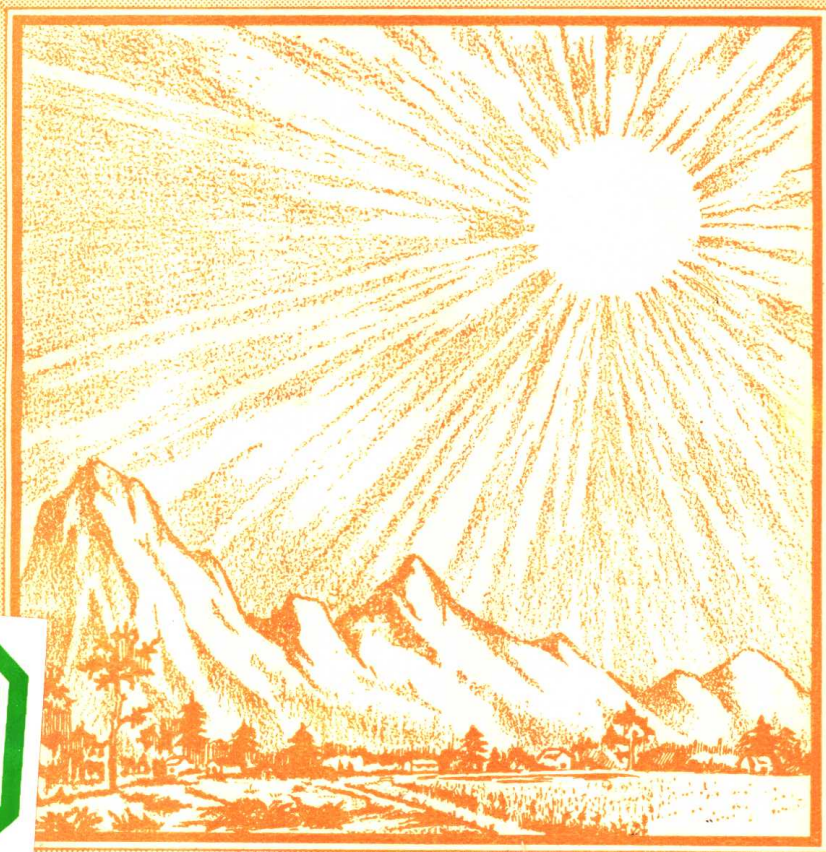


天文基本知識

太陽

龔樹模



中華全國科學技術普及協會出版

V49
74
80

天文基本知識

太陽

龔 樹 模

（江苏省科學技術普及協會供稿）

中華全國科學技術普及協會出版

1956年·北京

科 普 小 册 子

苏联天文学的成就

K.A. 伏龍卓夫—維略明諾夫著 1角9分

哥白尼在近代科学上的貢獻 竺可楨著 1角2分

卓越的俄罗斯天文学家布列基兴

Ф.Ю. 齐格尔著 1角9分

天上有多少星 K.Φ. 奧高洛特尼可夫著 1角5分

天文台 П.П. 巴連那果著 2角1分

太陽的構造和演化 A.Γ. 瑪謝微琪著 1角2分

新星和超新星 B.A. 伏龍卓夫—維略明諾夫著 1角1分

人類怎樣認識了宇宙

С.К. 符謝赫斯維亞茨基著 2角1分

天文知識 戴文賽著 1角4分

中國古代天文学的成就 陈遵媯著 1角8分

恆星世界 賀天健著 1角3分

出版編号: 239

太 陽

著 者: 龍 樹 模

責任編輯: 鄭 文

出 版 者: 中華全國科学技術普及協

(北京市文津街3號)

北京市書刊出版業營業許可証出字第053号

發 行 者: 新 華 書

印 刷 者: 北 京 市 印 刷 一

(北京市西便門大街71號)

