

MÓDULO FÍSICA

Módulos de trabajo para
los alumnos del último año
del Nivel Medio/Polimodal.

Dirección de Articulación de Niveles Educativos
Universidad Nacional del Nordeste

MÓDULO FÍSICA

Módulos de trabajo para
los alumnos del último año
del Nivel Medio/Polimodal.

Dirección de Articulación de Niveles Educativos
Universidad Nacional del Nordeste

Autoridades

	Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología		Universidad Nacional del Nordeste
Lic. Daniel Filmus - <i>Ministro</i>		Arq. Oscar Vicente Valdés - <i>Rector</i>	
Dr. Juan Carlos Pugliese - <i>Secretario de Políticas Universitarias</i>		Dr. Héctor J. Zimmerman - <i>Vicerrector</i>	
Lic. Gustavo Crisafulli - <i>Responsable Área de Articulación</i>		Med. Vet. Oscar Maccio - <i>Secretario General Académico</i>	
		Prof. Aldo F. Lineras - <i>Director de Articulación de Niveles Educativos</i>	

	Gobierno de la Provincia de Corrientes		Gobierno de la Provincia del Chaco
Dr. Horacio Colombi - <i>Gobernador</i>		Sr. Roy A. Nikisch - <i>Gobernador</i>	
Dr. Eduardo Galantini - <i>Vicegobernador</i>		Dr. Eduardo A. Moro - <i>Vicegobernador</i>	
Dr. Carlos J. Vignolo - <i>Ministro de Educación y Cultura</i>		Dr. Jaime L. Grabow - <i>Ministro de Educación, Cultura, Ciencia y Tecnología</i>	
C.P. Rubén A. Ojeda - <i>Subsecretario de Educación</i>		Prof. Martha Fassano - <i>Subsecretaria de Educación</i>	
Prof. Alejandra S. de Panseri - <i>Directora de Enseñanza Media y Superior</i>			

DIRECCIÓN DE ARTICULACIÓN DE NIVELES EDUCATIVOS
Prof. Aldo F. Lineras - <i>Director de Articulación de Niveles Educativos</i> Prof. Mariana Ojeda - <i>Equipo de Apoyo Técnico</i>
Plácido Martínez 1383, Corrientes, Capital. (CP 3400) Tel /Fax: 03783 - 425314 / 464483 E -mail: unnearticulacion@unne.edu.ar

ELABORACIÓN DEL MÓDULO

Coordinación Pedagógica
Maria Paula Buontempo

Coordinación del Módulo:
Irma Irene Lucero

Autoras
Miriam Elena Godoy
Irma Irene Lucero
Susana Julia Meza

Corrección de estilo
Olga Musimessi

Diseño y diagramación
Julieta Guidici
Alberto Rolando Dahan

Octubre 2005

Prólogo

El presente material es producto del Programa de Articulación Universidad .- Nivel Medio II que llevan adelante la Secretaría de Políticas Universitarias y la Universidad Nacional del Nordeste en convenio con los Ministerios de Educación de las Provincias de Chaco y de Corrientes.

Se trata de una segunda serie de publicaciones que deben sumarse a las producidas durante 2003, como resultado de la primera etapa de nuestras acciones de articulación. En tal sentido, el presente nos encuentra firmes en el compromiso de trabajar cooperativamente con los demás actores educativos en un esfuerzo basado en la convicción de que la excelencia y calidad de la formación de los egresados se consigue pensando al sistema como tal. Por lo tanto, el tránsito desde los estudios medios hacia los superiores se constituye en espacio de especial referencia para las políticas que buscan asegurar la igualdad de oportunidades en educación, a la vez que son la base del mejoramiento en el ingreso y la retención en estudios superiores.

Los equipos redactores han sido conformados con personal universitario y del nivel medio pues se ha buscado en todo momento que los aportes teóricos disciplinares puedan ser pensados a la luz de las prácticas docentes que utilizarán el material.

Desde la Universidad Nacional del Nordeste confiamos en que el camino que hemos iniciado profundiza la democratización de nuestro sistema educativo pues el éxito de estas acciones aumentará las posibilidades de los estudiantes de encarar satisfactoriamente sus estudios superiores.



Arq. Oscar Vicente Valdés
Rector - UNNE

Introducción

Este cuaderno didáctico forma parte del material elaborado en el marco del Programa de Articulación Universidad Nacional del Nordeste- Nivel medio/ Polimodal y pretendemos que se constituya en una herramienta que contribuya al desarrollo de las competencias básicas en el área de la Física, para el ingreso a la universidad.

Para armar esta propuesta de trabajo se han priorizado los contenidos y competencias que se consideraron más relevantes, y que permitan al estudiante poder abordar, de una manera más eficiente, el primer curso de Física universitaria.

El cuaderno presenta cinco capítulos que pertenecen el área de la Mecánica, dentro de la Física. El capítulo 1: Magnitudes físicas, mediciones, tratamiento de datos; el capítulo 2: Movimientos; el capítulo 3: Fuerza, trabajo y energía; el capítulo 4: Cuestiones de los fluidos y el capítulo 5: Movimiento ondulatorio. Estos capítulos no constituyen bloques disciplinarios que agreguen contenidos a los que ya son impartidos en el nivel medio/polimodal, sino que se presenta una propuesta de trabajo encadenada, que permite ir transitando por los diferentes contenidos en una continua relación teoría-práctica, como una forma de autoevaluar los conocimientos adquiridos en la escuela media/ polimodal. De ninguna manera este material puede suplir a la bibliografía existente en el mercado, es por ello, que al final de cada capítulo se ha colocado la bibliografía recomendada, para profundizar los diferentes temas.

El desarrollo de cada capítulo está anclado en lo conceptual, presentando situaciones concretas y ejemplos aclaratorios de fácil interpretación. El tratamiento matemático, en los desarrollos explicativos y las actividades propuestas es elemental, pero respetando la rigurosidad

que cada tema requiere.

Los docentes de todos los niveles educativos aceptamos que la resolución de problemas es la estrategia favorita para la enseñanza-aprendizaje de la Física, por ello, en esta propuesta hemos introducido, a lo largo de todo el desarrollo, situaciones problemáticas cualitativas, cuantitativas y experimentales.

Las actividades son presentadas en dos momentos del desarrollo de este cuaderno. Unas, incorporadas al planteo explicativo de los diferentes contenidos y otras, al final de cada capítulo, para ser trabajadas con el cuerpo total de conocimientos que aporta el capítulo. Al ser actividades cualitativas, cuantitativas y experimentales, permiten desarrollar destrezas en cuanto a medición, identificación de variables, representaciones gráficas, conversión de unidades, cálculos, análisis, explicación, y justificación.

No hay que olvidar que la Física es la ciencia que explica el mundo natural, más específicamente, los fenómenos físicos del mundo natural, por ello, no hay que confundir a la resolución de problemas con la manipulación mecánica de fórmulas, datos y unidades para obtener un resultado numérico. Aprender Física va más allá de obtener un resultado numérico usando una fórmula, es poder explicar el comportamiento de un determinado sistema, a la luz de las teorías, principios y leyes vigentes en la ciencia.

Como autoras esperamos que este material sea de gran ayuda para el estudiante que pretende ingresar a una carrera científico tecnológica de nuestra universidad, y estamos convencidas de que el éxito dentro de las aulas universitarias se logra con mucho esfuerzo y dedicación al estudio.



CAPÍTULO 1.

**MAGNITUDES FÍSICAS.
MEDICIONES.
TRATAMIENTO DE DATOS**



En este capítulo se trabaja con contenidos útiles para diferenciar las dimensiones de las magnitudes físicas, comprender sus relaciones e interpretar el proceso de medición.

Autores

Irma Irene Lucero - Susana Julia Meza

MAGNITUDES FÍSICAS. MEDICIONES. TRATAMIENTO DE DATOS

MAGNITUDES FÍSICAS

Es sabido que la Física es la ciencia que explica el origen y funcionamiento del mundo natural, tratando de encontrar leyes que rijan el comportamiento de los distintos sistemas físicos.

Para que puedan enunciarse las leyes y ese conocimiento sobre el estatus de conocimiento científico, hay un proceso de estudio que realizan los científicos, sobre el problema en cuestión. En ese proceso analítico de estudio, se aborda el problema desde dos aspectos fundamentales, uno conceptual y otro experimental.

En el aspecto conceptual, se analiza el fenómeno tratando de identificar cuáles son los parámetros (variables) que intervienen en él y qué relaciones existen entre los mismos. En el aspecto experimental, se pone una mirada cuantitativa sobre el fenómeno estudiado, a fin de poder expresar matemáticamente las relaciones entre las variables relevantes del problema. La traducción a una expresión algebraica de lo que ocurre en el fenómeno, permite el enunciado de la ley física, que es la que permitirá explicar la situación real del fenómeno, por medio del modelo que subyace en ella.

- Nombra al menos dos leyes físicas. Enúncialas
- Indica a que fenómeno/s físico/s hacen referencia.

Hacer el estudio experimental lleva consigo la necesidad de cuantificar las magnitudes involucradas en el fenómeno. Entonces, ¿a qué se llama magnitud física?

Magnitud física es todo aquel atributo de un cuerpo, de un fenómeno o de una sustancia que puede determinarse cuantitativamente, es decir, que es susceptible de ser medido y su valor se puede sumar o restar.

Ejemplos de magnitudes físicas son la longitud, la masa, la presión, la velocidad, la corriente eléctrica.

- ¿Puedes dar otros ejemplos de magnitudes? Enumera todas las que conozcas.

Tal vez al trabajar con este libro puedas encontrar algunas magnitudes físicas que no aparezcan en tu lista. El desafío está propuesto.

MEDICIONES- SISTEMAS DE UNIDADES

La definición de magnitud física requiere que nos detengamos en el



significado de la palabra MEDIR:

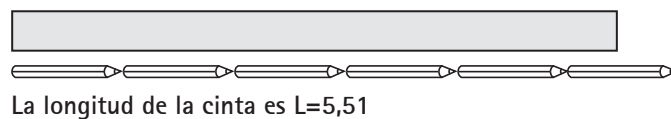
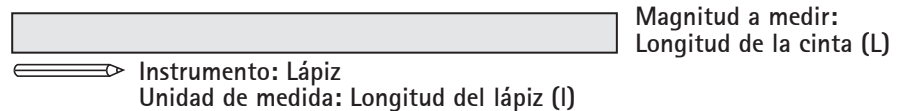
Medir significa asociar a una magnitud física un valor dimensionado en relación con la unidad que arbitrariamente se ha definido para medirla. El valor que se le asigna se obtiene por comparación con la unidad de medida.

El proceso de medición es un proceso experimental en el que interactúan tres sistemas:

- Lo que se va a medir.
- El/los instrumentos con los que se mide (del cual el observador forma parte).
- El sistema de referencia con que se compara, es decir, las unidades.

Para medir, se elige previamente una unidad afín a la magnitud a medir y luego se ve cuántas veces cabe la unidad de medida en la magnitud a medir.

Por ejemplo, podemos estar interesados en saber cuánto vale la longitud de una porción de cinta de tela. Para poder expresarla se hace necesario primero elegir la unidad de medida. Podemos elegir entonces como unidad de medida la longitud del lápiz que tenemos entre nuestros útiles escolares.



¿Qué pasa si se emplea otro lápiz cuya longitud sea distinta?

La longitud de la cinta no tendrá el mismo valor de medición si se la compara con la longitud de un lápiz más corto o más largo. Habría en este caso tantas unidades como operadores creando dificultad en la comunicación de los resultados de las mediciones.

Las reglas más comunes emplean como unidad de longitud al centímetro. Si medimos la cinta con la regla cuya unidad es el centímetro, el valor de la medición será distinto al obtenido empleando como unidad la longitud del lápiz elegido para realizar la medición.

- Trata de comprobar esto último por ti mismo. Expresa la longitud de una porción de cinta de tela, tomando como unidad el centímetro y tomando como unidad la longitud de tu lápiz. Prueba con otro lápiz de longitud distinta. Compara

los resultados obtenidos. ¿Qué puedes concluir?

