Prova teorica

n.1

Recentemente, il 6 Giugno 2012, è avvenuto un fenomeno non frequente, il transito di Venere attraverso il disco solare. Il prossimo transito avverrà solo nel 2117. Calcolate la data di questo transito. (Rispondere senza calcoli non sarà considerato come soluzione).

Recently, on June 6, 2012 an infrequent astronomical phenomenon, transit of Venus across the solar disk took place. The next transit of Venus will take place only in 2117. Calculate the date of that transit. (Answer without calculations will be not considered even as a part of solution).

<u>*Soluzione:*</u>

Ogni transito di Venere avviene solo nella configurazione di congiunzione inferiore di Venere. Per calcolare la prossima congiunzione inferiore abbiamo bisogno innanzitutto di trovare il periodo sinodico Ts di Venere:

$1/T_s = 1/T_v - 1/T_e$

Dove Tv e Te sono i periodi siderali di Venere e Terra,

$T_s = T_e * T_v / (T_e - T_v) = 583.92$ giorni

Il 1 Gennaio 2117 sarà 38194 giorni dopo il 6 Giugno 2012, mentre il 31 Dicembre 2117 sarà dopo 38558 giorni.

38194/583.92 = 65.41

38558/583.92= 66.03

Questo vuol dire che nel 2117 saranno passati altri 66 periodi sinodici di Venere:

66x583.92 = 38538.7

Che corrisponde alla data del 12 Dicembre 2117.

n.2

Recentemente, il 6 Giugno 2012, è avvenuto un fenomeno non frequente, il transito di Venere attraverso il disco solare. Supponiamo che Giuseppe, come al solito, non ha capito il fenomeno e lo considera non come transito di Venere ma di una certa luna, che chiameremo Pseudovenere, orbitante intorno alla Terra con un orbita circolare. Trovate il raggio dell'orbita di Pseudovenere ed il diametro. Effetti dovuti alla rotazione assiale della Terra possono non essere presi in considerazione.

Recently, on June 6, 2012 an infrequent astronomical phenomenon, transit of Venus across the solar disk took place. Suppose that Giuseppe, as usual, did not understand the phenomenon and ascribed it not to transit of real Venus but of some moon, which we name Pseudovenus, rotating around the Earth by circular orbit. Find the radius of orbit of Pseudovenus and diameter of this sky body. Effects appears due to axial rotating of the Earth should be not taken into account.

Soluzione:

Il moto visibile di Venere dipende dal moto sinodico del pianeta. Durante il transito di Venere si vede solamente la velocità sinodica del pianeta. La velocità angolare sinodica di Venere è:

$\omega = \omega v - \omega e$

dove ωv ed ωe sono le velocità angolari siderali di Venere e Terra. Se Rv e Re sono i raggi delle orbite, la velocità di Venere in questo sistema è:

$V = \omega * Rv = (\omega v - \omega e) * Rv$

E la sua velocità angolare visibile dal cielo terrestre:

$u = V / (Re-Rv) = (\omega v - \omega e) * Rv / (Re-Rv)$

Ma il moto sinodico di Pseudovenere ha la direzione opposta di quello della rotazione del pianeta intorno al Sole. Così la relazione tra le velocità angolari sinodiche u e siderali ω* di Pseudovenere saranno:

$u = \omega p + \omega e$

così:

$\omega p = u - \omega e = (\omega v - \omega e) * Rv / (Re-Rv) - \omega e = \ldots.. = 2 * \pi * [(Rv/Tv)-(Re/Te)] / [Re-Rv]$

Per un corpo orbitante intorno alla Terra (massa M) in un orbita circolare si può scrivere:

$\omega * \omega * R = G * M / R * R$

e quindi:

$Rp = [G * Me * (Re - Rv)^2 / 4 * \pi^2 * (Rv/Tv - Re/Te)^2]^{1/3}$

Calcolandolo: Rp= $2.92\ 10^9$ m= 2.92 mln Km (circa 7.60 volte l'orbita lunare)

Bisogna ora trovare il diametro di Pseudovenere utilizzando la distanza Rp calcolata e la dimensione angolare dell'oggetto:

$a = rv / (Re-Rv)$

dove rv è il diametro reale di Venere. Ora:

$rp = a * Rp = rv * Rp / (Re-Rv) = 8.55\ 10^5$ m = circa 850 Km (0.25 volte il diametro della Luna).