開本: 31×43 1/4 印張: 15,500

1956年3月第1版 印數: 8,500

1956年3月第1次印刷 定價: 1角1分

本書提要

太陽在我們的生活中起着重大的作用。這本書就是向大家介紹關於太陽的知識的。這本書區別於一般談太陽的通俗小冊子的，就在於它還介紹了科學家研究太陽的方法。如：怎樣測定太陽和我們的距離？怎樣測定太陽的質量？怎樣測量太陽的成分、溫度和結構？怎樣根據觀測到的太陽上的現象——黑子、光斑、耀斑、日珥、日冕等來研究太陽的物理性質？怎樣曉得太陽的能量來源是原子核反應？怎樣研究太陽和人類的關係？等等。

這本書對於廣大幹部和青年，尤其是天文學愛好者，是有幫助的。

目次

太陽多遠？多大？多重·····	1
通過三稜鏡看太陽·····	6
太陽表面的氣候·····	10
太陽表面形形色色的活動·····	13
太陽能從哪裏來·····	21
太陽和人類·····	24

太陽是地球上光明和能量的來源。

如果太陽一旦在天空中消失，地球就會沉沒在黑夜中，只有天空中微弱的恒星光在照耀着；而靠反射太陽光才發亮的月亮和行星，這時也看不見了。冰冷的天氣，就要籠罩着整個地球，不多久熱帶就要下雪，河流就要凍結，風也停息了，海洋也漸漸冰封到底。沒有太陽送來的能量，植物也就死亡。

太陽對於我們既然這樣重要，我們研究太陽便具有重要的意義。而且，天上一顆顆的恒星，都是一個個的太陽，有許多比太陽還大得多，亮得多，只因距離遙遠，它們看去才成了閃爍的星點。太陽和千萬顆恒星一起組成了銀河系；而無數的銀河系又共同組成大宇宙。我們要了解宇宙，最好的辦法是從最近的一顆恒星——太陽——着手。

太陽多遠？多大？多重

首先談談太陽的距離和大小是怎樣測定的。測量太陽的距離有好幾種方法。第一個方法的原理很簡單，和地面上測量一個不容易到達的地點一樣，用淺近的三角法測量就可以得到。

例如圖 1 中，測量員在湖的這岸甲處要測量到對岸乙處間的距離。

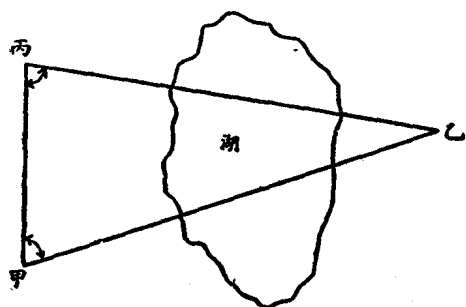


圖 1 三角量測。

他可以在湖的同一岸，選擇稍遠的一地丙，用皮尺量甲、丙間的距離，用經緯儀量角甲、角丙的大小，然後用三角公式或用幾何比例法，就可以算得甲乙間的距離。

我們可以把上述的

方法直接應用到測量太陽的距離上去。圖 2 中，甲和丙代表地球上兩個觀測站，乙點代表太陽的中心。地球的大小我們曉得很清楚，所以甲丙兩站的直線距離是曉得的，用儀器可以量得甲角和丙角的大小，這樣我們就可以算得太陽的距離。或許有人要問：天空上太陽後面

沒有可以辨認的背景，怎樣測量甲角、丙角或乙角呢？是的，上面的方法是不適合於應用到

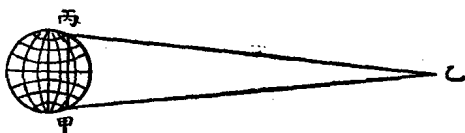


圖 2 用三角測量法確定地球和太陽的距離。

太陽上去的。不過我們可以根据這原理測量其它行星，如金星的距離，因為這時我們可以在夜間用遙遠的恆星作為座標，測得乙角。一旦金星和地球的距離得到，地球和太陽的距離也就容易推得。原來太陽系裏，各行星如金星、火星、地球等，和太陽的距離的立方，正比例於它們繞太陽轉的周期的平方。例如，地球繞太陽一周需要一年的時間，假如另外有一顆行星繞

