LAS ESTRELLAS

G. Iafrate(a), M. Ramella(a) and V. Bologna(b)
(a) INAF - Astronomical Observatory of Trieste
(b) Istituto Comprensivo S. Giovanni Sc. Sec. di primo grado M. Codermatz" - Trieste

Information and contacts: http://vo-for-education.oats.inaf.it - iafrate@oats.inaf.it

Con este caso de uso usted podrá descubrir los parámetros básicos observacionales de las estrellas, color y magnitud. Estos parámetros observacionales son la contraparte de los parámetros físicos principales, temperatura y luminosidad. Mediante la selección de estrellas en el cielo usted podrá construir el diagrama de Hertzprung-Rusell que muestra la relación entre el color y la magnitud, un hito en la historia de nuestra comprensión de cómo funcionan y evolucionan las estrellas.
Si se utiliza en el aula de clase, el significado de temperatura, color y luminosidad debería ser explicado antes de desarrollar este caso de uso. Es requerido trazar puntos de coordenadas en un diagrama. El nivel de este recurso es intermedio.

1.- Introducción

Las estrellas tienen diferentes colores y luminosidades. Con el desarrollo de este tutorial aprenderemos los conceptos de luminosidad y color de una estrella; y a partir de estos conceptos que información podemos obtener acerca de la evolución estelar .

2.- Estrellas: Magnitud y color

Mirando el cielo a simple vista la mayoría de las estrellas parecen del mismo color. Vemos las estrellas brillar principalmente en luz blanca porque el ojo humano, en condiciones de baja luminosidad, pierde su capacidad para distinguir colores: Solo las estrellas más brillantes son lo suficientemente luminosas para mostrar su color real. Mirando el cielo con binocualres o un telescopio vemos que las estrellas tienen colores y que estos colores pueden ser colocados en una secuencia: desde el azul al blanco, amarillo, naranja y rojo.
Los astrónomos usan espectros para estudiar el color de las estrellas. Un espectro se forma cuando la luz pasa, por ejemplo, a través de un prisma. El prisma divide la luz en un “arcoiris” que los astrónomos usan para determinar el color de una estrella. Gracias a las leyes de la física, los astrónomos han comprendido que diferentes colores corresponden a diferentes temperaturas. Las estrellas más frías, con una temperatura superficial de alrededor de 2500 K, son rojas; mientras que

las más calientes, con una temperatura superficial de alrededor de 50000 K, son azules. El Kelvin (K) es la unidad de Temperatura del Sistema Internacional (SI): T(K) = T (°C) + 273,15.

Por simplicidad, los astrónomos dividen la secuencia de colores en 7 tipos espectrales principales, indicados por las letras O, B, A, F, G, K, M. A fin de tener mayor precisión en el tipo espectral, cada clase está a su vez dividida en 10 subclases indicadas por un número del 0 al 9,. Por ejemplo A0 indica que las estrellas más calientes de la clase A, y A9 indica las más frías.
La luminosidad aparente de una estrella depende de: la distancia a la que se encuentra de nosotros, la temperatura y el radio. Los astrónomos miden la luminosidad aparente mediante la *magnitud aparente:* La magnitud es una escala de luminosidad usada para comparar estrellas. Los primeros astrónomos asignaron la magnitud 1 a la estrella más brillante del cielo y magnitud 6 a la más débil que puede ser vista a simple vista. Con telescopios podemos ver estrellas más débiles que la magnitud 6, de tal modo que la escala real se extiende más allá de estos valores. También existen algunas estrellas que son más brillantes que la magnitud 1: por ejemplo, Vega tiene una magnitud 0 y el Sol tiene una magnitud -27.
Las magnitudes son logarítmicas porque el ojo humano detecta el brillo de manera logarítmica, de tal modo que un incremento de 5 magnitudes corresponde a un decremento en luminosidad en un factor de 100: Una estrella de magnitud 6 no es 5 veces menos luminosa que una estrella de magnitud 1, sino 100 veces menos luminosa.
Los astrónomos miden la *luminosidad* real mediante la *magnitud absoluta*, que es la *magnitud aparente* que una estrella debería tener si estuviera ubicada a 10 parsecs (aproximadamente 33 años luz) de nosotros. Esto implica que tenemos que determinar la distancia a la estrella para calcular la *magnitud absoluta.*