- ¿Por qué se dice que la medida depende de la unidad elegida, que cambia el número pero no la cantidad?

Por ello, las unidades de medida de las distintas magnitudes se consensuan y se agrupan conformando SISTEMAS DE UNIDADES. Para construir un sistema de unidades, se acuerda (entre los miembros de la comunidad científica académica) cuáles serán las magnitudes fundamentales del sistema y se definen, cuáles serán las unidades de ellas; estas unidades conforman las unidades de base del sistema. En Física se utilizan básicamente tres sistemas de unidades: cgs, Internacional (SI) y Técnico.

En Argentina, la ley de metrología (ley N° 19511, en su versión actualizada) define el sistema de unidades que adoptará, expresando en el artículo 1: El Sistema Métrico Legal Argentino (SIMELA) estará constituido por las unidades, múltiplos y submúltiplos, prefijos y símbolos del Sistema Internacional de Unidades (S I) tal como ha sido recomendado por la Conferencia General de Pesas y Medidas hasta su Décimo-cuarta Reunión y las unidades, múltiplos, submúltiplos y símbolos ajenos al S I que figuran en el cuadro de unidades del SIMELA que se incorpora a esta ley como anexo.

El SI se fundamenta en un conjunto de siete unidades llamadas de base, que por convención se consideran como dimensionalmente independientes. Estas son:

Magnitud	Unidad	Símbolo de la unidad
longitud	metro	m
masa	kilogramo	kg
tiempo	segundo	s
intensidad de corriente eléctrica	amperio	A
temperatura	kelvin	K
cantidad de sustancia	mol	mol
intensidad luminosa	candela	cd

- Llena los casilleros vacíos para completar el cuadro con las magnitudes y unidades de base de los tres sistemas:

Sistema cgs		Sistema Internacional		Sistema Técnico	
Magnitudes	Unidades	Magnitudes	Unidades	Magnitudes	Unidades
LONGITUD		LONGITUD	metro (m)	LONGITUD	
MASA		MASA	kilogramo masa (kg)	FUERZA	kilogramo fuerza (kgr)
TIEMPO		TIEMPO	segundo (s)	TIEMPO	

Las unidades de las magnitudes físicas no consideradas fundamentales, resultan de productos, cocientes, o productos de potencias de las unidades de base y por ello se denominan derivadas.

La velocidad se expresa matemáticamente en el movimiento rectilíneo uniforme por el cociente entre la distancia (longitud, L) recorrida y el tiempo (tiempo, T) empleado en recorrer esa distancia, entonces las dimensiones de la velocidad resultan de dividir la longitud por el tiempo, o sea $[v] = \frac{L}{T}$

El símbolo [v] representa dimensiones de la velocidad.

La unidad de velocidad se obtiene haciendo el cociente entre las unidades de L y de T en cada sistema.

- Escribe las unidades de velocidad para los tres sistemas de unidades.
- Las siguientes son las ecuaciones matemáticas de otras magnitudes físicas. Encuentra sus unidades en cada uno de los sistemas.

<i>Aceleración</i>	$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$
<i>Fuerza</i>	$F = m \cdot a$
<i>Presión</i>	$p = \frac{F}{A}$
<i>Energía cinética</i>	$E = \frac{1}{2} m v^2$
<i>Trabajo mecánico</i>	$T = F \cdot d \cdot \cos \theta$
<i>Peso específico</i>	$\rho = \frac{P}{V}$

Análisis dimensional

La expresión matemática de una ley física está dando una relación algebraica entre las magnitudes involucradas. La ley es una igualdad matemática que debe guardar coherencia dimensionalmente. La palabra dimensión, en Física, indica la naturaleza física de la magnitud; así es que podemos hablar de la distancia recorrida por un tren, pero la dimensión correspondiente es la longitud.

Longitud (L), masa (M) y tiempo (T), son las dimensiones básicas o fundamentales que se usan en Mecánica. Todas las otras magnitudes pueden obtenerse por operaciones de multiplicación o división entre las dimensiones básicas.

En el cuadro siguiente se ven ejemplos simples de esto:

área	volumen	velocidad	aceleración	fuerza
L^2	L^3	L / T	L / T^2	$M L / T^2$

Las dimensiones tienen la propiedad de que pueden ser tratadas algebraicamente, y esto permite poder realizar el análisis dimensional de una expresión matemática entre magnitudes físicas.

Realizar el análisis dimensional significa expresar cada una de las magnitudes físicas de la expresión matemática en términos de las dimensiones básicas y operar algebraicamente entre ellas. En ambos miembros de la igualdad debe obtenerse la/s misma/s dimensión/es.

Por ejemplo: la velocidad en función del tiempo en el movimiento uniformemente acelerado está dada por: $v = v_0 + at$

El análisis dimensional sería: $\frac{L}{T} = \frac{L}{T} + \frac{L}{T^2} \cdot T = \frac{L}{T} + \frac{L}{T}$

fórmula que resulta correcta, dado que los dos términos del último miembro tienen la misma dimensión, de lo contrario no podrían sumarse y la dimensión obtenida es la misma que la del primer miembro de la igualdad.

- Analiza si las siguientes relaciones matemáticas entre magnitudes físicas son correctas. Si no lo son, escríbelas correctamente.

Período de un péndulo simple

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

l = longitud del péndulo
g = aceleración de la gravedad

Fuerza centrípeta

$$F = m \cdot v^2 / R$$

m = masa
v = velocidad de la partícula
R = radio de curvatura de la trayectoria de circular.

Conversión de unidades

Si se tiene el valor de una magnitud en una cierta unidad, puede ser expresado en otra cualquiera, con solo multiplicar por los factores de conversión.

La fuerza en el sistema SI se expresa en newton (N) y en el sistema cgs en dina (dyn). El factor de conversión de N a dina será aquel que expresa cuántas dinas equivalen a 1 N, y para obtenerlo se hace:

$$F = ma \quad [F] = M \frac{L}{T^2}$$

en el sistema SI la unidad de fuerza estará entonces dada por $kg \frac{m}{s^2} = N$

Para expresar en dina, es necesario reducir kg a g, y m a cm

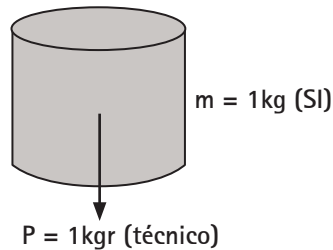
$$1 \text{ kg } \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1 \text{ kg } \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} = 10^5 \frac{\text{g cm}}{\text{s}^2} = 10^5 \text{ dina}$$

$$1 \text{ kg } \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1 \text{ kg } \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} = 10^5 \frac{\text{g cm}}{\text{s}^2} = 10^5 \text{ dina}$$

$$1 \text{ N} = 10^5 \text{ dina}$$

El factor de conversión es en este caso 10^5

Si quisiéramos encontrar el factor de conversión entre kgr, unidad de fuerza en el sistema técnico y N que es la unidad de fuerza en el sistema SI, deberíamos tener en cuenta que el kgr se corresponde, aproximadamente, con el peso de una masa de 1 kilogramo situada en la superficie terrestre, a nivel del mar.



Considerando que $P=mg$ se tendría:

$$1 \text{ kgr} = 1 \text{ kg } 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 9,8 \text{ N}$$

$$1 \text{ kgr} = 9,8 \text{ N}$$

En este caso, el factor de conversión es 9,8

• ¿Cuál sería el factor de conversión entre la unidad de fuerza en el sistema técnico y en el sistema cgs?

• Practica conversión de unidades, haciendo las siguientes reducciones:

144 Km/h a m/s

49 N a kgr

12,2 cm/s²

980000 dina a kgr

1g/cm² a kg/m³

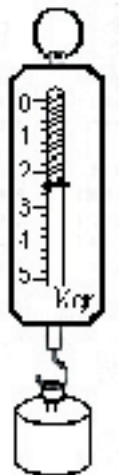


Figura 1

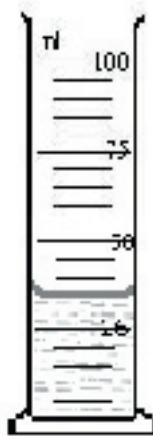


Figura 2



Figura 3



Figura 4

Mediciones directas e indirectas- Errores en las mediciones

• Indica para cada uno de los casos que se muestran en las figuras 1 a 4:

- La magnitud que se mide
- El instrumento empleado
- La unidad de medida
- El valor de la medida

En cada uno de los casos anteriores el valor de la magnitud surge a partir de la lectura del instrumento y por ello reciben el nombre de mediciones directas.

Hay casos en los que el valor de la magnitud de interés surge de la aplicación de una expresión matemática o una ley física que vincula otras mediciones directas, como los siguientes:

a) Determinación del volumen de un cubo a partir de la medida directa de la arista $V = L^3$

b) Determinación de la densidad de un sólido a partir de la medida directa de la masa y de la medida indirecta del volumen $\delta = \frac{m}{V}$

c) Determinación de la velocidad de un cuerpo con movimiento rectilíneo uniforme a partir de las medidas directas del tiempo empleado en recorrer una distancia dada $v = \frac{x}{t}$

- Menciona otros ejemplos de mediciones directas e indirectas.
- ¿La velocidad de un móvil puede ser medida en forma directa?
- Describe otro método para determinar el volumen de un cubo.

Cuando se realiza la medición de una magnitud empleando diversos instrumentos calibrados con la misma unidad es de esperar obtener el mismo resultado que correspondería al valor verdadero de la magnitud. Sin embargo ello no es posible ya que es imposible conocer el verdadero valor. Todas las mediciones están afectadas de error (que no significa equivocación) o de incertezas.

Los errores también pueden clasificarse de acuerdo a su origen en: de apreciación, sistemáticos y casuales.

Centrando la atención en los errores de apreciación, éstos están relacionados con el instrumento. El error de apreciación de una medida es la menor lectura que se puede realizar con la escala del instrumento empleado, o sea la mínima división de la escala a la que se denomina precisión del instrumento.

- ¿Cuál es la precisión de los instrumentos que aparecen en las figuras 1,2,3 y 4?

Para que una medición (X') tenga significado físico debe ir acompañada del error con el que se midió (ΔX). Deber ser expresada de la siguiente manera:

$$X' \pm \Delta X$$

- Escribe el resultado de las medidas indicadas en las figuras 1,2,3 y 4 acompañadas del error de apreciación
- Averigua cuál es la precisión de este instrumento que se emplea para medir longitudes y que se denomina calibre recto. La regla esta graduada en cm.

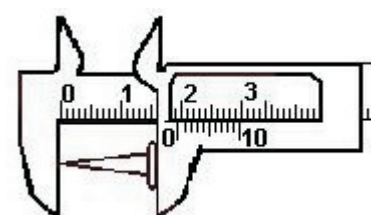


Figura 5

La precisión del instrumento daría la incerteza en una medida directa.

En el caso de medidas indirectas es necesario considerar la incerteza de cada una de las mediciones directas de las magnitudes que figuran en la expresión que vincula dichas magnitudes. El método para obtener la incerteza de una magnitud que fuera medida indirectamente, se denomina propagación de errores y está anclado en procedimientos del análisis matemático.

Se presenta a continuación la forma práctica de obtener las incertezas en medidas indirectas, para los casos más simples:

1) Sea una magnitud que es suma de otras dos: $A = B + C$

Si los valores medidos son $(B' + \Delta B)$ y $(C' + \Delta C)$, la incerteza de A es:

$$\Delta A = \Delta B + \Delta C$$

2) Si la magnitud se obtiene por diferencia entre otras dos magnitudes: $A = B - C$

y los valores medidos son $(B' + \Delta B)$ y $(C' + \Delta C)$, la incerteza de A es:

$$\Delta A = \Delta B + \Delta C$$

3) Si la magnitud se obtiene por el producto entre otras dos: $A = B \cdot C$ y los valores medidos son $(B' + \Delta B)$ y $(C' + \Delta C)$ la incerteza de A es:

$$\Delta A = C' \cdot \Delta B + B' \cdot \Delta C$$

La incerteza ΔX también recibe el nombre de error o incerteza absoluta.

