Esercizi del capitolo 2, vita e morte delle stelle e formazione dei pianeti

1. Che cosa sono: un pianeta, una stella, una costellazione, una galassia ?

   - Un pianeta è un corpo celeste che orbita attorno ad una stella (ma che non produce energia tramite fusione nucleare), la cui massa è sufficiente a conferirgli una forma sferoidale e la cui fascia orbitale è priva di eventuali corpi di dimensioni confrontabili o superiori.
   - Si definisce stella un corpo celeste che brilla di luce propria. Una stella, in termini semplici, è un'enorme sfera di gas caldissimo. In termini più precisi, è una sfera di plasma in equilibrio idrostatico che genera energia nel suo interno attraverso dei processi di fusione nucleare.
   - Una costellazione è un gruppo di stelle visibili correlate da una particolare configurazione. Nello spazio tridimensionale, molte delle stelle che vediamo hanno poca relazione tra di loro, ma possono apparire come raggruppate su un piano immaginario del cielo notturno.
   - Col termine galassia (dal greco galaxìas kyklos, cioè "circolo lattico", l'espressione con cui gli antichi Greci indicavano la Via Lattea) ci si riferisce a un sistema legato gravitazionalmente costituito da stelle, gas interstellare, polveri e, probabilmente, materia oscura. Tipicamente le galassie hanno una massa compresa tra le 10^5 (galassie nane) e le 10^{12} (ellittiche giganti) masse solari; luminosità comprese tra le 10^5 e le 10^{11} luminosità solari; diametri che vanno dalle poche unità alle centinaia di kiloparsec ed, in genere, tendono a raggrupparsi in strutture più complesse come i gruppi o gli ammassi di galassie.

2. Spiegare la creazione dei pilastri della figura 2.8. Conosci un fenomeno "analogo" sulla Terra ?

   Le spiegazioni si trovano sotto il poster dei pilastri della creazione nel corridoio. Per qualche cosa di analogo sulla Terra, vedi per es.: "Les pyramides d'Euseigne" all'indirizzo:
   http://www.valaisimages.ch/plan/visites/pyramides.htm.

3. Spiegare come un diagramma HR di un ammasso di stelle può essere usato per stimare l'**età dell'ammasso**, cioè l'età della maggior parte delle sue stelle ?

   Le stelle massicce hanno un tempo di vita breve rispetto alle stelle piccole. Quando sono sulla SP, essi si trovano in alto a sinistra sul diagramma HR. Più si scende lungo la SP (verso il basso a destra), più la massa delle stelle è minore e più il tempo di vita sarà maggiore. Quindi sono le stelle massicce a spopolare la SP per prima, perché vivono meno tempo. Per esempio se un ammasso ha 500 milioni d'anni, le stelle che durano meno di questo non si trovano più sulla SP, ma sono evolute in giganti e sono partite verso destra nel diagramma. Di conseguenza il

punto più alto della SP dove si trovano ancora oggi delle stelle è un indicatore dell'età dell'ammasso. Questo punto si chiama "turn-off point". Grazie ai calcoli dell'evoluzione stellare, si può conoscere l'età di una stella in funzione della sua massa.

