

FUERZAS EN EL M.A.S.

También es necesario estudiar al M.A.S. desde el punto de vista dinámico así tenemos que la fuerza F que permite que oscile una masa m en un resorte está dada por :

$$a = - 4 \pi^2 f^2 x$$

$$a = - (2 \pi f)^2 x$$

$$a = - \omega^2 x$$

Si multiplicamos ambos miembros por la masa m se tiene:

$$m a = - m \omega^2 x$$

Si: $F = m \cdot a$ y $F = - k x$. entonces:

$$k = m \omega^2$$

$$F = - m \omega^2 x$$

El signo menos de la fuerza indica que se dirige hacia el centro y es proporcional a la elongación.

LA ENERGÍA EN EL M.A.S.

Cuando un objeto oscila con M.A.S, las energías cinética y potencial del sistema varían con el tiempo.

La energía potencial está dada por :

$$E_p = \frac{1}{2} k x^2$$

$$x = A \cos \omega t.$$

$$E_p = \frac{1}{2} k A^2 \cos^2 \omega t.$$

$$k = m \omega^2$$

$$E_p = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2 \cos^2 \omega t$$

La energía cinética está dada por:

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2$$

$$v = - \omega A \sin \omega t$$

$$E_c = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2 \sin^2 \omega t.$$

La energía total está dada por :

$$E_T = E_c + E_p$$

$$E_T = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2 \sin^2 \omega t + \frac{1}{2} m \omega^2 A^2 \cos^2 \omega t.$$

$$E_T = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2 (\sin^2 \omega t + \cos^2 \omega t.)$$

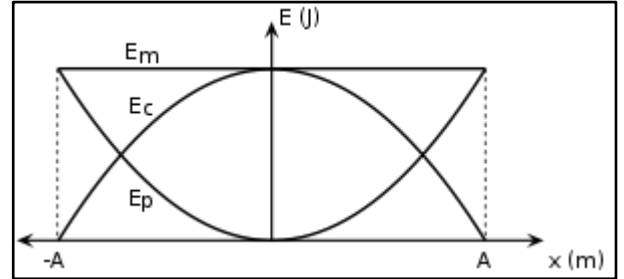
Sabemos que : $\sin^2 \theta + \cos^2 \theta = 1$

$$E_T = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2$$

$$k = m \omega^2 ; m = \frac{k}{\omega^2}$$

$$E_T = \frac{1}{2} k A^2$$

En un **sistema masa – resorte** se puede establecer las siguientes características:



- La energía mecánica total se conserva.
- La energía mecánica total es proporcional al cuadrado de la amplitud.
- La energía se transforma continuamente en energía potencial almacenada en el resorte a energía cinética del bloque.
- La energía se intercambia durante el movimiento.
- La velocidad se la puede determinar con:

$$v = \pm \sqrt{\frac{k}{m} (A^2 - x^2)} ; v = \pm \omega \sqrt{A^2 - x^2}$$

EJERCICIOS RESUELTOS

1. Un objeto de 9,8 N, unido a un resorte animado con M.A.S tiene una amplitud de 18 cm y un período de 6 s, en el instante en el que la elongación es de 12 cm. Calcular:
 - A) La constante k
 - B) La frecuencia.
 - C) La aceleración
 - D) La fuerza restauradora.
 - E) La energía cinética
 - F) La energía potencial.
 - G) La energía total.
 - H) La E_c y E_p máxima.

$$A) P = m g ; m = \frac{P}{g} ; m = \frac{9,8 \text{ N}}{9,8 \text{ m/s}^2} ; P = 1 \text{ kg}$$

$$\omega = \frac{2 \pi \text{ rad}}{T} ; \omega = \frac{2 \pi \text{ rad}}{6 \text{ s}} ; \omega = 1,05 \text{ rad/s}$$

$$k = m \omega^2 ; k = (1 \text{ kg})(1,05 \text{ rad/s})^2 ; k = 1,10 \text{ kg/s}^2$$

$$B) f = \frac{1}{T}; f = \frac{1}{6 \text{ s}}; f = 0,17 \text{ Hz}$$

$$C) a = -\omega^2 x; a = -(1,05 \text{ rad/s})^2 (0,12 \text{ m})$$

$$a = -0,13 \text{ m/s}^2$$

$$D) F = m \cdot a; F = (1 \text{ kg})(-0,13 \text{ m/s}^2)$$

$$F = -0,13 \text{ N}$$

E) La energía cinética está dada por:

$$v = -2\pi f \sqrt{A^2 - x^2}$$

$$v = -2\pi(0,17 \text{ Hz}) \sqrt{(0,18 \text{ m})^2 - (0,12 \text{ m})^2}$$

$$v = -0,14 \text{ m/s}$$

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2$$

$$E_c = \frac{1}{2} (1 \text{ kg})(-0,14)^2$$

$$E_c = 0,0098 \text{ J}$$

$$F) E_p = \frac{1}{2} k x^2; E_p = \frac{1}{2} (1,10 \text{ kg/s}^2)(0,12 \text{ m})^2;$$