Clase espectral	Temperatura	Color
O	30000 - 60000 K	Azul
B	10000 - 30000 K	Azul - Blanco
A	7500 - 10000 K	Blanco
F	6000 - 7500 K	Blanco - Amarillo
G	5000 - 6000 K	Amarilla
K	3500 - 5000 K	Naranja
M	2000 - 3500 K	Rojo

3.- Stellarium
Stellarium es un software libre que transforma un computador en un planetario. Calcula las posiciones del Sol y la Luna, los planetas y las estrellas, y dibuja en el cielo como sería visto por un observador desde cualquier lugar de la Tierra en cualquier época. Stellarium también puede dibujar las constelaciones y simular fenómenos astronómicos tales como lluvia de meteoritos, eclipses solares o lunares.

Nuestro proyecto depende de su apoyo. Si encuentra que nuestro material le resulta de utilidad, le pedimos que lo reconozca en sus publicaciones, o nos escriba un email (iafrate@oats.inaf.it), o de me gusta en nuestro facebook (www.facebook.com/VOedu). Gracias!

Stellarium puede ser usado como una herramienta educativa para niños de todas las edades, como una ayuda observacional para astrónomos aficionados que quieran planear una noche de observación, o simplemente para explorar el cielo (algo divertido!). Stellarium muestra un cielo realista, muy cercano a lo que usted ve a simple vista, con binoculares o con telescopio. Stellarium aporta datos astronómicos (coordenadas, magnitud, distancia, etc) de la mayoría de los objetos celestes visualizados en la pantalla.
Usted puede descargar Stellarium libremente desde nuestro sitio web http://vo-for-education.oats.inaf.it o desde http://www.stellarium.org.

4.- Diagrama de Hertzsprung-Rusell

En el diagrama de Hertzsprung-Rusell (HR) se grafica la *magnitud absoluta* de las estrellas versus su *color*. En este diagrama las estrellas ocupan regiones bien definidas, con la mayoría de las estrellas ubicándose en la secuencia principal, una curva aproximadamente diagonal.
Los astrónomos han descubierto que las estrellas se mueven en el diagrama a lo largo de su existencia, gastando la mayoría de su vida en la secuencia principal. La "vida" de una estrella es llamada "evolución" (ver el recuadro sobre evolución estelar).
El 90% de las estrellas están ubicadas en la secuencia principal, con las estrellas azules en la esquina superior izquierda de la secuencia y las estrellas rojas en la esquina inferior derecha. El sol está localizado en la mitad de la secuencia principal. En el diagrama también hay estrellas que no pertenecen a la secuencia principal y se están aproximando al final de su vida. Por ejemplo, las estrellas gigantes y las supergigantes se ubican en la sección superior derecha del diagrama porque tienen mayor *luminosidad* pero baja *temperatura*. Las enanas blancas, que son muy calientes pero pequeñas, se ubican en la esquina inferior izquierda del diagrama.

Evolución estelar

Las estrellas son grandes esferas de gas (si el planeta Tierra fuera un grano de arena, una estrella de tamaño mediano sería un balón de 1 metro de diámetro). Las estrellas producen energía mediante fusión nuclear que ocurre en el núcleo, principalmente compuesto por hidrógeno. la fusión de 4 átomos de hidrógeno en 1 de helio constituye el proceso principal. La energía neta de un átomo de helio es más baja que la suma de la energía de 4 átomos de hidrógeno, así que el exceso de energía es emitido en forma de radiación. Una estrella gasta la mayor parte de su vida en una fase estable, correspondiente a la secuencia principal del diagrama HR, durante esta fase quema el hidrógeno del núcleo.
Las estrellas tienen diferentes masas y por consiguiente diferentes cantidades de combustible nuclear. Las estrellas más masivas tienen más combustible, por consiguiente emiten más energía y evolucionan más rápidamente que las estrellas pequeñas, las cuales brillan menos. Las estrellas masivas evolucionan más rápido y permanecen menos tiempo en la secuencia principal. Dado que es más probable que las estrellas estén en la etapa estable de combustión de hidrógeno, la secuencia principal esta más ricamente poblada.
La fase de secuencia principal finaliza cuando las estrellas terminan el hidrógeno del núcleo, que se ha transformado completamente en helio. La estrella ahora quema helio en el núcleo e hidrógeno en una capa que lo rodea. La estrella empieza a expandirse y se convierte en una gigante roja. Las estrellas gigantes son muy grandes y relativamente frías, emiten una gran cantidad de energía y son muy luminosas.
Cuando la estrella termina todo tipo de combustible nuclear, puede empezar a colapsar, y