Para poder saber si una medida es precisa, se halla el error relativo que está dado por el cociente entre la incerteza o error absoluto y la medida realizada.

$$E_r = \frac{\Delta X}{X'}$$

El error porcentual está dado por el producto del error relativo por cien

$$E\% = Er \cdot 100 = \frac{\Delta X}{X'} \cdot 100$$

Una medida será más precisa, de mayor calidad, cuando menor sea su error relativo.

- Calcula el error relativo y porcentual de las medidas indicadas en las figuras 1, 2, 3 y 4.
- ¿Cuál de ellas es más precisa?
- En un trabajo de laboratorio se realizaron las siguientes mediciones:
 - 1) $(80,5 \pm 0,5)$ kgr
 - 2) $(23,1 \pm 0,1)$ cm
 - 3) (500 ± 10) mg
 - 4) $(240,5 \pm 0,5)$ s

- a) Indica el significado de cada uno de los términos de las expresiones anteriores.
- b) Identifica los posibles instrumentos empleados para realizar las mediciones y sus precisiones.
- c) Para comparar las mediciones realizadas, ¿qué tipo de error se debe emplear? Fundamenta tu respuesta.
- d) Determina cuál de las mediciones es de mayor calidad. Fundamenta tu respuesta.

Magnitudes escalares y vectoriales

Entre las magnitudes mencionadas anteriormente, algunas como la velocidad y la fuerza, para quedar bien definidas, necesitan identificar no sólo su valor, sino también punto de aplicación, dirección y sentido. En cambio, otras, como la masa y la energía mecánica, quedan perfectamente definidas con su valor y unidad.

- Cita otros ejemplos de magnitudes vectoriales y escalares.
- ¿Cómo se representan gráficamente las magnitudes vectoriales?. Explícalo. Da un ejemplo.

LAS REPRESENTACIONES GRÁFICAS EN FÍSICA

Cuando se estudia físicamente un sistema interesa poder establecer la interdependencia causal entre las magnitudes que lo describen. Es decir, poder establecer las leyes físicas que permitirán predecir la evolución de ese sistema. Recordando que se llama sistema a la parte del universo que se aísla para su estudio. Si consideramos el sistema “*los pobladores de una determinada localidad*”, podría interesar la relación que puede existir entre la altura y el peso de las personas. Si el sistema en estudio fuera *un cuerpo que se mueve sobre una trayectoria rectilínea*, podría ser de interés en este caso analizar la relación entre la distancia recorrida y el tiempo empleado, o entre la velocidad del móvil para distintos instantes de tiempo.

Puede ocurrir que si se varía el valor de una de las magnitudes involucradas en la descripción del sistema, ello origine la variación de otra, poniendo así en evidencia la existencia de alguna relación funcional entre ambas. Así, la primera se correspondería con una magnitud independiente (x) cuyo valor puede ser controlado, y la segunda con una dependiente (y). La relación entre ambas magnitudes se puede poner en evidencia al representar gráficamente en un sistema de ejes cartesianos una serie de mediciones de pares de valores obtenidos experimentalmente.

- Da ejemplos de sistemas que puedan ser de interés para estudiar.
- En cada uno de los sistemas mencionados anteriormente, identifica las magni-

tudes entre las que podría existir alguna relación funcional.

Si la relación entre las magnitudes consideradas fuera lineal, $y = ax \pm b$, los parámetros a y b podían ser conocidos realizando mediciones experimentales de los pares x, y . Al representar gráficamente $y = f(x)$ se obtendría una recta cuya ordenada al origen es b y cuya pendiente es a . Empleando este procedimiento pueden hallarse diversos parámetros físicos dado que en la naturaleza las relaciones entre magnitudes que se presentan con frecuencia son del tipo lineal, en las que los parámetros a y b de la función lineal estarían representando a algún parámetro físico del fenómeno en estudio.

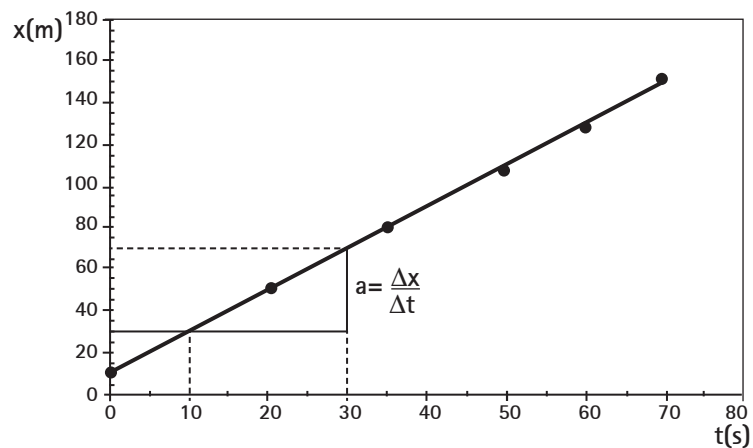
¿Cómo se procede para determinar un parámetro físico de interés de acuerdo a lo indicado anteriormente?

En el ejemplo del *cuerpo que se mueve sobre una trayectoria rectilínea*, podría estudiarse el tipo de movimiento determinando experimentalmente los tiempos empleados en recorrer determinadas distancias.

Ejemplo: Un operador obtiene para un sistema similar al anterior, los siguientes valores experimentales:

t (s)	0	20	35	50	60	70
x (m)	10	52	80	105	125	155

Luego traza la gráfica $x = f(t)$, tratando de compensar los puntos. La gráfica así obtenida, es una recta indicando que el móvil posee movimiento rectilíneo uniforme (trayectoria rectilínea, $v = \text{constante}$) cuya ley de movimiento es $x = x_0 \pm vt$.



Comparando con la ecuación de la recta, resulta, para este caso, que el valor de la ordenada da el valor de la posición inicial del móvil y el valor de la pendiente, el de la velocidad.

$$\begin{array}{c}
 x = x_0 + v t \\
 \downarrow \quad \downarrow \\
 y = b + a x
 \end{array}$$

Leyendo en el gráfico se obtiene que $b = x_0 = 10\text{m}$, posición del móvil con respecto al origen del sistema de referencia en el instante inicial, cuando se comienza a medir el tiempo.

La velocidad se obtiene hallando la pendiente de la recta, haciendo el cociente incremental

$$v = a = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{(70-30)\text{m}}{(30-10)\text{s}} = \frac{40\text{m}}{20\text{s}} = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

- Expresa la velocidad del ejemplo en km/h

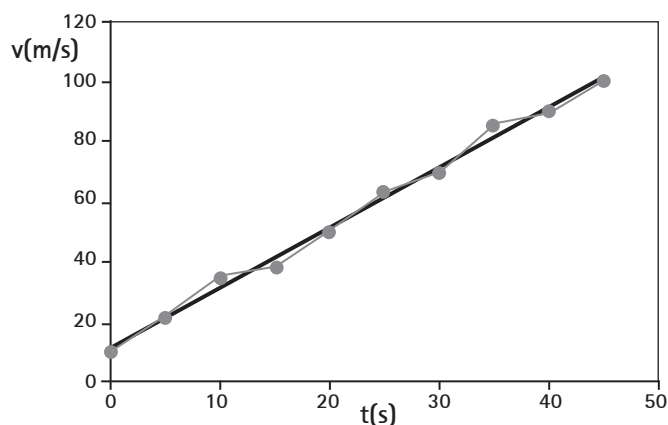
El método empleado en este caso se denomina *método gráfico*, ya que la pendiente fue obtenida a partir valores extraídos de la representación $x = f(t)$. Es importante en este caso cuidar que las escalas en ambos ejes sea la misma o, en caso contrario, emplear un factor de escala.

De acuerdo a la manera que se trace la gráfica, compensando la mayor cantidad de puntos, serán los valores de posición inicial y velocidad obtenidos. Existe un método, que se denomina de *cuadrados mínimos* que permite hallar los parámetros de la recta que compensa todos los puntos experimentales, de tal manera que esos valores serán los que poseerán el menor error posible.

- Si la ley de movimiento en el caso analizado anteriormente responde a una función lineal, entonces ¿por qué los puntos no se hallan perfectamente/exactamente sobre una recta?

- Indica qué instrumentos pudo haber utilizado el operador para realizar las medidas. ¿Cuál es la incerteza de cada uno de ellos?

- Para estudiar el movimiento de un cuerpo con trayectoria rectilínea se determina experimentalmente la velocidad final luego de transcurrido un tiempo t . Se realiza una serie de medidas, obteniéndose pares de valores (t, v) . La representación gráfica $v = f(t)$ supone una tendencia lineal. Ello lleva a pensar que el movimiento del cuerpo es del tipo rectilíneo uniformemente variado, ya que en ese movimiento la gráfica $v = f(t)$ es una recta. De acuerdo con la gráfica dada:



- a) ¿Qué tipo de movimiento posee el móvil?
- b) ¿Cuál es la relación entre las magnitudes velocidad y tiempo?
- c) Halla la velocidad inicial del móvil.
- d) Determina la aceleración del móvil.

No siempre la relación entre las magnitudes es lineal, pueden encontrarse otras tales como:

<i>Potencial</i>	Posición de un cuerpo en caída libre	$y = a x^b + c$ $x = \frac{1}{2} g t^2$
------------------	--------------------------------------	---

<i>Exponencial</i>	Masa presente en el decaimiento radiactivo	$y = a e^x$ $m = m_0 e^{-\lambda t}$
--------------------	--	--------------------------------------

LA COMUNICACIÓN DE LOS RESULTADOS EXPERIMENTALES: EL INFORME

En Física es tan importante la realización del trabajo experimental, como la comunicación de los resultados obtenidos a través de él. Esa comunicación se realiza por medio del informe científico.

Comunicar los resultados de los trabajos experimentales es una labor que no puede eludirse al estudiar Física. Si bien alguien que está estudiando Física para ingresar a la Universidad no es un científico, puede, de todos modos, comenzar a desarrollar destrezas inherentes al trabajo del que hace ciencia.

El informe es un documento escrito sobre un determinado tema en el que se comunica algo; esa comunicación, clara y precisa debe contener, como mínimo, los procedimientos seguidos y los resultados o conclusiones a los que se ha llegado. Es decir, para qué se hizo el trabajo, qué y cómo se hizo y a qué resultados se arribó.

En cuanto a su expresión gramatical, debe redactarse en forma impersonal y en tiempo pasado (sobre todo en la explicación de los procedimientos), dado que es la comunicación de algo ya ocurrido, por ejemplo: “...se construyó el dispositivo indicado en el esquema...”, “...se introdujo el cuerpo en la probeta y se leyó en la escala el volumen indicado...”, “...se midieron los valores de corriente eléctrica y diferencia de potencial...”, “...las mediciones arrojaron los siguientes valores que se presentan en el cuadro 1...”

No hay un formato estándar para la presentación de un informe, pero los siguientes aspectos no pueden dejar de figurar en el documento:

1. Tema o título del trabajo

2. *Objetivo de la experiencia:* Expresa el fin con el que se realiza la experiencia. Para qué se realiza. Por ej.: “Determinar la constante elástica de un resorte.”; “Comprobar las leyes del péndulo ideal”.

3. *Fundamentos Teóricos:* Explicación de fenómenos, conceptos, leyes que sustentan la experiencia.

4. *Materiales Empleados:* Descripción de los elementos y características del instrumental empleado para la realización de la experiencia. Esquema de los dispositivos empleados.

5. *Desarrollo de la Experiencia o metodología:* Descripción detallada de los procedimientos seguidos durante el desarrollo de la experiencia, incluyendo dificultades encontradas y su solución.

6. *Análisis de Datos.*

6.1. *Datos Obtenidos:* Cuadros, tablas, gráficas, etc. presentando los datos experimentales obtenidos durante la experiencia.

6.2. *Tratamiento de datos.* Cálculos, representaciones gráficas necesarias para el trabajo que se está realizando.

6.3. *Tratamiento de Errores:* Identificación de errores involucrados en el proceso de medición y cuantificación de los mismos.

