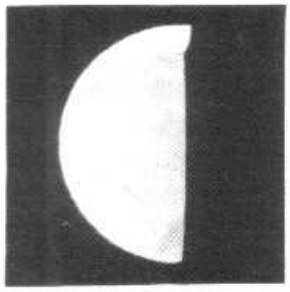

Venere disegnato dall'autore

Il pianeta Venere e la sua atmosfera

Damiano Sarocchi

UAI - Sezione Pianeti

Abstract. The atmospheric behaviour of the planet Venus is outlined to hint at the italian amateurs the best way to observe systematically the planet.

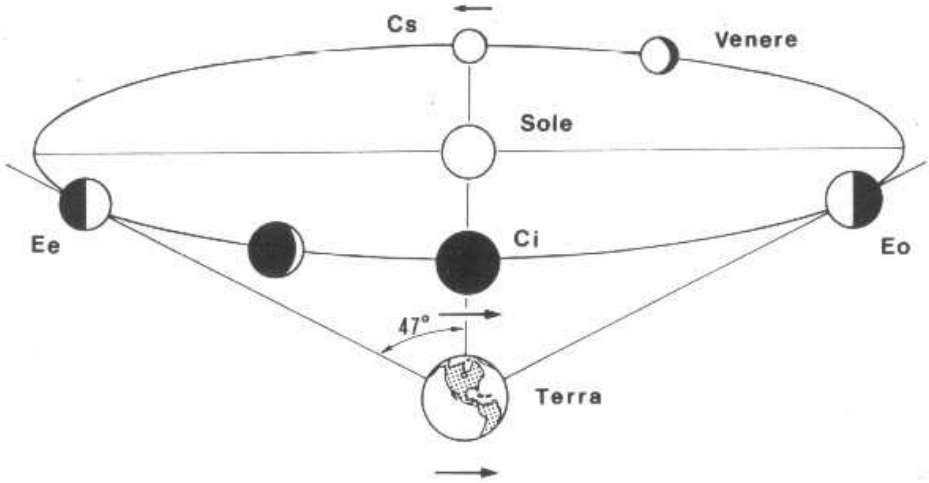

Fig. 1 - Rappresentazione schematica delle posizioni relative Terra-Venere-Sole. Le fasi sono disegnate così come si vedono da Terra. Le frecce indicano la direzione del moto. Ci = congiunzione inferiore; Cs = congiunzione superiore; Eo = elongazione Ovest; Ee = elongazione Est.

Come appare

Venere è un oggetto superbo, un faro nei caldi colori del tramonto, un brillante nell'aria frizzante dell'alba. La sua luminosità supera quella di Sirio o di Giove e al massimo splendore riesce a gettare un'ombra percettibile nel paesaggio terrestre. Quando il cielo è terso, è addirittura visibile ad occhio nudo anche in pieno giorno.

Questa particolare brillantezza si deve non tanto alle dimensioni (analoghe a quelle della Terra) quanto piuttosto alla sua frequente vicinanza e ad una speciale attitudine a riflettere la luce solare. Il globo di Venere, infatti, è avvolto da una coltre opaca di nubi il cui strato più esterno riflette il 76% della luce incidente.

Al pari della Luna, essa mostra un ciclo completo di fasi: la si può osservare «piena», «gibbosa», «dicotoma» o «falcata», a seconda delle varie posizioni che occupa lungo la sua orbita (rispetto alla Terra), ed anche il più modesto degli strumenti consente di apprezzare questo vistoso fenomeno. Pare addirittura che alcune persone particolarmente dotate siano in grado (in condizioni ottimali) di percepirne l'aspetto falcato ad occhio nudo.

Venere è il secondo pianeta in ordine di distanza dal Sole e il raggio medio della sua orbita è 108 milioni di chilometri. Il valore reale si discosta molto poco da quello medio, essendo l'orbita quasi perfettamente circolare (eccentricità e = 0.007), ed è inclinata rispetto a quella della Terra, di 3° 24'. Tale valore potrebbe sembrare poco in assoluto, ma assume rilievo quando lo si compara a quello degli altri pianeti. Solo Mercurio e Plutone (la cui natura planetaria desta qualche perplessità) hanno un piano orbitale più inclinato.

Il periodo siderale di Venere (tempo che impiega a compiere un giro completo dell'orbita) è di 224 giorni 16 ore e 48 minuti.

Considerando le posizioni reciproche che Terra e Venere possono assumere (fig.1) si definiscono:

Congiunzione Superiore
Quando Terra, Sole e Venere sono allineati e Venere è alla massima distanza da noi.

Congiunzione Inferiore
Quando si realizza un allineamento come sopra ma Venere si trova alla minima distanza dalla Terra.

Massime Elongazioni
Quando Venere si trova in posizione tale che la sua distanza angolare dal Sole è quella massima (non supera mai i 47°). Si parla di elongazione Est quando il pianeta segue il tramonto del Sole, di elongazione Ovest quando lo precede nella levata.

A causa della relativa vicinanza dell'orbita di Venere alla nostra, le posizioni di quadratura (massime elongazioni) si verificano in momenti che cadono non lontano dalla congiunzione inferiore ed a una breve distanza tra di loro. Il periodo sinodico di Venere (intervallo tra due successive congiunzioni inferiori) ammonta a circa 584 giorni. Per il motivo sopra accennato, se mediamente intercorrono solo 144 giorni tra la massima elongazione serale e quella mattutina, devono passare ben 440 giorni prima che il pianeta ritorni a splendere alto nel cielo serale.

Venere è «nuova» quando si trova in congiunzione inferiore. In queste circostanze è tanto vicina al Sole da risultare completamente immersa nel suo bagliore. L'inosservabilità è comunque ridotta, nel peggiore dei casi, a pochi giorni. Già quando il pianeta si trova a 5-6° dal Sole si può tentare di osservarlo *(è vivamente consigliato di usare tutte le possibili precauzioni, affinché accidentalmente il Sole non entri nel campo del telescopio!)*. Le osservazioni sollecite sono molto interessanti poiché è possibile osservare (quando l'elongazione è minore di 8°) il fenomeno dell'arco luminoso. L'arco luminoso trae origine dalla rifrazione della luce solare lungo il lembo non illuminato del pianeta. Nei giorni successivi appare come una sottile falce di dimensioni notevoli (dell'ordine dei 60 secondi d'arco). Man mano che la fase decresce il disco si riduce di dimensioni, poiché il pianeta si allontana. Quando Venere si trova alla massima elongazione (Ovest o Est) il suo splendore raggiunge la massima intensità. In questa circostanza infatti, il bilancio tra percentuale di disco illuminata (50%) e distanza dalla Terra (ancora non molto grande) è quello più favorevole possibile.

Nei periodi di elongazioni Est Venere appare come stella della sera, giorno dopo giorno la sua fase aumenta, la sua falce si assottiglia fino a che non diviene «nuova». Viceversa, quando nelle elongazioni Ovest precede la levata del Sole e ci appare come stella del mattino, la fase tende a diminuire.