dependiendo de su masa, es posible que explote. Si la estrella es masiva, expele sus capas exteriores las cuales forman una nebulosa planetaria, mientras el núcleo caliente colapsa en una enana blanca. Las estrellas mas masivas explotan como una supernova y/o colapsan en un agujero negro.

Nuestro proyecto depende de su apoyo. Si encuentra que nuestro material le resulta de utilidad, le pedimos que lo reconozca en sus publicaciones, o nos escriba un email (iafrate@oats.inaf.it), o de me gusta en nuestro facebook (www.facebook.com/VOedu). Gracias!

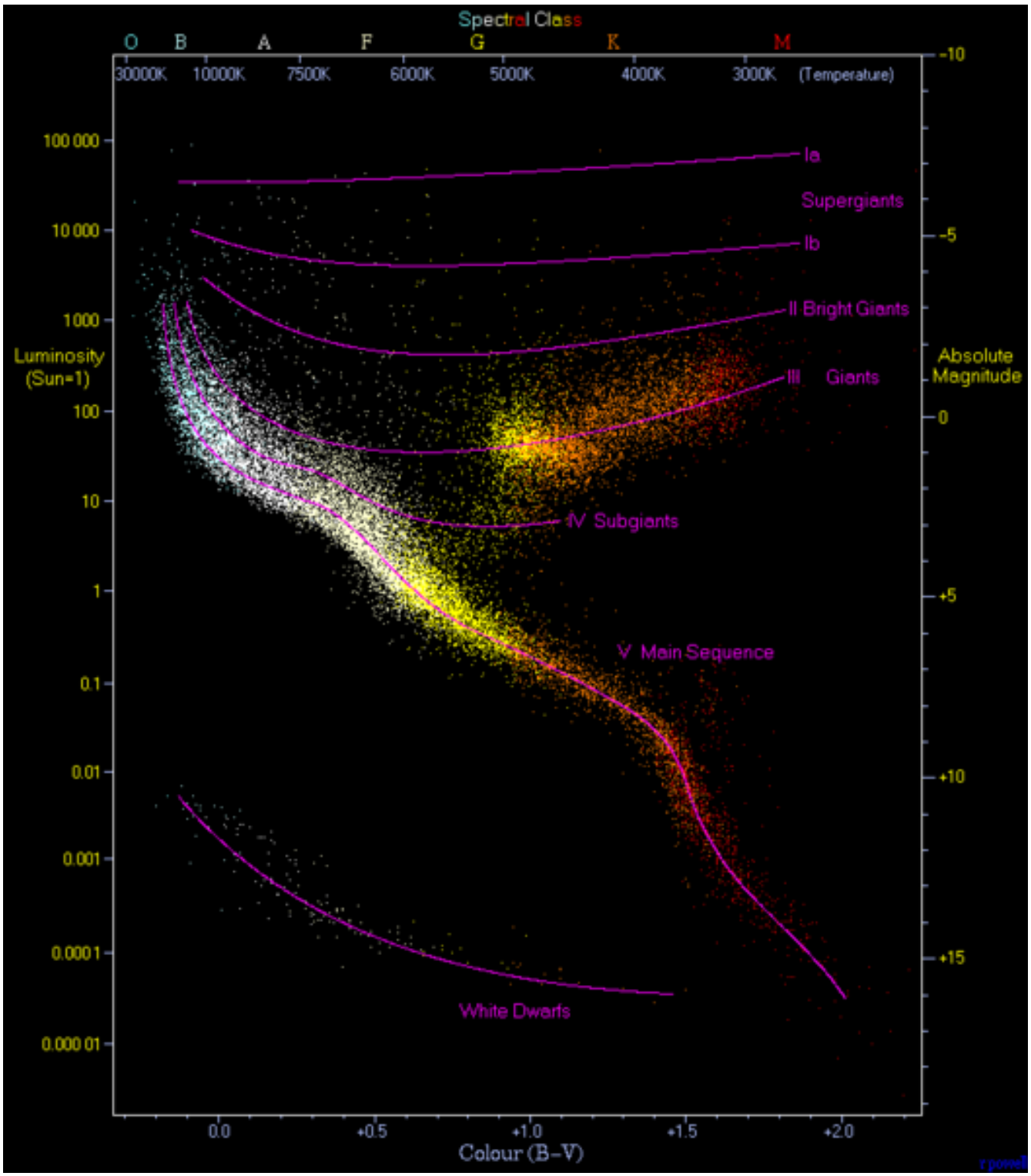
