

流星論

陳遵媯



國立中央研究院天文研究所印行

中華民國十九年六月

PUBLISHED BY
THE NATIONAL RESEARCH INSTITUTE OF ASTRONOMY
ACADEMIA SINICA

June, 1930.

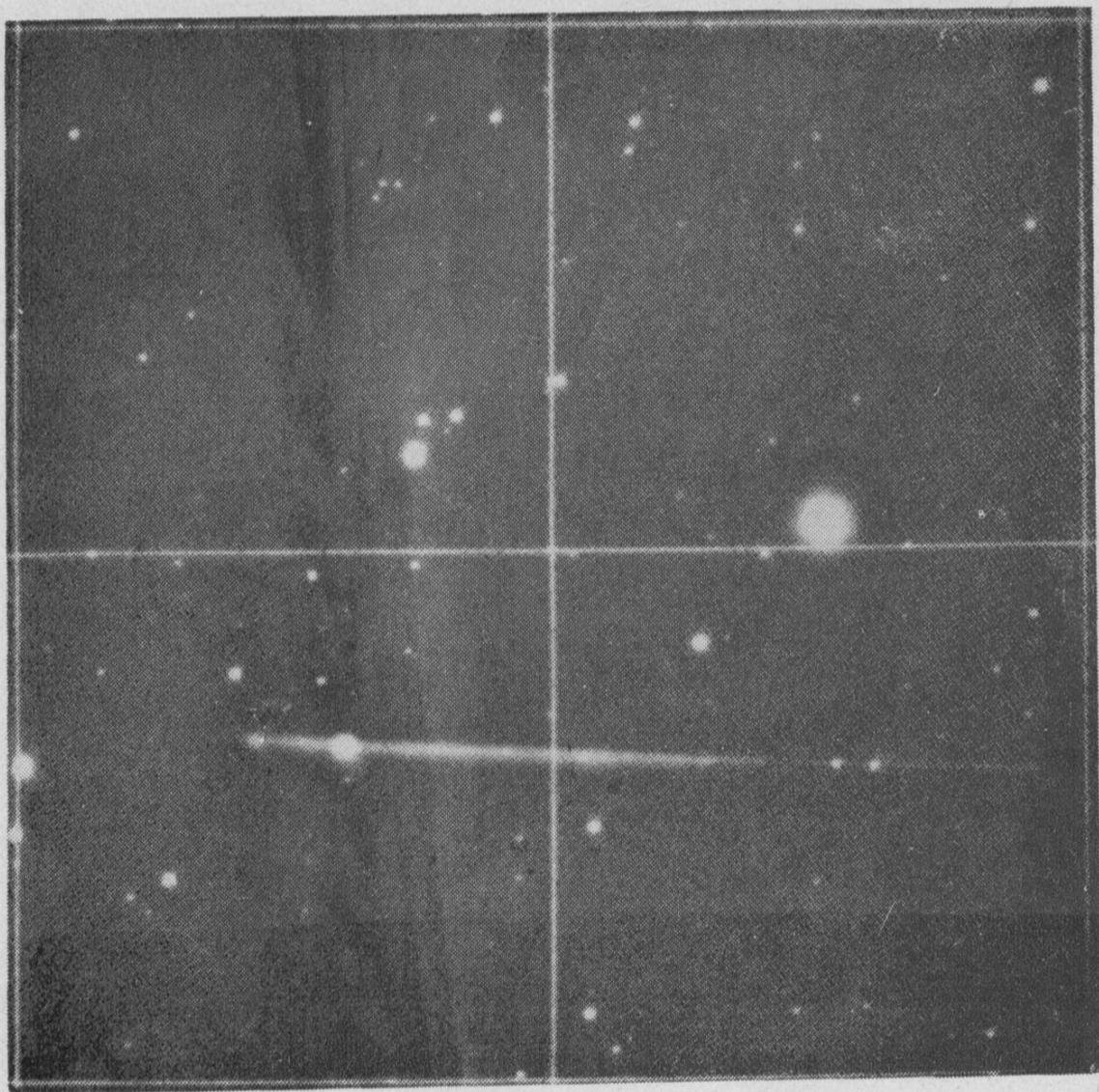
流星論

陳遵媯



國立中央研究院天文研究所印行

中華民國十九年六月



1922年2月21日之大流星

(Paris天文臺J. Bosler及V. Nechvile所撮)



