

百 科 小 叢 書

天 體 物 理 學

周 昌 壽 著

主 編 ~~王 雲 五~~

商 務 印 書 館 發 行

書叢小科百

學理物體天

著壽昌周

編主

行發館書印務商

貴州

省立圖書館

13.23

7764

總登記號

第6188號

天體物理學

目次

第一章 總論	一
第二章 天體物理學之基礎原則	五
第一節 光之性質	五
第二節 光之分析	一一
第三節 原子構造理論	一八
第四節 景之起源	二二
第三章 天體物理學之方法	二七
第一節 天體物理學之分科	二七

第二節 行星表面學.....二七

第三節 天體測光學.....二九

第四節 天體景析學.....三三

第五節 天體照相學.....三四

第六節 干涉學.....三四

第四章 天體物理學使用之各種觀測器械.....三五

第一節 望遠鏡.....三五

第二節 光度計.....三九

第三節 景析器.....四二

第四節 照相器.....四五

第五節 干涉計.....四七

第五章 太陽.....四九

第六章	行星及衛星·····	六二
第七章	彗星及流星·····	七七
第八章	恆星·····	八三
第九章	雙星及聯星·····	九八
第十章	變光星·····	一〇六
第十一章	星團及星雲·····	一一六

1323
7764

天體物理學

第一章 總論

研究天體及星際空間之學科，通稱之曰天文學。天體云者，指太陽、行星、衛星、彗星、流星、恆星、星雲、及宇宙塵等而言。更因其研究之性質，可分為六種：(1) 球面天文學，(2) 實際天文學，(3) 天體力學，(4) 理論天文學，(5) 天體物理學，(6) 宇宙開闢論。其中自(1)至(4)又可統括之曰測天學，以與第(5)之天體物理學相對待，成為天文學上之兩大分科。測天學之由來甚久，自古即已有之，故又有舊天文學之稱。反之，天體物理學，係最近百年來始露其頭角，故又有新天文學之稱。至於第(6)之宇宙開闢論，其性質略有不同，不能與新舊天文學相提並論。茲將上述各科之概略，逐條略述如次：

第一章 總論

球面天文學係假定一切天體之運動，均限在一假定之球面上。此球面曰天球。天球以通過其球心之一直線爲軸，在其周圍，自東徂西轉動不已。至於實際上，地球與此等天球間之距離如何，並不過問，僅研究此等天體在天球上之位置、運動、及其種種之現象而已。此種研究之來源，由於大多數之天體，均與地球相隔極遠，即令有與地球比較接近者，亦頗不易辨別。不如一律視爲平等，轉可將種種複雜之問題化爲簡單，於研究上，甚感便利。

實際天文學爲關於天體觀測之基礎智識，如觀測用各種器械之構造及其理論，又其使用之方法，觀測天體時所依據之各項原理，觀測而得之結果之整理方法，由記錄以求其研究目的之計算方法，均屬之。在新天文學未發達以前，此一部分之研究，當然限於舊天文學上使用之器械及原理，固極簡單。但自新天文學勃興以後，其範圍日遂擴大，新增之項目，實有指不勝屈之感。因之，現今關於此一方面之參考書籍，能令人滿意者殊不可多得也。

天體力學舊時又有物理的天文學之稱，以牛頓創立之重力定律爲其基礎，應用之於天體之運動，證明其對於全太陽系，均可完全適用。再一整理過去所得之觀察紀錄，遂由理論上推知有目

力所未能察見之新星存在。例如赫瑟爾發見之天王星，由觀測而得之事實，與由理論推出之結果，不相一致。勒未累將此項差異，歸之於一未知之行星，由此假定，轉而推算其應在之位置，最後，遂經德國之加勒之手，於一千八百四十六年九月二十三日，果然將此行星尋出，命其名曰海王星，成爲歷史上最有名之一事件。同樣，海王星之運動，亦與理論未能盡符，於是於一千九百三十年一月二十一日經美國之羅厄爾天文臺，又發見一新行星，命其名曰冥王星。要之，天體力學之目的，在對於全宇宙內之一切天體，欲求得一統一的說明，以解釋一切天體之運動而已。

理論天文學係應用天體力學推算而得之各天體之軌道要素，以計算其前此所曾在，及將來所應到之位置，整理而編製之，成爲天體曆及航海曆等，以供研究或實用之參考。或利用最近觀測得來之結果，對於既知之要素，詳加校正，俾與事實更爲接近。因之，此一科對於計算，自然特別視爲重要，其工作亦極繁難。大抵均賴國家或學術團體之力，始能進行，非個人之力所能及也。

天體物理學又名爲天文的物理學，爲最近數十年間始發展而成之一新科。其目的在應用物理學上之各項原理，決定各天體之物理的性質，個別之構造，各種之變動，以及相互間之關係等，各

項重要問題。更因其研究之方法不同，分爲若干分科。本書範圍，卽在於此，故自第三章再詳述之。

宇宙開闢論，係根據吾人現有之知識，追溯宇宙之源始，並推想其將來之結局。如宇宙果有其始，則究如何而始？其後又如何經過而至於現在？此後又當如何變遷，以達於末日。凡此種種，均爲此科之研究問題。就性質上，可分爲兩科，一曰宇宙構造論，一曰天體發展論。

第二章 天體物理學之基礎原則

第一節 光之性質

太陽發出之光與熱，由虛空無物之星際空間中通過，傳至地球，並不經任何物質之媒介，如是之現象，曰電磁輻射。電磁輻射之種類甚多，舉凡光、熱、電磁波、 α 線、 γ 線、宇宙線等，莫不包括在內。其中與天體觀測最爲切要者，則爲光與熱兩種。一切之電磁輻射在真空中表現之性質，彼此全同，僅因其波長之大小，而加以各種不同之名稱而已。波長最長者爲赫芝之電波，通常用呎作單位表出之。其次長者爲紅外線，再次爲可視線，以下始次第而稱紫外線、 α 線、 γ 線及宇宙線。其中如可視線、 α 線等，因其波長過短，通常用一萬萬分之一種作單位表出之，此種單位定名曰埃，在英文則以 \AA 代之，或卽單用 λ 字亦可。如言 $\lambda 6000$ ，卽其波長等於萬分之六種之電磁輻射。

一切電磁輻射，不問其波長之長短如何，在真空中，均以同一之速度傳播而去。此速度與光之速度相等，通常以 c 代之，其值則為三十萬每秒。據馬克斯維耳及赫芝等之研究，光亦電磁輻射中之一種，其特徵表現成爲一運動中之電場及一運動中之磁場。電場之方向，與光之進行方向恆成垂直。且在光之進行方向上，每相隔一波長之各點，其電場均相同。如在光之進行方向上引一直線，在其上各點各立一垂線，以垂線之長短，表出各該點之強度。則此等垂線之頂點，將相連成一波形之曲線，卽一種正弦曲線。所謂一波長，卽指此曲線上相鄰兩同相點間之距離而言。以上遂就同一之時刻而言。反之，如就同一之點而言，則其電場之強度隨時而變，或正或負，循環往復不已，其狀況亦可用上述之同一曲線表出之。卽此曲線以光之速度沿輻射之方向進行而去，卽可表出某一定點在此期間內應有之電場變化。換言之，卽電場亦隨輻射傳播而去，每一波與一完全振動相應。除電場而外，尚有磁場，亦同時現出，磁場之方向與電場及光之傳播方向，均成垂直。輻射時，此磁場亦隨之振動不已，與電場同。

電場或磁場在一單位時間內往返振動之次數，曰振數，通常以 ν 表之。故在真空中之傳播時，

其關係可用 $v = \frac{c}{\lambda}$ 之公式表出。通常之 v ，其值頗大，例如綠光之 v 等於 6×10^{14} ，其餘概可想見。有時不用波長及振數等，而以波數代替之。波數云者，即每一種內所含有之波數，通常以 n 表之。故如波長 λ 之單位為厘米，則 n 等於 $\frac{1}{\lambda}$ ；如 λ 之單位用釐，則 n 等於 $\frac{1}{\lambda} \times 10^8$ ，餘倣此。

電磁波如在一種媒質中傳播時，其速度 V ，恆小於 c 。此 c 與 V 之比，即 $\frac{c}{V}$ ，曰此媒質之屈折率，通常以 μ 表之。 μ 之值由媒質之性質及輻射之波長而定。例如媒質為鉛玻璃，輻射為黃色光，則屈折率等於一·五；如媒質為通常密度之空氣，輻射仍為黃色光，則屈折率等於一·〇〇〇三。當輻射由真空中進入一種媒質中時，其振數並無變化，僅其波長變成 λ ，致其關係成為 $v = \frac{c}{\lambda}$ 或

$$\mu \frac{c}{\lambda} = \frac{c}{\lambda'}$$

輻射之波長如有一定不變之值，則曰單色輻射。表示此種單色輻射之變化，即前述之正弦曲線。通常之輻射，其波長不止一種，可視為波長不等之若干波列混合而成。在輻射傳播之垂直方向上，可作一曲面，在此曲面上之各點，均有同一大小及方向之電場及磁場。如是之曲面曰波面。例如輻射之源在於無窮遠處，則波面即成為平行之平面。如為單色輻射，此等兩波面間之距離曰相差。

電磁波爲一種橫波，其振動之方向，與輻射傳播之方向，互相垂直。因其振動之狀況，可分爲數種：(1)平面極化波，即電場之方向恆一定不變者，此時通過進行方向且與電場垂直之平面，通稱之曰極化面。(2)圓極化波，即電場之大小一定不變，但其方向則在傳播方向周圍作均速之轉動者。此時如沿傳播之方向觀之，電場之轉動如爲順時針方向，則曰右轉圓極化波，反之，則曰左轉圓極化波。(3)橢圓極化波，即電場不僅方向變更，其大小亦受同周之變化時之輻射。圓極化及橢圓極化，均可分解成爲兩成分之平面極化，彼此互相垂直，其相亦各不同。(4)非極化波，即就垂直於傳播方向之平面而言，在此平面上，各方向均作同一之振動。自然發生之輻射，概屬於非極化，至極化之輻射，則有三種方法，可以造成，一爲由平滑表面反射而回者，二爲由微小粒子散亂而成者，三爲使磁場作用於光源而成者。

輻射之能沿一定之方向通過一曲面時，成爲一輻射線。沿輻射線上，在單位時間內流過輻射能量，曰輻射束。與輻射線垂直之透明平面上，每單位面積每單位時間內流過之輻射能，曰束密度。故束密度即每單位面積透過之輻射束，有時亦稱之曰輻射線之強度。強度之定義中，既含有能，時

間及面積等在內，故其單位亦由此等諸量之單位混合而成。又單位時間中傳播之能，與功率同等，故強度亦可用功率測定。因此強度之單位，遂有若干種類；其中最常用者為每秒每平方呎，每平方呎瓦，每平方呎馬力等。

如輻射之能，係由一點四向發散而出，則其強度應與各點及輻射源點間之距離之平方為反比例。譬如，在地球與太陽之平均距離處，其輻射強度等於一百三十五萬每秒每平方呎。太陽表面與其中心之距離，較此更近二百一十五倍，故太陽表面之強度，應為其(215)²倍，即應等於六百二十四萬萬每秒每平方呎。由其值之大，可以證明太陽表面溫度之高，當不下絕對溫度六千度。

物體受熱，其溫度愈高，則由之輻射而出之能愈多，其表面亦愈亮愈白。各種物質之中，當其冷時色愈黑者，當其熱時放出之輻射能愈多。換言之，吸收率愈大者，其輻射率亦愈大。故理想上之完全輻射體，為冷卻之絕對黑色之物體，簡稱之曰黑體。黑體放出之輻射，其性質當較一切其他之物體放出者為簡單，其數量可由理論或實驗測定之。用煤煙塗黑之物體，與此項黑體頗為相近。

由受熱之黑體每一平方呎上，於每一秒間，放出各種波長之能之總量，可由 $E = \sigma T^4$ 之公式

決定之。此式中之 T 表黑體之溫度，其單位用絕對溫度。 R 表輻射之總量，其單位用厄。 σ 表一常數，其值可由實驗測之，等於 5.72×10^{-5} 。此關係曰斯忒藩定律。如輻射體不為黑體，則其放出之能量當較由此式算出者略少。

任何受熱之物體放出之輻射，均有範圍甚廣之各種波長，如就理論言之，其範圍將包括一切之波長在內。由完全輻射放出之各種波長之輻射中，有一定之波長，其強度最大。溫度愈高，則此最大強度之波長愈短。關於最大強度之波長與輻射體之溫度間，有下列之關係，即 $\lambda_m = \frac{0.289}{T}$ 是為蔚因關於輻射分布之定律。如就太陽而言，其最大強度之波長 λ_m 等於 4.70×10^{-5} 浬，由此計算，太陽之表面溫度，應為絕對溫度之六千一百五十度。

如用景析的輻射熱計，可將輻射體放出之各種波長之強度，一一測定。其結果與蒲郎克由理論方面推得之定律，極相一致。蒲郎克之公式為 $E_{\lambda} = C_1 \lambda^{-5} \cdot (e^{\frac{C_2}{\lambda T}} - 1)^{-1}$ 式中 C_1 表 3.71×10^{-5} ， C_2 表 1.435 ，又 λ 之單位用浬； ϵ 為自然對數之基數，即 2.718 。前述之斯忒藩定律及蔚因定律，均可由蒲郎克之定律中誘出。任何物體僅由受熱而放出各種波長之輻射時，其強度均只能較

由蒲郎克定律算出者爲少，決不能轉較之爲多。如一物體放出各種波長之輻射強度，與由蒲郎克公式算出之數相較，成爲同一之分數，則此物體曰灰體。

輻射線除能之外，尚有動量隨之傳播而出。故傳至物體之表面，無論被其吸收，或由之反射而回，均必有壓力作用於其上。此項壓力曰輻射壓。例如日光直射至於與之垂直之黑體之表面時，輻射壓等於 $1.35 \times 10^6 \cdot 3 \times 10^{10}$ 即 4.5×10^{-5} 每平方厘米。此值恰與一立方厘米之空氣重量之二萬八千分之一相等，其值之微小，不難想見。對於日常之現象上，如是微小之量，當然不呈影響。但對於彗星之尾，頗足以左右之。更據厄定吞之研究，在星體之極內部，輻射壓之數值陡增，關係極大。

第二節 光之分析

光線因屈折及透折之結果，其進行方向當發生偏向。偏向之大小，則由其波長而定。故由數種單光混合而成之複光，經此等作用後，其各成分之單光，各取不同之方向傳播而去。故無論光源體之遠近如何，只須分析其各成分之單光研究之，即足以推知其種種重要事項。爲此目的而設之裝

置曰景析器。使用此器，可以推知天體之化學成分及其物理的狀況，可以測定天體之移動速度，可以觀察目不能見之現象，例如太陽之紅燄等。景析器之要部爲稜鏡或透折格子，使透過之光，依其波長次序分析而出。可視線在電磁輻射中，僅佔一極小之部分，經稜鏡分散後，每一種波長，必有一定之色與之相應。在物理學上認色爲一種感覺，不能正確表出波長之異同，僅爲便利計，決定數種波長代表數色而已。例如 λ 七〇〇〇表紅， λ 六〇〇〇表黃， λ 五〇〇〇表青綠， λ 四〇〇〇表紫。

本生燄通常僅放極微弱之光，但若插入少許鋰之化合物於其燄內，則現爲亮而且強之紅色。令此紅光通過稜鏡，則現爲一條輪廓鮮明之紅線，表示高溫度之鋰蒸氣，僅能放出唯一之單色輻射。如用鈉之化合物，如食鹽，代替鋰插入本生燄內，則呈黃色，通過稜鏡後，成爲黃線。又若將鋰及鈉同時插入本生燄內，通過稜鏡後，即現兩線，一紅一黃，黃之偏向恆較紅者爲多。紅與黃之波長相差頗多，用此簡單之裝置，固可分離，但對於波長極相近之兩線，則因燄之像太寬，遂互相重疊，不能分離。爲欲避免此弊，通常在燄與稜鏡之間，放一不透明之屏，上開一條極細之孔，名曰細隙，方向與稜鏡之屈折稜平行，如此，在稜鏡他一面現出者爲此細隙之像而非燄本身之像。鋰所發生者爲一條

單一之紅線，通稱之曰輝線。鈉所發生者，細察之則爲極相接近之兩條黃色輝線。故知高溫之鈉蒸氣放出之單色輻射，共有兩種，其波長極相近，而高溫之鎳蒸氣放出者，波長僅有一種。不但鎳與鈉之蒸氣如此，其他任何氣體莫不如此。僅所現之景中，輝線各不相同，有數條者，有若干條排列極密宛如帶狀者而已。景之情狀，爲輻射本源之分子或原子之特性，各不相同。景中各條輝線，各有一定不移之波長，與使氣體發光之方法無關。無論用火燃燒，或用電弧，或用電花通過，景線決不變化。僅其光亮之程度隨發光之方法，略有不同而已。如先將各種元素之景繪出，再用未知其成分之氣體作此項實驗，兩相對照，由其景線，即可推知其中含有何種化學成分。如是之方法，曰景析術。

除稜鏡而外，尚有透折格子，亦可使用。係在平面或凹面上引無數極相接近之等距離平行直線而成，每寬一吋，約含二萬條平行線，令單光投射於其上，除有一部分按照通常方法反射而回外，其餘之部分受格子透折後，各按其波長，分離而成若干條之輝線，各取一定之方向散開，分別排列於通常反射光造成之像之左右。順其次序，稱之曰一次景，二次景等。景析器之要件有三：一曰分散度須最高，二曰分解力須最大，三曰景之光度須最強。分散度高，則波長不等之線可得較大之分離

角度。分解力大，則波長極相接近之兩線，亦可互相分離不致相重。光度強則便於檢查，用邊折格子，因其有一次景二次景等，同時生成，故終不及用稜鏡爲佳。故對弱光源，如恆星等，概用稜鏡。

景析器大體可分爲兩類，一類用稜鏡，一類用邊折格子。其中以用凹面格子者，造成之景最爲準確，實驗室內多用之。羅蘭德研究日景，卽用此種凹面格子。此外尙有一種直視景析器，由數個稜鏡聯合而成，其細隙、稜鏡及檢査用之望遠鏡，均在同一之直線上，極便使用，不過分散度較低而已。如將望遠鏡取去，以一照相器代之，卽可將造成之景之相片照下，是曰景相器。又有一種裝置，專爲便於測定波長而設者，曰景計。又有一種裝置，除造成欲檢査之景而外，尙可將一熟知之景同時造成，一上一下，排在一處以資比較，是爲比較景。

發單色光之高溫度之氣體，如其密度增大，則其景線將生變位，卽其波長隨之而變。此現象由於鄰接之原子受相互之作用而來，通稱之曰壓力移動。有時高溫氣體在電弧之極之近傍，亦有相似之變位出現，是曰極效應。此項變化，情形較爲複雜，且與輻射而出之線相關。通常所指之波長，以由稀薄氣體發出且不受電場或磁場之影響者爲限。

如光源與觀測者之間，有相對運動，命其相對之均速爲 v ，則一切波長，均將爲之變化。命 λ 表本來之波長， λ' 表變化後之波長， c 表光速，則其關係爲 $\lambda' = \lambda \left(1 + \frac{v}{c} \right)$ ，此項波長之變化，曰都卜拉效應。在天體觀測上頗爲重要，由此可將天體之視線運動之速度算出。由一種化學元素發出之光，不問此元素在實驗室內或在天體上，其波長均極相近。其間之極微之差別，即由都卜拉效應而來，故可由此將其速度 v 算出。對於一定之光源，都卜拉移動僅與波長爲比例。而前述之壓力移動及極效應則否，雖對於同一之元素，其各條景線亦各不相同。兩者之區別即在於此。又相對性原理中推論之景線移動，即由此都卜拉移動而來。

