意思，並不是說一磅的金子，要比一磅的水重些；乃是說，於一定的容量中，金子的質量，要比水的質量多些。金的比重是很大的，水是一種很普通的東西，很重要的東西，所以我們用牠作一個標準。

平常的水，往往含有許多他種物質，尤其是氣體多些，他們的重量，為了這個原因，各各就有點不同。現在我們用來作為比重的標準的，乃是指蒸溜水說的。

依物理的普通性說起來，物體受熱的時候，牠的體積要較原有的大些；而當溫度下降的時候，牠的體積亦漸漸的收縮起來。所以一定容量內物質的質量，也



如將一塊鐵，放在盛水的玻璃杯中，那末鐵的體積要使第二隻杯中的水從1升到2。若把這升起來的水和鐵分別秤一下，就可知道鐵要比水重上七又四分之三，那就是說鐵的比重是7.3。

會變動的；那就是說，比重會變動的。因此我們用蒸溜水作標準時，還不能確定比重，必定要牠的濕度一定，然後纔可以用牠。當水在百度表冰點上四度時，我們知道，牠們的密度同收縮性是頂大。

在靈敏的百度表上，水的冰度是零，所以水在四度的時候，密度最大。我們現在就將這個密度極大的水，作為我們的標準。為方便起見，我們可以將這種在四度上的蒸溜水，稱呼為一。於是凡同一容量內，那東西的比重，二倍於水的，就稱呼為二。其餘的東西，由此類推。

我們可以選擇各種和四度蒸溜水一樣體積的東西，來比較牠們的重量。於是我們可以測出物體的重量，也可以表示牠們內部物體的質量。依牛頓所說的，凡物體的重量，都是靠着吸力，而吸力的大小，又都是靠着物體的質量。所以我們比較物體的重量，實在就是比較物體的質量。

固體在空間中所佔的位置 現在，假定我們想找出一種奇形怪狀的東西的比重。牠的重量，固然可以稱出來的，但我們還要知道得更多些。可是我們要知道牠的比重，就不能不知道牠在空間中所佔的位置。要是牠的形狀，並不是方的或圓的，乃是一種凸凹不規則的形狀，那末牠的體積就很難得了。若是我們遇到這一種的東西時，獨一無二的法子，就是把牠浸入水內，看牠所擠起來的水是多少。

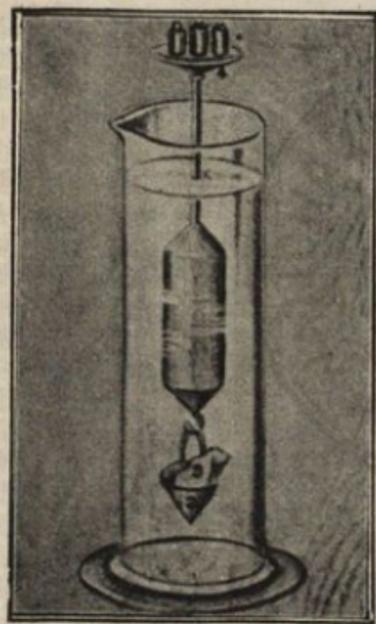
液體的比重測量法，本來是很重要的。譬如牛奶，平常一定含有若干的固體物質，溶解在牠裏面的。我們所以要買牛奶吃，就是因為這種固體物質，有食品的價值。若是賣牛奶的人，有意欺人，將水混入牛奶中，或者使那出奶的牛，飲無限量的水，使那所得的結果，和以水滲入的無異。我們遇到這種事情的時候，一定要有一種法

子，將這弊端考察出來。這種法子，就是測量牛奶的比重，看牛奶中所含的固體物質，是否和標準牛奶相合。若是我們欲知道酒內所含的酒精若干，也可以用這種測量比重的法子去查出來。這種應用，實在多得，現在不過舉其一二罷了。

可以測量各種液體比重小儀器 我們有一種小小的儀器，叫作「浮秤」Hydrometer，意思就是水的測量器，用了牠立刻可以知道任何液體的比重。這種浮秤乃是一個玻璃小管，管上刻有比重計算的數目，好像寒暑表的一樣，而管的下端，則灌入一些有重量的液體或物質。

當此浮秤放入一種液體中時，如果這種液體是重的，牠那下沉的部分便短些。於是從牠的管上可以找出液面所浸着的數目，那就是這液體的比重。若是所測量的液體，如酒精類，比水輕的，那末管上所刻的記號，必定要下沉於液內。若是那液體比水重的，牠那下沉的部分，必定不會很長。於此就可以見得這小小儀器的功效了。

第二種測量比重的儀器，叫作「比重瓶」，很簡單而很容易了解的，有時可以用牠測量液體的比重，有



浮秤的構造。(1)浮於水中的空圓錐，(2)垂於下面使全直立的小盞，(3)放在盞中的重物，就是我們要求出牠比重的東西。這東西先在水外秤過，然後放在水中秤。水中秤法，先在(4)的圓板上放上砝碼，使圓錐上的桿子到一個標準的地點(x)從這些砝碼，就可以結算出比重來。

時亦可以用牠測量固體的比重。這種瓶子的製法，極其精密，一定要使牠能容納在標準溫度上的水一千克冷。在這瓶的塞子上，有一個小孔，將塞子塞上時，水就能從孔內逃出來。

一瓶水所給我們的教訓，假使我們要測量一個小槍彈的比重，我們可以先稱牠一下，然後將牠放入一個滿水的瓶內。凡槍彈所擠出來的水的體積，是和放進去的槍彈的體積相等的。於是我們就稱這被擠出來的水，求得牠的重量，然後去和槍彈的重量相比較。倘若槍彈的重量，十一倍於所擠出來的水，那末槍彈的比重，我們就可以斷定說是十一。倘若那槍彈是鉛做的，牠的比重差不多就是這個數目。

若是我們將盛水的瓶子，去盛以太 *Ether*，那末以前能盛一千克冷水，現在只能盛七一五克冷的以太了。所以以太的比重祇有 0.715 。我們以前常定水的比重為一，今為便宜起見，定為 1.000 。於是以太的比重，遂變為 0.715 了。而牛奶的比重，也可從此推算出來，為 1.030 。血液的比重為 1.055 。其餘東西，都可如此求出。

體積和重量可以比出各種不同的東西來。我們已假定水的比重為一，現在可以將其餘不同的物體，都以水為標準，互相比較，而得到下面的物體比重表。我們知道，凡物體的比重比一大的，就要沉入水中，而比一小的，如冰類，就要浮於水面。但當牠的比重，差不多和一相近時，牠浮於水面之先，必定要下沉若干時，纔能慢慢的浮起來。物體的比重表，排列如下：

固體類的比重表

白金(碾過的) Platinum (rolled)	二二·一
黃金 Gold	一九·三
鉛 Lead	一一·四
銀 Silver	一〇·五
鐵(熟鐵) Iron (wrought)	七·八
鐵(生鐵) Iron (cast)	七·二
錫 Tin	七·三
金鋼石 Diamonds	三·五
大理石 Marble	二·八
鋁 Aluminium	二·七
冰 Ice	〇·九
鉀 Potassium	〇·九
鋰 Lithium	〇·六
木塞 Cork	〇·二

水銀 Mercury	一三·五九
硫酸 Sulphuric acid	一·八四
血液 Blood	一·〇五
牛奶 Milk	一·〇三
海水 Sea-water	一·〇三
石油 Petroleum	〇·八四
酒精 Alcohol	〇·七九
以太 Ether	〇·七一

以上所列的，乃屬於固體和液體的。至於氣體，自有他們自己的比重。這種比重的測量法子，就是以最輕的輕氣，為標準氣體，而與他種氣體相比較，以求得他們的比重。有時候我們也將一定溫度的空氣，當作標準氣體，但是輕氣尤其來得便利。若將輕氣的比重定為一，那末養氣必為一六，混合的空氣為一四·四；換言之，輕氣的重量，祇為空氣的十四分之一。若是我們想作一個準確的比較，則空氣中所含的成分，我們一定先要詳細知道。

為甚麼原故氣球可以上升又不永遠上升 氣球充滿了輕氣，便可以上升，但上升的高度，卻不能過一定的界限，這是為甚麼原故呢？因為空氣的密度，當高度增加時，就漸漸的稀薄。換言之，就是空氣的比重，漸漸的減

低了。到一定高度時，空氣的比重或者和輕氣相等，抑或者比輕氣少，所以雖是充滿輕氣的氣球，也不能支持了。

關於氣體比重的事情，我們有了這幾句就夠了。但於固體液體比重表中，有幾種重要的事實，我們不可不特別的注意着。從以上兩個表中，我們可以知道各種金屬的重量；而液體態度的水銀，卻有最高的比重，單是液體中第一，就是許多固體物體，同牠比較起來，也覺相差很遠。

至於以上所列的各種固體物質，實在不是很重的東西。例如鉀，鎂，在我們的實驗室內，纔有純粹的東西，他們的比重甚至比一還小，所以他們一定能浮於水面。講到冰，牠的比重，也是比水小，因為水冷至零度時，他們的體積是漸漸的膨脹起來了。

鋁的價值很高因為牠又硬又輕。除冰以外，其他比重最重要的東西，就是鋁。鋁是金屬的一種但比較平常所用的金屬，為量甚輕。若是將牠同鐵比較，那末牠既硬而不重，就可知牠是最重要最有價值的東西。

在液體比重表內，我們還找着許多有趣味的的事情。我們從前已經說過，在平常溫度時，水銀實為唯一的液體金屬，牠的比重，同他種液體比較起來，很是驚人的。除此以外，有幾種液體的比重，在牠試驗各種東西的純粹 Purity 和成分 Composition 時，卻很重要。譬如化學實習書上所說的，凡是化學家要用着以太或硫酸，作一種特別的用途，那末這兩種液體，一定要某種某種的比重，然後纔合宜。這樣看起來，所以比重一事，在化學上甚為重要。試驗比重最快的法子，莫若用浮秤。

若是我們將牛奶同血液比較時，我們知道，牛奶雖是從身體中提出來的，但是牠所含的水分，比血液為多。

所以我們身體最大的義務，就是使血液常有一定的比重。若是血液的比重不一定，那末全身的作用，必定不能如法調理。至於水分這種東西，對於人的生理，本來是很要緊的。因為若無水分，全身的液體，就要都從肌肉中漸漸的被抽到血管裏去，使血液的密度，不至過於濃厚。反而言之，若是人飲水太多，就要超過血液應有的水分，於是全身的機關，在幾分鐘之內，都要羣起運動，排出這多量的水。這種機關運動得最有力的，就是肺、腎、和皮膚三樣。

倘然這多量的水，是要在身體中製造成奶的，在那時身內的腺就要起而活動，做榨水的機器。法國地方，養牛取乳的人，往往使他們的牛飲許多的水，使他們的牛乳的出產可以增加。而牛乳的比重，遂因此減少。滋補的作用，也是微弱了。買者要不為他所欺，非用浮秤去測牠的比重不可。

從以上的事情看起來，使他們的牛飲多量的水，而減少牛乳的比重的人，和那將水分直接加入牛奶內的人比較起來，誰是可笑，誰是不可恕呢？若是依法律說起來，禁止出賣比標準比重低的牛奶，固然是正當。但其中還有許多困難。因為有許多天然的物質，非人力和牛所能製造的，所以牛奶的標準比重一定不可太高。反過來說，若是所定的標準比重低了，則製牛奶的人，因為他的牛所產的牛奶，甚為豐富，就要酌量加水進去，使牠稀薄和標準比重的牛奶相符合，於是就永遠沒有好牛奶出售了。所以法限制制的問題，是很不容易的。至於海水，牠的比重和牛奶差不多，但比高級動物的血液輕些。牠的原因有兩種。從歷史上說起來，凡一種生物的生長，往往發源於海內，所以今日我們身體內的流質，同海內的水，互相比較起來，實在是很有趣味的。這種事實，非特

對於他們的比重有關係，就是他們的天性 Nature 和所含鹽質的分量，也是有關密切比例的。

第二種關海水比重的事情，就是他們對於游泳的影響。因為游泳同飛行，都是一種比重的問題。空氣比重愈輕時，則飛行較高。海水也是這樣，水的比重愈輕，則游泳亦較易。

地球的吸引

地球的吸力，有一個專門名詞，我們是不可不知道的；而且牠對於我們以前所說的平衡 Equilibrium 也可幫助不少。這種專門名詞，叫作「重心」Centre of gravity。凡是一種物體，其中必有一點，可以使全體物質平衡的。若在這點上，用一條線掛起來，則四周所圍繞的物質，一定會取一種特別互相平衡的位置，好像全體的物質，都集合在這一點一樣。所以這種特別的定點，我們叫作牠「重心」或者「物體的中心點」Centre of mass。若是我們用一樣特質，做一圓球，則球的中心點，就是此物的重心。假使我們有一塊四方的物體，牠的質量和厚薄，通通是一樣的，要求牠的重心，又有甚麼方法呢？最簡單的法子，就是用一根線，縛在這物體的一點上，若將這線懸起時，這物體的左右前後都能平衡的，這點就是重心。

凡聯接兩對角的線，叫做「對角線」Diagonal，我們已經知道了。若是我們畫兩根對角線，則兩線所交之點，就是重心。這種法子，實在是一種很好的法子。但物體的形狀，要是凸凸凹凹的，這種法子，就不容易應用了。

假使我有一塊極不規則的物體，要找牠的重心，我們可以在牠的一角上，繫上一線，然後掛起來，使這線在物體

上下垂成一直線，依了這線，在物體上畫上一線。這樣，此物的重心，必是在這線上的，因為當這東西被掛着時，無論如何，牠必定是處於一種平衡的地位，牠有的各種力，亦必互相平衡着。

我們此地所說的力，就是地球對於這物體各點向下的吸引力，和所繫的線的上伸力。因為這二力作用於這物體上，大小相同，而方向相反的，力的平衡點，就必在此兩力所成的一線上，正如這東西全體的物質都在這線上。若然牠的重心是偏在這線的一旁的，這個不平衡力，一定是「偶力」(Couple of forces)。重力和線的上伸力，可以不在一直線上，而在那方向相反的平行線上的，這樣的偶力，就要使被用的木板，扭轉不停，直等到重心歸於線下的一直線上纔罷休。若是我們想了解這種原理，莫如照我們所說的，一步一步的畫起圖來，其中的作用，就可以一目了然了。最好我們起初畫一個圖，代表他們的真實結果。那就是一條線就穿過重心的圖。第二步再畫下一個圖，去代表木板，使牠的重心點，乃在線之一旁。從這種圖上，我們或者就可以懂得這偶力旋轉木板的實在情形。

找平板重心的法子 從以上所說的，我們已經知道，板的重心必定在那所畫一條直線上。但在直線上那一點，我們還是不能確定。要確定這點，莫若再在板上任擇一點，如以前所說的法子，再畫第二根直線，重心的作用點，一定也會在這個直線上的。於是這二線的交點就是重心。因為重心祇有一點，又同在二直線上，而二直線的交點，祇有這一個地方，所以我們一定可以相信，交點和重心，乃是合而為一了。若是我們所做的手續十分仔細的，在這找着的一點上，可以用絲線懸起來，或用鐵絲支住，使這板穩穩的平着。其他若石板等類，也可用這

個法子去試驗的。

若是我們要找人身體上的重心，自然不甚容易。因為他們的肢體太複雜，形狀太不整齊，而各部的密度又種種不同的。但是經許久時間研究的結果，我們卻找着了一種很有趣味的事實。這種事實，就是我們人體直立的根據，因此我們的手可以自由動着，不因腳的行動而受束縛，而人生種種的大事業，大計畫，也就因此可以作得成了。

分我們的身體為兩部分的大骨節。若是我們從旁邊去觀察一個人的行動，或者他的骨骼，我們知道，髖關節 Hip joint，實在是一個人的身體分為上下兩部分的交界處。我們的軀幹、頭部、手腕，是能够在髖關節上前後左右周旋自如的。現在我們假如從髖關節的中心，畫一垂直線，下至於地。這種形情，就好像用線懸着一個平板一樣。支點的位置，固然不同的，因為平板的係在上面，而人體的係在下面。不過於事實上說起來，卻無甚妨礙。

重心的原理，我們已經懂得了，人身上半段的支點，乃在腳跟下，對於人身體上，又有甚麼關係呢？若是軀幹及頭部的重心點，不在從髖關節中心至地所畫的垂直線上，而在此線的前面，則我們的身體必至向前傾倒。牛，馬，鼠，諸獸類，的重心點，都在這線之前，所以他們的軀幹就向前傾倒。若是牛，犬，想用後腳直立起來，除非要有一種肌肉的力量，或一種特別的技藝，而後纔可以做到。

嬰兒和獸類不能直立的困難。在倫敦動物園中，有一種奇異能直立如人的猿猴，他們的重心，也是在髖關節

節中心至地的垂直線之外的。他們所以能直立行動，只因用了許多筋肉的重量，但不能安穩直立多時，至於嬰孩，也是這樣的。

嬰孩漸漸長大了，他們的背骨就漸漸的向後仰，於是他們的重心遂位於髖關節的後面去了。從髖關節至地所成的垂直線，和他們的重心至地所成的直線，是互相平行的，於是二者遂成一種偶力的趨勢，使軀幹及頭部可以在髖關節旋轉向後傾斜，又使兩腿可以向上直立。這種現象，雖使善於踩軟索的去仿效，也不能作到這樣子的。

我們身體既然有這種偶力作用着，我們就應該向後傾倒了，何以我們從未看見有這種現象呢？原來我們身體上還有兩組極大的特別筋力。一組在髖關節的前面，能防止身體為吸引力所搖動而向後傾倒。有了這一種構造，所以我們直立時，不特不必專恃筋肉的能力，而且我們可以自由運動，如一種機械自動的一樣。以上所說的，好像不是地球的故事了，但人的身體實在是地球的子孫，而且地球的吸力，直接在人的身體上作許多工作，身體也未嘗反抗牠，總是十分服從的。

甚麼時候一個東西可以安穩甚麼時候是相反的。我們以前已經學過平衡的定律。平衡共分三種：有安定平衡，不安定平衡，和中性平衡。我們現在要來說明安定平衡 *Stable equilibrium* 或者安穩平衡 *Steady equilibrium* 和不安定平衡 *Unstable equilibrium*，或中性平衡 *Neutral equilibrium* 不同的原因。這種原因，從重心一方面去解釋，就可以懂得清楚。最簡單的定律，就是凡物體的重心，被外力提高時，這個物體就處

於一種安定平衡的地位；反而言之，重心被外力逼低的，就處於不安定平衡的地位。

這種解釋，已很清楚，只要我們想像重心就是物體的重量集合的地方，就可以完全明白。一旦這重心被提高時，例如我們懸一物於線上，推之使向兩旁擺動，地球的吸力常常會驅之使歸原位的。無論那種處於安定平衡的物體，如不倒翁之類，都是這樣的。不過要是外力果真將物體的重心弄低，那時外力雖去，物體也要不能歸到牠的原位的。但是事實上到底不會這樣，因為吸力能阻止牠這樣。

一個蛋可以說明三種的平衡。我們可用一個蛋來說明各種情形，和中性平衡的態度。在一個極短的時問之內，我們固然可使一個蛋直立於平衡的地位。但是假使外面有極小的震動，蛋的重心就要降低，而變其位置了。這是一種不安定平衡的實例。蛋當然可以橫臥的。若是我們假定蛋黃永遠不破，而處於蛋的中心的，於是我們可以使蛋在桌上滾轉，和枱球一樣。但是不久後，因為空氣的阻力和桌上的摩擦力，阻止牠的進行，牠只好停下了。這種態度，就成了一種中性的平衡，因為我們所加的力量，既沒有提高牠的重心，又沒有降低牠的重心。

若是我們變遷蛋的位置，不使牠在兩邊滾動，而要牠直立起來，不多久的時間，蛋就要左右擺動，倒下來恢復牠原來的位置。這樣看起來，原來的位置，好像就是牠的安定平衡。這是甚麼原故呢？因為當我們變遷蛋的位置時，牠的重心就因之而提高。我們手指一鬆後，蛋就歸復原所，而降低牠的重心。所以我們說，牠原來的位置，乃是一種安定的位置。因為蛋在這種位置時，他們全體和地心很相近，所以地心的吸力，要反抗外面變遷牠位

置的力量。

我們忘記了平衡律就要發生危險。物體平衡的定律和重心的關係，對於人生實在是最重要的事情。例如平常一年中，或一日中，我們有時要聽到用槳划船而遭覆沒的危險。這種危險，除了在風波極其兇惡的海裏發生以外，若是在風平浪靜的水裏發生，實在由於坐船者太不解事的原故。要免此種危險，最簡單的規矩，就是凡坐船者，均不可三四個人直立在船上；人蹲得愈矮，船便愈覺安穩。人若這樣實行，一定可以保全生命。因為物體平衡的問題，乃是以重心為轉移的。假使船的重心，在人的膝蓋以下，猶如一個小瓶子，盛着半瓶的槍彈，就一定不易翻覆，雖然上下簸動，也終是不要緊的，因為牠已處在一種安定平衡中了，外界的迫力，只想提高牠的重心，不是要改低牠的重心。所以我們造一條救生船時，除別樣必需品之外，我們還預備一個鐵龍骨 Iron keel 使牠的重心沉着，雖不幸而遇到意外的危險，或至翻覆，仍能恢復牠的正常位置。在平常用槳的船上，是沒有鐵龍骨的，重心的高低，就全在乎船上人的位置了。

人直立在划船上船就要翻覆。人直立在船上，船的重心就要高起來，所以偶然一遇着外界的撼動力，使牠的重心降低了，牠就要翻覆。若是船上祇有兩人，而兩人又直立在一塊，這時的船，實在處於極危險的境地。每年船覆而溺死許多好青年的報告，都是由於這種情形，無非他們和平衡重心律相反的原故。

要製造一條船，使牠的重心在甚麼地位，就可以安穩無事，非有多年的經驗，不耗費許多的心血，就難於成功。

英國救生船會 Life boat institution 所有的船，都是重心很低的，當他們翻覆時，他們反正的能力也甚強。

近代的救生船，雖然有些是很小的，但他們在水上，實在是最奇妙的東西。

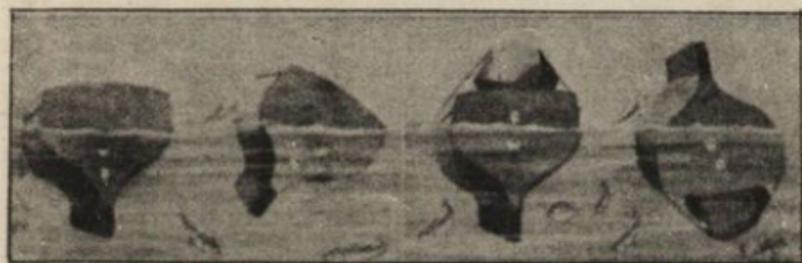
以上我們所討論的重心和平衡的事情，小船大船，都是一樣可以利用的。在海裏被波浪一捲就翻的船是很容易造的，所以造船時要很仔細。

船上載些重腳可以使牠安穩 我們都知道，船因波浪的迫力，向左斜傾時，必仍斜向右傾。牠所以會這樣的理由，可依牛頓第一條定律來解釋。因為船既開始作傾斜的運動，假使沒有外界的阻力和牠為難，依了牠的慣性，牠就要一直向那個方向運動着的。

現在，我們看一看，就知道當牠向左傾斜時，就擠開一部分的水，這水就有一種運動能力，使船復向右傾斜。當船一反一復，一左一右時，船的重心，往往降低而發生一切危險。在風平浪靜時，危險纔小些。我們要預防這危險，我們就將船載些重物 *Ballast*，使牠的重心，降至相當的位置，雖遇風浪亦無慮了。

若不要這些重物，那末船的危險，無異兩個旅客直立在一條用槳的小船上。這時船的重心極高，所以稍遇傾斜，重心被逼降低，船處於不安定的地位，就要覆沒了。

但是船的重量，一定要分配得均



船底下必須
要加些重量，
使牠的重心
低些。左邊圖
中在W下面
的B，就是重
心所在地。這
樣的船只會
搖擺不會翻
覆的。倘若在
船面上放下
了一個重量，
重心B就要
高於W之上，
那末這隻船
就很容易翻
覆了。

救生船和潛水艇都是根據於平衡定律的。近來造船的人，有了長時期的習驗，已能實用平衡定律，使救生船幾乎達到了盡善盡美的地步。現在有許多人已用了平衡的學理，發明了一種許多新鮮的東西。

潛水艇計畫的成功，就可以證明平衡的學理已經極端的利用着了。但是想做一架東西，飛行空中，仍舊有許多困難，未曾解決。至於平常所見的那種氣球，實在十分簡單，祇要空氣十分安靜就可以無事了。船上的旅客和重物，雖足以使牠的重心降低，但是遇着了颶風大浪，還是不免於覆滅的。這也是一個困難。

我們討論飛機問題時，更覺得這問題的重要和困難。現在雖然製有一種機器，可以飛行空中，好像大風對於牠，不能發生甚麼影響的，可是這個到底是不可靠的。若是我們再回頭去研究平衡的原理，牠的所以然就可以懂得清楚了。這些原理在表面上看起來，固然是十分簡單的，但他們的實用，甚為寬廣。約而言之，物體的運動，是以力為轉移的；平衡的各種態度，又與力是有密切的關係的；而地球的吸力卻是對於物體各部分的作用相等和一定不變的。

以上所討論的問題，大都屬於吸力的，很是簡單。人人都能造一船，浮行於無風浪的水面，或製一氣球，飛行於平靜的空氣中，或做一飛鳥，也可令牠在空中遊戲遊戲。這不過是造些有形狀的器具，自然十分容易，若是要算出這些東西飛行或浮游時所需要的力量，或者牠各方面的阻力和傾倒力，就要茫無頭緒了。這種問題，對於現在各飛行家要想他們的飛機，不至為風所吹翻的，當然是必須研究的事情。若是飛機滿載人時，欲使飛機永遠不離其正軌，則這種問題的解決，就更困難了。已經翻天的鳥龜，是難於自己轉身的。近來差不多可說還沒

有一個人真能免除這種困難。

除此問題外，還有一個彷彿的問題，現在因了飛鳥和飛蟲的觀察，已經完全解決了。我們上面所述的各種定律，對於飛鳥都是有關係的。地球吸力，要他們下來，空氣的阻力，要阻止他們前進，或壓力要不許他們向上，還有由空氣運動所生的風，也是一般的給予他們困難。

但是鳥類富有一種肌肉的力量，無論他們的身體由比空氣重得多少，還能自由飛行無礙。近世飛機的製造法，也是由鳥類飛行的理由推想出來的。雖然他們機械所產生的能力和飛機重量的比例，不一定與鳥類肌肉中所產生的力量和他們本身所成的比例是一樣，但他們同以能力戰勝地球的吸力和空氣的阻力，乃是一樣的。所以他們的區別，實在甚少。但鳥類能飛行於任何空氣中，不至龜翻，飛機實在是做不到的。許多研究家已經費了多年的時間，去考察鳥類之所以能使他們四肢平衡的原因，他們就用照相的法子，攝取他們動作的狀態，藉此學得了一些知識。

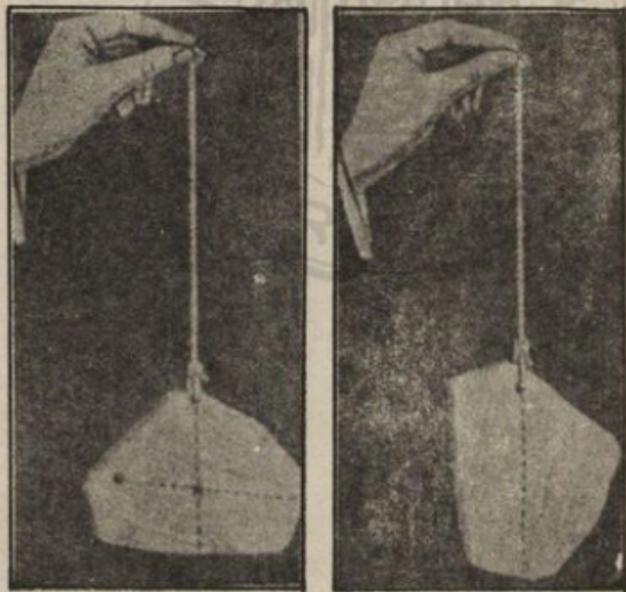
我們現在所知道的，似乎在空中會得到完全平衡的，只有鳥類可以這樣，而非人造的機器可以仿效的。但救生船龜翻了，仍舊能够恢復正位，這事卻和鳥類差不多。然而救生船和飛機，到底比不上鳥類，因為鳥雖為風所推翻，無甚關係，而飛機和船內是載有旅客的，假使一旦推翻，則所載的人，必至溺死或跌死了。這種情形，正像我們將一個銅圓，放在鳥背上，我們不但要這隻鳥能飛行於任何空氣中，不至推翻其本身，而且還要牠的背上平坦，不至飛到半途，錢就滑下。從良心上說起來，天地間實在沒有這種奇絕的鳥，能作這一種奇絕的工作。但現

在的飛機卻已不然，說出來真有些駭人聽聞，他們已經能在天空中顛倒上下的翻跟斗了。他們已達到了鳥類所能的地位，說不定還有過於鳥類所能的發明呢！

我們所討論的，總不能脫吸力的勢力範圍，因為吸力實在是各問題的起點，比較飛機和浮船諸問題，要重要得多。但天地間既有這種無窮的吸力，吸着一切的物質，而又使物與物互相吸着，何以世界上的物體，不會吸聚在一處，成一個極大的固體，卻仍零星散處於各方呢？

物體必有始終的舊學說 對於我們所發生的問題，現在有兩個解釋，我們必須要詳細討論他們。

第一個答覆，現在有許多思想家，在互相爭辯着，但我們無論他誰是誰非，祇要知道這事就是了。那就是說：天地間的東西，正在彼此互相吸引着，不過因為時間還不够，不能使天地間所有的物質，團聚成一個極大的固體，將來月積年累，或者竟會到這個地步的。這種思想，就是古來所謂物體有



這是在任何平面上尋找重心的方法。先隨便在那一角上繫上一條線懸起來，等他靜時，就出線端引長下來作一條虛線。此後再另取一點，依前法作成第二條虛線。那末重心就恰正在那兩條虛線交叉的一點。

始有終的學說，在當時一般人都是深信無疑的。

不多年以前，這種物體有始有終的學說，大家還以為是天地間的事實，不單永遠存在的吸力，足以為他們的左證，就是在宇宙間的力 Power 和熱 Heat 的性質 Behaviour，也可以當他們的表示。那時人人都以為天地是個大機器，天天循環不息的動作着，運動時間既久，將來總不免要破壞。獨有一個英國的大科學家斯賓塞 Herberts Spencer，卻以為這不過是一種無稽之言，一定不對的。

大思想家對於宇宙的新見解 斯賓塞說，現在我們雖不能稱呼或發明天地間另有些什麼力，足以抵抗吸力，但是我們相信，天地間一定有這等力的，而物質的歷史，一定是成為一種韻律，如海內的波浪，滾滾不絕的，正如聖經上帝說的：自永遠至永遠。

現在有許多人，已經相信斯賓塞的學說是不錯的。所以今日我們所要答覆的問題，已不必專注意在地球吸引的結果一方面了。我們只要想，要是沒有反抗吸力的力在活動着，將來宇宙間的東西一定要聚成一團的。現在事實卻不然，可知一定有這種反抗力了。

例如現在我們已證明光線是有力的，其他輻射熱，和別種發光體，都是有一種力的存在的。這些力，他們叫作「輻射的壓力」 Radiation pressure。人皆知地球上有一種吸力，卻不知吸力之外，還有一種輻射的壓力；二者對於物質和人生上的重要，實在是相等的。

能抵抗吸力而又能分散東西的力，這種壓力，實在是和吸力處於一個絕對的地位的。在一方面觀察起

來，有時覺得吸力的力量，是比這種壓力強些。但是從第二方面去考查宇宙間的普通情形，總括起來，這種壓力實在比吸力還強些，所以宇宙間一切物質，不單不團結而成一個大固體，反而仍舊處散各方。