太陽一周約需要 5.2 年的時間，那末它和太陽的距离就是地球和太陽的距离的三倍，因為 5.2 的平方是 27，正好等於 3 的三次方。各行星繞太陽公轉一周的時間我們已經量得很精確了，它們在天空上的方位我們測量得也很正確，它們和太陽的相對位置，我們可以很容易的畫出來。例如圖 3 所表示的太陽、金星和地球的相對位置，排成一個三角形，它三邊的比和三個角的大小我們都曉得，所不曉得的是每一邊的實際長

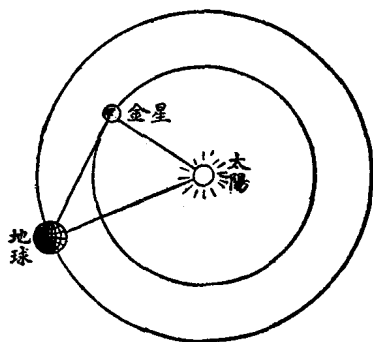


圖 3 利用金星來測量太陽距離。

度。假使用上面的方法，我們量得金星和地球的距离，那末地球和太陽的距离也就迎刃而解了。最精確的太陽距离就是用这个方法求到的。不过我們所採用的第三物体並不是金星而是愛神星。因為它是太陽系裏的一顆小行星，曾經離開地球比任何行星都近，不到 2,300

萬公里。顯然，愈近我們就測量得愈準確。

另外一個方法，
可以說是最簡單的方法了。圖 4 中，左邊若干小點代表遠處的恒星，甲、乙、丙代表地球繞太陽運動時的三個不同位置。根據都普勒一別洛波耳

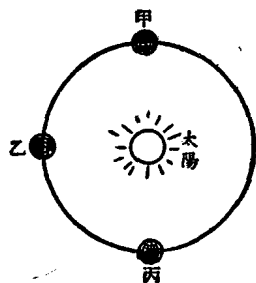


圖 4 利用都普勒一別洛波耳斯基原理測定太陽距離。

斯基原理，恒星远离時，光譜綫向紅端移動，恒星靠近時，光譜綫向紫端移動。因此，从光譜綫的移動就可得知恒星靠近我們或远离我們的速度。地球从甲处走到乙处，我們一定会覺得丁处的恒星向我們迎面而來；而地球从乙处到丙处，又会覺得丁处的恒星背我們而去。它們的平均速度是每秒 29.8 公里。

如果我們用一年內的秒數乘 29.8 公里，就得地球所走圓周軌道的長度，用 $2\pi(r=3.1416)$ 除这長度，就得地球軌道的半徑，也就是离太陽的距离。

上面兩種不同的方法所得太陽的距离，很是符合。据精確測量，得 149,678,000 公里。这样龐大的距离，速度为每小時 800 公里的飛機也要 21 年才能飛到。

太陽的距离測定後，我們馬上可以計算它的大小。太陽直徑在天空上所張的角度略大於半度。假如用一枝香煙，直徑約 0.65 厘米，指着太陽，离眼 70 厘米才正好等於太陽的直徑。在这例子中，香煙的直徑約是它和眼睛距离的 $1/107.5$ ，同样，太陽的直徑是它距离的 $1/107.5$ ，也就是 1,393,000 公里。

在講如何測定太陽質量之前，我們先談一談重量和質量的區別。質量是物質固有的屬性。根据牛頓的万有引力法則，我們曉得任何二个物体，相互間都有引力存在。引力的大小和它們兩個質量的積成正比，和它們間距离的平方成反比。在地球上，地球的質量远比它上面任何东西的質量大得多，所以在地球上，物体主要是受着地球的吸引力。在地球上，一个物体受了地球的吸引力而表現出重量，若它重一斤，我們也就叫它的質量为一斤，好像重量和質量沒有什麼分別。这只是在地球表面上是这样。在高山，因为离开地球中心較远，所受到的地球

引力較小，質量一斤的物体，用彈簧秤稱它，重量就小於一斤。重量和質量的差別，在地球上問題還不大，假如我們到別的天體上，那末質量和重量就截然不同，不能混為一談了。例如質量一斤的物体在地球上重一斤，在月亮上只重 2.5 兩左右，在太陽上要重到 28 斤上下。

