

萬 有 文 庫

第 二 集 七 百 種

王 雲 五 主 編

閑 話 星 空

(上)

吉 安 斯 著

李 光 蔭 譯

商 務 印 書 館 發 行

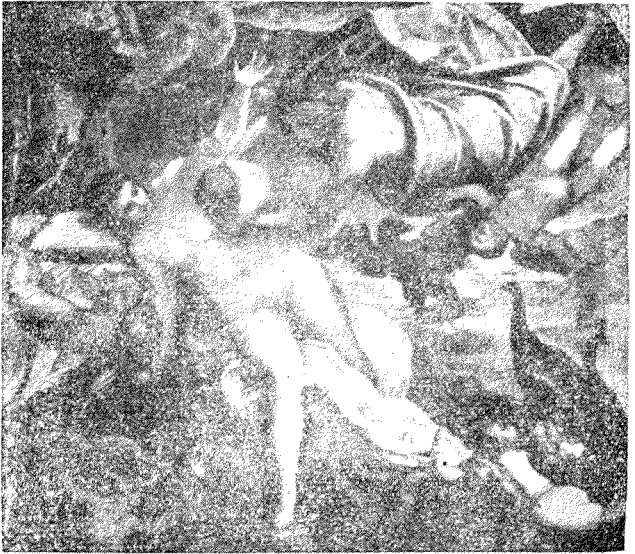


閑話星空

(上)

著 斯 安 吉
譯 蔭 光 李

自 然 科 學 小 叢 書



倫敦，英國國立陳列館

銀河之由來

Tintoretto 作

譯者敘言

天文學在世界各民族中，咸起源甚早。我國科學夙不發達，四部圖籍雖浩如烟海，其中勉可列入自然科學者，亦僅子部天文算法類而已。明末輸入西學，亦以天算爲主。降及清咸同間，翻譯西書，天算仍爲主科。曩時書院課士，多有授天算以供應試策問者。逮新教育制度成立，算學傳授日廣，而天文反有見屏之勢，其故何也。蓋前人於自然科學，祇知有天算……等數事；肄習天算，亦以推步授時爲鵠。今則知應用天文學不過爲科學中之一小支，而曆法又僅爲應用天文學之一部，且職在臺官，於民無與。故掌邦教者不再以斯學諄諄課士；士子亦不復於斯學孜孜攻擊，於是習天文者日稀矣。

庸詎知天文學之價值，豈僅限於應用一端哉！近代之天文學早由七政推步進至恆星生長週謝之研究；早由太陽系進至銀河系且展至大宇宙之研究矣。讀現近天文學者，可以擴眼界，滌塵念，

歎時空之偉大，慚自我之渺小，而一新吾人之宇宙觀。故居今日而言天文教育，應用天文學不妨置諸測量航海諸學校課程中使用之者，專門肄習；而宇宙學則必須普及於普通學校中。

二十二年春，教育部有天文數理討論會之召集。會員中有提議將天文學列入中學課程者，未獲通過，僅決議於物理等課程中增加天文教材。雖然，參入教材又豈易言哉！如四季消長，潮汐昇落等舊教材，固早見於地理書中；所增者當不止此。愚意應增之新天文教材，仍不外前述之新宇宙觀。特此項常識，至少須關一專篇，始克略述梗概；此在今日坊間刊行之物理書中實所罕見，然則補充讀物尙矣。

補充讀物，內容最忌乾枯；且不宜模仿課本式之編輯；更不可以滿紙公式數表拼集成書。聞嘗閱讀 J. H. Jeans 所著 *The Stars in Their Courses*，覺其說理淺明，引人入勝，堪稱理想中之天文補充讀物。爰於公餘從事逐譯以公同好。因其內容係泛論大宇，因定中文書名曰閑話星空。譯者學識謏陋，舛錯之處在所不免；海內博學，幸教正之。

原序

予於最近數次無線電廣播講演中，皆假定聽衆程度無科學基礎，而設法以近代天文學介紹之，俾得欣賞吾人經巨大遠鏡所測之宇宙奇景。

本書內容卽以此講稿爲藍本，並加以擴充。新增材料約與原稿相埒；敘述方式一如講詞，悉以閒話態度出之，力避專門術語。著者希望非奢，惟冀讀者易於瞭解而登此富有詩趣科學之門耳。

一九三一年一月吉安斯識於鐸京

目錄

第一章	蒼穹·····	一
第二章	時空神遊·····	二三
第三章	太陽系·····	四四
第四章	星之重量及其他·····	六〇
第五章	星之類別·····	七七
第六章	銀河·····	八八
第七章	空間深處·····	一〇四
第八章	大宇宙·····	一一九
附錄一	星天指南·····	一三七

附錄二 視光度最大之二十顆星	一六四
附錄三 行星	一六六
附錄四 行星之運動	一六八
星座錄(譯者補錄)	一七〇
西星專名表(譯者補錄)	一七四

閑話星空

第一章 蒼穹

吾人生於地球之上亦云幸矣，所幸者地球有透明之大氣也。惟人往往忽視之，不知不覺之中竟認其爲當然之事。大氣非特地球有之。其他行星如金星與木星等均有之，惟其大氣爲濃厚之雲霧所瀰漫故完全不透明耳。設使吾人生於金星或木星上，必不能觀測至雲霧之外。烏得以欣賞夜晚天空之美麗與深趣，又何由而興起吾人之意趣以研究森羅萬象之空間之偉大現象乎？

今姑假定今晚以前地球亦曾被濃雲密霧所蒙蓋而今夜突然雲消霧散矣；吾人初次得見星空，初次釋去久懸不解之疑問。

雲霧捲斂之後，吾人所得之第一個印像，或以爲星者乃懸於高處之一種燈亮，其高或僅數哩

或竟數碼，如懸於高屋之頂上者。此實爲吾人之遠代祖先，在人類智識初開，且最初注意及伊等日常生活所在之地球以外之物像時之想法。

雲霧消散之後，吾人便注意及天空中羅列之星光並非靜止者。欲知其如何運動，可一攝天空之影，以使某一星光在底片上記錄其自己之運動。插圖1即以 $\frac{2}{4}$ 小時之露光時間所攝得之照片。圖中每一曲線代表一星之行徑。吾人視圖卽知星迴運之路徑皆成圓形；進而知每星於二十四小時內完成其行徑一週。此諸星光似位於巨大之空球殼上而圍繞吾人旋動者。此亦爲原始人之想法。除少數例外者外，文明人亦作此想。迨至三百年前加里尼（Galileo）始以其發現說明宇宙之真實機構。

地球之自轉

即使今夜以前吾人不曾得見天空，而今日已可知星並非作如斯之運動。無須觀測天空，在地上作實驗卽足以證明地球在空間每二十四小時自轉一次。由此可以說明並非天在轉動，乃地球在轉動耳。天體之運動恰如吾人由火車窗口所見地上之牛，樹，建築物等似運動同。

證明地球自轉之實驗有兩種今將其分述之如下：

多數船隻爲借助磁針羅盤 (magnetic compass) 駕駛者。羅盤上有一小針能向各方面轉動。地球之磁力能拖動之使其旋轉，直至指定南北爲止。由此，航海家可知何方爲北；故能駕駛自如，臨機應變。但潛水艇以及新式海船之駕駛並非借助於磁針羅盤，乃借助於旋轉羅盤 (gyroscopic compass)。取大小適宜之陀螺，將其軸橫架之，以使其能向各方向轉動。當船在港內停泊時，使陀螺之軸指定北方。然後用電機——與旋動電扇之電機同——使其旋動起來。因無外力改變陀螺旋轉之方向，故無論船身轉動多寡，陀螺之軸永指北方。航海家以此固定之方向作參考，故能駕駛其船而毫無錯誤。若船自身在霧中旋轉一整圓，則旋轉羅盤在船中必顯示出轉了一週。故由旋轉羅盤在船中之旋轉即能斷定船身已經旋轉矣。潛水艇在水面下打轉身時，其旋轉亦可由羅盤上見之。以同一之理，將旋轉羅盤置之地上亦可測出地球在空間每日之運動。

地球之運動亦可用佛科氏擺 (Foucault's pendulum) 證明之。其裝置更爲簡單。即將一重物用長線懸之於高屋之頂，且使其擺動起來。此擺將向一固定之方向繼續擺動，蓋因無外力改

變其擺動之方向也。惟以長時間之觀測知其絕非向屋之某一定方向擺動。其擺動之方向乃向屋內各方向漸漸改變。其所以如此者，實因屋之本身在空間無時不在旋動耳。再仔細觀測之，即可知地球每二十四小時旋動一週。許多科學館或大實驗室中多有自屋頂懸掛之長擺。若以長時間觀測之，便覺地板及地板上之吾人以及整個地球皆在擺下旋動。以同一之理言之，吾人所察覺星之運動實吾人及整個地球在天空下之運動耳。吾人正如田莊中大轉盤上之一夥兒童。兒童打轉盤時所見田莊中物無一不圍繞伊等轉動。實乃伊等自身在田莊中轉動也。

假定吾人爲初次得見星。吾人必以爲此諸星大約在數碼或數哩之高處。但吾人若在地上行走起來，無論行至何遠，總測覺不出星在天空之方向有所改變。實際言之，即使地球增大幾百倍，吾人由一極行至他極，且在此數百萬哩之行程中不時以極精密之遠鏡觀測；如此，亦仍不足以窺測出星在空間之方向有所改變。

由此觀之，星與地球之距離何其大也！相形之下，地球又何其小也！吾人居處所在之地球在一般人看來爲何等巨大！但其在廣曠之天文空間內亦不過渺小之一粒耳。

吾人之最近鄰——月亮

若在地面上行經一相當之距離而能測得某天體之方向有所改變時，即可斷定該天體與吾人之距離較星與吾人之距離甚近。例如在地面上不同之地帶所擇定之兩地方——如格林維基 (Greenwich) 與揆普坦 (Cape Town) ——不能測出星之方向有改變，但在此兩地必能測得月之方向之改變。此實足以證明月較星爲近。吾人不惟可知月較星爲近，且可估計月之距離。若干哩，其所用之方法與普通測量之方法頗相似。吾人不必登山，便可知山之高；不必走至敵人之陣線，便知敵人距我之遠；亦不必行至月球，便可知月之距離。用此測量法測知月距地球爲二三九、〇〇〇哩。在地上數千哩內之地方與月之距離均如此。進一步觀測可知片並非歷久不動者。其距離雖恆如此，但其方向隨處則易。吾人知月乃循一圓形或可言近似圓形之軌道圍繞地球運行者。其週期爲一月；精確言之爲 $29\frac{1}{2}$ 日。其在空間爲吾人之最近鄰。其所以不能遠離地球者，乃因地球施以引力而牽繫之也。關於此點當於第六〇頁中說明之。

依居處於地球之吾人視之，除日外月當爲天體中之最大者。實則月爲天體中之最小者。視之

甚大，乃因其甚近耳。其直徑僅二、一六〇哩，略大於地球直徑之四分之一。每月中有月望一次，精確言之即每 $29\frac{1}{2}$ 日有月望一次。月望時月之全部發明。吾人知其發亮之部分乃向日之部分，發暗之部分爲其背日之部分。藝術家必牢記月僅向日之部分發亮，其作品始有情趣。此足以證明月非發光體，乃如一懸於空中之巨鏡僅迴射太陽之光耳。

但月之發暗部分並非完全漆黑。在普通情形之下亦有微量之光亮足以使吾人辨認其邊緣。遇此情形，吾人便謂『新月抱舊月』矣。使吾人得見舊月之光非來自太陽，乃來自地球。吾人知海面，雪地，及水濕之道路皆能將太陽之光迴射於吾人之上。同理地球之全部亦能迴射太陽之光於月球之面上，故吾人可辨認其背日之部分。如不然者，其背日之部分當完全漆黑矣。

設使月上亦有居民，伊等必能望見地球亦迴射太陽之光。伊等所見地球亦如懸於空中之巨鏡。伊等亦可言『地光』與吾人言月光同。『新月抱舊月』並無特殊意義，僅說明月之一部爲地球迴射之日光所照而發亮而已。月中居民有時亦見地球之一部爲日所照而其餘一部僅爲月光所映，伊等必亦言『新地抱舊地』矣。

