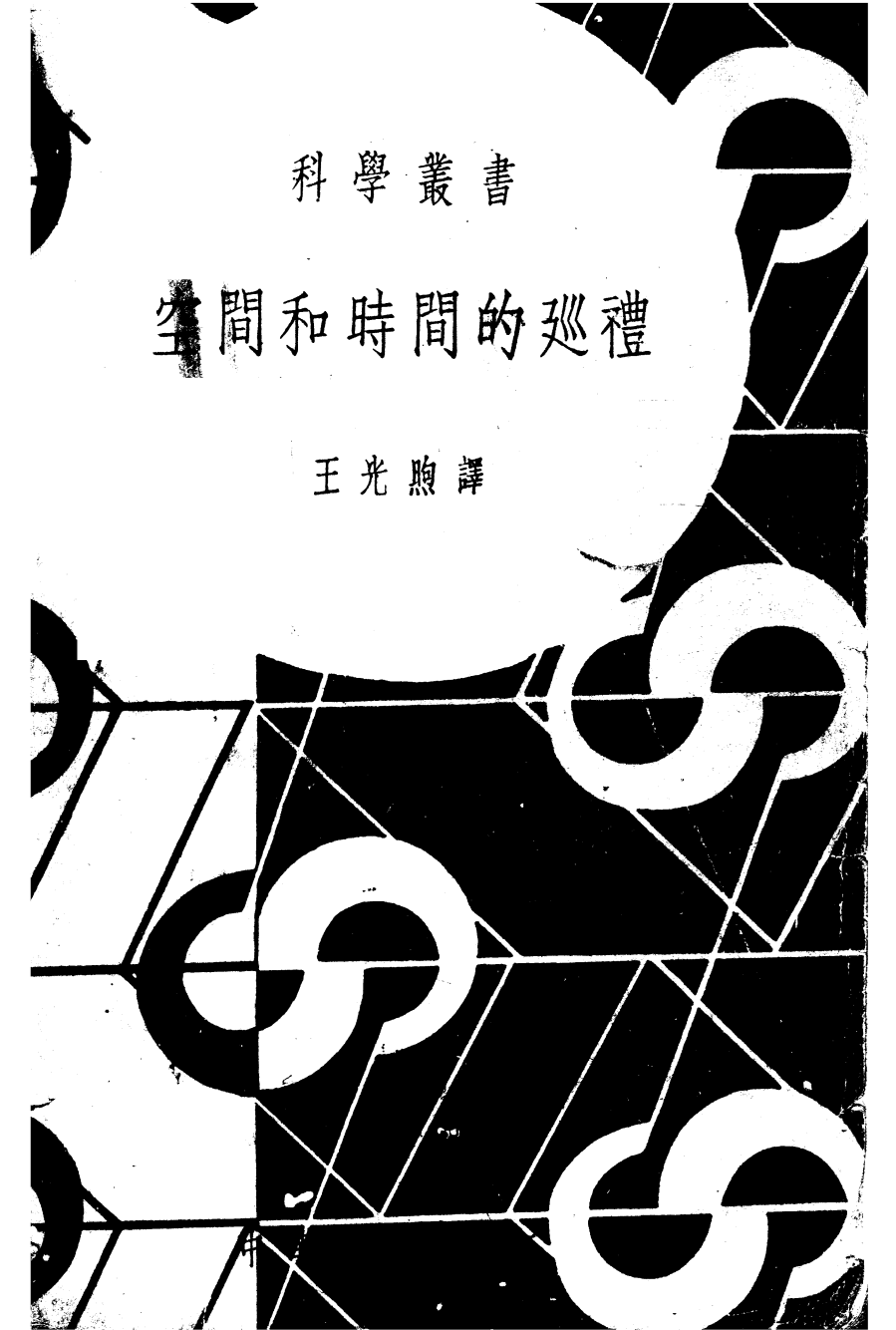


科學叢書

空間和時間的巡禮

王光煦譯



序

秦斯(Sir James Hopwood Jeans)生於一八七七。爲當代英國第一流科學作家，與愛丁頓(Eddington)齊名。亦出身劍橋三一學院，先於愛丁頓，後於羅素，各數年。初曾在美講學，著作偏於物理方面，後乃兼治天文，致力宇宙發生學，時有新說，聲名大起。歷任普麟士吞(Princeton)大學應用數學教授(一九〇五—一九〇九)劍橋大學數學講師(一九一〇—一九二一)王家學會祕書(一九二三—一九三三)。一九二八授爵士。現任威爾遜山天文台特約研究員。專門大著有『數理電磁論』『氣體動力論』『天文學與宇宙發生學』『理論力學』等。惟最使秦斯知名於世者乃其通俗風行之著述，此類小書皆已迅速譯成中文，如 The Universe around us, (1929), The Mysterious Universe, (1930), Stars in their Courses, (1931), New Backgrounds of Science, (1933), 坊間均有譯本。本書 Through Space and Time (1934), 乃其近作。

誠然，秦斯與愛丁頓同擅長以流利文筆寫新奇學理，但亦同具唯心傾向。惟本書無此氣味，最宜於一般讀者。

二十五年六月廿七日 王光煦



80760664

目 錄

第一章 地球……………1

空間的漫遊與時間的漫遊 畢特哥拉斯第一人說地爲球形 黑拉克利底斯第一人說地球本身旋轉 千五百年前的普盧塔克與千五百年後的牛頓同論『慣性』 佛科擺的實驗 埃拉托色尼對於地球大小的巧妙測量
 由地震波而洩露的地球的祕密 層累造成的地下古史
 地球的包裹 包裹的核心與外皮 皮上的水滴與塵點 摺縐成的山嶺谿谷 壓榨出的海洋雲氣 山和船一樣是浮着的 均衡論符合阿基米德原理 移山倒海
威格納大陸浮動論 原始五洲一片說 沖積期化石的智識庫 當作史頁的埃及土 由放射質而推知的地齡 滄海桑田 古生物的掙扎及其悲哀 巨盔重甲的淘汰 近五十年來的人類生活變化多於侏羅紀三疊紀五十兆年的爬蟲生活

第二章 空氣……………40

空氣不空 人人頭上如戴一百四十四層鉛皮 大氣的透明不透明 光波的通過通不過 輻射的形態與本質
 光譜學與分光鏡的應用 波之長短 聲波與光波的倍頻程 可見輻射與不可見輻射 紫外光與紅外光

X射線、γ射線、宇宙射線 無線電波 對流層之動與
平流層之靜 平流層的探測 最近飛升的氣球及其限
度 更進一步的平流層探測法當藉助於三種振動波
光波聲波無線電波 拒絕紫外光波的臭氧層 反射無
線電波的赫維賽德、懇涅勒層、亞普來頓層、D層 最
新發現的極外反射層 帶電質點與極光 倒折聲波的
高空暖氣層 大氣的不透明性 從蔚藍的天到漆黑一
團 光的散射與色的分配 紅外攝影術之應用 破霧
預避冰山

第三章 天空65

日月星的位相 希臘哲人談日月星的本質與日月蝕的
原因 亞諾芝曼德的穴洞說 亞諾芝曼尼的火葉說
芝諾芬尼的火雲說 赫拉頡利圖的碗碟說 亞那薩哥
拉是第一人說破月亮的本質與日月蝕的原因 亞利斯
他克是第一人根據實地測量對於日月的距離作了近代
化的計算法 成爲固定布景的恆星 遊移無定的行星
視運動 古代天文家精製種種錯綜說法 黑拉克利底
斯及亞利斯他克首明行星與大地繞日運動 逆耳的真
理埋沒近二千年 反動的天文家托勒密統治全中古的
理智黑暗時代 太陽中心說的復興者 幽默保身的哥
白尼與吶喊遭難的伽利略 運動的相對觀 黃道 獸

帶的幻想 星座的欣賞 物換星移 北斗異拱 星空的巡禮 衆星的亮度單位 星光總量 肉眼看到的星數與望遠鏡窺到的星數 如何辨別恆星與行星 行星亮度變異的原因 日月衆星億萬兆獨光何以不令人目盲 彗星的法則 流星的陣雨 曾改變古代人生活樣態的隕星 隕口的造成 隕石的暴力

第四章 月亮……………92

月亮的距離 幻想中的月宮與望遠鏡中的月球 最先說明朔望及月蝕的亞那薩哥拉：月屬土性，有平野山谷 無水的月海 月面無空氣的證據 月山高於地山 如何乘火箭往月亮 須開足何等速度 途中的俯視與仰望 沒有色彩的月世界 只有明暗黑白 往遊月亮 必須隨身攜帶空氣和水 身在月亮輕如鴻毛 跳高跳遠甚易突破世界運動記錄 拍球則球浮離；射彈則彈如黃鶴一去不復返 水到月面頃刻蒸發：舉杯欲飲則唇未沾而茶已乾 無人禽蟲獸樹木花草的死世界 只是一面懸空的大鏡 月殼的質料 月面與月心 月面上的探險家勢必陷於鎗林彈雨之下 寰形山之由來 火山灰積成的月毯 陽光一斷則超赤道的酷熱頓變爲超冰霜的嚴寒 基於分光術的月體構造論

第五章 行星……………107

太陽系的空洞 九大行星的比觀 體積與距離一致的
行動 小行星和彗星 行星各擁多少衛隊 太陽如何
維繫行星，行星如何維繫衛星 牛頓定律 行星繞日
的週期 行星的熱源與太陽的輻射 最接近太陽的水
星 一面常朝陽 長熱的半球與長冷的半球：晝面與
夜面 水星無水（如月面） 金星：地球的雙生姊妹
現在的金星與過去的地球 金星有水和大氣的證據
紅外光也穿不透的金星高溫造成的厚雲 金星平流層
研究 氧的缺乏：尚無植物 金星將來會有生命嗎
火星：地球的小弟兄 現在的火星與未來的地球 火
星的大氣及晝夜寒暖 白帽和暗區 遊火星者仍須自
備空氣和飲料 火星的低溫 火星有人嗎 『主觀的』
與『客觀的』條紋 火星運河說之推翻 從火星往木星
的途中 橘子狀的木星：自轉之急速 木星更寒於火
星：華氏零下一八〇度 等於全地球面積的大紅斑
濃密雲帶的迴轉 合成木星大氣的阿摩尼亞和沼氣
木星探險家必整天咳嗽噴嚏流淚 可怕的攝引：只覺
兩腿無力，寸步艱難 必須請古代爬蟲為生活指導
比木星更討厭的土星天王星海王星冥王星 美觀而悽
慘的土星光環 最新發現的冥王星最遠最寒 不堪設
想的自然狀態 太陽系中的生命 諸行星的月質分配

月與潮汐 月的伸長與突斷 行星的危險帶 木星月的增加 土星如何獲得光環 地球的危險帶 月亮分裂的預測 人間將失去獨明的孤月而得到朗朗的羣月
無復朔望盈虧 夜夜長明的光環：要當心彈雨 太陽的危險帶 彗星粉碎為流星羣 個個恆星都有危險帶 太陽如何獲得行星 行星如何獲得衛星

第六章 太陽……………134

大千世界的幾何級數 火箭飛行的考察 太陽面 伽利略致盲之因 太陽的邊緣 太陽黑子之大可一氣吞沒全體行星 黑子波週期與天氣循環 樹輪與水高 黑子的變化 黑子的移動：去而復返：伽利略證明太陽旋轉 黑子的性質 黑子的產物 全原子、原子層、帶電質點 日珥的飛躍 日珥的變化 何時可看清日珥
日蝕時的日冕：太陽大氣 太陽的輻射 分光鏡下的太陽面 原子光譜 基於光譜分析的太陽構造論 牛頓的連續光譜 夫牢因和斐的暗線光譜原子的受激不受激 極熱的太陽核心與較冷的外層 飽暖的原子與飢寒的原子 光色之發射與吸收 當作天文家智識庫的太陽衆星光譜線 太陽衆星的原子與地球的原子
建築全宇宙的磚料是一樣的 氫光照與鈣光照的太陽面溫度不同的光色示深度不同的氣層 原子的碎裂

原子碎屑的緊束 把一磅物質塞進一指韜的壓力

我們所未經驗到、且永不能加以實驗的物態：太陽核心之熱可使在百碼外的一針頭之力吹倒萬里長城而有餘

第七章 恆星 149

一千八百歲的真理與一千八百歲的非難 在薇薔蕊上蠕行的綠蚜蟲看不出樹排的變遷；強率的望遠鏡可窺測星位的移動 恆星在空間的寥落 恆星相碰而生行星是極希罕的事情 恆星的視亮度與稟亮度 最亮的與最暗的恆星 恆星的距離 最近的與最遠的恆星 恆星的發光本領 恆星的輻射 恆星光譜之重要 基於光譜序的恆星等級論 恆星的溫度 最冷的與最熱的恆星 紅星與青星的輻射 變光星的趣味 恆星的體積 最大與最小的恆星 紅巨星與白矮星 恆星的質量及其計算法 最輕的與最重的恆星 孤行的恆星與偕行的聯星 聯星的趣味 原子之分裂為質點 恆星如何成為聯星系 聯星的旋轉 聯星的軌道 聯星的質量 配成伴侶的聯星 配偶不當的聯星 白矮星的緊密物質：每噸可塞進一指韜 聯星系的繞行週期 聯星蝕的變光星 發現聯星的方法 恆星的運動方向速度 質量最多的青星 星座的劃分有物理的關聯 星座的脚色皆明於太陽 望遠鏡與眼竅 恆星系統

之形狀與極限 赫瑟爾父子的理論 大車輪形的恆星系 恆星輪的中心面與中心點 恆星牆 銀河 伽利略的望遠鏡證實二千年前亞那薩哥拉和德謨頡利岡的真知 普通測量恆星距離法之失敗 另開法門：由稟亮度與視亮度之比較以推恆星的距離 青星和紅巨星的光譜型 仙王座及長期變光星的週期性 球狀星團在銀河兩旁與恆星系相應 恆星系大輪的自轉速度 大輪吸引着太陽 太陽運行軌道 大輪中的恆星數 肉眼可見與不可見的星數

第八章 星雲……………174

何謂星雲 行星狀星雲：圍繞着孤單恆星的廣闊大氣 十倍或百倍日光 在星雲中心的恆星奇小而特熱 銀河系星雲：圍繞着成羣成座的恆星的大氣 百倍或千倍日光 光雲海與暗區 超銀河系星雲是更大的星雲海：特徵 數千兆倍日光 星雲光譜的分析 原子雲與恆星雲：行星狀及銀河系星雲的原子光譜與超銀河系星雲的恆星光譜 現代望遠鏡中所窺的散離的光點 新星和球狀星團 超銀河系星雲與銀河系恆星之酷肖 星雲的大小 星雲的距離 星雲中的變光星 暗度與距離 兩個離地最近的超銀河系星雲 星雲之遠大無邊 星雲的形狀：自球體至輪形 星雲的質量

星雲的攝引 星雲演化的階段：星雲發育的扁平率
車輪的崩潰 恆星的誕生地 星雲的本身又怎樣產生呢
混沌初開論 氣的凝結 星雲的大小重量亮度的平等分配
最近年的新發現：星雲以驚人的速度遠離天涯——越去越快
關於星雲運動的兩種說法：遠飛說與遠浮說 膨脹中的空間 曲的圓的有限的氣球面
如何周航空間的全球 威爾遜山大望遠鏡所見之小 宇宙日益大——星雲相去日益遠 不可勝數的星雲
全世界海岸的沙粒一般多的恆星 太陽一粒沙 地球一塵埃 時與空 宇宙鐘

空間和時間的巡禮

第一章 地球

現今是好動不息的時代，能遊歷的人個個遊歷。更幸運的還可遊歷到海外各大洲——周遊全世界——在遊歷中觀賞奇景名勝以飽眼福。現在我們起程作全宇宙最遠的旅行。我們將遊歷——或假作遊歷——經過非常遼闊的空間，使我們的地球看來會比一道日光裏的極微小的微塵還微小，又經過非常溼遠的時間，使人類全史會縮到時鐘的一聲鏽鏘，個人一生會縮到比眼睛一瞬還短暫些。

我們在空間上旅行時，將試繪一幅宇宙現狀圖——浩渺無垠的空間，不可思議的廣大和驚人的荒涼，幾乎是絕對的空虛，只偶然間有稀罕的冰冷無生氣的物質小粒子，偶然間有更稀罕的名曰恆星的那些發焰瓦斯的火球。這些恆星大都是在空間中的孤寂的漂泊者，雖然有些地方我們或可遇見一顆恆星發射光熱與一族環繞的行星。可是這些行星之中很少和我們的地球相似的；大多數是很不同的，使我們將不能描寫它們的景致，或想像它們的物理情形。

我們在時間上旅行時，將試以此幅瞬刻的圖畫，擴張成爲一套活動影戲片，它不僅表演宇宙的現在，而且表現宇宙的過去和未來。我們要看見一兆(一百萬)年前的天空，一千

兆年前乃至一兆兆年前的天空；我們要注意廣大的星團，每星團方生方滅，僅如恆河之一沙。我們要注意一粒平凡的沙——我們的太陽——在大動亂中崩潰而終於產生一族的行星，此事有如長篇劇中之一段極短小的插話。我們要注意這些行星之中有一較小的——我們的地球——變成一個熱氣的球體，逐漸冷化，最後變成一個適合生命的寓所。稍次我們要看見生命的出現，最後人類來了，佔據着他在空間的極微塵點，他駭愕地觀望着他的生命所投入的神祕的宇宙，驚奇地也許煩惱地愛懼地探測着未來。

在長途旅行啓程之前，讓我們暫先考察一下自己在空間的家鄉——地球。由此得知許多事情，這對於我們的旅行不無補益。我們知道它的形狀是球形，這種發現是由於周航全球，繪出地圖，由於注視船臨地平，或由於考察月蝕時地影蔽月之狀。凡此皆簡單易舉之事，但人類要居住地上千萬年後才始做到。過去幾百年前大多數人還以為地是平的，而且現在有些迷惑的人仍以爲然。古希臘人包括荷馬，以為地是一只平圓盤，周圍環流着大洋(Oceanus 他們認作一條巨大河流)。圓的天頂就蓋在這圓的平盤上，頗似碟蓋蓋着碟子。希臘的畢特哥拉斯(Pythagoras)約生於元前五七〇年，他恐怕是主張地爲球形的第一個人了。

我們又知道地是旋轉的。朝朝暮暮我們看見日月星辰

起於東方，堂皇經天，而沉於西方；自人智初開以來，即常見此同一現象。但他們既以爲地是一塊平原，當然容易想像天頂覆在地上迴轉着，而不易於想像地可在天頂之下迴轉着。甚至畢特哥拉斯雖信地爲漂浮空間的球體，亦不想到它是在衆星下面旋轉。他想像地是靜立在宇宙的中心，又想像衆星是附黏在一個球殼上面，這球殼便自東至西繞地旋轉。就我們所知，本都的黑拉克利底斯(Heraclides of Pontus, 紀元前三八八一—三一五)是第一人完備明言地球本身旋轉，且明言此即諸天體所以看似橫渡經天的原故。

是我們在衆星下面旋動，不是衆星在我們頭上旋動，此固不難於證明。我們都駕過車，便都熟識所謂『慣性』(Inertia)的物性。約基督後一世紀普盧塔克(Plutarch)說明慣性，謂『凡物若不更受它物所引離，則循其自然的運動而行』。一千五百年後牛頓(Isaac Newton)敘述同樣的物性，謂凡物體皆保持靜止狀態或沿直線作等速運動，除非受外力而生變化。我們在車子駛行時，停止發動機並不會停止車子；車子的動量仍將車子推進，我們要停車必須加上制動機，或等到摩擦和空氣阻力慢慢把運動停止。不僅各個物體，而且一個物體的各部分，都似乎要繼續它現在的運動，必須有什麼把它推拉，使它不得不變遷，它才發生變遷。我們若轉動車子的轉向輪，能使車的下部跟隨前輪向新方向

前進，但上部則似乎要續繼舊方向；我們若把轉向輪轉動得太匆促，則有顛覆車身的危險。若果道路多冰或泥濘，致車輪抓不住道路，則車的全後部會趨於繼續舊方向，致車滑走。在時間和空間的旅行中，我們會常常遇着此種慣性。

這對於我們是重要的，因藉此便得到最簡單最可確信的證明：地球實際是在旋轉的。試在一條弦線的末端懸一重球或秤錘，如擺一樣而使之擺動，則見它在空間循同一方向繼續擺動，無論弦線首端如何搓扭或轉動；我們轉動弦線的首端，不能指揮擺在空間內的擺動，正如我們轉動轉向輪不能指揮冰上的車子。

試將擺懸着，讓它依某方向擺動，對着某個界線分明的地點，如教堂塔，搖來搖去。若要這運動能繼續長久時間，最好用較重的秤錘吊在高的屋頂；若用較輕的秤錘試驗，則運動不久，擺即因空氣的阻力而停。

假使地是固定在空間的，則擺應繼續向着塔搖來搖去，直至空氣阻力使它靜止。但是不然。我們却見它的搖擺方向漸漸從教堂塔移開，越離越遠。擺的實在擺動方向是不能有變遷的，所以我們可推斷：教堂塔必經移動了。實在發生的事固如此：地球的旋轉把教堂塔帶着轉了。

現在讓我們出發旅行到北極去，并隨身攜着我們的擺，到那裏去舉行實驗，我們若不顧及地球，而注目於天空，將

見擺動的擺在整個運動中是始終向着同一些恆星搖來搖去；例如，使它向着牧夫星（Arcturus）擺動，它就繼續向着牧夫星搖來搖去。足見牧夫星常住在同一方向的空間裏。我們若俯瞰地球，即能看到地球的表面在我們這個不轉動的擺下旋動着，其速率為每廿四小時旋轉一次——或更明確言之，每廿三小時五十六分四·一秒旋轉一次。在別的緯度上實驗的結果較不易於描敘及說明。

此實驗通稱曰佛科（Foucault）的實驗。法國的物理學家佛科於一八五二年公開舉行這個實驗，把他的擺吊在巴黎萬神廟的圓屋頂。觀眾數千人，當他們看見擺改變對萬神廟牆垣的方向，許多人確言他們能夠覺得地球在他們腳底下旋轉着。

同一的慣性原理又提供第二個關於地球旋轉的證明，不過比較間接些。我們住在英國或中國的人受慣了自己的氣候上不斷的劇烈變化，幾乎忘記地球上有大區的地帶氣候幾乎全無變異。在赤道附近是常常熱的，風把空氣拖過這些熱地，空氣本身就變熱而趨於上升，像密閉的房間裏的熱空氣或烟突裏的熱瓦斯。同樣，風吹着空氣經過北極和南極區域時，這空氣就變冷而趨於下降。

假使地球並不旋轉，則此種地方的空氣冷熱會使全體大氣處於恆常以南、北方向循環不息的狀態。在兩極空氣會

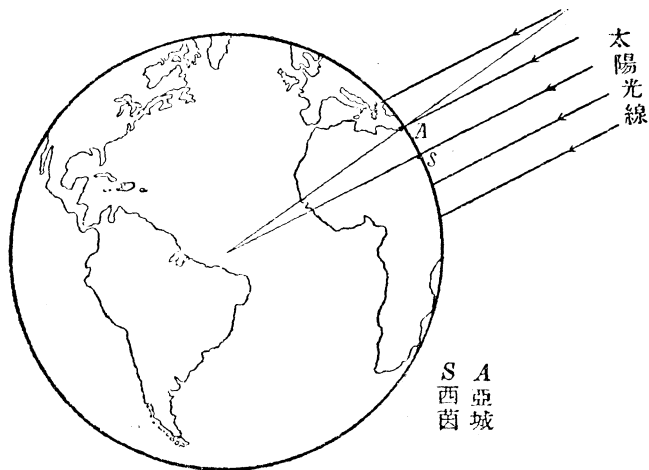
下降；跟它後面降下的其他空氣的壓力會把它沿着地面推向赤道去，到赤道它會上升，經過大氣的上游而移回於兩極。實際上固亦發生這種循環流動，但由於地球旋轉所產生的其他更複雜的運動而幾乎掩蔽了。

旋轉的地球便把整個空氣的循環系統拖拉着連帶旋轉，但後者永不能與疾馳的固體地球並駕齊驅。在挪威的一座山或地面上的一點每小時繞地軸運行五百哩，而附近赤道的一點每小時運行約一千哩。地球由摩擦所生的牽引力永不足以使空氣在由挪威到赤道的南行途中的速率從每小時五百哩增加到一千哩。地球的山野崎嶇起伏不足以完全擒住空氣，所以空氣的進行總常常溜後一些——像齒合器沒有完全把住的摩托車溜後一樣。當我們覺得空氣這樣溜後的時候，我們就說有風從東吹到西。

這便是在赤道兩邊常向西吹的貿易風的由來。假使地球不是旋轉的，就不會引起貿易風，所以我們可認此為表示地球旋轉的證據。向西航行比向東容易，因為向西航行時在我們周圍的空氣的慣性使我們不參與地球的全運動。在向東航行時，我們須有追及地球運動的較煩重任務。

在黑拉克利底斯說明了地球的旋轉之後不久，亞歷山大里亞的埃拉托色尼(Eratosthenes of Alexandria)測量地球的大小，有很高妙的技巧和驚人的成績。他和同時代的大

多數人，相信太陽的距離較之地球的廣量是非常的大。那末，地若是平的，太陽應同時在一切地方都直照頭上。實際上呢他發見太陽在西茵(Syene 即今 Assouss)直照頭上時，在亞歷山大里亞便不直照頭上，而亞城在西茵北五千視距尺。照臨着兩地的太陽光線既不能來自相異的方向，他便論定『頭上』方向必有相異。他確發現頭上二方向的差異為一圓之五十分之一，或 $7\frac{1}{5}$ 度——即太陽在西茵直照頭上時，距離亞城的天頂點是 $7\frac{1}{5}$ 度，或照我們今日的說法，兩地間



圖一 埃拉托色尼發見太陽光線垂直射在西茵時，與亞城的垂直點相距為一全圓之五十分之一。他得到結論：地球的圓周是五十倍於亞城與西茵的距離。

的緯度差異是 $7\frac{1}{5}$ 度（真實差異約 $7^{\circ}7'$ ——原註）。由一個簡單的計算表示地球的全個圓周為五十倍於五千視距尺，或二十五萬視距尺。埃拉托色尼後來補正為二十萬二千視距尺，約等於二四，六六二哩。以南北方向而測量的地球的實際圓周既為二四，八一九哩，而圍繞赤道的實際圓周為二四，九〇二哩，則埃拉托色尼的測量還不滿百分之一的差誤。

讓我們再舉慣性原理的另一例證。依慣性原理，物體繼續沿直線運動，除非有什麼把它拉開。我們知道，繫在繩端旋轉的秤錘，當繩斷時，會立即沿切線方向飛出。繩斷了，秤錘慣性使它仍沿直線前進；在繩未斷之前必有什麼引拉着秤錘，使它作圓運動；這當然是繩的引拉。

在地球赤道上的物體所處的位置亦正為繩端的秤錘。地球的旋轉帶着物體週轉，每廿四小時周繞二四，九〇二哩的圓周一次，故物體的速度每小時超過千哩。慣性原理說它們會繼續沿直線運動，因而沿切線方向飛到空間裏，除非有什麼阻止它們如此——繼續拉着，使它們不能沿直線而行。

此名地球之「重力的吸引」。它用力吸引我們的身體，使我們自覺不能騰空跳躍數尺以上，當然它對於別的物體亦必施以相當的有力的吸引。可是它並非萬能的。一個物體運

動越快，維持圓運動所需的引力也越大——正如我們迅速轉動繩端的秤錘時所發現的情形。地球的引力可容易的攝住每小時行千哩的物體，但對於運動得更快的物體就難於維繫了。假使地球的旋轉速度突然增到現在速度的十七倍，以致八十五分鐘成爲一天，那就全無攝住的餘地了。我們勢將逢到奇觀，所有地球赤道上及其附近的一切物體都從地上跳起來，而沿切線方向飛到空中去，空氣和海洋當然亦隨之俱去。棲息在地面上的物體頗似腳踏車輪上的水點：只要車輪慢慢的轉，是不發生什麼事情的，但若轉得快，水點就會飛去，而不復返。

照事物的現狀，赤道上的物體自然不會拋到九霄雲外去，但表示着那種傾向的趨勢。例如，在赤道的人比在任何他處的地面上較能不費力氣的跳躍六尺高，因爲他的每小時一千哩的速度幫助他抵消地球重力的吸引。因此之故，在各異的緯度內所造成的運動會記錄嚴格說來是不可比較的；接近赤道的區域應扣分數，以昭公允。

地球本身在赤道凸出，由此事實更可見到同樣傾向之另一證明。通常描寫此層，總說地球扁如橘子，但實際上它的最長直徑比較最最短的僅長廿七哩——僅差三百分之一——如果一枚橘沒有比這更扁些，偶然看去必完全像圓的一樣。可是地球的扁平雖微末不足道，而若干旋轉極快的行

星的扁平則可使我們一瞥瞭然。在我們最後的旅行中更將見到別種運轉非常迅速的星體，能使它們的赤道上的物體果然飛到九霄雲外去。

我們的地球不單是扁如橘子，而且皮粗多皺高低不平——山谷——亦如橘子。但這種比喻又把地球上凸凹不平的情形形容過實了。假使地上點綴着五十哩高的山，這種比喻才會給我們一幅近似的妙圖；然而實際上世界的最高山，埃佛勒斯（Everest 喜馬拉雅的最高峯），高不滿五哩半。在一個十二吋的地球儀上甚至紙的重疊處便可表示高約七哩的懸崖，因而表示超越地上所有凸凹不平的情形。總之，地球實在很近似完全的球體，說它像橘子遠不如說它像彈子。

橘子的比喻還有第三方面的不切合。地球的山嶽不見有如橘皮瘤那樣整齊的定形，而是屈曲隆起連綿成脊——較似縮皺的蘋果的摺痕。後者倒是個很適切而有用的比喻，因地球的山脊確正由於縮皺而來；山脊的存在與蘋果皮上皺痕出於同樣原由。

我想我們要充分了解此點，必須在空間上和時間上稍加探索——遡溯地球的古史，深入地球的內心。

我們要怎樣探索地球的內心呢？誠然，我們可以掘洞，如礦山技師之採探煤炭；或鑽孔，如石油技師之採探石油；但此二法皆不能當作我們進取地球中心的手段。石油井僅

達八千呎深；煤炭礦僅達其半；人爲的最深洞穴不過是蘋果皮上的最小針刺，一點也不能使我們接近它的中心部分。

因爲如此，我們向來對於最遠的星辰狀態却比對於我們腳底下數哩深的地球狀態所知較多，這是奇怪而確實的。但地震學這門新興科學就指示我們怎樣探訪比人工所能開鑿的任何洞穴還要深數千倍的地層——真的，達到了地球的核心。

有許多證據表明地球內部的壓力永在變異，地球的結構因受這些變異的壓力，永在逐漸變遷改移。這種逐漸的變遷有時引起突然的斷裂或崩碎，便猛撞全地球——就是一個地震。

當地震發生時，波浪從崩裂點出發向各方面傳徧全地球——正如我們投石池中時，波浪從投擊點出發而傳徧於全池。後來這些波浪浮現到地面時，帶來全部的消息，報告它們在通過地球內部的長途旅行中所遇的情形。因而，這些波浪由數百個觀測所加以記錄和研究。這些觀測所是適當分布於全球，每年可記錄到數百次的地震，幸而大多數很輕微，不殃及生命財產，且非用極度敏感的儀器加以偵察是完全看不出的。此儀器名地震記錄器 (Sensmograph)。

圖三即示此種儀器的要點。它所包含的主要機件是一條長臂或橫擺，在一個鉛直支軸上自由擺動，這個支點以某

種方法連接於實地的泥石。地震動時，隨即來了一個波浪，猛撞着支軸，使橫臂開始擺動起來；那接在橫臂末端的一枝筆便自動的把震動記錄在一圈自動紙片上。必須同時使用兩個這樣的儀器，一條橫臂指着南北方向，另一條指着東西。若僅用一條橫臂就不能記錄那沿着它所指方向而行的地震波。

這種儀器若要盡其效用，必須很靈巧的懸掛着。但是它不免要記錄地球的各類衝撞，不拘原因如何。例如，凡火車馬車摩托車走過，它都忠實的加以記錄，所以觀測者若不願繼續受所有這類振動的攪亂，他務須將這地震記錄器裝置於安靜的地方較妥。即使如此，他還可發見海浪打岸，震撼全島，而他的地震記錄器便也跟着搖蕩，故他在遠遠的內地所得的觀測可據以報告海面是否浪濤洶湧或水波不興。在印度的柯拉巴 (Colaba) 觀測所的所得記錄，十分確定的隨着孟加拉灣和阿剌伯海的動靜而變異。遠在一千哩外的暴風浪即由此而偵察的，并藉此以企圖預報旋風或季候風的到臨。

有經驗的觀測者覺得不難區別這些僅僅影響地面一小部分的局部震動與影響全球的真實地震。圖四示實際地震記錄的一片段。第二行右首的巨大開闊的波紋是真實的地震波浪的記錄；所有較小的波紋表示輕微的土地振動。

當地震計記錄一次真實地震的時候，各處的觀測所都把震動到達的時間記下，從這些時間的差異上可推知波浪通過實地的速度。

若果地球的結構和組織是一律的，則地震波浪應當以同樣的速度(等速)前進。然而實際上發見深入地球內部的波浪比接近地面的波浪平均速度要高得多。他方面，在同樣深度的波浪常以同樣平均速度進行。這點是真確的，無論它們的路線是南北向、東西向，或任何其他方向，亦無論它們在大陸下或大洋下，舊世界下或新世界下進行。可見無論何處，凡深度相同的地方，地球的實質和組織是相同的，而深度不同的地方則各異。

這樣我們可以推想地球的內部是一連套的球層，互相包裹如葱皮一樣。我們也可拿它比方一個包在許多層包皮中的球狀的包裹。

地震發生時最易感覺的亦即產生最大災害的波浪是沿地面進行的『地面波』。此外還有兩種不同的波浪貫通地球內部——第一種為『縱波』，第二種為『橫波』。無論液體或氣體都不能傳遞橫波，故第二種波只能穿固體物質而行。第二種波實際上行經地球的全個內部，除却自地球中心向各方延擴二千二百哩的一個區域，此名地球的『中心髓』。所以除却中心髓之外，似可斷定地球的整個內部為固體。至於那中

心髓可爲液體或氣體，除非它是由我們所未曾經驗的物質狀態而成的。它好像含有很重的液體，大概有十倍或十二倍於水的密度。主要是鎔化的鐵，也許混合着鎳，並且依地質學家的想法，或者它的化學成分與常落地面上的隕鐵相同。誠然，這類原質照標準上沒有十倍或十二倍於水的密度，但是照標準我們並沒有在高壓力下見過它們，而中心髓裏面的壓力必定巨大，因爲它須得支持地球大部分的重量。由約略的推算而知此中心髓的壓力每方吋約可有七千五百噸，是乃一百萬倍於地面大氣的壓力。地球正中心的壓力更要大，約每方吋一萬噸。

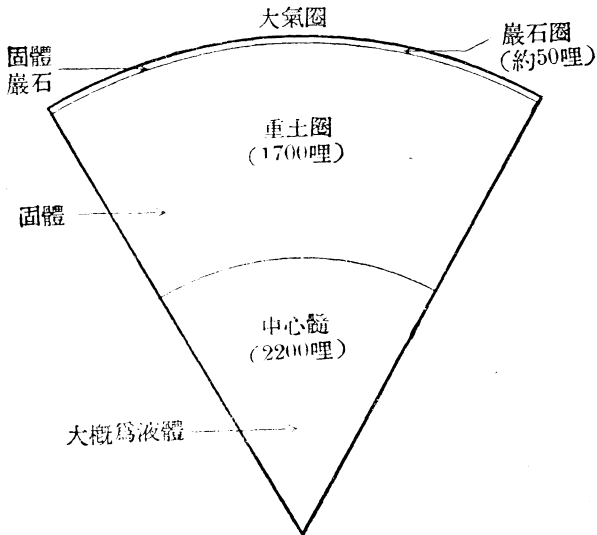
我們可把中心髓看作包裹。直接在這包裹外面的第一層包皮——約千七百哩厚的物質層，這有時稱爲『重土圈』(barysphere)。這層可傳透兩種的地震波，由其速度可知是包有很重的固體物質，更剛於鋼。即在重土圈內的波浪遊行的速度亦不等，和地球全體一樣，越深入的波浪進行越快，可知地質愈到內層愈加比外層來得剛硬。在重土圈內大概是逐漸從最低各層的鐵鎳類的重物質轉變到地面岩石所由形成的那些較輕物質。

重土圈離地面約五十哩，故其餘的各層包皮是比較的薄了。這些包皮相信爲岩石所構成，通常總稱爲『巖石圈』(lithosphere)或岩石之環。地震學者偵察此圈有三種相異

的地層，地震波在其中以各異的樣態和各異的速度而行，這至少對於各岩石層的結構得到相當的痕跡。關於其中的最低層的地質現在沒有一致的說法，但認為中層大概是雪花巖的，而最上層幾乎確定是花崗巖的。

圖二為根據地震學所示的地球內部各層的排列。

上述內部中心髓以及各層包皮即構成地球的性質的永久的體。我們若仍將地球比擬蘋果，則中心髓為蘋果核，重土圈為蘋果肉，巖石圈為果皮；如此一種描寫在物質的相



圖二 由觀察地震波而推測的地球內部的圖解。最高山的高度僅為巖石圈十分之一的厚，則尚不及上面所繪以表示地面的黑線的厚。

對比例上不會怎樣的不稱。但所有此外的各層包皮則僅具有比較偶然的、短暫的、易變的性質，可比之於蘋果皮上的塵屑和水點。

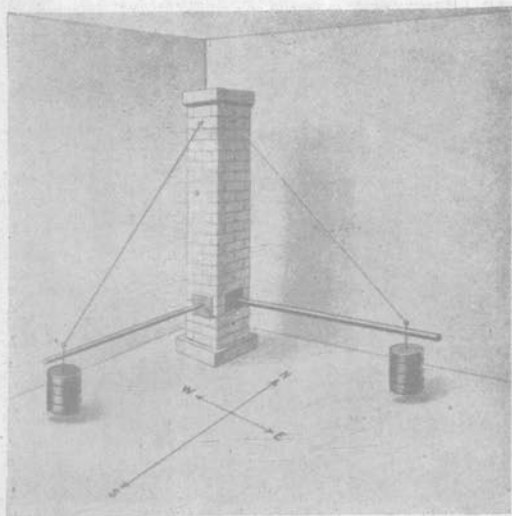
首先，我們就要講到所謂『沖積物』(Sedimentary)的各層，正猶蘋果上的塵埃。這種地層，有好幾層總和的厚薄——蘋果塵屑的厚薄——不一，自許多哩以至幾乎無有，因為有些地方(見圖十一)巖石圈的花崗岩幾乎生到地而來。

其次，像蘋果上的雨點，有我們所稱為海洋的水層；此層厚薄亦不等，自五哩深的大洋以至浮出海面的淺灘、乾地，即是薄到完全沒有。

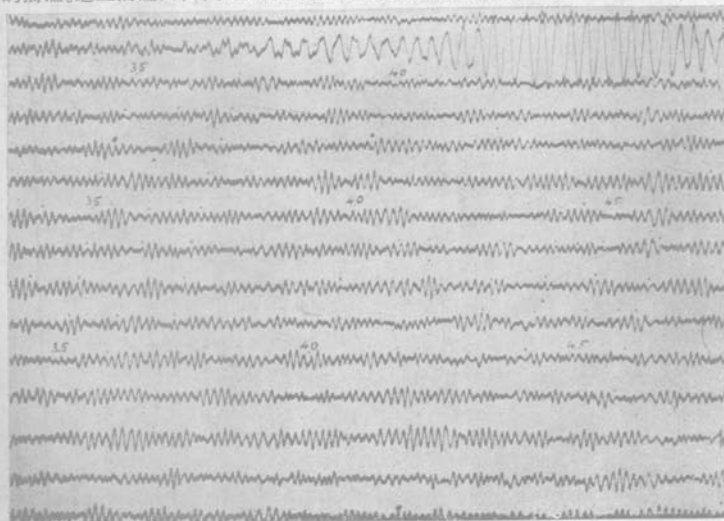
最後，在一切的外面，就是大氣圈，含有兩層曰『對流層(troposphere)』與『平流層』(Stratosphere)，在下章詳論。

我們知道地球含有許多不同的物質殼。大體上看來，內層的殼所含物質較重於外層的殼。好像較重的物質沉落到地體的深處去，而較輕的物質則浮起到上面來了。但如此分別並不完全，有些極重的已知的物質如鉛、水銀、及金之類，亦發現在最外層的地殼。

我們要知道地球當初何以是一種熱氣體。它是在一個大激變之中產生的，這個大激變把它的各種成分的物质攪動混合起來，不過未曾透澈混合。在動亂混沌之後繼以和平



圖三 地震記錄器的要點。地球的任何振動傳到磚的稜錐體，使二柄作微細角度的搖擺。這些搖擺由機械的槓杆擴大，而加以記錄，如下圖。



(空間和時間的巡禮 16 頁後)

圖四 地震記錄的一片段。第二行右首的大波紋是由非常暴烈的真實地震所引起的。所有其餘則僅屬風浪街車等所產生的動盪。數字指分鐘。



圖五 阿班(Oban)附近開立拉(Kerrera)島東南隅的黑板石和石灰的地層，褶皺着。左首的地質鏈表示比例，但同樣的東西發生在一千倍大和一千倍小的規模裏。



圖六 在亞爾郡海岸上巴朗脫拉(Ballantrae)南邊的鎔巖。這大約在四百兆年前流入於海，立即凝固成爲此狀，從那時保留到今日。

始岩石層的纏成始必與此相同。

地球的山嶺山谷亦如此形成。過程尙未完全終止；地面仍在微微移動，有的地方凹陷，有的地方突起，所以新的高原和窪地永在形成中。有時一個驟然的滑溜可引起地震，前已說過。又有時在傾圮中或已傾圮的地殼的沉重壓力可從裂縫或罅隙中擠起熱的物質直到湧出地面，即是我們所見的火山，油井，以及所謂間歇湧泉和熱泉的熱水噴吐；此類現象的進行在地球史的早期必出於無比的猛烈，而在它現存的狀態裏遺留着很明白無訛的痕跡。

因為，現在地球上的活火山雖屬少數，而顯示從前曾經爲火山的山嶺的數目是驚人的多。它們在悠長的遠古時代所瀉出的鎔石鎔岩的洪流現仍滿布於大部分的地面，形成我們所稱爲「火成的」(igneous) 岩層——由火造成的岩石，第六圖示亞爾郡(Ayrshire)岸上巴朗脫拉(Ballantrae)的一個鎔石流，它必是直流入海的，立即硬化成爲現在的「枕」形，且從此保留原形，直到今日，約歷四萬萬年。在安德靈(Antrim)的著名的「巨人砌道」的雪花岩石證明一種相同的鎔岩流瀉，必曾因結晶化而頓成現在的六角形。這些由原始火山而來的岩石流瀉供給我們以地球內部物質的真實標本。水和氣必同權被擠上去，當然就匯成地球的海洋和大氣。

地球的外殼向着收縮紋內核傾陷時，它所起的皺紋不會全然胡亂的形成。因地殼的結構似非絕對一律；它大概由較輕和較重的部分而成。大體講來，那較輕的部分最易擠起，形成山脈，而較重的部分則容易沉落到褶曲之底，便形成谿谷海底。故我們當然應視山嶽為較輕於海底的物質——每立方碼噸數較少。新近的周密的測量已證明此點確合事實。

科學家並非隨處拿得一立方碼就企圖作山嶽和海底的樣本；那種方法對於山嶽是太粗率，對於海底是不可能。從前他常拿一個長振子（長擺）——頗似舊式時鐘（裝置於豎立地上之長箱內者）裏的擺，却具有極合乎科學的準確性——登上一座山頂，嘗試由擺的行為而發現山的結構。近年來已用一種錯綜的儀器代替了擺，但其運用所憑的一般原理還是同樣的。