1922年11月16日之大流星

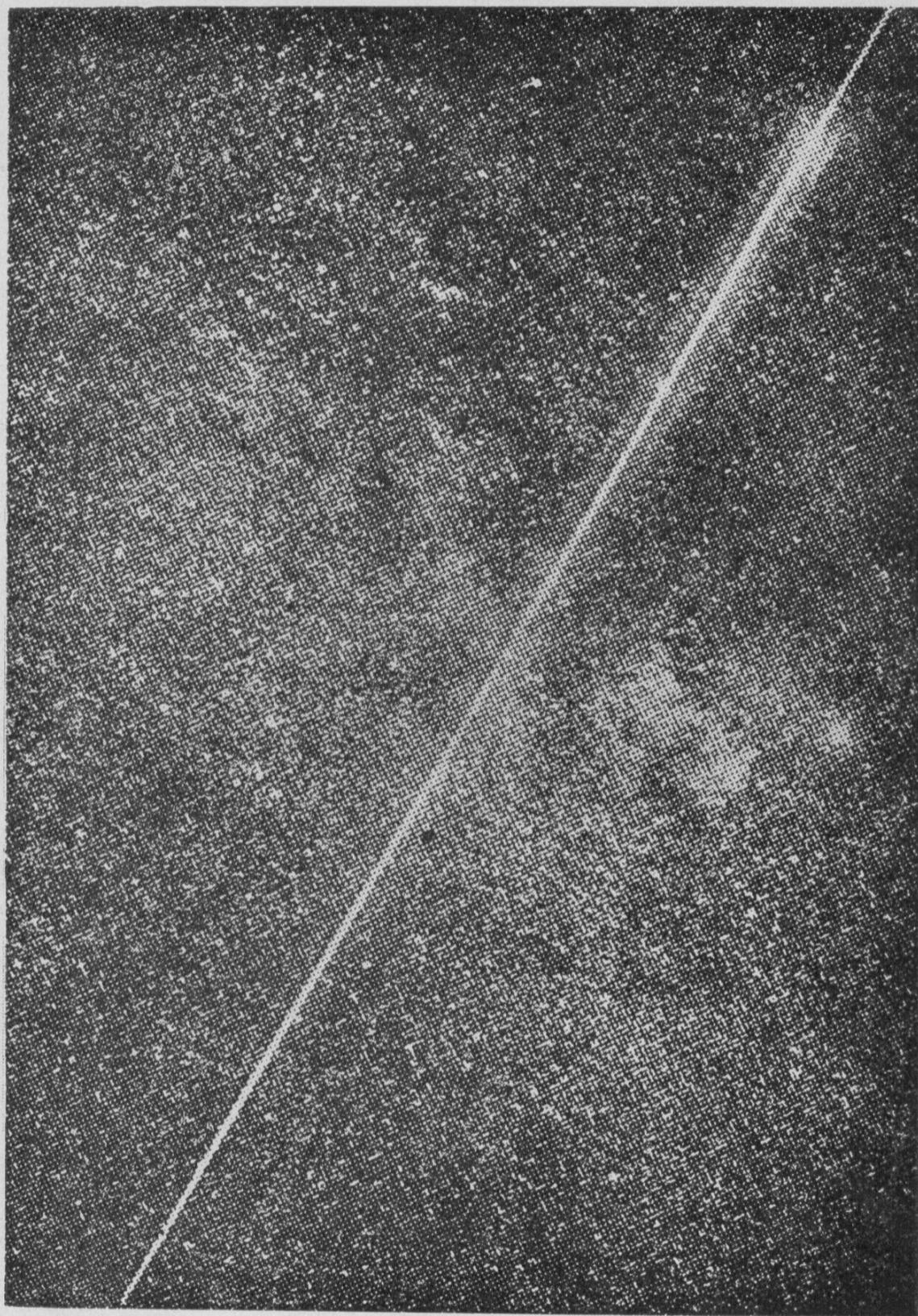
(Norman Lockyer 天文臺 W. J. S. Lockyer 所攝)