輻射的壓力的發明，在近世科學上佔很重要的位置，不過牠尤其重要的卻在另一方面，那就是我們現在所要討論要研究的。其最重要的地方，就是使我們有一個新的宇宙觀。有了牠，從此可以推翻從前不對的老學說，那就是說宇宙是一種機器，造成後開始工作，晝夜不息，將來必有破壞之一日的。

上面新舊二種見解的最大區別，現在的學者，不單用純粹的理想來辯論，原已從科學書上找得了許多充分的證據。自此以後，我們知道，天地並不是一個有始有終的物體，乃是個無窮無盡的東西。永遠的上帝，是使牠「自永遠至永遠」。

空氣的壓力

我們知道，普通所說的壓力，實在有許多種數。將手指用力抵住一種東西，這種壓力，叫作「人造的壓力」。手上持一物，因吸引力的作用，覺得非常之重，這種壓力，叫作「天然的壓力」。天然的壓力是永遠存在的，所以液體，氣體，固體三態，都是在牠勢力範圍之下。除此之外，還有一種「輻射的壓力」，是光線在以太內的作用所產生的。這種輻射壓力的發明，對於將來地球吸力的前因後果，實在大有關係。

我們現在要討論另外幾種壓力，而且又要仍舊用着測量的老方法了。測量吸力及比重等，都是有特別方

法的，所以測量壓力，我們也已經發明出幾種特別的方法。

凡物質總有三種態度——固體，液體，氣體。不過物質在這三種態度中，液體和氣體的態度，頗有許多相同的地方，固體則相差稍遠。譬如水與空氣，就表面上看起來，自然不同。但其中有一個重要地方，實屬似相，例如他們都可以流動，比了固體的泥土，就大不相同了。

當物體處一種固體態度時，其中有一種力，足以保守牠內部的分子，有一定不變的形狀。至於液體氣體則不然。他們的體積與狀態，是刻刻變遷的，因為他們是時常流動的，所以在科學上說起來，液體及氣體，同屬於一種流質。照普通一般的意思，流質 Fluid 及液體 Liquid 才是相同的東西；但是我們應該知道所說的流質，實在是包含氣體在內的，因為氣體和液體，卻會流的。

無論是什麼流質，在什麼地方，或者在什麼時候，只要是我們所說的流質，便有一種流質的壓力。這些流質的壓力中，至少已有一種我們都已測量過了。那就是「空氣的壓力」。

這種空氣的壓力，或者稱牠為「大氣壓力」 Atmosphere pressure，實在是我們諸多流質壓力中的最重要的，我們現在想多費點時間，去研究牠。我們所恃以為生活的地方，就是這空氣海洋的下面。在這個海洋的底下，我們生長着，運動着，要是我們能游得高一些，像近代飛機所做的，我們就要驕傲極了。

我們的肺吸着空氣就可以使我們生活。凡是生長在這汪洋空氣下面的東西，都在流質壓力的勢力範圍之下。最重要的事情，就是能够使我們有呼吸的能力。當我們用一種運動，使我們肺內的東西，盡數抽出時，於

是肺內就留下許多空洞的地方 Empty space。這種空洞的地方，和空氣一接觸，外界的空氣，便靠着流質壓力的作用，直接壓進肺裏去了。假使沒有這種流質壓力，那末空氣就無由而入我們的肺管，我們要想生活，也就不够了。

研究這種事情的人，到現在已有三百多年了，他們的目的，就是爲什麼空氣這種東西，能够自由撞入空洞的地方。他們的答語，說這是自然的趨勢，大自然不許有什麼空洞的。因此我們常用一句成語來表明這個意思，

叫作「天忌真空」 Nature abhors a vacuum。真空 Vacuum 一字，乃是一個拉丁字，意思便是空洞的地方。

大約三世紀以前，這天忌真空的原故，和天忌真空的範圍，已經開始討論過。其所以然的理由，原來都是由於

「流質壓力」的作用。發明這種事實的人，不是蓋利略 Galileo 本身，乃是他的一個有名門生，意大利人，托里拆利 Torricelli。

我們知道，我們可用一個抽水筒，使水上升。但牠上升的高度，只能到三十呎左右。

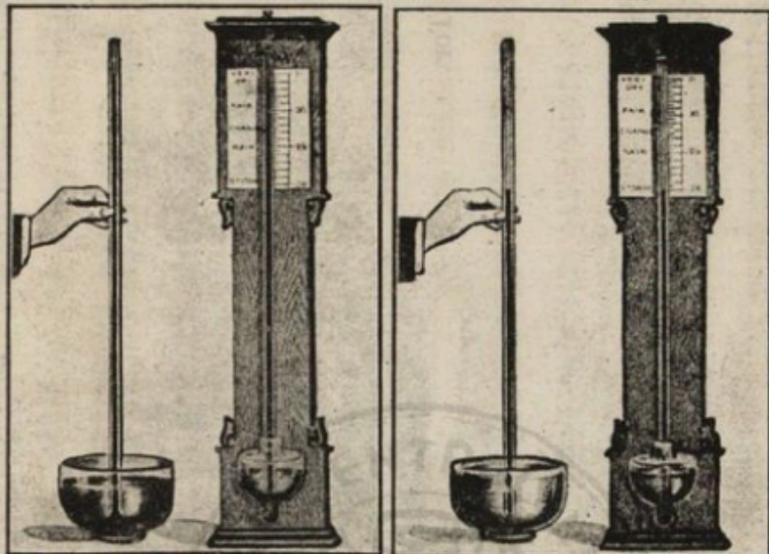
一個有名的意大利人發現了空氣中的大秘密。因爲世界上未有一種抽水筒，能够使水上升到五十呎，所以天忌真空的能力，也是有一定界限的。托里拆利想起這種現象，必定是大氣壓力的作用，如果水能上升若干呎高，那末別種液體，必定也是一樣的。於是他就取一種最重的液體，水銀，如法試驗；結果，水銀也會上升的，只因爲牠的質量重，所以不能升得和水一樣高。

要知道托里拆利證明大氣壓力的存在的習驗，和天忌真空的理由，實在非常容易。我們若用一個小玻璃

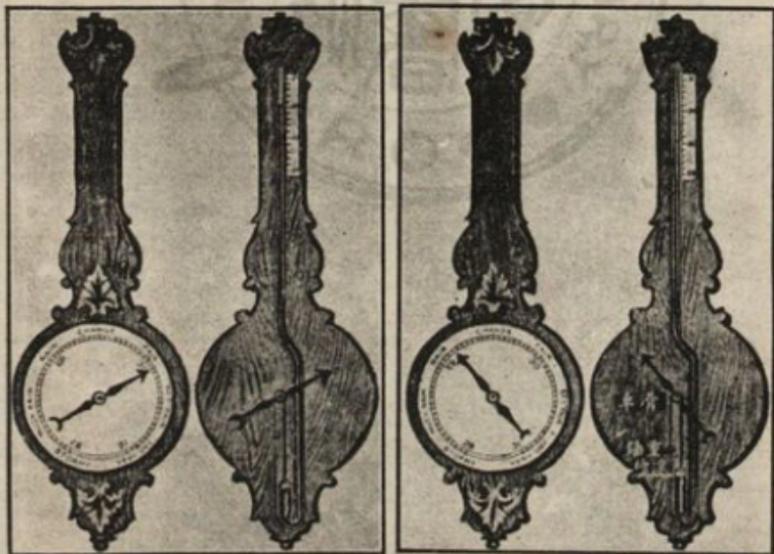
管，裏面灌滿了水銀，然後將這管在一滿載水銀的玻璃杯內倒立起來。

這樣，管內所灌的水銀將傾瀉出來呢？

指 示 天 氣 的 氣 壓 表



意大利人托里拆利首先發明大氣的壓力，這圖是表示他的實驗和應用的方法的。一根水銀管，倒立一碗水銀裏。碗中水銀的壓力，是受着大氣的壓力，大氣壓力，水銀就下降，例如第一圖，大氣重，水銀就上昇，例如第二圖。



在這兩圖中，我們可以看到見虹吸氣壓表，那是一根虹吸管，一個鐘面，和一根指針。將面取了，就能看見指針移動的方法。水銀在開口的一端漲落時，有一個象牙的浮標，隨着上下而浮標上有一個重錘和一個滑車連着的，因此指針就轉動了。

還是另有一部分仍留在管內的？試驗的結果，我們知道，管內的水銀，仍舊高出於杯面若干吋，或若干米突的。

那末可知這種水銀柱一定有一種相當的力，維持牠的位置了。這是什麼力呢？我們可以直接答復：這就是大氣壓力。因為大氣壓在杯內的水銀面上，逼得一部分的水銀，只好留在管內。

可以抵住水銀柱重量的空氣壓力。倘然玻璃管是短的，倒立之後，管內的水銀，必定不會稍降。若是所用的玻璃管，有三呎那樣長，那末倒立之後，管內的水銀，就要降下些，數目大約六吋。換言之，就是大氣的壓力所能抵住水銀柱的重量，大約當牠在三十吋左右的時候。

這是一個很有趣味的問題，若問管內水銀降下後，所留下來的空洞地方，又有些甚麼東西，充滿其中呢？因為空氣是不能進去的。我們總要設想，這個地方是純粹處於真空了。但就實際上說起來，這個雖然是我們所得的最完全真空，叫作【托里拆利的真空】*Torricellian Vacuum*，但是仍有許多物質充滿其中。因為在真空中，水銀最容易氣化。所以其中雖無空氣，而水銀氣化的分子，是不能免的。有時候，我們也可以用許多的方法去防止那水銀的氣化，使我們所得的真空，較前稍好些。不過我們所得的真空，無論用什麼方法去阻止他種物質混入其中，以太是無處不有的東西，仍舊是永遠存在那裏的。

我們測量大氣壓力的法子 依以上試驗的法子說起來，水銀柱的高度，是可量出來的。所以每天大氣壓力大小的比較，就是水銀柱長短的比較。若是大氣壓力大時，則杯內水銀面上所受的下壓也大，逃入管內的水銀柱就要增高了。反之，大氣壓力小時，則水銀面上所受的壓力亦小，水銀柱亦就降低了。

我們想，假使有一個人，用他的拳向桌上直抵；或者想一個人，在市場之中用錘敲打樁柱，水銀柱受大氣壓力

的影響，也就可以明白了。所以托里拆利的試驗，不單是可以證明大氣壓力之存在，也可以當一種測量壓力的方法。

若是我們由平地而登高山的時候，我們所攜帶的水銀柱，就要漸漸降低，這是一個甚麼原故呢？因為上面的空氣稀薄，所以牠的壓力，也漸漸減少了。至於水的壓力，也是這個樣子，下沉愈深的東西，所受的壓力也愈大。此種形情，凡潛水者皆知之。

水銀柱在山上的變遷 托里拆利以後，有一個最著名的法國大思想家，叫作巴斯噶 Pascal，他一日帶着托里拆利所發明的那種水銀柱，登了一個高山。他見那柱就降低了許多。當他下山的時候，水銀柱就漸漸升高了，因為這時在水銀杯面上的壓力，也漸漸增加了。這種水銀柱高度的變遷，使我們對於各種物體，發生了許多有趣味的事實。譬如有人坐一氣球，向空中飛行，他飛行得愈高，他的呼吸就愈難。因為這時肺所倚賴的流質壓力，已漸漸減少，所以牠的呼吸要覺得不甚容易了。這種呼吸困難的病，我們稱牠是「山疾」Mountain sickness。所以在山上睡的人，總要覺得不甚舒服，因為此地空氣壓力太少；海洋邊睡的人，往往覺得很痛快，因為此地空氣壓力，與他們呼吸所需的恰恰相合的原故。

近來又有一個意大利人證明，若是一個人，在高山上面睡幾天，他的身體上，即產生許多紅血細胞。這種細胞的工作，就是從肺內將養氣運送到肌肉組織裏去。

我們的身體恰和空氣壓力相適合 因為山頂上的空氣如此稀薄，或者說牠壓力如此減少，我們的身體一

定要有種特別的組織，然後可以應付。這實在是很奇怪的，我們的身體內部，居然會如法組織，使牠和這種空氣壓力相符合。

托里拆利測量空氣壓力的器具，就叫「氣壓表」Barometer。牠的意思，就是重量測量器。自此以後，每天空氣的壓力，不要費什麼力，我們就可從氣壓表上看出來了。

平常我們看氣壓表的法子，實在不甚對。因為我們祇看那小針在表上所指的字，如 *Set fair*, *Rain*, *Change*，就來預測將來天氣的晴雨。其實牠不過測量那時那地的大氣壓力罷了。表上小針所指的，是大氣壓力所能維持的水銀柱高度。

爲甚麼原故氣壓表能預料將來的天氣，因為天氣的晴雨，是和大氣壓力有關係的，所以從氣壓表上面，可以預測將來的天氣。若是在某處地方，牠的大氣壓力是十分高，則此地的天氣，一時還不會有大變化。反而言之，若是大氣壓力低，那末別處高壓力地方的空氣，就要被迫而向此地衝來，於是風雨的現象，說不定因此要發生了。氣壓表和天氣的關係，不過是這樣，不一定是會斷清風雨的，因為天氣變遷的原因，實在有多端，壓力的關係，不過是許多原因中的一種，所以氣壓表所告訴我們的天氣現象，有時亦不可信的。因氣壓表有預料天氣這一點用處，我們就稱牠爲風雨表，到底也不甚妥當。

氣壓表我們又可以稱牠爲「高山測量器」。因為當我們帶着這簡單的儀器登山時，每登一千呎，水銀就必降低若干。從此總降低的數目，我們可以知道那山的高度。但這種測量的法子，實在不很好，因為我們必須親

目登山，然後才能得氣壓表上水銀下降的數目。因此，除此之外，我們還有好幾種最準確的測量法。

管內的水銀會使表上的指針移動。平常的氣壓表，都是和托里拆利的試驗器具一樣的，不過玻璃管的頭



山的高度可用氣壓表測量出來的。第一圖中有一個氣壓表放在二哩的高山上，大氣的壓是在X，就使水銀僅昇到V。將這氣壓表放下來，如第二圖，放在山谷之中，氣壓就重了，水銀就升高了。將這兩個不同的高度，互相比較，就可以測出山的高度來。

上不是直的，乃是向上彎曲如U字形的，所以不用盛水銀的那種玻璃杯，就可以受大氣的壓力。這種裝製，方便得多了。若是在未封口的那一端，掛着一個重錘，錘上連着一個指針，牠就會告訴我們水銀柱的高度，或者直指着我們所寫的晴雨二字。

我們還有另外一種氣壓表，叫「乾氣壓表」Aneroid barometer，管內既不用水銀，也不用別的液體，乃是一種圓而平的金屬箱。牠內部的空氣，已經抽出，使牠成一種真空的狀態。牠上下兩面，都受着空氣的壓迫，壓迫力的大小，依着大氣壓力而變遷。從這真空箱上，去驗空氣壓力的大小，是很容易的。這種測驗法，雖不甚真確，但放在室內，做個家庭晴雨表，卻很有用的。

若是我們將一平常的氣壓表，稍為加熱，水銀就要升高。所以我們用着氣壓表時，將溫度的變遷，列入我們的計算中，結果就分外清楚了。

空氣壓迫我們的力量在各方面都是相等的，所以最準確的氣壓表，常常有一個溫度表，或熱力計算表連帶的。製造一個氣壓表，必定要將管內的水銀，熱到沸點，使水銀內的水蒸氣和空氣，都被逐出。不然，這種存在水銀內的水蒸氣和空氣，就要逃到托里拆利的真空中，他們將要阻止水銀上升到適當的高度了。

我們常在華盛頓計算空氣壓力，每平方吋大約為十四磅多。所以我們身體，一定也在這每方吋十四磅壓力之下。若是空氣的壓力，都為下壓力，則我們在天地間，必無立足的地位。現在我們所以覺得毫無損傷的，是因為四面八方的壓力，都是相等的。換言之，就是下壓力的強弱，實在和上壓力的強弱成個平衡，而左邊的亦和

右邊的相等。因此我們的身體，處於各方面壓力平衡之中，毫無損害。假使我們所受的壓力，非處於一種平衡的狀態，那末所發生的效果，必定很顯著。若是將一個小玻璃管加熱，使牠裏面充滿極熱的空氣，然後將這玻璃管的口，急急合在人的皮膚上，管口裏的皮膚，就必漲起，成功一個小瘤。因為管內的空氣被熱時，就膨脹起來，等到冷後，就收縮下去，這時管內的壓力，比管外的壓力就小了。換言之，就是玻璃管口裏的皮膚，所受的壓力，比全身所受的大氣壓力小，因此就起了那種的變化。

因管外皮膚所受的壓力，比管口內的為大，所以身體內的流質，漸被壓力擠入管內，而皮膚就要漲起，皮膚上好像生了一個小指。這種現象，實在是壓力一定的趨勢。

一種小孩的遊戲可以證明科學的定律。醫學生最好的遊戲，莫若將三四個玻璃管子，用以上的法子，使他們吸在額上；這樣子他出去遊行街市，固然是狂妄的，但是卻可以告訴大家，空氣的壓力是確實存在的。

至於小孩所玩吸引石頭的把戲，也是倚賴大氣壓力的作用。若是我們用一塊溼的皮革，使牠和一小石相切緊，這小石就可被吸起。若是皮的一角一鬆時，這石就要墜下，因為空氣已經從這角上衝進去了。假使玩這把戲的小孩，住在月球上，此種把戲就必不成功，因為月球上無空氣的原故。

我們已經知道，我們肺的呼吸，也是全倚賴空氣壓力的作用。有時我們想吸水入口，也是利用這種原理。譬如從麥稈內吸取檸檬水，或用注射器注自來水筆上墨水，都是一樣的。因為從麥稈內吸收水時，我們口裏這一端的壓力是很低的，所以牠一端的大氣壓力，遂壓水從稈內上升。

爲甚麼原故水會從抽水筒內出來。若是我們用舌尖抵住吸檸檬水的麥稈的一端，那末稈中所含的水柱，無論地球吸力作用如何，可以保持着不至下墜。假使舌尖一移去，稈兩端的壓力相等，稈內水柱就下落了。

這個麥稈吸水的原理，和注射器及平常一個抽水筒，都是一樣的。在抽水筒裏面，有一個活塞 *Piston* 和筒的四壁，十分貼緊着。當活塞上升時，內部的壓力，就漸漸減少，於是水乘着這個機會，被外面空氣壓力逼而上升。要使筒內的水放出來，只要增加牠內部的壓力，如花園中的注射器，就是這個道理。

我們都知道虹吸 *Siphon* 的瓶子的，能够使牠裏面的液體，從一瓶中，經過一長管，而送入他一瓶中。我們拿一灣曲玻璃管，用水注滿，將一端倒插在水盆內，如遊藝上冊第一二〇頁上的圖，水必定繼續着在另一端流出。

虹吸能吸盡一杯的水。上面所說的那種現象，都是因爲大氣壓力的關係。試看遊藝上冊第一二〇頁所繪的圖，自然可以懂得清楚。液體出口那一端的玻璃管，必定是要向下傾倒，使地球對於管內水的吸力，可以毫無阻礙。管內的水一去，管內就空起來了，然後大氣的壓力，直壓盆內水面，而使水上升，所以盆內的水，必至繼續流盡而後止。

大氣壓力，是流質壓力中的最重要的，或者也是最容易了解的。現在我們要講些流質的定律，我們覺得他們是很難的。但是其中一二重要的因果，卻還容易了解。最簡單的定律，就是流質的壓力，無論在那一點，牠的上下四方都是相等的，我們已講過了。但是精密些說起來，我們所指的流質，必定是不動的流質。因此，我們又有一件新事情了，那就是流質的動作，這事的全部就要另外看法了。譬如我們雖不覺得空氣壓力怎麼樣，但由

空氣壓力所生的風，我們是知道的。

有一個非常人發明了壓力平均的定律。以前所說的那個法國大學者巴斯噶 Pascal，實在是發明流質壓力上下四方相等的第一個人。因為他的思想是非常的英銳，所以大家都以非常人稱他。凡是學宗教的，學算學的，學水力學的，以及建功立業的，好人或惡人，都應該知道巴斯噶的學理，試驗巴斯噶的工作，認識巴斯噶的為人；因為他所發明的，不單是奇奇怪怪，足以引起人的興趣，而且妙與異常，想出人所想不出的。自從人類有史以來，這種人物，實在是不可多見的。

現在有趣味的事，最好作一個試驗，來證明巴斯噶的定律。若是我們拿一個空瓶子，將塞子塞住了牠的口，將牠推入深水之中，或者將瓶底繫一重物使瓶自沉於水底，這樣，流質壓力必定要將瓶的塞子，壓進瓶裏去。雖然將瓶倒置，或側置，或斜置，無論位置如何，都可以得一樣的結果。水裏的魚，因為牠上下左右的壓力是相等的，所以能夠游泳自如。總而言之，流質的壓力，和方向是沒有關係的。至於地板上的桌子，桌子上的書，或柱子所支持的屋，牆所支持的重量，和這種液體壓力，當然是大有區別了。因為他們所受的壓力，只限於一方面，而流質所施的壓力，是面面都有的。

氣體可以壓緊液體則不能。流質的大定律，對於水和空氣兩種流質，都是一樣的。但是定律雖然不錯，氣體的東西和液體的東西，到底是有區別的。因為各種氣體，或各種混合氣體，若是用力壓緊了，是可以使牠縮小的。壓力一去時，牠的體積才仍舊膨脹。所以我們常說，氣體有一種壓縮性 Compressibility。但是流質的

另一種液體，例如水，是不能這樣的。

現在有許多人的證明，液體並不是沒有壓縮性的，不過牠的壓縮性極小，而且非極大的壓力不能變牠的絲毫。沒有像氣體那般容易。現在，氣體既然可以用力壓縮的，那末我們就應該知道有無定律，足以規定一切。定律到底是有的，我們就來研究牠。

波義耳發明了氣體爆裂的原理。在十七世紀，英國著名學者波義耳 Robert Boyle 發明一種氣體的定律。他說：「若是氣體溫度一定的，牠的壓力愈大的牠所佔的位置愈小。換言之，就是牠壓力增高了，牠的體積減小；而壓力減小了，牠的體積卻增大。」這個定律的意思，就是氣體壓力的大小，是和牠體積成比例的。所以當氣體的體積縮到極小的地位時，他們必有一種激烈的爆裂。

熱東西和冷東西

我們知道，物質存在於天地間，往往有三種態度——固體，液體，氣體。這三種態度互相變遷的情形，對於熱是有重大的關係的。譬如我們將水，使牠的溫度降低，到了若干度之下，以前液體的水，於今要變成固體的冰了。反之，將這冰加熱，就重新變為液體了。這樣，我們簡直可以說，水是冰和熱的混合物。若是牠所混合熱，漸漸的增加，至於沸點，所有的水，就要漸漸的減少，因為他們逃入空氣中，變成水蒸汽了。

所以我們也簡直可以說，水蒸汽是水和熱的混合物。這種講法，若是合理，熱到底是什麼，就可以弄得清楚。

了。自此以後，我們將要把熱看作一種實在的東西，若是將牠和其他物質化合時，就要起一種形體的變化。

熱是一種東西，我們已明白了，但這種東西，到底又是甚麼樣子的呢？這個問題，不單是在現時代，甚為重要，就是已往的學者，也將牠爭辯過若干年了。幸而我們生於現今的世界，這個問題，卻已解決了，我們不費吹毛之力，能夠知道他們的結果。所說的熱，一定是一種實在的東西，如燒紅的火杖，有了這東西在牠裏面，然後能夠使牠變紅色。但是這種東西，是一種物質麼？牠有重量可以稱得的麼？無論如何，到底牠的真相是怎樣的？

第一件事情，我們應該決定說，熱到底是一種不可稱的東西。因為熱的物體，和冷的物體，互相比較起來，他們的重量是沒有增減的。在奇象中冊第二四二頁中，我們已講得很詳細了。至於第二件事情，諸位要知道的，就是熱這個東西，實在不是一種物質。因為無論什麼物質，地球的吸力，對於牠必有作用，既有作用，一定就有重量可稱。熱既無重量可稱，所以我們現在相信的熱不是一件物質，只是一種實在的東西，究竟什麼東西，乃是我們所要求知道的。



左圖是放在冰上的一壺液體空氣，樣子就像一壺濃水。冰比了那種液體空氣要暖得多，因此就將牠化成氣體，和平常空氣一樣。右圖是一杯液體空氣，傾入了一瓶水，牠就像水氣一般，嘶嘶的逃出來。

英人梅列笛斯 George Mereth 常說：「若是我們用一種相當名字，去代表一種東西，我們可以省去了許多思想，除卻若干煩悶。」所以現在凡是有重量可稱的物體，譬如石，水，氣類的東西，大家都叫作「有重物質」 Ponderabilia；無重量而仍實在的東西，如熱類，他們叫作「無重物體」 Imponderabilia。這些名字，雖然無論在甚麼地方，甚麼時候，我們用了來辨別種種東西，但在實際上說起來，對於我們，到底是一無用處的，因為我們並沒有藉着他們確實知曉了些什麼。

我們已知道，熱是一個不可稱的東西。牠不過是運動。運動是無形無臭不可稱的。牠只確實的存在就是了。我們也知道，運動的種類甚多，熱是運動中的一種特別運動，和別種運動絕不相同。牠是物質間各分子或原子的往來擺動 Vibration。就這一點，就可以生出許多奇異的結果。

分子的往來擺動使水的溫度增高。假使我們有一桶水，牠內部的溫度是有一定的；換言之，就是牠內部分子的擺動有一定的速度，他們擺動所及的範圍是不變的。若是將這桶水加熱，水裏分子的速度，就依量增加。若是所加的熱非常烈，分子運動的速率就愈加增大，或者他們所擺動的範圍愈加擴大，於是分子的能力，不能保其原狀，就要由液體而變為氣體。這種氣體的水蒸汽，或者仍舊可以吸收若干熱，究竟牠在這一方面，有沒有限制，我們卻不知道。

反而言之，若是我們讓這種水的溫度漸漸降低，在若干時之後，牠就要變成固體。牠變成固體的情形，是與以前相同的，不過牠的次序是一個倒數罷了。大氣的壓力，這時也是預分的。因為這樣的水，熱是少了，分子特

別的運動也就沒有了，分子不能保存他們的原狀，他們只好另外變個樣子，就成了我們所說的冰。

可以變冷變熱的冰 我們平常知道，水是可以變熱，或變冷的，不知道冰也可以做到這樣。若是我們將冰的特別運動力，熱減少至一個定點，我們就可如使牠變冷，像使水變冷一樣。

譬如某人欲積蓄錢，他要積蓄的數目，是不能一定限制的，所以牠的積蓄可以與日俱進；這個情形正像我們想增加一種物體的溫度一樣。假使要支出某人所有的錢，那末就有一定的限制了，無論所支的方法是怎樣，每日一個，或每日一百一千，支完了就罷了，他總不會再失去什麼。

銀錢的情形，既是如此，對於其他的東西，也是一樣的。譬如我們降下冰的溫度，使牠的運動力減少；但牠這運動力，並不是無窮的，必有一個限制點。假使我們不以爲確，能夠作到將冰的運動力完全取去，冰就必定要降到一種絕對冷的地位。

使冰的溫度降到再無可降的法子 冰內所有的熱，既已完全散失，牠的運動力，也就必要完全消滅。牠的分子或原子，現在必定處於一種絕對冷靜的態度。冰既然如此，其他別種物質，也是一樣的。

更進一步言之，依照我們平常所用的寒暑表，我們能夠找着物體溫度下降的限制點。用許多精密的測量法，我們知道，百度寒暑表零度下二百七十三度是絕對冷的地位。物質溫度，減少到這裏，就完全沒有熱了。世界上決沒有比這個更冷的東西的。這種學理，實在是這一部分科學上的大發明，許多有趣味的結果，也就隨着產生了。

第一，我們要注意測量這一件事，因為牠對於任何東西，都是很要緊的。我們從前找着水的冰點及沸點，或水銀或別的東西的冰點，我們就很高興，以為我們已經做得很完全了。但是現在我們知道，除了這些以外，還有最重要的一點，在這一點上熱是完全不能存在的。

這種熱不能存在的地方，我們真可以名之為零度。在各種寒暑表上，都有一個零點，但是那些零度，實在不是真正的零度。所以我們現在所找着的零度，對表上的零度說起來，可以稱為「絕對零度」。這種絕對零度才是熱和溫度的發軔點。所以現在世界上科學家的思想和著作，都是以這一點為溫度的根據。

凡是研究熱學的人，在他們的科學書上，往往遇着這一種表示溫度的句法，如「絕對溫度十度」。若照平常的百度表說起來，這是零度下的二百六十三度。這種說法，實在不方便，因為我們舍了天然的零度不用，反將零度上若干度以為零度，真是太無道理的麻煩。

第二個問題我們須要注意的，就是在絕對零度的物質，到底像一個什麼樣子呢？若是我們取一種氣體，如輕氣或水蒸汽類，他們此時的分子是十分活動的，因為有許多熱存在其中。假使我們漸漸繼續減少他們的溫度，這種氣體就要漸漸變為液體，再由液體變為固體。等他們的溫度到了絕對零度，他們留下來的物質，到底是一種甚麼東西呢？我們曉得，這個氣體變遷一次，牠的體積一定要縮小一次。牠縮小的多寡，是與牠所失的熱成比例的。從前大家相信，以為物體縮小或增大，既與熱為比例，那末熱減到零，物體也必為零了。但是如今我們知道，熱并非物質，乃是加入物質中的一種不可思議的東西。熱雖然可以完全拿去，物質是仍舊存在的。所

以我們現在相信，絕對溫度以下所留下的東西，乃是物質的真面目。

我們相信絕對零度所留下的東西，是一種真正的物質，這不過否定熱度是零，物質也是零的話，到底這種說法，也不甚見得的確，因為物質的熱是不能都可以降至絕對零度的。但是我們有許多證據，卻可以證明物質的熱，雖然能降到絕對零度，物質到底還是不能消滅的。

第一，天文学家相信，以為在行星和各恆星軌道之間，有許多物質，叫作「宇宙塵」Cosmic dust 的存在着。現在研究熱學的人，已經發覺，此地的溫度，實在最近絕對零度。從這事看起來，物質在絕對零度時的確是可以存在的。

第二，我們自己在地球上足以使物質達到絕對零度。我們可以看看我們在這時所得的結果是什麼。要使碳酸氯化為固體，實在不是難事。這種固體，和極冷的雪很相像。雪不過是水蒸汽的固體，所以兩種物體的情形，實在是差不多的。至於使空氣變為液體和固體，雖然要難得多，但是也可以做到的。

液體空氣可以和水一樣的流動。杜華 Sir James Dewar 在倫敦皇家學會 Royal Institution 中，常常做這一種驚人的大工作。液體空氣的態度和水相同，不過要比水冷得多。我們可以用一種特別的器具，將牠儲藏起來，將牠倒出來時，就像個水。若是只有幾滴落在我們手指上，自然毫無防礙；但我們不能將手浸到牠裏面去。若是用牠來作一種飲料，那就危險之極了。

液體空氣最大的用途，就是作一種「寒涼劑」，使他種物體的溫度降低。現在各處化學實驗室用牠的很多。

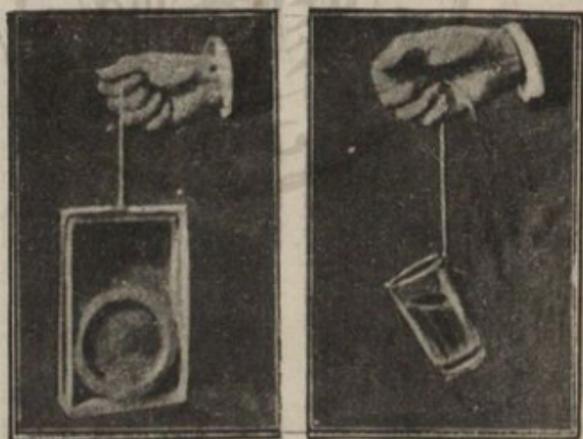
近來各煤礦遇着爆裂的時候，救人的人往往攜帶了液體空氣，使牠氣化，供給他們自己的吸呼。現在一般研究這事情的人，以為液體空氣若是便宜了，一定也可以當作一種普通衛生品的。牠既可以供給我們的呼吸，又可以使我們四週的溫度降低。這話的意思，就是液體空氣的溫度，既然較之四旁的空氣低，所以會吸收四旁空氣的熱，使牠自己揮發成爲平常的氣體。

