

Fabio Salvaggio  
Giuseppe Marino  
Gruppo Astrofili Catanesi  
UAI Sezione Pianeti

# Il modello del "gradino atmosferico": Venere nel 1997

## Abstract

*The results of an observational campaign of Venus during evening elongation in 1997 are reported. The typical "phase anomaly" between theoretical and estimated phases of planet was detected. The maximum of anomaly was reached on September 21, 1997, with a discrepancy of -6% with respect to expected value. The dichotomy was observed 7-8 days before the expected date. Some geometrical considerations about the Mc Cue and Nichol theory are discussed.*

## Introduzione

Nel 1996 il Gruppo Astrofili Catanesi ha svolto una campagna di osservazione del pianeta Venere mirata allo studio dell'anomalia di fase [1]. Già allora mostrammo indicazioni osservative sulla possibilità dell'esistenza di un "gradino atmosferico" al di sopra del normale tetto di nubi nella zona del terminatore illuminata dal Sole. Tale dislivello, gettando un'ombra addizionale, può essere all'origine del deformarsi del terminatore con la conseguente incongruenza tra la fase (porzione di disco illuminato) osservata e quella teorica.

Tale ipotesi, proposta diversi anni fa, da Mc Cue e Nichol, è supportata da un modello fotochimico elaborato dagli stessi autori [2].

In aggiunta, vagliammo la possibilità che anche la rifrazione atmosferica potesse avere un ruolo importante nel fenomeno. Ricordiamo che il filtrare della luce solare attraverso gli strati atmosferici più alti nella zona del terminatore è all'origine del tipico aspetto ad anello da molti

osservato quando Venere è prossimo alla congiunzione con il Sole.

In questo articolo riferiamo della campagna osservativa del 1997 e riprendiamo il problema dell'anomalia di fase determinando dei limiti inferiori per l'elevazione dell'eventuale "gradino atmosferico" richiesti per giustificare incongruenza tra dati teorici ed osservati.

## Le osservazioni

La campagna osservativa si è svolta dal 22 giugno 1997 al 7 gennaio 1998 ed ha coinvolto numerosi osservatori del Gruppo Astrofili Catanesi (GAC) e due membri del CODAS di Siracusa.

Nota caratteristica dell'elongazione è stata la ridotta distanza angolare del pianeta dal Sole e la sua declinazione negativa che hanno consentito l'osservazione soprattutto in ore diurne. Per la stima delle fasi sono stati adottati i profili standard forniti dalla Sezione Pianeti UAI - Programma Venere [3].

Sono stati ottenuti anche diversi disegni, ma a causa del limitato numero di quelli che evidenziano particolari certi sul disco planetario non è stato possibile effettuare uno studio sistematico sulle macchie di albedo.

## Stima delle fasi e andamento dell'anomalia di fase

Nel grafico mostrato in Fig. 1 è possibile notare, con un'ottima copertura temporale, l'andamento delle fasi apparenti del pianeta nel periodo delle osservazioni. Questo è il risultato di 121 osservazioni ottenute dai membri del GAC e del CODAS (SR). La curva interpolante i punti osservativi è un fit con una polinomiale del 6° ordine.

Ogni punto è il risultato della media delle stime dell'osservatore per ogni seduta, ed ognuno è affetto da uno scarto quadratico medio compreso tra 1 e 3 sulla percentuale della fase. Tutte le osservazioni sono state effettuate in luce integrale.

Spicca subito all'attenzione del lettore l'evidente deviazione dei punti osservativi da quelli teorici per fasi comprese tra 70% e 50%. L'anomalia massima (circa 6% meno di quella teorica) si è verificata il 21 settembre 1997 quando la fase era prevista pari al 68%.

La dicotomia è stata osservata 7-8 giorni prima della data prevista.

L'andamento dell'anomalia (differenza tra la fase teorica e quella osservata) è rappresentato nella parte bassa di Fig. 1.