1923年9月12日之大流星
(Prague天文臺 Josef Kleposta 氏所攝)



1927年6月29日奉天所見之大流星
(圖乃是日下午11時51分所攝,位於逐蛇天蠍兩座之間)



1928年8月13日之大流星

目 錄

- I. 總論
- II. 流星羣
- III. 彗星與流星
- IV. 流星之軌道
- V. 流星觀測法
- VI. 觀測結果之統計
- VII. 隕星
- VIII. 黃道光與對日照
- IX. 結論——流星天文學之發達

523.5
L532
12220

流星論

陳遵媯

天文學研究中，最有趣味且最易舉者，莫如流星。因其無需何種儀器，僅由肉眼之經驗，能得完滿之結果，且進可以研究彗星及星辰進化論，又可助新星之發見。本編乃集各家觀測之結果而論流星之現象。所參考書籍如下。

Olivier: Meteors

Astrophysical Journal

Astronomische Nachrichten

Harvard Circulars

Observatory

Popular Astronomy

Pub. Astronomical Society of the Pacific.

The Astronomical Herald

The Heavens

I. 總論

1. 流星之現象：一 晴天之夜，仰觀天空，常見白光飛躍而過者，即流星 (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，入我地球大氣之中，因與大氣相摩擦，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。約起於一耗之高空，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，恰如微塵浮游於大氣之中，充入空間，偶當地球通路，遂為地球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，與彗星之軌道相似。精密計算其軌道近日點距離之最大限為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進行者。

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為太陽，其小者為地球等天體。成此大小集團所餘之粉粒，即為現存之流星。又此殘留流星之中，更成小集團，即為流星羣。其中有密集之心核者即彗星是也。

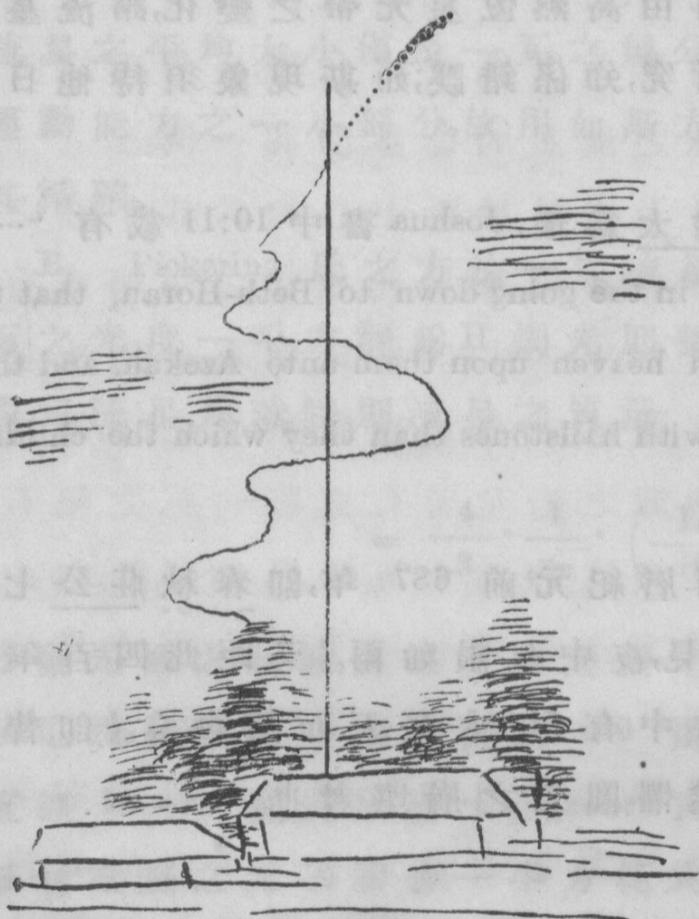
星辰界中，流星大集團之存在頗多。此等流星團自體不能發光；或因遮其背後之星光，而認其存在者；或由其附近星光之反射而認其存在者；又有因突入其團中之星體，發異常之光輝遂得認其存在者。所謂地球之流星的衛星，即其一例。