$$E_p = 0,0079 \text{ J}$$

$$G) E_T = E_C + E_p$$

$$E_T = 0,0098 \text{ J} + 0,0079 \text{ J}$$

$$E_T = 0,0177 \text{ J}$$

$$H) v_{\max} = -2\pi f A;$$

$$v_{\max} = -2\pi(0,17 \text{ Hz})(0,18 \text{ m})$$

$$v_{\max} = -0,19 \text{ m/s}$$

$$E_{c \max} = \frac{1}{2} m v_{\max}^2$$

$$E_{c \max} = \frac{1}{2} (1 \text{ kg})(-0,19 \text{ m/s})^2$$

$$E_{c \max} = 0,018 \text{ J}$$

$$E_p = \frac{1}{2} k A^2; E_p = \frac{1}{2} (1,10 \text{ kg/s}^2)(0,18 \text{ m})^2;$$

$$E_p = 0,0178 \text{ J}$$

2. La ecuación del M.A.S. de una partícula M de 30 g es $x = 5 \cos(4t)$ cm. Determinar:

- La amplitud
- La frecuencia angular de oscilación (ω).
- La frecuencia de oscilación.
- La constante k de recuperación.
- La posición de la partícula en $t = 2$ s
- La fuerza recuperadora para $t = 2$ s.
- La energía potencial en $t = 2$ s
- La velocidad de la partícula en $t = 2$ s

I) La energía cinética en $t = 2$ s

J) La energía total en $t = 2$ s.

Debemos hacer una comparación entre términos de la ecuación de la elongación con la ecuación dada, así:

$$x = A \cos 2\pi f t$$

$$\downarrow \quad \downarrow$$

$$x = 5 \cos(4t) \text{ cm}; \text{ de donde:}$$

$$A) A = 5 \text{ cm}$$

$$B) \omega = 2\pi f; \omega = 4 \text{ rad/s}$$

$$C) 2\pi f = 4 \text{ rad/s}; f = \frac{4 \text{ rad/s}}{2\pi \text{ rad}}; f = 0,64 \text{ Hz}$$

$$D) f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}; k = 4\pi^2 f^2 m$$

$$k = 4\pi^2 (0,64 \text{ Hz})^2 (0,03 \text{ kg})(\text{m/m})$$

$$k = 0,49 \text{ N/m}$$

$$E) x = 5 \cos(4 \text{ rad/s} \cdot 2 \text{ s})$$

$$x = 5 \cos(458,37^\circ)$$

$$x = -0,73 \text{ cm}; x = -0,0073 \text{ m}$$

$$F) F = -kx;$$

$$F = -(0,49 \text{ N/m})(-0,0073 \text{ m})$$

$$F = 3,58 \times 10^{-3} \text{ N}$$

$$G) E_p = \frac{1}{2} k x^2$$

$$E_p = \frac{1}{2} (0,49 \text{ N/m})(-0,0073 \text{ m})^2$$

$$E_p = 1,31 \times 10^{-5} \text{ J}$$

$$H) v = -2\pi f A \sin 2\pi f t.$$

$$v = -2\pi(0,64 \text{ Hz})(5 \text{ cm}) \sin 2\pi(0,64 \text{ Hz})(2 \text{ s}).$$

$$v = -2\pi(0,64 \text{ Hz})(5 \text{ cm}) \sin(8,04 \text{ rad})$$

$$v = -2\pi(0,64 \text{ Hz})(0,05 \text{ m}) \sin(460,8^\circ)$$

$$v = -0,20 \text{ m/s}$$

$$I) E_c = \frac{1}{2} m v^2$$

$$E_c = \frac{1}{2} (0,030 \text{ kg})(-0,20 \text{ m/s})^2$$

$$E_c = 6 \times 10^{-4} \text{ J}$$

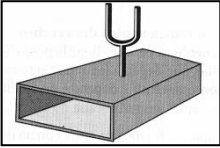
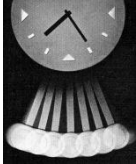
$$J) E_T = E_c + E_p$$

$$E_T = 6 \times 10^{-4} \text{ J} + 1,31 \times 10^{-5} \text{ J}$$

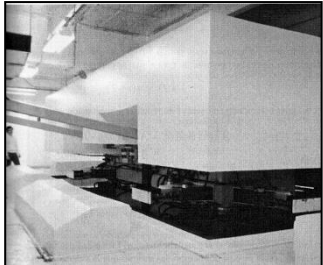
$$E_T = 6,13 \times 10^{-4} \text{ J}$$

EJERCICIOS PARA LA TAREA

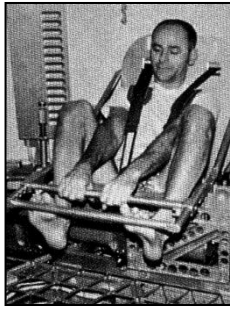
- Un cuerpo de 8 N se mueve con M.A.S. Si la amplitud es de 25 cm, su aceleración máxima es de 80 cm/s^2 y su velocidad máxima es de 30 cm/s . Calcular la distancia medida desde la posición de equilibrio en la que E_c es $0,08 \text{ J}$.