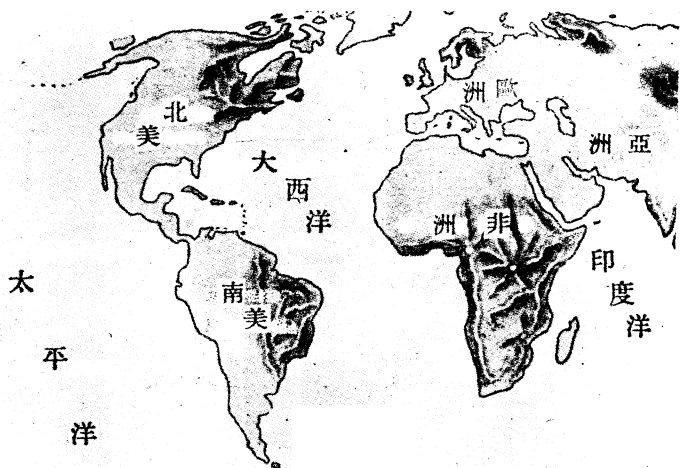
山頂比下面的平原更遠離地心，結果地球的引力的牽曳在山頂比在下方來得無力。所以若把一個擺在那里搖擺起來，則擺的球移向最低位就要慢些，即達到此位須比在下方平原需要較長的時間。換言之，拿到山頂的擺會耗費時間。我們能準確的計算它要費多少時間，假使山是由地殼的平常材料構成的。它常常耗費比此稍多一些的時間，可見山的物質較輕於平常材料。若將擺拿到海底的一艘潛水艇裏，

則情形適得其反：它在海底比在平常物質的地方更省時些，可見海底的物質是較重於平常材料。

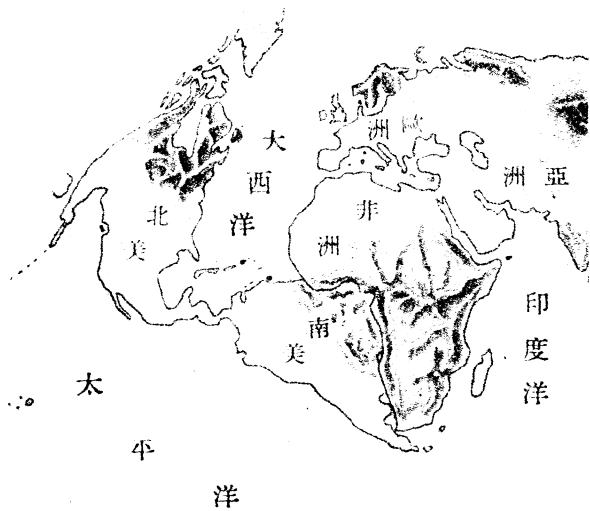
所有這些觀念由新近的所謂均衡論 (isostasy) 而大獲明確。簡言之，這個理論斷定：山立在地面上正如船立在海面上一樣緣故——因為它們浮着。又假定：和船一樣，山的總重量決定山浮到的高度。一隻船的總重量——船身、船載、船員、船主，以及一切——若達三萬噸，這船便會浮到一個高度，在此高度她恰可排水三萬噸；換言之，假使她突然撈出水外，她必留着一個孔可容三萬噸水來裝滿。這當然符合二千二百年前阿基米德 (Archimedes) 所發現的原理。

均衡論假定山的浮到的高度也正是這樣決定的。山當然不是浮在水裏或任何液體裏，而是浮在地球物質的某內層，此內層頗柔軟似液體。我們知道，普通的瀝青看來像固體，却會因受長久繼續的壓力而凹陷，正如液體受頃刻的壓力而凹陷。瀝青頗柔軟，約在數小時或數天內便可凹陷，冰在數月或數年內（如冰河流中所浮着的），玻璃在數年或數百年內。現在我們所討論的地球某內層的物質若是在數百萬年內凹陷的，便可盡其用。種種的計算暗示我們須深入地約二十哩才能達到此柔軟層。瀝青及其他物質遇熱則變得柔軟些——即流得容易些——這是普通經驗的事。講到地殼的物質大概也是這樣。所以在深約二十里的熱很可供

(空間和時間的巡禮20頁後)



圖七(甲)大陸的現狀，廣大的岩石圈自原始時代即已存在。



圖七(乙)威格納說假定原始大陸與現狀位置不同，乃連合成一塊的。

給所要求的低微的柔軟程度。我們由均衡論而知重一兆兆噸的山所能浮到的高度正可排除一兆兆噸的這種柔軟的內層。科學所能做到的最精細周密的測量已表示此理論可精細說明所觀察的山的高度。

我須暫離本題，告訴你一個輓近的理論，由一位德國科學家威格納(Wegener)提出的。這恐怕是更有趣的學說，雖然尚未得到科學界的公認。依照這個理論，大陸巨島也在浮動，不但是像船隻，而且是像獨立的船隻，能彼此互相移近或移開。新舊世界假定本來是形成一隻巨船，遭遇船破而裂為二，其後此二段互相遊離，一則形成非洲和歐洲，另一則形成美洲。其明證是：新世界若被拖向東北東約三千一百五十哩，必正好貼合舊世界，巴西上面的柏南布哥(Pernambuco)地點正貼合非洲海岸上面的喀麥隆灣(Bay of Cameroons)。我們不能說這種密切的貼合只是偶然的暗合而置之不理，因為不僅大西洋兩邊的海岸線相同，而且兩邊的山、岩石、甚至化石也相同。因此地質學家久已猜疑兩大洲從前曾連成一單塊；威格納的新理論對於兩洲如何變成分立，提供一種解釋。北美洲現在若再遠些拖向東去，它會正好貼合歐洲，而新英格蘭貼合舊英格蘭。威格納相信浮出海上的全部陸地在數百兆年前則配合成一片連續的大陸，這片大陸必佔全球面積三分之一。。

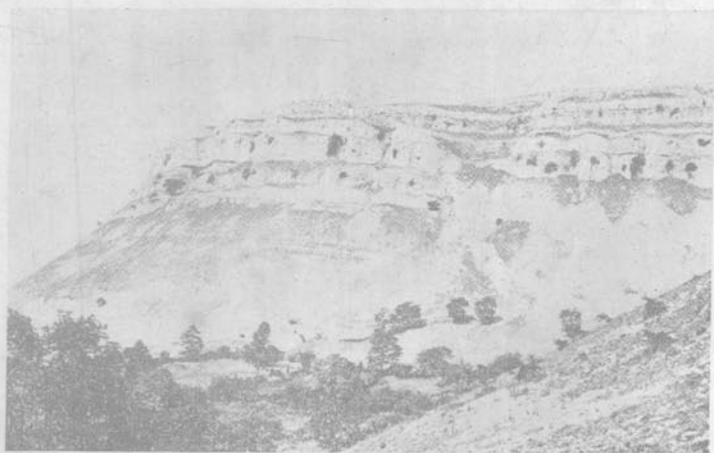
姑置一切理論或假設不論，我們知道山的高度乃至大陸的高度並不是永久固定的數量。我們若爬登一座山，看見偶然一塊石頭滾下來，這是意料中事，但若看見一塊滾上去，我們就要驚奇。風雨冰雪不斷的把山腹高高的岩石裂鬆了，到後來大塊的碎屑裂鬆了，滾下山麓，所以巨大的漂石，層積的碎石，以及普通碎岩便成爲山腳慣見的外貌。第八圖示昆布蘭(Cumberland)的窩斯脫沃脫(Wastwater)東邊縣延的小山山腳碎石的累積。在高山頂上，雪降而成冰川，慢慢流下到山谷裏去，並挾帶着大量的巨石和碎岩。在山麓小丘上，使山瀑因土粒而變泥濘，這些土粒從丘邊洗蕩而沖到海中去。我們處處看見羣山的物質被轉移到海底，這種過程的趨勢減低羣山的高度而提高海底的水平。

均衡論提示：這種一般的蕩平至少有一部分是可補償的。因爲山的物質既洗去，山就消失重量，也就浮得高些，恢復它已消失的一部分高度。他方面，海底受着河流沖下的泥滓和沖積物的額外重量所壓迫，下沉得更深些，因而失去泥滓和沖積物的淤積所能添加給它的高度。

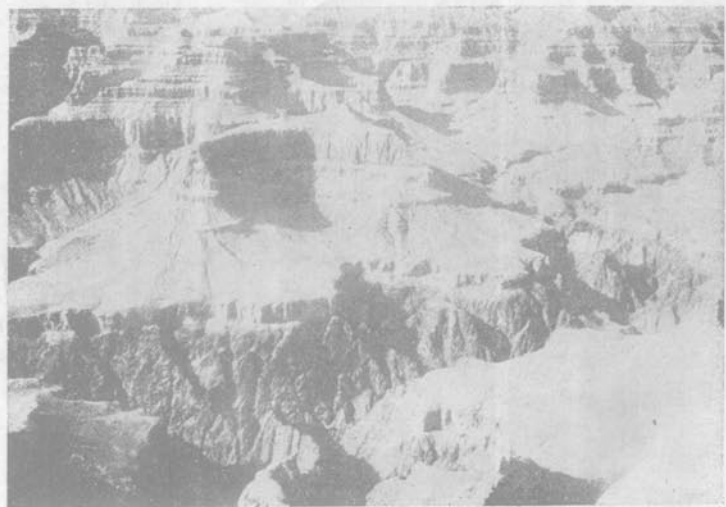
這樣不息的重整水平線以及其他原因，便造成地球表面各層的沉澱物和隆起物；一個全大陸可投入海面之下，一個新大陸可從海底浮起，形成燥地。遠在基督前六世紀希臘人芝諾芬尼(Xenophanes)便記載着海貝曾發現於遙遠的



圖八 昆布蘭的高斯脫沃脫東邊的懸崖。



圖九 朗哥侖(Llangollen)北二哩埃格爾威塞格(Eglwyseg)山上的石灰石的細槽。

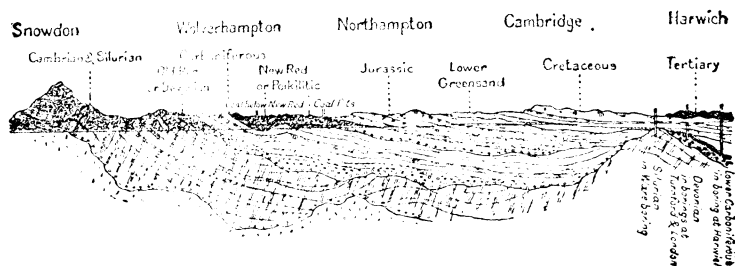


圖十 科羅拉多河峽谷的北邊，展示早期沖積層，互相重疊，成形整齊。

大的切斷——北美的科羅拉多峽谷 (Colorado Canyon)。這個切斷不是人類在幾天內造成的那種，而是自然界在億兆年間造成的。它的造成是由於科羅拉多河慢慢沿着河道侵蝕土地，年復一年，稊復一稊，這樣把軟土侵蝕洗蕩着，沖下海去。我們看見一層層的暴露，深逾五呎；偶然瞥見各層大多很像平面的，但老練的地質學家考證出許多地方隆起，傾側，甚至陷落到海底。

別的地方或許沒有一般的陷落或隆起，但地殼可有局部的破裂，而裂痕的一邊可滑過另一邊，以致那細槽不再連續平舖而形成所謂「斷層」(fault)(十三圖)。

假使有一條河，像科羅拉多河，貫穿着英格蘭，則英格蘭土地下面各層岩石的圖畫可用以代替第十圖。英格蘭沒有相當的河流可提供那樣的一幅圖畫，但是藉地面的成形

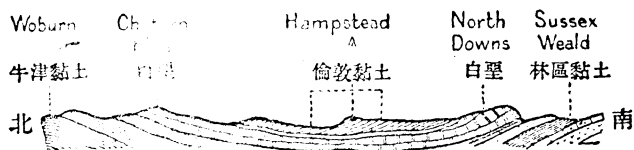


圖十一 從斯諾敦到哈維支的一條劃過大不列顛的線下的地層，約遠二百哩。可看出地下各層怎樣的摺縐着，而降起的部分怎樣遷移着。

的研究，并由各處發掘所能得的知識補充，使地質學者能製作一種關於英格蘭地下的土壤的說明圖，其圓滿可靠幾不亞於可由實際的切斷而暴露的一幅真實圖面。第十一圖即示此種地圖，展露那疊在一條劃過英格蘭和威爾斯從斯諾敦(Snowdon)到哈維支(Harwich)的線下的地層；此線由西伸東長約二百餘哩。

姑無論世界其他各處情形如何，我們就英國看來已知地層不是平疊如書葉，而是因着前述那樣的重新排列水平線而傾側陷落。顯然經過一般的傾側運動，凹下了東邊，凸起了西邊，雖然有些地方發生顯著的局部變異。例如，近線的東端，應在數千呎深的岩石却被一個地下隆起物帶到僅距地面數呎之內。地層的這種傾側沒有在土地的表面產生什麼相應的傾斜，因為應得屹立最高的部分都被洗去了。倘使我們仍將各地層比方一本書的各葉，則須想像這全本書不但被翻得破爛不堪，而且大半被撕掉了。侵蝕之多，使陸地的表面幾乎形成一本傾斜的書冊的平斷面，只消由東而西的橫過英格蘭，便可依次看到各葉的形狀，都在相當的順序中。

在第十一圖裏，相繼的地質層須作小規模的展示，略去許多細目。第十二圖就把一個較短的斷面作一幅較詳明的地圖，這個斷面在倫敦底下，由北而南，長約七十哩。在這裏



圖十二 此橫斷面與圖十一相似，不過是蘇瓦在倫敦底下，大約由北而南，自烏奔(Woburn)至薩克蘇林區(Weald of Sussex)。

我們不注意任何顯著的向北或向南的傾斜；現在最明顯的外貌是書葉的一般彎曲。我們只見倫敦臥在黏土上，其下是一層摺縐的白堊質層，平均厚約六百五十呎。我們已知道這在從前怎樣會形成一個深的海底。要續完這故事的下文是容易的。當初因地下的隆起，使平面的海底變成搖動的燥地；次則，水流過這白堊地，從較高的黏土向西部去；次則一條廣闊的河流逐漸把黏土的沖積物沉積着，多少充塞着河床，而較高的白堊丘依然不受影響；更後則原始人定居於某個接近河岸的大陸土地；最後則倫敦臥在黏土上而被白堊丘包圍着，蘇瓦南方，自多維（Dover）白懸崖至季爾福（Guildford）羣丘及豬背嶺（Hog's Back）之外，直到浮現於亨里的泰晤士（Thames at Henley）以北，并橫貫契爾吞羣丘（Chiltern Hills）而達赫特福郡（Hertfordshire）及康橋郡（Cambridgeshire）的白堊岡。

就在這地圖中的地質層的歪曲仍屬十分廣大的規模。

但是在廣僅數吋的岩石標本裏，有時甚至在顯微鏡承物片的極細薄的斷面裏，亦就往往可以看出恰正相同的歪曲。

這本斜葉的書冊的真趣味在乎它實際上乃是一本歷史書。不管它的各頁可怎樣傾斜摺縐，每頁的全長全廣總是原始沉積的，在某個確定的日期，或至少在某個確定的時期限度之內，並且在它自身中就埋藏着那時期的一部歷史。

要理解此點，請把我們的思想從泰晤士移到尼羅去。每年尼羅河氾濫着下埃及的原野，水退時，氾濫所遺落的沖積物使埃及的水平隆起幾分。我們若向此沖積物掘下一呎，則見五百年前埃及土壤上面消失或丟掉的東西；掘下四呎所發現的東西必爲基督降生以來所沉埋的。其實，埃及的土壤即編成一部埃及歷史上的地層記錄；要翻讀埃及史頁，我們只消發掘土壤。古幣和碑銘揭示歷代君王的德行和勳業；日用器物，軍械以及工具暴露歷朝人民的生活。

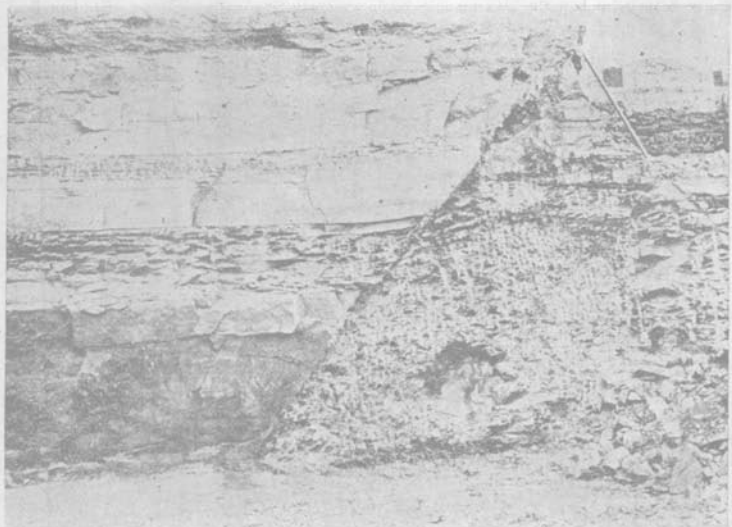
別部分的地面亦可加以同樣的研究，不過，一呎的沖積物當然不是到處可代表五百年歷史：沖積物在各地沉積的速度殊各相異。並且，我們掘下的時候，歷史的各頁已不再是彼此整齊的承前起後；在許多地方，這史書的頁面受了地殼的斷層、下陷及隆起所摺縐，統統攪亂了。這倒是很幸運的，因爲各面書頁倘使都是彼此相繼平疊着，我們必須掘下一百多哩才能夠達到最低頁。而照現在的情形，我們却只消

淺淺的發掘，有時只消考察地面，即往往可以達到最低頁。

我們順次翻讀各頁，即使僅憑慧眼考察地面，其實就等於展覽歷史的各頁——不是埃及的而是全地球本身的歷史——并通觀各期文明的記載。首先我們讀到高度文明化的人們所遺下的貨幣和碑銘；其次讀到更古的人們所遺下的日常器皿和武器，是金屬的和燧石之類，有時是他們狩獵而得的獸骨。再翻讀下去，我們見到似猿人類的記錄，他們沒有東西可遺留下來，只剩着他們自己的殭體，早已變成骸骨的化石。其次我們翻到未有人類以前的世界，在這一個世界裏只見奇獸怪物的遺骸；再次，但見爬蟲、魚類、和植物的化石。最後，是一個無生的水土岩石的世界。

遠古的事情始末聽來必深動人心，雖則我們不能確說事情發生的年月——我們有許多人對於歷史上極富刺激的情節並不求其年月。但這類史事在學校中所以不愜人意者恐怕就是因為我們動輒要學生們以數學的準確記牢史事的年月。我們讀到七世紀前英王約翰怎樣被迫簽大『憲章』，感到十分有趣，但若要求我們死記住一二一五這個數字，便討厭煞人了。

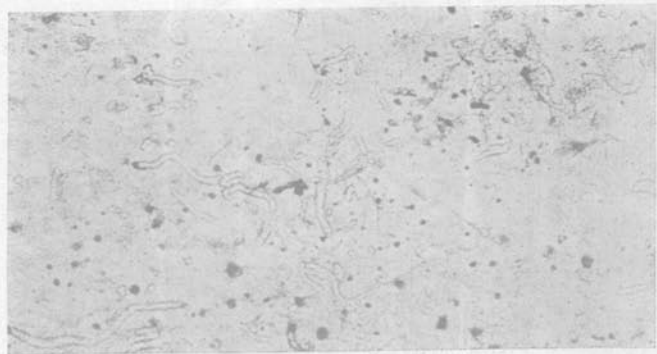
現今物理學家新創獲了一種確定地史各頁的年代的方法，而此乃最妙的可能的辦法——其所定年代之充分精確，正饒有趣味，而不致生厭。



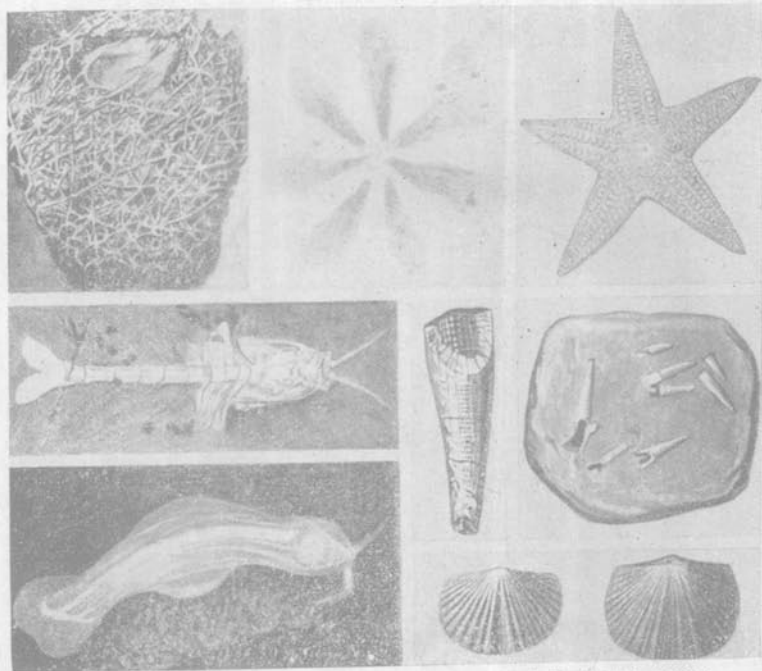
圖十三 克來特斯兌爾(Clydesdale) 鋼鐵工場的沙岩中之細槽，被一“斷層”所破裂。



圖十四 光輪由雲母的放射原質的一微點所產生。這是一個放大二百餘倍的顯微照片。



圖十五 已知的最古化石——極微藻類。照片所示一薄片岩石切得很薄，可以透明。此約放大一百九十倍。



圖十六 寒武層(Cambrian)岩石中所發見的化石。此可代表很原始的生物類型——海綿，水母，星魚，蛭蚯及珊瑚——有的現尚存在，形態無大改變。

我們都看見過夜明錶，它的針在暗處所以看得見，是因為塗着鐳粉。錶針發亮的光好像固定的，但你若用精密儀器加以仔細考驗，便發見這光實非如外觀上的固定；它的發耀乃由於無數各別的爆裂，每個爆裂是由一單獨的鐳原子的毀滅而引起——更確當言之，由於鐳原子的轉變而起，因為鐳原子並不全然消失存在，而是遺留着一種特別的鉛原子，作為它從前存在的陳迹。如此鐳化為鉛的轉變即以等速度不易的進行着，這當然可在實驗室中加以測量的。所以，我們若能測量一只夜明錶的針上有多少鐳有多少鉛，我們就能斷言此錶有多少年齡。

我們可以同樣來決定地球外殼的岩石的年齡。

若在顯微鏡下考驗雲母及電氣石等類物質的薄薄斷面，有時呈現所謂『多色性的光輪』(Pleochraichalo)——如第十四圖所示的些同心環。在光輪中央常有一微點的放射質，亦如鐳以均等不變的速度而毀滅，却是緩慢得多；那原質可以是鈾或釷，或二者的混合。光輪的環即因此種放射質的崩解而產生的。在實驗室裏可由人工產生同樣的環，故其成形的方式大可明瞭。光輪的顏色隨着年齡的增進而深化。從岩石中所含光輪的一般模樣，往往即可估定岩石的年齡。

然而有許多岩石所含鈾或釷並不呈現光輪。在此情形

裏，我們藉化學的分析而知此等物質崩裂到如何程度。我們既知此層，便能精定岩石的年齡——正如我們估量錶針的年齡。例如，很多的東加拿大的偉晶花崗巖的岩石標本經過分析之後，都一致證明岩石的固體化約在一二三〇兆年前。別的岩石表示更老大的年齡，但決不差之太遠，且通常不能作同等明確的斷定。

這樣我們可說偉晶花崗巖的岩石是我們的地球史書上寫着確定不訛的紀年的最古一頁，在這一頁的上面我們讀到一二三〇兆年前地球有着一個固體外殼，河流氾濫其上，把泥沙沖洗入海，更有低於此頁的數頁，不紀年代的，講到更古遠的冷化及固體化的過程。我們不能說這些更古遠的過程有多少長久，但是必經歷許多億兆年，故地球的年似不能少於一五〇〇兆年。

地球不能比這個更老得非常多，因為，若然，則它的放射質到如今必全都崩解掉了，而放射作用的現象對於我們必全屬不可知了，對於一兆兆年後的將來的地球居民——假使有這種人——大概會完全不懂放射現象為何物。除非放射質有着某種為我們現在所不知的復活本領，則根據詳密的討論可知地齡不能大於三四〇〇兆年，而且恐怕要少得多。

地球的年齡必不出此二限度——一五〇〇兆與三四〇

○兆年——之間。最妥當以整數爲限，我們可當它約二○○○兆年——比全部有記載的人類史長十萬餘倍，比全部基督紀元史長一百萬倍。要寫出這種數目字的意味是不容易的。我們最妙是摹想一兆(年)爲一本厚書冊中的字母數——譬如說，一本五百頁的書冊，每頁三百三十字，平均每字六個字母。若把這樣的一本書冊代表地球的年齡，那末代表全部有記載的人類史的是這書冊中的最後一個字，而代表全部基督紀元史的還不滿最後一個字母。在這最後一個字母的空間之內，羅馬帝國興起滅亡；基督教傳布四海；西歐各國從該撒所說的野蠻國家演變成爲今日的狀況；有六十餘代的人生卒。至於代表你我的全生涯的恐還不滿最後的一點停句點，或該書冊中的最小的“i”上面的一點。

我們在時間上若要從這最後一字倒讀上去，則地殼便是我們的史書，地殼的各層岩土便成爲此史書的各頁。有許多頁已逐時摺縐了，却還不失次序的排列着，且有幾頁散漫的記着年代。請想像：我們把各頁理平了，然後飽讀我們地球的歷史。

我們開始讀到的約係二○○○兆年前，只見一個無生的地球在數百兆年之中冷化而澄清着。一頁又一頁只告訴我們地質的作用，直等讀到『一二三○兆年前』的那一頁，才看見含有炭素痕跡的沖積物。有若干地質學家謂此可證明

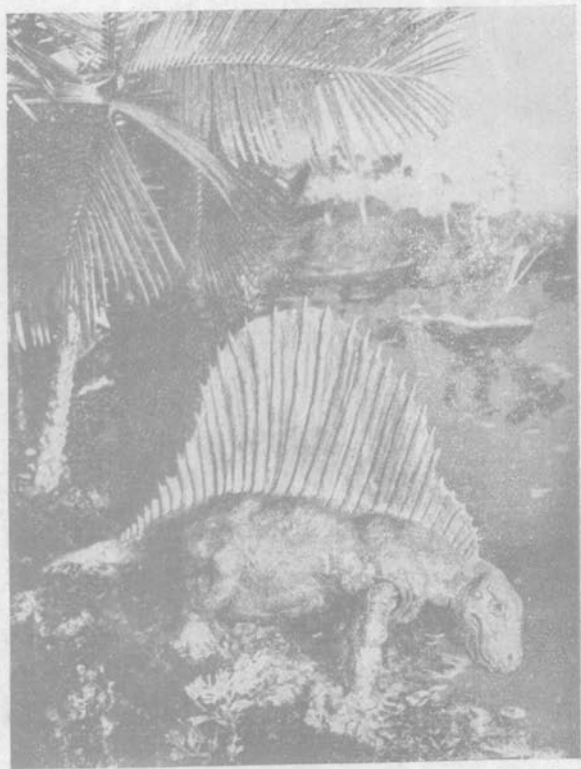
彼時海中有某種生物，大概是極卑微極低級的生物；那末，生命已到臨地上。我們一頁一頁的披展，只讀着地質的事情——恆常的沖積，僅因漲溢和隆起而有變異——直到最後，約當一〇〇〇兆與五〇〇兆年之間，才看得見化石的殘遺，不過是些嵌埋在岩石裏的斑點(圖十五)，此依地質學家解釋係某種生物的遺跡，那種生物只是極原始的。又再經歷溼遠的世代之後，直到大約五〇〇兆至四〇〇兆年前的時候，生物才變成複雜些豐富些。於是我們見到水蛭、水母及其他初等生物的化石，這些生物與現今生存者無大差異(圖十六)。

又歷數百萬年，直到我們翻開史書的某一頁上面畫着很像今日的植物的化石。這些化石看來好像植物，却不是植物，因為生在海底牠們是比較似海葵，或星魚，而不似植物。(圖十七)但此後不久生命開始漸漸侵犯陸地，而草類和羊齒狀植物的最初化石出現了。陸地既繁殖草木，我們便看見大地逐漸具有和現在相似的容貌。草根凝牢砂泥的粒子，造成結實的土壤，而動物出現，以植物為食，別的動物又轉而食之。這是巨大的爬行動物統治地上的時代的開始。這類動物的較早期的模範是長棘龍(Dimetrodon Gigas, 圖十八)一種食肉的大蜥蜴，約二五〇兆年前生於北美。

較低級的生物形態，如第十六圖所示水蛭、水母、海綿等，從那遠古時代殘存下來，迄今無大改變，但較複雜的生



圖十七 志留利亞紀(Silurian)的化石，約四五〇兆年前。此紀亦名海百合時代(Age of Sea Lilies)，因圖中這樣的海植物生於海底，體質甚密，故其化石遺體至今變成石灰石厚床。“海百合”不是真植物，却較似星魚或海葵。



圖十八 長棘龍(Dimetrodon Gigas),一種巨大笨拙的肉食蜥蜴,長九呎,約二五〇兆年前生於北美。



圖十九 大甲龍(Cacops Aspidophorus),爬蟲類之一,約二〇〇兆年前在大旱久潤中移居濕地。

物形態則是注定要經過許多變化。

因爲，我們再把史書讀下去，便看到兩頁，地質學家題曰『二疊紀』(Permian Era)和『三疊紀』(Triassic Era)，而物理學家寫道『約二〇〇兆年之前』。在這兩頁上面我們讀到大山隆起完全改變了地球的面目。北半球的海，包括現今大西洋、印度洋，大半變成燥地，只剩現今的太平洋還有一部分是大洋。南半球的海上呢，浮現了地質學家所稱爲功德威挪洲的大陸，佔有自東部南美洲經非洲至澳洲的全帶區域。地質學家指示岩石中的小凹陷裏擠有許多魚的化石擠滿着，好像裝在罐頭裏的沙丁魚。似乎牠們在生存的最後一息擁聚於此，以求沾得最後幾滴未蒸發完盡的水。海水既這樣缺乏，不能多給空氣潤濕，雨量自然減少，而世界大部分變成沙漠。我們尤其讀到北歐的海縮成鹽湖，這些鹽湖因天旱愈久愈變得鹹，終於完全乾涸，剩下固體的鹽礦，如現今拆細耳(Cheshire) 和斯塔福郡(Staffordshire)所見的。

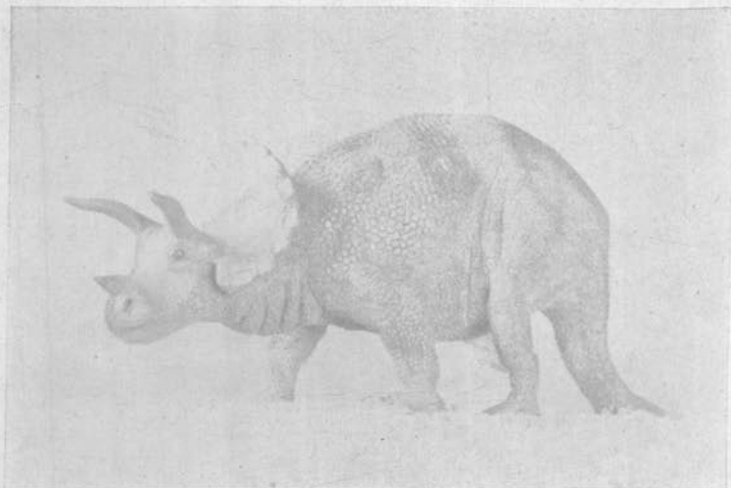
其後大旱漸過，但許多生物形態不能再出現於這部大史書的後幾頁了。牠們必是在久旱中滅絕了。而且很顯然的只有能迅速適應新環境的那些生物才得希望生存。第十九圖舉一例子，大甲龍(Cacops Aspidophorus 或鱗面的持槓者)，是一種邁進而不美麗的爬蟲，牠嘗試在海枯之後求生存於乾土上。

其次我們讀到的幾頁標明着『侏羅紀』(Jurassic Era)，時在一五〇至一〇〇兆年前。這幾頁告訴我們海又怎樣流徧烘乾的沙漠，潮濕回復了，地球又變成可寄住生命的了。那些在久旱中殘存的爬行動物現在又分布於海陸，甚至侵入空氣界，因為在我們讀到的這幾頁史書裏第一回出現了有羽翼的生物的化石——奇怪拙陋的鳥雀，或有齒，或有嘴無齒。

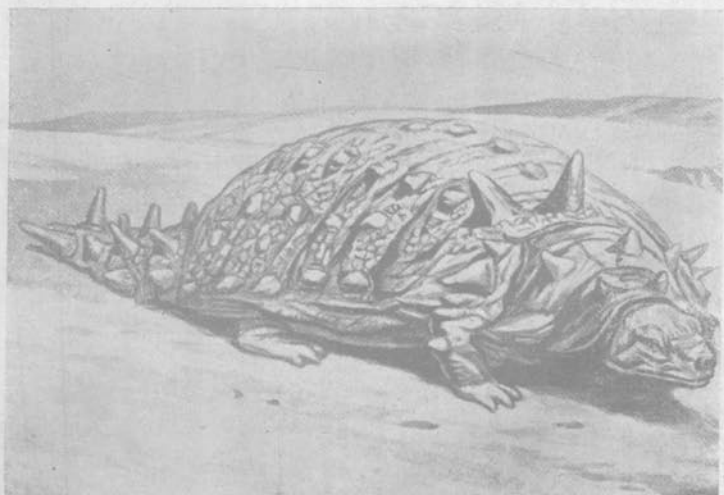
此時生於地上的許多動物是不成器和錯配，在生存的大競爭中是不適於保存的，雖然其中也有許多在未受到必然淘汰之前苟延殘喘許多年數。第二十、二十一、二十二、二十三諸圖例示四個那樣的生物，生於八〇兆至一〇〇兆年前的北美，從那時便滅絕了。

第二十圖爲三觶龍(Triceratops)，這是一班依靠防禦盔甲的動物全體的一個典型。牠有三隻角，每隻長數呎，當受攻擊時，只滑挺背黏壁而立，等待着仇敵自行刺殺在牠角上。牠是巨大的生物，約二十五呎長，立着九呎高。牠仍屬爬蟲類，雌性所生蛋極大。

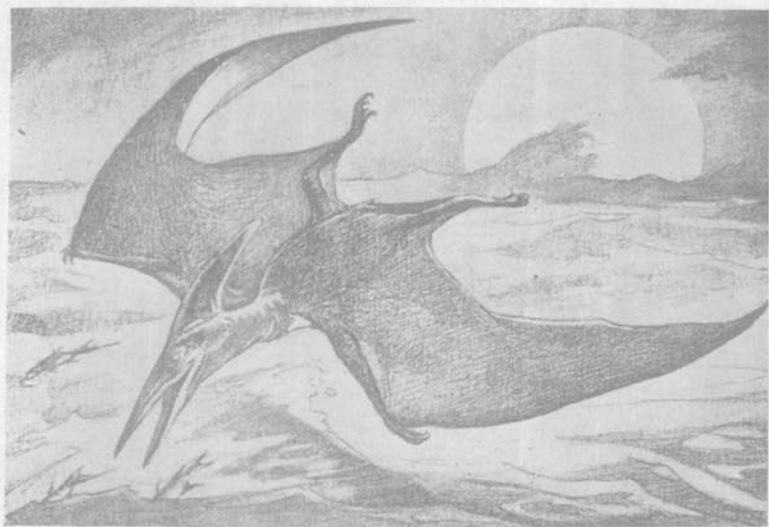
第二十一圖示同類中的另一個生物——巨刺龍(Scolosaurus)，或棘爬蟲，是被稱爲含有『世上僅見的最笨重的活鐵甲』的一族動物之一員。當牠遇攻擊時應付的方法大概是平伏地上而搖擺——或揮動——牠的尾巴，你知道，牠這



圖二十 三觜龍約在九十兆年前生於北美。食植物爲生。身長二十五呎，頭蓋大如象，但腦袋小似兔。



圖二十一 巨刺龍約九十兆年前生於加拿大。牠的瘤狀尾似乎是唯一的攻守武器。



圖二十二 翼齒龍，有翼的爬行動物，約九十兆年前生於北美。牠兩翼的張度約十八呎，從臂膊第五指到後腿之間有着皮膜。



圖二十三 梁龍，此龐大的爬蟲，約九十兆年前生於北美。身長九十呎，佔大部分的是牠的長頸和鞭狀長尾。

尾巴的末梢是一個大骨瘤，頗似十字軍所常揮舞的尖頭鎗矛。在那時代，防禦和攻擊的詭計似乎都很幼稚，而且不需要高度的智能；三觚龍有六呎長的頭蓋，但是牠的頭腦却同小貓兒的一樣小。

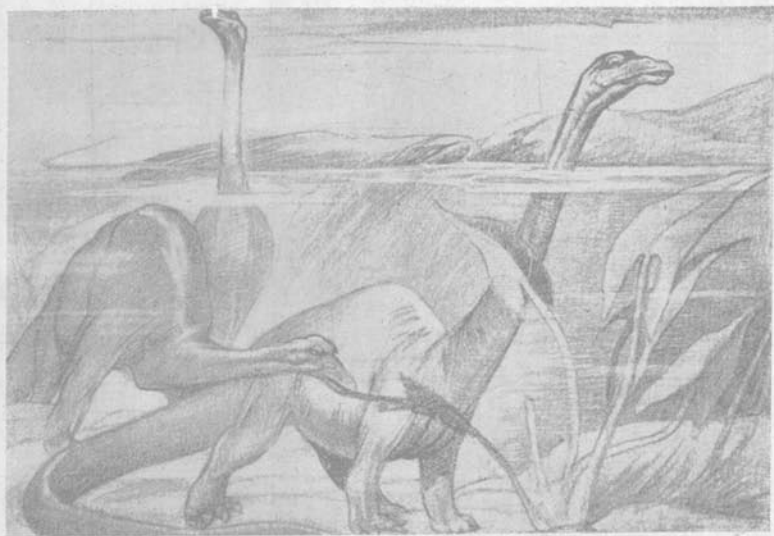
第二十二圖示翼手龍 (Pterodactyl)——翼齒龍 (Pteranodon Occidentalis)——是一隻巨大的鳥形爬蟲，兩翼張開的寬度約十八呎。牠是那些能做出許多事却徒勞無補的不幸生物之一。牠的翅膀太弱，無力在空中舉起牠那笨重的身軀，所以牠不善飛；牠的腿腳太弱，無力在地上載住牠的體重，所以牠又不善走。大概牠完全不能奔跑。牠甚至不善於坐定，因為牠的兩肘必常常攔擋着，除非他棲息於岩巔的絕頂上，科學家描寫牠過着傷心的日子，辛辛苦苦的跋涉到丘岡或懸崖的絕頂，然後縱身投向潮面，穿浪而浮，好像一架滑翔機，直等到牠能下攫食餌，然後再圖登丘。我們誠不免要替牠覺得難過——牠的生活必類似一種不斷的反復學習着沒有吊帶怎樣溜冰。

第二十三圖為梁龍 (Diplodocus)，從來地上所生最大動物之一。牠身高約三十呎，長約九十呎，所以單獨一條梁龍的重量就抵得一全家族的象——父母子女，並且有幾個伯叔嬸姆也在內。一個唯妙唯肖的梁龍標本恐須稱到四十至五十噸之重。這樣的體重使得牠的四腿不能在陸上支持

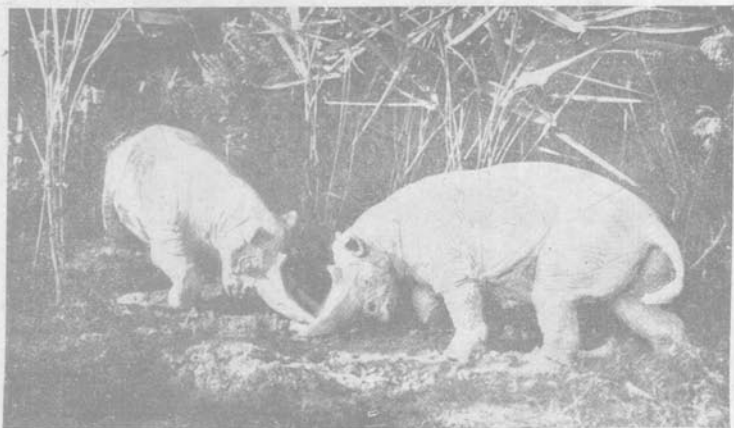
牠，因此宜於沼澤的生活，在沼澤裏當牠食時便用得着長頸；的確，牠若要生活舒服，必須藉水的浮力以減輕牠的重量。第二十四圖爲另一更鄙陋的大爬蟲——鯨龍(Cetiosaurus)，即鯨魚爬蟲。牠生於大西洋東邊，有許多骸骨在英國的石硫場發現。牠身長約六十呎。和牠的美洲親屬(指梁龍)一樣，他也覺得要舒服須居水中以放鬆他兩腳的重負。請勿譏笑這些不幸動物的無能，因爲我們往訪木星和土星時，我們自己亦將處於恰正同樣的窘境；并且我們若要不受自身的重量所壓倒，便亦須採取同樣的預防策。

正如我們往訪木星或土星只能作極短暫的勾留而不宜於久居，一樣的，這類錯配的生物也不適於長存於地上的生存競爭，而不得不及時屈讓牠們的較輕快靈敏的競存者——較短小精悍的哺乳動物，最後是人類——這些後來者乃恃活動和智能而不恃厚甲或巨形和重量。有巨盔重甲的爬行動物讓位的理由恰如中世紀穿着厚重盔甲的軍士讓位給今日不穿盔甲的兵士。同樣的理由使礮台戰艦讓位給坦克車潛艇，而飛艇讓位給較輕便的飛機。

在這些生物滅絕之後，則見哺乳動物以及大體與今日所見形態和類的生物的時代。第二十五圖爲象龍(Arsinoitherium)，約二十五兆年前生於埃及。牠比前代的怪獸小得多，却也有普通的犀或小象一樣的大。牠使我們想起吉百齡



圖二十四 鯨龍，即鯨魚爬蟲。此為二十三圖梁龍之不列顛的親屬，身長六十呎，甚重。



圖二十五 象龍約二十五兆年前生於埃及。外觀似象，但在許多其他方面却較似犀。



圖二十六 劍虎，門牙長而銳利的虎，乃平常貓的遠親，而不完全是虎。

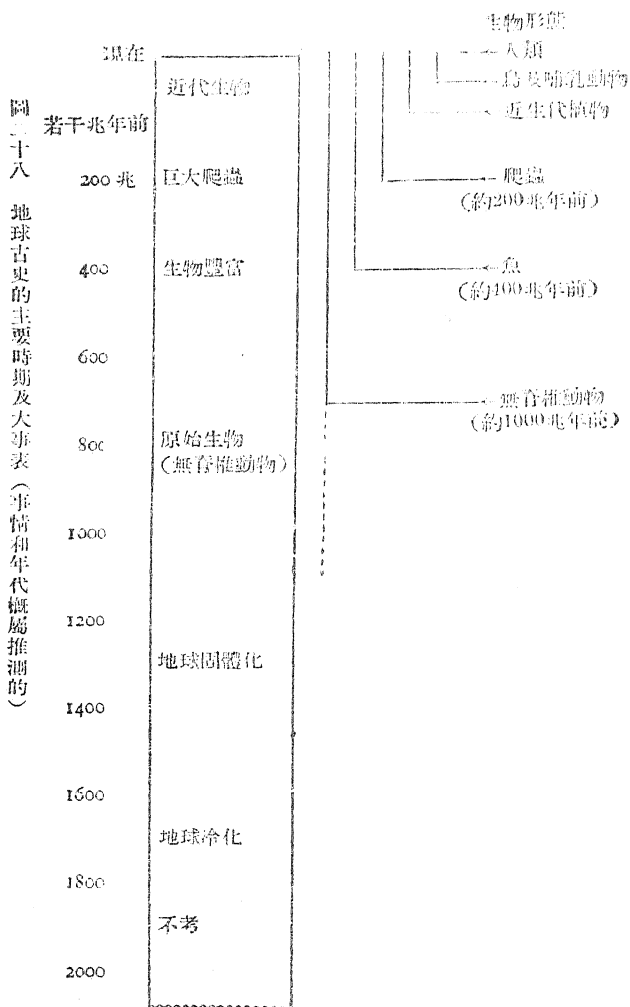


圖二十七 大懶獸，即巨地懶(Giant Ground Sloth)，是蔬食者，身長約二十呎，當牠蹲起後腳攀樹枝時，高約十二呎。

(Kipling)先生的『正是如此』講述象如何得到牠的鼻筒的故事。你記得罷，小象對於自然史的事實過於好問了；牠的家族極不贊成牠無間斷的究問鱷魚用什麼當午餐。後來牠問到一尾在泥沼晒日的鱷魚，這鱷魚叫牠俯耳傾聽牠低聲的回答。當小象俯下的時候，鱷魚竟很不客氣背了信義，咬住牠的鼻子，說着『小象今天……』，於是拉着拉着直把那鼻子引長到成爲現在凡象皆有的大鼻筒。象龍看來和小象很相類，好像只引長一半而止，但牠臉上伸出的部分其實不是鼻筒或鼻子，而是兩個尖銳的骨角，恰正生在牠的鼻子上。她還有兩個相同而較小的伸出物，生在牠的每隻眼睛上，看來怪異可怕之極。

