

## Osservazioni astronomiche da grande altezza

M. CIMINO

Ricevuto il 15 Giugno 1961

1. - Il problema delle osservazioni astronomiche da grande altezza si distingue da quello dell'osservazione dell'alta atmosfera trattato dal collega Broglio perché, mentre per quest'ultimo problema l'oggetto di studio è l'ambiente che circonda il veicolo (sia esso un pallone, un razzo o un satellite artificiale), oggetto del primo è invece tutto ciò che si trova al di fuori dell'atmosfera, e per la cui osservazione quest'ultima rappresenta soltanto un ostacolo. All'atto pratico i due tipi di ricerca non possono però essere nettamente separati; anzi, direi che vi sono casi e condizioni particolari in cui l'abbinamento delle due direzioni di ricerca si rende non solo conveniente, ma addirittura necessario. Su questo punto avremo però occasione di ritornare.

2. - Ho detto che l'atmosfera terrestre rappresenta un ostacolo alle osservazioni astronomiche. Si tratta, in verità di un ostacolo veramente notevole, che si manifesta in due modi: 1) con l'assorbimento parziale o totale delle radiazioni elettromagnetiche e corpuscolari, che arrivano sulla terra dai corpi celesti e dallo spazio interstellare; 2) con la deformazione delle immagini, sia stellari, che del sole e dei pianeti. Analizziamo brevemente queste due cause, cominciando dalla prima.

L'assorbimento delle radiazioni elettromagnetiche ha luogo per diverse cause: *a*) assorbimento della radiazione nel campo ultravioletto per la fotoionizzazione di atomi dell'alta atmosfera, o per la scissione di alcune molecole. In conseguenza di questo assorbimento, in cui l'energia dei fotoni assorbiti va a tramutarsi in energia di ionizzazione ed energia cinetica dei ioni e degli elettroni risultanti, si determinano nell'alta atmosfera i noti strati ionizzati (ionosfera) e le note dissociazioni delle molecole biatomiche dell'azoto e dell'ossigeno in molecole monoatomiche; *b*) diffusione della radiazione nel campo visuale da parte delle molecole

atmosferiche secondo la nota legge di Reileigh, ovvero da parte di polveri o di particelle d'acqua allo stato liquido o solido; *c*) assorbimento di larghe bande dell'infrarosso da parte specialmente del vapore d'acqua e delle molecole dell'ossigeno e dell'anidride carbonica; *d*) diffusione delle onde radio di lunghezza d'onda inferiore ai tre centimetri, per opera dello stesso vapore d'acqua; *e*) riflessione verso l'esterno delle onde radio cosmiche di lunghezza d'onda superiore agli 80-100 metri, per opera degli strati ionizzati. In conclusione, se veniamo a fare un bilancio delle radiazioni che liberamente, o quasi, possono raggiungere il suolo avremo il seguente risultato, in verità alquanto scoraggiante: ad eccezione delle radiazioni comprese tra 4000 e 8000 Å circa (radiazioni visibili) e delle onde radio con lunghezza d'onda compresa tra i 3 cm e gli 80-100 m, tutte le altre radiazioni non riescono, praticamente, a raggiungere il suolo.

Eppure, sono proprio le radiazioni provenienti dalle estremità dello spettro, che presentano il massimo interesse scientifico, come ora vedremo.

3) Volendo fare una classifica sintetica delle osservazioni astronomiche da grande altezza, si potrebbe così catalogarle:

- |       |                                       |
|-------|---------------------------------------|
| (I)   | Osservazioni solari                   |
| (II)  | Osservazioni lunari                   |
|       | » planetarie                          |
| (III) | Osservazioni stellari                 |
|       | » di nebulose e galassie              |
| (IV)  | Campi magnetici ed elettrici spaziali |
| (V)   | Onde radioelettriche.                 |

