

萬 有 文 庫

第 二 集 七 百 種

王 雲 五 主 編

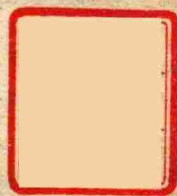
宇 宙 壯 觀

(二)

山 本 一 清 原 著

陳 遵 嬌 編 譯

商 務 印 書 館 發 行



觀 壯 宙 宇

(二)

著原清一本山

譯編嬌遵陳

書叢小學科然自

## 第二篇 太陽系下

### 第六章 彗星

天文現象中最易惹人注意者當爲彗星(Comet)之出現。大彗星之出現，皆爲古人所注意，故其記錄，遠始於數千年之前。多突然現其雄姿於夜空，大概晨現於東天，昏則現於西天。其偉大之長尾，常引起人類之恐怖。

#### 第一節 彗星之運行——發見軌道數

彗星與行星同，在天空上運行頗爲急速，故古昔已惹人注意；但彗星之運動與行星相比較，常

甚爲不規則，非如行星僅限於黃道附近，而東西南北任何方向，皆有其發現，故至近年止，學者對於探知彗星之本性，有種種之困難。例如十六世紀之帝谷認爲彗星移動於圓形軌道，其弟子刻白爾則謂爲直線運動。迨奈端之引力論出，始知彗星軌道爲圓錐曲線。但實際是等中十分之八九爲拋物線軌道。

古昔所發見者，皆爲肉眼能見之彗星，故僅爲大形與強光者，且頗爲珍奇之天體；近年發見非遠鏡不能見之微光彗星甚多，其數激增，形狀亦多微小，而呈星雲狀，故在學術上珍奇之觀念遂形淡薄。然每五年或十年間，仍有曳長尾之壯麗彗星出現焉。

今設有一彗星發見，卽時通知丹麥 (Denmark) 科朋哈梗 (Copenhagen) 天文臺之彗星中央局，由該局電知世界中加入同盟之天文臺，告以彗星之光度、位置及運動方向等，此時例如公元一九三三年最初發見之彗星謂之 1933 a，其次發見者謂之 1933 b，1933 c，1933 d，……等。（中有報告中央局稍遲者，則其所附之符號，與實際發見之次序不同；蓋該局依接受通知之次序而命名之。）此乃彗星之假名。



第八十一圖 杜那底(Donati)彗星

第二篇 太陽系下



一九九

公元一八五八年十月九日蒙德所繪者。注意其美麗之二尾。秋暮西空室女座(Vergo)之角宿一(Spica)星落於地平線之際，牧夫座(Bootes)之大角(Arcturus)星(圖中距右二十七公釐，距下三十二公釐)尚輝耀於西天，其上為南冕座(Corona Australis)之圓弧(圖中距上五公分，距右四公分半)，左上為巨蛇(Serpens)之頭部(圖中距上六公分半，距左二公分半)。——十九世紀之大彗星，即現於此天空中。是日彗星之頭部在牧夫座與巨蛇座之境界線上，曳美麗曲折之尾於西北方向，掠過巨蛇頭部。星而至南冕座之 $\delta$ 星。是日星時太陽在室女座 $\alpha$ 星與 $\gamma$ 星之間，圖中占下端中央向下五十五公釐之位置。

各天文臺接到新彗星發見之通知後，觀測其彗星之移行位置；若充分觀測三次以上，則由其觀測結果，得計算軌道要素。此軌道計算，爲使最近將來不至迷失彗星之所在起見，須預報其後二星期內之位置；發見後若觀測之日數頗久，則得計算確定的軌道。於是其通過近日點之日期，亦得判明；遂得決定其在他彗星間通過近日點之次序。各彗星按此通過近日點之次序號數，與以永久的名稱。例如公元一九三三年最初通過近日點之彗星，命名爲 1933I，其次爲 1933II，1933III，……等等。——假名乃按發見之次序，永久的符號，則按通過近日點之次序，此二者未必一致。此二種命名法之外，又有使用發見者之名，因甚便利，故今日尙沿用之。今就公元一九二四年中之彗星舉例於下。

彗星	發見日期	假名	通過近日點日期	符號
里得彗 (Reid)	1924年 3月25日	1924a	1924年 3月13日	1924 I
因格彗 (Encke)	1924 7 31	1924b	1924 10 31	1924 III
芬斯奈彗 (Finsler)	1924 9 15	1924c	1924 9 4	1924 II
烏爾夫彗 (Wolf)	1924 12 22	1924d	1925 1 23	1925 I

第八十二圖 泊列利(Borrelly)彗星(1903 IV)



公元一九〇三年七月二十四日巴納得在葉凱士天文臺所攝者，與頭部分離之尾與不分離之尾並列，甚爲珍異。

由事實上之形勢觀之，彗星軌道之大部分爲拋物線或其相近之軌道，故發見後計算其軌道

時，於原則上得預想其爲拋物線之形狀，而計算之。但漸至計算決定的軌道時，其中頗有不能繪成拋物線軌道之彗星，如斯傾向，近年更甚。觀測方法之不充分，固爲其主因，然古昔拋物線軌道之彗星特多。例如

## 第十八世紀以前

全數之十分之九

## 第十九世紀前半

全數之十分之六

## 第十九世紀後半

全數之十分之四

爲拋物線軌道之彗星，其他彗星軌道皆爲橢圓形或雙曲線；百年及二百年間，彗星自體之變化，決無如斯之甚，故足知觀測方法進步之故。觀測方法之進步云者，一方面乃指能使同一彗星之觀測期間（日數）較爲長久，於是所知軌道之形狀，較昔日更爲明確。就非拋物線之彗星軌道言之，例如雙曲線軌道之極端者，

1914 III	1.00367
1885 II	1.00285

又橢圓軌道之離心率，如

但白勒第一(Tempel, I)彗星	0.402
何姆斯(Holmes)彗星	0.412
布律克斯(Brooks)彗星	0.485

者，實甚稀少，多數離心率皆近於一。

彗星中確定的有橢圓軌道者，特稱之曰週期彗星(Periodic Comet)。如斯彗星皆以短年月週期而近太陽，故自地球多能觀測之。此週期彗星中出現最多者，如因格彗星凡三十八次，哈雷彗星二十九次，烏因尼克(Winnecke)彗星及費埃(Faye)彗星各十次。尤以近年來此種週期彗星之出現多，而每年所發見之拋物線軌道因而減少。若此等週期彗星第二次以後之出現，不作爲新彗星，則拋物線軌道之彗星數爲

第八十三圖 莫亞好司(Morehouse)彗星



宇宙壯觀

二〇四

公元一九〇八年十月二十三日巴納得在萊凱士天文臺所攝。

注意其尾之構造。

第十八世紀末葉止

約一百二十個

第十九世紀前半

約七十個

第十九世紀後半

約一百三十個

第二十世紀今日止

約六十個

仍以拋物線軌道居多。

週期彗星表 (出現二次以上)

族	彗	星	回歸運期	近日點距離	遠日點距離	離心率	交角	最近出現通過近日點日期(英京平時)	近日點已回歸次數		
木	Encke		3	169.1	4.094	0.847	12° 35'	1884	10	31	38
	Grigg-Skjellerup		4	360.9	4.946	0.694	17° 29'	1922	5	15	2
	Tempel II		5	63.2	4.660	0.573	12° 45'	1925	8	7	8
	Neujmin		5	153.4	4.827	0.566	10° 37'	1927	1	15	2
	Brosen I		5	146.4	5.610	0.810	29° 24'	1890	2	24	5
	Tempel-L. Swift		5	248.6	5.214	0.638	5° 27'	1914	7	21	4
	Winnecke		5	325.8	5.552	0.702	18° 17'	1921	6	12	10
	De Vico E. Swift		6	146.0	5.225	0.516	3° 35'	1901	2	13	3
	Giacobini		6	186.2	5.997	0.720	30° 44'	1926	12	11	3
	Tempel I		6	196.5	4.902	0.402	10° 47'	1898	10	4	3
	D'Arrest		6	497.9	5.725	0.637	15° 47'	1923	9	15	8
	Kopff		6	213.1	5.818	0.514	8° 42'	1926	1	27	3



	Perrine	6	219.2	1.198	5.760	0.660	15	43	1922	12	25	2
	Finlay	6	242.3	1.007	6.075	0.715	3	23	1926	8	7	5
	Biela	6	253.0	0.879	6.223	0.752	12	22	1852	9	23	6
	Holmes	6	313.0	2.122	5.097	0.412	20	49	1906	3	14	3
	Borrelly	7	339.6	1.403	5.867	0.614	30	26	1925	10	7	4
	Brooks	7	38.4	1.963	5.429	0.469	6	4	1925	11	2	5
	Raye	7	160.1	1.466	5.966	2.566	10	36	1925	8	7	10
	Schaumasse	8	27.0	1.170	6.870	0.709	14	44	1919	10	20	2
	Wolf	8	102.9	2.434	6.594	0.405	27	18	1925	11	8	6
	Comas Sola	8	188.5	1.773	6.568	0.575	13	46	1927	3	22	2
土星族	Tuttle	13	182	1.028	9.542	0.816	55	0	1926	4	28	7
天王星族	Tempel	33	71	0.977	19.595	0.905	162	42	1866	1	11	2
海王星族	Westphal	61	44	1.254	29.771	0.920	40	52	1913	11	26	2
	Pons-Brooks	69	229	0.485	34.016	0.971	19	12	1919	10	16	2
	Brosen II	71	205	0.776	33.698	0.955	74	3	1884	1	25	2
	Olbers	72	237	1.199	33.823	0.921	44	34	1887	10	8	2
	Hally	76	7	0.587	35.303	0.967	162	13	1910	4	20	29

公元一九二六年止能紀錄通過近日點之彗星者共四百二十八個，其中約十分之一為雙曲線軌道，百分之十三為橢圓軌道。如斯橢圓軌道之週期彗星中，得按其軌道之大小，分為數類。此乃因大行星之引力作用，為其所捕獲，半永久的不向遠方離去，故稱之曰各行星屬彗星族 (Comet family)。

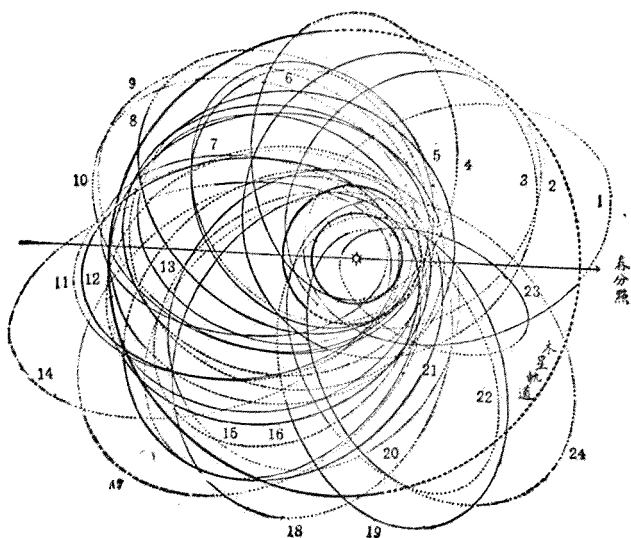
彗星族	週期範圍	遠日距離	總數
木星族彗星	3—8年	4—6天文單位	42
土星族彗星	12—18年	約 10 單位	3
天王星族彗星	30年前後	約 20 單位	2
海王星族彗星	60—70年	約 30 單位	8

其他尚有遠日點距離在五十單位前後之彗星二三個，又一百單位，二百單位之處亦有若干彗星存在。佛列士等以是等事實爲論據，主張海王星外尚有未知大行星之存在。

週期彗星每一定週期，未必皆有出現。現今四十二個木星族彗星中，出現二次以上者僅二十二個，土星族及天王星族各一個，海王星族五個，其餘亦僅出現一次而已。如斯不出現二次以上之理由，大概有三。

- (1) 於出現期，與地球之距離遠，又在太陽後方，不能觀測。
- (2) 因行星之攝動作用，軌道一變，或分裂，或消失。
- (3) 第二次之出現，尙在於將來。

第八十四圖 水星族彗星之軌道（實物十五兆分之一）



宇宙之構造可謂複雜矣；彗星在天體中，可謂屬於小天體者，但木星與太陽之間，至少有如此週期彗星，其他尚有數千小行星之移動。以太陽為中心，直徑 30 公釐之軌道為火星，又直徑 20 公釐之軌道為地球。

1. Tuttle 2. Brooks 3. Tempel I 4. Winnecke 5. Holmes
6. Tempel II 7. Lexell 8. D'Arrest 9. Griacobini 10. Swift
11. Griacobini 12. Finlay 13. De Vico 14. Denning 15. Wolf
16. Tempel-L. Swift 17. Swift 18. Borrelly 19. Biela
20. Spitaler 21. Faye 22. Brorsen 23. Encke 24. Denning

第八十五圖 丹尼爾 (Daniel) 彗星 (1907 IV)



公元一九〇七年七月十七日葉凱士天文臺巴納德氏所攝

例如司奧阿 (Schorr) 彗星，當於公元一九二五年通過近日點，但吾人皆未發見之，乃因其與地

球之距離遠，而為太陽所防礙，不能觀測之。又有名之比拉 (Biele) 彗星於公元一八四六年分裂而公元一八五二年以後消失。又一九二一年多比耶哥 (Dubiago) 彗星之第二次出現則在於本世紀以後。

彗星之質量，似乎皆甚微小；其通過任何行星或衛星之近傍，為行星或衛星所吸引之例甚多。但未有吸引行星或衛星之例。其結果彗星所受行星之攝動作用甚著，故軌道要素，常有多少之變動。例如但白勒第二週期彗星軌道要素之變動如下：

年代 年	近日點引數 度 分	昇交點黃經 度 分	軌道面交角 度 分	近日點距離 天文單位	離心率
1873	185 5	121 10	12 44	1.3505	0.57157
1878	185 9	120 57	12 45	1.3440	0.5526
1894	185 7	121 1	12 46	1.3397	0.5537
1899	185 36	120 57	12 38	1.389	0.41133
1904	185 44	120 59	12 38	1.3878	0.54219
1915	186 39	120 38	12 45	1.3226	0.55785
1920	186 42	120 48	12 47	1.3168	0.56232
1925	186 38	120 51	12 46	1.3149	0.5595

此等攝動之原因，皆已確知，故僅據數理上之計算而預言將來之出現者決非難事。

週期彗星表（出現一次者）

族	彗星	週期	出現期	通過近日點日期	出現期未出現之次數	
木	Helenzrieder	年 4.5	年 1766	月 4 日 27	次 36 ?	
	Blainpain	4.8	1819	11 1 20	22 ?	
	Grischnan	5.4	1743	11 1 8	33 ?	
	Barnard, I	5.5	1884	8 16	7	
	Lexell	5.6	1770	8 13	27 ?	
	Plouff	5.6	1783	11 20	25 ?	
	Coggia	6.2	1873	12 1	8	
	Brooks, I	6.3	1886	6 6	6	
	Barnard, II	6.3	1892	12 11	6	
	Taylor	6.37	1916	1 30	1	
	Tuttle	6.61	1858	5 3	10 ?	
	Schorr	6.68	1918	9 28	1	
	星	Swift, I	7.0	1889	11 29	5
Swift, II		7.2	1895	8 20	4	
Denning, II		7.4	1894	2 9	4	
Wolf		7.50	1925	1 23	0	
Metcalf		7.59	1906	10 10	2	
Dauid		6.48	1909	11 28	2	
Giacobini, I		6.6	1896	10 28	4	
Denning, I		8.8	1881	9 13	4	
族						5

土星族	Peters Neujmin	12.8 17.6	1846 1913	6 8	1 16	6 0
天王星族	Coggia	40.1	1867	1	20	1
海王星族	Pen, II De Vico Dubiago	63.8 73.2 80.	1827 1846 1921	6 3 5	7 5 4	1 1? 0

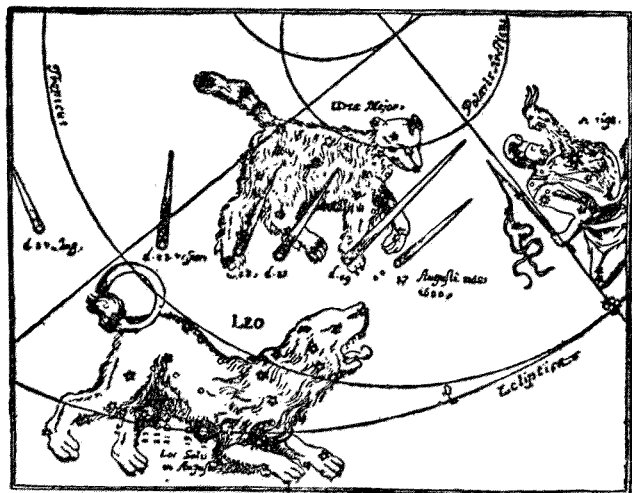
彗星回歸之預報上，最有名之事件，當推哈雷彗星。哈雷研究公元一六八二年所出現大彗星之軌道，知其與公元一六〇七年及公元一五三一年所現之大彗星爲同一物，由此推論預言此星於公元一七五八年頃當再出現，果於是年十二月二十五日發見之。其後公元一八三五年又復出現，近日點通過亦如達莫愛生（Damoisean）彭特古南（Pontécoulant）等所預言。最近公元一九〇九年之出現，英國天文家卡惠爾（Cowell）及克勞密林（Crommelin）二氏曾爲精密之研究，其預告位置與是年九月十一日烏爾夫（Wolf）之攝影發見時，相差僅七分而已。

週期彗星中，至今出現次數最多者爲因格彗星及哈雷彗星，有長久歷史之故，學者之研究亦甚爲徹底。



哈雷彗星乃與奈端同時代之哈雷氏預告公元一七五八年末再發現者，即爲最初認知之週期彗星，其後每逢此星之出現必引起學界大興趣，故其記錄亦爲最古。其中以我國之記錄最早，且最多，現今泰西各國推求哈雷彗星之出現年代，多取材於吾國記錄。如威廉氏中國彗星考 (William's Book on Chinese Comets) 以春秋魯文公十四年 (公元紀元前六一一年) 秋七月有星孛入於北斗，謂爲哈雷彗星之最古記錄；但依卡惠爾及克勞密林二氏之推算，上至公元

第八十六圖 公元一六八二年哈雷彗星出現之殘留記錄



是年八月十七日(右),十九日,二十一日,二十二日,二十四日,二十七日(左端),此彗星運行於大熊座與獅子座之間,其長尾延長於太陽反對方向(太陽在獅子之腹部)——是時小獅子座尙未發明。

紀元前二四〇年，極爲精確。今據二氏所定哈雷彗星近日點之時期，分述於下，並將史志所載附述其後，以供研究是星之參考。

(1) 公元紀元前二四〇年五月十五日（秦始皇七年）——馬氏文獻通考「秦始皇七年彗星先出東方，見北方；五月見西方，十六日。」

(2) 公元紀元前一六三年五月二〇日（漢文帝後元元年）——是年無彗星之記錄，但其翌年依漢書天文志則有「後元二年正月壬寅，天撓夕出西南」或卽此星亦未可知。西史所載亦未詳晰。據丙安之著述是年意大利加普亞及畢沙羅（Pisaurus）兩城，有太陽夜見，或卽此彗星出現。

(3) 公元紀元前八十七年八月十五日（漢昭帝始元二年）——漢書昭帝本紀「武帝後元二年秋七月有星孛於東方」卽是此星。又漢書天文志「孝昭始元中，漢宦者梁成恢及燕王候星者吳莫如，見蓬星出西方天市垣東門，行過河鼓，入營室中。」漢志雖只言始元中，觀其行道，足證其爲哈雷彗星，當在始元二三年間。

(4) 公元紀元前十二年十月八日（漢元帝元延元年）——漢書五行志「元延元年七月辛未，有星孛於東井，踐五諸侯，出河戍北，率行軒轅太微，後日六度有餘，晨出東方十三日，夕見西方，犯次妃長秋斗填，峯炎再貫紫宮中，大火當後達天河，除於妃后之域，南逝度犯大角攝提，至天市而按節徐行，炎入市中，旬而後西去，五十六日與蒼龍俱伏。」依克勞密林彗星論云，「哈雷彗星在公元前十二年復見，中史所述，至爲詳晰，其行道經北河，軒轅，大角，攝提，天市，房，心，尾，其行度因鄰近地球，故初則甚速。」欣特（Hirt）據以推算此彗星之軌道，比諸今測，更近黃道，蓋當時與黃道斜交爲十度，而今爲十八度矣。欣特遂創立一說謂「哈雷彗星軌道與黃道斜交之度，古狹今闊。」

(5) 公元六十六年正月二十六日（漢明帝永平九年）——後漢書天文志「永平九年正月戊申，客星出牽牛，長八尺，歷建星至房南，見五十日。」法國天文學（L'Astronomie）載「公元六十六年哈雷彗星見於耶路撒冷（Jerusalem）」西史之記載哈雷彗星者自此始，比諸春秋尙後六百七十餘年，且不如漢志之詳。後漢書天文志又載「永平八年六月，長星出柳張三十七度，犯軒轅，刺天船，凌太微，至上階，凡見五十六日去。」或謂此卽哈雷彗星，但與前述相差半年，欣特氏仍

以六十六年之彗星爲哈雷彗星卡惠爾及克勞密林二氏亦確信之。

(6) 公元一百四十一年三月二十五日 (漢順帝永和六年) —— 後漢書天文志「永和六年二月丁巳，彗星見東方，長六七尺，色青白，西南指營室及墳墓，丁丑在奎一度，長六尺，癸未昏見西北，歷畢昴，甲申在東井，遂歷輿鬼柳七星張，光炎及三台，至軒轅滅。」克勞密林謂此彗星行道與公元一〇六六年之彗星極似，亦依據中國史志而言。

(7) 公元二百十八年四月六日 (漢獻帝初平二十三年) —— 後漢書天文志「初平二十三年三月，孛星晨見東方二十餘日，夕出西方，犯歷五車，東井，五諸侯，文昌，軒轅，后妃，太微，鋒炎指帝座。」西史僅言此彗爲西方有尾之極可恐怖之星。

(8) 公元二百九十五年四月七日 (晉惠帝元康五年) —— 晉書天文志「元康五年四月有星孛於奎，至軒轅太微，經三台，大陸。」而不記日期。

(9) 公元三百七十四年二月十三日 (晉武帝寧康二年) —— 晉書天文志「寧康元年正月丁巳，有星孛於女虛，經氐亢角軫翼張，至二月丙戌，彗星見於氐，九月丁丑有星孛於天市。」查

此彗星初出於女虛，西行經氐亢而至翼張，二月復向東行至氐，與哈雷彗星之行道頗相脗合，惟發見時期與表中所測定，相差至一年之多，或係晉志年月誤書亦未可知。至九月丁丑所見，孛於天市，是否一彗，實不能定。

(10) 公元四百五十一年七月三日（劉宋文帝元嘉二十八年）——宋書「元嘉二十八年四月乙卯，彗星見於昴，六月壬子見太微中，對帝座。」又魏書天象後志亦載「正平元年五月，彗星見卷舌，入太微，六月辛酉，彗星進逼帝座，七月乙酉，犯上相拂屏，出端門滅於翼軫。」是年西史載極詳，各天文學家，無不道及。

(11) 公元五百三十年十一月十五日（梁武帝中大通二年）——魏書天象後志「永安三年七月甲午有彗星，晨見東北方，在中台東一丈，長六尺，色正白，東北行西南指，丁酉距下台上星西北一尺而晨伏，庚子夕見西北方，長尺東南指，漸移入氐，至八月己未漸見，癸亥滅。」依此所載，八月二十九日（七月甲午）見於東天大熊座，九月一日不見，九月四日夕見，九月二十七日又復不見。拉丁亦載有秋際彗星見於大熊座附近。

(12) 公元六百〇七年三月二十六日（隋煬帝大業三年）——隋書天文志「大業三年二月乙丑，彗星見於東井，文昌，歷大陵，五車，北河，入太微，掃帝座。前後百餘日而止。三月辛亥，長星見西方，竟天，干歷奎婁角亢而沒，至九月辛未轉見南方，亦竟天，又干角亢，頻掃太微帝座，干犯列宿，唯不及參井，經歲乃滅。」案二月之彗百餘日止，三月之彗經歲乃滅，是隋志所述係二彗並見，但不知何者爲哈雷彗，殊難辨別，因並錄之，以待將來之考證。

(13) 公元六百八十四年十一月二十六日（唐中宗光宅元年）——馬氏文獻通考「光宅元年九月丁丑，有星如半月，見於西方。」未詳此彗之行道，但言見於西方，而不明宿度。克勞密林謂「公元六八四年秋，哈雷見於昴，正昴之左下，圓形無尾，與公元一八三五年所見之彗有相似之點。」此謂得諸古彗星圖，似較通考爲詳。

(14) 公元七百六十年六月十日（唐肅宗乾元三年）——唐書天文志「乾元三年四月丁巳，有彗星見於東方，在婁胃間，色白，長四尺，東方疾行，歷昴畢觜觴參東井與鬼柳軒轅至右執法西，凡五旬餘不見。」克勞密林氏謂「七六〇年之哈雷彗，中國史記之最詳，勞倦 (Langier) 氏

所以能斷定公元四五一年七六〇年一三七八年三彗星相同之點，全恃中國史志之記錄，故精確無誤，復由攝動之理，繼續推算以證實之。」由此可知中史之有助於天象者良非淺鮮。

(15) 公元八百三十七年二月二十五日（唐文宗開成二年）——唐書天文志「開成二年三月丙午，有彗星見於危，長七尺餘，西指南斗。戊申在危西南，芒曜愈盛。癸丑在虛。辛酉長丈餘，西行稍南指。壬戌在婺女，長二丈餘，廣三尺。癸亥愈長且闊。甲子在南斗。乙丑長五丈，其末兩歧，一指氏，一掩房，丙寅長六丈，無歧，北指，在亢七度。丁卯西北行，東指。己巳長八丈餘，在張。癸未長三丈，在軒轅右，不見。」克勞密林謂「當時西史所載，與中史不符，或係二彗，或係歐西古代學者，測算未精，亦未可知。」案唐志此彗普見四方，殊屬罕見；尾生兩歧，亦哈雷彗星未有之現象。克氏謂中西史志不符，觀此亦不能無疑。但據丙安氏之推算，確係哈雷彗星無疑。

(16) 公元九百十二年七月十九日（梁太祖乾化二年）——馬氏通考「乾化二年四月壬申，彗出張，甲戌彗出靈臺。」紀載雖略，已得大概。西書記載是年哈雷彗星多據日本史，即日本扶桑略記，諸道勘文等載「七月十九日至二十八日有彗星於西北乃至西方。」實較中史所載更爲



簡略。

(17) 公元九百八十九年九月二日（宋太宗端拱三年）——宋史天文志「端拱三年六月戊子，有彗出東井積水西，青白色，光芒漸長，晨見東北，旬日，夕見西北，歷右攝提，凡三十日至亢沒。」寥寥數語，言下見象，是紀述哈雷彗星之至簡明而完備者。