第二十六圖所示爲一較小而却更可怕的生物——劍虎 (Machaerodus)，即犬齒長而銳利的虎，生於一兆至十兆年前的歐亞。體積約等於大虎或獅子。牠的嘴含有一副怪可怖的門牙，極長而薄——前尖銳而後部似鋸——看來非常駭人，却對牠形成有效的障礙，使牠很難閉嘴又難吃物；的確，牠非餓死不可。

第二十七圖示大懶獸 (Megatherium)，即巨地懶，生于百萬年前的南美。你可從圖畫中站在牠旁邊的人而推斷牠的大小。這個巨大生物是全不爲害的；牠恐怕是曾被人類獵捕，甚至馴養成家畜，因爲現今在同一岩穴中發現有一隻這



樣動物的遺體和一個人的遺體。

這些巨大懶獸滅絕已久，但那個人却是我們自己的祖宗。約百萬年前，類猿的哺乳動物發展——或突變——成爲人類，而我們就是發展的產果。比起一個人的一生，百萬年好像無窮的悠長；比起地球的全壽齡，則不過是零數中之一小零數而已。第二十八圖示地球古史按比例畫分的主要時期。人類居住地上約百萬年左右，還佔不滿圖表上端的細線的一半厚。

可是就在此極小的零數之中，人類還是未曾開化的，生活僅稍異於他所狩獵的野獸。我們瀏覽數十萬年的人類史，只見野蠻人生活於洞穴中，狀如禽獸，與禽獸鬥爭，或且吼嘯如禽獸。後來，約在一〇〇，〇〇〇年前，他獲得講話的新能力；他變成了不但能設計劃策，而且能和他的同類人交換思想，把他的計策傳達給他們。因此他便高出一切其他動物之上，幾乎是不可匹敵的，而從此以後他的進步是迅速的。看得見的變遷不必再期待億兆年，僅數千年便够了，更後，則數百年——如今，幾乎數年便够了。近五十年來人類生活的變遷遠多於侏羅紀、二疊紀五十兆年間的爬蟲生活。

第二章 空氣

我們對於地球的祕密已發掘得很久了。現在請離開地球，把我們的心思和眼睛移注向上。

大家都知道我們會看見什麼——晝則太陽，青天，或有些雲霓；夜則星，月，以及一顆或數顆行星。我們靠着那通過地球大氣而到來的光線，看見這些物體，我們若看得清楚，即因大氣是透明的——不阻礙光線的路徑。

或許我們因司空見慣，遂認為當然如此。或許我們以為大氣是太虛稀薄的東西，故不能阻礙光線的路徑。但我們確知大氣有多少，因尋常家用晴雨表（氣壓計）無時無刻不替我們估量着大氣的輕重。當晴雨表針指到三〇的時候，在我們頭上的大氣中的實質恰等於三〇吋厚的一層水銀。又恰等於厚約三十六吋的一層鉛，因水銀較重於同容積的鉛，約為六對五之比。若要描摹我們上面的大氣，可想像我們身上覆着一百四十四層的鉛皮，每層厚四分之一吋。我們必難窺透一百四十四層鉛皮，所以這是很奇怪的而且有些僥倖，我們竟能窺透同等實質的大氣。

如此却是逆道。許多行星則沒有和我們同享此福，從地球考驗其他行星，即見它們大多覆着暗昧不透明的大氣，使我們完全看不到它們的表面。所以我們得預知若果旅行到

這些行星，必將不能透過它們的大氣，去看到上面的天空和衆星。

茲請稍究此種對於光的透明不透明的問題。我們知道，光亦如一切其他的輻射形態，是些波浪。我們又知道，波浪有長有短。如言海波，則有滔天的激浪，長約數百碼，撼動巨艦大船；亦有微微的漣波，長僅數吋，毫不影響大船，而只搖動小舟——或者微薄到不能影響，而只略略攪亂更小的物體，如樹皮或海藻的碎片。以言光波亦然；光波有長有短，波長不同，則影響於物體也各不同。

太陽發出的輻射幾乎含有一切長短混合的波，雖然有些波長的發生只有微細的數量。我們的眼睛不能感覺那由太陽送出微量的幾種波，亦不能感覺另外幾種波，因其雖由太陽發出大量，却因大氣拒絕通過而不能射到我們的眼睛。那樣的波假使突然開始大量的穿透我們的大氣，勢必將我們燒掉，我們會先變棕赤，繼而焦黑，未幾成死灰，但是我們的眼睛決不能看見那正在焚殺我們的光。大體說來，我們的眼睛只能感覺那些大量的到達我們的光——簡言之，只能感覺那造成白晝的幾種光波。

這也許是不足驚異的。我們是億兆世代的祖宗的子孫，這班祖宗們的器官，包括他們的眼睛，在數千萬年數億兆年之間慢慢的逐漸的適應環境。因此，無論是人或動物幾乎沒

有無用的器官拖累着。一種器官若不再需要，亦即廢置而成爲無用的負擔，便要逐漸消滅；或不消滅而負擔着這種無用器官的動物則要消滅，正如第一章所講的披戴厚重盔甲的爬蟲。如果有能感覺那永不從太陽送到地上的光的眼睛，對於動物和人都是牽累，而且人類如果有這種眼睛，一定早已滅絕了。

我們的身體既經億兆年間的逐漸發展，我們的心肺和血液便適應着地球大氣的質與量，我們的皮膚適應地球的氣候——黑膚適應熱帶，白膚適應溫帶，餘類推。所以我們的眼睛能適應日光，並且，眼睛之恰能感覺那大量的送來的輻射光，這並非僅僅運道而已。我們若往木星，將覺不能窺透它的空氣。然而，我們若在木星居住數千年，我們的眼睛或可適應某幾種通過木星雲氣的波，到那時候或可揚揚得意的說着我們是怎樣幸運的得生在木星上面有着美麗的透明的大氣，而可憐其他行星如地球上面的居民都被關閉在暗昧不透明的雲氣之下。

我們藉輻射尤其光的形態而得認識地球外的任何物，然則我們必須詳知各種不同的光和輻射的固有性。我們仰望一道虹霓或俯視一片陽光中沾潤露珠的牧草，則見五彩繽紛。我們知道，太陽如沒落或暫隱雲後，則不能再見到虹霓或着色的露珠兒。可知我們所見的光原來是出自太陽的。

但它不是由筆直的路線射到我們——它射到我們的方向是被歪曲了。它乃由許多小水球——驟雨的或草地的露珠——反射入我們的眼睛。當它在這些小水點裏進出的時候，即被分割成爲我們所見到的色彩的排列。當然還有更加奏效的日光分析法；我們可讓它通過一座玻璃三稜鏡或一瓶水，或——最有效的——運用所謂分光鏡，這種非常靈效的儀器，而加以分析。

日光若用上述諸法加以分析，就現出一條五光十色的帶，一末端是紅，另一末端紫。此帶名『光譜』(Spectrum)。在兩端之間有着別的色彩，故全部色彩承繼的順序如下：紅、橙、黃、綠、青、藍、紫。我們若分析別種光，將得另一種光譜，但無論採用何種光譜，諸色彼此承繼總是一定不易的依照上述的次序。理由是：光色的不同由於長波的不同而產生，在各種光譜裏不同的光色都依着長波的次序排列。

此可得一簡單的證明，只消我們的分光應用另一種儀器——繞射光柵。此僅係一金屬板，用金鋼鑽或其他堅硬的尖銳物在它上面畫了數千行的線格，彼此距離相等。光落到金屬面的時候，這些連串的線畫便挑選出長短不同的波，把它們反射於不同的方向，這樣就依着長短挑選光波，正如馬鈴薯的篩箕依着大小挑選馬鈴薯。所有相繼的線畫間的距離好比篩箕的網孔。我們曉得此點，便可由各種波被反射

方向而推算任何特殊波之長短。光若加以如此的分析，則不同的波長又形成一個光譜，其中諸色却呈現與前述正相同的順序。但是關於此種順序的意義，我們毋庸再事摸索了。我們現在立可明瞭光色之不同產生於波長之不同，又明瞭光譜諸色乃依波長的次序而排列。實際的測量表示紅光的波(長)最長，約三三，〇〇〇波抵一吋。其他的波——橙、黃、綠等——依次繼續遞減波長，直到紫光以六六，〇〇〇波對一吋。

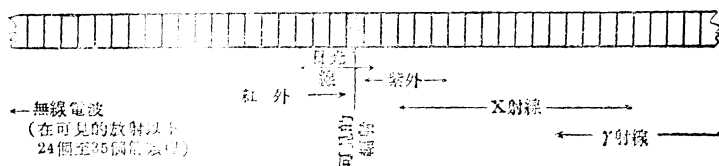
聲音也是波浪，惟屬於絕不同的一種；音波須在空氣中通行，且較光波約長一百萬倍。正如光之不同的色彩生於長短不同的光波，高低不一的聲音亦生於長短不齊的音波。例如，鋼琴的中音部的C有4拍子的波長，而最高音部的C有2拍子的波長。若一音適有另一音的波長之半，我們就說它在音調上較高一倍頻程(即八音程)。同樣，若一光色適有另一光色的波長之半，我們不妨藉類比而說它在色調上較高一倍頻程。若此，紫光既適有紅光的波長之半，我們可說紫光比紅光高一倍頻程。的確，我們不妨將光譜的七色當作音階的七個音符，紅當C，橙當D，黃當E，綠當F，餘仿此。我們已知道全部可見的光譜都在一個倍頻程之內。我們的耳能聽到十一個倍頻程的聲，但我們的眼只能看到一個倍頻程的光。

我們亦知太陽的輻射所含之光遠多於我人眼睛所能見到的一個倍頻程的光。在我們所能見到的最深的紫光之外，尚有許多光爲我們所不能見；那是比紫光波更短的波，通稱爲『紫外輻射』(ultra-violet radiation)或『紫外光』(ultra-violet light)。它不影響我們的眼睛，理由正如海上微漣不影響大船——它的波太小了。但它很有力的影響照相片。假使我們的眼網膜所由造成的質料是和照相片的塗乳劑同類的，那末我們就看得見『紫外輻射』。

又、在光譜的紅端之外，亦有許多輻射光爲我人眼睛所不能見；那是比紅光波更長的波，通稱爲『紅外輻射』(infra-red radiation)。一個固體物加熱時——例如鐵匠的鎔爐上的馬蹄鐵——它的發亮初呈黯紅色的光，後來越熱了，就依次變成輝煌的紅、橙、黃。加熱的作用使它流出輻射光，它越變得熱，流出的波越短。可以說，一物愈熱，則其輻射運動愈趨向光譜的短波。要等物體的輻射達到光譜的可見部分，我們方能藉物體自身的光看見物體，但是未到此階段之前它早就在光譜的紅外線部分流出輻射光。我們的眼睛見不到的這種輻射，我們的皮膚却能感覺到；將手伸近一片熱蹄鐵，則覺它的輻射早已存在於我們未能目擊之前。故知紅外輻射乃屬於熱的性質而非可見光的性質。平常照相片不受紅外光亦不受紅光的影響；因此之故，我們可在暗室中使用

紅光而不致損壞我們的易感光的底片。假使我們的眼網膜所由造成的質料是和普通照相片所塗乳劑同類，我們就完全看不見紅光，且幾乎看不見黃或綠——只可能看見藍紫以及我們現在的眼睛所不能看見的紫外光。

我們用眼睛只能看見一個倍頻程的輻射，而科學家却有方法研究六十四個倍頻程之多。他們的輻射的階程好像一架有六十四個倍頻程(即八音程)的大鋼琴。對於這六十四個，除却一個倍頻程的可見光之外，常人都是聾無所聞的(見二十九圖) 向最高音部而進，直接在這個可見的倍頻程以上的是紫外輻射——它的存在乃由於影響照相片而被知，亦由於引起許多化學原質「現出螢光」(fluoresce)，那就是因為不可見紫外光射到這些原質使這些原質發出可見



圖二十九 輻射階程的中部。每格代表一個完全倍頻程的輻射，除中央加畫暗斜線的一個倍頻程以外，全都是不可見的。

的光來——好像它們抓住輻射能，在音階上面把音符推下數了。其次，在可見光的倍頻程以上的約十個倍頻程便是X射線。對於X射線，輕質比重質容易透明些，所以當射線傳

透諸質的混合物時，重質比輕質投影較濃。因着這種固有性，醫生便可利用這些射線攝照肉體中的斷骨。再者；一幅古畫假使在畫布上有新畫裱着，也可用這些射線加以檢驗。

再在這些射線以上——那是很高的高音部——便是 γ 射線，乃由鐳發射的；最後，在可見光的倍頻程以上三十二個倍頻程，則達若干宇宙射線的成分，可穿透許多碼的鉛。

另一方向——下趨於低音部——先達到的是前述的紅外輻射；從一塊熱烙鐵輻射的熱約低下三個倍頻程，從沸水壺輻射的約低下四個。試採用特種照相片能感覺紅外光線的輻射，那末我們的眼睛看去完全黑暗的地方却可藉此種輻射以攝照物像。例如，第三十五圖有一塊熱烙鐵是在暗室中藉它自己的紅外輻射而攝取的。

在這些以下很遠——約在可見光以下三十個倍頻程——有着比可見光的波更長到數千兆餘倍的波。這些長波殊有趣而重要，不外是用作無線電發送的波。黃光所有的波長約僅一吋的千分之四十，但我們若要接收一個無線電節目，却須調整一五〇〇公尺，三四二.一公尺等的波長。除却放大一千兆倍的東西，這些波有許多光波的固有性。例如，定向電台的平行電線對於這些波的處理幾乎恰正如繞射光柵的表面上的平行線格對於可見光的處理。我們若使一單色的

光射到一個繞射光柵上面，則見此色光完全依一單獨方向而反射爲一柱光，其方向隨着光的波長而定。同樣，若由定向電台的天線發送一單獨波長的無線電波，這些無線電波就作爲一柱波而完全出發於單獨方向——去到印度，中國，日本，或我們所要發到的任何地方，隨我們所用的波長而定。

關於輻射和光既作此初步研究之後，現請着手考察輻射和光所通過的大氣。大家也許以爲大氣不過是一層單純的鋪張在天空的透明氣體，但科學家的研究表示它是非常繁複的結構。我們對於這種結構若要把握確當的一般觀念，只消把它看作像地球一樣是許多層的包裹，每層包圍着它裏面的一層，直到最裏面的一層包圍着一大塊的包裹物——固體的地球。

那包裹着大地的第一層大氣名『對流層』(troposphere)——變動的圈層。它的厚度隨時間和地方而差異，約自五哩至十哩不等，大概爲七哩。此在大氣的全厚之中雖僅佔一個小零數，可是對流層幾乎含有着大氣總物質的百分之九十。其故是：大氣在下層較爲濃密得多，因上面有着許多空氣把它壓下，而在上層的大氣則較稀疎，因爲那裏由它支持的重量很少。對流層不斷的受暴風雨激動——故名——恰與上層名曰『平流層』(stratosphere即同溫層)者相反，這上層的特徵是幾乎完全的平靜；暴風雨起不到如此高空。

大氣即許多種氣體的混合，或輕或重。若在充分的時間聽它自然，輕的氣體會浮升到頂面，像牛乳盆裏的乳脂。但實際上聽它自然的時候從來沒有一次超過幾天的久。我們已知道地球的旋轉怎樣招致貿易風的吹盪。無論就貿易風或他種風和暴風雨看來，對流層比較像乳油攪和器中的牛乳而不像乳脂盆裏凝住的牛乳。因這不斷的攪和使對流層各種氣無間斷的透澈混合，使它的組織成分始終同樣。我們知道，它有四份氮和一份氧，并混合着些許其他氣體。

講到這其他氣體，主要的就是水蒸氣，有着很特別的固有性，因為在對流層諸成分之中唯有它能凝結而成液體的點滴——雨點——降落地面，即下雨下雪。大家都慣見着水的陣雨，却從未見過氧、氮、或氫的陣雨。空氣被風攪和起來的時候，水蒸氣尤易於凝成水點——故常人相信雨隨風至。前已言之，空氣的攪和使各成分的氣體均勻的分布於大氣全體，但現在我們講到水蒸氣的情形似須作一例外——水蒸氣因攪和而奔趨最低層即地面。經過了一個時間，凡以陣雨而下降的水都會蒸發起來，如此又恢復於大氣，但是在它未升到很高之前，當然另有風吹來又把它拂掃下去。無怪水蒸氣並不均勻瀰漫於大氣中而幾乎完全局限於最低層。實際上海面的水蒸氣約居八十分之一分子，但在對流層之頂部則減至一萬分之一的比例。這就是說實際上大氣中所

有的水蒸氣全都在對流層裏面，故對流層成爲雨、雪、霧的勢力圈。平常雨雲(圖三十一)通發生於高約數百呎至一哩左右的區域，而最高的雲，名曰卷雲及卷層雲(圖三十)的晴天雲，平均高度五、六哩。到對流層的頂上就絕無片雲了。

對流層各氣體之不斷攪和有一饒興趣而重要的結果。若將一氣體施以壓力，它不僅容積縮小，而且溫度升高——壓縮氣體，會使它熱起來，這在橡皮輪胎打氣時可以見到。反過來說，釋去一個氣體的壓力，會使它溫度降低。所以從一個壓縮氣體的汽筒裏放出的氣體當它出來時常常變冷；甚至出來時已凍結成雪的形狀——這是多少滅火器的工作。空氣既被對流層的風暴推送向上，便釋去它上面的壓力，所以它變冷了一一恰如汽筒裏出來的氣體。因此之故，對流層中之上半層常較冷於下半層。我們若登高山或乘飛機上遊，便覺空氣越上越冷；我們若往下到礦山豎坑或窟底，便覺空氣越下越暖。

假使大氣是簡單的一團攪和的空氣，我們就能推算它的溫度每高一哩會減低華氏二十九度。但是尚須計及許多其他要素，如地球的熱，太陽的輻射，以及地面的不規則性。實際用氣球的觀察表示溫度確是均勻的隨高度而降落，但其降落率僅爲每哩約華氏十七度。以海面溫度華氏六十度而計，則七哩高的溫度約爲零下六十度。這是接近從來地面

上最低溫度的記錄，即西伯利亞的凡爾克好安斯克 (Verkhhoiansk)地方的零下九十四度。

從前科學家想像着任何人若更高的升上去，會覺得大氣越來越冷，到最後大氣會稀薄得不能說還有什麼溫度。於是一八九八年一隊氣球從巴黎附近飛升，以探測極高空的溫度，而發覺那個見解是舛誤的。探測的結果知道溫度在經過七哩至十哩高之後依然幾乎是齊一的，有時甚且略略增加。現在我們明白其緣故乃是：氣球飛出了對流層的騷動而入於平流層的恬靜；到那裏已沒有暴風雨更迭的使空氣乍壓縮乍稀疎因而上升變冷下降變暖了。因為對流層這樣往復，被攪動的氣層才會展開一個溫度增減率，但是平流層那樣聽任自然不受干擾的氣層便容易具有齊一的溫度了。

當我們企圖探測平流層高度時，就碰到和探測地球深度時一樣多的困難。最淺顯的地球探測法是鑽掘孔穴，或由我們自己下去，或放下儀器，提取標本，但這樣的下探，僅能達到很淺的距離，以後還須讓振動波來代我們探測。同樣，最淺顯的平流層探測法，也是或由我們自己乘氣球上去，或由氣球裝置儀器，帶下一個空氣的標本來。兩法都在普通應用中，但都不能使我們達到很高遠。迄今人類所到過的從未高於一三七哩，這是一九三四年一月由莫斯科飛升的一個氣球所達到的高度，而事後他們沒有生還。一個沒有搭客的

氣球所達到的最後高度是從帕羅亞(Padua)飛升的一個氣球所達到的——十三哩。更高於此的高度現在只能由振動波的路徑加以探測。對於地球的研究僅可用一種波即地震波，對於平流層的研究則可用三種波——光波，聲波，無線電波。所有這三種波都通過平流層，可使之帶下信息，幾乎如一個氣球裝置着自動記錄器所有的作用。

通過平流層的光波當然就是太陽和衆星的輻射。它們送來一個信息，說：它們在通過大氣的路上曾被奪去若干構成它們的波長。許多消失的波長是屬於光譜的紫外線部分，正係不能通過臭氧的波長。然則可斷定波長之被奪由於臭氧。臭氧是特別重的氧氣的變種，每分子有三個原子，別於通常的兩個。世俗以爲臭氧有顯著的效力能使我們的海水浴有補肌肉，使青白的面色變成健康的煥彩等等。科學於此無所知，根據化學的分析則在我們的海水浴場或任何其他陸地或海上皆顯然很少臭氧。

現今知道紫外線的輻射達到地球的額量並非齊一的，而是隨着太陽在天空的位置而差異。在兩者之間有極確定的關係，我們藉此乃能估定那吸收紫外輻射的臭氧的位置。根據新近牛津的道布孫 (Dobson) 教授及其他科學家的考察，臭氧大多存在距地面二十五哩內，平均高約十五哩。臭氧的額量非常小，它的總重僅等於一層厚約千分之二吋的

薄紙——最薄的紗紙。太陽光能通過數哩厚的平常空氣而不甚被吸收，但是這層薄薄的臭氧便足以阻止紫外光線之駕臨人間。所以，在某意味上，我們的大氣對於任何光的透明，畢竟是可慶幸的。假使我們周圍的大氣的各種成分很有力的隔斷太陽光的各種部分，正如臭氧之隔斷紫外光線，那就完全沒有日光也沒有任何別的光能到人間。

臭氧並不將紫外輻射全部隔斷，這又是可慶幸的，因為相當額量的紫外輻射對於我們是有益的。據說礦工以及在地下很深處工作的人偶或把身體頻頻曝露於人造的紫外輻射，便覺精強力壯。兒童因缺乏充足食物而餓至面黃肌瘦者，有時僅用此光輻射於他們的皮膚，立即恢復健康，因為藉此種輻射而產生維他命D，即健康的要素。他方面，過多的紫外輻射之為害則甚於完全無有，所以我們有時聽見有人因受了它的過度晒照而死。

臭氧層控制着我們從太陽接到的紫外輻射的供給，而且一般說來，它剛巧給與我們所需的分量。我們若往遊其他行星，可發覺它們的大氣容許通過太多或太少的這種輻射，都不宜於我們，因而損害我們的健康。不過，我們自己的大氣之所以似乎如此厚惠於我人者，大概是因為我們的身體在數百萬世代之後已學會了怎樣適應地球環境所分配給我們的輻射量。假使我們在別個行星裏住了數百萬世代，我們

也許會覺得地球上的紫外輻射的分量不可當罷。

在我們從太陽和衆星收到的輻射中還消失其他的波長，尤其是光譜上的紅線及紅外線部分。然而，這些漏失可追跡於氧氣、水蒸氣及二氧化碳的存在，因而關於大氣的組織成分，我們沒有再知道什麼。

以上是我們從光波得到的知識；我們將從無線電波獲得更多的知識。和光波不同，這無線電波並不是從外邊送進大氣來的——除却十分微末的額量——所以我們須得研究我們自己的無線電台所發出的波。這些波具有和光波同樣的一般性質，却是較長數千兆倍。因有同樣性質，故它們的許多固有性和光波是共通的。例如，二者皆沿直線而進行，二者皆被阻於地球的固質體。正如我們永不能環視地球一樣，從前很有理的通料着我們必永不能拾得地球背面的電台所發出的無線電信號。

所以，初期的實驗者一發現他們可容易拾得地球的相反各面的無線電波時，不免大覺神祕；現在他們能藉周遊世界二次的波而拾得附近他們的接收機的各台電信，並且在波發出約半秒鐘內接到。不但如此，凡曾玩過無線電機的人都曉得很遠的電台所送到的往往比在近處同等能率的電台來得清楚些。

於是漸漸得到下列的結論：無線電波乃由各方向送出

去，不過，當一片波達到距地面的一定高度時，立即以某樣態而被折回於大地。若果我們遇見光波也有同樣的行爲，則應歸結謂天空的某處有一面大鏡把光波反射於大地。在相當範圍裏，厚雲的行爲恰似這樣把光波反射着的一面鏡子——例如，滿天雲集的時候，倫敦不夜城的燈光閃耀便可遙見於鄉間。不過，反射無線電波到地上的鏡子其爲物必絕異乎此——對於平常的光必是完全透明的，因爲在晴夜裏遠處電台往往可十分清楚接到。

平常的鏡子把光反照，因爲鏡面是導電體。鏡面通常是水銀或金屬的，但空氣亦可使於特種情形之下導電，所以空氣或氣體未嘗不可爲鏡子。一般說來，氣體在『游離』(ionised)的時候導電，這就是說電子被撕離分子，從而自由行動并輸送一種電流——此亦正是一片水銀膜或金屬面所由導電的過程。一九〇二年兩位科學家，美國的懇涅勒(Kennelly)和英國的赫維賽德(Heaviside)，不約而同的提示：距地面的高處必有一層游離的氣體對着無線電波發生鏡子的作用，把它們返射於地上。從此以後，他們的推想大體得到了證實。這層游離的氣體便名懇涅勒—赫維賽德層。通常發見它在六十五哩或七十哩的高，雖或有時可發見它在這兩個限度以外，差有二十哩之多——即在四十五哩至九十哩的高。

最近又發現在此層之上尚有第二層的游離氣體，名曰F(層)，或因發現者之名而稱曰亞普來頓(Arpleton)層。它的高自九十哩至二百五十哩不等，故此懇涅勒—赫維賽德層更多變化些。此兩層皆不將全數射到的波加以反射。有許多波逃脫懇涅勒—赫維賽德層，只是被亞普來頓層所捉住而反射於大地。的確，倘非如此，決不能有亞普來頓層的發現。

倘有其他各層也是如此發現的，最低的名曰D層，約僅離地二十五哩或三十哩。此層在黎明特別活動，捕捉長波，送還大地。此外大多數的波很容易通過它，不過被它上面的一層所捉住而反射下來。在我們聽到一個國外無線電台播音時，請思索無線電波如何傳送節目的經過。這些波離開電台上升，閃過D層，更往上升，達到上面諸層，就在那裏引使無數的電子左右倉皇走着，好像許多守球門者布防在許多微小的球門之前，企圖防止波的衝入，竭力把它踢回到地上。被踢回的波落到我們的天線，在那裏又挑動電子向四周倉皇走着。若無線電台是有200KC.的頻率，則空中的各個守門者必每秒鐘前後奔跑200,000次；落到地上時，天線裏的電子也前後奔跑着一樣多的次數，並且除非在頸管上有不良接觸，它們也在收音機裏跑進跑出，在那裏更使別的電子在活門裏面左右跳動着。這樣，由無數電子的千變萬化的活動的結果，我們終於聽到節目。



圖三十 卷雲。這些最高的雲通常高五、六哩。由微細的冰晶而成，實際上其他一切雲，皆由微細的水點而成。



圖三十一 倫谷(Rhone Valley)的雲霧。在山上有積雲和層雲，後者有時稱為不接觸地面的霧。山谷本身充塞着霧，有時亦可稱為接觸地面的雲。



圖三十二 司各脫大佐(Captain Scott)南極探險隊所見到的一個很美麗的“垂幔式”極光。“垂幔式”極光常是最富於色彩的。最普通色彩是白、黃、玫瑰紅。



圖三十三 另一種不同類型的極光，有一圓弧及許多垂直流光。亦為司各脫大佐南極探險隊所見到的。

有如此多的分層的游離氣體，也許似乎奇怪。但是我們須記得大氣是許多種氣體的混合物，它的各異成分自可在各異高度游離。再則，游離的產生可由於許多種種各異的動力，這些動力可在各異的高度起着作用。主要的動力大抵為紫外光，它很強有力，能使氣體分子游離。由此可明瞭所有游離的各層都處在那隔斷太陽紫外光的臭氧層之上。

最近又發現別的反射層，非常的高，必在大氣頂上許多哩數，因而是極外面的。我們若知一個回聲從某一反射層回到地上需多少時間，即能說出該反射層的高度。例如，回聲若延至千分之一秒鐘後回來，則以無線電波每秒行一八六，〇〇〇哩計算，可知上下往返行程共達一八六哩，而反射層之高必為九十三哩。近來實驗家聽到歷時三秒至三十秒然後從天空回來的回聲，可知距地約三百萬哩必有反射層。和最近層一樣，這極遠層大概也是帶電的質點，但這些帶電質點不能是懸置在大氣中的，因為它們所在的地方沒有大氣。它們很像是從太陽到地球的經過中的帶電質點。

因為我們往太陽時，將見它不斷地射出帶電的質點，有的就在通過空間約三十小時之後衝擊地球的大氣上。依一般的電學定律，一個運動着的帶電質點要被磁體拉出常軌。而我們當然知道地球是一大塊磁石。結果，這些特殊的質點在行近地球時，就不復沿直線進行，而被攝趨地球的南北兩

磁極。斯托麥(Stomer)教授說，這些質點在它們的路程的若干地點確可被迫而取一種很迂曲的路線，因而要長時間的延遲，沒有多大進向地球。在那樣地點必有許多質點的積聚，作長時間的循環繞行，大概此等積聚便構成回聲所以聽到的的反射層罷。此同樣的質點在到臨地球大氣後，則構成『極光』(Polar Light)或『北光』(Aurora Borealis)往往很壯麗動目的呈現於環繞地球南北兩磁極的區域(圖三十二及三十三)。

其次請注意我們從通過大氣的音波可獲得什麼關於大氣的知識。和無線電波一樣，音波也是沒有從外界空間降落地上的；決不能有那樣的音波，因為音波只能通行於大氣中，而外界空間則無大氣可傳送音波。故此項研究必依賴我們自己在地球上造成的噪聲。

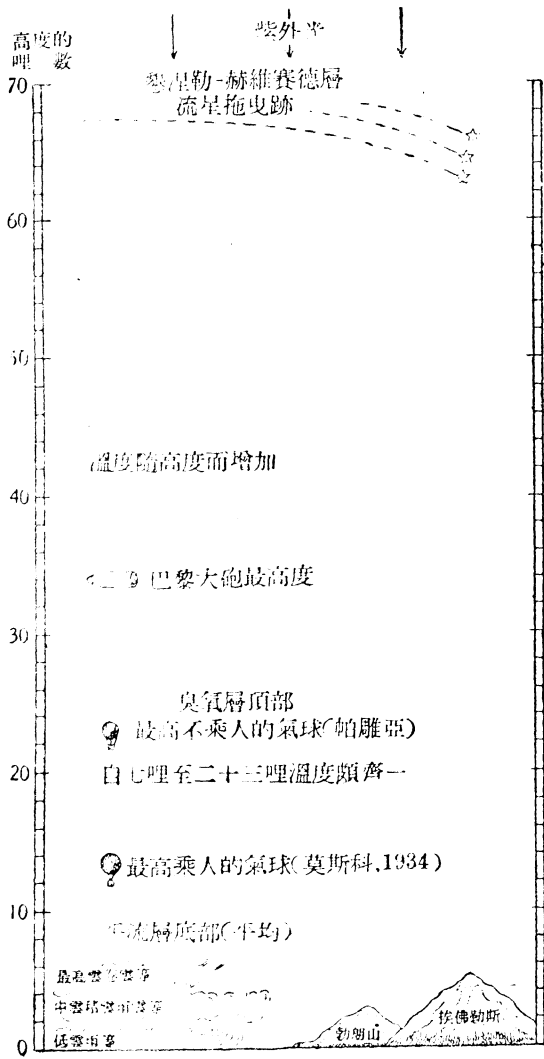
一種爆裂或其他巨大噪聲發生時，音波散播於各方向，很像一個無線電台播送的無線電波。向上進行的音波可碰到許多命運——唯一使它們不致消失的命運是永遠沿直線進行，因為到後來會沒有空氣可讓它們通過。實際上它們在進行到一定高度之後，就被某個反射層送回大地，很像無線電波。我們的無線電裝置往往拾得二百哩遠的播音，而反全然聽不見一百哩遠的波音。同樣，猛烈的礮火或巨大炸裂聲可在二百哩外頻頻聽到，而距離僅一百哩的地方反而全然

聽不見。

大家總熟知兒童報告電閃遠近的方法——計算電閃與雷響相距的秒數，以五除之，得數即電閃遠近的哩數。這個定則的根據當然是：聲音行經空氣每五秒鐘約一哩，倘用此定則來推求一個大炸裂的遠近，却往往失效。聲音在其行程上似乎需時太長，總之比沿地直行要久些。事實上，它上升到反射層再落下來，我們由它所延遲的時間總長便可得知該反射層的高度。由推算而知其必在平流層的很高處。這便容易揣度把射線折回的是什麼。因為，前已說過，平流層的温度怎樣在經過一定高度之後，又復增加，而我們都熟知聲浪若遇到一層較暖的空氣，便會再被折回到它所由來的較冷的空氣裏去。

我們可以親自測驗這種聲的固有性，不必上平流層去。在溫暖的秋晚，日落須臾，地面數呎常呈烟霧，而其上的空氣依然十分晴朗。可知上層空氣較暖於下層，故在溫度問題上，此二層——晴朗層與烟霧層，成爲平流層與對流層的雛型。在此情形之下，聲音很清楚的很遙遠的沿着地面而行；聲浪不能散播上去，因為每當它企圖如此，那上層較暖的空氣輒復將它衝回來。在夜間的冰地或薄暮的湖面往往可遇見同樣的情形。聲音在此等處被反射於大地，正如在高空很廣大的範圍被平流層裏的較暖氣層所反射回來。

圖三十四 此圖表示大氣探測的成果。按此比例，地球當作一個直徑五十呎的球體。



以後將講到隕石的下墮(第三章),更足證明我們在平流層越上升溫度越增。在十哩至二十哩的高處有着很不快活的冷,其後約到一百哩的高處便又十分舒服了。

第三十四圖提示一個關於地球大氣的各層殼的表解。

我們前面那樣詳說了大氣的透明性,却幾乎忘記它並非全屬透明的,且往往全不透明。寄住倫敦的人必很熟悉青天可怎樣的蔽於雲霧。再者,即毫無雲霧之時,亦不能說大氣是全然透明的。我們若果去到月亮上面,舉頭仰望,將不見青天,而見黑天。其故是月亮沒有大氣。同樣道理,地球的大氣若漸漸除去,我們必將看見自己頭上的天色從青藍變到漆黑。我們坐飛機上遊太空,把大部分的大氣遺落在我們脚下,便能看到這種過程的初步。下列爲一九三四年一月從莫斯科飛升的蘇聯「平流層」號氣球裏的觀測者所記錄的高度各異的天色:

高度五.二七哩(八,五〇〇公尺)——天青

六.八二哩(一一,〇〇〇公尺)——天深青

八.〇六哩(一三,〇〇〇公尺)——天深紫

一三.〇二哩(二一,〇〇〇公尺)——天紫黑

一三.六四哩(二二,〇〇〇公尺)——天灰黑

假使我們能完全飛到大氣之外,無疑的必見天空全然漆黑一團。我們在仰望時,所見的本是許多羣的空氣塵埃水

蒸氣等等的質點，每羣質點都捉住多少的太陽光線，而散射之於各方向。這些散射的光線有的射進我們的眼睛，結果使我們看見天空是明而非暗。

實際上，天呈青色，我們會要奇怪爲何偏偏是青色而非其他任何色——因太陽光線並不純是青的。說明是：太陽光乃各種不同的長短波的混合，已如前述，而空氣塵埃水蒸氣諸質點對付所有這些不同的波並非一律待遇。青光的波在體積上是較小於紅光的波，而我們現在講到的諸質點是比青光紅光都小得多——但是因爲這些質點的大小是比較的接近於青光波而不接近於紅光波，故較有力地散射着青光波，結果使我們仰望天空之時，凡投進我們眼睛的散射線大抵是青的，而我們便說天呈青色。質點越小，所散射的青光越多，故大雨之後，大塵點已被滌蕩淨盡，天空看來最青；在海面上或高山上看來天也很青，因此等處遠離着多塵的氣層。凡在此境地，唯有細微的空氣分子從事於光的散射。若遇較大塵點散射着光的時，我們就見到塵土瀰漫的大氣之慣見的烟霞朦朧。

直接望着太陽的時候，那唯一投進我們眼睛的光線是不會分裂并散射的光線，在這方面，青光線之被分裂并散射者既多於紅光線，則剩餘的光線當然是紅色或帶紅色的光線多於青色的。所以太陽看得比它的實狀還要紅些。在我們

與太陽之間的空氣或塵埃層若是特別厚，例如日出日沒時太陽光線傾斜穿過大氣，那末太陽會看得比平時更紅些。這種觀察在一八八三年有過很觸目的景象，當時克刺卡塔奧 (Krakatao) 火山噴發，吐出滔天不絕的火山塵雲霧。此塵起初把噴火口外一百哩遠近的大地掩蔽得完全黑暗，後來瀰漫包圍了世界。在地球大氣受着此塵滲透的數月中，日出日沒是不可形容的壯麗。

水蒸氣和霧的質點亦往往有此種效果，故在霧中太陽可看得紅些。街車可示同一效果，離我們最遠的燈看來最紅。尋常雲很厚，除隣近邊際的以外完全塗抹了日光；因此我們在白晝慣見銀灰色或金黃色的襯托，日落時慣見深紅的彩霞。

塵埃水蒸氣和霧的質點散射着一切企圖穿入的光，但是紅光因波較長，故被散射的較少。更長的紅外輻射波便是長得完全不被散射。所以我們的眼睛假使能感覺到紅外輻射，則從厚霧中眺望遠物將如尋常從空氣中眺望遠物一樣清楚。

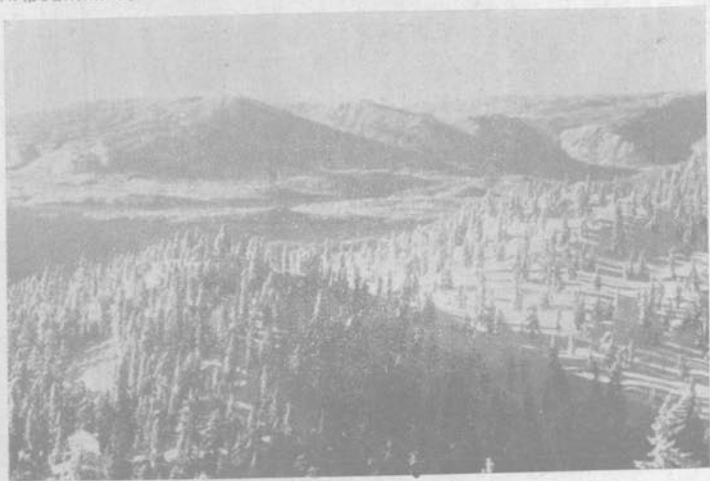
攝影機即所以彌補我們眼睛的缺陷。原來照相片的造成是能感受紅外輻射的。第三十五圖證明照相片的有效。其下兩圖(三十六及三十七)示同時用尋常輻射和紅外輻射而攝取的同一風景。請注意紅外輻射怎樣很清楚地透露出煙

霧蒙蔽中的遠山。倘遇空氣太厚或多霧，使我們的眼睛完全看不見遠物，則特製的紅外照相片往往看得見。而且要攝取遠景的最妙方法，無論有霧無霧，總是使用這些紅照相片。近來輪船已在北大西洋使用紅外照相術，以期作冰山接近的警告。紅外照相術對於地球的曲率亦提供一個很新鮮的現代的證明，因為一架飛機可從高空上面很清楚地望見地球的曲率，從而攝取很遙遠的地平線的照相。

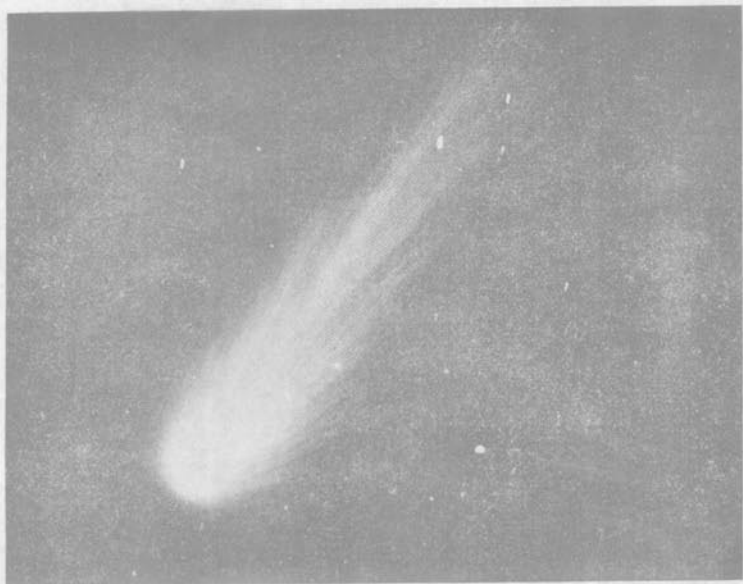
圖三十五 一塊電烙鐵由它自身的輻射熱而加以攝照，此時溫度僅攝氏二〇〇度，尙未發出可見的光。



圖三十六 英屬哥倫比亞的婆文島 (Bowen Is.)，從二十哩外大陸上的某點用常光攝照的。



圖三十七 同上風景，用紅外輻射攝照的。



圖三十八 勃魯克士(Brooks)彗星(J911)。



圖三十九 1908年第三彗星。因望遠鏡的裝置在追隨彗星之行動，故衆星像被延長。此彗星正行經衆星中。

第三章 天空

現在請把我們的思想轉移到地球大氣以外的可相當稱爲天文的現象。我們看見一行列的物象不息地橫渡天空——晝則太陽，夜則月星。這些全都似乎從東到西跨越天空，因爲我們仰觀天象的人所住的地球的旋轉使我們不斷地從西到東運行。

最明顯的現象當然是太陽經天的運動，產生着明暗冷熱的交替，我們稱之爲晝夜。其次明顯的便是月亮的升落和它的行經天空，這自從地上有人類以來就不但被注目而且慣見熟知。

太陽的形狀和輝耀都沒有什麼變化的表現，除非我們自己的大氣把它的光朦朧化。但月亮的形狀和輝耀却不斷地變異着。它每月經過完全的變化的循環，我們名之曰『月的盈虧』。起初是一彎細光，我們稱之爲新月。這新月增大到約一週之後便有我們所稱爲上弦月的半圓光，於是再過一週便有我們所稱爲滿月的全圓。在此以後，月亮漸減，又復返新月的細眉。

新月在天上常是接近太陽；月漸增大，離太陽亦漸遠，直至最後，月全圓時，幾乎恰與太陽方向對立。滿月因在天上與太陽對立，故常在子夜的南方。

無論是新月或滿月或半月，它表面的光亮部分總是不易的傾向太陽，而黑暗部分背離太陽。此可見月亮自己不發光，而只在它給太陽照亮的部分才見光明。偶逢機緣，地球恰臨到太陽與月亮之間，就暫時阻礙太陽光線之射於月面。如此發生的現象名曰月蝕。在月蝕發生時，我們可看出月亮自身是無光的。

在其他更罕見的機緣，月亮恰走到太陽與地球之間——如此現象名曰日蝕。當月亮走過日面的時候，月體又變作一塊全暗的簾屏，而我們又得以直接的視覺來證明月亮自己不發光。

凡此所說現在都已發現了，聽來好像是簡單的。其實此等發現乃經過悠久的時間。古人很容易因浮面的外觀而致誤想，遂對於日月星辰的大小、運動、及物理結構都懷着極怪誕的觀念。例如，基督前六世紀希臘哲學家亞諾芝曼德（Anaximander 紀元前六一一——五四六）倡言日月星辰只是穹蒼的空洞，有火從上界照穿着這些孔洞。他以爲月的盈虧即由『月洞』的逐漸啓閉而造成，至於日月蝕的發生即在各相應的孔洞『日洞月洞』完全被封鎖了的時候。

