INTORNO

AL CORSO ED ALL' ORIGINE PROBABILE

DELLE

STELLE METEORICHE

LETTERE

DI G. V. SCHIAPARELLI

AL P. A. SECCHI

ESTRATTE DAL *BULLETTINO METEOROLOGICO DELL' OSSERVATORIO DEL COLLEGIO ROMANO*, Vol. V, N.i 8, 10, 11, 12.

ROMA

TIPOGRAFIA DELLE SCIENZE MATEMATICHE E FISICHE

Via Lata N.° 211 A.

1866

LETTERA I.

Chiar.° Sig. Direttore

Nelle notti del 9, 10, 11 Agosto corrente ho voluto consacrare alcune ore all' osservazione delle stelle cadenti, non tanto per ottenere una esatta enumerazione di quelle che si rendono visibili (cosa piena d'incertezze e di difficoltà) quanto per stabilire in che cosa particolarmente si distinguono le stelle di tali notti da quelle che soglionsi con discreta uniformità osservare nelle altre epoche dell'anno. E questa volta ancora mi sono confermato nell'opinione, già da me espressa tre anni fa (*), che la differenza fra queste notti e le altre consiste semplicemente in ciò, che alle stelle *sporadiche* ordinarie si aggiunge una moltitudine assai più grande di stelle divergenti tutte dal noto punto situato nella parte più boreale della costellazione di Perseo. In quest'anno però la copia di queste stelle avventizie o sistematiche fu assai minore che nel 1863 (almeno per Milano), come si può vedere dai seguenti numeri orarii.

Data e durata delle osservazioni			Numeri orarii delle stelle	
			sporadiche	sistematiche
1866	9 Agosto	$10^h.55^m - 13^h.50^m$ ...	8	17
	10 »	14. 10 — 15. 10 ...	4	37
	11 »	11. 0 — 13. 0 ...	$6\frac{1}{2}$	$11\frac{1}{2}$

Nel 1863 il numero delle stelle sistematiche per il 10 Agosto fu quasi due volte più grande. Con che non voglio già concludere, che la pioggia meteorica di quest'anno sia stata meno copiosa in modo assoluto. Infatti è cosa notabile, che gl'intervalli delle apparizioni non sembrano uniformi, ma talora in un solo minuto veggonsi cadere più stelle, che dopo in un intiero quarto d'ora. Questo mi sembra provare, che nello spazio la distribuzione loro deve essere piuttosto ineguale. Dal che segue, che un medesimo osservatore può dare numeri differenti, secondo la varietà delle ore, in cui si osserva, e delle regioni della terra, dove si trova. Ho avuto campo di convincermi di questa cosa nella notte del 9, dove più volte vidi due e tre stelle seguirsi a pochi secondi d'intervallo camminando in direzioni diversissime del cielo, ma divergendo costantemente dal solito punto di Perseo. Quelle eran probabilmente le stelle doppie o triple, e la loro separazione durante la caduta non fu certamente che un effetto di prospettiva. E così si comprende, come un ammasso di molte stelle insieme vaganti per lo spazio possa dar luogo a quegli straordinarj spettacoli che ebbero luogo nel 1799 e nel 1833, mentre in un luogo non molto distante non si osserva nulla fuori dell'usato.

Ho fatta ancora un' altra annotazione, la quale non è forse priva di qualche importanza; e questa è, che le stelle divergenti di Perseo erano press'a poco tutte uniformi d'aspetto; il colore era di un bel giallo, e tutte lasciavano dietro di sè una fugace, ma sensibile coda. Al contrario le stelle, che si doveano riguardare come sporadiche, offrivano tutte le varietà possibili di colore e di forma. Non ho bisogno di mostrare quanto interessante sarebbe una ulteriore confermazione di questo fenomeno, il quale basterebbe da sè a recar molto ajuto nella classificazione delle stelle meteoriche.

Ed in fine questo pure mi è parso evidente: che mentre nel 1863 le trajettorie delle stelle sistematiche prendevano generalmente la loro origine in prossimità di Perseo, ed anzi molte nascevano e si estinguevano in questa stessa costellazione e nella vicina di Cassiopea: nel 1866 le trajettorie erano tutte assai lontane dal punto di divergenza. Questa circostanza ha reso molto più difficile la distinzione fra le stelle sporadiche e le sistematiche, che nel 1863 si faceva con somma sicurezza. Infatti quando si de-

(*) V. *Bullettino Meteor.* Vol. II. pag. 132.

ve prolungare una direzione per 60° o 90° lungo un arco di circolo massimo, sono inevitabili incertezze di più gradi. Riflettendo poi alla causa di tale diversità, sono tratto a concludere, che in quest' anno le stelle han dovuto accendersi in regioni molto più basse, che nel 1863, e quindi in punti dove la loro elongazione apparente da Perseo era maggiore.

In tutte queste cose vi è troppa geometria, per poter ancora ammettere che le stelle cadenti siano un prodotto atmosferico, e possano dare un indizio qualunque circa allo stato del tempo che fa o che farà. Sembra, è vero, che il vento possa alcun poco incurvare le trajettorie, dando così indizio della direzione che hanno i movimenti dell' atmosfera superiore; ma questa circostanza non basta a distruggere i fatti troppo evidenti che hanno assicurato il trionfo alla teoria cosmica.

Vi ha tuttavia un fenomeno, il quale offre contro a questa teoria il più specioso argomento: intendo parlare della variazione diurna della frequenza delle stelle cadenti. Il Sig. Coulvier-Gravier, al quale tanto deve la scienza per le sue fatiche intorno a quest'argomento, avendo per molti anni di seguito enumerato le stelle cadenti apparse in ogni ora della notte, arrivò a stabilire i seguenti risultati, dai quali è stata esclusa la pioggia eccezionale dei giorni 9, 10, 11 Agosto (*).

Intervalli orarii	Numeri orarii medii dell'anno	Intervalli orarii	Numeri orarii medii dell'anno
$5^h - 6^h$	7.2	$12^h - 13^h$	10.7
6 — 7	6.5	13 — 14	13.1
7 — 8	7.0	14 — 15	16.8
8 — 9	6.3	15 — 16	15.6
9 — 10	7.9	16 — 17	13.8
10 — 11	8.0	17 — 18	13.7
11 — 12	9.5	18 — 19	13.0

La progressione di questi numeri è talmente regolare, che è impossibile ascriverla al caso o ad errori di osservazione: essa include senza dubbio una legge incognita della Natura.

Egli è assai probabile, che se le osservazioni, invece che a Parigi, fossero state fatte in Pekino od in altro luogo della Terra, avrebbero manifestata la stessa variazione oraria. Dipende adunque il fenomeno, non dal tempo assoluto, ma dall'ora del luogo d'osservazione. Si vede, che la frequenza minima di stelle cadenti ha luogo nelle ore della sera, e che la massima abbondanza si osserva nelle ore che precedono immediatamente il levar del Sole. È una variazione come quelle del barometro, del termometro, ecc. A prima giunta sembra impossibile conciliare queste circostanze coll' ipotesi dell' origine celeste: i fenomeni dell' Universo non hanno che fare colle ore locali delle nostre abitazioni sulla terra. Malgrado tutte queste apparenze, io spero di poter dimostrare, che le variazioni orarie nella frequenza delle stelle cadenti, lungi dall'oppugnare la teoria cosmica, ne sono la più splendida prova. Ed ecco in qual modo.

Adottiamo per base dei nostri ragionamenti la teoria cosmica sotto la forma, a cui l'hanno recentemente portata gli egregi lavori del Professore Heis, e dei signori Alessandro Herschel e Greg (*). Questi valentuomini, non spaventati dalla apparente irregolarità e confusione che sembrava regnare nelle stelle cadenti fino ad oggi denominate *sporadiche*, tentarono e non infelicemente, di classificarle sotto un numero determinato di sistemi divergenti da altrettanti punti di radiazione apparente. Essi riuscirono a dimostrare, che le stelle veramente *sporadiche*, cioè isolate nel vero senso della parola non esistono che in piccolo numero in confronto della gran moltitudine delle *sistematiche*: e che il fenomeno dei 10 Agosto è il più evidente in mezzo ad un gran numero di altri analoghi, meno osservabili a chi non impiega grande fatica ed attenzione. E sebbene lo stabilire con esattezza i punti di radiazione e le epoche di tutte codeste piogge meteoriche (il cui numero comprendendo anche l' emisfero australe, può sorpassare facilmente il centinajo) non sia opera di pochi anni e di pochi uomini, tuttavia da quello che è stato fatto, già questo si può riconoscere: che arrivano stelle cadenti da tutte le parti degli spazi celesti, e ciò press'a poco con frequenza eguale per tutte le parti, se si toglie dal numero la pioggia del 10 Agosto. Anche la frequenza sembra press'a poco eguale in tutte le stagioni dell'anno, sebbene intorno a questo punto importantissimo ulteriori diligenze siano molto desiderabili. Supporremo adunque, fino a prova del contrario, che le stelle cadenti possano arrivare a noi da tutte le parti

(*) Coulvier-Gravier, *Recherches sur les météores*. Paris 1859. p. 219.

(*) Heis, *Monthly Notices* vol. XXIV, p. 213. — A. Herschel and Greg, *Proceedings of the British Meteorological Society* Vol. II. p. 302.

dello spazio in eguale moltitudine, qualunque sia la stagione dell'anno.

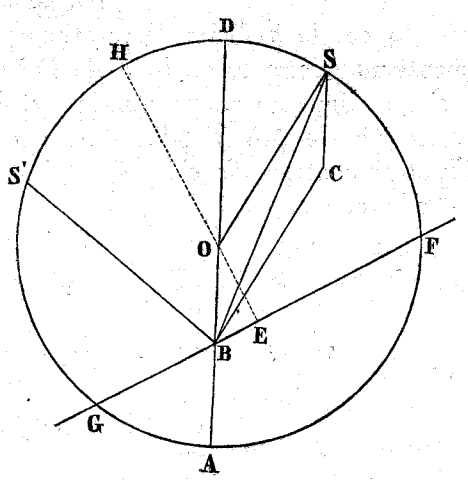
Se ora immaginiamo la terra starsi immobile in mezzo a questa nuvola di projettili, è chiaro che tutte le parti della sua superficie verranno ad esserne egualmente percosse: e lo stesso si vedrà accadere anche quando essa si volga intorno al proprio asse. Non avrà dunque luogo alcuna variazione oraria nella frequenza delle cadute. Se al contrario supponiamo la terra dotata di un movimento progressivo incomparabilmente più veloce che quello delle stelle cadenti, è manifesto che essa lascierà dietro di sè un vuoto, come una palla di cannone che attraversi uno sciame di moscherini. Tutti gli urti succederanno sull'emisfero anteriore che ha per asse la direzione secondo cui la terra si avanza. In questa ipotesi si dovranno osservare stelle cadenti fino a tanto che è sull'orizzonte dell'osservatore qnel punto del cielo, verso cui la terra è diretta : tramontato il quale, dovrà immediatamente cessare ogni apparizione di questi fenomeni. E finalmente fra la quiete assoluta e la velocità smisurata, si può concepire per la terra uno stato intermedio in cui essa progredisca con celerità paragonabile a quella con cui si muovono gli atomi della polvere cosmica. Succederà allora uno stato di cose intermedio ai due precedenti : le stelle cadenti si mostreranno con frequenza variabile durante la giornata, e dipenderà il loro numero dall' elevazione del punto celeste a cui la terra è diretta. Per brevità a questo punto daremo il nome di *apice*. È anche facile immaginarsi, come la massima frequenza debba aver luogo quando l'apice ha la massima altezza e si trova allo zenit : la minima quando l'apice occupi il nadir dell'osservatore.

Ora se noi consideriamo la terra nel suo movimento annuale, vedremo che il suo apice è continuamente variabile. Esso percorre in un anno tutta l'Eclittica, mantenendosi a ponente del sole ad una distanza da questo presso che costante, la quale oscilla fra 89° e 91°. Questo apice culmina al meridiano superiore nelle ore della mattina, e in media verso le 18^h : passa al meridiano inferiore la sera intorno a 6^h; secondo le stagioni queste epoche possono alquanto variare. Se adunque quanto abbiam detto è vero, deve la massima quantità delle stelle cadenti osservarsi alla mattina, la minima alla sera : che è quanto appunto risulta dalle osservazioni di Coulvier–Gravier.

Da queste grossolane concezioni passiamo ora ad una analisi più accurata dei fatti. Circa alla velocità delle meteore nello spazio non altro sappiamo di certo, se non che ella deve esser molto grande e di natura planetaria, comparabile quindi a quella della terra. Noi non sappiamo se questa velocità sia la medesima per tutti gli asteroidi, o, se diversa, tra quali limiti possa variare. Come si tratta qui di studiare un effetto prodotto dall'insieme di tutti gli asteroidi che arrivano sulla terra, potremo usare nei calcoli di una certa velocità media dei medesimi v, e ragionare nell'ipotesi che tutti siano dotati di questa. Vedremo in appresso questa ipotesi ampiamente giustificata.

Ciò posto, immaginiamo che uno spettatore si trovi immobile nello spazio, considerando le meteore che vengono sopra di lui. Dietro le ipotesi precedenti, in un dato tempo, p. e. in un secondo, egli riceverà un certo numero di stelle, eguale da tutte le parti. Potrà dunque supporre di essere al centro di una superficie sferica di raggio $= v$, da tutti i punti della quale nell'unità di tempo vengano scagliati i proiettili contro di lui in certa quantità. Sia ASS' questa sfera, O il suo centro, $OS = v$.

FIG. 1.

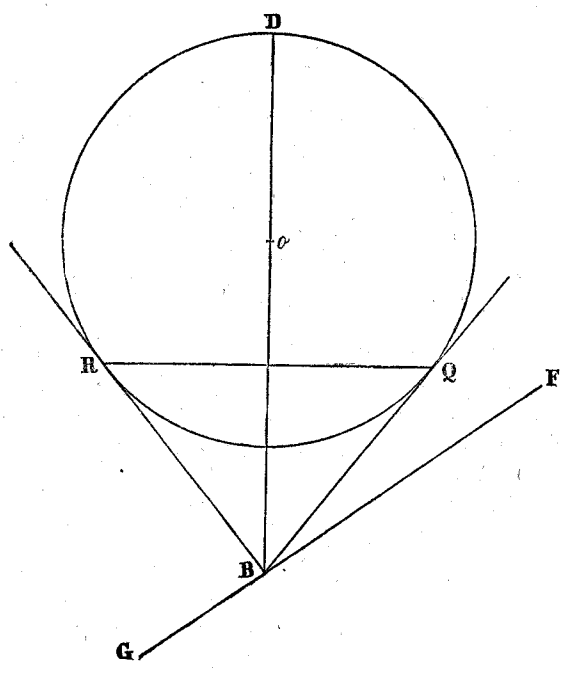


Se ora lo spettatore abbia un movimento qualunque nella direzione OD, del quale la velocità sia V, le apparenze dipenderanno dal moto relativo delle stelle che cadono su O con velocità v, e dello spettatore che arriva in O colla velocità V. Noi potremo supporre che quest' ultimo sia ancora fisso, ed attribuire alle stelle una velocità eguale e contraria a V. Così la

stella S, che avrebbe dovuto cadere sopra O con velocità $OS = v$, cadrà invece nella direzione SB composta di $OS = v$ e di $SC = V$, presa quest'ultimo in senso opposto a quello, secondo cui l'osservatore si muove.

Come si ha evidentemente $OB = SC = V$, il punto B sarà sempre il medesimo qualunque sia la posizione di S sopra la superficie sferica. Quindi la stella S' cadrà nella direzione S'B, e così tutte le altre. E se lo spettatore sia supposto in B, si potrà esprimere la legge, secondo cui le stelle cadenti vengono a percuoterlo, dicendo che da tutte le parti della superficie sferica, in quantità proporzionali alle aree di queste parti, cadono stelle non su O, ma su B nelle direzioni SB, S'B ecc. Dal che appare, che la pioggia di Stelle avrà la massima densità nella direzione BD che è quella dell'apice, la minima nella direzione BA opposta all'apice. Ed è facile anche vedere, che le due densità massima e minima staranno fra loro come i quadrati delle lunghezze BD, BA. Le rette SB S'B ecc. esprimeranno poi le velocità relative, con cui le stelle S S' incontrano lo spettatore.