Le condizioni di ossevabilità subiscono variazioni stagionali legate all'inclinazione dell'eclittica sull'orizzonte (dalla quale il piano dell'orbita di Venere si discosta, come abbiamo visto, ma non in maniera determinante dal punto di vista che stiamo considerando). Per un osservatore che si trova nell'emisfero Nord, l'angolo tra eclittica ed orizzonte è più grande nelle sere di primavera e minore nelle sere autunnali, il contrario si verifica al mattino. Questo significa che le migliori elongazioni, quelle in cui potremo osservare il pianeta bello alto sull'orizzonte, sono due: l'elongazione serale primaverile e l'elongazione mattutina autunnale.

A differenza di altri pianeti, sui quali sono riconoscibili configurazioni stabili della superficie, Venere non permette di vedere niente di ciò che si trova al di sotto della spessa cappa di nubi. Per questo motivo, malgrado gli sforzi di generazioni di astronomi, è stato impossibile stabilire l'inclinazione dell'asse polare rispetto al piano dell'orbita e tantomeno il periodo di rotazione.

È ammirevole la tenacia che gli osservatori mostrarono nel cercare quei dati così ben celati. A dimostrazione della inadeguatezza dei mezzi da loro usati, e probabilmente dei metodi di analisi dei dati raccolti, basti pensare che si conoscevano tanti periodi di rotazione quanti erano stati gli osservatori che si erano dedicati a tale ricerca (a cominciare da Cassini per finire con molti astronomi moderni). Un primo dato significativo circa la rotazione del pianeta lo ottennero nel 1962 C.Boyer (astrofilo, usò per le sue ricerche un telescopio Newton da 15 cm), H. Camichel e P. Guerin, studiando con sistematicità un certo numero di fotografie in ultravioletto, riprese con telescopi da Terra. Essi trovarono che certe configurazioni nuvolose si presentavano dopo un intervallo di tempo di circa quattro giorni e sembravano indicare una rotazione retrograda. Supponendo un legame tra atmosfera e pianeta ipotizzarono che anche il corpo solido, benché più lentamente, dovesse ruotare nello stesso senso.

Quando finalmente, per mezzo del radar, si riuscì a «bucare» lo schermo nuvoloso ed a prendere riferimenti stabili sulla superficie solida, si trovò una lentissima rotazione retrograda (243 giorni) attorno ad un asse inclinato di circa 2° rispetto al piano dell'orbita.

Nota curiosa: su Venere il Sole sorge a ponente e tramonta a levante!

L'atmosfera

Come già accennato, solo di recente si è potuto investigare e cartografare la superficie di Venere mediante l'uso di impulsi radar sia da Terra, utilizzando i più potenti radiotelescopi, sia dallo spazio per mezzo di sonde dotate di radar altimetri.

Le carte così realizzate hanno messo in evidenza numerose strutture — frutto di una intensa attività

tettonica — crateri da impatto e, soprattutto, la presenza di grandi edifici vulcanici.

È quasi certo che alcuni grandi vulcani sono tuttora attivi: ciò vuol dire che, episodicamente, l'atmosfera del pianeta si arricchisce di gas di origine vulcanica, così come si ammette che l'origine dell'atmosfera stessa — analogamente a quanto avvenuto sulla Terra — sia una conseguenza del degassamento planetario in un momento successivo all'accrezione.

L'atmosfera di Venere è composta principalmente da diossido di carbonio (CO_2, 93-97%), azoto (N_2, 2-5%) e ossigeno (O_2, < 0.7%). Sono presenti tracce di monossido di carbonio (CO), acido cloridrico (HCl), acido fluoridrico (HF), acqua (H_2O), anidride solforosa (SO_2), acido solforico (H_2SO_4).

I maggiori costituenti dell'atmosfera sono tipici del degassamento vulcanico terrestre da cui, in via analogica, l'ipotesi suddetta circa l'origine stessa dell'atmosfera.

Le attuali, marcate, differenze tra le atmosfere dei pianeti sono riconducibili alle diverse storie evolutive in cui la costante solare a diverse distanze dal Sole gioca un ruolo dominante. L'assenza di CO_2 dall'atmosfera terrestre, ad esempio, si spiega con l'azione degli oceani che hanno intrappolato nelle rocce l'anidride carbonica in forma di carbonati cosa che, evidentemente, non è potuta avvenire su Venere dove grandi masse d'acqua, se mai sono esistite, devono essere evaporate del tutto in brevissimo tempo.

L'ambiente dell'atmosfera venusiana è abbastanza noto essendo stato attraversato da numerosi veicoli spaziali. I dati più significativi sono la pressione e la temperatura che, in prossimità del suolo, risultano circa 90 atmosfere e 750 K (480°C) rispettivamente.

Valori così elevati della temperatura sono conseguenza dell'«effetto serra», particolarmente efficiente nel caso di un gas come l'anidride carbonica, trasparente alle radiazioni solari nel visibile ma opaca nell'infrarosso. L'accumulo di calore che ne deriva finisce per innalzare appunto a 750 K il livello di equilibrio tra energia entrante ed energia emessa, equilibrio che altrimenti si realizzerebbe a poche decine di gradi centigradi.

Nella fig. 2 è riportato l'andamento della temperatura in funzione della quota. L'aumento di temperatura verso la superficie è imputabile all'effetto serra descritto. Dal diagramma si vede che sotto i 100 km di altezza non esistono differenze di temperatura tra giorno e notte. A quote maggiori tali differenze di temperatura sono molto marcate: nell'emisfero illuminato la curva tende a spostarsi verso temperature più elevate come conseguenza del riscaldamento da parte dei raggi ultravioletti solari, mentre nell'emisfero in ombra il riscaldamento scompare e le temperature scendono molto al di sotto di quelle della troposfera. Alla luce di quanto avviene nell'atmosfera terrestre, potremmo aspettarci un gradiente termico molto accentuato sia di giorno che di notte; tuttavia i forti venti dominanti a queste altezze determinano una rapida circolazione ed un conseguente abbattimento dei gradienti.

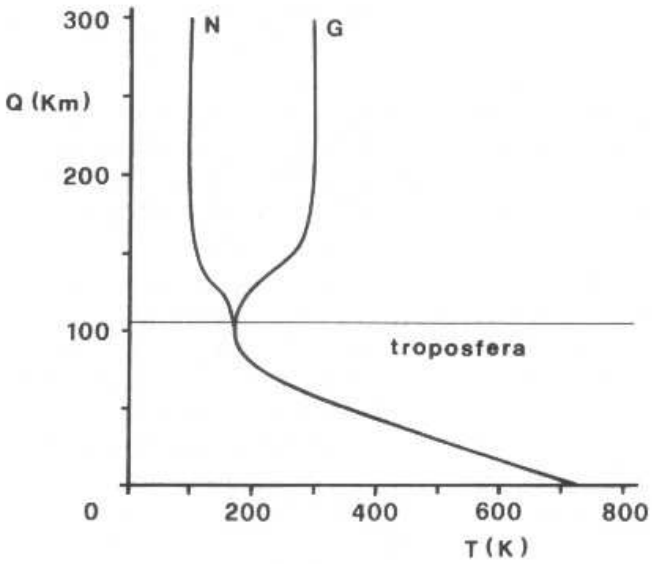

Fig. 2 - Andamento termico verticale dell'atmosfera di Venere. N = andamento dell'atmosfera notturno; G = andamento dell'atmosfera diurno.