Washington 氏曾謂火星及木星於距中心約為其半徑之2.7倍地方，皆有最近之衛星存在，而地球於此相當之距離或有流星的小衛星之存在，亦未可知。⁽¹⁾ Pickering, E.C. 氏曾謂多數流星以種種之軌道，運行於太陽之周圍。中有於適當狀況之下，為地球所攝，迴轉於其周圍，遂為地球之衛星。若有直經一呎之隕石，在地球半徑2.7倍之地方則其光度約為十五等。已知隕石之中，比此大者不少。極光約至175哩之高，故設在地上二百哩之高空，有直經一呎之流星的衛星，則反射率約為七等半；若直經十呎則為五等。如斯流星的衛星發輝之原因，非如通常流星因空氣摩擦發熱之作用，乃如行星及月之受太陽光而反射者。故日沒於地平綫下十餘度以內時，該流星入至地影，成為皆既食，不能見之。在地上高二百哩之軌道為圓形者，其角速度為每秒⁽²⁾1.4°。又

Moran 氏於 1921 年(?)某月月齡 12—13 之夜,以六吋屈折望遠鏡觀測月面時,見有直經約三四秒之物體由東向西橫過月面約六秒乃至八秒之久。此乃即流星的衛星之一。⁽³⁾

流星出現之狀態,各有不同,有殘留白煙者。⁽⁴⁾有因飛行中為旋轉運動而煙亦呈波狀者。⁽⁵⁾有殘留光芒至數時間之久者。⁽⁶⁾有始而下降,中途上昇者。⁽⁷⁾有曳長尾狀如彗星者。⁽⁸⁾有出現後分為數片,如火花爆發於空中者。⁽⁹⁾有發現之始幅約二呎,長約一丈餘,成帶狀光體,流動時成波狀,後部漸細,頭部始終不變,恰如蛇狀;後部漸次消失,僅留頭部,變為圓形恰如太陰者。⁽¹⁰⁾又有始如甲字形,後漸灣曲,光輝漸薄,最後如 ∩ 狀,聚結光輝於一端,成一團光塊而消失者。⁽¹¹⁾

第一圖



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。如 1910 年 6 月 11 日臺北所現之流星即為一例。該流星且次第呈波綫狀;其大漸次增加,繼續約五分之久;是時一部消失,一部為濃厚卷層雲所蔽。第一圖乃出現三分後之狀態。波狀之綫,恰如火花之煙次第變化於靜空之中者,得推察其因空中氣流而變形也。又波綫之內,更得認有細微振動狀小波綫之存在。⁽¹²⁾

流星經過後所殘留輝綫之原因，亦堪注目。Trowbrige 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大氣，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伊洪化而生者。⁽¹³⁾

流星之出現常不分晝夜，但晝間因日光之故，見者甚少。如 1915 年 2 月 13 日朝我國舟山半島有一大流星經過之。Steep 島燈塔管理人之報告，以為乃戰艦發射之空雷者。後經調查之結果，始知乃一流星之經過。其徑路頗為曲折，即始由此稍向東方，後飛行於南東方，結果落於 Video 島附近之海中。其爆裂之音，達至遠方。又 1914 年同月同日北美有怪異流星現象，或與此有關係焉。⁽¹⁴⁾

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。有由高熱恆星光帶之變化，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。⁽¹⁵⁾

流星之古代記錄以猶太為最。Joshua 書中 10:11 載有 “...as they fled before Israel and were in the going down to Beth-Horan, that the Lord cast down great stones from heaven upon them unto Azekah, and they died: they were more which died with hailstones than they which the children of Israel slew with the sword.”

我國之最古記錄在西曆紀元前 687 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『杞人憂天而廢寢食。』即昔杞國人民，忽見流星之飛躍，遂懼圓天之崩壞者也。

2. 流星之質量：一 流星之大小常不相同。其大者如隕石或隕鐵落至地上約為數百或數噸；其小者已於大氣最上層而

消散,僅一瓦之幾分之一耳。大小雖如斯不同,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. Herschel 及 Young 二氏之方法一設恆星所發之光度為 L 燭光,光之繼續時間為 t 秒。今若流星狀態之發光效率每一 watt 為 F 燭光,則流星之發散能力

$$= Lt \div F$$

若此值與流星所失之運動能力相等,則

$$\frac{1}{2} mv^2 = \frac{Lt}{F}$$

$$\therefore m = \frac{Lt}{F} \times \frac{2}{v^3}$$

L , t 及 v 皆由觀測知之,若假定 F 之值則由上式得求 m 。如斯所得流星之平均大小僅及一瓦之幾分之一。然發散能力,僅為所失運動能力之一小部分,故用如斯方法所得流星大小之結果,不甚精確。