後數年亞諾芝曼尼（Anaximenes 約紀元前五八五——五二六）倡說日月星辰由地上的火高昇而成。他想像着太陽是一種扁平的火葉，因廣闊而漂浮於空氣中——頗似一

架滑翔機或飛機。月亮亦屬同類，但衆星却具完全不同的性質，比較似許多火柱被釘入結晶的天球裏。凡此諸點既都無從造成日月蝕，亞諾芝曼尼便須假定天亦含有『土性的』黑闇體。他雖沒有明言如此，大概却是假定着日月蝕的發生，即因此等黑闇體走到我們的大地與光明的日月之間。

更後，芝諾芬尼(Xenophanes, 約生於紀元前五七〇)謂日月星辰是一陣飛渡天空的火雲。他相信——如他以前的埃及人所相信的——每天有一個新的太陽，至於前昨的太陽已去到很遠的西方再也看不見了；隨便何時若逢一片火雲熄滅，就是一個蝕。

赫拉頡利圖(Heraclitus 約生於紀元前五四四)謂日月衆星是些碗碟，收拾地上猛烈的蒸發氣，因而產生火焰。『月碗』逐漸由側面轉到正圓面，遂使月亮有盈缺而歷經其舉世共知的朔望循環。若逢日碗或月碗適正轉離我們，便是日月蝕。

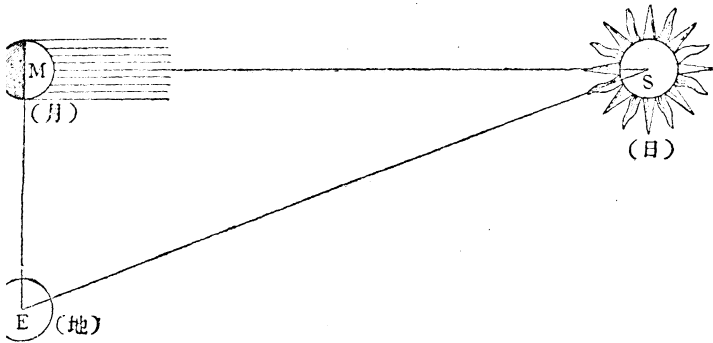
以上沒有一個怎樣接近真理，直至亞那薩哥拉(Anaxagoras, 約生於紀元前五〇〇)却以一閃光的洞見給予一切現象的真確解釋。他說月亮是『具有土性的，上面有平原有山澗』，又說月光出自太陽。他闡明了月的圓缺乃因追隨太陽的運動而自然產生，因為月是被太陽所照亮的。他又明言

月蝕即因月亮走入地影中，此地影適直臨於太陽和月亮之間，故常在滿月時發生；而日蝕則因月插入太陽與地之間，故故在新月時發生。

古代關於日月的物理性質的觀念是和關於日月的大小遠近的觀念一樣模糊，這原非不自然的。日月在天空看來既常常約略有同樣的大小，那末它們離地的所在似乎必常常約略有同樣的遠近，但是關於這些距離長短的意見則言人人殊。亞諾芝曼德曾謂日和地一樣大；數年後赫拉頡利圖謂太陽直徑只有一呎，而亞那薩哥拉則取一折中之說，謂太陽大於伯羅奔尼撒 (Peloponnese)。第一番作謹嚴的嘗試以求發現真事實者當推薩摩斯的亞里斯他克 (Aristarchus of Samos，約生於紀元前三一〇—二三〇)；他以唯一可能的方法進行——基於於實際測量以作計算。

在月半圓時我們看見那被太陽照明的一半月面，故第四十圖的EMS角必為一直角。若將月與日之間的MES角加以測量，即知EMS這個三角形中的各角，亦即容易推知此三角形中各邊之相對長度。亞里斯他克估定MES角比直角短少三度，而推知太陽比月亮遠十八倍至二十倍。這不是精確的估量，因事實上，該角與直角相差僅少三度的二十分之一，而太陽比月亮遠約四百倍。

亞里斯他克還有一個巧妙的測量各種距離本身的方法



圖四十 薩摩斯的亞利斯他克嘗試以幾何學方法測量日月的距離。

法。在月蝕時，我們看見地影的一部分投射於月面；它永遠只投射一部分，因為全影比月亮大得多，實際上約四倍於月的直徑。然而，亞利斯他克却估定全影只二倍於月的直徑而斷言地球本身為二倍於月亮的大小。月亮的大小既如此計算出來，便容易由它在天空對向的角度而推知它的距離。月亮在天空的大小好像是一個拿到九呎外的半辨士，而對於一個直徑二〇〇〇哩的物體，若要看得這樣小，必須在二四〇，〇〇〇哩外。

這是一個近代的計算；不幸亞利斯他克的測量根本錯誤，以致他一點沒有接近他所企求估定的數量的真確價值。前面說過，他對於MES角的測量不對，又以為投射月面的地影僅僅二倍而非四倍於月亮的直徑。此外，他對於月亮在

天空中的外觀，日月本作了過度的估量不止四倍，又沒有精確知道地球的大小。此尙有待於數年後埃拉托色尼始作驚人的精確估量，前已論之（第一章）。

我們知道，地球是怎樣的在空間旋轉，而所謂『恆星』（fixed stars）如牧夫星天狼星等則依然常在空間的同一方向，因而形成一固定的背景。在此背景之前，太陽和月亮似乎移動着，亦如其他物體名曰『行星』（planets）者——『行星』之名源出希臘字 $\pi\lambda\alpha\nu\eta\rho\epsilon\varsigma$ 意云遊行者。諸行星之中，最光明的五星——金星（即啓明星或太白星）木星、火星、土星及水星——在有記載的天文學未濫觴之前即爲世人所熟知，不過常常沒有明瞭金星乃是在晨昏交替出現的同一顆星，水星亦然。可是，巴比倫人顯然已知此層，在基督前六世紀畢特哥拉斯和帕曼尼德斯（Parmenides）便對希臘人說明此層。是後，在十分近世的時候有三顆行星發現——一七八一年天王星，一八四六年海王星，一九三〇年冥王星。除這些大行星外，有數千微小體積的行星，名曰『小行星』（asteroids）（見第五章）。

就浮面觀察，行星似乎很迷惑漂泊地浪遊（故亦名惑星）。別的天體都由東而西的橫渡天空，有着堂皇而穩定的運動，但行星則往往在隊伍中落後，且有時在衆星中看見它們由西而東走着，這是所謂『開倒車（逆行）』的運動。在一定

期間開倒車的運動把金星水星向後推過日面，以後它們又復一躍而到前線：所以此兩行星的運動是不斷的來往搖擺於太陽的前後左右；而向西的搖擺常比向東的搖擺進行迅速得多。

行星的運動如此絕異於固定的恆星的井然運動，頗令古人如墮五里霧中。畢特哥拉斯派力執外觀的不規則性必係錯覺，行星的實在運動必是完全整齊有規則的。格邁納士 (Geminus) 寫道：『在他們的觀念中，神聖永恆的東西不應有那樣紊亂失序，以致動靜無定，乍緩乍急。斷沒有人相信天體會有那樣不規則性，即在旅程上有恆而守秩序的人亦不至有那樣不規則行動』。據說柏拉圖曾出題目，教全體最熱心的學生推求何種『齊一有序的動』可解釋行星的運動。

這是件普通經驗的事：一個物體若立時舉行兩個分別的運動，則每個運動即使極度簡單，而該物體在空間的實際路線却可十分錯綜。我若乘坐腳踏車沿着一條直線，我的脚在踏蹬彎軸的末端循環的轉動固然很簡單，腳踏車沿路的轉動亦是很簡單的，但我的脚經過空間的運動却有一種很錯綜的路線。古代天文家便屢想以此說明行星的錯綜路線。

基督前四世紀克尼道斯的歐多克薩 (Eudoxus of Cnidos, 紀元前四〇八——三五五) 作第一回嘗試。他企圖以輪中輪——或寧當謂球中球——的系統來說明行星的運動。

這些球都有同一的中心，即大地，但每個球被裝置在它外面的隣球之內，而各球的旋轉方向都各不同。每個運動物體有它自己的球系，并假定它自身是附在球系最外邊の球。歐多克薩覺得他對於太陽和月亮各需三個球，對於五行星各需四個球——共計二十六個球。後來加里布士(Callippus約紀元前三七〇——三〇〇)覺得連這個精製的系統還不足說明諸現象，於是再加上七個球，共有三十三個。

這樣的系統是弄得很錯綜的，但幾乎同時的由本都的黑拉克利底斯造成一種恢復簡單性的局面——亦即是趨向真理的一大進步。黑拉克利底斯發現地球的旋轉，前已言之(第一章)。他覺得並毋須用錯綜的輪系或球系以說明金星水星的行動；僅須假定這些行星全不繞地而轉，却是像衛星一樣繞日而轉。於是薩摩斯的亞利斯他克更前進一大步而倡言地亦繞日而轉。茲引錄亞基米特(紀元前二八七——二一二)的敘述：薩摩斯的亞利斯他克著書創立若干假設，由許多前提而得之結論謂宇宙較今所稱道者大許多倍數。他的假設是：恆星和太陽依然不動；地則沿一環之圓周繞日而轉，日居軌道之中央；恆星天球和太陽居於同一中心，是這樣的大，使得他所假定的地球循而繞行的圓環對於恆星的距離正如如天球的中心對於它的表面，有同一比例。

這類的見解古希臘時代——或任何其他時代——是不

通行的。人類從不喜歡聽說他在空間的家鄉不是宇宙的中心而僅僅是一塵粒環繞着另一塵粒旋動，是這樣微小的規模，所謂『大地』不過如宇宙的蒼海之一粟而已。所以我們在波盧塔克(Plutarch)的書中讀到克利安西(Cleanthes)怎樣的認為亞里斯他克應知彼將宇宙之家庭——大地——推入運動之中乃大逆不道。亞里斯他克曾宣傳一個被人們覺得逆耳的真理，但人們很容易的找到別的天文家毫不猶豫的宣傳他們所正中下懷的佳話。

幾乎在亞里斯他克之後二千年間，關於行星運動的最得意解釋始終不出正圓與周轉圓的解釋——不是歐多克薩的輪中輪，而寧是輪疊輪了。黑拉克利底斯曾假設水星、金星環繞太陽輪轉，而太陽又環繞大地輪轉。不久即發覺將此體系再加推廣，可以說明一切天體的運動。於是屏棄亞里斯他克而仍以大地為宇宙之中心；甲環繞大地輪轉，乙環繞甲輪轉，丙再環繞乙，如此前進，直至最後一輪的輪緣上的某點，便正是所觀察的行星運動的再現。

約在紀元一五〇年亞歷山大里亞的托勒密(Ptolemy)提出這種正圓與周轉圓的理論，統治整個中古時代的黑暗理智，始終無敵。偶或有個懷疑者發表他的懷疑，但沒有發生嚴厲的挑戰，直至紀元一五四三年波蘭人哥白尼(Copernicus)提出一個很像千八百年前薩摩斯的亞里斯他克所曾

闡明的理論，來代替整個托勒密的體系。簡言之，他認為太陽靜止，而地球及其他五行星都環繞太陽旋轉。六七十年後，伽利略(Galileo)的望遠鏡證實他的見解的真理。

那樣的見解在中古的歐洲與在古代的希臘一樣不受歡迎。哥白尼殊有明哲保身之智，直至臨終床榻不以其書問世；伽利略較乏此種保身的機智，大膽地宣布他的信仰是真理，便終其一生頗受教會之苦。

依照亞利士他克和哥白尼實際的倡說，行星外觀上的不規則運動只由於我們在地球上從一個非中心的位置觀察星景；我們好像戲場裏的觀客，因為坐得太近舞台的右邊或左邊，以致不能看見戲劇的正中央的配景。太陽可為觀察行星運動的正中位置，一個立在太陽上面的觀察者必能看見每顆行星非常合規則的再一再復着同一近似圓環的路線。他亦將看見行星的路線都幾乎是在同一平面上，這個平面略有傾斜，與太陽的赤道成一個約七度的小角度。

恰如一個太陽上面的觀察者從他的位置看來，只見到我們的家——地球繞着他沿圓路線而渡過天空；所以從我們在地球上的位置看去，我們亦只見他的家——太陽——沿着圓路線而渡過天空。太陽如此渡過天空的外觀路線名曰『黃道』(ecliptic)。因為其他行星幾乎全都是和地球在同一平面裏運動的，所以我們看見這些行星也幾乎是和太陽

沿同一路線而走過天空。三顆最鄰近的行星——金星、火星、水星——在相當時候可差離此路線各有九、七、五度之遠。但其餘五個行星沒有一個會差離三度之遠。故太陽與諸行星走過天空的路線都在一條狹窄的軌道之內。此狹窄的軌道是古埃及人巴比倫人所知的，而且，大概由巴比倫人的灌輸，亦為古希臘人所知。此名『黃道帶』(Zodiac)。

這些古代的人民當然僅視衆星為光點，但他們不免注意到這些光點乃是很自然的分成羣，即所謂『星宿』或『星座』(Constellations)。他們拿動物，神話的英雄，或慣見的東西，來定這些星座的名號——有時採自假托的貌似，往往深涉幻想，尤其往往全無明白的理由。巴比倫人將黃道帶均分為十二宮，各置以一星座。此十二宮本來都以動物命名，今除一座外仍皆然。黃道帶原名獸帶，意即『動物圈』。十二星座(舊云十二星宿)本是假擬作十二座的獸宮，為太陽巡行經天時所值月臨幸，寄宿一宮。按天文學的理由，通常名次乃始於四月，更確言之，始於春分。十二宮的名稱次序如下：白羊、金牛、雙子(又名陰陽)，巨蟹、獅子、室女(又名雙女)，天秤、天蠍、人馬、摩羯、寶瓶、雙魚。希臘人和埃及人對於十二宮的星座有很相似的名目，但中國人則不用白羊、金牛、雙子、巨蟹等，而用鼠、牛、虎、兔、龍、蛇、馬、羊、猴、雞、犬、豬十二種動物〔以配子丑寅卯辰巳午未申酉戌亥十二支〕。

其餘部分的天空亦區分星座，有些星座在很古的作家就已提及。在荷馬和約伯書中都提及獵戶座和大熊座，而基督前七世紀的退利斯 (Thales) 即敘及小熊座。對於許多語



圖四十一(甲) 黃道以北的星座。北極不在圖形的中心，而是接近小虛線圈割斷小熊 (Ursa Minor) 的尾巴處。地球既在空間左右搖擺，地軸的北極便繞着此小圈而旋轉，其速度為每二六，〇〇〇年旋轉一周。

南天



圖四十一(乙) 黃道以南的星座。十二宮星座在此圖及前圖[四十一(甲)]之周沿。

言和人民，有許多星座也是普通的。例如，見到獵戶星座即往往令人聯想到一個獵戶或英雄，見到金牛星座即往往令

人聯想到一隻猛獸

凡是古希臘所能見到的星座全都由基督前四世紀柏拉圖的一位學生即天文家歐多克薩繪在一個球體上面，其後又經亞賴都(Aratus)寫入韻文。大多數不免聯想着很古的神話或童話——不是古希臘的便是更早期的文明的。例如，我們讀到希萊士(Helice)和居羅秀拉(Cynosra)，即大熊和小熊，後者是一個獵戶被變成一隻熊以免誤害他的母親，因為朱奴(Juno 天后)出於妒忌，已把他的母親變成一隻熊；我們也讀到赫邱爾士(Hercules 武仙)——據亞賴都的描寫只是「那屈膝的人」——和龍；又讀到——最妙的故事，真可拍案叫絕的——波秀士(Perseus 英仙)於千鈞一髮之際奔救安得羅迷特(Andromeda 仙女)，後者此時剛被鏈到海岩，海怪世圖斯(Cetus 鯨魚)正要把她吞噬。他叫世圖斯看米杜薩(Medusa 三魔女之一)的頭，此頭使一切看它的人頓化爲石，但波秀士自己却因係由鏡中看它而得避免這種命運。我聽說那描寫牝牛跳過月亮的嬰孩催眠歌就是古人眼見月亮穿過金牛星座之下的情景而感發的。觀望着這種耍戲而發笑的小狗無疑的就是隔鄰的星座小犬。天空中還有着一只盆子(Crater 巨爵)與調羹齊飛。

希臘人不是大旅行家，故在赤道以南的天空他們完全沒有見到，也就不能畫分星座。可惜的是，近代人對於這部

分的天空諸星座的命名常常沒有維持古名的莊嚴和簡潔。近代人把後來看到的星座定了這類的名目，如印刷匠之工場，畫師之畫架，雕刻匠之刀筆，煉丹之鎔爐，甚至更滑稽的，腓特烈之勳章，喬治之琴瑟，查理士一世之橡樹。輒近有一位法國天文家拉朗狄 (Lalande) 企圖向天界加入一隻貓。他寫道：『我喜歡貓；我崇愛貓；我經歷六十年辛苦的勞作，把一隻貓放在天空，諒可見恕罷。』但是從那時後貓座就消踪滅跡了，或許因為牠不願與大犬、小犬、獵犬諸鄰座為羣罷。

希臘既在赤道以北四十度，則古希臘人所看不到的天空必在南極的四十度之內。然則可想而知，凡用近代名稱的星座全都有一個半徑四十度的圓圈內，以南極為中心。

廣汎言之，它們都在一個四十度半徑的圓圈內，但此圓圈之中心不是南極。此其理由頗饒趣味而又足增智識。

地球在空間旋轉像一個旋轉的陀螺，但它的軸並非常常指着同一的方向。地球赤道周圍的膨脹部分是不斷地受着太陽攝力的曳引，這種曳引既把地軸在空間扭轉着，地球的頂便搖動得像平常小學生的陀螺快要停轉時的模樣。

地軸是每二六，〇〇〇年完全繞一小圓圈搖動一周。現在的地軸是指向小熊星的尾巴，但四〇〇〇年前它是指向該熊的左耳，五〇〇〇年前指向牠的鼻尖。又，一三，〇〇〇

年前全座小熊在北天是很低下的，而現今很低下的白明星（Vega）在彼時則接近地軸的指向。因為我們所住的旋轉的陀螺是在空間滾動着，希臘的居民在不同的時期必看見不同部分的天空——正如我們住在一般滾動的船裏的時候，我們從房艙的舷窗看到不同的視界。由此便可理解為何許多南天星座如半人馬座（Centaur）有希臘名；在今日的希臘是看不到這部分的天空的，但在四〇〇〇年前人們相信半人馬的時代，是看得見的。

亞賴都在其詩中提及之諸星座甚至不是亞賴都時代的希臘人所看得見的星座；廣汎地講，它們可在希臘的緯度上被看見的時候大約還要更早二千五百年，即約當基督前二千八百年。所以亞賴都似乎僅僅描寫一些紀元前二八〇〇的時期居住希臘這樣緯度的人民所原來命名的星座。這種人民大概是巴比倫人，尤其因為尚有旁證，就是：至少有若干主要的星座便在更古時期的巴比倫人也已知道了。

衆星座的輪廓及名稱乃由其中最明亮的星而來，但星座中亦有多數較暗淡的星，有許多用肉眼恰僅能看見，尚有更多數的星非用望遠鏡完全看不見。

依普通的眼力和適當的情形，人目恰能見到約六哩遠的一枝燭光。若使光朦朧起來，或將它移到更遠的距離，則我們會看不見一個較暗淡的光，而簡直是完全無光。故從六

哩外一枝燭光收到的光便成爲我們所謂的『視閾』(threshold of vision, 亦可云『視覺低限』)。

試取我們從六哩外一枝燭收到的光量作爲我們的亮度單位，則我們用肉眼所能見到的最暗淡的星恰有一單位的亮度。按此比例，看來最亮的星，天狼星(Sirius)，有一〇八〇單位的亮度——換言之，它看來是和一盞有一〇八〇枝燭光的燈在六哩遠看來一樣的亮——而次亮的星，卡諾帕斯(Canopus)遠在南天之下，僅有五五〇單位。此二星爲超羣拔倫的；在它們最鄰近的爭光者是一隊星，每顆約有二〇〇單位的亮度——白明星二二〇單位，御夫座 α 星(Capella)二〇五單位，牧夫座 α 星(Arcturus)二〇〇單位，人馬座 α 星和小狗座 α 星(Procyon)各一八〇單位，餘類推。在整個天空中，發光亮度達一〇〇左右單位的星約僅二十顆。其次約有二〇〇餘顆發光亮度在一〇〇單位與一〇單位之間，再其次約四五〇〇餘顆發光亮度在一〇與一單位之間。這便完成我們用普通肉眼的視力所能見到的星——即有一單位亮度以上的星——的全體目錄。故在全天空中約僅有四七二〇顆——不但限於我們所看得見的部分而在包括地平線以下的部分。任何時辰，這個數目只有一半會在地平以上，且即此半數之中亦有不少的星很容易爲附近地平的雲霧所掩蔽。大體講來，我們在任何時辰用普通眼力如果見到

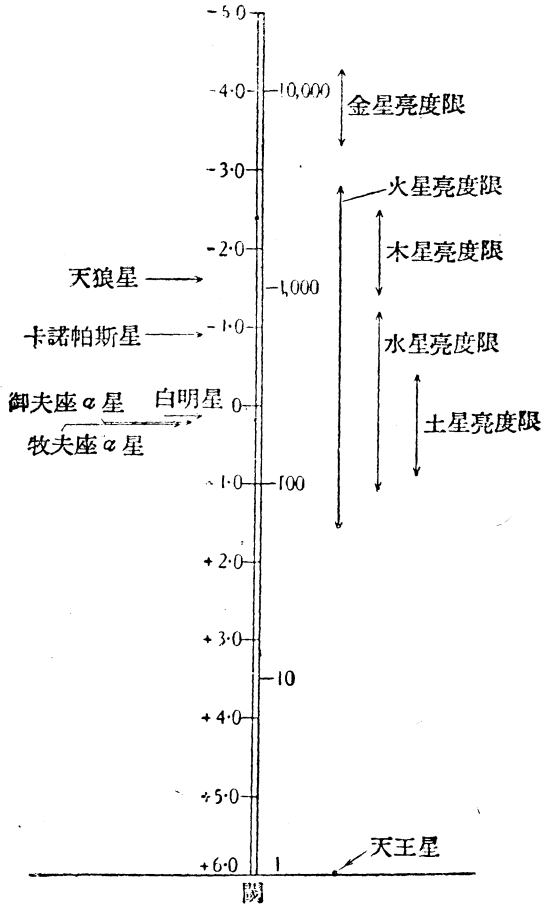
二〇〇〇之多的星數，就很幸運了。不過，或有人眼力特別好，當然可希望多看見些。

大多數人覺得如此小的星數是難以相信的；若果問他們猜測他們能看見多少星，他們通常把數目提得太高了一——當然，除出那些曾讀過天文學書籍因而已知答案的人。

還有一種猜測的遊戲，叫人猜測在一枚『半克郎』上面最多平排着幾枚『三辨士』而不重疊。答案是一枚，但大多數的人以為他們可排上兩枚——直至他們嘗試而後知其不可。茲正遇同似的問題：滿月遮掩多少可見的星呢？換言之，假使月亮突然變成透明的，使我們可能看透它，那末用肉眼去看去應有多少星排列在它背後呢？答案是完全沒有，這在大多數人必又覺得難以相信了。

太陽和月亮如此光明，以致多數人把它倆的大小作非常過度的估量。無論是太陽或月亮，每個周遊天空須費一整天。我們可容易地證實每個要通過它自己直徑的長度需時約僅二分鐘——換言之，全顆太陽或月亮在二分鐘中走過任何固定點。然則須有七二〇個太陽或月亮密接並列以造成一圍繞天空的圓圈。由此可以計算，假使我們要用太陽和月亮來糊滿整個天空，我們大約必須有二〇〇，〇〇〇個太陽或月亮。這對於每個可見的星有四十二個以上的太陽或月亮，故月亮背後有星的機會是在四十之中還沒有一個。

星的等級 單位 (閏=1)



圖四十二

亮度標 右邊數字代表亮度單位的倍數，視閏等於一。左邊數字代表「星的等級」，天文家藉此以測量亮度，較富技術性。由中線的兩邊數字的比較而得到兩種度量間的關係。圖的左邊表示幾個恆星的亮度，右邊表示幾個行星的亮度。

我們若借助於望遠鏡的力量，則我們所能見的星數自然立即有洶湧的激增。望遠鏡的主要機能在收集那些落到一個大面積——望遠鏡的物鏡或鏡頭——上面的光波。然後它把這些光波投進我們的眼中，很像聽筒把聲波收集而投進我們的耳中。入口直徑僅五分之一吋，故直徑一吋的望遠鏡所收集的光就比肉眼多二十五倍，使我們能夠看見亮度在二十五分之一單位以上的恆星。此等恆星約二二五，〇〇〇個，故雖僅一吋的望遠鏡亦能使我們比僅用肉眼多見到二二〇，〇〇〇個恆星——幾乎是對於每一個舊星有五十個新星的比列。威爾遜山（Mount Wilson）上一百吋的大望遠鏡能顯示我們以亮度約僅三百萬分之一單位的恆星，此等星的總數恐怕有一五〇〇兆。可是我們以後將見到，甚至這麼廣大的數目在全星界之中亦不過居百分之一而已。

星數雖極廣大，星光的總量却不是壓倒的。真的，我們除太陽外，從天空衆星收到的光約僅一〇〇，〇〇〇單位——遠不及太陽一萬萬分之一。此實等於百呎外的一枝燭光。

恆星由自身之光而輝耀，但行星則僅因被太陽照明而始輝耀。那末，自然的，一個行星所發出的光遠不及一個恆星，但是它的距離之近往往可補足它的光之薄弱。真的，

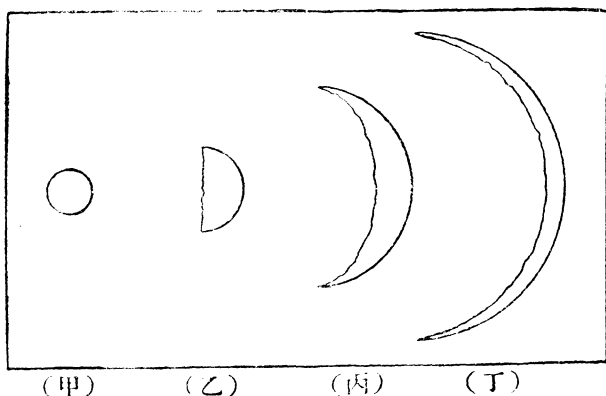
不僅補足而已，往往一個行星可看得是全天空中最明朗的星。

無經驗的觀察者常不能只憑天空之一瞥即辨別恆星與行星，雖然他只消記得行星的遊行決不能遠離黃道，十二宮的中線。最明朗之行星即金星火星木星可僅藉它們的亮度而屢加辨認(圖四十二)。金星看得見的時候常常是天空中最亮的東西，但火星木星則可以較明或較暗於最亮的天狼星。恆星大都耀着堅定的光，且和我們距離的遠近若同，則亮度不生變異。反之，行星亮度變異之故有二。行星繞日運動之時，和我們距離的遠近不斷地變異着，我們所見的行星表面被照明的段落也不斷地變異着，此等變化在我們最近隣的金星表現得最顯著，它被照明的表面和外觀的直徑以第四十三圖之樣態而變異着。顯然，金星在最近我們的時候，不能看得最亮，因那時我們只見它一細眉被照明——如同新月；又它在全面被照明的時候也不見得最亮，因那時它離我們很遠，它的面子看來很小。它最亮的時候是當它處於一種中間的位置，那時它的外貌如第四十三圖(丙)所示。那時它輝耀着一三，○○○單位的亮度，所以看得比天狼星還亮十二倍。火星木星最亮的時候，各別的輝耀為三，三○○單位與二，五○○單位，故二者都能比天狼星亮得多，但其他行星則不能與最亮的恆星相匹敵。水星最明亮時僅有七

六〇單位，土星只有三六〇單位。

滿月的亮度有二六兆單位，故比最明朗的金星要亮二千倍，而太陽在自晝全盛時，光耀有一二，三〇〇，〇〇〇，〇〇〇，〇〇〇單位，故比滿月幾乎又亮五十萬倍。

似乎奇怪的是，如此多的光竟不會令我們眩盲，而我們的眼睛因甚敏感，即一單位的微光亦能見到。實際上我們乃



圖四十三 金星的相(盈虧):(甲)離地球最遠時——正圓形，直徑 $9\frac{1}{2}$ 秒；(乙)在天空中離日最遠時——半圓形，直徑18秒；(丙)最明朗時——一彎眉，直徑40秒；(丁)在可見到的直徑最大時——一彎眉，直徑62秒。

此行星更靠近太陽時，直徑更增大到63或64秒，但那時它深被浸沈於太陽之眩耀中，以致不可見。

由下述事實而得救：施於我們眼睛上面的作用，其憑依亮度單位的數目者不若憑依此數目中的指數——更嚴格言之，

憑依數學家所謂的對數——者之多。對我們眼睛施作用的不是：

太陽一二，三〇〇，〇〇〇；〇〇〇，〇〇〇；金星一三，
〇〇〇；天狼星一，〇八〇；最暗恆星一；

而是：

太陽一四；金星五；天狼星四；最暗恆星一；

而今太陽看來沒有這般壓倒的勢燄。

行星的位置和亮度雖不斷變化，而天空夜夜很相似，故其變化常不引起詫異。但是除了太陽月亮行星恆星的井然隊伍之外，偶亦見到更觸目得多的異象。在這些罕遇的奇觀之中，最富刺激性的就是彗星和流星。在未啓蒙的野蠻人看來，彗星必像發狂了的星奔撞天上，披散頭髮在背後；古人慣常把一切彗星不分皂白的混稱掃帚星，好像天空中只能有一個那樣觸目的怪物。流星不但在野蠻人而且在一切人看來都很像是從天上失足而墮落下地的星。我們以後將討論這類物體的物理組織；茲僅述它們在天空的出現及運動。

彗星亦如行星繞日運動，但其軌道絕不相同。行星的運動幾乎是循着圓形的路線，因而距日的遠近常常大抵一樣的，但彗星的運動則常循着很伸長的軌道，它的觸目的出現常限於它最接近太陽的數週或數月中。在此期間，太陽的輻射使彗星吐出一條長尾巴，一定不易的背向太陽。第三十八

及三十九圖示典型的彗星標本。

彗星的真實性質未經了解之前，人們把它看作凶兆。并且，說也奇怪，許多最放異彩的彗星之出現似乎符合，或許剛巧預卜着，歷史上重大的事變。荷馬詩（伊利亞特十九章）云：

紅星衝火燒，
播降病患，疫癘與戰爭。

彗星一向被看作如此不祥的東西，直到牛頓解釋了它們的運動，表明它們服從同樣的運動法則，亦如行星受同樣的攝力的曳引所領導

流星可造成天空更觸動心目的景象。流星往往是單零的，但也往往如陣雨而降。我們偶於晴夜仰望，可看見成打的流星，有時無數的，像火螢般疾飛天空。古代的中國人和日本人似曾因見流星而大動輿感，詳作記載，描寫流星下降如雪如大雨，又如秋天落葉。下錄係神戶天文台的伊庭氏所發掘的紀元一五一九年高麗流星雨的一段記事：

或射過天空如箭墮落，或暴跳飛昇如赤龍，或爆發如火球，或盤捲如神弓，更有觀如針籜分叉，復蛻形而成許多駁雜之碎錦

其實此等物完全不得稱為星。它們並非在空間上數百萬哩外的廣大物體，而是堅硬岩石或金屬的物質微屑。這些



圖四十四 巨大的荷巴(Hoba)隕石,估重六十噸。



圖四十五 在南非洲基循(Gibeon)區採集的一堆鐵隕石。



圖四十六 亞利桑那狄雅勃羅峽谷(Canon Diablo)附近之隕星陷口。圖爲一航空照，從西北角攝取的，沿此方面看來恰正是從前隕星投擊地面時的運動方向。



圖四十七 前圖(四十六)的天空照相沒有充分暴露那隕星陷口的洪大面積。本圖爲其邊緣上的最高點。在絕頂有一人騎馬背上，以示比例。

碎屑極其微小，我們可以盈千盈百的握在手中。且又是很近的——其實，就在我們自己的大氣中。

粗硬物質的小彈丸不斷地飛過外界空間；每天有數百萬粒打中地球的大氣，它們飛馳的速度數百倍於來福鎗的子彈。它們開始飛入大氣的時候，空氣的摩擦使它們先變熱，而後很熱，而後紅熱，最後白熱；就在這階段它們看來似星。它們變得非常的熱，以致僅僅保持數秒鐘的短促生命，須臾即崩解為瓦斯和塵埃而消逝不見了。

似乎奇怪的是，如此微末的一點流星竟會看得像天狼星或牧夫星那種真實星一樣的明亮。但我們須知兩件事：第一、流星是比較近得多——它的呈現只有很少數的觀者，只限於地上數哩之內，而絕非普及數兆兆哩之間；第二、流星發耀的時間是比較短促的很——僅僅數秒鐘而已，至於真實星的發耀至少有數千兆年。

所謂隕星的較大物體也和這些微小物體具同一性質。這些東西衝過空氣時，往往呈現比任何星還亮得多，且可照耀全景；我們於是稱它們為火球。有時它的外面變得這樣的熱，竟致生罅爆裂——恰如一只冷玻璃杯可因突注熱水於其面而爆裂——而且往往造成令人驚震的洪音巨響。例如，紀元一五三三年有一段日本的記載告訴我們：『羣星流火，熒熒滿天，閃爍眩目，而投射四下，墮於海陸，碎成片片，如

降石雨，鳴響洪暴，如崩山岳，故遙邇憂懼，威恐大地將起動亂，王國從此式微，於是全民驚惶慟哭，狼狽不知所措』

這種奇觀屢被看作神怒的證據，結果往往使君王和國民改變他們的生活樣態。李維(Livy)敘述元前六五〇年的隕星的墮落怎樣造成九日的嚴肅祭典，希冀和解諸神的怒。又日本的記載敘及許多時節因受了隕星墮落的想像的訓誡之後全國開始改良生活。哥倫布(Columbus)的日記敘及怎樣他的水手們雖然看見了熱帶海島，因而必已知道他們臨近久望的陸地，可是『他們一見天降隕星，仍不免十分憂愁』。

小流星未落到地上之前即已溶解成爲蒸氣，但一般說來較大的隕星就不然；它們常落到地上，名曰隕石(隕鐵)。較小的隕石或散在沙漠裏或田野裏，等到被發現後，乃移往博物院或實驗所，加以分析。大多數已證明爲單純的石頭或結晶的岩石塊，但有少數則爲鐵，有時混雜岩石，有時混雜鎳鈷。第四十四及四十五圖示已發現的最大隕石和一堆較小的鐵隕石。

即較大的隕石亦可陷埋地中，在它們落下處往往造成巨大的孔穴或陷口。圖四十六，七示亞利桑那(Arizona)的地中一個巨穴的兩方面。此巨穴名『隕星陷口』；是卵形的，周三哩深五百七十呎。推測起來，此穴之形成必因曾經落下



圖四十八 中部澳大利亞的漢布利陷口。從空中攝取的，大陷口的略景。



圖四十九 另一景示全上陷口的內部。

北



南

圖五十 十二天半的月亮，用廿四吋望遠鏡攝照的。月面的若干部分在圖五十一至圖五十四有較細明的展示。

一粒大隕星，直徑約五〇〇呎，重量約一四，〇〇〇，〇〇〇噸。圖四十八，九示中部澳大利亞的一羣同樣而較小的陷口名漢布利陷口(Henbuy Craters)；其中最大的長約二二〇碼，廣一二〇碼，深約五〇呎，無疑的這些陷口乃由隕星之墮落而形成，因為在它們裏面都發現有隕石鐵塊團。

這些陷口是由先史時代墮落的隕星所造成的，故我們不知它們墮落時的詳情。但一九〇八年在西比利亞墮落的一顆就顯示隕星陷埋於地中而後爆炸時能造成怎樣廣大普遍的毀滅。距中心四周達三十餘哩的樹林盡被焚焦吹倒——僅僅一顆隕星的墮落便蹂躪數千方哩。那末，在亞利桑那和中部澳大利亞那些更大得多的隕星墮落之際，周圍的地方必曾呈如何糜爛之狀，是更難以想像的罷。

第四章 月亮

我們知道月亮在空中看來常常是一樣的大小，由此可斷定它距離地球的遠近常常是一樣的。我們也能測量這種遠近正如測量一座人跡不能到的山峯的遠近或一隻飛機的高度。

飛機高翔空中之時，站在不同地點的人必從不同方向窺望它。它若直接在一人的頭上，便不會直接在一哩外的另一人的頭上。只消注意它的位置對於第二人的垂直線呈如何角度，便可計算它的高度。天文家用這方法求出月亮的遠近在二二一，四六二哩與二五二，七一〇哩之間，平均的遠近爲二三八，八五七哩。故以概數言，則可認月亮是在二十五萬哩外。

在這樣的距離，我們用肉眼不能看見多麼詳細。的確，我們注視着月亮橫渡夜空的時候，並不能偵察它的表面除種種明暗區以外還有什麼。那些明暗區，我們略用想像即可擬成一個背負柴柵的月中人，或一個正在讀書的老婦，或一如中國人所愛想的——一隻玉兔。當然沒有一個頭腦清楚的人曾以爲這類人物真實住在月裏，但歷代許多人以爲月亮是一面大鏡，只反照地上的形跡，故月面所呈現的明暗區無非我們自己的山川陸海之反照；更有人以爲黑闇區是

虛懸在我們與月亮之間的物體。我們已知最先說明月蝕及盈虧的亞拿薩哥拉宣稱『月是具有土性的，它上面有着平原和山谷』(第三章)。

我們若用一架望遠鏡，甚或用一副野外鏡來窺察月亮，則它的結構的神祕頓時解決，如一六〇九年伽利略用他新製成的望遠鏡看月時所發覺的。他當即宣布月亮亦如我們自己的世界，有山有海。在悠久的期間那些黑暗區被認為真實有水的海，并因此而有月海的命名。例如圖五十的上半段的三個最大的『海』便由左而右相繼名曰：

陣雨海——“Mare Imbrium”

清朗海——“Mare Serenitatis”

平靜海——“Mare Tranquillitatis”

但現在我們知道這些月海不能是真實有水的海，因為我們從不見其有日光閃爍的反射如我們由地上的遠湖風景所常見的。月亮既在空間運動旋繞，太陽光線從各方向相繼射到它上面，但從來還未見過一絲陽光的燦爛反映，故現在我們相信這些月海其實是乾燥的沙漠。『清朗』和『平靜』被選用以代表這假想的月海却是適當的名目——因為那裏一向不見興波作浪。『陣雨海』的選用就不甚適當——其實僅出於想像；也許古代天文家覺有多變化之需要。

月亮上面不但沒有水，而且沒有任何種的空氣或大氣，

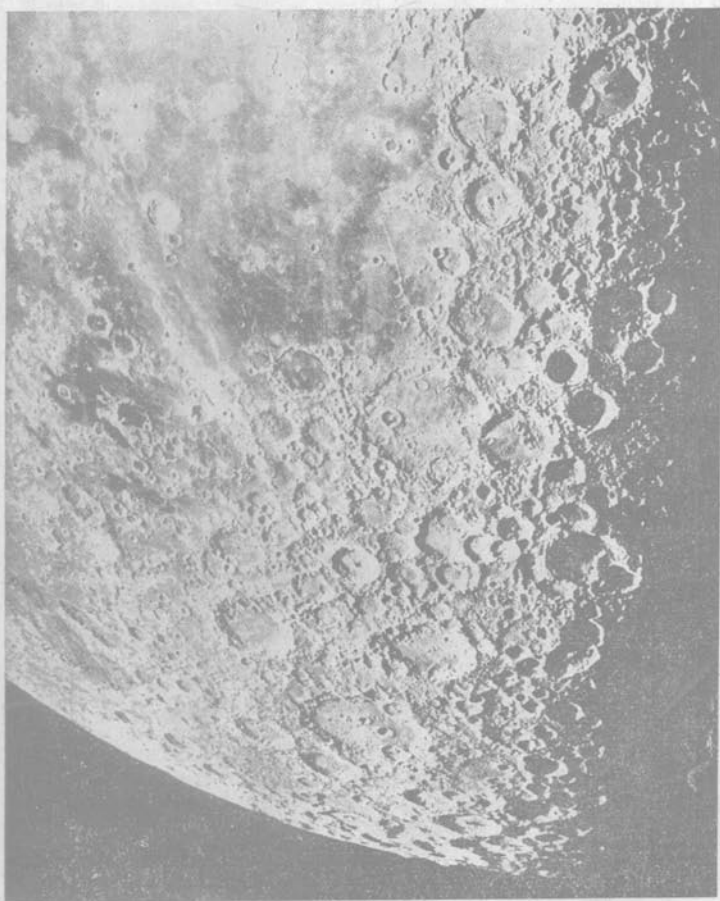
除了絕微不足道的容量。此由月亮走過太陽面前而造成日蝕之時即可明瞭。正當日蝕終時，即黑暗的最後一刻，輝煌光耀的太陽正要從暗月的背後浮現出來——就是說，太陽剛要從月山的背後升起來。若果月亮是有大氣的，則太陽的出來應先有黎明的魚白色，正如太陽在地上山後升起時一樣。但實際上日蝕的發生始終沒有看見什麼，直到太陽俄頃突現，大放光明。

一架現代的大望遠鏡使我們能詳窺月景，加以更明細的攝影。因為它可以迅捷地轉變成爲一架大攝影機，而望遠鏡的傳動鐘會使這個攝影機追隨月亮的任何部分，或天空的任何物象，悉聽我們的便，所以一個照相片可露光到任何長久的時間而無模糊之憂。

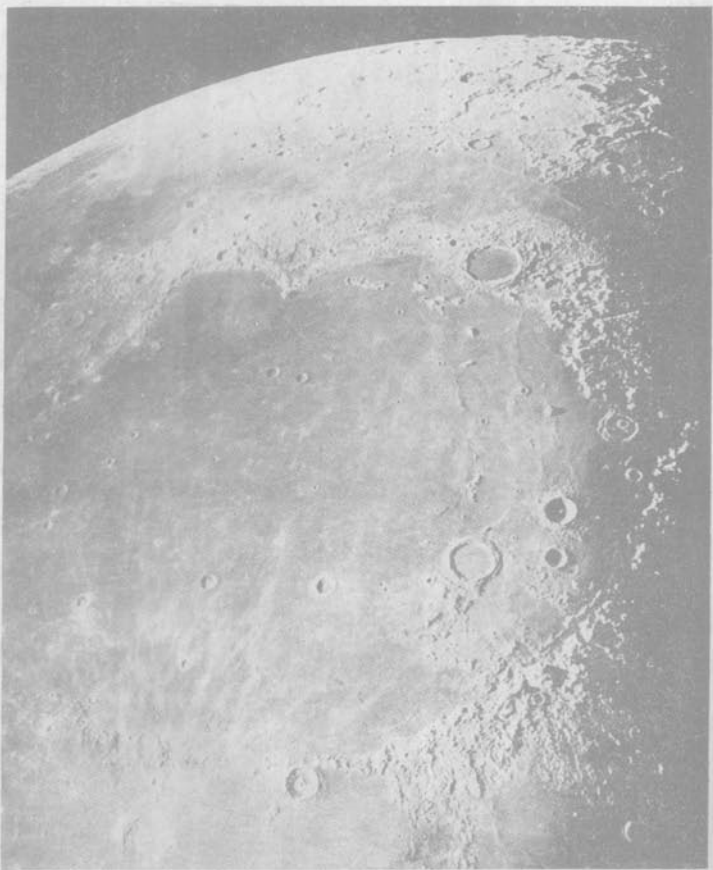
圖五十示巴黎天文台廿四吋望遠鏡所攝照的近於圓滿的月亮。要使這個和空中現實的月亮一樣大小，必須把圖形提到離我們的立足點五十呎遠的地方。倘把圖形照亮起來，也可擬出月中人、老婦、玉兔等等。然後再走向圖形，則見此一切想像的人物逐漸溶化成爲平原和山脈。

圖五十一至五十四所示四圖乃用更大望遠鏡——威爾遜山一〇〇吋大望遠鏡——攝取的，展示着明細的月景。

我們知道地上物怎樣的在太陽出沒時投影很長，而在正午時則投影較短。在月亮上當然也一樣。月亮的山之高



圖五十二 月亮南半球一部分。距左半時許有海即圖五十最南之海；是謂幽默海。其右為較大的陰霾海。



(空間和時間的巡禮 94 頁後)

圖五十一 月亮北半球一部分，此在圖五十可容易辨認。圖中央的大“海”即清朗海；其東南界岸之山脈為亞平寧(Apennines)。此山脈之南有深廣的寬形山，名埃拉托色尼。更下近左者為更大的哥白尼寬形山，此在圖五十四展示規模較大。