Per quanto l'asse polare di Venere sia quasi perpendicolare al piano dell'orbita, e di conseguenza manchino effetti stagionali rilevanti, l'atmosfera venusiana è un sistema molto complesso ed i modelli rappresentativi sviluppati non trovano unanimi consensi. Nella descrizione che segue viene presentato un quadro semplificato della struttura atmosferica quale ci hanno mostrato le sonde Venera e Pioneer nel corso delle loro missioni. Tale quadro sarà utile per gettare un ponte tra la complessa realtà chimico-fisica del pianeta ed i fenomeni osservabili da Terra.

All'interno della spessa atmosfera sono stati rilevati strati di particelle ben distinti tra loro per densità e dimensioni, alcuni simili a nubi vere e proprie,

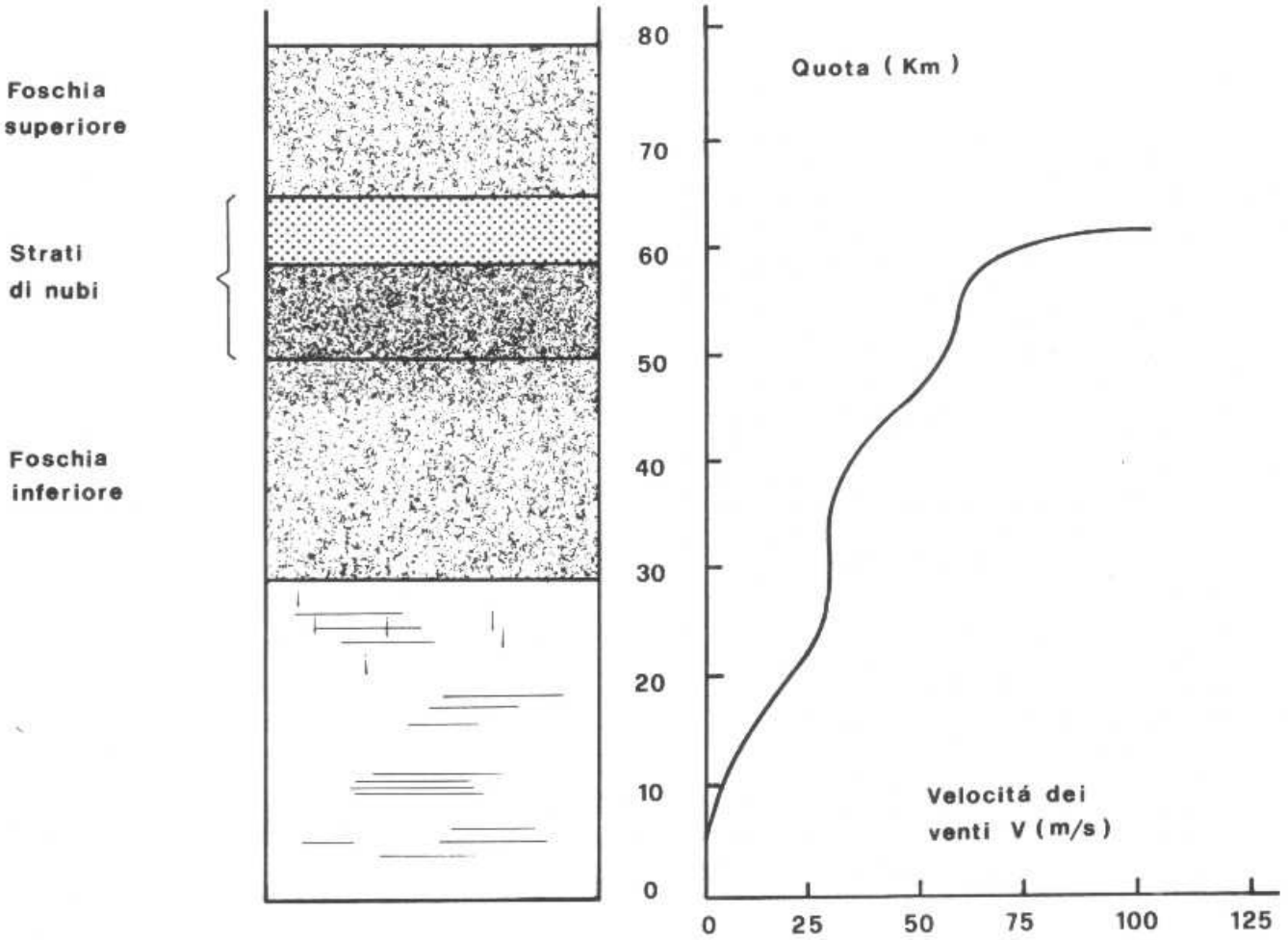

Fig. 3 - Colonna atmosferica semplificata e curva media della velocità dei venti.

altri più somiglianti a foschie. Secondo alcuni autori, queste diverse famiglie di particelle potrebbero differire anche per composizione. Finora, tuttavia, le uniche particelle identificate sono goccioline liquide di acido solforico diluito in acqua.

Prima di parlare della «zonazione verticale» dell'atmosfera, è importante premettere che intervengono variazioni molto significative passando dall'emisfero notturno a quello illuminato. Variazioni che si esplicano con mutamenti di volume, di pressione e quindi di velocità dei venti. A questo proposito le sonde Venera 4 e 7, che percorsero l'atmosfera nella zona notturna, incontrarono venti molto intensi (dell'ordine dei 100 m/s) confinati in uno strato compreso tra 50 e 60 km e rapidamente decrescenti nella zona sottostante. Molto diversi furono invece gli andamenti mostrati dalle sonde Venera 9 e 10 che passarono dalla parte illuminata, non rivelando le punte di velocità registrate nell'altro emisfero e trovando invece valori dell'ordine dei 55-60 m/s a partire da una quota di 60 km fino a circa 30 km dalla superficie. Sia nell'emisfero notturno che in quello diurno, comunque, avviene una brusca caduta di velocità al di sotto dei 20 km, e negli ultimi chilometri, vicino alla superficie, si rilevano soltanto leggere brezze. La curva di fig. 3 è costruita componendo le varie «tendenze» sia notturne che diurne.