## Ancora sul modello del "Gradino atmosferico"

Utilizzando i dati a nostra disposizione, abbiamo provato a rianalizzare geometricamente il problema dell'anomalia di fase.

Le nostre osservazioni e quelle di letteratura ([1], [2], [4]) mostrano che alla dicotomia teorica il pianeta presenta una anomalia media del 3-4%. Considerando la somma del raggio del pianeta (6052 km) e dell'altezza media del tetto di nubi (60 km) perveniamo ad un diametro "apparente" di Venere di circa 12'220 km.

La Fig. 2 mostra il pianeta osservato da Terra nel giorno della dicotomia teorica. Possiamo ricavare  $s$ , cioè l'ombra addizionale associata all'anomalia di fase. Poiché la fase osservata corrisponde alla percentuale del diametro illuminato, un'anomalia del 3% ( $\gamma_{\text{oss}} = 47\%$ ) alla dicotomia teorica corrisponde ad un valore per

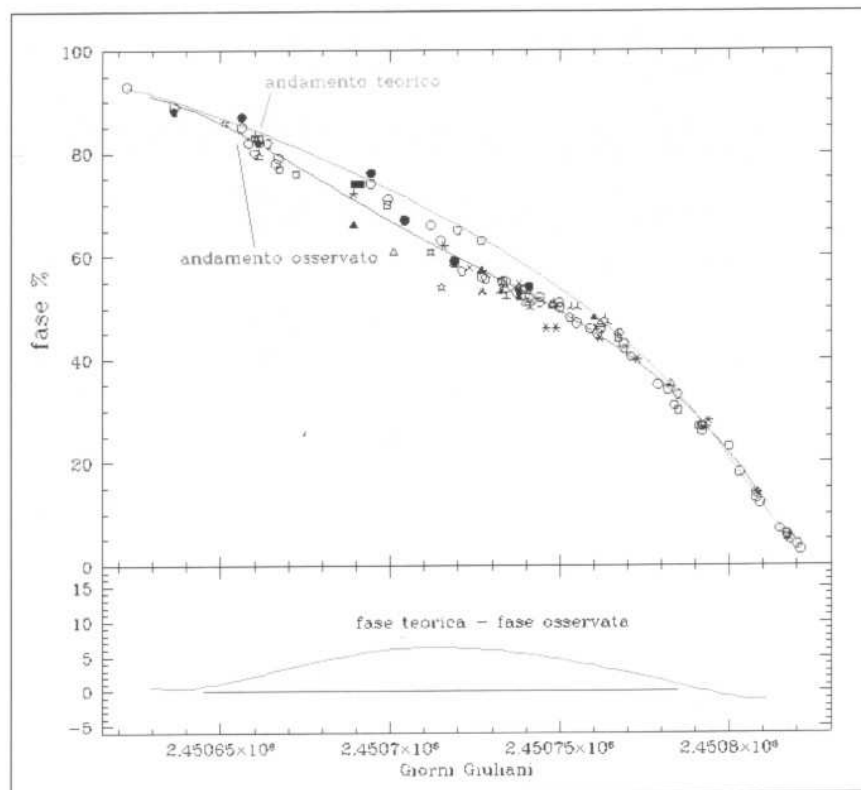


Figura 1. Confronto tra le stime di fase eseguite visualmente e l'andamento previsto in base alle effemeridi. I simboli diversi indicano osservatori e strumenti differenti (vedi tab. 1). La linea continua che rappresenta l'andamento osservato è un fit polinomiale. Nella parte bassa della figura è riportata la differenza tra il valore previsto per la fase e il valore corrispondente all'andamento osservato.

la quantità  $s$  pari a circa 370 km. È di tali dimensioni che deve essere l'ombra aggiuntiva causata dal tetto di nubi. La figura 3 rappresenta il terminatore di Venere visto da uno dei poli (la scala dei particolari è stata accentuata per facilitare la trattazione geometrica). Tramite un semplice calcolo geometrico è possibile ricavare la dimensione minima del gradino atmosferico in grado di provocare l'ombra di cui sopra.