太陽

月之距離甚易測定，因其距地球近故耳。若測定太陽之距離則非如斯易，因日距地球較月距地球遠甚也。若以測定月之距離之方法測定日之距離，其結果必甚不精確。但用類似之方法亦可測知其約為九千三百萬哩——約九二、九〇〇、〇〇〇哩。——日之距離約為月之距離之四〇〇倍，其測定之難可以知之。

日月與地球之距離本不同。但吾人視其在空間之大小約相等。於日蝕之際吾人見日之全部為月掩蔽。此蓋不僅日之距離為月之距離之四〇〇倍。即日之直徑亦為月之直徑之四〇〇倍也。日之直徑既為月之直徑之四〇〇倍，即日之直徑約為地球直徑之一〇九倍；亦即日之直徑約為八六、四〇〇哩。此正說明日之大小於各方向——長，寬，高——約為地球之一〇九倍；結果，日內可容一、三〇〇、〇〇〇個地球而尚有餘裕。

星之距離

用上述之法可測知日之距離與月之距離。但以其法測定星之距離，則弗可能矣。行經較諸格

林維基與揆普坦問更遠之距離亦不足以測覺星在空間之方向之改變。所幸者自然賦予吾人一巨大行程，故尙不致束手無策。地球攜載吾人圍繞太陽運行，每年一次。故在任何時刻吾人所在之地位與六月前所在之地位必關於太陽爲對稱。可見此時所在之地位已距六月前所在之地位一八六、〇〇〇、〇〇〇哩矣。

有此一八六、〇〇〇、〇〇〇哩之行程，已足以測知星之方向之改變。惟測得之改變極爲微小，故需要極精密之儀器。此時放大其比例，本一八六、〇〇〇、〇〇〇哩行程中所測得星之方向之改變，再應用測量之方法卽可以計算星之距離。

此法可用以測定最近諸星之距離而不致差誤太大。遠在南天之一暗淡星名比鄰星 (Proxima Centauri) 者已證明爲星中之最近者。此星之距離足當日之距離之二七〇、〇〇〇倍。此星雖爲所有已知之星中之最近者，惟因其光亮微薄，故於晚近始發現。故較此星更暗淡者，若其距離更近，當可隨時發現，亦屬可能之事。除太陽、月亮及諸行星外，天空中最光輝之物像爲天狼星 (Sirius)。其距離爲五一、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇哩。天狼星之距離雖大於比鄰星之距

離之二倍。但吾人受自天狼星之光確爲受自比鄰星之光之七萬倍。除比鄰星外，較近於天狼星之星已知者尚有五顆。此五星雖距地球較近，但望之較天狼星爲暗淡。必其本身原爲暗淡無疑矣。

天空不啻爲一圖冊

吾人知天空中星絕非雜亂無章之發光點湊集一起。吾人初或以爲天上星光不過如胡椒粉瓶蓋上之小孔成毫無規則之佈置。實則星之排列頗有規則且有次序。若觀測星之佈列之次序至數夜後，卽知其今夜之次序如此，明日之次序復如此。更見某諸星集湊而成某件習見物品之形狀。利用此物品之形狀可幫助吾人記憶該諸星在天空排列之次序。其中有連成三角形者，有排成正方形者，有列爲字母形狀如U V W等者。吾人之遠代祖宗亦見某簇星組成犁形，熊形，蛇形，以此諸物件幫助伊等記憶所見諸星之排列。今之星座 (Constellations) 卽如此劃分。

星座中依然有取其所像之物之名爲名者。但大多數星座乃以希臘神話中諸英雄之名爲名，或以希臘野史中物件之名爲名。相鄰之諸星座每湊成一幅表述野史中一段故事之圖畫。天空已被人利用爲歷久不變之一圖畫冊矣。地球在天空下不輟底旋轉，天空已用爲古代神話中層出不

窮之故事之說明圖矣。

例如相鄰之六星座——仙王 (Cepheus) 仙后 (Cassiopeia) 仙女 (Andromeda) 英仙 (Perseus) 飛馬 (Pegasus) 鯨魚 (Cetus) ——述及英仙與仙女之一段故事。根據紀元前三世紀中希臘索來 (Soli) 地方詩人阿累塔斯 (Aratus) 之記述，吾人可憶想此段故事如下：

仙女被囚於海，其雙臂則以鐵鏈鎖於石上。其父仙王其母仙后皆看守於旁，但莫之能救。蓋仙王囚其女於石上者，乃冀以寬慰惱怒之天神也。緣仙后出言不慎，常誇其女之美，致肇此禍。圖中坐於大椅上者為仙后，彼等於束手無策之際，天神遣一鯨來，正行近仙女欲吞之；適值英仙持女魔之首級乘飛馬急馳而至，蓋英仙方殺女魔而歸也。女魔者乃女夜叉之類，能以目視物而使其物立即變為石者也。故云人見此怪立變為石。英仙下馬忙急，故踢起許多塵土（一羣甚暗淡之星）。渠將女魔之首級甫置鯨前，鯨即變為石。於是斷仙女之鎖鏈而救之矣。其時飛馬後退，入別一簇星座中。此簇星座皆取水中物為名。鯨之外尚有雙魚 (Pisces) 南魚 (Piscis Australis) 寶瓶 (Aquarius) 及波江 (Eridanus) 據 Aratus 之說，水手已攬飛馬之鬃而擒之矣。

此諸星座於秋末傍夜時可見之。此諸星座沒落後，別一簇又出現於東方——獵戶（Orion），大犬（Canis Major），小犬（Canis Minor），天兔（Lepus），麒麟（Monoceros），金牛（Taurus）。此簇星座寓述勇猛之獵戶腰佩光輝之腰帶（成一直線之三光輝星）率其獵犬行獵。金牛與麒麟皆以角向其衝來。渠正揮其巨槌作預備狙擊之狀。

此外尚有一大簇星座，據云係寓述洪水汎濫之故事者。其中有南船（Argo），天鵝（Columba），烏鴉（Corvus），天兔（Lepus），長蛇（Hydra），巨爵（Crater）。其亦或爲表述其他故事者，因Argo係船名，英雄詹森（Jason）曾率其水手冒險遠征而終未獲得金羊毛。女神雅典那（Athene）即將此諸勇士俱點化爲星，今之南船座中諸星是也。

多數星座與神話逸史有關。惟亦有述及正史中人物者。埃及王多祿某第三（Ptolemy III）之妻白榮尼氏（Berenice）以其髮之美馳名一時。當其夫涉險前往西利亞（Syria）時，白即立有誓願，謂其夫若能平安歸來，伊即將其髮剪下贈存阿生諾寺（Temple of Arsinoe）中。未幾其夫果依時平安歸來。后果剪其髮送於寺中僧人，命爲寺中所有。后之爲此，還其願也。其時剪髮

之風未開，剪髮並不時髦。故王見之大怒。僧遂佯言王后之髮已昇於天，其髮之美當永爲人人可仰見矣。僧人隨仰指天空形似髮狀之羣星曰：此卽是也。其所指之羣星由此得名爲后髮座（Coma Berenices）。故人欲知埃及王后之髮如何美麗，只需於春季傍晚仰首一望之可矣。后髮與大熊相距不遠。

星之命名

若欲於某城中訪一宅第，須先知宅第所在之街衢。欲於天空中辨識一星，須先問此星屬於何座。街衢中之宅第恆以街衢之名而附以號數以別之（如總街二七號）。特殊宅第亦有以城之名爲名者。星亦如是。最光輝而著名之星亦各有其專名，如天狼（Sirius），大角（Arcturus），五車（Capella），織女（Vega）等。其他星只以其所在之星座附以號數爲名，如大熊座二七是也。僅以數字名星甚爲煩瑣，故天文學者久已用希臘字母 $\alpha, \beta, \gamma, \dots$ 以名星。一星座中之最光輝者名曰該座之 α ，次光輝者曰 β ，再次者曰 γ ，其餘類推。例如天空中最光輝之星爲 Sirius（火花之意），吾人呼之曰天狼星；因天狼乃其專名。但亦可呼之爲大犬座 α ，蓋以其所在之星座爲大犬座。

且爲該座中之最光輝者也；因此，該星亦稱犬星。

最暗淡之星不惟無專名，且亦無星座稱謂。欲鑑別之，須述明其在天空中之準確位置，或其在某星冊中之號數。例如言倭爾夫三五九（Wolf 359），乃指天文家倭爾夫所編之星冊中之第三五九號星。

北極星 (The Pole Star)

於晴夜仰觀天之北部，必可清晰底見到四顆光輝星。此四星連成一長方形。其一角略向南傾。由此角引長一略爲彎曲之線。此線上有三星。其最末者爲北極星。天空中星均似圍繞此星而旋轉者。此七星與其他諸較暗淡星組成小熊（Ursa Minor）座。長方形爲小熊之身。其餘三星爲其尾。北極星乃其尾之端（見插圖 IV）。小熊不幸，其尾端似經被繫而全身在空際由東而西擺動者然。實則全部天空一若以小熊之尾端爲軸每二十四小時轉動一週。

在北極星及小熊座周圍羅列之諸星座爲吾人所習見者大熊（Ursa Major），仙后（Cassiopeia），英仙（Perseus），鹿豹（Camelopardus），天龍（Draco）（見本書末星圖 I）。此諸座

之所以爲吾人習見者，因其永不沒落爲通夜可見者，且爲四季中均能見者。距北極星較此諸星座略遠之星座有獵戶 (Orion)，大犬 (Canis Major)，長蛇 (Hydra)，獅子 (Leo)，武仙 (Hercules)，巨蛇 (Serpens)，天鷹 (Aquila)，天鵝 (Cygnus)，摩羯 (Capricornus)，與飛馬 (Pegasus)，亦皆吾人所恆見者。惟此諸星座皆依其定時由東昇起，橫過天空然後自西方沒落，至翌日則又由東方昇起（參閱書末之星圖 II）距北極星更遠之諸星座爲英國永不能瞭見者，自英國向南遠行始得見之。此諸座如南十字 (The Southern Cross)，半人馬 (Centaurus) 等皆是也。

北極之移動

仔細觀測可知星座之全景不惟逐夜不稍改易，逐年亦如之，卽世世亦復如之。古代所遺於今日之星圖實與吾人今日之星圖同。卽五、〇〇〇年前埃及人，中國人及迦勒底人 (Chaldean) 初次研究天空表面之所見亦與吾人今日所見者同。

惟今日之天空與古人所見之天空，有一甚顯著不同點在焉。吾人今日所見之天空圍繞北極星（小熊之尾端）夜夜旋轉。而五、〇〇〇年前之天文家則見同一之天空與同一之星座圍繞

天龍座 α 而旋轉。天龍座 α 乃天龍座中之最光輝星，位於龍尾之中段，即位於小熊之鼻前，如小熊所守護之一塊餽餽然（插圖 IV。）

天軸有如是之改易，驟然視之當覺其神祕。惟其所以如是改易者亦有由焉。天軸似在北極星者，因地球旋轉之軸正對北極星也。地球在空間不啻爲一巨大之陀螺。當討論旋轉羅盤時，已知陀螺之軸若無外力改其方向，則其所指之方向永不改易。若地球之軸時時改變其方向，吾人可斷言必有外力時時在改易其方向也。

閱本書第六〇頁可知地球爲日之引力所牽持，故每年繞日運行一週。設若地球爲渾圓球體，則日所施於地球之引力除弗使遠離外別無效用矣。但事實上地球並非十分渾圓，其赤道之部稍凸作橙子形。太陽漸漸以其引力拖牽此凸部，故將地球旋轉之軸所指之方向改易矣。結果，天空之極——地軸所指於天空之點——在天空間亦旋轉矣。其旋轉則二五、八〇〇年完成一整圓。此現象名曰歲差 (Precession)。

不惟是也，月亦有施於地球之吸引而加以微量之迅速顫動。此顫動名曰章動 (Nutation)。惟

月所致之顫動較諸日所致之顫動爲緩且較均勻耳。

因有歲差與章動二運動，故昔日地軸所指之方向與其今日所指之方向不同。五、〇〇〇年前吾人之祖宗見天空繞天龍座中之一點旋轉。以同一之理可知五、〇〇〇年後吾人之子孫將必見天空繞仙王座中之一點旋轉無疑。北極之移動——地軸之改易——於第一圖中可知之。

但五、〇〇〇年前天空中星之排列與今日同。卽五、〇〇〇年後之排列亦與今日無異。其所異者乃微小之地球有所變易，並非遠處星球之改變也。星球之排列雖數千年來毫未覺其變異，惟某諸極光輝之物像其在天空之運動有甚速者，此諸物像卽行星 (planets) 是也。此字希臘之原意爲漂遊者，卽言其在天空中浮流之意。行星無星座之稱謂，因其逐日移動，居無定所，不能以星座屬之。