Nota per la giuria: un punto addizionale può essere dato per gli studenti che notano che la distanza è fuori dalla sfera di Hill della Terra, per cui è una situazione impossibile.

n.3

C'è una antica leggenda in Corea che dice che se sei in grado di vedere la stella "Old Person" per tre volte, tu sei una persona fortunate e vivrai una lunga vita. Questa stella, conosciuta come Canopo, era vista più brillante ed in migliori condizioni nel passato, ma anche ora talvolta è possibile vedere questa stella in

Corea. Stimate approssimativamente che magnitudine visuale deve avere Canopo osservandola dalla costa sud dell'isola di Jeju nelle migliori condizioni. Il territorio dell'isola è collocato a latitudini tra 33° 12' N e 33° 34' N e longitudini tra 126° 09' E ed 126° 57' E. Le informazioni in aggiunta le puoi trovare o calcolare dalla tabella.

There is an ancient legend in Korea that says, if you managed to see the "Old person star" thrice, you are lucky person and will live a long live. The old person star, now known as Canopus, was seen brighter and better in past time, but even now sometimes one can see this star in Korea. Estimate approximately what visible stellar magnitude may have Canopus by its observing from the southern coast of Jeju island (Korea) in the most favorable conditions. The territory of the island is located at latitudes between 33˚ 12' N and 33˚ 34' N and longitudes between 126˚ 09' E and 126˚ 57' E. Take from the tables and recollect for yourself the necessary additional information.

<u>*Soluzione:*</u>

Canopo è una stella del cielo meridionale; se essa è visibile in Corea, deve essere molto vicina all'orizzonte. L'assorbimento e lo scattering della luce giocano un ruolo importante sotto queste condizioni di osservazione. Di conseguenza, le migliori condizioni di osservazione si hanno nella parte meridionale dell'isola e Canopo deve essere al culmine superiore. La latitudine di questo punto è la minore dell'intervallo dato: 33° 12' N. A questa latitudine Canopo culmina ad una altezza di:

$h = 90° - \varphi + \delta = 90° - 33°12' + (-52°42') = 4°\,06'$

L'assorbimento atmosferico e lo scattering sono significativi a questa altezza. Lo spessore dell'atmosfera che attraversa il fascio di luce è (1/sin h) volte più largo dello spessore allo zenith: (1/ sin h)= 14. Si conosce che con le migliori condizioni atmosferiche, la perdita di luce durante il passaggio in atmosfera e di circa del 20%, oppure $0^m.23$. Siccome le magnitudini delle stelle in tabella sono date allo zenith (Canopo $m_o = -0^m.72$), l'assorbimento della luce in più all'altezza di 4° sarà ((1 / tan 4°16') -1), cioè circa 13 volte maggiore che allo zenith. Quindi:

$\Delta m = 0.23\,(1/\sin 4°06' - 1) = 3$ circa

$M_1 = m_0 + \Delta m = 2^m.3$

Nota per la giuria: questa deve essere una stima: l'esatto valore non è importante. La risposta ragionevole può variare tra 1.5 e 4

n.4

Stimare la densità di Altair

Estimate density of the star Altair.

<u>*Soluzione:*</u>

Tutti i dati necessari devono essere presi dalle tabelle e dal diagramma H-R. La distanza di Altair è:

$D_A = 1pc/p = 206265$ a.u. / 0.195 = 1060000 a.u.

Se poniamo il Sole a quella distanza esso avrebbe una magnitudine:

$m1 = -26.74 + 5 \lg 1060000 = -26.74 + 30.12 = 3^m.38$

Così che la differenza nelle magnitudini assolute di Sole e Altair è:

$\Delta m= 3.38 -0.77 = 2.61$

Possiamo quindi ricavare il rapporto delle due luminosità:

$L_A / L_o = 100^{2.61/5} = 11.1$

La luminosità della stella è proporzionale all'area della sua superficie ed alla quarta potenza della temperatura superficiale: $L \sim R^2 * T^4$. La densità di una stella è uguale alla sua massa diviso il volume, quindi proporzionale a M/R^3. Per cui $\rho \sim M * T^6 / L^{3/2}$. Le temperature di Altair e del Sole possono essere trovate utilizzando il diagramma H-R per il loro tipi spettrali, A7 e G2: 8100K e 5800K rispettivamente. Da ciò, comparando le densità delle due stelle (Sole ρ_0 ~1410 Kg/m^3), si può trovare la densità di Altair.