Schematizzando la struttura dell'atmosfera, si distingue uno strato di foschia superiore, uno strato di nubi mediano molto denso ed uno strato di foschie sottostante. La base dello strato più elevato si trova mediamente (lo spessore degli strati varia a seconda che si consideri l'emisfero notturno o quello diurno) ad un'altezza di 65 km. La densità delle goccioline è pittosto elevata ma, avendo dimensioni molto piccole (1 μm), appare più corretto parlare di foschie che di nubi. A partire da una quota di 60 km si colloca uno strato in cui le particelle presentano dimensioni molto maggiori (10-30 μm), ancorché siano molto più distanti tra di loro. Queste particelle così grandi potrebbero essere dei colloidi (tipo fumi) in cui la parte dispersa risulta costituita da cristallini di zolfo. Lo strato di nubi più denso, compreso generalmente tra i 50 e i 60 km di quota, è costituito da goccioline liquide di varie dimensioni.

Al tetto di queste nubi, molto simili come densità

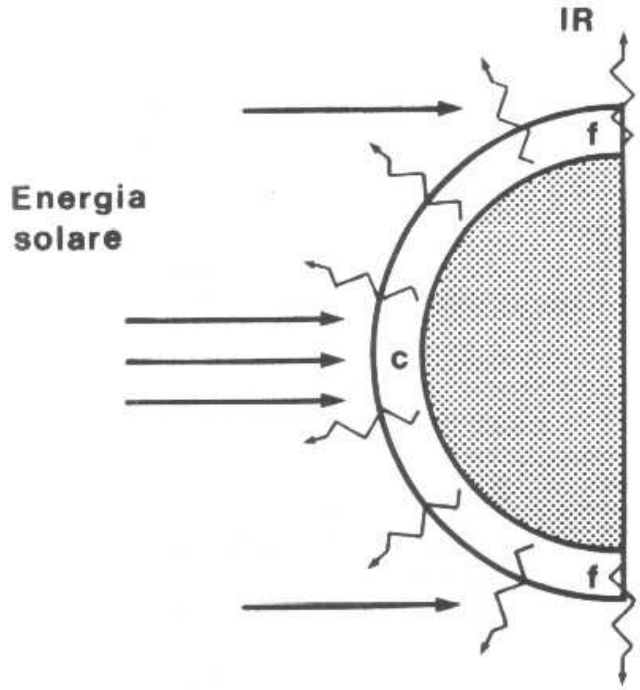

Fig. 4 - Il bilancio termico tra radiazione assorbita e radiazione riemessa varia con la latitudine. Le regioni equatoriali si riscaldono maggiormente rispetto alle regioni polari. C = zona calda; F = zona fredda.

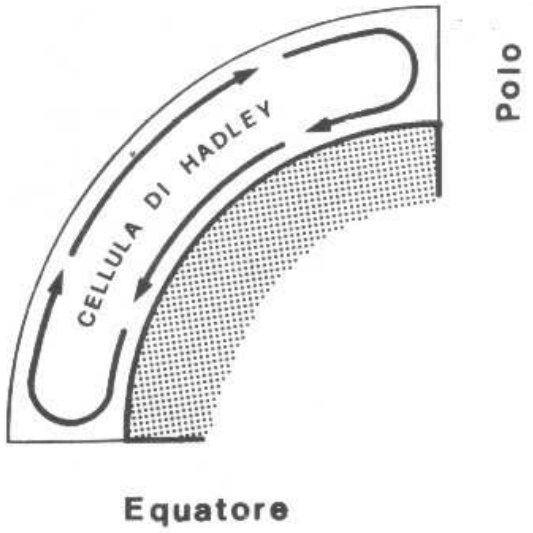

Fig. 5 - Rappresentazione schematica di una cellula di Hadley. I moti su grande scala tendono a ristabilire l'equilibrio termico nelle atmosfere planetarie.

alle nubi terrestri, avvengono importantissimi processi fotochimici ad opera dei raggi ultravioletti. La regione al di sotto dei 50 km è nuovamente occupata da foschie di acido solforico con particelle aventi la dimensioni di circa 1 μm. In questo strato di foschie la densità delle goccioline è molto elevata al tetto (esiste quasi un passaggio graduale allo strato di nubi soprastante) ma decresce rapidamente verso il basso. Infine, la regione compresa tra la superficie del pianeta ed una quota di circa 30 km, per quanto caratterizzata da una atmosfera molto densa, appare sgombra da nebbie o foschie.

All'interno degli strati, come tendenza generale, le goccioline risultano meno concentrate al diminuire della quota. Questa osservazione sembra dar ragione ad un modello secondo il quale al tetto dello strato di nubi più importante (ad una quota di circa 57 km) esiste una sorgente di solfuri e acido solforico. A questa quota i raggi ultravioletti innescherebbero una serie di reazioni fotochimiche che, coinvolgendo l'anidride solforosa e l'ossigeno, porterebbero prima alla formazione di anidride solforica (SO_3) e poi, combinandosi con l'acqua, alla formazione di un aerosol di acido solforico.

$$SO_2 + O \rightarrow SO_3$$
$$SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$$

Questo tipo di reazione è evidentemente attivo solo nell'emisfero illuminato dal Sole.

L'aerosol di acido solforico si aggrega in goccioline sempre più grosse determinandone la caduta ad opera della gravità. Si ritiene dunque che quando le dimensioni superano una certa soglia limite si verifichino precipitazioni simili alle piogge sulla Terra. Una delle tre sonde del Pioneer 2, passando attraverso lo strato principale di nubi, registrò la presenza di una nuvola temporalesca. Anche le sonde Venera 11 e 12 registrarono segnali elettromagnetici simili a quelli dei fulmini, nonché segnali acustici di 82 db dovuti probabilmente a tuoni.

Durante la caduta, queste piogge di acido solforico — in conseguenza della mutata temperatura — tendono a dissociarsi nuovamente in SO_3, SO_2 e H_2O. Una parte di queste sostanze però, ad una quota di circa 45 km, trova le condizioni adatte per condensare nuovamente dando così origine allo strato di foschie che si trova al di sotto dello strato di nubi principali.

Poiché Venere ruota lentamente sul proprio asse, ci si potrebbe attendere una circolazione atmosferica molto semplice, dominata da venti di direzione Nord-Sud spiranti dall'equatore verso i poli. In effetti l'unico «motore» per la circolazione sembra essere il gradiente termico che si rileva lungo le latitudini. L'energia solare riscalda più l'equatore di quanto non riscaldi i poli (fig. 4) a causa dell'angolo di incidenza. D'altra parte il pianeta emette energia nell'infrarosso con la stessa intensità a tutte le latitudini (in quanto in profondità la temperatura è praticamente la stessa per tutto il pianeta). Lo squilibrio

