ECCLISSI DI SOLE SU GIOVE*

di Paolo Senigalliesi

Il 13 ottobre scorso, dalle ore 3.11 alle 7.16 T.U., l'ombra di Callisto è passata sul disco di Giove.

Era uno dei tanti passaggi che avvengono ogni 16 giorni e mezzo circa, ma, per una fortunata coincidenza, quella volta l'ombra si proiettava, verso le ore 4.15, su un pennacchio scuro della S.Tr.Z.; dopo 55 minuti l'ombra si era spostata di alcuni gradi verso le longitudini crescenti rispetto al dettaglio. Poichè entrambi i movimenti, dell'ombra e della superficie, avvengono nella stessa direzione, risultava che l'ombra era meno veloce della superficie di Giove.

La cosa sembrò subito strana. Sulla Terra, infatti, l'ombra della Luna si sposta, da ovest verso est, con velocità, rispetto alla superficie, maggiore e non minore come stava accadendo su Giove.

Era necessario un maggiore approfondimento.

Immaginiamo di osservare il fenomeno dal Sole.

Da quel punto di vista gli spostamenti apparenti del satellite (e dell'ombra con esso coincidente) e del dettaglio avverrebbero con modalità identiche: le velocità varierebbero, infatti, da zero alla elongazione est per il satellite (o al lembo est per il dettaglio) fino alla massima velocità al momento della congiunzione inferiore (o al meridiano centrale per il dettaglio) per tornare a zero alla elongazione ovest (o al lembo ovest per il dettaglio). Ma nel periodo compreso tra l'inizio e la fine dell'ecclisse, mentre il satellite percorre un arco di poco più di 4°, il dettaglio ne percorre circa 165°; di conseguenza il campo delle velocità trasversali è molto ristretto per l'ombra (velocità pressochè uniforme), mentre è molto ampio per il dettaglio.

Diagrammando le successive posizioni assunte dal dettaglio e dall'ombra in funzione del tempo, si ottiene il grafico di fig. 1, nella quale sono riportati anche due schizzi schematici della zona interessata negli istanti considerati.

Risulta evidente che l'ombra doveva restare effettivamente indietro rispetto al dettaglio.

Si può notare che mentre la linea rappresentativa delle successive posizioni dell'ombra è praticamente rettilinea, risulta invece una specie di "S" rovesciata per il dettaglio. E' facile vedere che le due curve hanno, al massimo, tre intersezioni. Relativamente alla superficie di Giove, l'ombra si sposta quindi prima verso le longitudini decrescenti, si ferma, torna indietro, si ferma di nuovo per riprendere poi definitivamente il movimento

(*) Relazione presentata al XIII Congresso U.A.I. di Reggio Calabria.

