

1

a) Si diariamente observamos el cielo, estando en algun lugar de Mexico, aproximadamente a la misma hora, notaremos que muchas estrellas que aparecen en invierno no aparecen en verano. ¿Por que?

Sin embargo, otras estrellas si se observan tanto en invierno como en verano. ¿Donde es mayor el numero de estas ultimas, en Mexicali o en Puebla? ¿Por que ?

b) Explica, lo mas brevemente posible, pero tratando de dar una respuesta clara, por que en invierno el dia (es decir las horas con luz) es mas corto que en verano.

2

Las particulas de la atmosfera terrestre absorben y dispersan la luz que nos llega del Sol y otras estrellas. La eficacia de los fenomenos de absorcion y dispersion depende de la longitud de onda de la luz.

a) Explica, basandote en la dispersion de la luz, por que vemos el cielo diurno azul y el Sol amarillo (y rojizo cuando esta cerca del horizonte). ¿Que podemos deducir sobre la eficacia de la dispersion a distintas longitudes de onda?

b) ¿Porque a medio dia no podemos ver, a simple vista, ninguna estrella? Si para producir este resultado intervienen varios factores menciona cada uno de ellos y explica clara y brevemente como conducen a la situacion mencionada.

c) ¿Podria alguna estrella o algun otro objeto celeste, particular, verse al mediodia? Explica por que, haciendo referencia a tu respuesta a la pregunta b).

3

Tanto la Luna como la Tierra giran alrededor de su propio eje. La Luna, ademas, gira en una orbita, casi circular, alrededor de la Tierra.

Sin embargo, desde la Tierra siempre se ve la misma "cara" de la Luna.

a) Di que condicion se tiene que cumplir para que esto ocurra.

b) Describe el fenomeno que conduce a esta situacion.

4

El periodo de rotación T de un objeto de masa m en torno a otro de masa M está relacionado con la distancia r entre dichos objetos por la ecuación (4.1), donde G es la constante de gravitación universal.

Si aplicamos la ecuación anterior a un planeta (que sería el objeto en órbita) y al Sol podemos considerar que la masa del planeta es muy pequeña en comparación a la del Sol y despreciarla. A partir de dicha consideración podemos encontrar la expresión para la tercera ley de Kepler.

La velocidad de rotación de un planeta alrededor del Sol depende de la distancia entre dicho planeta y el Sol. De la misma manera la velocidad de rotación de un satélite dado alrededor de la Tierra, depende de la distancia entre el satélite y la Tierra. En este caso el objeto central es la Tierra y su fuerza de gravedad es la que mantiene al satélite orbitando a su alrededor.

a) Demuestre a partir de la tercera ley de Kepler que la velocidad de rotación de un planeta alrededor del Sol varía como la ecuación (4.2).

b) Tomemos el caso de un satélite orbitando sobre el ecuador terrestre. Calcule la altura a la que debería estar dicho satélite para que siempre se encuentre sobre el mismo lugar de la Tierra.

5

La escala de placa es un parámetro muy empleado en Astronomía observacional. Se llama escala de placa porque, antes del empleo de CCDs y cámaras digitales, la imagen captada por los telescopios se registraba en placas fotográficas. La escala de placa es la relación entre el ángulo (α) que subtende un objeto observado y el tamaño (s) que tendría este objeto en la placa. Dicha relación depende de la distancia focal de la cámara (f) de la siguiente manera

$$s = f \times \alpha$$

a) El Sol tiene un diámetro de aproximadamente medio grado. Supongamos que vamos a tomar una fotografía del Sol y queremos que en el negativo su diámetro sea de 5 mm. ¿Qué distancia focal debería tener el objetivo de la cámara?

b) Si nuestra cámara tuviera un objetivo de 50 mm de distancia focal, ¿cuál sería, en el negativo, el diámetro del Sol en mm?

c) Si en el caso anterior el tamaño del negativo es de 24 mm x 35 mm (un tamaño muy usado) y nosotros imprimimos la imagen de este negativo en una hoja cuyo lado menor mide 10 cm, ¿qué diámetro tendrá el Sol en dicha hoja?

d) ¿Utilizarías este objetivo fotográfico para obtener la imagen de una mancha solar cuyo diámetro es de 2 minutos del arco? ¿Porque?

