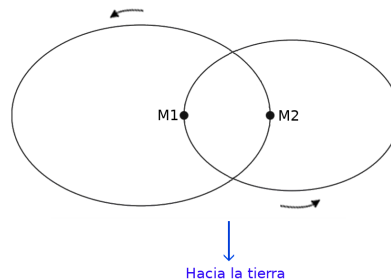


### Prueba 3, Astronomía General (LFIS 223)

6 de Diciembre 2021

Nombre: PAUTA: soluciones en rojo

1) Dos estrellas de masas  $M_1$  y  $M_2$  en un sistema binario orbitan en torno a un centro de masa común, con órbitas como se muestran en la figura. Las flechas negras indican el sentido de la traslación de cada estrella, mientras que la flecha azul indica la dirección hacia un observador en la tierra.



Asumiendo que las observamos desde la tierra justo cuando se encuentran en la posición indicada en la figura, responda **justificando** cada una de sus respuestas:

a) ¿Cuál de las dos estrellas es más masiva? [0.5 ptos]

**$M_1 > M_2$  porque se encuentra más cerca del centro de masa (su órbita es más pequeña). También podían usar  $M_1 \cdot a_1 = M_2 \cdot a_2$ , y como  $a_1 < a_2$ , implica  $M_1 > M_2$**

b) ¿Cuál se está moviendo con mayor rapidez (o son iguales las velocidades)?

[0.5 ptos]

**La estrella con masa  $M_2$  se mueve con mayor rapidez. Recorre mayor distancia en el mismo tiempo (ambas estrellas tienen el mismo periodo), por lo cual su rapidez debe ser mayor.**

**También podían usar la fórmula  $M_1/M_2 = v_2/v_1$ , y como  $M_1 > M_2$ ,  $v_2 > v_1$ .**

c) Si tomara un espectro en ese mismo momento, en el cual se distinguen líneas de ambas estrellas ¿cuál mostraría líneas espectrales con desplazamiento hacia el rojo y cuál hacia el azul (o no habría corrimiento)? [0.5 ptos]

**$M_1$  hacia el azul (se mueve hacia nosotros) y  $M_2$  hacia el rojo (se aleja).**

2) En la figura, los puntos verdes y azules corresponden a los diagramas color-magnitud para 2 cúmulos estelares diferentes.

a) ¿Qué tipo de cúmulo es cada uno? (justifique usando **DOS** diferencias que se ven en la figura)

[0.5 ptos]

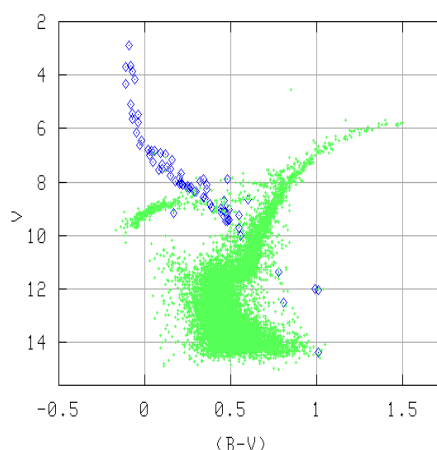
**Azul = cúmulo abierto. Tiene pocas estrellas, y es joven (la mayoría de sus estrellas están en la SP)**

**Verde = cúmulo globular. Tiene muchísimas estrellas y es viejo (muchas estrellas ya salieron de la SP)**

b) ¿Qué tipo de población estelar (I, II o III) esperarías encontrar en cada cúmulo?