Ma, forse, più che una classifica per problemi, la cui analisi dettagliata ci porterebbe molto lontano, converrà effettuare una classifica che potremmo chiamare *per veicolo*, cercando di vedere cioè che cosa è possibile ottenere con l'impiego dei diversi veicoli allo stato *attuale* della tecnica, e, in particolare, che cosa noi in Italia potremmo fare con i mezzi che, ragionevolmente, potremmo disporre nel giro dei prossimi anni. I veicoli adatti alle osservazioni astronomiche da grande altezza possono essere di tre speci: i satelliti, i razzi ed i palloni. Escludo l'aereo, perchè i nostri aviogetti difficilmente possono superare la quota di 10-12.000 metri, e questa è una quota ancora troppo bassa. L'Osservatorio Astronomico di Roma, in occasione dell'eclisse totale di Sole del 15

Febbraio 1961, ha organizzato, col concorso dell'Aeronautica Militare e dell'Istituto Nazionale di Geofisica, osservazioni solari sia con aviogetti, sia con palloni sonda. A quanto mi risulta, sono stati questi i primi tentativi effettuati in Italia di osservazioni celesti da alta quota. Delle osservazioni effettuate dai palloni diremo in seguito; per quanto riguarda quelle da bordo degli aviogetti, abbiamo ottenuto un buon numero di fotografie della corona, adoperando le camere di prua puntate verso il Sole, che, al momento della totalità, era piuttosto basso sull'orizzonte. Il cielo, molto puro a quell'altezza, ci ha consentito di ottenere fotografie completamente prive di fondo, cosicché esse si prestano assai bene per uno studio fotometrico della corona. Ma, per la relativa instabilità dell'aereo, si son potute scattare soltanto delle istantanee, cosa che ha impedito di fotografare le estreme propaggini della corona solare (Figg. 1 e 2).

L'instabilità, assieme alla limitata altitudine, sono i fattori che limitano fortemente l'impiego degli aerei per le osservazioni astronomiche a grande altezza, pur senza escludere che, con particolari accorgimenti e, soprattutto, per particolari osservazioni, non si possa raggiungere qualche risultato di grande interesse.

Degli altri tre tipi di veicoli (satelliti, razzi, palloni), certamente il più idoneo alle osservazioni astronomiche è il satellite; esso, infatti, si muove quasi completamente al di fuori dell'atmosfera ed è possibile inoltre ottenere, con dispositivi di non difficile realizzazione, una sufficiente stabilità per gli strumenti astronomici. Fino ad oggi però, l'impiego dei satelliti a scopo puramente astronomico è stato assai limitato, sia per la difficoltà di portare pesi considerevoli, sia perché problemi più urgenti hanno completamente assorbito il cosiddetto carico pagante. Lasciando da parte il Lunik sovietico, che ci ha dato una prima, seppure grossolana, immagine dell'altra faccia della Luna, nessun altro satellite ha portato telescopi, ed essi si sono piuttosto limitati allo studio dell'ambiente locale (per esempio delle fasce di radiazioni di Van Allen) e dei raggi cosmici.

Più sostanziale è stato l'apporto dei razzi, dei quali si può disporre con maggiore frequenza e con minore spesa. Purtroppo il razzo, pur potendo raggiungere quote sufficientemente elevate, presenta il grave inconveniente della brevità del tempo disponibile in quota e della difficoltà dell'orientamento in tempo utile del sistema ricevitore (ottico o fotoelettrico) verso l'oggetto da studiare. Osservazioni astronomiche fin'ora effettuate da razzi, — con tecniche diverse, che non mi è materialmente possibile descrivere in questa relazione — riguardano principalmente il Sole, e più precisamente: la misura della costante solare; l'os-

servazione dello spettro U.V.; alcuni riusciti tentativi di fotografia solare nella luce della prima riga della serie di Lyman dell'idrogeno, che ci ha permesso di vedere alcune formazioni coronali sul disco; osservazioni