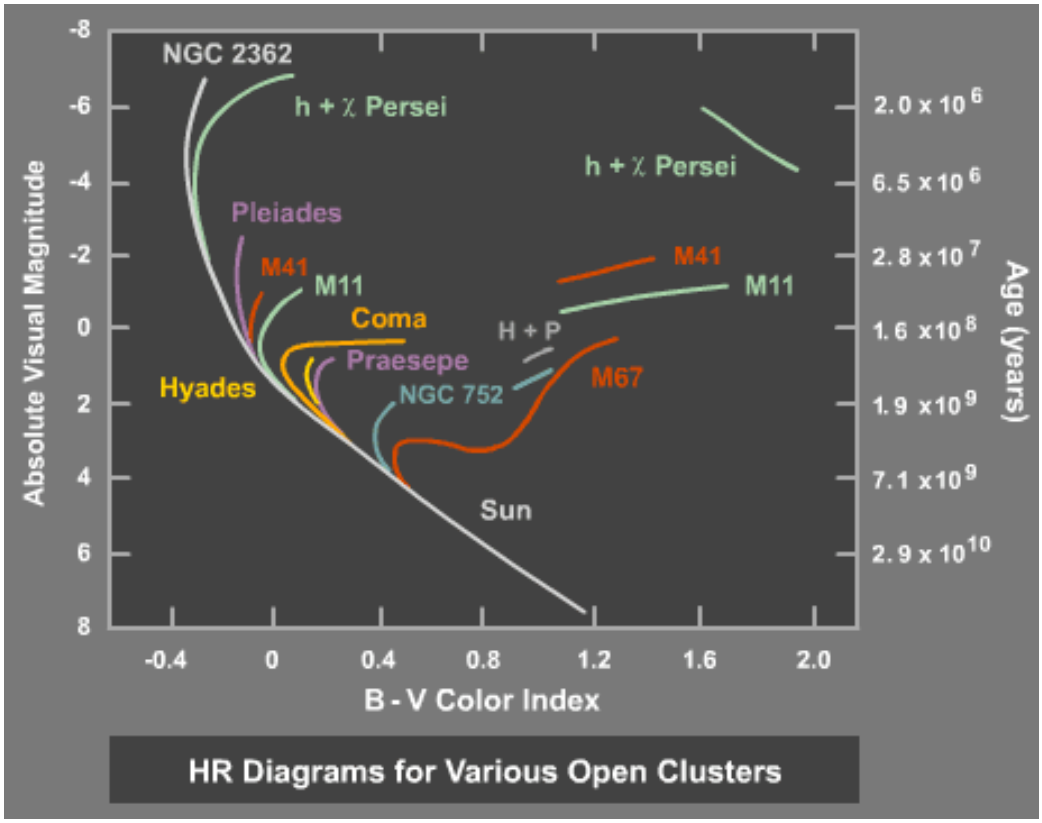

FIGURA 1— A cluster such as h + χ Persei is so young that most of its stars are still on the main sequence - they have not yet turned-off. The Pleiades, being slightly older, has no stars hotter than colour index 0 (A0 spectral class) left on the main sequence. The more massive cluster members have already evolved off the main sequence to the giant branches. M67, a very old open cluster has no star hotter than +0.4 colour index left on the main sequence. Of key importance is the turnoff point on the diagram where the cluster turns-off the main sequence. The further down the main sequence the turnoff point is, the older the cluster.

4. Le figure 2.15 e 2.14 sono entrambe diagrammi Hertzsprung–Russell, però non sono la stessa figura. Quale relazione esiste tra le due figure, cioè come i calcoli di percorsi evolutivi della figura 2.15 possono spiegare le osservazioni della figura 2.14 (con le 23'000 stelle più vicine al Sole)?

   La figura 2.14 è un diagramma che contiene 23000 stelle vicine al Sole. Ogni stella è rappresentata con un punto, che indica la sua temperatura e la sua luminosità, come misurata oggi. È una foto "istantanea" della situazione evolutiva delle stelle che si trovano oggi nelle vicinanze del Sole: la maggior parte delle stelle si trovano sulla SP, ma c'è un secondo gruppo di stelle evolute, nella zona delle giganti rosse. Troviamo un terzo gruppo di stelle, in basso a sinistra nel diagramma, esse sono le nane bianche.

La figura 2.14 invece rappresenta i percorsi evolutivi che seguiranno le stelle di massa compresa tra 0.8 $M_\odot$ e 150 $M_\odot$. Non è una foto istantanea, ma piuttosto l'insieme dei punti che occuperanno le stelle durante la loro vita.