(18) 公元一〇六六年三月二十五日（宋英宗治平三年）——是年乃哈雷彗星最接近地球之時，故其光芒之明，星行之速，爲當時天文家所特別注意，哈雷上推之彗，卽以此爲始。西人古彗星圖僅載此彗昏見於北河，而尾指南河，遠不如宋史之詳。考宋史「治平三年三月己未彗在營室，晨見東方，長七尺許，西南指危，泊墳墓，漸東速行，近日而伏。至辛巳夕見西北，有星無芒。彗益東行，別有白氣一，闊三尺許，貫紫微極星，並房宿，首尾入濁。益東行，歷文昌北斗，貫尾。至壬午星復有芒，彗長丈餘，闊三尺餘，東北指，歷五車，白氣爲歧，橫天貫北河，五諸侯，軒轅，太微五帝座，內五諸侯，及角亢氏房宿。癸未彗長丈五尺，有星孛氣，如一升器，歷營室至張，凡一十四舍，積六十七日，星氣孛皆滅。」

(19) 公元一一四五年四月十九日（宋高宗紹興十五年）——宋史「紹興十五年四月

戊寅，彗出東方宿度內，五十餘日乃沒。丙申復出參度，旬有五，日乃伏。五月丁巳，彗星因爲客星，其色青白。」此亦哈雷氏上推之彗。

(20) 公元一二二二年九月十日（宋寧宗嘉定十五年）——宋史「嘉定十五年八月甲午彗出右攝提，光芒約三丈以上，其體小如木星。凡兩月，行歷氏房心乃沒。」西史所述，甚爲簡明；但云此彗極紅，如一等星，尾銳而長，直達天頂，並不說明其行道及宿度。

(21) 公元一三〇一年十月二十二·七日（元成宗大德五年）——元史天文志「大德五年八月庚辰，彗出井二十四度四十分，如南河大星，色白，長五尺，直西北。後經文昌斗魁南，掃太陽守，又掃北斗，天璣，紫微垣三公貫索，長丈餘，至天市垣巴蜀之東，梁楚之南，宋星上，長盈尺。至九月乙丑而滅，凡四十六日。」此亦哈雷氏上推之彗。

(22) 公元一三七八年十一月八·八日（明太祖洪武十一年）——明史天文志載入客星篇，「洪武十一年九月甲戌，客星見於五車東北，發芒丈餘，掃內階，入紫微宮，掃北極五星，犯東垣少宰，入天市垣，犯天市，至十月己未陰雲不見。」

(23) 公元一四五六年一月八·二日(明景宗景泰七年)——明志「景泰七年四月壬戌，彗星東北見於胃，長二尺，指西南。五月癸酉漸長丈餘。戊子西北見於柳，長九尺餘，犯軒轅星。甲子見於張，長七尺餘，掃太微北，西南行。六月壬寅，入太微垣，長尺餘。十二月甲寅，彗復見於畢，長五寸，東南行，漸長，至癸亥而沒。」是年歐洲所見，首在北河，尾長六十度，掃輿鬼、軒轅及五帝座。

(24) 公元一五三一年八月二五·八日(明世宗嘉靖十年)——明志「嘉靖十年閏六月乙巳，彗星見於東井，長尺餘，掃軒轅第一星。芒漸長，至翼長七尺餘，東北掃天罇，入太微垣，掃郎位行角度，東南掃亢北第二星，漸斂，積三十四日而沒。」法天文學所載此彗星行道正在三台郎位之南約五度，由愛畢恩 (Apian) 氏與福羅開司托氏 (Fracastor) 所測定，哈雷氏即據此以發明其週期。

(25) 公元一六〇七年十月二六·九日(明神宗萬曆三十五年)——明志「萬曆三十五年八月辛酉朔，彗星見於東井，指西南，漸往西北，壬午自房歷心滅。」法天文學載此彗行道，由文昌經常陳左攝提，而入天市右垣。其尾初甚長，東北指，至天市垣漸短，西北指。此由刻白爾所測定，哈雷

亦即據此以發明其週期。

(26) 公元一六八二年九月一四·八日(清康熙二十一年)——是年哈雷彗星出現時，希維利(Hevelius)氏曾測繪有圖，彗首光核之中，有特明曲光如鉤，甚爲奇異。淮安府志「康熙二十一年七月流星如球，自西北向東南，高不逾屋，光芒四射。」雖曰流星，實即哈雷彗星。

(27) 公元一七五九年三月十二·六日(清乾隆二十四年)——是年之彗，哈雷氏早已斷定其復見。後由克來勞(Clairaut)推算其近日點，當在四月十三日，並預言或有一月之出入。其實現，則爲三月十三日，在南半天視之甚明，於尾約五十度，彗首中之光鉤亦如康熙二十一年之彗。青浦縣志云「乾隆二十四年三月彗星見南方，月餘乃滅。」

(28) 公元一八三五年十一月一五·九日(清道光十五年)——是年哈雷彗星復現時不甚明亮。十月二十二日見於天市垣，尾長十度。首中鈎曲之光，與一六八二年所見者同。

(29) 公元一九一〇年四月一九·七日(清宣統二年)——哈雷彗星於公元一九一〇年復見之期，早經天文家之確定，並預測其發見之方法。埃及希爾黃(Holban)天文臺於公元一九

○九年八月二十四日，首先用攝影術得之。烏爾夫在哈伊迪別於同年九月十一日，始發見之。其時彗星距日三一〇〇〇〇〇英里，距地更遠，已能攝得其影象。復隨其行道，直至公元一九一一年七月一日而始滅，是時距日五二〇〇〇〇〇英里。然強度遠鏡尚能窺辨一月，而後完全不見也。查此彗初見於東井之西部，緩緩向西退行，經畢婁外屏而留，復向東進行，所經之路，與前略同，而行漸速，至井而夕見，掃東井，輿鬼，柳星，張而滅，此其行道之大略也。

哈雷彗星未來之週期，在民國七十五年（公元一九八六年），證諸歷史上過去之事實，可以斷其必見。至此彗之近日點通過日期，據卡惠爾及克勞密林之計算約在二月，而馬爾頓（Maulton）則謂四月二十九日，相差甚巨，未知孰是，尙待考證。

因格彗星乃週期彗星中之週期最短者，約三年又四個月而一週；自最初發見以後，其出現次數之多，亦爲各彗星之冠。至今年止已出現者共三十八次。最初認識之者在公元一七八六年。此與哈雷彗星同，星名之因格，非此星之發見者，蓋公元一八一八年末泊恩發見一彗星。因格研究之，得知其與公元一七八六年，一七九五年及一八〇五年所現者爲同一彗星，由週期三年半推算之，遂

第八十七圖 哈雷大彗星



公元一九一〇年五月二十九日巴納得教授在葉凱士天文臺所攝者。彗星向左上運行，移動鏡頭以追之，故恆星皆畫成小線。注意其長達一千萬公里之尾及其構造之複雜！

預言公元一八二二年五月再出現。是時彗星果然出現，遂與因格彗星之名。

公元一七八

六年一月十七

日法國巴黎米張

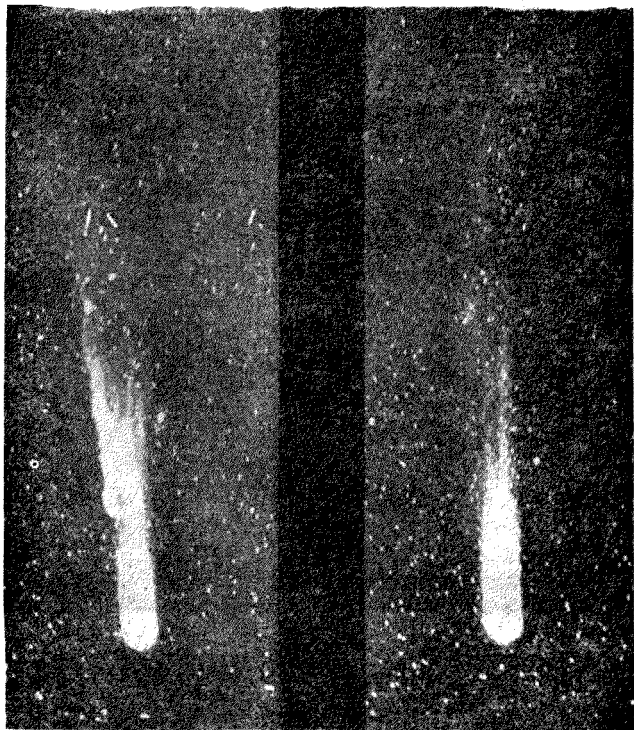
(Méchain) 氏

發見在虛宿一

(寶瓶座β星)

附近有一小彗星。

第六月 日 第八十八圖 哈雷彗星尾之崩壞 第六月 日



公元一九一〇年六月六日及七日立克天文臺六英寸鏡所攝。由此得知僅二十四小時內尾部構造及形狀，變化如何之速。



十九日氏及其他觀測者再發見後，因雲天之故，全失觀測之機會。該彗星有光輝甚大之核心而無尾部。此爲因格彗之第一次出現。

公元一七九五年十一月七日威廉候失勒之妹加羅林候失勒 (Caroline Herschel) 於天鵝座 (Cygnus) 發見一彗星。直徑約五分，無核，中心之光度稍強，肉眼得勉強見之。其後波特等皆觀測之，十一月二十一日歐爾堡氏觀測之時，光度已弱，位置之測定，甚爲困難。此彗星軌道之計算，歐爾堡等皆假定其爲拋物線，故觀測甚覺困難。

公元一八〇五年十月十九日馬塞尼 (Marseille) 之邵立斯 (Thulis) 發見肉眼勉強能見之彗星。其翌日觀測之者頗多。直徑四五分，位大熊座 (Ursa Major)。十一月一日尾爲三度。計算其軌道爲拋物線者頗多，獨因格氏算爲橢圓軌道，而得週期一·一二年。

公元一八一八年十一月二十六日泊恩發見遠鏡的小彗星。觀測約七星期，而得軌道計算之

材料頗多。因格研究之結果，知其軌道若爲拋物線，決不能表觀測之事。氏用葛斯之嚴密方法，決定橢圓要素，遂得週期三年半之橢圓軌道。其軌道要素與公元一七八六年第一，一七九五年及一八〇五年之彗星相類似，而出現之間隔亦頗近於三年半之倍數，故得認其爲同一彗星之屢次出現者；因格費六星期之特別勞力，施以行星攝動之計算，遂確定同一彗星已出現四次。更進知其因木星之故，通過近日點之日期約遲九日，並推定次回出現起於公元一八二二年五月二十四日。因格之特別努力，始開短週期彗星回歸之新例。

公元一八二二年位置頗佳，但須於南半球，方能見之。故實際觀測者僅澳洲 帕拉馬他 (Parramatta) 之烏南克 (Rimker) 一人而已。六月二日發見起，共觀測三星期，此次觀測，確認因格之預言，甚有價值。因格用此次觀測之結果，更修正其要素，推算次回通過近日點爲公元一八二五年九月十六日，比以前推算，更爲精確。

因格彗星出現表

第二篇  
太陽系下

次序	年 代	近日點通 過日期		發見日期		發 見 者	出現 期間
		月	日	月	日		
1	1786	1	30	1	17	Méchain	3
2	1795	12	21	11	7	C. Herschel	21
3	1805	11	21	10	19	Thulis	21
4	1819	1	27	* 11	26	Pous	49
5	1822	5	23	6	2	Rümker	21
6	1825	9	16	7	13	Valz	56
7	1829	1	9	* 9	16	Struve	105
8	1832	5	3	6	1	Missotti	?
9	1835	8	26	7	22	Kreil	63
10	1838	12	19	8	14	Boguslawski	112
11	1842	4	12	2	8	Galle	105
12	1845	8	9	7	4	Walker	10
13	1848	11	26	8	27	G. P. Bond	91
14	1852	3	14	1	9	Hind	56
15	1855	7	21	12	13	Maclear	35
16	1858	10	18	8	7	Föster	70
17	1862	2	6	* 9	28	Föster	154
18	1865	5	27	2	13	Bruhns	5
19	1868	9	14	7	14	Winnecke	42
20	1871	12	28	9	19	Winnecke	77
21	1875	4	13	1	26	Holden	119
22	1878	7	26	8	3	Tebbutt	35
23	1881	11	15	8	20	Hartwig	84
24	1885	3	5	* 12	13	Tempel	49
25	1888	6	28	7	8	Tebbutt	28
26	1891	10	27	8	1	Barnard	49
27	1895	2	4	* 10	31	Perrotin	122
28	1898	5	24	6	7	Grigg	7
29	1901	9	15	8	5	Wilson	28
30	1905	1	11	* 9	11	Kopff	92
31	1908	4	30	5	27	Woodgate	7
32	1911	8	19	7	31	Gonnesiat	49
33	1914	12	4	9	17	Barnard	92
34	1918	3	24	* 12	30	Schorr	77
35	1921	7	14	7	29	Reid	14
36	1924	10	31	7	31	Van Biesbrok	
37	1928	2	19	* 11	13	Van Biesbrok	
38	1931	6	3			Robone	

注意：年代乃示出現年第幾次彗星，發見日期項內有\*號者乃示其前年發見之日期。

公元一八二五年七月十三日奧資(Vals)最初發見此彗星，其位置與因格所推算者相差僅三分耳；依帕爾馬(Palerma)之加西亞他(Cacciator)所報告，則視如直徑約一度半之薄圓星雲狀。

其次乃公元一八二九年一月九日通過近日點，在其前年九月十六日斯士律佛(Struve)在多巴特(Dorpat)地方發見之。十一月三十日爲六等星，一星期後約爲五等星。

公元一八三二年現於南方，故於歐洲地方，僅傑丁梗之哈丁氏見之，公元一八三五年歐洲及好望角地方皆見之。

公元一八三八年歐洲觀測之位置甚佳。八月十四日泊加斯諾司極(Boguslawski)發見之，但普通至十月中旬始見之。十一月初以肉眼能見其在天龍座(Draco)。用遠鏡能見其核，而髮之形狀擴成拋物線狀。奧資氏觀測至十二月中旬止。

是年出現時，關其運動發生兩種重要之問題。一爲因行星攝動以外之原因，週期次第減少之現象；一乃關於水星質量之數值。按因格之研究，除一切行星之攝動外，該彗星每次通過近日點，約

各提早二時間半。公元一七八九年之週期爲一二一三日而一八三八年則爲一二一一日。依因格之推想，謂行星之運動，有極稀薄之物質存在，而起抵抗之故。抵抗之結果，速度減小，而通過近日點之日期，反爲提早者，似爲不可思議；然與太陽一定距離之天體之速度，依其週期而一定。週期愈短，速度愈遲。故有何原因能使速度減少，則其結果，週期縮小，於是通過近日點之時刻提早。週期依半長軸而決定，故週期短則軌道之形小。若實際有抵抗物質之存在，而軌道漸小，則今後長久年月之後，漸近太陽，遂至墜落於太陽，亦未可知。

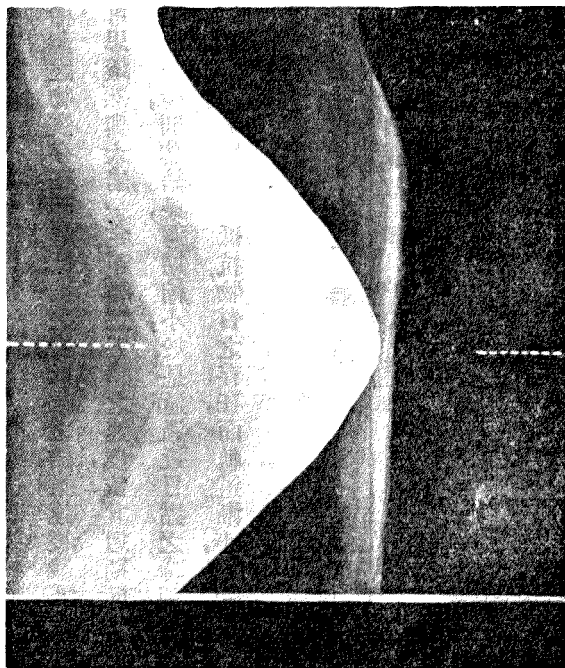
因格轉星週期表

近日點通過	週	日期	近日點通過	週	日期	近日點通過	週	日期
年		日	年		日	年		日
1785		1212.79	(1812)		1212.10	1838		1211.11
(1789)		1212.79	(1815)		1211.89	1842		1210.98
(1792)		1212.67	1819		1211.78	1845		1210.88
1795		1212.65	1822		1211.66	1848		1210.77
(1799)		1212.44	1825		1211.55	1852		1210.65
(1802)		1212.33	1829		1211.44	1855		1210.55
1805		1212.22	1832		1211.32	1858		1210.44
(1809)		1212.10	1835		1211.22			

週期之次第減少，殆已確認為事實；然至公元一八三八年週期之減少，突然僅約半分。此至公元一八八五年始確定之，其後至二十世紀，有謂殆不減少者。

是年之又一重要事實者，即八月此彗星甚接近水星。若當時普通所採用拉伯拉斯之水星質量數值為正確，則公元一八三八年十一月二日由地球視之，赤經當減五十八分（弧度），赤緯當減十七分；然不能認此種

第八十九圖 因格彗星



公元一八一七年一月九日加朋他氏所繪。

變化之存在，故知水星之  
真實質量比拉伯拉斯之  
值遙小。

據公元一九一九年

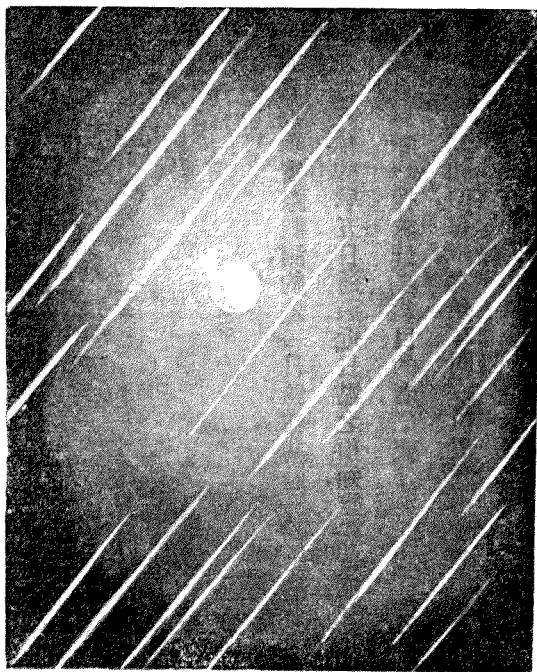
布冷科 (Blanco) 所發

表之因格彗星軌道週期  
的變化之研究，頗饒興趣。

氏謂軌道變化之主要原  
因，乃因木星之攝動，土星  
之影響次之。攝動影響之

大小，依彗星到近日點時，行星之位置而定。即是時行星若在其附近，則攝動之影響甚大。然因格彗星週期之十八倍為五九·四七二年，此與木星週期之五倍，即五九·三一一年相近；又與土星週

第九十圖 因格彗星



公元一九一四年十月二十九日巴納得氏所攝。

期之二倍，即五八·九一五年亦復相近。故因格彗星每迴轉十八次，其對於木星與土星，在同一關係之位置，故其攝動影響，亦復相似。是以通過近日點日期之間隔，每十八次亦略相似。利用此事實，推算當時以後四次通過近日點之日期如下：

1921年	7月	14.5日
1924	11	3.5
1928	2	21.5
1931	6	25.5

公元一九二一年之近日點通過日期與實際觀測，約差一日餘，即其通過約比預測者早一日餘。公元一九二四年則約早三日，一九二八年約早五日。通過近日點之預知，能在一日內外之差者，視力之差通常為半度乃至一度，故採此區域以搜求彗星為目的者，已充分矣。此彗星之週期為三·三〇四年，故每三次對於地球之位置略相似，每十次殆在同一位置；故由地球觀測之適否，能檢出之月日，觀測繼續之期間及視力上之光度等狀況，亦每十次相類似。設以公元一七八六年之



出現爲第一次，計算通過近日點之次數，按十次配列之，則第三次，第七次及第十次時，觀測甚便，猶以第七次及第十次往往能由肉眼見之。普通夏季通過近日點時觀測不便，冬季通過時觀測甚便。

因格彗星通過近日點前，最早發見者爲公元一八六一年，在一百四十一日之前；通過近日點後，觀測至最遲者爲公元一八三二年，在一百日之後，前後二百四十一日間（約爲週期之五分之一），迴轉太陽周圍  $288^{\circ}.4$ 。（殆爲全圓周五分之四。）由此事實，得知在近日點附近，運動迅速，在遠日點附近，運動遲慢。因格彗星之軌道，在十九世紀初葉，因格專研究之。後由別克南特（O. Backlund）氏繼續研究，歿後由馬究烏伊士（L. Matkiewitch）繼續之。

第九十一圖 布律克斯彗星



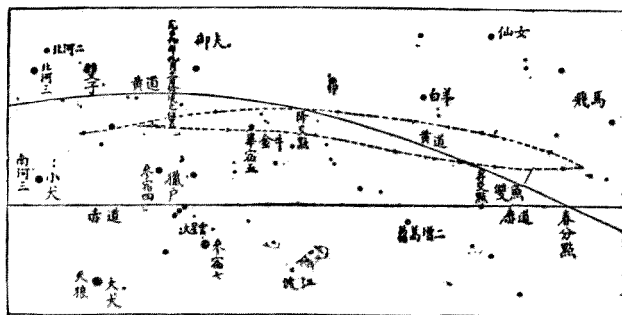
公元一八九三年十月二十一日巴納得在立克天文臺六英寸鏡所攝者。注意其有大小之二尾。

彗星之發見乃民衆天文家之責任。蓋多數週期彗

星，雖得概知其次回出現之位置，然通過近日點之預想，仍甚困難，故於三度五度或十度之範圍內，不能預定星之經緯度者不少。況非週期的彗星，何時出現於何處，完全不知，故彗星之發見，非不絕搜索天空全部不可。如斯工作，有一定計劃的觀測之專門學者決不可能也。故此工作，實民衆天文家之義務。實際至今發見彗星者如梅西爾（Messier），但白勒，鄧林，巴納得，米多加夫（Metcalf）里得等皆多係民衆天文家。

古昔所謂彗星，多發見肉眼能見之者，近年來非遠鏡不能見之微光彗星，亦能發見之，故每年發見之彗星數頗多。例如由公元一九二一年至一九三〇年間所發見之數目如下：

第九十二圖 公元一九〇九年至一九一〇年哈雷彗星運行徑路（點線即其徑路）



1921年	4個	1926年	7個
1922年	5個	1927年	10個
1923年	2個	1928年	3個
1924年	4個	1929年	4個
1925年	12個	1930年	7個

蓋若有搜索彗星之熱心家，則新發見多，此亦促民衆奮起之事實。彗星之存在於宇宙空間者似乎甚多。但其發見之數，則視觀測者之熱心與不熱心而大有影響。

## 第二節 形狀與大小

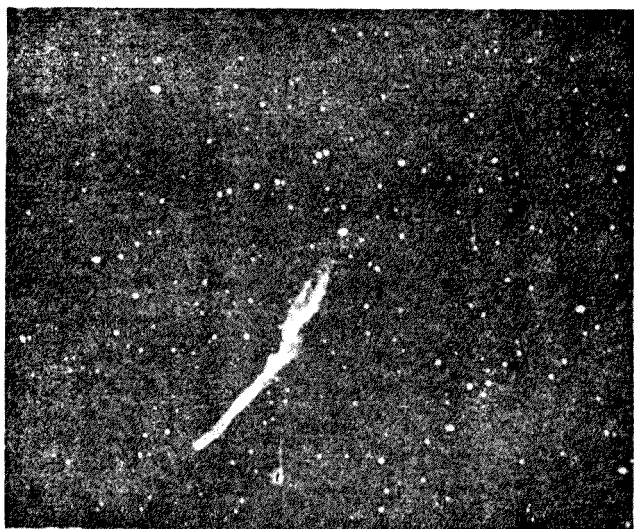
彗星以不可思議之形狀，使人類生一種驚怖之心。如哈雷彗星等光輝強烈，形狀偉大，且有不知實際限之輪廓，又曳長尾於天空之一方，誠爲奇異與神祕。要之，出乎吾人意表之外。學術未進步時代之人類對於彗星之恐怕，誠不足怪。

彗星之形狀不一，或曳長尾，或爲圓形。通常分爲三部，光輝最強之部分謂之核，包圍核之部分

謂之髮 (Coma)，曳長光者謂之尾 (Tail)。核髮兩部又合稱曰頭部。但此三部分俱備之彗星，多係巨大者，近年所發見之遠鏡的彗星，普通多無尾。核有甚大者，其中有達地球直徑之三四十倍者，而光輝及密度多集中於核部。因此集中甚盛之故，小彗星常視爲恆星，由其運動觀之，亦往往誤認爲小行星。

雖大彗星，若不近太陽，其尾亦不能見。但一旦其尾發達之後，則其狀態千變萬化，而不一致。中有狹長

第九十三圖 布律克斯彗星



公元一八九三年十月二十二日巴納得在立克天文臺用六英寸鏡所撮者。此彗星似乎突然逢遇障礙物，而尾形粉碎。

第九十四圖 布律克斯彗星



公元一八九三年十一月三日巴納得在立克天文臺所攝。

其尾呈離散狀。

者，有粗大者，有成直線形者，有曲折者，有分爲二三枝者，有由頭部射出成輻射狀者，有爲扇形者，不勝枚舉。又同一彗星之尾，因時期之不同，所現之形狀亦異，且不絕變化焉。有時尾成節段，而漸離去彗星之本體者。

彗星本體分裂之現象自

比拉彗星始，是星於公元一八五二年發見後尙未回歸，而公元一八四六年分爲兩部，散漫於空間。其後一八九九年之同

伊夫 (Swift) 彗星

及一九一五年之密

立斯 (Mellish) 彗

星，亦呈分裂狀態。如

斯事實，不足奇異，蓋

彗星本體非爲圓形，

乃極疎散集合之物

質團。彗星之光輝有

頗強大者，又有白晝

亦能見之者。其容積

有達地球之數千倍，至今未有能測定質量之彗星，故認爲彗星全體乃極稀薄之物質者，決非大誤。

又如公元一九一〇年五月十九日由地球所視之哈雷彗星，視如通過太陽面者，他如公元一八一

第九十五圖 哈雷彗星之頭部



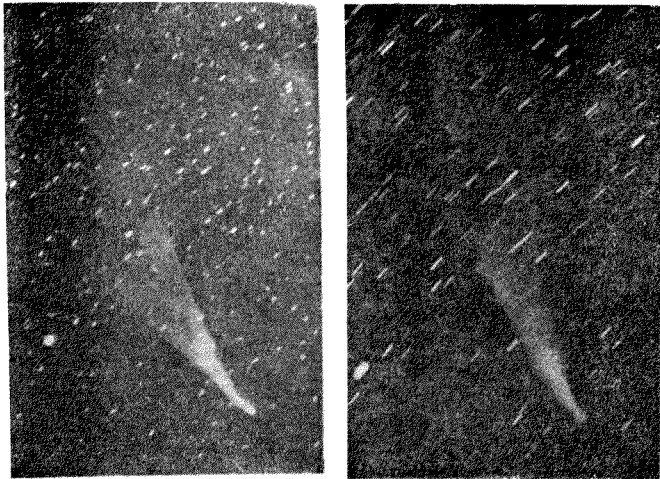
公元一九一〇年六月五日威爾遜山天文臺六十英寸迴光鏡所攝。頭部之核髮及由其所射出之尾成複雜線條組織皆甚明顯。