有形的固體空氣 若是我們祇用目力去看，液體空氣和水，固體空氣和冰，我們是不能分別出來的。固體空氣的溫度，雖然比液體空氣冷得多，但是牠離開最低的溫度遠遠得很。

用了液體空氣，和那很貴很強的機器，我們可以使各種氣體變爲液體。輕氣變爲液體，實在是科學上最大的勝利。我們又可以使液體輕氣，在數秒之內，變爲固體。

近來，液化的工作，很是進步，連鐳氣 Helium 這樣強硬的東西，現在也可以使牠液化了。

但現在我們要問：使氣體液化時下降的度數，可以到一種甚麼地位呢？在近數年內，液化的工作，已大進步，從前祇可降到絕對溫度十四度至十二度，現在已可以降到四度或三度了。我們所說的絕對溫度三度，就是百



將一粒鉛彈繫上一條線，放在液體空氣內，使那鉛彈非常的冷，然後再將這鉛彈放入一杯水內，水便結冰，將鉛彈和杯壁凝成一塊，這杯便掛在這線上。第二圖是一個匣子，當中放着一條低凹，凹中放滿水銀，將上面那種鉛彈放入水銀裏去，也要凝合攏來，匣子也就掛在線上。

度表零度下的二百七十度。這種工作，表面上看起來，化學家所要達到的目的，現在祇相差兩三度了。但是這兩三度的距離，卻不是容易能夠越過的。

取盡物體內的熱是非常難的。在我們心目中，以為這兩三度的距離，可以無慮了，可是我們竟被這區區的數目所愚弄了。假使我們將每度分爲一千度，那末固體的鐵，或固體的輕氣，與絕對零度間的距離，或者還要比這一千度遠些。

我們在科學上有一條普通的定律，說事情愈進深，就愈困難。在一般人的心目中，以為從十二度到八度，或從八度到四度，或從四度到絕對熱度，其間的距離是相等的，那末達到目的地的時間和困難也必定相同的。可是這種理想，卻和事實相反了。每降一度，進行上的困難，就不知要增加到幾倍。

我們有兩個實例，足以使我們懂清楚以上所說的困難。雖然這些實例，起初看起來，覺得不甚明瞭，但就實際上想起來是很對的。第一個，譬如有一個人欠某人三角二分錢。第一次還他一角六分，第二次還他八分，第三次還他四分，餘類推，每次所還的，爲欠數之半。在一定時間之內，欠債的人已還了債主的三角一分多些了，其餘的一分左右，仍舊照每次半數的規矩去還他。雖然沒有還去的數目已是很少，但是離開債務清楚的時候，實在還遠得很。照這樣看起來，債主想完全得到三角二分錢，而每次所得的，祇是所欠的半數，你看要多少年代，才可以弄得清楚呢？

第二個實例，我們可以用一個抽氣筒抽取一個管內空氣，使牠變爲真空。但每次從管內抽出來的空氣，總

是牠餘數的一半，竟像還債的，第一次還一角六分，第二次八分，第三次四分一樣的情形。雖然管內的空氣可以十分少，但是去真空的程度還遠呢。

這兩個例，使我們懂得要降低百度表零度下百餘度容易，而降低牠最後二三度很為難。這兩三度，或者我們永遠不會有降低成功的希望，亦未可知。但是這事我們現在已經做了一大半了，現在的化學家，已用着一種極有價值的儀器，拼命幹去，或者將來就能發見比液體空氣更冷的東西，那就分外有用了。

我們研究這種降低溫度的時候，我們發見一件最有趣味最重要的事情，就是我們平常的化學手續，已是大有改變。如火的燃燒，和我們身體內一切的化合作用，和其他種種平常的事情，我們知道都要在一定溫度之內，然後才能進行不息。譬如我們相信，太陽裏的熱力太大，兩個原子簡直不能化合，所以太陽裏祇有原子，沒有化合物。

至於溫度降至極低時，其所得的結果，也是一樣的。因為在這種溫度時，原子運動力，也只有一概停止進行。所以凡是兩種原子化合時，有一種極大的愛力，甚至要發生爆裂的，而在低溫度時，這種能力就完全消滅了。只有杜華和法國大化學家毛桑 *Moisson* 曾經表示過他們的意思，以為將來必定會有一種低溫度的化學，有牠自己的特點和限制，等牠的效用顯出來時，必定大有可觀。但是這事，還不是我們現在的知識所能測度出來的。

消滅一切生物的大熱 研究生物 and 溫度的關係，實在是一個很重要的問題。因為生物的生存，都有一定

的溫度，所以我們現在不如雙方並進，一方面研究熱對於生物的效果，一方面也研究溫度降低時，對於生物的關係。第一件我們所發見的事，就是熱是非常重要的。

天地間的生物，在水沸點的溫度中，能够生活的，實在沒有看見過。有一種微生物，一二分鐘之內，雖不至於死，但是也不能耐久的。這種沸點溫度，似乎覺得很熱，然而比了平常的火焰，還是不及，至於比了火爐內的或太陽裏的溫度，就相差更遠了。至於幾千度以上，那就更沒有不死的了。

另一方面溫度降低時的比較，非常顯明。有許多的魚類，微生物類，和植物類，雖在冰天雪地之中，也是不至於被殺的。

一時死一時復活的微生物 數年之前，皇家學會中，證明微生物在沸水溫度中，祇五分鐘之久，就不能生活，若在液體空氣中，雖六禮拜之久，還是活的。這樣看來，微生物非單在平常溫度中生長，就是極冷的地方，也是不要緊的。這種現象，或者因為微生物雖一時停止生活，可是牠生命所倚賴的機能，還沒有消滅，所以當他們從液



將花放進液體空氣，不一刻就凍結，便和玻璃一樣脆了。

體中拿出來的時候，仍舊可以活動。他們雖在極低的溫度中，使他們所倚賴的化學變化不能進行，而他們的生命還是保存着。

生命常常倚靠着一種極複雜的化合物【發酵】Ferments 以爲生活。這種發酵有一種極強的力量，使牠四週的東西起化學作用。但是牠是最容易爲熱力所破壞的。

若是我們用一些胃液，或消化素，沸到一二分鐘之久，牠的消化的力量，就要完全失卻。這個就是微生物被熱後不能生活的理由。因爲他們所倚賴的是發酵的作用，現在已爲熱所破壞，雖然冷到若干度之下，亦不能使發酵性恢復，生物當然只好死了。

爲甚麼小孩子不能多食冰忌淋 只有熱力才可以毀敗微生物所靠以爲生長的發酵品，使他們永遠不會有復活的希望，低溫度是不能做到的。若將他們埋在液體空氣中，雖可以使他們發酵的作用一時停止，但是到底不能破敗他們的發酵機能。所以小孩子不能多食冰忌淋，因爲他們的熱力既不足以破壞那發酵機能，又不能使消化器降到極低的溫度，以停止那發酵作用。所以微生物既靠發酵作用以爲生活，而發酵作用又不能極低的溫度中進行，因此微生物在液體空氣中到底還不能算生存的；或者說雖能生存，到底是不能做一點工作的。只能說他們發酵的作用，是停止他們暫時死亡，但他們的機能卻完全無缺，有重新可能的。

熱的分類

我們以前已經討論過，熱是物質中分子的一種特別運動，因此物質雖在溫度降低時，亦能存在的。這種熱力性質的發見實在是近代發明中最有價值的一種。

我們現在或者有一個疑難問題，要想質問了，因為我們從前所講的，不是掛一漏萬便是所用的字句不甚清楚。現在我們應該問的，就是：熱既然是物質中分子的一種特別運動，但在這汪洋空氣之外，我們與太陽之間，實在沒有物質存在的，那末太陽所供給我們的熱力，到底又從那裏來的呢？

答復這個問題的困難，就是我們從前所說的，文字上的含混；因為熱這一個字，有兩種不同的意思。第一種，牠是用來表明一個往來移動的特別運動的。第二種，牠是用來表示以太中一種特別的波浪的。這兩種不同的意思，不是三四句話，就可以說得清楚。如今暫且將第二種的意思，略略的講一下，使大家心目中都有一個大概的形情，自然其餘就容易說了。第一種的意思，我們已講過了，此地可以完全不過問牠。

天地間無論有無物質的地方，總有以太的腳迹。以太能作成波浪。波浪的大小和形狀是不同的，但是牠們的性質，和往來的速度是一律的。我們的五官百體，往往能找出他們的幾部分，而給他們一個特別的名稱。



太陽光線穿過火鏡一般的大冰片，雖然冰是極冷的，但極熱的，仍不能聚成一點，使紙或木片燒起來。

例如我們的眼睛能找出他們的一部分，我們就看見了牠，稱牠爲「光浪」。

此處我們四旁有些以太波浪，不是我們眼睛所能見，而爲我們觸官所能覺的，我們就不叫牠爲「光浪」，而叫牠爲「熱」或叫「熱浪」。近世科學上，都用一種特別名詞去表示牠，我們就可以說以太是傳導輻射的。在鋼琴的音調中，來比較以太的各種輻射，我們知道，輻射熱的位置正在輻射光之下。這兩種東西，根本上都是一樣的，分別的地方，不過像鋼琴上一個音調，和牠的第八音的比較罷了。輻射熱和輻射光，在以太中遊歷的速度，大約都是每秒鐘一八六〇〇〇哩。他們是同時從太陽中直達到我們身上的。

眼睛看不見寒暑表能覺得的東西。用一個三稜鏡，我們可以把太陽中來的輻射光，照着一定的秩序，分爲若干部分。若是我們用一個寒暑表，放在鏡旁的黑暗中，在那裏就有一種眼睛看不見，而寒暑表中的水銀，能覺得的東西，那就是從太陽來的「輻射熱」。

現在若是我們追溯萬物都由太陽而來的根源，就可以知道熱這一字的用途，和牠對於別種東西所發生的影響。譬如有一個瞎子，或一個閉着眼睛的人，當太陽光線直射在他們面上的時候，他們是不會知道「光浪」只會知道有「熱浪」罷了。

太陽也是物質所構成的；而這些物質，又正像別的物质，也都是原子或分子所組成的。太陽裏這些東西，都非常的熱，他們的熱度，總要在幾千度以上。

太陽中活動的原子可以弄死地球上的人。太陽中的分子或原子，因爲往來運動的速率很快，於是產生熱

力。但是這種運動，離我們九千萬多哩遠，何以我們在地球上，會受着牠的影響呢？因為人有時竟會被太陽曬死的，也無非是那些分子或原子往來活動的結果罷了。我們對於這事有一種解釋，非單合於這問題，就是我們在房中生火，在相當的距離間，覺着牠的熱力，也是這樣的道理。

我們已經說過以太是無處不存在的。我們可以設想，這個地球和太陽，和其他各種的東西，都同埋於一個極深的海內，這海內的水，便是以太。太陽中的原子或分子，在這汪洋以太內往來運動，速度是很大的。於是以太所生的波浪，和魚在水內搖尾所生的波浪一樣。這種波浪就是「輻射熱」，從太陽中向各方面射出，周遊於以太洋中，不知有幾千萬哩遠，其中一小部分，才到了我們的地球上，使我們能够生活。

我們最可微幸的，就是這種極有強大力量的波浪，在空氣中射來的時候，都受了空氣分子的阻力，漸漸的減少或消滅了。假使沒有空氣在我們上面，我們就沒有一個人能經得起太陽的光耀了。

太陽那裏來給予我們熱力的以太浪。當空氣或空氣下層的東西，如石和水等類，受着了太陽光線，又有些甚麼變遷呢？物體中所生的波浪，既然經過了以太會和其他物質相接觸，於是在這受接觸的物質之內，也就產生了一種同樣的波浪。所以太陽中物質所生的熱力，會使地球上的物質，也產生熱力。

這種效果和電話的構造，有密切的關係。當我們對電話機講話時，就使機中鼓膜震動而產生波浪。這些波動是不能達遠的，可是他們在鐵絲中卻發生了電浪。這電浪不是鐵絲本質的波動，乃是以太在這線上的作用，與輻射熱或輻射光所生的浪是一樣的。在電話機的那端，也有一個鼓膜可以收受這些波浪。

從太陽中熱的物質所生的以太浪，一射到地球上就產生熱，這個道理也是和上面所說的一樣的。例如火鏡，能將日光聚成一點，將紙燒着。所以火鏡不單在我們看得見的光浪方面顯出功用，在我們看不見的熱浪方面也能活動；當紙受熱到某種溫度時，於是就和空中的養氣化合，我們就說牠燃燒了。

上面這幾句話，可見熱這個字有兩種意思；但是我們現在對於這個字已不是從前那樣含混了，我們已懂得紙中原子由特別的運動所生的熱，和不可見的以太浪所生的光，是大不相同的。而且以太浪在千萬哩外，沒有物質的空氣中，也能往來無阻的。

物質中的熱在兩種方法中運動着。關於輻射熱的事情，現在不必多說什麼了，因為當我們學光學的時候，我們總要提着他的。至於分子或原子的熱，就是物質中分子或原子的運動所產生的，也很重要，我們現在就再講講牠。

這種熱的運動方法有二種。我們既已曉得牠是什麼東西了，牠的運動方法，當然是容易了解的。我們可以用一鍋煮着的水來作一個實例。

我們可以想像，有一種特別運動，所發生的熱，不息的加到鍋底水的分子裏去。這些鍋底下的分子，因此就往上，上升的時候，當然就帶着熱力。所以現在鍋底下所受的熱，傳達到水面上來了。這種傳達法叫作「對流」Convection。這一個字雖然簡單，卻正可以表明熱力從一處傳到他處的意思。

物體傳熱正像蜜蜂傳着嗡嗡的聲音。若是我們平常注意那一種嗡嗡叫的飛蟲，我們就可以明白這種情

形了。飛蟲所作的嗡嗡聲，都因為他們的羽翼在那裏鼓動着，他們飛到那裏，聲音就響到那裏。所以我們可以想像物質的分子，就是這種嗡嗡聲。這種嗡嗡聲就是熱，分子到那裏，也就帶牠到那裏。倘然我們記得這樣了，那末我們再講到熱的另外一樣運動時，就不會混雜了。

熱力對流法，對於人身固屬重要，而就地球歷史這一方面說起來，也是不可缺的。但是我們以上所說的，是限於流質，如氣體，液體的。因為流質的物質是流動的，所以能夠帶着熱一同走。至於固體則不然，雖然熱度極高，他們的原子和分子可以往來移動，但是他們的位置總是不變。所以熱力對流法，在固體物質裏是不成功的，只有在流質物體裏，才能時常的進行着。這種著名的事實，可以用幾千種方法來證明牠。

被熱力所引起的海流和空氣流 說到鍋裏煮水的事情，鍋底的熱水，總是上升的。牠這樣做，就是因為鍋底的熱水，比鍋上的冷水輕。所以鍋底稍一加熱，足使鍋中全部的水活動，這種情形就可引用到汪洋大海的身上去，也可以引用到別種流質，像大氣的身上去。地球上所有的水，和地球外面所包含的空氣，各部溫度是不同的，所以對流作用就此發生。他們的結果，很是重要，不單因為熱，可以從這裏傳到那裏，卻因為傳熱的物質也能夠移來移去了。因此，海水所生的大流，和空氣所生的大流，風也從此發生。他們一直運行着，無時或息，如赤道所發的「貿易風」就是一個好例子。這種貿易風命名的意思，就是因為古代的航船，藉這風發展他們的貿易的。至於貿易風的根據，就是我們現在研究的熱律。因為地球上熱帶所受日光，要比溫帶多，熱帶的熱當然要比溫帶烈。

熱帶的空氣，受熱力既多，牠的質量就必很輕，帶着熱上升。可是當牠上升的時候，在牠下面，就要留出空位，而有那些冷而且重的空氣從別處流來佔據着了。這樣的一升一佔，而就發生了從北面的熱帶吹來的北風，和從南面向熱帶吹來的南風。假使地球是不旋轉的，這些風就一定直北風和直南風；但地球是旋轉的，而且在熱帶各處旋轉的速度，比了兩溫帶還要快得多。

兩風相會商船航行 因為地球是旋轉的，所以風的方向也變遷了。貿易風本是從直南直北而來的，到底完全不同了。在北半球的，變為東北風；在南半球的，變為東南風。這兩風相遇於赤道一帶，因此中和了；從前商船的人，到了這裏，只好靜靜的等着。可是這種貿易風，在從前是很重要的，到現在卻用不着了，因為現在的商船，已不要靠風了。不過他們對於熱的關係，仍舊是很有趣味的。

熱影響於海水的定律，我們是不可不知道的。流質的各部分，總會自由運動，因此他們所含的熱，往往在運動時就和別部分互相調和，成了對流的現象。熱而輕的那一部分，常常上升；重而冷的則下降。這和熱冷的空氣互相對流的情形是一樣的。

海水這樣的對流，結果就是兩極的冷水，或溫帶上一部分的水向下沉着，向熱帶流去，而在熱帶上的熱水，就在水面浮往兩極去。

給予海洋生命的冷水 地球上這種水流，正像一股冷水，沖入了熱水池內，冷水就在池底流行着。海水中動物植物的生存，就是因為有這冷水。水在上面時，會吸收養氣，等到牠到了水底，就將那養氣供給海底的生命。

熱力對流法中，還有一件事，很有趣，而且有時很重要的。這事在平常的書中是找不着的，因為一般研究熱力的人，往往知其一二，就心滿意足，不再求了。若是我們考察我們自己的身體，或者任何熱血動物的身體，我們就知道我們各部分的溫度竟是差不多的。

在血管裏流動的血正像在海裏流動的水。我們身體中熱的產生，並不是由於手脚的運動，乃是由於身體中幾種機關和幾種肌肉的運動。那末這種熱力如何分配，因此使全體的温度保持不變呢？原來牠的分配法，就是我們的血液循環，很奇妙的，完成了熱力對流的作用。至於身體的外部，要是沒有這個對流作用，就不能保持他們的溫度了；因為他們的失熱，要比受熱快得多。血液在體中是循環不息的，所傳達於四肢耳目的，非單是養氣和食品，還有許多的熱；當血液經過各種身體外部的血管時，他們所帶熱的，就送入了各部肌肉裏面，使各部都時常保存着一種舒適的溫度。

常在各種東西間往來不停的熱。現在我們已經完全知道熱力對流的方法了，熱力第二種重要的地方，就是「熱力傳導法」Conduction。這種傳導法在氣體、液體，或固體本體中，固然有效，就是這體到那體，亦是一例的。

依照平常普通定律，如有兩種物體，一熱一冷，則熱體比較所多的熱，往往向冷體中送入，直到他們的溫度平均了才停止。這種現象，好像高地方的水，因吸力作用，一定要向低地方流去，非到水平的程度不止。熱的情形，也是如此。所以每種物體，要是牠的溫度，比了牠四周的物質高，牠的熱力要平均分給他們，如水之就下，是不可

免的。

小孩的排列可以說明熱力的傳導。傳導和對流的區別，實在很大。傳導乃是熱力的互相授受，絕對不變遷物質的位置的。這種形情，和排列成行的小孩，互相傳授一物一樣。物雖然已經從頭上傳到於末尾，但小孩子的位置卻沒有動過。至於對流則不然。牠所傳授的東西，差不多就是第一個小孩送到末尾，所以他們的位置是不一定的。我們只要記好什麼是熱，就可以明白火棒一端各原子的運動，會漸漸達到他端，使他端的原子也起同樣的運動。熱力傳導法的性質，只能講到這樣，不能再深講了，因為我們對於物質中的分子或原子，到底是怎樣組合的，我們還不能確實知道。

但是我們能用許多方法來研究熱力的傳導法。第一件我們所知道的就是各種物體傳導熱力的法子，是大不相同的。

平常一般人都知道，若是將火棒一端插入火內，則其他一端要覺得很熱。若是所用的是一條木棍，雖然將那一端燃燒，而其他一端還是冰冷的，即使木棍比火棒短，也是如此。這因為金屬乃是一個最好傳導體，如鐵的火棒等。在另一方面，為各種生物所組織的東西，傳導的力量，實在很弱。木棍乃是這一種東西所以他們的傳導力，不能將那端的熱力，送到這端。其他如骨角，羊毛，絲線，棉花，葛布，都是弱的傳導體。

為什麼血液一定要在血管中流動。我們身體也是一種生物組織的東西，傳導熱力的能力是很弱的，所以我們體中的血液，一定要循環流動，使肝臟內和筋肉內所產生的熱，傳播到四體使各處的温度，都處於一個平均

的態度。第一，先有血液的對流，然後熱力本着傳導的本性，由微血管傳進肌肉纖維裏去。

金屬雖然是極好的傳導體，但是他們傳導能力的強弱，也是不同的。大凡傳熱的能力強的，傳電的能力也一定強的，例如銅銀等類。至於生物組織的東西，雖然是極不好的傳導體，但這個并不是他們的缺點，因為熱血動物的身體，本來需要一種特別不傳熱的組織，遮蓋他們的全身的。所以這非但不是他們的缺點，竟是他們的優點。

熱是怎樣行動的

我們已經知道，熱行動的法子大概有兩種：一「對流」Convection，二「傳導」Conduction。有一個著名的英國人德斐 Sir Humphry Davy 藉這兩種原理，就發明了「安全燈」Safety Lamp 這個東西。他所用的物質是金屬，因為金屬傳熱很快。

若是我們用一張鐵絲網，放在一個煤氣管上面，我們可以使火焰隨鐵絲網移動。我們先使這網離管口吋餘遠，讓煤氣從管內射出。我們就將穿過鐵絲網的煤氣燃燒起來。這時管口之上，鐵網之下，全無火焰，而且其間的熱力，竟不能使一根火柴發光。



發明安全燈的原理

牠的理由也很簡單，因為鐵絲是一個最好的傳熱體。這時燃燒煤氣所發生的熱，盡為鐵絲所傳播，所以鐵絲下面的煤氣，因為熱力不足，不能達到牠的燃燒點。用這種原由，德斐就發明了安全燈。自從有了這燈，也不知救了多少人的生命。這燈所用的燃燒物，還是油質，不過火焰上的罩子，不是玻璃的，乃是長圓形的鐵絲網。若是在礦內，有很危險的煤氣發生，當牠一經過鐵絲網而燃燒於燈內的時候，牠所發生的熱力，鐵絲網就會立刻傳開來，使燈外的煤氣沒有機會得充量的熱力而燃燒，發生無窮的危險。而且礦工見燈內有煤氣燃燒着，可以即刻籌備預防的法子。

可是雖有這種保險的安全燈，還不可靠。因為人往往有不小心的地方。若是稍不謹慎，或因鐵絲網破裂而不覺察，或因燈被風吹息，就劃火柴，因此便引起災禍了。

還有，礦內爆裂的事情，往往不由於煤氣這一種危險品，而由於礦內的煤塵。因為這種原故，所以必須要找一個比安全燈更好的東西。現在各礦中都用電氣了。然而我們不可因為電燈比安全燈好，對於以前發明安全燈救了無數人生命的大人物，就加以輕視。現在我們仍舊回轉到那另外一種熱的題目上去，這就是「輻射熱」。因為我們要討論熱力行動的法子，所以除卻「對流」「傳導」兩種之外，我們還要講第三種的「輻射」。若是一個十分炎熱的東西，不單對於四旁的空氣，用傳導的法子傳導牠的熱，而且也同太陽，火杖一樣，發生一種輻射熱，使牠自己的熱發散完盡。

輻射熱是在以太中成功波浪的。他們的定律，很是簡單，就是第一，他們前進的形狀也成爲一直線，和光的

發射一樣。第二，輻射熱與光線相同，能够從一個阻礙的物體面上反射，牠反射的定律，也和光線相同；而且從空氣入水中時，牠曲折的情形，也與光線一樣。

輻射熱的定律和光的定律相似的。因為輻射熱和光的相似，正如鋼琴上上一個第八音調所發的音，和下一個第八音調所發的音相似，所以我們說輻射熱的定律和光的定律相似，是不必驚疑的。

光，輻射熱，聲音，以及地球吸力，他們能力的大小，總隨着他們的位置而變遷，就是和熱源，光源，音源的遠近為比例。換言之，就是他們距離有兩倍遠時，則被熱東西的熱力，或放光東西的光力，或響東西的聲音，祇為原來的四分之一。若是他們的距離三倍時，那末這些熱力，光力，或聲音，祇為原來的九分之一；推而言之，距離七倍時，則為四十九分之一。

以上所舉的例，我們知道，四為二的平方，十六是四的平方，而四十九是七的平方。這是依數學上說的，凡某數自乘一次而得的結果，我們就稱牠是某數的平方。由這樣看起來，當距離增加時，他們的能力就減少，減少的數目，並不是和距離成比例，乃是和距離的平方成比例。所以一種東西相隔的距離七倍時，所得能力結果，不是七分之一，乃是四十九分之一。這種現象，並不是物質的能力漸漸散失了，只因為距離愈遠，則光力或熱力或其他能力所散布或包含的地方愈寬廣了。這種散布或包含的地方，無論熱力，光力，聲音，吸力，或其他東西，都是一樣的，所以我們說，他們的定律也是相同的。

管熱力的天然律 關於距離和熱力的結果，最相當的說法，就是能力的濃淡 *Inversely*，和距離成反比例。

所說的反比例，就是距離愈增加，能力愈減少。若是距離增加，而能力也隨之增加的，這時我們叫牠作正比例。我們知道，光是可以穿過一定幾種物體的。這些物體我們叫做「透明體」。但光既可以穿過某種物體，那末我們一定也就可以希望輻射熱有同樣的效果了。這種物體性質的專門名詞，我們可以不管。我們可以叫牠「熱的透明體」[Transparency to heat]。但是我們要記好，光的透明體，未必就是熱的透明體；熱的透明體，也未必就是光的透明體。譬如水可以讓太陽光經過，但太陽中的輻射熱是不能的，正像一個瞎子不能看見光明。

當輻射熱不能經過一種東西時有甚麼事體發生呢？在另一方面看起來，世上卻也有一種流質，可以完全使輻射熱透過的。物質和能力都是不滅的，若是那物體不是熱的透明體，輻射熱當然不能通過，但所說的不通過，並不是說熱力從此失掉了。我們考察水的溫度，現在一定已經增高。若是熱的透明流質，雖然放在太陽之下許多時間，牠的溫度是絲毫不變動的。各種物體，對於輻射熱的性質是大不同的。如水會吸收輻射熱，而他種東西則會聽牠經過，而不發生甚麼影響，所以有一種東西會發射他們自己的熱力，而他種東西則不然。這種現象，多半以物體的表面為轉移，黑暗的常比光明的更會收熱。

為甚麼一種東西只在冷的環境中能輻射？大凡一種物體會有輻射作用的，多半是為牠那冷的環境所迫的原故，因為環境的溫度比牠的小。若是環境比牠熱，牠不單不發熱，並且還要吸收環境的熱度。由此推想起來，我們知道，熱物體與環境的溫度相差愈大的時候，則熱物體放熱的速度愈快，牠變冷的時間亦愈短。

世界上的事從來是不能無中生有的。熱的輻射，乃是以太中一種運動或能力。這種能力，既產生於這個物體中，這個物體必受生產的損失。所以各種輻射物體的溫度，總要降低，除非有一種例外的能力供給牠，不然必繼續發熱，等到牠的溫度和四境的相等而後已。

這種事實，實在和現在的天文學有重要的關係。我們去研究行星的時候，我們就可以知道這種輻射的定律，怎樣的重要。

月球上從熱變冷從冷變熱的非常速度，月的體積很小，所以不能夠保存牠自己的大氣。月是赤體的東西，外面沒有什麼衣服，所以牠的表面，有一部分和太陽光相接觸時，這一部分就十分炎熱。可是當那一部分背過了太陽，頃刻之間，熱就揮發完盡，變成了極冷的境地。其所以然的原故，就是因為月球上沒有空氣，所以牠溫度的變遷這樣的快。照這一種情形，我們實在不相信月球上會有生物。假使有一些下等生物的，溫度變遷得如此之快，牠一定是生長在幽谷裏的，那裏或者有一少許的空氣存留着。

至於地球，也是一個行星，牠所得的太陽熱，當然也要向空中揮發。但是大氣對於這種揮發的影響，究竟如何，我們卻不可不討論。空氣中大概含着兩種氣體，養氣和淡氣，而淡氣約為養氣的四倍。

這兩種氣體，都是輻射熱的透明體；因此地球表面直接受着太陽光的炎熱，正和月球無異，而在晚間的時候，牠揮發熱力的速度，也正和月球一般。

水蒸汽在空中保護我們不至直接受太陽的炎光。空氣中還有一種很重要的氣體，我們以前已經說過的，

就是氣體的水或說水蒸汽，無論如何，空氣中總是包含多少的。在前一段中，我們已經知道，水對於輻射熱，是不許通過的。所以無論水的變形如何，這種特別性質，是不能消滅的。有這一種東西在空氣中，差不多我們頭上重新添了一頂帳幔，可以遮蓋我們，保衛我們，不至受太陽炎光的虐待。而且不單是可以緩住上面來的炎光，就是地球本身熱力揮發的速度，也不至如月球上那樣的快了。所以溫度變遷得快的苦楚，我們是可以免掉的。這種功績，實在是水為生物所做的諸般重要工作中最不可磨滅的一件。

最後，我們可以將火星研究一下。火星上的熱量和變遷一定也是很和牠的氣和大氣中所含的氣體有關係的。經許多年的研究，和許多的疑難，我們纔知道，在火星上非但有大氣，而且還有水蒸汽的。這種水蒸汽，雖然甚少，也和地球上的情形相同，會吸收太陽的炎熱，也會緩住火星上面熱力揮發的損失。凡此種種事體，就發生了一個極有趣味的問題，火星上生物存在的問題，尤其是有理智生物存在的問題。

月球，地球，和火星，三種物體，與太陽及各大小物體都是很相似的，他們環境的熱度，都是比他們低些，所以他們要揮發他們的熱力。他們揮發的快慢，和他們體積的大小有關係。譬如一個圓形物體愈大，同牠外面面積比較的内部物質也愈大，因此牠所包含的熱必不容易揮發，就不容易變冷。此種理想，實在和事實相符合的，如太陽比木星熱，木星比地球熱，地球比火星熱，而火星則比月球熱。雖然在最初的時候，造成他們的材料的溫度固屬相同，爲了他們大小不同，就到了今日這種的境地。

鈣和別種不燃燒而能放熱的原質，現在最驚人的大發現，就是有許多原質，雖不燃燒，雖無外界熱力的供

給，雖然他們的溫度，不從極熱而下降，他們卻也可以繼續輻射熱力，毫不中止，這種物質中最著名的就是銦；除銦之外，還有多種，銦不過是全組中的一分子。這些銦屬原素，都有各種奇異的性質；但揮發熱力的不息，實在是奇異中最奇異的，牠所發射的熱力，更不限制於一方，而四面八方都是相同。

自從銦發現了數年之後，一般科學家遂議論紛紛的說，到底銦的熱力，是從那裏來的？有幾個粗魯的人，毫不思索，就以爲這種物質可以推翻世界上「物質能力不能生滅的定律」。依此律所規定，凡一切能力，必不能無故產生，亦不能無故消滅，一切都不過是變遷罷了。許多人卻以爲此律雖爲現世界各科學的基礎，但從銦一方面想起來，就可以證明牠是不確實的，因爲銦的本身會產生熱力，日夜發射不息，並不需外界的來源，或外界的供給。

包羅萬象的宇宙大定律 假使銦屬原質，果有這種力量，能够產生熱力，那麼無論牠產生熱力的量如何少，無論銦屬原質在天地間又如何的難得，牠一定推翻物質能力不生滅的定律了；而且根據這定律所發明的各種科學，各種學理，也必定要受一重大打擊了。

我們有時說，例外的事也可以證明定律的。所以這極小的銦，竟可以推翻了以前一切科學的基礎。無論「能力保守」的定律是確實可靠，或者是無稽之談，然而假使銦真能於無何有之中產生熱力，則天地間一切自然物品，都可以拋之於無形無影之中，而填補的東西也完全沒有了。