2. La ecuación del M.A.S. de una partícula M de 0,06 kg es $x = 8 \cos(5t)$ m. Determinar:
- La amplitud
 - La frecuencia angular de oscilación.
 - La frecuencia de oscilación.
 - La constante k de recuperación.
 - La posición de la partícula en $t = 3$ s
 - La fuerza recuperadora para $t = 3$ s.
 - La energía potencial en $t = 3$ s
 - La velocidad de la partícula en $t = 3$ s
 - La energía cinética en $t = 3$ s
 - La energía total en $t = 3$ s.
3. Un objeto de 5 kg unido a un resorte se mueve con M.A.S. tiene una amplitud de 40 cm y un periodo de 7 s, cuando la elongación es de 30 cm. Calcular:
- La constante k
 - La frecuencia.
 - La aceleración
 - La fuerza restauradora.
 - La energía cinética
 - La energía potencial.
 - La energía total.
4. Un peso de 45 N realiza un M.A.S con un periodo de 1,8 s y una amplitud de 48 cm. Cuando la velocidad es de 2 m/s. Calcular.
- La elongación.
 - La aceleración.
 - La fuerza restauradora.
 - La energía cinética.
 - La energía potencial
 - La energía total.
5. Un cuerpo está animado con M.A.S. y tiene una elongación igual a la tercera parte de la amplitud. Determinar que fracción de la E T del sistema es E_c y E_p .
4. Una vitrina puede vibrar cuando un avión o un bus pasa cerca.
5. Un diapason puede aumentar el sonido de sus vibraciones cuando se lo coloca en una caja de resonancia ya que este vibrará con oscilaciones forzadas.
- 
6. La guitarra, el violín, el piano son cajas de resonancia de acople fuerte que amplifican todos los sonidos de las cuerdas vibrantes en oscilaciones forzadas. El mismo fenómeno se da en los altavoces, teléfonos y el tímpano del oído.
- 
7. En los relojes con péndulos para marcar el tiempo.
8. En la aguja de la máquina de coser ya que tiene una velocidad máxima en el momento que toca la tela.
9. Cuando un vehículo viejo viaja a una determinada velocidad y la frecuencia del motor se iguala a la frecuencia de resonancia de las latas, estas comienzan a vibrar, por tal razón hay que cambiar de velocidad.
10. El balanceo debido a la acción de los vientos fuertes en el edificio Citicorp de Nueva York se reduce mediante un amortiguador, instalado en uno de los pisos más altos. El amortiguador consiste en un bloque de 400 toneladas que esta acoplado al edificio mediante un muelle cuya constante se elige de forma que la frecuencia natural del sistema muelle-bloque sea la misma que la frecuencia natural del balanceo del edificio. Si el viento hace oscilar el edificio, el oscilador y el edificio oscilan con una frecuencia de fase de 180° con lo cual reduce la oscilación.

APLICACIONES EN LA VIDA COTIDIANA.

- En los motores de los vehículos: El soporte de un motor que gira, vibra en oscilaciones forzadas con amplitud muy pequeña. En los autos viejos algunas veces se nota que las latas entran en resonancia a cierta velocidad.
 - En los puentes: estos deben construirse con frecuencias propias muy diferentes de las que puede producir el viento o los hombres.
 - Cuando se golpea un diapason, y se lo dirige a otro de igual frecuencia situado a alguna distancia se pondrá a vibrar.
 - El astronauta Alan L. Bean midiendo la masa de su cuerpo durante el segundo viaje del Sky Lab. Lo hace sentado en un asiento atado a un resorte y oscilando de adelante hacia atrás. La masa total del astronauta más la del aparato está relacionada con la frecuencia de vibración de la ecuación:
- 

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$



12. Para amortiguar la oscilación de los autos se utiliza los amortiguadores, generalmente cilindros de color amarillo que absorben los choques.



13. En las llantas de las ruedas de los automóviles se colocan pequeñas masas en los bordes de los aros para equilibrarlas.

El propósito de equilibrar las ruedas es evitar las vibraciones que producirían las oscilaciones en el sistema de dirección del vehículo.

EXPLICA UTILIZANDO LO APRENDIDO

- ¿ Qué tiene mayor período, un péndulo corto o uno largo?
- ¿ Cuantas vibraciones por segundo representa una onda de radio de 104,5 kHz ?
- ¿ Cómo se relacionan la frecuencia y el período?
- ¿ El periodo de un péndulo depende de la masa que cuelga de él ?
- Una persona pesada y una liviana se balancean de un lado a otro en columpios de la misma longitud. ¿Cuál de los dos tiene mayor período?
- Cierto reloj antiguo de péndulo funciona con mucha exactitud. A continuación se pasa a una casa de verano, en unas montañas altas. ¿ Se adelantará, se atrasará o quedará igual ? Explicar por qué.
- Si usted humedece su dedo y lo frota alrededor del borde de una copa de tallo delgado, con frecuencia produce un sonido. ¿ Cómo se

produce este tono? ¿ De qué depende? ¿ Por qué debe humedecerse el dedo?