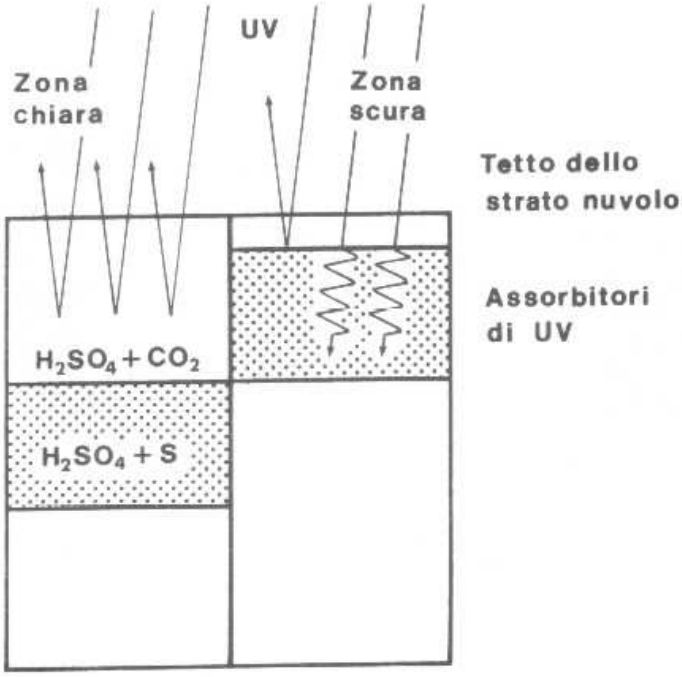

Fig. 6 - Le differenze tonali osservabili alle brevi lunghezze d'onda, sono in relazione con il livello occupato da uno strato di nebbia — composto da acido solforico e solfuri, in grado di assorbire i raggi ultravioletti — rispetto al tetto dello strato nuvoloso.

fra radiazione solare incidente ed energia infrarossa irraggiata raffredderebbe rapidamente i poli portando ad un surriscaldamento delle regioni equatoriali, qualora non ci fossero moti su grande scala che trasportano calore dall'equatore verso i poli. Moti in grado di garantire questo tipo di convezione si conoscono anche sulla Terra e prendono il nome di cellule di Hadley (fig. 5).

Nella Cellula di Hadley un moto ascendente di una porzione di atmosfera calda alle latitudini equatoriali richiama atmosfera più fredda dalle regioni adiacenti poste immediatamente più vicine al polo. Si instaura così una corrente costante nella quale i poli agiscono da inghiottitoi richiamando atmosfera dalle regioni alte.

Sulla Terra la cellula di Hadley non può spingersi oltre le latitudini medie poiché la forza di Coriolis, originata dalla rapida rotazione della Terra, devia il flusso sostituendolo, alle latitudini maggiori, con una serie di correnti vorticose. Su Venere, che ruota molto più lentamente, tutto lascerebbe pensare ad un flusso costante dei venti dall'equatore verso i poli. Questo semplice modello è però contraddetto da quanto si osserva nella realtà. La circolazione Nord-Sud viene sopraffatta da venti impetuosi diretti da Est verso Ovest, i quali cominciano ad una decina di chilometri al di sopra della superficie e si estendono fino ad altezze di 90 km. Le punte massime della velocità del vento si registrano ad altezze di 60 km e determinano la super-rotazione delle nubi con periodo di soli 4 giorni di cui si è già fatto cenno. La sovrapposizione della debole circolazione della cellula di Hadley alla più impetuosa circolazione verso Ovest determina, nelle regioni polari, l'instaurarsi di un moto vorticoso centrato su ogni polo.

L'esistenza della rapida rotazione atmosferica di Venere era già stata scoperta sulla base di osservazioni da Terra. Disegni e fotografie effettuati in ultravioletto, mostrano dei particolari scuri a scala planetaria. Talvolta questi particolari scuri assumono forme allungate, convergenti nella regione equatoriale, e lasciano intuire la rapidità delle correnti che li trascinano. Le «nubi a Y», così chiamate per la loro forma, sono sicuramente in relazione ai forti venti che soffiano alle alte quote. Secondo alcuni autori, queste zone scure delle nubi di Venere sono dovute a sostanze capaci di assorbire i raggi ultravioletti. Poiché l'aerosol di acido solforico e l'anidride carbonica riflettono quasi per intero la radiazione ultravioletta, si suggerisce che questi «assorbitori di UV» consistano in particelle di solfuri elementari mescolate con acido solforico. In tale modello queste particelle, aventi dimensioni di circa 10 μm, formerebbero uno strato «nebbioso» a quote comprese tra 35 e 60 km.

I particolari scuri sarebbero allora dovuti al contrasto tra le regioni in cui l'acido solforico e l'anidride carbonica riflettono completamente la radiazione ultravioletta e quelle in cui essa viene quasi completamente assorbita dai solfuri elementari. Quando lo strato «viene a galla» rispetto al limite superiore delle nubi, un'alta percentuale di radiazione viene assorbita ed una minor percentuale rimandata nello spazio dal soprastante strato assottigliato di H_2SO_4 e CO_2 (fig. 6).

La natura di queste variazioni tonali, osservabili visualmente in luce blu e violetta, ma anche in luce integrale, sembra dipendere dal livello che questi assorbitori UV occupano rispetto alle nubi riflettenti. Le grandi dimensioni delle particelle di acido solforico e solfuri (circa 10 μm) determinano una rapida ricaduta negli strati sottostanti, il che spiega l'effimera osservabilità di queste formazioni nuvolose. La dislocazione del livello dei solfuri rispetto al tetto delle nubi sembra essere governato da un sistema ondulatorio (tipo onde di densità) la cui origine è in stretta relazione con i forti venti di alta quota (fig. 7).

Questo imponente sistema di venti, pur non avendo ancora trovato una spiegazione dinamica attendibile, sembra controllato dal lento movimento apparente del Sole attorno al pianeta.

Tra i molti modelli proposti, riportiamo brevemente quello della cosidetta «fiamma mobile» in quanto, oltre a riscuotere numerosi consensi, è caratteristico dell'approccio fluidodinamico allo studio delle atmosfere planetarie. Secondo questo modello po-