6

El cometa Halley fue el primer cuerpo pequeño del sistema solar al cual se le determinó su órbita alrededor del Sol. Este cometa tiene una órbita elíptica con un semieje mayor de 17.94 UA y una excentricidad de 0.967.

En la órbita de un cuerpo alrededor del Sol se identifican particularmente dos puntos. El perihelio es la posición en la que el objeto está a la distancia mínima al Sol y en el afelio a la distancia máxima.

Empleando los datos anteriores calcula:

- a) La distancia entre el cometa Halley y el Sol (en kilómetros y en UA) en su perihelio y en su afelio.
- b) Las velocidades lineales en el perihelio y el afelio.
- c) Las velocidades angulares en el perihelio y el afelio.

7

Desde el siglo II a.C. el Hombre ha clasificado a las estrellas por su magnitud (brillo aparente). En la actualidad la magnitud de una estrella se define como (7.1), donde F es el flujo de la estrella (energía recibida por unidad de tiempo y por unidad de área, (7.2)) y $F_{\{0\}}$ es el flujo correspondiente a una estrella estándar de magnitud cero.

¿Cuál será la magnitud de un sistema binario, que tiene una estrella de magnitud 5 y otra de magnitud 0?

8

Si nuestros ojos pudiesen ver en rayos X en lugar de en el visible, tendríamos una visión muy diferente e inusual del cielo. En ese caso veríamos principalmente algunos cientos de estrellas muy brillantes, la mayoría concentradas en el centro de nuestra galaxia. Una gran parte de estas estrellas son sistemas binarios de rayos X, donde un agujero negro o una estrella de neutrones está devorando el material de la estrella compañera.

El estudio de un sistema binario nos permite determinar las masas de los objetos que lo componen. En el caso de las binarias de rayos X, las masas determinadas para los objetos compactos son consistentes con las masas de las estrellas de neutrones (≤ 1.4 la masa del Sol) o con las de agujeros negros (masas mayores a 1.4 veces la del Sol).

Supongamos que se encuentra un sistema binario de rayos X en el cual la estrella visible es una gigante roja y, a partir de su tipo espectral, se estima que tiene una masa igual a 12 veces la del Sol. El período orbital es de 3.65 días, y el semi-eje mayor es igual a 0.12 unidades astronómicas.

- a) Calcula la suma de las masas mediante la tercera ley de Kepler.
- b) ¿La compañera compacta es una estrella de neutrones o un agujero negro?

9

El Sol y la Luna, observados desde la Tierra, subtenden ángulos muy similares. Precisamente el hecho de que la Luna observada desde la Tierra tenga en ocasiones el mismo diámetro angular que el Sol, es lo que hace que ocurran los eclipses totales de Sol.

El radio promedio de la Luna es de 1738 km, la distancia entre la Tierra y el Sol es de aproximadamente 1.5×10^8 km y la distancia entre la Tierra y la Luna es de aproximadamente 3.85×10^5 km.

- a) Utilizando los datos mencionados arriba, haz una estimación del diámetro del Sol en km.
- b) El radio del Sol es de 6.9599×10^5 km. Explica cuáles pueden ser las causas de la diferencia entre este valor y el calculado en el inciso (a).

En el año 230 A.C. Eratostenes, utilizando observaciones solares y sus conocimientos de Geometría y Geografía, calculó la circunferencia de la Tierra obteniendo un valor cercano al aceptado hoy en día. Eratostenes observó que en el solsticio de verano en la ciudad de Siena (hoy Assuan) en Egipto, al mediodía el Sol pasaba por el cenit (altura de 90 grados a partir del horizonte), ya que se reflejaba en el fondo de un pozo de agua. Recordó que un poco más al norte en Alejandría (en el delta del río Nilo a las orillas del mar Mediterráneo) al mediodía la sombra de un obelisco, también en el solsticio de verano, producía un ángulo de 7.5 grados en el vértice superior del triángulo del cual el obelisco y la sombra eran los catetos.

Eratostenes sabía que Alejandría se encontraba a la misma longitud que Siena. (Si trazáramos una línea imaginaria que uniera a los polos de la Tierra y pasara por la antigua ciudad de Siena esta línea también pasaría por Alejandría. A dichas líneas se les denomina meridianos). Además Eratostenes conocía la distancia que separaba Alejandría de Siena, la cual era considerada de 5000 estadios (1 estadio = 0.158 km).