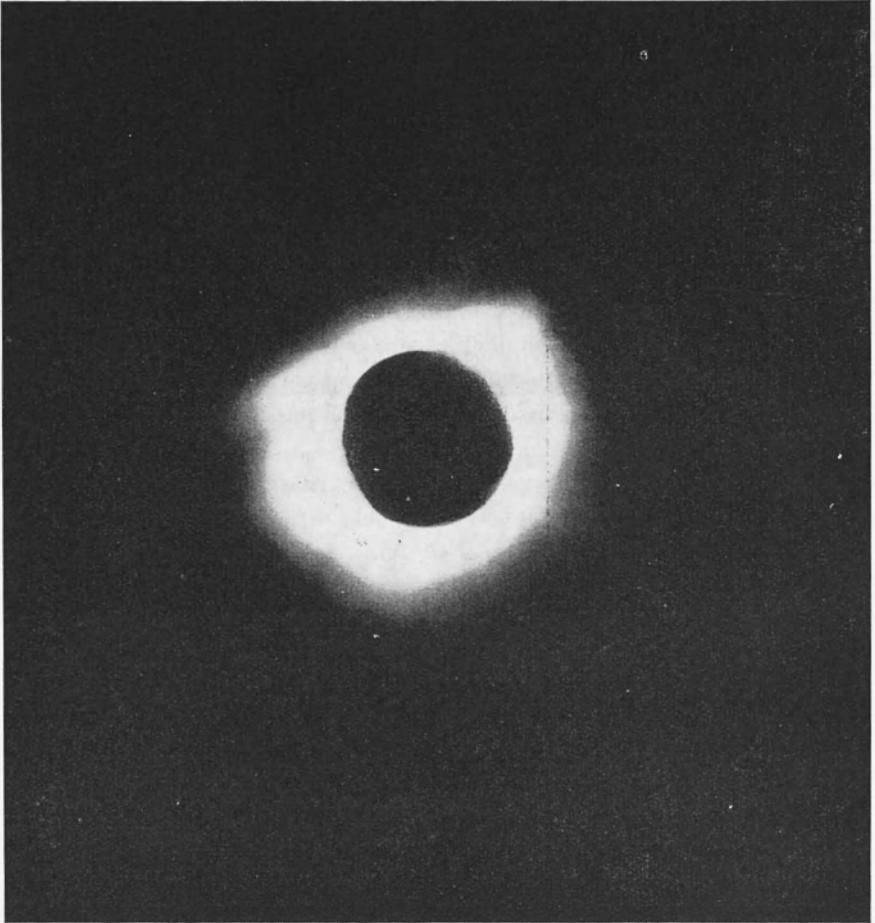


Fig. 1 - Corona solare fotografata da un aereo. Tempo di esposizione: 1/25 di secondo.

nell'infrarosso; osservazioni della radiazione corpuscolare. In occasione dell'ultima eclissi totale di Sole, i russi hanno lanciato dei razzi per la fotografia della corona solare in luce U.V., assicurandosi in tal modo un bel primato di primaria importanza scientifica. Nel campo stellare è stato compiuto un esame preliminare del cielo boreale nella banda ultra-

violetta intorno ai 1500 Å. Si è trovato che alcune regioni del cielo appaiono più luminose in questa luce ultravioletta, che non nella luce visibile, ponendo così nuovi problemi. L'Osservatorio Astronomico di Roma ha studiato, con la collaborazione di un Osservatorio estero, alcuni sistemi originali per la fotografia U. V. solare a bordo di razzi. Io ritengo che i razzi lanciati per lo studio dell'alta atmosfera, portanti

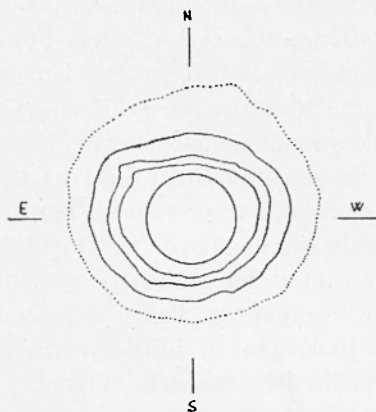


Fig. 3 - Isofote coronali dedotte da una fotografia della corona eseguita sul Monte Cimone con astrografo di 80 cm di focale (Dott. G. Caprioli).

anche attrezzature per studi astronomici, aumenterebbero certamente assai il rendimento scientifico del lancio. Più problematico appare il trasporto di un vero e proprio telescopio; cosa, invece, assai più facile utilizzando i palloni. Sufficientemente avanzato è, infine, il problema del recupero degli strumenti trasportati in quota dai razzi.