Questo per il caso, in cui B cade nell'interno della sfera, che è quando si ha $V < v$. Ciò è conforme a quanto c'insegnano i tentativi fatti sino ad oggi per misurare la velocità di alcune stelle cadenti: dai quali quasi sempre risultò che la velocità di questi corpi è notabilmente maggiore che quella della Terra. Tuttavia si può dimostrare, che in natura realmente dev'essere per lo più $V < v$. Infatti ammettiamo l'ipotesi contraria, e sia B fuori della sfera, come nella FIG. 2.



È facile vedere, che circoscrivendo da B come vertice il cono RBQ, tutte le stelle devono arrivare su B seguendo direzioni comprese nell' *interno* di questo cono: di più è palese, che la densità della pioggia luminosa sul contorno del cono sarà infinitamente maggiore che nell' interno, e lungo l'asse BD del cono sarà minima. Noi dovremmo dunque vedere, se questa ipotesi fosse vera, quasi tutte le stelle cadenti divergere in dentro e in fuori dalla periferia di un circolo minore della sfera celeste, il quale avebbe l'apice per polo. Tutti quegli osservatori, per cui il circolo minore ora detto giace intiero sotto l'orizzonte, non dovrebbero vedere neppure una sola stella cadente. E al contrario la frequenza delle stelle cadenti dovrebbe essere costante per tutto il tempo, in cui tal circolo restasse intiero sopra l'orizzonte. Tutti questi effetti sono contrarj alle osservazioni. L'ipotesi $V < v$ pare dunque la più probabile, e noi faremo i nostri ragionamenti in questa.

Lo spettatore B (*fig.* 1) non sia ora più isolato nello spazio, ma sia la sua vista limitata dal piano GF d'un orizzonte qualunque. Sia φ l'angolo DBF, cioè l'altezza apparente dell'apice. È palese che rimarranno soltanto visibili le stelle, che arrivano dalla porzione GHF della sfera; e quindi il numero delle stelle visibili sarà al numero di tutte le stelle, come la superficie del segmento GHF a tutta la sfera: che è quanto dire come HE al diametro totale. Ora il diametro è $2v$, e $HE = OH + OE = v + V \sin \varphi$. Quindi la frequenza delle stelle vedute dall'osservatore B sul suo orizzonte sarà proporzionale a

$$\frac{v + V \sin \varphi}{2v},$$

od ancora a

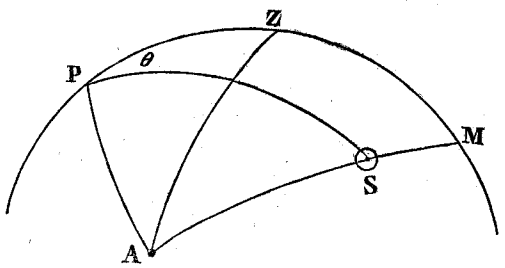
$$1 + \frac{V}{v} \sin \varphi, \qquad (1)$$

tralasciando il fattore costante $\frac{1}{2}$. Ed ecco in qual modo la densità delle stelle cadenti dipende dall'altezza dell'apice sull'orizzonte.

Il numero delle stelle meteoriche per una data ora, quale fu definito dal Coulvier–Gravier, non è altro che la media delle moltitudini osservate in tutti i giorni dell'anno durante quell'ora determinata. Alla medesima ora del giorno corrispondono diverse altezze dell'apice, secondo le stagioni. Per introdurre nel calcolo questa circostanza osserviamo, che l'apice percorre

il circolo dell'Eclittica una volta all'anno con moto quasi uniforme, restando addietro in longitudine rispetto al sole di un angolo che non si scosta più di un grado dall'angolo retto. Se adunque noi poniamo l'origine dei tempi nell'istante del solstizio estivo, la longitudine λ dell'apice sarà una quantità sensibilmente proporzionale al tempo, e l'incremento di questo potrà essere misurato dall'incremento $d\lambda$.

FIG. 3.



Sia nella fig. 3ª PZM il meridiano dell'osservatore, S il sole, P il polo celeste, Z lo zenit, ASM l'eclittica, A l'apice. L'angolo orario del sole, o il tempo vero sarà MPS $= \theta$. Per le cose dette l'arco SA dell'eclittica supponiamo costantemente di 90°. L'angolo APS al polo dell'Equatore, sarà generalmente parlando, diverso da 90°: con un calcolo, che quì è inutile riferire per disteso, trovo che il suo massimo valore nell'anno è 94°.56′, il minimo 85°.4′ Esso può, senza pericolo d'errare più che uno o due minuti, esser calcolato colla formula

$$\mathrm{APS} = 90^\circ + (4^\circ\ 56')\sin 2\lambda.$$

Indicando per brevità con a la costante $4^\circ\ 56'$ l'angolo APZ sarà esprimibile per

$$90^\circ + \theta + a.\sin 2\lambda.$$

Dei due lati, che comprendono questo angolo nel triangolo PZA, cioè PZ, PA, il primo è la colatitudine del luogo d'osservazione, che diremo $90^\circ - \omega$; l'altro è la distanza polare dell'apice, e sappiamo aversi, per una formula conosciuta

$$\cos \mathrm{PA} = \sin\lambda \sin\varepsilon,$$

dove ε è l'obliquità dell'eclittica. Nel medesimo triangolo ZPA il lato ZA è la distanza zenitale dell'apice, o il complemento della sua altezza φ. Noi avremo dunque

$$\cos \mathrm{ZA} = \sin\varphi = \sin\omega \cos \mathrm{PA} + \cos\omega \sin \mathrm{PA} \cos(90^\circ + \theta + a \sin 2\lambda).$$

In questa espressione noi mettiamo, invece di cos PA il suo valore sin λ sin ε, invece di sin PA i due primi termini dello sviluppo

$$\sqrt{1 - \cos^2 \mathrm{PA}} = \sqrt{1 - \sin^2\lambda \sin^2\varepsilon} = 1 - \tfrac{1}{2}\sin^2\lambda \sin^2\varepsilon + \ldots.$$

il che è sufficiente per l'uso nostro, essendo sin ε una frazione abbastanza piccola: finalmente invece di $\cos(90^\circ + \theta + a \sin 2\lambda)$ surrogheremo il suo equivalente $-\sin(\theta + a \sin 2\lambda)$, il quale si potrà sviluppare considerando $a \sin 2\lambda$ come quantità differenziale: ciò dà

$$\cos(90^\circ + \theta + a \sin 2\lambda) = -\sin\theta - a \sin 2\lambda \cos\theta.$$

Con queste semplificazioni noi otteniamo

$$\sin\varphi = \sin\omega \sin\lambda \sin\varepsilon - \cos\omega\,(1 - \tfrac{1}{2}\sin^2\lambda \sin^2\varepsilon)(\sin\theta + a \sin 2\lambda \cos\theta).$$

Introducendo questo valore di sin φ nella formula (1), moltiplicando per $d\lambda$, ed integrando rispetto a λ fra i limiti 0 e 2π (cioè estendendo l'integrale alle osservazioni di tutto l'anno) poi dividendo il risultato per 2π, si ottiene il numero esprimente la frequenza media annua corrispondente all'ore θ di tempo vero nel luogo di latitudine ω colla seguente formula:

$$\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} d\lambda \left(1 + \frac{\mathrm{V}}{\nu}\sin\varphi\right) = 1 - \frac{\mathrm{V}}{\nu}\cos\omega \sin\theta\,(1 - \tfrac{1}{4}\sin^2\varepsilon).$$

Qui l'unità esprime la frequenza media assoluta, cioè quella che si calcola su tutte le epoche dell'anno e su tutte le ore del giorno. Indicando con K il numero orario medio assoluto, cioè il numero di stelle che in media si osservano durante un'ora qualsiasi dell'anno, il numero medio di quelle che si osservano durante l'ora che comincia con $\theta - 30^{\mathrm{min}}$, e finisce con $\theta + 30^{\mathrm{min}}$ sarà espresso (con errore affatto trascurabile) da

$$\mathrm{K}\left\{1 - \frac{\mathrm{V}}{\nu}\cos\omega \sin\theta\,(1 - \tfrac{1}{4}\sin^2\varepsilon)\right\}.$$

Si vede da questa espressione che al polo il numero orario annuo delle stelle cadenti è costante, e che le sue oscillazioni più ragguardevoli durante la giornata hanno luogo presso gli abitanti dell'Equatore.

Per la latitudine di Parigi 48°.50′ e per l'obliquità dell'eclittica 23°.27′ si ha per numero orario dell'anno da $\theta - 30^{\mathrm{min}}$ a $\theta + 30^{\mathrm{min}}$

$$\mathrm{N}_\theta = \mathrm{K}\left\{1 - 0{,}632\,\frac{\mathrm{V}}{\nu}\sin\theta\right\}: \qquad (2)$$

e tale è la formula, alla quale dovrebbero adattarsi i numeri del Sig. Coulvier–Gravier, se il tempo da lui usato per ordinare le sue osservazioni fosse *tempo vero*. Egli è probabile, che abbia invece impiegato il *tempo medio*: ciò tuttavia non può produre sensibile differenza, principalmente per questo, che la somma dei ritardi d'un tempo sopra l'altro durante l'intiera annata è zero. Quindi gli errori procedenti da questa causa sono in gran parte compensati e certo trascurabili nel nostro caso. Ma un'altra avvertenza più essenziale deve tenersi in calcolo: non tutti i numeri dati da Coulvier–Gravier sono derivati da osservazioni estendentisi per tutto l'anno in modo uniforme. Ciò si può supporre, fino ad un certo punto, per i numeri che vanno da 9^h a 15^h essendo a queste ore il sole sempre notevolmente abbassato sotto l'orizzonte nel clima di Parigi: ma per gli altri è chiaro che le sere e le mattine d'estate non hanno potuto entrar in conto; anzi il primo numero da 5^h a 6^h, e l'ultimo da 18^h a 19^h non si fondano certamente che sopra osservazioni fatte nei mesi prossimi al solstizio invernale. Per queste ore adunque, in cui non è notte che in una parte dell'anno, il calcolo del numero orario di Coulvier–Gravier non si potrà fare secondo la formula (2), la quale si estende a tutto l'anno. Avendo riguardo alla durata dei giorni e dei crepuscoli nel clima di Parigi, ho supposto che le osservazioni fatte fra 5^h e 6^h e fra 18^h e 19^h siano estendibili a due mesi, uno prima del solstizio d'inverno e l'altro dopo: che le osservazioni fra 6^h e 7^h e fra 17^h e 18^h siano estendibili a quattro mesi: che da 7^h a 8^h e da 16^h a 17^h si possa osservare per sei mesi: e che finalmente per otto mesi si possano numerare le stelle cadenti da 8^h a 9^h e da 15^h a 16^h. Adattando a queste ipotesi i limiti dell'integrale

$$\int d\lambda \left(1 + \frac{V}{v} \sin \varphi\right)$$

ho trovato che i numeri di Coulvier–Gravier vengono ancora ad esprimersi colla formula (2), modificando però lievemente il coefficiente numerico 0.632, il quale nei quattro casi poc'anzi enumerati diventa rispettivamente 0.653 : 0.642 : 0.632 : 0.626. Onde in sostanza paragonando i valori teorici coi valori osservati si ottengono le seguenti quattordici equazioni di condizione:

Intervalli orari	Equazione corrispondente
$5^h - 6$	$7{,}2 = K(1 - 0{,}653 \frac{V}{v} \sin 5\frac{1}{2}^h)$
$6 - 7$	$6{,}5 = K(1 - 0{,}642 \frac{V}{v} \sin 6\frac{1}{2}^h)$
$7 - 8$	$7{,}0 = K(1 - 0{,}632 \frac{V}{v} \sin 7\frac{1}{2}^h)$
$8 - 9$	$6{,}3 = K(1 - 0{,}626 \frac{V}{v} \sin 8\frac{1}{2}^h)$
$9 - 10$	$7{,}9 = K(1 - 0{,}632 \frac{V}{v} \sin 9\frac{1}{2}^h)$
$10 - 11$	$8{,}0 = K(1 - 0{,}632 \frac{V}{v} \sin 10\frac{1}{2}^h)$
$11 - 12$	$9{,}5 = K(1 - 0{,}632 \frac{V}{v} \sin 11\frac{1}{2}^h)$
$12 - 13$	$10{,}7 = K(1 - 0{,}632 \frac{V}{v} \sin 12\frac{1}{2}^h)$
$13 - 14$	$13{,}1 = K(1 - 0{,}632 \frac{V}{v} \sin 13\frac{1}{2}^h)$
$14 - 15$	$16{,}8 = K(1 - 0{,}632 \frac{V}{v} \sin 14\frac{1}{2}^h)$
$15 - 16$	$15{,}6 = K(1 - 0{,}632 \frac{V}{v} \sin 15\frac{1}{2}^h)$
$16 - 17$	$13{,}8 = K(1 - 0{,}626 \frac{V}{v} \sin 16\frac{1}{2}^h)$
$17 - 18$	$13{,}7 = K(1 - 0{,}642 \frac{V}{v} \sin 17\frac{1}{2}^h)$
$18 - 19$	$13{,}0 = K(1 - 0{,}653 \frac{V}{v} \sin 18\frac{1}{2}^h)$

Da queste equazioni ricavo il numero orario medio assoluto $K = 10{,}65$: $\frac{V}{v} = 0{,}691$: e quindi $v = V.\ 1{,}447$. Introducendo tali valori nelle equazioni stesse, si possono calcolare i valori dei numeri orarii secondo la nostra teoria, e paragonarli coi numeri osservati, come si vede qui sotto:

Intervalli	Numeri orarii		Errori O—C
	calcolati	osservati	
$5^h - 6^h$	5,90	7,2	+ 1,30
6 — 7	5,97	6,5	+ 0,53
7 — 8	6,36	7,0	+ 0,64
8 — 9	7,00	6,3	— 0,70
9 — 10	7,83	7,9	+ 0,07
10 — 11	8,87	8,0	— 0,87
11 — 12	10,05	9,5	— 0,55
12 — 13	11,25	10,7	— 0,55
13 — 14	11,43	13,1	+ 0,67
14 — 15	13,47	16,8	+ 3,33
15 — 16	14,30	15,6	+ 1,30
16 — 17	14,94	13,8	— 1,14
17 — 18	15,33	13,7	— 1,63
18 — 19	15,40	13,0	— 2,40

L'accordo fra teoria ed osservazione è ottimo, e tanto, quanto si può sperare da questo genere d'investigazioni. Le differenze residue si possono facilmente spiegare osservando, che in fenomeni così irregolari come quelli di cui si tratta basta un'imperfetta compensazione di circostanze, e una pioggia meteorica fuori del-

l'ordinario (come quella del 10 Agosto) o una distribuzione non uniforme delle ore e delle stagioni di osservazione per produrre delle deviazioni sensibili dai numeri normali. Bisogna far attenzione a ciò, che la serenità del cielo non è la medesima in tutte le epoche dell'anno, ed anche non sempre eguale è la comodità delle veglie notturne, specialmente nelle ore dopo mezzanotte. Se per esempio supponiamo che le osservazioni di primavera sono più numerose di quelle d'autunno, tosto vedremo decrescere i numeri della sera e quelli della mattina al di là della giusta misura. Perchè è facile vedere, considerando le posizioni dell'apice, che alla sera la minima frequenza di stelle cadenti si ha appunto quando il sole è nel punto d'Ariete; e nello stesso tempo si ha pure alla mattina il minimo numero. L'inverso accade quando il sole si trova in Libra.

La teoria precedente rende pur conto d'un altro fenomeno già da molto tempo osservato: che la frequenza delle stelle cadenti è notabilmente maggiore nel secondo semestre dell'anno che nel primo. Infatti se noi estendiamo il calcolo dell'integrale

$$\int d\lambda \left\{ 1 + \frac{V}{v} \sin \varphi \right\}$$

dal solstizio estivo al solstizio d'inverno, cioè da $\lambda = 0$ a $\lambda = \pi$, troveremo che al numero medio K di tutto l'anno bisogna aggiungere la quantità

$$\frac{2K}{\pi} \cdot \frac{V}{v} \sin \omega \sin \varepsilon ;$$

e similmente si otterrà il numero orario medio assoluto del solstizio d'inverno al solstizio d'estate sottraendo dal numero K la medesima quantità. Così che in fine il rapporto del numero delle stelle che cadono nel primo periodo al numero delle stelle cadenti nel secondo è dato da

$$R = \frac{1 + \frac{2}{\pi} \frac{V}{v} \sin \omega \sin \varepsilon}{1 - \frac{2}{\pi} \frac{V}{v} \sin \omega \sin \varepsilon} \qquad (3)$$

e si vede che varia colla latitudine ω del luogo. Al polo, dove è nulla la variazione diurna, è massima la variazione annua delle stelle cadenti: all'equatore succede il contrario. Adottando i valori precedenti di $\frac{V}{v}$, ω, ε si trova per la latitudine di Parigi R = 1,305.