- Si se tiene un resorte con una constante de fuerza conocida, un cronómetro y un metro, ¿ cómo puede determinarse el valor de una masa desconocida ?

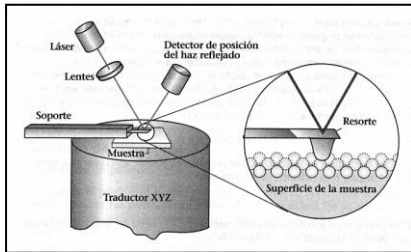
REFORZANDO LO APRENDIDO

- Calcular la longitud de un péndulo cuyo periodo es de 1,4 s.
- Un péndulo en la tierra tiene un período de 2,2 s y al llevarlo a otro planeta tiene un período de 5,8 s. Calcular la gravedad de dicho planeta.
- Un péndulo tiene un período de 3 s si su longitud se aumenta en un 85 % . Calcular el período.
- El péndulo que bate-segundo es aquel cuyo período es igual a 1 s. Determinar la longitud de la cuerda de este péndulo.

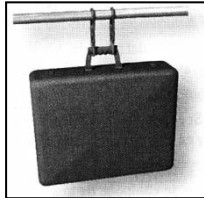
- Indicar qué péndulo tiene mayor período si uno que se encuentra en el Ecuador o el otro que se encuentra en los polos.



- Un cuerpo de 15 N se suspende en un resorte, luego se le añade otro cuerpo de 5 N y el cuerpo baja 6 cm. Determinar el período de oscilación del cuerpo.
- Una masa de 1,5 kg se mueve con M.A.S. Si la amplitud es de 15 cm, su aceleración máxima es de 50 cm /s² y su velocidad máxima es de 25 cm /s . Calcular la distancia medida desde la posición de equilibrio en la que Ec es 0,0601 J.
- El microscopio de fuerza atómica está compuesto por una punta afilada que se monta sobre un resorte flexible en una barra delgada, un sensor que detecta la desviación del resorte y un sistema de exploración mecánico que mueve la punta en una trayectoria controlada. Si la constante del resorte del microscopio es más pequeña que la constante del resorte equivalente entre los átomos en un sólido, el microscopio puede determinar posiciones comparables con los tamaños atómicos sin deformar la superficie que se examina. Se sabe que las frecuencias de vibración de los átomos en sólidos son del orden de 10¹² Hz y la masa de un átomo corresponde aproximadamente a 10⁻²⁵ kg. Calcular la constante del resorte interatómico.

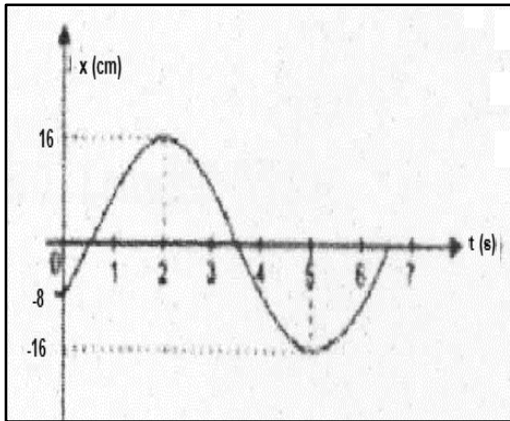


9. Una maleta de 20 kg de masa cuelga de dos cuerdas elásticas. Cada cuerda se alarga 5 cm cuando la maleta está en equilibrio. Si se estira la maleta un poco hacia abajo y se suelta. Determinar la frecuencia de oscilación.



10. Un péndulo de torsión tiene una aceleración angular de 25 rad/s^2 cuando su desplazamiento angular es de 70° . Calcular la frecuencia de vibración.
11. El movimiento de un pistón en un vehículo es armónico simple. Si el desplazamiento máximo es de 16 cm y se mueve con velocidad angular de 160 rpm. Calcular su aceleración al cabo de 0,3s.
12. la ecuación de la posición de una masa de 40 g animada con MAS es $x = 2 \cos(\frac{1}{4}t)$ cm. Calcular:
- La amplitud
 - La frecuencia angular de oscilación.
 - La frecuencia de oscilación.
 - La constante k de recuperación.
 - La posición de la partícula en $t = 2 \text{ s}$
 - La fuerza recuperadora para $t = 2 \text{ s}$.
 - La energía potencial en $t = 2 \text{ s}$
 - La velocidad de la partícula en $t = 2 \text{ s}$
 - La energía cinética en $t = 2 \text{ s}$
 - La energía total en $t = 2 \text{ s}$.
13. Una esfera de 100 g está unida a un resorte que está animada de MAS con una frecuencia de 65 Hz y una amplitud de 8cm. Si en $t = 0$ la esfera pasa por su posición de equilibrio en el sentido positivo de la posición. Calcular:
- La ecuación del movimiento.
 - la fuerza recuperadora en $t = 3\text{s}$
 - La energía potencial en $t = 3\text{s}$
 - La energía cinética en $t = 3\text{s}$
 - La energía total.
4. El período de un movimiento vibratorio armónico simple es de 0,2 s. Determinar la frecuencia y su pulsación.