如用日光照景析器之細隙，則於稜鏡之他一面，現成彩色之帶，由紅至紫，按波長之長短，排列而成，其間有無數暗黑細線，名曰夫牢因和斐線。並在紫外部直至三千紫爲止，紅外部直至一萬紫爲止，亦有其存在，可用照相器照出。如用輻射熱計代替照相器，在紅外部檢查之，更可超過一萬紫之限制。地球周圍之大氣對於波長在 2.9×10^{-4} 厘米以下之輻射，不能透過，故用任何手段，亦不能觀測由天體發來波長在此以下之輻射線。當最初發見日景中之夫牢因和斐線時，曾用英文字區

別之，至今依然沿用。其(A)爲若干條之線，光度頗強，位置在於景中紅色之極端。(D)爲兩條相鄰之線，在於黃色部分。(H)及(K)爲一對，在紫色之一端。其後將各線之波長精密測定之後，知(D₁)線爲 λ 五八九〇，(D₂)線爲 λ 五八九六。據現今照得之日景，其中之線在一萬以上，強者固可由肉眼觀見，弱者非賴其他方法不能辨別。由其他星體發來之光，所成之景，大致亦與日景類似。

夫牢因和斐線之說明，直至克希荷夫，始克完成。據克希荷夫之實驗，景可大別爲三類：一曰線景，由化學元素之原子構成之稀薄氣體在高溫度時造成。其特徵爲暗黑之背景中現出一條或數十百條之輝線。由此可知此種氣體只能發生一定波長之輻射。反之，由所見之景線，轉而推知此氣體之元素，爲事極易。如氣體之成分非元素之原子，而爲由數個原子結合而成之分子，則造成之景，輝線之數極多，且有互相連接成爲一片不復可得而分之處，如一帶然，是曰帶景，爲化合物之特徵。恰與元素以輝線爲其特徵相對，由此可以區別之。二曰連續景，由白熱之固體、液體或濃密之氣體造成。由紅至紫排成一帶，連續不斷，指示此種輻射，包含有一切之波長在內，無所缺漏。由實驗知此種景實爲光源之物理狀態（尤以其溫度爲最甚）之特徵，而與其化學之成分無關。三曰暗線景，

亦稱吸收景，當連續景之光源發出之輻射，未達景析器以前，如由低溫之氣體中透過，則其景內即現出暗黑線條於彩色帶中。且此項暗線之位置，與所經過之氣體在高溫時發出之輝線之位置，恰相一致。換言之，低溫之氣體對於大部分之波長之輻射，均為透明體，但對於與其本身之特徵之景線相應之波長，則選擇吸收之。夫牢因和斐線即由此而成，是曰克希荷夫定律。

使電花在強力之電磁石之兩極間通過，則本為一條之景線恆分裂而成若干條，此時之光為極化光。如光之進行方向適與磁場方向垂直，則每一條線，均分為三條，各各成一集團，毫不相混。此三條之中，左右兩條為與磁場方向垂直之平面極化光；而中央之一條，則為與磁場方向成平行之平面極化光。此項景線分離之程度，與磁場相比例，因景線之波長不同，分裂之狀況亦異。有少數之電弧景線及大多數帶景中之線，雖不呈此現象，但大多數之景線均不能免，是曰最曼效應。如光之進行方向與磁場平行，則中央之一線不可得見，僅餘左右兩條之圓極化光，方向互相反對。又吸收線對於磁場，亦受同樣之作用。

第三節 原子構造理論

原子並非物質之最終之單元，不過一種構造而已，最終之單元為帶電之微粒，其渺小更在原子下千萬倍。所謂化學性質、景析的性質，以及其他各種性質，一切由此種構造之狀況而定，與最終之帶電微粒無涉，在一切物質之中，微粒均相同。此等微粒所帶之電荷，即自然之單位電量，曰電子。其帶陽電者曰質子，帶陰電者即以電子名之。兩者所帶之電荷等於 4.774×10^{-10} 電磁單位。電子之質量為 $8.93 \times 10 \times 10^{-28}$ 克，質子之質量為 1.65×10^{-24} 克，即一質子之質量約為一電子之質量之一千八百倍。又電子之半徑約等於 2×10^{-13} 厘米，質子較此更為渺小。質子與電子間有引力作用，而電子與電子間，則有斥力作用，如距離在 10^{-12} 厘米以上，可以適用庫隆定律決定其作用之力。又電子在磁場中運動，亦受力之作用；而在一般之運動中時，必有磁場隨之現出。

據刺得福主張，各原子均有一帶陽電之核，在其中，周圍有若干電子，遠之而轉，各有一定之軌道，宛如一小規模之太陽系然。陽核上之電荷，恰與周圍電子上電荷之和相等，故就全體而言，或

爲中和狀態。陽核之本身極小，其周圍電子之軌道，則約大十萬倍。原子之大小即由此項外圍之電子軌道決定之。原子之質量，幾乎全部集中於其陽核之上。陽核即由若干個質子及電子密接而成。原子之一切性質，可由陽核周圍之電子數，及其軌道之排列狀況而定。此項電子數，亦即其核上所帶之陽電之數，通稱曰原子序數。設有兩種原子，其原子序數相同，但構造互異，在通常之化學分析及景析上，直無法可以分別，事實上原子量及放射性各不相同。如是者曰同位素。據阿斯吞等之研究，大多數之化學元素，均係由數種同位素混合而成。元素中最輕者爲氫，其原子序數爲1。其次爲氦，原子序數爲2。再次爲鋰，原子序數爲3。餘倣此。各種元素放出之示性X線之振數，與其原子序數，有一簡明之關係，由此可將一切元素之原子序數正確決定。九十二種元素之中，現在僅餘原子序數等於85及87之兩種，尙未發見而已。

構造複雜之原子，其核外電子之軌道，可以分爲若干層而觀，每層形成一球殼，彼此重疊而成。每完成一球殼，即在此一層內，舉凡原子構造之一般定律中所應有者，莫不全備，即無與他原子化合之傾向。而一方面最不易與其他物質化合者，爲數種不活潑之氣體，即氦（其原子序數爲2，）

氦(10)、氫(18)、氦(36)、氫(54)及氦(86)。故欲完成各層之球殼，必須有二、八、八、十八、十八及三十二個之電子。又如鈉之原子序數為十一，即在完整之球殼外面，剩餘一個電子。遷之而轉，故與其他之元素化合時，成爲一價元素。同樣如鈣，其原子序數為二十二，即在完整之球殼外面，剩餘兩個電子，遷之而轉，故成爲二價元素。化學中之周期率表，每隔若干位元素，必有同樣性質之元素現出，即由於此。此項在最外面而又不能完成一整個球殼之電子，曰價電子。凡價電子之數相等者，其景亦相同。價電子數愈大，則其景亦愈複雜，景線之數亦愈多。

由原子將其最外面之電子除去一個，是爲離化。離化後之原子曰離子。離子帶有陽電，其景完全與中性原子之景不同。中性原子之景爲弧景，而離化原子之景，則爲電花景。一種元素之電花景，就一般之構造而言，頗與原子序數次一位之元素之弧景相似。例如離化後之鎂，頗與鈉之景相同，所現出之景線，可以一一對照觀察之。此時兩者在核外，均同樣有十一個電子，且同樣在完全球殼之外剩餘一個電子。故知一般之景之特徵，完全由此項剩餘於完整球殼以外之電子數而定。又此項關係，不僅限於原子失去一個電子時如此，即失去兩個三個乃至六個電子時，亦復如是。不過失

去之電子數，與原子序數退下之位數恆相同而已。

原子中之電子，不僅可由離心作用，或加或減，並可使其在原子內部改變其位置。凡由原本之位置移至另一位置後之狀態曰勵發狀態，此時之原子曰勵發原子。一原子由正常狀態一變而成勵發狀態，必須取得相當之能。反之，由勵發狀態復返其正常狀態時，必須放出同量之能。設使以高速度運動中之電子，在高度真空中，與原子衝突。於衝突後再觀測此電子之速度，如仍與未衝突以前相等，則其衝突為彈性衝突；如速度不及未衝突以前，則曰非彈性衝突。非彈性衝突時動能之一部分，為原子吸收而去，使其內部之電子移至另一位置。據實測結果，一種元素所吸收之能量，有一定之規律，僅限於一定不移之若干種。由此變成之勵發狀態，亦隨之而有一定。如實驗時所使用之電子，其動能在此一定數之最低一種以下，則其衝突為彈性的，原子雖受其衝突，仍不受絲毫影響。最簡單之原子，莫如氫原子，因受電子衝突，可以成為二十種以上之勵發狀態。更複雜者，如鐵原子，其勵發狀態之數在數百以上，可由景析法檢出之。分子亦可用同樣方法，使其成為勵發狀態，其種類之多，更在原子以上。勵發後之原子，只須極短之時間，即失去其吸收之能，恢復其正常之狀態。此

種勵發狀態之平均壽命，在一萬萬分之一秒以下，即在數種稱爲準穩定之狀態，至多亦不過千分之一秒而已。凡原子由一種能之狀態改變成爲另一狀態，曰過渡。

第四節 景之起源

一原子由勵發狀態復返於其正常狀態，或變爲勵發程度較低之另一狀態時，必失去一部分之能。此種能之損失，共有兩種途徑。一種爲勵發之原子，與一自由電子或其他之原子衝突，將其原有之能分一部分與電子使其運動，或分一部分與他一原子使其成爲勵發狀態。尙有一種，較此更爲重要，即勵發之原子或分子，將其儲蓄之能放出，成爲輻射能。如此原子不受外界之影響，則其如是放出之能，成爲單色輻射，在景中現爲一條景線。一切之景線，均由此種過渡而生。稀薄之氣體，其原子所喪失之能，大抵均由此項輻射，而不由於與其他之電子或原子之衝突。反之，發生吸收景時，原子由外吸收一部分之能，由低級之勵發狀態或正常狀態，過渡而成高度之勵發狀態。由此推想，吸收景之發生，以高溫度發出之輻射經過低溫度之氣體時爲最多，自屬當然之理，而無足怪也。

一原子由能多之狀態過渡成爲能少之狀態時，必發生輻射，此時輻射之周數，恰與輻射而出之能量成比例。此項關係爲二十世紀內最重要之一發見，經蒲郎克提出，其後波耳用之以作景之起源之說明。如命 W_1 表原子在開始一狀態時之能， W_2 表最後之一狀態時之能，命兩者之差爲 E ，則 E 卽表此過渡時放出之能。如再命此時輻射之周數爲 ν ，則其關係如下：

$$W_1 - W_2 = E,$$

$$E = h\nu$$

式中之 h ，表比例常數，爲自然界中之一普遍常數，通稱之曰蒲郎克常數。如 W_1 、 W_2 及 E 之單位用厄， ν 之單位用每秒之振數，則由實驗可以測知 h 之數如下：

$$h = 6.55 \times 10^{-27} \text{ C.G.S.}$$

再命 n 表每一種中所含有之波數，則因 n 等於 ν/c ，故得

$$n = \frac{W_1 - W_2}{ch}$$

如 W_1 大於 W_2 ，則表有能輻射而出；如 W_1 小於 W_2 ，則表有能吸收入內。

在原子論尚未發展以前，巴爾麥即已發見氫之景線之波數，可用下列之方程式表出，即：

$$n = 109678.8 \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{m^2} \right)$$

式中之 m ，如順次代入 3, 4, 5, 6 等之整數，即可各得一波數，與觀測所得者，極相近似，其對照如下：

觀測所得之 n	計算所得之 n
H _α 15233.22	15233.16
H _β 20564.79	20564.77
H _γ 23032.54	23032.55
H _δ 24373.06	24373.07

就日景觀測，可得二十七條之線，（即 m 等於 29 為止），而在實驗室內，立可得見二十條之多。 m 愈大，線亦愈淡，且愈形密集。如是一團之景線，曰巴爾麥系列。由上述之公式 $n = \frac{W_1 - W_2}{ch}$ ，可知此一

系列之景線，實由 $\frac{W}{ch} = \frac{R}{m^2}$ ， $R = 109678$ 之一套狀態與單一之 $\frac{W}{ch} = \frac{R}{4}$ 狀態間過渡時現出

者。波耳由此決定氫之核周，電子沿橢圓軌道而轉，其軌道之大小及原子所有之能，均可計算而得。據其結果，此橢圓軌道之平均距離，爲一、四、九、十六、……或概括言之， k^2 倍之某數。如電子在 k 軌道上，則此原子之能，應爲 $W = C - \frac{chR}{k^2}$ 其中之 C 爲一常數。代入前式，可知由第 k 之軌道過渡至於第 j 之軌道時，放出之輻射，其波數應爲 $n = \frac{W_1 - W_2}{ch} = \frac{R}{j^2} - \frac{R}{k^2}$ 。故由第三、第四、第五之各軌道，過渡成爲第二之軌道時，放出之線恰成爲 H_{α} 、 H_{β} 、 H_{γ} 等，即巴爾麥系列。更推廣之，由第二、第三之軌道，過渡成爲第一之軌道時，其輻射應在紫外部內。由第四、第五等之軌道，過渡至第三之軌道時，其輻射應在紅外部內。前者爲來曼系列，後者爲帕申系列，確與理論一致。

氫原子如失去一個電子，頗與氫原子相似，僅其核上所帶之電，二倍於氫核而已。故其輻射之能 E ，亦應加倍。故在氫原子時之波數，如由 $n = R \left(\frac{1}{r_1^2} - \frac{1}{r_2^2} \right)$ 表出，則在氫原子時之波數，即應由 $n = 4R \left(\frac{1}{r_1^2} - \frac{1}{r_2^2} \right)$ 表出。式中之 R ，曰勒德堡常數。其在氫中， R 應取一〇九六七八之值，而在氫中則應取一〇九七二三之值。因原子之核，並非完全靜止不動，而在其本身及電子之重心周圍，沿一小軌道轉動不已。此種運動之動量，必須加入考慮，故氫及氫略有不同。

如在核之周圍，有兩個以上之電子，遠之而轉，則成爲三體問題，情形異常複雜，此時欲計算其正確之軌道及景線，均不可能。不過電子排列之軌道，必須遵從上述相似之規定，則可斷言。如其內部某一完全球殼之電子，因受外來之電子衝突，有一個失去，則在其外面軌道上之電子，立即過渡至其處，以作補充。此時放出之輻射極大，其周數達於 α 線範圍。故研究示性 α 線，可以推知原子內部之構造。在外部軌道上之電子，其結合比較不如是堅固，故當其過渡至另一軌道時，放出之輻射在於可視線或紫外線紅外線之範圍內。而與此等軌道相關聯之能，由其形狀、大小及相互間之傾斜如何而定。故其不同狀態之數，遠在氫以上，景中之線，亦更形衆多。

第三章 天體物理學之方法

第一節 天體物理學之分科

天體物理學之目的，已述於第一章中。通常依其研究之方法不同，分爲五科：(1) 行星表面學，爲直接觀察天體表面情狀之研究。(2) 天體測光學，爲測定各天體輻射而出之光熱總量之研究。(3) 天體分光學，爲利用景析器，造成各天體之景而分析之之研究。(4) 天體照相學，爲利用照相机之特殊性能以觀測天體之研究。(5) 干涉學，爲利用光波干涉之原理以觀測天體之研究。

第二節 行星表面學

觀測天體之表面，通常均用倍率最高之望遠鏡，以求得最精密之結果。但現今之望遠鏡，其最

高之倍率，未有能超過一千倍以上者。故表面觀測之研究，僅限於太陽、月及數種較大之行星而已。對於一般之恆星，欲行表面之觀察，殊不可能。表面現象觀察最易，而成績又最著者，首推太陽，其次則爲月，再次爲火星及木星。故對於此四星之表面觀察，各各獨立成一專科。其關於太陽者，曰太陽表面學。更因其使用之觀測器械，細別爲三：用通常之望遠鏡者，曰眼視太陽表面學；用照相機者，曰照相太陽表面學；用景析器者，曰景析太陽表面學。其關於月者，曰月面學，亦分爲眼視及照相之兩科。其關於火星者，曰火星表面學。其關於木星者，曰木星表面學。此外對於金星、水星、土星等之表面觀察，亦頗有之。即對於天王星、海王星，以及土木兩星之二三衛星，有時亦作其表面之觀察者。終因此等各星，距離地球過遠，其光之強度過弱，及其他種種特別理由，故觀測結果，殊少進步而已。

諸天體之中，僅有太陽之光輝，最爲強大。任用何種器械，作眼視或照相之表面觀察，均甚自由。至於其他之天體，因光強不足，欲照成相片，非歷相當長久之時間不可。而在此期間內，星像恆有散亂之虞。即就月而言，其照相的觀察，亦遠不及眼視者準確。至於火星及木星，更非專恃眼視之努力不可。此外更無論矣。

地球周圍之大氣狀態，對於行星表面之觀察，有莫大之影響。大氣中因有複雜之氣流，不絕移動，遂使由星體發來之光，呈減弱或散亂之狀。故作此項觀察之時，非隨時注意望遠鏡內所見之星象之明瞭度及其透明度不可。因此，觀測行星表面狀況使用之望遠鏡，並不以口徑大者爲貴。若在熟練之觀測家，只須使用二十糎前後之中等口徑之望遠鏡，即可得到滿意之結果。實際上，對於此一方面研究使用之望遠鏡，從未有超過口徑五十糎以上者。

第三節 天體測光學

表示天氣之明暗差別，自古以來，卽已有「等級」之一語，僅指其亮度而言，與其星體之大小無涉也。二世紀時，有喜帕卡斯及托勒密等，分肉眼所能察見之星爲六等。其第六等之星爲肉眼所能察見之最弱之星，而列入第一等之中者，則約有二十個之多。其後望遠鏡發明，同一等級之分，遂擴充至於肉眼所不能見之弱星。惜缺少共同規定，遂致此等星體之等級，因人而殊。尤以十九世紀之赫瑟爾慣喜使用高級之數字，有名於時。且列入同一等級中之星，其亮度亦非完全相同，故欲正

確加以區別，非添用分數之等級不可。現今通常則用一位小數加於原有之等級之後，如此，即無異將一等級又細分之爲十小等級。再進一步，更可用兩位小數，其結果更爲正確。

據一千八百三十年赫瑟爾發見一等星之平均光度，恰等於六等星之百倍，其他天文學者亦發見肉眼所能察見之各等星中，均有與此相應之比例，且各等級之星之光度，均約等於其次一等之光度之二倍半。一千八百五十年，坡格孫始提出一定不移之星之等級分度法，以一百之五次根即二·五一一九爲均一之光比。故若假定六等星之光度爲一，則五等星之光度爲其二·五一二倍，四等星爲六·三一〇倍，三等星爲其一五·八五倍，二等星爲其三九·八一倍，一等星爲其一〇〇·〇〇倍。更按此光比，向上推去，知〇等星應爲六等星之二五一·一八八六倍，負一等星爲其六三〇·九五七倍，負二等星爲其一五八四·八九倍。同樣向下推去，可以得出七等八等九等十等星之光度。

人類之眼所能感受之光，以波長等於五五五〇黎近傍爲最大，對於四五〇〇以下及六五〇〇以上，其感度不過前此之十分之一而已。反之，照相用乾板之感光，則以波長三九〇〇之近傍爲