$\rho_A= \rho_0 * (M_A/M_0) * (T_A/T_0)^6 * (L_0/L_A)^{3/2} \sim 480\ kg/m^3$.

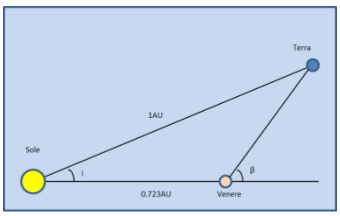
n.5

A quale distanza massima della stessa eclittica di Venere, la Terra può essere vista dal cielo venusiano (considerandolo da un punto fuori l'atmosfera)? Le orbite dei pianeti possono essere considerate circolari. Stimare la magnitudine della Terra in questa situazione.

At what maximum distance from the own (Venus) ecliptic the Earth can be visible at the sky from Venus (actually, from a point outside Venus atmosphere)? Orbits of the planets may be considered circular. Estimate stellar magnitude of Earth in this situation.

<u>Soluzione:</u>

La massima distanza spaziale dalla Terra verso l'eclittica di Venere è:



$H= R_0 * \sin i$

dove R_0 è il raggio dell'orbita terrestre (1AU) e i è l'inclinazione dell'orbita terrestre dal piano dell'eclittica di Venere, che è uguale a 3°.4

$H= 1AU * \sin 3.4 = 0.0593\ AU$

Nel cielo venusiano la Terra in questa posizione può essere visibile alla distanza massima nella configurazione di opposizione, dove la distanza tra Venere e Terra è minima e uguale a:

$L = R_0 - R_V = 1AU - 0.723\ AU = 0.277\ AU$

(gli angoli sono piccoli e quindi si può non prendere in considerazione l'inclinazione). La massima distanza nel cielo (angolo β) può essere calcolato dalla equazione:

$H = L * \tan\beta$ da cui $\tan\beta = H/L = 0.214$ con $\beta = 12°.1$

Per stimare la magnitudine della Terra visibile nelle vicinanze di Venere, si deve confrontare essa con quella di Marte visibile dalla Terra in opposizione (α è l'albedo, D i diametri dei corpi ed R le distanze).

Flusso da Venere dalla Terra: $F_E \sim \alpha_E * D_E^2 * (1/R_{V-E})^2 * (1/R_{S-E})^2$

Flusso dalla Terra da Marte: $F_M \sim \alpha_M * D_M^2 * (1/R_{E-M})^2 * (1/R_{S-M})^2$

Il loro rapporto sarà di : $F_E / F_M \sim 70$

Per cui la Terra vista da Venere è più brillante di Marte visto dalla Terra in opposizione, e la differenza in magnitudine sarà di:

$\Delta m = -2.5 * Lg (F_E / F_M) = -4^m.6$

Da cui si ricava: $m_E = -6^m.6$

n.6

Gli astronomi hanno scoperto una gallassia distante che nel nostro cielo appare come ε Eridani, lo stesso colore, ma 1000 volte meno intenso. Sembra che, comunque, questa galassia sia composta solo delle stelle simile al Sole nelle caratteristiche fisiche. Trovare il numero di stelle nella galassia.

Astronomers have discovered a distant galaxy that in Earth's sky at first glance looks like ε Eridani, the same in colour, but 1000 times less in intensity. It appears, however, that this galaxy is composed only of the stars similar to the Sun in physical characteristics. Find the number of stars in the galaxy.

__Soluzione:__

Il fatto che la galassia, che contiene stelle di tipo del Sole, appaia come una stella arancione ε Eridani, indica la presenza di un redshift: $z = (\lambda_1 - \lambda_0)/\lambda_0$. Considerando la legge di Wien λT = cost, allora $z = (T_0 - T_1)/T_1$

Le temperature delle stelle possono essere ricavate dal diagramma H-R. T_0=5800K, T_1=4900K, per cui si ottiene:

z= (5800-4900)/4900 = 0.18

La galassia si sta quindi allontanando da noi con una velocità di : V=c*z = 54000 Km/s

In accordo con la legge di Hubble V=R*H, si che R=V/H e quindi R=760 Mpc

Quindi la galassia sta a 760 Mpc ed il fatto che sembri come ε Eridani ($3^m.74$), più debole di un fatto 1000 (3.74 +7.5 = 11.24) ci porta a concludere che (ecludendo effetti di redshift) la magnitudine assoluta della galassia è:

$M = m - 5 * \log (R/10pc) = 3.74 + 7.5 - 5 \log(76000000) \sim -28^m.2$

Se si tiene conto del redshift, i fotoni perdono energia come $\Delta E = h\, \Delta\nu = h * c * (1/\lambda_0 - 1/\lambda_1) \sim 0.84$. Questo implica che la magnitudine cambia come: -2.5 *log(0.84) = 0.2

Da cui si ricava che la magnitudine assoluta considerando anche il redshift sarà di -28.0.