A partir de la información anterior podemos tratar de repetir los cálculos que hizo Eratostenes. Para esto haz lo siguiente:

- a) Calcula la circunferencia de la Tierra.
- b) Calcula el radio de la Tierra.
- c) Los valores aceptados actualmente son: Radio polar=6356.8 km, radio ecuatorial=6378.2 km, circunferencia ecuatorial = 40075.2 km y circunferencia meridional = 40008.1 km . Compara estos valores con los valores que calculaste y explica el porqué de las diferencias.

Una vez que se determinó que nuestra Galaxia, la Vía Láctea, tiene un diámetro de unos 30 kpc (1 kpc = 3.086×10^{19} m), fue posible estimar su masa total. Esto se puede lograr midiendo la densidad de estrellas en la vecindad del Sol y suponiendo que el resto de la Galaxia tiene la misma densidad promedio. Sin embargo, se puede utilizar una manera mucho más simple ya que se descubrió que las estrellas en nuestra región de la Galaxia obedecen, de manera aproximada, las leyes de Kepler.

Sabemos que el Sol tarda 2.5×10^8 años en dar una vuelta alrededor de

la Galaxia. Suponiendo que la orbita es circular con respecto al centro galactico, de modo que el semi-eje mayor es igual al radio orbital (el cual es de 10 Kpc):

- a) Calcula la masa de la Galaxia
- b) Discute sobre la exactitud de esta determinacion teniendo en cuenta la posicion del Sol en la Galaxia.

12

El Sol esta perdiendo masa continuamente, a razon de 10^{-14} masas solares por a~no, en lo que se conoce como viento solar. Supongamos que la perdida de masa fuera mucho mayor, de 10^{-8} masas solares por a~no. Estimar en ese caso el cambio que se produciria en el periodo orbital de la Tierra si suponemos que no cambia la distancia Tierra-Sol. ¿Seria valida esta ultima suposicion? ¿Por que?

13

Las superficies parabolicas son muy utiles en Astronomia y muchos telescopios y radiotelescopios usan paraboloides de revolucion como superficies reflectoras. Un paraboloide de revolucion hace (idealmente) converger a un solo punto (el foco) una onda plana que incide paralela al eje del paraboloide. Además, todos los haces reflejados, por los diferentes elementos de area de la superficie, llegan con la misma fase al foco.

Demuestra esto ultimo cuando tenemos una onda plana incidente. Para ayudarte te recomendamos hacer un dibujo representando los parametros de la parabola.

14

Cada a~no en tu cumplea~nos observas al mismo objeto en el cielo. En cada a~no este objeto ha viajado 1.02 grados por el cielo. Esta alta velocidad nos indica que el objeto pertenece a nuestro Sistema Solar. Usa la tercera ley de Kepler para calcular el radio de su orbita. ¿Que tipo de objeto podria ser?

15

La explosión de una estrella masiva ($M \geq 8$ veces la masa del Sol), conocida como supernova tipo II, deja un remanente estelar colapsado que, dependiendo de la masa, será un hoyo negro ($M_{\text{rem}} > 1.4$ veces la masa del Sol) o una estrella de neutrones o pulsar ($M_{\text{rem}} \leq 1.4$ veces la masa del Sol). Un pulsar gira muy rápido sobre su eje pero, a pesar de eso, no se rompe en pedazos. Su radio típico es mucho más pequeño que el radio del Sol, por ejemplo, el pulsar PSR B1913+16, que da una vuelta cada 59 milisegundos y tiene una masa de 1.4 veces la masa del Sol, tiene un radio de solo 10 km. Demostrar que PSR B1913+16 no se romperá en pedazos a pesar de girar tan rápido.

16

A la nube de gas y polvo que se produce tras una explosión de supernova se le llama "remanente de Supernova". Supongamos que una estrella con una masa inicial de diez veces la masa del Sol y con un radio de diez veces el radio del Sol explota como supernova. En la explosión se convierte el uno por ciento (1%) de la energía potencial de la estrella original en energía cinética de la envoltura de gas de cinco masas solares que sale expulsada por la explosión. Estima la velocidad de expansión de dicha remanente (en km/s).