最佳，而其限界則在三六〇〇至五二〇〇之間。故肉眼觀察時所見之星體之光度，當然與照相所映出者不同。前者曰眼視光度，後者曰照相光度。恆星之眼視光度一覽表，有哈佛之改正光度目錄及波次但之光度調查表兩種，均爲現今通用者。而其照相光度目錄，雖亦有哈佛、葉耳歧茲、哥廷根、及格林維基天文台等所發表者，惜均不完全。最近出版之德雷拍目錄，則自八等以上之星，均列入之。

行星之光度，一般均與恆星之光度略有不同。行星不能自行發光，須受太陽發來之光而反射之。故行星之光度如何，與其表面之反射率有密切關係。凡由天體之表面反射而回之光之總量對於投射光之總量之比，曰反射率，或曰白度，猶言其白色之程度如何也。據實測結果，白雪或雪之白度爲百分之七八，白紙爲百分之七十，白砂爲百分之二十五，肥土爲百分之十五，水溼之土壤爲百分之八。按天體均作球形，由一方投射而來之光，須向各方反射而去，故實際上欲由其光度之觀測，將其白度算出，亦頗不易。

行星與地球間之距離，行星與太陽間之距離，均與其光度大有關係。此兩種距離如有變動，則

觀測得來之行星之光度亦隨之而有消長。一般言之，行星之光輝，與太陽及行星間之距離之平方爲反比例，與地球及行星間之距離平方，亦爲反比例。例如距離增成二倍，則其光輝減成四分之一，故其光度降下一級又五〇五；距離增成三倍，則光輝減成九分之一，故其光度降下二級又三八五；距離增至五倍，則其光輝減成二十五分之一，故其光度降下三級又四九四；距離增成十倍，則其光輝減成百分之一，故其光度降下五級。

行星受太陽光照及爲其一面，而反射光能送至地球上者，又爲其一部分，兩者不能恆同，故地球上所見之行星，不能隨時均作正圓之形。由地球上觀察得見之行星之光亮之形，曰其相。日光投射至行星之方向，與行星送至地球上之反射光之方向間之角度，曰相角。行星之相，卽以相角測定之。例如滿月之相角爲零度，半月之相角爲九十度，新月之相角爲百八十度。

由天體發來之光，必須透過地球周圍之大氣層，方能達於觀測者之目中。在透過大氣層之間，不免受一部分之吸收，故觀測得見者，恒較實際之光輝略弱，此現象曰減光。由地平線方向而來之光，其減光作用最大。天體之高度增高，則減光之程度次第減小。由天頂而來之光，其減光最小，但亦

決不能成爲零，約受百分之二十之吸收。故即令在天頂之星體，其光度已減弱○等又一七之多。而由地平線發來者，竟降下四級。本爲一等星，在地平線上時，僅見其爲五等星而已。

減光之程度，又因波長而有不同。通常波長愈短者，其減光之作用愈著。故本爲白色之星，因受減光作用之結果，遂現爲略帶紅色之星。要之，減光之問題，內容異常複雜，今日尙未能完全解決。實際上，則有坡次但天文台製成之減光表，以供檢查。

第四節 天體景析學

應用第二章第二節以下所述之各種基礎，以作天體之觀測，即可推知其物理的狀態。即使天體發來之光，由景析器中通過。如天體爲高熱之固體或液體，則成爲連續景；如爲高熱之氣體，則成爲輝線景；如經過低溫之氣體後，始入於景析器中，則成爲吸收景。一般現出之景線，決非純粹之單色光，故必有相當之寬，其值由氣體之密度、壓力及溫度等而定。又應用都卜拉原理，由景線波長之變化，可以測知天體之視線速度，結果異常精確。

第五節 天體照相學

利用照相以作天體觀測之主要目的，在使用可視線以外之波長之光線，故其範圍較眼視之觀測爲廣。在相片上將天體之像之位置測定，即可求出其經緯度數，結果仍與眼視觀測者相同。且因此可將天體形象，永久留下，以供後日研究之資料。最近除用紫外線而外，舉凡可視線、紅外線等，一切波長之輻射線，莫不可用以照取天體之相片。故此種研究，有補於眼視觀測者實多。又對於極微弱之光之天體，只須露出長時間，即可將其相照下，卽此一點，亦非目力所能希冀得到者也。

第六節 干涉學

利用光波之干涉現象，以作天體之觀測，爲最近之新方法，爲日尙淺，故其成績亦未顯著。但由單色光之干涉，可以算出視線速度之分布。又由細隙射入之天體光線，互相干涉之效應，可以推算極端之細微角度。均爲應用干涉現象之實例。最近之將來，此一方面之研究，必將大有可觀，可預言也。

第四章 天體物理學使用之各種觀測器械

第一節 望遠鏡

研究全體之天文學，最重要之觀測器械，莫如望遠鏡，此盡人皆知之常識也。即就天體物理學之一部分而言，望遠鏡亦爲直接觀測所必不可缺少之要具。其口徑愈大者，所集之光愈多；倍率愈大者，視界之範圍愈廣。通常就其構造上，大別之爲兩類：一曰屈折式望遠鏡，二曰反射式望遠鏡。

屈折式望遠鏡使用之物鏡，比較頗大，以便收集多量之光。此類望遠鏡又細別爲兩小類。一類在焦點前面，放一凹透鏡，將其焦點像放大以便觀測者，曰伽利略式望遠鏡。一類在焦點後面放一凸透鏡，將其焦點像放大以便觀測者，曰刻卜勒式望遠鏡。兩者均以物鏡之焦點距離與目鏡之焦點距離之比，爲其倍率。伽利略式於一六〇九年發明，應用於天文上，曾得各種重大之發見。其後因

其視線未能一定，視界又甚狹小，使用之者漸少。自十八世紀中葉以後，均改用刻卜勒式以代替之。現今世界上口徑最大之屈折式望遠鏡，首推葉耳岐茲天文台中之四十吋。其次則爲力克天文台之三十六吋。大多數爲眼視觀測用計，其物鏡對於納之D線附近，均經消色。焦點距離對於其口徑，約爲十五倍乃至十七倍。至十九世紀末葉，照相學應用於天體觀測以後，多用着色玻璃或加一修正透鏡於屈折式望遠鏡之上，以便照相。最近更有各種大小之照相專用之屈折望遠鏡。其物鏡對於紫色光，即入四〇〇〇近傍之波長，完全消色，大抵視界均甚狹小。爲免此弊，又有廣角照相用雙鏡及其他構造複雜之望遠鏡陸續製成。

反射式望遠鏡，爲避免透鏡之色行差而設，最初製造此式之時，在於十七世紀之中葉。其對星之物，非透鏡而爲一凹鏡，大多數用拋物鏡，造成星體之像在此拋物鏡之焦點上。此中又分爲四小類：(1)曰格列高里式，係將由拋物鏡反射而回之光束，再用一橢圓鏡反射，將有效焦點距離延長，同時在大凹鏡之中央，穿一小孔，將光導出外部結成焦點。(2)曰卡息高里式，係在大凹鏡之焦點內，距焦點頗近之處，放一雙曲線面之凸鏡，以代替格列高里式之小橢圓鏡，其目的則相同，即在大

凹鏡後面造成有效焦點。此兩種構造上之種種複雜，均爲欲延長其有效焦點距離。(3)曰牛頓式，在光線未集合於大凹鏡之焦點以前，放一小平鏡，其方向與光之方向傾斜，使其反射後，與原本之光之方向垂直，在鏡筒之側面近傍造成其像。故此鏡之有效焦點距離，仍爲大凹鏡本身之焦點距離，並未延長。構造頗簡單，星像亦頗明瞭，是爲其特徵。(4)曰赫瑟爾式，完全不用第二之小鏡，僅將大凹鏡之主軸，略微傾斜，使像造於鏡筒之近傍側面，觀測者以背向天體從鏡中觀測之。又反射式望遠鏡之大凹鏡，通常用金屬磨光而成，其金屬大體爲錫與銅之一種齊，反射率極弱，經兩次反射後，星光已大減。故赫瑟爾減去一鏡，遂得極明瞭之星像。赫瑟爾發見土星之兩個微光之衛星，全賴此鏡之力。但觀測時須背對所欲觀測之天體，及其他種種不便，故採用之者並不甚多。又金屬之反射面，既重又易起曇，起曇必須重行磨光，反射率又不大，均爲其缺點。十九世紀發明玻璃鍍銀以後，經佛科等應用於天文望遠鏡上，遂開近代反射望遠鏡之端。現今威爾遜山天文台所用者，鏡面之口徑，竟達百吋之大。卽就同一口徑者比較之，反射式之製造恆較屈折爲易，其價亦較廉。又因反射式可以完全消色，不僅適於觀測天體，並適於照相使用。鍍銀之表面，其反射率可達百分之九十五。

故決不弱於同口徑之屈折式。尤以觀測天體之光輝、色彩、形象及其他一切物理的狀況時，屈折式萬不能及反射式。僅視界比較狹小之一點，爲其缺憾而已。通常用作眼視者之反射式，其大四鏡之焦點距離，概爲口徑之七倍乃至十倍。照相用者，以四倍或五倍爲最普通，間亦有兩倍或三倍者，但不甚多。

望遠鏡之裝置方法，有種種不同，各與一種之天體觀測相適，因之遂有種種不同之名稱。大別之爲兩種：一曰固定機，卽位置一定者；二曰運動機，使其追隨天體之後，作連續之運動，俾欲觀測之天體之像，恒保持於視界之中。

固定機中現今最普通者爲子午環儀，係使望遠鏡恆在子午線內之裝置，故其轉動軸正對東西方向。子午環儀中最簡單者，曰子午儀，使用之目的，在觀測天體通過子午線之時刻。將裝設子午儀之台轉一直角，使其水平軸正向南北方向，則其望遠鏡卽可在東西之垂直圈上運動，如是者曰卯酉儀，用之可以觀測天球面上之某項經緯度。又子午環儀全體能轉至任意之方位者，曰垂直環，一般用以觀測天體之經緯度。子午儀之一變種爲天頂儀，卽在視界內附有測微尺，子午線內附有

精密之水準器，用以比較觀測天體通過子午線時之天頂距離者。又在子午儀上附一垂直及一水平之刻度環，使望遠鏡不僅在水平軸周，並能在垂直軸周轉動者，曰經緯儀。此器之用處頗多，舉凡子午儀、子午環、卯酉儀、垂直環、天頂儀等，均可由此一器代用，故又名萬能儀。

運轉機中最進步者爲赤道儀，在觀測時間中，其望遠鏡必須追隨天體之日周運動，精確轉動。其與地軸平行之軸，曰極軸，與極軸垂直之軸，曰赤緯軸。因此兩軸之構造不同，而有德國式、英國式及法國式之分。又運轉機之一種曰太陽儀，則專爲觀測太陽而設。

第二節 光度計

天體物理學上使用之光度，即通常物理學中所用之各種，大別爲四：(1)楔形光度計，(2)極化光度計，(3)電流光度計，(4)照相光度計。

楔形光度計之發明最早，製作異常簡單，係在由天體射來之光之通路中，插入一枚楔形之吸收板而成。用時適宜配置楔板之厚薄，然後測定通過之光輝，即可計算而得。近來應用照相法製成

此種吸收板之種類，爲數頗不少。

光由連續兩板之複屈折結晶中通過後，其明暗因結晶體之光軸傾斜而異，極化光度計，卽應用此理而成。可分爲兩類：一類曰子午線光度計，他一類曰策爾涅光度計。前者係聯合兩個望遠鏡而成。使子午線相近之一天體之光，由一望遠鏡導入，天極附近之一比較星之光，由他一望遠鏡導入。在共通之視界內，觀察此兩星，並在光線通路中，插入極化用結晶，使兩天體之光適宜變化以資比較。策爾涅光度計則僅用單一之望遠鏡，但其中有一人造星，與目的物之天體比較。

電流光度計，爲輓近之發明，最初利用硒之化合物因光之強弱變化其對於電流之抵抗，而成硒光度計。其後更應用光電效應，製成光電光度計，更爲敏銳，現今多使用之。現今可將肉眼能見之星之光度，分爲百分之一光級，卽賴此種光度計。但對於微光星之觀測，尙嫌不足而已。

應用照相以測天體之光度，有兩種不同之方法。一種將乾板放在望遠鏡焦點上，照出通常之相片，卽由其上現出之星像之大小，推定其光度，此法曰焦點照相法。使用此法，在室內須要一種測微器，以便測定星像之直徑。第二種係將乾板特爲放在焦點以外之處，使一切之星像，皆成同一之

大小，是曰焦點外照相法。此時星光之強弱，由星像之濃淡而定。而決定其濃淡，則有哈特曼之測微光度計，或特種之電流光度計。用焦點照相法，可以觀察光極微弱之星；用焦點外照相法，則可將星像之濃淡精確測定，兩者各有所長。一千九百〇五年，士發次細爾德專取兩種方法之長處，而成一種移動片盒法。係先將乾板連盒放在焦點，使其一面照相，一面以一定周期使乾板連盒，共同作上下左右有規則之移動。結果各種之星，均在乾板上，成爲同一樣之方形之像。故雖微光星，亦可由其濃淡測定之。

測定天體之光度，除使用上述之各種光度而外，有時更逕直用肉眼觀測。此時所根據之方法頗多，最有名者不過兩種：一種曰阿革蘭得光階法，他一種曰畢克靈之比例法。阿革蘭得之方法，係取光等大約相等之兩星而比較之，如在肉眼中兩者之光輝，似完全相等之時，此兩者之光度差，定爲〇階；如經詳細之比較，始能認出其差別時，定爲一階；的確可以判別其間之差異時，定爲二階；相差頗爲顯著時，定爲三階。通常對於三階以上之觀測，誤差頗大，不足信賴。但在三階以下，用此方法成績殊不惡。習之既熟，其一階之光度差可以達於二十分之一光級之程度，且任何觀測者，此值均

一定不多變化。至於畢克靈之方法，則取三星而比較之。通常此三星之中，有兩星之光度爲已知者，是爲比較星，卽由此兩星用比例算可將第三星之光度算出。此法雖毫無經驗之人，亦不致十分錯誤，其結果頗可信賴，但必須要兩個比較星，故不甚便。如有相當之熟練，仍以採用阿革蘭得之方法爲佳，因其只須一個比較星，且能於短時間內卽克厥事故也。

天體之色，種種不同，逕直用肉眼觀測其光度時，紅色恆較青色之感覺敏銳。設有一紅星及一青星，爲同一之光度，由此減去同一之量後，結果紅星之光在吾人眼中，覺其較青星爲弱。此現象曰浦耳啓桌效應。又星體之背景爲天空，如天空明亮，則紅星恆覺較青星略大；反之，天空黑暗時，青星恆感較紅星爲大，此現象曰多斐效應。卽在照相光度測定上，亦有此類效應出現。故一般作光度之研究時，務以避去異色之互相比較爲宜。

第三節 景析器

觀測天體之景，所用之裝置，種類頗多。例如觀測太陽時，因其光度頗大，在通常望遠鏡之目鏡

處，只須裝設普通之景析器，立可觀測其景。如再用前述之太陽儀等將日光導入室內，對於各種之物理的觀測，均可自由進行。但除太陽而外，其他之天體，光均微弱，景析器之能力爲之大減，其研究決不如是容易。一般觀測天體使用之景析裝置，其最普通者，即將物理學研究室內使用之一套景析裝置，全部裝在望遠鏡之目鏡處，以代替之。此全套之景析裝置，即細隙、視軸儀、稜鏡、及小望遠鏡。經大望遠鏡造成之天體實像，恰生於此細隙之上。故此時之大望遠鏡之作用，僅在將天體發來大束之光，收集於細隙而已。又在細隙處另有一項裝置，使比較景之光，由側面而來。稜鏡通常使用六十度之角度者，大多數只用一枚即足。對於大行星或一二等之星，光輝甚大者亦有聯合數個稜鏡而用之之時。至於透折格子，則除觀測太陽而外，概不使用。用眼視觀察時，始用小望遠鏡，近來大都使用照相觀測法，此時只須卸去小望遠鏡之目鏡，裝一乾板於其上即得。如是而得之景，雖由紫至紅，各色俱備，但無寬處可言，爲便於觀測起見，或用一圓筒透鏡，或配置大望遠鏡，使天體之像在細隙上略微移動，即成爲有寬之景。

上述之天體景析裝置，爲標準景析器，使用時最緊要之注意，在使天體之像，務必準確造成於

細隙處。此外尙有一應注意之事項，即景析器之全體，務須保持一定不變之情況，尤以在同一溫度爲最重要，否則萬難照得成績優良之景相。爲此有所謂電熱裝置，水流裝置等種種設備，目的均在保護景析器全體之情況，使其一定不變而已。故使用時，對於此等事項，均非特別加以注意處理不可。

用上述之標準景析器時，光由細隙通過後，大部分等於虛擲，其能達於照相乾板之上者，不過本來之光之百分之一而已。因有此項不經濟，故現今世界上數一數二之大望遠鏡之景析器，欲將肉眼以下之微光星之景照出，直不可能。爲補此項缺點，於是有對物稜鏡之法發明。即在通常之大望遠鏡之物鏡前面，放一大稜鏡，使由天體而來通過物鏡之光，必須從此大稜鏡中通過。如此，在大望遠鏡之目鏡處，即現成星體之景。執此與上述之標準景析對照，此時天體之本身即與細隙相當，而大望遠鏡又與標準景析器之小望遠鏡相當，目所不能察見之宇宙空間，則與視軸儀相當。故用此法，則進入大望遠鏡中之全部星光，均一律可以利用，消耗之量極微。故對於微光體，亦可將其景相照成。此法之唯一缺點，因無細隙，故不能將比較景之相照下，因之，景線之波長，無法可以測定。哈

佛學院發表之恆星分類，卽此法之應用。

第四節 照相機

天體物理學使用之照相機，不過將望遠鏡之目鏡，用照相乾板代替之而已。故其構造原理並無特別之點，茲僅就照取天體相片時之技術上，舉其二三特點述之。天體照相最緊要之事，在使天體之焦點像，嚴格造成於乾板上之一定點。因此，其物鏡之焦點距離，非預行精密測定不可。又照相機須歷數分間乃至數時間之久，在此時期內，透鏡與乾板間必須免卻相對的移動，故照相機全體之穩度及赤道儀之極軸運動，均非絕對正確不可。此中尤以赤道儀之極軸運動，最爲困難，製造器具者及使用者均苦之。現今專賴器械之自動裝置，決不能正確追隨天體，故須使用之人，隨時配準之。爲此目的而設之裝置，有指導裝置。其最簡單者，爲固定於照相箱上之指導望遠鏡。卽當觀測者照相中，須隨時監視所欲照之天體，使其對於指導望遠鏡之十字線，恆在一定之點。如中途天體之像偶或由此一點離開，立卽使用微動裝置，令赤道儀全體恢復其原位置。對於行星及彗星等運動特

速之天體，此項監視，尤爲重要。但指導望遠鏡與照相鏡箱之結合，每欠堅牢，因此不免發生少許之誤差。須要非常精密之監視時，即將照相器之視界之一部分，利用作爲指導監視視界之一部分。此時觀測之目的之天體與指導星，並非同一之物。又如望遠鏡形體過大，使用微動裝置不能精密之時，則將乾板與指導目鏡收在一箱之中，使此一部分，可由上下及左右兩種微動裝置操縱之。其他尚有各種之指導監視之裝置，爲數甚多。

