



Olimpiadi Italiane di Astronomia 2011

Finale Nazionale

Reggio Calabria 17 Aprile 2011



Prova Pratica - Categorie Junior e Senior

La ricerca dei pianeti extrasolari con il metodo dei transiti: il problema dei "falsi positivi"

Uno dei metodi oggi più usati per la ricerca dei pianeti extrasolari è quello dei "transiti". La presenza di un pianeta è dedotta mediante osservazioni fotometriche di alta precisione, che evidenziano le piccole "eclissi" che il pianeta provoca quando passa, rispetto all'osservatore, esattamente davanti alla propria stella. Uno dei problemi principali del metodo dei transiti è quello dei cosiddetti "falsi positivi", cioè il verificarsi di circostanze che portano a simulare la curva di luce di un transito. Il caso tipico è quello di un sistema binario visuale non risolto in cui una delle due componenti è a sua volta una binaria a eclisse. Si consideri il caso mostrato in Figura 1, dove le due stelle A e B hanno una distanza angolare di circa $0.5''$. Osservata dallo spazio (Figura 1a) la binaria appare "risolta", ma per le osservazioni dalla superficie terrestre (Figura 1b) le due stelle, a causa del seeing, sono indistinguibili.

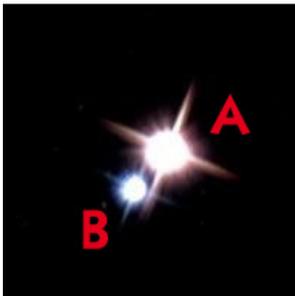


Figura 1a. Un sistema binario visuale, le cui componenti distano circa $0.5''$, osservato con un telescopio posto al di sopra dell'atmosfera



Figura 1b. Lo stesso sistema binario mostrato in Figura 1a osservato da Terra; a causa della turbolenza atmosferica ("seeing") le componenti A e B risultano indistinguibili

Un astronomo osserva da Reggio Calabria la stella mostrata in Figura 1b. ignaro del fatto che si tratta in realtà di un sistema binario non risolto dove la stella A ha una luminosità costante $m = 5.5$ mentre la stella B è una binaria a eclisse, con periodo di 1.35 giorni, la cui curva di luce è mostrata in Figura 2.

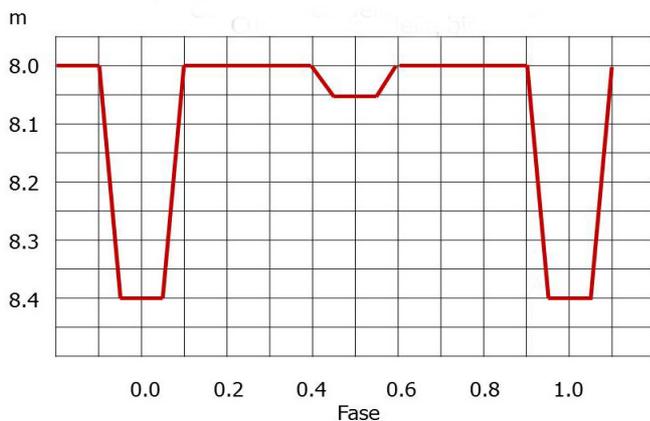


Figura 2. Curva di luce della stella B. La stella è una binaria a eclisse la cui magnitudine al massimo è $m = 8.0$ e la cui luminosità al minimo principale è $m = 8.4$

Nota: nella curva di luce non sono riportate le singole osservazioni, ma una curva continua che interpola i dati.

Sapendo che la precisione delle misure fotometriche ottenute dall'astronomo è di 0.01 magnitudini e che la variazione di luminosità osservata è attribuita alla presenza di un pianeta in orbita attorno alla stella:

1. riportare in Figura 3 la curva di luce complessivamente osservata;
2. completare la Tabella 1, dove vengono elencate alcune delle osservazioni effettuate;

3. la Tabella 1 contiene un'osservazione che non può essere stata effettuata da Reggio Calabria, indicare quale e spiegare il perché;
4. calcolare il raggio che verrebbe attribuito al pianeta in unità del raggio della stella.
5. il problema dei "falsi positivi" è ben noto; prima di annunciare la sua scoperta il nostro astronomo si premurerebbe di effettuare ulteriori osservazioni per confermare o smentire la presenza del pianeta. Sapete suggerire delle osservazioni che, se effettuate, porterebbero ad escludere che la variazione di luminosità osservata è dovuta alla presenza di un pianeta ?

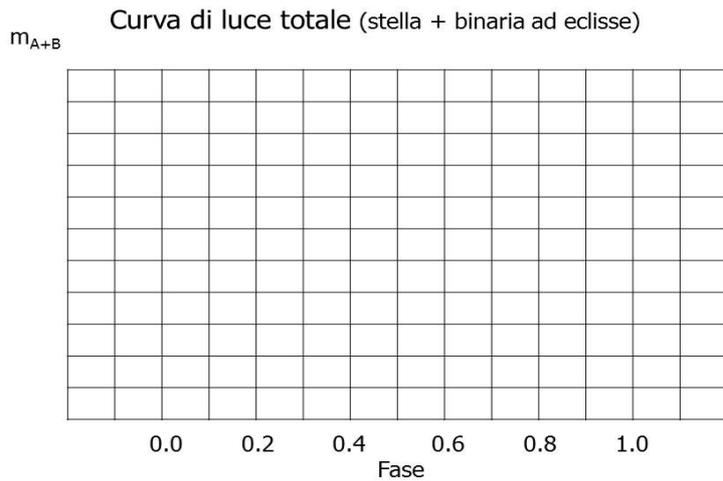


Figura 3. Curva di luce osservata da Terra per la stella mostrata in Figura 1b, formata in realtà da una stella di luminosità costante (A) e da una binaria ad eclisse (B)