低可由它們在月亮的晝間的各殊時辰投影之長短而加以估量，月亮雖僅有地球直徑的四分之一，但它的山平均却高於地上的山，許多山高達一五，〇〇〇餘呎，另有許多則更加險峻。

以上敘述我們遠眺的月亮。現在讓我們租乘火箭飛往彼土，以便實踐月面之上。

我們的火箭必以高速度——至少每秒六·九三哩——射出去，因為假使它發出稍緩慢些，便只會跌落地上，正如平常鎗礮的射彈一樣。假使它以每秒恰恰六·九三哩的速度出發，它剛剛可排淨地球攝力的曳引，但既排淨之後，它便沒有剩下足够的速度可使我們繼續行程。那末，讓我們火箭以每秒七哩的速度出發，俾它在排淨了地球的曳引之後尚有餘每秒一哩的速度，則我們歷兩晝夜即可抵月亮。

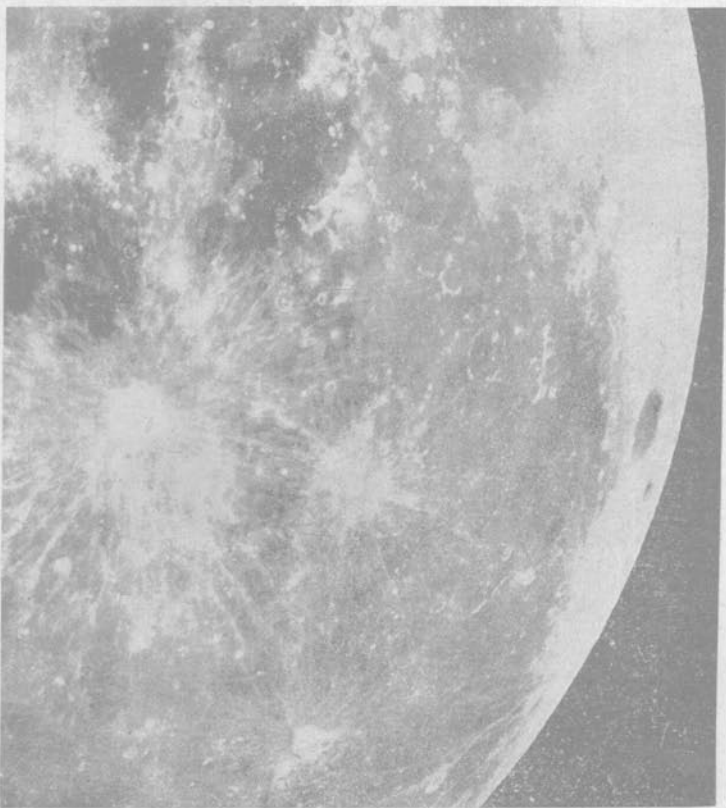
我們僅需數秒鐘以通過地球的大氣，它的厚幾乎猶桃李的薄皮。我們通過了此層，逐漸把那散射日光使天呈青色的一切空氣塵埃水蒸氣等等質點盡遺落在我們腳下。這些質點的數目遞減時，我們便見天空依次呈現前述各色——青，深青（蔚藍），深紫，灰黑。最後我們把地球的大氣遺落在我們底下，只見天空變為漆黑一團，除却日月星辰。這些東西看得比在地上看時還亮些，還青些，因其中的青光沒有再被扣去製造青天了。衆星不再如我們在地上看時那般明

滅閃爍，因為已沒有大氣攪亂它們平流的光了。現在它們似乎以尖銳如鋼的光針戳刺我們的眼睛。我們若返顧地球，將見它的表面大約有一半隱藏於霧雲雨之中。但向前看去，則月亮的全面照耀得十分清爽；它沒有散射日光的大氣，也沒有遮掩它臉上光明的霧和雨。

自然的，在我們既抵月面之後，此種清朗仍保持着，并且遠勝過我們在地上所曾經驗的一切清朗。我們知道大氣乃造成大地景色富於悅目的彩映之原因——日出日沒的橙紅，朦朧的紫綠，白晝的青天，遠方的紫霞，皆因此而生。在月亮上沒有大氣把太陽的光線分裂成各種色而加以分配——使青者為天空，紅者為曙光等等。在月亮的世界只有兩色——陽光和陰影，白和黑；凡在陽光照耀中的一切都是白的，其餘一切都是黑的。我們覺得如處身於電影照相機的技術室中，只由一個可怕的強烈的光——太陽——照射着。山谷總是絕對的黑暗，直到太陽爬上周圍羣嶽的時候，於是白日突然來臨，一切頓時如向電光。

顯然的，我們若要從所坐的火箭裏跨步出來到月面行走，我們必須隨身攜帶着自己的空氣；我們需要一個養氣器，如登埃佛勒斯山者所有的。我們也許以為這類的裝置的重量會使登山行路深感吃力，但我們一涉足月亮之土壤上，將立覺其不然。月亮所含之質不及地球八十分之一，因而所

(空間和時間的巡禮96頁後)



圖五十三 月亮邊緣的一部分，可容易認出是在圖五十的半途以下。圖左邊的“海”爲瓊巒海；右爲王液海，其上即平靜海的深灣。



圖五十四 詳示哥白尼囊形山，直徑四十六哩。此在圖五十一底邊可容易發見。圖五十八可補助我們摹想此囊形山對於月上旅行者當呈何狀。

施的攝力曳引比地球小得多——它實只有六分之一的力。因此我們能攜帶極重的物而不疲乏，且因我們的身體幾乎輕如鴻毛，我們能作很高的跳躍。我們覺得運動非常輕捷驍勇，不難嘗試突破自己的跳高記錄。其實要想突破遠東運動會或遠西運動會的最高記錄都是不難的；一個健壯的跳高者當能跳高約三十六呎，一個正常的運動員的跳遠至少當有一百二十呎。我們倘覺興趣勃發，要玩玩板球戲，那球兒簡直會浮離我們的球棒。所以倘非全屬打球手的遊戲，則球之拋擲與球場必須比它們在地球上各大六倍。不幸，如此一來會使遊戲的時間比在地球上慢六倍，而且，玩得比在地球上慢六倍的板球戲恐怕終竟會不大好玩的罷。

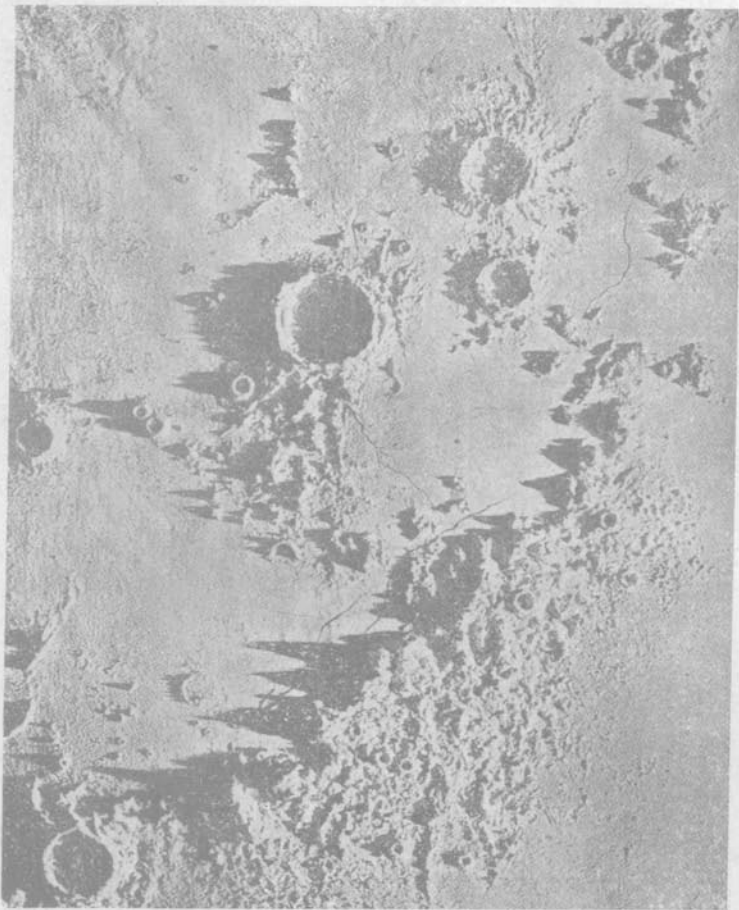
我們若開鎗，則射出的實彈在未落地——月亮的地——之前即作可駭的遠飄。我們記得大戰時放射榴彈幾達八十哩的大礮；若在月亮上裝架同樣的大礮，它們的彈丸必向空間一直去而不復返。我們會覺得在月亮上無裝架巨礮之必要，但我們却能以比較很簡單的手續產生同樣的效果——一只消從我們的呼吸器裏呼一口空氣。

因為平常空氣乃成於微小的質點，名曰分子，這些分子不息地四周跳躍着——有的頗緩慢，大多數似來福鎗彈的速度，又有少數是極高的速度。有的跳動得快過從來大礮所放的任何彈丸。

我們從地球出發的火箭須有每秒七哩的速度，以便克服地球的攝力曳引；若速度較小，它便只有跌落地上如板球遊戲的球。任何別種的彈丸若要脫離地球，亦需此同樣的速度。除非很罕見的期間，空氣的分子是不達到每秒七哩的速度，所以它們難得跳離地球直往空間——這就是爲什麼地球保存它的大氣。反之，一個彈丸要完全跳離月亮僅需每秒一哩半的速度，而平常的空氣分子每每達到這樣的速度。可知一種空氣的大氣不能久存於月面，因每個分子一達到這每秒一哩半的臨界速度時，必跳向空間去。

正因爲月亮上面沒有空氣，所以那裏不能有河海或任何種的水。我們慣常以爲水是一種液體不熱到二百十二度不沸騰，但我們若有一朝作野宴而高登山上，便察出我們的錯誤：我們遂即發現水在山上比在下面平原來得容易沸，而且溫度亦較低。理由是，在那裏較乏空氣的重量可壓下液體的分，以阻止它們由蒸發而飛去。假使全無空氣壓力，則溫度儘管如何低，水必蒸發。此正是月亮上面所必發生的事。那末，顯然我們在月亮上面將找不到水；我們必須隨身攜帶飲料，而切勿把它傾倒出來注在杯中；若果如此，它會在我們舉杯欲飲之時即已不翼而飛——它的分子會一一跳到了空間去。

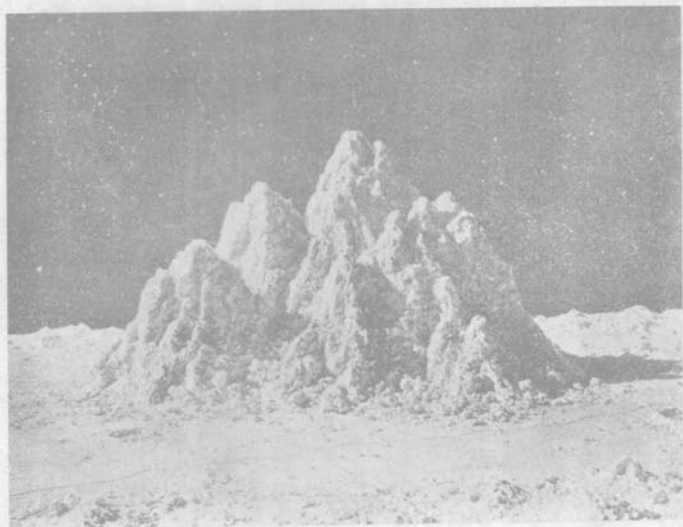
月亮上面既沒有空氣也沒有水，自然找不到人類或禽



圖五十五 斜亙於下半圖的是月亮的亞平寧山脈；其上即較大的亞基米特寶形山。此景在圖五十一之右方可容易辨認。



圖五十六 左爲柏拉圖大囊形山。右方略低下的窪谷名曰“阿爾卑斯山谷”二者在圖五十一所示圖之右上角皆易辨認。



圖五十七 在柏拉圖囊形山之南的孤山名曰皮科，此於上圖(五十六)及圖五十一皆可見。它從平原直立起來，達八千呎高。且對於月上之徒步旅行者蓋呈此狀。

獸，樹林或花草。事實上，月球在數百年來日夜曾被觀察過，却從無人發見森林花草或任何的生物痕跡。在焦燥不毛的風景，日出日沒，只見明與暗、熱與冷的交替，此外更偵察不出變化來。月亮是一個死世界——恰是吊在空間的大反射器，好似一面大鏡，把太陽光反射給人間衆生。

現在就讓我們走出火箭外來瀏覽月景。我們不能展示我們將要見到的詳細圖畫，但我能舉一件絕妙的事。約五十年前，工程師詹姆士·那斯密斯 (James Nasmyth) 作了關於月中許多大山小山的高度之計算，并構造一個模型以表示他所得到的結果。圖五十五示模型之一小部分，此在圖五十一殊易加以辨認。圖五十六示另一區域，亦可見之於圖五十一。右首的孤山名皮科 (Pico)，而那斯密斯對於此山的畫像即第五十七圖的影印。第五十八及五十九圖爲另外兩種景致的想像畫。

爲什麼月景與地景如此不同，自然令人驚異。月亮是由一種和地球不同的材料而構成的呢？或是由同樣材料而以不同方式而構成呢？抑或整個的不同可追跡於兩者物理條件之不同呢？

我們已知道地球上的山、火山、陷口等等是怎樣構成的。總之地球誕生時如一個很熱的氣球，此球收縮變冷而後化爲液體，所以後來它變得很像一塊充滿着水滴和氣泡的

海綿。於是這塊海綿再加收縮，而氣泡被擠出形成大洋和大氣。一個固體的地殼形成了。當這地殼也收縮的時候，它纏起來形成山脈，如喜馬拉雅和阿爾卑斯等。這些山原來必較今日高五倍或十倍，只因雨雪霜降而變平滑了。

這似乎可能，月亮上的山在當初的形成亦由冷化中的月面起皺紋。但是從內部排出的氣體和水蒸氣不能長住在月亮周圍以形成大氣和海洋；它們的分子立即昇騰往空間去了。所以使我們地上山的輪廓漸趨平滑的要素在月亮上本來就沒有，故月山迄今猶保存十分明銳的形狀。

可是月球上必有某種東西發生，使羣山輪廓明銳；它們是碎裂的岩石，而某種東西必曾碎裂它們。的確，觀察者亦嘗偶然間看見其所信的可由岩石墮下而造成的塵霧。月亮裏既無雨無冰可碎裂它的岩石，則必另有某種東西在發生作用。我們若在月亮上面散步一下，便可立即找出這東西是什麼。

我們知道岩石或金屬物質的堅硬碎屑怎樣不斷地從外界空間轟炸着地球的大氣。較小的碎屑如流星生存短促而却很光明耀燦，且在未落到地面之前即蒸化成為無害的塵埃，但我們知道較大的碎屑則可釀成巨災。

當然必有同樣的物體不斷地轟炸着月亮，但這裏沒有大氣可阻其墜落并使其於未釀災之前即大多消散為塵。大

小隕星都一樣打擊月面，恰和它們向來奔過空間的運動初無二致——好像一陣大大小小的彈雨。我曾讀過很多遊行月面的故事，但是故事的作者都忘記探險家必處於這類物體所連綿降下的火雹之下。那經驗可不是十分有趣的。依折衷的推測，每天必有一百萬餘粒的流星隕星打擊月面，它們的速度恐怕平均每秒三十哩，約百倍於來福鎗彈的速度。它們的大小雖或有限，而如此的迅疾則是可怕的。以每秒三十哩的速度，一個微小的物質彈丸便有着了一輛每小時行三十哩的摩托車一樣多的能——亦有一樣多的毀滅能量——而半磅的隕星則有每小時馳驅七十哩的特快車一樣多的能；假使一間屋碰到那樣一個隕星落下，必付一炬，更無餘燼。顯然我們地上的人深受大氣之厚惠，得免於此種冒險。隕星的衝擊甚足解釋月亮上曾被觀察到的任何塵霧或落岩。

隕星的降落有時曾被猜作亦可產生那造成月景上顯著形相的環狀岩層。隕星的降落或可產生若干較小的陷口，但是不能產生全數的震形山。因為假使它們全都如此產生的，那末它們看來應該全都像我們在地上所見到的陷口。實際上却有許多方面不同。月亮上的最大環狀岩層比地上已知的任何隕星陷口更大得多，而且形狀也更整齊得多。隕星陷口既係由隕星在各種斜角上的撞擊而產生，自應展露任何

程度的伸長或不規則性，但幾乎所有月上的寰形山都是圓形的，這似乎表示它們的產生乃由於月亮內部的某種東西的作用而非來自外界。許多寰形山有着中央的隆起處好像地球上火山口的洩流孔，這暗示它應得歸屬於同樣的火山作用——總之它們似乎是熄滅的火山的噴火口。

這個以及別個證據頗足指示月面大體成於一團火山及其吐出物即鎔巖和火山灰。在地球上，空氣雨雪匯合的影響把火山吐出物分解轉變成為泥土，終則此等泥土支持動植物生命。但在月亮裏沒有東西作用於火山噴吐的產物使變化其性質，故這些產物一直保存火山石火山灰的本色。

此種推想可加以科學的測驗。在五十九圖藝術家繪了一個日蝕。茲請想像我們正往訪月亮之際適發生此現象，我們將遇見什麼呢？

我們最先的感覺是個極冷的感覺。凡在地上見過日蝕的人皆知日光突然隱蔽時可感到十分冷，但地球有溫暖儲藏在它的大氣和土壤裏，使我們得免於完全凍結。月亮則無大氣可儲藏溫暖，我們亦不能希冀從土壤裏多得些暖氣，因火山灰乃極弱的導熱體，其弱正不亞於鉛匠用來包圍熱水管以防逃熱的石綿。即使月亮的內部尚暖，它的暖亦無補於我們，因為隔着一層厚石綿似的屏障啊。所以，我們在月世界裏，當太陽的光和熱被遮斷時，必要碰到從超過熱帶炎日

的熱忽一變而至於比地上冰霜還嚴酷的冷。

這就是所發生的事。在工廠中我們有時可看見一個工人瞄準一件稱爲高溫計的儀器向着爐火的某點以發現它的溫度。恰正相同，在天文台裏一個天文家有時可瞄準一架裝有熱電偶的望遠鏡向着一顆星或月亮的某點以發現它的溫度。依此，月面的溫度變化始終可在蝕時之各殊階段中加以追求。變化的容量和迅速都發覺是十分駭人觀聽的。當地影走過月面而掩蔽任何特殊點於暗中之時，即可窺出該點的溫度僅在數分鐘內約從華氏二百度驟降到零下百五十度。

如此急速的溫度降低便暗示月內所儲藏的熱很少升起來到月面，這當然就是說，月面各層必是很不良的導熱體。實際的計算表示它們的傳導量大約必正如火山灰一樣的薄弱。

在平時太陽出沒亦發生同等劇烈的溫度變化，不過當然沒有一樣觸目驚心的急速。日未出前溫度可華氏零下二百五十度，而日正中時可上升華氏二百餘度，約當普通沸水的溫度。在所有此等變化之中，火山的絨被始終把月亮內部保持在非常均勻的溫度；若果我們開掘下去，大約只要一吋深就達到一個固定的溫度，約近於溶冰的溫度。

尙有其他方法可發現月亮由什麼造成。就它的外貌加

以判斷，人們曾猜測它是由各種物質造成的——冰、雪、岩石、銀，甚至生乾酪。然而，我們不能僅憑外觀而說一物是由什麼造成的；很多物質看來相似，其實結構絕不相同。例如，金剛石和膠料，或真珠和假珠。倘若我們接續在許多不同色的光中看物，就比較妥當些，因為在一種光中看來相似的些物質在另一種光中看來往往會絕不相同。

現在分光鏡恰能使我們做到此層；它篩出各種不同的光色，讓我們可分別加以選用，譬如說，我們可讓每種光色講它自己的故事——由它獨自講，不受他色攪亂。在警察局裏，裁判官要各個證人分別講話：警察敘述事件，講他怎樣拘捕那被控為驅車魯莽的人，目擊事件的旁人輪流講他們的所見，車主人報告他駕車的故事，等等。倘使他們同時一齊喊叫，勢必難明真相。現在我們從外界空間的物體收到的每種不同的光色要講它自己的故事，以報告它所由來的物體的性質，而分光鏡能使我們逐一傾聽不同的故事。

兩種不同的物質在少數孤立的光色中雖或可呈相似，但對於其他光色必產生不同的記錄。故兩物質若果對於一切色的行爲都是一樣，因而在光譜的全程中產生同一的記錄，則可確定為屬於同一的材料。

圖三十六、三十七為一幅風景，用紅外光與尋常光攝照的。我們立即注意到不同的物體產生很不同的記錄，顯示其

由不同的物質而造成。然而，對月如此攝照時，則它所有的種種部分盡皆產生同樣的記錄，不僅用此二色的光，而且用一切其他各色的光。由此我們斷定所有月面的各部分由很相同的物質而造成。再者，我們若能在實驗室裏找到任何物質亦對一切光色產生同樣的記錄，我們便將猜它是和月面同樣結構。

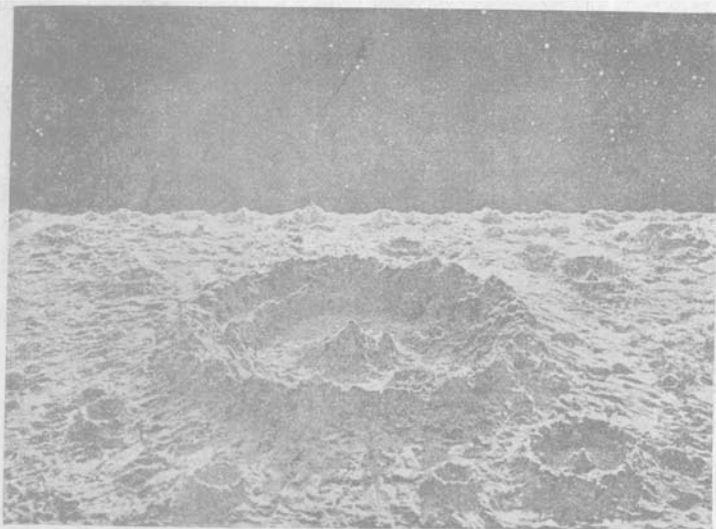
還有一個更專門的研究法可得到更確定的結果。光不但可分割成長短不同的波（即分割成不同的色），抑且可分割成振動方向不同的波。當我們用樂弓拉梵亞鈴的絃時，絃的振動多少是沿着它被弓所拉的方向，這是和樂器本身並行的。但我們若用手拉絃，則絃的振動沿着我們的手所拉的方向，這或可與前一方向成垂直。絃產生如前一樣的音調，但它的振動則發生於不同的方向。

光受任何物質所反射時，它的振動方向在空間繞轉，它所轉到的範圍則大多依物質的本性而定。故我們對於諸種物質能就相當範圍由其使光的振動（平）面所轉到的範圍而認出同一性。關於月亮由什麼特殊物質而造成，尙未作最後斷定之前，要當測驗該物質使振動（平）面繞轉的方式究竟對否。測驗是很緊密的，因為不但每種光色可測驗，且每種色之被反射於各個可能的角度亦可測驗。

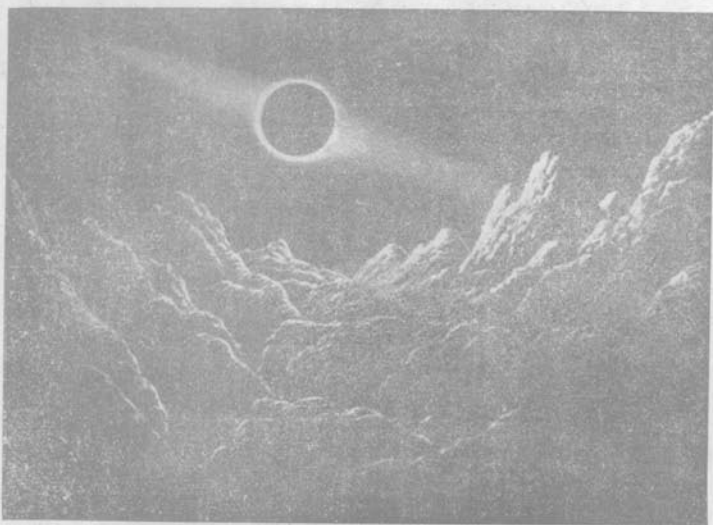
現在火山塵灰經過此種測驗，成績十分顯著，並且的確

複寫出月面全局的實在記錄，除附近亞里斯他克巖形山的一小點。這在紫外光中呈黑色，但在尋常光中却難呈露。它的記錄好比是受了輕披着的硫磺的稀薄淤積所污染的火山岩——硫磺乃地上火山噴出物的普通成分。

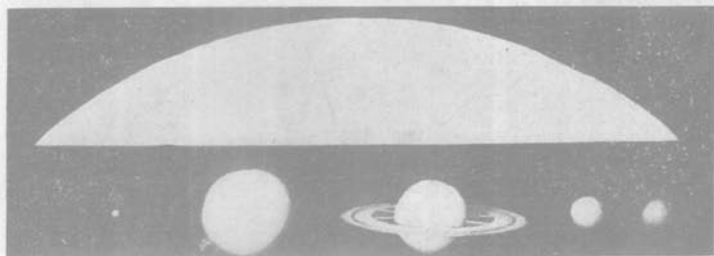
故綜觀全部證據，月面由火山灰而成，大抵是真確的；它不但在某一色的光中而且在一切色的光中看來都如同火山灰；它使光的振動(平)面旋轉的方式亦如火山灰，不僅對於某一色，且對於一切色莫不皆然；它的作用如火山灰一樣，導熱的能量極低；究竟，它確然為火山底。



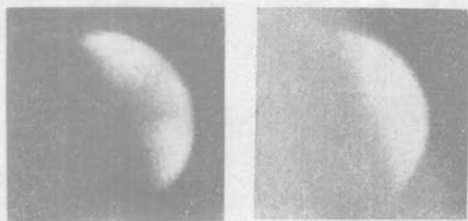
圖五十八 此圖所欲表象的不是任何特殊囊形山，而是在月面上有大大小小的囊形山錯綜點綴着的區域裏的一種風景的典型。



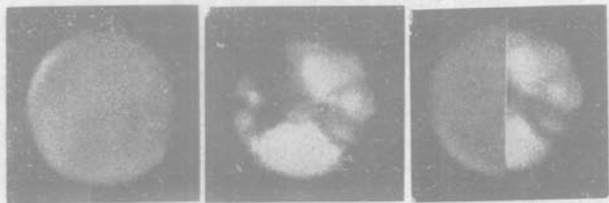
圖五十九 太陽正被地影所蝕的時候，月亮山上一幅典型的風景。繞着地球的光環由地球大氣所產生；光帶即黃道光。



圖六十 太陽系的太陽(上)與諸行星(下)之大小比較。行星以與太陽距離之遠近順次排列，自左而右：水星，金星，地球(附月)，火星，木星，土星(附環)，天王星，海王星，冥王星。



圖六十一 紫外光(左)與紅外光(右)下之金星。



圖六十二 紫外光(左)與紅外光(中)下之火星。右端併合的照相示紫外影大於紅外影，大小之差別由於火星大氣之厚薄。

第五章 行星

環繞太陽的行星有九個，地球當然是其中之一。其他八個，從先史時代已認得五個，而餘三個——離太陽最遠的三個——是比較晚近的發現。

由第六十圖所展覽的一排模型可見此九行星之大小絕相懸殊。那些距太陽最近的和最遠的是最小的，而中間的份子，木星和土星，是最大的。中央份子，木星是全體中最大的，直徑約九萬哩，容積一千三百倍於地球。木星與地球的比例有如足球之與石彈，而按照同一的比例火星不過有豌豆的大。

我們若要完成模型，依相當距離來排列第六十圖所示的物體，則最接近的行星，金星，所循行的軌道必非全然正圓的，而是這樣：即在最接近太陽時這行星亦離二〇呎外。地球須距太陽五〇呎，而最遠的行星，冥王星，須循着半徑約半哩的軌道。

我們知道太陽系大半是空洞的空間，可是太陽系的空洞比起空間本身的空洞，簡直是不足道哉。因若仍按同一比例構造星界的模型，必須把最鄰近的恆星排列到約三千哩外的地方——在附近紐約的某處。我們將覺空間真是廣漠無垠的空寂。

九行星皆以同一方向環繞太陽運行，且幾乎皆在同一平面，因而造成一種整齊的『單路』交通。除水星、金星、冥王星——距太陽最近及最遠的行星——以外，全都有一個或多個的衛星，巨大的中央行星木星、土星特別繁榮，至少各擁九個衛星，或竟不止此數，因立克天文台（Lick Observatory）的約斐（Jeffers）博士最近曾發現有一微小物體跟隨着木星運行，且認為是木星的一個微小的第十衛星，直徑祇有數哩。

除了不重要的例外，全數的衛星皆依所屬行星本身繞日而行之同一方向繞其行星而行，且幾乎都在同一平面。

除行星及其衛星之外，尚有數千個小行星，亦以此同一方向繞日運行：一九三三年底發現那樣物體一二六四個。尚有巨數的彗星亦以此同一方向繞日而行。『路的規則』是一致的貫澈於全太陽系。這路規是怎樣施行的，又交通是怎樣調整和維持的呢？

假使行星完全聽任自己行動，每個必沿着直線不屈不撓地上前進行，而即消失於深遠無極的空間。在地球上的我們會自覺以每秒十九哩的速度直沖向外界空間的深處去。可是在第一章所稽考的古史告訴我們地球自億兆年來與太陽距離之遠近始終如一。由此只能斷定有某種東西在維繫着地球，防止它沖到空間去，恰似一匹馬在野外兜着馬夫

奔跑，我們亦斷定有東西把馬維繫着。

這『某種東西』當然是太陽，它的維繫就是所謂攝引力。你們大概都記得怎樣——至少照故事講——牛頓注視蘋果落地而省悟地球既能吸引附近地面的物體如蘋果，則亦必吸引遠處空間的物體如月亮。他並非謂地球對遠物曳引亦如對近物一樣有力，却認為曳引之力隨距離之逆平方而減弱——依據觀察，一物體的視亮度以及自然界許多其他數量依此法則而消滅。

若此，當然可計算地球對於月亮的吸引。月亮距離地心比我們遠六十倍，故地球對我們的吸引當比對月亮的強三千六百倍。在我們這裏物體受吸引以每秒十六呎落向地球。在月亮那裏——假使牛頓是對的——物體包括月亮本身，應以每秒僅達該呎數的三千六百分之一——略多於二十分之一吋——落向地球。如此墮落雖小，恰正為維持月亮在其軌道以免飛往空間所必需的墮落。月亮運行的速度雖每小時約二千三百哩——四十倍於特別快車的速度——但是這種傾向地球的小小墮落之逐秒的連續重複便足使它現在和地球的距離仍保守一千年前的遠近。

正如地球的吸引維繫月亮循着幾乎圓形的路線環繞地球運行，同樣太陽的吸引維繫地球及諸行星循着圓形或近圓形的路線環繞太陽運行。每個行星好比一個懸在繩端繞

着我們的手迴轉的秤錘。我們的手是太陽，繩的曳引是太陽的攝力的吸引。把秤錘迴轉得越快，則用以維繫它的繩的曳引越大。現由觀察而知最近的行星繞日迴轉比最遠的行星要迅速得多，故太陽對較近行星的吸引必比對較遠行星要強烈得多。此正合牛頓的法則：攝引力之強度隨距離的逆平方的法則而消滅的。的確，就是這條法則決定行星運動的速度和距離：行星調節其速度和距離，使得攝引力對於每個行星恰正有着維繫它循守軌道運行所必需的強度。

那末，水星完成其繞日的行程自然需時遠短於冥王星；它實際上約三個月可完全繞日一周，因此每年約有八次交替為晨星與晚星，而冥王星則需時一千倍長——二百五十年——方能周繞太陽，故年年長住在天空的同一部分。其他行星環繞太陽所需時間自然在此二極端之間——金星七個月有零，地球一年，火星不滿二年，木星約近二十年，土星二十九年半，餘類推。

太陽如一團火，向各方傾出光和熱；行星如一隊哨兵圍火步行。那最近火的人熱得要命，而最遠的人却冷得難過，除非他肚裏有私蓄的熱源使他可無待火的熱氣而獨立保持溫暖。

行星如果沒有熱的資源儲藏在它內部，則它所能輻射出來到空間裏的熱總量便恰與它從太陽所收到的相等。這

個總量是容易計算的；但行星所輻射出來到空間裏的總量則視其表面的溫度——表面越熱，輻射總量越大。一個無內部熱源的行星所具的溫度會使它的輻射上的收入和支出之間有準確的平衡。假使它繞軸旋轉得很快，它的表面就會均勻地守住這個溫度——恰如一腿羊肉吊在火前旋轉着一樣。實際上大多數行星繞軸旋轉很慢，而凡行星曾長久朝向太陽的那一面顯然必比長久隱在暗中的那背面要熱得多。結果是行星的夜間溫度總在日間溫度之下，而且一個行星表面的任何點的溫度不是固定的，却不斷地起落參差。

地球從太陽收到的熱總量是容易計算的。若要把這個熱總量輻射到空間裏去，地球勢必在華氏四十度的平均溫度，那不過剛在水的冰點之上——假使地球是一硬黑球又無任何大氣，則至少其勢必致如此。惟因有地球的大氣及其表面的性質之故，必須稍加更正。一切既經斟酌之後，我們發覺所計算的地球平均溫度是多少低於實際所觀察的平均溫度即約華氏五十七度。可知地球並非全由太陽得到它的熱，而必蘊有輕微的內部熱源——大概是地殼裏的放射性物質，此在第一章已提及之。

假使其他行星是全受太陽的熱以得溫暖，則它們應具的平均溫度亦可同樣加以計算；這些溫度的範圍不等，自水星約華氏三四三度以至冥王星約華氏零下三八〇度。大體

言之，這些計算的溫度十分接近實際上用熱電偶所測量的溫度。由此可知一切行星，如地球，都只有些微的自身內熱，它們的溫暖幾乎全然由太陽的輻射而來。

最隣近太陽的行星即水星，其溫度特具趣味。計算表示水星若果旋轉迅速，它的表面會在華氏三四三的等溫度。旋轉越慢，溫度越是升降不均。在極端的情形裏，它常把同一面朝向太陽——如月向地——那末一面的溫度常是遠高於三四三度，另一面則常是遠低於該度；依計算所示，在熱面的中心，即永遠直接在太陽之下的某點，便約有六七五度的溫度。現在觀察直接在太陽之下的某點的溫度確甚近於此度數，可知此行星常把同一面轉向太陽，換言之，水星有一面常白晝，另一面常黑夜。白晝的一面因永久溫度約六七五度，太過熱了，不容水星液狀。也太過熱了，不容任何大氣的留存。水星因為只含有地球二十五分之一的物質，它的攝力的吸引比地球少得很，以致一個分子或任何拋射體一到每秒 $2\frac{1}{4}$ 哩的速度即會直飛太空而去。在熱面的炙熱之中，分子會頻頻達到此等的速度，所以若使水星是有大氣的，這大氣必老早飄到空闊去了。當水星橫過太陽面前的時候，我們便得以直接的視覺證明此理。其時水星看來如一隻十分明銳的黑圓盤，且恰如月亮一樣，可表示水星完全沒有大氣，或有而極少，不足以折射太陽光線。

此行星常是很近太陽，幾全消失於太陽之眩耀中。即在最明瞭的時候，也很難看出它表面的東西。不過在它上面可辨認若干永恆的痕跡。頗似月面上極清楚呈露的那些痕跡。將此行星所反照的光研究一下，即覺它的表面或係與月面絕相同類，大概也是火山灰塵的粗糙表面。

在水星之後，依次接近太陽的是金星。這個行星的特別有趣在與我們的地球相類。在許多方面它和地球是雙生姊妹。它幾乎有一樣的直徑——三八七〇哩以比地球的三九六〇——不過它的質鬆些，平均密度僅四·八六倍於水，而地球則有五·五二倍。因此，金星所有的總質比地球少百分之一九，在它表面的攝力的吸引比在地球表面的少百分之一五。一個分子或其他拋射體若達每秒六·三哩的速度，會立刻離開金星表面而飛飄到空間去，至於要逃離地球則需達每秒六·九三哩。

此二行星顯甚相類；主要差別是金星距太陽比地球近得多。依計算，金星的平均溫度當高於地球約華氏九十度。溫度即使如此，然而水仍能以液體形式存在，此行星便能保存一個大氣。故我們在金星上面當可找到海洋河流，大氣雲霧暴風雨雪，很像地球上。

當然我們關於大氣雲霧的豫料可得充分的證實，達到很希罕的機會，金星走過太陽面前的時候，呈現一種外貌，

絕異於無大氣的水星和月亮。當金星把輝耀的日面蠶食而又吐棄的時候，我們看見它不是一隻界線判然輪廓分明的黑圓盤，而是一個邊緣圍着珠光的暗圓盤。那似珠的光乃因太陽光線經過此行星大氣之折射而生。據一般的研究，此行星完全籠罩在雲中，雲很厚而又常在，即使我們利用紅外光的穿雲性，也不能加以窺穿。

第六十一圖示金星由紅外光及紫外光所攝取之二像，其間顯然沒有性質的根本差異。在紫外光的照相可見到些許的暗跡，却非永久的，大概只是雲霧的特別暗處。假使暗跡是此行星的固體表面的特點，則在紅外光的照相中應呈最明顯的形狀。因此，很可惜的，我們永無希望可窺見雲霧背後的任何種固體表面。

何以金星如此籠罩在雲霧中，是不難了解的。因為它的較高溫度顯然必使它比地球有着更多的水量長在蒸發狀態中。但是，總之，那裏確有雲霧，而且那樣的豐滿厚密，使得關於此行星較低層大氣的一切研究都不可能；這樣說來，我們只能研究金星的平流層，即在雲霧之上的區域。

我們由檢驗日光之通過而研究地球的平流層的組織成分。我們發覺日光曾被剝奪若干構成它的波長，而推知平流層中有臭氧的存在。

對於金星亦可施以同樣的方法。我們看見金星的雲，乃

因太陽光從太陽到地面的旅程上曾往返兩次的穿過金星的平流層——第一次它穿下那雲裏去，第二次它在反射之後，從那雲裏再回來，到我們的眼中，若將此光與直接從太陽射到地面的光加以比較，便又發見若干波長的消失。這種消失既然只能發生在金星的平流層裏，我們便能推知此平流層之成分。

此立即發覺是和地球的平流層成分不同。它沒有含着含充量的水蒸氣，但此恐不足為奇，因在地球的平流層裏也並不多。有一更顯著的差別則在此事實：金星的平流層裏沒有着充量的氧。要估定此點之重要性，須知大多數化學原質有非常渴求與氧化合的傾向，如生鏽、腐蝕、及燃燒的過程中所慣見的。真的，這種氧的渴求是如此強烈，不免令人詫異地球的大氣中竟還有氧的剩遺。事實所以有些剩遺乃由於此環境：地球的氧是不斷地由繁榮布滿地面的植物所補充。此種作用不啻一絕大的製氧廠。而金星上面找不到氧，其實等於說金星上面沒有植物供給氧氣。

要想像金星表面普遍的物理情形，我們必須大步跨離月亮和水星，而返顧自己地上普遍的情形。月亮和水星的表面只見乾燥而多岩石的沙漠，烘炙於太陽之前，或凍結於無太陽之時，而一律的不受風雨的攪擾。在金星上面雖亦可有岩石的沙漠，但不能是乾燥的，至少必發生些變遷。倘使金

星在它的軸亦如地球一樣迅速的自轉，我們定可遇到那些慣見的安適的現象如貿易風旱雨季等等。然而，正如水星常以同一面朝向太陽，金星大概也似乎很有同樣的行爲，否則就是極緩慢地轉換它的兩面。易言之，金星可以如水星有一個晝與一個夜面，或可以如我們自己的地球兩面都有朝朝暮暮，惟係極長的晝夜。在兩種情形裏，都可以是很少風雨，僅僅是恆常的潮濕和眩熱的氣候。

金星的表面或頗似遠古時代的地球表面，彼時尚未出現生物來改變地球表面的外貌及其大氣的成分。我們倘在時間上逆推，必溯到一個時期，地球在實質上比現今熱，不是因爲它還有充分內熱的儲藏，就是因爲太陽本身比現今熱，從而備有較豐盈的輻射來源。或許今日之金星足爲彼時地球之寫生，而將來的金星是注定要多少重演我們自己地球的歷史。植物在金星上雖還缺乏着，但它可及時而出現，且因供給大氣以氧份，可開闢愈進愈高的生命形態之路。不過我們對於生命的本質和意義知道得很少，所有那一類的思想充其量是極臆測之能事。就我們所知，生命在金星可注定具有絕不同的形態，或竟完全永不出現。我們簡直不知道，亦無權加以臆測。

再向外旅遊空間，離太陽更遠些，我們便走過自己的地球，其次來到火星。如果金星是地球的孿生妹，火星便是地

球的小弟弟。如果金星是地球較熱的版本，火星便是較冷得多的版本。如果金星暗示地球在遼遠的過去或曾經歷的景象，火星便暗示地球在遼遠的未來或可臨到的景象。

火星的大小和物質不能與金星或地球比倫，只有地球直徑的一半有零，只有地球物質的十分之一有零而已。並且它的物質亦較鬆於地球或金星，所以它的攝引力是十分小的。我們費同樣的氣力却能跳得比在地球遠三倍或高三倍——在月亮上則可達六倍。一個分子或任何拋射體僅需每秒三·一哩的速度便可跳到空間去，若在地球上則需六·九。假使火星亦如水星那樣的附近太陽，它的大氣的分子會頻頻達到此速度，那末大部分或全部的大氣分子迄今必消踪滅跡了。但火星既距太陽較遠，因得避免此種運命，且仍保留絕厚的大氣。第六十二圖示立克天文台用紫外光和紅外光分別攝取火星的二個照相。將此二照相的各半併合，則得第六十二圖極右端的第三照相，立即見出紫外照相之圖形明明較大於紅外。其差別當然表示火星大氣的厚度。

正如對於金星，我們藉以望見火星表面的光線亦曾兩次穿過火星大氣的全厚，所以我們又可料到若干波長要從那光中消失，而由消失的光波可推知火星大氣的成分。但是把光分析的時候，却難以發覺什麼東西消失。威爾遜山天文家有着極奏效的設備可供使用，又曾特意搜尋火星大氣中

的氧氣或水蒸氣的證據。他們不能發覺氧氣的證據，又以為那裏每方里的表面最多不能有地球大氣中所有氧氣的千分之一。

他們亦找不到大氣中有水蒸氣的直接證據，雖然往往以為水蒸氣的存在有多少的附帶證據。火星亦如我們一樣有寒暑季候的更替，而且它表面的若干特點可見出是有規律地隨着季候變化。例如，白帽在寒季出現於兩極周圍，在暖季則不見。普通每每猜想這些白帽或係冰雪——也許是空氣中的冰粒雲，或地上的雪野——但這雪當然也可以僅僅是二氧化碳或某項物質，絕異於結冰的水蒸氣。

我們也看見火星裏有暗區，很合律地出現於春天，又消褪於秋天——大抵在熱帶區域和南半球。當初以為這些暗區是有水的真海，但現在認為這是不可能的。有一事，它們的顏色變化太多太快；例如，有一處被觀測出，僅在數月之內即從青綠色變到朱古力棕色又變回青綠色。它們亦類似月亮上面被假擬的海永不反映日輝如真水波面所必為。從前天文家以為它們或係森林或植物叢。是後火星亦如月面一樣被考驗着，且看出多少相同的成分——大概是火山鎔岩或某種同類的物質。所以那些暗區的產生或可由於陣陣的驟雨把一個和月面相類的僵乾的表面濡濕着。

我們若打算乘坐火箭往火星，顯然又須隨身攜帶空氣

和水。我們亦須防備，對於一種極不合健康的氣候，且在未出發前亦得詳審萬一之事。

火星有晝夜和四季很像地球。它繞軸旋轉需廿四小時又卅七分，故它的一天比我們的長些。火星軸既傾斜 $25^{\circ}10'$ 的角度，而地球軸傾斜 $23^{\circ}27'$ 的角度，則火星四季比地球四季更加延長，乃意料中事；在夏冬之間當有較大的差別。然而，此外尚有一原因使火星氣候多生變化。

地球環繞太陽的路線是很近於圓形——不是十全的圓形，因地球與太陽之距離在十二月比在六月少百分之三。我們居住北半球的人在仲冬最接近太陽，而南半球的人在仲夏最接近太陽。如此，我們與太陽距離上的小差異便減少北半球的夏冬間的差別，而加強其差別於南半球。結果，我們要尋求氣候的極度，必須往南極而非往北極。