太陽因其光輝甚強，照相時，當然不必須要自動之追縱裝置，毋寧須要特製之開關，以便作短時間之露光。又單色觀測，亦僅限於太陽，方屬可能。例如在通常之眼視望遠鏡之目鏡處，放一強力之景析器，使其細隙略寬，與太陽像之周邊相切，配合目鏡，使氫之C線，恰在視界之中心，則太陽之紅焰形狀，即可眼視觀測。又照取太陽之單色相片之裝置，曰景析太陽照相機。此器亦用強力之景析器，使其細隙在太陽像上移動，同時在感光板前面，加第二之細隙，亦以同一速度移動。將第二細隙，配合在氫線上，即得太陽之氫像。如配合在鈣線上，即得太陽之鈣像。最近又有所謂景析太陽鏡者，係爲直接用眼觀測太陽面上氣體之分布狀況而設。

天體之相片既經照得，則用照相測定器，即特種之測微器測定其位置。景析的相片，亦用同樣之測微器，將各條景線測出。又有所謂比較鏡、景析比較鏡等，係在室內取兩枚之天體相片，互相比較，由此研究是否有特種之天體存在及其移動狀況。此中有蔡司公司製之閃光顯微鏡，對於天體之微動，能於短時間內精確測出，尤為一般所樂用。

照相乾板上之感光膜，經顯像時，每易與玻璃面略微脫離，發生部分的收縮及膨脹，或因其他原因，有種種不規則之變形。故在顯微鏡下觀測星像之位置時，受此種變形影響，致其結果發生錯誤。為欲避免此弊，須在顯像以前，將適當之網格板，重在乾板上，使其網格印於其上，然後再行顯像定像。如此，顯微測定，即可以網格作為標準，感光膜縱令變形，亦絕對不受其影響矣。

第五節 干涉計

用兩面物鏡受同一星體發來之光，使其集合於焦點上，因兩者之相不同，遂生干涉現象。故由干涉而生之條紋明滅，可以測定極微小之天體角，此項裝置即干涉計。在形體較大之望遠鏡，只須

使用其物鏡上之不同兩部分，即可作此項觀測。自一千九百十九年，邁克爾遜應用威爾遜山天文台上之百吋大反射望遠鏡，作干涉之實驗，將獵戶座之 α 星之視直徑測定以後，頗引起世界之注意。應用此法於中等口徑之望遠鏡，以作雙星之觀測者，頗不乏人。

第五章 太陽

太陽以其絕大之引力，使全太陽系之安定得以維持，並以巨額之能量，輻射至各行星上，供給其所需要之光熱，又爲與地球最接近之一恆星，可視爲恆星之一模型，以資吾人之研究。太陽對於地球之赤道地平視差，等於八·八〇七秒，故其與地球間之平均距離，應爲一四九三九萬秆。其對於地球之平均視直徑等於三十一分五十九秒六三，故太陽之實際之直徑，一百三十九萬零三百秆。與地球比較，約爲地球直徑之一百零九倍。由此計算，可知太陽表面積，應爲地球之一萬二千倍，體積則爲地球之一百三十萬倍。故太陽表面上現出之日斑，不過一秒角者，實有七百二十四秆之大。

肉眼所見之太陽之發光之表面，曰光球。其形狀爲一完全之球形，左右上下之視直徑，並一秒角之十分之一，亦不相差。太陽放出之光熱，以由此光球放出者爲其主要部分。對於平均距離之地

球面上，光度約爲六萬燭光，與平均滿月光之四十六萬倍相當。按天體之光度，須負十四等二，始與一燭光相當，日光經過地球周圍之大氣，尙須受其吸收，如除去此項影響，太陽之眼視光度，應爲負二十六等七。又由光球放出之熱，對於平均距離之地球表面直射處，每一平方厘米之平面上每一分間，有一·九五卡之多。此數亦假定不受大氣影響而得，一般稱之曰太陽常數。

太陽之總質量，在地球質量之三十三萬倍以上，即約爲 2×10^{31} 噸，以太陽全體之體積除之，即得其平均密度，約爲地球平均密度之四分之一，及水之密度之一倍又四。又太陽表面上作用之重力，約爲地球面上之重力之二十七倍半。

光球全面之光輝並不一律，無論眼視或由照相察之，均見其中央最強，愈近周邊愈弱。光輝之分布狀況，又隨光波之波長而異，據實測之結果，紫光（ λ 四〇九〇）在周邊約爲其中央之百分之十三；綠光（ λ 四七〇〇）約爲百分之十六；褐光（ λ 五七九〇）約爲百分之二十五；紅光（ λ 六六二〇）約爲百分之三十。同樣，熱線在周邊處，約爲中央之百分之四十。此項差異，實由於光球內部發出之光熱，當其通過上層之氣體層時，受其吸收使然。

光球發出之光，即通常之日光，經稜鏡分析後，成爲由紫至紅之景，中含無數之夫牢因和斐線，已詳於前。由此項研究，可以推出光球之實效溫度。茲再將各種推算之結果列舉如下：

按蔚因定律由最強力之光波爲 λ 四六八〇計算，太陽之絕對溫度爲六二六〇度；

按蒲朗克輻射定律，由景中之光力分布計算，太陽之絕對溫度爲七〇〇〇度；

按各種光波之強度互相比較之結果，加以計算，太陽之絕對溫度爲六九〇〇度；

按斯忒藩定律由太陽常數推算，太陽之絕對溫度爲五八六〇度。

故就大致而言，約爲六千度。據物理實驗，一切已知之物體，如達於絕對溫度五六千度近傍，悉皆化爲氣體，太陽之光球面，確係此態。至於光球內部，愈深則其溫度愈高，但無從觀測之。

光球之全面，有反彩層籠罩之，故由光球放出之光，通過此層，須受吸收作用，日景中現出之夫牢因和斐線即由此而成。由此等暗線詳加分析，可以推知反彩層之構造。十九世紀末葉，羅蘭對於此等暗線，曾精密測出其波長，計有一萬四千條之多。並將各線之強弱，一一區別發表之。據羅蘭由此項研究，證明有左記之三十六種元素存在，其原文序數及名稱如下：

- | | | | | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| (1) 氫 | (4) 鈹 | (6) 碳 | (11) 鈉 | (12) 鎂 | (13) 鋁 | (14) 硅 | (19) 鉀 | (20) 鈣 |
| (21) 鎳 | (22) 鍺 | (23) 釩 | (24) 鉻 | (25) 錳 | (26) 鐵 | (27) 鈷 | (28) 鎳 | (29) 銅 |
| (30) 鋅 | (32) 鍺 | (38) 鎳 | (39) 鈦 | (40) 鉛 | (41) 鈦 | (42) 鉬 | (45) 銻 | (46) 鈹 |
| (47) 銀 | (48) 鐳 | (50) 錫 | (56) 鋇 | (57) 鋇 | (58) 鐳 | (60) 鋁 | (68) 鉬 | (82) 鉛 |
| (2) 氫 | (3) 鋰 | (7) 氮 | (8) 氧 | (31) 鈷 | (37) 鈷 | (44) 鈦 | (49) 鈷 | (55) 鎳 |
| (59) 鍺 | (62) 鍺 | (63) 鐳 | (64) 鈦 | (66) 鐳 | (70) 鎳 | (73) 鎳 | (74) 鎳 | (76) 銻 |
| (78) 鉑 | (81) 鈦 | (83) 鈹 | (90) 鈦 | | | | | |

比外又據最近之研究，尚有下列各種元素存在，即：

其中之氮，大都作疇或碲之化合物出現。其餘之元素，亦難斷言其不存在。

日景之中，尤以下列各條景線，即：

符號

波長（用國際單位）

化學元素

A 七五九三·七〇九（景之開始處）

空中之養氣

K	H	G	F	E	D ₂	D ₁	C	B
三九三三·八二五	三九六八·六二五	四三〇七·九〇七	四八六一·五二七	五二六九·七二三	五八九〇·一八六	五八九六·三五七	六五六三·〇四五	六八六七·四五七

空中之養氣
 氫(a線)
 鈉
 鈉
 鐵
 鐵
 氫(β線)
 鐵
 鈣
 離化之鈣
 離化之鈣
 離化之鈣

最爲顯著，一般通用作光波之目標。

又太陽之光球面上，有明暗部分互相交錯，遍及於其全面。是曰米粒，其形狀變化異常迅速。

太陽表面，又每每有黑色之斑點出現，是曰日斑。日斑之壽命，長短不一，有出現一二日即行消滅者，有可繼續至一二週間乃至五六個月之久者。但至久亦不過數月，從未見有超過一年以上者。光球上各部分，均有此項斑點現出，有時有數十百之斑點同時出現者。最初發見此項日斑之人爲伽利略，其後於一八二六年經士瓦柏嚴密檢查之結果，發見其變化具有一定之周期，更經倭爾夫決定其周期爲十一年。又據倭爾夫之研究，表示太陽之活動，與其用各個日斑之數字，毋寧用日斑羣之數加以十倍之重量，更能明白表出，此數曰相對數，可由觀測結果用一定之公式算出之。試舉一例言之，如有總數八個之日斑，成爲三羣，計算之結果，其相對數爲三十八。又有十二個斑，成爲五羣，則其相對數爲六十二；同樣三個日斑成爲兩羣，其相對數爲二十三。又日斑之周期，在其他學者，有算出爲四年、八年、十三年者，均不甚可靠。每日乃至每年出現之斑數，變化亦頗複雜。每一日斑，其大小之變動亦頗不小。有時竟現出較地球直徑大十倍餘者，有時又微小至於雖用強力之望遠鏡亦難察見其存在者。言其形狀，則圓者、長者、分裂者、彎曲者，莫不有之。茲專就其模範的形狀而言，通常可分爲兩部分，一部分比較暗黑，在斑之中央，曰暗部，暗部之周圍比較明亮之部分，曰半暗部。暗

部全體一樣黑暗，半暗部則爲放射狀之線條組織。所謂暗黑，係與光球面上之強烈光輝對照而言，實際上，即暗部亦有巨量之光放出，約爲光球面所放出者之十分之一，至少亦有其五十分之一。對於熱之放射率，較此更大。又包圍於日斑周圍，有所謂白紋者，其面積頗大，其光較通常之光球尤強，除在太陽周邊發生日斑以外，通常不易觀測。因此，太陽表面雖有日斑發生，而其發出之日光之總量，並不爲之減少。甚至有人根據實測結果，宣言日斑出現時，日光日熱轉形增加者。形體較小之斑，雖亦有單獨出現者，但通常仍以成羣出現之時爲多。其中尤以東西兩斑成對出現之時，最爲普通。因太陽本身，亦有自轉，故一切日斑，均自東而西變其位置。此成對之兩斑，在較西者曰先行斑，在東方者曰追從斑。先行斑之形狀，通常均極安定，壽命亦長。追從斑則否，最易破裂成爲無數之小斑羣，以至完全消滅。

用景析器檢查日斑之景，與光球之景相比較，其吸收線有粗大者有細狹者。又有許多線，爲光球中完全沒有者，尤以鎳等之氧化物或水蒸氣等之吸收帶爲尤甚。由此亦可推知日斑之溫度遠在光球面以下。日斑之景中，其粗大之離化鈣之吸收線之中央，有逆出之輝線，而輝線之中央，又再

有一再逆出之暗線。如是之景線變態，種種不一，由此亦可想見日斑近傍種種氣體，運動非常複雜。日斑出現於太陽周邊近傍時，大多數之暗部，均有由半暗部之中央移向內側之傾向，此現象曰威爾遜現象。據推想暗部較半暗部低，日斑全體成一漏斗形狀，故有此現象。據最近景析研究，氣體在此上下層之間，確在流動。在上層時，一般均將氣流吸入於暗部，而在下層，則適相反，氣流均由日斑向外部流出。一九〇八年發見日斑之景線，亦有最曼效應，遂將日斑歸之於一種磁場，計算結果，此項磁場之強度，應有三四千皋之多。研究日斑，以使用景析太陽照相器為最便。可將太陽面之單色照相照出。由此研究，知日斑周圍，有離化鈣之蒸氣結成形體甚大之雲。在日斑之直上處，有輕氣作極活潑之渦動。日斑之出現在太陽面上並不普遍，大多數均有一定之範圍，不能超出太陽面上之赤道南北緯度四十度以外。尤以其平均緯度，與斑數周期之十一年，變化極其整齊。即斑數最少之時，出現於平均高緯度處，以後斑數漸增，平均緯度漸低，直至斑數再成爲最小之時，出現處已降低至赤道附近最低之緯度，從此消失。同時有新之斑羣在高緯度處出現，以後即照前變化。故專就斑數而言，其變化誠爲連續的，但若就斑羣而言，則經過最小之時，爲非連續的。

自伽利略以來，即知由日斑每日之觀測，可以推知太陽之自轉。其後據卡靈吞之發見，知太陽自轉之速度，隨緯度而異。在赤道之自轉周期約二十六日；在南北緯度二十五度，約二十六日；在三十五度，約二十七日有餘；在四十度以上，已不能適用日斑爲之測定。其後經亞當斯等用景析器觀測太陽東西邊緣之視線速度，測得緯度四十三度時，周期爲二十八日；五十二度時，周期爲二十九日；六十度時，周期爲三十日；八十度時，周期爲三十日半。此項自轉周期隨緯度而變之原因，自一方面言之，由於太陽面上氣層高低不同所致。即愈至上層，其赤道加速愈減。至最上一層之輕氣中，無論赤道與兩極，均一律以二十五日爲其自轉之周期。

當日全蝕之時，有種種奇異現象出現，可供光球上層構造之研究。當全蝕開始之一瞬間，光球之光全部消滅，通常所見之日景，突然變化，本來之連續景及無數之夫牢因和斐線，一律隱而不見，同時於同一處所，有輝線現出，成爲輝線景。此乃平常吸收光球中之光，現爲夫牢因和斐線之反影層，已一變而成爲單色光之發光體所致。但此種反影景，僅歷數秒之後，又復消滅。其後又復有一種輝線景現出。同時天上亦現出全日蝕時最模範之現象，即色球，由色球昇起之日珥，以及再遠處外

邊之白光環等。此最新出現之輝線景，卽色球之景。由此現象可知所謂色球，乃包圍於反彩層外方之氣層，由其景內之輝線研究之，知其由離化後之鈣或氫，與氮、鎂等多數氣體混合而成。此等光中以氫之C線，對於眼之感覺最強，故色球之全體，在吾人眼中，成爲紅色圓形。如將全日蝕時景析器之細隙，放開至適當之程度，使各輝線可表色球之圓弧，卽成閃光景。此景中現出各線之圓弧之長，表示各該氣體之高。色球之一部分延長至更上層，卽成日珥，其物理構造與色球同。但日珥之變化極其活潑，種類又多，故其觀測頗能引人入勝。日珥可分爲兩種：一曰寧靜珥，一曰爆發珥。寧靜珥多出現於高緯度處，有時南北竟達七八十度之緯度，其主要成分爲輕氣，形狀不多變化。爆發珥之出現處，恆限於南北四十度內外，形狀變動異常迅速，僅隔數十分間，已完全變成別一形狀，大多數與光球面上之各種現象有密切關係，尤以與日斑之關係爲甚。其成分除輕氣而外，尙混有多數之金屬蒸氣在內。每以極大之加速度向上升起，達於數十萬杆之高。白光環爲太陽最外面之一層綠白色之淡光，其光輝全體尙不及滿月時月光之半。故除在日蝕以外，絕對不能望見。其形狀一般作放射狀，並不一定。外觀上與日斑之消長，有密切之關係。日斑衆多之時，白光環由太陽之全表面，以壯

盛之光芒一律四向射出；斑數減少之時，白光環之光芒亦隨之而衰，僅在緯度二三十度處升起頗高，又在南北極附近有流線狀之細光射出，亦極普通。此項白光環之景，頗爲複雜。除通常光球景中之連續帶及夫牢因和斐線外，尚有由下層白光環現出之特殊之多數輝線。其中有一綠色光線波長爲 λ 五三〇三，由一種氣體發出，此種氣體至今尙未發見。由此等現象推之，白光環似由一種物體將其所受之太陽光照樣反射而回，及一種神祕的氣體構成，亦未可知。自十九世紀中半以後，使用強力之景析器，不必拘定日蝕，即在平常，亦可作日珥及色球之觀測。最近更用景析太陽照相器，將光球面上之種種物質活動與色球中各種現象間之關係求出。日斑周圍，恆有白紋出現，前已略述及之，據景析太陽照相，當日斑出現甚多之時，太陽面上必有鈣羊毛斑之顯著氣體排列成雲。所謂白紋，或即與此爲同一之物。又用輕氣之 O 線，照得之景析太陽照相，日斑附近固無庸論，即太陽全面，均有構造異常複雜之氫羊毛斑出現，其中尤以所謂細絲之吸收暗體，綿延不絕，最爲顯著。要之，均與日珥爲同一性質之物。

關於太陽之本體究爲何物？其巨量之光熱，何以持久不衰等項根本問題之研究，成一專科，曰

太陽論。上述太陽面上所現之各種現象，可由之作綜合的解決，故極重要。自十九世紀中半，克希荷夫應用其景析學上之原理，說明夫牢因和斐線後，大多數學者，均承認太陽爲白熱之固體或液體，上層則有低溫之氣體包圍之。但光球外面之反彩層，其壓力尙不及地球周圍大氣壓力之十分之一，在其外之色球，氣壓更在數千分之一氣壓以下。由此推之，可見光球之上層，亦爲高熱之氣體。再由一方面依據最近之物質理論，氣體在特別高熱之下，亦可發出連續景。故現今對於太陽之內部，亦無視爲固體或液體之必要。又十九世紀中葉，赫爾姆霍斯曾發表其太陽收縮，以爲補充光熱之原因。據其所說，太陽以其本身之重力，各部分被其中心吸引，使全體形狀收縮，即由此發生之熱量，維持其現狀。每年只須其直徑縮短七十三呎，即可補償現今所放出之光熱之量。准此計算，則太陽之壽命，估計約爲一億年內外。但據近來之研究，太陽之壽命，至少亦當爲一千億年。收縮說之不足信，自不待論。最近將太陽論與一般之恆星進化論加以連絡，以爲太陽之物理構造，不僅一團之混合氣體而已，其中之氣體原子，尙隨溫度壓力等各種特別情形，有種種之離化作用及中和作用等。故不僅日斑日珥等變化激烈之現象爲電磁性，即太陽之全體亦爲一大磁石，亦未可知。由太陽放

射而出者，亦不僅限於光熱，由極端之紫外線起，至波長極長之電波爲止，各種輻射莫不俱備。至於所需之能，則出於物質原子內部能之轉換而來。雖係超實驗室之假說，但傾向之者頗不乏人。

第六章 行星及衛星

行星及衛星，均爲自身不能發光之天體，其光概係日光由其表面反射而來。故其光輝須視其與太陽之距離，及與地球之距離如何而定。此外尚有相之變化，各星之直徑大小，及反射率之差別等，均與其光輝相關，故對此等天體之光度研究，頗爲複雜。此中天體與地球及太陽間之距離，及相之變化，對於天體本身之物理的狀態，並無關係，故若作天體間之比較研究時，非選擇適宜之資料不可，卽以不受此等影響者爲佳。今假定天體與太陽之距離及其與地球之距離，爲一單位，（太陽與地球間之平均距離 \parallel 一億五千萬杆， \sphericalangle 相角亦假定爲零，此時各個天體之光度，稱曰基準光度。研究各個天體之物理的狀態時，此項基準光度最爲重要。例如水星最大之光度爲負一·六等，由此變化直至完全無光爲止，但其基準光度則爲負〇·八八等，一定不變。金星由負四·四等變至無光，其基準光度則爲負四·〇六等。火星由負二·六等變至二·〇等，其基準光度，則爲負一·三