這種粗魯人所說的話，我們此時可以暫且不管他，因爲他們專與科學作對，而欲推翻世界上的真理。他們

這種思想和自殺沒有兩樣。我們現在不可不研究的，就是熱的來源，因為牠必定是有來源的。但是各人的意見不同，現在還沒有到圓滿解決的地步。

許多人竭力想解決的銑的祕密。有一個大人物和許多附和他的人都想，銑的熱乃是從空氣中得來的。空氣中的分子，常常跳舞不息，他們都含着一種能力；於是銑就吸收這種能力而變為揮發的熱。但是這個學理和各種相關係的原則，都把銑當作一個變形傳導體 Transformer，能將外界的光線，或波浪，或運動的能力變為牠本身的一種熱力，到底是完全不對的。

使我們對於熱力的意見完全變換的發現。現在我們已經找着銑熱的來源，並不是什麼外界，乃是出於牠的本身。牠發熱的原故，就為了一部分的分子和牠的全體脫離關係，而這些脫離的分子又分散成能力較小的分子，能力發出時所取的行動，便是熱。這種發現，在數年以前，實在是出人意料之外的，而在學術史上，牠的確可以算得一個新時代。

凡研究這種事實的人，都相信將來一定有一日，可以用人工去取出銑中的熱力，作為一種溫暖劑，或者用來作各種工作。這事雖然為期尚遠，可是總必有達到的希望。

將熱力做工作這個問題，暫且擱下，因為我們還有一種熱力輻射的事情要講，牠對於生長在半島上或小島上的生物是很要緊的，所以我們不應當忘了牠。原來熱力輻射的事實，天天會影響到住在島上的生物的。當我們研究普通天氣問題的時候，我們知道，天氣大約可分兩種：大陸上的，叫作「大陸天氣」(Continental Climate)，

海岸邊的，叫作『海洋天氣』Insular Climate。

爲甚麼英國海島上的四季變遷如此舒緩，英國的氣候，就是海洋氣候，和別的海島一樣的。因爲牠四圍都是水，所以他們的空氣中，往往多含水分，以致他們四季的分別，不如大陸氣候那樣的嚴厲。他們的夏天不十分熱，而冬天也不十分冷，一年四季的天氣，沒有什麼大上下。

但是英國人還不知足，每每要怨天氣不好。其實英國三島的氣候，真是海洋氣候中的最好的，對於人民的生活和活動，有許多的利益。假使三島的氣候不是這樣好，那末英國人民，必不能那樣的有作有爲，英國商業必不能那樣的發達，英國的列祖列宗，亦必不能爲他們的子子孫孫建設那樣富強的國家。

他們所以會有如此調和的氣候，都托福於他們四圍的水，使他們托足之地成了海島。正是：這一片如銀的海水，做成了國外的長城，

室外的藩籬，

防止着不幸人的猜忌心。

水圍繞海島四周的影響，海洋氣候是完全爲了水的功效而造成的，因爲水性能夠吸收熱力。這麼一來，海水就熱起來了。而且海水吸收熱力的本事很大，不單太陽中所發揮的熱盡數吸收了，即使空氣中的熱力，牠也往往會利用着傳導的法子，使他們的熱力歸爲己有。

在夏天的時候，海水要格外的熱些，一方面吸收着直接由太陽那裏來的輻射熱，一方面吸收着空氣中的傳導熱。這樣，空氣溫度降低了，就在將冷未冷的熱空氣之下，灌輸到內地。

近海的內地，因此就有了溫和的夏季。要知道溫和天氣的實在情形，只要那些常住在這種天氣中的人，到與酷熱的地方去住上一年，就可以明白了。這種溫和天氣的重要原因，就是夏天太陽裏來的輻射熱和空氣裏來的傳導熱，一到了水裏，就都被吸住，夏天便不覺其熱，海水卻漸漸的熱起來。

爲什麼太陽不是最猛烈的時候海水卻最熱呢？凡在海內洗澡的，都知道海水最熱的時代，不是在夏季的正中，而在數星期之後。所以洗澡或游泳的不在六月中旬，而在七八月之間，甚至在九月初。這些時候，太陽的熱度，已經漸漸失掉許久了。

一八七五年的八月裏，衛布 Caprain Webb 從多維 Dover 游泳到加來斯 Calais，在二十二點鐘之內，橫貫了英倫海峽。他竟能踏着加來斯的沙灘，搖搖的走上了海岸。不到一九一一年，又有一個人也在這個月份也游過了這英倫海峽。還可以證明此時海水的甚熱。若是有人於五六月間能够在水內停留到這許久，怕還是一個可疑的問題罷。因爲那時的水是太冷了。

海水過了夏季的正中，正在漸漸的增加熱度，所以空氣中的熱度就不至使人難受。只有在秋去冬來的時候，太陽大大的失掉了以前所有的能力，水對於熱力的作用，才由吸收而變爲發散。因爲依照熱的定律，熱是一定從更熱處注到更冷處的。在夏天的時候，水比空氣冷，熱就由空氣裏注到水裏，在冬天的時候，空氣比水冷，熱

就由水裏散到空氣裏來。

所以在冬天的時候，尤其是初冬的時候，水中所蓄積的熱，就流入空氣中。二月間，若是我們要在海內洗澡，我們就可以覺得這時的水很冷。不過這時水雖然很冷，空氣這時卻很溫和；這樣，差不多就將夏冬兩種天氣平均着，使夏天不至太熱而冬天不至太冷了。

英國的天氣是根據着熱力定律的。由這樣看起來，英國的天氣，實在是人生康健及成功的要素，都是倚賴着熱力行動的定律，和水吸收熱力的性質。若是我們將別個地勢不同的地方，和這個四面皆水的島國相比較，就可以辨出他們的不同了。要事情講得清楚些，我們可以設想英國三島，不處於海洋的圍繞中，而處於大陸的掩護中，然後看情形是怎樣。

從經驗上看起來，我們中實在難得有幾個人能夠知道沙漠的情形，和地面上沒有水吸收空氣中熱度的景況。不過這是真的，倘若英國全島都為大陸所圍繞，那末在極小的時間內，就必有大變化了。今日的英國必不能再存在，其所存在的，必定是一個新國家，世上無人能夠認識的。他們夏天的天氣，必十分難堪，因為從沙上，反射出來的熱，要盡數傾入空氣中，更沒有什麼東西可以吸收或蓄藏太陽所輻射出來的熱力。

為什麼他們不可以怨恨冷雨？英國的人民，常常抱怨他們那個地方雨多。可是假使他們所居的地方，果然易海洋而為沙漠，那末他們一定要很感謝天地，沒有將他們安置在一個缺少雨水，酷虐不仁，萎靡不振的夏天了。從另一方面說，如果圍在沙漠中，冬天一來，也一定要沒有蓄藏的熱力，來糾正冬天的天氣。那末今日的英

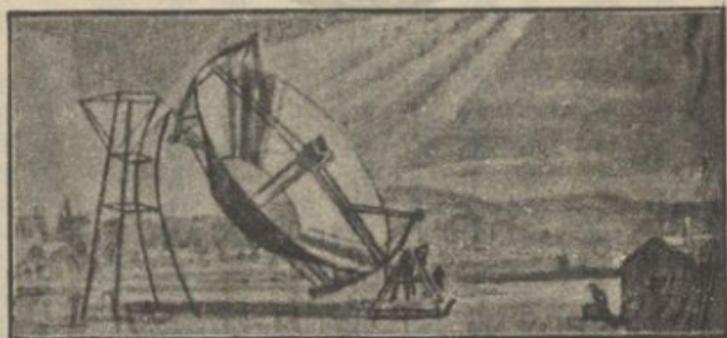
國，必不會再有，一二年之間，就要和他們所厭惡的氣候一同消亡。誰知這種多雨的气候，卻是他們成功快樂的根據！

所以英國的人感謝海水，應該比感謝莎士比亞 Shakespeare還要深切些。莎士比亞以後的諸詩人，果然作了許多詩，讚美他們的海水。到現在的時候，或者他們不會再怨他們多雨的天氣了，因為他們已經覺悟了。

熱力爲我們所作的工作

我們知道，凡是熱的物體，其中總蓄有若干可用的能力。從前有一個大人物，叫作瓦特 James Watt，看見開水鍋內的水，能够使鍋蓋移動，他由此推想，就發明了許多奇怪的東西。此種事實，實在是利用熱力能力的開始。水得了熱力成汽以後，就有一種能力，足以使鍋蓋移動，那末牠爲什麼不能使一個繫於輪上的物體運動呢？要回答這問題，只要看現在各國利用的汽機就是了。

換一方面說，熱力既可以作許多工作，工作當然也一定可以產生若



這圖所示的是一個利用太陽工作的機器。用幾百塊鏡子裝成的，看去好像一個仰天的大燈罩。太陽的熱光被牠集着，反射到一根大玻璃管上。管的頭上是有個汽鍋的，裏面的水就發化爲汽了。

干熱力。古時人們取火的法子，是將兩塊乾柴互相磨擦着，使他們發生火花。現在我們也可以將手向衣服上磨擦，而發生熱力，道理都相同的。

我們要燃着一根火柴，就是將牠磨擦一下，或敲擊一下，使牠的熱力足以發火。由這樣看起來，凡是我們所說的熱力運動，我們都可以使牠變爲平常的運動，如車輪的推行，鍋蓋的移動等等；而平常的機械運動，我們也可以使他們變爲一種特別的熱力運動。這種事實是很有價值的，爲着簡單的說明起見，可以用科學文字來解說。

拉丁文物質 Mass 這一個字，就是 Moles，從 Mole 這一個字，就造成分子 Molecule 這一個字。分子的意思，就是代表物質中一極小部分。一根火柴，或我們的手，或我們的車輪運動時，我們可叫牠『物體運動』Molar motion。但是熱力爲物體各分子之原動力，所以我們叫這種熱力運動爲『分子運動』Molecular motion。所以我們可以說，物質運動可變爲分子運動，或分子運動可變爲物質運動。換言之，就是工作可變爲熱力，或熱力可變爲工作。

這種重要的事情，一定要懂得清楚的。熱力和工作聽起來極不相同的。由熱力而得工作或由工作而得熱力，也是真的。可是有若干工作，可產生若干熱力，或若干熱力可產生若干工作，卻並沒有一定的理由，說明這種必然的關係。平常似乎只知道熱力與工作，二者互爲因果，要測量他們總有些爲難。然而倘然我們想像熱力是分子運動，工作是物體運動，那末這一種運動應該變爲那一種運動，和這一種運動的準確數量，能從那一種運動的準確數量得來，都有理路可尋了。假使不是這樣，就要弄到運動會無中生有，或運動會有中變無；我們可

以大聲疾呼的說天下必無這種事體的

以上我們所說的，乃是一種重要科學的大基礎，這科學我們叫作「熱力學」Thermo-dynamics。這種熱力學所討論的，熱力一方面和能力一方面的關係。這種科學不單是世界上各種人造機械的製作和運動所必需，就是將來人生的因果，和造物所造成的永遠不可消滅的宇宙，也有莫大的關鍵。

二千年後證明的科學定律「能力保存」的定律，自熱力與工作的研究到極精密的時候，纔得成立。在耶穌未生以前，許多大思想家說，「能力保存」的定律，一定是不錯的，但這時沒有確實的證明。到耶穌降生後十九世紀的時候，從一定量熱力中所得的工作，或從一定量工作內所產生的熱力確定後，於是這種大定律，才得完全的成立。

再後來我們就懂得牠的所以然了，原來其中的神祕，不過是將這一種運動變作那一種運動，正是我們現在天天所看見所做的事情。

在七十多年以前，有一個著名的英國人，名叫朱爾 Joule，在實驗上證明了若干定量的熱力，可以產生若干的工作，所以我們現在都將朱爾名字上第一個字母 J 去表明一個定量熱力內所產生的工作量。因此，我們證明能够使一磅水在華氏寒暑表六十度升高一度到六十一度的熱量，此種熱力，卻正等於將七百七十八磅的物體升高一呎的能力，或等於將一磅的物體升高七百七十八呎的能力。這和確實的數目雖然稍有差錯，但就其大概說起來，這種關係是能存在的。

熱力變爲工作工作變爲熱力的方法 在這種科學上，第一條定律，就是熱力與工作間不絕的關係；兩方面可以互相變換。第二條定律，就是熱力只會從一種高溫度的物體傳導到低溫度的物體。

以上所引第一條定律，我們可以說牠就是「能力保存」的定律。第二條的意思，就是能力雖然可以保存，但在某種形情之下，可以利用牠去做工作。因爲熱力雖是蓄藏着，但四旁物體的溫度，如果與牠都一樣，牠就不能流動，不能利用牠了。在實用上說起來，熱力不能不受損失；我們只要能補償牠的損失就是了。

各種機械運動時，牠就要發熱，這熱就被四週的空氣傳去。我們的身體，乃是一個活動的機械，他們失掉他們的熱力也是一樣的。凡是我們食品中所產生的化學熱力，或是機械的燃料所產生的熱力，都是漸漸的發散歸結到不可再用的地步。這種事實，乃是熱力傳導的普通定律。

我們要牠工作而牠必先發熱的機器 第一件事我們要考察的，就是看機器對用機器的人發生些甚麼影響。當我們用一種機器工作的時候，我們知道，我們所用的能力，祇有一部分變爲工作，其餘的就都化爲熱力了。這種熱力，非但無用，而且對於機器還要發生困難，因爲使他們溫度太高了，不便工作。還有，費用當然也大了，我們供給這機器以多量的燃料，牠所產生的能力，卻祇有一小部分變爲工作，其他大部分都化爲烏有了，在經濟上盤算起來，損失得實在很大。

現在的世界差不多都靠着煤炭的供給以爲生活，而且用得也很快，可是太陽所蓄藏在內的能力，祇有十分之一爲我們所利用的，其餘的都散入空中，無形耗費了。

現在世界將許多能力都擲於無用之地。現在世上傳導能力的法子，其中損失最大的，沒有像平常用燃料所生的火了。這種火所產生的能力，雖有一部分成爲工作，但是所消耗的，比了所利用的要大得多。要是我們將世上不論那一種正在作工的機器，加以考察，就可以明白一切。到底由熱力所生的工作是多少？所消耗的熱力又是多少呢？就是我們說祇有十分之一的能力變爲工作，其餘十分之九都是消耗了，也不爲過。

若是有一個人能够作一種機器，使牠所用的能力完全變爲工作，或二分之一，或三分之一，或四分之一變爲工作，這個人就一定要變爲世界上的大富翁。這個問題實在重要，現在世人的心血，都集中在這一點。他們常常用效力 Efficiency 這一字，去表明他們的機器工作的多寡；又常竭力研究，要減少他們能力的損失。雖然他們工作的進步，爲數甚少，或只有百分之一，但是他們還是要使機器所得的效力——即所用的工作和所產生的無用熱力的比例——逐漸加增。

我們筋肉中沒有人能够發現的能力的祕密。人身上的筋肉，實在是世界上最有效力的一種機器。但是牠所以有這樣效力的祕訣，卻還沒有人知道。然而我們的筋肉卻又不是將所有的能力，或二分之一的能力都變爲工作的；其餘的能力也要化爲熱力的。這種熱力和人造機械所產生的熱力有些不同，因爲牠能使我們身體常常溫暖。所以將此兩種效力比較起來，同是注重工作的有用和熱力的不浪費，那末筋肉機器比不論那一種人造機器要強得多，換言之，就是沒有甚麼機器可以超過牠的。

不過機器發生熱力這個問題，在人生實用方面固然重要，在另一方面卻尤其重要。原來並不是只有機器

常使有用的能力變爲不能再用的熱力，例如已經過磨坊車輪的水，不能使車輪再轉。凡是我們現在知道的種種能力變遷的事，也都是一樣的。

差不多凡是化學變遷所產生的熱，都是四散而無着落的。至於各種運動，除機器以外，也要因了磨擦的作用，變爲熱力而揮散。由這樣看起來，我們就有一種新覺悟，對於能力保存的事也可以相提并論，那就是說，世界上的能力雖然未嘗遺失，但對於我們人是很容易遺失的。

從太陽中往來的熱力永遠產生着工作。依照能力的用途，我們可以將他們分爲若干種類。分類的法子，常依着他們用途的寬廣爲上下。能力的最有用的列爲上等，無用的列爲下等。下等的能力，就是我們平常所說發散的熱力，對於機器，不單無益，而且有害的。所謂最上等的，就是太陽的能力。太陽的熱度比四周的物體都高些，所以常常流傳到別的物體上去做成許多工作。這種由熱物體流到冷物體的熱所生的工作，正如在高地方的水，向低地流時，能做若干工作。不過因此我們可知道上等能力總是要變成下等能力的。

若是我們分一點時間，去想想太陽發射熱力的情形，我們就可以知道，牠有一部分的能力，變成了熱而流入無用之地，所以那最高級的能力，不免也變成了最下級的能力。不過我們不要害怕這種事實，因爲太陽所供給來的高級能力，是繼續不斷的。所應該知道的，就是這種供給雖然時間很長久，卻總還有停止的日期。現在我

們已經知道「能力降級」Degradation of energy 這名詞的意思了，我們還要學習六十多年前克爾文 Lord Kelvin 開始應用過的一個名詞。這個名詞就叫作「能力耗費」Dissipation of energy。這是很容易懂

得的，譬如我們說一個愚人，將他的財產耗費完了，就是說這個愚人將他的財產東花一些，西花一些，毫無節制，到後來就弄得一無所有。能力的耗費這句話，也是和這一件事一樣的。

爲甚麼我們不能造一個真正完全的機器 在第一三四頁中，我們知道，若是吸引力的定律，沒有什麼反抗，宇宙間的物質，一定要漸漸的團結起來，成一個極大的固體的。現在講到宇宙間的能力也是這樣，依降級及揮發的問題說起來，將來的結果，一定是宇宙間的能力，都要漸漸降級，漸漸揮散，由有用的能力而都流入無用之地了。

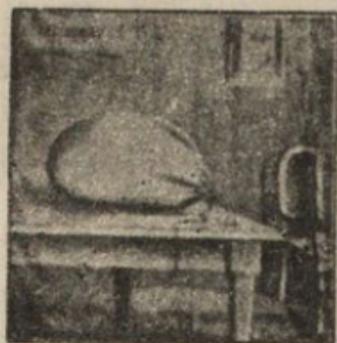
假使我們有一個最完全的機器，能夠將工作變爲熱力，復能將熱力變爲工作，則世界上的能力，必無散失的時候，可是世上必不能有這種機器的。克爾文說，就是宇宙這種好機器，在完全二字看起來，還不能算一個頂好的呢！

能力本來有兩方面，牠卻時常偏向一方面了，那就是能力耗費或能力降級的一方面。要是這樣的一直下去，結果一定很可怕，正如我們只知道宇宙間有吸引力而無反抗力的可怕一樣。

宇宙鐘的慢起來 若是能力消耗這一種事實是確實的，則宇宙間的能力和運動必定要達到零點的地步，宇宙間將一無事情發生，成了一個死的宇宙。其中物質和能力或者仍舊有的，但是動作的能力已是沒有了。我們可以直接說，他們此時完全是無生命無運動的了。好像一個大鐘，在機器開滿的時候，自然與高彩烈的走着。但是發條總要鬆的，到末了只好停了。到這裏，我們又遇着了宇宙始終這個問題。因此，若是我們將太陽

系來說，我們就知道，因為現在太陽中熱度比較牠四周的行星高些，有熱力從太陽裏流傳到行星上，所以我們受牠的影響遂產生了無窮的生命。

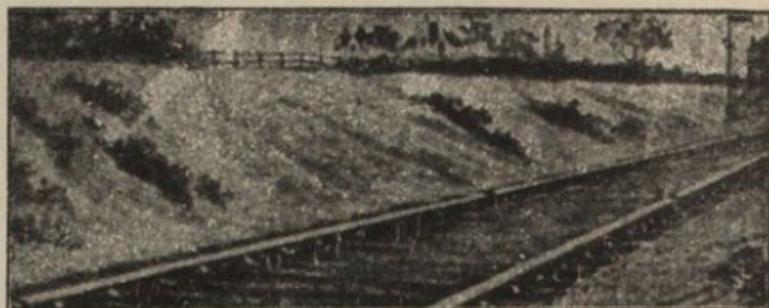
熱力可使各物膨脹的形



在這兩圖中，可以看出氣體受了熱力所發出的影響。譬如有一個氣球，裏面祇盛了一半空氣，例如左圖這樣，若把他擺近火爐旁邊，空氣受了熱力，就會漸漸膨脹，一直能使氣球破裂。



我們把一種液體，如加一炭醇酒精之類，盛入長頸瓶中，置在冰上，裏面的液體便從S縮到V。假使把他擺在熱水中，液體即向上升，一直可升到A點。



這圖是表明固體受了熱力所生的影響。大凡鋪設軌道，各軌道之間都有一相當的距離，如圖中箭頭所指的地方，這就是預備他們通過熱力時所膨漲的。

依理想想起來，由「能力降級及耗費」的作用，太陽系和全宇宙必有一日，種種能力盡數變為熱力，就此完全分散了。這或者就是宇宙的末日。

宇宙鐘的緊起來 在十九世紀之末，有一個著名的研究者對於能力

耗費的原理，曾有下列的幾句話：「看了一切自然界進行的特性，使我們就要想着宇宙的始，和宇宙的終，在這始終之間，就是大自然的歷史或生命，正在一天一天將能力消耗下去，把活動的地位變到不活動的地位。」

但是我們研究這個問題，到了二十世紀的初年，我們所知道的，就比十九世紀一般人，更是深遠了，那時能真個知道這事的，只有一個人。

十九世紀，在思想界中，最出人頭地的要算斯賓塞 Herbert Spencer。

他卻不為能力耗費說所鼓惑。他對於自然界深有研究，超過了古時天地終始之說，而以能力耗費說為不完全。他說：「天地間必另有別種特別的進行，足以為能力耗費的補助者。這種進行，雖然我們目力看不及，但是很確實的，牠要把愈走愈慢的宇宙鐘開緊起來。」

近來二十年中，這種能力耗費說，在一般學者心目中，漸漸失卻信用了。大家都相信着聰明智慧的斯賓塞所說的話，知道天地實在是一個完全永遠運動的機械，萬無停止的道理的。

我們研究這問題愈久遠愈精細，我們對於這問題所得答覆便愈清楚，正和研究吸力的答覆相同。以前我們相信那種向一個方向進行的能力耗費，只有一半的真實，我們一研究「輻射壓力」Radiation pressure，我們就可以相信宇宙是能永遠繼續下去的。

恰正是一樣的方法，我們就發現了那反對方面的諸種進行，使我們相信上面那個最聰明人所說的話，就是宇宙是無始無終的。

我們已知道溫度對於各種物體，是十分重要的。因了溫度我們纔明白熱的本位 Heat level。凡熱力不同的物體互相接觸時，某物體中過度的熱力就要流動，而產生工作。溫度的不同，就是熱要流動的，流動時便會做事情。但是溫度的不同，究竟是一個甚麼東西呢？所說的溫度者，到底又是作何解說呢？我們一開口就可以作一個簡單的答覆，就是所說物體的溫度，是指那物體中所含的熱量。但是這種答覆，是不確實的。若是我們取一個定量的物體加熱，牠的溫度就要升高；這樣的溫度升高，表明了這物體內已含有更多的熱，這句話才是對的。

不過若是我們取一定量的水，使牠的溫度增高一度，所需的熱力還是有多寡的，因爲要看原來水的溫度如何，那就是水十分冷時，所需的熱力要多些，水十分熱時，所需的熱力要少些。由這樣看起來，許多冷水中所含的熱，比了少許熱水中所含的熱當然要多了，所以我們不能說，溫度這一個東西，乃是一件物體內所含的熱量。我們祇可想，溫度就如一個水的本位。即使是極少的水，由一個極高地方落到湖中，總也含有一種湖內所沒有的

東西的。譬如牠使着輪盤轉動。溫度好像水的本位，對於熱量是沒有關係的，反不如極少許的水，和牠的能力倒有關係。少許水的能力，是許多湖水所沒有的，原因就爲了高低不同。所以一件東西的溫度，可以比一條瀑布的高度；溫度愈高，那末牠冷下來時所做的工作必愈多。

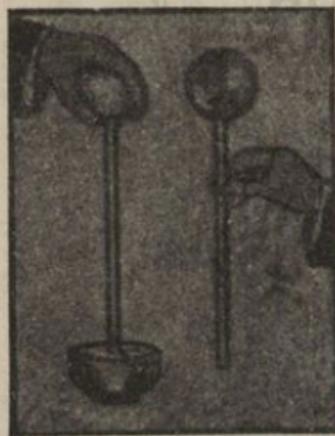
寒暑表 Thermometer 這個名詞，就是量熱器的意思。但是我們現在所講的寒暑表，雖然叫作量熱器，卻並不是量熱器，不過是量熱度的東西，想想水落到湖中，就可以明白其中的分別。要是有一種東西會告訴我們水落下來的地方的高度，並不告訴我們落下多少水的，那就像寒暑表了。所以寒暑表並不能告訴我們熱量，乃祇告訴我們熱的平位，就是熱度。

第一個寒暑表是蓋利略 Galileo 製造的，至今已三百多年了。這乃是一種空氣寒暑表，用一個玻璃管，一端放在一個玻璃球裏的。將這管加熱後，就倒插在水盆內，如圖中所表示的。球內被熱的空氣變冷時，水就上升。

球內的空氣被熱時，體積便漲大，位置便佔多，空氣冷時，體積便縮小，位置便佔少，水便在管中隨着上下了。

依管內水上升的高度，我們可以知道空氣的溫度。

照以上所說的看起來，這一種寒暑表，又可以當晴雨表用，因爲水所以上升的原故，也有些是爲了空氣壓力的



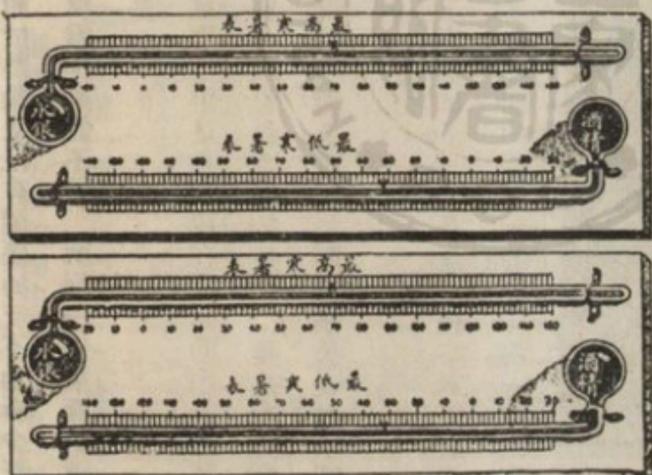
假使把一隻手覆着玻璃球，手的熱力可使球中的空氣膨漲，但是手輕輕離去，空氣變冷，體積便縮小，所以水就從管中上升去了。假使把手完全離開，把玻璃管從水中取出，在管中的水受了外界空氣的壓力，便向上升騰。

作用。

因此這種儀器，沒有甚麼大用，因為牠所測的空氣溫度和壓力，到了一個甚麼程度，到底沒有一個人可以說得出來。最要緊的，就是應該當玻璃管被熱的時候，將另外一端也封了口，這樣，管內就不會受大氣壓力的影響了。這種製造法，在蓋利略五十年後才發明的。這時已不用水而用酒精了。一六七〇年才用了水銀。

若是我們要作一個平常簡單的寒暑表，我們可取一根精細的玻璃管，管的一端有一小球的，在球內和管的一部分內滿灌水銀，然後加熱，使一小部分水銀變成汽，逐出了管內的空氣。這時我們立刻就封起管口，使水銀漸漸的變冷。在這水銀之上，就留下了一部分的真空，水銀受了什麼影響，便可以自由的漲落着。

依物體熱則膨脹，冷則收縮的普通性質，我們知道，當水銀溫度高時，體積必然膨脹，牠所佔位置必多。反而言之，其所佔的位置必少。所以看了水銀在管內的高度，我們便可以知道空氣多少熱。換言之，就是管內水銀愈高，管外空氣愈熱，管內水銀愈低，管外空氣愈冷。



這兩個圖是表示我們最低和最高的寒暑表的。在上圖中最低寒暑表，恰降在三十度，這就算牠昨夜最低的度數，酒精便把指針帶在那個地方，但度數升高時，指針仍停在那點，並不隨之上升，例如下圖，下圖中最高寒暑表，有一日譬如指針升到七十度，但水銀下降時，那指針也仍停在那一點，並不隨之下降。這指針就是指示我們最低和最高的度數的。

由這樣看起來我們知道，這種升降卻和蓋利略的儀器相反。因為牠的寒暑表是看管內的空氣為轉移的，管內空氣愈冷，水銀柱便愈高。但水銀寒暑表最困難的事情，就是在刻畫度數的時候，因為我們必定要找着水銀柱在甚麼高度，恰恰適與某種溫度相符合。若是寒暑表上面所刻的度數不對時，也就是無用的東西了。至於溫度的變動很微小時，寒暑表尤其不可不精密。

醫生所用的寒暑表，一定要十分精密，因為他要找着病人血液中的溫度，這種溫度的變化是很微小的，然而稍一差錯，就和病人有莫大的關係了。所以現在除了平常極便宜的寒暑表外，其餘都費了許多精力，若干實驗，才得造成的。

熱與熱度

有許多熱的事實，我們應當知道。最要的一件事，是熱與熱度的分別。寒暑表的意思是量熱器。實際上，寒暑表不能量熱的絕對量；不過量牠的比較量罷了。量熱的比較量，就是量熱的平位 *Level*，恰像量器裏的水面高度一樣，我們祇知道器裏水的平位怎樣，至於是井裏的水，或海洋的水，就不過問了。在這裏，我們祇要知道水在器裏的平位；水的分量多少不管牠。寒暑表也是這樣，祇求知道熱的平位，全不受有多少的熱量。不久我們便知道，熱的絕對量是可量的。不過想做到這層，須先研究「隱熱」*Latent heat* 的道理。

任何定量的物質，當受熱或放熱的時候，牠的熱度必有改變。這是熱學中一個普通的公例，事實上確是如

此的。可是我們要加熱到某物體上去，不能不使牠先變熱；要從某物體取出熱來，不能不使牠先變冷，否則就一定不能成功。

這個公例的可能，不難證明。並且牠與能力不滅的定律，毫無抵觸。設取在溶點 *Melting-point* 的冰，從外加熱，牠的熱度，毫不增加；又若有在冰點 *Freezing-point* 的水，夾着一點兒冰屑，我們能夠從這水裏取出熱量，使牠的熱度，仍不降低；或者再取水和冰的混合物，加熱或取熱，牠的熱度都不因此變更。臨了我們取沸水，在開口器裏煮着，慢慢的加熱，能够使牠的熱度仍在沸點，不因加熱的緣故，較前更熱，後來液體的水不見了，卻蒸發成了水汽，可是水汽的熱度，還仍舊和液體的水一樣。

上面所說的，無非說明隱熱的事實。水是這樣，別的東西也是這樣。我們從每項說明裏，看出一種現象，就是水的熱度是不變的；但牠的體態 *State* 是可變的。在第一例，由固體的冰變做液體的水；在第二例，由液體的水變做固體的冰；還有一例，是由液體的水變做氣體的水汽。

今舉隱熱的定義如下，雖句子很長，但示意很清晰。

「導入一定量的熱到一在某體態的物體上去，使牠變做另一體態，同時熱度不變；這所需的熱量，叫做隱熱。」

上舉各例，適足說明這個定義。加熱於冰，冰化做水，這水的熱度，并不比冰的高。所加的熱，雖然似乎在無形中不見了，卻已變做了隱而不現的能力。隱熱的意思，便在這裏。

英文 "*Latent*" 一字，源出拉丁文，是隱藏

的意思。

和隱熱相對的名詞是「可感熱」Sensible heat。可感的意思就是能用感覺覺得的。譬如加熱到一物體上去，使牠較原物更熱，這便是可感熱。若加熱而不增加物體的熱度，這熱便是隱熱。我們須知道加熱不增加熱度的時候，物體的體能，必有改變。無論如何，所加的熱的去路，終可追究的。