Una spiegazione della variazione annua delle stelle cadenti, dedotta da analogo principio è già stata pubblicata, or son due anni, da Alessandro Herschel (*). Si può facilmente render ragione si tal singolare fenomeno nel modo seguente. Nell'equinozio di primavera al tramonto del sole, l'eclittica è altissima sull' orizzonte e l'apice ha la maggior possibile profondità. Quindi dalla sera a mezzanotte si ha un numero di stelle cadenti inferiore al medio. Al levare del sole l'eclittica ha la minor possibile elevazione sull'orizzonte, e l'apice culmina alla minima altezza. Dunque anche nelle ore mattutine si ha minor numero di meteore. Verso l'equinozio di autunno succede perfettamente il contrario. Al tramontar del sole, l'apice, che occupa il cancro, non è molto basso sotto l'orizzonte, ed è invece altissimo al levar del sole.

Havvi dunque per le meteore, come per la luce e per il calore del sole, un massimo ed un minimo diurno, un massimo ed un minimo annuo: soltanto per le meteore i massimi ed i minimi sono sempre in ritardo d'un quarto di periodo rispetto ai massimi ed ai minimi della luce e del calore. E la ragione sta nel fatto, che l'apice, pur percorrendo nel cielo la stessa strada che il sole, rimane costantemente di un quadrante addietro.

Dalla equazione (3), quando il valore di R sia determinato dall'osservazione, si potrebbe eziandio concludere il valore di $\frac{V}{v}$. Ma questa determinazione sperimentale del numero R è piena di gravi difficoltà, come si può vedere dal seguente quadro.

1. Secondo Coulvier–Gravier, i numeri delle meteore osservate nei due semestri, ridotti al medesimo numero di ore d'osservazione starebbero come 13,6 a 5,2 onde si trova per valore di R = ... 2,61.
2. Secondo Schmidt i medesimi numeri, senza tener conto della maggior o minor frequenza delle osservazioni, stanno come 400 : 70 onde R = . . 5,71
3. Le meteore impiegate da Herschel III e da Greg nella determinazione dei loro 56 punti d'irradiamento sono, (escludendo le piogge d'Agosto e di Novembre) 1038 e 617 nei due semestri: di qui R = ... 1,68
4. Secondo il catalogo di apparizioni

(*) *Monthly Notices of the Astr. Soc.* Vol. XXIV, p. 133.

meteoriche straordinarie composto da Quetelet nella sua opera *Physique du globe* il rapporto è di 72 a 28, onde R = ... 2,54

5. Secondo un simile catalogo dato da Greg nei *Proceedings of the British Met. Soc.* Vol. II. p. 314 si hanno i numeri 67 e 20, quindi R = . 3,45.

6. Secondo un catalogo di aeroliti dall' era volgare al nostro tempo, compilato dal medesimo Greg (*Brit. Ass. Rep.* 1860) abbiamo 216 : 186 : onde R = ... 1,16.

7. Nel medesimo catalogo i numeri dei bolidi pei due semestri sono 843 e 553, quindi R = ... 1,53.

8. Kaemtz nella Meteorologia dà, per i bolidi osservati nei due semestri, i numeri 388 e 289, quindi R = . . 1,34.

9. Edoardo Biot dal suo catalogo delle osservazioni chinesi trae i numeri 1017 e 462 : epperò R = ... 2,20.

10. Dal catalogo di aeroliti nell'opera di Kesselmeyer *Ueber den Ursprung der Meteoriten* (1861), ricavo 82 e 71, epperò R = ... 1,15.

In nessuna di queste enumerazioni (se eccettuiamo quella del N. 1) si è tenuto conto del diverso grado di serenità, del diverso numero d'ore d'osservazione, e della diversa comodità di osservare le stelle, e raccogliere gli aeroliti e di vedere i bolidi, che probabilmente ha luogo nei due semestri. Soltanto poi nel N. 3 si trova fatta esclusione delle meteore straordinarie d'Agosto e di Novembre. È quindi palese, che niuno di questi numeri è paragonabile colla nostra formula (3): le discordanze enormi che essi mostrano sono indizio abbastanza chiaro della poca fiducia che loro si può concedere.

Ma quando pure questi valori di R fossero l' esatta espressione del rapporto dei due numeri, che esprimono le frequenze delle meteore nei due semestri; assai pericoloso sarebbe trarre qualche conclusione dal loro paragone colla formula (3). Infatti le pioggie eccezionali; come quelle d'Agosto e di Novembre, che appartengono al secondo semestre, cadono con tutto il loro peso sulla determinazione di R e tendono ad accrescerlo oltre misura. Ma, anche supponendo escluse queste piogge dal calcolo, chi ci assicura, che non esistano altre irregolarità di simile natura, sebbene meno salienti? Le quali tenderanno a corrompere il vero valore di R che avrebbe luogo, quando le piogge meteoriche incontrassero la terra con eguale intensità in tutte le parti dell'Eclittica.

Questa circostanza, che tende a nascondere la vera legge della variazione annua delle meteore, ha poco o nessun influsso sulla legge della variazione diurna. Se noi comprendiamo, per es. le meteore d'Agosto nei numeri orarii di Coulvier-Gravier, troviamo che essi variano pochissimo nelle loro proporzioni, e soltanto tutte risultano un poco più grandi. Siccome le piogge meteoriche durano, in generale, più giorni e settimane, così la loro maggior o minor copia si fa sentire in quasi eguali proporzioni su tutte le ore, durante cui il loro punto di radiazione si trova sopra l'orizzonte.

Per questa ragione io sarei inclinato a pensare, che il rapporto delle velocità V e v della terra e delle meteore, quale noi l'abbiamo dedotto qui sopra dalle variazioni diurne

$$(v = V \times 1,447),$$

non sia lontano dalla verità. Esso concorda perfettamente coi ragionamenti fatti in principio, secondo i quali è impossibile (o almeno improbabile) che la celerità delle meteore sia minore di quella della terra. Essa è invece quasi una volta e mezza la velocità della terra, e si avvicina molto alla velocità parabolica $V \times 1,414$ che hanno tutte le comete quando attraversano l'orbita terrestre. Simile coincidenza mi ha condotto a dubitare, se forse le orbite delle stelle meteoriche non possano essere tutte parabole, o almeno sezioni coniche allungatissime, come quelle che descrivono le comete. Riflettendo ulteriormente sul modo, con cui le stelle cadenti si presentano a noi, ho trovato che è impossibile supporre loro altre orbite che quelle or ora indicate, ed altra velocità che $V \times 1,414$. Ma come questa lettera già si è allungata oltre misura, io prenderò per poco congedo da V. S. Ill., e spero esporre in un'altra lettera delle idee e delle dimostrazioni degne della sua benevola approvazione.

Sono intanto, col massimo ossequio, il suo

Milano 25 Agosto 2866.

devotissimo
G. V. Schiaparelli.

Nota. Il fatto che le stelle cadenti sono più numerose dopo mezzanotte, è molto noto ai marinai. Stando noi a fare le osservazioni a Civitavecchia, dicevano i vecchi piloti che noi sbagliavamo l'ora facendole in prima sera, e che bisognava osservare dopo la mezzanotte. (A. Secchi).

LETTERA II.

Chiar.^mo^ Sig. Direttore.

L'accoglienza cortese con cui V. S. onorò la mia lettera precedente mi fa coraggio a scrivere anche questa : nella quale mi propongo di considerare la questione delle stelle cadenti movendo da più alta origine, esaminando cioè in qual maniera questi corpi han potuto venire ad occupare in schiere sì numerose gli spazi interni del sistema solare. Io supporrò per dimostrato quello, di che ora pochi ancor dubitano : che le stelle cadenti formino negli spazi planetari una moltitudine di correnti, o se si vuole, di anelli continui , i quali , incontrati dalla terra nel suo moto orbitale, si rendano a noi visibili in forma di piogge luminose divergenti ciascuna da una certa direzione della sfera celeste. Tali direzioni, stando alle ricerche dei già citati Heis, Greg, ed Herschel III, sembrano senz'alcuna norma accennare a tutte le possibili regioni del cielo stellato : onde segue che le correnti anzidette devono avere tutte le possibili inclinazioni rispetto al piano dell'eclittica. Io mi domando : in qual guisa ha potuto generarsi questa così singolare forma di agglomerazione della materia cosmica ? Per trovare una plausibile risposta io richiamerò alla mente le due classi distinte, in cui si sogliono dividere i corpi fin qui conosciuti del sistema solare.

Nella classe dei *pianeti* i caratteri principali sono : la poca eccentricità delle orbite, la quasi completa coincidenza di tutti i loro piani, la rigorosa esclusione dei moti retrogradi, ed infine una chiara tendenza della materia ad agglomerarsi in masse opache sferiche, oppure dalla sfera solo diverse per quel tanto, che richiede l'equilibrio dei corpi non rigidi in stato di rotazione. Questi caratteri si osservano egualmente nei sistemi secondarii, eccettuato quello d' Urano. Pianeti primari e secondari formano dunque la parte stabile e veramente *indigena* del sistema : ed è sommamente probabile, che le loro masse sotto varie forme abbiano costantemente seguito il Sole nel suo moversi per lo spazio, prendendo parte a tutte evoluzioni che ridussero finalmente il sistema alla sua forma presente. E fu partendo da questa ipotesi, che primieramente Kant, poi Laplace tentarono di rendere accessibili alla nostra fantasia le ultime fra le suddette evoluzioni, e stabilirono la nota teoria, cui non affatto propriamente viene dato il titolo di *cosmogonica*.

Nella classe dei *corpi cometarii* , nessuna legge ben determinata rispetto alla posizione dei piani delle orbite , e alla direzione dei movimenti. Essi ignorano completamente il piano fondamentale del sistema. La coerenza delle loro parti, dove l'elemento gazoso e trasparente sembra prevalere, è in generale assai debole. Ma ciò che è più singolare, se facciamo astrazione da alcuni pochi casi speciali, per cui è verosimile qualche anomalia dovuta alle perturbazioni planetarie, le orbite delle comete sono sempre sezioni coniche allungatissime e di eccentricità assai prossima all'unità, della quale appena in pochissimi casi è stato lecito constatare qualche piccola divergenza. Dal che segue, che la maggior parte del loro corso si fa fuori dei limiti conosciuti del nostro sistema e si spinge negli intervalli dello spazio stellifero.

Questi fatti dimostrano, che le comete non erano membri del sistema solare al tempo, in cui questo si venne formando. La quasi infinita estensione delle loro orbite c'induce a creder più tosto, che le comete siano i nunzj del mondo stellare. Masse nebulose erranti là, dove nessun Sole estendeva con sufficiente preponderanza il suo impero, poco a poco caddero sotto il dominio del nostro per effetto del loro movimento relativo a noi. Tal movimento, combi-

nato coll' accelerazione prodotta dalla potente massa solare, determinò l'orbita relativa di questi corpi rispetto al Sole, molto diversa dall' orbita assoluta nello spazio (che è una specie di curva elicoide a doppia curvatura, risultante dalla combinazione del moto orbitale intorno al Sole, col moto progressivo di questo). Non sarà inutile al nostro scopo investigare alquanto minutamente tutte queste circostanze.

La velocità del moto progressivo del sistema solare è stata determinata dalle osservazioni delle stelle fisse per opera di Otto Struve e di Airy : e sebbene i loro risultati non siano molto concordi a cagione dell'insufficienza dei materiali, tuttavia si rende manifesto dalle loro belle ricerche, che tale velocità è paragonabile a quelle, con cui i pianeti si muovono nelle rispettive orbite. Quello inoltre che noi sappiamo sulle parallassi delle stelle fisse e sulla grandezza dei loro moti proprii apparenti, ci autorizza a concludere, che in generale le stelle si muovono nello spazio con rapidità paragonabile (e forse anche generalmente superiore) a quella del moto progressivo del Sole. Così allorquando noi affermeremo, che il moto relativo del Sole e dei corpi onde sono seminati gli spazi stellari è paragonabile in celerità al moto orbitale dei pianeti, speriamo di non trovare seria contraddizione.

Ciò posto, fingiamo che una di queste masse erranti nello spazio stellare (chiamiamola cometa) venga a penetrare, spinta dalla sua velocità antecedente, in quelle parti, dove l'azione del Sole è di gran lunga prevalente su quella delle altre fisse. Questa potrà avvenire a distanze grandissime dal Sole, dove la parallasse annua è di pochi secondi. Il moto relativo si farà in una sezione conica. Per meglio definirlo, supponiamo fermato il Sole, e diamo alla cometa ; invece della sua velocità reale nello spazio, la velocità relativa al Sole. Ed immaginiamo da questo astro abbassata una perpendicolare sulla direzione di tal velocità relativa. Manifesta cosa è, che l'area descritta dalla cometa intorno al Sole nell'unità di tempo si eguaglierà alla metà del prodotto della suddetta perpendicolare per la velocità relativa della cometa. Or siccome in generale questa velocità è dell'ordine delle velocità planetarie, e siccome per lo più la perpendicolare nominata sarà di gran lunga maggiore che le distanze dei pianeti al Sole : concluderemo, che le aree descritte dalle comete intorno al Sole nell'unità di tempo saranno, nel più gran numero dei casi, incomparabilmente maggiori che le corrispondenti aree descritte dai pianeti.

Ma allorquando più corpi di massa trascurabile rispetto a quella del corpo centrale si aggirano in sezioni coniche intorno a questo, succede che le aree descritte nell'unità di tempo stanno fra loro come le radici quadrate dei parametri delle rispettive orbite (1). Adunque i parametri delle orbite cometiche avranno per lo più ai parametri delle orbite planetarie una proporzione ancora molto maggiore, che quella delle velocità areali delle comete alle velocità areali dei pianeti. Da ciò risulta che in generale le orbite delle comete avranno delle dimensioni straordinarie in tutti i sensi, e che i corpi in esse giranti rimarranno a noi perpetuamente invisibili per la soverchia distanza : essendo noto che il parametro è quel raggio vettore dell'orbita, di cui l'anomalia vera è 90° o 270° e che dà in certa guisa la misura della larghezza dell'orbita nelle sue parti più vicine al Sole. Del resto si potranno nelle orbite suddette, incontrare tutte le varietà possibili di sezioni coniche, corrispondenti alle infinite combinazioni che si possono immaginare nelle distanze e nelle direzioni e velocità dei moti relativi delle comete rispetto al Sole.

In mezzo a queste infinite combinazioni due ne sono, che possono condurre le comete alla nostra portata. L'una è quando la perpendicolare abbassata dal Sole sulla linea del moto relativo della cometa è molto piccola, ch'è quanto dire, quando la cometa viene direttamente incontro al Sole. In questo caso la cometa descriverà (quando la velocità relativa non sia eccessivamente piccola) un' orbita iperbolica pochissimo differente da una linea retta, e il solo effetto che nel suo movimento produrrà il gran luminare sarà quello di deviare alquanto la direzione di questo moto quasi rettilineo. Un simile avvenimento dev' esser tuttavia estremamente raro, a cagione delle piccole dimensioni che la sfera, dove le comete possono rendersi visibili a noi (il suo raggio è circa quadruplo del raggio del grand'orbe), ha in confronto delle distanze da cui ci arrivano le comete : per il che si rende molto difficile, che una cometa in

(1) Newton, *Principia*, Lib. I. Prop. XIV.

virtù della sua velocità iniziale segua una linea attraversante la detta sfera.

L'altra combinazione, che può condurre le comete alla nostra vista, succede quando il moto relativo della cometa e del Sole è quasi nullo, cioè quando i due corpi percorrono nelle regioni stellari due linee sensibilmente parallele con velocità poco diverse. In questo caso l'area descritta nell' unità di tempo intorno al Sole può essere molto più piccola del consueto, ed avvicinarsi alle aree descritte dai pianeti. Epperò il parametro dell'orbita avrà una lunghezza paragonabile ai semiassi delle orbite planetarie: la cometa discenderà fino alle parti interiori del sistema solare, e potrà rendersi osservabile. Ma in questo caso la sezione conica non può essere che sommamente allungata. Perchè la sua distanza perielia, che è sempre minore del parametro, non potrà esser molta: mentre il grand' asse (o l'asse trasverso, se si tratta d'iperbole) è necessariamente assai maggiore (1).

Questa combinazione dev' essere pur molto rara, perchè fra tutte le velocità possibili dei corpi che vagano negli spazi stellari, poche se ne avranno che siano quasi eguali e parallele a quella del Sole : tuttavia l'osservazione ci mostra, che essa succede con maggior frequenza che il caso precedente.