Per ottenere la vera distribuzione delle stelle a partire dai calcoli su cui è basata la figura 2.15, bisogna aggiungere due cose: la distribuzione iniziale di massa e la ponderazione per il tempo passato in un certa parte del diagramma. La distribuzione iniziale di massa (initial mass function, IMF) ci dice quante stelle di una certa massa esistono alla nascita. Per esempio le stelle di massa maggiore di 50 $M_\odot$ sono molto rare, quindi la probabilità di trovare sulla SP è molto bassa, spiegando perché la zona delle stelle di tipo O della SP è poco popolata nella figura 2.14. Il tempo passato in un certa parte del diagramma permette di valutare la densità dei punti nella figura 2.14. Per esempio, sulla traversata orizzontale del diagramma HR, le stelle impiegano pochissimo tempo, quindi la probabilità di trovarle li è bassa. Invece le stelle spendono 90% del loro tempo sulla SP, densamente popolata sulla figura 2.14.

5. Se osservate una stella estremamente brillante (temperatura di superficie uguale a 100'000 K), quale colore avrebbe questa stella? A. rosso, B. blu, C. viola, D. bianco, E. nero (la stella emette la sua luce in ultravioletto e raggi X, non nel visibile).

   Risposta: C. viola. (vedi http://astro.unl.edu/naap/ebs/spectraltype.html)

6. Annie Jump Cannon stabilì la classificazione spettrale e organizzò i tipi spettrali nella sequenza OBAFGKM. Fu dimostrato dopo che questa sequenza era correlata a: A. la massa, B. il raggio, C. la temperatura di superficie, D. l'età, E. la composizione chimica delle stelle?

   Risposta: C. la temperatura di superficie

7. Quali sono le due proprietà osservabili delle stelle che gli astronomi usano oggi per classificarle? A. la distanza e la posizione sul cielo, B. la massa e il raggio, C. la temperatura centrale e la pressione, D. la temperatura superficiale e la luminosità, E. l'età e la composizione chimica?

   Risposta: D. la temperatura superficiale e la luminosità.

8. Nel cuore del Sole accadono reazioni di fusione nucleare, un processo che ha bisogno di circa $10^7 K$ per verificarsi. La sorgente di energia che ha permesso al Sole di riscaldarsi abbastanza per iniziare le reazioni di fusione era: A. il Big Bang, B. Correnti elettrici generati dal campo magnetico, C. energia chimica, D. fissione nucleare, E. contrazione gravitazionale?

   Risposta: E. contrazione gravitazionale

9. Nel cuore del Sole succede lo stesso processo di fusione nucleare che nell'esplosione delle bombe a idrogeno. Perché il Sole non esplode? A. perché è un plasma ionizzato di elettroni e nuclei, B. se la sua temperatura aumenta, il cuore si espande, causando una diminuzione di temperatura, C. i neutrini portano via l'energia, raffreddandolo, D. sta esplodendo ma la gravità "contiene" l'esplosione?

Risposta B. se la sua temperatura aumenta, il cuore si espande, causando una diminuzione di temperatura. C'è un equilibrio tra la pressione generata dalle reazioni di fusione nucleare verso l'esterno e le forze di gravità verso l'interno. Se la pressione dovuta alle reazioni nucleari al centro di una stella aumentasse (con un aumento di temperatura per es.), l'equilibrio tra questa pressione e le forze di gravità non sarebbe più rispettato e la stella comincerebbe ad espandersi, proprio perché le forze che spingono verso l'esterno sono maggiori delle forze che spingono verso il centro. Quando si espande, si raffredda.

10. La sorgente principale di energia del Sole oggi è: A. chimica, B. fissione nucleare, C. fusione nucleare, D. contrazione gravitazionale, E. un buco nero nel suo centro.

    Risposta: C. fusione nucleare

11. Quale affermazione qui di seguito è falsa? Le stelle in un ammasso hanno tutte circa la stessa: A. posizione sul cielo, B. distanza, C. età, D. composizione chimica iniziale, E. massa?