克爾文 Lord Kelvin 是熱學中的泰斗，他能够用簡單的字句，解釋事實。下面所述的，是他說明可感熱與隱熱的意義。

可感的熱與不可感的熱 「加熱於水，水的溫度增高。這所加的熱量，若我們把手放在水裏，便感覺得着。設有一盆溫水和一盆水與冰，我們把手先後伸入盆內，便感覺着熱度的高低。若把溫水傾入水與冰的盆裏去，攪擾數秒鐘的時候，倘所加溫水，分量不太多，不致將冰盡行溶去；那麼伸入盆裏的手，不覺得溫暖，祇覺得牠的熱度，和未加溫水前一樣。這豈不是溫水盆裏的熱度是感覺得着的，到了那盆裏去便感覺不到了？所以說牠變為隱熱，是很確當的。

隱熱的事實使我們能够量熱的自身。因為冰化為水而不變熱度，這冰的分量是可量的；并且溶去的冰愈多，所用熱量也愈多。熱量是怎樣用去的，並沒有什麼關係，我們總能够量牠就是了。某定量的冰，可用多量的溫水或較少的很熱的水溶化牠，使變為與冰同溫度的水。雖所用水的熱度不同，所加的熱量是一樣的。

一物體所含熱量和牠的熱度是不一致的。古時人，以為熱是一種液體的物質，取名叫做卡羅利 Caloric。量熱的器具，便叫做卡羅利 Calorimeter 計，即量熱器。我們總須記着量熱器和寒暑表是兩件絕對不同的

器具；一個是用來量熱的多少，一個是用來量熱的單位。

現在我們慣用卡羅利來代表一定量的熱，所以 Calorimeter 一字，不致更有誤會。說到隱熱，實在就是指着的本身講。若是說夏天天熱，這便不是說熱的本身，不過是說熱度了。

法國天文學家拉普拉斯 Laplace和死在革命時候的化學家拉瓦節 Lavoisier，首先發明了量熱器；就是用溶去冰的分量，由這分量而量出熱的分量來。不過量熱不單是這一個法子，因為從冰化爲水，所加的熱，固然是變爲隱熱；由水變爲汽，所加的熱，也是變作隱熱；那麼於量熱器，利用水蒸發成汽，所需的熱來量熱的分量，自然也是可能的。

測量任何物體所含熱量之法，我們也可以不用隱熱來量熱量，卻取在一定熱度的水，或其他物質，注意牠的熱度所提高的熱量來量出來。

我們若以近代物質的觀念來說隱熱，便覺得「隱熱」一名詞，雖不無有保存的價值，但很能引起誤會。當着冰受熱溶成水的時候，所隱去不見的熱量，確已變爲另一現象了；這現象就是使固體的冰和液體的水彼此不同的。這所謂另一現象，乃是液體的水裏面分子的運動。所以冰受熱溶成水的一回事，無非是熱的運動，變爲水中分子的運動。水的所以能由固體變爲液體，實在因為牠的分子已作液體的運動了。同樣，水受熱化爲汽，所有隱熱就變成了汽的分子運動。水汽和其他氣體的分子，運動得很快。這運動的一部，可說就是熱。氣體有較熱較冷的分別，便是熱的運動，有多有少。

熱的運動怎樣變作水汽的分子運動 水化爲在同熱度的汽，必須加熱；但汽中並沒有較多的熱的運動。所加的熱變爲另一種運動，水與汽即因此種運動而有分別。不過「隱熱」一名詞，仍不妨採用。此種隱熱的復現，或者就是此種特殊運動的復失，能使受熱的物質仍恢復原狀。

此外尚有一重要的名詞，叫作「比熱」的，我們也應當知道。我們試取一定量的水，和一同定量的其他物質，在同一熱度，加入一定量的熱；那麼這其他物質和水都要增高熱度了，可是水的熱度的增加，卻比較其他物質爲低。這句話只有一個例外，就是當其他物質是指着輕氣說時，水的熱度要比輕氣熱度增加得更多。除卻輕氣是例外不算，我們可說，使水變熱所需加入的熱量，比較加入於其他物質的爲多。由此而研究各種物質所需的熱量，與水所需的熱量相比，就有比熱 *Specific Heat* 的名稱。爲便利起見，我們定水的比熱爲單位，就是水的比熱爲一。那麼其他物質，除卻輕氣不算，他們的比熱都小於一。

爲什麼同一熱量使這一物體較熱於那一物體 化學家曾發見各種物體的比熱，彼此受某種定律的限制。同量的熱加於同量的銅和鐵，銅所增的熱度不等於鐵所增高的；這類事實，並非胡亂湊巧的事情，確有一個定律存乎其間。原來物體的比熱，大都因牠的原子的尺寸和輕重而不同。若一種原質 A 在此，牠的原子既重且大；又有一他原質 B，原子較小且輕，那麼這一定重量 A 物質中所含原子之數，必較同重量 B 物質所含的爲少。原子之數愈少，則每原子所有的熱量愈多；所以原子愈大，則受同熱量所增的熱度愈高。換句話說，就是原子愈大，則所需達於一定熱度的熱量愈少。

最適當的說法，是說：「一物體的比熱，和牠的原子重量 Atomic weight 成反比例。」這個定律，初聽着似乎難懂，但應用很廣，我們須得領悟牠。

茶壺久置不冷的原故 水有很高的比熱，在日常生活中很為重要；這實在是這個化合物的一個可寶貴的特性。若我們用他種流質泡茶，或傾他種液體於滾水壺內，則可見茶和滾水壺立刻要變冷，不似用水的那樣能持久。水有如此高的比熱，是因為牠能够保持許多熱量，不使散失。定量沸水所含熱量，較其他任何同量又同熱度的流質所含的為多，正是因為水的比熱較高的緣故。使冷水受熱沸騰所需熱量，必較其他流質所需的為多；所以沸水含有很多的熱量，使牠變冷，當然需要很久的時間。

水能貯藏熱量給我們用 由上面所說的種種，可見水是熱量的貯藏所。無論茶壺裏的水，或環於陸岸的大洋裏的水，都是如此。我們由此可知海洋氣候為什麼勝過大陸氣候；若是水沒有偌大的比熱和偌大的導熱能力，那麼環着島嶼的水，斷不能造就海洋氣候了。

海水在夏天吸收很多的熱量，到了冬天，便用來調和冬天的寒冷，使氣候仍不失溫和。但同時海水也不因發散許多熱量來調候氣候的緣故，就冷到將要結冰地步。

在這裏，我們對於熱的研究，不得不告一結束。熱學一門包括很廣，不是短篇幅裏所能說得盡，並且因為牠在人生日用以及機器製造等等，均有重大關係，也非是一說便能明白的。

熱的定律對於人類一切頗為重要 世界一般人類，在牠的工場或摩托車的費用裏，總想節省一二文；少數

的哲學家很想知道自然界的法則和牠的進程。對於這兩類人物，最直接有關係的，恐怕要推熱學了。十九世紀最大的創作，是在熱的本質和熱的定律之發見。這些事情，以前的人都沒知道，或把事情誤解了。

這個發見，不是別的；就是物質不滅和能力不滅的定律 *Law of the conservation of matter and of the conservation of energy*。無論何物，無論何種能力，均能變更其狀態，譬如水變為汽，熱力加於汽鍋變為汽力，但物質或能力，始終不能增加，也不能減少；不能無中生有，亦不能有歸於無。這個定律在科學上很占重要的位置，古代的人也未嘗沒有這種懸想。二千餘年以來，人類的思想，於此都前後有設想或猜擬的解釋，但所說的，無從證實。遲到耶穌降生後十九世紀，方才有確實的證明。德國的許多大科學家和英國的克爾文，都研究熱的定律，就求出了熱和他種能力，有互相不變的關係。他們的苦心研究，使能力不滅的定律，得有事實上確切的證明。

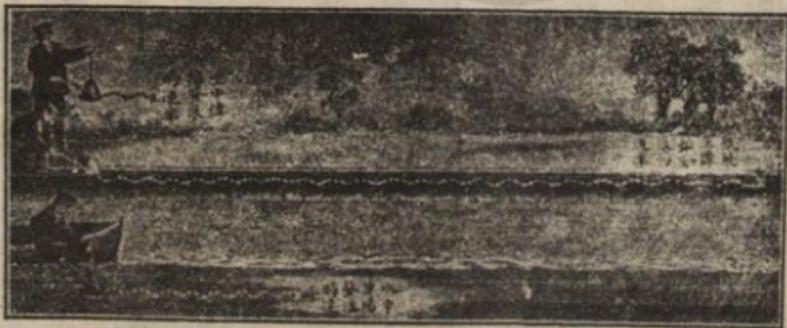
熱與能力永不消滅的發見 熱這樣東西，古人認為和椅子是一件東西的情形相同；其實不然，熱不過是一種運動。若是能力不滅說是靠得住的，那麼由熱的運動變為他種運動，不問如何變法，牠的結局必沒有一些兒東西失去，或加添了一些兒東西。所以這種發見，是當然的事實。熱和工作有相當值，於此便可證明了。

因化學作用所發生的熱量的發見，例如爐火取暖，或者在別的化學作用裏，熱用過了便不見，都是很重要的事實。這裏生出的熱和失去的熱，都有來路和去向，并非憑空有得有失的。這也可證明自然界是不容一些兒物質消滅。

聲浪

我們學習光學，已知道想看得着光，不單要有在我們身外發光的物體，還要有眼睛來看這物體。若沒有眼睛看，自然界當然是一片漆黑的。同樣的情況說去，若沒有耳朵聽，那麼月明星稀的天空，顯着深夜的寂靜，是永遠寂靜永遠無聲的。我們現在要研究一樣身外的東西，對於牠我們的耳朵是能反應的。我們稱這東西叫做「聲音」。但是在沒有耳朵聽着的時候，便沒有真正的聲音了。

光是一種浪動 Wave motion，聲也是如此；所以有些關於浪動的事實，可以為光與聲所共有；不過除卻這種共有的特性說，聲的浪動和光的浪動卻又有很大的區別。凡能夠傳達或遞送他物的東西，我們都叫做牠【媒質】Medium，便是中間媒介物的意思。聲音和光及輻射熱不同，因為牠是在有形體的媒質裏的一種浪動。這媒質通常就是空氣，但是無論那種氣體，或氣體混合物也能够充作聲音的媒質，又如液體的水，或固體的物質，也可以傳達聲音。



這圖是表示音波速率的。假使取三口鐘，一口放在空中敲，一口放在軌道上敲，一日放在水裏敲，把他們同時敲着，就可以試出如圖中這樣速率不同的音波來。

沒有物質，便沒有聲音。因為聲音和光不同，牠是不能由以太（Ether）傳達的。所以太陽和月球裏的震動，我們在地球上一點兒聽不着；因為在大氣層 Atmosphere 以外祇有以太，以太能傳光不能傳聲。我們說聲音是一種浪動或擺動，這句話祇要你曾經注意到發音時候有什麼現象，便知道確是如此。譬如兩手緊拉着繩的兩端，突然向繩上拖擊一下，繩子便發出極微的樂音，當牠發音的時候，可以看見繩子是擺動的。

鋼琴的彈簧，也是如此。又如把手觸着正在發音的鐘或鈴上，我們能夠覺得牠是在那兒振動。又如玻璃盃被敲了，便發出聲音，我們以手指碰着牠，使振動停止，若是牠的聲音是由於振動而發，那麼這時候聲音也同時消滅了。

每當着絃索或鈴振動發聲的時候，空氣受着牠的打擊，便生出一陣空氣的波浪，傳到我們耳朵裏，變作聲音。想證明聲音是由空氣傳達不是由以太傳達，並非難事。我們放一個電鈴在抽氣機的玻璃罩裏，開着電流，使鈴響不歇，再由抽氣筒把罩內空氣抽去。當我們抽氣使鈴的四周空氣漸漸減少的時候，我們仍可看着一個清清楚楚震動着的電鈴，因為我們能看，全靠着光，光是能夠由以太傳達的；但是電鈴的聲音，便漸漸低弱，末了竟完全不響了。電鈴仍舊在那兒振動，只因為牠四周沒有空氣，就不能產生聲浪，傳到我們聽官了。要是再把空氣慢慢的送進，牠的聲音便漸漸回復過來。這個簡單的實驗不但教我們知道傳達聲音的是什麼東西，並且使我們知道聲音的高低，是大部分看空氣的情形而定的。

我們若有機會來比較光與聲的速率，便可知道彼此有很大的差異。遠處放礮，我們看見煙火噴出，幾秒鐘

後，纔聽着炸裂的聲音。光進行極快，在任何遠距離的地方放燄，我們總能在一千分之一秒內看見火光。但聲音進行則較慢，牠的速率是不難測定的。

爲什麼聲音有時進行較快有時較慢 光和輻射熱的速率，依我們現在所知道的，他們在無論何種情形之下，都是一樣；但聲音便和他們不同，因爲聲音的速率，是隨不同的情形而變的。

在音樂中，聲的速率，因牠的高低不同，稍有差異。譬如聽管絃合奏的時候，笛子的聲調高銳，覺得比其他稍低的樂音，早一點兒聽着；或者數人同唱一歌，歌中尖銳的聲音，每有數人發較低的音來和翕他，唱歌人們的用意，是要使聽歌者同時聽着兩種高低不同的和音，但我們若仔細聽他，便覺得高音和低音並不是同時聽着，彼此總得相差一極短的時間。

聲在空氣中通常的速率，約爲每秒鐘一千一百呎。當空氣的熱度增高，空氣的彈性 *Elasticity* 也微有增高，遇着聲浪的打擊，反動較易，所以聲浪穿過空氣，也得容易些，因爲聲浪的傳播，全看空氣的彈性怎樣，彈性高便容易傳過，否則較難。這麼說來，若是空氣的密度是到處一樣的，那麼聲音的速率，是跟着空氣的熱度增加的。若我們懂得彈性的定律，便可知道爲什麼聲音在液體裏比在氣體裏走得快，爲什麼在固體裏更快。

爲什麼噪聲在鐵中傳過較在空氣中爲快 金屬中的鐵，在牠爲固體的時候，牠的彈性比空氣大得多了。

聲音經過牠的速率，較經過空氣有十七倍快。這是指着同一種聲浪，經過空氣，進到固體的鐵裏去，再穿過鐵復到空氣裏說的。在這裏不免把速率的意思弄混了，所以必須略爲說明，便是樂音調子的高低，全看一秒鐘內打

擊耳鼓膜的聲浪數目的多少而定。聲浪在空氣中每秒鐘進行多少遠，卻又另是一件事情。

某種聲浪由鐵傳達的，達到聽官較由空氣傳達的快十七倍，但牠音調的高低，不問是由鐵或是由空氣，都是一樣的。因為雖是牠在鐵裏進行很快，牠在每秒鐘內振動的次數，是和在空中裏一樣的。

我們着手研究聲音的大小，便知道牠的第一定律，是和他種浪動（譬如輻射熱及光）一樣的。這定律不限於浪動，譬如地心吸力，也合於此定律。

爲什麼在清朗有霜的夜裏聽音清晰，用科學的正確說法，這個定律是：「聲音的大小的變化，和距離的平方成反比例。」譬如我們離發聲地方的距離較第一次有三倍遠，我們聽着聲音的大小，並非爲第一次聽着的三分之一，乃是牠的九分之一。九是三的平方，平方即爲某數自乘所得的數。

地心吸力和光，也是依着這個定律。不過在聲音方面，媒質的密度怎樣，是很要緊的。在有霜的夜裏，空氣是很濃密，所以開駛摩托車較易，因爲機器裏有充分的養氣供給牠。聲音在這種夜景裏，聽着更加響亮，也是因爲空氣濃密的緣故。若是在山頂上空氣稀疏的地方放礮，我們聽着，好像是一聲爆竹。我們若聯想到電鈴與抽氣機的實驗，便懂得這個緣故了。

在海岸上，我們看見白浪捲起，向防水堤或岩石上撞來，通常散成了浪花沒去。但若岩石的表面是平坦的，浪來了便反折轉身，好像皮球打到牆上，自己仍離牆彈起。所以要是聲音真是一種浪動，我們便可設想聲音遇着障礙物，也會和水浪一樣的，反折轉身。事實上聲浪確是這樣的。

聲浪怎樣被牆壁折回 各種浪動，都能反折。聲浪，光浪，輻射熱的浪，以及水浪都是這樣。有許多定律，說到這各種不同的浪動，第一定律用科學的文字表出是：「射入角」Angle of incidence 和「折出角」Angle of reflection 相等；換句話說，便是浪達到一平面所成的角度，和牠離開平面時所成的角度相等。

彈子間裏所打的彈子，和向牆上拍的皮球，都可用來證明這個定律。我們用皮球向牆上直打，皮球也直直的振擊回來；若是斜打，牠也斜斜的離開牆壁。若是牆壁和皮球的表面都是光滑的，我們可量得射入角確等於折出角。聲浪，光浪，和輻射熱的浪都是這樣。不過我們須留意射入時的面和折出時的面是同一的。

例如聲浪沿着這張紙的平面進行，斜擊在紙邊的牆上，這聲浪不僅依達到牆時同一的角度折回，並且仍沿着紙的平面進行。

雷聲發自雲端怎樣被地球折回 我們都知道聲音發在空曠地方的和在屋子裏的不同。我們的聲音，因發音地方不同，很有差別。這都是聲浪反折的緣故。但最顯著的事實，使我們承認聲浪反折的是回聲 Echo。我們想測定聲浪進行的速率，有一個粗簡的方法。離折聲面 Echoing surface 一定遠的地方發聲，測定到聽着回聲的時候，須多少時間。在自然界中，也有許多回聲的現象。最好的例子，是雷霆的回聲。

雷的生成，是由於閃電經過，由雲到雲，或由雲到地，空氣受着激動，便發聲音。若是沒有回聲，我們就祇能聽着一響雷聲，確正等於一閃電所生的空氣激動。實際上卻不然，我們聽着的雷聲，總是轟轟不絕，這是由於這一響雷的聲浪，從雲到地，反折不息，所以成了延時較久的回聲。

大廳四壁所生的音樂的回聲。在演講廳或唱歌的會堂裏，回聲最妨害聽衆。我們能够高高興興的聽演講或聽音樂，全靠沒有回聲。例如在倫敦的一個有名的某會堂裏，幾乎不能暢適的聽音樂，因為牠那高大圓環狀的牆壁所發的回聲，真討厭極了。

所以當奏鋼琴的時候，彈簧一撥，全室裏都聽着連湊的音樂，前斷後續，總覺得音調不純。無論如何音樂的美處，不免受回聲糟蹋一二。不善鋼琴的人，屢撥高音，并延長按鍵時間，更足使音樂減色不少。

在大集會或音樂會時應記着的事情。回聲的壞處，在聽演講的時候，更覺可厭，因為我們必須聽着發言者的一字一音才好，若有回聲，便前講後應，聲音嘈雜，聽不清楚了。四壁掛着的簾幙或圖畫，都不善於反折聲浪；橫於室中的鐵絲等，能够衝破聲浪至少天花板上不致有回聲；這都是能補救回聲的方法。

現在法國人很考究這些事情。他們以為建築大講堂或音樂廳，必須利用回聲，正不必免去牠。譬如在美國紐約城的卡內基廳 Carnegie Hall，四壁離演講者或奏樂者很遠，聲音反折，需較多的時間，所以能够聽着清晰的回聲。但若發聲的地方，離牆壁很近，例如在許多小禮拜堂裏的樣子，聲音的反折極快，回聲與原來所發出的聲音相合，使牠更爲清晰，我們倒反不覺得回聲的擾亂了。

兩人相距一英哩能彼此談話。據說會有兩個北極探險家在相距一英哩的地方，彼此談話。他們的聲音，是由北冰洋中平滑的冰山把牠反折過去的。

聲浪的反折，在我們用着喇叭式的東西的時候更覺其重要。動物的耳殼（或外耳）或雙子所用的耳套，都

是利用聲浪的反折，以收聚聲音的。他如海船上所用說話的喇叭 Speaking-trumpet，或開大會時所用的喇叭，以及留聲機上的大喇叭，都是利用聲浪的反折，來助長聲音的。

我們知道光線不僅能反射，且能屈折。用老光眼鏡在日光裏燃煙捲，便是光線在眼鏡片裏屈折，羣聚一點的緣故。聲浪也能屈折。光的屈折很為重要，我們將來還要仔細的研究牠。至於聲的屈折，實際上殊無關緊要，不過牠可以示我們關於浪動的事實，卻是有興趣的。

搖擺的氣球與時辰錶的實驗 試取一氣球，充滿着碳酸氣（即炭養 CO_2 ）。這個氣球對於聲浪的作用，和透鏡 Lens 對於光的作用一樣。聲浪被氣球中的碳酸氣屈折了，羣聚於氣球他方的一點。這點恰像光線經過燃物鏡 Burning-glass 聚集於焦點的一樣。

累力 Lord Rayleigh 有一個著名的聲學實驗，證明了聲浪由空氣傳到碳酸氣，會發生屈折。我們可對着一個時辰錶遠站着，以聽不着錶的聲音為度。若把充滿着碳酸氣的氣球，在觀察者與時辰錶間來往擺動，又若我們觀察者所站的距離恰當，那麼當着氣球擺動到中間聚集了諸聲浪的時候，我們就可以聽着錶聲的滴滴。

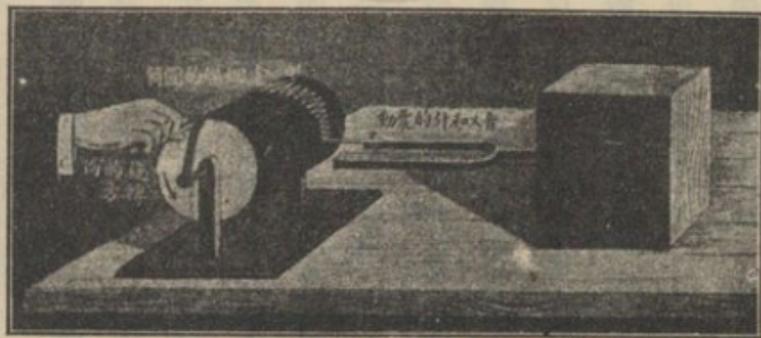
樂音與噪音

我們知道聲浪是一種浪動，所以和海浪或光浪，有許多相似的地方。現在再研究聲浪究竟是甚麼一回事，我們一起首便知道聲浪確有許多特性，和他種浪動不同。

就海浪說浪頭沿水面進行，但生成這浪的海水，並不僅有沿着海面進行的浪動，此外還有上下的運動，以我們肉眼看去，固然祇見海水隨波下流；但實際上並非這樣，浪是隨海面流去，海水本身祇有上升或下落。

適當的說法，是說：「海水的擺動是和海浪的直線成直角。」海浪依某方向進行，生成海浪的水的分子，卻在與此方向成直角的方向上進行，而且這些水的分子，並非沿着這個方向運動，乃是一下一上的。這種擺動叫做「橫擺動」Transverse vibration，將來說到光浪，我們便知道牠也是一種橫擺動。但聲浪便不是這樣了。聲浪的一大特性，是在牠的媒質（譬如空氣）的運動，不和聲浪的途徑成直角；媒質的質點，祇沿着聲浪的方向來往運動。我們試設想擺動的弦索，或敲響的鐘鼓，在他們附近的空氣，受了一陣陣的激動。或可設想我們以手握拳，在空氣中一伸一縮，使空氣受着一陣陣的打擊。

聲音的生成，便是這樣。當着空氣受打擊的時候，牠便臨時壓縮起來。因為空氣是有彈性的，所以在兩個打擊之間，牠能復回原狀，如是空氣中一疏一密相間起來。空氣的質點，在這兒來往運動，便成聲浪。所以空氣質點的擺動，是沿着聲浪的方向，來往不息的。這種擺動，叫做



假使音叉頭上縛了一針，那音叉是安在一個木砧上的，把牠敲了一下，震動的針就會把那漸漸轉着的圓筒上的畫成一條波動的線痕。

【縱擺動】Longitudinal vibration

縱擺動很容易設想得到。若如水浪的橫擺動，浪的進行爲一方向，水的分子的進行又另爲一方向，便覺比較的希望了。

一個用彈子的遊戲指示我們聲浪是怎樣進行的。試擺一系列的彈子在彈子檯上，彼此相接，再擊一子，滾擊在一端的一彈子上。這列彈子均受壓迫，各傳達壓力到其次的彈子上，末了，牠端的一彈子受了壓力，自行射出。那麼各個彈子，都陸續受了壓力，卸去壓力。當着聲浪經過空氣的時候，空氣的小分子，好像這裏的彈子，彼此傾壓，而成來往的運動。

聲浪的本質，如上所述，我們不再說牠。現在急待解決的第二個問題，便是樂音與噪音究竟怎樣分別他們？或是在近代音樂裏面有許多不合的音調，許多轟轟的聲音，那麼樂音和這種聲音，究竟有什麼分別呢？

樂音與噪音，並沒有絕對的界限。有些音調，或合奏的音調，在甲聽着以爲是一種樂音，很悅耳的，在乙聽着，也許毫不感着愉快了。但無論如何，我們可說多數人承認爲樂音的和多數人承認爲噪音的，兩者不同的地方，是在聲浪的有規則或無規則。

音樂的階式 音樂隊奏樂，往往有各種聲音合着，牠的聲浪是有規則的，也許是無規則的。小孩子的耳朵，或不會賞識音樂的聽官，聽了這種管絃合奏的音樂，以爲是噪音。但經音樂家聽了，便知道所發的聲音，確是一種有規則的聲浪，有一定的階式。此外尙可說聲浪大部分有規則的便是樂音，大部分無規則的便是噪音。近

代音樂隊中所敲的銅鼓或金屬樂器，聽了不會生厭，便是因為樂音與噪音配合得宜的緣故。

我們不知道為什麼有規則的聲浪發覺悅耳，也不知道為什麼無規則的聲浪發起音來聽了生厭？但大概想想似乎是因為聲浪既有規則，牠衝動到腦部司聽覺的神經細胞上，也許是有規則的，也許因此就覺得舒服了。噪音與樂音的大分別，我們可設想噪音所以聽不悅耳的緣故，是因為腦裏的神經細胞受了這些不中節的衝動的騷擾。腦裏承受這種刺激，好像失了常度，所以覺得不舒服了。

我們可以拿小孩子來比方神經細胞。小孩子睡在搖籃裏，我們一來一往的搖盪他，小孩子祇覺得週身適意。若抱着他，打他幾下，或拿着他的手，用力搖擺，他便覺得很不舒服了。樂音能夠安慰神經細胞，好像撫慰小孩子睡覺一樣。噪音能夠騷擾他們，使他們不舒服。

實際上這兩種聲浪對於我們神經細胞的感觸，確是這個樣子。不過噪音既然是一種不規則的聲浪，就沒有確定的事實可以研究，我們無容再多談牠。關於樂音，便有許多可討究的事實。此刻不妨把噪音的又一特性說說，這特性便是使他腦筋很不提防的受了刺激，叫聽者有所戒備。獸類中每靠噪音察探敵人，或其他危險事情的發生。

為什麼低微的噪音聽了害怕高大的噪音便不是這樣。最可驚怕的，是獸類寂靜的步聲。他們是靠捕捉別的動物而生活的。他們竭力使行走所發的噪音非常低微，叫別的動物察聽不着。噪音對於腦筋的影響最顯著的是牠所含着的戒備的性質。我們無意聽着噪音，和預知噪音而聽着的，所受刺激很有不同。

我們突然間聽着日常親近的人發聲，或彈鋼琴的時候房門忽然開了，都發生一種不能自禁的驚訝。但是走過工場的機器間，或聽着轟轟，卻覺若無其事。這都是因為有提防和沒有提防的關係。

我們現在要說到樂音了。樂音最簡單的，並不最有趣，樂音的最要區別，在牠音調的高低不同；牠的情形卻大概和噪音相同。

聲音的大小視聲浪的大小而定。發出聲音的浪的大小，可以定聲音的大小。但我們在這裏每每不說浪的大小，而說浪的振幅 *Amplitude*，浪的振幅愈大，則聲音愈大。若拿水浪來比聲浪，那麼微小的聲音，正好像水面上的小小波紋；很大的聲音，正好像如山的海浪。但我們要知道所謂聲音的大小，不是僅指耳外的情形說；聽官的感覺怎樣，也得顧及。我們聽着許多高低不同的音調，牠的聲浪的振幅雖是一致，但在高調的聲音較高，在低調的聲音較低，大小卻不一致的。所以在振幅不變的時候，聲音不盡是同樣的高低，是要隨樂調之高低而變的，而且高調的響聲要格外大些。換句話說，即我們的聽官，對於高調較易感受。

若從音樂上講，這層很為重要。我們聽各樂合奏或鋼琴的時候，總不免對於高銳的音調更加注意。

為什麼高調常較低調悅耳 譬如最低音 *The basses* 中音 *The tenors* 和上次中音 *The contraltos* 等都能組成樂聲，不讓於最高音 *The sopranos*。但我們聽着，總覺得最高音悅耳得多。所以最高音往往用作一折樂曲的正音，而低音用來和翕牠。

彈鋼琴的人常常右手用勢很輕，左手撥鍵較為用力，也是迎合這種聽官的趨向。

但是就引起驚訝的作用說，低調反比高調有效。尖銳的笛聲使我們所起的驚訝遠不如遠雷轟轟的利害。小孩子們常常因聽着低調的聲音而生恐嚇。這是什麼緣故，很難確定。或者是因為低調的聲音和獅狼的吼音的聲調差不多，所以有這種影響，也未可知。

怎樣在紙上畫出聲音的圖樣 以上所說的都是聲音的大小，現在且談談聲調的高低。聲調的高低，是因一定時間內達於耳官聲浪的數目的多寡而定。欲證明此層，并非難事。試取一音叉 Tuning-fork，使其振動，以小針附於音叉的一端；再以塗上煙煤的紙接近這枚小針，使彼此撞着。小針當音叉振動時，把煙煤擦去，成一個一上一下的曲線。於是我們實際上可數出每秒鐘某音叉的振動次數。并且由此可以知道振動次數多，則聲調愈高。

音叉漸漸的不響了，聲音漸漸低了，但牠的調子仍是一樣的。因為牠的振幅漸漸變小，振動次數並沒有變更，這可由紙上所得的浪紋察出。

警笛的聲音每秒中振動三萬次 每秒振動十次，簡直不成聲音。到了十六次，便可察得牠是極低微的調子，我們若把振動的次數增加，聲調便漸高，到了頂高的聲調，便是警笛的聲音。牠每秒鐘振動三萬次，或尚不止此數。年高的人，耳官失聰，對於這種高調的聲音，很不易感得。三十多年以前，哥爾通 Sir Francis Galton 用最高調的警笛聲音，來試驗動物的聽覺，其結果是獅子與貓最容易聽得這種聲音；其他動物的聽覺便不甚靈敏。

神奇的音樂

音樂雖說是一種賦有美感，能感動心性的藝術，卻是一種根據聲學上完備定律的專門科學。我們或者學過賽林 Siren 的，很可以襄助我們研究和音 Harmony 這一件事。

古時的音樂，全部都是旋律 Melody 組成的，旋律便是指一種曲調常是很簡單的，每一次發音祇有一個音調。我們知道，有時兩個或兩個以上的音調同時發出，聽着是很悅耳的；也有時聽見是很感不快的。這種能令我們聽見了悅耳的聲音，我們叫牠「和音」；能令我們感不快的，我們叫牠「乖音」Discord。

現代音樂的進步，大部分都是靠着和音的進步，近來醉心音樂的人，都不願再受旋律的限制，目下已經能夠安插許多和音進去了。

假使能夠發理，如何便構成和音，如何便構成乖音，這是一件極有趣味的事情。和音與乖音的分別很大，我們的耳朵一聽，便能分辨出來，我們決定有一種規律在物質上可以影響於聲的天性的，只要我們能找出這規律來。此外，我們有好些種類的和音，他們的音調一齊發出來時是十分相同的，甚至會使我們不說他們是和音，這也是一件很有趣味的事實。譬如舉個例來說，鋼琴上的一個 C 音，和高音及低音的 C 音，本不是相同的音調，但是他們的聲音是很相似的，當他們同時發作的時候，我們留心去聽牠，好像他們就是一個聲音，不過是較為宏亮些罷了。

現在我們或者很容易要猜想各音調的相像，似乎是根據於他們的彼此相近。但是一個C音和別個C音發音很相同，甚至和二、三度音階後的C音也很相似，卻和牠後面的B音，或剛音的C音絕不相同。這種事實，當我們同時發出兩個相近的音調時，便可以注意到。所有的聽官，對於這種說法，總是很贊同的，那末這件事實總必定有個解釋的。