6.4. *Discusión de Resultados:* Análisis detallado de los resultados obtenidos.

7. *Conclusiones:* inferencias que se obtienen a partir de los resultados obtenidos coherentes con los objetivos planteados para la experiencias.

8. *Bibliografía:* Lista de bibliografía consultada, para la realización de la experiencia y la redacción del informe.

ACTIVIDADES SUPLEMENTARIAS _____

Para profundizar los contenidos trabajados sugerimos que resuelvas las actividades que se dan a continuación:

1) Encuentra los factores de conversiones entre:

- | | |
|------------------|---------------|
| a) kgr y N | b) Dina y N |
| c) Joule y ergio | d) Pa y baria |

2) Realiza las siguientes reducciones:

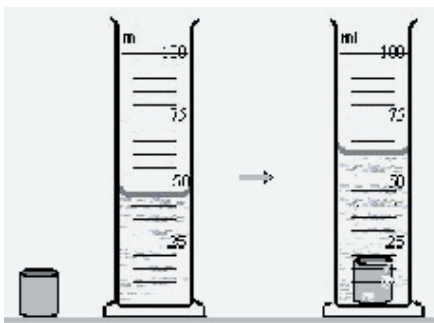
- | | |
|--|---|
| a) $5 \frac{\text{kgr}}{\text{m}^3}$ a $\frac{\text{N}}{\text{m}^3}$ | b) $13,6 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ a $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ |
| c) 2,5 dina a N | d) 4,25 Joule a ergio |

3) En un examen escrito de Física los alumnos le piden al profesor que les anote todas las "fórmulas" en el pizarrón. El profesor les dice que no, dado que conocer las leyes físicas con sus expresiones matemáticas correctas es parte de los conocimientos que son evaluados en el examen. Algunos alumnos al relacionar la energía cinética de un cuerpo con su masa y velocidad utilizaron la expresión $E_c = \frac{1}{2} mv$.

¿Habrán resuelto bien el problema del examen? Justifica físicamente.

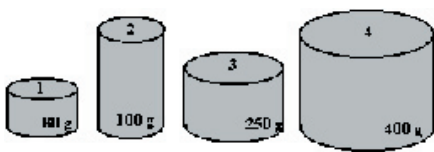
4) Un radar que controla el tránsito de vehículos en el camino a Mar del Plata posee un error de $\pm 5\%$. ¿Entre qué valores estará la velocidad de los vehículos que al pasar el radar registra 80 km/h?¹

5) Para medir una longitud del orden de los 5 mm con un error porcentual no mayor del 4% será necesario usar una regla que aprecie como mínimo hasta el: Medio / tercio de / cuarto de / quinto de / décimo de milímetro. Fundamenta tu respuesta.²



6) El procedimiento seguido para determinar el volumen del cilindro se indica a través de los siguientes esquemas.

- Explica el procedimiento empleado.
- Determina el volumen del sólido. ¿Es una medida directa o indirecta? Fundamenta tu respuesta.
- ¿Cuál es la incerteza de la medición? ¿Cómo la determinas?
- Escribe el resultado de la medición acompañada de su incerteza.
- ¿En qué propiedad de la materia te basas para hallar el volumen?
- Busca un recipiente graduado (de los que se emplean para medir volúmenes en la cocina) y prueba hallar el volumen de un cuerpo sólido.
- Comunica el resultado obtenido.



7) Se cuenta con cuatro cilindros macizos de latón y se quiere determinar la densidad

- Explica algún procedimiento experimental para lograr el objetivo propuesto.
- Si los cilindros no tuvieran grabados el valor de sus correspondientes masas, ¿con qué instrumento las podrías determinar?
- El operador que trabajó experimentalmente, determinó los volúmenes de los cilindros, obteniendo los siguientes valores:
 $V_1 = 9,5 \text{ cm}^3$ $V_2 = 100 \text{ cm}^3$ $V_3 = 250 \text{ cm}^3$ $V_4 = 400 \text{ cm}^3$
- ¿Cómo pudo haber obtenido esos valores?
- Encuentra la densidad del latón con los valores experimentales suministrados empleando el procedimiento explicado anteriormente.
- Comunica el resultado de esta experiencia redactando el informe correspondiente.

8) Un sistema está constituido por un resorte suspendido por uno de sus extremos al que se van agregando distintos pesos y midiendo los alargamientos sufridos.

dos por el resorte para cada caso. En el cuadro se muestran los pares de valores carga – alargamiento (Q_i, x_i)

Q (gr)	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
x (cm)	4,4	7,7	11,0	14,4	17,9	21,3	24,8	28,1	31,5	35,0

En el resorte actúa la fuerza $F = -k \cdot x$ dada por la ley de Hooke, siendo Q la carga aplicada, k la constante del resorte y x el alargamiento del resorte.

a) Trabaja con los datos dados y determina la constante del resorte.

b) Comunica los resultados redactando el informe.

9) Se quiere determinar el valor de una resistencia eléctrica aplicando la Ley de Ohm. (consultar Ley de Ohm en cualquiera de los textos de Física general recomendados en la bibliografía).

a) Diseña un procedimiento y realiza la experiencia.

b) Si no dispones de los elementos para montar el dispositivo experimental y extraer los datos puedes hacerlo a través de una simulación en computadora, accediendo a la siguiente página web: <http://www.cespro.com/Materias/Fisica.htm>.

En esa página se debe entrar en Índice Applets y después buscar en el índice, Ley de Ohm.

c) Comunica los resultados obtenidos cualquiera sea la forma en que hayas trabajado, dispositivo real o simulación en PC.

1. CARDAMA, A., CATALANO, M., PALERMO, C. *Cuaderno de Física y Química*, Buenos Aires, Angel Estrada y Cía. S.A., 1981, 28.

2. MAIZTEGUI, A. y otros, *Física: Su enseñanza*, Buenos Aires, Red Federal de Formación Docente Continua, Pro Ciencia Conicet, Ministerio de Cultura y Educación de la Nación, 1996, 117.

CAPÍTULO 2.

MOVIMIENTO.

En este capítulo se trabajan los contenidos referidos al movimiento en una y dos dimensiones. Se presenta un desarrollo conceptual fundamentalmente y, en algunos casos, se dan ecuaciones matemáticas, sin presentar las deducciones de las mismas. Para cada tipo de movimiento se puso énfasis en el comportamiento de las distintas variables cinemáticas.

Autor
Susana Julia Meza

MOVIMIENTO.

Todo en el Universo está animado de movimiento. El movimiento puede considerarse como la característica más evidente de los seres vivos.

- ¿Podrías dar ejemplos de cuerpos en movimiento?
- ¿Qué significa que un cuerpo se halle en movimiento?

Cuando un tren pasa por una estación, decimos que el tren está en movimiento; sin embargo, un pasajero de ese tren puede decir que la estación se halla en movimiento en sentido contrario a la del tren.

- ¿Quién se mueve?, ¿el tren, o la estación?

Un cuerpo se halla en movimiento cuando un punto cualquiera de ese cuerpo cambia de posición.

¿Cómo se sabe que un cuerpo cambia de posición? Para saber que un cuerpo cambia de posición es necesario fijar un sistema de referencia con respecto al cual se van a establecer las posiciones de dicho cuerpo en movimiento.

Ejemplos:

a) Para un observador situado en la Tierra, la Luna describe una órbita casi circular alrededor de ella.

Para un observador situado en el Sol la órbita de la Luna parece una línea ondulante

b) Un árbol respecto de una casa está en reposo, ambos se mueven (rotan) respecto el eje de la Tierra y este respecto del Sol.

El concepto de movimiento es un concepto relativo; para un sistema de referencia dado un cuerpo puede hallarse en reposo, para otro puede hallarse en movimiento. O sea que un cuerpo se halle en reposo o en movimiento depende del sistema de referencia elegido.

- Un tren se desplaza a un costado de una arboleda. Un pasajero (1) sentado cerca de la ventanilla mira a un agricultor sobre un tractor arrastrando troncos. Otro pasajero (2) camina hacia el fondo del pasillo del vagón.

1. ¿Cuál es el estado de reposo/movimiento del pasajero 1 con respecto a la ventanilla del tren? ¿y con respecto al tractor? ¿y con respecto a los árboles?
2. ¿Y del pasajero 2?
3. ¿Cuál es el estado de reposo/movimiento del agricultor con respecto a la ventanilla del tren? ¿y con respecto al tractor? ¿y con respecto a los árboles?

Si el sistema de referencia se halla en reposo, el movimiento es absoluto y si se halla en movimiento es relativo. No existe el movimiento absoluto, pero tomando a la Tierra y todo lo plantado a ella en reposo

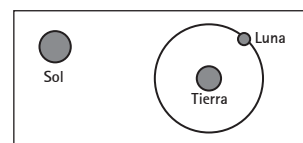


Figura 1

(despreciando los otros movimientos que pudiera tener la Tierra) el movimiento puede considerarse absoluto.

- Enuncia ejemplos de movimientos absolutos y de movimientos relativos. Explícalos.

POSICIÓN. DESPLAZAMIENTO

En todo movimiento hay que distinguir tres elementos:

Móvil: Cuerpo que se mueve. Por razones de simplicidad se lo considera reducido a un punto.

Sistema de referencia: Sistema de coordenadas empleado y tiempo.

El sistema de referencia está constituido por el sistema de coordenadas (tres dimensiones, por ejemplo, x, y, z) empleado y el tiempo, ya que interesa establecer en qué posición se encuentra el móvil en un instante dado de tiempo, por ello hacemos referencia al tiempo como la cuarta dimensión. Así, al iniciarse el movimiento de un cuerpo, hacemos referencia a la posición inicial que corresponde al instante inicial en que comenzamos el registro del tiempo ($t_0 = 0$), o indicamos que el móvil se encuentra en “tal o cual” posición con respecto al sistema de referencia elegido en el instante de tiempo t , o que el móvil se ha movido durante un intervalo de tiempo $\Delta t = t - t_0$.

Trayectoria: es el conjunto de puntos del espacio que va ocupando sucesivamente el móvil a medida que transcurre el tiempo. Si la trayectoria que describe un móvil es recta, el movimiento es rectilíneo; en cambio, cuando describe una curva, el movimiento se denomina curvilíneo (circular, parabólico, elíptico, etc.)

- Da un ejemplo de movimiento identificando los tres elementos antes mencionados.
- Identifica y grafica la trayectoria del móvil para los siguientes casos:
 1. Una piedra que cae .
 2. Una mosca volando.
 3. Un niño hamacándose
 4. Un paquete que cae desde un avión en vuelo.

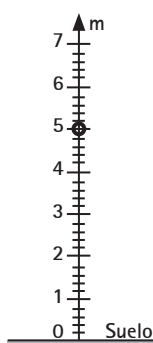


Figura 2

En su trayectoria el móvil va ocupando distintos puntos del espacio, a la ubicación del móvil en un determinado instante se da el nombre de *posición instantánea*. La posición podrá indicarse teniendo en cuenta un sistema de coordenadas adecuado a la situación. Por ejemplo:

Una piedra que fue lanzada verticalmente hacia arriba.

El movimiento es rectilíneo, se produce en una dimensión, por lo tanto basta indicar una sola coordenada con respecto al origen del sistema de referencia ubicado en el suelo.

Puede emplearse una línea recta, sobre la que se fija un punto de origen

(en forma arbitraria) y se establece su longitud con una cierta unidad.

La posición de la piedra en el instante de tiempo considerado es $y=5\text{m}$

(Figura 2)

Una bola de billar que se mueve sobre una mesa.

Tomando la mesa de referencia, el movimiento de la bola se produce en el plano, por ello es necesario establecer dos coordenadas para dar su posición en un instante dado con respecto al sistema de referencia elegido, que puede ser un sistema de ejes ortogonales cartesianos o un sistema de coordenadas polares.

(Figura 3 y 4)

Una mosca volando

El movimiento de la mosca se produce en el espacio, por ello para dar su posición en un instante dado se deben indicar tres coordenadas.