La magnitudine assoluta del Sole è 4.8, la differenza sarà quindi di 33.2.

Utilizzando questo valore si può concludere che il numero totale di stelle è $10^{33.2/2.5}$~1.9 10^{13} stelle

Prova osservativa

Cloudy Sky

9. Indica con il dito la direzione dei seguenti oggetti:

9.1: la stella polare

9.2: l'eclittica

10. Passa ora al telescopio:

10.1: Allinea il cercatore in modo che sia allineato perfettamente. Dopo aver finito l'allineamento, mostra il telescopio all'esaminatore.

10.2: Scrivi qui sotto il numero scritto in un posto distante che ti verrà indicato dall'esaminatore.

11. Stima la distanza zenitale approssimativa di mercurio

Clear Sky

9. Indica con il dito la direzione dei seguenti oggetti:

9.1: la stella polare

9.2: l'eclittica

10. Al telescopio punta NGC869 e NGC884. Una volta fatto mostralo all'esaminatore.

10.2 Stima l'attuale angolo orario di entrambi (10 gradi di accuratezza) e scrivile nel riquadro

11. Punta M15 con il telescopio. Ti viene data una mappa del cielo. Dopo aver identificato l'oggetto, mostralo all'esaminatore.

12. Stima la distanza zenitale approssimativa di mercurio

Prova pratica

Fireball

Una palla di fuoco viene osservata da tre differenti siti I, II, III. La posizione dei siti, l'altezza e l'azimut dei punti di partenza e di fine sono dati in tabella:

Observing position			Starting point (A)		End point (B)	
	Longitude	Latitude	Azimuth	Altitude	Azimuth	Altitude
I	127.3° E	+35.7 °	17 °	35 °	77 °	10 °
II	128.5° E	+37.0 °	235 °	-	139 °	-
III	128.5° E	+35.4 °	325 °	-	48 °	-

L'azimut viene misurato verso est da nord, e l'altezza è data in gradi sopra l'orizzonte. Seguendo i passi sottostanti trovare la vera traiettoria e la posizione del palla incandescente.

7.1 Hai una carta millimetrata. Disegna le tre posizioni di osservazione e disegna la traiettoria della palla di fuoco come si vedrebbe dalla superficie terrestre.

7.2 Calcolare la longitudine e la latitudine dei punti di partenza (λ_A,φ_A) ed arrivo (λ_B,φ_B) della palla di fuoco e la lunghezza totale della traiettoria proiettata sulla superficie terrestre.

7.3 Trovare l'altezza del punto di partenza hA e di quello di fine hB della traiettoria sopra la superficie della Terra.

7.4 Dove si potrebbe trovare un meteorite, se esso sopravvivesse al passaggio attraverso l'atmosfera e colpisse il suolo? Calcolare la longitudine e la latitudine (λ_C,φ_C) del luogo del meteorite sulla superficie della Terra.

Infine, completa la tabella sottostante ridisegnandola sul tuo quaderno.

point	Long λ	Lat φ	L (Km)	hA (Km)	hB (Km)	Posizione meteorite	
						long	lat
A							
B							

A fireball was observed at 3 different observing sites I, II, III. The position of the observing sites, the altitude and azimuth of start and end points are given in Table 1. Azimuth is measured eastward from the North direction, and altitude is given in degrees above the horizon. Following the steps below, find true trajectory and location of fallen debris of the fireball.

Observing position			*Starting point (A)*		*End point (B)*	
	Longitude	*Latitude*	*Azimuth*	*Altitude*	*Azimuth*	*Altitude*
I	*127.3˚ E*	*+35.7 ˚*	*17 ˚*	*35 ˚*	*77 ˚*	*10 ˚*
II	*128.5˚ E*	*+37.0 ˚*	*235 ˚*	*-*	*139 ˚*	*-*
III	*128.5˚ E*	*+35.4 ˚*	*325 ˚*	*-*	*48 ˚*	*-*

7.1 You are provided by a cross-section paper. Mark the 3 observing positions (I,II,III) and draw a projected trajectory of the fireball.