假使我們做一種新式的賽林，和一位德國學子所做過的一樣，用四組小孔來替代一組小孔，每組的小孔數目是不同的，我們就有一個「多聲賽林」"Many-voiced siren"，因之而便得一種很便利的方法，來研究和音。和音是一個已經有若干著作討論過的題目。

牠和岩石及星辰的研究一樣，已經自成一門科學，倘有人要詳細去研究牠，也非竭他畢生的力量不可。但是關於和音的最初步的重要事實，人人卻都能知道，和音和乖音的分辨，也是人人所能知道的。

爲什麼兩個離開的音調所發生的聲音恰恰相同，我們能够使多聲賽林，發生出兩個音調來，一個的吹氣數，等於其他一個的二倍。吹氣數的實際多寡是沒有關係的，那就是說，無論那調是高調，或低調，是沒有什麼影響的，只要一個音調的吹氣數，等於其他一個的二倍就是了；這一個音符，必定是其他一個的第八音符。他們兩個發出的音，和鋼琴上彼此相離的兩個C音一樣。這兩個C音中間，是有許多的音調隔開的，而他們的發音，仍然彼此相似，比較接近的兩音大不相同。我們的經驗已經將和音的全部給我們了。

這是定律，便是聽官能因音的關係而加以判斷，這種區別，可以用特別名詞「音比」Ratios來表示。當我

們比較任何和音與乖音時，我們知道他們的異點便是音調間音比數目之不同。我們知道，音樂的一個什麼音調，便是空氣波浪（聲浪）在一秒鐘內打擊到耳官的一定數目。

構成音樂的重要事實 那些空氣波浪的數目，確是和音及音樂所賴以成立的根據。兩種數目間最簡單的比例，是二與一。除了兩個聲音的數目剛剛相同以外，再沒有比他們簡單的了。我們試驗多聲琴林，已知道音比為二與一的，這兩個音聽起來一定最相同，那就是和音。兩個構成一個第八音階的音調，其間就有這一種關係存在，無論他們在音階上的位置怎樣，或高或低，或為中音，牠對於聽官的影響是相同的。某音可以每秒鐘振動二十四次，另一音就振動四十八次，或者振動的數目可以是二十五與五十，或者一萬五千零一與三萬零二，無論他們的數目多少，只要他們的比總是一與二，所以這一音響起來，我們聽着好像牠是另一音的二倍一樣。近代的音樂都是根據於這種事實的，從這兩個音調之間，用一種方法加入些不同的他種音調下去，因此我們就構成普通所稱的「音階」Scale。

在西洋胡琴上，隨便取一個音階弄着，發出討厭的聲音，實在是最容易的事情。另一方面，卻有許多使耳朵很感快樂的音階。有許多是能令人悲慘的，有些是能令人不覺得討厭并且是可聽的。

構成音樂的音階音樂家的 A B C 自從有音樂以來，世界上各處的音樂，總要用着音階，或者說一套的音調。例如有一套音調是從前用於英格蘭 England 和蘇格蘭 Scotland 的，另有幾套音調是用於希臘 Greece 的，更有幾套音調是現在用於印度 India 和日本 Japan 的。

無論怎樣成套的特別音調，或者許多套的許多音調就成了音樂家的材料或字母。一個聰明的音樂家，當他聽見一種歌曲如古代蘇格蘭的歌曲時，他便能立即說明這曲屬於那時代，和牠所從來的地方，因為他能認識作歌者從音階中所取的音調。

先讓我們觀察普通的音階，那就是我們只須在彈鋼琴上，用手指接觸從C到C的白鍵。這種音階，我們自小便聽過，我們要是聽見了牠所成的聲調，就會覺得很自然，對於別的音階所成的聲調要覺得特別些，不自然些。但是各種音階都有一定的定律的，這些定律的來源，常常就是音調振動數的研究。但是對於這一層，我們更要加上一句話，振動數的本身，到底並不重要的；最重要的一點，便是他們彼此間的關係。任何一種音階，卻可以隨便取一個振動數的音調做首音，但所有其餘的音調，對於那首音的振動數，須有一定的關係，由於這種關係，便構成了音階。我們可以認識牠，牠對於我們的聽官所生的影響也相同，不問牠所發的是高音或低音。而且無論這音階是從大笛 Bassoon 發出，是從笛 Flute 發出，或是從西洋胡琴發出，他們的音調都是相同的。至於有什麼東西會叫這些情形不同的，我們以後再研究。

音階中各音調的關係 寫出普通長旋法C音階的音比是很容易的，因為大多數的人都熟悉牠的。我們為事理清楚起見，可以設想一個低音C的振動數為每秒鐘二十四；固然也可以說每秒鐘二十五或二百五十又二分之一的。但是二十四是一個很便利的數目，假使牠是二十四的，我們便可以找出其餘音調的確實振動數是多少。左列一表，便是依着他們的次序寫出來，表明他們的關係的：

C	D	E	F	G	A	B	C
24	27	30	32	36	40	45	48

如上所列，對於這些數目的本身，沒有可以注意的地方，但是對於他們每二個中間的關係，卻是大可注意的。第一件事情我們所注意的，便是構成八個音調的首尾兩音的音比是二十四與四十八，就是一與二之比。第二個最簡單而我們所能注意到的音比，是C與G之比，因為C是二十四，G是三十六，所以他們的音比就是二與三。還有一個我們可以注意到的音比，就是C和E的音比，他們是二十四與三十之比，簡單的寫起來，便成了四與五之比。現在我們拿這些已經觀察討論過的C, E, G, C, 的音調來說，我們便先找出幾個普通的，而為我們所熟悉的音來，因為許多歌曲的結束時，都是要用着他們的。假使他們從一個歌曲的中間發出來時，我們便要想，這個歌曲將要告終了。

感動全世界人的普通聲音 這是這些音調的特性；他們有結束音樂的意味。在許多別的音調合奏之後，聽官總希望他們繼續下去的。但是聽官對於這幾個音調，便會覺得滿足，竟不要別的音來結束他們，也不要別的音來繼續他們。現在我們已假定這四個音調的振動數是：二十四，三十，三十六，和四十八了。假使我們把這數目降低，我們知道他們的比例，常是四，五，六，八。

這真是很奇妙的。假使寫4, 5, 6, 8, 這幾個字在一張紙上，而加以研究就好像研究一部分很簡單的算學。各人都知道，這種數目字和符號的科學，在多數人都看作世上最乾枯無味而最抽象的東西，然而牠的定律，居

然會直接到我們許多最深奇的感情上來。就這四個字去討論，4, 5, 6, 8, 的比例實在是很乾燥的；他們似於和人類一無關係的。然而全世界上，自古及今的人類，卻只傾耳於這些比例所造成的聲浪，常常得到很深的印象。第一，音比的意義，就是樂音和噪音 *noise* 的區別；第二，牠的意義就是和音和乖音的區別；第三，牠有一種特別終了性質，不僅能叫人們的耳朵快樂，又能叫他滿足。

算學與音樂間奇妙的關係 假使我們再進一步研究，我們就可找出此外還有別的音比，他們常告訴聽官以未盡的意思，叫聽官靜候以下繼續的是什麼；但是這兩種不同性質的分別，全在於抽象的算學——便是由於這一組數目的音比，和那一組數目的音比不同之故。

這些簡單的事實，音樂家和學習聲學的人都很知道的，假使我們有智力去加以觀察，便可知他們還有高深的意義。對於世界上事物沒有觀察力和深思的人，必定以為我們一方面渴望和滿足的感情，或悲愁和快樂的感情，和另一方面兩種不同音調間的算學比例，是宇宙間最沒有關係的事情。然而這種完全不同，毫無關係的事情，卻是永久由自然的和人為的定律，把他們結合在一塊兒了。現在我們重新將音階內的各音調寫出來，也將以二十四做首音的各音調所得的振動數注在下面，更於他們底下註出各音與首音的音比的數目：

C	D	E	F	G	A	B	C
24	27	30	32	36	40	45	48
1	$\frac{9}{8}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{3}{2}$	2

由上面所列的音比看起來，我們知道這些分數的分別是很簡單的。最簡單的是G調的變動，第二最簡單的便是E調的，E調的位置恰在C與G的中心點。這些給了我們一組普通的音調。觀察上表，卻又看見有一個數目，分明比其餘的要複雜些，這是一件很有趣的事情——這個數目就是 15° ，是C調音階內B調的變動。現在我們很能夠把全音階唱一唱，唱到最後的第二音B，自然而然的便要沈下些。但是當我們已經注意到這個音調的音比要比別個複雜些時，我們就從音樂的歷史上，研究出這個特別音比的發現，確是一件很有趣味的時候。

近代新發現的新音調 很明顯的，我們無論到什麼地方去，我們總可以找出一個時代，音樂家的聽官，竟沒有發現從A到C的音比。所以他們到A便停住了。F的音比 $\frac{4}{3}$ ，他們是時常不知道的。所以他們那時祇有一個簡單的音階，僅由五個音調C, D, E, G, A, 組成。這音階便是很有名的五音階 Five-tone, or pentatonic scale, 牠在古時，頗可稱為音樂的大音階，直到比較的近代，F發現了，以及特別困難的音比B發現了，從此才有第八音調是最初音調兩倍的音階，一個音階內的音調，纔稱得完美。

學習各種不同的音階，是沒有止境的，但是所已述的種種，卻可以作為這些奇妙事實的祕鑰，我們更發現這種偉大藝術，音樂能夠很高尚，很深切的感動我們，竟可以當作應用算學的一部分，就是數目比例的應用。

當我們就鋼琴上或西洋胡琴上任彈一個音階時，或在我們任唱時，假使我們將其中一個音調的聲音弄錯，我們就要說這是不成腔了。不成腔的意義是什麼呢？這個於音調的本身沒有什麼關係，不過因為牠在那地

方那時間發出音來，叫我們聽着覺得不快樂，於是我們便有一種傾向，以為牠是不好。那音調的本身，也許是個可愛的音調，或者是洪亮而明晰的，或者是雄壯的，或者是悲哀的。可是無論怎樣，這種情形或者發生於音階之內，或者發生於一套歌曲裏面，總是令人聽着厭惡的。

鋼琴不成腔時發生什麼情形 不成腔的原理，就是那音調的振動次數，失了牠和別的音調應有的音比。我們可以說這個音調在這些音調中為不成腔，也可以說，這些音調對於這個音調不成腔。無論如何，音比總是錯誤的了。假使這個錯誤是因為那音調的振動次數太小而起的，我們就叫牠「音弱」*Note flat*；假使是因為振動次數太多的，我們就叫牠「音銳」*Note sharp*。

歌唱和奏西洋胡琴的通病，就是犯着音弱症。無論音聲和腔調怎樣美麗，無論怎樣彈得唱得高貴，無論他的節奏怎樣好，無論他時間支配以及種種都好，若是不成腔，總是沒有人能寬恕他的。所有一切的事情，都許是對的，但是倘若算學的音比一錯，其結果簡直不成為音樂，不過是一種作惡，叫人受罪的玩耍罷了。

有一個正當的問題發生了，便是鋼琴上的黑鍵，排列在構成C音階的白鍵之間有什麼意義？就音樂的進步方面說起來，已由第一次音階的進步，更產生第二次的進步了。第一個進步時期，是在由五音階進到我們普通所習知的通用音階的時候。我們說進步是很對的，因為在這種過程裏並沒有失了什麼。這種五音階仍然存在，祇是包括在通用的音階內罷了。

五個新音調加入了通用的音階內 第二個進步時期，就是再加五個新音調到通用音階的幾個音調中間

去。我們試彈任一種樂器，依了次序彈下去，我們能得着牠所發的聲音，和依着鋼琴白鍵和黑鍵的次序彈去所發的聲音，是一樣的。

在這種新音階的排列上兩個音調的距離，比了在簡單的音階上的距離要小些。例如我們看前面表上的E, F, 和G, 我們知道從E到F的距離，祇有從F到G的一半。可是在有黑鍵的新音階內，就有一個剛F被安放在F和G的中間，所以從E到F，從F到剛F，又從剛F到G，距離都相等了。這個祇有白鍵的舊音階，叫做「八音階」Diatonic scale，而有黑鍵的新音階，叫做「半音階」Chromatic scale。

設使我們將五音階八音階半音階三種比較一下，我們於音樂的進步，便有所知了。一個大變遷，不是可以直接從最老的簡單音階內生產出來的。這不是說牠的結果不見得可愛，不過因為他們常常總是被限制住的。牠總是少一種造成八音階和半音階間不同的變化。

孩子們所喜歡而又懂得的曲調 最近百年之中，半音階的用途已經擴大，而構成音樂的基本了。兒童總是喜歡學習音樂的，他們最初所喜歡而又懂得的曲調，那當然都要根據於較簡單的音階。實際上無論何人，都是喜歡這些曲調的，祇有比較很小的一部分人，喜歡根據於半音階而構成的曲調。有些人甚至要說現在的音樂，簡直是沒有什麼曲調的，但是聽官對於音樂素有經驗，較為進步的人們，能夠知道這種較新的音樂內也有曲調的，和根據於較簡單的音階所構成的音樂一樣。

假使我們將所有的音樂，用算學比例的形式寫出來（這是一件可以辦得到的事情），從此便可明明白白，將

人們對於音樂的聽官，依自然練習和教育的進步分類表示出來。最初是會明白二比一，三比二，和五比四等的簡單音比的，最後便會明白現在音樂上用得最多而最繁雜的音比了。賽林是一種因風而鳴的樂器，音樂的奏成，由於風或空氣吹過牠的小孔而成。但是所有的事實，都可用賽林來證明，並且在賽林是眞確的事實，在所有因風而鳴的樂器都是眞實的，在絲弦樂器也是一樣眞實的。雖然他們兩種情形所發生的聲浪，方法不同，但是所有這種神妙的定律，關於他們的音比的，畢竟相同。

提琴和他的弦的妙用 弦樂器在音樂上是極寶貴的，並且這種緊張的弦，不論怎樣動起來，總是饒有趣味的，已有人將牠詳細研究過。假使我們觀察一把西洋胡琴而留心牠的用法，我們就可以知道一條弦上有三件事發生，因此就可以決定弦振動的度數。

第一，我們注意發低音的弦，比較發高音的弦粗些。這個理由，就是因為照定律，重弦的振動次數比輕弦的振動次數低些。弦的重量或質量 *Mass* 一部分是看物質的密度，一部分也看牠的粗細而定規的。第二，我們注意到奏西洋胡琴的，將弦弄得緊些或鬆些，也大有關係。

當牠調節那樂器的音調時，牠要轉動那樂器上端的栓子，來配好那弦上應有的寬緊。弦若愈緊，牠的振動便愈快，而牠的調門也就愈高。假使我們增加牠的緊張到四倍，弦的振動便比平時增加二倍；假使緊張增加到九倍，弦的振動便比平時增加三倍。四是二的平方，九是三的平方。這就是各種情形中的一個定律。

最後我們注意到，有人奏西洋胡琴的時候，他不住的移動他左手的指頭，並且用力按在弦上。這不過是一

種變更弦的長度最便利的方法，因為當他用指按住弦的某點時，恰和弦祇有到某點那麼長短一樣。

不同的樂器上所發的不同的音調 我們仍可以注意着，當牠彈高音時，牠的手指漸漸向下移動，使那弦漸漸縮短。弦若愈短，則音調愈高。

還有一個深有趣味的問題，我們沒有加以討論過。假定鋼琴上的C音，如我們所已做過的，算作二十四。

此外我們再取一個風琴，一個西洋胡琴，一個口發的音，和各種樂器所發的音，同時使他們在二十四這一個音調上發聲，他們的聲音卻大不相同。無論何人都可以一聽便知，某音是由西洋胡琴發出的，某音是由鋼琴發出的。

簡單聲浪的音樂和混合聲浪的音樂 我們個個人都能分別朋友們說話的聲音，分別這個西洋胡琴的聲音和那個西洋胡琴的聲音，通常也是容易的，聰明的人更能分別這個鋼琴的聲音和別個鋼琴的聲音；雖然他們的音調各種情形都相同，卻是他們總有不同的地方，我們如果能找出這不同的地方在那裏，那就是一件很有趣味的樂事。

我們先說，有許多種樂器，他們所發的音，沒有什麼不同的地方，會被人找出來。例如音叉 Tuning-fork，的確祇發出一種相同的音調，並不像價錢便宜和價錢貴的西洋胡琴，發出來的音調有分別。仔細研究起來，我們就發現出他們所以不同的緣故。原來音叉的聲音完全是單純的；但是在西洋胡琴，或口音，或鋼琴，或風琴上，他們所發的聲音就不這樣，假使我們的眼能看見，就可以知道他們是和海裏滾滾如山的大波濤一樣，這大波濤上又有小波浪，小波浪上更有皺起的極小波紋。

因爲這種和一根線那樣一高一低作波浪式的簡單聲浪，和各種小波浪大波浪混成的聲浪的不同，就叫我們的聽官，感受着一種大分別。音樂上所寶貴的聲音，是由混合的聲浪構成的。這種大的波浪，叫做「原音」。

Fundamental note or tone，那些和大波浪一起進行的小波浪，叫做「協音或副音」Over-tone or harmonics。爲何各種不同的樂器發生各種不同的聲音，副音對於學習聲學的人，和學習音樂的人，都是一樣的有趣味的。甚至他們所發的原音雖然一樣，因協音的數目，和他們相關的高低，可以叫彼此樂器間所發的聲音不同，也可以叫這個人發的口音和別個人的不同。這是副音的性質。這個意思便是我們所聽見的音樂，幾乎都不是單音，都是許多音聯合起來的。他們確實是些和音，不過是因爲最低的原音就比他們響亮得多，所以我們難以注意到。然而他們竟可以把西洋胡琴的聲音和鋼琴的聲音，這個朋友的聲音和別個朋友的聲音分別開來，他們確實是存在的。

偉大而有趣味的音樂，由各種樂器，以及各種變化無窮的聲音組成的，我們能夠用一種樂器，和他種含有不同的副音的樂器合奏而成。無論所用什麼樂器，我們總要牠的副音多，并且要他們豐潤而和諧。這事在西洋胡琴和人類的聲音裏，尤其最真實的。

我們大家都曉得，許多年以前所做的西洋胡琴，價值要幾千圓，而一方面別種西洋胡琴，僅值幾塊錢；因爲雖然拉的人一樣，所用的弓一樣，所用的弦也是一樣，但是在這兩件東西中，一則發音洪亮豐潤，成爲可愛的樂音；一則發音衰弱，成爲乾枯的噪音，幾乎要沒有人說牠是音樂。

古代異樣提琴的奧妙 這些完全祇是一個副音的問題。同一的方法，同一的弦，同一隻手，同一的弓拉奏，房子也沒有變更，音調也是一樣，但是所發的聲音，則有可愛和可厭兩種不同的情形。

這種不同與西洋胡琴本體有關係，這是現在所曉得的。弦振動時，不但自己發生大的主波，並且發生許多小波浪。要聲音發得可愛的奧秘，在於弦振動時，弦的附近也有些東西振動，並且這些東西，有選出人聽官所最愛聽的能力的；像這樣，音調纔能洪亮豐潤。古代的異樣西洋胡琴，牠本體的前面和背面的大小，形狀，曲度，和厚薄，恰恰到一個適當的地步，他們都能够和弦一樣，發同一的音調，而成共鳴 *Resonance*。他們能互相襄助，而不互相反對，這便是他們的奧妙。

聲音的行爲

我們時常說起聲的顏色 *Color of the voice*；或者說，唱歌的人用了一種很白的聲調，意思就是指明這種聲音裏面顏色含得很少。唱歌的人不用他的共鳴器 *Resonator*，加顏色到他所發的聲調裏去，僅僅靠着聲帶 *Vocal cord* 的發聲是沒有變化的。有些時候，我們說到言語的聲調，或由樂器發生的聲調，要說他們是冷靜的，或是熱誠的；有些時候，我們要拿牠來和我們對於別的物體的感覺作比較，例如我們說某音是粗的，是糙的，或是平滑的。

我們必須時常記住，這和純粹的大聲音是完全不相同的。要說話或唱歌的聲音，粗糙而無噪音是可能的。

又如一羣小孩子談得很響，或唱得很響，然而他們的聲調仍舊是柔和而平滑，溫暖而有味的。像這種比較上的名稱，是很有趣的，因為他們能使我们比較我們的感覺，使我們的感覺漸漸互相接近。

現在我們再進一步，更加留心將在前面所說過的副音問題加以研究。我們祇須拿一條弦緊張在一塊能發聲的板上，就能够很好的研究牠了。那樣設置，實際上恰和西洋胡琴祇有一根弦一樣。大家都知道，西洋胡琴可以用手指撥彈，或用弓拉奏的，但是大家已都知道，用弓拉奏而發生的聲音，和用手指撥彈所發生的聲音是大不相同的。

這和聲音的長短，沒有什麼關係，因為聰明的西洋胡琴大家，雖然能够用弓拉奏，發生一種極短的聲音來，所有音調的高低，大小，長短都和撥彈的一樣，但是他們的性質是完全不同的。我們已經知道，這種異點必定是由於副音不同的關係，事實上果然如此。

我們的聽官告訴我們知道，用弓拉奏所發的聲音，比撥彈所發的聲音，更為洪亮可愛，其故因為用了拉奏，就叫琴弦全體分作若干小段振動。這種分段振動，會發生副音，以致所發的聲音洪亮。所以我們從此處觀察，得知弦有兩種不同的行動，隨着牠那兩種不同的振動方法而變化。當鋼琴或西洋胡琴的弦被擊奏或撥奏時，就有一種所謂自由振動發生。這種弦若是被擾亂片刻，而擾亂牠的物件便移開時，那弦便自由振動，時間長短不定——在鋼琴上振動的時候長些，在西洋胡琴上振動的時間短些。

調整鋼琴的手術 就鋼琴舉例說起來，鋼絲的作用是不變的，不論如何的方法，總是要使牠的副音能够豐

富，雖然副音是屬於自由震動的。共鳴器對於特別的音調，會發生感應振動 *Sympathetic vibration*，而幫助那個聲音洪大的，在奇象中冊二三四頁我們曾經讀過。但是共鳴器的問題而外，弦線方面也有些大異點。我們知道音的高低，要看弦線的張力而定，這就是樂師調節鋼琴時手術之一；音的高低，牠也要弦線的質量和牠的長短而定。

所以很明顯的，同樣的音可以從一根長而細的弦上和短而粗的弦上發生，這是可以確實辦到的；或者兩種弦上可以發生同樣的原音，但是說到副音問題，那就大有不同了。我們覺得，雖然兩弦所發的原音相同，但從長而細的弦上所發生的音，比較從短而粗的弦上所發生的音要美麗圓潤得多。

個個人都知道好鋼琴所發的低音，和價賤的鋼琴所發同音調的低音，如何完全不同。其中最要緊的一個異點，便是好的鋼琴發生低音的弦，是用長絲的，這也就是牠位置佔得多的緣故。

爲什麼好的鋼琴奏出的音樂比不好的鋼琴好，但是兩個形體一般的鋼琴，他們低音的性質也許是不同的，我們將那兩個鋼琴打開來看看，我們就查出在較好的鋼琴裏面，較長的鋼絲是和短鋼絲的位置交叉成角的，所以會有較大的長度。這就是增加副弦的意思，現在的最賤價的鋼琴是沒有副弦的。加副弦的目的，便是增加弦的長度，增加弦的長度，便是構成低音的最好方法，因爲長而細的弦所發的副音，較短而粗的弦來得多。

當弦線振動而發生副音的時候，有一種什麼情形發現是很難切實說出的。我們知道，第一步是向兩側擺動，次則從弦線的頂上分爲若干小節——例如原長的二分之一，或四分之一等等——這些小節也各自擺動，各

節擺動的速度，依該節的長度而定；這就是怎樣發生副音的情形。這件事實給我們一種理想，就是爲什麼在一種很短很粗的東西，如音叉之類，我們不能得着副音，而在一條緊張的，長而細的弦線，我們就能得着許多副音。

提琴的弦能歡笑或哀哭。當弦線用弓拉奏時，牠便各方的振動起來，但是這種情形，祇有弓拉過弦線時才會振動，弓一拉過，震動立刻便停止了。這種弦線，僅在弓強迫牠振動時纔振動，所以這種振動叫做「強迫振動」(Forced vibration)，和自由振動有個區別的。假使我們能夠觀察到強迫振動的確有什麼情形發生的，強迫振動便可的確算是世界上一件最奇妙的事情。

西洋胡琴大家和一位不善奏西洋胡琴的人，雖然他們用同一個西洋胡琴拉奏，其間的分別卻是很大。神妙之處全在這位西洋胡琴大家的一張弓裏面。當他拉奏一個簡單的長音時，雖然所發的是個單音，卻是包含着許多音在內；當他拿弓在弦間往近拉奏時，他能夠叫牠發出悲苦或歡樂的聲音。

這事是因爲弦線感受強迫振動，極其敏捷，所以有這個結果。弓對於弦線所生的變化極微，幾乎沒有一個人能夠把他們描寫出來，斷言出來，或者說出他們的原委來，或者說明他們是怎麼組成的，這種微小的變化卻能將聲色完全改變。其理由自然是由於弦線由一種特異的方法振動，因此特異的振動方法，對於那特別音調的本身，就發生一套特異的副音，這種聲音除非弦線振動停止，決不會變更的。優等西洋胡琴的長處，就是牠本身對於弦線行爲的反應非常靈敏，恰和弦線對於弓行爲的反應一樣。

你自己能在鋼琴上做的，一個實驗。有一個很有趣的實驗，個個人都能夠就一具好鋼琴上做的。照普通

的規矩，當我們弄鋼琴上的一個音調時，沒有別的音調有機會發音的，因為琴壓 *Damper* 安置在他們上面，所以他們靜而無聲。當我們將一音鍵按下時，我們便把琴壓舉起了。

再讓我們將以下幾個音調——如低音 C 和高音 C 和牠以上的 E G 及變 B 等——按下，不要打擊牠，僅僅的把琴壓升起，像那樣，如果弦一振動，這幾個音調便能自由發聲。當我們已將上述的手續預備好時，我們再打擊低音 C 以下的 C 鍵，且由牠去，莫管牠。假如這個鋼琴是很好的，我們現在可以聽見一種柔美的聲音，這聲音是由我們所預先按下的五音調合成的，但是我們對於這五個音鍵並沒有加以打擊。到底已有一樣東西打擊他們了，這個東西的解釋是很有趣味的。

這個解釋的第一步，就是我們所打擊的低而長的弦，不僅全體振動，發生了牠自己特別的音調，卻也分爲數段的振動着，每段的長度相當於我們以前所按下的五個音調。當這個音鍵依平常的法子打擊時，這些副音，只有有經驗的耳朵才能分別，但是在我們的實驗裏，我們卻將他們突現出來了，因為我們已使我們所打擊的音鍵自由響着，不叫牠只發一個簡單的大聲。

我們奏鋼琴時爲什麼有些東西會丁東的響着 上面那樣的做法，並沒有叫一切都停止。這是何故呢？

因爲構成副音的空氣波浪，又各個衝擊到和牠有關的琴弦上去了，所以那琴弦便發生同感振動。別的琴弦因爲不能夠作那種特別速度的振動，所以不發生什麼影響；但是同感振動的意思，就是波浪依某種速度進行，能够使和牠同樣的物體振動。這就是爲什麼當我們奏鋼琴時，有些東西會丁東響着的理由。這種同感振動的例

子，可以幫助我們了解共鳴器的行動也可以幫助我們了解爲什麼良工斯特刺第發里亞斯 *Stentivaria* 所做的西洋胡琴和下等工人所做的西洋胡琴有許多不同的地方。第一，我們知道有許多物件是能共鳴的，有些是不能共鳴的。一個鐘或者一個錶，當將牠由棉花裏面移到堅硬的木頭上時，牠所發的「的答」聲便大不相同；又當我們要聽一種好音義的聲音時，我們不把牠直接拿在空氣中，只把牠的柄裝在一個穩固而堅實的物體裏面。我們又知道西洋胡琴的弦線聲音，若是沒有琴的本體，便要發生微弱的聲音，鋼琴的琴弦，若是在琴匣外面發聲，便要低微得令人詫異；動物的聲帶也是如此，他們自己所發的聲音是極微而很難聽的。

音調的聲音在一瓶水上面的行爲 但是這個斷乎不是叫我們去設想，這一個共鳴器的好處，恰和別一個的共鳴器一樣的。反一面說，各種特別的共鳴器，如有牠相應的特別的振動速度——如就我們所見的鋼琴弦線的同感振動說起來，這種振動就是能發生同感的。假使我們取一個長的器具，把水裝到一定的高度，而後攻擊音叉，令牠發聲，並且把牠放在那裝水的器具的口上，我們便覺得那聲音特別的洪亮。假使我們將那器具裏面的水傾出些，或加入些，再拿音叉放到牠的口上邊去，那聲音和原來的聲音，幾乎沒有分別，或者只有很少的分別。

用這種方法，我們可以製造成由許多共鳴器依次排列而組成的各種樂器來。假使我們拿些小火燄放在這些共鳴器的口邊，和牠相當的另一個共鳴器振動時，火燄搖動，便會搖動，而且只在那個時候搖動。因此我們雖然不能用聽官將副音分別出來，卻是可以有這有特別用意的法子，將副音找出來。這叫做共鳴器的調音法，

最初研究這事的人，是法國的偉人赫爾姆霍斯 Helmholtz。

雖然赫爾姆霍斯能知道共鳴器的調音法，但是這方法實在在他以前就已有過的，至於我們雖然天天調奏着共鳴器，卻不知道怎樣對準他們。別的樂器也許是奇妙的，但是西洋胡琴尤爲特別，在高明的樂師手內奏起來，幾乎能够使牠有人性，牠的聲音真可以超勝一切樂器，這個理由沒有別的，便是因爲我們還沒有發明別的樂器，能够和牠一樣的調奏共鳴器。宇宙間的事物，都不能無中生有的，所以共鳴器也不能創造出什麼東西來。牠只能叫已有的更加顯著罷了。

人類奇妙的聲帶 在我們以前用鋼琴做的實驗裏面，我們起首所聽得的柔音，確是從我們所打擊的那根弦線上發來的；所以人類說話或唱歌時，牠聲音內的副音，也必定要從聲帶上發生。可怪的聲帶振動，所生的豐富副音，是由於尤其可怪的短聲帶發生的。唱低音的人的聲帶——不精確的說牠長約一英寸——所發的副音數目，可以和幾吋長的西洋胡琴琴弦，或數呎長的鋼琴的弦線所發的副音相比而不上下。聲帶的振動是一種強迫振動，這種事實我們當然要記住，我們更知道，兩樣要是東西相等的，強迫振動比較自由振動的副音常要多些。沒有一樣樂器，能奏出的音樂，及得到喉音那樣的奇妙絕倫的。

胸膛，口腔，以及鼻子，乃是喉音的共鳴器，這種共鳴器和別的不同，能够時刻變更，而其變更卻很適當。發低音的主要共鳴器是胸膛，牠的功用就是增加低的副音。當胸膛膨脹時，牠的功用最好，所以唱歌的人，當肺內空氣充滿時，所發生的共鳴的低音，比較肺內空氣幾盡排出的時候爲多。

大歌曲家對於語言的奇異能力。但是各種聲調的特性，就是唱出曲中主音的，而又節制喉音的特性，和節制牠對於我們心理上發生的影響的，都因較高的副音而定。這種較高副音的發生，由於上部共鳴器的感動，牠的形式變更甚廣，我們能夠時刻節制牠。從實用這一點上觀察起來，叫我們的共鳴器發音，是最重要的事實，因為牠給我們一種特別的能力，發出各種不同的全音來。所以最低等人類的語音，實際上說起來都是由僕音組成的——我們可以說，他們若不是噴嚏，祇是些「的答」的聲音，由鼻出氣所發的鼾聲，和咳嗽的聲音罷了——而高等人類的語音，以主音為多，他們二者間的不同，就是因為有共鳴器的定律，和我們能任意叫我們的共鳴器發聲的原故。

優良的歌者，不單注意最高的語音，對於一切語音無不發音中肯。至於惡劣的歌者，的確時常弄錯語言中的主音，叫他們的聲音幾乎變成一律的。像這種樣子，便叫我們不能懂得他唱的是什麼字句，他也把主音變化的價值都喪失了。