(Figura 5)

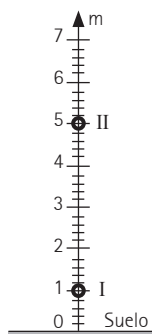
• ¿Cómo podrías dar la posición de los siguientes móviles? Grafica y explica:

1. La de un tren en un punto de su trayectoria.
2. La de un caballito de una calesita.
3. La de un péndulo de un reloj.

Es suficiente que cambie en el tiempo alguna de las coordenadas que determinan la posición del cuerpo para que éste se encuentre en movimiento.

El móvil de la figura inicialmente en la posición inicial I, describe una trayectoria curva hasta llegar a la posición final II. La distancia recorrida está dada por longitud de la trayectoria y es una magnitud escalar.

El vector desplazamiento es el vector determinado por las posiciones inicial y final, cuya dirección está dada por la recta que une las posiciones I y II, el sentido hacia la posición final y cuyo módulo indica cuánto se ha desplazado el móvil. No necesariamente el módulo del vector desplazamiento debe coincidir con la distancia recorrida.



- En los siguientes casos:
 - a) Una piedra lanzada verticalmente hacia arriba
 1. Identifica tipo de trayectoria, posición inicial y final.
 2. Traza el vector desplazamiento.
 3. Indica la distancia recorrida por el móvil.
 4. Indica el módulo del desplazamiento de la piedra.
 5. ¿Coinciden módulo del desplazamiento y distancia recorrida?.

Figura 7

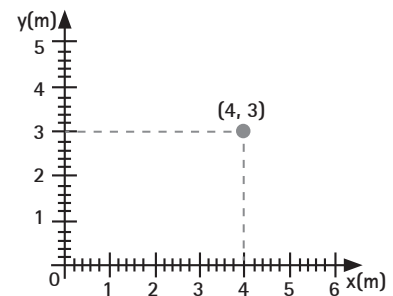


Figura 3- La posición de la bola es (4; 3) en un sistema de referencia cartesiano.

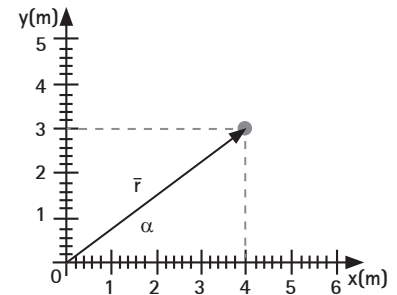


Figura 4 - La posición de la bola es (5;36°52), en un sistema de referencia polar.

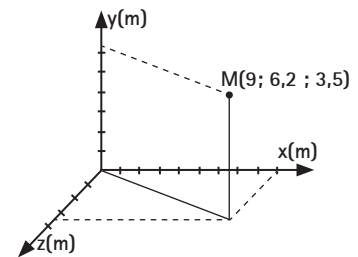


Figura 5 - La posición de la mosca es (9; 6,2 ; 3,5)

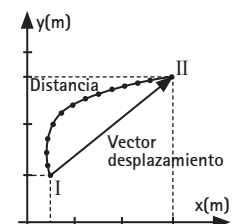


Figura 6 - Desplazamiento

b) Un camión en la ruta

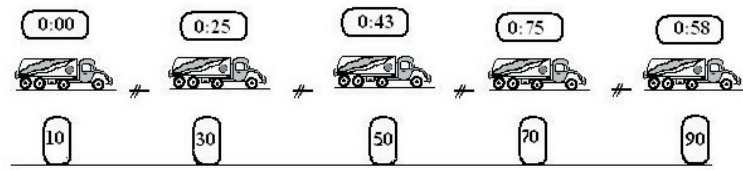


Figura 8

1. Indica la posición instantánea del camión para el instante de tiempo 43 minutos.
2. Grafica el vector desplazamiento para los intervalos de tiempo 43 minutos y 58 minutos.
3. Determina la distancia recorrida en esos intervalos de tiempo.

VELOCIDAD – ACELERACIÓN

La Cinemática se define como la parte de la Física que estudia el movimiento de los cuerpos sin interesarse por las causas que la provocan. Entre las magnitudes que emplea para describir y analizar el movimiento de los cuerpos se encuentran: la posición, el tiempo, la velocidad y la aceleración.

Para conocer el movimiento de un cuerpo no basta con conocer su posición en un instante dado, sino que es necesario establecer cómo *varía* su posición con respecto al tiempo, información que brinda la *velocidad*.

Por ejemplo, decir que un ómnibus se mueve a 60 Km/h, nos indica que el móvil recorre en una hora, 60 Km. *La velocidad es una magnitud vectorial*, para definirla es necesario identificar no sólo su valor, sino también el punto de aplicación, la dirección y el sentido del vector. Al módulo de la velocidad se llama *rapidez*. Entonces, la *rapidez* es una magnitud escalar, que no tiene en cuenta la dirección y es numéricamente igual al módulo de la velocidad. Por lo tanto, el valor 60km/h nos indica la rapidez del ómnibus.

La rapidez de un móvil indica físicamente la distancia recorrida en la unidad de tiempo y, en términos generales matemáticamente se calcula por medio del cociente entre la distancia recorrida y el tiempo empleado.

El cociente entre el vector desplazamiento y el intervalo de tiempo empleado se llama *velocidad media*. Entonces, la velocidad media tiene la misma dirección y sentido que el vector desplazamiento.

Cuando el intervalo de tiempo tiende a cero, es decir, se hace muy pequeño, el cociente anterior tiende a la *velocidad instantánea*, la velocidad en un instante dado cuya dirección ahora es tangente a la trayectoria del móvil en ese punto. El módulo está dado por la pendiente de la tangente a la curva x-t en ese tiempo.

- Establece las dimensiones de la rapidez.
- Indica las unidades de velocidad en los sistemas cgs, MKS y técnico.

La velocidad de un móvil puede cambiar en el tiempo. Para describir el cambio de la velocidad en el tiempo se define una nueva magnitud: *la aceleración*. La aceleración de un cuerpo que cae es de $9,8 \text{ m/s}^2$. Ello indica que la rapidez de caída varía en $9,8 \text{ m/s}$ cada segundo.

La aceleración es una magnitud vectorial cuya dirección y sentido puede o no coincidir con la de la velocidad.

El cociente entre la variación de la velocidad y el intervalo del tiempo en el que se produce esa variación, se denomina *aceleración media*.

Cuando el intervalo de tiempo tiende a cero, es decir, se hace muy pequeño el cociente anterior tiende a la *aceleración instantánea*, la aceleración en un instante dado y cuya dirección corta a la trayectoria del móvil.

- Establece las dimensiones de la aceleración.
- Indica las unidades de aceleración en los sistemas cgs, MKS y técnico.

Dado que la velocidad es un vector, puede variar tanto su módulo como su dirección. La variación de cualquiera, módulo o dirección, dará lugar a una aceleración que dé cuenta de ello.

- En los siguientes cuerpos en movimiento, indica qué elemento/s de la velocidad varía/n:

1. El caballito de una calesita.
2. Un coche en una ruta recta.
3. Un transeúnte.

Si la velocidad varía en módulo pero no en dirección, la trayectoria del móvil es rectilínea, y la aceleración se denomina aceleración tangencial.

Si la velocidad varía en dirección pero no en módulo, la trayectoria del móvil es circular y la aceleración se denomina aceleración radial, normal o centrípeta.

Y en el caso en que la velocidad varíe en módulo y dirección, la trayectoria del móvil será curvilínea y existen ambas aceleraciones (tangencial y normal).

En la Figura 9, el punto P describe una trayectoria curvilínea. La velocidad v es tangente a la trayectoria. Los ejes t (tangencial a la trayectoria

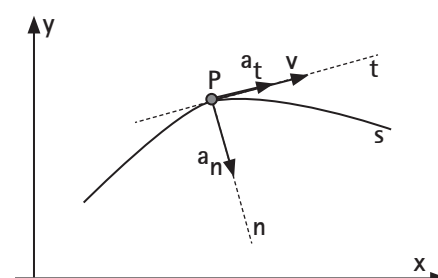


Figura 9 – Movimiento curvilíneo

en el punto considerado) y n (normal) conforman un sistema de referencia adosado al cuerpo.

Las aceleraciones a_t y a_n tienen las direcciones tangencial y normal, de ahí sus nombres.

- ¿Qué significa que varíe el módulo de la velocidad de un móvil, pero no su dirección?
- ¿Qué significa que varíe la dirección de la velocidad de un móvil pero no su módulo?
- ¿Qué aceleración existirá en cada uno de los móviles indicados anteriormente?

TIPOS DE MOVIMIENTO

El movimiento de un móvil puede clasificarse teniendo en cuenta distintos criterios, que pueden ser, la forma de la trayectoria o la variación de la velocidad en el tiempo.

Teniendo en cuenta la forma de la trayectoria, el movimiento puede ser:

a) *Rectilíneo.*

La posición del móvil con respecto al sistema de referencia elegido queda definida por una sola coordenada.

b) *Curvilíneo.*

Según el movimiento se produzca en el plano o en el espacio, la posición del móvil queda definida por dos o tres coordenadas respectivamente.

A su vez la trayectoria puede ser una curva abierta o cerrada, en el plano o en el espacio.

- Indica ejemplos de movimientos con distintas trayectorias.

Teniendo en cuenta la constancia o no de la velocidad en el tiempo, el movimiento puede ser:

a) *Uniforme.*

La velocidad del móvil se mantiene constante en dirección y sentido durante el intervalo de tiempo que dure el movimiento.

c) *Variado.*

La velocidad cambia en el tiempo debido a la variación de la rapidez (módulo de la velocidad), de la dirección o de ambos. De acuerdo a que la velocidad varíe en cantidades iguales en los mismos intervalos de tiempo o no, el movimiento es uniformemente variado o variado respectivamente.

- Indica ejemplos de móviles cuya velocidad varíe en el módulo.

MOVIMIENTO RECTILÍNEO

En el movimiento rectilíneo, la aceleración normal es nula (la velocidad no cambia de dirección), las direcciones de los vectores desplazamiento, velocidad y aceleración coinciden. Por ello, para simplificar las expresiones correspondientes al movimiento rectilíneo se expresan en forma escalar.

Movimiento rectilíneo uniforme (MRU)

La velocidad es constante en módulo y dirección, por lo tanto la trayectoria es una recta y el móvil recorre distancias iguales en intervalos de tiempos iguales. En este movimiento:

- a) La velocidad es constante $v = \text{cte}$, $a = 0$
- b) La distancia recorrida crece proporcionalmente al tiempo empleado.

$$x - x_0 = v \cdot t$$

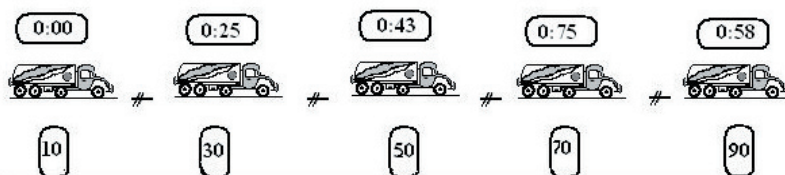
x_0 indica la posición inicial del móvil con respecto al sistema de referencia elegido, es decir, representa la posición instantánea inicial del móvil para el instante inicial t_0 en que comienza a medirse el tiempo.

La posición x y el tiempo t se hallan relacionados linealmente. Graficar la posición en función del tiempo, significa en un sistema de ejes cartesiano x - y ; graficar la posición del móvil para cada instante de tiempo sobre el eje de las y (ordenadas) y el tiempo correspondiente sobre el eje de las x (abscisas). La representación gráfica obtenida es una recta, el espacio es función creciente del tiempo, es decir que el espacio se incrementa a medida que transcurre el tiempo. Resulta útil representar gráficamente la posición del móvil para distintos instantes de tiempo, dado que permite establecer los parámetros cinemáticos x_0 y v , a partir de valores experimentales, tal como lo vimos en el Capítulo 1.

$$x = x_0 + v t$$

$$y = b + a x$$

- ¿El camión de la Figura 8, tiene movimiento rectilíneo uniforme? Justifica la respuesta.