六等。木星由負二·四等變至負一·五等，其基準光度則爲負八·九九。土星由〇·三等變至〇·八等，其基準光度則爲負八·六七等。天王星由六·一等變至六·三等，其基準光度則爲負六·九八等。海王星爲七·七等不變，其基準光度則爲負七·〇六等。地球既爲行星之一，如由其他之行星觀察之，應亦有相當之光輝放出，不過在地球上之人，殊無法觀察而已。但一方面由新月之暗面現出之地球光，及其他由地球表面物質之實驗室的研究，可以推知在太陽上所見之地球，應有負三·三等之光度，故卽以此作其基準光度。

觀測行星衛星等之景時，亦有種種必不可忽之注意。此等天體既無自身之光發出，如將所受之太陽光線，照樣反射而回，則其所造成之景，應與日景完全相同，無些微差別之理。但實際上，各行星表面之反射率，隨光波之波長各有不同，如星體周圍有畷圍氣存在，則現出其特性之吸收線。必須觀察此種吸收線，並測定由波長不同而生之光差，然後始能求得此等星體之物理性質。要之，此項研究，在於比較日景與此等星體之景之間之差異，不能專恃景之本身照樣觀察，非有更敏銳之眼光不可。行星大多數之光，均頗充足，但其景析方面之研究，則不如恆星。按由物理的立場及由物

理的觀測法之立場，可將行星分爲五種：(1)內行星，水星及金星屬之。其軌道較地球軌道爲小，故其由太陽測出之離角，不能超出一定角以上，因之其表面觀測之時期，有一定之制限。(2)地球行星，地球及火星屬之。與地球之情形極相類似，其表面上對於生物棲息頗爲適宜。(3)巨大行星，木星及土星屬之。因其直徑特別巨大，故有種種特殊之性質。(4)遠距離行星，天王星海王星及冥王星屬之。均在極遠之距離，觀測上因此而有種種特殊之情形。(5)小行星，因其軌道甚小，其軌道之大小及位置，同在一定之範圍內，故共通之點頗多。茲按此順序，分別詳述之如下：

水星與金星，因與太陽較近，故所受由太陽而來之光熱亦較多。水星所得者約爲地球所得之六倍半，金星則約爲二倍半。故此兩星之表面溫度非常之高，據觀測結果，水星表面約爲攝氏四百度，金星表面約爲六十度。但此兩星之自轉周期均尙未明，故此項溫度是否對於其全體均如此，則不可知。自第十七世紀以來，對於此兩星之自轉，卽有種種之學說，至第十九世紀，有斯恰帕勒利者，提出一新說，以爲此兩星之自轉周期，均與其公轉周期相同。其後直至今日，關於自轉之議論，仍乏定見。尤以作表面觀測者，發見金星之表面，每每有斑點之類出現，而景析觀測者，亦有主張此星之

自轉周期爲十數時間之人。最近畢克靈更倡一奇妙之新說，主張金星之軸，爲與其軌道面相近之一直線，自轉周期則爲六十八時間。一方面對於水星之自轉周期，則有斯恰帕勒利一輩之人，主張其爲八十八日。此說果確，則水星發光之一面與其他暗黑之一面之間，將有非常顯著之溫度差存在，不難爲之想像。又此兩星之光輝，由地球觀望，變化頗大。其原因由於此兩星與太陽間之距離及其與地球間之距離不同，及相之變化而生。在金星當相角等於一百二十度，即在內合之前後約三十五日之時，光輝最大。在水星則以相角等於 0° 度即外合前後約四五日以內，光輝最大。兩星之間，有種種不同之點。反射率即其中之一例。水星之反射率約爲百分之十，與月同一程度。因水星之直徑及其質量甚小，不克保持周圍之霧圍氣，在比較短促之時期內，即行退化，故其現在已成爲一種枯死之世界，與月相同。反之，金星之反射率約爲百分之七十，成爲行星中之首屈一指者。由此反射率之值，加以判斷，金星之全表面必爲白雪或雲霧包蔽，否則亦必有濃厚之霧圍氣。此星雖時時與地球接近，但其表面恆作一樣之光輝，無顯明之斑點以作標識，故表面觀察所得甚少。但一方面因其光輝甚大，近來頗多利用之以作景析方面之研究者。據其結果，一般仍認可金星似有一種霧圍

氣存在。不過其霧圍氣中究含有何種物質，尙無定說而已。有人想像以爲金星之霧圍氣，與地球之霧圍氣同一程度；又有人因未能認出金星上有氧及水蒸氣之存在，遂以爲全體由濃密之浮游微塵包圍而成。總之，金星當其內合之時，或通過太陽面之前後，其新月形之尖頭角，延至二直角以上，有時全體成爲金環蝕之形狀。由此察之，其周圍必有能使日光受顯著屈折之霧圍氣存在，已無可容疑。水星與此正相反對，任由何方面加以研究，均完全無霧圍氣存在之痕跡。

行星之中其物理狀況最爲吾人所熟知者，當然爲地球與火星。尤以地球爲吾人棲息之處，各方面之觀測進行極便。關於地球之形體、大小、質量、及作成一個天體之研究，大部分屬於測地學之中。其他更進一步之物理的研究，則屬於地球物理學。例如關於地殼及其內部之構造，則有地震學；關於地球上之水之一部分，則有海洋學；關於大氣之一部分，則有氣象學；其餘更有地磁學、地理學、地質學、火山學等，均爲地球物理學之分科。茲僅就其大略言之。地球之溫度，由表面起，愈深愈高，可由直接觀察及理論推出之。但由歲差及章動等現象着想，其全體不能不看作固體。再由潮汐之研究及緯度變化等之觀測，可以算出地球之硬度，約爲鋼鐵之二倍。此乃大略計算而得之結果，如詳

細察之，則地球之中心部分及皮相部分又各不同。據十九世紀末韋赫耳脫所倡之學說，由地震波推算，地球直徑之百分之七十七之內部，其平均比重約爲水之八倍三，而其餘之部分，即由地表至一千五百杆深爲止之部分，平均比重爲水之三倍三。由此可知地球之內部頗與鐵相似，而其外邊則與普通之岩石之程度相同。包圍於地球外面之大氣，爲使光線屈折及減光之原因，故在天體物理學上，異常重要。此項大氣高至若何程度，頗值研究。由極光及流星之觀測，可以推知地球上之大氣，達於五六百杆之高。但在如是之高處，早已無普通空氣之存在，應爲一種密度異常稀薄之物。有人想像以爲此處係輕氣層或氫層，亦有人以爲受極端低壓及低溫而成之球形氮粒，浮游於此高處。極光之本身雖爲一極饒興趣之現象，但其所成之景，則爲單色光景，其中有波長入五五七七之綠色光，歷久不知其原因何在。最近始有一說，以爲氮粒受由太陽而來之電子流衝突發出者。又地球之全表面，約有一半爲雲所蔽，故全體之反射率達於百分之五十，故如由其他之天體觀望，光輝相當強烈。新月時其暗部亦有淡薄之光可得而見，即完全受地球之光照及之結果。由月觀望，此時之地球之光度，應爲負十六等。又由金星於對衝之時觀望地球，其光度應爲負六等。地磁之一切現

象，可由極光之出現及有線電無線電之效應，頗受日斑之影響證之，已無容疑之餘地。其他尚有多種之氣象學上之現象，是否亦受太陽活動之影響，現今尚無一定之見解。

火星以二十四時三十七分有餘爲其自轉之周期，其自轉軸對於軌道面，約作六十六度有餘之傾斜，公轉周期爲六百八十七日。由此各點觀之，其晝夜及四季之變化頗與地球相似。再據近代之天體物理學方面觀測之結果，地球與火星酷似之處，竟超出吾人預料以上。卽由景析的觀測，及恆星掩蔽之觀測等，知火星之周圍，有水蒸氣及其他之霧圍氣存在。由望遠鏡之表面觀察，見其南北兩極，有白色之極冠，與地球上冰雪之曠野相當。赤道附近有綿延不絕之濃綠色之海及灣，實際上與其謂之爲水，毋寧視爲隨季節變化之大森林，更爲恰當。斯恰帕勒利等發見之運河亦復如是，可作逐水草而繁殖之生物線觀之。又通俗稱其爲陸地之褐色部分，似與地球上之沙漠地帶相當。故無論就任何方面而論，凡地球上所有者，火星上莫不有之。但火星之質量約爲地球質量之十分之一，故其上之重力亦甚少，不能維持濃厚之大氣於其周圍。又其與太陽之平均距離較遠，所受之光熱，不過地球上所受者之百分之四十三而已。由此着想，則火星上之世界，貧乏當遠在地球世界

之土。例如在望遠鏡內，每每可以觀見有雲霧發生及不良之天氣出現，但其規模異常之小，決無地球上氣象變化之盛。此一事即足以指示火星世界之雰圍氣異常薄弱，不及地球遠甚。據畢克靈一九二四年觀測火星表面之報告，其世界之季節變化，進行極順，每年中各日之氣象，從未現出有一日以上之失常者。又火星上之溫度，大體亦在地球溫度之下。據一九二四年美國觀測報告，其南北兩極氣候酷寒之處，平均溫度約為攝氏零下六十度，而其赤道近傍，有時亦可昇至攝氏二十度。由此想像火星世界，現今似尙未達於完全絕望之境。

木星與土星形體既大，質量復重，可稱爲行星界之兩雄。若加以詳細觀察，此兩星相似之點正復不少。兩者之表面，通常均有多數之斑點及條紋可見，其形狀變化極速，此外尙有因星體自轉而生之運動及少許之固有運動，均足以推知氣流動搖頗盛。其中尤以木星表面上有赤斑或白斑出現無常，南北之中小緯度近傍，有數條暗帶隱現不定，最能引起觀測者之興趣。木星之赤道約以九時五十分爲其自轉周期，而離開赤道以外，無論在南在北之各點，一般均以九時五十五分前後爲其周期。土星亦如是，其赤道之周期約爲十時四十分，而其他各點之周期，則爲十時三十八分。其自

轉周期既隨緯度不同，雖令人聯想及於太陽自轉之赤道加速，但兩者究竟不同。土木兩星之自轉周期之變化，並非連續的而為跳躍的，故太陽自轉之定律不能適用。再由兩星之平均密度異常微小之一點觀之，可以想見其表面全體，應為流體包蔽，成為一氣態之大球體，與太陽相似。又兩星之反射率，均在百分之六十附近，亦由於包圍其表面之雲層所致。

木星及土星之景，與天王星海王星頗相類似，故將此四星統括論之，較為便當。此四星均為行星，故其造成之景大致與日景相彷彿，但若詳細比較之，亦可得見其有不少特別之處。尤以氫之 α 線及 β 線，由木星而土星，而天王星，而海王星，順次增加其吸收線之濃度，又 λ 六一九〇及 λ 七一九五附近之原因未明之吸收帶，亦照按同一順序增加濃度。此外在天王星及海王星景中，尚有 λ 五四二八、 λ 五七六二、 λ 五九七三、 λ 六六七七、 λ 六八一二、 λ 七〇二二等處，亦各有濃厚之吸收帶存在，其原由至今尚未判明。總之，此類大行星去太陽愈遠，愈多此種特別之氣態化合物，存在於其周圍氣中，已無可容疑。土星之輪所生之景中，並無此等吸收帶存在，由此察之，可見其原因並非宇宙空間中有一種氣體層存在所致，實應歸之於行星之本身。除上述現象而外，此四星之物理的

性質，相似之處正復不少。如反射率大體相等，平均密度亦同一程度，均其顯明之例。天王星及海王星因距離過遠，雖極高倍率之望遠鏡，亦難作表面之觀察。因之，此兩星之自轉周期，亦無直接觀測之方法。但由光度之變動或其橢圓體之離心率等推算之，似以十時間內外為其自轉之周期。果爾，則與土木兩星仍相類似。

冥王星之發見，為一九三〇年一月二十一日，至同年三月十三日，始經羅厄爾天文台正式報告於哈佛天文台，其位置為赤經七時十五分，赤緯二十二度。其與太陽之距離為地球與太陽間之距離之四十五倍，質量約為地球之七八倍。由刻卜勒定律推算，其繞行太陽一周，須時約三百年。又其軌道之離心率為 0.2 ，故其軌道為顯著之橢圓形。光度約為第十五等，故極不容易觀測。且發見未久，所知不過概略而已。

小行星之物理的性質，除由其光輝研究之而外，別無他法。但一般小行星之光輝均異常微弱，不足以供景析方面之研究。十九世紀之末，巴那德用強力之望遠鏡測得穀神星之直徑為一秒三，智神星之直徑為 0.6 ，婚神星之直徑為 0.48 ，竈神星之直徑為 0.53 ，其餘之星體，較此

更小。僅能將各星之基準光度算出，並假定其反射率大約與火星相似，由此推算其直徑，結果，微小程度有至五杆或十杆者。形體既小，其上之重力亦隨之而小，故其周圍決不能容霧圍氣。但就各個之反射率推算之，穀神星爲百分之二十五，智神星爲百分之二十四，竈神星爲百分之三十一，婚神星竟達於百分之五十。果使此項計算與事實相符，則由天體之質量重力等，判斷霧圍氣之有無，實不足恃也。但一方面小行星之總數，已發見者業經超出一千以上，故由統計的方法研究其全體平均之性質，爲事既便，且易奏效。例如前述之平均反射率假定與火星相等，即其一例。由此計算此一千以上之小行星之總質量，約等於地球質量之千分之一。本世紀之初，經奧坡爾則發見愛神星以極短之周期變化其光度以來，舉世莫不爲之震驚。但其後此星之變光範圍驟行縮小，即其周期，亦有各種不同之議論，令人愈入於迷。其後不及數年，又陸續發見有其他若干之小行星，亦有此項變化之性質，始視爲平淡無奇之現象。至其所以變光，亦有種種學說，其中有一種學說，以爲由於小行星之表面反射率各部分各不相同，因其自轉遂成變光，似尙可信，其他概無多大之價值。

就太陽系全體總計之，衛星共有二十七個之多。行星中以土星及木星之衛星最多，天王星次

之，其餘不過一二個而已。至於水星及金星，並一個亦無之。衛星數之多寡，視各行星之引力而定。例如土木兩星，以其質量特大，故衛星之數亦多。又如水金兩星，縱令曾有一度機會得一二個衛星，但因太陽即在其近傍，衛星之軌道受太陽攝動作用，極不穩定，不久必脫去，萬難保持。就全太陽系多數之例比較之，地球之衛星，其質量竟能達於主星本身質量之八分之一，亦不可多得者也。

月與地球之距離甚近，其間平均不過三十九萬杼而已，不特其在地球上所占有之位置及運行異常明瞭，即其表面之觀察，亦頗涉及精細，所謂月面圖、月面照相等均其成績，為數頗不少。其中尤以巴黎、力克、葉耳歧茲、威爾遜山等各天文台照得之大模規之月面照相，最為精緻。月面上恆有暗色之部分，即肉眼亦能辨別，一般稱之曰海。其中有數處面積較大，在觀察上甚為重要者，各有一定之名稱，如危海在月面西北面端近傍，為視直徑四分之一之橢圓形。豐海在月面之西端，即危海之北鄰。酒海為豐海之東南鄰，靜海為危海之東南鄰，與豐海及酒海相連。晴海在靜海之西北，連續成圓形。雨海在晴海之東，風海在極東端，與雨海之東南方相連續。濕海在東南端，與風海之北相連。雲海在濕海之西，與風海之西南連續。此項海洋之分布，同時又可指示其陸地之分布。除各種海洋江河

等包圍散在之陸地而外，尚有連續之大陸，大都在於月面之南半面，其全面上有無數之凸凹起伏，可以望見。在望遠鏡中窺見之月面，宛如地球面之一模型，有各種之地勢。按月面之視角一秒，與實物之千八百呎相當，故雖些許之起伏，而其實際，則爲叢山峻嶺。例如雨海周圍則有阿爾卑斯山脈，沿其北岸；高加索山脈，沿其西岸，成爲與晴海之界限；亞平寧山脈，沿其西南岸；喀爾巴阡山脈，沿南岸，連綿而向東西。此外，尚有來布尼茲山脈等，均在三千呎以上之高。

月面上最饒興趣之部分，爲俗稱之噴火口，卽輪狀之山。全數約在五百以上，大者直徑達二百五十呎，小者窮器械之力始能望見。不僅陸地有此，卽海洋之中央部分亦復有之。位置形狀各各不同，用作月面上之目標，極其適當。與地球面上之噴火口比較，月面之噴火口，其直徑均較大，在二百呎以上者，竟有十個之多。其何以如是，大而且衆，則有種種學說。有人以爲月之周圍，因無雰圍氣存在，大小流星落下與月面之衝突頗烈，遂成此結果。有人以爲月世界上之重力太小，火山噴出特別激烈而成。兩說均各有其相當之根據。噴火口之壁，內面極陡，外面傾斜甚緩。凡此種種均就日光所投之陰影之形狀及其長短測得者，如實際果然由火山之活動而成，則恰與地球火山之外輪山相

當。滿月時之平均光度，爲負十二等五五，全面之平均反射率，約爲百分之十。由是可知月面上之反射率，不特隨海陸而異，即一部分上，亦因其局所而有不同。例如刻卜勒口、亞里斯他克口等之內面，爲月面上最明亮之處，反之，如柏拉圖口等，則爲最黑暗之處。此兩極端之光輝之比，竟等於百與一之比。此項現象均足以指示月面上物質構造有顯著之差別。當月掩蔽之時，恆星之色不受絲毫之變化，其明與滅，均突然現出。又月光之景與日景完全相同。由此兩事，均足以證明月之周圍，不能有二千分之一氣壓以上之大氣存在。斯托克斯以爲月面之重力太小，不能保持氣體之說，可由此得其證明。月之大小及其質量，頗與伽利略發見之木星之四衛星，及土星之日神星、天子星兩衛星，及海王星之唯一衛星，同其程度。此等各衛星之觀測雖不可能，但與地球之月可以視爲相類，亦無不安。按木星之四個衛星之直徑，經觀測之結果如下：巴拉德用力克天文台之三十六吋機，測得第一星爲一·〇五秒，第二星爲〇·八七秒，第三星爲一·五二秒，第四星爲一·四三秒。邁克爾遜在支加哥用干涉計測得第一星爲一·〇二秒，第二星爲〇·九四秒，第三星爲一·三七秒，第四星爲一·三一秒。直徑既如是其小，表面觀測當然不可能。至於反射率，在木星之第一衛星爲百分之

七十，第二爲百分之七十五，第三爲百分之四十五，第四爲百分之十五。土星之日神星爲百分之五十。此類天體，大小不過與月相等，而反射率竟有如是之高，實爲一極堪研究之問題。又前述之小行星中，亦存有大反射率者。土星之環，由微塵而成，其反射率乃達於百分之六十，尤爲不可解之問題也。



第七章 彗星及流星

彗星與行星根本不同，不僅軌道有別，即物理的構造亦有顯著之差。彗星可視為模範者，光芒頗大，即肉眼亦能察見，可分為頭尾兩部，頭部有核有髮，核為全體中光芒最大之一部分。有時彗星之光並不集中於一點，則稱之曰無核之彗星。核之周圍有雲霧狀之物，即其髮，亦有輪廓不甚顯明者，亦有作橢圓形輪廓異常顯明者。尾之形狀種類極多，但大都自其頭部作放射而出之狀。其最普通而又最顯著之例，即其尾部恆背太陽。一般以為此係尾部受太陽之輻射壓所致。關於尾之各種形狀，以照成相片加以觀察，最為有效。彗星之外觀，視其與太陽間之距離而異。例如嚇列彗星，不可謂不大，但最初發見時，乃一望遠鏡的彗星，並無尾部，僅如一點雲霧而已。及其行近其近日點，頭部始漸次增大，核、髮、尾之區別，亦隨之顯明。光芒當時亦為之大增。其頭部之直徑，在近日點近傍時，轉略縮短。通過近日點後，其變化恰與上述相反。