Applicando il teorema di Pitagora al triangolo  $ABC$  indicato in Fig. 3, di cui  $s$  è un cateto ed  $AB$  è il raggio totale  $R$  di Venere (pianeta e atmosfera, senza l'ipotetico gradino), otteniamo:

$$AB = (AC^2 - BC^2)^{1/2} = (R^2 - S^2)^{1/2}$$

allora

$$f = R - AB = R - (R^2 - S^2)^{1/2}$$

è il gradino minimo in grado di provocare l'anomalia di partenza (3%). Sostituendo i valori numerici otteniamo  $f \approx 11$  km.

Dall'espressione di  $f$  è chiaro che se  $s = 0$ , anche  $f$  è nullo (gradino inesistente). La condizione  $s = 0$  è, pertanto, quella in cui si troverebbe in assenza di anomalia di fase.

Ma, a questo punto bisognerebbe

dare una risposta anche alle seguenti domande:

- perché l'anomalia massima, che considerando questa geometria, dovrebbe verificarsi proprio alla dicotomia teorica, si verifica invece per fasi comprese tra il 60 ed il 70%?
- è ragionevole credere ad un dislivello di una dozzina di chilometri nella zona crepuscolare del pianeta?

Il primo punto potrebbe trovare spiegazione in notevoli errori sistematici nella stima di fase. In tal senso è in atto un esperimento osservativo basato sulla stima delle fasi lunari, ad occhio nudo e con piccoli strumenti, per valutare l'entità di eventuali valutazioni sistematicamente anomale.

Evidenze per una differenza nel livello superiore "osservabile" del tetto di nubi tra emisfero diurno e notturno sono date da Crisp & Young [5] e Taylor [6] anche in base a misure eseguite da sonde.

Tale dislivello costituirebbe uno degli aspetti di una stratigrafia atmosferica che nell'emisfero notturno sarebbe abbassata di circa 2-3 km rispetto all'emisfero diurno.

D'altronde la possibilità di un ispessimento

del tetto di nubi (aerosol di acido solforico) nella parte illuminata potrebbe essere prodotta, come suggerito da Mc Cue e Nichol, da una serie di reazioni fotochimiche, a partire dalla dissociazione di anidride carbonica ( $CO_2$ ) per irraggiamento solare, grazie alla presenza di zolfo atmosferico e idrogeno proveniente dal vento solare.

Tale ispessimento sarebbe maggiorato nel punto subsolare, mentre decrescerebbe gradatamente fino ad annullarsi verso il terminatore.

Rimane comunque difficile stabilire come sia possibile riscontrare tali valori di anomalia alla dicotomia e addurre come causa di questa solo il gradino atmosferico. In molti casi, come possibile tentativo di interpretazione, è stato introdotto il modello basato sulla rifrazione dei raggi solari da parte della densa atmosfera del pianeta.

Questo modello, a nostro modo di vedere, comunque, risulta convincente solo per fasi minori del 50%, fasi per le quali c'è maggiore possibilità di verifica da parte dell'osservatore.

### Conclusioni

Un'analisi geometrica del modello del "gradino atmosferico", alla luce delle stime di fase effettuate, ci ha permesso di chiarire l'entità di un eventuale dislivello nel tetto di nubi tra l'emisfero diurno e quello notturno di Venere. Il valore trovato è il minimo in grado di produrre accordo con le osservazioni prossime alla dicotomia.

Va aggiunto che la proiezione sul piano del cielo della quantità  $s$ , descritta nelle Figg. 2 e 3, è massima alla dicotomia. Di conseguenza il modello del "gradino atmosferico"

sembra perdere efficacia per fasi comprese tra il 60 e 70 %, poiché è invece in questo intervallo che si osserva l'anomalia massima.