九年，一八二三年，一八二六年之彗星亦爲如斯之現象；但橫切太陽面之彗星，皆不能見之，此亦可爲彗星物質稀薄之證據。

彗星之尾比頭部更爲稀薄，自不待言。如斯尾部掩遮恆星時，星光殆不見衰弱，僅爲頭部所掩遮之星光，有時稍覺微弱。

彗星之光度，有一難解之問題。因其爲太陽系之一員，故多認爲彗星乃受太陽之光而反射之者；但其光度，常與太陽之距離及

第九十六圖 莫亞好司彗星(1908 III)



公元一九〇八年九月三十日巴納得在葉凱士天文臺用十英寸鏡所撮者。左右時間僅差三小時，而彗星之尾部於此短時間內已呈顯著之變化。此彗星於九月末，十月中旬，十一月中旬，尾之構造有顯著之變化。此變化爲歷史的重要記錄。

第九十七圖 莫亞好司彗星



公元一九〇八年十一月十六日巴納得在葉凱士天文臺所攝。尾部第三次變化，延長極長。



第九十八圖 莫亞好司彗星



公元一九〇八年十二月十一日巴納得在萊凱士天文臺所攝。尾部時時刻刻發生變化，可與其他照片相對照。

地球之距離無關係的，急增或激減焉。例如公元一九二五年六月十一日所發見之但白勒第二彗星，始爲十二等星，二星期後變爲九等星，如斯事實，公元一九一四年之因格彗星亦然，無大奇異。此只得認爲彗星自放某程度之光輝焉。

彗星之尾多爲單一之時，且其所指之方向與太陽相反。至其理由，前有種種學說，現今學者所公認者，乃彗星之尾因太陽光線之輻射壓力，而向太陽之反對方向。但此輻射壓力決非單純者。此壓力按太陽之距離而有強弱之別，又因受壓物質之性質而影響各異。現今彗星之尾，亦常不指太陽之反對方向，三四之尾廣散頗大，此不能不認彗星有各種之物質。

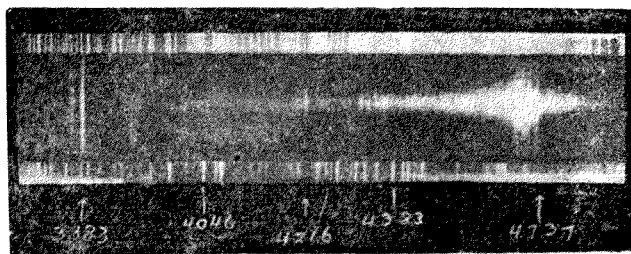
尾乃輻射壓之結果，由頭部飛出之物質，而所飛出之尾，非永久維持其原有之形狀而與頭部一致運行於軌道者。尾之各部分由頭部飛出之後，不絕爲遠離之運動，故彗星尾部物質漫散於宇宙空間，恰如運行於鐵軌上之火車之跡，有煙灰之遺留者。如斯彗星漸次失其質量，至原來之供給途窮，則彗星消失，或最後變爲非彗星之天體。由此言之，天體中壽命最短者當爲彗星。

### 第三節 彗星之分光

利用稜鏡分析彗星光線而研究其化學的要素者，乃由十九世紀末開始之新觀測法，其結果亦甚為珍異。

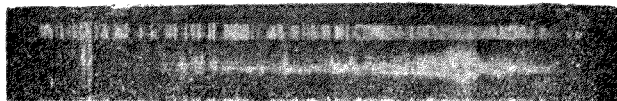
彗星之光輝依其距離太陽之遠近，而大不同，即遠離太陽時彗星之光，以複雜炭氫化合物之光輝為主。又時時混以精氣之光。但當其近太陽時，光譜之中呈有若干之輝線，尤以鈉，氫，鐵等線為主。彗星更近於太陽時，皆為連續光譜，其上能見有法朗霍亞之暗線。——彗星與太陽

第九十九圖 哈雷彗星之光譜



公元一九一〇年四月二十八日威爾遜山天文臺六十英寸迴光鏡所攝者。圖中數字乃示彗星中氣體所發光線之波長。三八八三與四二一六為精氣 (Cyanogen) 四三八三與四七三七為氧化炭氣存在之處，四〇四六之光，原因不明。

第一百圖 傑爾(Gale)彗星(1912 II)之光譜



洛威天文臺斯拉伊夫亞所攝。此星比較的反射太陽之光強。氧化炭氣之光亦強，但精氣之光稍弱。

第一百零一圖 莫亞好司彗星



宇宙壯觀

二四六

公元一九〇八年十月二十九日(下圖)及十月三十日(上圖)，葉凱士天文臺巴加司特氏用六英寸鏡所攝。上下皆左為直接攝影，右為分光攝影(左赤右紫)。得知二十四小時內之急激變化及尾之構造

之距離，由近而漸遠時，光線之性質，其變化之次序自然與上相反。

如斯分光觀測，甚能明瞭彗星之物理及化學。即就其要點言之，彗星之核，原有極厚之有機氣體包圍之，尤似乎由炭氫化合物及蜻氣而成。但此等有機氣體與實驗室中自能發光之有機氣體頗不相同。例如實驗室內所見之炭氫化合物爲五個光帶，而彗星則僅有三個特別顯著。此三個光帶特別輝明之理由，今尙不明。

彗星近太陽時，先見鈉及鐵等輝線，現於光譜之中，此乃受太陽熱而彗星原有之如斯氣體輝耀之故。至於近日點時，彗星出連續光譜。此即反射太陽原來之光，故與太陰及諸行星相同，又法朗霍亞線現諸連續光譜之上者乃當然之理。

如斯光譜單依太陽之距離而急激變化者乃彗星特有之現象，蓋運行於大離心率之細長軌道上之結果。彗星之光，如上所述，或以太陽光線之反射爲

第一百零二圖 資奈丁司希(Zlatinsky)彗星(1914I) 之分光

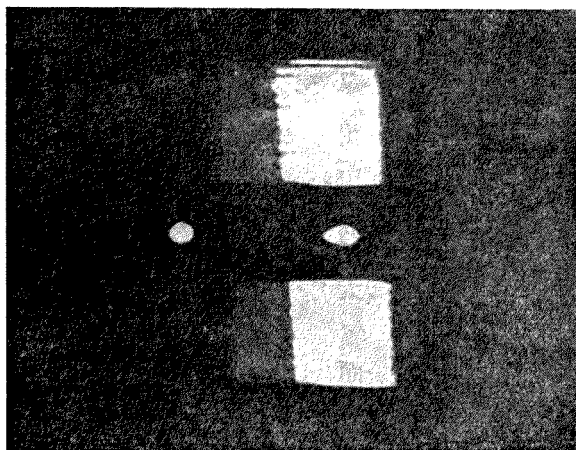


洛威天文臺斯拉伊夫亞氏所攝。示反射太陽光之連續光譜少，而出氧化炭氣及蜻氣之自發光。

主，又或以自己之光占主要部分，故吾人對其全體之印象，見彗星為白色，或變為黃色及褐色者，不足為奇。——有謂彗星之光非其自身輝耀之結果，乃其運行途中映照廣漫空間之稀薄物質而發光者，尚無確實證據。

彗星之最初分光的研究者，乃公元一八六四年之第一彗星，杜那底氏研究之。其結果見有表示白熱氣體存在之輝線三條。公元一八六六年哈金司及塞希（Secchi）二氏就但白勒彗星研究之，見有同樣

第一百零三圖 公元一九二四年芬斯奈彗星之光譜



公元一九二四年九月二十五日葉凱士天文臺巴加司特氏附十五度稜鏡於六英寸遠鏡所攝者。其中三點為彗星之光，上下為大角星之分光，乃用以供比較者。最左端之光點示波長三八八之譜氣其他則示波長四七〇與五〇〇之養化炭氣。

輝線三條及連續光譜，但光度弱不能認識暗線之存在。公元一八七四年之哥集亞 (Coggia) 彗星，則於連續光譜之中，有數條暗線存焉。公元一八六八年哈金司及塞希研究烏因尼克彗星之結果，亦得連續光譜與炭氫化合物之三帶。

此三帶之波長，依加伊塞及倫傑 (Runge) 研究之結果，則黃色五六三五，綠色五一六五，青色四七三七。又完全之光譜則由五帶而成，赤色六一八八，紫色四三一。強光彗星之光譜時時現出之。關於古時之彗星及微弱之彗星，有謂與氧化炭之光帶相一致者，波長則黃色五六〇九，綠色五一九八，青色四八三四。但是等觀測皆光度微弱之時，故不能確定。克利司迪 (Christie) 就公元一八八〇年哈士立 (Hartwig) 彗星研究之結果，十月七日波長爲五二〇一，十一及十二日，則測定爲五一六九，是以微弱彗星，誠難精確比較之。

哈塞爾別克 (Haselberg) 就其所觀測十八個彗星研究之結果，大概如下。

- (1) 除1868 I, 1877 III 之二彗星有疑問外，其他皆爲一樣形式。
- (2) 其形式爲炭氫化合物之光譜。

(三) 其與炭氫化合物之光譜，雖有不完全之處，乃因光弱之故。

(四) 通常缺赤及紫帶，光度最強之部分，稍傾紫色。

(五) 依此結果，弱光之光譜是否為炭氫化合物光帶，尙屬可疑。

(六) 多數彗星光帶最大光度位置之移動略同，故多數彗星之炭氫化合物，當略為同樣之狀態。

彗星光帶最光部分移動於紫方者，乃因細隙廣大之故。光度弱之彗星，必廣大細隙，使由彗星之相當部分受其光輝，彗星中心光度強而邊緣弱，遂呈此現象。光度強之彗星，充分使狹小之細隙，則彗星之光譜，與炭氫化合物之光譜完全一致，由馬翁特 (Maunder) 之公元一八八一年鐵巴特 (Tebbutt) 彗星之觀測等得證明之。

炭氫化合物光帶之外，多數彗星於核或其附近又有輝線光譜。此乃起因於日光，有時能見法朗霍亞線，前已述之。

公元一八八一年之鐵巴特彗星，乃最初攝影之彗星，又為最初攝取分光像之彗星。普通攝影



乃張森所攝，而分光攝影則成功於哈金司及杜列巴二氏。北半球最初發見時，此彗星之分光殆僅爲純粹之輝線光譜。核之光度微弱後遂現炭氫化合物光譜。輝線光譜於六月二十九日明現法朗霍亞之下線。但六月二十四日哈金司所攝之像，紫外部有炭氫化合物之光帶及太陽吸收線。奧傑爾 (Vogel) 及楊古檢查此彗星尾部光譜之結果，得知其有炭素帶之痕跡。實際雖不能檢出之，但太陽反射光之光譜當亦存在其中。公元一八八一年之西埃巴爾 (Schaeferle) 彗星與鐵巴特彗星相對照，炭氫化合物甚著，太陽反射光不過痕跡而已。

近來關於彗星分光研究之結果，對其性質之問題，不甚簡單。不獨原有之炭氫化合物，靖氣及太陽之反射光，更有起因於其他物質者。然種種形狀之炭素占彗星組成之重要部分，可謂無疑。據近年之彗星，得知彗星光之大部分由靖氣而成，尤以波長三八八者最多。

彗星光譜之重要問題乃靖氣。紐烏爾 (Newall) 研究實驗及太陽之靖氣分光，而對於彗星靖氣之性質及起原加以一種之說明。即一切彗星光譜所現之炭氫化合物及炭化氮等，其非包圍太陽而常存在於一切空間耶？依彗星頭部之運行，用某種方法，不能使空間炭氫化合物等成白熱

之狀態耶？若謂空間各部分所來之彗星皆有精氣者，反不如謂一切彗星所以有類似之光譜者，乃近太陽時刺戟瀰漫其經路附近之氣體而示其光譜也。此甚饒興味之學說，今日尙未能確定之。彗星雖由各方面近於太陽，但其起原可想其在太陽系內，故其光譜雖有公共之點亦無礙焉。

#### 第四節 彗星之觀測

彗星觀測中最重要者乃位置之測定。欲知精確之軌道，則位置之測定，務求精密。現今所通用之彗星精密位置測定法，約有三種。

(一)以子午儀觀測彗星之子午線通過而導誘赤經及赤緯。

(二)附絲線測微器於赤道儀，以觀測彗星與其附近已知位置之比較星之赤經赤緯之差。

(三)攝取照片，後依乾片測定器，以附近位置已知之數星爲標準而誘導赤經及赤緯。

此等觀測法，皆要相當之設備，天文臺以外之民衆難使用之。若無何測定之儀器時，務必慎重描寫視野恆星之位置。其次光度及視直徑之觀測亦爲重要。他如分光儀觀測等，則更爲特別，今僅

就描寫位置之方法述之。

無何測定位置之儀器時，對於附近小星之位置，務必精密描繪；此經相當之練習後，能得特別詳細之位置。附近若有適當之星，則能確定至角度之分或分之分數。描繪位置時可用倍率強之目鏡。彗星於一夜間爲相當之移動，若其通過二星間，則依目測易判知三者在一直接線上或其相離之程度如何；故時時注意之，記錄其恰在一直接線之時刻，目測是時其與兩星距離之比例，能得其頗精確之位置。目測其與周圍數星距離之比者亦一方法。是時常有一種心理的誤差，即縱之距離往往視如較長於橫之距離，應加以注意。又平常目測種種角度之練習，應用於描寫位置，甚爲便利。欲精確描繪位置者除相當之經驗外，別無他法。

吾人收到彗星發見之電報而開始觀測時，通常世界各地多數專門家皆爲精密之觀測，故普通所用環狀測微尺及描寫方法等以觀測位置者，學術的價值甚少。但爲教授彗星移動於天空上之事實，或爲其位置觀測之練習而觀測者固無不可。若自身發見彗星時，能與發見同時發表可能範圍內之精密位置之觀測，則學術上之價值甚大。精密之程度雖稍參差，若於他處完全未觀測時，

則其位置之觀測極有價值。

澳洲克立克 (Griggs) 於自己小天文臺發見彗星三次；公元一九〇二年七月所發見之彗星，自己於十二日間觀測數次，他人皆未能觀測。克氏依赤道儀之度數讀時角及赤緯而發表之，此甚粗陋之方法；斯時務求慎重描繪其位置。

彗星之光度有時僅發表為九等星或十等星等等，但吾人得依變星之觀測方法，以定彗星之詳細光度。即選擇二個或數個之比較星，按比例方法或光階方法等，以較定之。彗星之光度分為核之光度及全體光度二種。比較核之光度者以普通之焦點，僅比較核之光度及星之光度可矣。觀測全體之光度時，除去焦點，使星之大小與彗星相同而後比較其強度。

直徑之觀測可與位置之觀測同時行之。以其附近星體之距離而比較之，亦一方法。

大彗星出現時，觀測尾之形狀，幅廣，長度等亦為必要。幅廣可以月之直徑約為半度為標準。長度則將其始終二點對於恆星間之位置，記入星圖中；或記其與某某數星之角距離若干度亦可。又尾之各部分光度之分布亦宜詳細檢查之，且饒興趣焉。又以遠鏡詳細繪畫大彗星頭部之狀況，亦

第五節 彗星之統計的研究

關於彗星之情狀，前四節述之頗詳，茲更就最近百餘年間之彗星，按統計方法，總結之於下。

(一)核 其實直徑最大者為八千二百哩，最小者僅二十九哩，相差達八千餘哩。茲舉例如下：

大		小	
1845 III	8200 哩	1791 I	92 哩
1858 IV	5700 哩	1806	31 哩
1815	5400 哩	1798 II	128 哩
1825 IV	5200 哩	1811 I	439 哩

(二)髮 其實直徑最大者達一百十五萬哩，最小者約一萬八千哩，相差約一百餘萬哩。茲舉例如下：

大		小	
1811 I	1155000 哩	1847 V	18000 哩
1892 III	700000 哩	1847 I	26000 哩
1835 (哈雷彗)	367000 哩	1849 II	52000 哩
1828 (恩格彗)	320000 哩		

(二) 太陽距離與頭部大小之變化 彗星近太陽時，其頭部之實直徑次第收縮。公元一六一八年大彗星出現時，刻日爾氏最初注意及之。茲就公元一八五八年杜那底彗星核之直徑及公元一八三八年因格彗星髮之實直徑列表於下，由此得知彗星通過近日點附近頭部之縮小焉。

杜那底彗星核之直徑

年	月	日	哩
1858	7	19	56100
	8	30	46680
	9	8	19700
	9	23	12600
	10	5	4000
	10	6	8000
	10	8	11200
	10	10	6300

因格彗星髮之實直徑

年	月	日	哩
1838	10	9	288000
	10	25	121000
	11	6	81000
	11	13	76000
	11	16	65000
	11	20	57000
	11	23	39500
	11	24	31000
	12	12	6800
	12	14	5500
	12	16	4350
	12	17	3100

杜那底彗星於公元一八五八年九月二十九日通過近日點，十月十日最近地球，因格彗星則於公元一八三八年十二月十九日通過近日點。

(四) 尾 彗星尾部之觀測，隨觀測者及觀測地而不同。某觀測者於某地測尾長為五度，同夜

他觀測者於他地測爲八度或十度者，毫不爲奇。由此觀測所得尾之實長有二倍之誤差。攝影的與實際的之差亦復不少。茲舉數例於下。

彗星	角度	實長
1744年	24°	1900萬哩
1910	120	2000
1860III	15	2300
1861III	105	2500
1769	97	4100
1858IV	50	4300
1618	104	5000
1680	60	10000
1611I	25	10000
1811II	37	13000
1843I	65	20000

此最後一例乃尾之最長者，能由太陽經越地球火星之軌道而達至小行星之軌道。

(五)出現期間 彗星之出現期間，短者數日，長者達一年以上。有時觀測一二日後，因曇天或明月之故而不能繼續觀測之者，如斯彗星之軌道不能計算，故普通彗星表多不列之，又如公元一八八二年五月十七日日全食時距太陽中心約一度弱之處，有一彗星，是日前後則皆不能觀測之。自大遠鏡製成及攝影術發達以後，觀測期間較爲長久，有達至三四年之久者，普通以三四個月最

多。茲就出現期間，舉例於下。

彗星	出現期間	彗星	出現期間
1905IV	3年4月	1914V	21個月
1904I	25個月	1910	21個月
1889I	24個月	1915II	19個月半
1890II	22個月	1889V	18個月
1917III	22個月	1811I	17個月

(六) 軌道 至今計算彗星軌道之結果，確認為雙曲線者凡三十六個，為橢圓者約一百個，其中有二十七個之週期在百年以下，其餘皆為拋物線軌道。近來觀測愈精密，拋物線軌道之彗星愈少，而橢圓式雙曲線軌道之彗星愈多。

(七) 近日點方向之分布 依統計之結果，可得三種結論，

甲 太陽頂點方向黃經二百七十度附近，近日點比他處密集。若假定彗星乃由太陽系外飛來者，則近日點當多在與太陽頂點相反對之方向。設空間有抵抗物質，吾人得說明近日點多集於頂點方向之現象。

乙 週期彗星，黃經零度附近稍多。此與木星近日點黃經約為十二度而小行星之近日點



黃經亦密集於此方向者乃同樣之現象。

丙 南極附近比北極附近少，乃因地球南半球之觀測者較少於北半球之故。

(八) 彗星之起源 關於彗星起原問題之統計如下。

甲 普通軌道面之傾斜小，當與黃道面有密切關係。

乙 近日點方向不密集於太陽頂點反對之方向，而頂點方向反較多。

丙 行星攝動通常使離心率大。

丁 起源若在太陽系外則當多為雙曲線軌道，但實際較少。

戊 依張森 (Jantzen) 所說，起原於太陽，而彗星當以二十八與一之比落於太陽上，但未知有此現象者。

由以上事實言之，彗星之起源當在太陽系，即為太陽系之一份子。

## 第七章 流星與宇宙塵

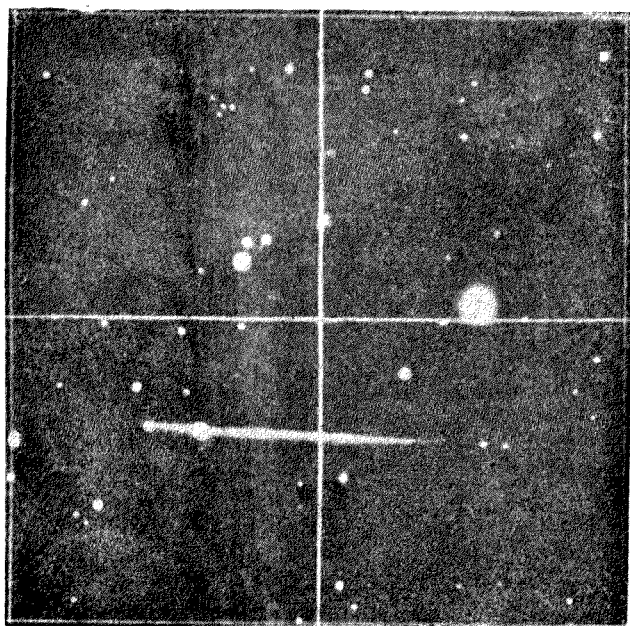
流星雖小，但爲一天體，自無容疑。且流星之數甚多，於宇宙研究上決不能忽略之。又流星有時落於地球而爲隕石及隕鐵等，爲吾人得觸之以手之唯一天體；平素僅能依光輝而研究天體者，因此隕石隕鐵之故，遂得就其實物而攻究之。由流星得知廣大宇宙中又有多數細微之天體飛行於其間，實爲宇宙之塵埃。但此宇宙塵堆積之結果，能使其他天體受莫大之影響。

### 第一節 流星(一)——質量運動 光色 出現數

晴天之夜，仰觀天空，常見白光飛躍而過者，卽流星 (Meteors or Shooting Stars) 是也。所謂白光飛躍之現象，自非天空星體之飛躍，乃極細微之物質，以非常之速度，入我地球蒙氣之中，因與蒙氣相摩擦，遂減其速度而發熱；因高熱之故，遂熔解或蒸發而飛散於空中也。約起於一公里之

高空，不及一秒而消滅。一時  
 間內流星發現之數，約有五  
 六個。依此推算則地球全體  
 一晝夜約有二千萬之流星  
 發見。其中落至地面，即所謂  
 隕石隕鐵 (Meteorites) 者  
 年約一千。其大小各不相同，  
 小則如豆，大有如美國紐約  
 博物館所存之三十六噸者。  
 如斯無數流星恰如微  
 塵浮游於蒙氣之中，充入空  
 間，偶當地球通路，遂為地球

第一百零四圖 公元一九二二年二月十一日之大流星。



巴黎天文臺泊斯列 (J. Bosler) 氏偶然所攝者。

引力所吸引而至於落下者。其果如何而存在？又如何而發生？實堪注目焉！

其軌道多近於拋物線，與彗星之軌道相類似。精密計算其軌道近日點距離之最大限爲 $1.00$ 天文單位，遂知其與彗星有密切關係。即謂流星乃彗星之物質崩壞，沿其原有彗星軌道而運行者。或謂流星乃形成太陽地球等原形體之殘存者。即謂無數流星相集而成之大集團爲太陽，其小者爲地球等天體。成此大小集團所餘之粉粒，即爲現存之流星。又此殘留流星之中，更成小集團，即爲流星羣。其中有密集之心核者即爲彗星。此說現今尙不能確實證明之。

流星出現之狀態，各有不同。有殘留白煙者，有因飛行中爲旋轉運動而煙亦呈波狀者，有殘留光芒至數小時之久者，有始而下降中途上昇者，有曳長尾如彗星者，有出現後分爲數片，如火花爆發於空中者，千變萬化，不勝枚舉。普通流星出現後常忽失其痕跡，亦有痕跡依然繼續，不易消失者。

流星經過所殘留輝線之原因，亦堪注目。士諾布立 (Trowbridge) 氏曾發燐光於低氣壓下之氣體，得類似於流星尾光之現象。惟於地上五六十哩之高層蒙氣，若與此實驗之條件相同，則流星之尾光，乃因其飛過所生之弱電流或赤熱，使空氣離子化而生者。

流星之出

現，常不分晝夜，

但晝間因日光

之故，見者甚少。

公元一九一五

年二月十三日

晨朝我國舟山

半島有一大流

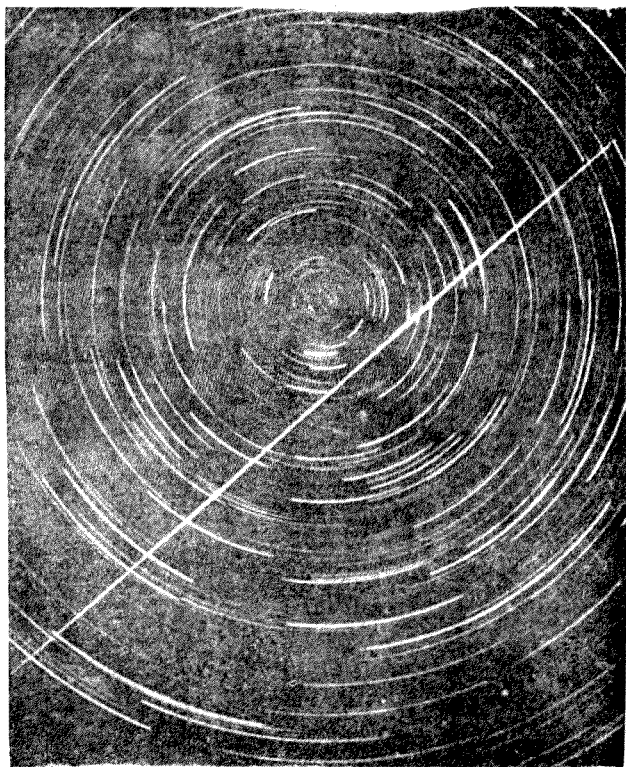
星經過之。依峻

島(Steep Tal-

and) 燈塔管理

人之報告，以爲

第一百零五圖 偶然撮取之流星



公元一九二二年十一月十六日諾奇耶(Norman Lockyer)天文臺諾奇耶氏所撮。因在北極附近之天空，天體之日週運動，亦能現諸片內

係戰艦發射之空雷，後經調查之結果，始知乃一流星之經過。其經路頗爲曲折，即始稍向東方，後飛行於東南方，結果落於拜迪奧島 (Video Island) 附近之海中。其爆裂之音達至遠方。