La forma quasi esattamente parabolica delle orbite cometarie nulla ha dunque di sorprendente. Non è, che questa sia la sola possibile, anzi è pochissimo probabile : ma per la natura delle comete, e per la debolezza dei nostri mezzi di visione non possono rendersi osservabili a noi quelle che percorrono orbite di forma notevolmente diversa. Neppure dovremo meravigliarci, che i piani delle loro curve non abbiano alcuna particolare relazione col piano principale del nostro sistema planetario.

Adunque i caratteri comuni ai pianeti si possono spiegare dalla loro generazione in seno al sistema solare : quelli comuni alle comete dipendono dal modo, con cui il Sole a sè le attrae dalle profondità del firmamento, e provano che esse debbono aver un' origine estranea al sistema. Ora a quale delle due classi diremo noi che appartengono le stelle cadenti ? Sono esse pianeti o comete ?

Fino ad oggi le opinioni degli astronomi sono state in generale più favorevoli all'ipotesi planetaria. Allorquando non si conoscevano altre pioggie meteoriche, che quelle di Agosto e di Novembre si poteva supporre, che certe nuvole cosmiche si aggirassero intorno al Sole in piccole orbite con un tempo rivolutivo eguale esattamente ad un anno o ad un mezzo anno. Fu questa l'opinione originaria di Olmsted e di Boguslawsky. Più tardi, onde sfuggire alla necessità di tempi rivolutivi esattamente commensurabili coll'anno terrestre si trovò necessario di costruire degli anelli interi permanentemante collegati col sistema solare, ed era uso riguardare i tempi rivolutivi di questi anelli come assai brevi. Olbers era d'avviso, che tali rivoluzioni potessero estendersi a 5 e 6 anni. Biot pensava, che lo sciame di Novembre facesse parte della luce zodiacale : il che supponeva ancora un'origine planetaria ed una breve rivoluzione. Secondo la ingegnosa teoria di Erman, il tempo rivolutivo per gli asteroidi del 10 Agosto non può essere minore di $0^{anni}.463$. E sebbene l'ill^{mo} autore non assegni un limite superiore, appare tuttavia chiara presso di lui l'opinione, che gli asteroidi meteorici formino nel sistema solare anelli continui.

Walker, partendo dai principii di Erman, ed usando delle velocità direttamente osservate da Brandes, da Quetelet, e da Twining, stabilì per le meteore d' Agosto una rivoluzione di $0^{anni}.568$, e per quelle di Novembre una di $0^{anni}.358$. La critica che Pierce ha fatto della teoria di Erman conduce a supporre per le meteore d'Agosto uua velocità assoluta eguale a tre quarti di quella della terra, il che dà ancora un'orbita molto angusta, ed un tempo rivolutivo di quasi sette mesi.

Adunque per tacito consenso si era convenùto quasi generalmente di considerare i sistemi di asteroidi come anelli continui di non molta ampiezza, completamente aderenti al sistema solare. L'idea di riguardare la luce zodiacale co-

(1) Ciò è evidente per l'ellisse : per l'iperbole si osservi, che fra la velocità u, il raggio vettore r, il semiasse trasverso a si la relazione

$$u = U\sqrt{\frac{2}{r} + \frac{1}{a}}$$

dove U è la velocità media orbitale della Terra. La cometa essendo molto distante, sarà r un numero grandissimo. E dovendo per ipotesi essere u una frazione piccolissima di U a quella distanza, ciò non potrà aver luogo, se non quando la quantità $\frac{2}{r} + \frac{1}{a}$ sia una frazione anche molto più piccola dell'unità. Ciò non potrà essere, se non quando si abbia a grandissimo, e del medesimo ordine di r. L' equazione qui riferita deriva dall' applicazione del teorema delle forze vive.

me un anello di analoga tessitura è stata divulgata da Humboldt, sebbene la luce zodiacale non offra alcuna traccia di figura annulare. Walker è andato più oltre, ed ha pensato che l'anello di Saturno possa aver origine da una agglomerazione di materie cosmiche simili alle stelle cadenti, raccolte dal pianeta nel suo corso.

Noi non crederemo già, che per mezzo di queste ipotesi annulari non si possa benissimo rappresentare tutti i fenomeni finora osservati. Il peso delle autorità qui sopra citate è molto grande. Ma tuttavia se noi andiamo risalendo fino all'origine delle cose, e vogliamo investigare in qual modo tutta questa matassa di anelli di materia cosmica (ora non possono esser meno di cento) abbia potuto accumularsi intorno al Sole in tante diverse posizioni, troviamo delle gravi difficoltà. Perchè, come ho già notato, questi anelli sembrano avere tutte le possibili inclinazioni rispetto al piano dell'eclittica, essendo i punti di divergenza alla rinfusa sparsi in tutto il cielo, senza alcuna relazione col piano suddetto. Secondo i calcoli di Erman l'orbita degli asteroidi d'Agosto, qualunque sia la loro velocità, non può esser inclinata meno di 56° rispetto all'eclittica. Non par dunque credibile, che questi anelli abbiano potuto derivare dal modo di formazione del sistema planetario. Si potrebbe ricorrere a forti perturbazioni: ma questo spediente è stato usato ed abusato a spiegar troppe cose. Perchè un simile argomento abbia la sua forza è necessario che sia appoggiato a calcoli rigorosi ed a ragioni geometriche. Bisognerebbe provare (ciò che forse non si potrà mai), che un anello quasi concentrico al Sole e poco inclinato sul piano dell' eclittica può in qualche circostanza soffrire dai pianeti tali perturbazioni, da acquistare una forte inclinazione sul detto piano senza dissolversi e sparpagliarsi. Ciò che vediamo succedere nell'anello dei pianeti minori fra Marte e Giove, i quali senza dubbio hanno avuto origine comune cogli altri, non ci rende proclivi a credere possibile un sì strano cambiamento. Infatti la massima frequenza delle loro orbite ha luogo intorno un piano poco divergente da quello dell'eclittica.

Più probabile adunque dovrebbe sembrare l'opinione di Walker, secondo cui gli anelli in questione non sarebbero congeniti col sistema solare, ma sarebbero stati attirati a sè dal Sole durante il loro moto progressivo nello spazio. Però se si esamina alquanto sottilmente in qual maniera queste masse d'asteroidi hanno potuto perdere il loro movimento libero, e diventar satelliti perpetui del Sole, ed a lui stabilmente legati, non s'incontrano minori difficoltà. Quando si consideri la sola attrazione del Sole, è manifestamente impossibile una tal conversione, siccome appare dalla teoria del moto nelle sezioni del cono. Pertanto non havvi altro rifugio, che la supposizione di forti e diuturne perturbazioni planetarie, il cui effetto è altrettanto difficile a provare che a confutare. Ma è questo un rimedio che può valer di mille volte una. Perchè se noi riflettiamo quanto piccolo è il numero delle comete ridotte ad orbita di breve periodo delle perturbazioni di pianeti, e quanto grande è il numero delle comete visibili ed invisibili: agevolmente comprenderemo che una conversione come quella di cui qui si tratta deve dimandare un concorso di circostanze rarissime. Or quanto più dovremo stimare raro tal concorso di circostanze, che non uno, ma milioni di corpi celesti, arrivati dagli spazi stellari, possa costringere in orbite stabili di breve estensione e poco diverse fra loro? Io ho questo caso per assolutamente impossibile, e spero che alla fine di questa lettera tale impossibilità diventerà anche più manifesta. Troppo soventi si abusò dell'attrazione per supporre trasformazioni di orbita stranissime ed assurde. Nessuno che sia alquanto pratico delle teorie della gravitazione potrà per esempio ammettere, che la Luna sia stata altre volte una cometa, o che l'anello di Saturno risulti da una coda di cometa attortigliata intorno al pianeta sotto l'influsso attrattivo di questo; eppure un secolo fà quest'idea fu sostenuta e sviluppata dal celebre Maupertuis (1). Egli è ben più probabile che quando un corpo mosso di moto libero diventa satellite di qualche altro, di raro ciò possa avvenire in modo permanente. Tali cambiamenti d'orbita non possono esser stabili che in rarissime circostanze, e generalmente lasciano la possibilità che si riproduca il cambiamento inverso. Esempi ne sono la cometa di Lexell, di cui l'orbita da noi esplorabile non durò che 12 anni, dal 1767 al 1779: e quella di Brorsen, la quale diventò a noi visibile nel 1842 e cesserà di esserlo nel 1937 secondo i calcoli di d'Arrest:

(1) *Discours sur les différentes figures des astres.* Paris 1742. Chap. VIII.

l'una e l'altra per effetto di fortissime perturbazioni di Giove deviate due volte. Fatte le necessarie modificazioni è probabile che una simil cosa possa dirsi di tutte o almeno di molte fra le comete periodiche.

La teoria annulare conduce dunque a gravissime difficoltà circa all'origine delle piogge meteoriche, sia che si credano gli anelli parte integrante del sistema solare fin dalla sua formazione, sia che vogliansi venuti dagli spazi circostanti e raccolti dal sole. Vero è che la fecondità della Natura è inesauribile, e forse in cento modi a noi ignoti questi sistemi annulari avran potuto formarsi. Ma siccome a nostro scopo abbiam proposto di trovare nelle categorie di fatti a noi note una ragionevole spiegazione di ciò che si osserva, così non ci occuperemo di tali misteriose possibilità, graditissimo rifugio degli ignavi intelletti: e piuttosto vedremo, se non si arriva a migliori frutti abbandonando l'ipotesi planetaria ed esaminando l'altra, secondo cui si assimilerebbero le stelle meteoriche alle comete.

Due argomenti sono a prima giunta molto favorevoli a quest' ipotesi. Il primo è la perfetta analogia che asteroidi e comete dimostrano per ciò che riguarda l'inclinazione delle orbite sull'eclittica. L'altro deriva dalla velocità con cui gli asteroidi attraversano l'orbe della terra, la quale per un calcolo molto probabile si trova dalle osservazioni essere all'incirca la velocità parabolica, come sul fine della lettera precedente ho fatto notare. Il primo argomento non ha altra forza che quella derivata dall'analogia: il secondo è più stringente, perchè se le stelle cadenti hanno in un solo punto della loro orbita la velocità parabolica, quest' orbita altro non può essere che una parabola.

Ammettiamo dunque, che l' origine delle stelle cadenti sia negli spazj stellari. Noi non avremo più anelli chiusi e brevi tempi rivolutivi, ma bensì delle correnti indefinite di forma parabolica, in cui il moto rivolutivo o non ha luogo, od ha luogo per periodi di grandissima durata. La lunghezza di queste correnti dovrà essere enorme, perchè per esempio degli asteroidi d' Agosto la prima osservazione certa risale all'anno 830, e la prima indicazione congetturale all' anno 80 dell' êra volgare. Quindi il passaggio al perielio delle anzidette correnti può durare secoli e migliaja d'anni. Del resto il sistema delle orbite asteroidiche sarà del tutto simile a quello delle orbite cometiche: con questa differenza, che le prime sono effettivamente disegnate nello spazio da lunghissime catene o correnti di stelle meteoriche, mentre le seconde non sono che linee di concezione matematica.

Una tale immagine sembra da principio molto strana, e considerata superficialmente la si chiamerebbe volentieri assurda. Se già tante difficoltà opponeva la formazione degli anelli continui e chiusi, quale sarà il modo di figurarsi l' origine di queste correnti paraboliche disseminate in ogni direzione? Eppure io dirò cosa, che V. S. Ill.ma appena potrà credere: che tal forma singolare non soltanto è possibile, ma è anzi l'*unica*, sotto cui le nuvole cosmiche arrivate dagli spazi stellari par forza dell'attrazione solare possono rendersi visibili a noi ed avvicinarsi al gran luminare. Passo senz' altro a dimostrar questa tesi in apparenza molto ardita: dopo di che sarà tolto ogni dubbio, che ancora potesse rimanerci sulla vera origine delle piogge meteoriche.

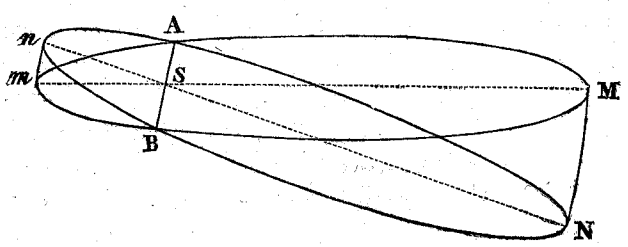
Poichè tutti quegli infiniti atomi di materia, che ora costituiscono una corrente meteorica, sono riuniti in un sistema: è palese che i medesimi formavano già un sistema anche prima di entrare nei limiti del mondo planetario. Perchè sarebbe evidentemente assurdo il supporre, che tali agglomerazioni si fossero a poco a poco venute formando in prossimità del Sole per effetto di casuali circostanze. Se adunque si vuole ammettere, che gli asteroidi meteorici arrivino a noi dai rimoti spazj stellari, dovremo anco supporre, che già prima essi costituissero delle nuvole vaganti in tali spazj. Ma è altresì manifesto, che circa alla forma originaria di tali nuvole non è lecito stabilire alcuna ipotesi particolare. Noi vediamo dall'esempio delle nebulose che tutte le forme, anchè più irregolari, sono possibili in un corpo di questa natura. Per conseguenza le nostre correnti paraboliche, se non sono una finzione, devono essere il risultato di una metamorfosi avvenuta durante il viaggio lunghissimo, che quelle nuvole meteoriche hanno fatto per arrivare fino a noi. Mostrerò ora in qual modo tale metamorfosi possa, anzi deva succedere, qualunque sia del resto la figura originaria della nuvola, purchè le dimensioni sian finite.

Io pregherò V. S. Ill.ma a trasportarsi con me in quelle vaste, oscure, ed ignote, regioni dove suppohiamo che una tal nube possa andare vagando con velocità paragonabile a quella del Sole e delle stelle fisse: non voglio però che andiamo sì lontano, che l'attrazione del Sole non vi si possa ancora riguardare come assai preponderante sopra quella delle altre masse stellari. Movendosi dunque la nube principalmente sotto l'influsso solare, descriverà una sezione conica di qualsivoglia forma, e generalmente parlando, di grandissimo parametro: onde avverrà per lo più d'una tal nebbia quello che sopra abbiam veduto del maggior numero delle comete; essa non scenderà sì basso verso il Sole da venir a toccare l'orbe della Terra.

Ma in mezzo al grandissimo numero che dobbiamo supporre di tali nebbie alcuna ne troveremo, il cui movimento relativo rispetto al Sole sarà piccolissimo. L'orbita da essa descritta sarà allora una sezione conica molto allungata e potrà, nel perielio, avvicinarsi all'orbita terrestre. Sarà dunque concesso di supporre, che le nebbie asteroidiche a noi visibili ci si accostino descrivendo una curva pochissimo dissimile dalla parabola: e potremo stabilire i nostri ragionamenti in quest'ipotesi.

In un punto dello spazio, di cui suppongo la parallasse annua eguale a $10''$ e la distanza dal sole eguale a circa 20 mila raggi del grand'orbe, immaginiamo che una massa materiale M si muova perpendicolarmente alla retta

FIG. 4.



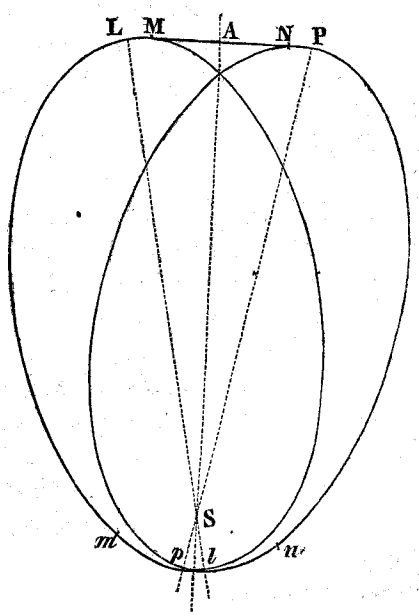
MS, che va al Sole, con una velocità relativa 20 mila volte minore della velocità media orbitale della terra. Ciò fa circa 100 metri per minuto, ed è il cammino ordinario di un buon pedone. L'orbita avrà il suo afelio in M: e la velocità areale essendo, per le ipotesi numeriche ora fatte, eguale a quella della terra, il parametro dell'ellisse descritta *Mm* sarà eguale al parametro dall'orbita terrestre, il quale è pochissimo diverso da 1. La distanza perielia sarà molto prossimamente $\frac{1}{2}$: e nelle parti vicine al Sole l'orbita differirà insensibilmente da una parabola.