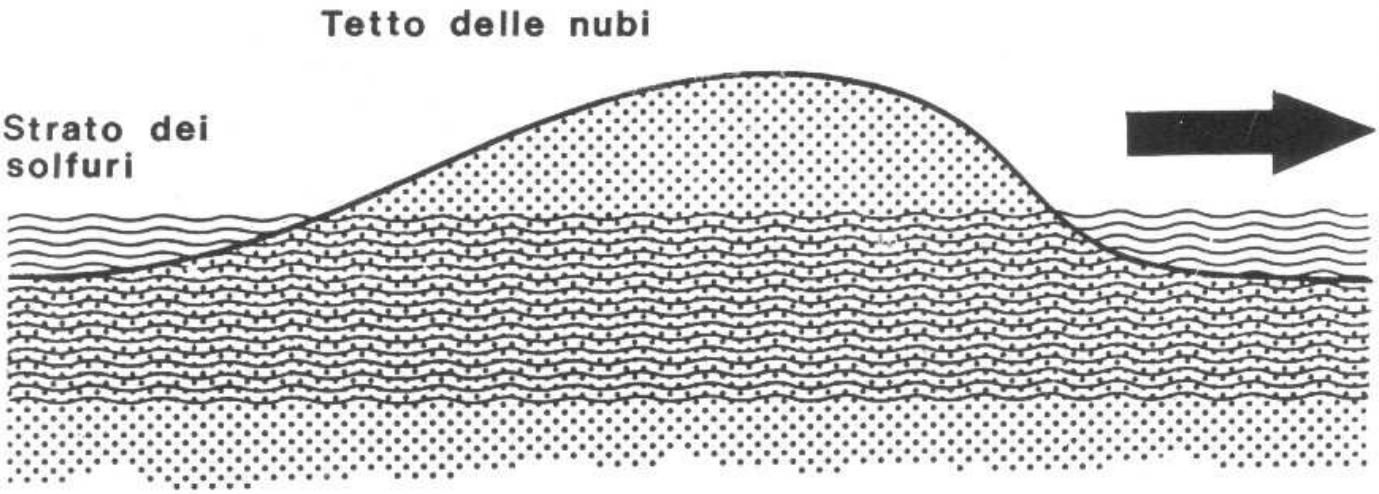

Fig. 7 - La dislocazione del livello dei solfuri rispetto al tetto dello strato nuvoloso sembra essere determinato da un sistema ondulatorio (tipo onde di densità) la cui origine è in stretta relazione con i forti venti di alta quota.

trebbe accadere qualcosa di simile a ciò che avviene in un recipiente contenente un fluido (fig. 8) riscaldato dal basso per mezzo di una fiamma decentrata rispetto all'asse di rotazione. Se il recipiente è immobile rispetto alla fiamma, si sviluppa una colonna convettiva verticale ed il liquido ridiscende nelle zone adiacenti, sempre verticalmente. Non appena il recipiente viene messo in lenta rotazione relativa rispetto alla fiamma, la parte inferiore della colonna verrà a trovarsi spostata a destra rispetto alla parte superiore. Si svilupperà così una cellula i cui lembi si troveranno ad essere inclinati: la colonna di fluido ascendente avrà una componente di moto verso sinistra.

In prove di laboratorio, utilizzando simili anelli di fluidi, è emerso che questi effetti si rafforzano reciprocamente per incrementi successivi. L'intero fluido subirà uno spostamento in senso opposto a quello della fonte di calore, dapprima lento, poi sempre più veloce fino ad assumere velocità molto elevate (fig. 9).

Questo semplice modello (almeno nella forma elementare che abbiamo descritto), una volta applicato a Venere, si trova a fare i conti col fatto che sul pianeta la fonte di calore è esterna all'atmosfera. L'energia del Sole viene assorbita negli strati atmosferici più alti e per mezzo di processi diffusivi viene trasmessa negli strati più bassi. La diffusione è però ostacolata dalla presenza di nubi stabili che tendono ad opporsi alla formazione di queste cellule di convezione. Così, se il principio descritto può far luce sui movimenti delle nubi nell'alta atmosfera, rimane oscuro il meccanismo di innesco dei venti, ancora consistenti, che sono stati rilevati fino a 10 km dalla superficie.

L'osservazione

Avuta un'idea della complessa struttura dell'atmosfera di Venere e della natura dei fenomeni che intervengono al suo interno e al tetto dello strato visibile di nubi, viene spontaneo chiedersi che cosa può aspettarsi di osservare l'astrofilo con i mezzi a sua disposizione.

Anche gli strumenti più piccoli, come già accennato, possono mostrare la fase di Venere, ma quando si vanno a confrontare le superbe visioni degli anelli di Saturno, le fasce di Giove e le minute macchie di Marte con l'uniforme coltre di nubi di Venere, l'osservatore frettoloso non può che rimanere deluso. I particolari di Venere sono poco contrastati, diffusi e notoriamente difficili da disegnare.

Molto spesso, inoltre, si osserva il pianeta nei momenti peggiori della sua visibilità, quando appare brillantissimo ma ahimé distrutto dalla turbolenza, in un cielo ormai scuro, basso sull'orizzonte fumoso delle città.

Tutti questi fattori hanno contribuito a creare nella comunità degli astrofili una cattiva fama attorno al pianeta Venere.

Eppure la sua atmosfera presenta un'ampia casistica di fenomeni che possono essere osservati con profitto anche con strumenti di modesta apertura trattandosi di fenomeni a grande scala (fig. 9).

L'osservazione mirata di certi particolari fenomeni scelti in relazione all'apertura dello strumento, se eseguita con costanza, può divenire un'attività divertente e appagante.

Le ore diurne, quando Venere si presenta più alta nel cielo, risultano le migliori per intraprendere una seduta di osservazione. I vantaggi che si traggono sono tali da giustificare quelle difficoltà (che con l'e-

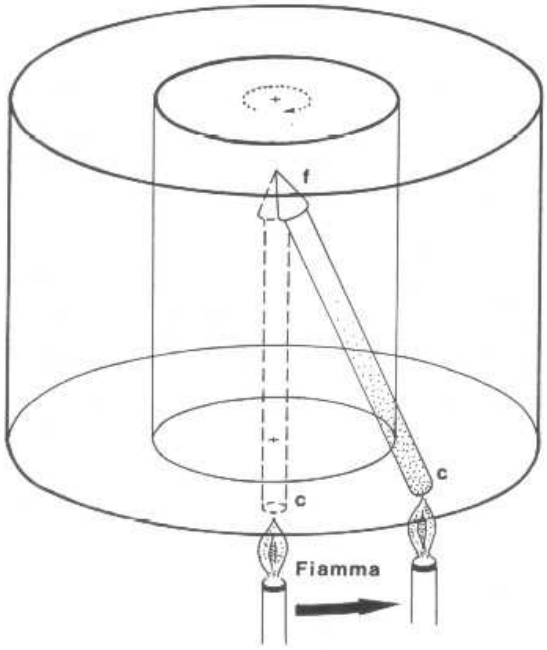

Fig. 8 - Anello di fluidi usato in laboratorio per simulare l'effetto «fiamma mobile». C = zone calde; F = zone fredde. Se il recipiente è immobile rispetto alla fiamma si sviluppa una colonna convettiva verticale (freccia tratteggiata); se invece viene messo in lenta rotazione relativa rispetto alla fiamma, la colonna di fluido ascendente avrà una componente di moto in direzione opposta rispetto allo spostamento della fiamma (freccia a tratto pieno).

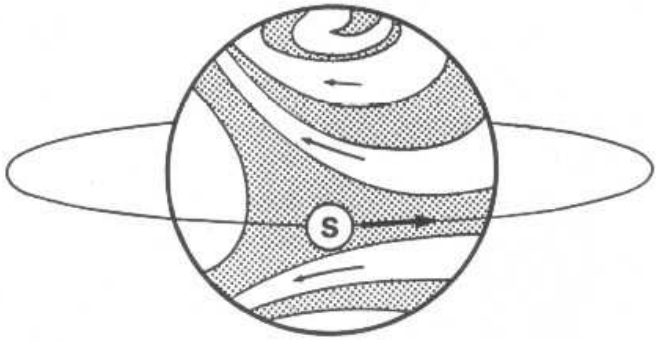

Fig. 9 - Rappresentazione schematica del movimento relativo Sole-Venere. Il Sole è la fonte di calore in grado di innescare l'effetto «fiamma mobile». SI vede come effettivamente si sviluppino dei venti la cui componente di moto è opposta rispetto al movimento apparente del Sole. La freccia grande indica il movimento apparente del Sole, le frecce piccole indicano le direzioni delle correnti atmosferiche.

sperienza si riducono al minimo) che sorgono dovendo puntare il pianeta in pieno giorno.