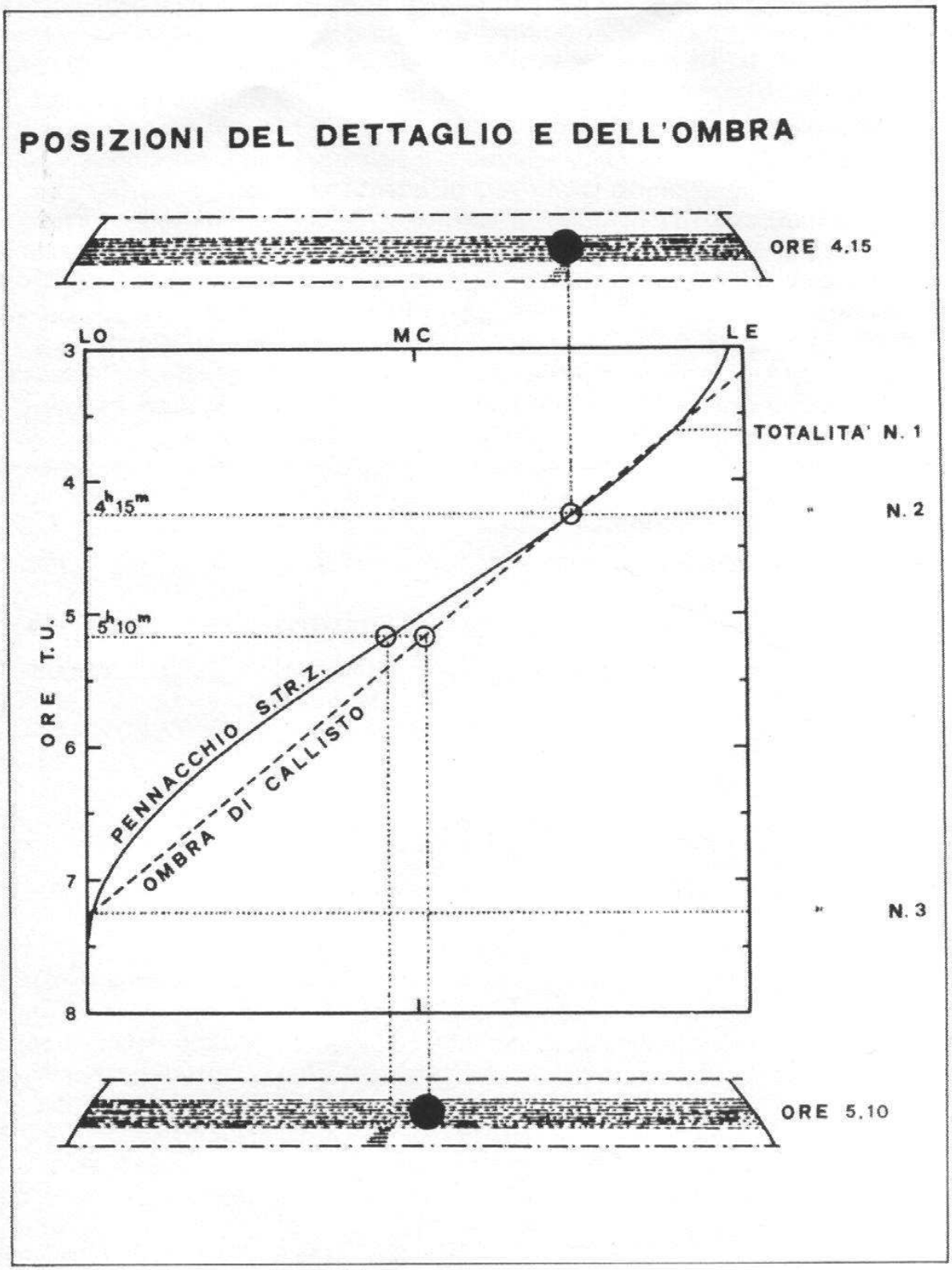
POSIZIONI DEL DETTAGLIO E DELL'OMBRA
ORE 4.15
LO
MC
LE
3
4
5
6
7
8
ORE T.U.
4h15m
5h10m
TOTALITA' N. 1
" N. 2
" N. 3
PENNACCHIO S.TR.Z.
OMBRA DI CALLISTO
ORE 5.10

Figura 1

nel verso iniziale. Poichè, nel corso del passaggio sul disco del pianeta, l'ombra non cambia di molto la latitudine, segue che per uno stesso punto della superficie si possono avere tre ecclissi consecutive originate dallo stesso satellite.

Sulla Terra ciò non avviene.

Se diamo, però, un rapido sguardo nel sistema solare, vedremo che questi fenomeni sono molto meno rari di quanto si creda.

La condizione che permette il verificarsi di ecclissi multiple è che l'equatore del pianeta abbia una velocità di spostamento maggiore di quella dell'ombra nell'istante medio dell'ecclisse, purchè i due movimenti siano concordi.

Dei 32 satelliti naturali conosciuti, 6 hanno inclinazioni superiori a 90°, ruotano perciò in senso contrario al pianeta e sono quindi da escludere.

Dei 22 rimanenti, 14 (54%) danno ecclissi multiple e 7 di essi (27%) danno anche ecclissi totali.

La tabella che segue riporta, suddivisi per pianeta, i satelliti che possono dare luogo ad ecclissi multiple.

Satelliti che possono dare ecclissi multiple.

GIOVE	SATURNO	URANO	NETTUNO
Ganimede (*)	Dione (*)	Titania (*)	Nereide
Callisto (*)	Rea (*)	Oberon (*)	
XIII	Titano (*)		
VI	Iperione		
X	Giapeto		
VII			

(*) Ecclissi multiple totali.