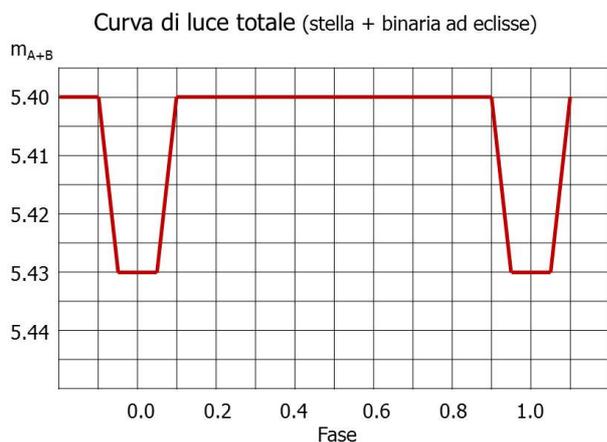
Suggerimenti:

1. usate per l'asse delle ordinate una scala diversa da quella mostrata in Figura 2, in modo da mettere meglio in evidenza le variazioni di luminosità.
2. non riportate le singole osservazioni, ma solo la curva continua che meglio interpola i dati.

Tabella 1.

| JD | Fase | m_{A+B} |
|------------|------|-----------|
| 2455646.45 | 0.00 | |
| 2455646.63 | | |
| 2455647.48 | | |
| 2455648.50 | | |
| 2455649.00 | | |
| 2455649.53 | | |
| 2455650.53 | | |

Soluzione:



- 1) La magnitudine risultante di un sistema formato da una stella A di magnitudine m_A e una stella B di magnitudine m_B vale $m_{A+B} = m_A - 2.5 \log (10^{0.4(m_A - m_B)} + 1)$. Nel caso in esame, poiché la stella A possiede luminosità costante, otterremo una variazione con lo stesso periodo della binaria a eclisse. Dalla Figura 2 ricaviamo che in tutti i punti della curva di luce compresi tra le fasi 0.1-0.4 e 0.6-0.9 si ha: $m_A = 5.5$ e $m_B = 8.0$ e quindi tenendo conto della precisione delle misure (ovvero arrotondando i valori alla seconda cifra decimale) $m_{A+B} = 5.40$. In tutti i punti della curva di luce compresi tra le fasi 0.0-0.05 e 0.95-1.0 si ha il minimo principale della binaria a eclisse per cui: $m_A = 5.5$ e $m_B = 8.4$ e quindi $m_{A+B} = 5.43$. Nel tratto della curva di luce compreso tra le fasi 0.45 e 0.55 si ha il minimo secondario della binaria a eclisse per cui: $m_A = 5.5$ e $m_B = 8.05$. Tuttavia a causa della precisione delle misure si otterrà in pratica $m_{A+B} = 5.40$ e non sarà quindi possibile accorgersi della presenza del minimo secondario nella curva di luce risultante.

- 2) Poiché a JD = 2455646.45 corrisponde la fase 0.0 della curva di luce possiamo usare quest'ultima come epoca iniziale per cui le fasi alle altre osservazioni saranno la parte frazionaria dell'espressione $(JD - 2455646.45) / P$ (dove $P = 1.35$ g), inserendo le magnitudini m_{A+B} ricavate dalla Figura 3 completeremo quindi la Tabella 1.

| JD | Fase | m_{A+B} |
|------------|------|-----------|
| 2455646.45 | 0.00 | 5.43 |
| 2455646.63 | 0.13 | 5.40 |
| 2455647.48 | 0.76 | 5.40 |
| 2455648.50 | 0.52 | 5.40 |
| 2455649.00 | 0.89 | 5.40 |
| 2455649.53 | 0.28 | 5.40 |
| 2455650.53 | 0.02 | 5.43 |

- 3) L'osservazione non effettuata da Reggio Calabria è quella a JD = 2455649.00 che corrisponde a UT = 12h, quando cioè a Reggio Calabria è pieno giorno.
- 4) Una differenza di magnitudine di 0.03 equivale ad un rapporto $R_{\text{pianeta}}/R_{\text{stella}} = 0.17$.
- 5) Diversi tipi di osservazione possono dimostrare che la variazione di luminosità ottenuta non si deve a un pianeta, ne elenchiamo alcune. Come già indicato nella Figura 1a con osservazioni dallo spazio si metterebbe in evidenza la presenza della stella B e si potrebbero effettuare osservazioni fotometriche distinte per le due stelle. Poiché la separazione angolare di A e B è di circa 0.5", un telescopio posto a Terra ma dotato di un sistema di ottica "adattiva" otterrebbe anch'esso un'immagine molto simile a quella mostrata in Figura 1a. Infine con osservazioni spettroscopiche ad alta risoluzione potremmo renderci conto che le righe spettrali più intense (quelle della stella A) non mostrano variazioni in lunghezza d'onda, oppure potremmo osservare variazioni non in fase con la curva di luce.