造成優良歌者的幾件事情 優良的歌者，不在乎僅僅的多利用變化，在說話時主音發得特別比一般人純粹清晰，他尤須要叫他的共鳴器時刻發聲，將他的音調弄得時而冷靜，時而熱烈。

爲了這個目的，他就隨意利用一切東西，來叫他的共鳴器發聲。口的闊度，唇，舌，以及咽喉各部的正確位置等，都是修正上部共鳴器的發音的，也是一個大歌者可以自由處置的。

並不是除了緊張的弦線以外，便沒有法子能發生副音了。管的振動也是一樣能發生副音的，如風琴管，笛

簫，和大笛等都是。這幾種樂器的性質相差很遠，他們的不同就是因為副音有分別的緣故。以上每種樂器管內的空氣柱，不僅是從上端到下端成一完全單獨的振動，卻也發生分段振動的，因為分段振動，所以就發生副音。因為好奇心的緣故，我們可以研究像板這樣東西的行爲。若干年前，有人將一塊板架住了牠的中心，用西洋胡琴弓拉過牠的邊，使牠振動，而加以仔細的研究。若是拿些細沙平均散佈在板上，當板振動後，我們便見細沙就疎疎密密的布成有定式的花紋，和聲音所生的花紋一樣。這些花紋，將隨着環境而變更，例如因弓的拉法不同，牠也要變更他們的式樣。

現在我們可以明白，細沙在板上振動最甚的部分，將移開而堆積於振動最小的部分。於是各方面看來，我們就可以在板上振動最弱的地方，找出幾條確實的線來，在這些線上，細沙是堆積着的。這些積沙的地點叫做「節點」Nodes，牠是拉丁字，意思是節 Knot。但是節的重要，不是僅僅因為我們在板的振動中發現這種事實。當我們仔細研究一根緊張的弦線時，我們也發現弦線的振動中，有些地方振動得最少，這些地方便都是節點。我們知道弦線是時常全體作單純的振動的；但是除此以外，牠也分段振動而發生副音的，這些分段的地方，都在節點與節點的中間。最簡單最普通的副音，無論在那一種弦線上，就是恰比原音高一級的第二八音調。

我們已經研究過弦線振動的規則，就是短弦的振動常要快些。所以當某副音是某原音的第八音時，牠的弦線振動，一定祇有原來長度的一半。弦線的長度減半，就是弦線每秒鐘的振動數目增加一倍的意思，所以恰成第八音。於是我們應該在弦線的二分之一要有一節點，事實上果然如此。此外每逢有什麼副音發生，這節

總是有。當緊張的弦線振動時，在一種特別情形之下，我們確實能夠看見這些的節點。至於很高的副音，當然那音有要分爲許多小段振動着，這些小段的長短，恰恰適宜於那個高調的副音；在理想上如此，在事實上也如此。副線愈高，那弦線分段振動的數目便愈多，而每段的往復運動範圍也愈小。

我們知道，聲音的大小是要看空氣波浪振動的寬狹或振幅 *Amplitude* 而定的，振幅的大小，就要看造成空氣波浪的物體的搖動寬狹而定了。所以在這種情形裏，我們應該要想，弦線愈短，則弦線分段振動的振幅愈小，所發的副音也必定因爲聲音愈高而愈小；事實上所發生的恰是如此。無論怎樣，我們的心裏總不要思想弄混了，以爲有些空氣的分子，或有些弦線的部分，可以同時分成兩處的。我們當然知道，這種事實是斷不能夠發生的。所以當弦線振動發生原音和副音時，牠毫沒有像我們所想像的事情，只有我們所見的結果。牠沒有一部分能夠同時分成兩處的，不過弦線的實在運動更是廣大而複雜罷了，所以由這種運動所生的空氣波浪也是如此。

當我們想像許多樂器許多聲音聚在一起奏響時，所發生的聲浪的混雜，一定是極其難於領會的。傳到聽官的聲浪，也一定是各種聲浪間的一個非常混雜的東西。研究聲浪很有趣方法，在留聲機器裏可以得到，關於留聲機器的事情，我們已在本書的別一章裏讀到，牠起初不過是一種玩具罷了。但是我們可以叫留聲機器，將樂隊所奏的各種的聲音，或簡單，或複雜，或是音樂或是噪音一概記錄下來，而蠟片上用留聲機針所造成的符號，也可以用顯微鏡來研究，或者竟可以把它攝了影，更充分的放大起來。

當我們說 O O 便不見當我們說 E E 便跳躍的火燄。這是一種轉變聲音爲一種可見的東西，而加以研究的方法。我們曾看見火燄置於共鳴器的口邊時，共鳴器振動，火燄便會搖動。我們能使火燄對於聲音的感應更加靈敏；但是我們不能說火燄聽得着聲音，不過是聲浪的性質能夠影響牠就是了。

丁鐸爾教授 Professor Tyndall 發明了主音燄 Vowel Flame，這種火燄當沒東西擾牠時，大約有二呎高，有幾個聲音能夠叫牠變成很低，幾乎使人看不見；又有一種特別的聲音停止時，火燄便能復跳出來。牠所以叫做元音燄的緣故，是因為牠能將甲元音和乙主音分別告訴出來。這種火燄對於高音的感應特別靈敏，所以對於由高副音組成的主音所生的影響，比較對於含有低副音的主音所生的影響容易。

主音中音調最高的是聲音。無論什麼人，若是用同音調說出諸主音，牠便可以知道誰是他們的音調一樣，然而毫無疑義的，E 音是總要比較高些。這個理由，就是因為雖然說諸主音時所發的原音都相同，然而 E 音的副音比較要算最高。現在假使我們在低處向母音燄說 E E，那燄便變得很小很小；若是向牠高處說 E E，那火燄便變得幾乎看不見了。但當我們說 E E 的聲音停止時，那火燄便重新躍出。

人們能夠看着聲音和火玩弄。感應靈敏的火燄，可以供精細的科學目的之用。我們已曾見過這種火燄，可以示知那種共鳴器會因那種聲音而振動。這種實驗可應用於聲學的研究，尤其可以應用於主音的研究，主音的數目，比祇懂一種語言的人所想像的要多得很多。當我們學習法文的時候，我們便知道法文的主音怎樣不同，所以世界上各種語言中的主音是極多的。這些主音都是爲了副音的關係，我們可以向一種儀器內說話

來試驗他們，叫他們對於火燄發生影響，因而我們就研究火燄在各種不同的情形裏的形狀怎樣。實際上說起來，我們能够看聲和火玩弄着！這種火燄的形式，和同一的聲音在留聲機器的蠟板上所造成的符號，是有極相同的地方的。

當水浪衝擊到堤防邊，轉折回頭，與第二浪相遇時，這兩個浪將衝突而互相干涉。有些時候，兩個浪頂會聚在一起而造成一很高的浪頂；有些時候，一個浪的浪頂，會和別個浪的浪底相遇，兩者就有互相侵消的傾向。像這種此浪對於彼浪的影響，叫做「干涉」Interference，世間所有各種波浪都是這樣的——如水波，聲浪，以及構成光的以太浪都是。

投石入池我們能學得什麼 若以海和堤防為不便利，我們能够用投兩塊石頭到池裏的小巧法子來研究干涉的現象，而觀察由甲石所生的波浪對於由乙石所生的波浪的關係。

聲浪的干涉，能發生最有趣的結果。牠的意思，就是假如我們用兩個高低相近而不相同的兩音，聚在一塊兒發聲，他們的聲浪將互相干涉，而我們就可得到升沈 Beat 的現象；聲音似乎是在跳動，或一升一沈的樣兒。當那兩音互相襄助的時候，聲音便更加洪亮；當他們互相消煞時，聲音便微弱。這種升沈是很不快感的。

我們所說的乖音，牠的一部分阻礙，就是因為各種聲調所發生的，聲浪有互相干涉的緣故，所以我們會感覺着升沈和悸動的現象。但是各種人的嗜好不同，對於乖音竟有人以為是很好的，原來乖音要是用得適當，在音樂裏是很寶貴的，因為牠能將和音感動我們耳官的效果，增加得非常的多。

光是什麼做成的

我們看得見這本書，是因為有一樣東西從紙上反射到我們的眼睜裏來；這樣東西，宇宙間到處都有的，牠是便我們知曉大宇宙的唯一媒介物。牠的名字叫做「光」。牠是能力的種種形式中的一種，世界上的東西再也沒有比牠還重要還有趣的。

我們知道光是由於我們的眼睜能看見牠。假如我們是瞎子，那末雖然外邊有發光的物體存在，可以發出光來，我們就不會當牠是光了。這句話似乎很迷惑，然而却是可信的。我們說有聲音，乃是指有樣東西給人聽見了，當然是用耳朵的；說有光乃是具有樣東西給人看見了，當然是用眼睛的。如果耳目的能力有限制，他們對於世上事物，就容易受欺詐了。

我們所稱為光的這樣東西，倘若我們的眼睜不受限制，都能看見，那麼就可以知道牠有許多式樣。這些式樣，有些是螞蟻能夠看見的。第一步我們須先明瞭，不要將我們身外的光，和視覺所看見的東西弄混了。普通的說法，光這個名詞，只用來代表我們能看得見的東西，因此，我們可把一部分光的事實置之不問。但是我們所能看見的光，并非光的全部，所以現在有許多關於這事的著作家，就不用「光」這個名詞，他們以為說「輻射能力」 Radiant energy 要比較好些；因為輻射能力這個名詞，能包括牠所應包含的東西，不論是我們看得見的，或看不見的。這裏我們仍用光這個名詞，祇要我們能明瞭，我們并非用牠來專指我們所能看得見的光的。我們廣

義的用牠，當然不會有什麼害處。能見的光和輻射能力，本是同種的東西，不過他們有遞速不同的波浪，我們不能看見罷了。我們不能看見的光，我們可以因熱而覺着牠，這種熱，我們就叫做輻射熱 Radiant heat。

輻射熱是以太 Ether 裏面一種波浪構成的。以太是很奇怪的媒介物，到處都有的，雖然我們不能看見牠，實際上是我們視覺的本原，因為光浪是在以太裏構成的。所以光和輻射熱的定律，就成了一個定律。

光的研究雖已很久了，但是到二十世紀纔決定牠是以太中的浪構成的，並非在別的東西裏面構成的。我們還須知道，現在雖承認光浪說 Waves theory of light 是對的，但是另外還有一種學說，以為光是由許多微小顆粒在空間內流動而成的。

我們知道光是行動的，但這又是我們易於忘卻的一件事情。譬如我們在一個明亮的天氣，走到戶外去，或者在一個有穩定的光線射入的房裏，或者就一種簡單的情形說，就在這裏讀這段書的時候，我們似乎說覺得有一件我們叫做光的東西，會使紙張發亮，會留在那裏不動。可是實際上卻并非如此。

六秒鐘行一百萬哩的光 無論那地方的光都是行動的，并且光是世界上行動最快的東西。光是從天空中傳來而入我們的窗內的，或者是從燈光發出的這種光射在這張紙上，更由紙上反射到我們的眼睜內。我們或者可以設想牠和兩點一樣，只是速度很大。

第一項討論的事實，是有些運動的東西會發光。這種運動已用多種法子試驗過，牠的速度亦已經被人找出來。牠的速度的確和輻射熱的運動一樣的，也是和電浪的運動一樣的，因為光正是一種電浪。牠的速度，大

約是每分鐘十八萬六千哩，或者說光行一百萬哩尚不及六秒鐘。我們所能找出來的光的速度都是如此，總沒有更動；而且所有的光都是如此，真可算宇宙間最高的速度了。

我們所知道的運動種類很多，而光的運動卻就像一樣東西從甲地移到乙地，或者說牠卻是一種浪的行動，正好和水浪作比較。當我們投石於池時，水的波紋，就沿水面發出，可是水而本身卻沒有移動過。

牛頓對於光的大誤解，自從最初有人研究光學以來，牛頓是這種研究的大人物，他就是發現地心吸力定律 Law of Gravitation 和運動定律 Law of Motion 的大科學家。假使沒有牛頓，我們到現在恐怕還是

一無所知。但是牛頓對於光的錯誤，在智識的歷史方面說起來，卻是一件很有趣的事實，並且他作成的錯誤，實在是最不幸的。據他的評論，光不是由浪構成，乃由極微小質點在空中放射而成的。研究這一類光的問題，幾乎沒有人能及牛頓；但大學問家卻也要錯誤，而且當他錯誤時，影響真是很大，這是我們應該知道的。牛頓曾發現許多關於光的事情，比他的前輩們還多，因此自然而然的他的意見佔有很大的權力。

倘若如牛頓所說，光是由一種如雨如雹的微粒，在空間向各方向迅速飛行而成的，那麼這些小小的飛球，必定要衝擊到所遇的東西上。現在關於光最新發明的事實，是光有壓力的。但是這並非證明光是由兩點的顆粒構成的，乃是說，雖然光是由浪構成，光行時雖沒有物質移動，這種浪卻仍有壓力的。

能研究事實還沒有發現的名人，上述的事實，若是牛頓能夠知道，他將何等的得意快樂！這種壓力，不僅對於我們看得見的光是可靠的，對於別種浪，就是我們不能看見的輻射光浪，也都是可靠的；這種壓力的正當名

叫做「輻射壓力」 Radiation pressure

一位有名的蘇格蘭人，名字叫做馬克斯維耳 Clerk-Maxwell，許多年前，他便說光是有壓力的，他並且說明壓力應該是多少。他的說法完全是由於他的想像能力，也是因為他對於光浪的性質能澈底明瞭。本世紀內的學者，已經各自獨立證明光是有壓力的了，並且這力也是恰和馬克斯維耳所預言的一致。

當做精密正確的實驗時，將一很輕的物體，用一極細的石英絲吊起，這樣雖是最輕的接觸，也就可以振動，那物體由此我們發現當光線射在那物體上時，那物體果然被推動了；這推動的力，可以量出來的，恰恰證明牠和光浪說 The theory of light waves 所應得的數量一致。看這個實驗，實在是很奇妙的，雖然我們知道并無東西打擊那懸掛的物體，但是看起來好像是有手指或噴水壺在那裏推動牠一樣，這種現象，完全由於力在以太內的運動。輻射壓力這個名詞，我們應當記住；因為差不多以後每年，我們將要聽見人愈加多討論牠。

發現宇宙神祕的一個窗口 光是宇宙間一件偉大的事實；無論牠到什麼地方，都有一種推力，所以牠是自然界的一件偉大事實。這種推力的工作，幾乎和地吸 Gravitation 有同一的普遍現象，但是他們的方向恰相反，一為推，一為吸。大概這種壓力的意義和結果，在將來宇宙間都是很重要的，因此我們不禁要替發現地吸的人設想，假使他已知道輻射壓力這種事實了，不知他將以為如何。

牛頓最有名的實驗，和歷年的最有名的實驗一樣，都是很簡單的，并不費什麼貴重的器具。牛頓的工作不過是閉了他的窗門，將窗門上穿一孔，讓光線從此孔穿入暗室內，再拿一具三稜鏡 Prism —— 就是一片有三

邊的玻璃——來，觀察光線通過三稜鏡的時候，有什麼變動。他發現白色的日光，經過三稜鏡後，被分為數種顏色。他又將窗上的孔改為縫，仍舊讓光線通過三稜鏡，牠發現白色的光，分成了一條有各種顏色的帶，這些顏色和虹一樣。這種顏色帶現在叫做「光帶」Spectrum，因此許多的宇宙神祕，就表現於科學家之前了。

分光而構成虹的兩點 這個實驗，證明了一件總想不到總不相信的事情，就是普通白色的光，竟是一個各種顏色的混合物，而且那些顏色是和虹內所有的顏色一樣的。虹的本身也是由白色的光構成的，因為白色的日光，從天空中無限的兩點間反射出來，就分成了各種顏色。這些兩點恰和牛頓的三稜鏡的功用一樣，並且理由亦相同。這種光的混合性的大發明，可視為這一部分科學的真紀元。

牛頓對於這事情自然是很留神的；他明白什麼現象發生了，並且明白這種現象如何發生。他見當光經過三稜鏡時，光便被屈折的。我們很知道光線如何能屈折。光的進行，當沒有阻礙時，是絕對的成直線的，無論進行到多少遠總是如此，但是當牠由空氣裏到水裏，或者由水裏到空氣裏，或者由空氣裏到玻璃裏，或者由玻璃到空氣裏，或者在別的情形時，光線便被屈折了；所以光線從三稜鏡裏出來，會成各種不同的角度。

倘若那樣，那麼原來光線是穿過小孔射在對面的牆上的，當牠經過三稜鏡後，這穿過小孔的光線，必不能射到牆上原來的地方了，因為牠進行的路程，已為三稜鏡所改變。但是正因為白色光不是一件簡單的東西，牠是一條虹內各種顏色的混合物，所以許多別的情形又發生了。

分開日光內各種顏色的小玻璃片 光線因為各種顏色光線的曲折不同，所以可以互相分別。如牛頓所

發現的，紅色光線是曲折最小，紫色光線是曲折最大。光線入三稜鏡時是混合的，出三稜鏡時，結果便各自依類分開了，紅色光線由牠本來無三稜鏡時的路和所發生的曲折最小，紫色光線的曲折最大，其餘數種顏色光線的曲折，依次分配在二者之間。

牛頓不但發現了這種事實，牠並且發明了正確的定律，明示這些光的顏色，不是光射到或透過什麼東西的結果，乃是各種特別光線的天性如此。假如一樣東西是紅的，那因為牠祇將紅色光線反射到我們的眼眸裏。如他所說的：『有些光線祇推出一種紅的光線，並不推出別的；有些祇是黃的而不是別的；有些祇是綠的而不是別的；其餘以此類推。』他又觀察出來，關於這些光線的曲折，有一絕對的定律，就是同顏色的光，屈折的度數總是同的，與光的來源沒有關係。牛頓這一個簡單的定律，已經引起了許多的結果，就是只記載他們的大綱，也可以成功一本鉅作。地球上許多地方，都有大實驗家，在那裏苦心孤詣的，專用日光來重做牛頓的實驗，並不作別的事情。

小小顏色帶內的大神奇 我們已經知道所找出的顏色帶叫做光帶，光帶裏的各樣東西都已研究過，討論過，注意過，並且還描寫過和測量過，我們已能分析光帶，和我們在玻璃器具內分析化學的混合品一樣。這種科目叫做『光帶分析』 Spectrum analysis，

光帶分析不僅用之於日光，亦能應用於從月球和火星所發來的光，以及從各種行星上所發來的光；甚至牠已經被應用於由恆星發來的光，和由彗星及星雲所發來的光。我們已經研究過各種熱的金屬和礦物質所發

的光，各種燈所發的光，以及各種發光體所發的光。用各種方法，我們能夠看見光帶中不能見的部分，如紫色以上和紅色以下的諸光線。紫色以上的光，我們可以用攝影法得到牠，紅色以下的光，可以因熱的運送知道牠。光帶我們在上面第十五頁的顏色一課中已經讀過了。

在光帶的各部分中，我們能找出幾條黑線。牛頓不會留意這些東西，但是他們比光帶本身更加重要，更加有趣。這種黑線裏面的每一條，都可以告訴我們，這光線是從那一種礦物質發來的。這種實驗繼牛頓的實驗而起，於是我們可以知道太陽裏那幾種原子是發光的。

一片玻璃能告訴我們諸星是由什麼物質構成的。用三稜鏡的分析光帶，告訴我們太陽和諸星，以及諸天體，是由什麼原質構成的。這種實驗，證明火星的空氣裏有養氣和水分；又可以襄助我們分別各種原質；可以從別的物質裏找出極少量的物質，這種物質我們沒有別的法子可以檢出的；甚至可以告訴我們諸星或是向我們行動的，或是背我們行動的，以及他們行動的速度是怎樣。光浪說不到十九世紀，已有人說起了；當我們讀這本書裏的聲學時，我們應該知道光和聲的相同點，引起了一位英格蘭的大科學家湯姆孫楊博士 Dr. Thomson Young 的疑問，他說，是不是牛頓的光子說是對的，光是不是須和聲一樣由浪構成的？楊因此發明了一個奇異的實驗，就是在有一種情形之下，光與光相加，將發生黑暗，因為這光線的光浪與彼光線的光浪干涉而相消的緣故，和聲浪互相干涉所發生的現象一樣，也和我們所見的水浪從防浪堤湧回時一樣。自從光浪干涉的事實發現後，關於光之成因的學說，除光浪說外，再也不能有第二說了。

現在我們不僅要證明光浪說，並且要述光與聲的有趣的異點。

爲什麼一條光線不能傳出來充滿一室？假如我們將一條光線穿過一孔，當牠行動時，牠的確是向外傳開的，但是牠總不會和聲一樣。聲會平均的向所有的方向傳開，正像屋中央點的蠟燭所放出來的光。光線總只是一個狹條，不向旁邊散開，所以光不能像聲的那樣散開充滿於屋內。這究竟是什麼緣故呢？這個解答乃是由光線向旁邊所發出的浪，幾乎爲了互相干涉，盡行消滅的緣故。這樣，可知除非光是真正由浪構成的，否則這種干涉而相消的事實是難以解釋的。這個發現，是一位法國人做成的。此後馬克斯維耳就在大不列顛繼續着研究光學，結果不好，於是證明光永久是電浪行經以太而成的。

現在我們要研究一些光浪的性質。第一步，我們須記住光浪和聲浪到底完全不同的，恰和無線電報的浪一樣，光浪是在以太內行動，是以以太所構成的。普通的物體，如空氣，水，或玻璃等，地球上都是有的，對於光總不免有些影響，甚至有許多別的物體，更可以叫牠完全停止。但是無論光在什麼地方，或者射過水內，或者在空間裏從甲星行到乙星，那裏并無物體，光浪總是在以太內，并不在其餘的東西裏的。

以太，有時叫做「傳光的以太」，是各地都有的，與物體的有無並沒有關係，光是在以太內傳到我們的眼裏的，牠經過空氣，正和牠完全沒有經過一樣。以太的浪可以因物體而生曲折，例如我們看見光穿過玻璃，亦能因物體而反射，例如我們在鏡內能看見光，也能被物體所吸收，例如光照在黑色的平面上，他們也時常會遲遲的穿過物體；可是光浪總是常在以太裏的。

夜間我們怎能看見太陽光，但是上面所說，和物體對於光浪的全部影響，還是相差很遠；因為光浪雖然是一種以太浪，還是要有物體發動他們，除了物體之外，沒有別的東西能發動他們的。世界上所有一切的光，都是由發光的物體而來。 *Lumen* 是拉丁文的光字，所以英文的發光體，便叫做 *Luminous*。

蠟燭光是發光的氣體構成的；電燈泡內的細絲是發光的固體構成的；太陽、星球，以及各種能自發光的物體，都是由發光的物質構成的。但是我們所見的東西，并非都是發光體，因為我們須因光而得見那些物體，他們只能反光罷了。譬如我們看月球，牠不是一個發光體，我們所以能看見牠，是因為牠能反射發光體太陽的光；我們所以能看見這頁書，也是因為牠能反射由發光體太陽發來的光，或他種發光體所發來的光。

我們必須想想，所有由原子構成的物體，都是深埋於以太之中，或者各方面都是被以太包圍住的。現在再想想，水裏有一尾魚，在動牠的尾。假使我們看着牠，我們當然會看見波紋——那就是說，魚尾運動在水中所生的波浪。無論何處的物體——如太陽，或者燭內的氣體，或者別的東西——都好像被以太的海圍住似的。所以假如物體內的原子，和魚尾一樣的運動起來，那麼因原子運動而發生的以太浪，當然是和因魚尾運動而發生的水浪一樣了；這是無論什麼時候，無論什麼地方，發光體發光的真確情形。

運動的球發聲牠那運動的原子發光，物體是由原子構成，這說法是對的。原子的本體便是光的根源。我們可以使一個鐵球搖動或擺動，在空氣內生出浪來，成了我們所稱的聲；但是球的全體運動總不能生出光來。然而假使我們將球燒熱，可以完全不必去運動牠，牠的原子卻會自己起變動，依着他們自己的方法運動，發生以

太浪，我們就稱這種浪爲光。若是這球不十分加熱，這種特別的浪將成我們所呼的紅光；但是若將這球加熱更甚，便發生我們所呼的白熱，因爲這時候球裏的原子發生混合的浪，已成了我們所說的白光。

雖然也可以說原子都能發光，但是那種光當細心考驗時——如牛頓之用三稜鏡檢驗日光——可以的確的告訴我們，牠是由鐵造成的。假如這球的品質不純粹，除了鐵的原子外，還有他種原質的原子，這些原子也就要各自發生特別的浪，幫助全部的光；並且當這種光被分析後，我們就能夠決定這裏是有鎂的原子，有鈣的原子，和知道有鐵的原子一樣。

我們能驗知幾百萬哩外恆星內的鐵質。不論我們在室內研究燒熱的鐵絲上所發的光，或研究幾百年前離開恆星的光，我們總能得着一樣的結果。老實的說，我們不過是驗知一呎外鐵絲內鐵的原子，或者驗知極遠極遠的星內鐵的原子罷了。可是我們卻一定能夠知道，那星所發的光，是由某種某種原子，並非別種原子發生的；或者說，在幾百年前，由那星發出，現在已達到我們這地方的光，也是從某種某種原子那裏來的。那星球或者早已碎爲塵土而消滅了。我們總不能說，我們所看見的星，現在果然是在那裏；我們只能照我們所知的最近時候來說牠，例如說大約四年半以前，牠一定是在那裏的。

各種不同的物質發出牠特有的光。化學家知道，每種不同的原子，和其餘的原子是絕對不同的，他們各能自發一種特別的光。這是一件非常的事實。但是當他們發光時，我們就來研究這種種原子所發的光，卻是很有趣味的。這些不同種的光，叫做各種原子或原質的光帶。所以有鐵光帶 A spectrum of iron，養光帶

A spectrum of oxygen 等等。

我們必須討論這些光帶，這樣會照着發光的原子的熱度而變遷；所以這種研究是特別重要的，不僅因為牠教我們許多事物的化學，連星都包括在內，也因為牠是一種檢查原質的重要實驗。

倘若有樣東西，看起來好像是一個原質，但是我們一點也不知道牠，我們看看牠有沒有和別種不同的特別光帶。倘若牠的光帶和我們所已知的各種光帶都不同，那麼我們就可以知道，牠是一種和我們已知的原子不同的原子構成的——就是說牠必定是一種新原質。不過我們時常覺得有些東西所發的光，只是告訴我們是兩種已知原質的混合物。

奇怪的能力常在空氣裏造成光 第二件重大的事實我們應記住的，就是無中不能生有。光不是一樣物體，因為物體是拿得着，切得斷的，可是牠到底是一個實在物體，牠是一種能力的形式，時常穿着空氣，由發光原質的原子那裏噴射出來。這些原子的運動，我們定須想像是極速的，爲了這種運動，才發生一種輻射，我們名之爲「熱」才發生一種相同的輻射，我們名之爲「光」。但是原子無時不運動，就無時不耗費着力；倘是只耗費而沒有補充，到時候恐怕要有破產的危險了。

我們如果記得這構成光的事實，是要有所消耗的，那末我們要想從一個物體得到光力，我們就必須加入一種別的能力。我們通電力到金屬的絲裏去，我們才能得着光；我們利用燭的炭養二氣的化學能力，我們才能得着光；我們能燃燒輕養二氣，發生多量的熱力，使一塊石灰的熱度很高，我們才能得着石灰光 *Lime-light*。

但是能力沒有來源，總是得不着的。宇宙間各種發光的原子，是在漸漸變低他們的溫度，這種降低的度數，和因放光放熱而失去的能力成比例，除非再有一種新能力來加入，久後牠必定要變得又冷又黑。銻 Radium 就是這樣的一個好例子，牠從牠自身內發出輻射熱和各種光，牠必須將牠的原子破裂，變成能力較少的簡單原子。

若沒有太陽光何故地球定要滅亡 光不能無源而發生，我們已經知道了，但是天空中的大發光體，不久要取去，要變冷，正和一根紅的火柴頭一樣，我們尤其要明白的。我們一注意到我們自己的太陽，我們就覺得這事有特別的重要。我們地球上的熱和光，都是從太陽裏來的。牠的光線射到我們世界上來的意思，是爲了人類的健康，生命，和快樂。但是太陽是在日漸變冷着，到牠變冷了時，地球上的生命當然都要死去，就是別的行星上，依靠太陽的生命，也都要同一的滅亡。光的造成，就是力的消費；太陽是在消費着力，力只消費而沒有補充，太陽當然要變冷了。

所以太陽總有一天變得冷而黑暗和天空中其他的無數星球一樣，就是各種明亮的星球，也難於免去這樣的事。

奇妙的鍵盤

給我們光和色的看不見的波浪 光是由以太中的波浪組成的，並且我們知道牠的構成和聲浪大不相同。

聲浪是一種一推一曳的波浪，在聲浪進行的線上移動；光浪的運動，卻橫向着和光所進行的路成直角。普通光浪或是上下運動或是向兩側運動，但是我們可以明白知道，所有光的波浪，祇有向上向下向兩側運動的兩種，再沒有第三種的。在一縷光內，除卻呈一種特別角度進行的光線以外，其餘的光線都可以分開來的。

這種事實的確可以辦到。當光穿過一種似乎很透明的結晶體時，除那一種有一定運動方向的光線得通過外，其餘只好一概折回。

這種可注意的事實，有一個極不佳的名稱，叫做「極光作用」Polarisation。就是天空的光多少也有些極光作用，因為光浪向各方的分量，並不是相等的緣故。假使我們就紙上繪一張星形圖畫，畫許多線穿過牠的中心點於是那星在紙上一落一落的移動，就和一條光線的運動一樣，並且這許多線可以代表構成光浪的無量數的方面。

現在我們可以明白，假使有一件東西和這個星一樣，向一定的方向進行，若遇成一定角度的長縫，必發生障礙；譬如說那長縫是自上而下直列的，則諸浪之中，除卻向上下移動的浪可以通過長縫外，其餘的都不能通過去，而通過的浪就成極光。人的眼光不能分別其中的異點，但是用一種別的法子可以證明出異點來。我們不要以為果然有像這種實有的長縫存在，要知道這種說法，不過是告訴我們，當光成極光時有這麼一回事發現罷了。

普通從天空來的光，多少總有些成極光的，但是光線行經冰島方解石——一稱冰蘭石——Iceland spar的晶體而成極光的，是一個最好例子，我們眼睛看起來，並沒有什麼特異之點；可是牠雖然似乎是很透明的，除了

和牠的特別角度恰合的波浪外，其餘的波浪，卻一概不得透過的。波浪的定律在許多方面都是相同的，但是一朝發現了聲浪和光浪兩種波浪運動的方向不同外，我們就知道極光這一件事，是光浪的特點。這種往來推塊，構成聲音的波浪，不能有分極的現象發生的。

透明而不透光的物體 當光成極光時，祇有在一定的情形之下，才能通過透明的物體。例如光線已經透過了一塊冰蘭石的晶體，牠必定可以通過預放在第一塊冰蘭石同一直線上的另一塊冰蘭石晶體；但是若將第二塊晶體稍微移斜，那麼通過第一塊晶體的光就不能通過第二塊晶體了。

這種情形，就和一個長人經過狹門一樣，他既然可以走過一個狹門，自然他也可以走過許多和這門相等的相連的門；但是假如他走到一個門邊，那門口不是向上下直開的，倒是向左右橫開的，他就不能走過那門了。這個例子可給我們一種關於光線分極何以不能通過透明晶體的理想。

我們知道，在聲學內有所謂高低的一律。就鋼琴說起來，有許多不同的音調，從低音到高音排成了一個有規則的行列。我們也知道聲的高低，由於每秒鐘內聲浪數目的多少，譬如甲音每秒鐘的聲浪數目比乙音多一倍，甲音就比乙音高一倍。

構成聲的波浪和構成光的波浪 鋼琴通常都是由七個音程 Octave 組成的，有時更加上三個音調，不必再很大的向兩方面擴張出去，而令所發的聲出乎我們聽覺所能感受的範圍以外。因為有了十一組音程，雖然不是敏捷的聽官，也不能感受什麼了。我們記得牢這事是好的，因為牠很容易懂得，並且是很能夠幫助我們領會