Un secondo punto materiale N, di cui la distanza al Sole NS sia eguale a MS, venga collocato in modo, che il piano MSN si trovi perpendicolare alla direzione del moto di M: pongasi inoltre, che N si muova di moto eguale e parallelo al moto di M. È chiaro, che N descriverà una seconda ellisse N*n* eguale alla prima: i passaggi all'afelio essendo simultanei, coincideranno pure i passaggi al perielio: ed i due punti si troveranno simultaneamente ai nodi comuni AB delle due orbite. E poichè SM = 20 000, $Sm = \frac{1}{2}$, la distanza *mn* sarà 40 mila volte minore di MN.

Fatto centro in S, coi raggi SM *Sm* descrivansi gli archi di circolo MN *mn*. E poniamo, che lungo l'arco MN si trovi distribuita una serie continua di punti analoghi a M, N, e dotati di egual velocità in egual direzione. Tutti questi punti passeranno insieme ai nodi A, B, e nell'istante del comune passaggio al perielio si troveranno addensati sull'arco 40 mila volte minore *mn*. Il fascio delle orbite si troverà dunque molto ristretto e condensato nelle vicinanze del Sole. Se poniamo MN eguale alla centesima parte della solita unità (ciò che fa quasi esattamente il diametro del Sole), verrà *mn* eguale a 37 chilometri, e l'angolo MSN sarà di $0''$, 10.

Considero ora un'altra combinazione. Due punti MN muovansi con piccola ed eguale ve-

FIG. 5.



locità nella stessa direzione da M verso N lungo la retta MN che li congiunge. Poniamo ancora, che dal punto A, medio della retta MN, tirando al Sole la retta SA, questa riesca perpendicolare su MN in A. È facile prevedere, che le orbite dei due punti giaceranno nel medesimo piano, e saranno eguali, e simmetricamente disposte rispetto ad AS, come *Lp*, *Pp*. E tanto mancherà ad N per venire al suo afelio P, di quanto M ha già oltrepassato il suo afelio L. Per guisa, che quando M dopo una mezza rivoluzione avrà oltrepassato il suo perielio *l*, e sarà per esempio in *m*, il punto N sarà in *n* altrettanto indietro rispetto al suo perielio *p*.

Se noi ammettiamo che SA=20 000, e che le velocità di M, N siano eguali ad $\frac{1}{20\,000}$ di quella della terra, come sopra: le velocità areali dei punti M N saranno ancora eguali alla velocità areale della terra; i parametri delle orbite troveremo pochissimo diversi da 1, e le distanze perielie S*p* S*l* ancora eguali prossimamente ad $\frac{1}{2}$. Or quando la distanza MN si ponga, come poc'anzi, eguale al diametro solare, trovo con un facile calcolo, che LM NP sono presso a poco $\frac{1}{40\,000}$ di tale diametro, e l'angolo LSP dei due assi non differirà che insensibilmente da $0''$, 10. Onde le orbite dalla parte del perielio possono riguardarsi come quasi coincidenti: il loro intervallo nel luogo dove incontrerebbero l'orbita della terra non essendo che di 52 chilometri. Gli intervalli *lm np* descritti nella medesima durata che LM NP saranno tanto maggiori di questi, quanto porta la legge delle aree: in questo caso essi risultano, con poco divario, eguali ciascuno al diametro solare, o ad MN. E siccome la distanza dei punti perielii *p*, *l* è soltanto $\frac{1}{40\,000}$ del medesimo diametro, e le due orbite in questo luogo quasi esattamente si confondono: l'intervallo *mn* risulterà molto prossimamente eguale al doppio del diametro solare o al doppio di MN.

In sostanza i due punti M, N, arrivati al perielio, disteranno fra loro d'un intervallo press' a poco doppio del loro intervallo primitivo: e, ciò che è notabile, il punto anteriore N sarà ora il posteriore *n* e inversamente. E se noi supponiamo che la retta MN sia sparsa di punti materiali senza azione reciproca, tutti animati dal medesimo moto che M, N: facile è vedere, ch'essi descriveranno orbite, il cui fascio nelle vicinanze del perielio sarà densissimo, e che potranno, con insensibile errore, riputarsi come confuse in un'orbita unica. Lungo questa dopo mezza rivoluzione saranno tutti i punti distribuiti in linea continua fra *m* ed *n* sopra uno spazio circa doppio dello spazio primitivo (1).

Noi faremo adesso la combinazione dei due casi rappresentati nelle figure 4 e 5. Supporremo cioè, che ogni punto dell'arco MN (fig. 4) possa riguardarsi come il punto medio di una retta materiale perpendicolare al piano MSN. L'insieme di queste rette formerà un pezzo di superficie cilindrica avente per asse la retta AB, e poco diverso da un disco piano. Se noi fingiamo che questa superficie sia sparsa di punti materiali tutti dotati di eguale velocità nella stessa direzione perpendicolare al piano MSN, potremo applicare a ciascun elemento rettilineo della medesima ciò che sulla fig. 5 vedemmo succedere per la retta ivi designata con MAN. Se per esempio il disco si suppone circolare ed eguale a un circolo massimo del sole, si vedrà, che nel passare il suo centro al perielio, la sua figura si sarà trasformata in un disco press'a poco ellittico, di cui l'asse minore risulterà perpendicolare al piano dell' orbita ed eguale a $\frac{1}{40\,000}$ del diametro solare, mentre l' asse maggiore seguirà la direzione dell' orbita, e sarà eguale al doppio di questo diametro. Un tal disco offrirà più l'apparenza di un esile filamento, che di una superficie: e la densità dei punti materiali sarà su di esso 20 mila volte maggiore, che sul disco primitivo. È poi facile vedere, che il disco passerà dalla prima alla seconda forma per mezzo di una serie di metamorfosi intermedie, che non importa investigare per ora (2).

Queste conclusioni si estenderanno, nella loro parte sostanziale, anche al caso in cui il disco sunnominato non sia circolare come abbiam supposto. Infatti noi possiamo immaginare in esso

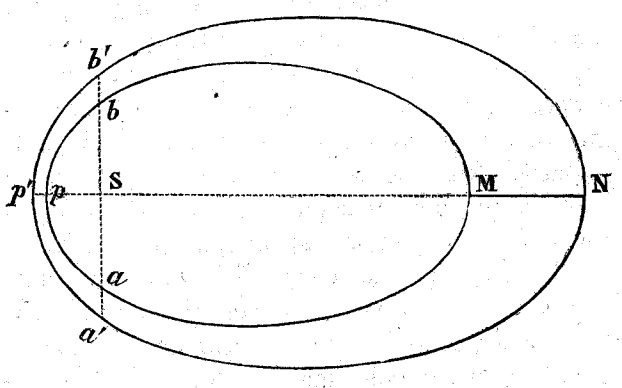
(1) Per eccesso di esattezza farò notare, che dopo mezza rivoluzione dei punti M, N il punto A avrà compiuto alquanto più di mezza rivoluzione, e quindi non si troverà più esattamente in mezzo a *m* ed *n*. E questo perchè il grand'asse dell'orbita descritta da A essendo minore che il grand'asse delle orbite descritte da M, N, la rivoluzione di A si farà in tempo un poco piu breve. Tuttavia cotal differenza è affatto trascurabile: e nel caso presente l' anticipazione di A nel passaggio al perielio appena giunge a due secondi di tempo.

(2) Tali metamorfosi consistono principalmente in un progressivo assottigliamento del disco nel senso perpendicolare al piano dell' orbita, e in una rotazione del medesimo intorno al suo asse minore, per cui i punti precedenti diventano i seguenti, come sopra fu notato.

disco dei vuoti, per cui lo spazio occupato dai punti materiali si riduca ad un quadrato, ad un triangolo, o ad una figura qualunque irregolare. Il risultato della trasformazione sarà sempre una figura filiforme come quella del disco completo.

Veniamo ora a considerare il caso, in cui i due punti M N si trovano sul medesimo raggio vettore. Se li supponiamo animati da ve-

FIG. 6.



locità eguali, parallele fra di loro, e perpendicolari ad SN, essi descriveranno delle orbite come Mp, Np'. Se adottiamo le misure delle figure precedenti, cioè facciamo SM=20000, MN=$\frac{1}{100}$, sarà MN eguale alla duemilionesima parte di SM, e quindi l'area descritta da N sarà di una duemilionesima parte maggiore che l' area descritta da M in egual tempo. E siccome i parametri Sb Sb' delle orbite stanno fra loro come i quadrati delle velocità areali: così sarà Sb' di un milionesimo maggiore che Sb, e bb' eguale alla milionesima parte di Sb, che fa 148 chilometri a un dipresso. Così che l' intervallo perpendicolare delle due orbite in a a' e b b' sarà quasi 105 chilometri; sarà poi pp' eguale a 74 chilometri. E se immaginiamo, che lungo la retta MN siano distribuiti punti materiali, animati da velocità eguali e parallele a quelle di M e di N, le orbite descritte da questi punti formeranno nella prossimità del Sole un fascio ristrettissimo, come succedeva nei casi delle figure 4 e 5. Tutti passeranno al perielio fra p e p'.

Ma essi non passeranno insieme. Infatti per la diversità dei grandi assi pM p'N il tempo rivolutivo di M sarà alquanto minore che quello di N: e coll'ajuto della terza legge di Keplero si trova, che essendo MN un duemilionesimo di MS, molto prossimamente il tempo rivolutivo di N eccederà quello di M di una volta e mezza la frazione ora detta, ossia di $\frac{3}{4\,000\,000}$. Nell'ellisse da noi considerata la rivoluzione non si fa in meno di anni 2 830 000, onde la differenza riesce di anni 2, 12, che son più di venticinque mesi.

Mettendo adunque, che tutti i punti della linea MN prendano a muoversi nel medesimo istante, avverrà, che dopo una mezza rivoluzione, quando M sarà arrivato al perielio in p, N sarà ancora lontano dal suo perielio p' di più che un anno, cioè di 387 giorni: i punti intermedii si troveranno in varii gradi di ritardo rispetto a M. Siccome le curve descritte dai varii punti sono, nelle regioni del perielio, talmente vicine, che nessuna osservazione astronomica varrebbe a trovarvi qualque differenza: così appariranno tutti i punti distribuiti lungo un medesimo arco parabolico. Del quale la lunghezza varierà secondo la maggiore o minor distanza dal perielio, e sarà massima, quando M avrà oltrepassato il perielio di 193 $\frac{1}{2}$ giorni, ed N si troverà ancora indietro d' altrettanto intervallo. In questo momento la catena parabolica formata dai punti materiali sarà lunga più di sette volte il raggio del grand'orbe ed occuperà sulla parabola 267° d'anomalia: l'estremo anteriore sarà già uscito dalla zona dei piccoli pianeti, che l' estremo posteriore non vi sarà ancora entrato. Il passaggio consecutivo delle sue parti al perielio durerà 387 giorni.

Dopo questa discussione noi saremo in grado di capire che cosa avverrebbe, quando in luogo della linea materiale (fig. 6) si avesse un globo, di cui MN fosse un diametro, riempito di particelle materiali non esercenti alcuna azione reciproca. Se poniamo che tutte le parti di esso globo siano animate da una comune velocità di circa 100 metri al minuto in direzione perpendicolare a SN, il centro del medesimo descriverà una ellisse della misura di quelle che abbiamo finora considerato, e gli altri punti percorreranno linee assai poco differenti. In virtù di questi moti simultanei il globo andrà poco a poco deformandosi in modo regolare, e passando per una infinità di figure diverse, arriverà al perielio in una particolar condizione, che c'importa di studiare.

Se la retta ab, parallela al movimento del globo, e passante pel centro solare, fingiamo sia asse comune di un'infinità di cilindri retti circolari: da tutte queste superficie verrà il globo diviso in una infinità di strati d' infinitesima

grossezza, simili in tutto al disco, che già più sopra abbiamo considerato. Tali dischi saran quasi piani, e quasi perpendicolari alla retta SN: il maggiore è a mezza distanza fra M ed N, poco differente da un circolo massimo del globo: i due minori si ridurranno semplicemente ai punti M, N. E i centri di figura di tutti i dischi si troveranno lungo la retta MN.

Dopo una mezza rivoluzione i centri di tutti i dischi si disporranno in lunghissimo arco parabolico presso al Sole, e quando il centro del globo passerà al perielio, i centri dei dischi occuperanno 267° d'anomalia vera sopra quell'arco. Quanto ai dischi, ciascuno di essi sarà trasformato in un sottilissimo filamento occupante sulla parabola uno spazio, che in nessun caso potrà superare il doppio del diametro primitivo del disco. Tali filamenti formeranno nel loro insieme una corrente parabolica continua, di cui le misure trasversali saranno piccolissime in confronto della lunghezza. La densità della catena sarà in generale massima verso il centro e andrà decrescendo fino agli estremi della catena, i quali saranno occupati dai punti M N. Ecco pertanto la figura, sotto cui apparirà deformato quel sistema, che era primitivamente un globo. Sarà una specie di *fune* parabolica lunga 700 e più volte il diametro del globo, di cui le dimensioni trasversali nel punto del perielio saranno 37 chilometri nel senso perpendicolare al piano dell'orbita, e 96 *metri* nel senso del raggio vettore. La densità della materia in questo punto sarà 400 milioni di volte maggiore che la densità primitiva del globo. Nella prossimità dei nodi comuni a tutte le orbite (che nella figura 6ª sono sulla retta *ab*) la condensazione della materia può essere ancora di gran lunga più forte: ed in totale si vede, che il volume della nuova figura sarà incomparabilmente minore del volume primitivo.

Se nel globo considerato immaginiamo fatti tanti incavi e detrazioni di materia, da ridurre la forma dello spazio pieno di punti materiali ad una piramide, ad un prisma, ecc. si vedrà che le detrazioni corrispondenti da farsi nella fune parabolica sumentovata non le toglieranno la sua forma caratteristica, ed al più potranno produrre delle variazioni di grossezza e di densità lungo il suo corso. Dunque le precedenti conclusioni rimarranno sostanzialmente applicabili anche al caso, in cui la forma primitiva, invece d'un globo sia un'altra qualunque geometrica o non geometrica.

Noi abbiamo supposto la nube cosmica eguale al Sole nelle sue dimensioni, e con $0''$,10 di diametro apparente. Ciò che si vede nel mondo delle nebulose ci autorizza a supporre delle dimensioni assai maggiori. Se per esempio si ammettesse il diametro apparente di un minuto, si avrebbe, le altre cose stando eguali, una catena parabolica che impiegherebbe 636 anni a compiere il suo passaggio al perielio. Quando il suo mezzo si trovasse presso al Sole, il principio e la fine disterebbero da questo astro 263 raggi del grand'orbe. Il fascio delle orbite avrebbe allora delle dimensioni trasversali 600 volte maggiori che nel caso precedente.

Vi sono delle nebulose che superano in ampiezza il disco solare. Se noi alla nostra nube volessimo attribuire questo diametro apparente (che poniamo = $1924''$) essa si trasformerebbe in una catena parabolica, la quale impiegherebbe più di 20 mila anni nel passaggio al perielio. Le sue dimensioni trasversali sarebbero molto maggiori che nei casi precedenti, non però tanto, che la terra in poche ore o al più in uno o due giorni non potesse attraversarle. È chiaro adunque, che senza ricorrere ad ipotesi impossibili si può rendere ragione di quelle correnti meteoriche, le quali, come quella d'Agosto sono state osservate per secoli e per millenii.

Per facilità di ragionare noi abbiamo supposto che lo sciame dei punti materiali parta appunto dall'afelio di un'orbita ellittica allungatissima. Le conclusioni si estendono a qualsivoglia sezione conica (purchè molto allungata) e a qualunque punto di partenza, purchè questo giaccia in regioni remotissime dal Sole. Applicando a questo caso generale i differenziali delle formule che danno gli elementi di un'orbita in funzione degli elementi d'un' impulso iniziale, si trova, che il fascio delle orbite nelle vicinanze del perielio sarà sempre molto angusto: e che i passaggi al perielio differiscono in generale di tempi assai lunghi, sebbene minori di quello che corrisponde all'ipotesi da noi esaminata. Trovo per esempio, che se il globo da noi considerato, invece di partir dall'afelio, parte da uno degli estremi dell'asse minore dell' orbita sopra la catena parabolica risultante impiegherà, nel passare al perielio, soltanto la

metà del tempo che impiegava nella prima ipotesi, e quindi durerà solo 6 mesi invece di un anno e più. Ma tali differenze non sono essenziali nella questione che ci occupa.

