

ASTROFISICA GENERAL
Facultad de Ciencias
Universidad Nacional Autónoma de México

Prof: Dr. José Antonio García Barreto

SOLUCIÓN 3.2C

1. Tycho Brahe observó un objeto muy brillante, en una región donde anteriormente no se encontraba ninguna estrella. Él creyó que era una estrella nueva y se le denominó *Nova*. Como el brillo era muy muy grande se le denominó *Supernova*. La observó por alrededor de 16 meses mientras su brillo disminuía hasta desaparecer a las observaciones a simple vista. Fue la primera ocasión después del Renacimiento que se registraba un “cambio” de brillo de un objeto en la bóveda celeste.
2. Tycho Brahe era un astrónomo observacional y realizó múltiples observaciones de las estrellas fijas en las constelaciones y sobre todo las estrellas viajeras (Marte, Júpiter, Saturno). Sus bitácoras de las posiciones en función del tiempo, ángulo azimutal, ángulo de elevación, hora de observación y fecha, de las estrellas viajeras eran las mejores de su época. Al morir, J. Kepler heredó sus bitácoras de estrellas viajeras, en especial la de Marte.
3. Kepler examina la bitácora de las posiciones de Marte con el tiempo, es decir, podía determinar en un intervalo de tiempo, el ángulo que se movía Marte en la bóveda celeste, es decir, el cambio angular en función del tiempo. En el modelo heliocéntrico de Copérnico, las órbitas de los planetas las supuso como órbitas circulares y esto implica que su cambio angular en función del tiempo, es decir la velocidad angular, debería de ser constante. Kepler, sin embargo, se dio cuenta de que la velocidad angular de Marte **no** era constante, sino que en cierta posición aumentaba su velocidad, v_1 , “con respecto a una velocidad promedio”, mientras que en otra región de la bóveda celeste, su velocidad, v_2 , era menor con respecto a “una velocidad promedio”. Eso le indicaba que la velocidad de Marte **no** era constante (lo que se esperaba si su órbita fuese circular).
4. Kepler “mágicamente (*es broma...*)” consideró que la mejor manera de explicar los cambios de velocidad de Marte en su órbita alrededor del Sol, era si su órbita era elíptica, con el Sol en uno de sus focos. La región donde Marte mostraba que su velocidad angular era mayor era cuando se observaba Marte al atardecer, justo después de que se ocultaba el sol (en Diciembre). Y la región cuando Marte mostraba una velocidad angular menor era cuando Marte se observaba cerca de oposición (cerca de la media noche o un poco después, en Marzo).
5. Las leyes de Kepler son:
 - a) Primera Ley de Kepler: Marte, y en general, cada planeta se traslada alrededor del Sol en una órbita elíptica con el Sol en uno de sus focos.
 - b) Segunda Ley de Kepler: Ley de las áreas. Cada línea imaginaria entre un planeta y el Sol barre o abarca áreas iguales en el espacio en intervalos de tiempo iguales.

- c) Tercera Ley de Kepler: los cuadrados de los periodos siderales (tiempo que se tarda un planeta en trasladarse alrededor del Sol) de los planetas son directamente proporcionales a los cubos de los semiejes mayores (a_p) de sus órbitas elípticas.

$$P^2_s = K a_p^3 .$$

6. Utilizando la tercera Ley de Kepler para la Tierra, tenemos: $P(Tierra)_s = 1$, $a_{Tierra} = 1$ (una unidad astronómica), entonces el valor de $K = 1$. Si ahora expresamos el periodo sideral de Marte en unidades del periodo sideral de la Tierra, $P_{Marte} = \frac{688}{365.2421} \sim 1.884$.

Por lo tanto $a_{Marte} = (P_{sid}^2)^{1/3}$. Substituyendo valores. $a_{Marte} = (1.884^2)^{1/3}$. Finalmente $a_{Marte} = 1.52$ unidades astronómicas.

7. Las principales contribuciones de Galileo fueron:

- Hizo experimentos con objetos de masa m sobre una tabla horizontal. Se dio cuenta que no se movía (es decir, su velocidad era cero). Cuando inclinaba la tabla un cierto ángulo con respecto a la horizontal, el objeto de masa m se movía, es decir, su velocidad aumentaba (y si no había fricción, el objeto podría continuar moviéndose). Eso dio la base del concepto de *masa inercial* de un objeto (m), el concepto de velocidad (cambio de posición con respecto al tiempo, en referencia a objetos fijos (marco inercial)), y finalmente (con Newton) al concepto de momento lineal de un objeto, $p = m v$.
- Galileo realizó observaciones de la estrella viajera Venus, y se dio cuenta de que **no** era un objeto brillante puntual como las estrellas fijas de las constelaciones, sino que era un objeto extendido. Con observaciones a diferentes tiempos, se dio cuenta de que Venus presentaba cambios de la zona brillante (del círculo aparente de Venus) muy similar a las fases de la Luna.
- Galileo descubrió que Júpiter presentaba objetos brillantes a su alrededor y éstos cambiaban de posición con el tiempo. El llegó a la conclusión de que estos objetos brillantes podrían ser “lunas” trasladándose alrededor de Júpiter en forma similar como el modelo heliocéntrico de Copérnico con el Sol y los planetas trasladándose a su alrededor.
- Galileo descubre que existen regiones oscuras en el disco Solar, que ahora las denominamos manchas solares.

8. La excentricidad de la órbita de Neptuno puede ser expresada como $\varepsilon = \sqrt{1 - \left(\frac{b}{a}\right)^2}$ y también como $\varepsilon = \frac{f}{a}$, pero no conocemos ni b ni f . Sabemos que la distancia mínima de Neptuno al Sol fue, $x_{minima} \cong 29.80$ UA y que la distancia del centro geométrico a uno de los focos es $f = a - x_{minima}$. Substituyendo $f = 30.06 - 29.80$ UA, $f = 0.26$ UA. De la expresión $\varepsilon = \frac{f}{a}$, substituyendo valores, $\varepsilon \cong \frac{0.26}{30.06}$, finalmente $\varepsilon_{Neptuno} \cong 0.0086$

- b) De la expresión de ε en términos de b y a , podemos expresar $b = \sqrt{a^2 (1 - \varepsilon^2)}$. Finalmente substituyendo valores, $b_{Neptuno} \sim 30.0588$ UA

9. La excentricidad de Venus se puede estimar de la expresión $\varepsilon = \frac{f}{a}$. f la podemos calcular de $f = a - x_{\text{minima}}$. Substituyendo valores, $f = 0.723 - 0.718$ UA, $f = 0.005$ UA. Finalmente la excentricidad de Mercurio es $\varepsilon = \frac{0.005}{0.723}$, finalmente $\varepsilon_{\text{Venus}} \cong 0.0069$.