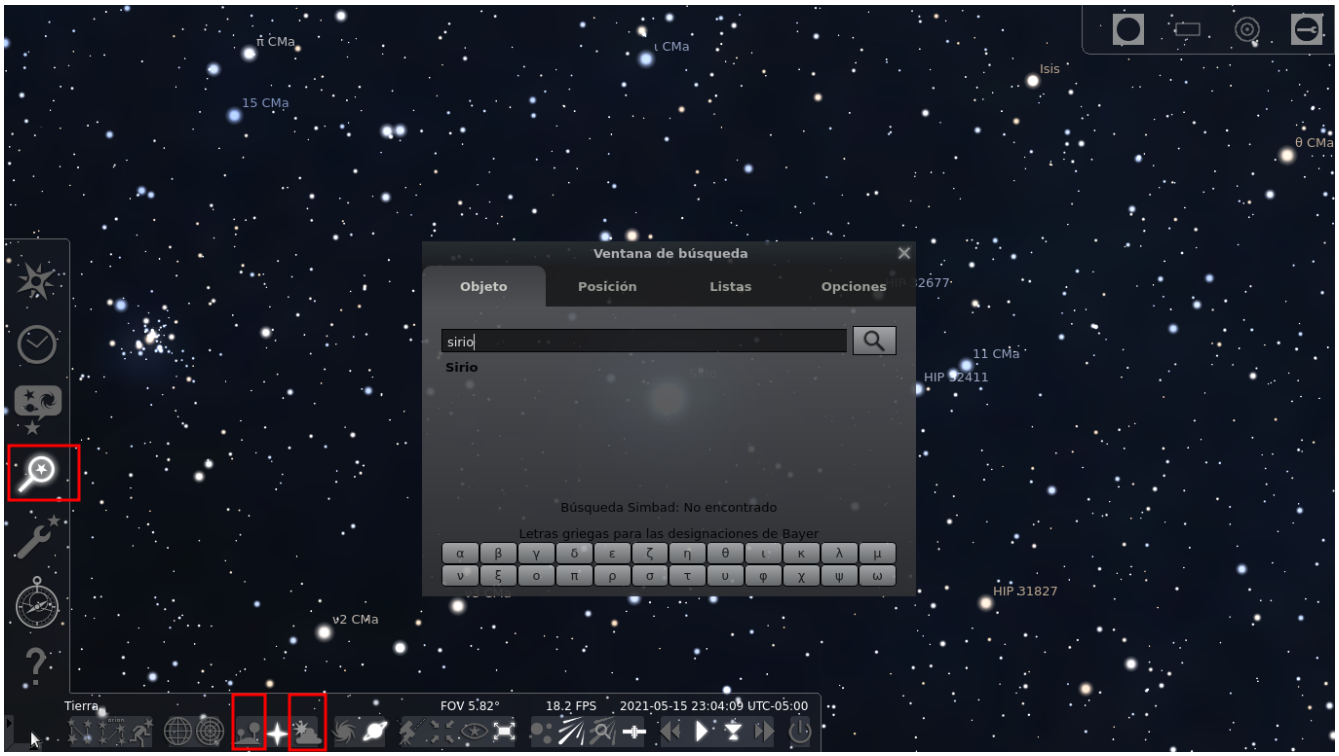


Diagrama de Hertzprung-Russell construido a partir de 22000 estrellas del catálogo Hipparcos junto con 1000 estrellas de baja luminosidad del Catálogo Gliese de Estrellas Cercanas (rojas y enanas blancas) (Créditos: Richard Powell - http://www.atlasoftheuniverse.com/hr.html)

Nuestro proyecto depende de su apoyo. Si encuentra que nuestro material le resulta de utilidad, le pedimos que lo reconozca en sus publicaciones, o nos escriba un email (iafrate@oats.inaf.it), o de me gusta en nuestro facebook (www.facebook.com/VOedu). Gracias!