測定太陽的質量，方法很多，主要是根據上面所說的萬有引力的原理。現在我們講一個最簡明的方法。地球的質量我們已經知道得很清楚。我們可以利用地球的質量來測定太陽的質量。地球每年繞太陽運動一周，好像有一根看不見的「魔繩」拉着。這就是太陽的引力。假使這引力一旦消失，地球就會沿着直線的方向一去不返。現在它老是繞着太陽走，就是因為有一個向太陽方向的拉力在作用着。地球在軌道上走，可以說時時在向着太陽靠近，它的軌道和直線相差，在每一秒鐘的航程中約 0.3 厘米。我們曉得，在地球表面，一個物体自上落下，第一秒中落下 491 厘米。0.3 厘米和 491 厘米這兩個長度之差是和一個物体在地球軌道上所受太陽的引力以及一個物体在地球表面上所受地球的引力相比的。根據上面所講萬有引力的原理，前者是和太陽的質量 M 成正比，同時和地球軌道半徑 R 的平方成反比；後者是和地球的質量 m 成正比，同時和地球半徑 r 的平方成反比。所以用數學式子寫出，我們就得：

$$\text{太陽的質量 } M = \frac{0.3}{491} \times M \times \frac{R^2}{r^2}.$$

上式裏面，地球的質量 m ，地球半徑 r ，地球繞太陽軌道的半徑 R ，都是已知，所以太陽的質量就很容易得到。它約為地球質量的 329,390 倍，也就是 1.983×10^{30} 公斤。

通过三稜鏡看太陽

自从無線電廣播通行以來，大家都曉得电磁波能在空中傳播。事實上，电磁波種類繁多，無線電波只是电磁波中的一種，通常所謂長、短波的無線電波，它們的波長大致是幾米到幾千米。电磁波可以長到幾萬米，短到 10^{-13} 米（即十萬萬萬分之一米）。光也是电磁波的一種。愛克司光的波長很短，約 10^{-9}

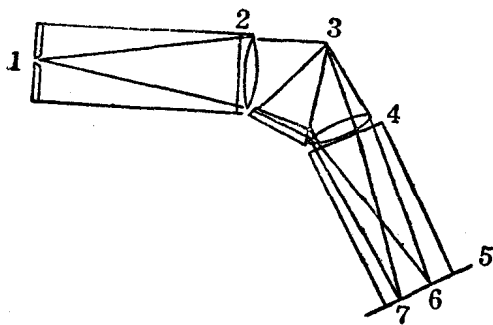


圖5 通过三稜鏡看太陽。

到 10^{-7} 厘米；眼睛看得見的光，它的波長約為 4×10^{-5} 到 8×10^{-5} 厘米。因為波長不同，我們看到它們的顏色也就不同，波長 4×10^{-5} 厘米的光，顏色是紫的，波長由 4×10^{-5}

增加到 8×10^{-5} 厘米，顏色就由藍、青、綠、黃、橙轉變到紅色。我們所看到的白光，是各種顏色的總和。例如，白色太陽光經過三稜鏡後，就顯出紫、藍、青、綠、黃、橙、紅等顏色。由這一連串的顏色組成的光帶子，我們叫它光譜。研究光譜用圖6那樣簡單的儀器。圖6中1代表狹縫，2是透鏡，使經過狹縫1的光，平行照在三稜鏡3上面。光綫經過三稜鏡分散作用以後，不同波長的光就分散射出，顯出不同的顏色。再經過聚光透鏡4後，各種不同顏色的狹縫像就照在底片5上。太陽的各色光的波長是連續的，所以在底片5上顯出連續

的光譜帶。圖 5 中畫下其中的黃藍兩色在底片上投下的兩根狹綫，就是 6 和 7。

天文學家利用上述的光譜儀拍攝太陽的光譜。從所得的光譜可以測知太陽表面的物理情況和化學成份。為什麼可以從光譜中獲得這些材料呢？要說明這一點，我們先得說明光或電磁波是怎樣產生的。大家曉得無線電波的產生是由於電流在播送天綫裏來回振盪的緣故。光綫的電磁波遠比無線電波短，那麼產生光波的天綫，一定非常小，大概只和原子的大小相仿。一點不差，原子，它雖然遠比發射出來的波長短得多，却是一個雛形的廣播電台。在每一個原子內部，包含着電子，電子來回跳着，就這樣播送着光波。原子和廣播電台一樣，各有各的波長，我們測量它的波長，就可以認出播送這一特定波長的是什麼原子，是氫、氧、鐵，還是鈉。