L'interpretazione è lungi dall'essere esauriente: richiede ulteriori sforzi di analisi e altre campagne osservative sono necessarie, soprattutto per chiarire come sia possibile l'esistenza di un tale dislivello anche alla luce dei dati inviati dalle sonde.

Le evidenze visuali del fenomeno dell'anomalia di fase vanno affiancate con riprese fotografiche e CCD così da chiarire, con metodi oggettivi, gli aspetti quantitativi del problema.

### BIBLIOGRAFIA

- [1] Marino, G., Salvaggio, F., *Astronomia*, n. 2/3, 30 (1997).
- [2] McCue, J., Nichol, J.R., *J.Br. Astron. Assoc.*, 94, 3 (1984).
- [3] Quarra, G., Sarocchi, D., Sez. Pianeti UAI - *Prog. Venere - Circolare n. 1* (Firenze, 1991).
- [4] Falorni, M., Tanga, P., *Osservare i pianeti, guida per l'astronomo dilettante* (Media Presse, Milano, 1994).
- [5] Crisp, D., Young, A. T., *Icarus*, 35, 183 (1978).
- [6] Taylor, F. W., *J. Geophys. Res.*, 85, 7963 (1980)

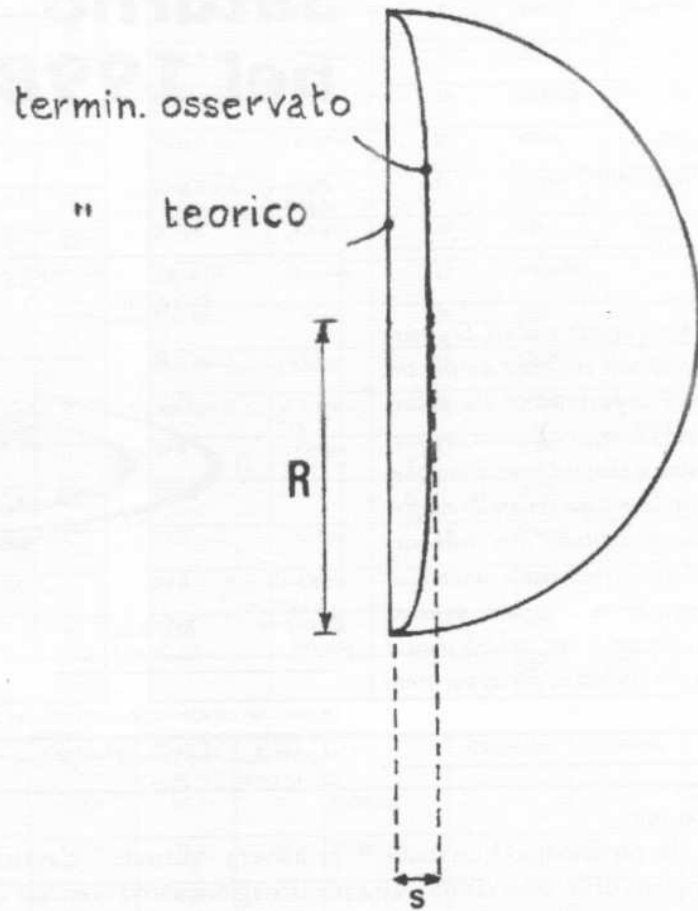


Figura 2 (sopra), L'aspetto di Venere, osservato da Terra, nel momento della dicotomia teorica (fase=50%) e nell'ipotesi di fase osservata ( $f_{oss}$ ). In difetto rispetto al valore previsto. Il difetto di fase è evidenziato dalla quantità  $s$ .

Figura 3 (sotto), Una costruzione geometrica per individuare il minimo dislivello richiesto, nell'ipotesi di "gradino atmosferico", per spiegare l'anomalia di fase tipicamente osservata in prossimità della dicotomia teorica.