行星

古者卽知有五行星——水星 (Mercury)，金星 (Venus)，火星 (Mars)，木星 (Jupiter)，與土星 (Saturn)，然不知地球本身亦爲行星之一。晚近又發現較暗淡之行星三——天王星

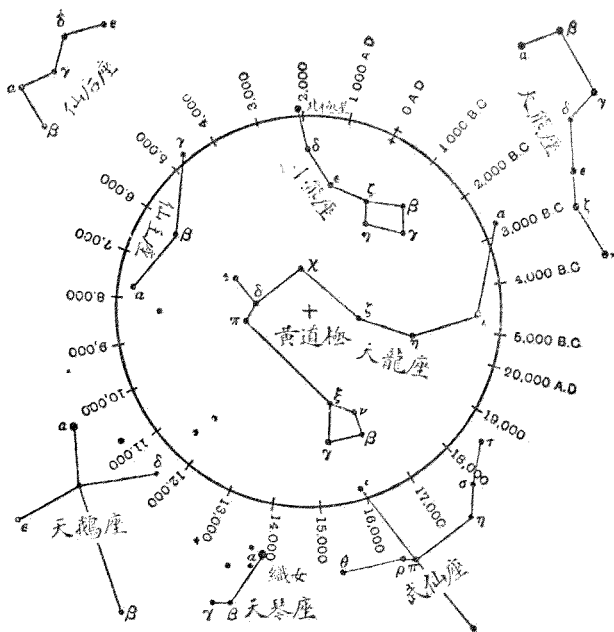


圖 1 北極之移動，本圖示北極各時代所在之位置，3000 年前北極

七 之位置較現在之位置偏南 17 度，故歐洲人今日所不能望見之南天諸
 星彼時尙能望見。由此可知南天中諸星座之所以取希臘及臘丁名也。

(Uranus) 爲一七八一年所發現，海王星 (Neptune) 爲一八四六年所發現，冥王星 (Pluto) 爲一九三〇年所發現——。

飛機在空際飛翔，吾人能於數秒鐘內測知其運動。飛機距吾人愈近，吾人覺其運動愈速。天體運動之速度遠大於飛機之速度。概言之，天體運動之速度當爲飛機運動之速度之千萬倍。今吾人姑假定天體運動之速度皆相等（如此假定亦不至發生巨大差誤），則吾人可由天體橫過天空運動之速度而測定其距離之遠近矣。但月爲此假定中之例外，蓋月在空間伴吾人運行，吾人不能測知其在空間之真實運動；即月似與吾人同爲一火車中之乘客，吾人不能測知其真實運動者然。

插圖之照片正爲前述之普通原理之兩個極端例說。圖之下半部有一斜線爲一隕星之路線。此隕星運動甚速，故其影能於 $\frac{1}{10}$ 秒內即橫過此圖。按 $\frac{1}{10}$ 秒爲攝影中露光時間極微小之分數。近於圖之中央之白斑爲仙女座 (Andromeda) 大星雲。此星雲運動甚緩，百萬年中亦難改易其位置。此隕星與此星雲運動之速度皆爲飛機飛行之千萬倍。但此隕星距地不過五〇哩，故覺其運動速度甚大。而此星雲則在五、三〇〇、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇哩外，故覺

其運動之速度甚小。

圖中之其他物像爲中等光輝星，其距離介於隕星之距離與大星雲之距離之間。此諸星之運動速度亦爲飛機速度之千萬倍。雖不較此大星雲爲遠，但亦需千萬餘年之時間始可測覺其位置之移動。

天文家能以甚簡便之方法鑑定行星及其他運動甚速之天體。譬如多人合影。設其中一人移動，則此張照片全然損毀矣。天文家常以長久之露光時間攝取天空某一部之像。即本此理。其運動甚速之天體在照片上現一模糊之像。其運動甚緩者其像爲一清晰之點。此簡單方法略加修正，即可將許多距吾人甚近之天體鑑定矣。最遠之行星爲冥王星。此行星經許久之探測，終亦以此法於一九〇三年三月發現。插圖 VI 乃亞利桑那之羅埃爾天文臺 (Lowell Observatory, Arizona) 向此新行星意想所在之區域所拍得之照片。上圖爲第一次攝得者。下圖爲三日後攝得者。吾人觀圖中箭頭所指之天體，知其在此三日內之運動甚爲顯著。此顯著之運動足以表明其爲行星之特徵。

一 孤寂區域

吾人或欲求得由運動極速之天體至運動極緩之星球（因星之運動甚微故稱之爲恆星）間之過渡者。但此實不可能事。天體顯然分爲兩種。此兩種中間實無過渡者；其理至爲簡單。吾人居處所在之地球屬於一小區域。此區域在空間幾完全爲孤立無鄰者。故在此區域內之行星及其他天體距地球之距離較極近之恆星距吾人之距離小多多矣。吾人覺行星等之運動甚速，純因其距吾人近，並非因其一小時內能行一鉅大之哩數——實際上行星每小時較恆星所行之哩數爲少。即恆星中之最近者其距離尙爲日之距離之二七〇、〇〇〇倍，故必爲冥王星之距離之七、〇〇〇倍。冥王星之光需時四小時至五小時始能達於地球。由此可知此小區域在空間之孤寂情形爲如何矣。此孤寂情況遠過於地球上荒野國度中之零散村落之孤寂情況。尋常諸村落相隔數哩者，吾人卽言其零散。但將地球所在之區域設想爲英國之一村落，則距地球最近之村落以同一之比例計當爲亞美利加或西伯利亞矣。

地球所在之孤寂區域中之主要物像當推太陽。太陽雖較行星遠，大且亮，惟吾人適可以大行

星視之。太陽與行星皆繼續橫歷諸星座之背景而運動。尋常吾人並不注意此運動，因太陽之光將所有星光完全抹殺故也。惟天文家能於白晝日光之下以遠鏡窺星；故太陽之運動甚易測知。實則太陽之運動若不藉用遠鏡而以間接之方法亦可辨識之。正午時太陽在南方與夜午時所在之方向（北方，但在地平下）確相反。若吾人每於恰當夜午時觀測南方則可見天空之各部逐夜向南推移。由此可知在反方向之太陽亦非每夜位於天空之一定位置也。

中世紀以前人皆以爲地球爲其所在區域之中心，且以爲地球爲其全宇宙之中心。至中世紀此觀念雖未普遍改易，但已漸有改易之傾向。最初人皆相信太陽、月亮及行星爲安置於透明之巨大諸球面上在距地球不等之距離外以地球爲中心而旋動，而恆星則位於一更巨大之球面上亦在巨大距離外圍繞地球旋轉，由此乃組成此諸天體之背景。至一五五五年哥白尼（Copernicus）所著星旋論（*De revolutionibus orbium coelestium*）出版，書中述及若假定地球爲行星之一，且假定諸行星（地球亦在內）皆以太陽爲中心而圍繞太陽轉動，則吾人所觀測太陽與行星之運動當易於解釋矣。惟彼時許多人以此說不過一種揣測，未便十分相信。迨加里尼（Galili-

(一〇) 及其後學者以遠鏡之觀測將哥氏之說證實後，世人始深信之。今人已皆知地球所在之區域之中心爲太陽並非地球，地球與此區域內之其他天體皆繞太陽運行者也。

第二章 時空神遊

吾人不能足抵太陽，月亮，或其他天體以觀測其成分究爲何物；但可用遠鏡將其像牽引於逼近處以測視其梗概。若無不透明之物質阻擋遠鏡之視線，則整個空當無處不可以探測。算學家之推算亦能輔助解決許多問題；如近年來所研究星體內部之構成，其所以有許多成功者，完全爲算學所賜予。遠鏡之觀測與算學之定理，二者互相爲用能解決不少問題。吾人具此二者即如獲得一理想之火箭，可乘之至任一地方遊歷矣。

空間神遊

乘此火箭，請別位朋友將其向太陽射去。射此火箭並不需甚大之初速，只須能將其射至地面以外一相當距離即可（約每秒七哩之初速即足）；其餘一部分行程自有太陽之引力完成之。火箭既發之後，即攜載吾人直向太陽而去。彼時吾人縱然返悔，亦弗能及矣。若火箭之初速爲每秒七

哩，計需十星期即可抵達太陽。

於火箭初發之數秒鐘內，吾人即感到奇離之變化。宇宙間原有顏色之分配忽然改易矣。火箭向前進行，天空驟然變為黑暗；其最終之黑暗程度宛如星夜。火箭仍然前進；原在地球上所見之星乃和靄照耀者，今則其柔媚之光線如針一般銳刺而來。火箭依然向前進行；此時太陽已成鋼白色矣。在此甚短之時間內，在此甚短之距離內，大自然似已失其美之大半，且已失其全部之溫柔。初不意此數秒鐘內火箭已攜載吾人完全脫離大氣圈矣。此時始知大氣曾經賜予吾人生活上之幸福之多也！

此種變化究為何因？在給以科學之解答以前，先取別一事討論之。設想吾人在海岸之防波隄上觀海潮。見海浪洶湧而來撞擊防波隄之鐵柱。鐵柱對於大波之前進無甚大之影響。大波着鐵柱時，分作左右兩股；過鐵柱後，又合而為一；與軍隊行路遇路上一樹同。鐵柱對於大波實無足輕重，有若無也。但小波則不然。鐵柱對於小波之進行有甚大之阻礙。當小波一觸鐵柱，立即被鐵柱撞回，且變為若干微波向各方向湧去。以術語言之，即小波被『分散』矣。總之，鐵柱能分散小波，但大波不

受其影響。

吾人所見之此現象可用以解釋日光經過大氣時之一切現象。大氣中有無數障礙物，即空氣之分子，微小之水滴，及渺小之塵埃等是也。大氣中之此諸物正可用海水中之鐵柱代表之。

海波正代表日光。吾人知日光乃各色光混合而成者，引日光經過三稜鏡或盛水之玻璃罐可以證明，夏日雨後之虹亦可證明之；且知光乃光波組成者。各色之光其色所以不同者，乃因其波長各異耳。紅光乃長光波所產生者，藍光乃短光波所產生者。由長短不同之光波混合而成之日光必須勉強行經大氣中之障礙物，與海中大小不同之波浪必須勉強行經鐵柱正同，大氣中障礙物對於光波之作用與鐵柱對於海波之作用正同。組成紅光之長光波不甚受大氣中障礙物之影響；但組成藍光之短光波卻被此諸障礙物分散於各方向矣。

由此可知地球之大氣能將日光分散。本色之日光即甫離太陽時之日光，亦即尚未到達地球之大氣時之日光，乃由各色光合組而成者。合組而成本色之日光之各色光正爲大氣分散日光後所得之各色光。欲重新造成日光本來之顏色，必須將天空之藍色與直接日光之黃色或紅色合組

之；如此造成者即日光之鋼白色。此鋼白色亦即吾人乘火箭所見之日光之本色。

因大氣有分散日光之作用，吾人始得享受地球上各種之美：晝間天空永爲碧藍，甫出及將沒之太陽現顯豔之橙色，日曙日暮時現一種不可思議之有趣顏色；高山上紫色之晚霞，遠山間粉紅之彩雲；日暮時西方天空所現之蘋果綠，東方天空所現之翠玉藍。藝術家所能描寫之美，無一非大氣之賜予。吾人乘火箭甫脫離大氣時，即行將與此一切美告別矣。吾人來至一頗不舒適之世界。此乃只有明亮與黑暗之世界。二者之間再無其他以爲過渡。吾人目覩日之本來面目，此爲生平第一次——日乃甚顯豔而微帶碧色之光球。吾人見其向漆黑之天空沒落去矣，蓋此時已離開地球之大氣再無能將日光向各方向分散也。火箭將吾人攜載至如斯奇怪而可怖之物體！

月之逼近觀

月亮最好於將屆新月時觀之，因其時吾人所乘之火箭距月近，可得將其各部仔細觀測也。回首瞭望地球，見其表面陰暗模糊爲甚厚之空氣，塵埃，雲霧所籠罩；其上非雨即雪。轉身而望月亮，則比較清楚多矣；其邊緣非常整飭，蓋因月亮無大氣也；既無大氣，故無雨，霧，塵埃以阻擋吾人之視線。