Sono chiaramente favoriti i grandi pianeti con forte velocità di rotazione.

All'equatore la velocità lineare di spostamento della superficie è massima e diminuisce spostandosi a latitudini crescenti fino ad annullarsi ai poli.

Poichè le ombre hanno velocità inferiori a quella dell'equatore e sono entrambe concordi, deve esistere evidentemente una latitudine, chiamata in seguito "latitudine limite", alla quale si ha l'uguaglianza delle due velocità e oltre la quale l'ombra diventa più veloce della superficie.

Il pianeta viene così suddiviso in tre zone:

— una zona centrale compresa tra le due latitudini limite positiva e negativa nella quale le ecclissi sono multiple;

— due zone comprese tra le latitudini limite e i poli, nelle quali le ecclissi sono sempre uniche.

In effetti si possono avere ecclissi uniche, o al massimo doppie, anche nella zona equatoriale per i satelliti Titano, Iperione, Giapeto e Nereide in quanto, data la lentezza dell'ombra rispetto alla superficie, al momento di tornare indietro la zona precedentemente ecclissata non è più rivolta dalla parte del Sole; ciò, naturalmente, fino ad una particolare latitudine oltre la quale le ecclissi possono essere normalmente multiple (fig. 2).

Alla latitudine limite, per una fascia più o meno estesa a seconda delle dimensioni dell'ombra e della penombra, le tre ecclissi si fondono in una molto lunga, che può durare anche alcune ore.

La latitudine alla quale si verifica una ecclisse dipende dalle posizioni reciproche del pianeta, del satellite e del Sole.

Nel caso di forti inclinazioni sia dell'asse di rotazione del pianeta che del piano dell'orbita del satellite, le cose si complicano un po'.

In particolare i satelliti di Giove hanno inclinazioni quasi nulle, mentre l'inclinazione dell'asse di rotazione supera di poco i 3°. Si ha così un periodo intorno agli equinozi lungo un anno e mezzo per Ganimede e quasi due anni per Callisto, durante il quale le ecclissi sono multiple. Oltre questi limiti, cioè verso i solstizi, le ecclissi cadono a latitudini maggiori di quella limite e perciò sono singole.