5.- Diagrama HR con Stellarium

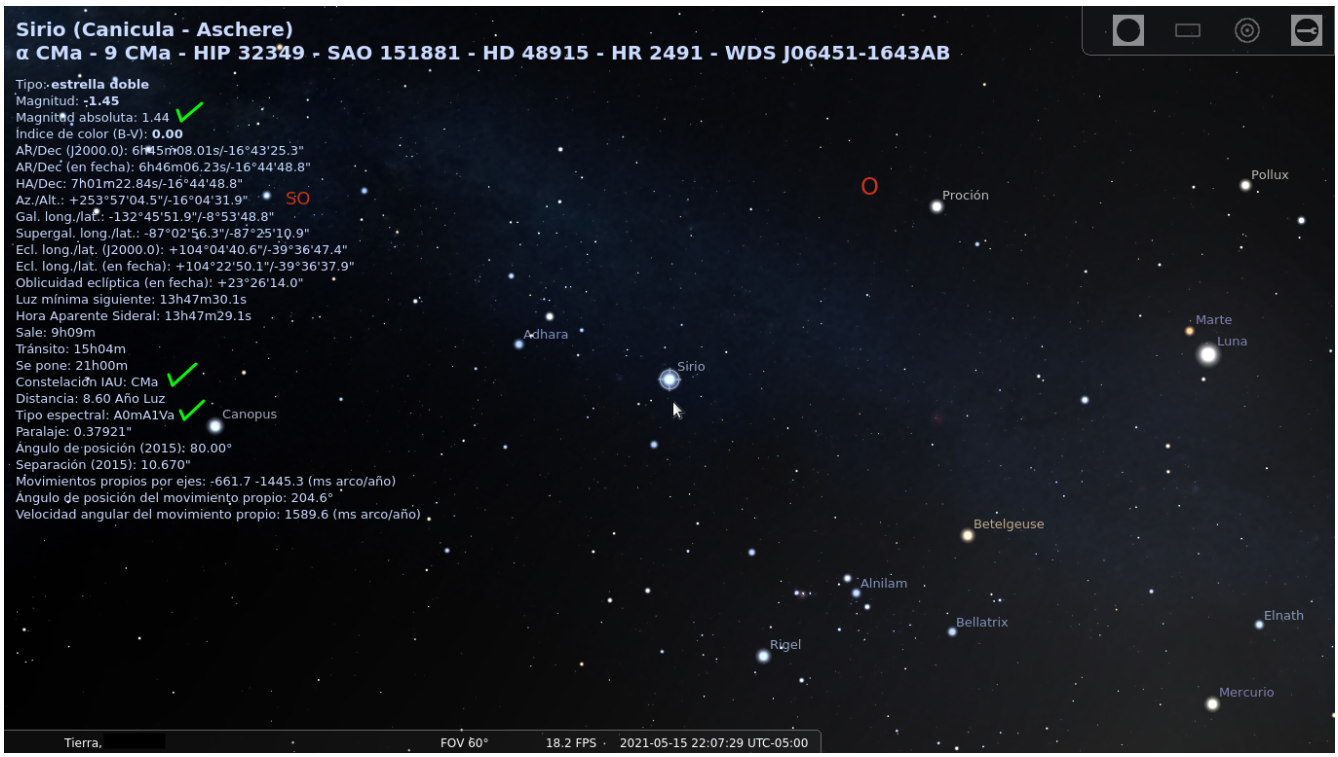
Abra Stellarium y desactive las opciones de Atmósfera y Tierra (botones de ‘Atmósfera’ y ‘Tierra’).