- Las siguientes gráficas corresponden a dos movimientos rectilíneos. (Figura 11 y 12)

1. Explica cómo piensas que se trazaron esas gráficas.
2. ¿Cuál de los dos móviles es más rápido? ¿Por qué?

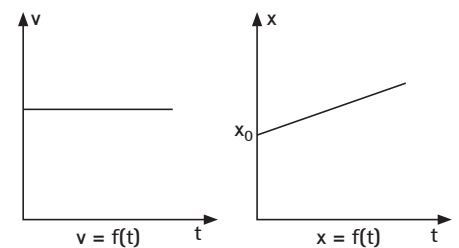


Figura 10 – Funciones $v=f(t)$ y $x=f(t)$ en el MRU

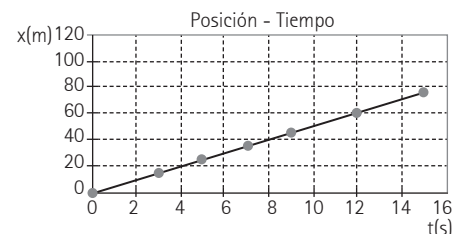


Figura 11 – Gráfica $x - t$ para el Móvil 1

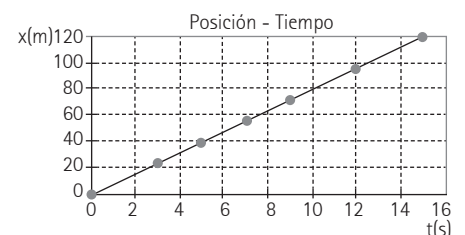


Figura 12 – Gráfica $x - t$ para el Móvil 2

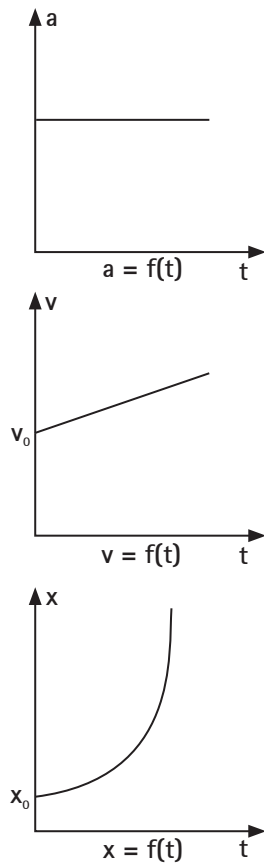


Figura 13 – Funciones $v=f(x)$ y $x=f(t)$ en el MRU

Movimiento rectilíneo uniformemente variado (MRUV)

En este tipo de movimiento el módulo de la velocidad cambia en el tiempo en cantidades iguales, y por lo tanto la aceleración es constante. Considerando que x_0 y v_0 son la posición y velocidad iniciales, respectivamente, se tiene:

- a) La aceleración es constante en módulo y dirección $a = cte$
- b) La velocidad varía proporcionalmente al tiempo $v = v_0 \pm a t$
- c) El espacio recorrido crece proporcionalmente al tiempo al cuadrado.

$$x - x_0 = v_0 t \pm \frac{1}{2} a t^2$$

(Figura 13)

En la representación gráfica $v = f(t)$, la pendiente de la recta representa la aceleración del movimiento. Una pendiente positiva indica que se trata de un movimiento uniformemente acelerado, la velocidad aumenta en módulo, su sentido coincide con el de la aceleración. La ordenada al origen representa la velocidad inicial.

- La siguiente figura muestra la variación de la velocidad con respecto al tiempo de un móvil con trayectoria rectilínea.

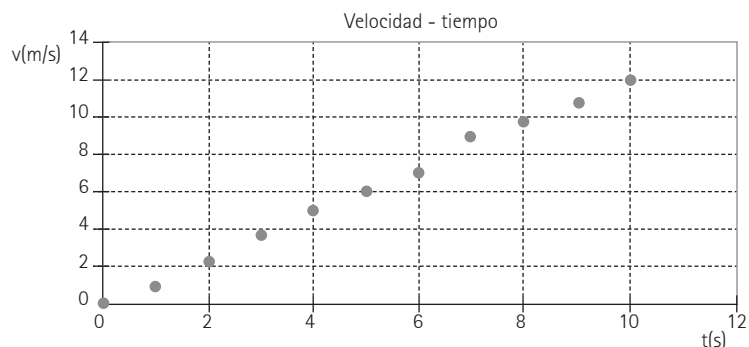


Figura 14 – Gráfica $v - t$ para un móvil con trayectoria rectilínea.

1. Determina la aceleración del móvil con el menor error posible.
2. ¿Cuál es la velocidad del móvil a los 5 s de iniciado el movimiento?
3. Traza la gráfica $x = f(t)$ para todo el movimiento en un sistema de ejes cartesianos, ubicando las posiciones sobre el eje y, los tiempos sobre el eje x. Para ello calcula la posición para cada valor de tiempo, realizando los reemplazos correspondientes en la expresión $x = x_0 + v_0 t \pm \frac{1}{2} a t^2$

- ¿Cuánto tiempo tardará en detenerse un automóvil que se desplaza a 80 km/h? y ¿Cuánto recorrerá hasta detenerse? ¿Qué comentarios puedes realizar al respecto?
- Actividad experimental: Analiza el movimiento de un cuerpo en un plano inclinado. A continuación te damos sugerencias para realizarlo:

Para estudiar el movimiento de un cuerpo es necesario determinar:

- 1- Cómo es la trayectoria.
- 2- Cómo varía la posición con respecto al tiempo, es decir, encontrar la función $x = f(t)$ para establecer de qué tipo de movimiento se trata y

luego los parámetros cinemáticos velocidad y aceleración.

Elementos a emplear: móvil, cinta métrica, cronómetro, plano inclinado.

El móvil puede ser:

Una esferita metálica que se desplaza en el interior de un tubo de plástico transparente (del tipo de los que usan los albañiles), que contiene agua y de aproximadamente 80 cm de longitud. Los extremos del tubo se sellan con algún pegamento de contacto. El tubo de plástico puede montarse sobre un cable canal permitiendo darle rigidez al sistema.

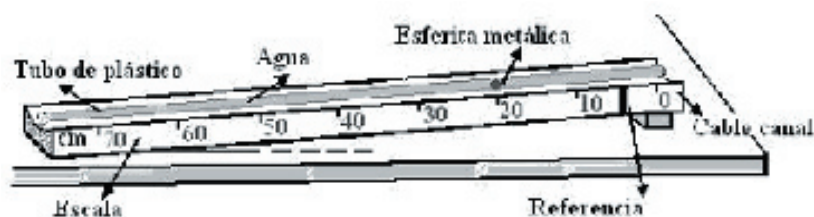


Figura 15 - Dispositivo experimental

- Un cuerpo en forma de prisma recto metálico que deslice sobre una superficie lisa, una mesa por ejemplo.

Cómo proceder:

- Acomoda el móvil de manera que se encuentre sobre un plano inclinado (elevando uno de los extremos del cable canal ó elevando dos patas de la mesa con maderitas, según el móvil elegido).
- Fija un sistema de referencia. Una vez en movimiento el cuerpo, mide el tiempo que tarda en recorrer una distancia conocida. Es conveniente que el móvil inicie su movimiento en el origen, o sea $x_0 = 0$ en $t = 0$

Repite esta operación de manera de obtener pares de valores (x, t) (cómo mínimo 10 pares). Vuelca los valores en una tabla.

- ¿Cuál es la trayectoria del móvil? ¿Cómo la determinas?
- Traza las gráficas $x = f(t)$ y $x = f(t^2)$. Descríbelas e indica qué información respecto al movimiento puedes obtener a partir de ellas.
- ¿Puedes adelantar qué tipo de movimiento posee el móvil que analizas?
- Calcula los parámetros cinemáticos correspondiente al movimiento del móvil.

Cómo comunicar el resultado de la experiencia realizada:

- Redacta un informe de la experiencia realizada acorde a los lineamientos dados en el Capítulo 1: La comunicación de los resultados experimentales: el informe.

Tiro vertical – Caída libre

Un caso particular de movimiento rectilíneo uniformemente variado

lo constituye el de la piedra que es lanzada verticalmente hacia arriba, conocido como movimiento de tiro vertical. La aceleración del cuerpo es la de la gravedad considerada como constante. *Es importante establecer un sistema de referencia.* Generalmente se considera el coincidente con el del sistema de ejes cartesianos, xyz. La trayectoria es rectilínea y su dirección coincide con las de la velocidad y aceleración. Teniendo en cuenta ese sistema de referencia resulta la aceleración de la gravedad expresada como vector de la siguiente manera $\vec{g} = -9,8\text{m/s}^2 \vec{j}$ (donde j es el vector unitario correspondiente al eje "y").

Para el caso del tiro vertical, las expresiones correspondientes al MRUV toman la siguiente forma, (expresadas escalarmente):

$v_o = v_o - g t$; $h = h_o + v_o t - \frac{1}{2} g t^2$, sentido positivo coincidente con el del eje y positivo; h_o y v_o son la posición y velocidad iniciales, respectivamente.

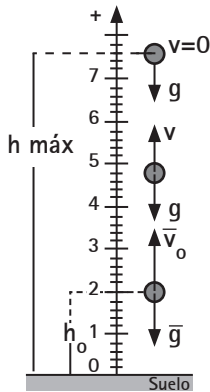


Figura 16 - Subida

Para su estudio, este movimiento puede dividirse en uno de subida y otro de caída:

Movimiento de subida: El movimiento es desacelerado., \vec{v} y \vec{g} tienen igual dirección y sentidos contrarios. El cuerpo es lanzado verticalmente hacia arriba con una velocidad inicial v_o , que disminuye a medida que el cuerpo asciende y se anula para $h_{máx}$. El tiempo de subida será $t_s = \frac{V_o}{g}$ y la altura máxima alcanzada con respecto al suelo será:

$$h = h_o + v_o t_s - \frac{1}{2} g t_s^2 \text{ donde } h_o = 2 \text{ m}$$

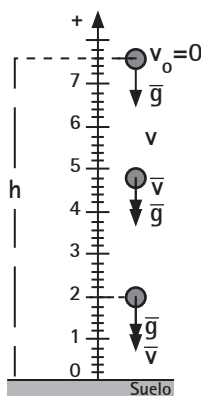


Figura 17 - Caída

Movimiento de caída: El movimiento es acelerado \vec{v} y \vec{g} tienen igual dirección y sentido, velocidad aumenta con signo negativo. El signo negativo de la velocidad indica que el cuerpo se encuentra cayendo. Al llegar el cuerpo a la posición inicial, la velocidad tiene igual módulo que en el instante inicial, dado que el tiempo de caída es igual al de subida, al despreciar todo tipo de rozamiento con el aire.

Al graficar la aceleración, velocidad y posición en función del tiempo, para el tiro vertical, se obtienen gráficas como las siguientes:

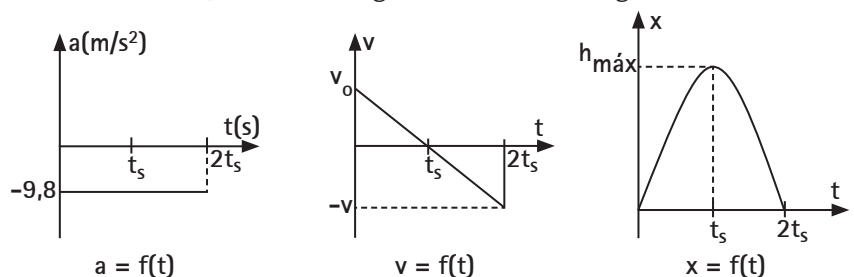


Figura 18-Gráficos a-t; v-t y x-t para un cuerpo lanzado verticalmente hacia arriba.

Muchas veces se escucha decir que un cuerpo cae libremente. Este caso se corresponde con el de caída visto anteriormente, y se denomina

movimiento de caída libre. El cuerpo inicialmente se halla con velocidad inicial nula y a una altura h con respecto a un sistema de referencia.

- La siguiente gráfica corresponde a una piedra lanzada verticalmente..