    Risposta: E. massa

12. Sappiamo che la nebulosa di Orione è una regione di formazione stellare, cioè una regione che contiene stelle che sono molto più giovani di 14 miliardi di anni, l'età dell'universo, perché: A. contiene stelle calde e luminose sulla SP, B. contiene gas idrogeno ionizzato che emette luce, C. si trova in un braccio spirale, D. contiene un sacco di stelle vicine l'una all'altra.

    Risposta: A. contiene stelle calde e luminose sulla SP

13. Il Sole finirà la sua vita come: A. una gigante rossa, B. una supergigante, C. una nana bianca, D. una stella a neutroni, E. un buco nero?

    Risposta: C. una nana bianca

14. La prova migliore che in genere il centro di una galassia contiene un buco nero è: A. immagini ad alta risoluzione usando il telescopio spaziale rivelano forte effetti di lente gravitazionale, B. un grande redshift, C. un spettro variabile che non assomiglia ad un spettro stellare e che si estende dal radio fino ai raggi gamma, D. la presenza di getti relativistici, E. molta massa (dedotta dal moto orbitale del gas o delle stelle) in uno spazio piccolo (dedotto dalle immagini ad alta risoluzione).

    Risposta: E. molta massa (dedotta dal moto orbitale del gas o delle stelle) in uno spazio piccolo (dedotto dalle immagini ad alta risoluzione, per esempio con il telescopio spaziale).

15. Questa foto (figura sotto) è un'immagine dal telescopio spaziale Hubble della nostra galassia: A. corretto, B. falso, C. possibile.

    Risposta: B. Non è possibile vedere la Via Lattea in questo modo, perché il sistema solare fa parte della Via Lattea: ci troviamo dentro il disco! Per potere vedere una galassia in questo modo, uno deve stare fuori e lontano dalla galassia. La visione

di un disco di stelle, dal punto di vista dentro il disco, è una striscia di luce (la Via Lattea). Vediamo il disco della nostra galassia ”di profilo” e non di faccia. Vedi le figure 2 e 3 per una visione della Via Lattea nel visibile e nelle altre lunghezze d’onda.

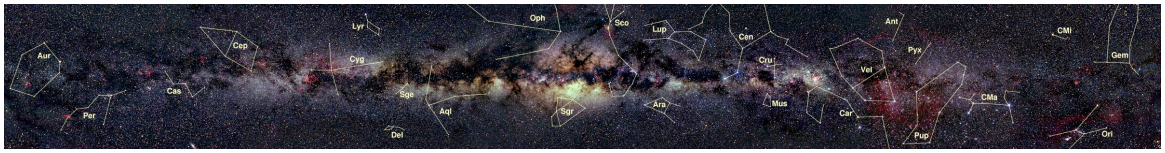

FIGURA 2— La Via Lattea nella luce visibile con alcune costellazioni indicate. La parte centrale (Galactic Bulge) è molto più luminosa perché la densità di stelle è molto più elevata. Uno deve andare nell’emisfero sud per potere osservarlo. Le macchie scure non corrispondono all’assenza di stelle, ma alla presenza di polvere che blocca la luce proveniente delle stelle dietro la polvere.

16. Descrivere con un massimo di 5 righe il cammino di un atomo di C che oggi appartiene alla vostra pelle: Dall’inizio della sua creazione, fino ad arrivare sulla vostra pelle.

    La maggior parte del C nell’universo viene formato nel ”triple alpha process”[1]. Una prima generazione di stelle è necessaria per creare il C, poi deve essere disperso nello spazio durante il fenomeno di nebulosa planetaria o supernova. In un secondo tempo, questo materiale viene riusato per la formazione di una nuova stella. Il resto del materiale (non usato nella stella) forma un disco proto–planetario, da dove pianeti come la Terra provengono.