B. Pickering 氏之方法一設流星之光度為 L 燭光,流星發光面之光度一平方糎為 H 燭光,則發光面之大小,當為 $\frac{L}{H}$ cm^2 。今假定流星為球體,則流星之質量

$$= \frac{4}{3} \cdot \frac{1}{\sqrt{\pi}} \cdot \left(\frac{L}{H} \right)^{\frac{3}{2}} \text{ gr.}$$

H 乃發光面之狀態,依溫度等而變化。Pickering 氏以其大約等於弧狀電燈狀態,每一平方糎為 250 燭光,推定流星之平均大小為直徑 15—18 糎,質量幾十瓦。Fabry 氏以流星發光面之光度,等於弧狀電燈之光窩狀態,一平方糎為 200 燭光,推定流星之平均大小為直徑 5.4 糎,質量 0.3⁽¹⁶⁾ 瓦。

C. Humphreys 氏之方法一氏以闇夜空中之光,除星光外

皆大氣最高層無數小流星之光輝。利用此光之測定，得算出流星之總質量。地球表面所受此種星以外空中之光量為 2×10^{-4} 米燭光。與所受太陽直射光量之 5×10^8 分之一相當。設兩者光與熱之分配彼此相同，則地球全體所受之流星能力為 3 瓦。⁽¹⁷⁾

以上三種方法皆以流星所發之光量為根據；然流星發光之際，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大氣之機械的作用，以推定流星之總質量，其結果或能更為確實。

地球大氣之狀態，約以高地上 11—12 千米為界，分為上下二部分。界下為對流圈。於地球表面，太陽熱作用所起之對流，甚為發達，而大氣之氣壓與溫度等，殆近對流平衡之值。界上乃對流不達之部分，不受地球表面所吸收太陽熱之影響；故上下南北皆無對流。其氣壓溫度等以太陽熱之輻射及吸收作用之平衡為主。關於此輻射平衡圈內之氣流，依近來之研究，則至上層以迅速速度由東向西運動。換言之，最高層之大氣不與地球下層大氣同迴轉；漸次退却，於地上高百千米之空中，此逆流之速度約為迴轉速度之三分之一。⁽¹⁸⁾

此逆流如何而成立耶？最高層之大氣，何以不與地球同為迴轉運動耶？依普通之理論，在地球半徑約六倍間之氣體，當與地球同迴轉，決無逆流之理。有以分子說應用於最高層稀薄之氣體以說明之者，然未成功焉。

今設大氣之逆流與流星之落下乃相伴而生者。即設於最高層大氣之逆流乃因無數流星落下而發生，則可利用逆流現象以供推定總質量之材料。

流星之運動，未必皆向地球之中心，故其落下或增或減地球之迴轉運動量。然大多數落下之結果，增減作用相消，而地球迴轉運動量不受影響。（此節尚須精細研究，今姑省之），故為計算簡單計，可設流星皆向地球中心落下，至空中某高度止，其

運動始被阻止。若流星與此高度之大氣同為逆流，則流星所得之水平運動量，當等於上層大氣所受下層大氣之流體摩擦運動量。

設地球全體一秒間落下流星之總質量為 M ，地球半徑為 r ，地球迴轉所生之水平速度為 v ，流星消滅之平均高度為 h ，於 h 高度之東風速度即逆流速為 fv ，大氣流體摩擦係數為 η ，則

$$\frac{M}{4\pi r^2} \times (1-f)v = \frac{fv}{h} \times \eta$$

$$\therefore M = \frac{f}{1-f} \times \frac{\eta}{h} \times 4\pi r^2$$

今設

$$h = 10^7 \text{ cm}$$

$$f = \frac{1}{8}$$

$$r = 6.4 \times 10^8 \text{ cm}$$

$$\eta = 8 \times 10^{-5} \text{ C. G. S.}$$

則

$$M = 2 \times 10^7 \frac{\text{gr.}}{\text{sec.}} = 20 \frac{\text{ton.}}{\text{sec.}}$$