17

La variación de la densidad con el radio de una estrella es aproximadamente una ley de potencias: ecuación (17.1). Si una estrella tiene un radio de 10^9 m y una luminosidad de 2×10^{25} W, calcular:

- a) La masa de la estrella.
- b) La energía potencial de la estrella.
- c) La energía térmica de la estrella.
- d) El tiempo que le tomaría a la estrella colapsarse a un punto debido a su gravedad.

18

Consideremos una estrella cuya masa es igual a la masa del Sol y que tiene un disco de polvo alrededor. Suponga que el polvo consiste de granos cuyo diametro es de 10^{-6} m y que hay 10^5 granos por metro cubico. Considere un asteroide de 1 km de diametro orbitando la estrella a una distancia de 40 unidades astronomicas.

a) Use las leyes de Kepler para calcular la velocidad orbital del asteroide alrededor de la estrella.

b) Suponga que el asteroide esta viajando a traves del polvo con la velocidad calculada anteriormente. Calcule la rapidez con la cual el radio del asteroide crece debido a la acrecion del polvo. Vamos a suponer que los granos de polvo y el asteroide tienen la misma densidad (3000 kg m^{-3}).

c) Usando los resultados anteriores calcule el tiempo que le tomaria al asteroide duplicar su radio.

19

Si dos neutrinos son producidos en el interior del Sol cada vez que 4 atomos de hidrogeno son convertidos en un atomo de helio;

a) Calcular el numero de neutrinos producidos por el Sol cada segundo (la luminosidad solar es de 4×10^{26} W).

b) Calcular el flujo de neutrinos que llega a la superficie de la Tierra.

20

Cuando una estrella muy masiva explota como supernova, su parte central puede colapsarse hasta alcanzar densidades comparables a las de un nucleo atomico, formando lo que se conoce como una estrella de neutrones. Estas estrellas tienen una masa del orden de 1.4 veces la de Sol comprimida en un radio de unos 10 km. Su tamaño hace a las estrellas de neutrones poco brillantes y difíciles de detectar. Sin embargo, si la estrella de neutrones está en un sistema binario, le arrancará material a su estrella compañera. Este material cae sobre la estrella de neutrones, produciendo fenómenos que nos permiten detectar el sistema y deducir que contiene una estrella de neutrones.

a) Considerando solamente el efecto gravitacional, mostrar que cuando

una masa pequeña m cae desde una gran distancia sobre la superficie de una estrella de masa M y radio R , la energía potencial radiada (liberada) está dada por la ecuación (20.1).

b) Una masa de 10^{-7} masas solares por año cae sobre la superficie de una estrella de neutrones cuya masa es igual a la solar y cuyo radio es de 10 km. Si toda la energía potencial liberada es radiada, mostrar que la luminosidad observada es del orden de 2.17×10^5 la luminosidad solar.

c) Si consideráramos que la energía radiada por una estrella de neutrones es la de un cuerpo negro, ¿cuál debería ser su temperatura efectiva? ¿En qué parte del espectro electromagnético podríamos ver la radiación emitida por la estrella de neutrones?

21

Un estudiante de Astronomía fue raptado cuando estaba en Londres un 22 de diciembre. Sus raptadores le adormecieron pero llegó a darse cuenta de que lo metían en un avión. Cuando se despertó estaba tumbado en el suelo a orillas de un mar y no vio ningún edificio a su alrededor.

Recogió las piernas para defenderse del frío y esperó a que el Sol se levantara más y le calentase. Pero el Sol no subió mucho más. Cuando la sombra de sus rodillas le llegaba a la cara, el Sol empezó a descender. En ese momento consultó su reloj: eran las 8:30. Se levantó y finalmente encontró una casa vacía con un teléfono. El estudiante llamó para que le rescataran y pudo decir donde estaba. ¿Dónde estaba?

(Puede considerarse que cuando estaba tumbado la distancia entre sus ojos y la proyección de sus rodillas sobre el suelo era de 1 m y la altura de sus rodillas sobre el suelo era de 0.5 m. El ángulo entre la eclíptica y el plano del ecuador es de 23.45 grados.

La eclíptica es el plano en el que la Tierra rota alrededor del Sol.)