[0.5 ptos]

**verde = población II, estrellas viejas. Azul = población I, estrellas jóvenes**



- c) Si ambos cúmulos pertenecen a la Vía Láctea ¿en qué parte de la Galaxia sería más probable que se encuentren? **[0.5 ptos]**

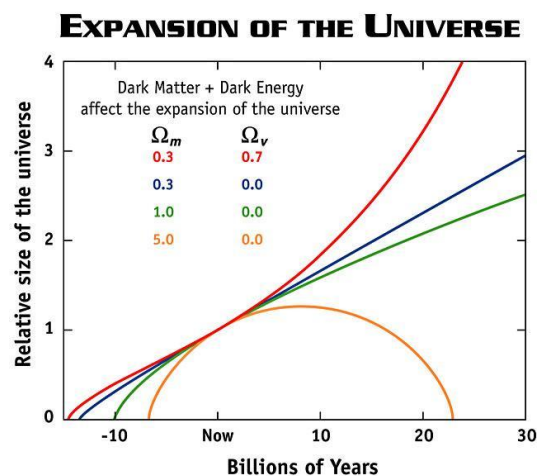
**verde = Halo** (ya no hay formación estelar, viejos).

**azul = Disco** o plano galáctico (hay formación estelar, cúmulos jóvenes).

- 3) Las observaciones más recientes de la radiación cósmica de fondo indican que el valor de la densidad de masa  $\Omega_m$  es cercano a 0.3 y la densidad de energía de vacío  $\Omega_\Lambda$  es cercana a 0.7. ¿Qué implicaciones tiene este hallazgo sobre la geometría y el futuro del Universo? Explique y justifique (puede incluir un diagrama si lo amerita). **[1.5 ptos]**

- Que el Universo es plano ( $\Omega_k$  tiene que ser igual a cero para que se cumpla la ecuación de Friedman) (1 pto)

- Que el Universo se está expandiendo de forma acelerada gracias al término de  $\Omega_\Lambda$  (0.5 ptos)



- 4) Escoja UNA de las diversas evidencias observacionales que tenemos para inferir que hay materia oscura en el Universo y explíquela detalladamente (en aproximadamente 10 líneas (escritas en computador), se pueden incluir diagramas adicionales). **[1.5 ptos]**

1. Curvas de rotación de galaxias espirales: En un sistema de disco como nuestra galaxia, las estrellas tienen órbitas aproximadamente circulares. Es posible medir la velocidad de rotación de las estrellas (y también del gas) en distintos lugares de nuestra galaxia y así construir su “curva de rotación” que muestra la velocidad de rotación en función del radio. Estas mediciones, tanto en nuestra galaxia como en otras galaxias espirales, muestra que la velocidad de las estrellas o el gas incrementa con el radio hasta llegar a un punto máximo en donde la curva se hace plana (i.e. no decae). Esto no es lo esperado de órbitas keplerianas circulares (como lo que observamos en nuestro sistema solar por ejemplo), en donde la velocidad decae después de cierto punto, y se considera una indicación de la presencia de un componente adicional de masa que no es visible y que debiera estar distribuido en forma de un halo que envuelve a la galaxia.

2. Velocidad de dispersión de galaxias en cúmulos de galaxias: En los cúmulos de galaxias pueden haber cientos o miles de galaxias que se mueven aleatoriamente dentro del cúmulo unidas por la fuerza de gravedad. Las altas velocidades de las galaxias miembros de un cúmulo de galaxias (que pueden tener dispersiones de velocidad de hasta  $\sim 1000 \text{ km/s}$ ) pueden utilizarse para estimar la masa total del cúmulo utilizando el teorema virial. Esta masa corresponde a la “masa dinámica”, que es mucho mayor a la masa luminosa que

podemos estimar a partir del brillo de todo el material luminoso del cúmulo (galaxias, medio intergaláctico, etc).

3. Las lentes gravitatorias: El fenómeno de lentes gravitatorias también puede usarse para medir la masa total en un cúmulo de galaxias, la cual es comparable a la más dinámica y de nuevo es superior a la masa luminosa.

**5)** Del espectro de una galaxia distante se observa la línea de emisión de H-alpha con una longitud de onda de 690 nm.