Disponendo di una montatura equatoriale munita di cerchi graduati (non necessariamente regolati sul tempo siderale) basta puntare lo strumento sul Sole ed impostare la differenza tra la declinazione e l'ascensione retta dei due corpi. Se lo strumento è stazionato in modo onesto, il pianeta dovrebbe essere rintracciabile in un oculare a grande campo o nel cercatore (un 6x30 è sufficiente). L'uso dei cerchi graduati non è comunque necessario se la posizione del pianeta è nota approssimativamente (basta conoscere l'elongazione in gradi, avere un goniometro ed un bastoncino): può essere facilmente rintracciata col cercatore, e qualche minuto di scansioni è di solito sufficiente per inquadrare l'obiettivo.

Osservare Venere in pieno giorno vuol dire poter usufruire di un *seeing* migliore, data la maggiore altezza sull'orizzonte e soprattutto trar profitto dalla diminuzione del contrasto tra fondo cielo e superficie illuminata, cosa che permette di apprezzare molto meglio i deboli contrasti delle ombreggiature atmosferiche. Anche in pieno giorno, con strumenti dotati di aperture maggiori di 250 mm, può essere necessario ridurre ancora il riverbero del pianeta. In tal caso si può trarre vantaggio dall'utilizzo di filtri neutri o polarizzatori onde ridurre la luminosità a livelli ottimali.

Non è raro che esperti osservatori, pur con ottime condizioni di seeing ed equipaggiati con i migliori strumenti, non riescano a distinguere alcun particolare sul disco: questi sono spesso al limite della visibilità.

L'uso appropriato di filtri colorati, inoltre, permette di migliorare la qualità dell'immagine e di scandagliare strati diversi dell'atmosfera più esterna del pianeta.

Filtri gialli (Kodak Wratten W12 e W15) smorzano il bagliore del fondo luminoso del cielo, aumentando il contrasto dell'immagine, e riducono gli effetti negativi della turbolenza. Alle medie lunghezze d'onda il migliore equilibrio tra diminuzione di luminosità ed incremento del contrasto si ottiene forse con un filtro verde (W57 e W58). Con filtri rossi (W23A e W25) e arancioni (W21) si incrementa la luminosità delle regioni prossime al terminatore e, occasionalmente, si possono mettere in evidenza interessanti particolari nella coltre nuvolosa quali ad esempio le ombreggiature nella regione polare sud oppure macchie brillanti (non visibili in luce integrale) che corrispondono a zone sensibili nel rosso.

Poiché esiste una casistica molto ampia di fenomeni più o meno rari osservabili nell'atmosfera di Venere, ci limiteremo, qui di seguito, a trattare quelli più importanti e più comuni.

Calotte e collari alle cuspidi.

In prossimità delle cuspidi (dette anche «corni») sono talvolta presenti aree particolarmente chiare rispetto al resto del disco (specialmente usando filtri verdi). Aree che assumono la forma di calotte (da cui il termine inglese «cusp-cups»). Le calotte alle cuspidi sono generalmente visibili quando Venere è in fase crescente, tuttavia sono state osservate anche quando la fase è gibbosa (fig. 10).

È piuttosto frequente trovare, attorno alle *cusp-*

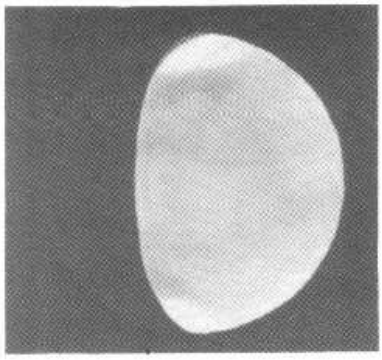

Fig. 10 - Venere il 29 settembre 1988 ore 5:00 U.T., rifrattore Cassegrain 300 mm, 300 x, luce integrale. Visibili le calotte alle cuspidi ed i collari scuri. Disegno dell'autore.

Fig. 11 - Venere il 28 marzo 1988 ore 17:30 U.T., riflettore Schmidt-Cassegrain 200 mm, 250 x, filtro verde W58. Visibili evidenti estensioni alle cuspidi. Disegno dell'autore.

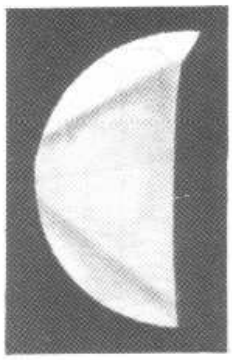

Fig. 12 - Venere il 4 aprile 1988 ore 17:45 U.T. riflettore Schmidt-Cassegrain 200 mm, 250 x, filtro verde W58. Calotta alla cuspide Sud molto pronunciata, si estende nella regione notturna. Disegno dell'autore.

cups dei collari scuri *(cusp-collars)* che si presentano più evidenti in luce blu o violetta.

Le calotte alle cuspidi sono soggette a rapide variazioni in dimensioni e brillantezza. La calotta prossima alla cuspide sud è più frequentemente riportata nelle osservazioni e generalmente di dimensioni maggiori.

La loro natura sembra essere in relazione con la circolazione vorticosa che si instaura in prossimità dei poli.

Estensione delle cuspidi.

Non è raro che le cuspidi si estendano oltre la metà del disco (figg. 11, 12, 13) e neppure è infrequente osservarle tronche.

In alcune occasioni, rare in verità, si può osservare il corno non troncato ma semplicemente interrotto (fig. 14). Quando Venere è prossima alla congiunzione inferiore, entrambi i corni possono apparire prolungati e talvolta si estendono tanto da ricongiungersi formando un sottile anello luminoso che circonda il pianeta: fenomeno dell'arco luminoso (fig. 15).

È stata trovata una correlazione tra il grado di estensione delle cuspidi ed il periodo di attività solare. Esse risultano generalmente molto estese in concomitanza di *flares* solari e questo conferma l'interazione tra l'atmosfera superiore di Venere e le particelle solari ad alta energia che la investono.

Deformazioni al terminatore.

Il confine che separa l'emisfero illuminato da quello notturno, detto terminatore, è idealmente un perfetto semiellisse. Su Venere il terminatore appare talvolta dentellato, avvallato in alcuni punti e con bruschi cambiamenti nel raggio di curvatura. Queste irregolarità, meglio osservabili in luce rossa, sono generalmente attribuite alla presenza di particolari scuri vicino al terminatore (fig. 16). Una deformazione ricorrente si osserva poco sotto la *cusp-cup* meridionale e prende il nome di S.C.I. *(South Cusp Indentation)*. In prossimità della *cusp-cup* settentrionale è osservabile un fenomeno simile, anche se più raro e di minor entità.