5. Un M.A.S. tiene una frecuencia de 5 Hz y una amplitud de 8 mm. En el instante $t = 0$, el movimiento se encuentra en el centro de la vibración y se desplaza en sentido positivo. Expresar su elongación, su velocidad y su aceleración como funciones del tiempo.
6. La velocidad en m/s de un M.A.S. es $v(t) = -0,36 \pi \sin(24t + 3\pi/4)$, donde t es el tiempo en s. Determinar la frecuencia y la amplitud de ese movimiento, la expresión de su elongación en función del tiempo.
7. En un M.A.S. la elongación en cm es $x(t) = 0,4 \cos(10\pi t - \pi/3)$, siendo t el tiempo en s. Determinar la elongación, velocidad y aceleración del móvil en los instantes $t = 0 \text{ s}$ y $t = 1/120 \text{ s}$.
8. Una bola de acero de 0,5 kg esta unida al extremo de una tira plana de metal que está sujeta en su base. Se necesita una fuerza de 5 N para desplazar la bola 2 cm. Determinar el período de oscilación después de soltarla y su aceleración máxima.
9. Un cuerpo de masa de 4 kg está unido un resorte horizontal cuya constante de recuperación es de 14 N/m, el resorte se comprime 6 cm desde la posición de equilibrio y se deja en libertad. (Ángulo de desfase entre la posición de equilibrio y un extremo es de $\pi/3 \text{ rad}$). Determinar:
- La expresión de la posición de la masa en función del tiempo.
 - Los módulos de la velocidad y la aceleración de la masa en un punto situado a 3cm de la posición de equilibrio.
10. Un cuerpo de 150 g posee M.A.S. a lo largo de una recta AB de 10 cm de longitud, con un período de 4s. Si en $t = 0 \text{ s}$ la partícula parte de la posición de equilibrio hacia el punto B. Determinar:
- Las ecuaciones del movimiento.
 - La constante de recuperación del movimiento.
 - La velocidad en el punto $x = -2,5 \text{ cm}$
 - La aceleración de la partícula en $t = 3\text{s}$.
11. La gráfica $x = f(t)$ de una partícula de 0,8 kg que oscila con M.A.S. es:
- Determinar:
- La amplitud del movimiento.
 - El Período
 - La frecuencia angular.
 - El ángulo de fase inicial.
 - Las ecuaciones del movimiento en función del tiempo.



BIOGRAFÍAS

Heinrich Rudolf Hertz

(1857/02/22 - 1894/01/01)

Físico alemán, nació el 22 de febrero de 1857 en Hamburgo. Cursó estudios en la Universidad de Berlín. De 1885 a 1889 dio clases de física en la Escuela Técnica de Karlsruhe, y posteriormente en la Universidad de Bonn.

Clarificó la teoría electromagnética de la luz, que había sido formulada por el físico británico James Clerk Maxwell en el año 1884.

Demostró que la electricidad puede transmitirse en forma de ondas electromagnéticas, las cuales se propagan a la velocidad de la luz y tienen además muchas de sus propiedades.

El efecto **fotoléctrico fue descubierto** por Hertz en 1887, al observar que el arco que salta entre dos electrodos conectados a alta tensión alcanza distancias mayores cuando se ilumina con luz ultravioleta que cuando se deja en la oscuridad. Hertz establece básicamente que electrones de una superficie metálica pueden escapar de ella si adquieren la energía suficiente suministrada por luz de longitud de onda lo suficientemente corta. Hallwachs y Lenard estudiaron también este efecto años después.

Sus experimentos con estas ondas le condujeron al descubrimiento del telégrafo y la radio sin cables.

La unidad de frecuencia se denominó hercio en su honor; su símbolo es Hz.

Autor de (Gesammelte Werke, Leipzig 1894) el tomo I contiene trabajos diversos, especialmente la conferencia dada en Heidelberg zwischen Licht und Elektrizität; el tomo II (2da edición 1824): Untersuchungen ueber die Ausbreitung der elektrischen Kraft, y el tomo III (editado por



Lenard): Die Prinzipien der Mechanik in neuem Zusammenhange dargestellt.

Estuvo casado con Elizabeth Doll y su sobrino Gustav Hertz fue ganador del Premio Nobel.

Heinrich Hertz falleció en Bonn el 1 de enero de 1894.

Galileo Galilei

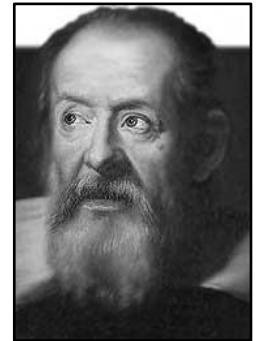
(1564/02/15 - 1642/01/08)

Matemático, físico y astrónomo italiano
Área: Astronomía, física, matemática

Reconocido por:
Observaciones telescópicas astronómicas, heliocentrismo...