7.2 Calculate the longitude and latitude of start (λa,φa) and end (λa,φa) points of the fireball and a total length L of the trajectory projected on the earth surface.

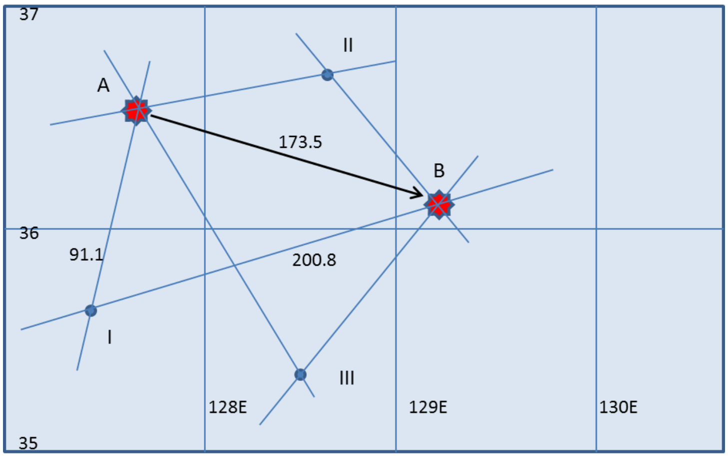
7.3 Find the heights of starting point ha and the end point hb.

7.4 Where can you find a meteorite, if it survives passage through the atmosphere and hit the ground? Calculate the longitude and latitude (λc,φc) of the location where the meteorite hits the ground.

Finally, redraw the table below to your answer-book and fill the empty cells with your results.

Soluzione:

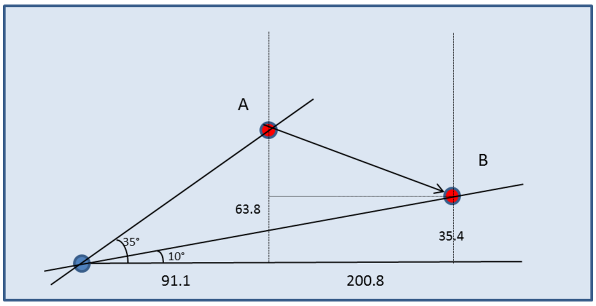
7.1



7.2 : Dalla griglia si determinano le coordinate richieste e cioè A(127.6E, 36.47N), B(129.45E,36.10N). Poi bisogna convertire le differenze di angolo in distanze attraverso il teorema di Pitagora, così che:

$L= [((129.45-127.6)*110)*(4.8/5.8))^2 + ((36.47-36.10)*110)^2]^{1/2}$

Dove il fattore di conversione 4.8/5.8 per la distanza longitudinale per un gradi di longitudine può essere letta dalla scala sulla carta millimetrata o utilizzando sin(90-36), e si può utilizzare 110Km/(gradi latitudini). Allora L=173.5 Km.



_7.3_ Se I, A e B sono correttamente fissati, la distanza IA e IB si calcola con il teorema di Pitagora, ottenendo hA= 63.8 e hB=35.4.

_7.4_ Se la palla di fuoco colpisce la superficie la traiettoria proiettata dal punto A fino al punto di impatto C, allora AC è un multiplo della distanza proiettata AB di un fattore 63.8/(63.8-35.4)= 2.2465. Lo stesso fattore può essere usato per avere la traiettoria separata in longitudine e latitudine:

$\Lambda c= 127.6+2.2465*(129.45-127.6)=131.76$

$\Phi c= 36.49 + 2.2465*(36.11-36.49) = 35.64$

point	Long λ	Lat φ	L (Km)	hA (Km)	hB (Km)	Posizione meteorite	
						long	lat
A	127.6 E	+36.49N	173.5	63.8	35.4	131.76E	+36.64N
B	129.45 E	+36.11N					

Clusters

Utilizzando il metodo dei moti degli ammassi, l'ammasso delle Iadi è noto avere una distanza di 45pc. Questo ammasso aperto è importante come candela standard, perché è possibile utilizzarlo per determinare la distanza degli altri ammassi. Purtroppo, il mezzo interstellare assorbe la luce rendendo una stella più debole e più rossa, questo viene chiamato estinzione interstellare Av e arrossamento E(B-V), entrambi misurati in magnitudini stellari. Il vero modulo di distanza può essere calcolato utilizzando la relazione:

$m-M = 5 \log d -5 +Av$

La relazione empirica tra Av ed E(B-V) è: Av= 3* E(B-V)

Nelle tabelle I e II sono mostrati i dati fotometrici delle stelle di due ammassi aperti, Iadi e NGC2682.