Per renderci conto in dettaglio di quanto avviene, consideriamo le ecclissi

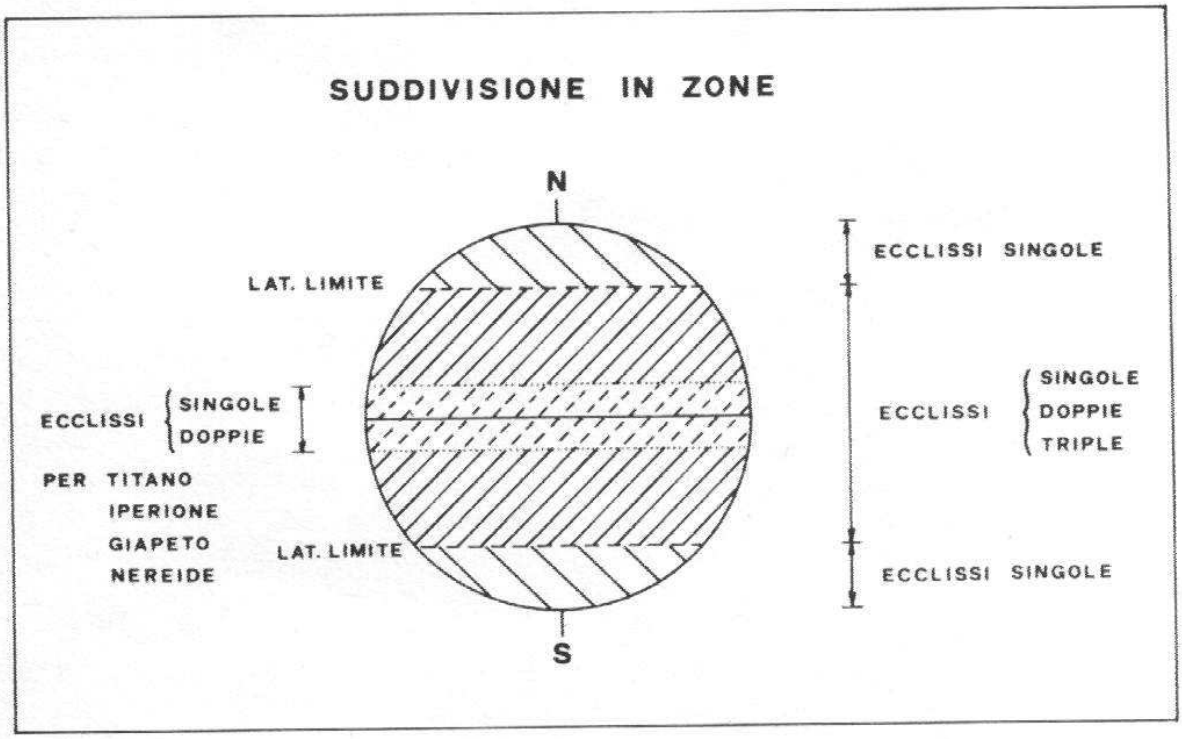

Figura 2

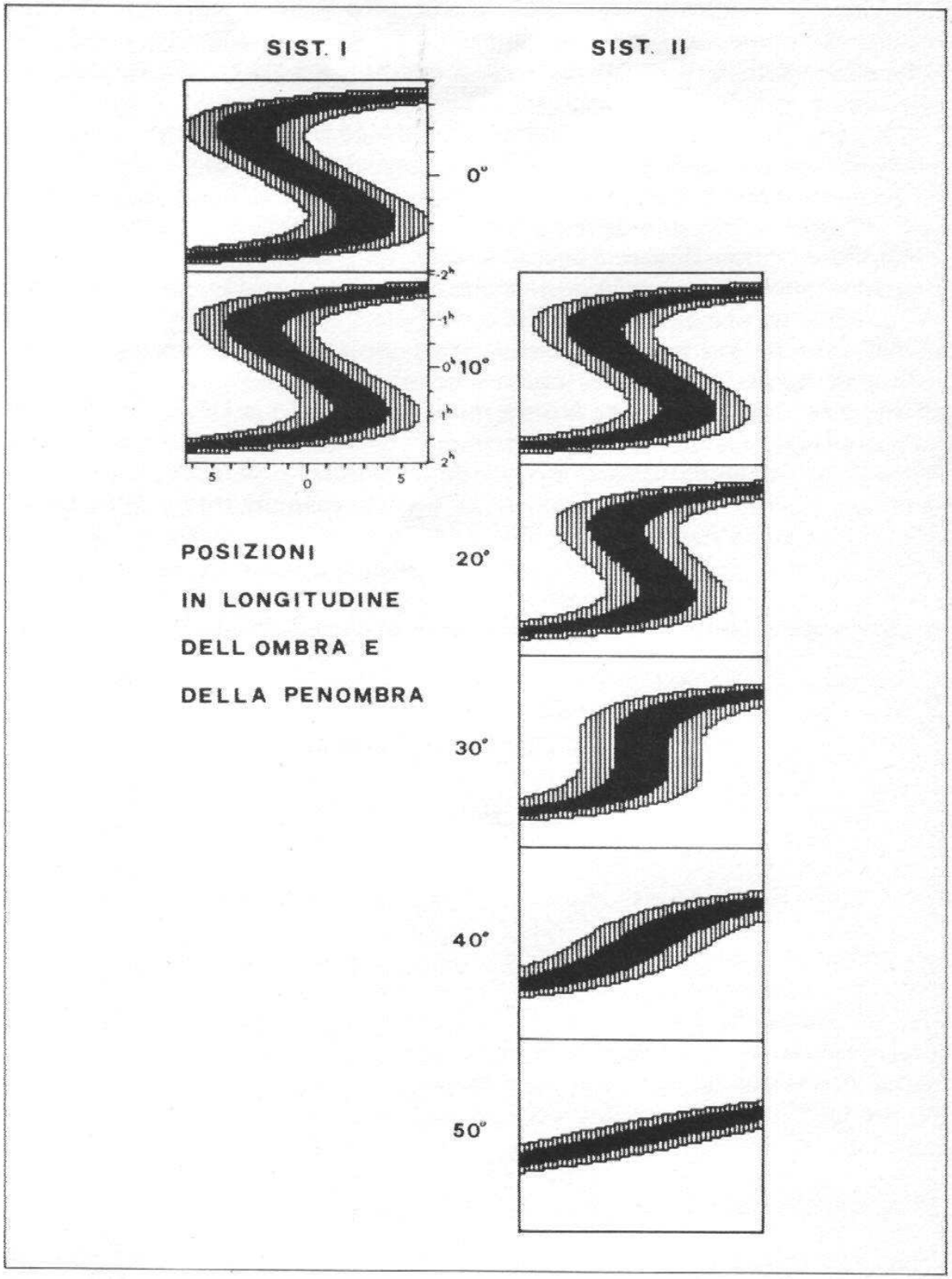
SIST. I
SIST. II
0°
10°
20°
30°
40°
50°
-2h
-1h
0h
1h
2h
5
0
5
POSIZIONI
IN LONGITUDINE
DELL OMBRA E
DELLA PENOMBRA