流星之落於地球乃因地球引力之故，而太陽附近之引力比地球遙大。若由其落於地球之程度推算，則其落於太陽者每秒約一兆個，重約數千噸。有由高熱恆星光譜之變化，謂流星有落於恆星之痕跡者，後加考究，知係錯誤。如斯現象須待他日之研究。

我國關於流星之最古記錄，在公元紀元前六八七年，即春秋莊公七年有「夏四月辛卯夜恆星不見，夜中星隕如雨」。又距此四百年後，約在西紀前三世紀，列子書中有「杞人慮天而廢寢食」。即謂杞人忽見流星之飛躍而懼圓天之崩壞者也。

流星質量之大小，常不相同。其大者如隕石或隕鐵落至地上者約爲數公斤，其小者已於上層蒙氣而消散，僅一公分之幾分之一耳。大小如斯不同，然其平均值果如何耶？又此平均值與流星之數量相乘，即一晝夜落下流星之總質量果如何耶？從來之推算約有三種：

(A) 候失勒及楊古方法——其結果爲一公分之幾分之一

(B) 畢克林方法——其結果爲流星之平均直徑爲一五——一八公分，質量爲幾十公斤。  
(C) 塞夫尼斯 (Humphreys) 方法——其結果爲三公斤。

以上三種方法，皆以流星所發之光量爲根據，但流星發光之際，無容種種想像之餘地，知其狀態頗難，故所推定之結果，多不甚確實。今若利用流星落下對於地球蒙氣之機械的作用，以推定流星之總質量，其結果或能更爲確實。依此方法所得落下於地球之流星總量一秒間爲二萬公斤，比塞夫尼斯所推定之值，約大七千倍。

流星之能發光，使吾人認其存在者，因其與地球上層蒙氣相衝突故。是以吾人若能認其爲流星，其距離必不甚遠，（即比其他星體爲近。）其所以能至近距離者，必在地球遙遠之處，爲某種運動焉。

流星落於地球之上者，乃因地球引力所引之結果。由流星之全壽命言之，其運動於地球引力之圈內者，時間極短。其餘殆常爲太陽引力所支配。其軌道與彗星略同，或爲拋物線，或爲細長之橢圓形。故此流星接近地球時，普通已約有每秒四十公里之大速度。地球運動之平均速度，約爲每秒

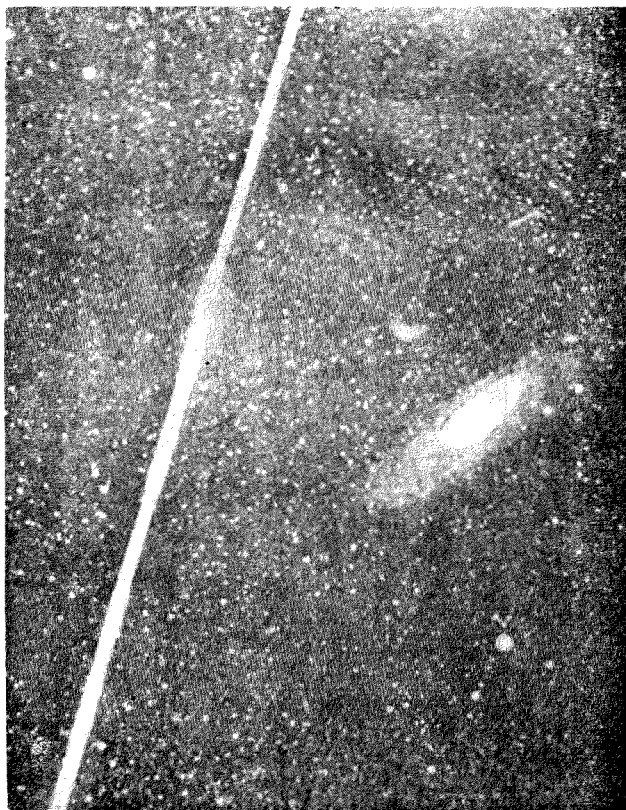
三十公里。故流星若追地球之後而來時，約以每秒十公里之速力落於地球。又由地球之正反對方而向近時，當以七十公里之大速力與地球相衝突。此二種之速力，皆其極端者，且地球表面有蒙氣包圍之，以阻流星之降落，故其實際速度，比此較緩焉。

二觀測者在相距數哩之地方，觀測同一流星時，得知該流星時時之高度。至今日止觀測之結果，多數流星發輝於地上一百三十公里之高空，消滅於六十公里之空間。中有發輝於地下一百六十公里者，又有消滅於三十公里者，然甚稀少。速力之速者發輝消滅於高處，緩者則皆在低空。但有特別流星不消失於空中而落下於地上，即隕石者，通過厚層之空氣，因氣壓與熱之作用，原有之能力，殆皆消失，達至地上之頃，落下較緩，速力約為每秒數百公尺。故落至地上或成深穴，不至使地殼動搖，或尚不能貫通二三尺之積雪者。然於空間因通過蒙氣之結果，常有大音響，且俱雷鳴焉。

斐立司 (Phillips) 依視差法決定公元一八二三年至一八五八年所觀測一百零二個流星徑路始點與終點之高度。其結果得始點及終點平均之高度為一百三十公里及九十六公里。其徑路之長為七十二公里半。鄧林就數十年來時時經驗之遠鏡的流星觀測，謂普通肉眼所見之流星



第一百零六圖 公元一九二三年九月十二日之大流星



布拉克 (Prague) 天文臺克尼泊斯他 (Josef Kleposta)

所攝。

認爲百哩以上者甚少。於遠鏡的流星，若其運動之緩慢及大小與肉眼的流星相同時，其高度必在一千乃至二千哩之間。氏由觀測四個之實例，得其高度爲一千二百六哩乃至一千八百二十哩。

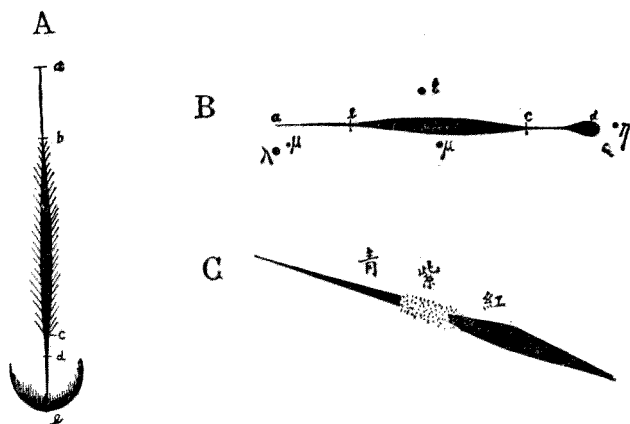
塞哥拉 (J. Sykora) 調查公元一九〇八年八月十一日他司金特 (Tashkend) 伊司堪得 及聽敢 (Timgan) 三觀測之同時流星攝影觀測，以求其運動；依其所說，該流星之光輝，飛行中著有變化，而三所乾板皆有瘤及破裂模樣。精密決定破裂之高度，得尾之極薄弱部分之始點在一百十二公里之高空。約於九十八公里處光輝急強，八十八公里及八十五公里時光輝最強，達至八十三公里處驟減其光度，八十一公里處恢復原狀，於八十公里七處而消滅。

普通流星光如恆星。以大遠鏡窺之，常見微光之流星。其大者有比金星及月更輝明者，然甚稀少。一般流星之光輝，上下殆無一定限度。其色或白或青，或帶赤光。其大者或時間之長者，由其發現至消滅間，光與色常有變化。例如第一百零七圖(A)乃公元一九二九年三月十八日之一火球。其出現時光度約爲一等星之二倍。 $\alpha$  間爲淡青白色， $\beta$  間爲濃赤色，燃燒後殘留灰色之痕， $\gamma$  間爲淡赤黃色，殆將消滅。至  $\delta$  間復又燃燒而爲濃赤黃色(B)乃公元一九二九年八月二十七

日之一大流星。e<sub>1</sub>間為青白色，光如木星。g<sub>1</sub>間色亦青白，後部雜以紫色，光約為滿月之二倍。c<sub>1</sub>間亦青色雜以紫色。最後圓部則紫色較盛，光約為滿月之一倍半。(C)乃公元一九三二年十一月十六日晨前三時五十三分出現之獅子座流星。(著者在保定農學院所測，)星等約為金星三四倍。色分青白，紫，紅三部，甚為美觀，狀如火焰，約半分鐘始滅。

流星常為突發的現象，若靜待以研究其光譜者甚為困難。哈佛大學校畢克林氏等當攝取星體光譜時，偶得流星之光譜，誠為幸事。其他尚有二三觀測流星之眼視光帶者，綜合其結果，知流星之主

第一百零七圖 流星之色



要光輝乃白熱固體所出之連續光譜。其他尚有鈉、鎂、鋰、鈣等輝線及碳化氫之光帶等，由此方面言之，流星亦與彗星相類似。

一定時間中，流星出現之數目，依觀測者之注意而異。普通每時約見三四個乃至二三十個。一年中所見之數目，又隨季節而不同。鄧林由公元一八六六年至一九一一年間觀測之結果，一年中各日每時所見流星之平均值如下表所示。此表數值多依公元一九〇〇年以前之觀測，是時流星最盛者為八月七日。又當作此表之際，公元一八六六年十一月十三日，一八七二年十一月二十七日及一八八五年十一月十七日之流星雨，均未列入。

流星每時平均日擊數（據鄧林氏）

日	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
1	18	8	7	7	7	6	8	20	15	13	12	9
2	28	7	6	8	6	5	7	19	14	14	12	9
3	12	7	7	8	6	6	8	19	13	14	13	10
4	9	6	8	7	7	6	9	21	12	14	14	11
5	10	6	7	7	6	7	9	22	12	12	12	13

6	9	6	6	8	5	8	24	14	13	13	13	13
7	8	7	7	6	5	8	27	13	12	13	13	12
8	7	7	7	7	6	9	24	12	14	14	14	14
9	7	7	7	7	6	9	48	12	13	14	14	14
10	7	6	8	8	6	10	69	13	14	15	15	22
11	8	6	8	8	6	10	48	12	14	16	16	23
12	8	7	8	8	6	11	30	13	15	17	17	19
13	8	7	8	8	6	11	22	14	16	20	20	19
14	9	8	9	9	6	12	20	15	17	21	21	16
15	8	8	8	8	6	12	18	15	21	18	18	17
16	9	8	9	9	5	13	17	15	20	17	17	10
17	9	8	10	9	5	13	16	14	21	16	16	9
18	9	8	9	7	5	14	15	13	21	15	15	9
19	9	9	8	8	6	15	15	14	20	14	14	9
20	10	9	9	9	6	16	16	15	19	15	15	8
21	9	8	7	7	6	16	16	17	18	16	16	10
22	8	8	9	10	6	17	17	16	17	15	15	10
23	7	8	8	8	7	18	19	16	17	16	16	10
24	6	8	8	8	7	19	19	15	16	16	16	8
25	6	8	8	8	6	20	20	14	16	14	14	8
26	6	8	8	8	6	21	21	13	15	15	15	9
27	7	7	7	7	6	23	20	14	14	14	14	8
28	7	7	7	7	5	25	19	15	15	15	15	9
29	7	7	7	7	6	27	20	13	16	14	14	9
30	6	7	8	8	6	26	19	14	15	13	13	10
31	7	8	8	8	7	29	18	15	14	12	12	9

據西密特及鄧林二氏之統計，一人一時間內得視之流星數，如下表所示。由此表得知一年中所視之流星數目，隨季節而異。猶以七八兩月為最多。蓋是時特殊流星羣正與地球相接近故也。

每人一時間得視之流星數

	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
西密特	13	6	11	12	9	9	18	25	12	18	17	18
鄧林	9	7	8	7	6	7	14	24	14	16	15	11

一日中所視流星之數，又隨時刻而異。據克尼烏爾（Coulvier Gravier）及西密特兩氏之觀測，每時間流星之平均數如下。由此表得知夜半後所視流星之數較多於夜半前。蓋地球自轉之結果，夜半以後之土地皆向地球公轉運行之方向，其與橫行空間之流星體相逢之機會自然較多。

### 每時間流星平均數

時 間	克尼烏爾	西密特
1—2	13	16
2—3	17	18
3—4	16	18
4—5	14	19
5—6	14	15
6—7	13	—
17—18	7	4
18—19	6.5	5
19—20	7	6
20—21	6	7
21—22	8	8
22—23	8	9.5
23—24	9.5	12
24—1	11	14

由地球上—地方所視之流星平均值推之，一晝夜間全地球表面約有二千萬流星出現。若流

第一百零八圖 公元一九二七年六月二十九日遼寧  
瀋陽所見之大流星



宇  
宙  
壯  
觀

二  
七  
四

圖乃是廿二十三時五十一分偶然所攝，位在逐蛇天蠍兩座之間



星落下於地球上，留有氣體或固體之物質者，則地球質量亦日約增加二百萬噸。地球上層一百公里之空中，有始終由東向西之氣流，乃因無數流星落下，而使地球之蒙氣生一種後退力也。

## 第二節 流星(二)——流星羣 彗星與流星之關係

流星多成羣而現於空間，屬於同一羣之流星，皆並行運動於空中，觀者視如由天空一定點放射於四方者。此流星羣所放射之一定點，謂之輻射點 (Radiant point)，如斯輻射點已發見者至今全天達數千個。中以每年八月所見之英仙座流星羣及十一月所見之獅子座流星羣爲最著。

每年四月二十日左右，有輻射點在天琴座 (Lyra) 與武仙座之境界線之流星羣，謂之天琴座流星羣 (Lyrids) 以一八〇三年所見之大流星雨爲最盛。其後無甚大出現，一九二三年起其數復增多。

此流星羣出現最多之日期爲四月二十一日，其前後二三日間，自然亦有些許出現。根據各國觀測之記錄，出現日期由四月十日至二十七日間，此流星羣之輻射點，似乎漸次移動，惜至今無充

分之觀測。鄧林氏依公元一八七三年至一九〇四年間之觀測材料，共一百八十六個流星，算定此流星輻射點之移動如下。

日期	赤經	赤緯	日期	赤經	赤緯
4月15日	263° 30'	+ 33°	4月21日	271° 00'	+ 33°
4月16日	264 45	+ 33	4月22日	272 15	+ 33
4月17日	266 00	+ 33	4月23日	273 30	+ 33
4月18日	267 15	+ 33	4月24日	274 45	+ 33
4月19日	268 30	+ 33	4月25日	276 00	+ 33
4月20日	269 40	+ 33			

公元一八〇七年二月烏伊司 (Edmond Weiss) 氏選若干橢圓軌道之彗星，求其通過地球軌道最近之日期。其結果得知公元一八六一年第一彗星四月二十日在降交點附近 0.002 天文單位以內。比拉彗星十一月二十八日頃亦於降交點附近 0.018 天文單位以內。氏由已刊之流星記事中，知四月二十日頃有天琴座流星羣，十一月末有仙女座流星羣。是即烏伊司氏發見天琴座流星羣與公元一八六一年第一彗星之關係。

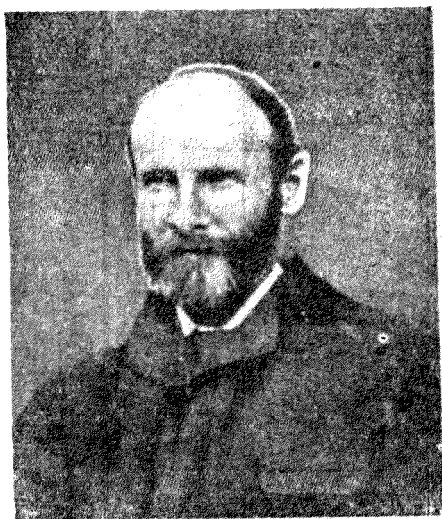
由軌道要素確定天琴座流星羣與公元一八六一年第一彗星之關係者為迦爾氏。氏曾假定

天琴座流星羣之軌道爲橢圓，而半長軸則採用公元一八六一年第一彗星所決定之要素如下表第一行所示。是表第二行乃彗星之軌道要素。最後三行乃可立干 (S. J. Corrigan) 氏所計算。輻射點得由表中十八、十九、二十等日決定之。迦爾所用之輻射點乃引用候失勒氏所定者，可立干則用鄧林之六個，十個，十四個之結果，故較爲正確。

### 天琴座流星羣軌道要素

輻射點	$\alpha$	1861I 彗星		$\alpha$	1861I 彗星		$\alpha$	1861I 彗星	
	$\delta$			日期			$\delta$		
	277.5°			260.0°			267.0°		
	+ 34.6			+ 33.5			+ 33.0		+ 33.5
	4月20日			4月18日			4月19日		4月20日
近日點黃經	236°	243°	42'	255°	42'	288°	54'	240°	34'
昇交點黃經	30	30	16	29	05	30	04	81	03
軌道面交角	89	79	46	71	21	77	29	81	29
近日點距離	0.955	0.9270		0.8478		0.8944		0.9270	
是軸之對數	1.746	1.746							
離心率	0.9829	0.9835							
相對的速度		30 m/s		28 m/s		29 m/s		30 m/s	

第一百零九圖 鄧林氏——流星學之權威者



(公元一八四九年生，一九三一年六月九月死)氏之一生，盡力於流星之觀測與研究者約半世紀之久。為稀世之流星大王。

天琴座流星羣之古代紀事，依

比奧 (Biot) 之記載已始於公元紀元前六八七年及十五年，即於中國年代記 (Chinese Annals) 中，關於前者，比奧記之曰『夜雖晴而恆星不見，夜半星落如雨』。關於後者，則記為『夜半後星隕如雨，長約由十度乃至二十度，連續反覆數次，不達地上而消滅。』

迦爾氏由美國天文學者奈端之論文中，研究古來屬於天琴座流星羣之大流星雨如下表中  
 \* 號所示者。其餘乃奈端對於四月中之其他流星雨記載，若亦認為天琴座流星雨，則其軌道之交角為七十度以上，似為不合。

### 天琴座流星羣古代出現日期

出現日期			記載者	出現日期			記載者
年	月	日	Biot	年	月	日	Biot
687	3	16	Biot	934	4	18	Chasles
*公元前	3	25	Biot	1000	4	4	Biot
15	4	9	Biot	1008	4	2	Chasles
401	4	6	Chasles	1009	4	16	Chasles
538	4	31	Chasles	*公元	3	9.6	Chasles
*公元	3	4(?)	Chasles	1093	4	10	Chasles
582	4	13	Chasles	1094	4	9.6	Herrick
*公元	4	29	Chasles	1095	4	10	Herrick
590	3	17	Biot	1096	4	10.6	Herrick
*公元	4	1	Chasles	1122	4	11	Chasles
741	4	17	Biot	1123	4	19.6	Herrick
839	4	17	Chasles	1803	4		
839	4	1	Biot				
840	4	1	Chasles				
927	4	17	Biot				

公元一八〇三年出現之天琴座流星羣，美國東部皆能見之。公元一八三六年希烏立克 (E. C. Herrick) 之刊物中有公元一八〇三年四月二十三日佛基尼亞雜誌 (Virginia Gazette) 最初所載者曰『流星電火的現象在水曜日朝，出現於烏里曼 (Richmond) 及其附近地方。視之者皆甚驚駭。上午一時至三時落如火箭。流星似由天之各點落下者，中有具火尾者，照耀天空之

距離頗廣，猶以由天頂落下之中，有形似直徑十八英寸之球形者，輝耀全天約數秒間……」又有謂十五分間，現一百六十七個流星者。

至於輻射點，希烏立克決定其爲赤經二百七十度，赤緯北四十五度（公元一八三九年四月十八日）。同年其他美國觀測者亦得同樣之結果。由公元一八三五年至一九二二年間，平均一小時僅現數個。公元一九二二年四月二十一日歐洲東部出現頗盛，有一分鐘能見一個以上者，光度亦大。

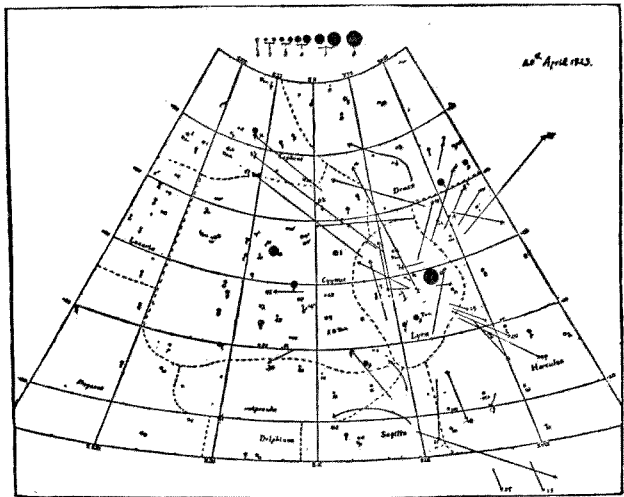
至於出現週期，至今尙未能確定。公元一八六一年第一彗星之週期爲四百十五年，即天琴座流星羣之出現週期耶？然公元一四六六年及一〇三一年皆無流星雨出現之記載，是以吾人不能豫知之。

公元一九一四年何梅伊司特（Hoffmeister）根據最近觀測，用新方法以研究速度。若其觀測結果爲正確，則此流星羣以顯著雙曲線速度週轉太陽。然有某系統的誤差，故氏自身亦感其結果有誤謬。

每年四月二十九日至五月八日之間有一流星羣，是爲寶瓶座流星羣 (Aquarids)，以五月四日至六日間出現最盛。其輻射點爲赤經二十二時三十二分，赤緯南二度，在墳墓三（寶瓶座  $\eta$  星）附近。

此流星羣於公元一八六八年有疑與哈雷彗星相類似者，但烏伊司氏立證其爲錯誤。公元一八七六年候失勒復指摘此流星羣與哈雷彗星相似；並定五月四日其近地球爲  $\odot \cdot \odot$  六天文單位，而其赤經爲

第一百一圖



公元一九二三年四月二十日美國觀測之天琴座流星羣

三百三十七度，赤緯爲零度。

公元一八七〇年他曼（Colonel Tupman）巡行地中海時，發見此流星羣與哈雷彗星之關係。氏得是年五月一日至三日之輻射點爲赤經三百二十五度赤緯南二度半。此輻射點約在算定彗星輻射點偏西十餘度。

公元一八七八年五月四日哥德（H. Corder）僅由三個流星得其輻射點爲赤經三百三十四度，赤緯南一度；後氏加其他四月至五月所測之三個流星，得赤經三百三十四度，赤緯南五度。如斯在一流星羣中，僅加以三星而赤緯變四度赤經不變者，似甚奇異。鄧林於公元一八九九年著書中，關於此流星羣輻射點之最後結論如下表所示。其中所載以他曼所得之結果，最爲精確。又候失勒氏依公元一八九四年及一八九九年五月一日至十日間所測之五個流星（中有四個係公元一八九九年所測）得輻射點之赤經爲三百三十五度，赤緯爲南一度。又依公元一九〇〇年五月一日至七日間所測三個流星，得第二輻射點之赤經爲三百三十九度，赤緯爲南二度。



寶瓶座流星羣輻射點

號數	輻射點		出現日期	流星數	觀測者
	赤經	赤緯			
1	°	°	年 月 日 1871 4 29	個 8	他曼
2	335	-9	1870 4 29 5 } 度	45	(意大利)
3	325	-3	1870 4 30	15	他曼
4	337	-2	1886 4 30 5 } 度	11	鄧林
5	334	-5	1878 4 } 度 5 } 間	6	哥德
6	339	-5	1892 5	6	哥德
7	338	-2	1895-6 5 1-4	5	哥德
8	325	-2	1870 5 2-3	13	他曼

公元一九一〇年奧利巴 (Oliver) 得五月四日及十一日之優良輻射點，各輻射點之拋物線要素亦已算定。氏謂寶瓶座流星羣與哈雷彗星之關係至此始得確實證明焉。氏所用輻射點凡八，乃由公元一九一〇年至一九一三年所得者。其計算之法有二。一設流星爲拋物線軌道；一設爲橢圓軌道，其長軸與哈雷彗星相同。此流星軌道雖不能近地球軌道至四〇〇〇〇〇哩，且不能絕對與彗星相一致，然其要素之相似，得知此流星羣與哈雷彗星之關係無疑。

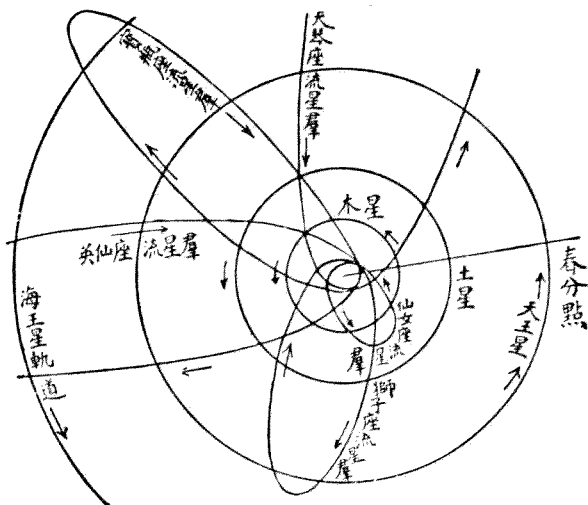
何梅伊司特氏根據公元一九一〇年至一九一一年之觀測，算定寶瓶座流星羣之拋物線的軌道與哈雷彗星之軌道相對照，知其差異之主點，僅爲交軌點之黃經。若調和之，則兩者恰相一致。此點不能以流星輻射點觀測之誤差解釋之，故此流星羣必與哈雷彗星有密切之關係。

公元一九一五年五月六日威爾遜夫人觀測此流星羣光如木星，由東向西，經長大之弧形而消滅。鄧林計算其高度爲六十九哩，乃至五十九哩，每秒約以四十哩之速度飛行於八十哩以上之高空。輻射點爲赤經三百三十九度，赤緯南二度。又五月三日觀測其小者高爲四十八乃至四十哩，輻射點爲赤經三百三十五度，赤緯南二度，此可爲證明此流星羣與哈雷彗星關係之新材料。

每年七月二十八日至三十一日出現最多之寶瓶座流星羣則在 $\delta$ 星附近，其輻射點爲赤經二十二時三十六分，赤緯南十一度，不如五月流星羣之顯著。

一年中以八月出現之流星數爲最多，一七六二年馬生布律克 (Muschelbrock) 氏已指摘之。張伯司 (Chambers) 氏曾取八萬二千一百五十六個流星按月統計之，知七八兩月已超過全年之半數。此因英仙座流星羣 (Perseids) 出現之故。此流星羣每年由六月下旬或七月上旬起，繼續出現至八月下旬止。現今出現最多者爲八月十一日至十三日之

第一百十一圖 著名流星羣之軌道



間。一小時內約出現數十乃至數百個。輻射點由赤經三度，赤緯北四十九度起。漸次變化至赤經七十六度赤緯北五十七度左右。飛行迅速，多殘痕跡。

## 每月流星之百分率

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
百分率	3.4	2.2	2.1	6.8	2.6	2.9	12.1	38.1	5.1	8.3	11.3	4.9