- a) Conociendo que la longitud de onda de esa línea en reposo debe ser de 656.3 nm, calcule su corrimiento al rojo o "redshift". **[1 pto]**

El redshift se calcula como  $z = (690\text{nm} - 656.3\text{nm}) / 656.3\text{nm} = 0.051$

- b) A partir del redshift calcule la velocidad de recesión de la galaxia ( $z = v/c$ ) y utilice la Ley de Hubble-Lemaître para calcular la distancia a dicha galaxia. Asuma un valor para la constante de Hubble = 70 (km/s)/Mpc **[1 pto]**

La velocidad de recesión es  $v = z \cdot c = 15404.5 \text{ km / s}$  (donde c es la velocidad de la luz)

Por la ley de Hubble-Lemaître:  $v = H_0 \times D$ , donde  $H_0$  es la constante de Hubble y D la distancia a la galaxia

$D = 220\text{Mpc}$

- c) ¿Cuánto tardó la luz de esta galaxia en llegar hasta nuestro telescopio (utilizar unidades sensibles, como por ejemplo millones de años o giga años)? **[2 ptos]**

como la velocidad (en este caso de la luz) = distancia / tiempo, obtenemos que el tiempo  $t = D / c$ .

Convertimos D a metros:  $220 \text{ Mpc} \times 6,788\text{e}+24 \text{ m/Mpc} = 1.49336\text{e}+27\text{m}$

Y obtenemos que  $t = 2.2642331\text{e}+16 \text{ s} = 717983606.0375443697 \text{ yr} = 0.7 \text{ Gyr}$

**6)** ¿Cuál/es de las siguientes afirmaciones se aplican al disco de la Vía Láctea? **[0.5 ptos]**

a) el movimiento de las estrellas es principalmente de rotación

b) La mayoría de las estrellas son viejas y no hay casi gas

c) La materia oscura está concentrada en los brazos espirales

d) El sol se encuentra en uno de los brazos espirales que emanan del centro

e) el polvo es un componente del disco galáctico apreciable a simple vista en el cielo nocturno

**7)** En el 2020 el Nobel de Física se otorgó a 3 científicos. Dos de ellos eran astrónomos observacionales. ¿Qué observaciones hicieron para ganar este premio? Explique las implicaciones de dichas observaciones **[1.5 pto]**

Dos equipos distintos de astrónomos en USA y Alemania utilizaron telescopios con tecnología de óptica adaptativa (en Hawaii y Chile respectivamente) para monitorear el movimiento de las estrellas más cercanas al centro galáctico en un campo muy muy pequeño (por eso necesitaron óptica adaptativa). En particular monitorearon a la estrella S2 en su órbita al rededor del centro galactico y mediante la medicion de dicha órbita y la velocidad pudieron confirmar la presencia de un agujeron negro supermasivo en el centro de nuestra galaxia (i.e. gran masa confinada en un volumen muy pequeño).

**8)** ¿Cuál de estos mecanismos de formación pueden explicar a las galaxias elípticas?

**[1 ptos]**

- a) Interacción con el medio intergaláctico

b) Fusión de dos galaxias espirales

- c) Rotación de galaxias satélite
- d) Presión hidrodinámica
- e) Presencia de grandes cantidades de materia oscura

**9) ¿Cuáles fueron los primeros elementos químicos en formarse en el Universo temprano?**  
**[1 ptos]**

H, He4 (Y también un poquito de Li)  
Nucleosíntesis

**10) El mapa de temperatura de la radiación cósmica de fondo, detectada en todas las direcciones del cielo, muestra una temperatura promedio de 2.7K con pequeñas anisotropías (diferencias de temperatura), del orden de: [0.5 ptos]**

- a) 1 parte en 10
- b) 1 parte en 100
- c) 1 parte en  $10^4$
- d) 1 parte en  $10^5$

**11) ¿Cuál cree usted que es una de las más grandes preguntas abiertas de la cosmología?**  
**[0.5 ptos]**

Muchas opciones