彗星之光如視爲非自行發出者，則其光度當與行星之光度相同，應與太陽及地球等之距離之平方爲反比例，但實際上，並不如是簡單。即令彗星與地球間之距離之平方，確與其光度爲反比例，由觀測結果研究之，其光度應與太陽之距離之三乘以上之乘方爲反比例。據一九二四年觀測恩刻彗星之結果，應與太陽距離之六乘方爲反比例。由此觀之，彗星之光，決非單純將太陽光反射而成。毋寧認爲因受太陽光之刺激，由彗星本身自行發出之光亦包含在內，似覺適當。至於彗星光度之觀測，頗不容易。例如使用之望遠鏡之力愈強，則觀測所得之光度愈弱。在肉眼中看見之三四等之光度，在望遠鏡內不過七八等而已。因觀測者爲彗星之面積光芒，故爾如此。爲精確起見，有人故意使目鏡離開其望遠鏡之焦點，用比較星與之比較。總之，此項工作頗不容易，非特加注意不可。

彗星之景，亦有其特徵。一般含有太陽之景、發光之帶景、及輝線景三種。太陽之景，係由日光反射而來，固不待言。茲將多數彗星之景綜合之，可分爲五段：(1)彗星在太陽之極遠方時，其光之主要部分，出於發光之精氣，尤以 λ 三八八三及 λ 四二一六近傍之帶，最爲顯明。故此時最適宜於照相之研究。(2)彗星略與太陽接近時，有碳化氫之輝帶現出。尤以俗稱之鵝帶，即 λ 六一八八、 λ 五

六三五、 λ 五一六五、 λ 四七三七、 λ 四三一之一之五帶，除去兩端後之三帶，最爲顯明。(3)彗星再近太陽，則有氧化碳之 λ 四三八三及 λ 四七三七之輝帶現出。(4)再近太陽，卽照樣之太陽之景現出，卽由紫至紅之連續景，連同其中之夫牢因和斐線。(5)彗星達於近日點時，先現鈉之D線，繼之而現鐵、氫等之各種輝線。上述五段，並無判然之界限，僅程度上有稍許之差別，同時出現，大致上仍按此順序而已。又各個之彗星，亦各有其特殊之性質，並非達於與太陽之一定距離，卽現出此項模範之景。試舉數例言之，一九〇八年之摩阿豪斯彗星之反射光及碳化氫均弱，僅蜻帶甚強。又一九一〇年之無名彗星通過近日點之翌日，見D線之輝線十日後消滅，繼之現出者爲碳化氫之三帶，其後又變爲蜻帶。又一九一〇年四月十九日通過近日點之嚇列彗星，在一九〇九年十月，卽已觀見其蜻帶，翌年二月，始現碳化氫帶，與蜻帶大約同一強度，至四月中旬，太陽之反射光顯著，同年末現出鈉之輝線。總之，彗星之景，不僅反射太陽光而已，並有其獨特之景現出，由此數例，亦足以見其一斑。

彗星之質量幾等於零，而其形體則頗大，例如一八一一年出現之大彗星，其頭部之大竟能與

太陽相匹敵，又其甚者。一般之彗星，其平均密度不過地球大氣數千分之一而已。一九一〇年之嚇列彗星，通過太陽面之時，完全無形狀可得而見。如是之例，正復不少。但一九〇年之登寧彗星，及一九〇三年之格力格彗星，其核掩蔽恆星之時，恆星之光或略減弱，其色亦略有變化。由此等記錄推想，至少其中央部分應有相當之物質密度。總之，形體既大，平均密度又小，故除受各行星之攝動作用而外，空間之抵抗物質及其他之種種作用，均極易受到。恩刻彗星及騰拍爾第二彗星之周期變化，亦受其影響。一八四五年之俾拉彗星，一八九九年之斯尉夫特彗星，及一九一六年之忒拉彗星等，每每見其頭部分裂，或一部分之尾部脫離。又如一八九二年之福爾摩斯彗星及一九〇八年之阿豪斯彗星等，其光芒之變化極其奇突，凡此種種，均彗星所獨有之現象。尾爲由頭部流出之物質，在嚇列彗星，其尾之流出速度每秒竟達數十杆之大。由此等事實推測之，彗星應爲一種壽命極其短促之天體。

流星爲宇宙空間中縱橫飛過之微小天體，偶爾行近地球，衝入於其大氣圈內，發熱發光，映入吾人眼中，始能認識其存在。此等天體對於地球之速度極大，約爲十每秒杆乃至七十每秒杆。故其

衝入大氣中時，與其謂之爲受摩擦作用，毋寧謂爲由衝突之結果發爲光熱。通常發光時距地面約數百杆之高。其消失點之高低，各不相同。有時在地面上一二百杆之高，有時則又甚低，其極端之例，竟落至地面上成爲隕石，又名隕鐵。不過能落至地面者，當其通過大氣中時，大部分之速度業已消去，故在低空時之速度，不過與音波之速度相等，徐徐落下。流星之出現，乍見頗無紀律，但若注意觀測之，即可知其亦有種種一定不移之規則。一年之中某一定之時期，在天球上之一定點，必有一種流星羣出現。此一點，曰此一羣流星之輻射點。由幾何學知由一輻射點而出之一羣流星，在空間內均各沿平行之方向飛去。各流星羣所共有之一定軌道，與彗星實有極密切之關係。彗星之軌道上，必有流星羣出現。

流星之本體究爲何物，至今尙未十分明瞭。一個流星之大小，議論亦未能一致。有人以爲與微塵相等，又有人以爲其大如拳。流星之光以白色者爲多，亦有帶黃色及紅色者。又出現中本爲白色，其後變成黃色及紅色者亦頗不少。流星之景，觀測頗不易，據研究之結果，與通常白熱光之連續景相同，又有氫、鈉、鉀、鎂等之輝線。此等各種金屬之輝線，諒係流星本身所發出之光，而氫線是否流星

本身發出，抑爲上層空氣所發，則不得而知。流星中光芒特大飛行較遲者，特稱爲火球，其色以紅色爲多，突然而現，一瞬即滅，往往有大聲伴之而來。又有時出現於低空之中。由其徑路可知火球大都爲獨立之流星，並不屬於流星羣。火球落下地面，卽成隕石。其比重普通爲水之三四倍。其成分則以硅、鋁、鐵、鎂、鈣等之氧化物爲主，其比例頗與普通之岩石相近。又有一種隕鐵，亦爲由天空落至地面之一種天體，似與流星相類。通常含有百分之七十以上之鐵分，此外尙含有鎳、鈷、硅、鎂等，又含有氧、碳、氫等者亦不少。隕石及隕鐵之表面，因受高熱所燒，成爲特別之組織。但因與空氣衝突之結果，時時有分裂現出新面者。隕石及隕鐵，現今所知者，其數頗相同，但隕石落下後，與地上之岩石不易區別，故其成分頗難表出天體之真正比例。隕石中最大者，重量達二百噸以上；隕鐵之最大者，重量達三萬三千噸。

第八章 恆星

恆星之景，種類極多，六十年前，經塞歧將恆星之景分爲四種，在當時雖覺其不甚精確，但由現今之天體物理學論之，極合於理。其第一類爲連續景，在此上，以青紫色之部分光最強，有氫之巴爾麥暗線現出，有時並現氮之暗線。金屬之暗線幾乎全無，僅有鈣、鎂及鎳之暗線，然亦甚微弱。屬於此種之星概作白色，間亦有帶青色者。第二類絕無氮之暗線，即氮之暗線亦較第一類弱，但有多數之金屬線，尤以鈣之K、H、G線等最爲顯著。屬於此種之星概呈黃色，間亦有略帶紅色者。第三種雖亦有顯著之H、K、G金屬線，但同時有褶疊形狀之暗帶現出，其在紫色之一端界限異常分明，在紅色之一端則頗模糊，此項暗帶，以氧化鎳爲其主要原因。屬於此一類之星，概呈紅色。第四類與第三類頗相似，但其暗帶則以在紫色之一端，界限不明，是其異點。此項暗帶，以碇爲其主要原因。屬於此一類之星，亦呈紅色。塞歧所分四類，大致如是，雖極粗淺，但甚簡便。此外，尚有福吉爾及畢克靈等之分

類法，與此大同小類，仍不外由溫度及色彩決定景之階級而已。其後更加改良，並顧慮及發光層之密度，及近代提出之高溫電離學說，遂成哈佛式之分類，現今已選為國際之分類法。經坎嫩女士將二十萬個之恆星景，用此法為之分類，列於德雷拍恆星錄中。其分類法大致如下：

P類：行星狀星雲所特有之景為連續景，光極淡，以 λ 5007、 λ 4959、 λ 3727等各

輝線最強，尤以H β 、H γ 之巴爾麥線特別顯著，又氦之 λ 3869線，亦甚強。

O類：於連續景上現出輝線，以 λ 4633及 λ 4686最為顯著。氫及氮有成為輝線現出者，有成為暗線現出者。屬於此類之星，做其發見者之名稱之曰倭爾夫刺葉特星，其代表者如鱸座星。

B類：在連續景上現出暗線，其中尤以氫線最為顯著。亦有含氧、氮、硅之暗線者，又氫之暗線甚微弱。如獵戶座之 ϵ 、 δ 等星，即其實例。因此又有獵戶星或氮星等之稱。

A類：仍僅有暗線，其中以氫線特別顯著。太陽所特有之鈣、鎂等之暗線，已略微現出。例如大犬座 α 星、天琴座 α 星，均其代表者。以上兩類與塞歧分類法之第一類相當。

F類：此類通與塞歧分類法之第一類及第二類之中間相當。其氫線頗強，但較A類略弱，鈣之H線及K線甚顯著。此外尚現出鐵、鎂、鎳、鉻等之暗線。天鷹座 α 星及龍骨座 α 星爲其代表。

G類：與太陽之景同類。以H線、K線及G線特別顯著。其他之金屬線亦頗不少。氫線亦有之，但較F類微弱，僅現出自H₁至H₅之五線而已。其代表者爲御夫座 α 星，與塞歧之第二類相當。

K類：仍以鈣之H線及K線最爲顯著，又g線較G線更爲顯明。連續景之紫色之一端較短。其代表者爲牧夫座 α 星。此一類適與塞歧分類法中之第二類與第三類之間相當。

M類：鈣線之顯著，與F類相同，以綠色部現出暗帶爲其特長。紫色一端較F類更短。其代表者爲獵戶座 α 星、武仙座 α 星，與塞歧分類法中之第三類相當。

N類：與M類相似，但其吸收帶之模糊則相反。其代表者如雙魚座第19號星，與塞歧分類法之第四類相等。與K類同爲G類之一分支，如其中加一R類，更易爲之聯絡。又屬於此類之星，每每有現出氫之輝線者。

S類：在M類及N類之次，爲第三之分支，暗線及輝線兩種均有。尤以有 λ 四六五〇及 λ 六四

七〇之暗帶爲其特色。

以上所述之分類法，其系統如下圖所示：



此等各類由O至M或至N，次第變化而去，其間並無截然之界限。如有一類介於甲乙兩類之間，則視其究與甲相近或與乙相近，用附號以表其相近之程度，如是可得全系一貫之連續階級。例如F類有G之暗線現出甚微者，亦有略明瞭者。此種已非純粹之F類，而與G類相似。故即由G線之強度，將其由F類偏向G類之程度表出。再用數字表示所推出之程度，作成附號，再於F右下角，以介在兩者中間之各種類之區別。例如F₂所表示者爲F類，但略帶有G類，又如F₀所示者，雖名爲F類，而其實則頗與G類相近。對於純粹之F類，則以F₀表之。同樣對於其他各類，亦各有若干之階級。例如B₀、B₁、……B₉；或A₀、A₁、……A₉；或G₀、G₁、……G₉；或K₀、K₁、……K₉等。僅有O類及M類，須特別處理。由O移至B之各級，用O_a、O_b、O_c、O_d、O_e等表示之，其區別依據特殊輝線之強度，大體按照其輝線減弱，吸

收線加強，其數亦增多之次序。但近來主張照一般之例，分爲 O_0, O_1, \dots, O_9 ，比較合理之說者頗多。M類最初亦分爲 M_a, M_b, M_c 三級，近來則以爲應作 M_0, M_1, M_2 三級，與 K 連續。M 與上述之三者不同，其現出之線爲氫之輝線，是其特徵。如是分級之各種之特異點，亦有用記號爲之表出者。例如有不同數之絕對光度，現出各線均極細明者，則加一 C 字於其前，作 C_F 以表之。屬於巨星者，冠一 g 字；屬於矮星者，冠一 d 字，如 gM_0 及 dF_5 等。又原則上不屬於輝線之景，而有輝線現出者，加一 e 之附號，如 A_2e 之類。又景若有一種特異點時，則於階級符號後，附一 P 字表之，如 B_{5p} 等。其線之輪廓特別鮮明者，附一 s 字，特別朦朧者附一 n 字表之，如 A_{2n} 等。又一般因星之固有運動而生之都卜拉效應，景線應生轉動，但有種星之 H 線及 K 線，並不因此移動。對於此種星則加一 K 字表之，如 B_{qnk} 等。

由前述之塞歧分類法，亦可見星體之色與其景實有密切之關係。測定恆星之色，有直接之尺度。茲將奧斯托夫之色階，列舉之如下：

- (0) 純白色；
- (1) 帶黃之白色；
- (2) 黃白各半之色；
- (3) 略帶白色之黃色，即明黃；
- (4) 純黃色；
- (5) 暗黃色；
- (6) 帶紅之黃色；
- (7) 橙色；
- (8) 帶黃之紅色；
- (9) 。

幾乎無黃之紅色；(10)純紅色。

此外，又有所謂色指數者，係恆星之照相光度與眼視光度之差，亦可用以代替色之尺度。爲便利計，通常定A類之星之色指數爲零。故B類、O類之色指數恆爲負數，反之，F類、G類以及其他多數之恆星，其色指數均爲正數。再就實際之觀察言之，星之色大都爲其連續景所左右，其受線景之影響頗小。故若以連續景中最強之光之波長爲其有效波長，則有效波長亦可用作表示星色之一種尺度。哈佛式之恆星景之階級，既隨其有效溫度而變，色指數又爲溫度之函數，故對於色指數亦有同樣之關係。溫度之測定，其結果因人而殊。例如晒涅、明希等由直視觀測求出景之光度分布，由此算出其溫度；洛矜堡及散普孫應用同樣方法於照相觀測；科不林士應用真空熱電偶，用種種之濾光板，使景中各區分獨立後測定其能；普拉斯刻特在細隙前放一光楔，由照相求得與能曲線相當之等感光度線。凡此各法，均同樣精密，不過以散普孫之測定，採用者較多而已。茲將景之各階級及有效波與相當之溫度列表示之如下：

景之階級

有效波長

溫度

景之階級

有效波長

溫度

景之階級

有效波長

溫度

由表可見景之階級愈進，則其溫度愈降。但在理論上，一定溫度之星，其景之階級決不能謂為一定。因星之大氣密度，實為決定景之階級之重要原因，故須將此加入考慮，然後方能得其確切之對應。要之，一條景線之現出，其所需要之電子之勵發，由其溫度及密度之聯合作用為之決定。故其結果，縱令屬於同一階級之景，如密度不同，其有效溫度自然亦異。溫度愈低，其差愈顯著。再據栖亞斯發表之景階級與色指數及由色指數算出之有效溫度之對照觀之，更為明瞭，即：

景之階級

色指數

有效溫度

B ₀	四一二	二五〇〇〇	A ₅	四二七	一〇七〇〇	G ₀	四三二	六二〇〇
B ₂	—	二〇〇〇〇	F ₀	四二八	八九〇〇	G ₅	四四〇	五一〇〇
A ₀	四二五	一三一〇〇	F ₅	四二九	七四〇〇	K ₀	四四七	四二〇〇
B ₅	負〇·一七	一一二〇〇						
B ₀	負〇·三二	一一三〇〇						
A ₀	〇·〇〇	一一二〇〇						

	F ₀	○·三八		七四〇〇
	G ₀	○·七二	○·八六	六〇〇〇
	G ₅	○·八三	一·一五	五六〇〇
	K ₀	○·九九	一·四八	五一〇〇
	K ₅	一·二六	一·八四	四四〇〇
	M ₀	一·七六	一·八八	三〇〇〇
				二九〇〇

舉凡地球上所有之一切物質，恆星之大氣中，似均有之。僅因景析器之分散力不足，又為地球大氣之遮光作用所礙，致其景線有一部分尙未能認出而已。茲據裴因女士於一九二五年所編之表觀之：(1) H 一切之星均有之。(2) He₀ 在 O 類及 B 類之星有之，在 A 類即已消滅。又 He⁺ 在最高溫度之星及新星中有之。(3) Li 在太陽中有之，其他之星均甚微弱。(6) C 太陽上及其他之星上均未見。又 C⁺ 在 O 類星有之；C⁺⁺ 在倭爾夫刺葉特星中有之；ON 在 G 類、K 類、N 類有之，以彗星中最為顯

著；CO 在 N 類 R 類之星及彗星之尾有之；CH 大都在於 G 類、K 類及高溫度之星中。(7) N 僅有與 C 化合者；N⁺ 在 B 類星中有一線；N⁺⁺ 在 O 類星中有二線。(8) O 在太陽中僅有 λ 七七〇〇 之三重線；O⁺ 在高溫度之星頗多，以 B₁ 爲最著；O⁺⁺ 在高溫度之星頗多，化合物如 CO, TiO₂ 及 JO₂ 等在太陽及 G 類以下之低溫度之星中。(11) Na, 僅知有 D 線。(12) Mg: 由 A 類至 M 類之星中有多數之線；Mg⁺ 在 O 類至 A 類中有 λ 四四八一 之二重線；MgH₂ 爲日斑之景。(13) Al 在 G 類及其以下之低溫星有之；Al⁺ 及 Al⁺⁺ 在 B 類星中，但迄未發見。(14) Si: 在 F₀ 及其以下之低溫星有之；Si⁺ 在至 F₀ 爲止之高溫星中；Si⁺⁺ 在 B₀ 類至 B₂ 類之星中；Si⁺⁺⁺ 在 O 類之後部及 B 類星中。(16) S: 尙未發見；S⁺ 及 S⁺⁺ 在 B 類星中有其多數之線。(19) K, 日景中有微量存在。(20) Cu: 在 F₀ 及其以下之低溫星中有多數存在；Ca⁺ 在各種星中成爲 H 及 K 線現出。(21) Sc: 日景中些微有之；Sc⁺ 在日景中成爲六重線現出，恆星中亦有其一部分。(22) Ti 及 Ti⁺: 各種類之星中多有之；TiO₂ 大都在 M 類之星中，G 類及 K 類亦有之。(23) V: 在 F₀ 及其以下之低