Descubrimientos: Calisto, Europa, Ganimedes, Anillos de Saturno, Ío

"La duda es la madre de la invención"



Galileo Galilei nació el 15 de febrero de 1564, cerca de Pisa (entonces parte del Ducado de Florencia), Italia. Fue el primero de los seis hijos de Vincenzo Galilei, un famoso laudista, compositor y teórico de la música, y Giulia Ammannati. Al igual que su padre, fue un consumado intérprete de laúd.

Estudió en el monasterio Camaldolese en Vallombrosa, 35 km al sureste de Florencia. Consideró seriamente el sacerdocio, pero instado por su padre ingresó en la Universidad de Pisa en 1581, donde pretendía estudiar medicina. Al poco tiempo dejó la medicina por la filosofía y las matemáticas, abandonando la universidad en 1585 sin conseguir el título.

Galileo desempeñó un papel importante en la científica revolución durante el Renacimiento. Comenzó a impartir clases particulares y escribió sobre el movimiento hidrostático y natural, pero sin publicar nada.

En 1589, en Pisa, ejerció como profesor de matemáticas, donde demostró el error que Aristóteles había cometido al afirmar que la velocidad de caída de los cuerpos era proporcional a su peso, dejando caer desde la Torre inclinada de esta ciudad dos objetos de pesos diferentes.

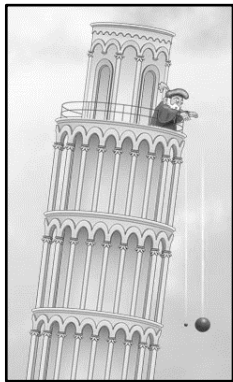
En 1591, su padre murió, y se le confió el cuidado de su hermano menor Michelagnolo. En 1592, se trasladó a la Universidad de Padua siendo admitido en la cátedra de matemáticas, y donde enseñó geometría, mecánica y astronomía hasta 1610. Allí inventó un 'compás' de cálculo para resolver problemas prácticos de matemáticas.

De la física especulativa pasó a dedicarse a las mediciones precisas, descubriendo las leyes de la caída de los cuerpos y de la trayectoria parabólica de los proyectiles, se dedicó a estudiar el movimiento del péndulo e investigó la mecánica y la resistencia de los materiales. Dejó de un lado la

astronomía, aunque a partir de 1595 se inclinó por la teoría de Copérnico, que afirmaba que la Tierra giraba alrededor del Sol.

En 1609 presentó al duque de Venecia un telescopio de una potencia muy parecida a los prismáticos binoculares. Con su telescopio de veinte aumentos descubrió montañas y cráteres en la Luna, consiguió ver que la Vía Láctea estaba compuesta por estrellas y descubrió los cuatro satélites mayores de Júpiter. Unos meses después publicó *El mensajero de los astros*, libro en el que hablaba estos descubrimientos.

Su fama le ayudó a conseguir el puesto de matemático en la corte de Florencia, donde quedó libre de sus responsabilidades académicas y pudo dedicarse a investigar y escribir. En diciembre de 1610 vio las fases de Venus, que iban totalmente en contra a la astronomía de Tolomeo y confirmaban su aceptación de las teorías de Copérnico. Fue criticado por los profesores de filosofía, ya que Aristóteles había afirmado que en el cielo solo podía haber cuerpos perfectamente esféricos y que no era posible que apareciera nada nuevo.



En 1612 publicó un libro sobre cuerpos en flotación. Rápidamente aparecieron cuatro publicaciones que rechazaban su física. Un año después escribió un tratado sobre las manchas solares y anticipó la supremacía de la teoría de Copérnico.

A principios de 1616, se prohibieron los libros de Copérnico y el cardenal jesuita Roberto Belarmino le

ordena que no defendiera el concepto de que la Tierra se movía. Galileo no tocó el tema durante algunos años dedicándose a investigar un método para determinar la latitud y longitud en el mar basándose en sus predicciones sobre las posiciones de los satélites de Júpiter, además de resumir sus primeros trabajos sobre la caída de los cuerpos y a exponer sus puntos de vista sobre el razonamiento científico en una obra sobre los cometas, *El ensayador* (1623).

En 1624 escribe un libro al que pretendía llamar *Diálogo sobre las mareas*, en el que abordaba las hipótesis de Tolomeo y Copérnico respecto a este fenómeno. Seis años después consiguió la licencia de los censores de la Iglesia católica de Roma, y le pusieron por título *Diálogo sobre los sistemas máximos*, publicado en Florencia en 1632. A pesar de todo la Inquisición le llamó a Roma con la intención de procesarle por "sospecha grave de herejía".

En 1633 le obligaron a abjurar y fue condenado a prisión perpetua (condena que le fue conmutada por arresto domiciliario). Los ejemplares del *Diálogo* fueron quemados. Su última obra fue *Consideraciones y demostraciones matemáticas*

sobre dos ciencias nuevas, publicada en Leiden en 1638.