(Figura 19)

A partir de la lectura del gráfico:

1. ¿Cuál es la velocidad con que fue lanzada la piedra?
 2. ¿Cuánto tiempo tardó en llegar al punto más alto?
 3. ¿Cuál será la velocidad de la piedra a los 0,8 s de haber sido lanzada?
- Desde lo alto de un edificio en construcción cae un ladrillo tardando 3 s en llegar a la vereda. ¿Cuál es la altura del edificio?

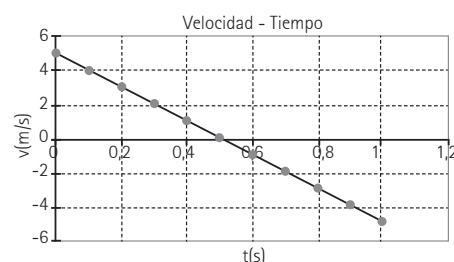


Figura 19 - Gráfico $v = f(t)$ para la piedra lanzada verticalmente hacia arriba

MOVIMIENTO CURVILÍNEO

En el movimiento curvilíneo, la velocidad del móvil varía de dirección en el tiempo, mientras que el módulo puede permanecer constante o cambiar en el tiempo. Por ello, existe siempre una aceleración normal que da cuenta del cambio de dirección de la velocidad.

Movimiento en el plano bajo aceleración constante: Tiro oblicuo

Si un cuerpo es lanzado oblicuamente, de manera que la velocidad forme un ángulo θ con la horizontal, el cuerpo describe un movimiento en el plano bajo aceleración constante, la de la gravedad, y describe una trayectoria parabólica. Un ejemplo clásico lo constituye el movimiento de una bala disparada por un cañón, el tiro de una pelota de cesto al aro.

Para analizar este movimiento, la velocidad inicial v_o puede descomponerse en las direcciones de los ejes x e y obteniéndose

$$v_{ox} = v_o \cos \theta \quad \text{y} \quad v_{oy} = v_o \sin \theta$$

$$v_o = \sqrt{v_{ox}^2 + v_{oy}^2}$$

(Figura 20)

La aceleración que actúa es la de la gravedad, constante, vertical, dirigida hacia abajo, de manera que la componente de la velocidad en y se verá disminuida en el movimiento de subida y aumentada en el de caída, mientras que sobre la horizontal la velocidad permanece constante.

Considerando nulo todo tipo de rozamiento, sobre el eje y el movimiento es rectilíneo uniformemente variado con aceleración igual a la de la gravedad y sobre el x , el movimiento es rectilíneo uniforme.

El movimiento resultante puede considerarse entonces como la superposición de dos movimientos, y dado que ambos movimientos son independientes, pueden ser analizados por separado (principio de superposición de los movimientos).

La distancia horizontal que se desplaza el cuerpo hasta el mismo nivel que el de lanzamiento, se denomina alcance y generalmente se indica con R . Se puede hallar empleando $R = \frac{v_o^2 \cdot \text{sen}2\theta}{g}$

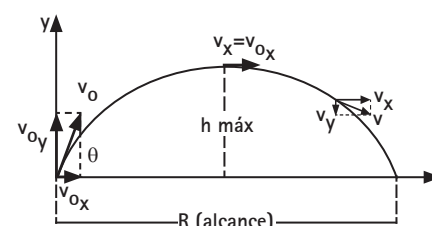


Figura 20 - Tiro oblicuo

- ¿Para qué ángulo de tiro el alcance será mayor?
- ¿Cómo será el movimiento si $\theta = 90^\circ$?

En el punto más alto la velocidad del cuerpo es v_x . La altura máxima puede hallarse empleando la siguiente expresión: $h_{\text{máx}} = \frac{v_o^2 \text{sen}^2\theta}{2g}$

De acuerdo a lo visto anteriormente en los movimientos rectilíneos uniforme y uniformemente variado, se cumplirán para ambas direcciones:

<i>EJE X - MRU</i>	<i>EJE Y - MRUV</i>
$v_{ox} = \text{cte} = v_x = v_o \cos\theta$	$v_y = v_{oy} - gt = v_o \text{sen}\theta - gt$
$x = v_{ox} t$	$h = h_o + v_{oy} t - \frac{1}{2} gt^2$

El módulo de la velocidad en un punto cualquiera de la trayectoria estará dada por: $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$ y la dirección estará dada por $\beta = \text{arctg} \frac{v_y}{v_x}$

- En esta secuencia de dibujos animados el villano corre más allá del filo del peñasco, pero no comienza a caer sino hasta después de terminar completamente el movimiento horizontal. Sólo entonces se precipita al abismo.

¿Qué comentarios te sugiere esta secuencia?



Figura 21³

- Desde un avión en vuelo se dejan caer bultos.

Grafica la trayectoria que describen los bultos en su caída, marcando en ella los vectores velocidad inmediatamente después de iniciar la caída y antes de llegar al suelo.

Movimiento circular

En el caso de movimiento circular, la trayectoria es una circunferencia. En la Figura 20, el punto P describe una circunferencia de radio R alrededor del punto O con una velocidad v (velocidad lineal o velocidad tangencial dado que su dirección es tangente a la trayectoria) y cuyo sentido es el del giro.

Para determinar la posición del punto P en un instante t, pueden emplearse el radio vector R y el ángulo θ .

Dado que R es constante, basta indicar el valor del ángulo que forma el radio con uno de los ejes x ó y, según se considere. (Figura 22)

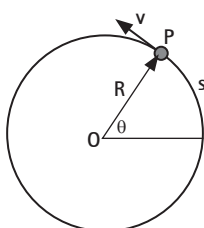


Figura 22

Para describir la variación de la posición angular con el tiempo, se define la velocidad angular ω . Para describir la variación en el tiempo, de la velocidad angular, se define la aceleración angular α . Tanto la velocidad angular como la aceleración angular son vectores que se encuentran sobre un eje perpendicular al plano en el que gira el punto P.

El sentido de ω dependerá del sentido de giro. Si el punto P gira en sentido horario el vector velocidad angular es positivo (sentido hacia arriba), obtenido al aplicar la regla de la mano derecha o del tirabuzón. En el dibujo el punto P gira en el sentido antihorario, es decir contrario a las agujas del reloj, el vector velocidad angular es saliente del plano del dibujo.

El sentido de la aceleración angular, dependerá si aumenta o disminuye. En el primer caso, tendrán el mismo sentido. En el segundo, tendrán sentidos contrarios.

El punto P gira alrededor de O en sentido antihorario. Haciendo girar un tirabuzón (ubicado con su eje normal al plano de la circunferencia) en ese sentido, el sentido de avance del tirabuzón (hacia arriba) dará el sentido de la velocidad angular ω .

(Figura 23)

Suponiendo que ω aumenta en el tiempo, ω y α tienen el mismo sentido (hacia arriba en este caso).

- Grafica los vectores velocidad angular, velocidad lineal y aceleración angular para la piedra que hace girar el joven alrededor del punto O en sentido horario con un radio R.

(Figura 24)

El tiempo que el punto P tarda en describir un giro (ciclo) se denomina período (T). La frecuencia (f) indica el número de giros que realiza el punto P en la unidad de tiempo. El período y la frecuencia se pueden hallar midiendo el tiempo t que el punto tarda en realizar N giros.

$$T = \frac{\text{tiempo de N giros}}{N} \quad \text{El periodo se mide en segundos (s)}$$

$$f = \frac{N}{\text{tiempo de N giros}} \quad \text{La frecuencia se mide en } 1/\text{s}, \text{ s}^{-1} \text{ (Hertz, Hz).}$$

$$\text{Entonces, } \frac{1}{T} = f$$

Considerando que la velocidad angular es la variación de la posición angular en el tiempo, para un ciclo, la variación angular es 2π y el tiempo es T.

$\omega = \frac{2\pi}{T}$ La velocidad angular se expresa en rad/s, que significa radianes sobre segundos. Usualmente se emplea también r.p.m, revoluciones por minuto. Si un cuerpo tiene una velocidad angular de 30 r.p.m. indica que ese cuerpo realiza 30 giros en un minuto alrededor del centro de giro.

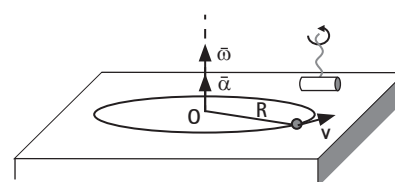


Figura 23 - Velocidad y aceleración angular

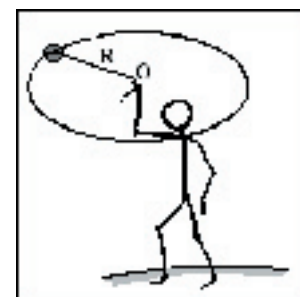


Figura 24 - Fuente: CARDAMA, A., CATALANO, O., PALERMO C. Cuaderno de Física y química. Buenos Aires Angel Estrada y Cia S.A. 1981. 141.

3. Fuente: EISBERG R, LERNER, L. Física. Fundamentos y aplicaciones. Volumen I Mexico, McGrawHill, 1990, 57

Para expresar esa velocidad angular en rad/s tendremos que tener en cuenta que:

1 giro equivale a 2π rad y 1 minuto equivale a 60 s.

La aceleración angular se expresa en rad/s^2

- Una rueda completa 120 giros en dos minutos. Determina el periodo y la frecuencia de ese movimiento.

- El eje de un motor rota con una velocidad angular de 60 r.p.m. . Expresa la velocidad en rad/s .

En el movimiento circular las posiciones ocupadas por el móvil se repiten a intervalos regulares de tiempo iguales al período, por ello se dice que el movimiento es periódico.

La velocidad tangencial/ lineal v describe el movimiento del punto P sobre la trayectoria curva, cuya dirección es siempre tangente a la trayectoria y en este caso en especial, es perpendicular al radio. Teniendo en cuenta lo visto anteriormente, al ser un movimiento curvilíneo, necesariamente la dirección de la velocidad debe cambiar, mientras que el módulo puede o no permanecer constante, cambios que estarán descritos por las aceleraciones normal/radial y tangencial respectivamente.

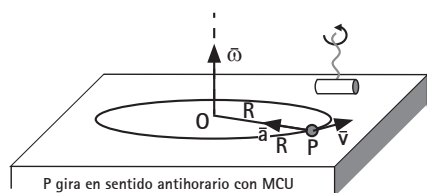


Figura 25 - Movimiento circular uniforme

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$\theta = \theta_0 + \omega t$$

$$v = \omega \cdot R$$

$$a_N = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$$

Expresiones escalares

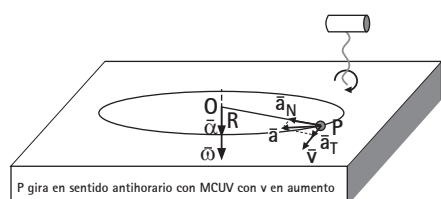


Figura 26 - Movimiento circular uniformemente variado.

$$\omega_f = \omega_0 \pm \alpha t$$

$$\theta = \theta_0 + \omega_0 t \pm \frac{1}{2} \alpha t^2$$

$$v = \omega \cdot R \quad ; \quad a_T = R \alpha$$

$$a_N = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$$

$$a = \sqrt{a_T^2 + a_N^2}$$

Expresiones escalares

Empleando un criterio similar al utilizado al estudiar movimiento rectilíneo, teniendo en cuenta la constancia o no de la velocidad angular en el tiempo, el movimiento circular se puede clasificar en movimiento circular uniforme (MCU) y movimiento circular uniformemente variado (MCUV).

Movimiento circular uniforme.

En este movimiento la velocidad angular permanece constante en el tiempo. Al ser la trayectoria una circunferencia, el radio es constante y la velocidad tangencial permanece constante en módulo, por ello la aceleración tangencial es nula. La aceleración radial/normal/centrípeta, (a_r , a_N , ó a_c) cuenta de la variación de la dirección de la velocidad tangencial.

(Figura 25)

- El tambor de un secarropas tiene 40 cm de radio. Calcula la velocidad de un punto sobre la pared del tambor cuando éste gira a 900 r.p.m.