溫星中； V^{+} ：日景中有其多數之複成線。(24) Cr：在太陽及低溫星中有之； Cr^{+} ：太陽中有之。(25) M_n ：在 A_0 及其以下之低溫星中； M_n^{+} ：在日景中之紫外部。(26) Fe：在太陽及恆星中，有其多數之線，以低溫星爲其主要； Fe^{+} ：同上，但以高溫星爲其主要。(27) Co：在日景中之紫外部，恆星上不易觀測。(28) Ni：日景中有多數之線，恆星中甚微。(29) Cu：日景中有四線，恆星上不易觀測。(30) Zn：在 F_0 及其以下之低溫星中。(31) Ga：在太陽中，恆星僅有些微而已。(37) Rb：在日斑中，恆星上甚微。(38) Sr：在 F_0 及其以下之低溫星中；由 A_0 即可得見，以 K_2 爲最強。(39) Y：日景中有之，恆星上甚微； Y^{+} ：日景中有之。(40) Z：在日景中有其多數之線； ZO_2 ：在 S 類星之帶中。(42) Nb：不詳。(43) Mo：在日景中，恆星上甚微。(44) Ru：(45) Rh：(46) Pd：(47) Ag：(48) Cd：均在日景中，其他恆星上甚微。(50) Sn：可云僅天蠟座 α 星上有一線。(56) Ba：在日景中； Ba^{+} ：在太陽及 A_0 以下之低溫星中。(57) La：(58) Cl：(60) Nd：(63) Eu：(65) Tb：雖云在太陽及恆星之中，但大都不甚詳。(82) Pb：據羅蘭云在日景中，但亦不詳。(88) Ra：云在日景中，亦不詳。此外如 B, F, Ne, P, Cl, A, As, Se, Br, Kr, Sb, Te, J, Xe, Au, Rd 等，在天體之景中，均未見過。又如 Be, Ge, Jn, Ta, W, Os, Ir, Pt, Hg, Tl, Bi, Th, U 等，恐係與其他之線交相混合，故不能判明。

舊時即以景內有無景線現出，判斷恆星上有無與之相當之元素存在，其後加入比重之考慮，以爲有因沉至下層故不能在景中現出者；有浮在上層而生吸收線者。最近更由原子論加以修正，以爲景線之能否出現，完全由於各原子是否在於勵發之狀態而定。此項勵發狀態，須受所在地點之壓力及溫度之共同支配。又景之種類之主要線中最下端之 M_1 ，爲化合物爲暗帶，應爲較低之溫度。其所以不能現出氫之巴爾麥系列者，即由於溫度過低，不足以使氫分子解離所致。其次之 M_2 ，溫度略高，故氫線亦即現出。但其溫度仍不甚高，對於原子之構造不能發生影響，故未能現出離化線。至 M_3 始於中性之鈣之 g 線，即 λ 四二七之外，現出與單一離化之 Ca^+ 相當之 H 線及 K 線。經 K 、 G 、 F 至 B_2 均可得見。 Mg 較 Ca 之離化略難，故直至 G 類，始有 Mg^+ 之線，即 λ 四四八一，可得而見，直至 B_2 爲止。而在 A_1 以上之高溫星之大氣，全部均成爲離化原子之線矣。即在 B_2 時， Ca 已消滅，同時 H 之暗線甚強，至 B_2 達於最強。一方面離化氮之 H^+ 線，亦次第加強，與 Si^{++} 同存在於極度之高溫星中。茲將各級之景所特有之線及其勵發狀態之變化列表如下：

景之種類

元素

A_5	A_2	A_0	B_3	B_6	B_2	B_1	B_0	O
$ $	$ $		$ $		$ $			
F_0	A_3		B_0		B_3			
H	H	H	H	H	H	H	H	$H,$
			H_e	H_e	H_e	H_e	H_e	$H_e,$
							H_e^+	H_e^+
							O^+	C^{++}
								N^{++}
Ca^+	Ca^+	Si^+	Si^+	Si^+		Si^{+++}	Si^{+++}	Si^{+++}
	Mg^+	Ca^+	Ca^+	Ca^+				
Ca	Ca	Mg^+	Mg^+					
Fe	Fe							
Ti								

	F ₀ K ₀	
	H	H
M		
	Ca ⁺	Ca ⁺
	Ca	Ca
	Fe	Fe
	Ti	Ti
	TiO ₂	CN

由表可見由低溫星M起至高溫星O爲止，其間之中性原子次第由離化原子取而代之。又不易勵發不易離化之原子，愈至高溫，其含有之量愈多。概括言之，在低溫星中以焰線及弧線，占優越之地位；而在高溫星中，則以電花線及超電花線較爲顯著。利用此項關係只須適宜假定各恆星大氣之壓力或密度，即可由其現出各線之強度，推算其溫度。

恆星往往依其絕對光度分爲兩大類：一類曰巨星，他一類曰矮星。其分界處並不十分明瞭，大致爲三等星近傍，即其光輝約爲太陽之六倍。又對於光輝特別強烈者，亦有超巨星之稱。其分界處以負二等星爲最普通。據一九〇七年赫芝斯普隴之測定，G、K、M類之星，其絕對光度有屬於巨星者，亦有屬於矮星者。其後再經羅素加以詳細研究，始知由B至M之間，有一系之星，其絕對光度無甚變化，恆保持其大值，此外又有一系之星，則由B至M，絕對光度次第減小。前者屬於巨星，而後者

則屬於矮星。此外尚有一系，羅素稱之曰白矮星，爲數較少。

又應用都卜拉效應，由恆星之景線移動，可以將天體之視線運動之速度求出。但此種觀測，必須異常精密。例如欲求1每秒杆之視線速度，用 λ 三〇〇〇之光，必須確定不能有 0.01 釐以上之誤差；用 λ 四〇〇〇之光，則不能有 0.013 釐以上之誤差；用 λ 五〇〇〇之光，不能有 0.017 釐以上之誤差。故現今使用之天文器械，對於微光星，欲達於此項精密程度，殊不可能，但對於肉眼星則大體均在可能範圍內。視線運動，即恆星接近地球或離遠之之運動。接近時波長縮短，故其景線移向紫色之端，是爲負之視線運動。反之，離遠時，景線移向紅色之端，是爲正之視線運動。此項運動爲天體之空間運動之一部分，故不僅在天體物理學上，即在天體運動學上，亦正重要。但此運動每每混入地球本身之運動，觀測時須注意區分之。按地球自轉之影響，在子午線之東半，一般現爲負之視線運動，而在其西半，則現爲正之視線運動，故在子午線上不受影響。不過以之與光速比較，即在赤道上由自轉而來之影響，亦不過其一百五十萬分之一而已。故對於光之波長所生之影響，尚不及百分之一釐，其量之微，可以想見矣。其次由地球公轉而來之影響，則頗大。因此

時之速度平均爲三十每秒杆，有時且須考慮其在橢圓軌道上之公轉速度之緩急。但此項影響，以愈近黃道之天體愈大，故在黃道兩極近傍之天體，可云不受其影響。視線速度之數值，無一一列舉之必要，茲將其中數值最大者，略舉數種如左：

A G 柏林恆星錄第一三六六號星（赤徑四時八分） F 類九等星 三三九每秒杆（去）

羅蘭德恆星錄第一九六六號星（赤徑一時三分） G 類八等星 三二五每秒杆（來）

阿革蘭得厄爾增恆星錄第一四三二八號星（赤徑一五時四分） G 類九等星 三〇〇每秒杆（去）

羅蘭德恆星錄第一五二九〇號星（赤徑七時四七分） G 類八等星 二四二每秒杆（來）

大多數之恆星，不過數十每秒杆之視線速度而已，即能超過一百每秒杆以上者，亦不多見。又關於此項視線速度，各種恆星錄中均未記載。僅各天文臺備有強力之望遠鏡及景析器者，隨時將其觀測結果，發表於世而已。其中尤以美國之力克天文臺，及其在南美所設之分臺，對於此項觀測，致力最多，成績亦最豐富。

第九章 雙星及聯星

在肉眼中之似爲單一之星，但在望遠鏡內，往往見其由數星集合而成。其由兩星而成者曰雙星；由三星而成者，曰三連星；由四星而成者，曰四合星。概括之，通稱曰聚星。聚星之中，如大熊座之 ϵ 星及 g 星，在眼力特別敏銳之人，即肉眼亦能知其爲雙星者，特曰肉眼的雙星。自一六五〇年經立契奧力發見此雙星以後，一六五六年惠更斯又發見獵戶座 θ 星爲三連星。一六六四年虎克發見白羊星座之 γ 星爲雙星。以後經赫瑟爾於一七八二年至一七八四年間，加以系統的研究，造成一星錄，內有七百對雙星之多。其次又經斯特魯味更加擴充而得三一〇之多。現今更多至二萬對矣。雙星中有用特殊之記號及號數者，大抵從發見者之名而來，例如 Σ 表斯特魯味威廉； Ω 表斯特魯味鄂圖； Π 表赫瑟爾威廉； h 表赫瑟爾約翰； β 表本哈謨； H 表哈舍； A 表愛特壘等。觀測雙星時所應記錄之事項有四：(1)觀測日期；(2)距離，即兩星之相對距離，以秒角爲單位表出；(3)位置角，通

常選用光強之一星爲基準，將其他一星之相對的位置角表出；(4)兩星之光度及色，最好能將其景之種類一並記出。又判斷兩星是否成爲一對雙星之時，大都用兩星間之角距離爲之決定。但以前對於其限度，並無明確規定。最近經愛特壘等因聚星之物理的關係，建議設一定之制限。即兩星之合成光度如在十一等以下，則其角距離之最大限不能超過一秒；合成光度在九等至十一等之間，則其角距離之最大限爲三秒；光度在六等至九等之間，最大限爲五秒；光度在四等至六等之間，最大限爲十秒；光度在二等至四等之間，最大限爲二十秒；光度在二等以上，最大限爲四十秒。又赫瑟爾威廉曾將雙星分爲六種：(1)用甚強之望遠鏡在極佳之空氣狀況中，始能望見者；(2)須要相當敏銳之眼力及經驗，始能觀測之者；(3)兩星之分離角度在五秒至十五秒間者；(4)在十五秒至三十秒間者；(5)在三十秒至一分之間者；(6)在一分以上者。當然此項制限，並無理論根據，僅便宜上如是設定而已。

在十八世紀，尙以爲此等聚星出於偶然，乃與吾人相隔距離，相差甚遠之兩星或兩個以上之星偶然出現於同一方向而成。因此，赫瑟爾威廉等欲利用此現象，以測定恆星之視差。不意觀測結

果，遠出意思以外，據一八〇二年對於大熊座之一對，發見其有相互遠行之事實，由此得知雙星中亦有引力關係存在。一切變星中，當然不能均有此項相互遠行可得而見。總之，或由相互遠行，或由其他之方法，可將兩星間之物理的關係確定者，特稱之曰聯星。由兩星所作之相互運動之軌道研究之，實成爲完整之橢圓軌道。關於此種外觀的軌道，有七項要素爲之決定：(1) 轉動周期，通常用平均太陽年，即回歸年表出之；(2) 近星點通過期，即通過軌道上之真正之最近距離時；(3) 軌道之偏心率；(4) 橢圓軌道之長半徑，通常用秒角表出之；(5) 交點之位置角，即此星附近之天球接觸面與軌道之交點之中，測定其位置角在百八十度以內者；(6) 近星點之引數，即在軌道面內測定由基準之交點至近星點間之角；(7) 軌道面之傾斜角，即天球接觸面與軌道面間之角，僅能測出其絕對量，至其前後之區別，則無從得知。由此七種要素，僅能決定外觀上之軌道要素，至於軌道之真正大小，仍不得知。如在此以外，能知星之視差，則其軌道之長半徑即可用杆作單位測出，同時兩星之質量之和亦可算出。又若視線速度之觀測，可得少許，立可區別其傾斜角之前後。又若能知兩星共通重心之位置，即可求得兩者之質量之比。但此種種均不易入手，故大多數之聚星，仍僅限

於上述之七要素而已。軌道要素業經算出者，計約一百之多，茲將其中最極端之例，略舉數種如次：
周期極短者，如小馬座之 δ 星，周期爲五·七〇年；海怪座之第十三號星，其周期爲六·八八年。周期極長者，如雙子座之 α ，周期爲三四七年； Σ 第六十號，周期爲五〇八年。又軌道最小者，如 β 第五二四號，不過〇·一六秒； β 第八八三號爲〇·一九秒。又軌道之最大者，如半人馬座之 α 星，爲一七·六五秒；雙子座之 α 星爲五·七五六秒等。

三連星遠不及雙星爲多，就已知之實例而言，雙星百對之中，三連星不過五個而已。四合星及其以上尤爲稀少，更勿庸論。凡屬於同一聚星系中之星，恆以ABC等記號區別之。各星之配列，異常奇特，尤以相互間之角距離，大小不一。例如長蛇座 ϵ 星，其AB間爲〇·二秒，AC間爲三·五秒。又巨蟹座之 γ 星，AB間爲一·〇秒，AC間爲五·五秒。但亦有少數，其各星之配列比較相同者，例如 Σ 第三五一號星，其AB間爲〇·六五秒，BC間爲〇·三四秒。

雙星之角距離雖較大，但若各星之固有運動爲顯著之平行運動時，結局只能判斷其間有一種不能分離之物理的關係，應作一種特殊之聯星處理之。例如天鵝座第六十一號星，卽其最顯著

之例。凡如此類之星，其後陸續發見不少，通稱之曰天鵝六十一號式之雙星。但此等雙星實際上，角距離太大，毋寧稱之為共同運動星，轉覺較雙星或聯星得當。

雙星之兩星，色彩大都略異，故其色彩之對照，異常美觀。其中最著名者，如海豚座 γ 星，由四等之黃星及五等之青星而成，距離為十二秒。又公主座 γ 星，由二等之橙色A星，五等之青色B星，及六等半之淡紫色C星而成，A B間十秒半，B C間 $0 \cdot 5$ 秒。又天鵝座 β 星，由三等之黃星及五等之青星而成，距離為三十四秒。其他之例頗多，在望遠鏡由其顏色及光澤之差別，頗能引起美感。

一八八九年八月畢克靈發見大熊座 ζ 星景中某種吸收線，有時現為單一之線，有時又現為雙線，並測定此項變化，約以百四日為其周期。此乃眼視所不能區別之兩星，極為接近，因相互引力作用而生傳動所致，當然應為一種聯星。同樣一八八九年十一月福吉爾發見大將座 β 星之視線速度，亦有周期性變化。同時，又有人發見御夫座 β 星之吸收線有單複交錯之變化。如是遂得一方由景析器之力，判別聯星。因此發見之聯星，曰景析的聯星。關於恆星景之觀測愈進步，此項景析的聯星之數亦愈增多。據坎柏爾於一九〇五年發表之景析的聯星錄，共有一四四星，而於一九一

○年發表第二次星錄時，即增至三〇六星，最近於一九二四年發表第三次星錄時，已增至一〇五四星矣。除此等確定的聯星而外，尚有多數僅變動視線速度之星，是否屬於景析的聯星，尚有待於將來之觀測，始能決定。景析的聯星之景中觀測而得之視線速度之變動，用曲線爲之表出，是曰速度曲線。由此項速度曲線，可以決定聯星之軌道要素如下：(1) 轉動之周期（用日數表出）；(2) 橢圓軌道之偏心率；(3) 視線速度之全振幅之半（用每秒杆表出）；(4) 近星點之引數（即由軌道與地球接面之交點沿軌道至近星點之角度）；(5) 通過近星點之日期；(6) 聯星系之重心之視線速度（用每秒杆表出，但須記明來去之區別）；(7) 軌道之長半徑及軌道面傾斜角之正弦之相乘積（用杆表出）；(8) 每日之平均角運動等。如兩星之景線，可以分別測定，則除上述八種要素而外，尚有(9) 含有兩星質量比及軌道面傾斜角之一數量，亦由此決定。又若景析的聯星，如大將座之 β 星，同時又爲蝕變星，因其軌道面之傾斜角爲已知，故軌道橢圓之長半徑及星之質量等，均可求出。景析的聯星，其軌道一般均較眼視的聯星爲小，而其周期則甚短。例如金牛座R星，其周期爲 $\odot \cdot 172$ 日，即四時八分；又如國王座 β 星，周期爲 $\odot \cdot 19$ 日，即四時三十四分。

均周期之最短者。其他大都爲數日乃至數十日。

眼視的聯星有三連四合等之星系，景析的聚星亦復有之。例如金牛座之 λ 星之視線速度，有周期有三·九五三日及三四·六〇之兩種；大將座 β 星之周期有二·八六七日及一·九年之兩種。此外，又如飛馬座 κ 星之景析的聯星之周期爲六日，而眼視的聯星之周期則爲十一年；同樣，海怪星座第十三號星作成景析的聯星，則其周期爲二日，作成眼視的聯星，則其周期爲七年弱。此外景析的與眼視的混在之例，亦復不少。例如大熊座之 ζ 星，成爲眼視的聯星之兩星，其本身各爲景析的聯星。又在同一系內之大將座 β 星，亦爲景析的聯星，故全體成爲六連星。又如雙子座 α 星，其形成眼視的聯星之各星，均各爲景析的聯星，又與此相離七十秒之眼視的伴星，亦爲景析的聯星，故全體亦成爲六連星。又北極星亦爲景析的三連星，其周期有三·九七日及二·九年之兩種。

景析的聯星爲數甚多，恆星總數之四分之一均屬之。所謂眼視的與景析的之區別，僅觀測方法上之區別而已，非星之本身有所不同也。不過軌道小者屬於景析的，軌道大者屬於眼視的而已。此外，又可由其軌道之偏心率之傾向，爲之分羣如下：

景析的聯星

第一羣 平均周期二·五九日，平均偏心率爲 $0\cdot04$

第二羣 平均周期六·九〇日，平均偏心率爲 $0\cdot14$

第三羣 平均周期七三·五日，平均偏心率爲 $0\cdot36$

第四羣 平均周期爲二·〇年，平均偏心率爲 $0\cdot38$

眼視的聯星

第一羣 平均周期爲三二·八年，平均偏心率爲 $0\cdot48$

第二羣 平均周期爲一〇八·一年，平均偏心率爲 $0\cdot51$ 。

又由其景之種類而言，則景析的聯星，大都屬於B類或A類，而眼視的聯星則以屬於G類或K類者爲多。此等事實，對於聯星之成長及其進化之理論研究，頗爲重要。據一九〇四哈特曼研究獵戶座 δ 星時，發見此星之離化鈣之H線及K線，與其他之吸收線不同，並不移動，恆成一定不變之波長靜止不動。其後對於大將座之 α 星，天蠍座 β 星，獵戶座 η 星等之景析的聯星，亦發見有同樣之現象。其中如鈉如鋁之吸收線，均靜止不動。現今以爲此等現象在早期之星實極平常，儘可看作O類或A類之星之一特徵。

第十章 變光星

光度變化不定之星曰變光星，自一五九六年發見海怪座。星之光度變化以後，始知有此現象。至最近其總數已將及四千之多。表示變光星之方法，係在星座名稱之後，用 R、S、T、U、V、W、X、Y、Z 等九字順次稱之，此九字用完後，再順次用 RR、RS、RT、RU、RV、RW、RX、RY、RZ；再完則用 SS、ST、SU、SV、SW、SX、SY、SZ，再完則用 TT、TU、TV、TW、TX、TY、TZ，再完則用 UU、UV、UW、UX、UY、UZ，再完則用 VV、VW、VX、VY、VZ，再完則用 WW、WX、WY、WZ，再完則用 XX、XY、XZ，再完則用 YY、YZ，再完則用 ZZ，總計有五十四個記號可用，如均用盡，再用 AA、AB、AC、……AZ 共二十五個，再盡又用 BB、BC、……BZ 之二十四個，以下仿此直可用至 QQ、QR、……QZ 爲止。此法曰阿革蘭式命名法。現今各星座中，以龍骨座、弓手座等之變光星最多，然亦未曾超過 GG 之記號。可見將來縱令再有多數之變光星發見，此三百三十四個記號亦足以盡之。萬一如不敷用，則於 QZ 之次，可用 V 三三五、V 三三六、V 三三七、V 三三八等之數字，即可推廣至於無窮。此外，尚有畢克靈之一種