Se le orbite sono ellissi allungatissime, è manifesto che ad ogni passaggio al perielio la catena si verrà sempre più estendendo perchè i punti descriventi le orbite minori avanzeranno sempre più su quelli che descrivon le maggiori. Allora verrà tempo in cui la catena occuperà tutta intiera l'orbita e formerà un anello continuo sommamente allungato. Così la corrente potrà diventar prima periodica, poi perpetua. Se le orbite sono aperte, la corrente si vedrà passar una volta e poi non più.

Io credo d'aver soddisfatto alla promessa, e di aver provato, che quando una nube cosmica è chiamata dagli spazi stellari dall'attrazione del sole, essa non può incontrar la terra sotto altra forma, che di corrente parabolica. Ma la dimostrazione si fonda sull'ipotesi, che le attrazioni reciproche e le velocità interne delle masse componenti la nube siano nulle. Convien dunque farsi un'idea dell'effetto che da queste cause può derivare: il che ci conduce in campo la questione sulla massa individuale delle stelle cadenti, e sulla densità con cui sono distribuite nello spazio. Io mi veggo costretto a sviluppare questi soggetti complementarii in un'altra lettera; onde faccio punto e prego intanto V. S. Ill.ma a conservarmi la sua grazia.

Milano, addì 16 Settembre 1866.

G. V. Schiaparelli.

LETTERA III.

Chiar.° Sig. Direttore.

Riprendo la penna per soddifare alla promessa fatta sul fine della lettera antecedente. Tanto è il piacere, ch'io provo nel discorrere con V. S. Illma intorno alle cose celesti, scrutando

Ciò che per l'Universo si squaderna,

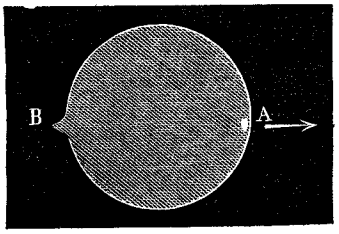
che non bado al pericolo di riuscirle molesto colle prolisse e frequenti mie scritture. Ma avendo esposto le premesse, ora mi preme di venire alle conclusioni.

Ciò che noi sappiamo intorno alla massa della stelle cadenti si riduce a certi limiti congetturali. Un argomento per tali congetture ci viene somministrato dal peso degli aeroliti. È infatti molto probabile, che fra stelle cadenti, bolidi, e aeroliti la differenza non sia che di grandezza. Una stella cadente diventerà un bolide, quando tutta la sua materia non possa esser disciolta nelle regioni più elevate e più sottili dell'atmosfera, e debba scendere negli strati più densi per volatilizzarsi completamente. Che se il bolide è troppo grosso, arriverà a terra prima di esser tutto consumato, cosi che darà origine ad una caduta d'aeroliti. Considerando le diversità di peso, che offrono gli aeroliti conosciuti, si è tratti a concludere, che le agglomerazioni di materia, che danno origine a tutti questi fenomeni, non siano molto considerevoli. In generale il peso degli aeroliti arriva ad un numero non molto grande di chilogrammi, ed è naturale supporre che i bolidi e le stelle cadenti siano prodotte da masse di un ordine ancora inferiore. Nè mi muove il grandissimo diametro apparente che hanno talora i bolidi, essendo impossibile supporre che la loro massa sia proporzionata all'ampiezza delle fasi luminose che questi corpi presentano (1).

Il signor Alessandro Herschel ha ingegnosamente tentato di estimare la massa delle stelle cadenti per mezzo della luce che si sviluppa nella loro conflagrazione. Quando di una stella cadente si è calcolata la distanza, e determinato lo splendore apparente, si può paragonare numericamente l' intensità della sua luce con

(1) Humboldt osservò nel 1799 molti bolidi di diametro variabile fra un grado e un grado e un quarto. Nello scorso dicembre fu osservato in Bretagna un bolide di cui la parallasse calcolata diede un diametro reale di circa 1570 metri (V. *Comptes Rendus* LXII, p. 50, dove però nel calcolo del diametro è stato commesso l'errore di uno zero). Io che scrivo ne vidi uno a Milano del diametro di circa 20' sotto forma di un disco perfettamente circolare, come la luna piena. Questi sono fatti incontestabili, nè tanto rari: e non si possono spiegare con l'irradiazione e simili illusioni. Tanto più è singolare, che uomini di grande autorità in fatto di stelle cadenti neghino assolutamente ai bolidi alcun diametro apparente. (*Coulvier-Gravier et Saigey, Recherches sur les étoiles filantes*, p. 15).

Credo che non sia inutile riferire la descrizione del bolide da me osservato, il quale si moveva assai lentamente, e potè quindi esser esaminato a tutto agio per buon numero di secondi. L' apparenza, come ho detto, era quella di un disco esattamente circolare, per quanto si poteva giudicare a stima d'occhio: nella parte anteriore A vi era un punto luminoso simile ad un carbone ardente, nella posteriore B appariva traccia di una brevissima e sottile coda. Ma la luce del disco era sommamente pallida; i contorni erano benissimo definiti. Non ho potuto vedere la dissoluzione della meteora, la quale scomparve dietro una casa. È manifesto, che il vero bolide quì fu il corpo luminoso A: il quale avendo piana o poco convessa la sua parte anteriore, produsse dietro se un vuoto assai più largo. L'aria divisa in A, si ricongiungeva in B, lasciando così dietro A uno sferoide vuoto o quasi vuoto. I vapori luminosi prodotti dall'incandescenza di A si svilupparono a bell'agio nell'interno di questo sferoide, producendo così l'apparenza d'un disco. In questo caso il disco essendo pochissimo luminoso, il punto A potè essere osservato, mentre forse non sarebbe stato avvertito, se la meteora fosse stata più splendida.



La forma dei bolidi può anche differire dalla sferica, e dipende probabilmente dalla velocità con cui fendono l'aria. Crescendo la velocità, lo sferoide deve allungarsi e produrre l'apparenza osservata da Schmidt e figurata nel vol. XXV delle *Monthly Notices*, p. 161. E per velocità grandissime lo sferoide si trasformerà in una lunga coda, come quella delle stelle cadenti.

quella prodotta da una certa quantità di gaz illuminante. Se ora supponiamo, che per il gaz illuminante, e per la materia delle stelle meteoriche la quantità di luce sviluppata nella combustione stia nella stessa proporzione colla quantità del calore prodotto : sarà facile calcolare la quantità di calore generato dalla vaporizzazione e dissoluzione della stella cadente, quantità che meccanicamente equivale alla quantità di forza viva distrutta nella stella. Epperò, data dalle osservazioni la velocità di questa, si potrà concludere la massa.

Herschel ha eseguito questo calcolo per alcune stelle osservate simultaneamente in più luoghi d'Inghilterra nelle notti del 9 e 10 agosto 1863. Ecco in compendio i risultati medii, corrispondenti a varii gradi di splendore apparente, e ridotti alla misura del gramma (V. *Proceedings of the British Meteorological Society*. Vol. II. p. 19):

Splendore estimato eguale a quello degli astri qui designati	Numero delle stelle osservate per ciascun grado di splendore	Peso medio calcolato in grammi
Venere	2	1953
Giove	2	2996
Sirio	7	358
Wega	1	29
Altair	3	10
α Persei	4	6
Cor Caroli	1	6

Il maggior numero delle stelle cadenti essendo di splendore inferiore a Venere, Giove, Sirio, e Wega, si vede, che il peso di questi in generale non può eccedere un piccol numero di grammi, e le stelle minori non saranno che frazioni di gramma. Herschel eseguì posteriormente lo stesso calcolo per cinque meteore osservate il 12 Novembre 1865 (*Proceedings*, ecc. Vol. III. pag. 60). Esse eran tutte della prima grandezza o alquanto superiori. Il loro peso medio risultò di 0.^{gr} 36, epperò notabilmente minore che quello delle stelle d'eguale splendore osservate in Agosto.

Un altro argomento per queste considerazioni ci offre la massa meteorica caduta in Siberia presso il fiume Jenissei, e conosciuta sotto il nome di *ferro di Pallas*. Questa massa pesa circa 1400 libbre : essa è composta di ferro tutto seminato di granelli d'olivina nel suo interno, dei quali il diametro varia da due a cinque o sei millimetri. Tale struttura non è punto rara nelle masse di ferro meteorico (1). Essendo impossibile immaginarsi, che i granelli d'olivina abbiano potuto entrare nella massa di ferro, quando questa si trovava allo stato liquido od allo stato solido, siamo condotti a supporre, che i medesimi, prima di venire imprigionati nei vapori di ferro, formassero una nube meteorica, di cui ogni elemento era probabilmente simile a ciò che noi vediamo sotto forma di stelle cadenti. L' olivina è talmente sparsa in natura, che il ch.^{o} Daubrée non ha dubitato di considerarla come una specie di *Scoria universale* (2). Forse adunque è vero, che il ferro di Pallas contiene nel suo interno una piccola nuvola di stelle cadenti conglomerate, di ciascuna delle quali il peso non può essere che una frazione di un gramma.

Quindi, se nello instituire calcoli sopra l'attrazione reciproca delle stelle meteoriche, assumeremo 1 gramma come peso normale ipotetico di ciascuna di esse; potremo sperare, che le conclusioni tratte da questa ipotesi non usciranno troppo dall'ordine dei fatti che realmente succedono in natura.

Esaminiamo ora un'altra questione : quella che riguarda la densità con cui le stelle cadenti possono riputarsi distribuite nelle nuvole cosmiche da loro formate. Di tutte le correnti meteoriche attraversate presentemente dalla terra, la più copiosa e la più costante sembra esser la corrente d'Agosto, per la quale un osservatore esercitato suole noverare 60, 100, e talora 200 e più stelle in un'ora. Supporrò che il numero medio sia 200 per un osservatore attento sopra un quarto dell'emisfero visibile, che sia 800 il numero corrispondente a tutto l'emisfero, e porterò anzi questo numero a 1200 per tener conto anche delle stelle telescopiche, delle quali il numero certamente grandissimo è compensato senza dubbio da una piccolissima massa. Ciò fa 20 stelle cadenti e 20 grammi per minuto (3).

(1) Kaemtz, *Météorologie* III, p. 262.
(2) *Comptes Rendus* LXII, p. 200, 369, 674.
(3) Questo calcolo fondato sulle stelle d'Agosto è certamente esagerato per la maggior parte delle altre correnti meteoriche. Ma ciò non farà che aggiungere forza alle dimostrazioni.

Ammetterò inoltre che il campo abbracciato dall'orizzonte di una stazione occupi sulla terra un circolo del raggio di 60 miglia, al di là del qual limite le stelle cadenti non supporremo più osservabili. E finalmente stabiliremo, che la velocità relativa media delle correnti meteoriche sia eguale alla velocità media abituale della terra, che press'a poco è di 1000 miglia per minuto.

Se l'apice della corrente considerata sia allo zenit, è palese che le 20 stelle visibili in ciascun minuto saranno contenute entro un cilindro retto, che ha 60 miglia per raggio della base, e 1000 miglia d'altezza. Onde si trova facilmente, che ogni stella dovrà occupare, nella regione dove la corrente incontra la terra, uno spazio equivalente ad una sfera del raggio di 50 miglia: e il diametro di questa sfera, cioè 100 miglia, sarà l'*intervallo medio* delle stelle cadenti nelle circostanze enunziate. E ad ognuna di tali sfere attribuiremo un gramma di materia, come fu detto.

Tale è adunque la rarità delle correnti meteoriche nelle loro parti contigue all'orbita della terra: molto più grande tuttavia dovremo supporla, quando le nuvole cosmiche, da cui le correnti hanno origine, si trovano ancora a grandissima distanza dal Sole negli spazi stellari. Nella seconda lettera ho infatti mostrato, come le stelle cadenti, col trasformarsi delle nubi cosmiche in correnti paraboliche, vengono a condensarsi molti milioni di volte. Tale condensazione non è tuttavia tanto grande, quanto io l'ho supposta allora, e ciò per alcune cause, di cui discorrerò più sotto. Mi contenterò dunque di supporre, che essa abbia luogo in ragione di *un milione* di volte, e che la nube cosmica sia un milione di volte più rara della corrente parabolica in cui si trasforma arrivando presso alla terra. Ne concluderemo, che lo spazio occupato da un gramma di materia in seno alla nube cosmica non deformata può equivalere ad una sfera di diametro centuplo di quello detto poc'anzi; che in tale circostanza l'intervallo medio di due stelle meteoriche vicine si può stimare eguale a 10000 miglia, o ad una quantità di quest'ordine.

Ora, per venire al vero oggetto di questa discussioue, fingasi un sistema globulare di stelle cadenti, omogeneo nella sua struttura e densità, di cui r sia il raggio, e $2d$ l'intervallo medio fra stella e stella. Sia m la massa di ciascuna stella, supposta eguale per tutte. Consideriamo poi una stella collocata alla superficie esterna del sistema: essa sarà attratta verso il centro del globo con forza esprimibile per $\frac{\Sigma m}{r^2}$, essendo Σm la massa totale del sistema. Ma poichè ogni stella occupa una sfera, il cui raggio è d, si avrà, quando il numero delle stelle cadenti sia grandissimo, $\Sigma m = m\frac{r^3}{d^3}$: onde l'attrazione alla superficie sarà espressa da $\frac{m}{d^3}r$; e quando la quantita $\frac{m}{d^3}$ sia costante, sarà proporzionale al raggio r.

Questa proposizione vale ancora, quando si consideri un punto qualunque interno del sistema, purchè allora per r s'intenda la distanza di quel punto dal centro.

Sia adesso R la distanza del centro dal Sole. Chiamando M la massa del Sole l'attrazione solare sul punto centrale sarà $\frac{M}{R^2}$. Se noi consideriamo i due punti della superficie del globo che si trovano sul raggio vettore che dal Sole va al centro, è palese che l'attrazione solare sul punto più distante sarà $\frac{M}{(R+r)^2}$, e sul punto più vicino sarà $\frac{M}{(R-r)^2}$. La differenza fra queste attrazioni e l'attrazione del Sole sul centro darà la forza perturbatrice del Sole, la quale per i due punti suddetti sarà rispettivamente

$$\frac{M}{R^2} - \frac{M}{(R+r)^2} \quad \text{e} \quad \frac{M}{(R-r)^2} - \frac{M}{R^2},$$

e tenderà ad allontanarli ambidue dal centro del globo. Quando le dimensioni di questi siano molto piccole in confronto della sua distanza dal Sole, si potrà trascurare i quadrati di $\frac{r}{R}$: allora la forza perturbatrice repulsiva sarà semplicemente $\frac{2Mr}{R^3}$ nei due casi. E si vede che quando M ed R si assumano costanti, tal forza è proporzionale alla distanza r dei due punti dal centro del globo.

Comparando ora la forza centrale attratti-

va $\frac{m}{d^3}r$ colla forza perturbatrice solare, repulsiva $\frac{2M}{R^3}r$, si vedrà, che quando queste due forze siano eguali, o quando la seconda superi la prima, il sistema globulare non potrà essere stabile, e necessariamente si dissolverà. Il limite di stabilità così definito si avrà quando $\frac{2M}{R^3} > \frac{m}{d^3}$, e non dipende dalle dimensioni del globo, ma solo dalla densità della sua materia e dalla distanza di esso dal Sole. Tal limite è lo stesso per tutti i punti interni ed esterni del sistema; così che, oltrepassato che sia una volta, l'opera della dissoluzione non avrà luogo prima in una parte, poi in un'altra, ma simultaneamente incomincerà in tutta la massa.

Queste riflessioni ci pongono in grado di sciogliere alcuni importanti quesiti. Domandisi primieramente quale dev'essere l'intervallo medio $2d$ in un sistema composto di stelle del peso di un gramma, perchè trovandosi questo alla distanza 1 dal Sole (s'intende quì che l'unità sia il raggio del grand'orbe), possa conservarsi stabile. Supponendo che la densità del Sole sia esattamente una volta e mezza quella dell' acqua, trovo che il limite di stabilità è dato da $2d = 1^m.86$. Se adunque la distanza media in una nube di stelle cadenti, di ciascuna delle quali il peso equivalga ad un gramma, sia maggiore di due metri, la forza perturbatrice del Sole non tarderà a dissolvere quella nube, deviando ciascuna delle sue particelle in un'orbita indipendente da descriversi intorno al gran luminare.