依斐立司氏之計算，此流星羣之流星出現點平均高度爲一三三·一公里，消滅點平均高度爲九五·五公里，徑路平均長七二·〇公里。而鄧林氏依同時觀測法，由此流星羣七十六個流星，得其出現點平均高八一·二哩，消滅點五三·四哩，徑路之長爲四七·八哩，速度爲三八·八哩。

鄧林氏由十年間之觀測，知此流星羣出現數目，常有變化。例如公元一九〇一年於六·七五時間內得一百零四個，一九〇七年於六時間內得一百零一個，一九〇九年四時間內得七十九個，一九一一年二時間半內僅得三個，一九一二年三·七五時間內得十四個。至其衰弱原因，固與天氣有關，然與一八七四年四小時內觀測二百五十二個及一八七七年五小時內之二百八十五個

相比較當有其他原因存在焉。

彗星乃如流星物質合成之推測，雖始於公元一八五〇年頃，實際證明其關係者爲公元一八六六年斯克亞巴列里 (Schiaparelli) 觀測此流星羣之後，由其輻射點之變化，計算流星羣運行之軌道，偶然發見其與公元一八六二年第三彗星相類似。此彗星乃是年七月十五日司伊夫氏所發見，八月二十二日通過近日點。八九月映於肉眼者約二三星期之久。八月二十七日具二十五度之尾。依奧波爾奈 (Oppolzer) 之計算，乃以一百二十三年之週期，運行於細長之橢圓軌道上。此彗星之軌道於八月十二日頃接近於地球軌道，故每年於此時期，運行於彗星軌道上之微小物體，入蒙氣中，遂成英仙座流星羣。因軌道上流星物質之分布大概相同，故每年出現之數均甚顯著。而在軌道之橫方向，亦有流星物質之存在，故前後四十餘日間亦得觀測之。

此流星羣之古代記錄，研究之者頗多。茲就奈端所集之表，列之於下。表中由一至十確係英仙座流星羣，自十一至十五則未論及之。吾人已知七月末乃寶瓶座流星羣出現之期，故十二及十四或即該流星羣之著者，而十一，十三及十五則難判斷。

英仙座流星羣古代紀錄

號數	出現日期	記載者	號數	出現日期	記載者
1	公元 830 年 7 月 26 日	奧與奧與奧與	9	公元 1243 年 8 月 2 日	希烏立克
2	833 年 7 月 27 日	奧與奧與奧與	10	1451 年 8 月 5 日	奧與奧與
3	835 年 7 月 26 日	奧與奧與奧與	11	36 年 7 月 25 日	奧與奧與
4	841 年 7 月 25 日	奧與奧與奧與	12	784 年 7 月 14 日	奧與奧與
5	924 年 7 月 26-28 日	奧與奧與奧與	13	1022 年 7 月 28-30 日	查斯頓
6	925 年 7 月 27-28 日	奧與奧與奧與	14	714 年 7 月 19 日	奧與奧與
7	926 年 7 月 27 日	奧與奧與奧與	15	865 年 8 月 5 日	奧與奧與
8	933 年 7 月 25-30 日	奧與奧與奧與			

公元一八三七年美國斯耶夫特(G. C. Schaeffer)氏由八月九日之觀測，決定此流星羣之

輻射點約為赤經五十五度，赤緯北六十度。是為決定英仙座流星羣輻射點之第一人。然此輻射點有二顯著性質，一乃輻射點有廣大之面積；一乃出現期間中，輻射點之位置逐漸移動。關於前者斯

克亞巴列里謂主要輻射點之近傍，更有從屬的輻射點 (Parasitical radiant) 存在。奧皮克

(Pick) 為求公元一九二一年八月十日及十二日英仙座流星羣輻射點面積之中心起見，以五

英寸遠鏡觀測流星，得十五個之徑路。由十二日所測之十四個流星決定二輻射點，即由其中五個

得輻射點爲赤經四十二度五十分，赤緯北五十八度十五分。由其餘九個得赤經四十度，赤緯北五十五度三十五分。而輻射點之面積，前者爲  $3.3 \times 1.3$  之橢圓形，後者則爲  $5.7 \times 2.2$ 。

公元一八六一年英仙座輻射點之位置

日期	赤經	赤緯	日期	赤經	赤緯	日期	赤經	赤緯	日期	赤經	赤緯
月 7			月 7			月 8			月 8		
日 15	15	+49	日 24	24	+52	日 2	34	+55	日 11	45	+57
日 16	16	49	日 25	25	53	日 3	25	55	日 12	47	57
日 17	17	50	日 26	26	53	日 4	36	56	日 13	48	57
日 18	18	50	日 27	27	53	日 5	38	56	日 14	50	58
日 19	19	51	日 28	28	54	日 6	39	56	日 15	51	58
日 20	20	51	日 29	29	54	日 7	40	56	日 16	52	58
日 21	21	51	日 30	30	54	日 8	42	57	日 17	54	58
日 22	22	51	日 31	32	54	日 9	43	57	日 18	54	58
日 23	23	52		33	55	日 10	44	57	日 19	56	58

士因林 (A. C. Twinning) 觀測，公元一八五八年至一八六一年間之英仙座流星羣，知公

元一八六一年八月十日至十三日間輻射點之移動狀態。然關此問題下決定的斷定者乃鄧林氏。

氏由其觀測知其輻射點每夜沿規則的曲線而移動，並知其赤經由出現日起逐漸增加至八月二

十日終始止。氏最初之注意為公元一八七七年。

最初研究此流星羣之軌道乃泊加斯諾司極

(Boguslawski) 氏。以公元一八三八年八月十日之觀

測為基礎，求五個拋物線軌道。其後埃爾曼(A. Erman)

丹尼爾，加克烏德，士因林，奈端，斯克亞巴列里等皆研究

此流星羣之性質及軌道。至公元一八六六年終，斯氏發

見其與公元一八六二年第三彗星有密切關係。氏由公

元一八六六年八月九日至十一日之觀測，得輻射點為

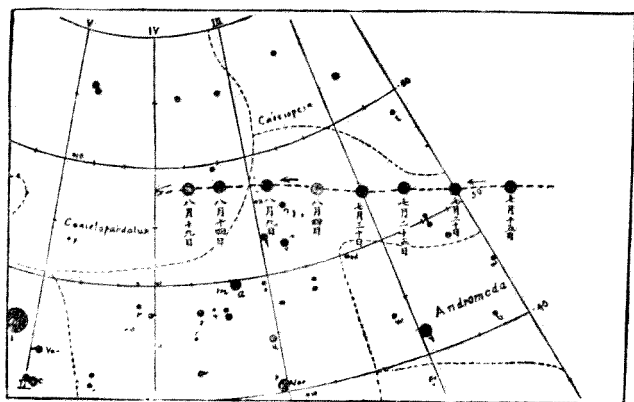
赤經四十四度，赤緯北五十六度，且推定是年出現最多

日期為八月一〇・七五日。其軌道要素與公元一八六

二年第三彗星之軌道要素相比較，則完全符合。遂得最

初證明流星羣與彗星之關係。

第一百十二圖 英仙座流星羣輻射點移動之狀態





英仙座流星羣軌道要素

軌道要素	Persids	Comet 1862 III
近日點日期	7月28.62日	1862年8月22.9日
近日點黃經	8月10.75日	344°
近日點黃經	343°	41'
近日點黃經	138	137
近日點黃經	115	113
近日點距離	0.9643	0.9626
週期	108年 (?)	121.5年

公元一八六二年第三彗星出現時，流星之數比其前後年為多。彗星之週期為一百二十年，次回出現日期約為公元一九八〇年，故現今該彗星正運行於遠日點附近。由上事實言之，此流星羣得謂為老期流星羣。流星分布其軌道全部，而與軌道垂直之方向亦復不少。

公元一九一一年八月九日至十二日多巴特地方某觀測者測此流星羣流星一百二十二個。最盛者為八月十二日。徑路或為曲狀，或為波狀，或二三相並而平行者。輻射點之平均位置為赤經四十四度半。赤緯北五十六度半。發光點及消滅點之高度為四〇·五——一〇三·六公里。

公元一九一七年八月十一日鄧林氏於四時四十分間，觀測流星凡二百十九個，其中屬於英仙座流星羣者凡一百九十五個。光輝大如金星者四，如木星者九，如一等星者甚多。輻射點爲赤經四十五度，赤緯北五十八度。最盛時每分間約現一個以上。

公元一九一八年鄧林觀測之結果，知其數目逐日增加。八月八九兩日二小時半觀測二十個，十日四十五分間得三十一個，十一日陰天未測，十二日二時四十五分間觀測九十六個。其最盛日期當在十一日之夜。輻射點位置，每夜皆向東北移動。其散漫之廣，幾不能謂爲點，其直徑竟在六七度以上。

公元一九一九年，鄧林觀測之結果，知其輻射點比往年更形散開，且逐日向東北東移動。光輝最強者約爲負四等。其高度爲七十六哩，乃至五十一哩。

每年十一月九日至二十日間出現之流星羣，謂之獅子座流星羣 (Leonids)。公元一七七九年及一八三三年十一月出現最爲顯著。白耳其天文學者邱迪黎 (Quetelet) 曾作此流星羣從來出現表；北美天文學者奈端氏調查其週期性，得其週期爲三十三年四分之一，並預言公元一八六

六年十一月復有如斯流星雨出現。此流星羣當公元一七六六年、一七九九年及一八三三年時曾有三次異常之星雨奇現。當時觀象有不信明日之天空，尙能留得一星之感。公元一八六六年雖已稍衰，但格林維基天文臺在十四日晨尙測得每分鐘有到一百二十餘顆者。至公元一八九九年之回歸則已平淡無奇。法國因天氣不佳，有人乘氣球上升，在十一月十六日晨一時至五時之間，祇見流星二十三個，而屬於獅子羣者僅十一個。

海王星發見者亞當斯氏於公元一八六七年假定其週期爲三十二年四分之一，計算此流星羣之橢圓軌道。是時斯克亞巴列里發見八月英仙座流星羣之軌道與公元一八六二年第三彗星之軌道殆相一致；亞當斯所計算之獅子座流星羣之軌道則殆與公元一八六六年第一彗星之軌道相一致。於是確認彗星軌道與地球軌道相接近時，構成彗星之物質突進於蒙氣中者爲流星；多數成羣而來者呈流星羣或流星雨之現象。

獅子座流星羣

1866 I 彗星

週期

33.25 年 (假定)

53.18 年

半長軸

10.3402

10.3248

離心率	0.9047	0.9045
近日點距離	0.9855	0.9765
軌道面交角	163° 14'	162° 42'
昇交點黃經	231 28	231 26
近日點引數	6 5	9 2

調查獅子座流星羣古代之記錄，得知自公元九〇二年至一六九八年間回歸十四次。出現日期皆改爲格曆觀之，則知九百三十年間出現日期約遲二十四日。此乃其間春分點約移動三十度。及因木土天王各星攝動而起昇交點之推移之結果。勒威耶謂此母彗星於公元一二六年接近天王星而取現今之軌道，然公元九〇二年以前無此流星羣出現之記錄。

我國古代關此流星羣之記錄始於公元九三一年，即五代史司天考載『長興二年九月丙戌衆星交流，丁亥衆星交流而隕。』又於公元九三四年，遼史本紀載『天顯九年九月庚子，西南星隕如雨。』公元一五三二年天文志載『嘉靖十二年九月丙子，四更至五更四方大小流星縱橫交行……』公元一六〇二年又載『萬曆三十年九月辛巳有大小星數百交錯行。』

公元一八三三年此流星羣出現甚多，據奧母司迪（Denison Olmsted）之觀測結果，得結論如下：

- (1) 十一月十三日出現流星之原點在蒙氣範圍以外。
- (2) 流星出發點約在地上高二三三八哩。
- (3) 流星爲重力所攝引而落於地球。
- (4) 流星乃直線落下，在可想像距離內，彼此殆相平行。
- (5) 流星入地球蒙氣時，速度約爲每秒四哩。
- (6) 流星含有燃燒物質，發火消滅於蒙氣之中。
- (7) 有具巨大體積者。
- (8) 流星爲可燃體，乃光及透明物質所構成者。
- (9) 流星塵追地球而繞太陽。
- (10) 其繞太陽之軌道爲橢圓，與黃道面稍有傾斜，遠日點在地球軌道附近。

(11) 其週期約爲六個月。

他那 (Turner) 氏曾發見由一連續觀測記錄，檢其忽然變化存在之方法。例如太陽黑點出現之週期爲十一年，今取十二年之觀測以算其位相。次以第十三年之值代第一年而算之。再以第十四年之值代第二年而算之。如此類推。計算十二次後，記錄爲之一新。後再以第二十五年以下之值，按次換算之。若記錄無何異變，則順次所得位相之值僅稍有變化耳。若位相突起有大變化，必記錄含有突然之變化焉。氏用此方法，就烏爾夫氏每年太陽黑點觀測平均值計算之，發見公元一七六六年，一七九六年，一八三八年，一八六八年，一八九五年有急劇變化。此與獅子座流星雨出現時期甚近，故氏疑兩者之間有何關係存在焉。

獅子座流星羣與黑點自不能有直接關係，僅能想像有一運動週期約爲十一年之流星羣者與黑點週期以影響焉。如斯則其軌道長軸約爲十，與土星軌道之長軸相近。又此流星羣之近日點距離極小，軌道殆爲一直線。其近太陽之端，速度極大，在遠日點附近之速度極微，故受其他星體之影響甚大。設遇獅子座流星羣之軌道於遠日點，則甚受獅子座流星羣之影響而變其週期。氏詳細

考察，公元一七六六年，一七九九年，一八六六年及一八九九年獅子座流星羣之出現，知週期之變化，得依其與獅子座流星羣之突衝解說之。此流星因與土星之衝突，由獅子座流星羣或土星之環，分出而消失；得計算衝突所分出質點之速度爲極小。又環之質點與獅子座流星羣之質點乃同速反向者。

又根據獅子座流星羣與土星之週期，於公元二七一年或三〇一年有如最初分出者；此乃假定獅子座流星羣質量甚大之結果。此假定由種種現象視之，皆得謂爲正當。如公元一八六四年土星位置之誤差，得由此說明之；若果如斯，則地球及月亦受獅子座流星羣之影響。紐康 (Newcomb) 氏所示太陰運動之誤差，亦得依此流星羣之出現說明之。而水星近日點運動理論之誤差，亦非不能以此說明之者。又黑點之赤道加速運動之說明，亦得謂爲逆行運動之流星羣突入太陽面而生者。沙母遜 (Sampson) 對此學說加以反對。其要點謂按他那所說，則獅子座流星羣之質量當爲莫大，且據流星羣之軌道則羣與土星無衝突之機會也。

公元一九一六年但白勒彗星 (即 1866 I 彗星) 在遠日點附近，故此流星羣不甚顯著。據鄧林

之報告，十一月十五日一小時內約見一個。十七日威爾遜夫人於三小時內，觀測此羣流星七個，皆由輻射點赤經一百五十度，赤緯北二十二度所發出者。此位置與普通十一月十四五日所輻射者相一致。

公元一九一七年十一月十六日奧立比亞 (Oribia) 於一百六十八分間觀測流星三十六個，屬於此流星羣者十六個。其輻射點乃以赤經一百五十二度赤緯北二十三度三為中心之  $\alpha$ 。× $\gamma$ 。之小面積內。十七日於一百四十分間觀測流星十九個，屬於此羣者僅四個，其輻射點與前日無大差異。

公元一九二〇年十一月十五日至十六日亞當母遜 (Adarnson) 於十小時內觀測流星九十八個，屬於此羣者三十三個。其輻射點為赤經一百五十度赤緯北二十二度。且疾行而留有尾者。金古 (Kings) 於十五日二十三時後觀測三小時內，得此流星羣九個。輻射點為赤經一百五十二度，赤緯北二十三度。

公元一九二八年十一月十八日有一大流星現於赤經一百五十三度赤緯北十三度至赤經



一百五十一度半赤緯南八度之間。此流星由出現至赤經一百五十三度赤緯南一度間，以十分之三秒而直進，於是點而分裂。至消滅點止，光度約爲滿月之三分之一，約二分間殘有長約三度，幅約半度之痕跡，此大流星亦屬於獅子座流星羣者。

公元一九三一年爲獅子座流星羣活躍時期，各天文學者多注意及之。國立中央研究院天文研究所亦準備觀測，但因陰雨，故不能觀測。美國威爾遜山天文臺米立爾 (Paul W. Merrill) 氏於十一月十七日拂曉在尼巴達 (Nevada) 之拉斯葉加司 (Las Vegas) 地方分天空爲四部分。每二人爲各部分流星出現之精確報告；一人通知各流星之出現，他一人記錄時刻及其他特別注意之點。米立爾報告來自天頂附近之流星。四時四十五分開始計算，在二部分所見者至少有六十個，就一小時之數目言之，此二部分當爲一百二十個。此流星雨多僅數秒鐘而消失，但有數分鐘而消滅者，有一個發光後四分鐘始滅。有數條紋於流星出現以後，繼續至二三分之久。有一光弧最使米氏覺有興趣者，乃當發光之際，對其原有路徑灣成直角，後回返現成十字狀焉。

金司泊利 (M. John A. Kingsbury) 於是年十一月十六日晨在傑司希爾 (Catskills)

山頂與十友人共同觀測此流星羣。此十一觀測者，分觀天空各部，記載流星數目，其結果共計二千五百八十六個，奧利巴亦爲觀測者之一，氏計得二百六十六個。氏謂『六十年來最美觀者。』又謂『許多輝煌火球，拖有長尾，射過空中；中有二個曳奇異長尾，各於十二分鐘而消失，其餘有於一分乃至五分而消失者。』

是年十一月十六日奈素（J. J. Nassau）在克尼夫南（Cleveland）地方由晨前一時至六時間共計流星一百個，由雙子座及獅子座之間輻射而出。又是日哥倫比亞大學（Columbia College）學生七人在詩奧伯特（Rev. J. Theobald）教授指導之下，於六小時內測得二百八十九個，在晨前四·四五時（10·45 D. T.）最大數目爲每小時九十個。此流星出現約在英國布嬰持（Prentice）及金古所測十八小時之前。

公元一九三二年爲我國對於獅子座流星羣出現最注意之一年，天文研究所曾於報紙上加以種種說明與豫告。故各地方觀測者頗多，惜其數目不甚顯著焉。著者是年曾在保定從事觀測，結果亦少。即十一月十六日晨前二時四十五分至四時十五分止，觀測凡一小時半，共得流星十八個。

十七日晨前二時三十分起至四時十分止，觀測凡一小時四十分，共得流星二十九個。

南京天文研究所觀測結果，是年十一月十四日晨零時十五分至四時止，只見六個，且不盡屬於此羣。十五日雲陰不見。十六日晨二時十五分至三時半在鼓樓測見七個。四時二十五分至六時五分測見十九個，其中三個留有尾跡，存留時間在二秒鐘以內。又二時至四時止在明故宮附近測見二十一個。十七日晨一時至六時五分該所職員四人輪流在鼓樓測見流星六十八個，平均約四分鐘發見一個，最多時亦不過一分鐘內出現二個。所測各星除三個確非本羣外，其餘之輻射點皆近於獅子座及雙子座之間。其中六個留有尾跡，但存留時間均在一秒以下。光色除五個顯紅黃色外，其餘均白或微帶青黃。又十八日晨三時三十分至六時共測見十個。

是年英國僅布嬰持從事觀測，氏於十一月十六日晨五時至六時測得流星二十個。十一月十五夜，美國洛威爾天文臺於亞利奈（Arizona）地方由雲間窺到數個輝煌流星，因知是早流星為美國方面所發現之最盛者，但陰雲密佈，故未能計算其每小時之數目。其他地方亦有觀測報告，但皆不甚多，可知此流星羣出現之數，必甚衰弱焉。

公元一九三三年天文

研究所仍準備觀測，十一月

十七日著者由晨前一時至

五時間觀測流星十五個，屬

於獅子羣者僅八個。同日晨

前二時四十分至六時間他

一觀測者，共測二十六個，屬

於本羣者二十個。十八日晨

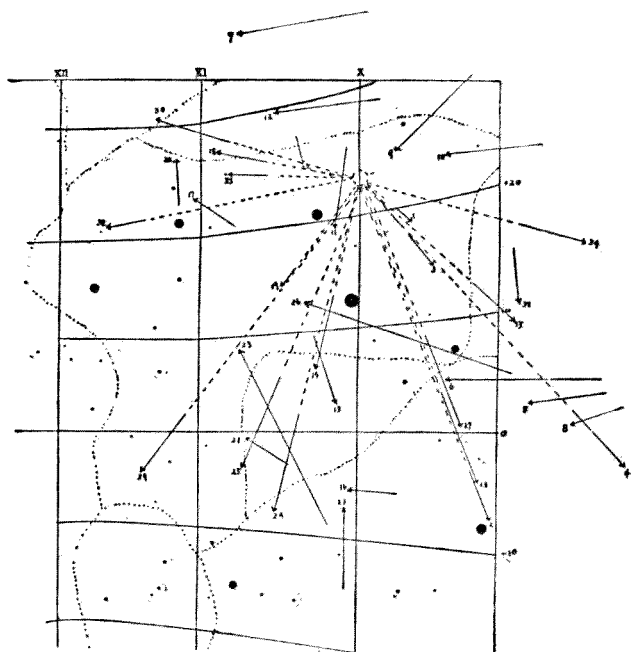
前一時至五時，著者共測三

十四個，屬於本羣者十九個。

他一觀測者於同時時間內，測

見三十七個，屬於本羣者二

第一百十三圖 公元一九三三年十一月十八日獅子座流星徑路圖



(著者在南京觀測)

十六個。又一觀測者由二時至六時間共測四十一個，屬於獅子羣者僅二十四個。由此觀之，得知是年獅子座流星羣之數，亦不甚多。

每年十一月二十日至三十日間出現之流星羣，是爲仙女座流星羣（Andromedes）以十一日至二十三日出現最盛。其出現日期，漸次提早。其關聯彗星爲比拉彗星。此彗星於公元一七二二年門他克（Montagne）在法國李莫傑司（Limoges）已由遠鏡窺之。是時其尾爲四分。公元一八〇五年泊恩氏復發見之。公元一八二六年比拉氏發見一彗星，計算其軌道之結果，遂知其乃公元一七二二年及一八〇五年彗星之回歸，遂名之曰比拉彗星。

關於仙女座流星羣與比拉彗星之關係，最初記載可謂爲公元一七四一年十二月七日在皮他司泊克（St. Petersburg）所見之大流星羣。次爲公元一七九八年十二月五日布南迪司（Brandes）旅行德國時，數小時內測見四百個流星。公元一八三〇年十二月七日烏埃奈特（Abbe Raillard）在法國見此流星甚多。一八四七年十二月六日頁伊司（Heis）在德國定其輻射點爲赤經二十五度，赤緯北四十度。復又得赤經二十一度，赤緯北五十四度。

公元一八七二年十一月二十七日歐洲地方觀測此流星羣甚多。有一觀測者於六小時內觀測一萬零五百七十九個。洛烏 (Lowe) 在諾聽韓 (Nottingham) 附近於五小時內觀測一萬四千六百六十五個。鄧維 (P. F. Denza) 在意大利門加利克里 (Moncalieri) 於六小時半內測見三萬三千四百個流星。

公元一八八五年十一月二十七日鄧維於四小時內觀測三萬九千五百四十六個，威爾遜 (Capt. D. Wilson-Barber) 在東經六十度北緯二十五度海中，於半小時內得每分鐘為六百乃至一千個。公元一八八六年奈端集合以上觀測之結果，得結論如下：

- (1) 在一地方，全天每小時約有七萬五千個。
- (2) 流星羣之最密部分，厚不過十萬哩。
- (3) 主要流星羣不逾六小時。
- (4) 在最密部分每邊二十哩之立方體內有一流星。
- (5) 輻射點之面體約為數度。

九十個輻射點之平均值爲赤經 24.54，赤緯 -44.74

按可立干氏之計算，此流星羣之軌道要素如下：

	仙女座羣星羣	比拉彗星
近日點黃經	108° 16'	109° 40'
交點黃經	245 57	246 29
軌道面交角	13 08	12 33
近日點距離	0.8578	0.8606
相對速度	12哩/秒	12哩/秒

流星何以稱羣？又何以必在陽曆之某月某日方可發見？蓋流星雖爲大宇之微塵，而亦非散亂無紀，乃各自爲羣。多遵循彗星軌道繞日而行。有時彗星來回數次後消滅不見，而依附之流星則繼續發見，故雖謂流星爲彗星之遺體可也。流星碎質距太陽之遠近不盡同，則繞行速度亦異，因而漸漸分佈於軌道之上，愈久愈長。終將成爲勻佈之長橢圓形微塵環，但此微塵細碎，平常不可得見。倘此等橢圓軌道與地球軌道斜交處頗相接近，則地球於每年一定節氣（即陽曆一定月日）經過

此交點之處；此時流星若勻佈於軌道，則地球將於每年此日遇見同樣多寡之微塵數。若流星並未勻佈於軌道而成集團，則地球到交點而適遇集團時，將成密集之流星雨；次年地球雖又至交點而集團已過，則將一無所見，必待集團遊行長橢圓軌道一週，回至原處，然後再見流星雨，此週期之所由來也。但事實上多非完全勻佈，亦非完全集團，故平常年份至一定節氣有少數流星發見，至週期之某年則密降而爲星雨。

至流星羣之所以有輻射點，則因流星微塵在軌道上遵同一方向，以高速度（每秒三四十公里）進行，地球適當其衝，則微塵均以平行線射入地球蒙氣中。是時受空氣摩擦生光，遂得測見，而平行路線因透視關係，遂覺似從一點發出。此放射點之方向以及流星之真速度乃算定其軌道之要素。

流星羣至週期之某年，亦有不見其呈流星雨之現象者，如最近豫報之獅子座流星羣是也。至其發見稀疏之原因，約可分爲數端。

（1）星羣本體日漸稀薄。



(2) 集團頗短而行經交點時，在地球過交點之前或後距時頗多。

(3) 軌道受他星牽動而日漸遠離地球。

(4) 地球經過集團不在觀測地點之夜間，或適當陰雲之時。若屬於此原因，則得他地之觀測報告即可判明。

彗星與流星羣軌道及週期之相似者，必因兩體間有密切之關係。其關係果如何耶？雖有種種學說，而以流星羣乃彗星分離物之一說，最爲可信。此由彗星之變化狀態得證明之。例如公元一八八二年九月三日出現一大彗星，其核始殆爲圓形，至十月九日變爲橢圓形。後漸延長，經六日後分裂爲七八個。且有數個彗星的物質所成之雲霧狀物體離彗星而緩進，光輝亦微，終而消失。此附屬物乃彗星過近日點時，由其尾所分離者。蓋此彗星甚近於太陽，近日點距離僅約爲七十五萬哩。且經過近日點時之速度，一秒間運行三百餘哩。以如斯大速度沿太陽面而運行，故其尾之一部飛躍而分離，遂生如斯附屬物。又如一九〇八年九月所視之彗星變化亦烈。十月十六日在彗星頭部約隔三度之處有二大星雲狀之塊，其後方與粗尾相連，翌日此大塊遂消失。