Mirando las estrellas usted puede notar que tienen diferentes colores y magnitudes. A fin de comprender lo que significan estas características, intentemos pensar como lo hicieron Hertzsprung y Rusell a inicios del siglo XX.

Hertzsprung y Rusell observaron las estrellas mas luminosas, graficaron su *magnitud absoluta* versus el *tipo espectral*, y obtuvieron el diagrama. Hoy en día podemos utilizar las herramientas del Observatorio Virtual, de tal modo que no necesariamente debemos realizar observaciones astronómicas durante la noche. Observaremos en Stellarium las 25 estrellas más brillantes del cielo y luego graficaremos su *tipo espectral* versus la *magnitud absoluta*.

Haga clic en el botón de búsqueda ubicado en el menú de la izquierda e ingrese el nombre de la estrella. por ejemplo Sirio. Observe el *tipo espectral* y la *magnitud absoluta*, datos que usaremos para construir nuestro diagrama HR.



Repita este proceso para las 25 estrellas que se presentan en la tabla del ejercicio 1. Luego construirá un gráfico con un punto por cada estrella correspondiente a su *tipo espectral* y *magnitud*. Cuando tenga su diagrama HR, ¿reconoce alguna característica del ciclo de evolución estelar?

Nuestro proyecto depende de su apoyo. Si encuentra que nuestro material le resulta de utilidad, le pedimos que lo reconozca en sus publicaciones, o nos escriba un email (iafrate@oats.inaf.it), o de me gusta en nuestro facebook (www.facebook.com/VOedu). Gracias!

EJERCICIOS

Ejercicio 1.

En la siguiente tabla está la lista de las estrellas más brillantes del cielo. Encuentrelas en Stellarium y complete la tabla con la magnitud absoluta, tipo espectral (escriba en la tabla solo la primera letra y el primer número indicado en Stellarium. p. ej. B3IV -> B3) y la constelación.

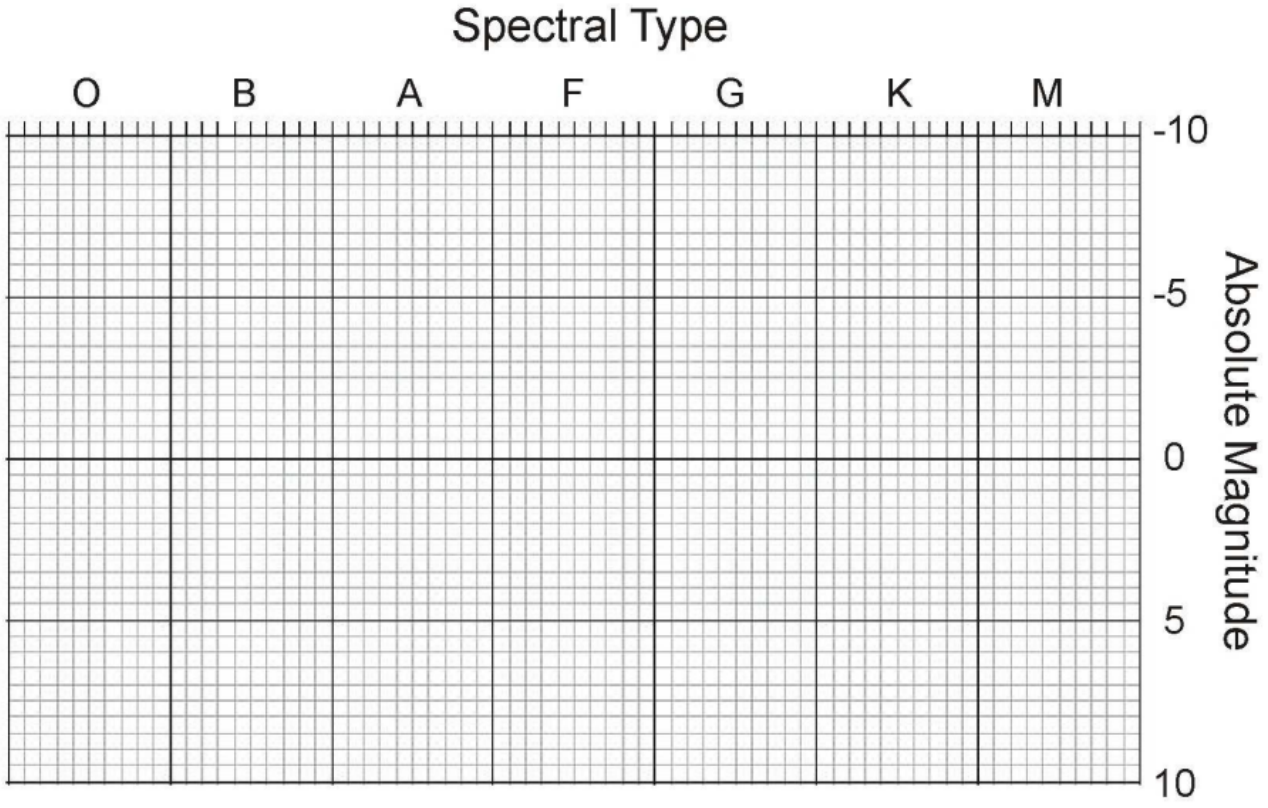
Estrella	Magnitud absoluta	Tipo espectral	Constelación
Sol	4.83	G2	
Sirio	1.44	A0	
Rigil Kent (Alfa Centauro A)	4.45	G2	
Arturo	-0.11	k0	
Vega			
Capella			
Procyon			
Achernar			
Betelgeuse			
Hadar			
Acrux			
Altair			
Aldebaran			
Antares			
Spica			
Pollux			
Fomalhaut			
Mimosa			
Regulus			
Adhara			