卽遠觀之亦可知月上無水。假使月上誠然有海、湖、河流，必可見其在清亮之日光下閃爍奪目。實則其上並無似有水之痕跡可尋。再於較近處視之，見其上並無城市、田畝、森林。視之許久，知其爲一死的世界。

百年前紐約某報紙發表文字多篇，僞言以新製之巨大遠鏡在南非洲觀測月亮之事。其說實信口雌黃，欺人之談，故事後世人稱該報曰『大月騙』。該報謂月上樹木之形狀如何奇異，走獸如何怪樣，尚有飛人以及種種與地球上完全不同之怪事怪物。因其所言至奇，使其銷行一時頗爲暢盛。據云該小報當時銷售之暢爲全世界新聞紙冠。此足見世人對於別世界之生類問題頗感興趣。吾人乘火箭所見之月亮與美國該報所捏造者完全不同。吾人見月面大部爲平坦沙漠。此大沙漠上亦無任何種類之動植物之標識。月亮面上大部分散佈以圓形突起，頗似火山口之邊緣，且必爲火山口無疑（插圖XII）。其大者足可容英國之全部。其中有較大者四，均較得文郡（Devi-onshire）爲大。其最大者名馬夫羅立可斯（Maurolycus）可容威爾斯（Wales）之全部。其上遍地可見巉峻之山峯及連綿之山脈。此諸山峯與山脈皆甚清晰，似新近生成者然。地上之山

已經過幾百萬年之風雨侵蝕，而月上之山似未經受此種摧殘者。假設火箭在空間之飛行能風行一時，攀登月亮山嶽者必覺月亮爲一清淨樂園。山下平坦之沙漠上有高山在日光下所遮之陰影。用小遠鏡亦能窺得月山上尖直之山巖與險峭之山脊。月上有一山脈名亞平雷山脈 (the Apennines) (見插圖 XI 中斜佈於下半部者)，長約四五〇哩，凡三、〇〇〇餘峯。其最高峯名海根斯山 (Mount Huygens) 高約一九、〇〇〇呎。其次二高峯一名布拉德利山 (Mount Bradly)，一名哈德利山 (Mount Hadley)，高均約一五、〇〇〇呎。山脈之北爲一大平原依布里亞海 (Mare Imbrium)。此山脈似在此平原內驟然突起，如海岸上之一列峭壁然。

月上物體之重力約爲其在地球上之重力之六分之一。故在地球上攀登某一高度已覺疲倦，但在月上攀登此高度之六倍始覺疲倦。人在地球上墜落某一距離已致受傷，但在月上墜落此距離之六倍始致受傷。惟月無大氣，攀登月山者慎勿忘攜帶供給自己養氣之裝置。

月亮引力之薄弱正爲其無大氣之原因。吾人所乘之火箭所以能脫離地球者，乃因火箭射發時有每秒七哩之大初速也。假如初速略小，吾人仍須回至地球；見尋常槍礮所射發之子彈與遊戲

所擊之棒球即可明瞭。地球之大氣含有若干千萬萬分子。此諸分子皆以甚大之速度運動——有每秒千百碼者，有每秒數哩者；但其速度永未達每秒七哩。其速度既小於每秒七哩，故其飛去終復須飛來，永不能遠離地球。故地球能永久保持其大氣。

在月亮上拋擲一物，僅以每秒 $1\frac{1}{2}$ 哩之速率即足以使其遠至空間而永不再歸至月上；因此物以如此大之初速去至空間後，月吹引之力太弱不足以將其再牽引回來也。月亮恆以此一面向地球且每月旋轉一週。由此可知月每月在空間旋轉一週，且其向日之部分在此向日之半個月內飽受日熱焦烤；其結果，溫度之高幾達華氏表二〇〇度，即幾臻水之沸點矣。即使月亮會有大氣；但其大氣之分子受如此高度之熱力後，其運動之速度必甚大。以算學方法計算之，知其運動之速度必可達臨界速度——即每秒 $1\frac{1}{2}$ 哩——且知此諸分子必飛於空間而不復返歸月上。此正說明月亮失去大氣之原因。

月最初視之似為遊人之清淨樂園，但幾經思考，始知在月上無論小憩或久居均非所宜。登月一次不惟須攜帶養氣，且必須設法避免高度之熱力。——向日之面之溫度約華氏表二〇〇度，實

則正在向日之部分有時高至華氏表零上二四四度，即在水之沸點以上三二度。此面無乃太熱乎！但其背日之面之溫度在零下二四四度左右，又何其冷也。如此情形，自不能再作遊月之望。

月亮之構成

不獨溫度不相宜，即在月上覓一適宜地點搭一安適帳幕亦非易事。最近麥登 (Moulton) 地方之梁特 (M. Lyon) 用土壤，黏土，壘土，巖石所迴射之日光以解釋月光之性質——月光即月所迴射之日光。渠謂月光幾完全為火山灰所迴射者，且絕非他物質所迴射者，可見月之表面約完全為一種火山灰所成者。月面之風景乃火山灰所組成，不啻為清晰之火山之巨大展覽處所。月上火山極與地球上之火山相似，見插圖之口即可知之。該圖乃維蘇威 (Vesuvius) 及其南部火山區之模型之照片。

火山灰有一極顯著之特性，即完全不能傳熱，與鑲裱熱水管所用之石綿同。設月面全為此物所佈，則太陽給予月亮之熱絕不能傳導深入於月之內部；故月之內部之溫度之變化不若其表面溫度變化之劇烈。由計算可知月面經太陽烘烤半月之久以後，其溫度足可達水之沸點；但半吋下

之巖石之溫度仍在冰點之下，正如半吋厚之石綿裱於熱水管上防止水之熱由水管放散者然。故月上半吋厚之火山灰足以防止熱力傳於月之內部。此並非純爲意想，實解釋月上之真態也。威爾遜山天文臺 (Mount Wilson Observatory) 之二天文家柏提 (Petit) 與尼科松 (Nicholson) 最近於月蝕之際曾測算月面溫度之變化。據二氏報告，當地球行於日月之間時——此時日熱至月亮之路已被地球截阻，——月之溫度忽由華氏一九四度降至零下一五二度——在數分鐘內降低三四六度。日蝕之際，吾人覺地球上之溫度有顯然之變化。蓋當月亮將吾人之熱源斷絕之時，立覺較寒也；但未曾覺如月面溫度變化之猛烈者。此實因地球上土壤與大皆氣有儲蓄之熱，故溫度之變化不致如彼之劇。月面由熱變冷，其變化如斯之速，正足以證明其無蓄熱之土壤與大氣；亦正說明日熱在月面上僅能傳透淺薄之層。月放熱甚速，與吾人所假定月面滿佈火山，不相矛盾。

金星與水星

由上可知月上不可久留。吾人所乘之火箭祇好本原定之計劃向太陽飛去。空間除月外，吾人

之最近鄰當爲金星。當火箭行近金星時，吾人見其並無奇特之點，僅爲與地球大小相彷彿之球體，且完全被雲霧所籠罩。

但次一行星——水星——甚惹起吾人之注意。此行星之大遠不及地球，蓋十六個水星捏在一起僅可做成一個地球。其雖較月亮略大，但亦無幾。水星與月亮同，亦無大氣；其所以無大氣者，亦因其引力太微不足以保持之也。因其無大氣，故其面上之風趣亦甚清晰顯明。前言月永以此一面向地球，蓋因地球吹引之甚緊，故其祇有公轉而無自轉也。水星亦如之，因太陽吹引之甚緊，故其永以同一面向太陽。吾人當可知其向日之而經兩星期之烘烤後，爲如何灼熱矣。水星向日之半球永被太陽烘烤，且太陽距之太近，其熱當達於如何驚人程度！設使水星亦有河流，其河中所流者必爲鉛鐵等物之融漿；因達如此之熱度，尋常液體必早已蒸發盡淨矣。水星與月尚有相同之一點焉，卽水星所迴射之日光亦火山灰所迴射出者。吾人所乘之火箭雖未將吾人攜載於水星之近旁以觀其究竟，但亦可想知水星之風景完全爲火山合成也。

太陽之外傍

吾人已行近太陽矣。當行經水星時已瞭見其大，爲地上所見之太陽之七倍。再進，當覺面前之天空大部爲其遮蔽。此時始清清楚楚得見太陽之表面。太陽顯然非一死的世界；其上之物質無不在猛烈運動中；其整個表面永在湧蕩，沸騰，噴發。其所以如此者，蓋有因也。太陽內部乃一繼續工作之巨大能力場。其內部所製造及發放之能力使其熱增至驚人程度，故有巨大之熱力湧溢於外部。且以輻射方式發佈於空間。太陽表面每方吋之面積得受五十馬力之能力而將其發放於外。表面既須放出能力，故絕不能靜止。因之其最上一層處處騰沸，翻起伏下必將其最熱之方面接觸於外界空間，俾得以輻射方式作迅速之放射。

不惟此也；各處尙有噴起之火焰名曰日珥 (Prominences)，常突出太陽面，高至數十萬哩；似內部給予表面之熱太速而表面不及發散，故擁起甚高之火焰以助其發放者然。日珥爲深赤色；其形狀甚爲奇特，有直立於日面穩然不動，似安插於太陽本體上者，有一直噴起其速度達每秒數萬哩者，有湧於太陽之外與太陽毫不連繫者，有噴湧高度達數十萬哩而形狀變化無窮者（插圖XIV），有直起時如巨大之紅蕈而下落時又漸變爲樹形者，或有如巨大之紅狗及其他怪獸者。插

圖以爲一九一九年日蝕之際所拍得之照片。圖中之紅焰當時全世界人見之，咸認其形如食蟻獸，自首至尾長足可三五、〇〇〇哩——設誠有如斯巨大之動物，其定能將地球如彈丸一般吞喫而下。此照片拍得之後，此獸即舉起其鼻，超起其尾，向上升起而離開日面。升起之後復添生數足，向上跳起；跳至四七五、〇〇〇哩之高處時，值太陽沒落之時矣。日沒之後，其更作何種奇形怪狀之變化，吾人無從探悉之矣。

太陽表面上之景色，不祇有日珥，其各處尙有可見之巨大，黑暗，而遊走之陷凹。吾人視之似噴發之火山口，甫由日之內部噴出烈火及其他物質者（插圖 XVI, XVII, XVIII）。吾人在地上時會呼之曰太陽黑子。現已距太陽近矣，見其並非斑點，乃許多巨大之陷阱耳。若將地球置於其中有如鷄卵墜入井中者。

此時吾人面前之天空幾全爲太陽所佔據。見其顯然似一巨大火盤，漸漸臨近吾人矣。火箭不久即將撞於其上，大有折碎之危險，吾人正準備受此重大之振動。此時日珥不惟在吾人之周圍，且已在吾人之上矣。吾人已邁進太陽酷熱之大氣矣。此時吾人周圍之各方向皆有光亮。設取大氣

少許在火箭中分析之，必可知其成分與地球大氣之成分甚不相同。其所含之各種輕的氣體與地球大氣所含者誠無異，惟此外尚含有重金屬如白金，銀，鉛等物質。此諸金屬其大多數實亦地上所有者，但地球大氣中則無之。太陽大氣中所含之此諸物質皆爲氣體，因其在如斯高熱之下無一能維持其固體或液體狀態者。此諸情形吾人在地上時早已知之，因曾用太陽分光法已得知太陽之光乃此諸原子所產生者。

太陽之內部

吾人仍等待火箭破裂之蒞臨。但其破裂仍不發作。此時或已入於太陽之內部幾百哩，幾千哩，而今已幾萬哩之深處矣。吾人逐步領略其中各事；誠然已入於太陽之內部——除氣體外，一無所遇。此時益覺其熱。其所有一切皆在蒸發。在地球上，月亮上，以及任何行星上，由大氣至本體有顯然之界線；但在太陽上及一般星球上絕無判然之界線；蓋星之大氣由漸而入於本體，大氣與本體爲同樣之物質所成者。因其無堅實之物以阻擋火箭之進行，且火箭有其自己之動量，故能將吾人攜載而深入於太陽之中心。