可是一個原子往往不只播送出一種波長的光波，它可以播送出幾十甚至幾千種波長的光波，而其中某幾種波長的光波播送的可能性又遠比其餘的大。在某一個原子來說，哪幾種波長的光播送的可能性大，它的光度較強，哪幾種波長的光播送的可能性小，它的光度就弱，所以從光譜綫在不同波長的強弱分布，也可以幫助我們辨認原子是哪一種。

一個原子不單是一個能夠播送出成百成千個波長的光波的廣播電台，它也是一個接收台，能夠接收成百成千個波長的光波；而它所能夠接收的波長也恰好正是它所能夠播送出去的波長。這點我們舉下面的事實來說明。假如我們把光譜儀的狹縫對着燒得白熱的鎢絲燈，我們將看到一條連續發亮的彩虹樣的顏色光帶，假如把光譜儀的狹縫對着鈉氣火焰（用玻璃棒

蘸些食鹽水在火上燒着就得)，我們就会看到兩条發亮的黃綫（鈉也有很多亮綫，只是其他都在紫外光的區域，我們的眼睛看不見），現在假如在鎢絲灯和光譜儀狹縫中間放着上面的鈉气火焰，我們看到原來鎢絲灯的連續彩色光帶，还像早先一样，只是多了二根黑綫，这二根黑綫的位置，恰恰在原來鈉气火焰亮綫的位置。这个例子說明三种光譜的性質：熾熱的固体像鎢絲灯產生着連續光譜；燃燒着的稀薄气体，如鈉火焰，產生亮綫光譜；温度低的气体，如鈉火焰，要吸收温度高的物体（如鎢絲灯）所發生的光，就產生吸收綫光譜，也就是光譜帶中的兩条暗綫。鈉原子是这样，其他的原子如鉄、銅、氫、氧等也全都是这样。

原子吸收各种波長的能力，也正和發送時一样，有大有小而且恰恰和發送的能力相当，也就是原子發送某种波長的能力愈大，它就愈能吸收这种波長的光。因此上述利用光譜中亮綫的位置和各綫的强度分布去辨認某种原子的方法，就完全可以拿來应用到光譜中的吸收綫，就是黑綫上去。事实上，在太陽光譜中，我們幾乎完全靠吸收綫去辨認太陽大气中有些什麼物質。

太陽大气中有些什麼物質呢。太陽的光譜也像上面所述的鎢絲灯經過鈉气火焰所生成的光譜一样，它是一条連續光帶上蒙着吸收綫的光譜。光譜裏吸收綫很多，有幾万根，看这現象，你們一定要猜想太陽本身是熾熱的固体，發送着連續光譜。外面包圍着冷气產生吸收綫。这猜想有一部分是对的，却並不完全正確。太陽外部固然包圍着較冷而稀薄的气体，可是它內部也完全是在气体狀態，只因为压力很高，就不像稀薄的

氣體那樣產生綫狀光譜，而產生連續光譜了。要尋出太陽大氣裏有些什麼物質，我們可以依照上節所講的道理，精密測量光譜帶中吸收綫的位置，來辨認它是什麼原子。截至目前為止，在太陽大氣裏，已經找出 67 種元素。地球上存在的元素，像氫、氦、碳、氧、鈉、鎂、鋁、鈣、銅、鐵、鋅、銀等等，太陽裏都有。目前還找不到太陽上有我們地球所沒有的元素。可是我們不單要辨認有些什麼元素，還要曉得它們每種含量多少，也就是它們的豐富程度，這點就並不那樣簡單了。粗粗一看，一定以為某種原子愈多，它吸收的能量愈大，它的吸收綫也必然愈濃黑，我們可以按濃黑的程度，求出原子的多少。這話不差，天文學家也這樣做着，不過實際情況複雜得多了。讓我們仔細看一看。