不過，地球對太陽的距離的變異並不足使在我們的氣候上產生什麼大影響。講到火星呢，就不同了。火星路線沒有地球這樣近於圓形。我們對太陽距離的變異不滿三百萬哩。但火星對太陽距離的變異則多過二千六百萬哩。這樣，火星走近太陽時，全個行星的氣候變得充分溫暖起來，當它遠離時，全個行星覺得寒冷起來。這些普遍寒冷與普遍溫暖的更替，當然是重疊在火星的尋常四季之上。普遍溫暖的最高限度，即火星最近太陽時，發生在南半球的仲夏之前不

久，所以在火星上亦如在地球上，我們要尋求氣候的極度必須往南半球。再者，兩個極度氣候比我們地球上的要顯著得多。

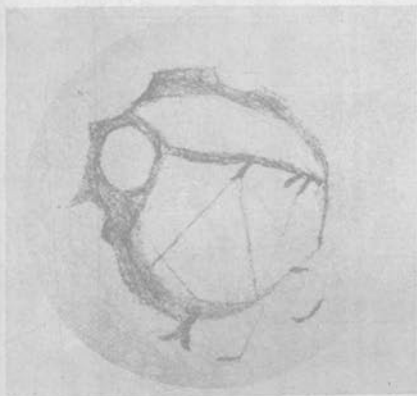
我們若打算把所乘火箭停在火星上陸，固然亦可享受彼岸的溫暖——雖然，我們將立覺其溫暖至微。就讓我們選擇佳期罷，特意安排，等到火星最近太陽的時候——即普遍溫暖期間——才並岸，且揀定正午在赤道稍南的地方飛降，這裏可碰到華氏六十度一樣高的氣溫。但我們若懷着享受晴暖氣候的希望，則日暮時將成泡影。因為這個行星沒有足夠的雲和大氣可保留其溫暖，故太陽的直接輻射一減，當即驟冷突寒起來。好像在地球的沙漠上，可是更急劇得多。很容易在日沒前就結冰了，直至明晨太陽未露面之前，氣溫會降到零下四十度之低。

這是火星所能施惠的最佳的氣候了。倘若我們旅遊到它的兩極去，必遇着華氏零下一百餘度的氣溫。倘若我們在此行星勾留到它離太陽最遠的時候，則全星球上的溫度還會普遍地更減低下去，以致它表面上沒有一處的溫度在冰點以上。

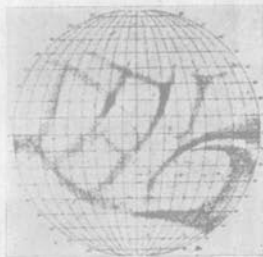
火星表面大概很像月亮表面，所以當我們從火箭中跨出時，必見其風景的一般性質很像月面上所見的。這裏也找不到任何植物，地球上所知的任何植物。因為那需要比火星



圖六十三 若干天文家謂能看見火星運河，茲特考驗此等運河之實在性。上列火星圖不繪河，陳列於一班學童之前，教他們把所見的圖形繪下來。



圖六十四 許多學童把運河形的線條加入他們的繪畫裏，可是他們所從而摹繪的原圖（六十三）並不是此類線條。此為他們所繪的兩幅圖。



圖六十五 斯恰帕勃利氏所繪水星表面明細圖之拓本



圖六十六 用紫外光(左)與青光(右)攝照之木星。



圖六十七 土星及其光環系

更多的潮濕以作滋養，且必放出更多的氧氣。

火星上有人嗎？這是個哄動的問題，不過現在我們關於火星所知較深，這問題便不及前幾年的哄動了。

一八七七年意國天文家斯恰帕勒利(Schiaparelli)很熱切地用一架低率望遠鏡考驗火星。他宣布在看去似海洋的大痕跡之外尚有較細的條紋，他用意大利文寫作“Canali”(『運河』從英譯)。他用這個意語不過表示水的河道，如大運河(Grand Canal)威尼斯運河等等，而他的原意並不是指火星裏有着照英文含義所說的運河，直達的水路或智靈物的建築品。可是他的描寫既以『運河』(Canals)一語譯成英文，人們遂漸漸議論着假使火星有運河則必有開鑿運河的智靈物，而且從此以後一直議論着。

然而，近來對於這些河道或運河的根本存在已生懷疑。天文家似乎在火星上面看見兩種痕跡，可相當的稱爲『主觀的』與『客觀的』。光線不足，人目竭力凝視一物之時，有確然的趨勢使它看見聯綴暗斑的想像直線(虛構的直線)。我認識的一位天文家爲例證此事，把一個照亮的行星圖形放在花園的角隅，教朋友們從一架小望遠鏡中觀測。許多人確信他們看見分明的黑線正如火星的運河，而事實上並不呈現那樣線。簡單的說明就是：在暗淡光下的圖形只有費力才能看得詳細，而費力的結果便看見不存在的線。另一位天文家

把一幅火星圖抹去運河，教一班學童把他們所見的繪出來。坐在教室後排的學童把許多運河加入他們的繪畫中，和從前天文家所曾繪出的運河圖六十三、四很相像。學童所見的線既是想像的，天文家所曾見的線當然可說也是想像的。

自謂看見火星運河的天文家通常把這些河在地圖上繪作直線，但是顯然的，無論其在火星上是否直的，總不能在那行星的一切位置上看來都是直的；由於火星表面的曲率，一條運河當火星在一位置上的時候看來是直的，而當此行星旋轉到另一位置上的時候看來會是曲的了（圖六十五）。此又可明運河乃全屬主觀的幻覺（錯覺）。且由次述事實亦可得同一的結論：在能有運河的表面上亦曾看見和火星運河相類的東西；例如，金星上面現已確知為籠罩着厚雲，水星上面，水會沸滾（圖六十五），木星的衛星上面水會結冰。

照相機，通認為可供實在性之最後測驗。火星照相雖展露十分明確的痕跡，却與所假定的運河系統不相類似。這也許不是歸結的證據，因為，就技術上的理由講，攝影術不宜於記錄極細痕跡。並且，這是十分可能的，依運河觀察家的主張，這些極細的痕跡用肉眼看得最好。

總而言之，證據的一般蒐集和天文家的一般意見都同樣反對假定的運河有任何真實存在。這當然並非證明火星無生命，但這到底取消許多人所以認火星可有生命的主因。

這樣，我們若決定坐火箭往火星，便毋庸顧慮到會晤火星人的前途。我們將置身於一片無人跡的不衛生的沙漠，雖不全似月亮那樣的氣候劇變，可是情況更壞，因為那裏所有的溫暖永無一次能保持數小時以上。

我們若離去火星，繼續我們的旅程，向着空間進發，便覺欲從火星飛到鄰次的行星即木星，須經過很長的路程。在旅行中，却非全無枝節的見聞。因為我們須得穿過前述的小行星羣。其中最大的即女穀神(Ceres，在火星與木星軌道間之第一小行星——譯者註)直徑祇四百八十哩，不及月亮直徑四分之一；而對於最小的小行星，在體積上已知的唯一極界即以觀測者的望遠鏡之率為限。比我們所能見的最小小行星還更小的必有數千不能從地上看見，因為它們是渺小得看不見。當我們搭乘火箭橫渡火星與木星的長空之時，或能看見很多的這類渺小的小行星。

許多小行星在空間迴轉着。完全一轉每需時自八小時至十小時。有很多在旋轉時亮度變異。其變異之故大概因為這些小行星形狀不規則，它們在旋轉時所展露於我們眼前的表面範圍不斷變化。在一個像地球這般大的物體，巨大攝力的吸引結果使那物體變成很近球形的。但在一個小物體，所受的影響就不同了。許多小行星是小的攝引力不能造成多大作用把它們塑成球形。在許多小行星上面，攝力的吸引

是使得連一個門球妙手會感到他的球都滾上空間裏去的危險，打球手會感到打一球便失一球的危險——永遠失而不復得，因球本身會變成一個環繞太陽的新行星。不消說得，這些小行星是太微小了，微小得不容保留大氣。

後來我們自覺脫離了這羣小行星，而接近木星。便從遠處眺望，它也不全是圓球的；它大約比地球扁有二十倍之多。此時我們却可說終於找到一個扁如橘子的行星了（圖六十六）。

假使木星是靜止的，便不能有如此的扁化，因為那時它的巨大攝力的吸引會使它幾乎成為完全球形。所以無怪的，它在急速旋轉中，完全的旋轉一次僅佔十小時尚差數分鐘。扁化很可充分說明為此種急速旋轉之結果。在木星赤道上的一點繞軸運行速度每小時約二八，〇〇〇哩——地球赤道上的一點則每小時一，〇四〇哩。

我們已覺得火星很冷，但我們將覺得木星更是無比的冷。它比地球離太陽更遠五倍多。所以它的表面廿五畝所收的太陽輻射還不及地面一畝。試想像地球的輻射來源驟減至廿五分之一或弱（便可隱約領略木星的物理狀態），它的整個表面快要凍硬，一切活動就要停止。我們自然也許以為木星即在此種寂靜狀態中，但又不然。正如金星，完全籠罩着很濃密的雲，連紅外光也不能多少穿過。木星的這些濃雲

呈露顯著的不斷變化。最有名的標本就是所謂大紅斑的特色。最初在一八七八年發見，逐漸增至約三萬哩長和七千哩闊——此面積約等於地球全表面。然後逐漸變成較圓的形狀而減縮體積，直到現在幾乎消滅不見了。可思議的是，這個特殊的斑或因某種大激變而產生，但由始終在進行中的其他小變動可明瞭木星不是凍僵的塊團。此就下述情形亦可看出。因在木星緯度不同的雲帶迴轉快慢就不同，最接近赤道的一些雲帶迴轉最快。

這種活動性往昔被看作木星溫度絕高的證據，以為木星在實質上乃由自己內蘊的資源以補充它從遙遠的太陽所收到的些微熱源。如今我們知道其不然。依直接測量所示，木星溫度至少是在華氏零下一八〇度。如此的溫度，則木星必全受太陽的溫暖，極少自蘊的內熱，可料而知。

木星溫度既如此低下，則它的雲顯然不能是尋常的水蒸氣；而必是在水蒸氣久已冰凍的溫度猶呈蒸氣狀態的一些物質。亦如對於其他行星一樣，要探究木星大氣的成分，須考驗日光在此大氣進出時消失何種波長。諸多觀測雖不易於解釋，但是足以清楚證明木星大氣有兩種氣體的存在，即氨和甲烷。

我們曉得，氨這種原料能使我們一嗅着它或不幸打破盛它的瓶，就兩眼流淚不止。我們嗅着鹽的時候，亦往往能

辨識它的存在。它是有功效而不合胃口的成分，製造家把它混合着較有可人香氣的東西，以圖掩藏它的異臭。我們又知它搽敷蜂刺傷或蚊咬傷甚效，因它甚富鹼質性，把刺傷的酸中和化，從而止痛。

甲烷的比較熟知的通俗名稱是沼氣。當植物質在水底分解時，這種氣體就升到水面，它可變成發光的，且出現如『鬼火』，被認作能誘人投水而死云。它又是煤礦中易於爆發的炸氣的成分，又是火山噴射時流出的氣體的成分。

這兩種氣體都很討厭。全般講來，木星的大氣好像是哈孟雷脫(Hamlet)所要描寫的「無非是一陣險惡的釀造疫癘的蒸發氣而已」。我們還是不要乘火箭往該處為妥；若到該處，勢將整天咳嗽、噴嚏、哭泣呢。再者，木星既含有比地球多三百十七倍的質，它的攝力(重力)的吸引是可慮的重負。我們將不獲再溫月亮上毫不費力打破全世界運動記錄的歡快經驗；反之，我們要顧慮到如何支持自身重量的問題。一個十二石(Stone)的人的兩腿將如地上一個三十二石的人的兩腿站得一樣吃力，我們將被壓倒在自身的重量之下，除非也效法鯨魚爬蟲(Cetiosaurus)在地上所慣做的行為，把我們自身浸沒液體中以減輕吃力。我們若要周遊宇宙而不遇災厄，甚至必須領教於一條已絕滅的爬蟲(圖二十四)。

還能有比木星更討厭的行星就難以想像了。但是土星

顯然可補此缺，而且更遠的行星——天王星，海王星，冥王星——甚至比土星更不堪留戀。關於此等遙遠的行星我們所知實在很少。土星的大氣似比木星較少氫，但是濟之以較多的沼氣。土星甚至是寒於木星。別方面，它的攝力的吸引是較近似我們所慣受的，僅比地球多六分之一。它是最具特觀的行星，周圍繞着一系光環，在望遠鏡中看來景致絕佳，可是我們若坐火箭往該處，必受其害。因為這些光環是無數的小月亮，各以甚近圓形的軌道繞土星而行（圖六十七）。可是，這些小月亮既不斷的以攝力互相吸引，它們的軌道便不能是完全圓形的，所以小月亮必時時相撞。相撞的時候，月亮的碎屑必會落到土星的大地上面，結果會使來訪的火箭及其搭客大遭災害。

在向此悽慘的景象告別之前，讓我們稍稍一瞥冥王星，即最新發現的最遙遠亦最嚴寒的行星。在九行星之中我們對於冥王星所知最少，但它也許是火星的一種孿生兄弟，大小和質量約略相等，不過所處的物理境況大不相同。它的表面每方碼僅僅收到地球表面每方碼所收到的輻射之一千六百分之一，故它的物理狀態是不堪想像的。它的攝力的吸引微弱至極，不能有多量大氣，但是仍可較多於火星，因它溫度遠在火星之下。

綜觀全景，我們遊徧整個太陽系，似乎不會碰見像我們

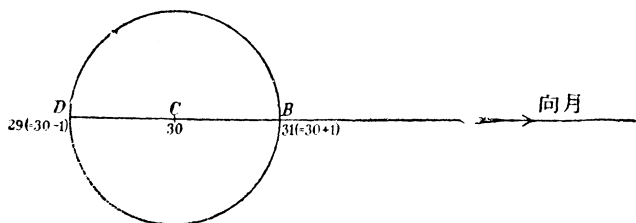
這般的人類乃至地上所知的任何種動植物。但是在這地球裏，即太陽系中唯一爲我們所親知的行星裏，生命則如此的無所不在，幾乎令人不信有何種物理情形可毫無生命形態的存在。我們發見生命在地球上最冷的氣候裏和最熱的氣候裏，在幽深的海裏，在堅硬的土壤裏，甚至在地下的油泉裏。在這些各異的處方，生命具有絕不同的形態，各適應其特殊的環境。既然如此，我們便不能否認生命在其他行星上可具有更異樣的形態，適應於絕異的環境。我們無權說地球以外的任何處找不到生命，但是我們若果找到，它必絕異於我們所知之任何生命——恐絕異於我們所能想像的任何種——如此假定，似乎妥當罷。

行星界如此有趣，以致我們對於其衛星或月亮，除加以一瞥之外，幾無多餘時間。地球只有一個孤月，但許多行星則較富有——例如，木星有十個月亮，而土星則有大小可稱的九個，更有組成光環的億萬個。天王星有四個，火星有兩個，海王星有一個，而最近太陽的二行星即水星金星則無有，最遠離太陽的行星即冥王星大概也無有。

除土星環的微月之外，九行星間共有二十七個月亮——平均各得三個——所以地球僅帶領着一個，似乎還少於它所應得的份兒。若僅就數目而斷言，這是真確的。反之，若就重量而斷言，則地球所擁的便多過它所得的份兒；按重量

計，它比任何其他行星有較多的月質。

大家都熟識月亮在我們的洋面引起的潮汐。月亮的距離既為地球的三十個直徑，則月亮對於剛在其下的地面一點的攝力吸引當比對於地球中心多三十分之一。同樣，該吸引對於此點的對蹠地則少三十分之一。我們在第六十八圖可用31、30、29這三個數字各表月亮在B、C、D三處的吸引。試分解31為 $30+1$ ，29為 $30-1$ ，則可假定在全地球上有個均勻的吸引30，在B處有個向月的吸引 $+1$ ，在D處有個向地的吸引 -1 。此後者當然亦等於背月的推拒 $+1$ 。那均勻的吸引30正係用來維持地球與月亮在相當的軌道裏，自毋庸議。然而，在這均勻的吸引之上，還有在地球兩對邊的 $+1$ 與 -1 的吸引。這兩個對反的吸引却把地球伸長，好似我們可用兩手



圖六十八 月對地所施潮汐力之圖解

把一塊彈性橡皮在對反方向曳引而加以伸長。如此即生潮汐。我們已知地剛於鋼，故比其上液體的海洋為較不屈受吸引。因此，除了這液體的海洋以外，我們沒有覺到任何的潮

汐。可是我們所見的潮汐其實是海洋潮汐與實地潮汐之差數。後者與前者相比是絕小的。

小小的月亮尚且如此把大地伸長，則大地當然更能把月亮伸長。講到一切行星與其月亮的關係，亦必皆然。我們却永不能看見自己的月亮被伸長，因為我們不能從側面看見它。但我們能由木星的衆月之一而清晰地看見此種伸長的過程。望遠鏡展示那最近木星的月亮是非常凸出，看來倒像一只蛋而不像我們意想中的月亮。到相當時候這小月亮會更走近木星。它越走近，木星的吸引會越大，而小月亮會變得越加伸長越像蛋形——木星正把它越伸越長，好像它是一塊橡皮或橡皮帶。

但是沒有一條橡皮帶可繼續被無限伸長。到相當時候它必突斷——小月亮亦然。推算起來，那個月亮會突斷而裂成分立的二塊，木星會比現今多有一個月亮。但是這兩個新的小月亮既將仍如舊月亮那樣走近木星，它們也將被拉長而成蛋形，到了時候它們也要分裂起來。這種過程無間斷地重複不止，木星的月亮的數目將無限地增加。

我們可說木星的周圍有着一種危險帶。當一個月亮或其他物體行近此危險帶的時候，就變成蛋形的；當它最後進了危險帶的時候，就分裂起來——它若長久住在這危險帶之內，就要分裂成爲恆河沙數的微月。

此非僅僅臆測中事，而實爲明確的數學計算之結論。我們若知一個行星或任何他物的攝引力，即能畫出它的危險帶。對於不同的物質，自然有不同的危險帶；一片稀薄雲氣所引爲危險的區域，一塊剛硬如鋼的固體却能十分安全的闖入。現在依據推算，木星的小蛋形月確是很接近它的危險帶。火星的兩小月之一亦接近——雖非如此的接近——火星的危險帶，土星的衆月之一亦接近土星的危險帶。

最後這條危險帶是特饒趣味，因爲在土星周圍形成光環的無數小月亮已經在此危險帶之內。看來好像在過去的某時候有個尋常月亮浪遊入土星的危險帶而分裂爲無數的微月，遂成今日之光環。此等光環實爲危險帶真實存在之不佻證據。且可爲警戒，其他物體若被攝於較大質量的引力，必將遭遇同樣命運。我前曾提及吉百齡君說象如何獲得長鼻的故事。現在我對你講了『土星如何獲得光環』的故事——恐怕沒有吉百齡君的溫雅動人，但至少我相信我的故事是一個『真真實實的』故事，而非僅僅『向壁虛造的』故事。

我們自己的地球也有危險帶。迄今月亮自然還在此危險帶之外，但到了時候地球和月亮必相引愈近。它們既相引愈近，則月亮將愈變愈成蛋形，直至它終於駛進危險帶，遂分裂起來。我們將如土星有一串的光環，這不過是時間問題。到那時候，我們將失去孤月，却不失去月光，因爲夜來無

數微月仍會把日光反照於大地；的確，那時甚至會比現在更多月光，因為月亮亦如一切物，若分裂成為碎屑，則增加其總表面。並且，那時月光還會通宵長明達旦。可是，地上的生活將不大舒服，因時時刻刻會有兩個微月相撞，它們的碎屑會像巨大隕星一般墮落地上——恰如現今的土星上面就這樣降着碎月屑。

太陽系對於危險帶的存在尚有其他證據。我們已知彗星繞日運行的路線不及行星之近似圓形，而是循着伸長的卵形曲線，即我們所謂「橢圓形」。平常一彗星非到十分接近太陽時不引人注意。到那時太陽直射在它上面的輻射使它拋出一條肥大的「尾巴」，往往有數百萬哩長。於是彗星才成爲一個有趣的美麗的甚至可怕的物象。

有時一個彗星會走進一條危險帶——也許是太陽的危險帶，也許只是木星或土星的危險帶——結果這彗星就分裂起來。據觀測所得，頗多彗星裂成兩片，而有一片則裂成四片。最有趣的是比拉彗星(Biela's comet)的故事，一八四六年觀測此彗星分裂爲兩片。六年後觀測此彗星復循其軌道行近太陽之時，兩片相距有一百五十萬哩之遙。從此以後，兩片都不呈彗星形狀，但它們應在的地方却充滿着一羣無數的流星，此名仙女座流星羣。這些流星偶然接觸地球於其軌道中，造成壯麗的流星雨——常在十一月廿七日或前

後。該彗星當初分裂為兩片，此兩片必又皆駛進某危險帶，結果分裂為無數小片。這似乎十分明白。彗星如此消滅蛻化為流星羣的事例尚多。

當然，不僅太陽，而實個個恆星都施發一種攝力的吸引，從而每個的周圍都有一危險帶。衆星既在空間運行前進，偶然會使一恆星浪遊入另一較大質量的恆星的危險帶裏去，那末，必發生上述的事情，却是規模宏遠多矣。恰似鱷魚把幼象拉出鼻筒來，大星也會把小星拉出一種鼻筒來——一條氣體的長鼻或鰓絲，逐漸會分裂成為小碎片。太陽好像在過去某時候遭遇此種乖運，裂成的碎片即諸行星。所以我們的故事可再補充一段情節——『太陽如何獲得諸行星』。

諸行星也可遭遇同樣的乖運，浪遊而入太陽的危險帶，輪流把它們自身分裂起來。果如此，我們可再寫一章——『行星如何獲得月亮』。此章最悲哀的部分當係一個特殊行星的故事，該行星似乎遭逢命運特苦。它本來運行於火星與木星間，但是它的運動使它走入危險帶，大概是木星的危險帶。於是它分裂起來，好像要為自己製造幾個月亮，終則盡成月亮而已。總之，除微屑外似更無所遺。這些微屑就是前述的小行星。那最接近地球的一個，愛神星(Eros)，形如蛋或梨或啞鈴；恐怕它還要更進一步分裂起來，到了時候潰散消逝。

第六章 太陽

以上僅涉及空間中較小的物體。最小的是墮入地球大氣時我們所稱爲隕星的物質彈丸；這些物質彈丸非常的小，我們每手可握着盈千盈萬。至其最大的物體就是大行星即木星，約十一倍於地球的直徑——一隻可容納木星的大箱子可容納 $11 \times 11 \times 11$ 即一三三一個地球——面面各有十一個。可是，甚至木星和太陽比起來，還是十分小。而太陽和較大的恆星及以後將考驗的其他物體比起來，是更形渺小。廣汎地講，太陽比木星大得多，正如木星比地球大得多——木星可包容一千餘個地球，但太陽可包容一千餘個木星。依次推去，後章要講的青星每個可包容一千餘個太陽，而每個『紅巨星』又可包容一千餘個青星。到末章要講的每個星雲不但是可包容，而且實際上包容着數千兆的星。

將此順序列表如下，所有數字當然只是很粗略的近似值：

地球	一
木星	一,〇〇〇
太陽	一,〇〇〇,〇〇〇
青星	一,〇〇〇,〇〇〇,〇〇〇
紅星	一,〇〇〇,〇〇〇,〇〇〇,〇〇〇

星雲一, ○○○, ○○○, ○○○, ○○○, ○○○

請想像我們又乘火箭飛去, 很迫近的考察太陽表面。第六十九圖示我們途中前行時所見太陽之狀。最可注目的姿態恐怕是邊際或天文家所謂『邊緣』(limb)上的陰暗; 偶然一瞥, 好像太陽邊緣比它中央部分的表面暗淡得多。在圖七十四可看見同樣的陰暗, 且更明瞭。假使太陽是固體或液體, 則全部表面應呈同等的明亮, 有如一個平常發光球的表面。邊緣的外觀陰暗足以證明太陽面是氣體。

該圖形中除了一羣羣的太陽黑子以外, 更不見其他細目。這些黑子的體積和複雜性都很非凡; 能把地球一口吞沒的至少有半打。按此照片的比例, 地球僅等於直徑廿五分之一吋的沙粒而已。可是, 甚至這樣的大黑子的體積還算不得非凡, 有時還呈現更巨大的太陽黑子, 其大足夠把全數行星一口氣吞下。

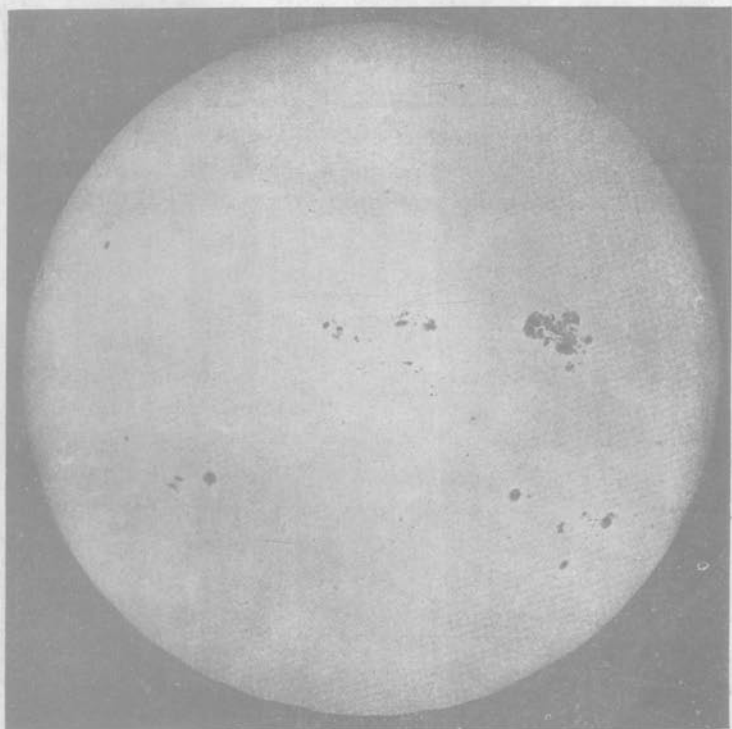
我們不能天天, 甚或不能年年看見這麼龐大的太陽黑子, 但我們可能很屢常的看見若干黑子。它們出現不是直進如流, 而是一陣陣或一波波的, 它們的數目每十一年左右起落一番。在一九〇六年, 一九一七年及一九二八年, 太陽黑子特別盛多, 到一九三九年又將如此。

我們在搜尋太陽表面的黑子的時候, 務須當心的從暗黑玻璃中窺望, 或至少須從一片燻黑得很厚的玻璃中窺望,

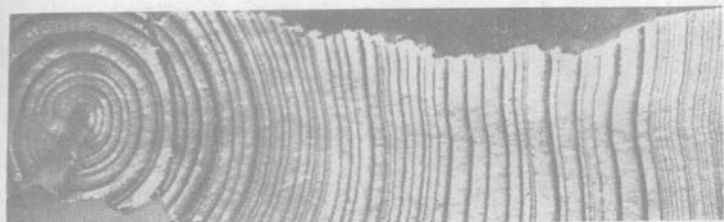
否則將使我們的眼睛受損傷而不可復原。伽利略，第一個研究太陽黑子的人，在老年成盲，把這種不幸推由於他用無掩護的眼睛注視太陽的亮度。

人們往往討論着究竟天文現象如新月滿月(朔望)之到臨對於天氣有無影響。一般說來，科學家不能追跡天氣與一切天文現象之間有何關聯，除却太陽黑子這一例外。天氣經歷一個合律的循環，和太陽黑子的頻率有着同樣的十一年週期。這却有相當證據。跟着太陽黑子數目的消長，每年的夏季逐漸由熱燥變到冷濕，復由冷濕而熱燥，約十一年循環一周。有二事例更為明證。

樹木斬倒時，樹幹的橫斷面有一連系的同心輪，每輪表示一夏的生長(故曰年輪)，我們計數這些輪紋，就能說出樹齡多少。但是各年的長短雖必相等，各輪的粗細却不相等。有的形成是在濕夏，樹很繁榮地生長，很豐滿地增廣腰圍。又有的形成於燥夏，不甚增加樹身的體積。杜格拉斯(Douglas) 教授由堪識各種輪紋與歷年樹齡之同一性而宣稱他能發現某年究竟是燥還是濕：就是說，樹等於它一生所經驗的天氣之實錄。第七十圖示一有趣的例。就此類樹木的橫斷面作縝密的研究，每可知輪紋粗細的逐漸變化，以十一年的循環周而復始，恰正符合太陽黑子的週期(圖七十一)。最粗的輪紋乃形成於太陽黑子最豐富的年間，可見有豐富



圖六十九 一九一七年八月十二日所攝之太陽顯，露着很錯綜的許多太陽黑子，其總面積為一八七〇年以後所觀測之最大者。



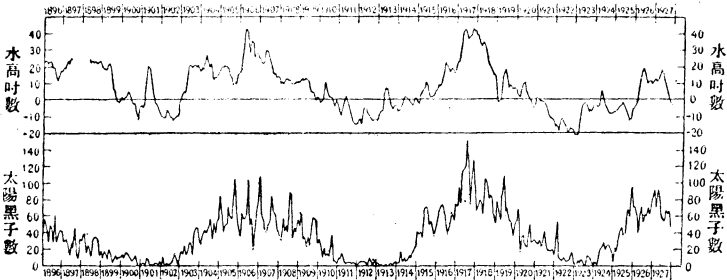
圖七十 杜格拉斯樅木柱的橫斷面，展露1073年此樹開始生長時直至1260年樹倒時的氣候變遷史。1260年後，此木用作屋柱，後來傾圮。1933年此柱從地下被發掘出來考驗，其價值在展示樅樹生長二百年間的天氣記錄。



圖七十一 在德國埃伯斯瓦爾特(Eberswalde)地方倒下的一株蘇格蘭松。加用黑點標示的輪紋為1830至1906年太陽黑子最頻繁期間的樹齡。

的太陽黑子，林木即隨之以繁茂的生長，即是跟着有潤濕的夏季。

第七十二圖又復證明此事。下部曲線示自一八九六至一九二七各年太陽黑子的數目，此曲線每波的起落即代表一個十一年週期的太陽黑子循環。上部曲線示非洲赤道區最大淡水湖維克多利亞湖水的高度。湖水的高度與太陽黑子的頻率，步調抑揚，幾乎完全一致，因此正與太陽黑子同樣展示一個十一年期的循環。在一濕年之後，水當然是最



圖七十二 上部曲線示維克多利亞湖水的高度，下部曲線示同時太陽黑子的頻率。二曲線幾乎完全彼此亦步亦趨(步調相應)，足證太陽黑子對於地球天氣確有影響。

高。足證太陽黑子頻繁時天氣最濕。反之亦然。

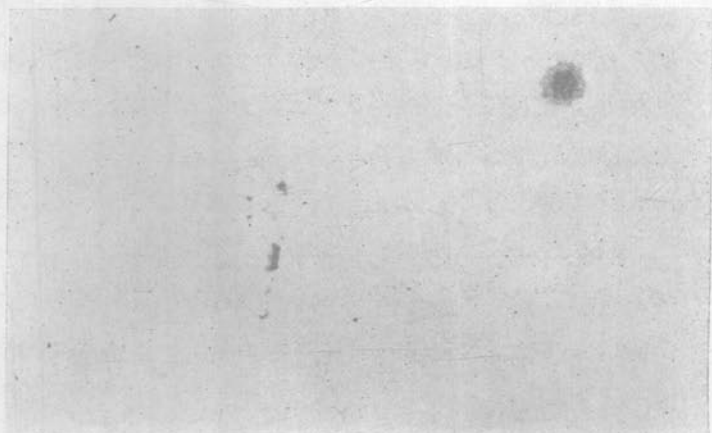
太陽黑子的頻率雖然緩慢地逐漸地變遷，使循環一週須歷有年所，但是個別的太陽黑子却難得有數天以上的長久。圖七十三展示着一個巨大黑子即在旦夕之間便可有多

少的變化。圖七十四展示着一羣很錯綜的黑子的逐漸發展，那六個圖形之中有五個是接連數天攝取的。黑子向右直進移動，並非因為它們走過太陽面，而實因為太陽旋轉，帶着它們一起轉。在第六天之後不能再見黑子，因為太陽的旋轉把它們帶着轉到我們的視域之外去了。

一個特別巨大的黑子可偶然如此消失不見，約隔十四天之後，又沿着太陽的另一邊緣而復返。伽利略即因測量黑子的這種運動而首先證明太陽是旋轉的，且表明太陽旋轉時間約廿六天。

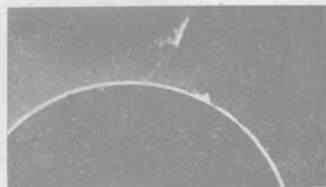
我們在火箭裏俯瞰這樣一個黑子，有似在飛機裏俯瞰一隻輪船的煙囪。只見一股戰慄的熱騰騰的氣往上沖。我們將發現太陽黑子具有着噴火孔的性質，以可怕的神速，射出大團的熱氣。太陽內心的兇熱使太陽外層常在不斷激動的狀態中，好比是受着底下熱火猛烈煎滾的水。我們都慣見大氣泡從滾水中突衝向上。它們最後衝到表面的時候，本來緊壓着它們的壓力釋放了，它們遂膨脹而與外界的空氣混合。在太陽黑子裏飛騰起來的物質也有同樣的行爲；它一沖到太陽的表面，因所負的壓力減輕了，它就膨脹了。這種膨脹的結局使它變冷些，理由已明（第二章）。

太陽黑子，即因係比其餘的太陽表面較冷的物質所構成，故呈黑色。其實它們有眩目的輝耀，只由相形——因它



(空間和時間的巡禮 158 頁後 1)

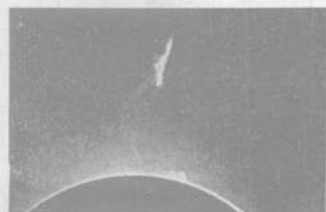
圖七十三 一羣太陽黑子在廿四小時之間的發展。在下片的黑圓示地球的大小。



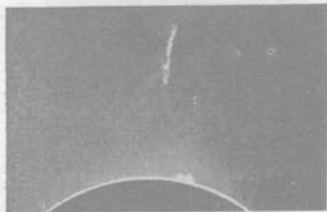
7點52分



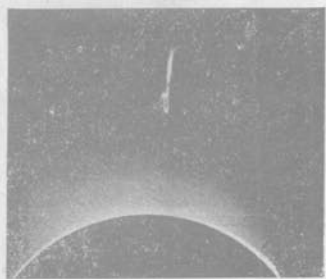
8點35分



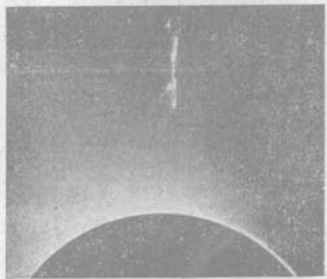
8點45分



8點52分



8點58分



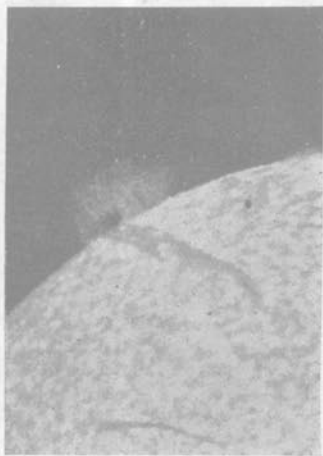
9點03分

(空間和時間的巡禮 138 頁後 2)

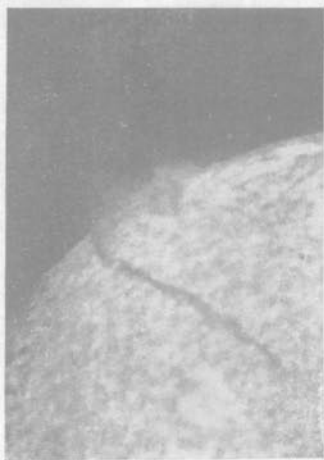
圖七十五 一九二八年十一月十九日所見的一個驚目的噴射的日珥(紅焰)。此日珥在兩二小時內騰高至567,000哩。



八月廿六



八月廿七



八月廿八



八月廿九

圖七十六 一個日斑的發展及其進向太陽圓盤面的路線。上列照片係一九二九年用鈣光(K_3)在四天中相繼攝取的。

們的強烈不及外圍的較熱氣體——而呈黑色。它們所吐出的物質大抵是全原子及原子層的混合，或含有種種的帶電質點。這些帶電質點向各方射出并移動；在空間進行一兩天之後，有若干會降臨地球，穿過它的大氣，可產生北極光的壯觀。稍後它們可使空氣游離，因而構成反射無線電波於地上的氣層，使我們能聽見遠方的無線電播音。這些帶電質點降到地上時發生什麼，前已說過；現在則見它們的啓程；我們是在一長系事象的首端，其末端影響着我們地球上的生活。

從太陽黑子吐出的氣柱往往升騰超過太陽表面以上很高，便稱爲日珥〔紅焰〕。從地上大爆炸或火山噴發而衝上的物質可有每小時行數百哩的速度，但日珥的物質則頻頻以每小時數十萬哩的速度衝上。圖七十五示一個日珥在僅隔數分鐘間連續攝取的六張照相。末圖爲日珥距初現兩小時內攝取之相，可是吐出的物質已升到太陽表面以上五六七，〇〇〇哩之高；它的平均速度必每小時行三〇〇，〇〇〇哩。

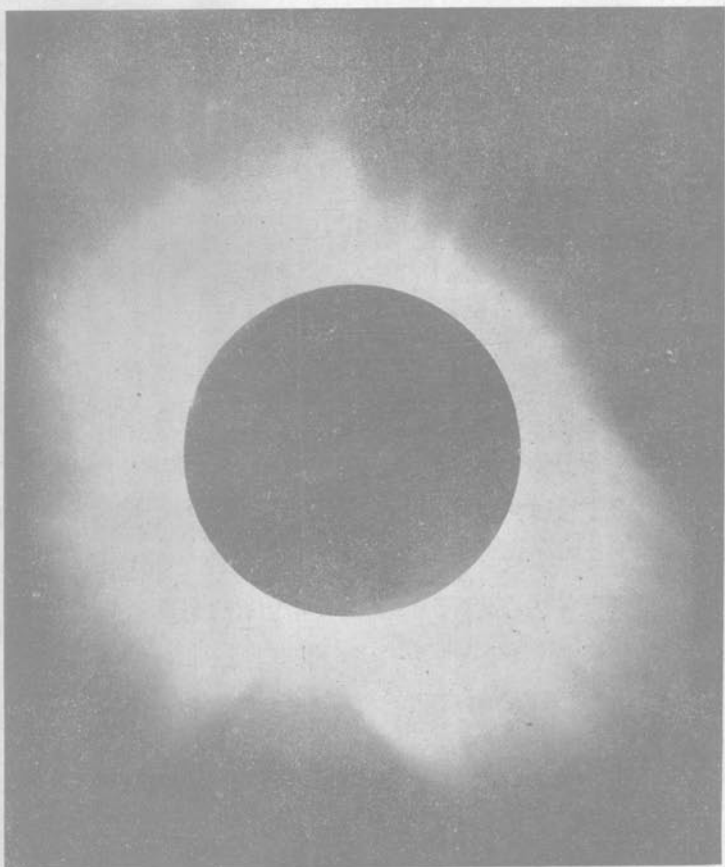
單純如上述的日珥是居少數；通常日珥的形狀更複雜得多，且不斷地變化。另外一系列圖形(圖七十六)卽示一種屬於比較很複雜的典型的日珥，及其在四天中繼起的變化。太陽既然迴轉，我們便逐漸發現起初呈噴烟狀的東西是

從太陽表面一種長罅隙裏發出的噴射。這種噴射顯然是比前所示(圖七十五)的較少爆發性，亦較不緊張。

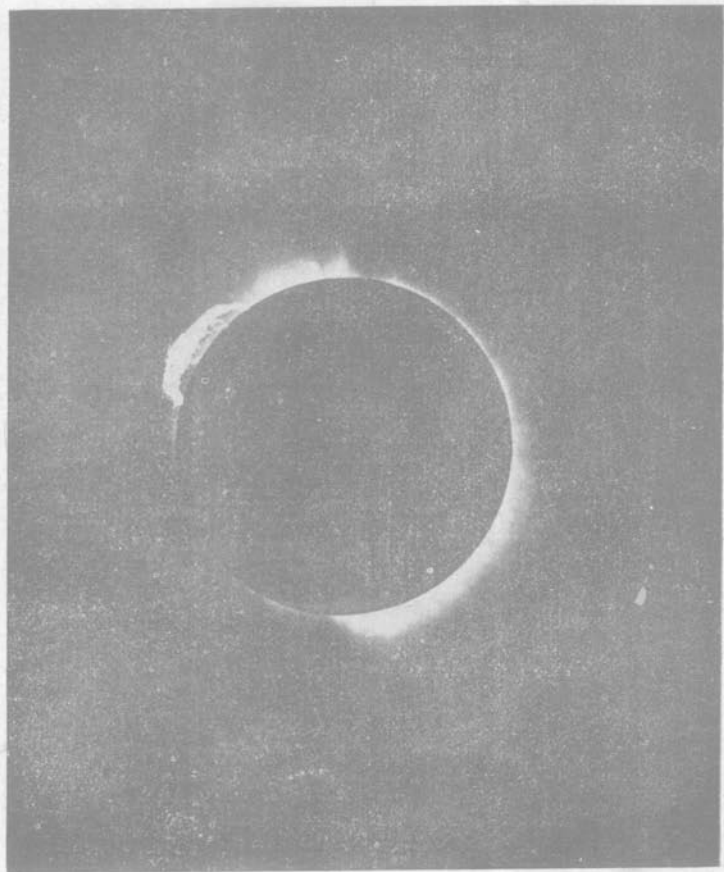
日珥是很稀薄的物質，僅是些熱氣的熾火。且比起太陽主體也冷得多。因此二故，日珥看來沒有太陽表面本部一樣的輝耀，故在太陽的眩耀中常看不見，且不能在尋常情形之下看見。但當月亮走過太陽面前而生全蝕之時，太陽光的主體盡被遮掩，衆星羅列如在夜間，地上風景越來越暗，最後呈灰色或紫石色的景象。這時候就得見太陽周圍一切較暗淡的光。當太陽最後一片光也被月亮掩沒了的時候，所謂日冕(白暈)的微淡似真珠的光便燦閃入目。太陽周圍，數十萬哩的距離，環繞着分子原子及帶電質點的稀薄大氣，而日冕不過是由隱藏的太陽餘光而見到的這層大氣。日冕的光更遠不及日珥的亮，故由其中頻頻可望見日珥的發耀。第七十七及七十八圖示一九一九年以露光久暫不同而攝取的兩張日蝕照相。

天文學家設計種種方法以觀測這一類現象，無待日蝕。行星表面和大氣可藉各異光色之考驗的設計而加以細密研究——使每種光色講它自己的故事。太陽表面亦可藉此方法而研究，不但更加容易，并且更著成績。此毋須再對付微量的反射光，因太陽本身即瀉出一切光色的混合物，有着無比的豐富。故此極易調排，隨我們的選擇，用任何光色加以

(空間和時間的巡禮 410頁後)



圖七十七 一九一九年三月廿九日在日蝕時所攝的日冕(白暈)。在其左上邊的白光中隱約可窺見一個日珥(參後圖)。



圖七十八 全前圖，惟露光時間較短。左上邊的日珥(紅焰)此時看得十分清楚，長250,000哩。

攝照。我們只消拿分光鏡剖析太陽光，然後讓我們所正需要的某色光，而非他色，走出分光鏡而入照相機。可是這個方法和研究行星的方法有很根本的差別，不可不知。

光與聲皆由波而成，因此在許多方面是相同的。一切自然界的大噪音如瀑布森林海颶之聲，乃由一切長短不同的聲波混合而成。性質和這些混亂急湍的噪音完全不同的是我們所稱爲音樂聲的較單純較柔和的音——山上羊鈴，教堂鐘，鋼琴或梵啞鈴的音調。混亂急湍的聲含有一切波長，但音樂的聲只含有少數波長：故我們覺其悅耳。