22

Considera al sistema Tierra-Sol en una situación ideal en la que caen meteoros uniformemente distribuidos sobre toda la superficie de la Tierra, y (solo para el propósito de esta pregunta!) supón que el ángulo de incidencia de los meteoros es de noventa grados sobre la superficie. Si el promedio anual de meteoros sobre la Tierra es de 2.2×10^8 kg.

a) Calcula el nuevo periodo de rotacion que tendria la Tierra despues de 5 años.

b) Calcula el nuevo periodo de translacion que tendria la Tierra despues de 3 años.

(Debes suponer que la Tierra es una esfera de densidad uniforme y que los meteoros tienen la misma densidad que la Tierra).

23

La emision ultravioleta (UV) de estrellas muy calientes ioniza el gas de su entorno, formando lo que se conoce como una region H II. Dado que el 90% de los atomos del gas seran de hidrogeno, podemos hacer una primera aproximacion ilustrativa suponiendo que tenemos una nube de hidrogeno puro a densidad constante. En ese caso, aquellos fotones de la estrella central que tengan energias $h\nu > 13.6 \text{ eV}$ ionizaran el gas de su entorno, y el radio de la zona ionizada puede determinarse a partir de la igualdad entre el numero de ionizaciones debidas a la emision UV y el numero de recombinaciones en el gas que rodea a la estrella: ecuacion (23.1), donde N_{UV} es el numero de fotones ionizantes emitidos por unidad de tiempo por la estrella caliente, $\beta = 2.59 \times 10^{-13} \text{ cm}^3 \text{ s}^{-1}$ es el coeficiente de recombinacion a todos los niveles del atomo de hidrogeno, exceptuando el primero (las recombinaciones al nivel fundamental no deben tomarse en cuenta ya que conducen a la aparicion de un foton ionizante que es absorbido inmediatamente por algun atomo vecino), n es la densidad numerica de atomos en el medio interestelar y R_{st} es el radio de la region ionizada. Al radio R_{st} se lo conoce como radio de Stromgren. (El numero de recombinaciones por unidad de volumen y de tiempo es igual a la ecuacion (23.2), donde n_{p} y n_{e} son el numero de protones y el numero de electrones por unidad de volumen, pero como dentro de la region H II el gas esta casi totalmente ionizado, tenemos ecuacion (23.3).)

Por tanto, para un medio interestelar de hidrogeno puro con distribucion uniforme de densidad, el radio de Stromgren sera igual a la ecuacion (23.4).

a) ¿Como cambiara el valor de R_{st} si la densidad es 3 veces mayor? La masa de gas ionizado, ¿sera mayor o menor? ¿Por que?

b) Supongamos ahora que el gas esta en una cascara delgada alrededor de la estrella ionizante. El radio de la cascara seria R_{s} , su densidad n y su grosor $\Delta R = \epsilon R_{\text{s}} \ll R_{\text{s}}$. ¿Cual es la

relacion entre $R_{\{s\}}$ y el valor de $R_{\{st\}}$ correspondiente a esa misma densidad? ¿Por que?

24

Una línea espectral en emisión es el resultado de la producción de cuantos de energía debido a que partículas (átomos o moléculas) de una misma especie pasan de un estado de energía ligado a otro estado también ligado con de menor energía que el primero. En 1970 Buhl y Snyder, usando el radiotelescopio de 12 m de Kitt Peak, Arizona, descubrieron una línea de emisión procedente de la nebulosa de Orion. La línea, a la cual llamaron X-ógeno, se detectó a una frecuencia de 89.19 GHz. Dos candidatos propuestos como responsables de dicha emisión fueron las moléculas HCN y $\text{HCO}^{\{+\}}$. En el $\text{HCO}^{\{+\}}$ la distancia entre el H y el C es de 1.06 Angstrom, y entre el C y el O de 1.115 Angstrom. En el HCN la distancia entre el H y el C es de 1.065 Angstrom, y entre el C y el N de 1.153 Angstrom.

Suponiendo que las dos moléculas son lineales, a partir de los datos de estructura molecular dados arriba identifica al X-ógeno y describe detalladamente tus cálculos y conclusiones. (Sugerencia: toma en cuenta que la frecuencia de emisión será, en primera aproximación, el doble de la constante rotacional B de la molécula, ver ecuación (24.1). I es el momento de inercia de la molécula y h la constante de Planck).