Aun siendo un practicante católico romano, fue padre de tres hijos con Marina Gamba fuera del matrimonio. Tuvieron dos hijas, Virginia en 1600 (especialmente dedicada a su padre. Está enterrada con él en su tumba en la Basílica de la Santa Croce, Florencia), y Livia en 1601, y un hijo, Vincenzo, en 1606. Debido a su nacimiento ilegítimo, Galileo consideró que la única alternativa digna para ellas era la vida religiosa. Ambas niñas fueron aceptadas por el convento de San Matteo en Arcetri y permanecieron allí por el resto de sus vidas. Virginia tomó el nombre de María Celeste al entrar en el convento. Livia tomó el nombre de Sor Arcángela y estuvo enferma durante la mayor parte de su vida. Vincenzo fue legitimado como heredero legal de Galileo y se casó con Sestilia Bocchineri.

Galileo murió el 8 de enero de 1642, a los 77 años, en Florencia. El gran duque de Toscana, Fernando II, quiso que lo enterraran en el cuerpo principal de la Basílica de la Santa Croce, junto a las tumbas de su padre y otros antepasados, y erigir un mausoleo de mármol en su honor. Estos planes fueron anulados por el Papa Urbano VIII y su sobrino, el cardenal Francesco Barberini, protestando porque Galileo había sido acusado por la Iglesia Católica de "herejía". Fue enterrado en una pequeña habitación junto a la capilla de los novicios en el extremo de un pasillo desde el transepto sur de la basílica de la sacristía. Sus restos fueron sepultados en el cuerpo principal de la basílica en 1737 en un monumento erigido en su honor.

Galileo es considerado como el primer sabio moderno, además de haber ilustrado el "método experimental" como metodología para explicar los fenómenos de la realidad. Por lo que llegó a grandes descubrimientos que revolucionaron la ciencia en la treintena del siglo XVII.

El primer experimento, el Isocronismo del péndulo en pequeñas oscilaciones, delinearon un gran paso, puesto que fue las 'verdaderas bases' de lo que vendría; dos décadas después, la iniciación de la física clásica. En sustento de ello, el movimiento del péndulo y las leyes del 'Movimiento acelerado'.

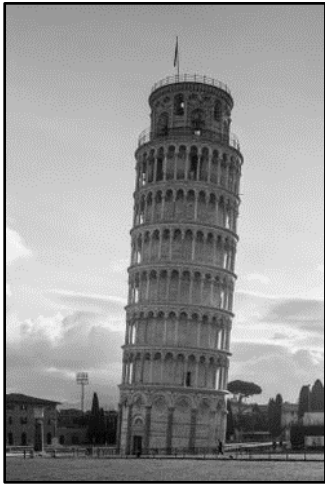
El primero, es una forma de desplazamiento que presentan algunos sistemas físicos como la aplicación práctica al movimiento armónico simple.

EL PRIMER EXPERIMENTO DE GALILEO:

En una mañana, como todas, cuando Galileo iba a observar la Catedral de Pisa, un sacristán encendió la lámpara que colgaba de una cadena en la cúpula. Galileo observó que la lámpara, al ser empujada por el sacristán, adquiría un movimiento oscilatorio, y que fuera cual fuera la amplitud de su oscilación, siempre guardaba el mismo ritmo. Este hecho, le pareció que empleaba el mismo tiempo en ir de un

extremo a otro, aunque la amplitud de oscilación decreciera.

Frente a esto, el italiano decidió medir el tiempo de las oscilaciones, y como en aquella época no existían relojes capaces de medir períodos breves,



tomó como medida las pulsaciones de su muñeca (acto de medicina). Comprobó que cada oscilación duraba el mismo número de pulsaciones; es decir, el mismo tiempo.

Ansioso por el descubrimiento se dirigió a su hogar para experimentar “n” veces el fenómeno. Con la ayuda de sus amigos y compañeros de

estudio, amarró separadamente dos esferas con dos cuerdas exactamente iguales. Enseguida empujó cada una de ellas a una distancia diferente. Mientras observaba uno de los péndulos, un amigo miraba el otro, contando ambas las oscilaciones.

Así, comprobaron que los péndulos realizaban igual número de oscilaciones en el mismo tiempo. Las esferas de distinto peso, también oscilaban en el mismo intervalo de tiempo, siempre y cuando estuvieran amarradas a cuerdas de la misma longitud. No obstante, cuando la amplitud es muy grande, el periodo del péndulo sí depende de ella. Este experimento tuvo por nombre “Isocronismo”. De modo que Galileo indicó las posibles aplicaciones de este fenómeno, en la medida del tiempo. Sin embargo, como el movimiento del péndulo depende de la gravedad, su periodo varía con la localización geográfica, puesto que la gravedad es más o menos intensa según la latitud y la altitud. Por ejemplo, el periodo de un péndulo será mayor en una montaña que a nivel del mar.

Es por ello, que un péndulo permite determinar con precisión la aceleración local de la gravedad.