第一，吸收綫的濃黑度固然和吸收原子的多少有着密切關係，但是兩者並不是成正比的。當原子數少的時候，濃黑度的增加的確幾乎和吸收原子數目的多少成正比，但是當吸收原子數目很大的時候，兩者就不成比例了，吸收原子數增加很多，濃黑度只增加一點點。天文學家用理論的方法推算，並通過實驗，終於找到了吸收原子的增加和吸收綫濃黑度的關係，得出一根曲綫，叫做增長曲綫。在這根曲綫上，濃黑度和有效吸收原子數目有一一對應的關係，因之就可從量出的濃黑度推求有效吸收原子的多少。為什麼在吸收原子前加「有效」兩字？這點下面就要說明。

第二，各種原子吸收各種譜綫的本領是大不相同的。所以上節中從增長曲綫所得到的實際上是吸收原子的數目和這種原子吸收這條譜綫的能力的積，叫作有效吸收原子數目。所以要

求出吸收原子數目，先得要知道原子吸收这条譜綫能力的數值。天文学家和物理学家，就从实验或理论的方法，寻求各譜綫的这一數值。因为原子構造複雜，学理有不完备的地方，一般而論，实验得出的數值，較為可靠。

第三，我們眼睛只能看到很狹的一段光譜，从 4×10^{-5} 到 8×10^{-5} 厘米，用照相拍，想尽办法也只能拍到从 3×10^{-5} 到 13×10^{-5} 厘米的一段光譜。原子的綫光譜可能在这段光譜之外，或在这段光譜內只有幾根很微弱的綫。並且，在拍到的一段光譜內約有 26,000 根綫左右，有些區域挤得緊時就模糊不辨。这些增加了辨認和測出正確濃黑度的困难。可是天文学家根据上面講的理論孜孜不倦地鑽研，大家得到差不多一致的結果。太陽大气裏氫气和氦气最多，就原子个數說，用百分數表示，大致如下：

氫	氦	氧	鎂	氮	矽	硫	碳
81.76	18.17	03	.02	.01	.006	.003	.003

这是指太陽大气，即表面而言。至於太陽深層內部是否也这样，我們还不能肯定。

太陽表面的气候

有了电力設備的地方，大家都喜欢用电灯，不再點蠟燭了，因为电灯既亮又經濟。这經濟的原因，除了电能生產的集中性的因素以外，还有一个最基本的物理因素存在。原來一个物体所發的光的性質和它的温度有着密切的關係，這裏所謂光的性質，是指光的强度在各种波長的分布。温度愈高，短波的光就愈强。普通燭光火焰在攝氏 1700 度左右，所發的光大部

分在紅外區，我們的眼睛看不見，鎢絲電燈的溫度在 2600 度左右，發出的光波在短波區域的比燭光多些，我們的眼睛就能接收較多的光綫。按照物理學的原理，我們可以算出物體在各種溫度時所發出的光在各種波長上的分布，圖 6 就表示這種

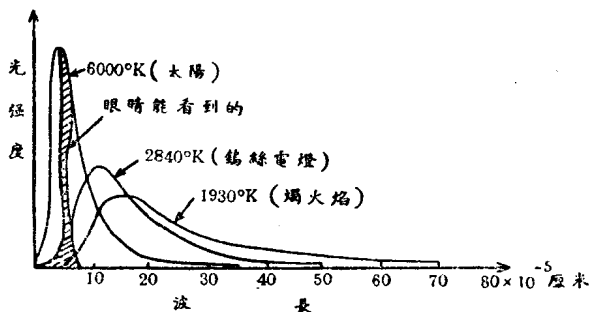


圖 6 各種光源的光強度在波長上的分佈。

情況。圖中 K 是指計算時所用的絕對溫度，它的零度在攝氏零下 273° ，所以攝氏溫度加上 273° 就是絕對溫度。天文學家用光譜輻射儀可以量得太陽在各種不同波長的能量分布，所得結果和用 $6000^{\circ}K$ 所得的能量分布相仿。這裏應該交代一下，圖中的曲線是按完全的輻射體或叫黑體來計算的，一般的物體像鎢絲燈或燭火焰都不是真正的黑體。為易於說明就不再細分了。