8.1: costruisci il diagramma colore-magnitudine delle Iadi e di NGC2682 utilizzando la carta millimetrata. Nel diagramma disegnare la sequenza principale per ogni ammasso.

8.2: costruisci il diagramma colore-colore degli ammassi utilizzando la carta millimetrata

8.3: assumendo che il l'arrossamento delle Iadi sia trascurabile, derivare il l'arrossamento interstellare di NGC2682.

8.4: Determinare la distanza di NGC2682.

8.5:trovare la magnitudine assoluta e indice di colore approssimativi della stella in uscita dalla sequenza principale in ogni ammasso.

8.6: quale ammasso è più vecchio? (Scrivere “Hyades” o “NGC2682”)

Using the moving cluster method, the Hyades cluster is known to be 45 pc away. This open cluster is important as a standard candle, because we can use it to determine the distance of other clusters. However, the interstellar medium absorbs light making a star appear fainter and redder, which is called the interstellar extinction Av and reddening E(B-V), both measured in stellar magnitudes. The true distance modulus can be computed using the relation:

$$m - M = 5 \log d - 5 + A_v$$

The empirical relation between Av and E(B-V) is

$$A_v = 3\, E(B-V)$$

In tables I e II, you are provided with photometric data of the two open cluster, Hyades and NGC2682.

8.1 Make the colour-magnitude diagrams of the Hyades cluster and NGC2682 using the provided cross-section paper (a). In the diagrams, draw the main sequence line of each cluster.

8.2 Plot the colour-colour diagrams of the Hyades cluster and NGC2682 using the provided cross-section paper (b).

8.3 Assuming that the interstellar reddening of Hyades cluster is negligible, derive the interstellar reddening, E(B-V) of NGC2682.

8.4 Determine the distance to NGC2682.

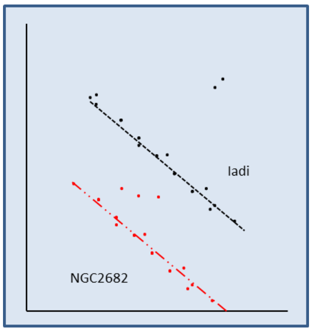
8.5 Find the absolute magnitude and colour index (B-V) of the main sequence turn-off star in each cluster, approximately.

8.6 Which cluster is older? (Write in English <<Hyades>> or <<NGC2682>>).

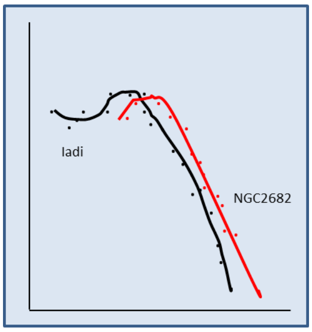
<u>Soluzione:</u>

Tutti i dati necessari sono disponibili dale tabelle o dal diagramma H-R.

8.1: il diagramma colore magnitudine dei due ammassi ha queste caratteristiche:



8.2: il diagramma colore-colore ha invece queste caratteristiche:



8.3: sul diagramma colore-colore la retta di arrossamento è E(U-B)/E(B-V) = 0.67. Purtroppo i punti dati per i due ammassi non sono sufficienti per ottenere un arrossamento dettagliato, si può accettare la differenza (B-V) tra le due rette di sequenza principale: in questo caso si ha E(B-V)=0.06 (0.02 di differenza accettabile).

8.4: sul diagramma colore-magnitudine, la differenza di magnitudine tra le sequenze principali, che è -6.3 (0.2 accettabile).

Mv(Iadi) – mv(NGC2682)= 5 log 45 – 5 log d -3*E(B-V)

-6.3 = 5 log 45 -5 log d -0.18

d= 741 pc

8.5: trova la magnitudine assoluta e indice di colore (B-V) delle stelle in uscita dalla sequenza principale in ogni ammasso:

Iadi: (B-V)=0.12 e mv=4.3   mv-Mv=5 log 45 – 5 -0.18   Mv=0.75

NGC2682: (B-V)=0.42 e mv=12.6   mv-Mv=5 log 45 – 5 +A   Mv=3.41

8.6: l'ammasso più vecchio è NGC2682.