光亦如此。太陽光如烈火或瀑布聲，含有一切波長的混合，但另有別種光只含少數波長——如音樂的和調。一柱光通過分光鏡，並不現一切色帶如日光。大多數的色全然缺如。這樣『光譜』便不是從紅色排列到紫色的一條連續色帶，而僅具少數色彩散漫的細輝線——名爲線光譜。

此類光譜常由化學的單純(原)質——化學所謂元素——的原子所發射。不僅如此，而且任一元素如氫的一切原子都發出一個色調；任何別的元素如氧的一切原子都發出另一絕異的色調。有些物質發出的光幾乎是清一色的；此在電光暗號及發光管的使用上自是很通俗的。

試將少許任何物質，譬如說一撮鹽，放到一個熱焰裏，注視此熱焰的光譜發生什麼。它頓時呈現許多新線，那當然

必生於鹽。我們或能認得若干線。例如，鈉含有一個很分明的色調，由兩行極亮的黃線很密切並列而成。我們若在鹽的光譜中認得這些線，便知鹽含有鈉。

這種尋出物質化學結構的方法稱爲『光譜分析』，對於許多化學元素的存在，提供極靈敏的測驗。例如，它能揭露十萬分之一毫克(1/3,000,000,000 盎司)的鋰的存在。當然我們不必親把化學物質加入火焰裏去。對於任何火焰，無論如何遠，我們若能把它的光分析爲它的構成的各色，便至少能說出那火焰的成分如何：從火焰射來的光便傳到關於何種物質產生此光的消息。我們遂能考察太陽恆星的成分。

牛頓把日光分析爲諸多成色的時候，他得到一個光譜，他相信這是連續的，由一切可思議的色依次排列而成。但是當一八二三年夫生因和斐(Fraunhofer)重復實驗的時候，他奇詫地發見光譜橫交着許多暗線，他命名爲A,B,C……K。那光譜不是連續的，而是在諸色順序之間略呈裂罅。這些裂罅很可簡單說明。

太陽大氣的每個原子能够發射一個光調，僅爲若干特種的界線判然的色彩。但是必等它先吸收了這些色的光，才能有如此行爲。一般說來，熱質的原子易於是所謂『受激』的狀態，在此狀態中它們儲有自己的特種色的光可供發射。反之，冷質的原子易於是『不受激』的狀態，在此狀態中它們則



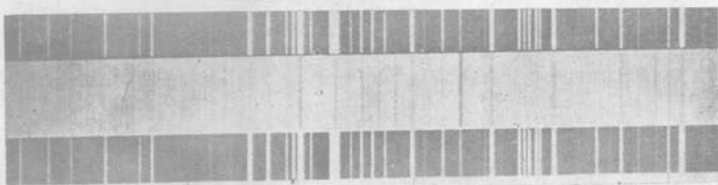
圖七十九 太陽光譜



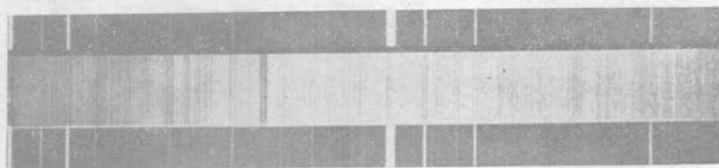
圖八十 白明星光譜



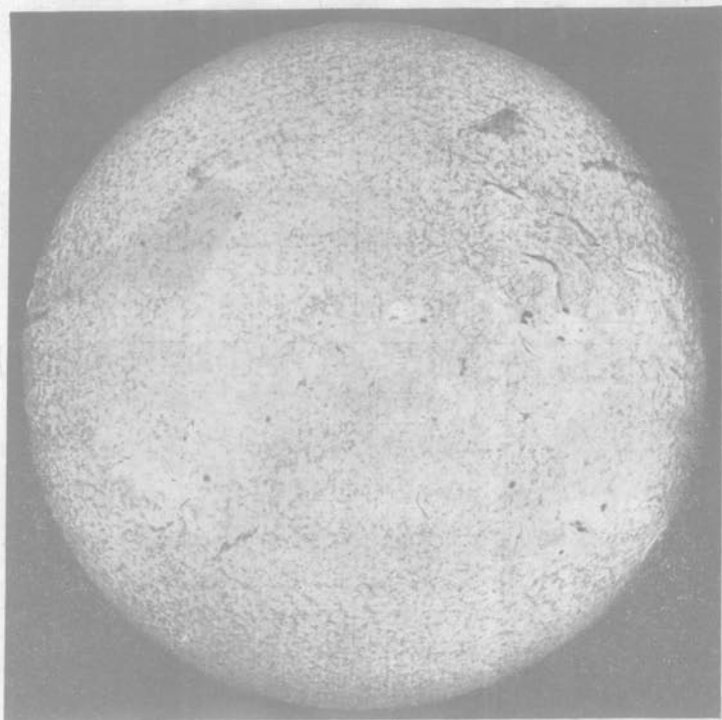
圖八十一 天頂星光譜



圖八十二 大熊座星光譜 中央帶示該星光譜，上下帶則為地球光譜，附作比較，以見光譜線之同一性。



圖八十三 大熊座星光譜 中央帶示全上之星在稍後日期之光譜。光譜中每線此時看來是雙倍了，可知該星為一個聯星系（詳第七章）。



圖八十四 用氫光($H\alpha$)攝照的太陽。此與前面第六十九圖之照片同時攝取。

渴求這些色的光。

記住此點，請注意那混亂急湍的光從熱的太陽內部噴射到附近表面的較冷氣層。它含有一切光色，使較冷的太陽大氣的每個原子必須不斷地恰浸洗在其所能吸收，并渴求吸收的一些特殊色彩的光中，而不侵入浩蕩的他色光中。那原子自然多少吸收着此光，而急湍的主流在途中前進時便減此特殊色的光。急湍的光的主流備受了所有埋伏在太陽大氣裏的飢渴的冷原子的夾攻，最後浮現空間的時候就缺少了一切和這些原子相締合的色——它們熱時發射冷時吸收的色。

因此之故，太陽光譜必然橫交着許多暗線帶；此所顯示者非是在太陽內心裏發射着光的熱原子，而是在太陽大氣中吸收着光的冷原子。夫牢因和斐只知有七條那樣的線，但現代天文家則知有數千之多，且在其他恆星亦然。第七十九圖之照相示太陽光譜的一個斷片，第八十至八十三圖示其他的恆星光譜。

這些線帶的位置供給天文家以廣大的知識寶庫。他若需要關於衆星的知識，即屢屢返求諸此——藉知衆星怎樣的亮，怎樣的重，怎樣的遠。在空間運行怎樣的快，自轉怎樣的速，等等。今茲要點是：太陽及衆星的光譜裏所消失的光色幾乎常常可認作與地上已知物質所發射的光色爲同一性

的。此事一經辨清，即知太陽大氣中，此同樣物質的原子在發生作用，把發出的光吸收着，使它不能射到地球。此恰正是我們用以發現地球上層大氣有臭氧之法。

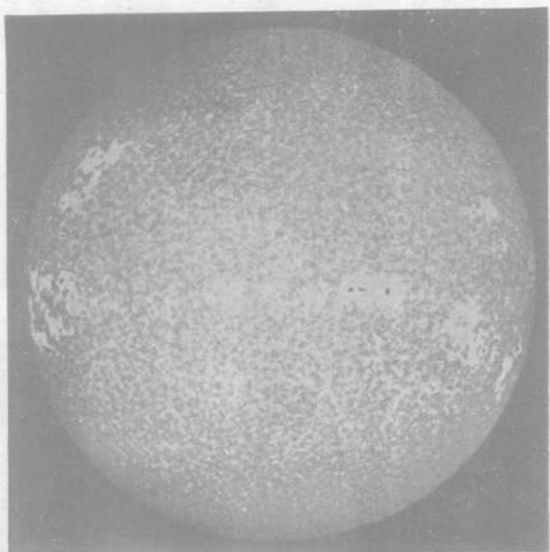
這是很重要的：所有太陽及衆星光譜中的數千條線其實都可認出是和地球上已知物質的線相同一的。由此當然可知太陽及衆星是和地上慣熟的氫、氧、氮、鐵、銅等等相同類的原子所造成的。我們若旅行到太陽衆星，將能看見許多奇異景象，但必不能發現任何新物質。全宇宙顯然是用同類的磚造成的。

再講到我們關於太陽表面的研究。假定我們讓太陽在氫原子所發射的某種光色中攝照它自身。當然這照相不會攝得完全的太陽，甚至也不會攝得太陽中全數的氫，而只攝得太陽中一部分的氫，這部分正在發射此特殊光，而同時又很接近表面，使它的光可射到地球。例如，第八十四圖示用某種氫光攝照的太陽。此種光色所屬的譜線夫牢因和斐定名曰C，但我們現今稱曰 $H\alpha$ 。

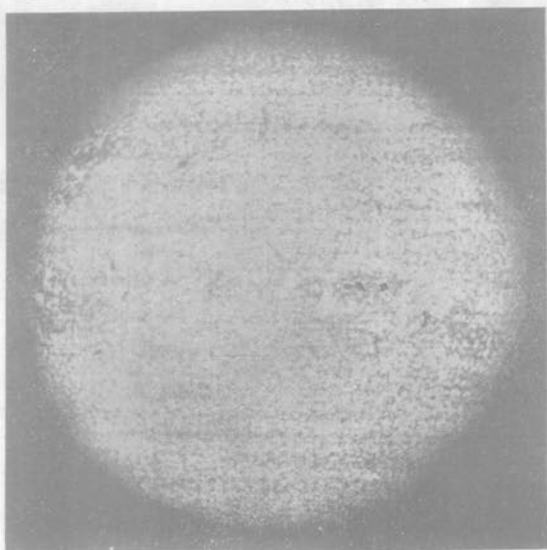
此照相適與第六十九圖同時攝取，但在前面的照相中，全部光色紛然並呈，它們同聲報告的唯一消息是『太陽黑子』；在第八十四圖的照相，則氫光寂靜地獨自報告它一己的故事，不受他色的光所攪擾。這是一個有趣的故事。氫不是均勻地分布在太陽裏，而是起着一種斑駁陣形的雲，呈漂



圖八十五 用氫光(H α)攝照的一羣錯綜的太陽黑子。



圖八十六 用氫光(H δ)攝照的太陽。



圖八十七 用鈣光(H β)攝照的太陽。此與上圖同時攝取的。

蕩或左右衝湧之狀，頗似地球大氣中的雲。但論到體積，此種比喻是不切的，因為許多這類的雲簡直比全地球還大得多呢。斑駁陣形散漫地見替於所謂纖絲的長線。此在圖之右上角附近可看見三個，而在太陽黑子傍邊則呈另一陣形。我們看出太陽黑子羣所佔的太陽表面的面積比起膚淺觀察所揭示的黑色斑要更大得不可同日而語。第八十五圖示用同樣的氫光所攝照的一羣太陽黑子的近隣；請看那雲的陣形是怎樣密切地和暗斑的位置相關。

第八十六及八十七圖示同時用特種氫光 ($H\delta$) 鈣光 (H_2) 攝照的太陽。二圖看來絕不相同，只因為其一是太陽中的氫圖，又一是太陽中的鈣圖。

一個氣體的原子若始終靜止不受攪擾，便完全不會放出光來。要使氣體光明起來，必須施以作用，正如我們對付電光泡或蹄鐵一樣。例如，將它通以電流——在地球的情形之下幾乎是唯一可用的方法——或把它熱起來；正如一塊固體的蹄鐵受熱時漸漸發光然後亮起來；氣體的原子也是這樣。形成太陽的原子集團就是這樣的放出光明來。

鐵匠由一片熱鐵的色而知它的溫度。他把鐵熱起來時，鐵的色逐漸變化——紅熱、黃熱、白熱等等。同一的色常示同一的熱度，無論發射物質為鐵與否，這總是對的。

關於氣體亦然：我們能由它所發射的那種光而說出它

的溫度。所有把痕跡印在八十六圖複製的照片裏的全數原子都是一樣受激發的，且因而在界限之內全都有一樣的溫度。故它們的光，自行記錄在照片上，呈現了一幅圖畫，恰正是在此特種溫度，因而發射着所謂 $H\delta$ 特種光的那部分太陽大氣。八十七圖所示原子溫度不同，便發射所謂 H 那種光。故此二圖可說是展示溫度不同的太陽原子。

太陽的熱氣由從熱的内部流到冷表面，則最熱的氣層自然是最深的氣層。太陽在不同溫度的不同部分的照相亦可稱為太陽在不同深度的不同氣層的照相。若果如此取得太陽的不同氣層的圖形，則由它們所射的光可知許多原子是在物理學家所極熟知的特種狀態裏——簡言之，這些原子因熱而生局部碎裂。我們愈深入太陽的内部，愈發見原子的碎裂。

將固體的冰加熱，則變成液體的水；分子運動更活潑了，因為向來把它們緊束在一起的羈縛因熱而鬆解了；它們只要能十分自由地互相滑溜而過，便立刻變成水。將液體的水加熱，則變成氣體的蒸汽；羈縛又更加鬆解了，所以分子現在能彼此完全獨立行動。若將蒸汽加熱起來，就連分子內部結合原子的羈縛也鬆解了，所以分子本身便分裂為氧和氫的原子。倘使我們能夠再把這些原子也加熱起來，必將發見甚至原子本身也在分裂——如在太陽外層的原子的實即

如此。

我們乘火箭飛近太陽的表面，分析太陽大氣的一隅，必見它是開始要分裂的原子。但我們若趨入太陽的下層，則見原子分裂的愈多，直到接近中心，除却完全碎裂的原子，很少剩遺了。這是我們所未經驗的物理狀態，我們不知究竟最妥當的要稱它爲固體還是液體還是氣體。

在地心的壓力必爲數兆個大氣的壓力；在更加厚重得多的太陽心的壓力必爲五〇，〇〇〇兆個大氣的壓力。如此的壓力把原子的碎屑捆束得非常緊密，好像把一磅物質塞進一個指韜裏。只因原子碎裂，才能被捆束到如此緊密。

對於這種狀態的物質，我們永不能在實驗室裏加以實驗——真的，我們假使嘗試，必至喪生，因爲，依粗略的計算，在太陽核心的熱度必有四千或五十兆度之高。甚至一個針頭大的物質在此熱度也會輻射出非常多的能到空間裏去。我們要想補償該針頭物質的消耗并保持該針頭物質的熱度，必需一個約三〇〇〇兆兆的馬力的引擎。如此發射着輻射能的形態必是一種無可抗拒的可怖的疾風。在十分接近針頭處，輻射流必產生一個每方吋有數百萬噸的壓力。就是這樣的壓力所演出的機能，維持太陽於不墜；尤演出更重要的機能，把更厚重的恆星吹張得如廣大的水泡一樣的稀薄。甚至離開針頭一百嗎之遠，輻射能的疾風的猛烈會吹坍

萬里長城，而且任何人若冒入發起此疾風的針頭的周圍一千哩之內，他會立刻被吹皺起來。

第七章 恆星

太陽不過是一個很普通的恆星，但人類曾經歷悠久的年代方才發現這事。也許不足驚怪，因為太陽在我們看來確不大像一個普通的星。當然其故是：太陽比任何其他恆星來得接近我們。

大家知道古人怎樣的想像着大地爲宇宙之固定中心，其餘一切都繞大地運行。衆星不過形成一幅光明的背景，對着這幅背景可畫出太陽月亮行星的運動。他們以爲衆星是黏貼在蒼穹裏面，這個蒼穹蓋着大地迴轉，頗如望遠鏡的圓頂蓋着鏡底迴轉，又『如有人可把一頂帽子蓋着他的頭迴轉』。雖有少數較富哲學思想的希臘人主張地繞日行，却沒有方法使他們的意見或論證普及於世人，所以當世界逐漸淹沒在中古的理智黑暗中的時候，這些卓見特識就被遺忘了。其後，到一五四三年，一個波蘭僧人哥白尼才提出見解和論證，很類似一千八百年前薩摩斯的亞利斯他克所闡明的學說，雖然他所受教於這位希臘前驅的程度是不得而詳。

總之，哥白尼宣稱太陽系之中心乃太陽而非地球，地球不過一行星，亦如一切其他行星，環繞太陽運行。

著名的丹麥天文家第谷·布刺厄(Tycho Brahe)以及許多人反對此一千八百歲的正言而提出的非難亦近一千八

百歲了。其實阿基米德從前已提出恰正同樣的非難，反對薩摩斯的亞利斯他克的前述見解。總之，那非難是：倘使地真是繞日而運行空間的，則衆星的外觀陣容應不斷變遷；散步園中，則見樹林的陣容不斷地變遷；一棵樹似乎退向另一棵樹的背後，第三棵又突然出現，如此不斷移換。可是，一隻在薔薇蕊上蠕行的綠蚜蟲就不容易看出樹林陣容的如此變遷——牠的薔薇蕊是太小了。反對哥白尼的人辯道：既看不出星辰的陣容中發生那樣的變遷，則大地必是靜止在空間。他們却不知：當作天上大花園的物象而觀，地球軌道乃至整個太陽系是比最小的薔薇蕊還要小呢。正如哥白尼前一千八百年的亞利斯他克所說的，地球繞日的全軌道對於宇宙正如一個球體的中心對於球面，有同樣的比率。

雖然，星辰的位置若用有力的望遠鏡加以測量，則見其外觀陣容是不斷變遷的。有兩種分別的變遷。太陽不斷地徐徐追過衆星，拉着我們和它一道緩緩前進，星界的景象的變遷正如我們馳騁森林時的大地景象的變遷。但除此之外，地球繞日的運動產生另一種變遷。七月的天看來會和正月的天不同，因為在正月與七月之間我們繞日運行一百八十六兆哩到了地球軌道的對面。再輪到正月時，萬物又復返於舊年正月的狀態，因為地球走完了它的軌道，我們又重歸於原來對日的位置。

我們若就地上着想，這一百八十六兆哩的地球運動似乎是個荒唐的遠程；就天界的範圍講，這是微而又微，以致天文家很久還不能偵察它所引起的星位外觀上的小改移。這其實到一八三八年才始偵察出來，那時對於衆星遠近的測量才成爲可能。

精密的現代測量表明最近的恆星幾乎比最近的行星恰遠一百萬倍。前已看到行星散處太陽系中是怎樣的稀疎；現在看來恆星在空間甚至比行星在太陽系更形空寂。五隻水果放在地球的五洲——一隻蘋果放在歐羅巴，一隻梨子放在亞細亞，一顆櫻桃放在亞美利加，餘做此——差可比擬恆星的大小及其彼此的距離。我們當即了解爲何只見恆星如光點而已，更可明瞭即使各恆星亦如我們的太陽環擁着行星，亦將覺此等行星太暗淡又太貼近其中心太陽以致不能被看出是分立的物體。

若拿六隻黃蜂放在一個長千哩廣千哩高千哩的籠中盲目地飛着，便又差可比擬恆星的距離。若使這些黃蜂飛得很慢，慢到牠們的移動約僅及蝸步百分之一，則又可用以表出恆星(在宇宙中)運動的速度。

黃蜂既以如此緩慢的速度在牠們的巨籠中四飛，就不會頻頻互撞，甚至不會相接近飛過。可是，只有當恆星相碰的時候才能產生如我們的地球的行星——其過程前已敘及

(第五章末) 只有當這種時候才最有產生行星的概然性。因此之故，行星的產生必是一件希罕的事情，且因宇宙不是永遠存在的，行星本身亦必是很希罕的。人們常以為每個恆星施放光明給一班感從的行星，并維持諸行星上面的生活，但現在看來好像行星是希罕的例外(破格)；依最有利的推想，似乎每十萬恆星中約僅一個恆星能有一族行星受它管護。

恆星的視亮度彼此絕相懸殊。這有兩個各別的原因——一恆星本身所稟的亮度不同，又它和我們距離的遠近不同。一個恆星可因它本身是很亮的物體，或因它隣近於我們，而看得亮。如我們的太陽，即屬於後一原因之顯例。當然此二因由亦可兼有。

我們若知一恆星的距離，即能說出它的視明暗有多少可歸於距離，有多少可歸於稟明暗。這使我們可能比較各恆星的稟亮度——或用術語，即發光本領。方法如下。依照有名的物理學定律，光隨距離的逆平方而減少；舉個簡單的例證，我們從街燈走到比現在加倍的距離，它會看得只有四分之一的亮。同此，太陽若放置比現在加一兆倍的遠，它會看得比現在少一兆兆倍的亮。照現在的距離，太陽亮度有十二兆兆的單位，故它若比現在遠離一兆倍，亮度就會減到十二單位；雖仍然看得見，却只是一個很暗淡的恆星。

天空多數恆星發光亮度在十二單位以上，其中除三個——天狼星，半人馬座 α 星，小狗座 α 星——之外，全都比太陽遠一百萬餘倍。那末，所有這些星必都是稟賦較亮於太陽。天狼星，半人馬座 α 星，小狗座 α 星所稟亦比太陽亮。凡我們能用肉眼看見的大多數恆星亦皆如此。廣汎地講，凡在天空看得很明朗的恆星都是稟賦的比太陽亮些。

天狼星，顯爲天空最亮的恆星，有五十一兆兆哩之遠，約五十五萬倍於太陽之遠。倘把太陽放置天狼星的地位，它會只有四〇單位的亮度，而天狼星却有一〇八〇單位的亮度。故天狼星乃一非常輝耀的恆星——二十七倍於太陽之輝耀。它輝煌的外觀由於兩個造成輝煌的要素之有利的結合。它既本身很亮而又很近。在我們不用望遠鏡看得見的五〇〇〇恆星之中只由一個比天狼星近。

許多極近的恆星因稟賦的發光本領很低，雖近而全非肉眼所能見，必需十分強率的望遠鏡。已知的最近恆星即比隣星(Proxima)僅有六分之一單位的亮度，是暗淡的很，故至極輓近方才發現。它的稟賦發光本領很低，約僅放出太陽光的二〇,〇〇〇分之一。假使讓它代替我們的太陽，將使地球變成比現在的冥王星還要冷得多，而人們須與盡將凍硬。

在階程之另一端，無數的恆星稟賦甚至比天狼星還更

亮些，但是看來在天空中不大亮，則因距離較遠。最亮的劍魚星(S. Doradus)至少放出比太陽多三〇〇,〇〇〇倍的輻射，所以假使突然由它代替太陽，我們在數秒鐘內必至烘焦，而在幾小時內盡化爲汽——連山河大地以及一切。

不過，大多數恆星比太陽暗淡些。空間上和太陽最相鄰近的三十個恆星之中只有三個比太陽亮些，其餘二十七個大抵比較很暗。即此尚非全部故事，因須補充一節：我們恰係居住某部分的天空，這裏的恆星很顯然的是在平常發光本領以上。

一恆星的視亮度憑依兩個要素，即它的遠近和它的稟賦發光本領。後一要素即恆星的稟賦發光本領，又復憑依兩個要素——恆星的大小及其每方吋表面發出的輻射量。例如，我們發見天狼星是二十七倍於太陽的光耀。但究竟天狼星是否有較太陽大二十七倍的表面，或是否與太陽同樣大小而每方吋發出之輻射則較多二十七倍，或是另有什麼大小和輻射量的其他結合使它有這般光耀，依然爲未決的問題。

恆星光譜便提供解答此類問題的方法。因我們可由恆星的光譜而知它每方吋的表面發出多少輻射，由此便可推知恆星的實際大小。

一個恆星光譜的性質依存於該恆星表面的溫度。種種

不同的光譜相應於不同的溫度，結果是：除了細節的微末差異之外，凡光譜皆可排列在一單獨的連續線系。從此線系之一端到另一端，就是通過恆星表面的連溫度的續射程。若能把一個單獨的恆星的表面逐漸加熱，必發見它的光譜相繼通過全部順序。的確，有時自然界替我們舉行這個實驗；某些名爲『變光星』(variables) 的恆星便自發自動地這樣變化，我們只須注意事象的發生，以觀測在自然界自己的實驗室裏所證明光譜的連續順序。

•任何表面所發射的輻射量，亦依存於表面的溫度；一個物質加熱起來便輻射愈多的能。真熱的煤炭火，如我們在火車頭的火室中所見的，或可輻射出每方吋四分之一馬力的能。在一個電弧中的很熱的炭可輻射出每方吋六馬力之多。

兩個恆星若表現同一的或很相似的光譜——例如天狼星與白明星(圖八十及八十一)——我們便知兩恆星的表面必具同樣溫度，因而發射每方吋同量的能。所以在兩個這樣恆星的稟賦發光本領之間苟有任何差別，只能由它倆的大小的差別而生。反之，兩個恆星苟有不同的光譜，它倆表面必具不同的溫度，因而發射每方吋不同量的能。前述形成順序的光譜可藉各異的溫度與每方吋各異的發射能而加以辨認。

形成這順序的一端的光譜所表示的溫度不逾攝氏一四〇〇度，在這溫度每方吋恆星表面約僅放出四分之一馬力——約等於真熱的煤炭火。我們見過，一塊鐵受熱時怎樣引起它外觀的色的變化依循着光譜的程序，由紅端而趨於紫端。恆星亦然。最冷的恆星因溫度很低，其輻射便幾乎全在光譜的紅端；其實僅達紅熱。在眼睛看來，它們許多呈紅色，至少亦帶紅色，故名紅星。

大約在順序的中途便有類似太陽的光譜。這些光譜所示溫度約為攝氏五六〇〇度。每方吋的表面在這溫度放出約五十馬力。我們可照下列辦法來檢驗此種估量的精確性。

若果測量多少日光落到一方吋的地面上，便可先計算多少落到全地球上，其次再計算多少為太陽所放出。若以太陽全面的方吋的數除此數，即能求得太陽表面每方吋所放出的日光多少。我們得知太陽表面每方吋所放出的日光的能當量正為五十馬力——足夠推動一輛快車日日夜夜運行數百萬年之久，然而不是永遠的，因為甚至太陽的廣大蓄積的能亦必有窮期。單單一個火車頭所能站立的面積便要放出足夠駛盡不列顛羣島的全數鐵路的能。

在順序的遠端的光譜所示溫度恐有攝氏六〇，〇〇〇或七〇，〇〇〇度，會使每方吋的恆星表面放出五〇〇，〇〇〇至一，〇〇〇，〇〇〇馬力的能——僅用一張郵票可

掩蔽的恆星面積便要放出足夠駛盡大西洋上全數定期船的能。由此等恆星而來的輻射的大體是不可見的，遠在光譜紫端之外。可見的輻射大多集中於紫端，故往往稱其恆星為青星。

依此，一個恆星的光譜告訴我們它每方吋的表面發射多少的能。苟知恆星的稟賦發光本領，自知該星全表面所輻射的能的總量。現在一個簡單的除法示人以該星有多少方吋的面積，由此計算該恆星的直徑和大小，是件容易的事。

此等計算的結果是很有趣的，尤其因為表明恆星的大小並非僅僅偶然無定的數量，而是和恆星的物理狀態有着密切的關係。讓我們探討這種關係，逐漸從最大的恆星講到最小的。

最大的恆星一律都是紅的冷的。它們只發出每方吋約四分之一馬力的輻射，因而需要許多方吋去發洩它們的熱。它們是大莫與京的恆星，被輻射的壓力吹開得像巨大的水泡，前已提及。我們說過，倘使劍魚星或比隣星替代太陽，必招致災害的結局。倘使讓這些巨大的紅星之一來代替太陽，結局必更招災害，因為我們要發覺自身被罩在它裏面；此等恆星比地球全軌道還要大些。的確，僅係所知的最大恆星（天蠟宮主星，Antares）便有比太陽大四五〇倍的直徑——約四〇〇兆哩。在它裏面可包裝六〇兆個的太陽，而尚有餘

地。我們的火箭，平均每秒行五(五萬)哩，需時二天到月亮。我們若嘗試以同樣的速度通過太陽則需一星期，但我們若嘗試以同樣的速度通過此巨星，應需九年。無怪天文家稱這些星爲「巨星」(giants)。

茲請想像我們在測量全數恆星，把它們依大小的次序列成一排。我們將發見它們的排列亦頗可依循色的次序。剛才說過，很大的恆星都是紅的；我們現在走向較小的恆星去，只見紅色漸漸減退，如此前進，最後我們達到比較很小的恆星，恐怕只有十或廿倍於太陽的直徑。此等星的表面約僅爲紅巨星的千分之一，因此，要發出同量的輻射，必須從每方吋多發一千倍的能。既然如此，無怪要覺得這些恆星的溫度極高；此即前述的很熱的青星。

我們現在似乎用盡了可能的色，亦即光譜的全程，以求恆星，不過我們只沿着可能的大小的範圍，作短近的遊行，因爲大多數的恆星是遠小於上述的十或廿倍於太陽直徑的青星。實際上我們若走向這些更小的恆星，便只見諸色及光譜之程序不過在重複中。我們發覺，這些更小的恆星不是更熱更青，而又是更冷更紅了。因此，不僅全表面的方吋數更少，而且每方吋所發出的輻射量亦更少。顯然，它們是比前述的紅巨星還要暗淡得多。最後我們臨到恰和紅巨星一樣紅冷而體積却小得多的恆星。此等星名曰「紅矮星」(dwarfs)

——是妥當的因其大多數是比我們的太陽更小得多，約僅有紅巨星的直徑千分之一而已。這樣的一個紅矮星若用本頁上面的一個斷句點來加以表象，則紅巨星當用一個馬車輪來加以表象。

以上我們得到三種主要的恆星典型：

很大的(巨星)——紅而冷。

中等大小的——青而熱。

很小的(矮星)——又復紅而冷。

但此尚未達到的(矮小)極界，現今知道甚至還有比紅矮星更小的恆星的存在。最小的紅矮星仍有木星或土星一般的大——只有太陽千分之一的，却還比地球一千倍的大。已知的最小恆星約僅有地球的大。此等恆星名曰『白矮星』(White dwarfs)，因為大都是白色的。其光譜常相應於攝氏一〇,〇〇〇度或更高的溫度。如此高溫使其每吋表面輻射強烈，但因表面如此小，以致總輻射畢竟甚小；因其如此暗淡，故迄今尚只發現少數。

前已言之，太陽發射一切波長的光，雖大量放出的光約僅佔四個倍頻程，而豐盈地送達我們的僅一個倍頻程而已。前亦說過，有很多恆星比太陽更冷得多。若稱太陽為白熱，則須稱此等恆星為紅熱而已，它們所發出的輻射比太陽的輻射低一個甚至二個倍頻程。假使太陽也發出這樣的輻射，

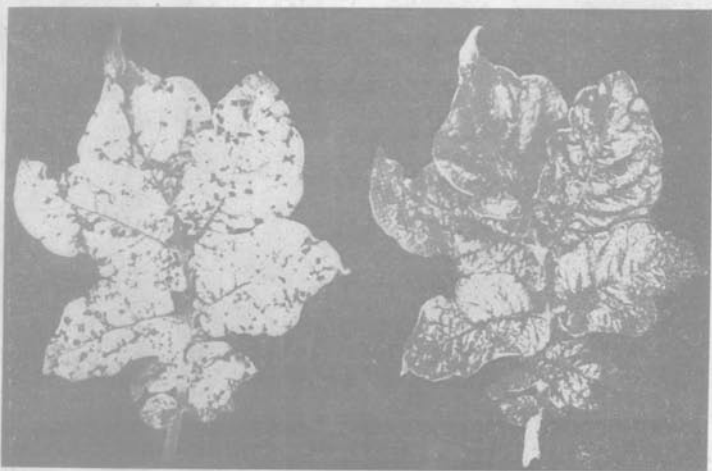
則可假定，我們的眼睛必適應它，而我們的可見光譜必較低一二個倍頻程。我們將完全不能看見現在所能見的綠青等等，但只能看見在我們語言上無名的色，即我們現在所視而不見的色。草，現在吸收綠以外的一切色，將呈白色，而天空將呈黑色。一般的景色將看得似三十七圖所示之紅外照相，而圖八十八、八十九之紅外圖提示生物的腠理細點將變得和現在不同。

此等紅星既冷於太陽，便發出太陽光譜的紅外邊的光。熱於太陽的恆星自然發出其他一邊即紫外邊的光譜。例如，天狼星溫度約比太陽加倍，便發出比太陽高一個倍頻程的光譜。在尋常照相中，如圖七十九至八十三所示的，或似不然，因尋常照相只表現着趨向紅色的尾端——大多數的光是紫外的，故被地球大氣的臭氧層所隔斷。假使天狼星也有行星，那些行星的居民的眼睛大概會適應紫外色，這在我們又因看不見，是沒有名目的。在那樣居民的生活必大不同。舉個細瑣的事例，玻璃對紫外光是不透明的，故他們的房屋不能用玻璃做窗戶。反之，玻璃却是很可用作房屋的牆壁。空氣由於散射，對紫外光是幾乎不透明的，它若多含臭氧，即全不透明，故天狼星系假使也有和我們一樣的大氣，他們的天必永呈漆黑。

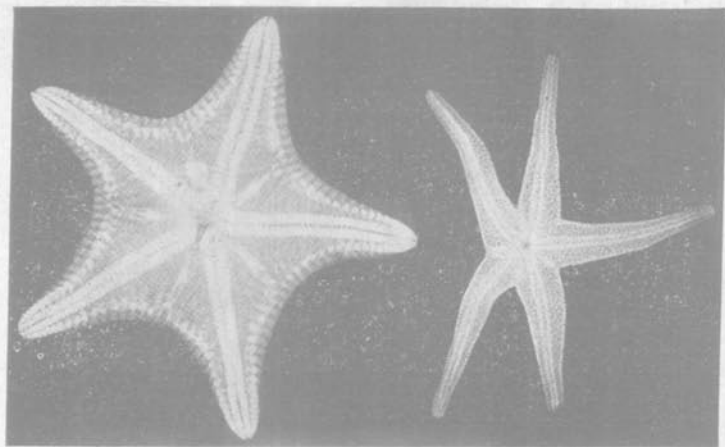
最熱恆星發出之光譜比太陽光譜高三個或三個半的倍



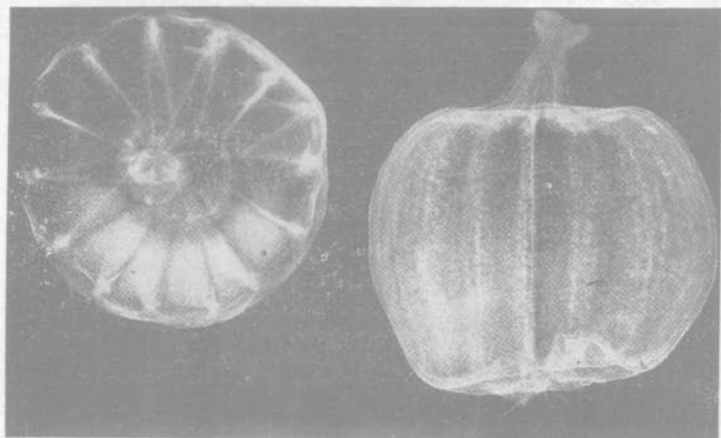
圖八十八 用紅外光與尋常光分別攝取的一個南非土番的照相。皮膚的暗黑素色對於紅外光是透明的。



圖八十九 用紅外光與尋常光分別攝照的馬鈴薯葉。紅外光照之黑斑指出馬鈴薯患寄生菌病，在尋常光中所攝之照則不能看見。



圖九十一 用X-輻射所見的星魚



圖九十一 用X-輻射所見的墨栗柱頭

頻程。若要尋求波長比此更短的光，必須走進恆星之內部。若能提取太陽內部數千哩的輻射，即得類似天狼星的光譜；稍進，光譜更高一個倍頻程，餘仿此。太陽的中心或大多數恆星的中心，光譜約高十三個倍頻程；此種輻射即名X輻射。大多數物質對於此種光是透明的，故我們若居住恆星裏面，則貝殼花果等等將呈圖九十、九十一所示形相。

以上敘述，僅及恆星之可察見的性質，如溫度及大小。茲進論更根本的東西——恆星所含質之總量，名曰『質量』。我們要想求知一物體在地上含有多少質，通常是權衡它的輕重，這就是說，我們測量它與地球之間的攝引。我們亦可同樣來權衡恆星的輕重，從而求出它們含有多少質。

大多數恆星是孤獨進行於空間，但偶然也有成雙成對的偕行的恆星，形成所謂雙星或聯星系。每個星以其攝引緊抱着另一個星，故二星偕行於空間，彼此互相環繞而成軌道。它倆會合的原故正如太陽和地球；攝力太強不許它們分袂——兩者都乏充分速度可彼此跳離。

這種聯星系本身是很有趣的，但尤其有趣的在其提供權衡恆星的機會。在一聯星系之中每個成員環繞他個而行，略似地球環繞太陽而行，惟有一顯著的差別。地球質量比太陽小得多（一與三三二，〇〇〇之比），故太陽的運動不受地球孱弱的攝引所攪擾。反之，在真正的聯星系中，二星質量

勢均力敵。因此，在攝引的事體上，殊有平等的享受，故二星無一能適為其他之中心，却是雙雙沿着二者間的某點而繞轉。我們注意此星對彼星有多少攝引，即能得到二星的重量的比率。如果我們也能測量軌道的大小，便能得知二星的實在重量。

有時形成聯星系的二星的大小顏色以及發光本領都十分相同，這樣的對偶可適當的稱為良美的匹配。在最亮最熱的恆星，這樣良美匹配的對偶尤為頻見。真的，最亮最熱的恆星往往成為聯星系的成員。在這種情形裏，兩個成員往往極相緊湊：甚至接觸，或——在極端情形裏——重疊。成員如此密湊的恆星好像本來是一塊單獨的質量，因旋轉太速以致喪失安全而分裂為二——正如一個飛輪旋得太快是容易破碎的。

在別樣情形裏，兩星是極不相稱的不良配偶。一淺顯的事例是天狼星，它和一個白矮星結為一種聯星系。主星，即在天空如此輝煌的天狼星，有着太陽一半大的直徑，而它的白矮伴星却只有太陽三十分之一的直徑。紅巨星鯨魚座 α 星 (O Ceti) 可為更極端的例子。它有四〇〇倍於太陽的直徑，却和一個白矮星結為聯星系，這白矮星的直徑還不詳悉，但祇能有主星的直徑萬分之一。把主星比馬車輪，則白矮伴星不過一粒沙——或不過一點微塵。

雖然大小懸殊，質量却往往發見是十分相等，那廣大絕倫的主星只有五倍或十倍於其微小伴星的質量。一般地講，甚至白矮星好像有着可與普通恆星相侔的質量。它們大小如地球，質量却如太陽。這當然就是說，一個白矮星的質必裝得比太陽的質更無限緊密。太陽的平均每噸物質約佔一立方碼，但普通白矮星的平均每噸物質則可塞進一個指韜。比照起來鯨魚座 θ 星這巨大恆星的平均每噸物質所佔空間約等於滯鐵盧車站的地場。

處在地球的境遇，要把物質軋擠得像在白矮星裏一樣緊密是不可能的。此等恆星的祕密是：它們的原子破裂為分離的構成素的質點。我們在太陽裏越往下走，覺得溫度越來越熱，而原子越多破裂。在白矮星的中心，且比太陽的中心更加無比的熱，所以原子完全分裂，而可裝進極小的空間。

大多數聯星系並不屬於上述的動人觀聽的典型，而是包含兩個成員常常既非極相接近亦非極相殊異。例如第九十二圖示一九〇八，一九一五，及一九二〇年所攝取的很尋常的聯星克律革六〇號(Kruger 60)的照相。若做到巨數的這類觀察，便容易畫完軌道，再計算兩成員的質量；克律革六〇號這個聯星系的質量為太陽的四分之一與五分之一。少數的聯星系的成員所有質量更少於此，但在他方向則有比太陽多至數百倍的質量。

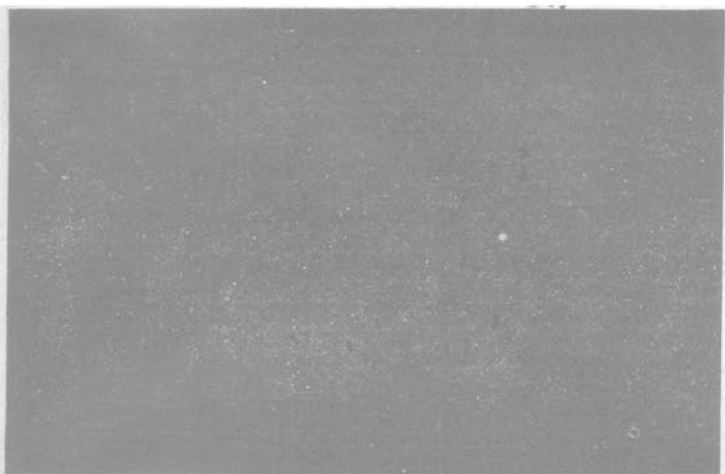
克律革六一號星之二成員互相繞行一周需時五十五年（地球年）對於一個聯星系，這還算是十分迅速的繞轉週期；許多聯星系有數千年數百千年的繞轉週期。

在其他極端則有週期很短的約僅數天或數小時的聯星系。對於這種聯星系，除單獨的光點以外，不能看見或攝照什麼，因為二成員太相逼近，不能在望遠鏡中看出是分立的二星。有時候這種聯星系的軌道在空間的定位使其一成員在完成繞轉的每週總有一次走到地球與其他一成員之間。在這種時候，第二成員的光明就被蝕了，該星的總光便暫時減少。此種聯星系稱為蝕的變光星。在有利的情形之下加以觀察，可由總光的變化推求全部的運動而計算軌道的大小，並計算兩成員恆星的直徑和質量。

我們要看見一個聯星系受任何蝕的影響，必須兩星的軌道的形勢使一成員從地球上看去是直接走過其他一成員的面前。但尚無別法可知某星系是聯星的。

一輛火車或摩托車響着汽笛或號角而疾馳經過我們的時候，我們覺得車駛遠時音調低落。這種音調的低落乃由聲音的波狀性而來；我們的耳每秒所收入的聲波在火車向我們駛近時必然多於火車從我們遠離時。

光亦是波性的，所以當一個恆星向我們移近之時，我們的眼睛每秒所收入的光波總多於該星不移近之時，因而該



圖九十四 全前(圖九三)的星野,展露至二十等的恆星。



圖九十五 仍全前圖的星野,展露恆星至十五等(在最亮恆星周圍的模型當然僅係儀器的缺點)。



1908年7月

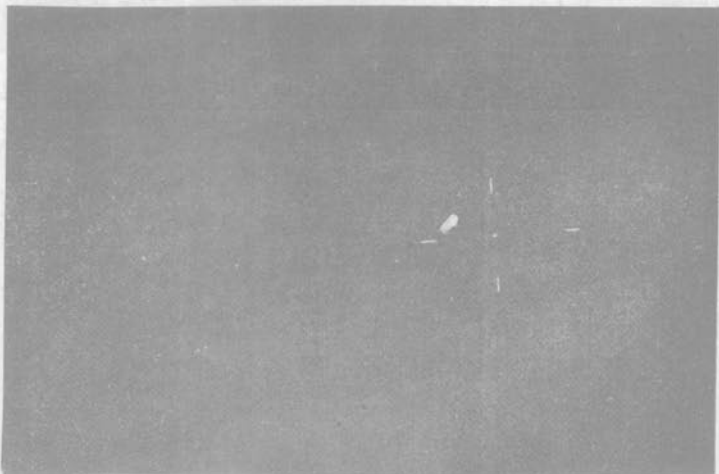


1915年9月



1920年7月

圖九十二 克律革60號聯星系(左上角)在 1908,1915,1920 各年夏天分別看見的。二成員互相繞轉一周需時五十五年,故至1963它倆將重返於左圖之位置。



圖九十三 御夫星座一小部份,展露比第九等(用針向指示)較亮的唯一恆星。此為後列圖九十四至九十七諸圖之第一圖。

星的色更現得青些。若恆星從我們遠離，則眼所收波較少，光的色就呈現較紅於其常態。故我們研究一恆星的光譜，即能說出它是從我們遠離還是向我們趨進。光譜若含有界限判然分明的線，我們就能極精確地測量這些線移位的總數，并由此而推知恆星的趨進或遠離的準速度。

光譜線的移位可年年有恰正同一的總數；依此情形，我們便知恆星是以完全均等的速度向着我們或背着我們而運行。在別種情形，光譜線的移位則不斷地變異，故恆星的運動速度必不斷地變化，我們便推斷那恆星的軌道是繞着一個伴侶星，這個伴侶星非全黑暗即甚暗淡，致我們看不見它的光譜。有時，如大熊座ζ星(ζ Ursae Majoris)——其光譜見圖八十三——的情形，則兩個成員的光譜都看得見，我們就能確定地計算兩星的軌道，好像觀測恆星本身在空間的運行。既知軌道，即可再計算兩成員恆星的質量。