在經過太陽表面上之日珥時，吾人所攜之溫度表已昇至七八千度。及初入太陽內部時，溫度表則達九千度至一萬度；吾人隔火幕得望見地面，此爲最後一次。過此，當吾人向其內部衝入時，吾人之周圍全爲其烈光所籠罩，且所攜之溫度表開始急速上昇，不一刻昇至數百萬度。及將近太陽之中心時，溫度表已昇至四千萬度矣。當吾人在地上時萬難臆想如此高溫之意義；惟可設一極淺簡而具體之例以幫助吾人之臆想。設若取辨士一枚將其烘至太陽中心之溫度。此辨士足可將其周圍數千哩內之生物完全熾死。

火箭外之溫度已如斯惹人注意，而火箭外之壓力尤爲驚人。在地球表面上空氣之壓力約爲每方吋十五磅；因支撐大氣之壓力需每方吋十五磅之力，故呼之曰一氣壓。近世快車機車之鍋爐其內部壓力約爲二十氣壓——卽言鍋爐內之汽所施於鍋爐內面之壓力約爲鍋爐外部空氣壓力之二十倍。但太陽內部之壓力約爲四百萬萬氣壓。地球大氣之重在地面上造成一氣壓之壓力，而太陽全部之物質在太陽中心造成四百萬萬氣壓。

在尋常情形之下，任何物質受熱力必張，受壓力必縮。太陽中心處熱度甚高——約四千萬度

——，故必須張大。但又因受甚大之壓力——約四百萬萬氣壓——，故又必須縮小。在此兩種適相反之影響下，其結果，壓縮較占優勢。惟太陽中心之物質之被壓縮，亦不過甚，因有極高之熱力抵抗之也。雖然，其被壓縮之程度，在地球上尙未之見也。

破碎之原子

吾人已知太陽表面上數千度之熱力已足以將尋常物質化之爲氣；其不惟能將冰化爲水，化爲汽，且將汽之分子間之結合鬆解之，更將每一汽分子破解爲其原有三原子——氫原子二氧原子一，此諸事實，吾人在地上時卽已知之，因曾用分光儀得知太陽及所有星球之光乃完全由其成分中之分子之原子而來者。僅極少數個溫度較低之星尙有一小部分完整之分子；此諸分子乃特別堅韌者。

用分光儀亦已知較熱之星之大氣中之原子亦被強烈之熱力破解矣。每原子中有主要而較大之質點位於該原子之中心，卽原子核是也。排列於原子核之周圍之次要而較小之諸質點，皆曰電子。所有電子彼此完全相似，故彼此可以互換。但原子核與原子核彼此既不相似且亦不能互換。

氫原子之原子核與氧原子之原子核在各面言之完全相異；故氫與氧亦因此而別矣。

原子卽如斯組成者——一原子核與一組電子。此諸微小質點皆爲帶電體，故每個原子核能吸引其電子。原子核將其最近之兩電子吸引最緊，其吸引較遠之數個——尋常爲八個——較鬆，其吸引更遠之諸電子尤鬆。距原子核最遠之諸電子因原子核之吸引力很微，故用燭火或炭火之微熱卽可將其一部分離解。是以在太陽及星球之大氣之高熱下，必有許多電子離散矣。完整之氧原子乃一個原子核與其周圍之八個電子所組成；且由分光儀之觀測，得知在極熱之星球之大氣中許多氧原子已失去其兩個，甚至三個電子矣。分光儀之應用不能深及於星體更熱之內部。但吾人必信其內部之氧原子所失去之電子不祇兩三個也。當趨近於太陽中心時，熱力已高至若干千萬度；此時氧原子必完全離解無疑矣。氧原子吸引其最近兩電子之力可推算而知之；惟此力不克以抵抗太陽中心之巨大熱力。質言之，太陽中心實無氧原子存在，惟若干氧原子核與電子雜集一起，在無秩序之狀態中亂撞而已。

尙有他原子焉，其原子量較大於氧原子之原子量；其原子核吸引其最近之電子之力甚大，故

雖四十萬度之熱力亦不足以將其離解，是以尚有許多原子核各附帶其兩個電子組成小規模之原子存在於太陽之中心。太陽中心爲無數小規模之原子與已被離解之電子及其他原子完全離解後之原子核與電子所組成；此諸微小質點永向各方向運動不息。

其運動非常迅速之主要原因乃熱度太高耳。設將飛經火箭窗口之一電子之速度測量之，必可知其平均速率約爲每秒三〇、〇〇〇哩——約爲尋常槍彈速度之一、〇〇〇、〇〇〇倍。原子完全被離解後，其原子核與電子運動之速度既如此其大，在其繼續運動中絕無重新構成完整原子之可能矣。

時間神遊

在火箭返回地球之前，吾人可令其執行別一任務；此任務亦其所能爲力者。即令其攜載吾人在時間內逆行是也。

吾人在時間內逆行三十萬萬年，且在彼時之太陽之附近遊歷，以瞻仰年代之前進。實則彼時無所謂年者，因年乃地球繞日運行一週所歷之時間；彼時非惟無居處於地球上之人類，且尙無人

類居處所在之地球也。

三十萬萬年前之太陽與吾人今日之太陽無大差異。惟彼時——三十萬萬年前——之太陽較大，較亮，且較熱耳。吾人在時間內逆行所歷之三十萬萬年不過湊成太陽生命史中之一整日，甚難以年月計算其年歲也。

太陽雖無大改變，但天空已改其舊觀矣。吾人今年所見之天空，大非當年之景像。在人生一世之期間內，星球行動之距離甚些微。惟在三十萬萬年之時光內，其行動則已甚多。故吾人難以辨認習見之星座矣。吾人今之不能辨認天空，即與北地之旅行者甫至南方而不能辨認南方之天空同。時間以千年萬年之尺度向前進行。在此過程中，天空永在繼續改變；星座之形狀，天體之光輝，無一不在改變中。某星在某一時期曾為天空中之最光輝者，但其光輝亦許減退以至變為暗淡，甚至由暗淡終至不可視見者。今之星無較天狼（Sirius）更光輝者。吾人認為天狼星之所以光輝，乃因其距離近，且其本身之光度原即甚大，且其先必曾一度為絕頂之光輝星。

吾人之世界之誕生

吾人在二三十萬萬年前之太陽附近徘徊之際，偶注意及天空全景突然之變化；見一星之光輝逐漸增大，天空中所有之星之光輝均爲其掩蔽；視之甚光輝，因其距吾人近也。該星最終變爲較今日之天狼星尤光輝者。該星愈行距太陽愈近，且直向太陽而來。此時該星已不復僅爲一光點，已成一巨大之光盤矣。其距太陽已如此接近，故其對於太陽所施之引力亦從此有所表現。月亮因距地球甚近，故能將地球上之海水吸起而成海潮。此巨大星球因距太陽已甚近，故亦使太陽灼熱之大氣崛起潮之作用。因其較月亮巨大，故太陽大氣所起之潮當較地球上所起之海潮亦頗巨大。在該星下之所升起之巨潮作大山形，高達數萬哩，附着於太陽面恆隨該星在空間運動之方向而移動。太陽面上與此潮對蹠之處亦有一較小之潮興起。此兩潮逐漸升起；最後，因此星距太陽益近，故又有一新現象產生。此時該星之引力已強於太陽之引力，且已如斯逼近太陽，故引力之平衡忽然衝破；因之大山形巨潮之頂巔直向此星射上。射上之後，其底部所受之壓力隨之減小，故亦向上伸射。更下之部分亦隨之突起。如此造成一陣續流。此一陣續流皆直向該星伸起。假設該星仍繼續向太陽進行，則由太陽射上之物質勢將抵觸於其上，且必將該星與太陽連接之合成啞鈴之形狀。

(插圖 XVIII) 惟該星實未直向太陽前進；在二者相距甚近時，該星仍向其自己進行方向經太陽之側而過之矣；故亦並未與太陽相撞。該星漸漸行遠後，其對於潮所施之引力亦逐漸減退，太陽上之物質亦不復繼續上射矣。其既已射上之物質此時已成一長纖纖的熱氣柱懸於空際；其形頗似一枝兩端尖細之雪茄煙，其距太陽最遠之一端正為當時潮之頂巔。雪茄煙中段較肥厚正代表該星距太陽最近而吸引極強時所湧射之物質。距太陽最近之一端正為當時該星引力已衰無復能由太陽再行吸出物質時所射出之一撮。

吾人觀測此雪茄煙狀之白熱氣柱，見其溫度漸行降減。因溫度下降，故必將凝結終凝結為不相連繫之珠滴。此與蒸氣凝結而成水滴正同。但此諸珠滴甚為巨大，其大小亦適合於天文尺度。其在雪茄煙中段之數滴最大，因熱氣柱之此一部所含之物質最為豐滿。兩端之滴較小。

此諸不相連繫之珠滴終於各在空間開始其運動，無復能歸落於太陽，因行經太陽之側而逝去之該星已促起其運動也。若更無他力使其直向太陽運動，其將永無歸至太陽之日矣。此乃互古不易之引力定律之直接結果。其軌道有幾為圓者，有略似橢圓者。吾人知其軌道之形狀於幾萬萬

年來乃在從容改變中。其軌道中原非毫無阻礙物之存在，因前所言之大山形氣潮於漲溢時以其噴濺之巖屑彌佈於空間也。此諸巨大珠滴須於巖屑中鑿闢其路途，故其軌道漸形改變。最終，經幾萬萬年後其繞日之軌道乃幾成圓形，與今日行星運行之軌道同矣。吾人在理想之火箭中見此一場戲劇式之演變乃一星行近別一星時必有之自然現象。且此幕劇與吾人之太陽系之生成確相符合。故吾人假定行星之生成確乎如此。由任何方面言之，吾人作此假定之理由甚爲充足。由各行星之排列與其行動，吾人可推斷幾萬萬年前曾有某星行近太陽且經其側而過之。當該星距太陽最近時，以其引力使太陽而上崛起潮之作用。此諸行星乃該星以其引力所撕牽出者。

吾人有相當之方法以求知太陽大氣中含有白金，鋁，以及地球上所有之諸物質，前已言之。且知太陽所含之物質與地球所有者亦或完全相同，因地球乃太陽之一凝固樣品耳。太陽之深處是否尚有別種物質，吾人無從知之，因無法以探測之也。在地球上所發現之各種物質，實際上太陽之大氣中亦有之，此乃由分光儀觀測而知之者。惟太陽之深處是否尚有地球上所無之物質，刻尚無相當之理由以解釋之。此亦頗關重要之一點也。

第三章 太陽系

火箭現已將吾人平安載回今日之地球來矣。今將地球所在之小區域加以較詳說明。此區域在空間幾完全空曠，且吾人相信其必爲由一尋常星一度破碎而出之諸碎塊所構成。其所含之物像大小不一，茲依次述之如下：

九大行星

此區域中之主要物像爲九大行星。此九行星皆循近似圓形之軌道繞日運行——如馬戲場中之馬圍繞戲場中央之御馬者奔馳然。其繞日運行之同一方向即促成行星生成之該星之方向，自不待言。因太陽系之成因如斯，故系中行星運行之方向相順而不相逆，如畢伽地利馬戲場（Piccadilly Circus）。距太陽最近之行星運行之速度最大。距太陽愈遠者其運行之速度愈緩。及至距太陽最遠之行星，僅徐徐蠕動而已。雖然，距太陽最遠之行星每秒鐘亦能行三哩之遙，約爲快車

速度之二〇〇倍。謂其蠕然徐行者，不過以天文尺度言之耳。距日最近者爲水星，其運行之速度爲最緩者之速度之一〇倍。距日次近者爲金星，其速度爲最緩者之速度之七倍。行星運行之速度何以不同當於別章中討論之，今僅言其事實。

今若取愛神（*Eros*）之塑像置於畢伽地利馬戲場之中央以代表太陽而以九輛自動車在場中環繞該像駛行以代表行星；如此可得爲太陽系之一模型乎？不然，蓋塑像代表太陽失之於過大，相形之下以自動車代表行星更嫌其大矣。若欲得一合於比例之模型，須用微小物體爲之。取豆一粒置於畢伽地利馬戲場之中央以代表太陽，依比例應取小種籽或小沙粒或塵粒以代表行星；卽如此，該馬戲場之大亦僅足容冥王星——距太陽最遠之行星——之軌道耳。吾人思及該馬戲場中央之一粒豆與其圍繞之九粒粟，卽可想見太陽系幾完全爲空而無物之空間矣。行星在天空中之所以若斯其小者，此可見矣。

但太陽系與空間大部分相比較，尙甚密實。若以一粒豆置於畢伽地利馬戲場之中央以代表太陽而以九顆種籽代表行星，則最近之星當於北明翰（*Birmingham*）近傍之置一種子以代