即落下於地球之流星總量一秒間為二萬噸，或二十噸，比 Humphreys 所推定之值，約大七千倍。流星之數一晝夜若為二千萬，則其平均之大約為九十噸；若百倍之，則其平均之大，約為一噸，與 Pickering 所推定之值相近。

3. 流星之運動：— 流星之能發光，使吾人認其存在者，因其與地球上層大氣相衝突故也。是以吾人若能認其為流星，其距離必不甚遠，（即比其他天體為近）。其所以能至近距離者，必在地球遙遠之處，為某運動焉。

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。其餘殆常為太陽引力所支配。其軌道與彗星略同，或為拋物線，或為細長之橢圓形。故此流星接近地球時，普通已約有每秒40 呎之大速力。地球運動之平均速力約為每秒30 呎，故流星若追地球之後而來時，約以每秒10 呎之速力落於地球。又其由地球之正反對方向而近時，當以70 呎之大速力與地球相衝突。此二種之速力皆為極端之例。且地球表面有大氣圍繞之，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。至今測定之結果，多數流星，發輝於地上130 呎之高空，消滅於60 呎之空間。中有發輝於地上160 呎者，又有消滅於30 呎者，然甚稀少焉。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，通過厚層空氣間，因氣壓與熱作用，原有之能力殆皆消失，達至地上之頃，落下較緩，速力約為每秒數百米。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。然於空間因通過大氣之結果，常有大音響，且俱雷鳴焉。

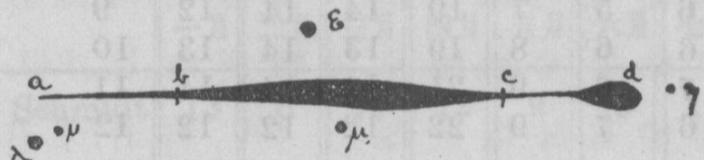
Philips 氏依視差法決定1823—58年所觀測102個流星經路始點與終點之高。其結果得始點及終點平均之高為130 呎及96 呎。其經路之長為72.5 呎。⁽¹⁹⁾ Denning 氏就數十年來時時經驗之望遠鏡的流星觀測，謂普通肉眼所映之流星認為百哩以上者甚少。於望遠鏡的流星，若其運動之緩慢及大小與肉眼的流星相同時，其高必在1000—2000 哩。氏由觀測四個之實例，得其高為1260—1820 哩。⁽²⁰⁾

J. Sykora 氏調查1908年8月11日Tashkend Iskander, Timgan三觀測所之同時流星寫真觀測，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，有破裂模樣。精密決定破裂點之高，得尾之極薄弱之始點在112 呎之高空。於97.7 呎

處光輝急強,88 籽及 85 籽時光輝最強,達至 83 籽處驟減其光度,81 籽處恢復原狀,於 80.7 籽而消滅。⁽²¹⁾

4. 流星之光:一 普通流星光如恆星。以大望遠鏡窺之,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 二 圖



1929 年 8 月 27 日有一大流星狀如第二圖。ab 間色為青白,光如木星。bc 間色亦為青白,後部雜以紫色,光約為滿月

之二倍。cd 間亦青白雜以紫色。最後圓部則紫色較盛,光約為滿月之一倍半。⁽²²⁾又 1929 年 3 月 18 日有一火球狀如第三圖。其出現時光度約為一等星之二倍。ab 間為淡青白色。bc 間為濃赤色,燃燒後殘灰色之痕。cd 間為淡赤黃色,殆將消滅。至 de 間復又燃燒而為濃赤黃色。⁽²³⁾

第 三 圖



流星常為突發的現象,若靜待以研究其光帶者甚為困難。Harvard 大學 Pickering 氏等當攝取天體光帶時,偶得流星之光帶,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,知流星之主要光輝乃白熱固體所出之連續光帶。其他現有 Na, Ma, Ni, Ca, 等輝線及炭化輕氣之光帶等。由此方面言之,流星亦與彗星相似。