然則計算恆星質量的方法固有甚多。無論我們用何種方法，巨星及青星常比矮星厚重得多。現今確知重量的最厚重的恆星是一個青星，名曰普拉斯蓋脫氏星(Plaskett's star)，其中的成員各有百倍於太陽的重量。

由上述方法我們得到關於恆星質量、大小及溫度之鉅大知識庫。幾年之前，天文學家關於恆星，除了在天空的座位和名稱以外，只能給我們以很貧乏的知識、但現在他們能

大大地增加關於每個恆星的豐富知識。這大大地激增我們研究天空的興趣，且使我們能著眼於恆星的大小、空間運動、重量、顏色以及其他物理特徵。

我們研究恆星，往往發覺一個星座不是僅僅偶然的羣星的劃分：星座的主星每見有很相類的物理組織同時又都以同一速度運行於同一方向，可知它們是有物理的關聯。

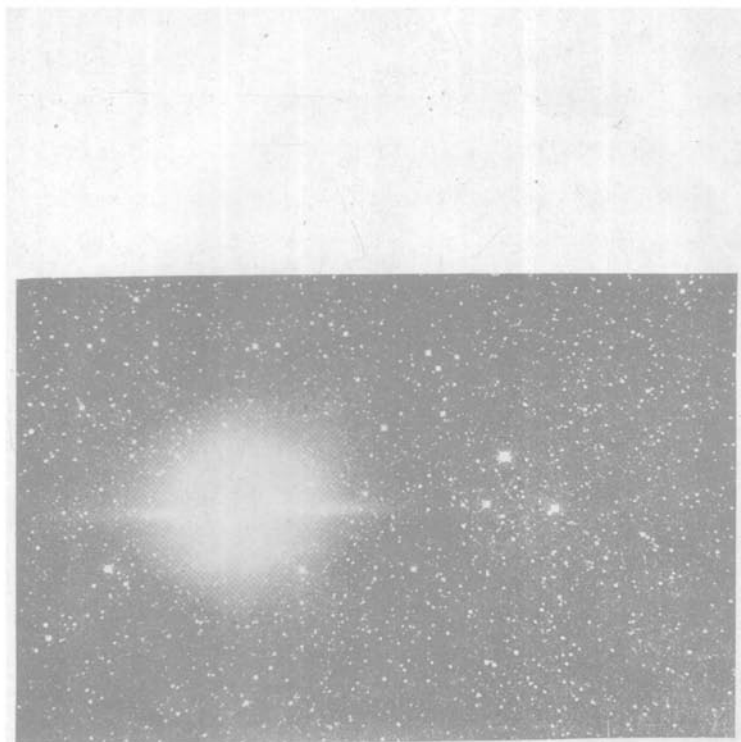
在獵戶座的恆星中所可找到顯明的事例。除却全星座中最亮的恆星即獵戶座肩部一等變光星(α Orionis 或 Betelgeux) 之外，實際全數較亮恆星都以同一方向同一速度運行。它們的物理特徵亦甚相類，把它們比擬一羣相稱的鳥雀，是很自然的。除出例外的肩部一等變光星，其餘十二個最亮的恆星都是非常熱，非常亮，非常重。它們都是青色的，且屬於一班恆星，這班恆星的成員是非常容易分裂成爲聯星系；其實此十二個之中，除却一個，全都是已成或可成爲聯星的。十二個之中，最亮的即獵戶座左足第二星(Rigel 或 β Orionis) 特別饒趣，因爲是已知的最能發光的恆星，它的稟賦發光本領約一五，〇〇〇倍於太陽的。

我們若從獵戶星座走到大熊星座去，便領略一個稍微不同的故事，雖然體裁大致一樣。幾乎全數的星又是一色的，但這回是白的。它們形成一星羣，不及獵戶座的壯麗。這羣雖頗可觀，而是比較很接近我們，且完全司空見慣了。著

(空間和時間的巡禮 100頁後)



圖九十六 全前星野，展示恆星至第十八等。



圖九十七 全前星野, 展示恆星至第二十等。

名的北斗七星(Plough)有六個星是白的，在物理特徵上甚類天狼星。它們都比太陽爲較大較熱較亮較重，雖然不及獵戶座恆星遠甚。又、全星座最亮的恆星，大熊星座 α 星(α Ursae Majoris 或 Dubhe)，卓然離開其餘，爲一個大冷紅星，沿自己路線運動。北斗七星只有三個爲聯星，因大熊座恆星幾乎已在一切聯星的發光本領及溫度之水平線下。

我們已看出那些形成星座的明顯的恆星大多是比太陽亮些。依天界的比例，它們亦是頗近的。因爲，即最亮的恆星若果離我們很遠便亦不能用肉眼窺見，可是星座裏的大多數顯明的恆星却很容易由肉眼窺見。故可確定它們是非常亮亦非常近的。的確，假使全個天空中最顯明的恆星之非常輝煌不是產生於有利的條件之結合，那就奇了。

若想研究平凡的恆星，必須藉助於望遠鏡。我們已知望遠鏡是怎樣的把光收集，很有力地增大我們眼睛的瞳子的直徑。一架望遠鏡有着十倍於我們眼睛的孔竅，自能使我們看見各等天界物象在某距離上比用肉眼看的較大十倍。故若恆星均勻分布於空間，則由望遠鏡應比由肉眼多窺見一千倍的恆星。倘使用二十倍於我們眼睛的孔竅的望遠鏡，應多見八千倍的恆星，如是推至無窮。但是我們在實際舉行此種實驗時，則發覺此定律僅限於某一定距離爲有效。若超過限度便失效；看到的星數並不如我們根據此定律所

預期者之多，好像有些星脫失了地位。由此當然可知空間不是均勻的充滿着恆星。我們由望遠鏡窺測的工作若再進行，會達到一個極限，恆星漸少。我們因注意此定律開始失效的地方而發現此極限產生的地方。

圖九十三至九十七有五張星野照相，可示該方法之作用如何。以不同的露光度攝取同一星野，這些露光度的調準務求每張（除最後一張）展示恆星等級比其前一張較暗三等。一個恆星比另一個較暗三等，其亮度約為後者十六分之一（見圖四十二）。這是容易表白的，假使空間是均勻的充滿着恆星，則每張照相（除却最後的）應較其前一張多含有六十四倍的恆星；對於最後一張，比率當為十六。

實際則在繼起的照片上的恆星數目反而遠在此數之下，可見在順序上便早就碰到恆星系統的極限了。

赫瑟爾(Herschel)氏父子兩人用同樣方法明細地畫出我們的太陽所附屬的恆星系之形狀與極限。假使太陽處在一球狀星團的中心，則極限顯然應在各方向都有同一的距離。實際上，極限被發見是在不同的方向便有不同的距離。

我們在海中或走過平地的時候若遇大雪，便見雪花在各方面圍繞着我們，且在外觀上成為雪的曖昧的障礙，而向天仰望，則可比較清楚。差別的緣故當然是因為雪沿地平的各方向圍繞我們許多哩，至於它沿垂直的方向伸展最多一

哩。

赫瑟爾父子發見恆星的陣容(排列)有似大雪中——即在一平圓盤中——的雪花，而斷定恆星系統的形狀必有些似一陣大雪或似一個馬車輪。他們認為太陽大約近在中心點，但現今我們知道關於此點他們是錯的。他們的望遠鏡率不足以窺到系統邊際的任何近處。太陽距離中心點很遠，雖然它很接近系統的中心(平)面。

我們若沿着這個恆星輪的中心(平)面的方向看去，便正望着系統的最大的可能的厚度，從而應得看到一道幾乎是堅實的恆星牆，亦如我們在大雪中向着地平望去的時侯所見的雪花牆。這道堅實的恆星牆就是『銀河』，在清朗無月的夜間我們能見它橫架天空如一帶淡淡的微光。銀河的成分在伽利略以前一向是個神祕，但伽利略的望遠鏡立刻暴露它乃由恆星而成，其實正如二千年前亞拿薩哥拉和德謨頡利圖所曾推想的。這些恆星極遠，以致我們一點也不能希望看出它們是分立的個體，但是無數的遙遠的暗恆星的光之會合便產生一片連續的光雲的錯覺。

我們不由望遠鏡窺的天空便是這套很暗淡的遠星的背景再疊上一套少數形成星座的亮星的前景。望遠鏡的考驗立即將此背景與前景聯綴起來，露着中間的距離，所含的恆星既太暗淡不能個別看得見，而又太疎散不能形成一連續

的光雲。依此發見，太陽是某個恆星系統中之一份子。那系統的形狀，前已言之，如一圓盤式車盤。

測量師測定恆星距離的方法不外是這樣——我們從地球軌道此端運行一八六,〇〇〇,〇〇〇餘哩而達彼端，即注意着一個恆星的視方向因此有幾多變遷。不幸這個方法僅對於十分近的恆星才奏效。人馬座比隣星即最近的恆星，有二五兆兆哩的距離；爲避用巨大數字計，通常舉此種距離爲 $4\frac{1}{4}$ 光年，因光在一年中約行六兆兆哩，要從該星來到地球需行 $4\frac{1}{4}$ 年；我們看見該星，不是它的現狀，而是 $4\frac{1}{4}$ 年前的舊貌。

測量師的方法，能使我們很精確地求得此類恆星的距離，但是十分自然的，對於較遠的恆星就不大奏效了。對於射光要經數百餘年才到達地球的恆星，它就開始失敗，而對於和我們這恆星系統相隣的外區恆星，它就完全無用。要測定此等恆星的距離，必須找到別的方法。

最有用的方法在由恆星的一般物理特徵而估定它的稟亮度。因爲我們若知恆星的稟亮度，以與其視亮度比較，可立即解答恆星的距離。

有三特種典型的恆星，其稟亮度雖有變異，却可十分精確加以測定。前曾提及，凡青星皆甚亮。其實它們的稟亮度

幾乎盡恃所謂青色度，換言之，恃該星之準確的光譜型。對於所謂紅巨星的極大恆星亦是這樣。

因此，研究這兩種恆星的光譜，便能發現恆星的稟亮度，並從而推知它們的距離。

然而，尚有第三等恆星，其距離可更加以精確的測定。這些便是所謂仙王座(Cepheid)和長期變光星；它們發耀不是固定的，它們的亮度却天天不斷的變異着。這種亮度變異的循環在十分合度的期間自行重複，而一恆星的稟賦發光本領幾乎全看此期間之長短；變化最遲慢的恆星就是稟賦最亮的；變化最快的是最不亮的。無論一個變光星如何遠，我們可測量由亮到亮或由暗到暗的時間長短。這個簡單觀測揭示恆星的稟亮度，由此可推知它的距離。

但即使有此種種方法可供運用，倘乏偶然的助力，要明細的畫出恆星系統仍屬難事。那偶然的助力就是由所謂『球狀星團』(globular clusters)的東西所提供的。這類東西的本身是小恆星系統，比起大恆星系統要小得多了，但每系也有數十萬的恆星。這些星團的每個都含有鉅數的仙王座變光星，因此星團的距離容易測定。我們若知一星團的距離，自易於測定它的大小。很有趣的發見是，球狀星團彼此在形狀、大小、及一般排列上幾乎恰正相似——我們不知其故。

把這些星團的位置畫出來，便發現它們形成圓盤狀的集羣；形狀略圓，而且均等地對稱地羅列在銀河兩旁。我們似可假定球狀星團系統的一般排列及位置乃是和恆星系統相應的，故星團告終處恆星系統亦告終。既如此，則恆星系統必有個直徑約二〇〇，〇〇〇光年。但它的中心不是如赫瑟爾所想的與太陽相近，反之，相去約有四〇，〇〇〇光年之遙。

這樣，我們可把銀河系看作圓盤形或車輪形，太陽在它的中心平面，但是距中心點恐怕有半徑三分之一。系統中心是這般遠，甚至它的最亮恆星亦非肉眼所能見；肉眼充其量只能見到射光需一〇〇年可達地球的恆星。此可說明為何朗朗的星座恆星看得似均勻散布於各方向；我們只見到全結構的一小段，而在此小段裏恆星確很均勻散布着。

近年發現恆星的運動，既非偶然的移動亦非均勻的排布；現在似可確信全系統一中心軸而自轉，頗如車輪繞車轂而自轉。恆星大輪的這種自轉以每秒二〇〇哩的速度把太陽捲過空間，但此輪碩大無朋，使太陽必須以此速度運行二五〇兆年方能完全環繞車轂一周。

這樣的旋轉速度幾乎是不可思議的緩慢——二五〇兆年一轉。要鑒識此中意味，請把旋轉的車輪比擬時鐘的時針，十二小時完成一次迴轉。若使它緩慢下去直至如恆星系

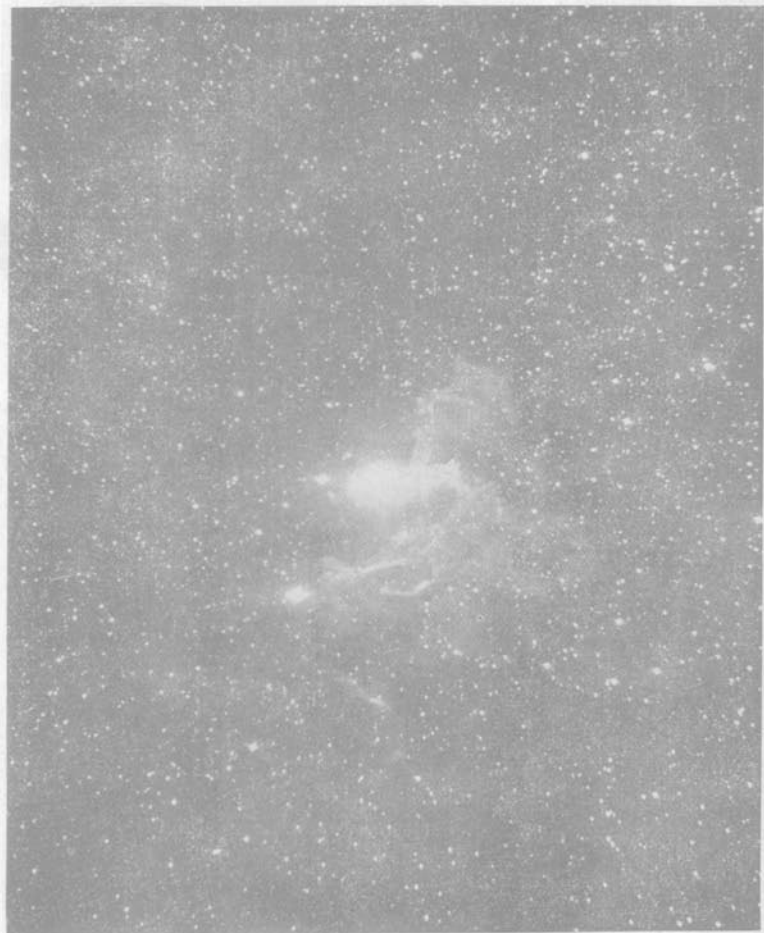


圖九十八 三個行星狀星雲—— N.G.C.6710 (天琴座之環星雲), N.G.C.2022 及 N.G.C.1501。



(空間時間的巡禮 216 頁後)

圖九十九 昴星團及其周圍之星雲狀態。



圖一百 御夫星座中一單獨恆星及其所照亮的周圍的星雲狀態。

統一樣的速度，那末它現存在的每秒一跳將需五〇〇〇年——幾等於人類文明全史。但是我們研究恆星的壽齡，似可如此大車輪必曾有過數千回或數百千回的完全繞轉。

假使太陽沒有受其他恆星的攝引，它會從旋轉的車輪飛落空間，如泥點從腳踏車輪飛落。這種攝引維持太陽在軌道上運行，正如太陽的攝引維持地球在軌道上運行。我們關於地球軌道的知識使太陽質量的計算成爲可能，故我們關於太陽軌道的知識也使組成大輪的衆恆星的總質量的計算成爲可能。誠然我們覺得大輪中的恆星數不止一百千兆，且很可加倍。

對此繁星我們的肉眼至多約能辨出五〇〇〇個是分明的光點——四〇,〇〇〇,〇〇〇中之一。故對於我們所能看出是星點的每個恆星，必有三九,九九九,九九九個其他恆星不是完全看不見就是埋沒在銀河的一般微光裏。地球上約有二〇〇〇兆居民，故若將恆星均分給全球的居民，則每人約有一〇〇恆星。可是我們若隨便抽籤來決擇恆星，則每人會覺得有四〇〇,〇〇〇對一之差勢，使他不用望遠鏡不能看見一個恆星。

第八章 星雲

月亮和行星看起來是天空中極明顯的物象，但這些是很近的鄰居，只因爲近才見得又亮又大。至若其餘，除了衆恆星之外，我們的肉眼就看不見宇宙的什麼東西了。

一架小望遠鏡或野外鏡能揭示更繁富的恆星界，但它還能揭示另外一些東西。在我們的視域中呈現一類新物象，毛髮蓬鬆的微光區，名曰「星雲」。

“Nebula”（星雲）一語當然是拉丁文雲霧的意思。古代天文家用此語泛指任何外觀上如霧如毛的物象——不呈清楚輪廓的物象。其後發覺星雲分爲三級。

第一級物象名行星狀星雲，完全在我們的恆星系統之內。現今曉得這些本身卽是恆星，被很廣闊的大氣圍繞着，原因尚未全明（圖見九八圖）。我們稱述紅巨星之大，但是這些恆星若把大氣也計算在內，更是大莫與京。我們的火箭每小時行五〇〇〇哩，要通過最大的紅巨星需九年，但是要通過一個這樣的行星狀星雲則需九〇，〇〇〇年。這就是說，若把行星狀星雲看作恆星，則比我們已知的最大恆星更大一〇，〇〇〇倍。

嚴格講，這些星雲是恆星的大氣而非恆星本身。我們從這些大氣透視恆星本身在星雲的中心，這些中心的恆星比

它們周圍的大氣更來得顯著。此等恆星奇小，平均直徑約僅爲太陽直徑五分之一。表面溫度極高，約達攝氏七萬或七萬五千度。此爲宇宙中實際上可觀察到的最高溫度，不過我們知道恆星的內部——觀察不到的——必還有更高的溫度。在一種意義上講，剛才所說的溫度便是內部的溫度，因爲這是在圍繞着恆星的廣大的大氣之底部而非表面所測量的。由此種極小體積與極高溫度可見行星狀星雲的中心恆星是和白矮星屬於同一個總範疇。

第二級星雲所由成的物象在以銀河爲界的恆星系統之內。第一級星雲是環繞着單獨恆星的大氣；第二級星雲則可說是環繞着成羣的有時甚至成座的恆星的大氣。圖九十九示以長久露光所攝之慣熟的昴星團。偶然瞥見這些星，無論用肉眼或由望遠鏡，都不見何種雲霧狀，但若以長露光度而攝照星座，便見每顆星被繞着一片雲霧似的光。圖一〇〇示環繞着一個單獨恆星的雲霧狀態的錯綜內容。

再以更長的露光度攝照，則見環繞各殊恆星的諸多星霧狀態聯合形成一連續光雲，且見巨數的恆星皆浸沈於汪洋無際的星霧狀態的大海。圖一〇一示此種星雲海之一。在許多情形裏，星霧狀態不具光雲之形，而呈暗區，圖一〇二爲一顯著的例。我們似可確定這些暗區的產生乃由於能吸收的物質遮蔽了後面的星光，並且這種吸收作用亦即所

以產生恆星光譜裏的暗線，而剝奪我們大氣的紫外輻射。光由冷氣吸收而由熱氣發射。

這些星雲看來很觸目，但只如月亮和行星那樣的觸目——只因離地較近。講到第三級星雲，則在其本身是觸目的。一個行星狀星雲可發出多於太陽十倍或百倍的光，一個『銀河系的』(galactic)星雲可發出數百倍或數千倍多的光，但第三級的星雲，即『超銀河系的』(extra-galactic)星雲，發出數千兆倍之多。它們較之銀河系星雲的體積更是驚人的龐大，但因離地甚遠，故看來較小較不動人心目。

此三種星雲的形狀及一般外觀既如此各異，故常不難區別。但遇必要時，它們的光譜還能提供進一步的區別法。無論為行星狀的或銀河系的星雲的光，在分光鏡裏加以分析，則見其與地球上已知的各種原子發出同樣的光譜。可知此等星雲僅僅是諸多發耀的原子雲——由其中嵌埋着的衆恆星所燃明的氣體。

反之，超銀河系的星雲產生的光譜則與衆恆星的光譜相類。於是我們自然要猜想這些不是原子雲而是恆星雲。在悠久期間，這不過是一種似乎可信的猜測，但對於它的真確再也不能有懷疑。因為，恰如伽利略的望遠鏡看破銀河為散離的光點，他隨即辨出這些光點是恆星，同樣，現代高率的望遠鏡看破極遠區域的星雲為散離的光點，我們可立即辨

(空間和時間的巡禮 116頁後)



圖一〇一 天盾座之星雲狀態。



圖一〇二 獵戶座星雲。中途亮體為獵戶座 ϵ 星在獵戶的腰帶三星之南。此照
露光十小時，可詳示暗昧星雲物質的雲霧。

出這些光點是恆星。

它們實在是恆星，無可懷疑之理，因為它們實際上複寫着我們自己這系統內的恆星的全部特徵。例如，許多星發耀的光不是穩定的，而是閃動的，正和我們自己這系統裏的仙王座的變光星表現一樣的特徵，完全不錯。新近發見尚有別的物象與我們自己的恆星系統裏慣熟的物象相似。不僅發見各種變化光星，並且發見『新星』(Novae)，這些新星突然閃爍至數千倍於其尋常亮度，於是，乍暗乍明，幾經波動之後，又變淡了。結成球狀的星團也發現了，和我們自己的銀河系統的很相似。那末，這些超銀河系的星雲，至少有一部分，是同我們自己的銀河系極相似的星系，這是無可疑的。

變光星和球狀星團普遍發生於銀河的星系裏，因此我們得以估量這星系的最遠部分的距離。對於較近的超銀河系星雲的距離亦顯然可加以同樣的估量。仙王座及其他變光星可藉光變化之特徵而從這些星雲中認識出來。它們的運動是正同較近的變光星一樣，但因距離較遠，看起來暗淡得多。我們由暗淡程度之差別，立即可知距離遠近之差別。

依此估量，離地最近之二星雲[超銀河系]皆約有八〇〇，〇〇〇光年之遠——我們今日所見此二星雲之光約在八〇〇，〇〇〇年前出發其通過空間的行程，彼時人類初出

現於地上。圖一〇四爲此二近星雲之一，安得羅迷特(仙女座)大星雲。雖在無邊的遼遠，它着實佔據一大部分的天空；倘使滿月亦在同一照片中，必只現出一枚銀幣的大小。且此圖尙未盡呈全星雲的體積。越加研究，越見其大，現在已知它擴張到比照片中所示範圍要大數倍了。

一個物象在這樣無邊的遼遠而又佔滿這許多部分的天空，必顯然是無量大的。我們的火箭飛到月亮需兩天，飛過太陽需一週，飛過一個尋常大恆星需九年，飛過一個行星狀星雲需九〇，〇〇〇年，——但是要多久飛過這個星雲，可就不容易說了。實際上這星雲的直徑約有一〇〇，〇〇〇光年，故需時之久約一、二，〇〇〇兆年。我們須得把這個星雲的照片放大到全歐洲一般大，才能於其中看見一個如太陽一般大的物象。

請注意這個星雲有一種馬車輪的形狀，和我們自己的銀河恆星系相似。誠然，這個星雲的大小，形狀以及一般組織在在足以表示它和我們的恆星系統很相類似。這個星雲，以及許多其他星雲，不但形如車輪，而且旋轉亦如車輪繞轂或中樞而轉。——此又似我們自己的恆星系統。每個輪盤藉其各部攝力的吸引而團結如一緊密的結構，故它的質量可藉我們嘗用以計算太陽及銀河系的質量的方法而加以計算，不過這種計算不能稱爲絕對精確罷了。仙女座星雲每二

○兆年繞其輪殼旋轉一周，據此即可計算它的質量必等於數千兆的太陽的質量——最妥當莫說正正確確多少。

超銀河系的星雲不全是車輪狀的，它們所表現的形狀和一般外觀都異常不齊。不過它們幾乎皆可排列為一單獨的連續的順序。這順序開端的星雲是外觀上毛毛的，狀如球體，其中辨不出衆恆星；這順序終端是純粹的恆星雲，與我們自己的星系相類。只有在這順序的後半段的星雲形似車輪，并且這裏的比擬特別適當，因為許多星雲繞着一種中心瘤或凸出物而迴轉，看來酷肖車輪之殼。若偶從不適宜的角度看那些星雲，這種車輪形或有多少掩蔽（圖一〇三），但若從邊緣望去，則甚顯明，如圖一〇五所示的星雲。我們若得從一切可能的角度觀察現實的星雲，便見上述的順序簡直是依着扁平率為先後而排列的，自球體而至車輪的形狀。

我們散步橡林中的時候，遇見各樣大小的樹木，自長足的森林，而至幼樹，乃至剛由橡實萌生的嫩芽，以及落在地上的橡實。這裏我們所碰見的各階段可依次排列為一連續的順序，從新落下的橡實起，經過萌芽的橡實，嬰孩期橡樹，幼童期橡樹，青春期橡樹，直到長足成年的森林樹。我們很自然地猜想各異的外觀可代表各異的生長階段，因而組成一個『進化(發育)的順序』。但此必仍屬猜想而已；橡樹生長遲遲，我們終不能久待以守視變遷的發生。

講到星雲亦然，任何可計量的變遷必經數億兆年。所以我們不能等待看守星雲的變遷，但是我們可以猜度星雲變遷時從順序上的一階段進向另一階段。若果如此，順序便成爲一種活動電影照相機的軟片，表演着一個星雲的生活史。在順序上任何特殊的星雲，凡在其前的星雲都是這星雲過去某時候已經歷的境地的圖畫；凡在其後的星雲都是這星雲未來某時候將要臨到的境地的圖畫。

星雲形狀的順序還有一種意味，因爲根據推算而知此順序幾乎恰正符合一個大瓦斯球逐漸收縮時所必具的各形狀次第之順序，就是球越收縮，旋轉速度越增加。瓦斯球旋轉越快，形狀越扁平——恰如太陽系諸行星。到相當時候，形狀變得扁平到無可再扁平了；那時旋轉速度的再增加便促成物質從赤道潰散——我們想像地球假使旋轉過分迅速，是會發生這種情形的。我們想像車輪的緣輻即如此形成，車轂乃原始瓦斯球大大扁平化了的遺體。這順序的最後結局特別饒趣，因爲到了那時候瓦斯全體凝成諸多分離的小球。推算起來，每個小球約有一顆現存的恆星一樣的質量。由此當然可推想每個星雲始於一團旋轉的瓦斯質量，這團質量經過，或將經過上述的變遷順序，而終於或將終於一片衆星之雲（一羣恆星）。所以星雲爲衆星之誕生地；在此等地方旋轉的瓦斯團鑄鑄成爲衆星，如我們所見於銀河系中者。



圖一〇三 獵犬座渦“狀星雲”



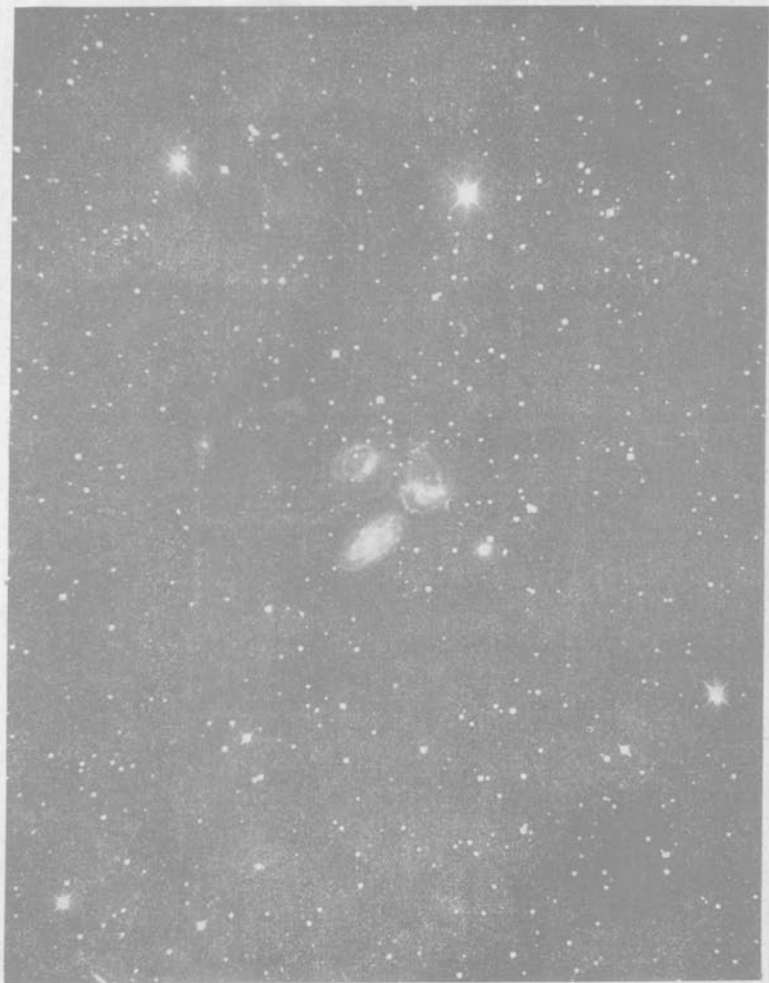
圖一〇四 安得羅迷特(仙女座)大星雲。



圖一〇五 后髮座星雲(N.G.C.4565)

(空間和時間的巡禮(二)頁後)

三個雲的特徵都是車輪狀的，從各種角度觀察，大抵在結構上多少相同。



圖一〇六 飛馬座一羣稠密的星雲。附近中央的星雲皆呈相同的大小和輝煌，故皆處於相同的距離——成個空間稠密的一羣。其餘的星雲看得較小較暗，大概是較遠，故與主羣沒有物理的關聯。

如果這些推想是靠得住的，我們就可追溯地球於太陽，追溯太陽於星雲。但星雲的本身又怎樣產生呢？

大多數的世界開闢論的出發點是假定宇宙始於混沌的瓦斯團。那樣的瓦斯團不能持久均勻徧布於空間，是可想而知的。從鍋裏或機關車的烟突裏出來的蒸汽霧並不持久均勻散布，却趨於凝成小水滴。我們覺得任何種散布空間的瓦斯都是這樣。均勻散布的瓦斯，無論性質如何，必不會穩定，因為任何輕微的攪亂或失整就會無限制地擴大而不得其平。最後，全部瓦斯會凝結或分裂成爲一團一團的較稠密的瓦斯。推算起來，這些瓦斯團當與現存的星雲的規模有些相類，并且大約有着現今所觀察的星雲平均分立的距離。如此在時間上就可更作進一階段的推想。既從地球追蹤到太陽，又從太陽追蹤到星雲，我們現在可完成故事，追蹤星雲到一團混沌的充塞全空間的氣體。

假使星雲是這樣產生的，應該都有差不多一樣的大小，重量，稟亮度。此層實際情形非常近似。兩個同形的星雲看來往往各異其大小及亮度，但是這種外觀的不同幾乎常可全歸於兩星雲距離我們的遠近不同。

如果這是一般的法則，若現今所認定的，那末隨便指定什麼形狀的星雲都可當作標準條件，正如仙王座的變光星，且其距離可由視暗度而估量之。最暗淡星雲可在威爾遜山

的一百吋大望遠鏡加以攝照，其距離證明如此遠：星雲的光射到我們需經一四一兆年，此種距離較之銀河中最遠恆星更遠千倍。約有二兆星雲，其遠如此。

由望遠鏡看來，這些星雲的有趣在形成很美麗饒趣的物象。由世界開闢論看來，甚至更爲饒趣，因其提供我們一種活動電影片，表演着太陽和衆星如何產生。可是新近又因下述情形而引起更濃厚的興趣：原來星雲都似乎正奔離我們——而且以絕可驚的速度奔離着。

我們已知一個恆星的運動怎樣引致它的光譜線的移位——該星若遠離我們則趨紅，若接近我們則趨紫。今覺星雲光譜裏的許多線亦移於反常位置，而此層之最簡單說明即姑認星雲本身是在運動中。

直至最近以前還只能研究少數較近的星雲的光譜，這些光譜似乎表示星雲來來去去幾乎飄忽無定。後來始漸注意到這些運動不是完全混亂的；趨近的星雲大多是在天空的一半，遠離的星雲在另一半。凡此欲加說明，必須假定太陽由空間前進趨向前羣的星雲，如此當然遠離後羣。其速率每秒約數百哩。

現在由銀河的車輪旋轉所提供的運動正是用以證實此種假定。但星雲的視運動不僅僅是太陽通過空間運動之反映。若從星雲的視運動除去太陽的運動，星雲並不就靜止，

亦不見得亂動，如氣體分子。反之，我們發覺全數星雲都從我們遠離。速度幾乎是與其距離適成比例，甚且可以十足如此。

舉成數言，每兆光年的距離是配以每秒一百哩的速度。距地一兆光年的星雲以此速度遠離，距地二兆光年的星雲以二倍此速度遠離，餘類推。就現今所觀察到的最大的遠離速度為每秒一五，〇〇〇哩——約為百萬倍於特別快車的速度。估量起來，達此記錄的星雲有一三五兆光年之遠，故甚逼近望遠鏡視力之極限。

戰場上一顆炸彈爆裂的時候，碎屑以不同的速度飛開，飛射最快的碎屑亦即是飛射最遠的碎屑。在爆裂後的任何時刻，每片碎屑所通過的距離正與其運動速度成比例。這就是說，它的速度要看它離炸彈爆裂的遠近。遠離之星雲，其定律亦正如此。好像過去某時候，宇宙曾突然爆裂成為諸多碎屑，我們的整個銀河系乃諸碎屑之一——即我們人所依戀的那一塊。

然而星雲的運動還可有另一樣的解釋。試想像許多藥枝一同漂浮在一條河流裏。如果河流在某處狹窄，這許多藥枝就相緊擠，到河流又廣闊處，就彼此遠遠散開。散開的時候，凡寄生在任一浮枝上面的昆蟲會看見一切旁的藥枝都從它遠離。如果河流剛剛過一個很狹窄的瓶頸，諸浮枝的遠

離的速度便正與距離成比例，這又是星雲的定律。

若此，關於星雲的運動有兩種可能的解釋，看看很相似，實則根本不同。我們若將星雲比一粒炸彈的碎屑，就得想像星雲是在空間中運動着。但我們若將星雲比浮在河流中的槩枝，河流必為空間本身；則星雲不是在空間中而是跟隨空間運動着——它們是些槩枝，表明空間之流是在怎樣流動。速度與距離成比例之定律暗示空間是在均勻的膨脹中。

大概後一種解釋最好，因為我們現在認空間是曲的，圓的，容量有限的，——類似一個氣球的表面。空間不比球內的空氣，而應比那造成球面的橡皮。這樣我們可在空間上面永遠遊行前進，恰如一隻蒼蠅可繞着這氣球表面永遠爬去。這當然會重遊舊地，但是決可進行無阻，而永不會碰壁。

因此我們相信，倘欲在空間中永遠前進，決不會碰見什麼東西來阻止我們，不過遲早總要回到出發點，有如德類克 (Drake) 氏周航全球。不用說，企圖周航空間是無濟的——一則生涯是太短促了。一條光線或許有較佳的機會，因為它每秒行一〇兆哩，且不限於六七十年的壽命。從前以為一架充分強率的望遠鏡或可讓我們周覽空間，并藉光線看到自己的地球，因那光線出發於許多億兆年之前，曾周遊了全部空間而終復返於出發點。這樣的經驗當然可供給我們一個

很直接而確鑿的關於空間曲率之證明，但是現在我們不復相信如此遠遊之可能，即使乘坐光翼而作電遊。許許多多的天文家設法估量全部空間的大小。并且，無論彼此所見如何懸殊，他們至少都一致共認：空間對於我人是太廣大了，休想周覽它。威爾遜山上大望遠鏡看得到很遠的空間，使我們能窺見在地球尚棲居怪異動物的時候把光線發出來的那些星雲。它們那時發出來的光線在空間遊行了一百四十餘兆年之後才射到我們。可是這架大望遠鏡還只展示我們一極小段空間，它的渺小比起全空間來恐怕好像外特島 (Isle of Wight) 之比全地球面積。

故我們見到空間不但是幾乎不可思議的大，而且是繼續在變大。它的量向每一三〇〇兆年左右脹大一倍，故現今已比最古放射岩凝固時脹大了八倍的空間，又比地球初自太陽裂出時恐逾一百倍多了。時鐘每次鏽踏，它直徑至少便增數百千哩。

然而，僅僅空洞的空間或不及物質之引人興趣。甚至在我們見到的極小段空間便有數兆的星雲，而在我們見不到的部分恐有數兆兆的星雲，每片星雲含有數千兆的恆星。每個星雲含有如盈握的沙粒一般多的恆星，故其間的全數星雲必含有如全世界海岸的沙粒一般多的恆星。我們若統觀大宇宙全體，則見太陽縮小到一粒沙，地球縮小到一粒沙的

百萬分之一——一點極微的塵埃，環繞着一粒沙，這沙比塵點雖大百萬倍，而在宇宙全體中則僅有無限小的體積。我們見到宇宙分內事如此巍巍乎宏壯偉大，可引以為樂，但我們不能自諛謂人間分內事在其中扮演着什麼重大角色。

上述即我們旅行的宇宙。我們如果不能構造一套完全的活動影片，至少看到一串圖畫，描寫着宇宙一部分過去的歷史。我們先看到一個泰初的宇宙僅僅含着一團混沌氣。當我們注視時，只見這團混沌氣逐漸凝成星雲。混沌氣之凝成星雲就開始空間膨脹，這似乎很可信的——雖尚未嚴格證明。總之，因了此種或某種別的原由，空間本身就開始膨脹，這就是說星雲即在形成時，亦如其後任何時，必無間斷地彼此相去日遠。

在這整個期間，星雲照我們所見到的形狀變遷着，直到最後結局破裂成為衆星。有一星雲便產生我們熟識的朋友，天狼星金牛星(Alebaram) 牧夫星等等，以及一個比較很微小很淡的東西——即我們自己的太陽。億兆年間，這些恆星和億兆的其他恆星盲目地運動着，彼此掠過，直到後來我們的太陽浪遊而入一更大的恆星的危險帶裏，造成一大激變，由而生出衆行星——我們的地球即在其中。起初地球簡直是一個熱氣球——如現在的太陽，但是小得多。到相當時候，它(這氣球)冷下來了，液化了，終於形成一種固體的地

殼；蒸汽凝成水，造成海洋江河。於是——最大的神奇——生命出現了。起初牠很卑微，但逐漸增高複雜性，直到後來，在天文鐘上不過幾分鐘之前，人類突現了，漸漸地緩緩地爬上長長的陡峭的文明之梯。但只在此鐘的前數聲鎚踏之內，他才究問到星空的景色輝煌的意義。於是埃及人、中國人、巴比倫人和希臘人開始輪流對星空所有的意義表示驚奇。只在一聲鎚踏之前發明了望遠鏡使我們得到探求星辰的手段。在這一聲鎚踏之中幾乎我所告訴你的一切都發現了，此外更有萬千倍之多。以我們對於天空的知識，照着現在的速率增進，誰能說這時鐘下次的一聲鎚踏可令人驚異的是何等奇蹟呢？

（完）

地 形 學

葛綏成編譯 第一冊 實售七角

現在歐美日諸國的地理書，不論人文地理或地誌學中，都有地形的說明。惟敘述方面，從地形學的見解來觀察，未免簡陋而不完全。就中德國的地理刊物中，比較具備有獨立的地形學的領域。我們以為地理學的生命，若是置於地誌學上的，那末，設定地理區時，非先將地形的構造學，加以充分研究不可。地形學是處於地理學和地質學之間，自地理學來觀察，可視為地形學的出發點；自地質學來觀察，可視為地形學的歸宿點。本書便是從前者的立場而編輯，有一部分材料，採自查川幹一的地形學入門，不過為便利國人研究計，其順序間有變更或省略，其舉例方面，盡量採用本國的俾學者容易瞭解。且一部分材料編者曾在國立暨南大學講述過，成績極佳。全書共分三編：第一編說明地形學範圍，第二編敘述侵蝕地形，第三編論述構造地形。其實第二編與第三編有相互關係，為讀者易於明白計，故把它分開。第二編可以說是地形學進於地誌的方法，第三編是關於地形區的決定。每編中更分章節，凡關於地形上種種知識，靡不詳細闡述。書中插圖計有一百餘幅，均係採自外國學者原書中，至為詳明確切；書末並附中西對照表，極便參照之用。誠為我國現今研究地形學最優良之讀物。

中華書局出版

地 球

和

天 文

許達先先生譯

天空的神祕

原定價七 角 改售價六 角

本書敘述一般人所驚異的天空現象，凡天體之運行，太陽之光熱，月影之盈虧，八大行星之距離、大小、差別，世界上學者對於火星的特殊研究，流星、彗星、彗星等之形成，以及宇宙開闢論之各家學說，無不熟悉敘入，實為研究天空現象最完善的讀物。本書因為專供一般人之瀏覽，故敘述異常生動，說理亦頗淺顯，不必要之難解定律，以及測算方法，概不列入。全書附插圖八十幅，以便參閱。

日常氣象學

原定價六 角 改售價五 角

本書敘述日常氣象的諸種現象，凡大氣層之高度成分，氣溫之變化升降，地面溫度之分佈，氣壓之變化與比測，雲層之變別，雨露霜雪雹霰之成因，及其對於人類生活之關係，風力風向之敘述，一般空中光暉之現象，低氣壓高氣壓之形成，以及雷電之各項說明，皆有詳細的敘述，最後殿以天氣預報一章，尤為切合實際應用。內附精美之插圖多幅，以與文字相參照，閱之更易明瞭，且能增進興趣。

地 球

原定價七 角 改售價六 角

本書以灌輸一般的常識為主旨，將地球上的一切自然現象，一一述無遺。全書共十六章，凡地球本體之研究，海底和海面，海水，海水的變動，極海，侵蝕作用，地殼的變動，谷、冰河、海和陸的爭鬥，火山、溫泉、地球是什麼東西構成的，地球是怎樣組成的，地球的歷史等，均有詳細的說明。譯筆流暢，統計準確，插圖尤為精美悅目，便於對照閱讀。讀畢本書，於地球本體之現象，可瞭然矣。

中華書局出版





◆ 書叢科百華中 ◆

學象氣用應

角 六 編 藩 國 楊

本書以應用為主，取材側重技術方面；對於學理，在每章第一節中作簡括的概說。內容共分十二章，前十章分述氣象各要素的現象和變化，而於儀器的使用，觀測的方法，記載，核算的手續等，都作詳細的解說，以期適合於實際應用。後二章詳論天氣的現象，天氣和預報的原理與方法，以及氣象學的功効。書末更附有氣象常用表八種及中西名詞索引表等，供測候者或學者的參考。凡航空、海軍、農業、水產等校學生及測候人員，均宜購備一編也。

要綱學象氣

角 五 著 編 健 鍾 楊

本書計分九章，凡關於氣象學之各種重要現象與原理，敘述無遺，應有盡有。例如：大氣的成分、溫度、氣壓與風、水分等，以及與人生有密切關係之氣候的特殊現象、氣候的分類和地帶的分佈、變易的狀態等，均有詳確扼要之闡述。書末並附圖說及參考書名等，以供讀者參考。讀之，不但可以增加吾人認識天氣和破除迷信的各種常識，並且可以使我們瞭解許多很重要、很有興趣的事實。取材新穎，文字流暢，洵為國內氣象學書中不可多得之書。

行發局書華中

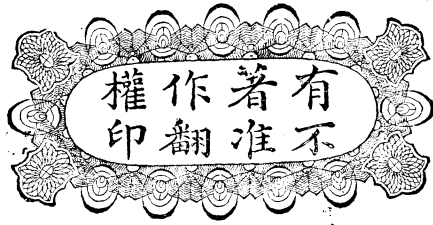
民國二十八年二月印刷
民國二十八年二月發行

科學叢書

空間和時間的巡禮 (全一冊)

實價國幣六角五分

(郵運匯費另加)



原 著 者

J. H. Jeans

譯 者

王 光 煦

發 行 者

中華書局有限公司
代理人 路錫三

印 刷 者

美商永寧有限公司
土海澳門路

總發行處

廣州漢民北路

中華書局發行所

分發行處

各 埠

中華書局

(111103)

標商冊註