Che se si cerca qual'è il rapporto delle due forze, centrale e perturbatrice solare, in una nube sferica omogenea posta alla distanza 1 dal sole, e di cui le parti, pesanti un gramma, si trovino a distanze reciproche di 100 miglia; si vedrà facilmente che la prima sarà 10^{15}, cioè mille bilioni di volte minore che la seconda, e appetto di questa apparirà trascurabile. Epperò quando le stelle cadenti formassero una nube globulare presso alla terra nelle condizioni sopra accennate di massa e di distanza reciproca; questa nube non avrebbe alcuna forza sensibile di coerenza nella sue parti, e si dissolverebbe issofatto, ciascuna particella prendendo la propria orbita come se le altre non esistessero. E siccome è impossibile che tutte queste orbite, per quanto simili, abbiano i loro grandi assi matematicamente eguali: così le piccole differenze dei tempi rivolutivi, accumulandosi successivamente, finiranno per trasformare il globo in un anello di asteroidi. Una tale origine per la zona dei piccoli pianeti fra Marte e Giove sembrami almeno tanto probabile, quanto l'ipotesi del pianeta scoppiato di Olbers. E con questo rimangono inevitabilmente condotte all'assurdo quelle ipotesi, secondo cui le stelle cadenti formerebbero porzioni di nubi cosmiche circolanti intorno al sole in un periodo poco differente dall' anno terrestre. Tali nubi non possono durare in modo permanente, anche dato che inizialmente abbian potuto formarsi.

Finalmente, se investighiamo quale sia la proporzione della forza centrale e della forza perturbatrice in un sistema globulare di stelle meteoriche, pesanti ciascuna un gramma, e disposte ad intervalli medii reciproci di 10000 miglia, quando il sistema globulare si suppone distare dal sole 20 mila raggi del grand'orbe; troveremo, che la seconda forza supera ancora la prima 125 milioni di volte. In una tale nuvola cosmica, che è il tipo su cui abbiamo fatto tutte le nostre precedenti disussioni, l'effetto delle attrazioni reciproche è ancora sì piccolo, che senza alcuna esitazione possiamo considerare le sue parti come fra loro indipendenti. E quindi restano in tutta la loro forza le conclusioni che sul fine della lettera precedente abbiamo proferito circa al modo con cui un tale sistema si vien deformando progressivamente a misura che esso s'avvicina al Sole.

Considerando la formula che esprime il limite di stabilità

$$\frac{2M}{R^3} = \frac{m}{d^3}$$

si scorge, che per un sistema globulare di data densità si può sempre assegnare un valore di R, cioè una distanza dal Sole tale, che lo renda instabile. Da quanto abbiam veduto sembra che questo valore limite di R per tutti i sistemi di stelle cadenti sia grandissimo e paragonabile colle distanze delle Stelle fisse. La dissoluzione loro incomincia dunque negli spazi stellati, ed il sistema solare non li può accogliere che sotto forma di corrente parabolica.

Si può tuttavia immaginare una nuvola così

densa, che entri compatta nei limiti del mondo planetario, come farebbe una cometa senza nucleo; e che soltanto nelle prossimità del perielio incontri il limite sopra accennato di R, che conduce alla sua dissoluzione. Oltrepassato il perielio, le sue parti non si riuniranno più esattamente nella forma primitiva, ma resteranno disseminate sopra uno spazio maggiore : ciò è evidente quando si consideri che sopra le diverse parti della nube allungata in corrente i pianeti devono necessariamente esercitare perturbazioni differenti, mutando le orbite primitive di quantità diverse. Generalmente parlando adunque la nube primitiva non si ricostituirà più, ed avremo così un effetto singolare dell' attrazione, quello di disperdere i sistemi incapaci di conservarsi per propria coerenza. Tale effetto avrà luogo in generale sopra tutte le correnti meteoriche; all'uscire dal sistema solare esse saranno più disseminate che all'entrarvi.

Ma se una nuvola assai densa immaginiamo entrata nel sistema solare passando molto dappresso ad uno dei pianeti maggiori, l'orbita si trasformerà e potrà diventare a breve periodo, come quelle di varie comete. Poniamo, che la distanza perielia di questa orbita sia minore che il limite di R sopra accennato. La nube si discioglierà in particelle indipendenti, passando al perielio; la diversità delle perturbazioni planetarie produrrà nelle orbite di tali particelle una varietà di elementi, e segnatamente di tempi rivolutivi, che impediranno la ricostituzione della nube come sistema unico. Quindi le sue parti si estenderanno progressivamente sopra l'ellisse descritta, e ne occuperanno sempre una porzione maggiore, finchè dopo un certo numero di rivoluzioni la nube sarà diventata un anello ellittico continuo. Tale è la serie di fasi, che sembra percorrere il sistema delle stelle di Novembre. L'orbita da esse descritte coincide quasi esattamente col piano dell' eclittica, ed incontra quindi le orbite di tutti i pianeti superiori, eccetto quella di Nettuno. Il grand'asse è di circa 21 raggi del grand'orbe, il periodo rivolutivo di 33 anni o poco più. La nube meteorica che descrive quest' orbita già tanto si è allungata, da impiegare più d' un anno nel passaggio al perielio (1). Se quanto discorriamo è vero, dovrà l'apparizione farsi ad ogni terzo di secolo meno splendida e più lunga, per diventare finalmente continua; come è ora quella d'Agosto.

Resta un punto ad esaminare; cioè l'effetto che sulla forma della corrente meteorica possono esercitare le velocità interne preesistenti nella nube cosmica primitiva. Queste velocità sono di due classi : le prime, che chiamerò velocità *generali*, variano in modo continuo e regolare da un punto all'altro : tale sarebbe per esempio la velocità di rotazione del sistema intorno ad un asse. Le altre che dirò velocità *peculiari* non seguono alcuna legge determinata, ma possono variare senza alcuna norma o continuità da un punto ad un punto vicino. Un esempio di questa distinzione si trova nei moti proprii apparenti del sistema stellato, dove si hanno le velocità generali dipendenti dalla paralasse sistematica, e le velocità particolari dipendenti dal moto reale di ciascuna stella nello spazio.

Queste due specie di velocità potranno aver origine dalle attrazioni reciproche interne della nube meteorica : e da quanto abbiam veduto di queste attrazioni sarà facile giudicare, che le velocità interne saranno piccolissime rispetto alla velocità generale di traslazione della nube medesima. Potrebbe avvenire tuttavia che le velocità interne *generali* derivassero in parte da azioni anteriormente subìte dal sistema, o da cause cosmiche di qualunque natura. Ma anche in questo caso conviene supporle piccolissime, senza di che esse avrebbero per effetto immediato la dispersione dell'intiera nube nello spazio.

Qualunque sia la classe a cui appartengono le velocità interne, noi potremo trovarne l'effetto risolvendole in tre componenti, una perpendicolare al piano dell'orbita, l'altra tangente all'orbita, la terza normale all'orbita e giacente nel piano di questa. L'effetto della prima componente sarà principalmente di cambiare il piano in cui si muove ciascuna meteora, e le linee dei nodi reciproci: quello della seconda componente si manifesterà anzi tutto sulla durata della rivoluzione: quello della terza opererà principalmente sulla longitudine del perielio.

(1) Ammetto come dimostrata la periodicità di questo sistema, che sembra confermata da molte osservazioni estese per quasi 10 secoli (dal 902 in qua). Ricordo poi, che l'apparizione straordinaria del 1833 fu seguita da una meno splendida nel 1834.

L'effetto generale delle velocità interne *peculiari* sarà di rendere meno regolare e meno compatto il fascio delle orbite descritto dai corpi componenti la nube ; ma la somma dei fenomeni non sarà da queste velocità notabilmente cangiata. Invece delle correnti filiformi descritte nella lettera precedente, risulteranno correnti più rare e più larghe nel senso trasversale , meno regolari di forma, e in generale la densità sarà massima lungo un certo *filone* interno, e andrà decrescendo verso la superficie che limita lo spazio occupato dalle stelle cadenti. La terra potrà impiegare, nel traversare tali correnti, non più alcune ore, ma parecchi giorni o settimane.

All'incontro l'effetto delle velocità interne *generali* della nube primitiva consisterà in uno spostamento e in una deformazione progressiva della corrente meteorica. Infatti, poichè le componenti di tali velocità sono funzioni delle coordinate , cioè del luogo dove ciascun atomo della nube cosmica si trova, gli elementi delle orbite saranno pure funzioni di questo luogo; e quindi fra il tempo in cui una stella passa al perielio , e gli altri elementi della sua orbita esisterà una certa relazione. Di guisa che, variando il tempo del passaggio al perielio, varieranno pure progressivamente gli elementi che definiscono la forma e la posizione della corrente meteorica , e questi ultimi elementi diventeranno una funzione del tempo suddetto. Nasceranno dunque per questo solo fatto delle variazioni secolari nel nodo e nell'inclinazione, nella distanza e longitudine del perielio; e nel grand'asse : e questo indipendentemente dalle variazioni analoghe prodotte dalle perturbazioni planetarie , che si sommano colle precedenti. Così vengono spiegati naturalmente quei movimenti considerabili dei nodi, che l'osservazione ha mostrato esistere nelle correnti meteoriche, e di cui non so se l'intiero effetto si possa sempre ascrivere alle sole perturbazioni dei pianeti.

Per azione di queste medesime velocità interne *generali* combinate colla forma primitiva della nube meteorica potrà pure avvenire, che la corrente parabolica in qualche parte s'interrompa, e che una pioggia meteorica cessi durante un certo tempo per ricominciare più tardi. Così pure una stessa corrente potrebbe dividersi in due o più, procedenti simultaneamente; ed altri effetti singolari possono succedere, che è ora inutile andar descrivendo.

Raccogliendo ora per sommi capi le conseguenze che derivano dalle discussioni precedenti, io stabilirò le basi della nuova teoria delle stelle cadenti nelle proposizioni che seguono.

I. Negli spazi celesti la materia si trova disseminata in tutti i gradi possibili di divisione. Il primo grado è formato dalle stelle maggiori, isolate, o raccolte in sistemi poco numerosi. Il secondo dalle agglomerazioni copiosissime di piccole stelle , o dalla polvere stellare (*Star dust* di Herschel) in cui molte nebulose, veggonsi risolute dai grandi telescopi. Seguono altri corpi minori; non visibili se non quando si appressano al Sole in forma di comete : e finalmente l'ultimo grado di divisione è formato da nubi cosmiche composte di minutissimi elementi di peso comparabile a quello degli oggetti che noi uomini sogliamo maneggiare e trasportare sulla terra.

II. Quest'ultima classe di corpi ha potuto generarsi nello spazio per concentrazione locale della materia celeste, in modo analogo alle cristallizzazioni dei corpi chimicamente disciolti nei liquidi. Anzi quanto succede in queste cristallizzazioni c'indurrebbe a pensare, che tale forma di contrazione sia assai più probabile e più frequente dell'altra, che si fa per grandi masse. Il volume occupato dalle nebbie cosmiche può essere quindi una frazione notabile degli spazi stellati.

III. I movimenti di tali nebbie fra i corpi dell' universo sono paragonabili a quelli delle stesse fisse, e probabilmente dovuti a cause analoghe. Quando alcuna di esse entra nella sfera d'attrazione del Sole, non può rendersi a noi visibile, se non quando la sua orbita relativa al gran luminare è una sezione conica molto allungata.

IV. Qualunque sia la forma e l'estensione di una nube cosmica, essa non può (salvo rarissime eccezioni) penetrare negli spazi più interni del sistema solare , se non dopo essere stata trasformata in una corrente parabolica , che può impiegare anni, secoli, e miriadi d'anni nel passare parte per parte al perielio, formando nello spazio un fiume di dimensioni trasversali piccolissime rispetto alla sua lunghezza. Di tali correnti quelle che sono incontrate dalla terra nel movimento annuale , rendonsi a noi visibili sotto forma di pioggie meteoriche divergenti da un certo apice.

V. Il numero delle correnti meteoriche attraversanti in ogni possibile distanza e direzione gli spazi del sistema solare è verosimilmente molto grande. L'enorme rarità della materia in esse contenuta permette che tali correnti s'intersechino vicendevolmente senza turbarsi. Esse possono subire trasposizioni e deformazioni progressive nello spazio, come fiumi che lentamente vadano cangiando il loro letto. Possono subire interruzioni, e diventar talora doppîe o moltiple : e ben anche in particolari circostanze diventare anelli ellittici chiusi. Gli asteroidi di Novembre sono, a quanto pare, parti di un tale anello in via di formazione.

VI. Le nubi cosmiche di breve rivoluzione intorno al Sole, colle quali si è tentato di spiegare le apparizioni delle stelle cadenti non possono ritenersi come esistenti in modo permanente, senza violare le leggi conosciute dell'attrazione universale.

VII. La materia delle correnti paraboliche, dopo oltrepassato il perielio ritorna agli spazi in uno stato di dispersione maggiore di quello che avea luogo prima del passaggio. In casi particolari, come quando la corrente incontra un pianeta , possono nascere fortissime perturbazioni, e separazioni di alcune stelle meteoriche in orbite speciali. Tali stelle, da quel momento, possono dirsi veramente *sporadiche*.

VIII. Così le stelle meteoriche, e gli altri prodotti celesti d'analoga natura, che nel secolo scorso solevansi riguardare come fenomeni atmosferici, che Olbers e Laplace primi osarono far venir dalla Luna, e che più tardi furono elevati alla dignità di membri del sistema planetario, appartengono veramente alla categoria dalle stelle fisse; ed il nome di *Stelle cadenti* esprime puramente e precisamente la verità delle cose. Questi corpi hanno colle comete la medesima relazione che i piccoli pianeti fra Marte e Giove hanno coi pianeti maggiori. La piccolezza della massa è nell'uno e nell'altro caso compensata dal grandissimo numero.

IX. Potendosi aver come sicuro, che stelle cadenti, bolidi, e aeroliti non differiscono per altro, che per grandezza, concluderemo che la materia caduta dal cielo è un saggio di quella ond'è formato l'universo stellare. E come in tale materia non vi ha elemento chimico ignoto alla Terra, la similitudine di composizione di tutti i corpi visibili dell'Universo, già fatta probabile dalle ricerche spettrali, acquista un nuovo argomento di credibilità.

Prima di terminare voglio ancora esaminare alcune questioni, che possono servire d'illustrazione alle cose esposte. Si può domandare, se sia assolutamente necessario supporre tutte le nubi meteoriche composte di elementi così piccoli, come quelli che finora abbiamo considerato; e non sia possibile , per esempio , una nube formata di corpi maggiori , se ben non tanto numerosi, per esempio un'agglomerazione di Comete ? Nel qual caso si vedrebbero di quando in quando giungere dalle profondità dei cieli comete di orbite poco dissimili, le quali potrebbero passare al perielio anche ad intervalli assai lunghi l'una dall'altra, perdendo così il carattere di membri di un unico sistema , che aveano prima di accostarsi al Sole.

Tal questione non è nuova, ed è stata discussa dal ch. Prof. Hoek, di Utrecht in tre ingegnose scritture pubblicate dalla Società Astronomica di Londra (1). Egli ha trovato infatti nel catalogo delle comete conosciute parecchi sistemi binari e tripli di comete, le quali alcuni secoli addietro si trovavano in luoghi vicinissimi dello spazio, sebbene la differenza delle attrazioni che esse han subìto per parte del Sole abbia prodotto nei loro passaggi al perielio diversità di più anni. Fra questi sistemi il più notabile è quello delle comete 1860 III, 1863 I, e 1863 VI le quali sul finire dell'anno 760 dell'êra volgare si trovavano distare dal Sole rispettivamente 600. 00, 600.42 e 600.25, raggi del grand'orbe, e fra di loro serbavano nella medesima epoca le seguenti distanze :

1860 III e 1863 I .... 12.8 raggi del grand'orbe:
1860 III e 1863 VI .... 16.3 ——
1863 I e 1863 VI .... 8.1 ———

di guisa che la distanza apparente massima fra le tre per uno spettatore collocato nel Sole non non fu allora che di 1°33′. Hoek crede, che a questo medesimo sistema appartengano le comete del 1677 e del 1683. Esaminando la probabilità di un concorso casuale di circostanze capace di produrre queste coincidenze, egli trova che la connessione fisica originaria delle comete sopra nominate ascende quasi alla com-

(1) *Monthly Notices*, vol. XXV , p. 243 e vol. XXVI , pp. 1 e 204.

pleta certezza. Ecco adunque una corrente parabolica di comete, di natura affatto simile alle correnti meteoriche, sebbene i fenomeni che essa presenta siano in apparenza molto dissimili da quelli delle stelle cadenti.