方法，以一九〇〇年之春分點爲準據，例如大將座 α 星之赤經爲三時一分，赤緯爲北四〇度，故用〇三〇一四〇之記號表之。又如弓手座 χ 星，赤經爲一七時四一分，赤緯爲南二七度，故用一七四一二七表出之。是爲哈佛派之記號，現今採用之者甚多。又哈佛學院對於已知之數千個變光星，依其發見前後，特加以哈佛號數以區別之。例如半人馬座 ν 星，列爲第一三〇四號之變光星，故其記號用HV一三〇四。其第一星爲一八六三年發見之獵戶座十星，故其記號即用HV一。

變光星可由其光度曲線之性質，爲之分類。其中有畢克靈之分類法，係一八八一年發明，其後遂加改良而成，現今使用者卽此種。共分五種：(1)新星，內又分兩類：(a)通常之新星，例如御夫座新星，(b)包在星雲內之新星，例如大將座第二新星。(2)長周期變光星，內又分三類：(a)通常之長周期變光星，例如海怪座 \circ 星，(b)雙子座U星之類，(c)冕座R星之類。(3)不規則變光星。(4)短周期變光星，例如國王座 δ 星。(5)蝕變星，內又分兩類：(a)大將座 β 星之類，(b)天琴座 β 星之類。此外尚有谷刺夫之分類法，將新星除外後，共分爲四類：其第一類爲紅色星，大致爲周期性變光星，其中又分兩小類：(a)如海怪座 \circ 類之長周期變光星，其景大致爲M類；(b)國王座之

不規則變光星，其景大致爲M類及N類。第二類爲黃白色之非周期性變光星，亦分爲兩小類：(a)如雙子座U星現作周期的變動者，大都屬於F類；(b)如冕座R星，成爲不規則變光星，大都屬於F類。第三類亦分爲兩小類：(a)如國王座 δ 周期不過數日，大都屬於F類至G類；(b)如天琴座RR星周期極短，大都屬於A類乃至F類。第四類爲蝕變星，亦分爲兩小類：(a)如大將座 β 星有變光之伴星者，大都屬於B類乃至A類；(b)如天琴座之 β 星，大都屬於B類乃至A類。又有谷特尼克於一九二一年，根據物理的立場，將變光星分爲八類，如下：(1)新星，(2)冕座R星，(3)雙子座U星，(4)國王座 μ 星，雙子座 η 星，天盾座R星，(5)海怪座 σ 星，(6)天箭座R星，(7)國王座 δ 星，雙子座 ζ 星，天琴座RR星，(8)蝕變星。又有一九〇一年經紐卡謨提出之分類法，分爲四類：(1)眼視的變光星，即由星之自轉及公轉相伴而生之蝕成爲變光者；(2)實際之變光星，如海怪座 σ 星，國王座 δ 星等；(3)變光範圍甚小而不規則之星；(4)新星。

茲仍依據採用最多之畢克靈分類法順序，略述如次：新星云者，即前此未能認知之微光星，光芒驟增，有時竟達於一等星以上，其後又徐徐降低，最後仍成爲不可得見之星。最初發見此種變光

星，在紀元前一三四年，其後亦間有之，惜記錄均欠精密。其有學術上之價值者，當以一五七二年替科發見之王后座B星，其最大光度竟在金星以上。其次爲天鵝座P星，出現年月爲一六〇〇年，光度最大時爲三·五等。再次爲一六〇四年出現之持蛇夫座第一新星，在一等以上。而最大者，則爲一九一八年出現之天鷹座第三新星，光度爲負一·五等。至一九二五年止，共發見有四十八個。星光度之增加異常迅速，其間呈白色，景多屬於B類乃至F類。既達最大光度以後，開始減弱之時，色即驟然轉紅，景中亦在淡薄之連續帶上，現出輝線暗線等混合形狀，而其大多數則爲氫、氦、離化鈣、氮及星雲氣等。其中例如同由氫發出者，有輝線暗線各一對，相並現出，輝線恆在紅色之一邊，而暗線恆在紫色之一邊。假定其原因，由於輕氣之各種視線速度而來，則其中應有一千乃至二千每秒之速度。又此時光度曲線呈短周期之波狀者頗多。此種新星之景，其所以如是複雜，恐係其周圍氣中之特種現象，一般之新星均有之。

前述之新星，幾乎全部均出現於銀河附近，故通常稱之爲銀河新星。與此相對，有與銀河完全無關而出現於渦狀星雲之中者，曰星雲新星。最初發見此種星雲新星者爲哈特尉喜，時爲一八八

五年，在公主座大星雲中。其後陸續發見不少，但大多數皆在十等以下，觀測頗不易。

長周期變光星之大多數，可由海怪座。星爲之代表。此星在三等至九等之間，作有規則之變光，其周期約三百三十日。大體均爲紅色星，景則屬於M類者最多，屬於N、R、S類者亦不少。周期最短者如半人馬座T星，亦有九〇日，最長者如天鷹座VW星，竟達九百五十日。但大多數之周期則在二百日至四百日之間。至其變光之範圍，如天鵝座之變光星及公主座R星，竟達於十等之廣，但通常則爲四等或五等而已。又如長蛇座 η 星，變光範圍僅在一等內外，又其反對者。

由光度曲線論之，此一類之變光星，有若干之變種，即同一之星，其變光現象亦決不相同。例如海怪座。星之最小光度誠爲八等或九等半，一定不變，但其最大光度，則相差頗遠。在一九〇六年十二月最大光度爲二等，一九二四年不過五等而已。周期亦然，例如長蛇座R星在一七八四年之周期較現今約長百日之多。據坎柏爾之研究，大將座S星之周期，亦有極整齊之周期性變動。又坎柏爾對於此種長周期變光星，由光度曲線，爲之分作七類：(1)如御夫座R星等，(2)如室女座R星等，(3)如國王座T星等，(4)如獅子座R星等，(5)如海怪座。星等，(6)如巨蟹座R星等，

(7) 如水夫座 R 星。

再由景之種類觀之，長周期變光星之大多數屬於 M_d 類，其周期與景類間有細密之關係。又屬於 N 類者，一般均較 M 類者周期長而變光之範圍小。又屬於 S 類者，周期及範圍均略大。

長期變光星之 (b) 類，即雙子座 U 星爲之代表之一類，其變光頗不規則。但此類星數亦不甚多。通常爲十四等之微光星，增光至八等後又復返於十四等，爲期不過數日而已。變光光度之範圍不甚安定，最大光度之日數更不穩定。由增光至次一增光所歷之日數，更不規則。但其增光及減衰之性質，尙不能謂爲完全無規則，周期亦無超出六十日至百五十日之範圍外者。因此仍歸入長周期變光星中。因其微光，故對於景析上研究頗難，僅天鵝座 SS 星及雙子座 U 星尙可觀測，知其屬於 F 類。至其增光之形式，可分爲長期、中期及短期之三種。

其次再論 (c) 類，其代表者爲冕座 R 星，光度曲線頗爲奇特。平常此星爲六等，有時突然減小至十二等或十三等，始徐徐增光，歷數十日或數百日復原。在增光期內，有不規則之小變動，故欲完全恢復本來之六等，其日數決不一定。其光度曲線既呈如是變狀，周期又不能預定，故即歸入不規

則變光星，亦無大礙，但其光度之變動決不在短期間中，且光度曲線，總有類似之處，故仍歸入此類。真正之不規則變光星，其光度曲線各各不同，故欲爲之分類，頗不容易，只能將有少許類似處之星，勉強併在一處而已。例如由獵戶座 α 星代表之一羣約有八星，均爲紅色星，其景屬於 M_a 類，變光進行甚緩，不能出一等乃至二等之範圍。此外，尙有天琴座 R 星亦代表其他一羣，景則屬於 cG 、 K 、 M 等。

短周期變光星之代表者爲國王座 δ 星，其變光之範圍通常不出一等或二等，周期甚短，均可正確測出。由其光度曲線可分爲六小類：(1) 之代表者爲國王座 δ 星，在三·五等至四·三等之間不絕變光，周期爲五日八時四七分三五·八秒。其中增光期約一日，餘均在減衰中。其景屬於 F 類，與此同一狀況之變光星，約有百五十個之多。(2) 之代表者爲雙子座 ι 星，在三·七等至四·三等之間變光，周期爲一〇·一四五日。增光及減衰之速度大致相同，故其光度曲線作對稱之形狀。屬於此類之星甚少，尙不及十個。以上兩種位置均有集中於銀河之傾向，在短周期變光星中，其周期尙屬最長者，平均約爲五日半。故此兩種又可統括之稱爲長周期國王座式變光星。(3) 之代表者爲

天琴座 RR 星，光度變化範圍在六·八等至七·七等之間，周期爲一三時三六分。在此期間中其景由 B₁ 類變至 F₂ 類。以增光期間極短爲其特徵，不出全周期之百分之二十。故由光度曲線之形狀觀之，此星又可稱爲逆大將座 β 星式。但一切之短周期變光星均有此傾向，故又稱之爲閃光星。(4) 之代表者爲天鵝座 XX 星，其周期更短，全數僅有三個，變光之範圍極小，其景大約屬於 A 類。(5) 之代表者爲大犬座 β 星，變光振幅 0·05，其景屬於 B，周期爲六·二時。(6) 自畢克靈於十九世紀末發見星團中有變光星存在之後，陸續發見者爲數頗多，尤以一九〇五年在大小兩麥哲倫雲中發見二千個之多，最爲著名，通稱之曰星團變光星。此項變光星，除少數者而外，均屬於逆大將座 β 星式之閃光星，大多數之周期均在一日以下。麥哲倫中之變光星，周期亦有較長者。據勒維特女士於一九一二年對於小麥哲倫雲中之周期由一·二五日至一二七日間之二十五個變光星，加以研究，發見其極大光度或極小光度成爲其周期之等比級數。其理由至今未明，但可利用之以推算星團之距離。

最後，再論蝕變星，其代表者爲大將座 β 星，其光度通常均爲二·三等，但每隔一定時期，光度

忽然降至三等以下，其極小光度爲三·五等，周期爲二日二〇時四八·八分。經福吉爾用景析器觀測其視線速度，結果證明此星實爲一個景析的聯星，其變化現象乃爲其暗星所掩而成。其後再用晒光度計分析研究之，知其暗星亦有相當之光輝發出，故有第二之極小光度。此類之星其數約二百，大多數之景屬於B類或A類，周期甚短，以數日至數十日者爲多。故有時亦有人將其歸入短周期變光星中。但其中間亦有極長之周期者，例如御夫座 ϵ 星之周期，竟達二十七年之久。反之，極短者如天琴座之TZ星，周期僅十二時四十一分而已。變化範圍普通均在一等前後。

蝕變星除由大將座 β 星代表其一部分而外，尚有一部分以天琴座 β 星爲其代表，其周期爲十二日二一·八時，第一極小光度爲四·三等，第一極大光度爲三·四等，第二極小光度爲三·九等，第二極大光度爲三·四等，依此順序變更其光度。且絕無維持一定光度之期間，非增光必減衰，不稍停息，與大將座 β 星迥不相同。由視線速度研究之結果，知其亦爲景析的聯星之一種。但其第二之極小光度，如是顯著，可見各星均有相當之光輝。又其光度變化毫不停止，可見兩星相隔甚近。又景線不特表示其視線運動，並表示有種種複雜之周期變化，可知此兩星純爲物理的變動。圖

於此類之星不甚多，至近年來始發見約有十個。其中以大熊座W星，有種種特別之點最爲著名。

凡屬蝕變星，均可由其光度曲線推求其軌道之要素，即：(1)軌道之長半徑，(2)偏心率，(3)近星點之徑度，(4)軌道面對天球面之傾斜角，(5)周期，(6)主要會合之時期。除此而外，又可決定其物理的要素，即：(1)大星之半徑，(2)小星之半徑，(3)兩星之橢圓形率，(4)大星之光力，(5)小星之光力，(6)星邊之減光度，(7)兩星相互之反射率，(8)兩星相互之刺戟光力，即近星點之效應等。

第十一章 星團及星雲

星團及星雲爲一種特殊之天體，在天球上占有相當之地面，大多數均因其光過於微弱，爲古時之人所未能察知。但其中如七姊妹星團、牛面星團（均在金牛座內）及積尸增三（在巨蟹座內），則因其光頗強，自古卽已熟知，且爲極佳之目標。公主座之大星雲，雖有發見於十世紀之說，實則爲十七世紀，其後陸續發見不少，尤以赫瑟爾父子之力爲多。現今通用之星雲錄及星團錄，有下列各種：

(1) 麥息厄目錄於一七八一年發表，通常用M表之，載北緯地方可見之星團星雲共一〇三
個。

(2) 赫瑟爾目錄，於一八六四年發表，通常用G.C.表之，載全天有五〇七九個。

(3) 德賴葉新總目錄，一八八八年出版，用N.G.C.表之，載全天有七八四〇個。

(4) 德賴葉索引目錄，一八九五年出版，用 I. G. 表之，爲 N. G. C. 之增補，載有新天體一五二九個。

(5) 賴德葉第二索引目錄，一九〇八年出版，用 2 I. C. 表之，又爲前之增補，新加三八五七個。此中(1)內有若干著名之星雲星團，故至今尚有沿用之者，(2)爲十九世紀中所通用，(3)(4)(5)則爲現今國際會議協定採用者。

星團與星雲，外觀上頗多相似之點，故在目錄中爲便宜計，列爲一起，但其本來之性質，則迥不相同。星團爲恆星羣集合而成，故若使用強力之望遠鏡，即可使其各星之形態，一一分別現出。星雲則連成一片，任用若何強力之望遠鏡，亦決不能分解之。

星雲通常可由其形狀及物理的性質上，分爲若干種類。例如包含獵戶座 θ 星之大星雲，即可代表其中之一種，即在肉眼中亦可認出，在望遠鏡內，更覺其爲一種奇觀。其色白而有光輝，作雲霧狀，無一定之輪廓。其光幾爲純粹之單色光之景。景中有氫及氦之輝線，此外尙有一種未知氣體之輝線，通稱之曰星雲素。總之，此種星雲爲純粹之氣體團，故往往有氣體星雲之稱，又因其形狀不定，

故又稱爲無定形星雲。此種星雲之特徵爲下列之各種景線：

$\lambda 5007 \cdot 0$ (由於星雲素而來) 稱爲第一星雲素線

第二星雲素線

$\lambda 4959 \cdot 1$ (同前)

$\lambda 4861 \cdot 5$ (由於輕氣而來) 稱爲 β 線

$\lambda 4387 \cdot 9$ (由於氦而來)

$\lambda 4363 \cdot 4$ (由於星雲素而來)

$\lambda 4340 \cdot 7$ (由於輕氣而來) 稱爲 γ 線

$\lambda 4101 \cdot 8$ (同前) 稱爲 δ 線

$\lambda 3970 \cdot 1$ (同前) 稱爲 ϵ 線

$\lambda 3868 \cdot 9$ (由於氦而來)

$\lambda 3729 \cdot 0$ (由於星雲素而來)

$\lambda 3726 \cdot 3$ (同前)

其中以最初之三線及最後之兩線特別明瞭，而尤以最初之三線對於眼之感覺異常敏銳，任何星雲均易觀見，故又稱爲星雲線。

又有一種星雲，俗稱之曰行星狀星雲，因在望遠鏡中所見之形狀，成爲圓盤狀之輪廓，與行星之圓盤狀同。屬於此一種之星雲，計有百個之多，並非全數均作圓盤形，不過其標準爲一圓盤而已。此等星雲有一恆星爲其中心，周圍則爲氣體之球。中心及氣體球均有光發出，即球內之空間中亦充滿發光之氣體。氣體球大致與無定形氣體星雲相同，在景中現出輕氣、氦及星雲素之輝線，但其強弱則隨其部分而異。又其中心之恆星之景，大都屬於早期者，光力非常微弱。行星形星雲之景，又與新星之景頗相類似。

又如獵戶座大星雲之輪廓，有一部分異常鮮明，應爲一種暗雲在其近傍所致。尤以獵戶座之星之南，最易認出，如是者曰暗黑星雲。自十九世紀之末，即已察知天空中有此等暗黑星雲存在，爲數頗多。據一九一九年巴那德發表之目錄，已列有百八十二個，均以銀河爲背景觀測而得。如更就天球全面研究之，其數更多。

以上所述各種星雲，均發見於銀河之中或其近傍，故統括之稱爲銀河星雲。與此相對，在銀河之遠處尙有多數之星雲，總稱之曰非銀河星雲。其中形狀特異者，有渦狀星雲，如公主座大星雲等，即其代表者。此項星雲與前述之氣體星雲迥異，其景屬於F類、G類或K類。故由物理學立場論之，應爲恆星密集而成之團，其距離多不能明瞭，最近由變光星之研究，始能精確測定。又由新星之研究，亦可算出此等星雲距離異常之大，故將其看成包括若干億之恆星而成之遠方之一宇宙，頗爲得當。再由其視線速度，知其數值之大，亦遠在其他天體之上，可知其全體之大，實與吾人之宇宙相仿。

非銀河星雲中，又有一種，形狀細而且長，兩端尖銳，有如紡錘，故稱之曰紡錘狀星雲，愈近其中部，光度愈強。此類星雲之中，大多數均有一條粗線沿其長軸，大約由於暗雲所蔽。形狀雖如是奇特，

但由其景、視線運動以及在地球上之分布狀況而論，仍與渦狀星雲完全同樣。非銀河星雲中，屬於渦狀星雲及紡錘形星雲者，爲數並不甚多。其大多數則爲球狀星雲及橢圓狀星雲。例如公主座之大渦狀星雲近傍，在其南方隔二四分之角距離處，有N.G.C. 2211之星

雲，又西北三六分角距離有 N. G. C. 二〇五之星雲，均爲人所共知者，屬於此類之星雲約占非銀河星雲總數之百分之八十。均因其形狀簡單光輝微弱，故不甚爲人注意而已。

星團本爲恆星之集團，應爲聚星之特別多數者，但實際上因其具有獨特之形式及性質，故特別歸爲一類。就其形式上，可分爲四種：(1) 球狀星團，(2) 離散星團，(3) 散開星團，(4) 進行星團。球狀星團有一對稱之中心點，周圍由恆星集合而成球形。中心處星之密度最大，愈遠愈減。周圍之輪廓，多不鮮明。有以爲作橢圓形者。此類星團之總數約有百個之多。

離散星團雖亦有一集合之中心點，但與球狀星團不同，周圍之恆星對此中心點，並不一定成爲對稱之排列。此類星團其直徑在一分以上者，就天球全體而言，已在一百以上，大多數均在銀河之中。

散開星團並無集合之中心點，例如牛面星團，卽其一種雖肉眼亦能觀察得知。又如大麥哲倫雲及小麥哲倫雲亦可編插入此類中。

進行星團之集合，並不由其形狀上現出，而由其一團之共通運動認識之，故不如稱爲星羣，更

爲得當。例如北斗星羣、大將星羣、獵戶星羣等均屬之。

一九五四年查訖