4. - L'impiego di palloni per l'osservazione astronomica da alta quota data da alcuni anni; tutti conoscono i riusciti tentativi di M. Schwarzschild negli Stati Uniti e di A. Dollfuss in Francia, che sono riusciti a darci pregevoli fotografie della granulazione solare e interessanti osservazioni delle superfici planetarie. In particolare sono assai interessanti i lanci di M. Schwarzschild di telescopi comandati da terra, mentre nei lanci francesi il pallone portava anche l'uomo. Nei lanci del 1959 fu raggiunta una quota di 80.000 piedi (circa 27.000 m) portando un telescopio di 30 cm di apertura.

Come ho detto al principio di questa relazione, due sono i fattori negativi dell'atmosfera terrestre con riguardo alle osservazioni astronomiche: l'assorbimento delle radiazioni di cui abbiamo parlato, e la deformazione delle immagini, causata dalla agitazione degli strati d'aria. È questo secondo fattore appunto quello che impedisce di vedere i dettagli più fini delle superfici dei corpi celesti. Per osservare questi stessi dettagli non basta però la sola tranquillità atmosferica (che già si trova in misura sufficiente al di sopra dei 20.000 metri), ma occorre anche che il sistema ottico abbia un sufficiente potere risolutivo, il che significa, sostanzialmente, che la lente o specchio principale deve avere una sufficiente apertura. Si tratta perciò di una attrezzatura di notevole ingombro, che solo un pallone può portare, in attesa, naturalmente, della disponibilità di un satellite. Negli Stati Uniti c'è un progetto, in stato di avanzata esecuzione, che prevede di portare in quota un telescopio con uno specchio parabolico di 92 cm di diametro. Ma anche con piccoli telescopi e camere fotografiche è possibile ottenere risultati assai interessanti; per esempio per l'osservazione della corona solare. Si pensi che già a 10.000 m la brillantezza residua del cielo è 50 volte più piccola di quella dei pennacchi coronali. Il trasporto di un piccolo coronografo con un pallone sarebbe cosa relativamente assai semplice.

Naturalmente, i palloni portanti attrezzature come quelle adoperate dal Dollfus o dallo Schwarzschild sono molto grandi e costosi. Però un notevole campo di ricerche si apre anche con l'impiego di mezzi più modesti. Come ho accennato, questo impiego è stato iniziato in Italia, per la prima volta in occasione della eclisse solare, da un gruppo di lavoro che, oltre a chi vi parla, comprendeva il Prof. R. Cialdea ed i Colonnelli Fea e Pisoni dell'Aeronautica Militare. Il campo di ricerca era misto, geofisico ed astronomico. Da una parte si mirava a misurare la luce diffusa del cielo a quelle altezze, dall'altra a fotografare la corona solare nelle sue propagini più esterne e, possibilmente, collegarla con la luce zodiacale. Il Prof. R. Cialdea vi darà, in una relazione particolare, i risultati ottenuti, che possono considerarsi soddisfacenti se si pensa che il primo lancio di prova completa coincideva con il lancio definitivo durante l'eclisse. Questo è dipeso da quella non mai abbastanza deprecata mancanza di mezzi finanziari contro cui urtano da noi tutte le iniziative. Lasciando, come dicevo, al Prof. Cialdea il compito di informarvi dei risultati del lancio, io desidero invece approfondire un poco questo importante problema, dello studio della corona esterna e della luce zodiacale, in vista di ulteriori ricerche in questo campo.