L'anomalia di fase.

Questo fenomeno, conosciuto come *«effetto Schröter»*, consiste in una discrepanza, di entità irregolare, tra la fase osservata e quella calcolata. La migliore opportunità di registrare la grandezza del fenomeno si ha in corrispondenza della dicotomia: l'emisfero notturno risulta un po' maggiore di quanto dovrebbe, dando origine ad un anticipo (elongazione serale) o ad un ritardo (elongazione mattutina) rispetto all'istante previsto per la dicotomia. Il fenomeno sembra in relazione con le reazioni che portano alla formazione delle nebbie di alta quota e, soprattutto, all'abbondanza di anidride solforosa nell'atmosfera. Essendo questo gas uno dei principali prodotti dell'attività vulcanica, se ne comprende l'importanza come mezzo diretto di indagine. Oltre ad essere una delle attività più importanti a cui l'osservatore di Venere si può dedicare, è anche una delle più facili da intraprendere. Qualunque strumento che permetta di avere un minimo di ingrandimento mostra la fase di Venere e per osservare con profitto il fenomeno già un rifrattore da 80 mm od un riflettore da 100-150 mm risulta idoneo.

La luce cinerea

Quando Venere è vicina alla congiunzione inferiore ed appare come una sottile falce, può accadere di osservare una flebile luminescenza nell'emisfero non illuminato dal Sole. Questo fenomeno è stato riportato da molti osservatori esperti sia contemporanei che del passato. Esso si manifesta come una dedole

Fig. 13 - Disegno di Schröter in cui è visibile una interruzione del corno meridionale. L'astronomo tedesco, in cerca di punti di riferimento per determinare il periodo di rotazione del pianeta, ipotizzò che potesse trattarsi di una montagna dell'emisfero notturno illuminata nelle parti sommitali.

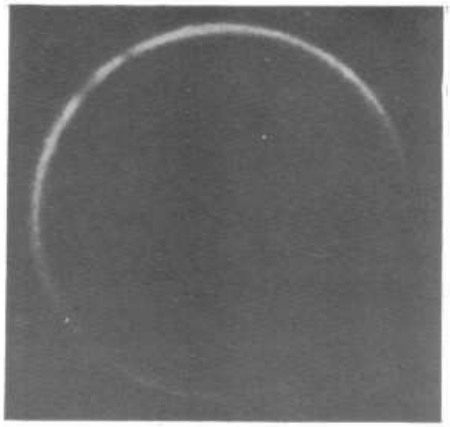

Fig. 14 - Fenomeno dell'arco luminoso ripreso il 20 giugno 1964 da B. Smith dell'University of New Mexico (U.S.A.) da «Atlas of the planets» di V. De Callatayÿ, A. Dolfuss.

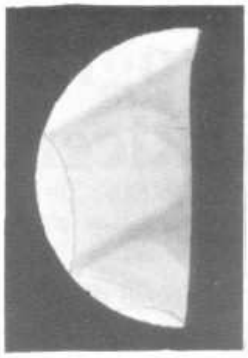

Fig. 15 - Venere il 27 marzo 1988 ore 17:50 U.T., riflettore Schmidt-Cassagrain 200 mm, 250 x, filtro viola W47. Visibile una deformazione del terminatore a Nord della cuspide meridionale.

colorazione rossiccia, talora lilla o violetta, molto simile a quella che si osserva nell'emisfero notturno della Luna falcata. Mentre sappiamo che la luce cinerea della Luna è dovuta all'illuminamento causato dalla Terra, non molto sappiamo sull'origine del fenomeno che interessa Venere. Generalmente la luce cinerea può essere vista solo quando il cielo è perfettamente buio ed utilizzando una barra di occultazione (una lamina sagomata posta nel fuoco dell'oculare che serve per occultare la falce illuminata); talvolta però il fenomeno è così intenso da renderla visibile anche in luce diurna e senza barra di occultazione. Molte ipotesi sono state avanzate per spiegarne l'origine; tra le più plausibili quelle che attribuiscono la luminescenza a fenomeni che avvengono nell'atmosfera. In base ai dati inviati dalle sonde Venera 9 e 10 è stato suggerito un meccanismo simile a quello che porta alla manifestazione delle aurore sulla Terra. Nell'alta atmosfera gli atomi verrebbero ionizzati dalla radiazione solare due volte più intensa che sulla Terra — durante il giorno — e rilascierebbero energia radiante durante la notte. Questo è suffragato da una possibile correlazione positiva tra fase del ciclo solare e luce cinerea. In alternativa si suppone che la debole luminosità tragga origine da parossismi di scariche elettriche che sono state registrate in loco dai veicoli spaziali.

A conclusione di questa panoramica è mia speranza aver acceso la curiosità in qualcuno dei soci o lettori e soprattutto in quegli osservatori planetari che ritengono l'osservazione di Venere poco gratificante ed avara di soddisfazioni. Per garantire un supporto scientifico e tecnico a coloro che vorranno dedicarsi allo studio ed all'osservazione del pianeta, è stato formalizzato un apposito programma nell'ambito della «Sezione Pianeti UAI». Gli interessati possono mettersi in contatto con i coordinatori:

G. Quarra Sacco, Via F.lli Dandolo 10, 50135 Firenze;

D. Sarocchi, Via G. Jervis 11, 50141 Firenze.

Vogliamo ricordare che il pianeta, nella prima metà di novembre, raggiungerà la fase 0.5 *(dicotomia)* e attorno a questo periodo è incentrato il programma di osservazione proposto.

L'autore desidera ringraziare il Direttore della Sezione Pianeti UAI per l'incoraggiamento e i preziosi suggerimenti in fase di stesura e di lettura critica del presente articolo.

Bibliografia

J. K. Beatty, *Pioneer's Venus: More than fire and brimstone,* Sky and Telescope, luglio 1979.

J. K. Beatty, *Venus: the mystery continues,* Sky and Telescope, Febbraio 1982.

D. Crisp, A. Young, *Vertical extent of zonal winds on Venus,* Icarus, 1978, n. 35, 182-188.

Vincent De Callata-y, Audouin Dolfuss, *Atlas of the planets,* A. De Visscher, 1974.

G. E. Hunt, P. Moore, *The planet Venus* Faber and Faber, 1982.

G. E. Hunt, *Recent advances in planetary meteorology,* Cambridge University Press.

C.J.R. Lord, *Venus observation programme of the terrestrial planet section,* Journal of the Brithish Astronomical Association, 1982, n. 92, 2.

J. McCue, J. R. Nichol, *The unacceptable phase of Venus,* Journal of the British Astronomical Association, 1984, n. 94, 3.

G. Shubert, G. Covey et al., *Structure and circulation of the Venus atmosphere,* Journal of geophisical research, dicembre 1980.