Tanta è l'analogia fra queste due specie di astri, che ben si può fare l'altra questione, se veramente essi appartengeno a classi distinte, oppure in altro non differiscano che nella grandezza. Se quest'ultima ipotesi fosse la vera, dovrebbero esistere in natura stelle meteoriche comparabili a piccole comete, o comete comparabili a grandi stelle meteoriche. Tali corpi, per rendersi visibili dovrebbero passare assai più basso della Luna, ed a pochi diametri terrestri di distanza da noi. Il loro movimento relativo apparente dovrebbe essere molto rapido per un corpo celeste, e la loro apparizione non durare che alcuni minuti, od al più alcune ore, traversando l'emisfero visibile del cielo con velocità assai maggiore che quella del moto che la Luna ha tra le fisse. Dovrebbero apparire poco a poco, raggiungere un *maximum* di grandezza e di nuovo scomparire gradatamente per l'accrescersi della distanza. Queste circostanze renderanno sempre assai difficile l'osservazione di simili astri, dato che essi esistano. Tuttavia ecco, fra parecchie narrazioni d'interpretazione dubbiosa, due relazioni che danno una assai probabile testimonianza in favore dell'esistenza di piccole comete della specie poc'anzi additata.

Rolandino da Padova, autore molto grave ed istruito, e non ignaro delle cose astronomiche, scrive nella sua Cronaca sotto l'anno 1252, che essendo alcune persone riunite a discorrere intorno a cose singolari osservate nella natura, un tale « *recitavit, se isto eodem anno stellam quamdam in horâ matutina vidisse, magnam ut foret cometa, sed cometa non erat, non enim habebat comam: in hoc autem erat ejus miraculum, quia videbatur fere magna ut Luna et habebat cursum multo velociorem quam Luna : sed nec erat cita more cadentis stellae, et vere nec Luna fuit. Visa quoque per unius horae spatium, evanuit paulatim* (1). L' accuratezza della descrizione rende questo racconto molto degno di fede.

Nella Cronaca di Guglielmo di Nangis, monaco di S. Dionigi presso Parigi, sta sotto l'anno 1348 il seguente tratto che io trascrivo sulla traduzione dal latino fatta da Pingrè (1). *Au mois d'Août on vit* (a S. Dionigi) *une étoile au dessus de la ville de Paris, du côté de sa partie occidentale : elle étoit fort grande et très claire. L'heure des Vêpres étoit passée; le Soleil, encore sur l'horizon; tendoit à son coucher. Cette Ètoile n'étoit point élevée au-dessus de nôtre hémisphère, comme le sont les autres astres; elle étoit assez voisine de nous. Le Soleil s'étant couché, et la nuit approchant, cette étoile, observée par plusieurs Frères, et par moi, ne nous paroissoit avoir aucun movement. Enfin la nuit commençant, en nôtre présence, et à notre grand étonnement, cette Ètoile très-grosse fut divisée en plusieurs rayons, les quels se répandirent sur Paris et dû côté de l'Orient, et le tout disparut. Ce phénomène étoit-il une comète, ou une autre étoile, ou bien étoit-il formé de quelques exhalaisons, et se résolut-il ensuite en vapeurs ? C'est ce que je laisse au jugement des Astronomes* ». Se questa apparizione non è da classificare tra i fenomeni ottici dell'atmosfera (cosa che sembra poco probabile) abbiamo qui una piccola cometa che si avvicinò alla terra al punto da essere intieramente disfatta dalla varia attrazione che questa ha esercitato sulle diverse parti di questa massa.

Quanto segue è un estratto di lettera scritta il 17 Marzo 1372 (vecchio stile) da John Dove ad Edmondo Halley, e pubblicata nel volume XXXVII delle Transazioni Filosofiche, pag. 393: *The 29th of February, at about half an Hour past Ten at Night, I judge (having a good Observation at Noon) we were in Lat. 34°.28' South and Long. 12°.35' West from Cape Bonne Esperance; the Moon shining very bright, being near the Full, we saw Something very bright rise about West, which I judge to be a Comet: It set about East, passing from West to East in about five Minutes, between the Moon and our Zenith, and to the Southward of Spica Virginis; it carried a Stream of Light after it about 40° long, and 1° or 1°½ broad; the Brightness of the Moon outshined the Comet as it came near it .... Knowing your Curiosity in Astronomy, and wiewing your Synopsis of the Astronomy of Comets, I thought it might be*

(1) *Rolandini Patavini Liber Chronicorum* presso Muratori, *Rer. It. Script.* Tomo VIII, p. 270.

(1) *Cométographie*, par Pingré Vol. I, p. 435—436.

in some measure acceptable, though we had not Conveniency to take a very exact Observation of it (1). Quest'ultima testimonianza ha tutta l'autenticità desiderabile. Dalle circostanze in essa accennate sembrami poter conchiudere, che il moto di questo astro fu diretto, e che la sua trajettoria si avvicinò alla terra ad un intervallo di meno che 2000 miglia.

Con pazienti indagini delle vecchie memorie si potrebbe forse raccogliere notizie di altre osservazioni simili alle precedenti, ed altrettanto dimenticate.

Quì farò punto, augurando che martedì prossimo ci sia dato assistere al gran ritorno periodico di Novembre, che l'Europa da molto tempo in qua non ha più avuto la fortuna di osservare. Ed in questa speranza le offro la mia servitù (2). G. V. Schiaparelli.

(1) Questa osservazione è citata pur da Pingré, *Cométographie* II, p. 44 e da Zach, *Monatliche Correspondenz*, vol. XXVIII, p. 430, in quest'ultimo luogo con alcuni errori.

(2) Delle presenti lettere due erano già stampate, e la terza era composta, quando il R. P. Secchi chiamò la mia attenzione sopra una lettera scritta dal sig. Newton (di Newhaven in America) al sig. Quetelet, e da questo pubblicata nell'Annuario dell'Osservatorio di Bruxelles per l'anno 1866. In questo scritto il sig. Newton ha le seguenti riflessioni;

« La vitesse moyenne des météores est une fonction de » leur distribution pendant les heures de la nuit. Si nous » supposons qu'ils arrivent, dans leurs vitesses absolues, » indistinctement de toutes les parties du ciel, nous pour- » rons alors calculer facilement leur velocité d'après leur » distribution horaire. Les matériaux que nous possédons » montrent très-clairement que la velocité moyenne, dans » l'hypothèse mentionnée, doit être envîron celle donnée » dans une orbite parabolique, et que la supposition d'un » simple anneau autour du soleil, qui commence près de » l'orbite de la terre, et qui produit des étoiles filantes » sporadiques, est impossible. Nous aurions besoin, tou- » tefois, de plus d'observations recueillies le matin ».

È evidente, che il sig. Newton ha dedotto le precedenti conclusioni da calcoli simili a quelli da me esposti nella Lettera I. Faccio notare questa coincidenza con molto piacere, perchè da essa viene reso vieppiù probabile, che quei calcoli esprimano, almeno per approssimazione, la verità: e che l'ipotesi parabolica, richiesta dall'origine stellare delle meteore qui sopra sviluppata, sia veramente dimostrabile colle osservazioni. Nè sarà piccolo argomento di soddisfazione per me l'essermi incontrato su questa via con un'autorità di tanto momento in questa materia, quale è quella del sig. Newton.

LETTERA IV.

Ch. Sig. Direttore

Io, pensava di avere, colle lettere precedenti esaurite le mie speculazioni sulle stelle meteoriche. Ma riflessioni ulteriori mi hanno condotto a risultati, i quali confermano al di là di ogni espettazione le idee precedentemente esposte. Credo che V. S. Ill. li troverà degni di qualche considerazione. Proponiamoci pertanto di esaminare la seguente questione, che è strettamente collegata con quelle discusse nella lettera III.

Noi abbiamo trovate analogie fra i sistemi di stelle meteoriche ed i sistemi di comete. Non potrebbe immaginarsi l'esistenza di sistemi misti, nei quali una nube d'asteroidi fosse aggruppata nello spazio intorno ad uno o più nuclei maggiori, cioè intorno ad una o più comete? Il mondo delle nebulose ci presenta assai esempi di consimili agglomerazioni di corpi di diverso ordine (*).

Egli è palese che se un sistema misto di questa specie viene dall'attrazione solare chiamato a noi sotto figura di corrente parabolica, la parabola descritta dal corpo principale (o le parabole descritte dai corpi principali) dovrà esser pochissimo differente dalla parabola secondo cui è inflessa la corrente dei corpuscoli minori, perchè la corrente risulta dal fascio d'infinite parabole, di cui quella del corpo principale è una. E per conseguenza avremo risoluto la precedente questione in modo affermativo, ogni volta che troveremo una corrente meteorica formante una parabola identica di grandezza e di posizione ad alcuna delle parabole cometiche: essendo manifesto, che in tal caso la cometa formerà parte della corrente sopradetta, e sarà uno dei suoi elementi.

Con questa idea io ho calcolato la parabola descritta nello spazio dalle stelle cadenti del 10 Agosto, stelle che per brevità d'ora innanzi chiamerò *Perseidi*, dalla costellazione onde a noi sembrano uscire. Conoscendo la direzione e la quantità del moto assoluto della terra, supposta eguale alla velocità parabolica quella delle Perseidi, e data la direzione del moto relativo di queste e della terra, sarà facile calcolare la direzione del moto assoluto delle Perseidi nello spazio, e determinare quindi la tangente della parabola da esse descritta. Ora una parabola, dato il foco, la tangente e il punto di contatto, è pienamente definita. Adottando per coordinate del punto di divergenza le seguenti (*)

AR = 44°, Decl. Bor. = 56°:

supponendo inoltre che nel presente anno 1866 il *maximum* di frequenza abbia avuto luogo il giorno 10,75 d' Agosto, ho determinato la seguente orbita, dove si è tenuto conto delle circostanze del moto ellittico della terra, negligendo però l'influsso (affatto insensibile) del moto diurno.

Elementi delle Perseidi. 1866.

Passaggio al perielio	Luglio 23, 62
Passaggio al nodo discendente	Agosto 10, 75
Long. del perielio	343° 38′.
Long. del nodo ascendente . .	138. 16.
Inclinazione	64. 3.
Distanza perielia	0, 9643.
Moto retrogrado	

(*) Le comete a nuclei multipli non sono rare, una fu osservata da Evelio, quella da me trovata nel Lepre nel 1853 avea pure capo a nuclei multipli. Questa multiplicità originale, o accaduta col tempo, può spiegare la divisione delle comete. — Nota di A. S.

(*) Queste coordinate corrispondono a k di Perseo, dove Alessandro Herschel collocò il punto di divergenza nel 1863. Dalle osservazioni del medesimo anno io avea determinato questo punto in η di Perseo, distante meno di due gradi da k. (V. *Bull. Met.* Vol. II. p. 132).

Ho usato per questo calcolo di un metodo simile a quello praticato da Erman nel n° 385 delle *Astronomische Nachrichten*, e delle due soluzioni possibili ho rigettato quella che dà per le Perseidi una velocità negativa, facendole venire dal punto del cielo direttamente opposto al punto di divergenza. La velocità relativa con cui le meteore arrivano sulla terra risulta qui di 33 miglia italiane, cosa che abbastanza s'accorda colle determinazioni di Alessandro Herschel fatte per via d'osservazione diretta (*). L'accelerazione prodotta dall'attrazione della terra non altera questo risultato che d'una frazione di miglio.

Ora prego V. S. Ill. a comparare gli elementi sopra riferiti con questi altri che appartengono alla grande cometa del 1862 secondo l'ultimo calcolo del Dott. Oppolzer (**):

Elementi della Cometa 1862 III.

Passaggio al perielio	1862, Agosto 22,9:
Long. del perielio	344° 41′.
Long. del nodo ascendente.	137. 27.
Inclinazione	66. 25.
Distanza perielia	0, 9626.
Moto retrogrado	
Tempo rivolutivo	123 anni, 4.
(secondo Stampfer 113 anni).	

Si vede che i due sistemi d'elementi non differiscono tra loro che per quantità facilmente imputabili alla poca precisione con cui si può determinare così la posizione del nodo delle Perseidi, come anche quella del loro punto di divergenza. Trovo anzi, che si potrebbe, con piccoli cambiamenti nelle coordinate di questo punto, far sparire quasi del tutto le differenze residue: ma non ho voluto prendermi questo divertimento aritmetico, il quale nulla aggiungerebbe all'evidenza dei fatti qui sopra riferiti. Eccoci dunque arrivati a questa veramente inaspettata conclusione, che la grande cometa del 1862 altro non è, che una delle Perseidi d'Agosto, e probabilmente la principalissima fra tutte.

Una simile stella cadente, volgentesi di moto periodico in poco più di un secolo, è tale fenomeno, da destare serie inquietudini. Oppolzer nel luogo citato ha fatto il calcolo della distanza minima a cui la cometa passa rispetto all'orbita della terra, ed ha trovato 0,00472, cioè meno del diametro dell'orbe lunare. La terra valica questo spazio in 6 ore o poco più. Tale avvicinamento, quando la cometa passasse al nodo il 10 Agosto poco prima del mezzodì, potrebbe diventare facilmente una vera traversata, che la terra farebbe delle parti più dense della cometa.

Siccome è provato dai calcoli di Stampfer e di Oppolzer, che questa cometa ha un periodo di poco più che cent'anni; interessant diviene l'investigare, se anco le Perseidi debbano avere un tempo rivolutivo di questa lunghezza. Se la perturbazione, in virtù della quale la cometa del 1862 ha mutato l'antica orbita nella presente ellisse di breve periodo, è stata anteriore alla separazione delle Perseidi minori dal loro astro principale, è chiaro, che la rivoluzione dev'essere press'a poco eguale per quelle e per questo. Ma dato il caso, che la mutazione d'orbita (mutazione assai leggera, se si paragona l'ellisse presente con la parabola) abbia avuto luogo dopo la dissoluzione del sistema; sarà possibile, che le Perseidi abbiano un tempo rivolutivo totalmente diverso da quello della gran cometa del 1862, sebbene nelle vicinanze del sole le orbite sian quasi identiche di forma e di posizione.

Per aver qualche schiarimento ho raccolto dal catalogo chinese di Biot e dal catalogo di Quetelet le apparizioni straordinarie di meteore, che ragionevolmente si possono ascrivere alle nostre Perseidi. Ho trovato le seguenti date,

830, 833, 835, 841,
925, 926, 933,
1029,
1243,
1451,
1779, 1784, 1789

le quali abbastanza bene si conciliano in un solo periodo, supponendo che ogni 108 anni le Perseidi abbiano un *maximum* di frequenza, il quale non sia così subito e breve come quello di Novembre, ma duri venti o trent'anni. Così il periodo sarebbe quasi identico a quello della cometa del 1862. Tuttavia non conviene fondare sulle cose riferite alcuna conclusione categorica, essendo la durata della rivoluzione un punto secondario nella questione presente: e aspette-

(*) V. *Procedings of the British Meteorol. Society*. Vol. II. p. 19: dove la velocità media per le Perseidi del 1863 risulta di circa 30 miglia.

(**) *Astr. Nachr.* n.° 1384.

remo che le continuate osservazioni sulle Perseidi vengano a chiarire, se realmente un periodo esiste nelle loro apparizioni. (*)

Ho fatto altresì il calcolo dell'orbita per le stelle di Novembre, ma soltanto in modo approssimativo. Ecco gli elementi :

Passaggio al perielio	Ottobre 30.5
Passaggio al nodo discendente.	Novemb. 13,5(**)
Longitudine del periclio	71°
Longitudine del nodo ascendente . .	231°
Inclinazione	15°
Distanza perielia	0,96
Semigrandasse	10,4
Tempo rivolutivo	$33^{anni}3$

Moto retrogrado.

Non ho trovato nel catalogo delle comete alcuna orbita simile a questa. E'quindi verosimile, considerata la brevità del periodo, che lo sciame di Novembre non avesse, prima di convertirsi in corrente, alcuna massa considerabile nel suo seno. O se vi era, è diventata invisibile a noi in forza di qualche trasformazione d'orbita.

Gradisca i miei rispetti

G. V. Schiaparelli.

(*) Mi permetto di aggiungere una altra nota. Siccome per queste stelle è ormai sciolta la questione della distanza, resta ora a sciogliere quella della densità del loro sistema, e perciò è assolutamenle da concertarsi nell'emiefero Nord intero un sistema di osservazioni durante tutta la notte con metodo uniforme, per fissare l'ora del massimo, che darà il punto della massima loro densità attraversata dalla terra. — A. S.

(**) Questo anno il passaggio al nodo della linea centrale sembra esser stato ben definito a Londra a $1^h\ 7^m$ di Tm. di Greenwich, che poco discorda da questo assunto dall'Autore. V. artic. seguente. — A. S.