如斯公元一八八二年大彗星之附屬物及一九〇八年彗星所視之二塊星雲狀物質之消失者，離本星而飛入於無限之空間耶？抑依然隨本星而迴於其軌道耶？其一部分自然飛入於空間，而大部分若非受其他星體之攝動，則當仍追本星而進行。如斯無數分離物質追本星而進，經長久年月後漸遠本星，沿其軌道而散布。遂構成流星羣。此流星羣之軌道及其他要點悉與彗星相一致者，決非偶然之事也。

今以流星羣乃彗星分離物所構成者可分為三種：

(1) 由彗星分離後，經長久年月者，散布於軌道之全部，構成流星羣，於每年出現期而現，此種流星之數甚少。

(2) 由彗星分離後，年月不如第一種之久，而較長於第三種者，沿軌道之一部集合成長列。乃週期的，出現期依其列狀之長短而異，連續出現至二三年或十餘年者。其數較多於第一種。

(3) 由彗星分離後，年月不久，密集於軌道之一部，亦為週期的。於出現期出現一次。此種流星之數頗多。

## 主要流星羣表

流 星 羣	出現時期	最多時期	輻射點	
			赤 經	赤緯
	月 日 月 日	月 日	時 分	°
天龍座(Quadrantids)	12 28—1 9	1 3	15 20	+53
御夫座(Aurigids)	2 7—2 23	2 10	5 0	+41
天琴座(Lyrids)	4 16—4 22	4 21	18 4	+33
寶瓶座( $\eta$ Aquarids)	4 29—5 8	5 4-6	22 32	- 2
武仙座(Herculids)	5 13—5 29	5 24	16 36	+30
天蠍座(Scorpiids)	5 — 7	6 4	16 48	-21
人馬座(Sagittids)	6 — 7	7 28	20 12	+24
摩羯座(Capricornids)	7 — 8	7 22	20 20	-12
寶瓶座( $\delta$ Aquarids)	8 18—8 12	7 28-31	22 36	-11
英仙座( $\alpha, \beta$ , Perseids)	7 — 9	8 16	3 12	+43
英仙座(Perseids)	7 8—8 25	8 11-12	3 4	+57
天龍座(Draconids)	8 18—8 25	8 23	19 24	+61
英仙座( $\epsilon$ Perseids)	8 — 9	9 15	4 8	+35
白羊座(Arietids)	8 —10	9 21	2 4	+19
白羊座(Arietids)	9 —10	10 15	2 4	+ 9
獵戶座(Orionids)	10 9—10 29	10 19	6 8	+15
大熊座( $\mu$ Ursids Maj.)	10 —12	11 16-25	10 16	+41
金牛座(Taurids)	11	11 21	4 12	+23
獅子座(Leonids)	11 9—11 20	11 14-51	10 0	+23
仙女座(Andromedes)	11 20—11 30	11 20-23	1 40	+43
雙子座(Geminids)	12 1—12 14	12 11	7 12	+33

## 第三節 流星(三)——觀測法 分光攝影

流星之觀測，有關於天文學方面者，有關於氣象學乃至地球物理學方面者。前者以流星羣之觀測爲主，後者則重於物理的性質之觀測。流星羣之觀測以輻射點之決定——地球對於太陽位置之更動所生輻射點之變化——及流星飛行之實速度爲最重要。由地球之運動，得知流星對於太陽之運動，遂能計算流星羣之軌道。當流星羣出現之際，觀測多數流星之徑路，得求其輻射點。由同時觀測得知發光點及消滅點距地上之高度，與流星徑路之長度。若有繼續觀測之時間，得知其實速度焉。

流星觀測之目的，除供流星軌道及其他諸性質之研究外，亦可供彗星之研究，更進可爲星辰進化論之一材料。按觀測之目的及狀況得分爲五類。

(1) 僅求已知流星羣之出現數目。

(2) 確定已知或豫想流星羣出現之有無，多寡及其輻射點。

(3) 期新流星羣之發見。

(4) 由同時觀測以求流星之高度，速度及軌道等。

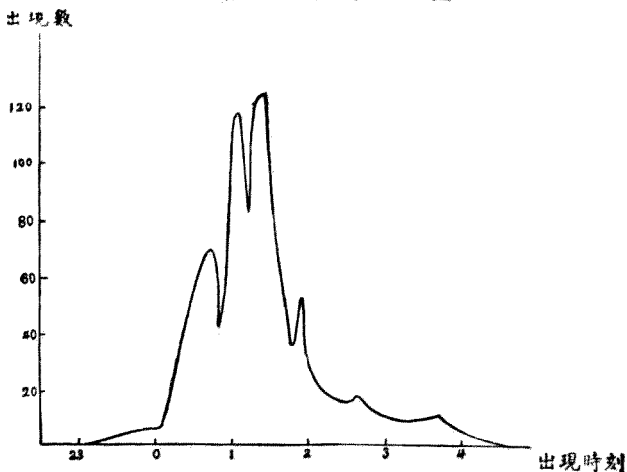
(5) 觀測晝間火球或隕石之落下。

如獅子座流星羣及仙女座流星羣之特殊出現時，吾人得計算其數目，乃屬於(1)類者。一分間飛出於四方者約數十乃至數百。斯時之觀測，或求其徑路於星圖上，以定其輻射點；或由停止流星中，以其他方法求其輻射點；得知每一分或五分間出現之數目。或豫想輻射點於空中之位置，以算其羣之數目。

此類觀測之時間以長久爲佳。能有十餘人以上之觀測者，共同分配時間及空間之範圍，集合多數之結果，更爲良善。此類觀測僅係計算其數目，全無經驗之人亦能行之。觀測後以出現數爲縱軸，時間爲橫軸，以圖表之。

(2)(3)(4)三類之觀測事項大概相同；其應觀測之事項約有八項，茲分述於下。

(1) 徑路及精確度(Track and Weight) 徑路之記錄乃定輻射點最重要之工作，宜加



公元一八六六年十一月十三至十四日獅子座流星羣出現時  
格林維基天文臺所計之出現數

以特別之注意。出現稀少之流星羣，固為例外，至於距輻射點遙遠者除確認為正確外，以不記錄為妥；可僅記其距輻射點三十度乃至四十度以內者。其方法乃決定出現點與消滅點於某某星之間，求二點於星圖上，以矢示其方向，更附以號數。如(2)(3)乃以求輻射點為直接目的者，方向之正確比出沒之位置，更為重要。出沒位置之記錄，宜先定消滅點，然後再記其方位，方可減少誤差。然其速度緩慢及光度顯著者誤差較少，不妨直接連結出沒兩點。其彎曲者亦然。同時觀測即(4)則重於出沒位置之正確記錄。然距輻射點遙遠者，方向之

正確，非如(2)(3)之直接的。

徑路記錄之後，不可忘却精確度之記錄。用流星以定輻射點與否，皆由此精確度以決之。其標準採用十點法，或分爲五級，即 最良(5點) 良(4點) 中(3點) 劣(2點) 最劣(1點) 是也。最良乃認爲全無誤差者。凡方向殆無誤差者爲良。距注意點(肉眼方向)三十度者難得四點以上。二點及一點等可不記錄。然兼以決定輻射點，欲知出現數之多寡如(1)者，記入徑路之外，更當計其屬於某羣之數目(宜記時刻)。

停止流星即飛入視線之方向視如出沒於一點之流星者極少，此點僅表一輻射點，甚爲重要，宜慎重定其位置。他如火球等分裂，以及如天鵝座 $\theta$ 之流星羣有爆發性之流星等，宜記其分裂點及爆發點於徑路。至於出現位置之讀法，普通亦有用角度者。由同時觀測而計算時，此法甚爲便利。

(一)出現時刻 (Time) 同時觀測時宜先記入時刻，然(2)(3)時可於全部記錄完畢後記之。若差約一分無甚妨礙。

(二)繼續時間 通常僅能觀測至一秒之十分之一。用競走所用之記秒時錶(stop watch)

亦是一法。或單用口讀法亦可。即平常練習口讀「一二三……」或「甲乙丙……」等一秒讀一字，觀測時由出現瞬間讀至消滅止，得知其時刻。通常約由十分之一秒至一秒止，一秒以上者甚少。火球等之遲緩者有至十秒以上，則用記秒時錶可也。如能正確測定至百分之一秒，則對於流星速度之研究大有裨益。惜今日無此良法焉。

(四)光度(Magnitude) 流星之光度乃與恆星相比較，但因其拖尾而動，故屢有一級之差。若熟練之後，則其誤差乃為系統的。大光度時無比較之法，只能謂為「月之半分」或「約金星之何倍」等等，謂為負幾等亦可，然此屢有二三級之誤差。又如火球等有由出現至消滅止非示同一光度者，此時可分為始，中，末三段記之，即如  $2 \rightarrow 0 \rightarrow 1$  是也。

(五)速度(Velocity) 此乃所視流星之緩急，無一定之標準。然為分別出現之流星屬於何種流星羣起見，不得定之。通常分為七級，並各記以略號，即

VR(甚速, very rapid)

R(速, rapid)



rR (稍速, rather rapid)

rS (稍緩, rather slow)

S (緩, slow)

vS (甚緩, very slow)

此外尚有用 VVR, VVS 等符號, 乃表其特別速緩者。又出現時與消滅時之速度亦有差異。若精熟練習, 得由此關係知流星距輻射點之遠近。

(六) 色 (Colour) 統計屬於某流星羣之流星之色, 得知其有系統的關係。故色之記錄亦甚重要。然淺淡流星之色, 多有錯誤, 故除確定外, 以不記錄爲妥。且此種記錄之個人差甚大。例如同一流星, 甲視之爲赤, 乙視之爲黃者, 乃常有之事。此乃觀測者各成其系統, 不必慮及之。其所用之符號爲 W (白, white), B (青, blue) R (赤, red), Y (黃, yellow) 及混色等等, 又出現時與消滅時之色復有差異, 故有記爲  $W \rightarrow Y, Y \rightarrow R$  等符號。

(七) 徑路之曲直 (Curvature) 流星之徑路未必皆爲直線。其爲曲線時當記於星圖上。如

爆發或分裂等亦當記入之。

(八)痕(Train) 流星之有痕跡者亦當記錄之，並須記其繼續之時間。其法亦用口讀法或脈搏法。他如火球之著者常發巨音，測定音響所達之時間，得知其實距離。

晝間火球或隕石落下之觀測，極爲困難。宜集多數觀測者所得之結果以研究之，方得減少其誤差。要之，若知出沒之方位角及高度與其時刻，則由二人以上之觀測得求其軌道。於附近地方描出山林等影像，精確記其出沒位置。後以經緯儀等測其方位角及高度，再由出現日時，得計算出沒之地球上位置，遂能達到目的。音響及爆發分裂等之觀測方法與前相同。

流星輻射點之決定方法，昔甚粗笨，近來始有決定之標準。一九一七年八月美國天文學會流星委員會(The Meteor Committee of the American Astronomical Society)曾決定一法則，英美各國皆勵行之。其法則有三：

(甲)輻射點得由一觀測者於四小時內，觀測四個以上流星之徑路皆在直徑二度之圓周內相交叉時決定之。

(乙) 或一夜觀測三個及翌夜同時間內觀測二個，共五個之流星徑路均在直徑二度之圓周內相交叉時決定之。

(丙) 或由一停止流星亦得決定之。

觀測之流星滿足於上列條件時，求其輻射點之方法有二。一爲計算法，一爲作圖法。前者乃用最小自乘法，求最確之點，比作圖法繁雜而結果則甚正確。普通多用作圖法，即延長流星徑路於反方向，求其交叉之中心是也。

決定流星出現之高度及速度者常擇相異二地點，觀測同一流星以計算之。其方法與測定雲之高度相同。但測定流星時二地點之距離以五十公里乃至一百公里爲最妥，三十公里以內，測定誤差之影響甚大；一百五十公里以上欲求觀測同一流星之機會甚少。

由流星同時觀測以測定其高度之方法。最初爲一七九八年德國學生布南迪司與朋生白克 (Benzenberg) 二人所發起。是年九月至十一月間二人觀測四百餘流星，相同者二十二個。由多數流星之同時觀測，算出流星距地上之高度，發光點多在一百公里乃至一百五十公里，消滅點以

七八十公里爲最多。

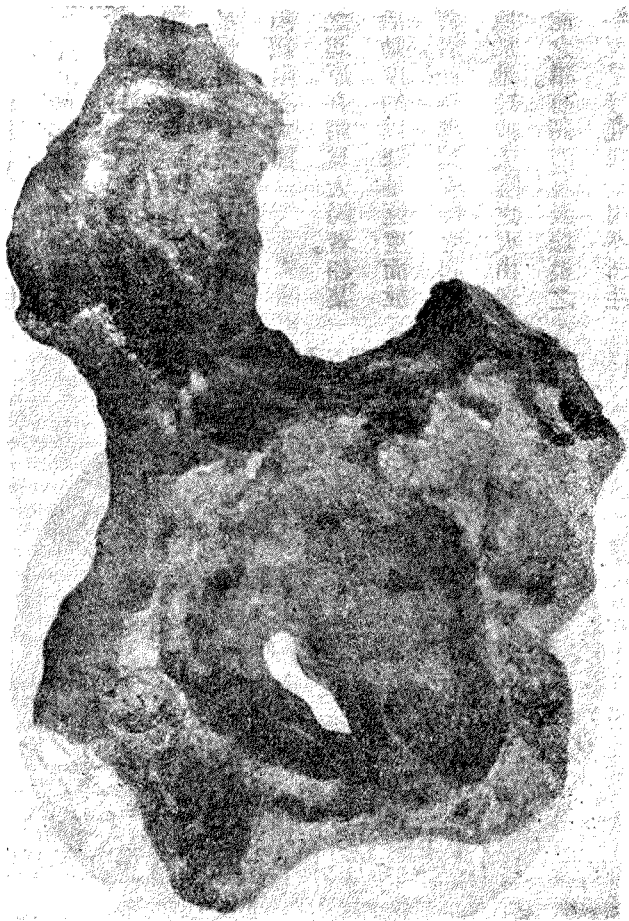
流星之出現既無定時又無一定之方向，且瞬時即滅，故撮取其像甚爲困難，多皆偶然撮取之者。至其分光攝影，由美國哈佛天文臺米爾曼（R. M. Millman）氏研究之。公元一九三二年以前僅得九枚之流星分光攝影。一九三二年氏仍繼續研究，分三地點觀測獅子座流星羣，共得其分光攝影十一枚，故至今日止，流星之分光攝影僅二十枚云。

#### 第四節 隕星——起原 成分 亞利奈隕石孔 我國近年之隕星

隕石乃吾人得接觸之唯一天體。今日世界已發見者約僅八百個。其向地球飛落時，速度各異，有達每秒七十公里者。然於空中逐漸消失，將達地面之頃，每秒約僅數百公尺。其於宇宙空間之軌道，則甚難知。其數既少，自難一般論之。然就若干隕石研究之結果，知其爲橢圓軌道，大如木星族之週期彗星者。由此觀之，隕星達於地面者，乃某特別流星之一種，或不能視爲流星全體之代表者。

吾人皆信隕星與流星有不可離之關係者。然隕星四季之分布，與流星及火球，根本上彼此不

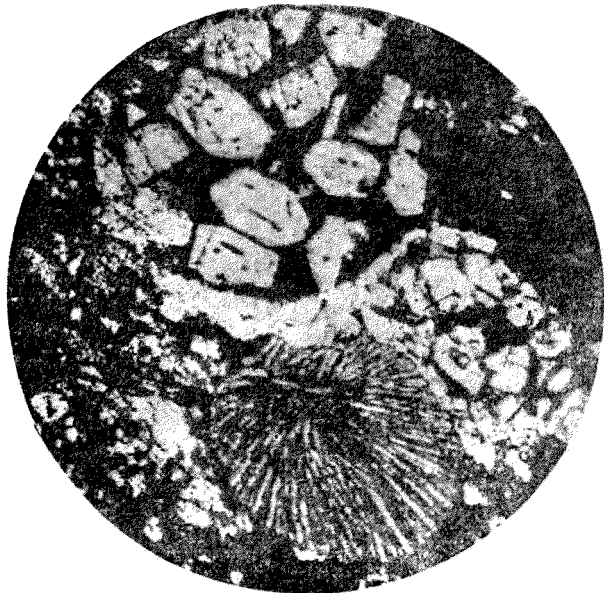
第一百十五圖 美國亞利奈州隕鐵之一（現存於美國華盛頓博物館）



同。後者以後半年約爲前半年之二倍，而前者則前半年較多焉。一切隕星多爲火球，卽少數火球變爲隕星是也。要之，火球乃隕星與流星之界線，飛躍之速者爲流星，慢者爲隕星。隕星復按其成分，分爲隕鐵隕石二種。

隕星之起原，有謂爲太陽者。卽某時代太陽活動度約以彗星速度而放出此等物質者，此難認爲直接之起原。有求其起原於地球或太陰之火山者，更爲不可能之事。有謂隕星及彗星之起原，乃他一恆星接近我太陽系所生

第一百十六圖 隕石薄片於顯微鏡下之狀態



行星之破壞者隕鐵與彗星之有密切關係自無容疑如公元一八八五年十一月二十七日仙女座流星雨盛現之際，有一隕鐵落下。又如公元一八七六年四月二十日天琴座流星雨出現時，亦有一隕鐵下降。此兩流星羣與週期的彗星皆有關係也。

隕石與彗星有關係與否，無何證據。而其四季分布之狀態與流星完全不同者，得爲其反證。茲就流星、火球、極鈍火球、隕石四者每月之出現數列表於下。由此得知是等之關係。第一行爲月份。第二行乃鄧林氏於公元一八七三年至一八八九年間之觀測時數。此十七年間所記錄流星總數爲九千一百七十七個。第三行乃每時間出現數，但英仙座流星羣不在其內。第四行乃鄧氏於公元一八七七年至一八八九年間目擊之二百十七個火球，以光輝大於木星者爲主。氏無觀測時間數，故採第二行之觀測時數，遂得第五行之數。第六行乃氏記爲極鈍之火球二十九個，第七行乃其每時間出現數，中有十個之光輝，繼續時間爲一秒乃至十六秒。最後一行乃公元一八九六年英國博物館目錄所載之二百五十三個隕石。

## 流星火球隕石之分布狀態

宇宙壯觀

月份	觀測時數	流 星	火 球		極 鈍 火 球		隕 石
1	58	6.5	11	0.15	3	0.052	15
2	28	4.9	1	0.04	0	0.000	18
3	30	6.6	2	0.07	1	0.033	17
4	96	6.6	7	0.07	1	0.010	26
5	58	5.2	3	0.05	1	0.017	36
6	64	4.9	6	0.09	3	0.047	30
7	157	11.3	28	0.18	4	0.025	15
8	232	11.3	63	0.18	3	0.013	20
9	154	10.3	27	0.18	3	0.019	21
10	175	11.8	27	0.21	5	0.029	16
11	140	11.3	25	0.18	3	0.021	19
12	104	8.9	7	0.07	2	0.019	20

三二二

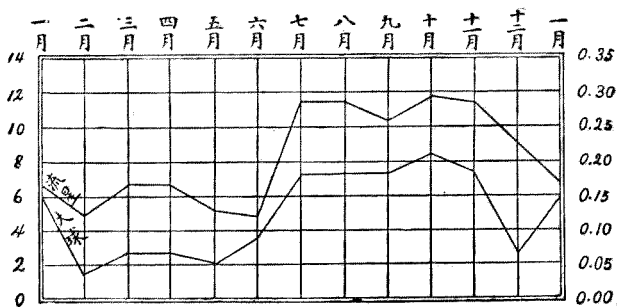


隕星非爲地球火山之產物，固無容疑。又有謂隕石乃月與地球分離時大攪亂之際所生成者。卽地球深層部受莫大之壓力，因上層之分離而解散時，必起劇烈爆發。吾人雖不能確識當時之實況，然得推思其爆發氣體之力，必能吹飛多數小物質使其脫出地球引力圈以外。此乃假定太陰發生之時，地球被有硬皮者。

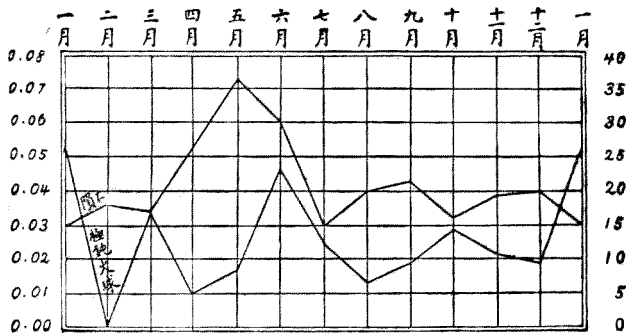
物質離地球時，其千分之一之質量，約以拋物線速度放出於空間。若係一塊，則爲直徑二百哩之球，而密度與月相同者。但實際上非僅一塊，乃多數之小月球，而直徑在二三哩以下者。於此等小月球中，具橢圓速度而不復歸於地球者，當時爲公轉運動於地球與月重心之周圍。其普通軌道之遠心率甚大，又具雙曲線速度者脫地球之羈絆而運行於太陽之周圍，其軌道與地球之軌道甚相近似。

如斯小月球，皆約以拋物線速度，對地球而運動。不絕與地球及月相遇，而其軌道遂大受影響。故常往復於雙曲線及橢圓之間。且是等早晚皆與此二主體之一極接近，故遭粉碎於微塵之中。所

第一百十七圖 流星與火球之四季分布狀態



第一百十八圖 極鈍火球及隕石之分布狀態



謂隕石隕鐵者，或有經如斯之過程歟？

隕石之地球起原說乃以其組成元素相似爲證據，即地球上之二十九個元素，而隕星皆有之。今地殼所現之六重要元素按多寡之順序言之，爲氧，矽，鋁，鐵，鈣及鎂，而隕星中常發見之八元素，乃此六元素及鎳與硫黃是也。

然亦有反證者，如最普通礦物之石英，至今未聞有含於隕石中者。又隕石之九分以上爲輻射狀組織，而地球則否。如對組織得認爲急劇冷却之物質，因急速結晶而生者，地球內部，決無如斯條件者。

今再就軌道之考察言之，上述二百五十三個隕石降下之日期，平均每三日落下二個。其分布決非整齊者，即五月二十日至二十三日落下隕石七個，是爲最多。又於三日間落下六個隕石者，如四月五日至七日，五月八日至十日及十二日至十四日，六月二日至四日，十二日至十四日及十六日至十八日，十月十二日至十四日是也。

# 隕石每日落下數

宇宙壯觀

日序	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
1	2			1	1		1			1		1
2		1			1	2		1				1
3	1	2		1		1	1			1		
4			1			3	1	1			1	
5				2	1			2	2	2	2	1
6			1	2		1				1		1
7				2		1		2	2	1		1
8					3		1	1		1		
9		1		1	3	1	1		2			1
10		3		2				1	1		1	1
11				2	2		1	2		1	1	
12		1	2	1	2	3	1	1		1	1	
13		1	1	1	2	2			2	1		3
14			1		3	1	2	2		4		1
15	1	2	1	2		1	1		1	1		
16	1	3	1			2			1		1	
17				1	3	2	1		1			
18		1		1		2		1				
19	2	1	2	1	2	1			1	1	2	1
20			1		3						2	
21					1				1			1
22			1		3	1	1		1			2
23	2				1		1		1		1	
24				1	2		2				1	1
25		1	2			1		2			1	1
26			1	3	1	1			1		1	
27	1				2				1		2	3
28	1	1	2	1		3						
29	1			1		1		2				
30	1				1			1			2	
31	2		1					1		1		
合計	15	18	17	26	36	30	15	20	21	16	19	20

隕石若與彗星有關係，則其數在流星羣出現日期左右，當爲較多。但如天琴座流星羣當時出現日期爲四月二十日，而四月十七日至二十一日間僅有一個隕石。英仙座流星羣當時出現最盛日期爲八月十日，而是月九日至十一日間共有三個隕石，雖超越平均數，然該流星羣最盛前十五日間僅有七個隕石焉。至於獅子座流星羣當時以十一月十四日爲最盛，而是月十三日至十五日僅有一個隕石。

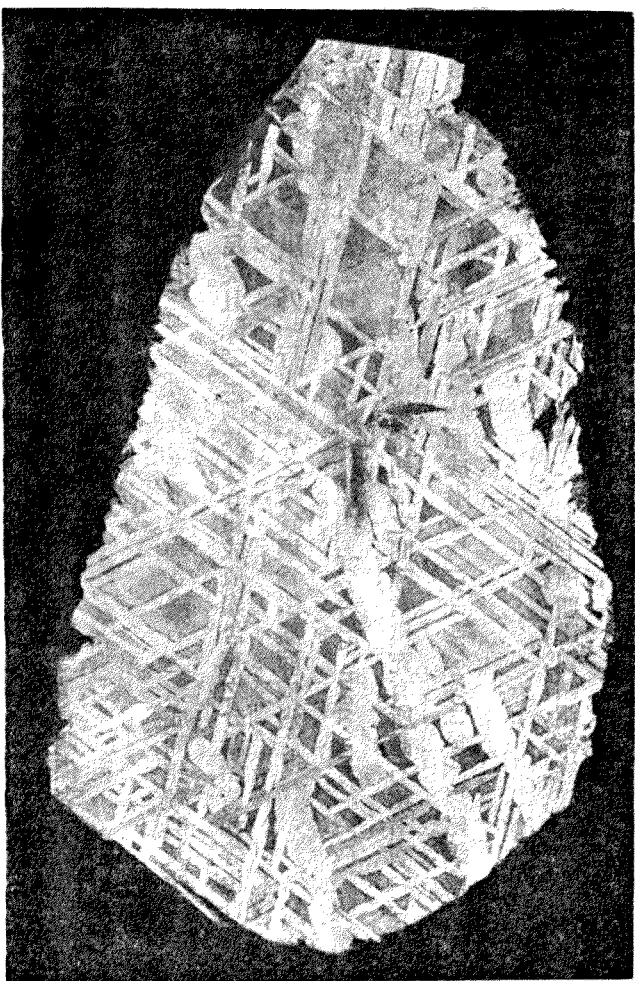
隕石與彗星之無關係，尙有其他論據。卽就其前身之火球言之，其距離比流星近於地球而速度則較鈍。火球若以流星之速度達於地球，則初見之時，其飛亦速。然實際上飛行中速度無大變化。卽元來之速度甚鈍，而鈍速度不變者乃遠日點距離甚小之表示，卽遠日點距地球軌道不甚遠也。而彗星中至今尙未聞有如斯之軌道者。

公元一八八五年，一八三五年及一八七六年之隕鐵亦爲火球而落下。前者燒焦落處之草木，後者於墜落一小時後，尙有餘熱。一切隕石皆於蒙氣上層烈熱而燃燒，其光輝常不達地面而消滅。故落下時，溫度較低，常不分裂，而形之大者亦然。公元一九〇四年有一隕石對於落處草木無何影