除了根據太陽光的性質來測定太陽的溫度外，還可以利用太陽發出的光和熱的總量來定出它的溫度。從物理學我們曉得，一個黑體每單位面積每秒發出的總能量是和它的絕對溫度

的四次方成正比的。从地球上每平方厘米面積每秒所受到太陽的總能量，我們乘上 $(107.5 \times 2)^2$ （太陽离地球的距离是太陽半徑的 107.5×2 倍）就得到太陽每平方厘米面積發出約 6200 瓦的能量。我們做實驗曉得，黑体在 $1000^\circ K$ 時每平方厘米面積會發出約 5.7 瓦特， $6200/5.7$ 開四次方，約得 5.8，所以由此得太陽的溫度約 $5800^\circ K$ ，這溫度和上面得到的 $6000^\circ K$ 很是符合。

整個太陽是氣體組成的。所謂太陽表面的大氣，有說明的必要。普通我們把眼睛看到的太陽圓面叫做光球，光球有着明顯的輪廓。一層薄紗，並不能遮沒後面的景緻，不過千百層薄紗疊起來，就可以像牆一樣。同樣，通過太陽大氣往裏看好像通過層層疊疊的薄紗看一樣。這阻隔了我們看到太陽內部的上層氣體，就叫做太陽的大氣。

太陽表面的溫度既然高到 $6000^\circ K$ ，表面的氣壓又很低，由於熱脹冷縮的道理，它上面的氣體膨脹得很兇，因此就非常稀薄，太陽大氣的密度遠比地球上空氣的密度低。地面上，一毫升（每邊一厘米長的立方體的體積）所盛的空氣約重 0.0012 克，把這點空氣，裝在一萬多毫升的體積裏，它稀薄的程度就相當於太陽的大氣了。這還是指太陽大氣低層的情形，愈高就愈稀薄。因此，太陽大氣雖然可以高達幾百公里，它包含的物質却是很少的。這點在太陽光譜吸收綫的濃度中得到証明。用玻璃棒蘸些淡鹽水在火上燒，它對於鎢絲燈的連續光譜所產生的鈉綫的濃黑度，就遠比太陽光譜中鈉的吸收綫強得多。

太陽表面形形色色的活動

一、黑子——太陽上的風暴。

我國文化有悠久的歷史，對於天文觀測也特別注意。世界上最早有黑子的記載是在公元前 28 年，地點就在我國。古書說「飛鳥凌日」就是指太陽面上的大黑子，黑子是太陽面上最突出的現象，所以古時人不用望遠鏡也能看到。不過一般的黑子，不用望遠鏡是看不到的。太陽光太強，用望遠鏡直接看要損傷眼睛，普通用望遠鏡把太陽的像投影在一張白紙上去看。

天文學家用望遠鏡觀測黑子的紀錄已有二百多年，所以黑子在太陽表面發展的規律，我們也有過詳細的分析的統計。已經知道，黑子是太陽大氣中的風暴，好像地球的風暴一樣，太陽上的風暴區域比鄰近地方要冷一些，所以它顯得黑暗。黑子是太陽表面活動的表示，黑子的數目愈多，

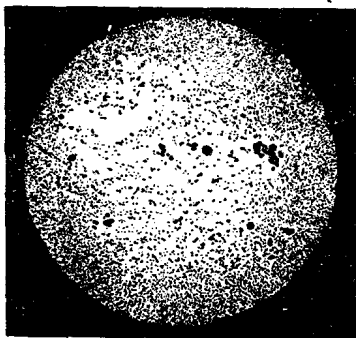


圖 7 黑子。

表示太陽表面活動愈厲害。太陽表面發出的全部光和熱，雖然變化很小，不超出 2%，但總是隨黑子數目的增加而加多。黑子數目的多少，或它總面積的大小，大致每 11 年有一盛衰，周而復始，這個叫做黑子周期。

黑子一旦出現之後，往往要一、二個月，甚至一年半載才消失。每天注意黑子的位置，就會發覺它們自東向西移動，這表示太陽在自轉。太陽各部分轉得並不均勻，赤道（垂直而等