表之矣——太陽系與其最近星間概爲空而無物之空間。太陽系在空間之孤寂情形，亦可想見一斑矣。

水星

水星距太陽最近，故吾人望之恆見其靠近太陽。希臘神話中謂水星乃太陽之摯友，二者至爲親密，永不相離；故於夜間永不得見水星。設欲於夜間見之，豈非必欲其遠離其密友——太陽耶？吾人若未備遠鏡而欲一觀水星，僅可於太陽甫沒之西方或破曉前之東方望之始有得見之希望；惟此亦須得其機會耳。在吾人（著者）之緯度，十日中不得見之之機會者凡九日。水星常爲地平處之雲霧所遮掩。在低緯度地方易見之。

因水星繞日運行，故其有時在太陽之此方面而距吾人最近，有時在太陽之彼方面而距吾人較遠。當其行至太陽與地球之間時，吾人所見之水星僅爲一小黑圓面。渡過太陽光盤之前面。當其向太陽之彼方面運行時，吾人由地上可見其面之一部分開始分亮。其發亮之部分最初爲細條作弓形，與新月時之月牙同。由此逐漸增大，直至成一滿圓。其爲滿圓時值其行至太陽之彼方面之最

遠處時也。可見水星與月同，亦有其位相焉。其不發亮之部分永爲完全黑暗，此可見其不能自行發光，僅能借太陽所給予之光而發明耳。其他行星無不如此。

金星

距太陽次近者爲金星。其與太陽之距離約爲水星與太陽之距離之二倍。但其距日仍甚近，故夜間罕能見之。金星與水星同，亦常於日暮之西方或清晨之東方出現。除太陽與月外，金星當爲天空中最光輝之天體。

金星與月及水星同，亦有其位相；故不能常見其半球完全發亮。因其繞日運行，故其與吾人之距離有甚大之變化。因其距離有變化，故其形狀與大小以吾人視之亦有甚大之變化焉。

其距吾人最近時爲吾人所見之金星之最大時。此時值其行至地球與太陽之間時也。過此，其形卽作月牙狀，其餘向於吾人之部分則完全黑暗。當其距吾人最遠時——此時在太陽之彼方面——其與吾人之距離約爲其距吾人最近時之距離之六倍。故此時其大小似爲其距吾人最近時之大小之六分之一。當其在太陽之彼方面時，太陽將其向於吾人之半球完全照耀，故吾人見其爲

圓形與月望同。

其視光度隨其形狀與距離之改變而改變。當其形如月齡為五日之月牙時，為其光度之極盛時期。其光度為天狼光度之十倍。設其光輝不被日光抑蓋，其必灼然奪目。惟太陽雖抑蓋金星之光輝，但其掩蓋其他暗淡星體之光尤甚，故日暮時金星為西方天空最早出現者。金星亦為非常光輝之晨星，破曉後常見其為歛沒最遲者；故人常以為其為東方諸聖（*Magi*）所見「伯利恆」（*Bethlehem*）星。』有時其光度甚大，白晝可見之。且有時即正午時猶可以肉眼見之。用中等倍率之遠望可自朝至暮觀測其隨伴太陽橫歷天空之運動。

地球

依距太陽遠近之次序，水星金星而後即為地球。地球大於水星且較金星亦略大。水星，金星，地球之大小之遞增次序正與其與太陽之距離之遞增次序同。此正與行星乃由雪茄煙式之氣柱凝結而成之假定恰相符合。行星中之最小者為水星，其必為雪茄煙之尖端（插圖 XX）可知矣。

水星與月皆較地球甚小。二者失去其大氣之原因先已言之，即其引力太薄弱不足以保持之。

也。金星與地球均甚大，故能保持其大氣。

因金星與地球之大小相彷彿，且二者之生命歷史亦頗相似，故吾人必以爲二者之大氣亦相同也。實則其大氣頗相異焉。其區別特在於養氣。養氣在空氣佔甚大部分，但在金星之大氣中卽有之亦甚稀薄。養與其他物質甚易化合；例如物質之燃燒，腐蝕，或生鏽等皆爲養化。金星之大氣中養氣本無多，此實無可怪者。惟地球之大氣中何以有多量之養氣，吾人不勝驚異！其所以然者蓋地上之一草一木均爲製造養氣之工廠。地上之植物繼續供給養氣，此養氣之所以多矣。由此可知金星上概無植物，且任何生物均無之。

地球軌道外之六行星

水星與金星距太陽甚近，故吾人見其在天空中永靠近太陽。尙未討論之六行星皆在地球軌道之外繞日運行。由吾人所在之近日位置視之，此六行星不惟繞日運行且似圍繞吾人運動者。故當其位於日所在之方向之反方向時常於夜間見之。當火星或木星位於日所在之方向之反方向時，確爲炫明之物像（在其光亮極盛時當爲天空中最光輝之物像）。二者之光度僅爲金星光度

之十分之一。但金星如白晝之燈而火星或木星猶夜間黑暗中之燭耳；皆不足以與太陽之烈光相較也。其餘諸行星之光輝均遠不及火星與木星。天王星猶可以肉眼見之，海王星即爲目力所不及矣。至於冥王星則須用倍率甚大之遠鏡始能窺得之。

地球軌道外之第一行星爲火星。火星較地球甚小，其直徑略大於地球之半徑，故火星似將距太陽愈遠其行星愈大之定律破壞矣。但火星外之木星甚爲巨大堪予以充分之補救。木星之直徑爲地球直徑之十一倍，其重量爲地球重量之三·一七倍。實則其自身之重量較其餘八行星重量之和尙大也。依距日之遠近之次序言，木星爲九大行星中之居中者，即九大行星中之第五個，必爲雪茄煙狀之氣柱之中段所產生者。雪茄煙狀之氣柱之中段所含物質最豐，宜其爲行星中之最大者。木星軌道外之行星之重量與大小漸次降減，因已過該煙枝之中段正趨近煙之尖端也。土星爲木星軌道外之第一行星。其質量尙不及木星質量之三分之一。其餘三行星之質重較土星之質量尤小。彼端之冥王星絕不大於水星。

遠鏡爲收集一星或一簇星多量之光而送達於吾人之眼目或送達於拍照之乾片之利器，與耳喇叭能收集多量之音而送達於聾者之耳鼓同。遠鏡尙能收集其多量之熱而以其所附帶之精密儀器以測定其所收集之熱量之大小。此儀器能測定數百哩外之燭火之熱量。其測定最近行星與較光輝諸星所發放之熱，自爲易事。

概言之，據吾人所知行星所發放之熱量與其受自太陽之熱量確相等，絕不超過之也。行星僅迴射太陽所給予之光而發亮者。當其生成時，乃由太陽所拋擲出者；彼時其熱度必甚高，亦必向外發放其自身之烈熱。但現已距彼時二三十萬萬年矣；如此長久之時間已足以使其變冷無疑。刻下行星自己本無熱，僅被太陽烘熾而生暖耳。由此可知距太陽愈遠之行星其溫度愈低；如同在爐旁取暖，距爐愈遠則得熱愈少。

吾人可設想太陽與星爲散列於空間之巨大火爐。距此諸火爐甚遼遠之空間深處必暴寒——約在零下四八〇度。設吾人由空間之深處向太陽或其他——星行來，愈趨近之則愈覺和暖。但須行經一甚遠之路程始可達一適於生物生活之境域。距太陽甚遠之冥王星，海王星，天王星，與土

星之暴寒情況必非吾人在地球上所曾經受者。即木星之寒冷情況亦非吾人所能想像。由木星給予吾人之熱量可知其溫度約在華氏表零下二七〇度左右。在如此暴冷之境地，不惟水已凍結，即尋常氣體——如地球大氣中之氣體——亦成液體矣。

火星上有無生物

行星中其溫度適於吾人所知生物生活者僅地球耳。可與地球匹美者爲其近鄰火星。許多天文家見火星上之條紋謂爲運河。且渠等相信此諸運河非天然生成乃人爲者。但取火星之照片視之並不見有智慧的生類之痕跡留存於火星面上。此諸條紋或痕跡之存在完全由於眼目之直接觀測所致；蓋眼目在不充分之光線中觀測物像必漫無標準且完全不可靠也。許多實驗可以證明眼目在微弱光中勉強研究暗淡發光體之梗概，時可發現暗紋。實則此諸暗紋並不存在於該發光體上。近世觀測火星者見火星有暗紋正如此也。且近人觀測水星與金星者見水星與金星之上亦有暗紋，亦正如此。據吾人所知金星之表面僅有雲霧，而水星顯然不適於生物生存。即至近世，一般學者尙於月圖上繪以條紋，實則其中某諸條紋現已知其完全爲幻想之物；其餘條紋雖確有之，但

亦絕非運河。此諸條紋實因光線不充分與遠鏡放大倍率不足所致；迨後智識日漸豐富，此諸條紋當不復繪入月圖中矣。因以上種種，多數科學家對於所謂火星上生物之特徵問題將不置評論，留待照像器證實之可也。

吾人觀測火星知其確有四季之變化。其北極於其冬季時積有白雪；入其夏季時積雪即行溶化，故其偏南地帶之丰采亦隨季候而變矣。天文家有謂此種變化乃溶化之冰水助長植物之長生所致者，亦有謂爲無生物存在之火山灰沙漠被天雨沖澆所致者。

總之，謂火星或太陽系中任一其他行星有生類之存在，似尙未完全可信。關於此問題實尙多置論之餘地。惟予（著者）以爲其他星之行星上容或有生命之存在，但地球上所有之生命似爲太陽系中所僅有者矣。

行星之衛星

多數行星皆有其隨伴之衛星，其數目與行星之大小約成正比。最大之兩行星爲木星與土星，各有衛星九。次大者爲天王星，有衛星四。再次有衛星二，一，或竟無之。吾人相信衛星乃由行星擲牽

而出之碎塊，正與行星爲由太陽所撕牽而出之碎塊同，且其生成之程序亦相似。

由算學之理論知空間大物體之周圍皆有所謂『危險區』者。當小物體行近大物體之某一相當距離內時，卽爲跨入其危險區矣。小物體入於大物體之危險區後，大物體卽以其強大之引力將小物體撕碎，概無倖免者。惟其破碎之程度隨其在危險區內居留之久暫而異。昔者太陽曾漫遊於空間且盲然涉入一較大且重之星之危險區而被撕壞矣。由太陽撕出之物質成雪茄煙形之長柱。行星卽由此長柱而生成。吾人知此諸行星最初所行之路徑並非如其今日所循之軌道爲規則圓形者。其初其運動頗無定軌，故偶爾行入太陽周圍之危險區者亦或有之。若誠如此，其亦必被太陽撕壞無疑。衛星之生成概由此也。衛星系頗似太陽系主部之做製品，故吾人不得不認爲其生成之程序與太陽系主部生成之程序相同。若然，則行星爲太陽之子，而行星之衛星乃太陽之孫矣。

土星之光環

由許多方面觀測土星爲所有行星中之最有風趣者。其丰采確在諸行星中最能引人注意。土星不惟有衛星九，且有三光環圍繞其中部作衣領狀（插圖 XXII）。光環乃一六一〇年中加里尼

(Galileo) 首先發現者，且渠對於光環之真實性質亦有許多臆測。一七五〇年賴特 (Thomas Wright) 曾謂『設吾人有充分倍率之遠鏡以窺土星，必可知其光環並非他物，乃無數『小行星』而成者，其階級較行星低，可呼之爲衛星。』

其臆測現已完全證實。一八五九年劍橋之算學家馬克斯威爾 (Maxwell) 謂『由純粹科學眼光視之，土星光環爲天體中最醒目者。』渠且以算學方法證明其性質必爲 Wright 所臆測者。一八九五年美國天文家 Keeler 參考其觀測之結果，知光環中之物質乃圍繞土星而旋轉者，其邊緣部分運動較其靠內部分爲緩；且其運動之方向與太陽系中同，亦相順而不相逆者。若光環爲一整片，曷能有此？若其誠爲無數小衛星所組成，則別無可追求者矣。

此諸微小衛星必爲土星之一大衛星一度破碎而成之碎屑。吾人如此思之，亦頗有相當理由。該大衛星大概曾跨入土星之危險區而被撕碎矣，蓋小物體入大物體之危險區內概無倖免者也。吾人相信昔者某巨星曾行經太陽之側而促成今日之太陽系，吾人且相信太陽曾破壞土星而生成其衛星，故吾人亦相信土星自身亦曾破壞其最近之衛星而生成其無數微小衛星以構成光環。