Nuestro proyecto depende de su apoyo. Si encuentra que nuestro material le resulta de utilidad, le pedimos que lo reconozca en sus publicaciones, o nos escriba un email (iafrate@oats.inaf.it), o de me gusta en nuestro facebook (www.facebook.com/VOedu). Gracias!

Canopus			
Gacrux			
Shaula			
Rigel			
Deneb			

Ejercicio 2.

Coloque cada estrella del ejercicio anterior en el siguiente diagrama vacío de HR, de acuerdo a su magnitud absoluta y tipo espectral. ¿Reconoce alguna característica del diagrama HR?



Nuestro proyecto depende de su apoyo. Si encuentra que nuestro material le resulta de utilidad, le pedimos que lo reconozca en sus publicaciones, o nos escriba un email (iafrate@oats.inaf.it), o de me gusta en nuestro facebook (www.facebook.com/VOedu). Gracias!

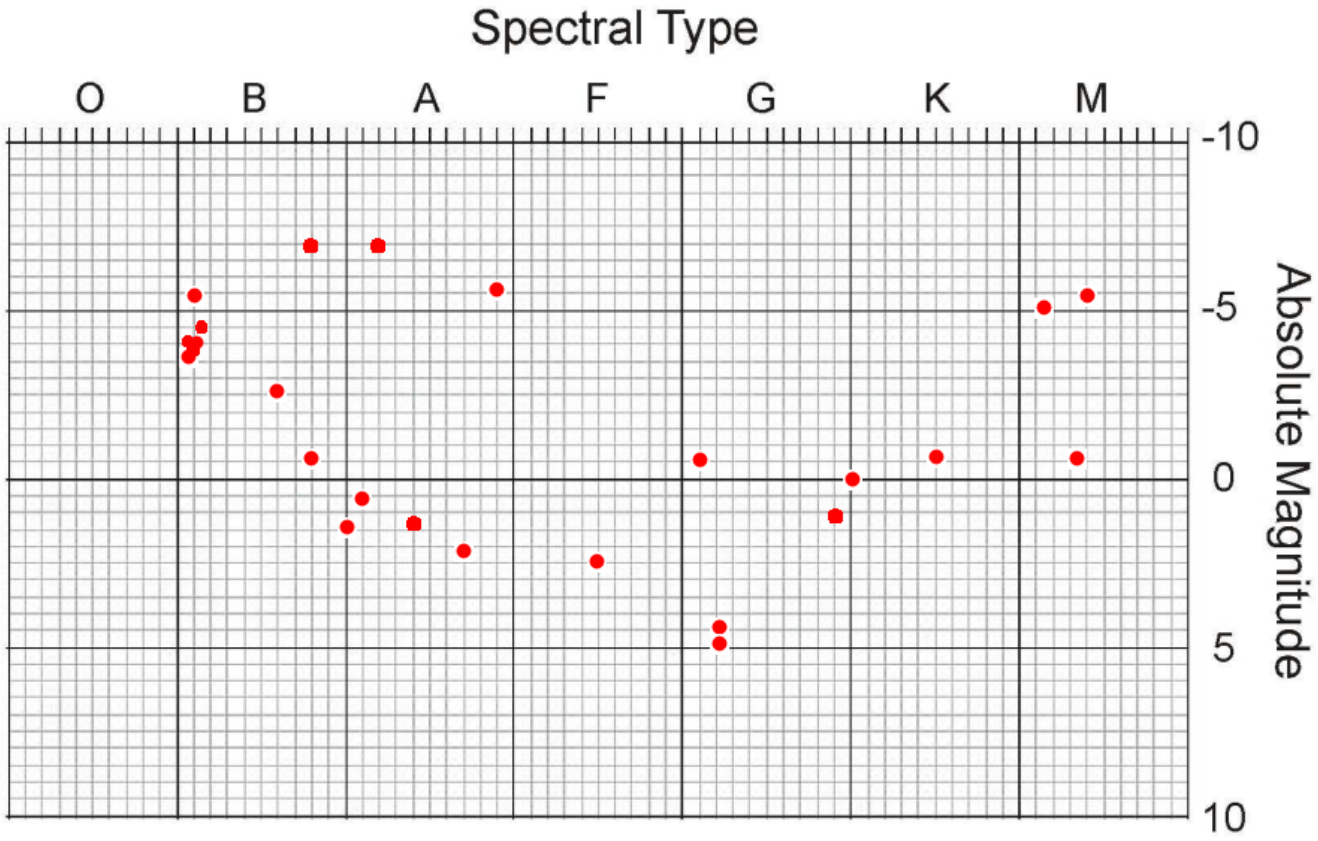
SOLUCIONES

Ejercicio 1.

Star	Absolute magnitude	Spectral type	Constellation
Sun	4.83	G2	
Sirius	1.44	A0	Canis Major
Rigil Kent	4.45	G2	Centaurus
Arcturus	-0.11	K0	Bootes
Vega	0.57	A1	Lyra
Capella	-0.54	G1	Auriga
Procyon	2.68	F5	Canis Minor
Achernar	-2.70	B6	Eridanus
Betelgeuse	-5.47	M4	Orion
Hadar	-5.48	B1	Centaurus