Figura 3

di Ganimede, che sono le più spettacolari.

Per semplificare il calcolo, pur senza introdurre errori sensibili, e per avere dei dati medi, si fà riferimento ad una orbita circolare con inclinazione nulla.

Vengono studiate 6 ipotetiche ecclissi che si svolgono a latitudini variabili di 10° in 10° tra 0° e 50°. Le latitudini citate si riferiscono al "punto centrale", ossia al centro dell'ombra nell'istante medio dell'ecclisse.

Una prima serie di grafici (fig. 3) fornisce le successive posizioni dell'ombra e della penombra alla latitudine del punto centrale (gli intervalli di discretizzazione sono di 0,05 ore e 0,25 gradi di longitudine).

In ascissa sono riportate le longitudini rispetto al punto centrale, in ordinata i tempi rispetto all'istante medio del fenomeno. I primi due grafici a sinistra si riferiscono al Sist. I, gli altri al Sist. II; il grafico relativo alla latitudine di 10° è ripetuto nei due sistemi.

E' evidente la caratteristica curva a "S" responsabile della molteplicità delle ecclissi alle basse latitudini. Aumentando la latitudine, l'asse della "S" si inclina sempre più fino a risultare parallelo all'asse dei tempi (latitudine limite), prosegue poi ad inclinarsi e le ecclissi, singole, hanno durata sempre minori.

La durata massima della totalità si raggiunge un po' prima della latitudine limite ed è superiore a due ore e mezza.

Ricordando che su Giove il Sole sta sopra l'orizzonte per poco meno di cinque ore, deve aversi in quei casi una drastica diminuzione della luce e, soprattutto, del calore ricevuto dal Sole.

Naturalmente non tutti i punti interessati dall'ecclisse hanno diminuzioni così importanti di insolazione. Per i soli punti di minimo si è calcolato il grafico della insolazione istantanea espressa in cal cm^{-2} min^{-1} su una superficie orizzontale durante l'arco della giornata. Tali grafici (fig. 4) sono riportati l'uno sotto l'altro a partire dalla latitudine 0° fino a 50°; come al solito la latitudine 10° è ripetuta nei due sistemi. Si hanno i tempi in ascissa (riferiti all'istante medio) e le insolazioni in ordinata. A tratteggio è riportata, per riferimento, l'insolazione che si sarebbe avuta senza ecclisse.

I grafici sono tutti simmetrici eccetto il primo in quanto generalmente il minimo si trova alla longitudine del punto centrale, mentre alla longitudine di 0° i minimi sono due simmetricamente disposti ad 1°,5 dal punto centrale.