[1] figura 2.26

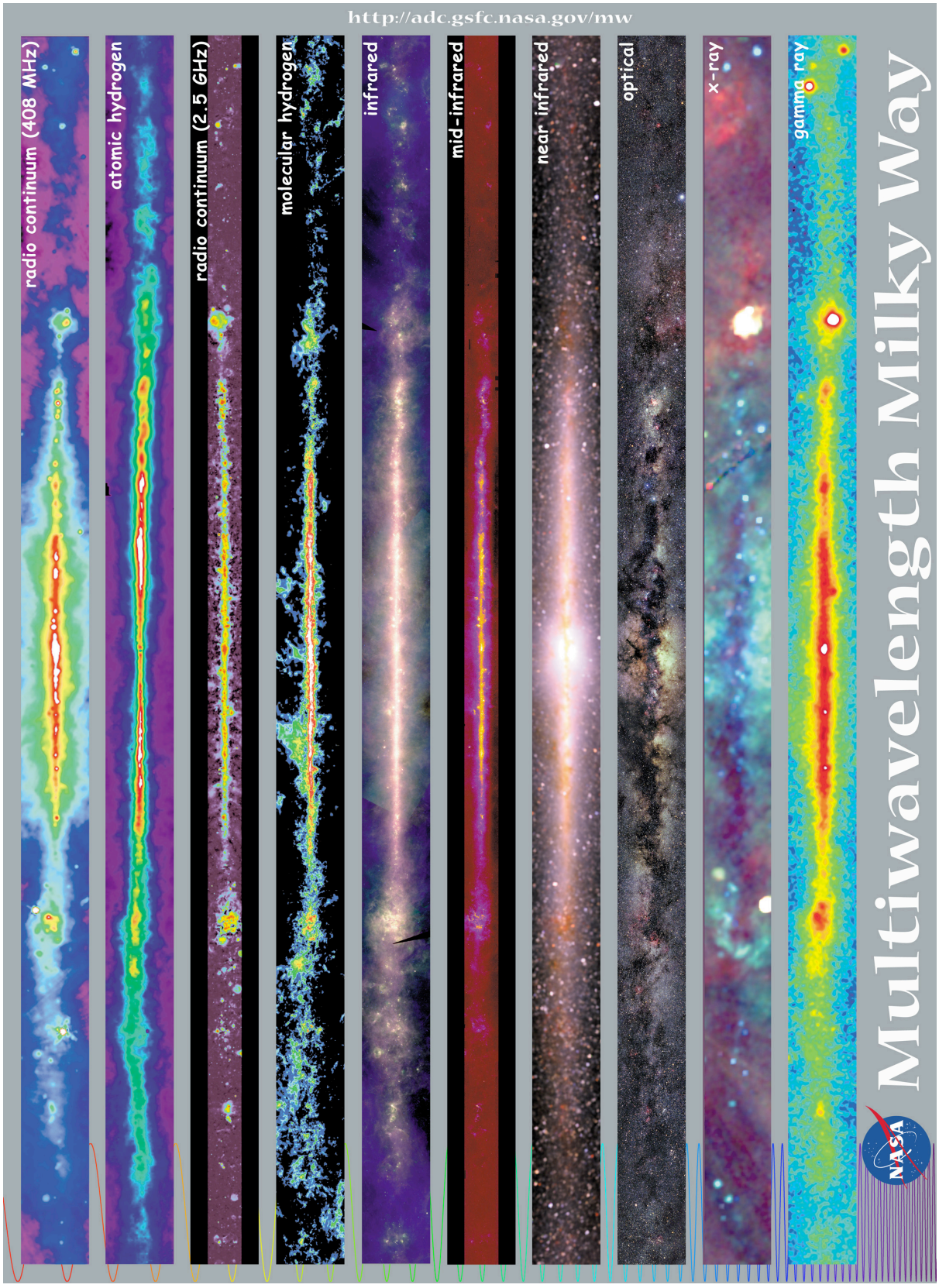

FIGURA 3— La Via Lattea in varie lunghezze d'onda: dalle onde radio fino ai raggi gamma. La luce infrarossa (near infrared) non è bloccata dalla polvere e quindi l'aspetto della Via Lattea in infrarosso è molto più regolare che nel visibile.