Acrux	-3.71	B0.5	Crux
Altair	2.20	A7	Aquila
Aldebaran	-0.70	K5	Taurus
Antares	-5.10	M1.5	Scorpius
Spica	-3.47	B1	Virgo
Pollux	1.07	G9	Gemini
Fomalhaut	1.72	A4	Piscis Austrinus
Mimosa	-3.92	B1	Crux
Regulus	-0.58	B8	Leo
Adhara	-3.97	B1	Canis Major
Canopus	-5.53	A9	Carina
Gacrux	-0.62	M3.5	Crux
Shaula	-4.62	B1.5	Scorpius
Rigel	-6.96	B8	Orion
Deneb	-6.93	A2	Cygnus

Nuestro proyecto depende de su apoyo. Si encuentra que nuestro material le resulta de utilidad, le pedimos que lo reconozca en sus publicaciones, o nos escriba un email (iafrate@oats.inaf.it), o de me gusta en nuestro facebook (www.facebook.com/VOedu). Gracias!

Ejercicio 2.



Agradecemos a Alessia Canelli, Karin Cescon, Dimitri Francolla, Asia Micheli, del Liceo Scientifico Galileo Galilei en Trieste, por la revisión de este caso de uso realizado en el marco del proyecto europeo Asterics (H2020)

Nuestro proyecto depende de su apoyo. Si encuentra que nuestro material le resulta de utilidad, le pedimos que lo reconozca en sus publicaciones, o nos escriba un email (iafrate@oats.inaf.it), o de me gusta en nuestro facebook (www.facebook.com/VOedu). Gracias!