Dall'esame dei grafici risulta che nelle zone di minima insolazione le ecclissi, alle basse latitudini, pur avendo la fase totale tripla, hanno sempre le fasi parziali unite tra loro. Solo per una ristretta zona in prossimità dell'equatore e nelle immediate adiacenze del punto centrrale si possono avere tre

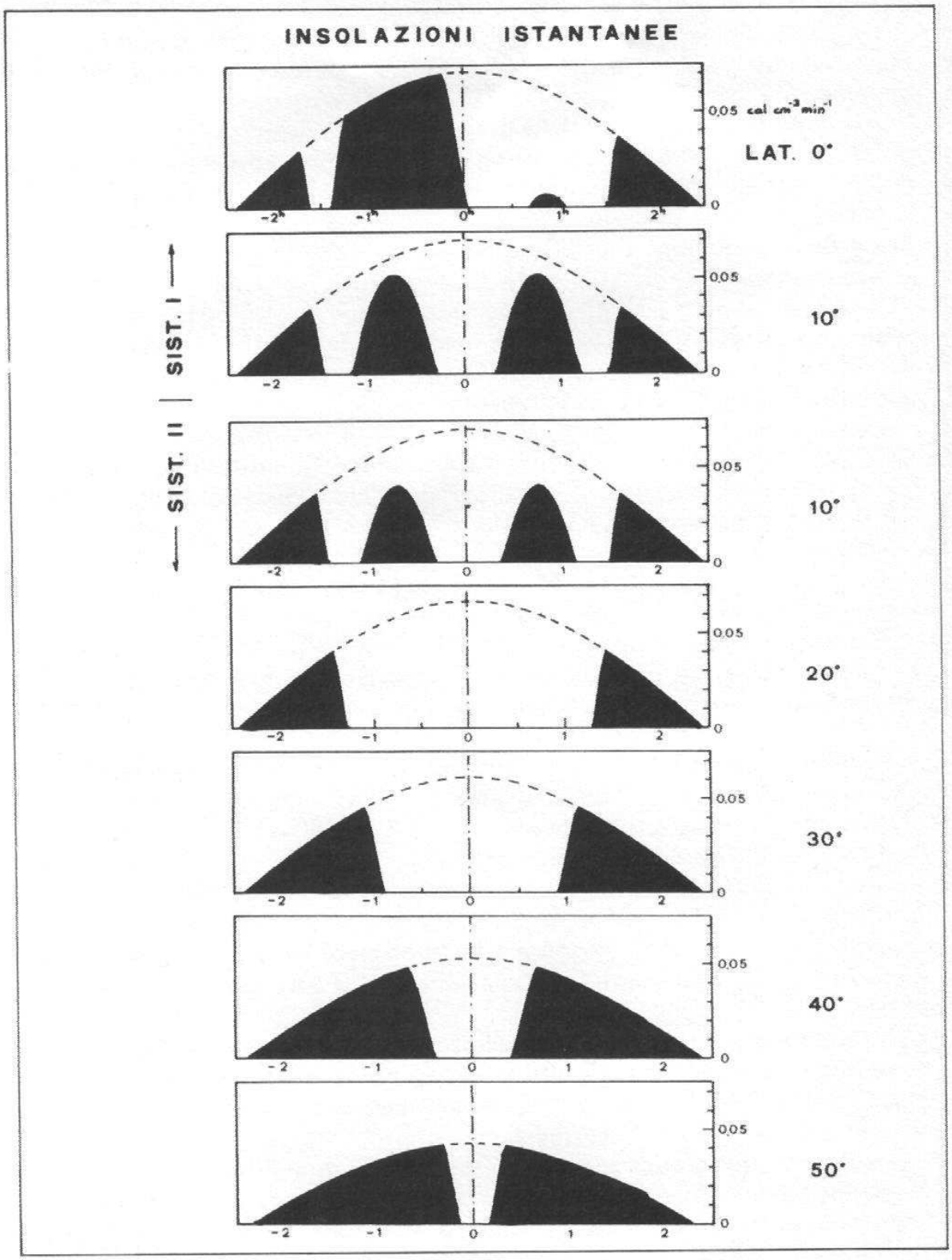
INSOLAZIONI ISTANTANEE
0,05 cal cm⁻² min⁻¹
LAT. 0°
10°
10°
20°
30°
40°
50°
SIST. I
SIST. II
-2h
-1h
0h
1h
2h
-2
-1
0
1
2
0,05
0

Figura 4