——天體中之第三世。

惟其生成之程序尚非完全相似。太陽在該較大星之危險區內僅有甚短時間之逗留，蓋太陽在空間運動之速度甚大，在其尚未完全被破碎時其自身之運動已將其攜載而出於該星之危險區外矣。土星在太陽之危險區亦僅有甚短時間之停留。但土星之該衛星乃圍繞土星循其圓形軌道運行者；以其軌道逐漸縮小，故該衛星墜入土星之危險區矣。既不幸入其危險區而又永無復出之可能，故被破碎而成碎屑。此臆測頗可相信，因吾人能推算其危險區所及之範圍也。土星現在之最內衛星適在危險區外，故完整無缺；但光環確在其危險區內。

太陽系中概未見巨大之衛星在行星之危險區內運行者。木星之最內衛星距木星極近且已距其危險區不遠矣。在時間之過程中，此最內衛星必漸向木星移動，故於不久將來必將跨入木星之危險區而被撕碎。屆時木星當亦有光環圍繞之，與土星同。

月亦向地球漸漸移動，故終必入於地球之危險區而遭同一之乖運無疑。屆時地球雖不復有月，但有光環圍繞之。其光環將不惟較今日之月能多迴射太陽之光，且將終夜不斷月光矣。人生榆

快必因之增進不少。雖然，其不便之處亦正多也；蓋環中之小衛星必常有互撞情事，由互撞而破裂之碎塊當必向地墜落如天降巨石者。

小行星

火星與木星間有小行星數千繞日運行。其運行之方向與太陽系中其他行星同。此諸小行星頗似由一巨大物體一度破碎而成之碎屑。火星與木星之間隔甚遠；在甚久以前必有一尋常行星在此間隔內運行，旋跨入木星之危險區而被破碎矣。

彗星與流星

太陽系之其他物像皆為甚小之物體。在此諸小物體中其大者當首推彗星。彗星與行星同，亦繞日運行者。惟其軌道扁長，故有時遠在空間之暴寒境地而距日甚遠，有時則距日極近。當彗星行至近太陽一相當距離而能得受相當之日光與日熱時，常可見其為顯著而引人注意之物像。設其跨進如太陽或木星之巨大物體之危險區時亦被破碎。其破碎之碎塊即成流星雨。若適逢地球行經一流星雨時，其隕星即纏結於地球之大氣中；因空氣之阻力故生白熱。此即吾人在地上所見之

流星雨也。流星雨之路徑常有與已消滅之彗星之原路徑重合者；此確實證明彗星已破碎而成一羣小物體矣。實則太陽系歷史之大部爲大物體破碎較小物體之記述。其破碎因於引力者多而因於直接撞擊者少。

大多數隕星並不較胡桃或豆爲大。因其甚小，故於未及墜地之前已完全化爲氣體，僅遺光輝之塵狀餘跡。其餘跡之尾端卽其所化之氣之所在，恆距地面若干哩。惟有時較大之隕星於其在空氣內速射中並不能完全化爲氣體。其所餘之部分墜於地上卽爲隕石。地球各部分均有被隕石墜擊之虞，視之似由天空降下者。故佐休亞之書 (The Book of Joshua) 有『主由天拋降巨石』之句。昔之作者常紀隕石墜落之事。所降落之隕石經保存者亦不少，其中頗有大且重者。亞利桑那 (Arizona) 有一巨洞如火山口，相信爲大如巨山之隕石降落時所撞擊而成者。一九〇八年西伯利亞 (Siberia) 有隕石降落。其降落時振蕩而起暴雨，致周圍近百方哩內之樹木悉被風摧倒。惟近年來尙未聞巨大隕石之降落。

地球及隕石內之某諸物質能隨時間之增進而變化其成分。測驗其成分變化之多寡，即可求知地球自身及此諸隕石之年齡。據測驗所得之結果得知地球與隕石均於其凝固後已歷約二十萬萬年矣。由此可知地球與隕石同約爲二十萬萬年前之漲溢事變中之產物。

較小之物體亦繞日運行，似渺小之行星然。微小之塵粒，單個之原子，以及由原子破出之電子等皆是。日沒後此諸小質點能迴射日光而成黃道光之現象。日蝕之際亦能迴射日光而成日冕（插圖 XXVI）。

太陽系中由太陽自身及巨大之木星至極微小之塵粒，其每物體各有其規劃之運動，且其運動皆由引力統率之。

第四章 星之重量及其他

引力對於天文學及人生之重要前已知之。使月隨伴地球者引力致之也。規劃太陽系中各行星以及其他天體之軌道者引力爲之也。引力能促起海潮；且吾人相信約二十萬萬年前太陽亦因引力而起巨潮，由之而生成地球，終有吾人類降生。引力使地球隨伴太陽而不致遠離之以去至暴寒之空間深處俾吾人得以生存焉。

今將引力略論之如下：

引力

無人能將一噸之重物舉起，蓋引力——在地球上吾人常言重力——阻之也。蓋重力將重物向地拖牽，其力之大有非人之體力所能勝過者。

無人能將一板球擲於一哩之外，亦引力阻之也。蓋引力將球繼續向地拖牽，在其未行及一哩

時，已將其牽落矣。以每小時二十哩之速度擲一球初非難事。若無重力將其向地拖牽，其必於每三分鐘內行一哩之距離，且歷一年之後當行至空間距地一七五、〇〇〇哩矣。實則此乃不可能事，因引力將其向地拖牽以干涉其運動也。

月在空間運動之速度爲每小時二、三〇〇哩。設無引力將其向地拖牽，必取同一之方向以同一之速度繼續進行；且一年之後必可行至空間距地二千萬哩矣。實則月乃繞地球運行者，其軌道向地繼續彎曲與板球同。

奈端 (Sir Isaac Newton) 鑑於月之軌道繼續向地彎曲乃地球繼續將月拖牽所致，故渠認爲此拖牽之力與地球施於地面附近諸物體之拖牽力必相似。相傳謂渠見園中蘋果墜地爲渠對於此問題認識之開端；其著名之引力定律之發表亦賴於此。依引力定律則宇宙間所有物體不論其相距如何遼遠皆互施以拖牽之力。

近年來愛因斯坦 (Einstein) 說明奈端此定律在算學表式上並非絕對精確並證明此拖牽力之性質與奈端所臆測者頗不相符，蓋吾人不能以僅如機車拉扯列車之機械力思之也。但吾

人現所談者爲天文常識，奈端與愛因斯坦之區異在此無關重要，故暫不討論之。

引力之研究

除地上之實驗室外，大自然在空間無時不以其巨大尺度成就實驗。且其實驗之結果亦爲吾人所能賞鑑者。天空不啻一大規模之實驗室也。科學家在此二種實驗室中對於引力之研究頗爲周詳。

物體之質量愈大，其引力亦愈大。地球之質量之大當非吾人日常生活中所習見之物體之質量所可比擬。故除地球之引力外，吾人似概未覺察任何引力之存在。因之於無意中竟認爲引力祇地球有之。惟在實驗室中作精密之測驗足可知無物不有其引力。

甲物體施於乙物體之引力適等於乙物體施於甲物體者。故曰甲乙二物體「間」之引力，語無謬也。此卽謂無論甲之於乙或乙之於甲其所施之引力之大小適同耳。蘋果之墜地爲地球施於蘋果之引力之直接顯證。惟由其墜落頗難察知蘋果施於地球以相等之引力之顯然證迹；蓋此量之引力對小物體如蘋果者其效果甚大而對於大物體如地球者其效果極些微而難察覺之矣。

二物體間之引力與二者所含物質之多寡有關，但與物質之性質無涉。例如地球施於一噸鉛之引力與其施於一噸水，一噸沙，或一噸其他物質之引力均相等。此即日常貿易中測定物重之基本科學原理。茶商以秤秤一磅茶葉時，其所爲者乃試求地球拖牽一撮茶葉之力與地球拖牽一磅重之銅或鐵所製之標準法碼之力之平衡也。若此二拖牽相等，所秤茶葉之量即與法碼中之銅或鐵之量相等矣。

二噸之物質所施之引力實爲一噸之物質所施之引力之二倍，餘類推。由此，茶商以求一撮茶葉之引力與兩個一磅重之法碼之引力之和之平衡而能秤出兩磅茶葉。

地球重量之測定

若將二物遠移，則二者之間之引力必減。當距離增大時，吾人可確知其間引力降減之情形。故永能酌定其距離之效應。實驗室中之實驗家能測定一噸鉛施於在一已知距離外之他一噸鉛之引力。由此即可計算地球施於一噸鉛，一飛擲中之板球，或月之引力。地球之引力不論其爲施於一噸之重物，一飛擲中之板球或月者，均證明其重量約爲六、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇、

○○○、○○○、○○○噸。

太陽重量之測定

奈端之臆測謂引力之作用在全部空間無處無之；且每一物體將任別一物體向其自身之方向牽引，初不論相距之遠近也。奈端以後天文學中之事實已將其說證明無誤。奈端之蘋果不僅施引力於地球，且施引力於天空中任一星也。且其墜落對於每星之運動亦有影響。吾人手指之運動亦未有不擾及所有星球之運動者。

太陽即以引力統率太陽系中諸行星，隕星，彗星以及其他天體——大自木星小而至於生成黃道光或日冕之微小塵粒——之運動。吾人之所以知此者，乃因其運動確循乎吾人本引力定律爲其劃定之軌道也。

吾人能以地球施於月之引力推算地球之重量。如法亦能以太陽施於地球以及各行星之引力以求得太陽之重量。以太陽施於任何行星之引力均可求知太陽之重量爲地球之重量之三三二、○○○倍。地球內每有一盎斯之物質，太陽卽有相當之一噸；換言之，卽地球與太陽重量之比

等於一盎斯與一磅之比。

因太陽有如此巨重，故其引力甚爲盛大。即使強有力之壯漢在太陽面上亦弗能舉起七磅之重或拋一板球於二三碼之遠。且其人若非銅首鐵臂者絕難表演此種技術；肉體人必在自己之重力下被壓扁矣。

太陽施引力於太陽系中各天體。同時，此諸天體間亦互施以較微之引力。例如任一行星，小行星，或彗星於循其軌道行近木星時，必被此大行星之引力顯然將其牽於其正常路徑之外。據云木星最外之兩衛星或非由木星產出，乃木星以其引力所擒攔之小行星；即木星以其引力將小行星由其原來軌道牽出甚遠，且迫令其圍繞木星運行也。此事頗屬可能，因此二衛星並非圍繞木星之赤道由東而西而運行，乃橫繞木星由北而南與由南而北而運轉者。土星之最外衛星及海王星之唯一衛星均有與此相似之運動，且亦頗似如斯被擒者。即較小之行星亦施有顯著之引力。故天文學者規劃一行星或一彗星之未來軌道時，必須爲所有之大小各引力通盤着想。

最外行星之發現

一世紀前世人以爲天王星爲太陽系中之最外行星。經天文學者考究太陽及所有已知行星之引力以推算天王星應循之軌道，得悉其並非確循如斯規劃之軌道運行；於是對於是否尚有未經發現之行星以其引力將天王星拖牽而出其應循之軌道以外發生疑難矣。二青年天文家劍橋阿丹（J. G. Adams 英人）與巴黎之勒未利挨（U. J. J. Leverrier 法人）曾致力於此問題之研究。渠等以天王星引力表現之實況以探測此新行星之性質及其所在。後之學者旋求知擾及天王星之運動之行星幾確在阿丹與勒未利挨所規劃之位置。此行星即海王星是也。

近代之歷史中恆有重複雷同之事實。海王星之引力雖已測出，而天王星之運行仍尚非確循所規劃之軌道。天文學者於是又對於海王星外是否尚有別行星存在發生疑問矣。此次推算此新行星之運動者爲旗杆鎮天文臺（Flagstaff Observatory, Arizona）之羅挨爾（Percival Lowell）教授。嗣各學者經十五年之研究，終於一九三〇年三月將此新行星發現矣。其所在之位置幾確與羅挨爾所測算者相符合且其運動亦頗如羅挨爾所預測者。此新行星即冥王星是也。惜其發現之時羅挨爾已逝世矣。冥王星距太陽之距離爲吾人距太陽之距離之四十倍。因其距日甚