5. - Quali siano i limiti della corona solare noi astronomi ancora non sappiamo precisarlo. La corona si estende certamente assai al di là di quanto è dato osservare nei rari momenti dell'eclisse totale. Certamente una parte di questa immensa aureola ruota assieme al Sole; però oltre un certo limite, che non conosciamo, le singole particelle formano uno sciame che gravita attorno al Sole e che si estende fino a limiti in-



Fig. 3 - Come si presenta il fenomeno della luce zodiacale dopo il tramonto del Sole.

precisati, forse fino all'orbita di Venere ed anche della Terra ed oltre. Ne abbiamo una diretta conoscenza attraverso la cosiddetta luce zodiacale. Questo fenomeno si osserva generalmente nelle serate primaverili o autunnali, quando il Sole è ben sotto l'orizzonte, una fascia luminosa assai tenue, copre il cielo quasi fino allo zenit (Fig. 3), e la sua spiegazione è immediata osservando la figura successiva (Fig. 4).

Questa enorme corona, dalla forma sensibilmente schiacciata, è certamente variabile, così come lo è la vera e propria corona solare che osserviamo durante le eclissi totali. Essa costituisce quella materia interplanetaria che interessa direttamente la fisica dello spazio. I fenomeni che costituiscono l'attività solare alimentano continuamente di materia questa corona, lanciando in esso getti di particelle ionizzate, come enormi fusi, che, raggiungendo la Terra, danno luogo a tutti i fenomeni di varia-

zione della ionosfera, del campo magnetico terrestre, delle aurore, delle fasce di radiazione, ecc. ecc.. Non c'è dubbio perciò che lo studio di questa corona esterna sia di primaria importanza per la fisica solare, così come per la fisica terrestre.

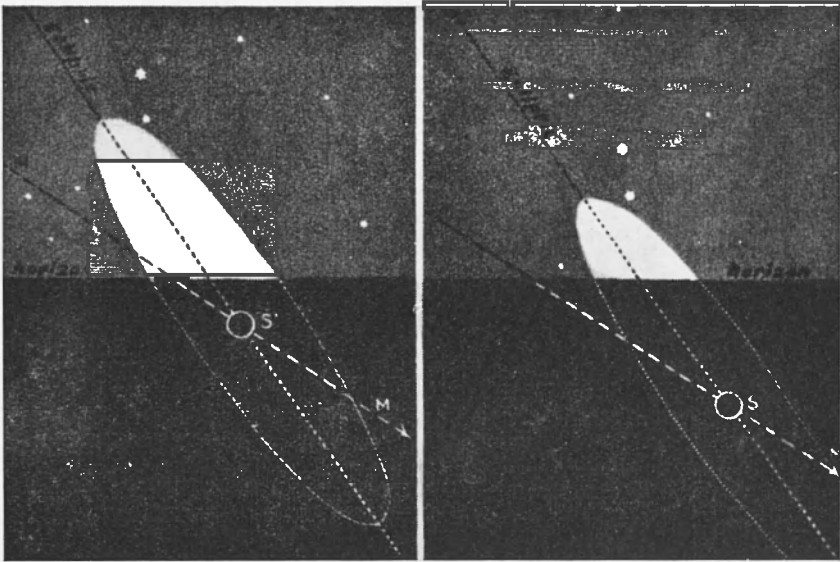


Fig. 4 -- Spiegazione schematica del fenomeno della luce zodiacale. L'ammasso di materiale diffondente, che circonda il Sole S, è visibile dopo il tramonto o prima del sorgere, e si muove apparentemente sulla volta celeste assieme al Sole.

Io ritengo che uno studio sistematico della luce zodiacale, così come quella della vera e propria corona solare esterna, possa essere fatto utilizzando i palloni sonda. Inoltre, questo studio può essere effettuato anche in luce U.V. come dimostra la Fig. 5. Si vede come, con palloni a 25.000 metri è certamente possibile fotografare su una lunghezza d'onda fino a 2000 Å. Recentemente (1958) studi sulla luce zodiacale da alte altitudini sono stati effettuati per opera dei due astronomi inglesi D. E. Blackwell e M. F. Ingham, da una stazione a circa 6000 metri sulla montagna del Chacaltaya in Bolivia. Questi Autori si sono posti la questione della composizione di quest'immensa aureola solare, se cioè formata da polveri o da elettroni. Mediante osservazioni spettroscopiche e polarimetriche essi sarebbero arrivati alla conclusione che, alla distanza di una unità astronomica (distanza media Terra-Sole) la densità elettronica