第一百十九圖 Four Corners, N. M., 隕石於顯微鏡下之狀態 (L. E. Jewell 所攝)



第一百二十圖 Cooperstown (Robinson County, Tennessee) 之隕石



此乃用鉍鏡法所得之像。Geo. P. Merrill 所攝。原重 47 Kilos. 含鐵百分之 89.59, 鎳百分之 9.12。

響，且重爲十三磅。又有計算落下速度爲每秒四百乃至六百公尺者。

要之，隕鐵與隕石於其組成以外，尙有多少差異。隕鐵有與彗星有關係者，而隕石則似更無關係焉。如斯則其起原果何在耶？尙須待他日之研究。

又有取非金屬性之隕石三十個研究其光帶者。知各隕石之組成頗相類似。其所含原素之數甚少，僅以鐵、鋁、錳、鎳表之足矣。且除二、三例外，各組成原素含有之分量殆皆相等，由此得推定其有公共源泉者。遂謂此等隕石乃一行星滅亡之際，破壞爲微塵而成者。

隕星依其組成可分爲二，卽隕石與隕鐵是也。隕石 (Stony meteorite) 以矽酸鹽礦物爲主，而伴有金屬及硫化物者。又於其網狀或海綿組織之間隙，常填充有所謂石鐵隕石 (Stony-iron meteorite) 者，乃由金屬及矽酸鹽礦物而成。隕鐵 (Iron meteorite) 以鐵、鎳，或其合金爲主，而伴有鐵之磷化物及硫化物者。

要之，隕星中所含之元素，已確實證明者凡二十七種，卽鐵、鎳、鈷、鋁、鎂、鈣、碳、氧、硫、黃、磷、矽、氫、氮、鎳、鈉、鉻、銅、銻、錳、氯、鈳、鋰、鉍、銻、鈦、錫等是也。其他似乎尙有鉛、金、銀等元素。



第一百二十一圖 Carleton, Texas, 隕石於顯微鏡下之狀態(L. F. Jewell 所攝)



隕石中所現之鑛物，有如地球上所常見之橄欖石，黃鐵鑛，磁鐵鑛等者，但有時含有地球上所未知之新鑛物。而地球上鑛物中最多之石英，隕石中含之者甚少。

隕石中多含有特殊球粒或小球體，謂之球粒 (Chondrus)。含此球粒或小球體之隕石謂之球粒隕石 (Chondrite)。球粒之大者，約如胡桃，小者則如微塵。形呈球狀，亦有爲卵形者。置隕石薄片於顯微鏡下窺之，大圓形者，呈放射狀構造之頑火輝石 (Enstatite)。球粒，其餘爲橄欖石 (Chrysolite) 之斑狀或粒狀球粒。

以酸腐蝕所磨之隕鐵表面，呈有一種平行帶相交錯之模樣。此模樣乃公元一八〇八年烏伊曼司他丁 (Alois von Widmanstätten) 開始研究，故謂之烏伊曼司他丁模樣。

隕石形小而輕，隕鐵則多重大者。今日世界最大之隕鐵爲美國紐約博物館所存者。長十英尺十一英寸，高六英尺九英寸，幅五英尺二英寸，重達三十六噸半。此乃一八九五年皮爾尼 (Perry) 發見於格林蘭 (Greenland) 之角約 (Cape York) 東三十五哩之米伊尼 (Melville) 灣海岸，故名之曰角約隕石 (Cape York Meteorite)。隕石多冠以發見之地名。次爲墨西哥之巴久白



Cañon Diablo, Ariz. 隕石於顯微鏡下之狀態, (L. E. Jewell 所攝)

利士 (Pacubirito) 隕石凡二十七噸; 又次爲墨西哥之秋帕迪奧司 (Chupaderos) 二個隕石約二十六噸; 此二個發見之地點約距二百英尺, 由其表面之性狀觀之, 落下以前確爲一塊者。

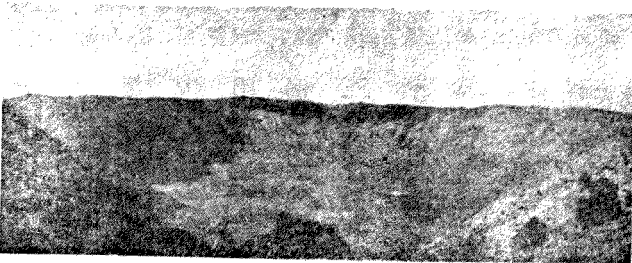
隕石之表面常包有平滑之黑色皮層者。落下途中有被破碎而

現石質之素面。皮層乃此素面爲熱所熔而後牢固所成者。其凹凸之狀，恰如指先所壓之痕跡者，此乃液體包不規則之石質表面，受空氣壓力不均均之結果。

美國亞利奈州達亞布奧(Canyon Diablo)附近有一大孔穴，因其無火山活動之形跡，故知其非噴火口，乃世界唯一無二之隕石孔(Meteor crater)。由其大小推算之，則落下之隕石約爲角約隕石之數千倍。

由空中視此隕石孔，如一大貝殼，孔之周圍似以某強力由內部向外部放出白物者，有如月之痘痕者，似非隕石孔，但經實驗之結果，得確認其爲隕石孔無疑。由距此隕石孔中心約六哩之地域所拾集之隕鐵，比此地上任何其他此種地域所得之量爲多。

第 一 百 二 十 三 圖



美國亞利奈州隕石孔

由其周圍之砂漠計之，孔深爲四百四十英尺，由觀者所立之緣邊計之，則爲五百七十英尺。若立於緣邊，足跟之絕壁，因侵蝕而成之岩塊及砂礫等傾斜度殆爲直角。一切周圍殆皆如斯急峻而粗剛。

孔之周邊約爲三哩，其直徑約爲五分之四哩即四千二百英尺。孔邊之傾斜有大小不同之石灰石破片及白色砂岩散亂之。由此石灰石而成之砂漠有此白色砂岩者，果由何處而來耶？今觀孔中三百英尺之處，有白砂岩一帶，而孔邊之傾斜，散亂放出岩石，東西特成可驚之對稱的位置。其中大者有在七千噸以上。在孔中半哩之處有厚十英尺之岩石，恰如古紀念碑之傾倒者。有二億噸之岩石爲隕石所彈飛之概。

多數學者皆認此孔爲巨大隕石落下之痕跡，且大概乃死滅之小彗星落下之跡。此隕石之直徑約爲三百英尺乃至五百英尺，因受空氣之壓力爲不規則，故其形亦爲不正，重量當在百萬噸以上，後人想像隕石落下時光強於太陽，照耀山岳，如地震之波動。砂塵滿佈山野，燥音震地，水蒸氣噴出於高空。砂塵復滿佈山野，似由遠方捲起之強風者。後於不毛荒野殘一巨大之孔。



美國亞利奈隕石孔之外觀(G. K. Gilbert 所攝)

公元一九〇六年美國開始發掘此隕石。據其報告則穿孔向隕石孔中央正直行。是處似乎曾有小湖，有含多量水分之砂，故不能繼續穿孔，遂掘孔底之他部分，僅得含鐵分之砂。地質學者改隕石孔之周壁，詳加試驗，知岩層之角度各有變化。南面角度約為九十度，北面則僅約五度而已。又由北面向南面之傾斜徐徐而急；南面周壁約廣二千平面尺；但直角壁僅約百英尺。依此現象及其他證據等，隕石似以某角度由北面打碎石灰石及砂石等而落下，至南面周壁下方堅硬赫砂石之下而埋沒焉。

公元一九二〇年遂向南面穿鑿，然以

岩塊崩落之故，工事甚覺困難。掘至近孔底之部分，或三百英尺以上，有似真隕石者，發見含有早已氧化之隕鐵頁岩二塊。此似係主體巨塊中之一片，其同類之破片，當廣佈於此周圍之砂漠一帶也。

掘至一千英尺時，得含鐵分之物體。至千二百英尺時得粉末狀之鐵，至千三百英尺時，於泥中含有百分五十之鎳鐵。一九二二年八月十一日於千三百七十六英尺處現有堅固物體，此殆始爲真隕石者。用種種方法爆破之後，結果終成泡影。故該隕石之位置及其大小，依然不得而知之。

近年來我國所見之隕星，有確實之記載者共有三處。民國二十年時河南武陟縣附近及江西餘干縣二處；二十二年則爲安徽當塗縣。茲分述之於下。

二十年七月二日南京中央日報載：「……距武陟縣二三里地，於有（二十五日）晚九時許，忽有形似火團之巨石，由空墜下，大可尋丈。入地丈餘，聲若巨雷，聞數十里附近民房多被震毀。其石成不規則之方形，數色混雜，爲金屬及鑛石結成，入地部份，形狀不明。」

同日南京民生報載：「新鄉消息，上月二十五日晚，隕星自南而北，光如斗大，落太行山下，聲如巨雷。」

據武陟縣政府之報告，則爲「……六月二十五夜十一點鐘時，突有大星自西而南來，向東北去；其行甚速，光芒四射，所過處窗牖皆明。過未數分鐘，即有大聲自東北起，沈震如雷……」據此報告，得知武陟縣附近確有隕星墜落之模樣，但距該縣稍遠耳。至於墜落何處，現尙不可知。

關於江西餘干縣之隕星，九月十六日上海時事新報載：「江西省屬餘干縣於廢曆七月十四日傍晚，天空有聲隆隆然如重溜彈爆炸，聲聞數十餘里，震耳欲聾；繼見銀光一道，向下而墜，曲折墜地。據鄉人報告有石狀物三，自天下降，落於周原村附近稻田內。比縣府派員搬運入城，秤量大者重約八斤餘，一邊黑一邊紅，小者亦重五六斤，色均黑。據鄉人云，當甫落地時，尙炙手可熱，確爲隕星無疑……」

據餘干縣政府對於天文研究所之報告，其詳細情形如下。

降落日期 二十年八月二十七日 下午三時許

降落地點 江西餘干縣屬第五區鄒源裏外彭箬源曹家地方

降落前之現象 祇聞空中隆隆似砲聲



降落時之情形 天空劈裂紅光如火聲震數十里

降落後之情形 墜落大小石塊十餘個石落處地爲之陷

隕星形狀 大小圓扁不等

隕星顏色 色灰黑略帶金紋

隕星外觀 質堅而重含有硫黃氣

隕星重量 最大者數斤最小者三五兩

陷落地之深度 石落處地陷五六寸

損失 均落諸田野並未傷及人畜

據中央研究院地質研究所初步檢定餘干縣隕石標本二小塊之報告爲「此標本作深綠色，有深棕色外皮一層。其組織與凝灰岩相仿，所含之鑛物大部破碎，其主要者爲頑火輝石與橄欖石等矽酸鎂鑛物，並有細粒鐵質勻佈於此兩鑛物之間。磁鐵鑛(Magnetite)與磁黃鐵鑛(Pyrrhotite)亦常見。簡言之，此標本之鑛物成份之主要者爲頑火輝石與橄欖石，附屬者爲鐵質，磁鐵鑛與

磁黃鐵礦。化學成分主要者爲  $MgO$  與  $SiO_2$  而附有少量  $Fe$ ,  $FeO$ ,  $Fe_2O_3$  與  $FeS$  等。

二十二年十月二十三日夕刻，南京上海蘇州蕪湖高淳等處，均見有大光發於天空，色白轉紅，且有聞雷聲者，是即大流星出現，且隕石降落於安徽當塗縣附近。茲將詳細情形分述於下。

(1) 出現時刻 南京爲下午六時五十五分，高淳七時一分。

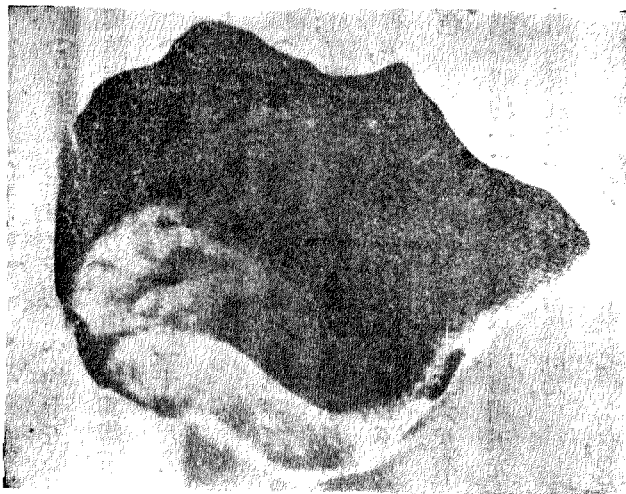
(2) 繼續時間 此流星由出現至消滅止之時間南京約爲四五秒，蘇州有謂十餘秒者。

(3) 徑路 據各方之報告，皆謂由東北向西南，是無疑問。即從上海經過蘇錫而南京，以達於當塗。至其幅射點所在，因在夕暮天空尙未全黑之際，又值多雲，故難推知。但因是日爲獵戶座流星羣出現之期，故其即屬於是羣，亦未可知。又十月十日歐洲發見一流星雨，每秒約五六個，此乃關聯於耶科比立 (Gracobini) 彗星之流星羣，然則此大流星亦屬於是羣而爲此彗星之遺骸，亦未可知。

(4) 光度 各方記載，僅謂烈光一道，光芒萬丈，如同白晝等。是其光度之強，非他星所能比，其

第一百二十五圖

第二篇 太陽系下



三四一

民國二十二年十月二十三日安徽當塗縣之隕石  
(上重三百五十七公斤下重二百零九公斤)

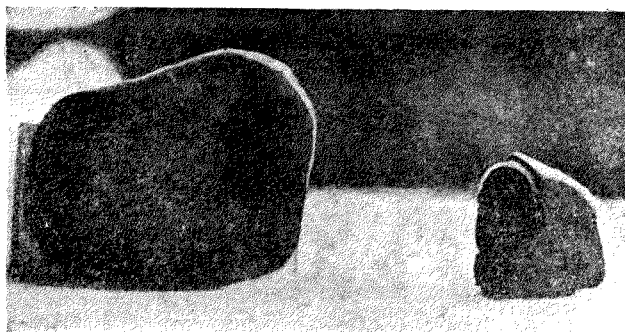
星等當在日月之間。

(5) 速度 在南京所見每分約十五公里，即每秒二百五十公尺。此因通過厚層空氣間，受氣壓與熱作用，原有之能力殆皆消失，故其落下之速力較緩。

(6) 高度 南京所見約在一千公尺乃至一千四百公尺之間。在上海之高度當在八十公里以上。

(7) 色尾痕等 此乃流星出現時之現象，非目擊者不能述之。據南京地方之報告，有謂光色微紅；有謂光色白，最後轉微黃，其光如小月，向西南去。有謂分三種光，第一白色，第二微紅，第三藍帶黑，有聲，有火花。有謂見白物向西南而去，不久有一道紅光，聲如雷。有謂見在雲下，雲現綠色，穿過雲下色青帶灰，後有細綠色微跡，長約五六尺。有謂光球如月大，色青微紅，末後轉紅。有謂發光時小時大，總長似約一二丈，歷時約一分餘。有謂五光十色，尾長約丈許。有謂大小如月，先發白光，尾現紅色。有謂先現紅光一道，疾駛後，始放白光。

(8) 隕石落下 是日下午七時左右，安徽當塗縣西南離城七十里之博望鎮沙埂鄉至長流



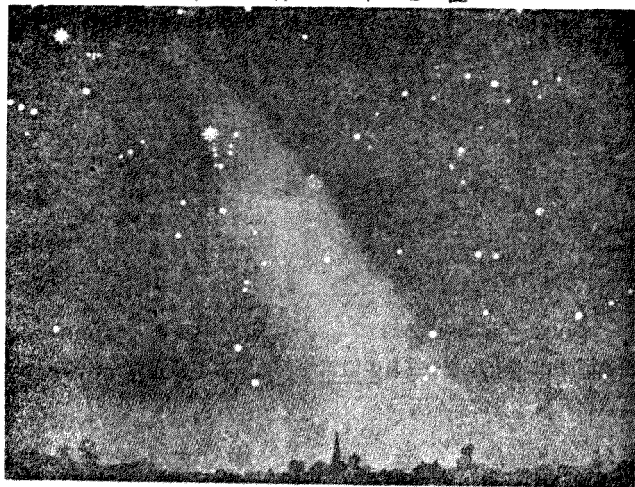
民國二十二年十月二十三日安徽當塗縣之隕石（左重四十三公斤半，右重十五又十分之三公斤）

嘴一帶，墮下隕石甚多，大者如斗，小者如拳。當隕石未墮下時，先在天空中發現強烈之響聲，如有飛機經過，同時發現紫綠色電光，隕石即紛紛墜下如雨，範圍達十五里之廣。幸該處依傍石臼湖，地處荒僻，大多數隕石，墜落湖中及田壤間，故無傷人之事發生。

隕石狀態，色作奇黑，而無光彩，且凹凸不齊。與普通石塊約比重三倍。其所以爲黑色者，必因高熱燃燒之故。至其成分如何，現地質研究所正在檢驗中。

#### 第五節 黃道光 對日照

無月之春夕，薄明消滅後，有一種淡薄微光現於西天；秋季則在日出前現於東天。此種現象，稱之曰黃道光



初春三四月頃西空所見之黃道光(畢星團居左上,獵戶座位於其南,透鏡形之黃道光尖端聳立於地平上)

(Zodiacal light) 其形成帶狀,中心線約沿黃道而廣佈於天空,有時蜿蜒而越子午線,其甚者恰如銀河由天之一端連續至於他端。

此種現象,昔之天文家殆不加以注意。如帝谷氏亦僅認爲春夕所現之一種特別晨昏朦影而已。歐洲有充分之記錄者,當以公元一六六一年爲最早。然確定其與晨昏朦影不同,及爲組織的觀測者,當推噶西尼氏。氏生於意大利而觀測於巴黎王立天文臺,公元一六八三年三月十八日發見此光,且繼續觀測至一六九三年止。

公元一八三三年十一月十二日至十三

日北美發現可驚流星雨之後，黃道光甚盛，遂以流星與黃道光間有何關係，但無何等決定的結論。馬迪埃森 (F. A. Mathiessen) 氏之熱電堆測定，乃物理的觀測之端緒。十九世紀中葉後，斯 (G. Jones) 頁伊司 西密特 等亦繼續觀測之。後人亦多加觀測，其重要者如哈威 大學 之 西爾 (Searle) 德 之 格拉夫 (K. Graff) 瑞士 之 西密特 及 布塞 (F. Buser) 等氏。又費生可夫 (B. Feisenkoff) 費費 (M. T. Pufay) 及 費士 (E. A. Fath) 等皆努力於光度，光帶，偏光等物理的測定。

黃道光之光甚微，由肉眼視之，呈美麗之狀；以遠鏡窺之，殆無何效果。若加以倍率，亦非如星雲星團之現有一光點者；僅見一面現有光輝之天空耳。攝影亦不能得大效果。蓋一夜曝寫之時間甚短，且中央最明部分現於乾片上者極弱故也。

現今有爲光度計的測定者，最初爲烏爾夫 (M. Wolf) 氏用西提 (Schitt) 光度計所得之結果，知其中有線與太陽赤道面相一致者。然此結果，與費生可夫於公元一九一三年由面光度計所測定者相矛盾。據其結果，則光強之分布，對於黃道光中心線成對稱現象，其中心線平行於黃道，而

在其北方一度乃至二度焉。

公元一九一三

年美國威遜山天文

臺以面光度計測定

夏秋間夜空光輝時，

知受黃道光及對日

照之影響。據氏所言

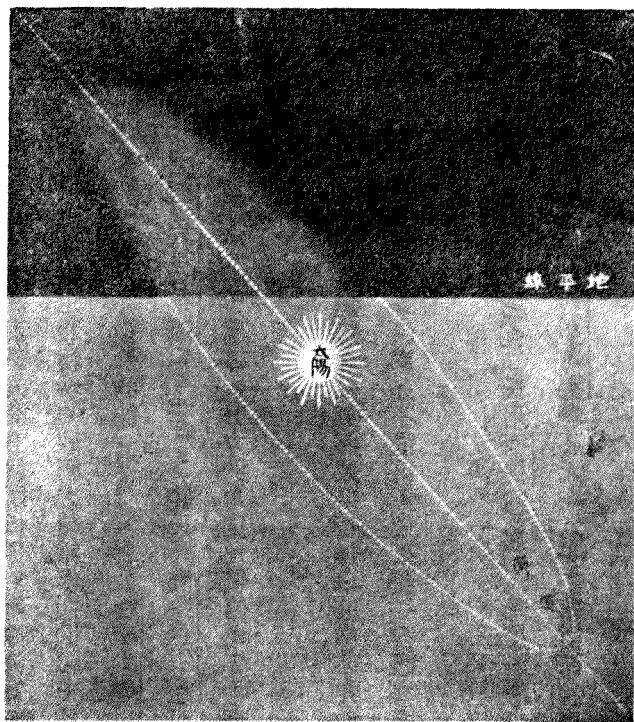
則黃道光之光輝廣

布全天，達夜空總光

量百分之六十，且似

極光之地球上光量

第一百二十八圖



黃道光之構造(圖太陽集成透鏡形之流星團)



占百分之十五，而實際之星光僅百分之二十五耳。

黃道光之色，雖因微光不能確定，然可謂爲銀灰色或黃白色。莊斯則謂銀河色爲冷白，而黃道光則爲暖黃，以區別二者之不同。色指數殆亦不能定之。

至其光譜，亦因微光，故眼視的結果皆不確實。今據公元一九〇九年費士在威爾遜山所撮之結果，知爲連續光譜，中有法郎霍亞暗線，卽與太陽之光譜同爲一型。故有謂黃道光乃無數微小物體集合於黃道面附近，成透鏡形或扁平之圓盤形，反射日光而成者。

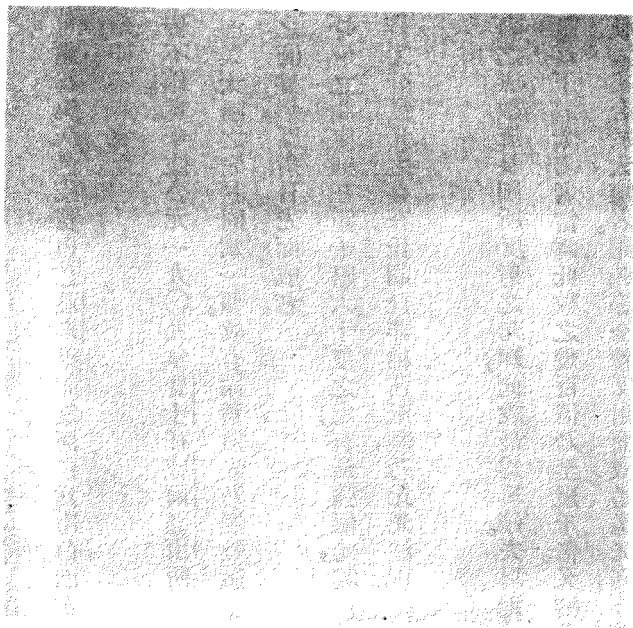
據公元一九二五年刁費（J. Dufray）之測定，則在距太陽六十度之處，有最強偏光，其量爲百分之十五，而偏光面卽黃道面。此明示日光分散光之存在。氏謂此非稀薄氣體，乃比光波更長之粒子集團者。

多數學者皆認爲黃道光乃圍繞太陽之無數流星團所反射之光輝，此說最爲真確。夫以地球之微力，每日尙能吸引流星幾千萬，則流星落下於太陽者當爲此數之幾百倍乃至幾千倍。又縱非卽時落下於太陽，而多數乃運動於一定軌道集合於太陽者。謂此等全體反射而成黃道光者，亦非

無理也。由太陽系全體之傾向及多數公轉運行之天體軌道面交角近於黃道面之事實思之，則黃道光之流星團亦密集於黃道面，故視爲此等乃以太陽爲中心列成透鏡形者，亦足以解釋黃道光之現象。

以黃道光爲流星團所密集者，則其全體之質量爲幾何耶？有謂質量約爲太陽之三百萬分之一者。近來又有謂黃道光非圍繞太陽之流星羣，乃地球蒙氣上層凝固冷結之氮粒之作用。此乃按徹底觀測及實

第一百二十九圖 洛威天文臺所撮之黃道光



驗研究而得之論據，是爲今日學界之一問題。

與黃道光相並列者有對日照（*Gegenschein* or *Counter-glow*）之現象。即晴空之夜，於黃道上與太陽正反對之天空有微弱之光輝是也。其光較黃道光遙弱。故非視力特強者不能見之。用遠鏡不能觀測之。公元一八五四年德國天文學者布諾生（*Brosen*）始發見之。一八八三年巴納得更獨立發見而確定其存在焉。

對日照乃在黃道附近與太陽相對爲一片圓形雲霧狀稀淡之光。肉眼所能見之面積，約爲圓周直徑七度乃至十度。其光甚微，觀測極其困難。故除光之形狀以外，殆皆不得而知。有時幅廣之光輝與黃道光相連絡，不能分別其境域。若於子夜十二時則對日照在子午線上，觀測殊佳。其形狀若斑塊之霧，視力強者當能見之。

公元一九三二年埃爾費（*C. T. Elvey*）氏於葉凱士天文臺利用光度計，連接四十英寸迴光鏡觀測對日照之光度。對日照之射達吾人眼簾，其一部分之光度已爲蒙氣所分散。是故氏探測對日照區域外被分散光之強度及直接由對日照本身測得之光度，均作連續之觀測，併合兩者，

始得對日照真正光度之強度。茲將埃爾費觀測之結果列表於下，由此得見其形狀光度等每日變化之跡。

觀測日期	九月二十五日	九月二十八日	十月一日
形狀	近似圓形	圓形	橢圓形
中心位置	在太陽對面後二度	沿黃道	正在太陽對面
中心光度	6.54 星等	6.51 星等	6.22 星等
全體放射光度	0.52 星等	-0.06 星等	-0.28 星等

對日照之成因，雖有多種臆說，但尙未得多數天文學家所公認。巴納得氏謂由於日光通過地球蒙氣屈折而成，恰如光線之通過球狀透鏡者。故認此對日照非遠離吾人之天體。設此說果爲真確，則在甲乙兩地同時觀測，其中心所在天空背景之位置，必不相同。但證諸實驗則適相同。且其形狀多爲橢圓而非圓形。故巴納得之臆說，殊不足信。

內行星軌道內有微小隕石狀物質，爲數至多，叢集而繞太陽運行，此種微粒亦能反射日光。設與太陽相對，當如滿月之狀，反射多量之日光，卽吾人所稱之對日照。此說頗爲近理。故通常皆謂爲

流星團密集於該方向，反射日光遂成對日照。

黃道光橫現於黃道附近者，殆無容疑，故緯度愈低之土地與地平線之傾向愈大，觀測愈宜。就我國言之，六月至十二月約見於東天，十二月至六月則見於西天，茲將肉眼觀測之結果，分述之於下。