許多關於光和顏色的事實。如果光是由以太瀰構成的，那麼這種浪的數目，不論牠如何變動，一定也能和聲浪一樣的，使人可以捉摸，於是我們便可以叫光也有高低，和聲音所有的一樣。雖然，每秒鐘內，由光發生的波浪數目，比聲浪的數目多到幾十萬倍，然而他們都有高低，卻是相同的。聲浪的數目彼此多寡相差很多，自然和聲浪數目的情形一樣——甚至那個數目為這個數目的二倍；所以我們可以說，甲種光比乙種光高一倍。這種高低情形，自然可以向兩方面擴充，事實上的確如此，但是饒有趣味的一件事，就是聽官雖然大約能聽到十一組音程，而目光所能看覺的，大約祇有一組的光程。

一個自然而然的要發生的問題就是：光的那一種事實，會和聲音的高低相關的？答案便是顏色的奇妙。

我們所稱為顏色的各種光，光的顏色就是牠的高低，我們從光帶——在前已經讀過——上依了次序觀察光的顏色，從紅色一直到藍色，和留心聽鋼琴所發的一個音程相當。我們知道，在聲音這件事情裏面，雖然有些音調是由同一速度的聲浪構成的，但是有許多卻不是僅由一個音調構成的。音叉所發生的聲音只有一個簡單音調，可是西洋胡琴，鋼琴的弦，或者人類的喉音，卻有一個高低不同混合而成的音調。

像這種法子一樣，光也可以由一種高低相等的波浪構成，或者也可以由高低不同的混合波浪構成。各種顏色的不同，由於構成那各種光的波浪的高低有異，而我們的眼睛，就拿某種光和某種顏色相像，或不相像的話來斷定他們。

我們記好，顏色是聲的高低，恰和我們說光的高低是聲音的顏色一樣的。

當我們觀察光帶時，我們知道各種不同的顏色，雖然漸由甲種過渡到乙種，但是我們仍然能將某種某種顏色分別開來，並且我們能說出他們的名色和數目來。但是我們應該明白，這種顏色，乃由我們心理的特別感應以爲如此而發生的，到底顏色的本來，是以每秒鐘波浪數目的多寡而定。並且在我們的視覺範圍以內，所生波浪的數目，在每秒鐘內各各不一，倘若各種波浪的速度所發生的各種的光，我們都能看見，那麼我們便可以看見許多特種顏色了。所以雖然我們所見的顏色種類這麼少，其實有無數的百千萬種顏色存在着。

構成紅色光的長波浪和構成紫色光的短波浪。波浪形體的大小，恰和波浪的數目一樣，也是每秒鐘有變化的。波浪形體大小的特別名詞，叫做「浪長」(Wave length)，按照規則，浪長愈長，則每秒鐘內波浪的數目愈少，浪長愈短，則每秒鐘內波浪的數目愈多。所以我們在光內所能見的一種最黯的顏色——幾乎不易看見的紅色——每秒鐘內所有的波光數目最少，而光長卻最長；換一方面說，如紫色，牠的波浪最快而浪長最短。

我們當然不可以將每秒鐘內波浪的數目，和光的進行速度弄混了。譬如一個生有長腿的成年人，和一個生有矮腿的小孩子比肩而行，他們的速度可以是恰恰相同的，不過小孩子的三步，祇抵得成年人的一步罷了。所以和這種例子一樣，所有各種光的進行速度都是相等的，不過紫色光的波浪等於小孩子的矮腿快步，而紅色光的波浪卻等於成年人的長腿慢步就是了。

爲什麼照相器能看見眼睛所不能看見的物體。光的浪長的研究，是一件非常有趣味的事體，因爲我們能看見這樣小的東西，自然有些奇妙的。光浪的浪長，直小到這步田地，就是幾萬個光浪也可以相連着橫列在一

吋的小小長度內。當我們想用顯微鏡來看這麼極小的物體的時候，我們就可以知道光的浪長這一個問題是很重要的。光的浪長愈短，則兩波浪的接觸愈近，我們可以在較短浪長所成的光中，觀察出他們的分別來。但是有時波浪太相接近，當我們在稍長的浪長所成的光中觀察時，就不能將他們分別清楚，只覺得他們是合為一體了。所以我們所看見的東西，不論是藉着較長浪長構成的黃色光，或藉着較短浪長構成的藍色光，總是有分別的。

困難的地方，就是我們的眼睛，對於浪長較長的光線易於感應，因此就不利於觀察極小的物體。照相片對於光線的感應恰和這種情形相反。牠對於浪長較短的波浪，比較對於浪長較長的波浪易受影響。所以當我們的目光無能為力的時候，照相片在一定的範圍內倒可以和顯微鏡用在一處，在紫色光中看見那些沒有別的法子可以看見的極小的東西。

奇妙的鑾琴光線的奇異影響 大家都是知道愛克司光線 X-Rays 的，發明家是鑾琴教授 Professor Röntgen，所以牠又常叫做「鑾琴光線」Röntgen rays。鑾琴自己稱牠為愛克司光線，因為愛克司 X 這個字母，在代數學上常用來代表未知數的，鑾琴不知道這種光線的波浪是什麼，所以牠這樣稱牠。雖然不能決定，但是大概還可以說，這種光線確是一種尖銳的高調，或者比紫色光還要高上好幾倍。

我們現在還沒有知道構成愛克司光線的波浪數目每秒鐘有多少，並且也不知道他們的浪長是幾何。據說有許多人能够不清楚的看見鑾琴光線。可是以為所有的鑾琴光線都是一樣的，那就是一個大謬誤了——

因爲各種變琴光線確是大不相同的，或者他們的不同處，正如紅色光和紫色光的不同相似，就是他們不同的理由，或者也恰恰相同。

起初愛克司光線不過是一種奇怪的東西，後來因爲牠能射過身體的各部分，各部分的影子顯現出來給醫生一種很有價值的指導，所以就變得很有用處；再後來，發現愛克司光線對於生活的動物，以及我們人類，會發生一種留痕的奇怪影響。我們研究了這種事實，當然我們對於這種光線的研究，覺得很爲重要——我們要在他們中找出各種可能的種類，研究出他們對於人身所生的各種影響。

我們知道，紅色光線以下有輻射熱的光線。這些輻射熱的光線，也彼此大不相同，恰和能見的光線的不同一樣；有一位美國研究輻射熱的學者，對於輻射熱曾有奇異的發現。這些光線不能被人看見，不過當光線不能被人看着時，可以用一種別的法子來研究牠。例如我們可以由於他們所發生的熱力來加以研究，所以這位科學家，就發明了一種極精密的器具，這器具便是寒暑表，不過他這表比了日常應用中最好的寒暑表還要精密得許多。他用着這個寒暑表，他就能將熱波浪 Heat waves 研究得很詳細，他也指出，這些熱的波浪是彼此不同的，也可以列成一條很長的光帶，恰和我們所能看見的光的光帶一樣。

這種光帶，當然是別一種光帶的連續光帶。並且這種光帶裏面，也含有許多線和段落，正和能見的光的光帶內的黑線和段落相當。

給我們光和電的無形波浪的鍵盤 這種以太內的波浪所組成的奇妙鍵盤，還是要擴張到熱光線以下。

那在熱光線以下的波浪比較的要大些，遲緩些。因為這種波浪都是電浪，所以我們可以由他們的電氣性質而知道他們。那些綠電話和電報的線在以太內而行的波浪，和不用電線的無線電報的電浪都是。祇須在那鍵盤上而下移動就可以由可見的光，一直達到構成電流的波浪，這於我們非常重要非常有用處。

這種意思，就是光和電的相似，正和從鋼琴中部及底部所發的聲音相似一樣。我們可以應用聲音這名詞，來描寫光和電，因為他們實在是一樣的。所以我們可以說，電浪實是一種視而不見的光浪，但是這種說法不能算作頂好的。形容他們的頂好方法，就是說明光的電氣論，或光的電磁論。這個理論的意義只是說光就是一種電。所有以太內的波浪，進行速度相同的便為相同的一類，所以形容他們的最好法兒，就是用着電這個名詞。刺激我們眼睛的光浪和刺激我們皮膚的電浪。我們身體內的視官，有感受這些電浪中一部分刺激的電力；這些電浪我們給他們一個名字叫做「光」。光的確也是一種電。別的一種較長而每秒鐘內發生較少的電浪，影響於我們的，卻另有一種不同的方法。這些電浪并不刺激我們的視官，卻能够刺激我們的皮膚，有時我們竟因為受刺激而跳躍。

電浪，連光浪在內，都由直線進行，所有他們的速度都是已知的。光的強度 Intensity of light 在離發光波漸遠便要迅速的降低，恰和聲音，地吸，或磁石的吸力各情形一樣。牠的規律是距離增加二倍，強度便減至原有的四分之一；三倍距離，強度便減至原有的九分之一，餘以此類推。換一句話說，光的強度和其餘的那些物事的強度一樣，和距離的平方成反比。

在輻射熱的情形中，有些物體會讓光穿過，有些物體卻會將光吸收了，又有許多物體會將光從他們的表面上反射出來。各種物體對於光各具有這些不同的行為，他們間不同之點，還沒有一個人能夠完全知道。我們能夠大略知道一些。

光因為變成熱而失去。當光被吸收了時，並沒有消滅，因為我們知道物質是永不會消滅的。宇宙間所發生的各種現象，或在外面，或在人身內，並不是消滅的，祇是轉變的；就這種情形說起來，便是光轉變為熱的一番事實。那是一種唯一的法子，可用來解釋我們日常習見熟察的事實——如物體受日光曬後變熱；黑暗的物體尤其這樣。我們也知道，當物體讓光通過時，光浪行過物體裏面的以太是有問題的；例如光透過玻璃片這件事。因為無論一種物體透明到什麼田地，總不能讓射在牠身上的光完全通過。玻璃片也是如此，無論那玻璃片怎樣磨得平滑，終不能讓光完全通過，我們眼珠前面的美麗部分也是如此。

為什麼我們能在火車之窗上看見我們的面孔，證明這些東西不十分透明，是很容易的，因為當火車在山洞內時，我們若用着適當的方法，便可見有我們的小影從窗間玻璃上反射出來，或者當我們同一個人相對時，用同一的方法，我們也可以看見有我們的小影從那人的眼珠表面上反射出來。這些反射現象的意義，是表明光會被折回而射到我們眼裏來的，所以可知那物體不是十分透明的。

我們雖然不知道，何以某種物體能反射，某種物體不能反射，我們卻仍舊可以研究反射的定律。這些定律不單對於光是很對的，就是對於輻射熱和聲音也是對的；玩過檯球和小彈子戲的人，和將以皮球向牆壁打擊的

人，個個都知道些反射的定律。

我們知道，當我們將球直向牆壁拋擊時，牠便直向我們反射；若是我們將球斜擊時，球便斜的向前進行，牠折回的斜度，恰和拋去的斜度相等。倘若球在彈子檯上輕輕地成功一個角度，碰着檯邊，牠將由同等的角度折回。那球向檯邊進行的角叫做「射入角」Angle of incidence，而彈子球，光，以及他種和這些一樣情形的定律，就是射入角等於反射角。

眼睛和幻燈能改變光的行徑。光另外也有一種輻射熱和聲音都有的現象，叫做「屈折」Refraction。我們必須將這個名詞的意義和反射分辨清楚，反射是彎曲回來，Pending back 的意思；但是屈折的意思是散回來，Breaking back 而言。當光從一物體經過到他物體時，時常分散開或者屈折着，而這種屈折也是有定律的。屈折這事極其重要，因為有些東西，我們只有靠着屈折纔能看見。我們眼睛的前部，真是一個奇妙的機器，會將射入我們眼中的光線屈折着，使他們集於眼中後部的網膜上，這樣就成了很清楚的物像，於是我們能夠看見東西。各種眼鏡也是為了這種同樣的目的而設的。其他如顯微鏡，望遠鏡，幻鏡等的用法，都是利用這個屈折光線的能力。

各種不同的物體，具有各種不同的屈折光線的能力。例如金剛石，使經過牠體內的光線改變途徑，遠勝於水，這便是何以金剛石成爲這樣光輝的緣故。

但是各種光線的本身，能感受屈折的能力，也各自不同；屈折這事是牛頓偉大實驗的關鍵。他的三稜鏡，不

過要使經過他的光線發生屈折，他的實驗成功了，就因為各種光線，在一定的的方法中，各有一定程度的自己屈折。光帶的發生，也完全是由光線屈折的可能。

爲什麼我們永不會看見諸星的真正位置 假使我們要問，爲什麼光線由一物體到他物體會發生屈折，我們可以得到一個不易的解釋。就是光浪的速度穿過一種不同的物質時，就要有一些變更，而且不同的光浪，還有不同的結果。簡單的規則，便是物質的密度愈大，光線的通過便愈慢。

當光線從真空傳到空氣內時，牠的曲折和牠速度的變更是很微的。因爲有了空氣作成的屈折，所以我們看天上諸星，總得不到他們真正的位置，只能在真正位置旁邊一些看見他們。我們當太陽已降至地平線下時，仍能看見牠，也因為光線在空氣中屈折的緣故。當光線由空氣入水中的時候，光線更加屈折，這些事實的解釋，便是因爲光浪在水中進行，比在空氣中稍緩，因爲水的密度比空氣大。

我們已經見過白色光怎樣因屈折而分爲顏色光。但是反射這種方法也能發生顏色的，而且宇宙間的顏



圖中是冰島方解石所顯出來的兩重折光使背後牌上的字母在前看去有兩重的形影。如果把這石放得斜成一個什麼角度，牠就會變得不透明，我們就不能看到牠的背後去了。你只要看石的兩端不透明的地方，便可明白。

色，實際上都由反射得來。日光確實有牠自己榮耀的顏色，我們雖然說牠是白色，其實是略帶些黃色的；其他發光體如火燄，也有他們自己的顏色，因為他們所發生的光裏面，含有多量的紅色或黃色或綠色的光線。但是除此以外，各地球以及地球上的物體，雖然他們不是發光體，他們也有顏色的；他們這些顏色，就是由射在他們身上的光反射出來的。

我們可以說，他們這些反射，是有選擇性 Selection 的。白色的物體沒有選擇性；牠所以白的緣故，也是因為牠沒有選擇性，牠只將射於牠身上的光浪完全反射出來。不發光的物體，牠不能有所創造，不過祇能將射到牠身上的光線反射出來罷了。假如我們用紅色光射到牠身上去，牠便成紅色；假如我們拿混合的白色光射到牠身上去，牠便成白色。這就是發光體和不發光體間的一大區別。

我們想一想，光這個東西是何等的大，何等繁雜呵。譬如聲也是由液浪構成的，牠和光雖有共同的定律，可是就牠自己說起來，比較的總是要算簡單了。因為聲是物質內的波浪所構成的，所以研究牠的時候，可以不必追尋到物質的範圍以外去就夠了。光則不然，牠是由以太內的波浪所構成的，物質只是製造牠的工具；牠能被物質反射，被物質屈折，而物質也能够選擇牠的不同部分，用不同的方法加以屈折，加以反射，加以吸收。甚至透明的物體，如有顏色的玻璃，雖然牠能容別的光線通過，卻多少總要吸收幾種光線，所以不但我們在以太中的事物知道得很少，就是不論什麼時候，講到以太和平常物質的關係，我們也就要遇着許多問題。

所有這些問題，都是還要等待解決的，他們必成爲將來的科學。

此外另有一大部分關於光的研究，要是詳細寫起來，恐怕會成功若干厚冊的著作。他們所說的，還不過是光線，和他們屈折的定律。這一部分的研究，需要多量的數學，所以稱牠爲「數學的光學」[Mathematical optics]。這個题目的研究，也是無窮盡的，並且是很重要的，因爲牠是用顯微鏡，望遠鏡，以及別的各种不同的光學儀器的基本。

現在我們當然應該更加研究我們自己這個時代的大發明，那就是光確是電性的，牠的真義，除非我們將所有的電浪一起都研究過，才能真正懂得。我們所研究的各種光的事實，都是電的事實，而我們所研究的各種電的事實，就可以輔助光的研究。在大不列顛，除了發現充滿宇宙間的光是一種電性和磁性外，再沒有比較更著名的發明了。

宇宙的大神祕

電和磁的奇異 琥珀的希臘名字是電子 Electron，早已有人發現琥珀受了摩擦後，便能吸引很輕的物體；這種電子，或琥珀的狀態，便叫做「電」 Electricity。因爲這種電是由摩擦而生的，所以有時叫做「摩擦電」 Frictional electricity。此後人又找得許多別的物體，經了摩擦，也會有同種的性質的；大家研究這些奇怪的事實，覺得很有趣。再後來些，又發現如有些化學的混合物，排成所謂電池的樣子，就有些東西沿線而行，這東西便叫做「電流」 Electric current。

這一部分電的研究，曾有人用心研究過，因為這種沿線而行的電流，可以用來幹許多事情，牠可以隨時被用來叫鈴發響；一部分的線可用來發光；或者將電流的能力變為運動力，而行駛電車火車等。

電流不必一定須由電池或電瓶發生，但是無論牠是怎樣構成的，牠總可以供給各種目的的用處。我們能由這種沿線而行的電流送信，又能用這種方法說話。最近我們知道，電線不是必需的，沒有電線也可以送信的；並且說話也可以不必用電線的，我們就有了無線電報和無線電話。另有一件東西叫做磁，起初也是很簡單，和電的最初一樣。有幾種鐵類能夠吸引鐵或鋼；一片鐵有這種性質的，便叫做磁鐵 *Magnetic*，或磁石 *Magnet*；一片鐵要是和磁石接觸了，便能變成一塊磁鐵。

我們取一塊長的鐵，把牠變得有磁性，我們便可以叫牠做磁針。倘然將這磁針懸在空中，我們可以看出，一端常向地球的北極 *North pole*，而他端常向地球的南極 *South pole*。

無論牠的意義怎樣，牠是很便利而有用的，因為由磁石做成的指南針是人類旅行必攜的東西，雖然一個星也看不見時，牠始終會告訴我們北邊的方向，恰和我們知道了琥珀便發現許多新事物一樣，我們明白了一塊馬蹄磁鐵，也就可以知道許多奇怪的事實。我們從羅盤上的磁針講起，牠的行動，完全是為了地球自己是一個大磁石，所以磁針的一端指着地球的一極，而他端指着他極，恰和我們捏在手中的小馬蹄磁鐵，能使鐵屑聚在牠的二極一樣。或者有人要問：地球怎樣能夠和一块馬蹄磁鐵一樣呢？但是我們不要被這種磁鐵的形式誤會了。馬蹄磁鐵也不過是一條鐵，一端和地球的北極相同，他端和地球的南極相同，不過因為便利起見，變成馬蹄式。

罷了。

我們又知道地球的磁性，並不是恰恰在自南極到北極的那根直線上的。磁的北極，雖離地的北極不遠，卻不就在地的北極；而磁的南極，雖近地的南極，也不恰在地的南極那裏。所以羅盤針并不直指着地的北極，只指着近北極的磁的北極。

日球中的磁如何變更地球上的天氣，現在雖然磁已成爲科學上的奇象，使我們知道地球也是一個大磁石，可以稱得一個大進步，可是這還不夠。我們關於磁的智識，已經進步到能够使太陽裏的磁，和地球上的磁一樣，供我們的研究，恰和我們關於電的知識，已進步到知道牠在世界上各處都存在的一樣。

許久時以前，便已知道太陽裏發生的事情，和地球上的氣候，一定是有關係的。太陽裏的黑點，和地球上的磁針有些關係，也是已經知道了。現在又發現太陽的黑點，是因爲磁在太陽內活動的緣故而生的。將太陽黑點發來的光線，用光帶分析的方法，如前第十七頁所說的，仔細研究後，找出了幾種現象，使我們知道這是由於磁的影響。這件事可以幫助我們了解，爲什麼太陽黑點和地球上磁針的擾動彼此各有關係。因此我們對於磁的見解，漸漸擴大了，對於牠最近的發現，尤其特別有趣，因爲牠是藉着我們剛剛學過的光和光的壓力的，也是藉着地球是一個大磁石的事實的。這最近的發現，就是北光 *Aurora Borealis*，在第十五頁我們已經讀過的了。現在我們仍舊研究磁和電所能作成的事情罷。

以太浪構成的電流，我們知道光是以太浪構成的；我們也知道這種同樣的浪，在我們所能見的光浪以上

或以下，仍然存在，構成了一個很大的統系。我們更知道所有這些波浪，確實的都是一種電流；並且他們行動的速度相同，而有同一的公律。他們在以太內行動。我們必須清楚的知道，所有的電流都是在以太內行動的。他們是一種以太浪，不論他們在空氣中不藉電線，或通常依電線而有一定的方向行着，都是一樣真實的。

因知識的增加，使舊名詞而有新意義，是一件不幸運的事情，因此我們要弄不清楚了。在電學上是有這種情形的。如存在在以太內的流，或浪，我們還不能十分了解他們的意義。但是這個名詞，現在完全根據了新的發現，已有了別的新意義了，我們切不要被他再弄混了。在這個名詞的意義內，我們現在就可以很正當的說到電的原子，我們只不要給原子和電的新意義弄糊塗。

奇怪的發現——物事都是電構成的。現在仍應用的原子的舊意義，是化學家所知道的微點，例如構成金、炭，或養這些東西便是。可是近來的新發明，卻說這些東西都是由別的東西構成的，這些構成物質的別的東西是能發電的，並含有電的全部性質的，所以祇可以叫他們電。像這樣的研究起來，物質便化成一種能力了。

構成原子的微點叫做「電子」Electron，我們以前已經講過。電子的特色，便是他們的偉大電力；他們都帶着電。各種原子的電子都是一樣的，所有的原子都帶有分量相同的電，不多也不少。這種現象是很重要的，可怪的，因為無論什麼東西最後的分析，覺得都是一樣，而從這些相同的電子，卻可以構成許多不同的東西。但是更可注意的事情，也就此發生了。

構成太陽諸星以及各種物體的電的原子。我們已經說過，電子總帶着一定分量的電的。當我們研究電

子的速度，體積，質量，以及他們所有的性質時，我們便有一個大的發現，只要我們肯相信事實，所有電子的性質都可由他們所帶的電來解釋。所有他們的性質都是電的性質。所以我們可以用電來計算我們所已知道的東西，不能沒理由的承認世間仍有第二件東西存在。所有的祇是電——祇是電的原子，並無別物；我們所能夠得到的唯一的結論，便是一切物體都是由電造成的。

電的原子聚集在一塊兒時，有一定的方法，排列成一個統系，和太陽系一樣，或者和昴宿的星團一樣，造成了我們所習知的物質的原子和分子；明白了這個，我們就不必再拉扯別的東西來了。因此我們知道，最初電的得名，不過是因為琥珀的磨擦；到現在居然弄得各種物質的本體，也不過是一種簡單的電所造成，而並不是什麼別樣東西了。

兩種互相吸引的電 以前很久的時候，便覺得電有時會表現出一種現象來，叫人設想牠有兩種不同的電，這兩種不同種的電他們叫做【正電和負電】 *Positive and negative*。受有磁性的物體，也有大致相同的情形，牠的兩端或兩極是不同的。這兩種不同的電會互相吸引，但是兩個物體受有同樣的電的，便互相推拒。同樣的方法，一塊磁石的北極，會吸引另一磁石的南極；但是同極便相推拒，恰和同樣的電一樣。所以我們應叫羅盤針的北極爲【覓北極】 *North-seeking pole*，因爲牠是和地磁的北極反對的一極。

這些兩種相反的電的事實，發現得已經很久了，現在可以應用於我們新發現的物質都是電的事實上。相同的電互相推拒。我們已知道構成原子而從原子放射出的電子，都是帶着我們所稱的負電的。比較正確些

說來，可以說他們是負電的原子。因此，照着幾百年前已發明的定律，他們應該互相推拒，而他們果然是互相推拒的。

人類從磨擦琥珀得來的異象，但是假使上面的話是對的，那末諸負電會聚集得很有次序，很是融洽，而造成物質的原子，這種情形我們將何以解釋呢？要解釋，在原子內就必定是有正電存在，會用牠的力量吸引負電子聚集在一起的。這事使我們設想一個原子，竟有些和太陽系一樣，正電可比太陽，負電可比諸行星的分子。這便是我們現在知識所能知道的，對於正電目下尙難再有所申說。

這是一件很奇怪的事情，開始不過將琥珀磨擦着頑頑，結果卻發現了一個新理論，知道了物質的究竟——如琥珀，空氣，諸星，以及別的各种物體等。雖然這種現象，還沒有將電的玄妙，完全告訴我們，離開我們現在來不及講的許多實用還很遠，但是我們有了電，差不多就已得了一切事物的祕鑰。假使現在要問研究地球故事的人，什麼是現在還沒有解決的一個最大問題，什麼是現在個個人都有機會發現的最大發現，他可以決定的回答說，這便是地吸的玄祕。這便是宇宙間一種普遍的力量，行動於一定方法一定公律之中的。

自從二十餘歲的青年牛頓 Isaac Newton 發現了普遍的地吸公律以後，許多年來，學術界上已簡單的證明了這個公律確和牛頓所主張的一樣的。而且比了牛頓的證明，更是圓滿真實。沒有東西能阻隔地吸的行動；溫度不能影響牠，化學變化不能影響牠；據我們所能知道的，無論什麼東西總沒有一件能影響牠。我們已經簡單的證明了牛頓的定律 Newton's Law 是對的，但是在這些時代中，我們要想發現地吸的原因，卻全歸失

敗了。我們不能知道比牛頓所發現的多些。我們所能說的，只是地吸的作用，必定是經過以太或在以太內的，我們只有比牛頓多些證明，能證明以太是存在的。

爲什麼相信地球的吸力是由於電力惹起的。關於地吸的理論極多，但一個頂好的理論，卻把其餘的壓倒了。最有趣味的一件事，便是最聰明最靈巧的一般學子，都相信地吸和別的東西一樣，有電的祕密的。地吸必定是一種穿過以太的電的能力。自然現在對於這件事情還沒有證明，但是人若愈學習電和以太，愈有採取這種眼光的傾向；倘若這件最聰明的設想，普遍的地吸是一件電的事實，一旦證明出來了，那麼電學的研究，將比以前更加偉大更加重要了。

假如我們細想一會兒，以太究竟是什麼，我們便能够明白，爲什麼人要相信地吸是那麼的一回事。以太，或叫做空間的以太，最初是由於運送光的應有物質而承認的。研究自然的學子，沒有一人能相信一件東西會從甲地到乙地，而甲乙兩地中間是一無所有的。一個動作，沒有東西去運送牠，和牠相離的地方便沒有動作。假如有些東西是由太陽達到地球上的，那麼太陽和地球之間就該有一樣東西存在；這樣東西便是輸送光的以太。太陽和地球如何能互相吸引。現在另外一件關於太陽與地球間的大事實，就是他們互相吸引；沒有一個研究自然的學子，能相信他們距離很遠，其間沒有傳達吸力的物件，而他們仍能互相吸引的。所以以太即不是傳達光的必需品，也必是傳達吸力所必需的。

我們已經學習過光是以太中一種電的擾動；我們已經學習過以太中還有別種的電的擾動，他們雖不能使

我們的眼睛發生影響，但是從他們的重要方面說起來，是和光在同一系統內的。所有以太的性質，除了這種地吸的情形，我們都已明白知道他們是電性的。

但是現在我們特別的注意些。我們所知道的這些電力，在以太內都能够互相推拒和吸引的。我們已經學習過輻射壓力 *Radiation pressure*，牠告訴我們推拒的力量能够穿過以太的；但是吸引的力量，卻也能够穿過以太。當輕的物體飛向摩擦過的琥珀時，便有穿過以太的吸力發生。電和磁是一件東西的不同部分，當磁石吸引一根鋼針時，便發生一種穿過以太的吸力。

我們將學生學習自然的最大祕密麼？我們已經證明了兩種吸力——電的吸力和磁的吸力——都是發生於以太之中的。可是此外還有第三種吸力，化學的吸力 *Chemical attraction*，那就是一種原質的原子，會離開自己去和別一種原質的原子構成一種化合物——甚至或者發生一種偉大的猛烈性，而發光發熱。各個化學家都知道這種化學的吸力，是很有力量的，的確是一種電的吸力。牠是經過以太而發生的。

假使我們不得不相信以太是正電，負電，磁性，化學吸力，和諸般電吸所發生的地方，很明白的，我們祇須再進一步想，便可以知道還有一種別的吸力，叫做地吸，也是經過以太而行動的，也是一種電吸。我們敢預料許多人讀過這篇文字後，將要以學生的光陰，來觀察自然的最大祕密，就是我們上面所述的地吸的祕密。

一旦將入人類掌握中的驚人的權力，沒有一個人能說，到後來事理格外昌明了，地吸將以什麼新的力量，放到人類的掌握內；因為研究地吸如何行動，遲早間便是研究如何控制牠的行動，這是給我們無限的前程的。

每天我們總用別的力平度衡地吸的作用，但是如何管轄控制地吸的作用，卻另是一件事，要是能够發現出來，一定可以作爲破天荒的大發現。

我們現在對於地球的故事，已經研究得不少了；我們已經知道，人類如何開始發現這個似乎平穩固定的地球，真實的是一個圓球，牠自己會轉動，並且會飛行經過空間。我們已經研究過這球怎樣和爲什麼的飛行；研究過這球只是一個系統中的一個，並且這個系統祇是空間羣衆系統中的一個。

我們對於太陽和星球的研究，已經使我們明白地球在宇宙間的位置。我們已經學習地殼上的許多事物，並且我們知道這便是生活進步的明證，且不限於生活，也是心意和愛心進步的明徵。

已經顯示在我們面前的偉大故事 我們已經研究過構成地殼的材料，和遮蓋地殼各地方，我們便在牠底下生活的大氣的材料。我們已經研究過構成地球的材料，和構成太陽和諸星球的材料是一樣的。我們已經研究過許多不盡的變遷，這種變遷是時常在地殼內，地球上的生的及死的生物體內進行的，這種變遷特別的靠着水的偉大力量。最後我們已經研究過在宇宙間工作的偉大能力，他們中有些在地球上活動，因此地球上纔有了生命。我們已經研究過運動的公律和地吸的公律；我們已經研究過聲和熱和光，以及電和磁，並且我們已經研究過些最要緊的關於人的心意的事實，費了多少年的苦心，現在已經開始漸漸進步了。

可是比以上任一事實，任一結論更偉大的，卻還有一件或兩件無上的事實和結論，他們能管轄着範圍着人類有史以來的心思。原來那已經表現在我們面前的故事，是一個世界的故事，雖然有形形色色的不同，歸束起

來，究竟只是一個。我們知道我們生於一個宇宙之間，那宇宙是一個大整體，牠的軀體是自然，牠的靈魂是上帝。」微小事物的公律，就是偉大事物的公律。此刻的真理，就是他時的真理，宇宙間無論什麼地方，無論什麼時候，無論怎樣遠隔，總沒有自相矛盾的事實的。

物質不滅的真理 我們知道宇宙間的事物都是變遷的；但是雖然件事都變遷，總不會有一件越出軌範，無理由而消失的。新的事實雖是常常發生，總是要靠着舊的事實為根據，決沒有新的事實可以隨便發生。我們或者已學過華滋華斯 William Wordsworth 的妙論，他曾用右列的小詩，解釋人類自從有思想後的偉大事業。

這首小詩，我們可以用來將我們的地球的故事結束住；

我已知道觀察大自然了；

不像無知無識的少年時了；

人類幽沉掩抑的樂聲，並不刺耳，

雖然有那偉大的力量來修整牠，

我還是時常聽得見的。

我的心裏，有許多高尚思想帶來的快樂激動着；

那就是住在落日餘霞中，
大洋裏，太空間，青天上。

和人心裏深處的一種博大精深的感覺：
那就是鼓動有思想的生物，

有目的的思想，

和有遞變的東西的運動和精神。



著者 商務印書館編譯
Author 所編
書名 少年百科全書
Title

書碼 047
Call No. 8367
7

登錄號碼 038993
Accession No.

月日	借閱者	月日	借閱者
Date	Borrower's Name	Date	Borrower's Name
1 9	李詩偉		
1 12	王耀紀		
7 8	周福南		
10 5	何明		

國立中央圖書館

047
8367 038993

書碼 登錄號碼

國立中央圖書館



0038993