dovrebbe risultare notevolmente inferiore ai 100 elettroni per  $\text{cm}^3$ , contrariamente ad altre ipotesi e precedenti osservazioni, che propenderebbero per una densità di almeno 600 elettroni per  $\text{cm}^3$ , confermata, quest'ultima, da osservazioni radioelettriche dell'esosfera. Per il resto, la grande corona solare sarebbe costituita da polveri.

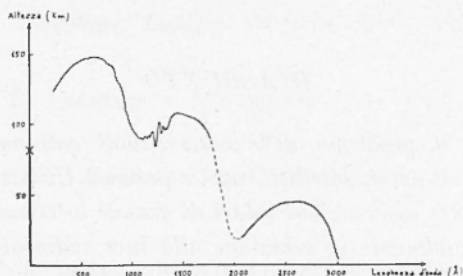


Fig. 5 - Altezza nell'atmosfera alla quale l'intensità dei raggi U. V. è ridotta del rapporto  $1/2.7$ . X = raggi X.

Naturalmente, l'attività solare sembrerebbe influenzare la luce zodiacale, e ciò è logico perchè l'attività solare crea fasci di elettroni che attraversano lo spazio interplanetario e diventano centro di diffusione della luce solare; ma le correlazioni sono molto incerte, e molte nuove misure sono necessarie.

Ricordiamo anche le misure della luce zodiacale effettuate dagli scienziati russi durante l'anno Geofisico Internazionale, da stazioni poste a latitudini di circa  $44^\circ$ , all'epoca del solistizio di estate, per la misura della luce zodiacale nella direzione normale all'eclittica.

Non mi risulta che siano state effettuate ricerche nell'ultravioletto. Ora basti pensare che è proprio in questa radiazione che il Sole si comporta come una stella variabile; è logico quindi pensare che in questo campo d'onde le variazioni della luce zodiacale in relazione all'attività solare dovrebbero dimostrarsi assai più cospicue e dovrebbero essere facilmente rilevabili dai palloni.

6. - In conclusione, le osservazioni astronomiche da grandi altezze costituiscono uno dei fondamentali campi di ricerca del prossimo futuro. Se per il momento noi italiani non possiamo accedere ai satelliti artificiali, possiamo però impiegare i razzi e i palloni. I primi per osservazioni nel lontano ultravioletto, i secondi per tutte le osservazioni che richiedono maggiore disponibilità di tempo in quota e strumenti più stabili ed ingombranti.

Gli esperimenti da noi iniziati coi palloni, in collaborazione con l'Aeronautica Militare e l'Istituto Nazionale di Geofisica, continueranno in questo senso e voglio augurarmi che la nostra iniziativa possa trovare quell'appoggio che la semplicità dei mezzi e l'importanza dei risultati consigliamo di concedere.

#### RIASSUNTO

*Si esamina il problema delle osservazioni astronomiche da grande altezza per mezzo di aerei, satelliti, razzi e palloni. Utilizzando questi attimi è possibile effettuare osservazioni solari di grande interesse, legate alla fisica dello spazio, specialmente in relazione alla luce zodiacale, con mezzi relativamente assai modesti. Il primo tentativo in Italia in questa direzione è stato effettuato durante l'eclisse totale di Sole del 15 Febbraio 1961, ed i risultati ottenuti consigliano di continuare le ricerche in questa direzione.*

#### SUMMARY

*The problem of astronomical observations from airplanes, satellites, rockets and balloons is considered. Solar observations from balloons look to be very interesting, as related to Space Physics, especially in connections with the problem of the zodiacal light. A first attempt in Italy in this field was successfully accomplished in the occasion of the total solar eclipse of February 15, 1961, and the promising results have induced us to continue the researches in this direction.*

---