(1) 與黃道之交角——黃道光主要部分所存在之面與黃道不相一致，噶西尼已注意及之。氏謂與太陽赤道面一致，即與黃道面之傾角爲七度十五分，但整理從來觀測之結果，交角無如斯之大。依多數之結果，其與黃道之交角爲二度，三度，三度二十分，四度等。昇交點之黃經亦與太陽赤道面昇交點之黃經不同，而爲六十二度，零度，三十五度等。又有謂八九月之交角爲二十度者。然其在黃道面稍北方者無疑。南半球亦確認之，且無蒙氣之影響。此乃黃道光描大圓於天球歟？或於太陽處成彎曲，亦未可知。

(2) 視差——依寫生及記述之外，更由同時觀測，得確認其視差不甚顯著。兩觀測地所得之光度雖呈顯著差異，然黃道光對於天體間之位置不變，而其尖端至少亦在太陰軌道半分以上距

離之處。

(3) 兩側面之明瞭——朝夕之黃道光，在地平線附近之境界線，常比上側之境界線明瞭，似乃受蒙氣之影響。

(4) 大小——觀測皆用黃經黃緯，然通常以其頂點與太陽之距離表其大小。其幅廣則以與其軸成直角之最長距離表之。頁伊司由一八四七年至一八七五年觀測之結果如下。

夕 (距太陽東)		朝 (距太陽西)	
極大	106.0(116.0)	極大	94.5(112.0)
極小	63.5( 63.5)	極小	50.5( 56.0)
平均	83.0( 88.1)	平均	66.5( 87.1)

括弧內數字，乃烏葉白 (H. Weber) 氏於一八六四年至一八七五年在俄國白克何克 (Peckehok) 觀測之結果，兩者間有系統的差異。幅寬約為三十度。紐康氏以為太陽南北部分之光輝在北緯四十度以北之地方，於夏至前後亦得見之。一九〇五年末，氏曾觀測於瑞士中部高二千三百公尺之諾素 (Rothorn) 峯，有豫期之光，現於北方，見其光漸次移動於東方。夜半時達至

地平線上十度，最光輝部分與銀河相匹敵。由太陽至尖端之距離爲三十五度，

(5) 光度——非一樣者，愈向內部則愈明。內部有可謂爲核之部分，殆常較明於銀河之天鵝座。用光度計則有達一二星等以上者。普通於此部分之外側，有一更淡之部分，然其境界，不甚明瞭，且甚受他光之影響，而頂點之精確觀測，猶爲困難。

(6) 變光現象——其光度時有變化，約可分爲三種。

(一) 同一夜極短時間內之變化，卽所謂脈動者。其原因以地球蒙氣之狀態及肉眼感光性之變化爲主，非黃道光自身光度之變化。

(二) 數日乃至數十日之變動。此不甚多見。原因與前同。

(三) 以年爲單位而變化。與太陽黑點極光等有關係。

## 第八章 太陽系總論

自太陽起，以至行星，衛星，彗星，流星等，其各自之記述及是等相互之直接關係，均已述之於前；今有概觀太陽系全體形勢之必要，且具特殊之興趣。

### 第一節 組織偉大之體系

宇宙間未有如太陽系組織之偉大者。其範圍之廣大，自不待言。更論其秩序與體制之整齊事實，其偉大亦非吾人所能想像之者。

太陽系乃宇宙間極嚴肅制度之模型。如前所述，太陽與行星有顯然之區別，又行星與衛星，以及行星與彗星，亦有不可動搖之差異；此等區別，依天體各自之質量及軌道形狀與大小，得明顯認知之。



就質量一點言之，太陽超越其他一切之天體。由大行星以至於流星之微塵，集其全體之質量尚不及太陽質量之七百分之一。縱令天王星海王星以及冥王星向遠方而去，太陽系全體之重心仍不出於太陽之體內。太陽誠爲可驚物質之集團。故太陽所演之微細運動，亦與全系統以莫大之影響；是以太陽之些微新事實，對於全系統亦有甚大之意義。吾人棲息於一行星之內，觀察太陽時時刻刻之變動，其意義之重大可知矣。木星之體積乃次於太陽者，而其變動，僅及於木星自身與其附近之天體，可謂一地方之細事而已。

太陽系全體維持其秩序之事實，最初之發見，卽所謂波特定律是也。此定律已於第二章第六節述之。最初乃刻白爾氏暗示之，至十八世紀末，迪秋司（Titius）知之頗詳，而波特則於一七七八年公布之。

迪秋司知此關係之時，乃一七七二年，是時天王星以及小行星皆未發見。後候失勒偶然發見之天王星，其軌道恰與波特定律之數列所合，而此定律遂大爲學者所贊許。於是更搜索軌道相當於二十八之數之未知行星，遂得以發見小行星。

其後天王星之運行法則，發生新問題。勒威耶與亞當斯數理的探究天王星外未知行星之時，仍想像該星當在三十八單位附近，但實際海王星之軌道半徑僅三十單位而已，其與豫想之數值相差頗多。遂有謂波特定律乃僥倖而中者，而其信用遂不如往日之甚。

冥王星發見之後，其軌道之大小，仍合於波特定律耶？此乃一般學者所發生之疑問。依波特定律，新行星之距離，當為其前行星之二倍；但此定律之一定項，距離愈大則效力愈小，故波特定律之擴張方法有三種。

(1) 以海王星為一例外，其次未知行星與太陽之距離，當為天王星之二倍，即為三八·五單位。

(2) 為天王星的四倍，即為七七單位，

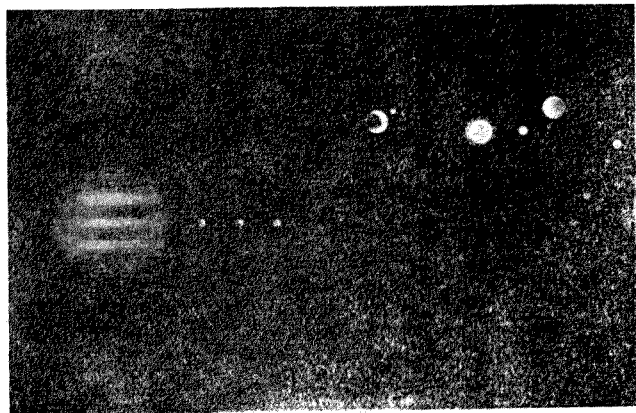
(3) 為海王星的二倍，即為六〇單位。

此三者之中，當然皆不能認為妥當，但第一方法之結果與吾人所豫期之距離最近。大概最善方法乃天王星以後，此定律當加以變動，即以後新行星之距離，當為前者之一倍半，此亦不過一想

像而已。

單按奈端力學所支配之天體運動，當爲橢圓以至雙曲線之種種形狀之軌道，但巡繞太陽之大行星，其軌道皆殆爲圓形之橢圓；如海王星及冥王星等，與太陽之距離頗遠，而其軌道亦未見有破此圓形軌道原則之事實，是以太陽系全體或尚有未知之定律存焉。又各個軌道面之交角，雖至遠距離之冥王星，仍有一致於公共一定平面之傾向，乃極顯著者。各行星由西向東之順行運動，仍未見有一例外者；又各個行星與太陽自身之自轉方向，亦略一致於此一定平面，是以太陽系似乎遵循嚴格之定律而存在。此嚴格之

第一百三十圖 由土星回視太陽及行星之景像



由左向右爲木星，地球，太陽，水星，金星，火星。

劃一主義，乃依全系統之力學的平衡，費過去幾億年之長久年月而成就者。——但小行星及二三新衛星中，非無軌道運動之反叛者；又自轉運動之基本而，亦為天王星及海王星所破壞。但此等例外，皆各天體之部分的細事，不足以支配太陽系全體之運命。此大概全系統向力學的終局安定之調整運動最後所殘留之痕跡，今日乃其過渡時代，將來或皆歸從於大多數者。

太陽系之大行星組織今頗達安定之域。空間能影響及行星運動之抵抗物質，全未發見；故各行星軌道之大小，僅反覆極少量之增減，無長年之變動。各行星之軌道，因相互攝動之故，離心率增減之範圍如下。

行星	最大離心率	最小離心率
水星	0.2317	0.1215
金星	0.0706	0.0000
地球	0.0377	0.0000
火星	0.1397	0.0185
木星	0.0608	0.0255
土星	0.0843	0.0124
天王星	0.0780	0.0118
海王星	0.0145	0.0056

又軌道面對於全系統之「不變平面」動搖之範圍如下，非永久偏動於一方者。即

行星	軌道面交角	
	最大 9° 11'	最小 4° 44'
水星	3 16	0 00
金星	3 6	0 00
地球	5 56	0 00
火星	0 29	0 14
木星	1 1	0 47
土星	1 7	0 54
天王星	0 47	0 34
海王星		

由質量言之，小行星及衛星等乃太陽系中之第三次天體，受太陽引力及附近大行星引力之影響頗大，故其運行甚複雜而變動無已。比諸大行星頗在不安定之地位。但質量甚小不足以動大局。

彗星乃比衛星更輕之天體，密度亦極稀薄，故其在太陽系份子中又占特殊之地位。因其質量小，故與小行星及衛星同，軌道容易變動，且盛受大規模之攝動作用；又因其稀薄，而天體之容積大，

故受宇宙空間抵抗物質之影響亦甚。每近太陽之際，其尾離去其物質，而各天體之壽命以彗星為最短。

至於流星完全為宇宙塵，各個之質量，更僅為彗星之一小片而已。受一切外力之作用，為極複雜之運動。

故按質量之不等，得分太陽系諸星為下列五種。

第一次星

太陽

第二次星

行星

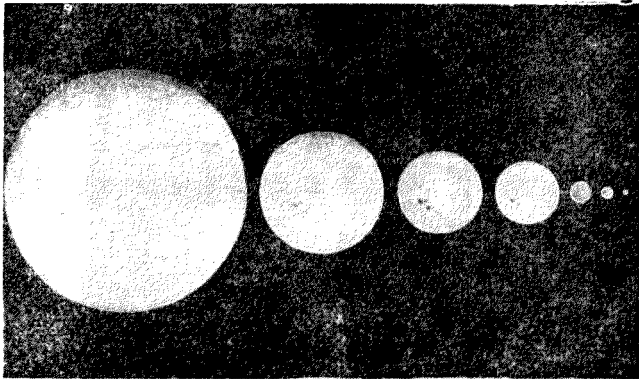
第三次星

衛星

第四次星

彗星

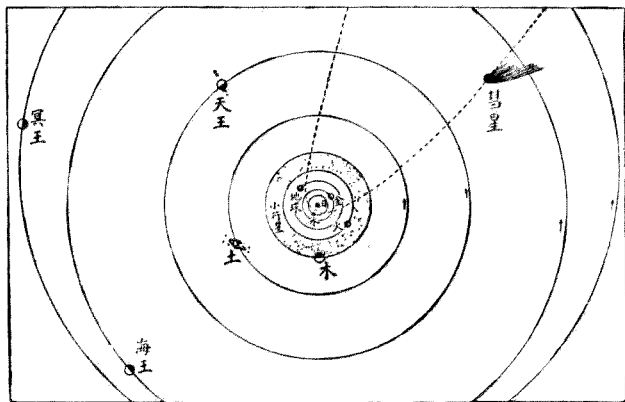
第一百三十一圖 由各行星所見太陽大小之比較



(由左向右)由水星，由金星，由地球，由火星，由木星，由土星，由天王星，由海王星。太陽與海王星間之距離為太陽與水星間之八十倍。海王星所受光與熱為水星之六千分之一。

太陽占全系統總質量之九成九分八釐四毫，而爲全體之總支配者。對外，太陽一個以其卓越之質量代表全系統，對內則以其絕大之引力，使全系統維持現狀，保全其安定。行星若與太陽相比較，最大之木星尚不及其一千分之一；但行星對其低次天體，具頗大之引力作用，且其中有吸引十個之衛星者，故其形式完全爲一太陽系之小模型。小行星之微小天體，固不能各自與衛星相匹敵，但其數甚多，而軌道要素亦頗相一致，其平均值全爲適合於波特定律第五項之大行星；且由純物理的關係言之，此數千之小行星羣，生於同一之運命，毫無容疑。故

第一百三十二圖 太陽系全圖



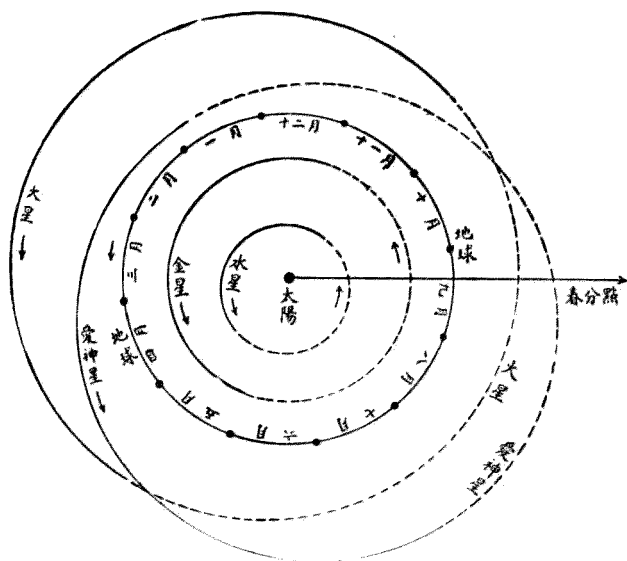
實物四十三兆七千億分之一。

以密集小行星全體而視為一大行星，歸納於第二次天體之數。

衛星對於其母星即行星之關係，全與行星對於太陽之關係相同。比較的最大質量之太陰亦不過地球之八十分之一而已；至於木星及土星之衛星其質量皆不過母星之幾萬分之一耳。故力學的言之，行星與衛星全為不同階段之主從關係。今比較行星與衛星之絕對質量而觀之。

木星之第三衛星為太陽質量

第一百三十三圖 地球附近行星之軌道



實物之四兆二千五百億分之一。



之千三百萬分之一。

土星之第六衛星爲太陽質量之千六百五十萬分之一。

即各爲水星之二分之一及三分之一，殆爲大行星族之質量。但以之與其母星以外之行星相比較者，是一錯誤，實際仍須與木星及土星相比較焉。如斯則上述二衛星，亦不過爲其母星之一萬分之一之微星而已。

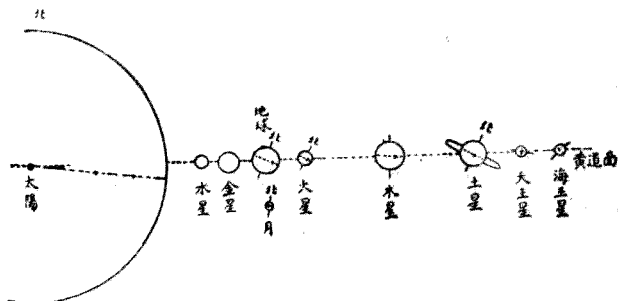
衛星之質量雖小，但其中尚有互相爲攝動作用者；至於彗星則雖一小行星或衛星亦無吸引之力，即完全無力而僅受他星之引力而已。

由彗星之統計的研究，得知彗星全部有種種相同之事實。今就所觀測之彗星軌道言之，近日點距離之最大紀錄爲 4.2 (公元一九二五年彗星) 及 4.05 (公元一七二九年彗星) 天文單位，而最小值則爲 0.002 (公元一八八〇年第一彗星) 及 0.006 (公元一八八二年第二彗星) 天文單位；但大多數近日點距離爲 1.00 天文單位。即大部分彗星之近日點距離與地球及太陽之平均距離相等；此固爲彗星全部之共有性質，但可視爲吾人棲息於地球上觀測彗星之一

般的傾向。設有天文家居於金星，則其所見彗星多數之近日點距離當為  $0.7$  單位；又火星上之天文學者則多發見近日點距離為  $1.52$  之彗星。故宇宙空間平常未見及之彗星，當尚多存在於各處。

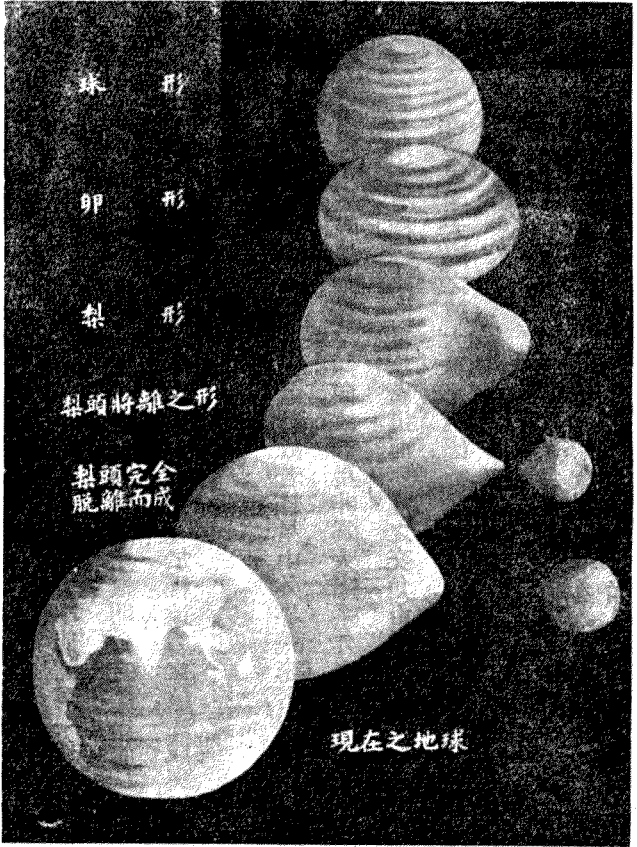
由多數彗星之傾向言之，除週期彗星之一小部分外，多為拋物線軌道，此乃彗星界顯著之特徵。且某少數之彗星為雙曲線軌道，又有為週期的之橢圓軌道者，但是等全部殆皆因行星之攝動作用而原來之拋物線軌道遂為些許之變形而已。故彗星軌道，原則上可視為拋物線也。據奈端之力學則為橢圓軌道者，原始存在於太陽系內，拋物線軌道者，乃遠古時代由太陽系外飛來之彗星；又為雙曲線軌道者，本係由宇宙飛入宇宙之大旅行家，於其旅行途中，以短時間訪問我太陽

第一百三十四圖 行星軌道面與黃道面之交角



第一百三十五圖 月之誕生

第二篇 太陽系下



陽系焉。現今所知之彗星殆全部爲拋物線軌道，故想像此等彗星誕生之故鄉在於太陽系外者不能謂爲錯誤。但於他一方面，由彗星物理性質多相似之事實言之，不能認爲一切彗星皆由各別之外界而來者。且拋物線軌道云者，與週期數萬年之橢圓軌道，殆無明白之區別，故得想像其皆由無限之遠方而來者，故仍以彗星屬於太陽系內，但因其故鄉在於極遠方之故，遂成與拋物線不能區別之長橢圓軌道，此說最近於真理。

太陽系全體向武仙座（Hercules）而運行，故若彗星由外界飛來者，則彗星軌道之遠日點亦當密集於武仙座方面，但實際無如斯之傾向。故彗星非爲太陽系外之證據，亦在於此。

彗星之軌道面方向，亦有種種不同，其與黃道面所成之交角，由零度以至百八十度，皆有其存在。故彗星發生之處當爲包圍太陽之遠大球形。但因行星攝動之結果，變爲週期較短之週期彗星，而軌道面交角遂亦較小。

## 第二節 太陽系之壽命

太陽系之壽命如何？此種問題頗饒興趣。但太陽系乃各種各樣天體之集合團體，故有分別研究各種天體壽命之必要。

太陽系中壽命最短者爲彗星與流星，自不待言。各個彗星之如何發生，完全不知，蓋吾人未見其發生之事實也。設彗星一旦發生而開始運行，則幾年之後，必近於太陽。其近太陽時必爲尾之一部，而其某部分又脫離而去，有時又因行星之引力作用而崩壞，故彗星體不絕在不安定之狀態。過去二三百年間，吾人已見彗星分裂及消失之例甚多。如斯短命，其爲一切彗星公共之運命歟——彗星崩壞之遺骸，成爲流星羣，乃一般學者所公認。此流星因大天體引力之故，成一軌道運動，或特別長久繼續其狀態亦未可知；但一旦接近行星或太陽之後，急轉落下，其後失其原形，而爲天體蒙氣中之氣體成分或落至天體之表面而成一石塊。故流星亦爲不安定之天體。

據斯斯 (H. Jeans) 學說，衛星多由行星產生，故其化學的成分略與其母星之行星有同樣之組織。故其最初當亦有蒙氣之存在。但自己之引力少，不能吸引氣體中之分子運動，其結果，長久年數之後，此氣體漸次逃逸而其表面毫不見其存在。太陰即呈如此之事實。若如太陰之僅爲土塊，

則衛星內部殆無化學變動，僅因其母星之行星及其他引力之作用而往復運行，故以後之壽命，可認爲頗長。且其運動非如流星之激急，故所謂衝突之破壞的運命，施諸衛星者當甚稀少。

達爾文 (Darwin) 氏研究天體間之潮汐作用，曾論及太陰之運命。據其所說，太陰乃於五六千萬年之前由地球分離而成者。最初月與地球殆互相接觸，皆約爲四小時之自轉與公轉，後因兩天體之潮汐關係，地球之自轉與太陰之公轉皆漸延長而至今日之現象。今後此等之時間當更延長，至幾千萬年之後，一日與一月遂皆爲現今五十五日之長度。但將來之年數不明，故不能有明瞭之數值；要之，達爾文之所論示，一行星所有衛星變轉之一方向，深饒興趣。但地球之衛星卽月乃太陽系中多數衛星之代表者，可視爲一特殊之例，故達爾文所論對於其他行星系能否適當，不能簡單定之。然衛星之運命常在其母星支配之下，故結局當與其母星相情死，卽其壽命與其母星之行星相同，當無容疑。

小行星各個之質量小，故受他行星等之攝動作用甚爲銳敏，軌道頗不安定；又體積甚小，爲普通衛星相似之土塊，故得維持其壽命之大部分，前已述之。

大行星確有自己決定自己運命之實力。因引力強，故皆有不甚高溫之蒙氣；又現今一切大行星，雖不受太陽之熱，而其內部亦蓄有少許之自熱。且由木星以至冥王星之外側大行星，自己亦放多少之光輝，故雖忽然消失太陽，而是等大行星不起急激大變動，暫維持獨立狀態，亦未可知。

大行星中，水星之質量最小，蒙氣亦最稀薄，此種情狀與太陰及其他小天體極最相似。但因近太陽之故，其所受光熱約爲地球所受之太陽光熱之六倍；且常以同一表面向於太陽，故一面爲攝氏四五百度之焦熱世界，同時他一面維持宇宙空間天然寒冷之低溫。此爲其他天體不能相比之特徵。

火星質量亦小，故爲憐弱之行星。所受太陽之光熱約爲地球之半分，表面溫度低，蒙氣之氣壓亦小。昔日多數學者皆認爲生物不能棲息之沙漠世界。據最近之觀測，知其非如預想之荒野世界，有風雲等氣象變化，而氣溫之變化亦與我地球大相類似。

地球之現狀，讀者皆知之，姑置而不論。

木星，土星，天王星，海王星，四者皆有龐大之體軀，質量亦大，其內部情形皆與太陽相類似。故其

有固體之外殼耶？或其蒙氣如何等問題，可以不論，僅直接與太陽相比較而求其差異可也。至於冥王星，乃最近所發見之行星，一切情形尚在研究之中，然其性質當與海王星等外側行星相類似。

就各大行星研究之，得知其中有顯著之差異，決不能簡單說明大行星之壽命乃至運命如何也。今姑強勉而論行星進化之順序，當略為

第一百三十六圖 傑爾烏因氏



十九世紀末，最初研究地球年齡者。

- 第一 木星，土星，天王星，海王星，冥王星等一團
- 第二 地球與金星
- 第三 火星
- 第四 水星（及月）
- 洛威爾研究火星世界，論及一般行星進化論，其順序為



此乃二十年前所說，今尙不能破此順序焉。（金星表面之觀測，甚爲困難，吾人對其溫度及蒙氣之智識，知之者極爲有限，故其確在現今地球同程度之進化途上與否，不能謂爲無疑。或謂金星比地球更爲幼稚，當置於木星與地球之間；又有謂當置於地球與火星之間。但由其大小及質量言之，視與地球相近者當無大誤。）

地球之年齡如何？此非僅天文學上之問題，由地質學，物理學以及地球物理學之地位言之，均不可不攻究之。此問題最初之成功研究者，爲傑爾烏因，卽威廉湯母遜（William Thomson）氏。按天文學的方法，由太陽收縮所發之熱量，計算結果，謂地球現今所受之太陽熱爲二千萬年乃至一億年之間。又由地球自轉之遠心力及其結果所生地球體之橢圓率計算結果，謂我地球成現今之形狀者，決不在百億年以上。氏又按物理學的方法，以地殼之熱之傳導率爲根據，謂地球之冷卻至今已約經過二千萬年乃至四千萬年。

其後格勒哥理（Gregory）由今日海水所食之鹽量，溯算此海水不含鹽分之時代爲七千萬

年乃至一億五千萬年，朱里亦謂約爲八千萬年。又何母斯由地球上水成岩層之厚薄，計算此層生成之始約在三億五千萬年之前。

近年地殼中發見鐳、鈾等輻射物質。但此等鈾、釷等物質，隨時代之經過，變化爲種種之物質，結果遂變爲鉛，此等事實乃物理學者研究之結果。羅素 (Henry Norris Russell) 氏應用此理，假定現今全地球所散布之鉛皆由鈾、釷所變化而成者，計算結果，地球之壽命不能超過八十億年以上。但又比較水成岩中岩塊之鉛與鈾之量，得岩石之最古者至少經過十三億年之久。

又地殼中如鐳、鈾之輻射物質能自發熱，故地球全體之冷卻可視爲特別緩慢，而過去地球經過之年數亦當爲傑爾烏因所定之二倍，即約一億三千萬年，此乃學者所想像者。又哈列曼氏由是等輻射物質之線所成之哈羅現象，計算地球之年齡約爲二億五千萬年。

大概言之，地球年齡之推算，由天文學上根據所得之結果，比地質學上所得之結果，年數較短。但此問題之解決，當以地質學上之結果爲精確，其他皆不能不先立一種之假定故也。且太陽熱消費之程度，至近年無正確之材料。最近由一般恆星進化論，對於太陽熱之源泉及其壽命，稍爲可靠。

據其所說地球誕生以來，約經過三億年。

如斯地球之年齡，略已決定，則比地球幼稚之木星土星等以及比其老耄之火星等之年齡，亦得知其至某程度爲止；要之，行星之年齡尺度，當以一億年爲單位。

太陽之壽命問題，在太陽系全體言之，自爲極重要之問題。昔日由天文學的方法推算之，得太陽之年齡比地球年齡更短，大爲學者間之疑問。但最近唱導一般恆星質量變動之新說，使太陽年齡，得容易解決之。（詳細參照第四篇第六章）其結果，今日太陽有數千億年之壽命，由此得知行星大系統完成組織於數億年乃至數十億年之間。