遠，故其繞日一週需時二五〇年。且因距日光及日熱遙疏，故即使其誠有水及大氣亦皆冰結矣。

此最外二行星——海王星與冥王星——之發現正爲天文學對於引力定律相信不疑之結果，且亦確爲對之相信之證明。若有問吾人何爲而相信引力定律者；吾人較周詳之答案當謂因引力可預定所有已知行星之運動，其最簡便之答案即言因其能幫助吾人發現新行星也。

星之重量之測定

前所討論者僅限於太陽系一小區域內之物像。空間之深處——遠在海王星、冥王星以及太陽系之最外邊界外——尙有其他密實之區域在焉。此諸區域距吾人甚遠，故即使其誠有行星與彗星等小物像存在，吾人亦弗能瞭見之；所能見者在空間緊密相鄰之星簇也。吾人自然之忖測，認爲此諸星簇與太陽系同，亦必以引力而結合者。

吾人確知最近之區域爲三個星所組成者——二個中等光輝星與一個暗淡星（第八六頁附表）——惟尙有較簡單之區域焉。最簡單之區域即吾人所謂之雙系。雙系者乃由各循其軌道而互相圍繞運行之二星所組成，如兩兒童挽手相遷繞而舞蹈者，或如旋轉舞中之二舞伴。其行動確似

互施引力而維繫於一起，與地球及月或太陽及地球同。天文家能觀測其交繞之運動以推算二者之間相拖牽而不致分離之力之大小，由之可求知星之重量。

推算所得之結果甚為有趣。太陽約為中常重量者，或略過之。總觀諸星，其重量相差並不懸殊。推測言之，大多數星之重量似介於一兒童與一胖漢之間者。其俱有特殊重量者僅數個例外星而已。大犬二七為四個星所組成之區域，其總重雖尚未確定，但約為太陽之重之一、〇〇〇倍。波拉斯開氏星 (Plaskett's star) 為一尋常雙系，其總重確已測得為太陽重量之一四〇倍。但此諸星頗屬例外。欲求重量為太陽之重之十倍之星頗不多見，且重量為太陽重量之十分之一之星亦尚未之見也。故曰星之重量並不甚懸殊。

星之燭光

星之重量不甚懸殊，而其燭光之差異則甚顯著。例如天空中之最光輝星當推天狼，其伴星輸於吾人之光僅為天狼本身所輸來者之萬分之一。此伴星如斯暗淡且其光又被天狼之光遮蔽，故於一八六二年始發現。此絕不能與某甲星以其距離較遠於乙星，因之較乙星暗淡之例同題並論。

蓋此小伴星與天狼組成一雙系。伴星在空間運動之路徑並非直線，乃被天狼以引力緊牽而遷繞天狼運動者。故吾人知此二星相距甚近，且二者與吾人之距離適相等。由此可知此較暗淡星不僅視之甚暗淡且實爲暗淡（其燭光低）也。

光輝星南河三 (Procyon) 亦有一暗伴星。其伴星輸出之光不及其本身輸出者之十萬分之一。蒭藁增二 (即鯨魚曰 Mira Ceti) 亦有一暗伴星 (第八二頁)，其伴星所輸出之光亦不及其本身輸出之光之十萬分之一。此皆星之燭光有顯著之差異之舉例。由此可知某星較別一星暗淡初不僅因其距離較遠也。惟在尋常情形之下吾人若不知星之距離之差絕不能比較其燭光之高低。知其距離之差始可言其由距離之差而產生之視光度相差之遠近與其所代表真實燭光之差異。

吾人知太陽之距離爲九二、九〇〇、〇〇〇哩。其在如斯遼遠之距離外而能照耀地球如斯其明亮，其燭光之高低當可推算而知之。由推算得知其輸出之光必等於三、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇枝燭光。

天狼之距離約大於太陽距離之五十萬倍。由太陽輸來之光約八分鐘即可到達地球而天狼輸來之光需時八年始可抵達。吾人知此，即可推算天狼及其暗伴星之實在燭光矣。天狼爲非常光輝星，其本身之燭光約爲太陽燭光之二十六倍，而其輻射熱量之能力約與其光之輻射能力同度。設將天狼遽爾置之於太陽之位置，則吾人之河流海洋以及兩極附近之冰洲等即刻蒸發盡淨，且地球上之生物亦完全絕滅矣。天狼之伴星則反是，卽以之與太陽較其光輝亦甚顯微弱，其燭光僅約爲太陽燭光之二十四分之一。若以此星而代替太陽，則地上河海以及最熱之區域立刻結爲堅冰而吾人之大氣亦當凝結而爲液體矣。

天狼及其伴星尙不足以代表吾人所見天空中星之燭光之極端者。已知之最暗星爲服爾夫三五九號 (Wolf 359)。其光輝微弱之程度至少當天狼之伴星之百倍。變星 *S Doradus* 之光輝乃繼續增降者，其平均燭光駕乎天狼燭光之一〇、〇〇〇倍以上，亦足當太陽燭光之三〇〇、〇〇〇倍而過之。當其最光輝時，其燭光達太陽燭光之三、〇〇〇、〇〇〇倍；故其一分鐘內輸出之光等於太陽一年中所輸出者。設太陽遽變而爲如斯之高能星，其烈熱必將整個地球以及地

上之一切物體——吾人亦在內——於轉瞬間化之爲氣矣。若以一枝燭光喻太陽，此星即當須以探海燈喻之，而暗淡之服爾夫三五九號星當以螢火喻之。

星之大小

太陽繼續向外輸光之巨面約爲地球之面之一二、〇〇〇〇倍。星之如 *S Doradus* 者其輸出之光當太陽所輸出者之五〇〇、〇〇〇倍，其面當如何巨大？此吾人所必驚異者。必其面爲太陽面之五〇〇、〇〇〇耶，抑其面每方碼即能輸出太陽面每方碼所輸出者之五〇〇、〇〇〇耶，抑更有何說耶？

對於此問題只可由兩個方法中任擇其一以解決之——即吾人須設法直接求知 *S Doradus* 之大小；或設法先求知其每方碼之面所輸出之光，由其所輸出之光之總量以求得其大小。所惜者直接測定星之大小，有甚多之難點。於遠鏡中窺一行星時，吾人所見者爲一圓面與月同惟較小耳。設吾人能至星之近處窺之，吾人所見者亦僅一圓面與太陽同；太陽不過爲吾人所見之星之圓面中之唯一有顯著大小者耳。所有諸星距離皆甚遠，故不能見其圓面。吾人所見於星者，僅大如

針端之發光點，故不能直接測量其大小。

以上爲概括之說，惟其中亦有兩個例外情形焉。天文家所用之最靈巧之儀器名干涉儀 (interferometer)，能將星之小圓面放大至可量之程度，故可以直接視測方法量得某數個最大星球之實在大小。

天文家尙能用最智巧之物理原理——即愛因斯坦之相對原理——以直接量得最小諸星之大小。惟此法迄今僅會應用於一星——即天狼之伴星。

星之大小其能以上述二法測定者爲數寥寥。除此少數星外，吾人尙須設法求知星每方碼所發佈之能力以謀解決其大小問題。所幸吾人尙有相當之方法。

星之顏色

今設某足球隊著紅色與藍色之制服拍合影照。其藍色將於照片上幾現白色而其紅色則幾現黑色，此殆盡人皆知之事。其所以然者，蓋因照像器較肉眼之網膜對於藍色感光靈敏而對於紅色則感光麻痺也。照像器對於星亦如是。天空任一部分之照片中必有甚顯明之星，同時亦有甚朦

臟者，此因星之顏色有不同也；即某諸星較普通星藍而他星較普通星紅，且照像器惠及藍色而薄待紅色有以致之。（插圖 XXVIII）乃獵戶座（Orion）之一部之照片，爲一顯然之例。圖中箭頭所指極左之暗星爲參宿四（即獵戶 α 曰 *Belgeux*）以肉眼望此星似爲座中之第二最光輝星，且爲全部天空中之第十二最光輝星。惟因其發放之光爲深紅色，故照像器將其表現爲遠不及腰帶上三星光輝者矣。腰帶之三星以肉眼望之較參宿四頗暗淡，但因其發放藍色之光，故對照像器而言當爲炫然明星。拍照實爲發現星之顏色之一法，且利用照像器以言星之顏色頗有相當把握也。吾人發現星之顏色之方法不一，幸皆與用照像器所得之結果相符。

星之顏色之所以有異者，以其溫度不同也。鐵匠燒其馬掌時見馬掌之顏色逐漸變易，最初爲暗赤色，繼爲鮮紅色，繼爲黃色，最後幾變爲白色。鐵之顏色乃其溫度之表徵。鑄製廠之工人於估計其鑄爐之溫度時，其最粗略而現成之方法，即爲觀測爐中所發之光之顏色；淡李色，暗赤色，鮮紅色……各代表一溫度。測驗融爐之光以測定爐之內部之實在溫度今已製有專用儀器矣。

天文家能以同一之方法求知星之溫度。星之顏色由暗赤而黃，而白，以至於鮮藍與藍紫成一

序列；同時其相當之溫度亦構成如此綿延之序列焉。暗赤星溫度最低，約達攝氏表一、四〇〇度，亦即尋常所用之華氏表二、五五〇度。微帶黃色之星之溫度約為暗赤星溫度之二倍。如太陽之諸星之溫度約攝氏表五、五〇〇度即華氏表一〇、〇〇〇度。及至最熱之諸星其溫度當約達華氏表七〇、〇〇〇表以上。在此序列之全部中——由華氏表二、五五〇至七〇、〇〇〇度——各溫度之高絕非吾人在地球上所能想像者。但在每溫度之下之一已知面積所發放之輻射，吾人可推算而知之。推算之結果頗使人驚駭。吾人若以溫度達華氏表七〇、〇〇〇度之面所發放之能力作較，則全世界所有鐵路行車所用之能力不啻一小機車之能力。在此溫度下每方吋之面所發放之能力若用之於如 *Mauretania* 號之海船，足能使其以最高速度繼續航行。反之，在華氏表二、五五〇度之溫度（已知最低溫星之溫度）下一方吋之面所發放之能若用之於橈船，尚不足推動之。高熱面所發放之輻射實為同面積之低溫面所發放者之三、〇〇〇、〇〇〇倍。結果，低溫星必其面積為高溫星之面積之三、〇〇〇、〇〇〇倍，始能發放同量之輻射。

由此即可知星之大小必相差甚遠，欲暗赤星俱有巨大之燭光，必其星甚大而後可；因暗赤星

每方吋之燭光甚低也。實則某諸暗赤星其燭光非常可怖且能發放多量之熱力；例如前所言之參宿四，其光與熱之總輻射約當太陽之六、〇〇〇倍。因此星之色爲暗赤，其每方吋所發放之輻射遠不及太陽，故其面之大必遠過於太陽面之六、〇〇〇倍。

若能由參宿四之顏色求得其實在溫度，必能推算其每方吋之面所發放之輻射之多寡，由之更能求知其發放此輻射之總量所需之面之大小——簡言之即能知其大小也。其方法當然亦可應用於他星。首先，由所測知之溫度即可知其每方吋發放之輻射；其次，若知其輻射之總量，以簡單除法即得其面積爲若干方吋。

測定某數顆星之大小之二直接方法前已言之。以此二法之任一法所測得之結果與吾人推算所得之值——即以每方吋之輻射除輻射之總量所得之值——頗相近。故吾人對於測算法相信不疑。

如斯推算所得之結果實令人驚異。由推算得知星之大小之差異遠甚於重度，溫度；且較燭光之差異尤甚。已發現之最最小星爲萬蔓儂氏星 (Van Mannen's star)。此星並不較大於地球。若取

如斯之星百萬顆置之太陽中尚有餘隙。由此可見太陽之大矣。然星之如參宿四者，若將百萬顆與太陽同大之星置於其中亦尚有餘隙焉。設以如此巨大之星置於太陽之位置，則吾人已在星內矣，蓋其半徑較地球軌道之半徑尙大也。設以一豆代表太陽，則萬蔓儂氏星當以與此『i』之點之八十分之一同大之塵粒代表之，而最大之星須以與汽車同大之球代表之。

天空如一陳列館，其中之陳列品有如斯巨大之序列。吾人對於如斯奇離之巨大差異之起源與意義自不能不生驚異之感，星之重量何以如斯不相上下而其他各事何以不相彷彿耶？關於此問題當於下章中討論之。