Por ende, el descubrimiento de Galileo formuló: que el periodo de la oscilación de un péndulo es independiente de su amplitud (el arco del balanceo); es decir, el isocronismo del péndulo. Este descubrimiento tenía importantes aplicaciones para la medida de intervalos de tiempo. Más tarde, en el año 1602, explicó el isocronismo de péndulos largos en una carta a un amigo, y un año después a otro amigo, Santorio, un físico de Venecia, que comenzó a usar un péndulo corto, al que llamó «pulsilogium», para medir el pulso cardíaco de sus pacientes. Por lo tanto, el estudio del péndulo fue el primer oscilador armónico orgánico que dató en este periodo (10).

Igualmente, en el caso del péndulo, se observa que las oscilaciones de pequeña amplitud, todos tienen el mismo tiempo, independientemente de su

amplitud. De este modo, Galileo interpretaría en el año 1638 el ‘Movimiento Uniforme’

Volviendo al péndulo, el período de oscilación aumenta con la raíz cuadrada de la longitud del péndulo (12); así, un largo péndulo oscila más lentamente que uno corto. Así Galileo enfatizaría que “...el estado de un objeto puede ser tanto el reposo como el movimiento; no se puede admitir la distinción entre movimientos naturales y violentos – por parte de los sabios aristotélicos-. Los movimientos llamados naturales y violentos se transforman uno en el otro: la bola lanzada (movimiento violento) al aire descende, el péndulo no se detiene en el punto más bajo, sino que sube para bajar de nuevo.”(13)

De condición que los principios del período y de la frecuencia del péndulo sugieren que estas magnitudes dependan sólo de la longitud de la cuerda y de la aceleración de la gravedad. De lo que se puede obtener: Primero, el período de tiempo de un péndulo es independiente de la masa pendular (cualquiera sea el valor de la masa), el período de tiempo será constante; y segundo, el período de tiempo de un péndulo es independiente de la amplitud de la oscilación.

En consecuencia, de ello, y contemporáneo a los estudios de Galileo, Huygens (1629 – 1695) elige mecanismo, como aparato mecánico, el péndulo, de manera que la unidad de tiempo sea el periodo de este.

De esta manera, Galileo con tan sólo diecisiete años de edad, descubrió en 1581, las leyes conocidas como del isocronismo de las pequeñas oscilaciones; y que tuvo como efecto:

“convertir el tiempo en una magnitud geométrica cuya imagen es, precisamente, la línea recta... Por lo que Galileo definió el movimiento como una relación entre el espacio recorrido y el tiempo, como $v=e/t$, $a=v/t$ y es lo que posibilita hablar de movimiento uniforme –la velocidad es constante- o del cambio de movimiento –dado por la aceleración.

De lo anterior, el joven toscano, probaría entre uno o dos puntos ‘relativos’ al balanceo del péndulo con la constancia de las oscilaciones de la masa pendular y una longitud determinada. Frente a esto, Galileo cuestionó de dónde proviene el movimiento. De modo, que cuando el péndulo se halla en reposo, su extremo libre se encuentra lo más cerca posible del centro de la Tierra; por lo tanto, la fuerza de gravedad queda equilibrada por la tracción que sustenta la cuerda del péndulo. Pero si lo derivamos de dicha posición, tal equilibrio se perturba y el péndulo comienza a oscilar. Desde luego que, cuando el peso se halla en un punto extremo de la oscilación, la influencia de la fuerza de gravedad lo obliga a caer; y al caer obedecerá a las leyes que rigen ‘la caída de los cuerpos’ moviéndose a cada instante con más prontitud, hasta que llega al punto más bajo (pero sin detenerse en él. Dado que no se detiene, porque al caer ha adquirido cierta cantidad de ‘energía’ lo que permite continuar su oscilación

más allá de dicho punto y de levantarse por el otro lado, venciendo la gravedad de la Tierra, repitiéndose la operación en sentido contrario, aunque cada vez más despacio, hasta que acaba por detenerse.



En sí, la 'energía' que sujeta el péndulo es la que comunica el levantar o el empujar de un lado al otro. Por lo que, cuando el péndulo está en reposo, la 'energía' no existe; aunque, sólo el más leve impulso bastaría para que comience nuevamente el balanceo. Sin embargo, esta 'energía' se disipa como la de un proyectil lanzado por el aire, ya que el roce del punto en

la suspensión del péndulo es por la resistencia del aire. Por lo tanto, si fuera posible construir un péndulo que estuviese suspendido de manera que no hubiese roce y que pudiera oscilar en el vacío, tácitamente conservaría su energía y por ende oscilaría en el infinito.

Así, este fue el primer paso de Galileo Galilei para que las prontas experiencias, revolucionaran su época y, de cambiar el mundo del cual se tenía conocimiento, por medio de nuevos descubrimientos que se realizaría científicamente, tales como: La caída de los cuerpos, las formas del movimiento, el telescopio, las observaciones de la luna, las manchas solares, la vía Láctea y las nebulosas, las fases de Venus y la confirmación de la teoría de Copérnico. Los principios básicos del M.A.S. Siglos después, Galileo Galilei sería considerado como el fundador científico más sobresaliente, arraigado por su método de experimentación y que, posteriormente, tendría a sus pies las primeras leyes de la física clásica.