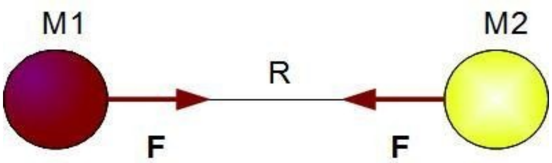
SISTEMA GRAVITATORIO BINARIO

Leyes físicas implicadas:



Un sistema gravitatorio binario está compuesto por dos cuerpos, en nuestro caso, dos estrellas, de masas M1 y M2, con una distancia R entre sus centros.
Entre ellas actúa una fuerza de atracción gravitatoria:

$$F=G\cdot\frac{M1\cdot M2}{R^2}$$

Donde G es la constante de gravitación universal: $G=6{,}67\cdot10^{-11}N\cdot m^2/kg^2$ en unidades del SI.

La fuerza gravitatoria tiene asociada una energía potencial:

$$Ep=-G\frac{M1*M2}{R}$$

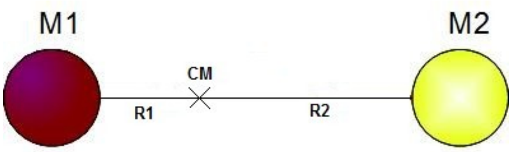
Donde el signo negativo nos recuerda que se trata de una energía de ligazón, es decir, nos mide la energía que hay que dar a uno de los cuerpos implicados para que se libere del campo.

La energía que tiende a liberar un cuerpo del otro es la energía cinética:

$Ec=1/2\cdot M\cdot v^2$ donde M es la masa de cualquiera de los dos cuerpos implicados y v es la velocidad que tiene uno respecto a otro.

Mientras la energía cinética de uno de los cuerpos no compense el valor negativo de la energía potencial, el sistema es un conjunto ligado: ninguno de los astros puede escaparse a la atracción del otro. Por eso los planetas del Sistema Solar se mantienen indefinidamente en torno al Sol o los sistemas de estrellas dobles pueden bailar su danza durante miles de millones de años.

Para comprender este movimiento ligado es conveniente utilizar como sistema de referencia el **centro de masas**.



Este punto se encuentra en la recta que une los centros de las dos estrellas, en el punto donde se cumple $M1\cdot R1=M2\cdot R2$ y representa al sistema ante la acción de fuerzas exteriores, es decir, si no consideramos fuerzas exteriores al sistema el CM no tiene aceleración y se puede tomar muy bien como origen de un sistema de coordenadas inercial. Llamando $\mathbf{V_1}$ y $\mathbf{V_2}$ a los vectores velocidad de cada uno de los dos astros respecto al CM, que consideramos en reposo, se cumplirá para sus momentos lineales $M1\cdot\mathbf{V_1}=-M2\cdot\mathbf{V_2}$ para que la suma de ambos sea nula.

¿Pueden chocarse los astros?: Esta posibilidad depende del momento angular de cada uno respecto al CM:

$\mathbf{L1}=R1\times M1\cdot\mathbf{V_1}$ y $\mathbf{L2}=R2\times M2\cdot\mathbf{V_2}$ donde el símbolo X representa producto vectorial, es decir que sus módulos son $L1=R1\cdot M1\cdot V_1\cdot sen(\alpha_1)$ y $L2=R2\cdot M2\cdot V_2\cdot sen(\alpha_2)$ donde α_1 y α_2 son los ángulos de las respectivas velocidades con R1 y R2.

El momento angular total se debe conservar, de forma que, si despreciamos los tamaños de los astros comparados con la distancia entre ellos, solo chocarían si la suma de los dos momentos angulares fuera cero, porque en el momento en que se chocaran coincidirían en el CM y tanto R1 como R2 se harían nulos.

Si el momento angular total no es nulo y la energía total, suma de la energía potencial y las energías cinéticas, es negativa, el sistema será estable y los dos astros girarán indefinidamente alrededor del centro de masas del sistema.
Ambas estrellas girarán en movimiento elíptico alrededor del CM, que estará en uno de los focos de la elipse que describe cada una de ellas, del mismo modo que los planetas giran en torno al Sol respetando las leyes de Kepler.

Características de las órbitas de las estrellas:
Aunque las dos estrellas se mueven entorno al CM, comenzaremos por analizar en principio la elipse aparente que una de ellas realiza en torno de la otra

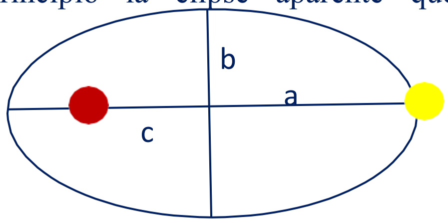


Fig. 1

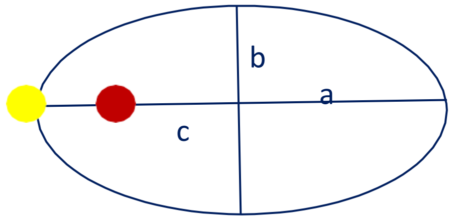


Fig. 2

Supongamos que, de la observación de las estrellas se desprende que entre ellas, hay una distancia máxima d_{max}(Fig.1) y una distancia mínima d_{min}(Fig. 2). Observando ambas figuras veremos fácilmente que los elementos de esta elipse son:
Semieje mayor: $\mathbf{a=(d_{max}+d_{min})/2}$
Distancia focal: $\mathbf{c=a-d_{min}==(d_{max}-d_{min})/2}$ Semieje menor:

$$b=\sqrt{a^2-c^2}$$

Y la tercera ley de Kepler para este caso se escribirá:

$$\frac{a}{p^2}=G\cdot\frac{m}{4\cdot\pi^2}$$

Donde **p** es el periodo del movimiento y m es la llamada masa reducida:

$$m=\frac{M1\cdot M2}{M1+M2}$$

Para calcular ahora los elementos de la elipse de cada estrella respecto al CM, simplemente repartiremos a y b de forma inversamente proporcional a las masas de las estrellas. Así, los semiejes mayores de cada estrella respecto al CM serán: $\mathbf{a_1=a\cdot M2/(M1+M2)}$ $\mathbf{a_2=a\cdot M1/(M1+M2)}$

En la práctica, hay que tener en cuenta que lo que medimos desde la Tierra no son las distancias reales entre las estrellas, sino el ángulo de separación con que observamos el par y el periodo del movimiento. Si logramos algún sistema para determinar la distancia hasta las estrellas para determinar su separación real podríamos utilizar todo el razonamiento anterior para determinar las masas de los miembros del par. En el apartado de “Distancias estelares” se ve cómo medir esas distancias para distancias no muy lejanas. En el apartado observación podemos aprender cómo se miden las distancias y las masas de las estrellas dobles a partir de los datos observados.

,