Movimiento circular uniformemente variado

En el movimiento circular uniformemente variado, la velocidad angular varía en cantidades iguales en tiempos iguales, es decir que la aceleración angular α es constante. La velocidad tangencial varía en módulo y dirección. En este movimiento existen entonces tres aceleraciones, α , a_T y a_N . (Figura 26)

- Si el secarropas de la actividad anterior comienza a desacelerar uniformemente a razón de $1,5 \text{ rad/s}$, calcula cuánto tiempo tardará en detenerse.
- Un taladro de dentista está en reposo y comienza a girar. Al cabo de $3,20 \text{ s}$ de aceleración constante, el taladro gira a razón de $2,51 \times 10^4 \text{ r.p.m.}$ Determina la aceleración angular del taladro.

OTROS TIPOS DE MOVIMIENTOS

En la naturaleza existen otros tipos de movimientos de mayor complejidad, que se dan constantemente, algunos de los cuales no pueden ser percibidos porque los cuerpos que se mueven son muy pequeños, como sería el caso de los átomos que se mueven y agitan constantemente.

Cuando un cuerpo se mueve describe una determinada trayectoria que puede ser rectilínea o curvilínea como analizamos anteriormente. El cuerpo puede poseer un movimiento periódico, como una calesita, el corazón, los resortes, un trampolín, las paletas de un ventilador, las cuerdas de los instrumentos musicales, las hojas. En esos casos, el cuerpo se mueve, repitiendo una y otra vez la trayectoria con una cierta velocidad y en un período de tiempo determinado.

Si consideramos el movimiento de un caballito de una calesita, que gira con respecto al eje de la misma, su movimiento es periódico ya que se repite en intervalos de tiempos iguales y su trayectoria es una circunferencia. En el movimiento de un trampolín, que es periódico, el cuerpo se desplaza hacia uno y otro lado de la posición de equilibrio. En este caso, el movimiento es vibratorio u oscilatorio.

Un movimiento periódico no necesariamente es oscilatorio (caso movimiento circular), un movimiento oscilatorio si es periódico (los apartamientos sucesivos del cuerpo hacia uno y otro lado de la posición de equilibrio se producen en intervalos iguales de tiempo).

El punto P realiza un movimiento circular uniforme de radio R, completando un ciclo (360°) en un tiempo llamado período (T), movimiento que se repite sucesivamente.

(Figura 27)

Un péndulo, una varilla sujeta en un extremo, puestos a oscilar se mueven de manera alternada hacia uno y otro lado de la posición de equilibrio, B, llegando hasta posiciones extremas, llamadas C y D. Existen apartamientos sucesivos con respecto a una posición de equilibrio que se dan periódicamente.

(Figura 28)

En el movimiento vibratorio la fuerza que actúa es variable, por lo

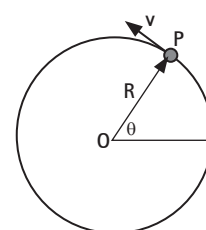


Figura 27 - Movimiento circular

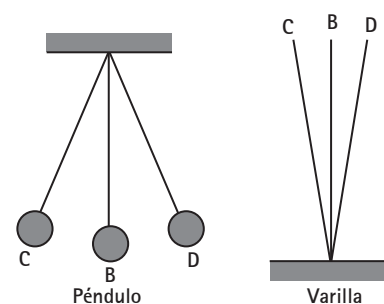


Figura 28 - Movimientos oscilatorios

tanto el cuerpo se encuentra animado de aceleración variable. La fuerza que actúa está siempre dirigida hacia la posición de equilibrio, tiende a llevar al cuerpo a esa posición y por ello se denomina fuerza recuperadora o elástica. Para que el movimiento pueda realizarse, es necesario que el cuerpo posea energía potencial o cinética excedente respecto de la que poseen en la posición de equilibrio.

Las características cuantitativas del movimiento se establecen a través de la frecuencia, período, elongación, amplitud.

Frecuencia y período tienen el mismo significado que en el movimiento circular. La *elongación* da la posición de la partícula que oscila para cualquier tiempo. La *amplitud* es la máxima elongación, es decir el máximo apartamiento de la partícula con respecto a la posición de equilibrio.

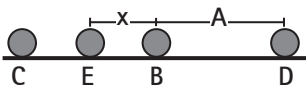


Figura 29- Movimiento vibratorio

Consideremos la masa m que realiza un movimiento vibratorio alrededor de la posición de equilibrio B y posiciones extremas C y D como indica la Figura 29. El punto E indica una posición intermedia de la masa en su movimiento hacia el punto C .

(Figura 29)

La elongación x da la posición instantánea E , el apartamiento entre la posición E y la posición de equilibrio B . Se mide en metros en el sistema MKS y en centímetros en el cgs.

La amplitud A da el máximo apartamiento de la masa con respecto a la posición de equilibrio, por lo tanto es la máxima elongación.

- Anteriormente habías identificado la trayectoria del movimiento de un niño hamacándose. Completa esa información indicando las características de ese movimiento.

ACTIVIDADES SUPLEMENTARIAS

1) En base a algún criterio de clasificación de movimientos, caracteriza al movimiento de los asientos de "una rueda del mundo".

2) Andrés viaja en auto desde Corrientes a una quinta cercana a Itatí. Presta atención a los carteles indicadores de la ruta y decide anotar la distancia entre varias localidades cercanas y el tiempo que emplea en recorrer esas distancias. Cuando pasa por un cartel que dice "Rareza vegetal 500 m" comienza a tomar el tiempo hasta que pasa delante de los dos árboles abrazados. Lo mismo realiza cuando pasa frente a un cartel que indica "San Cosme 12 Km" y a otro que dice "Itatí 6 Km". Los tiempos que obtuvo para cada tramo fueron: 25 s ; 10 min y 5 min respectivamente.

Considera que la trayectoria del móvil es rectilínea y la velocidad constante:

a) Ordena los valores obtenidos en una tabla, unificando las unidades.

- b) Calcula la velocidad en cada tramo. ¿Qué comentarios puedes realizar sobre los resultados obtenidos?
- c) Construye un gráfico que represente la distancia recorrida en función del tiempo.
- d) ¿Cuánto durará el viaje hasta la quinta distante 80 Km de la ciudad de Corrientes?

3) Haciendo uso de la Tabla de velocidades características, responde:

El caracol	5,4 m/h	La liebre	65 km/h
La tortuga	72 m/h	El águila	86 km/h
El pez	3,6 km/h	El galgo	90 km/h
El hombre al paso	5 km/h	El tren	100 km/h
La mosca	18 km/h	El automóvil de carreras	633 km/h
El esquiador	18 km/h	El avión	800 km/h
La motonave	60 km/h	El avión a reacción ligero	2000 km/h

Tabla 1 - Velocidades características

- a) El hombre ha inventado máquinas que lo convierten en el ser más rápido del mundo. ¿Por qué hacemos esa afirmación?
- b) ¿Qué queremos decir cuando afirmamos que viajamos a 80 km/ hora?
- c) ¿Quién recorrerá mayor distancia en 1 minuto, el caracol o la tortuga?
- d) ¿Qué consideraciones respecto del movimiento de los cuerpos has realizado para responder a las cuestiones anteriores?

4) A partir de la gráfica $x = f(t)$ de un móvil se desea obtener :

- a) la velocidad media en los intervalos de tiempo 5s y 3 s
- b) la velocidad instantánea para $t = 1$ s.

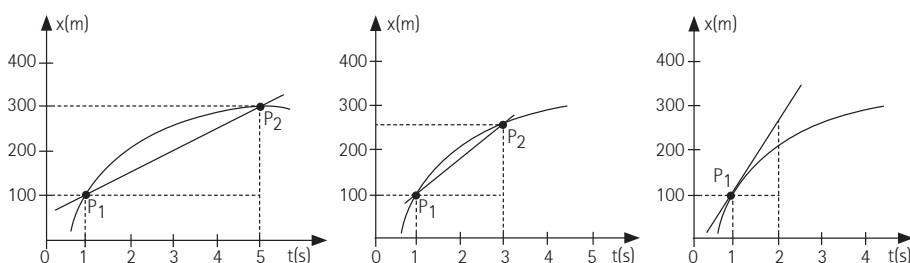


Figura 30

La velocidad media está dada por el cociente entre el desplazamiento y el intervalo de tiempo transcurrido. $v_m = \frac{\Delta x}{\Delta t}$. La velocidad instantánea se determina haciendo el intervalo Δt muy pequeño. Para el instante considerado $t = 1$ s, el móvil se encuentra en P_1 , por ello el módulo de la velocidad está dado por la pendiente de la tangente a la trayectoria en el punto P_1 .

5) La siguiente gráfica muestra las posiciones que va ocupando un móvil en distintos tiempos, cuando se desplaza con movimiento rectilíneo.

(Figura 31)

- a) Traza la recta que compense mejor los puntos.
- b) Determina gráficamente la posición inicial y la velocidad del móvil.

6) La siguiente gráfica representa la velocidad en función del tiempo para un

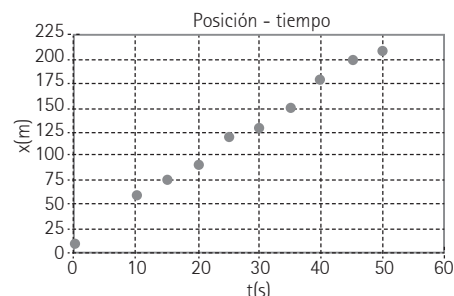


Figura 31 - Gráfica $x = f(t)$

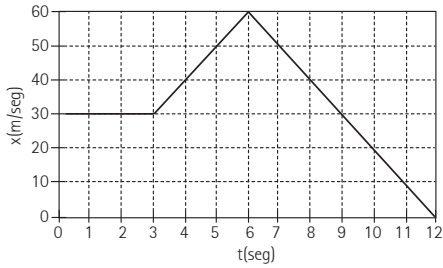


Figura 32 – Gráfica $v = f(t)$

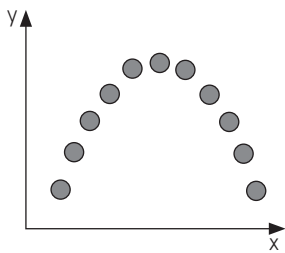


Figura 33 – Trayectoria de una pelota

móvil con trayectoria rectilínea.

(Figura 32)

- Establece las características del movimiento del móvil en cada tramo.
- Determina la distancia total recorrida en el intervalo de tiempo graficado.

7) Un cuerpo se lanza verticalmente hacia arriba con una velocidad inicial de 4 m/s.

- Halla el tiempo que tarda en llegar al punto más alto.
- Determina la altura máxima alcanzada.
- Traza las gráficas $a = f(t)$, $v = f(t)$ y $x = f(t)$.

8) La siguiente gráfica muestra, a modo de foto estroboscópica, la trayectoria de del movimiento de una pelota.

(Figura 33)

- Caracteriza el movimiento de la pelota.
- Indica módulo, dirección y sentido de la velocidad y aceleración en
 - el instante de su lanzamiento;
 - un punto de su movimiento ascendente y otro de su movimiento descendente;
 - en el punto más alto de la trayectoria;
 - el instante previo a que toque el suelo.

8) Un jugador de fútbol da un puntapié a una pelota en reposo y en el suelo, la que sale disparada bajo un ángulo de 30° con una velocidad de 26 m/s. Determina:

- La altura máxima que alcanza la pelota con respecto al suelo.
- La distancia a la que debe encontrarse otro jugador para recibir la pelota a sus pies.

9) Un niño sube a un autito que se encuentra sobre una pista en forma de circunferencia de 4 m de radio. Parte desde el reposo y en 2 s alcanza una velocidad de 2 r.p.m.

- ¿Cuál es la velocidad angular del auto?
- ¿Cuál es la velocidad lineal?
- ¿Cuál es la aceleración radial?
- ¿Cuál es la aceleración tangencial?
- Grafica la trayectoria que describe el auto y marca en ella los vectores velocidad angular, velocidad lineal, aceleración angular, aceleración radial y aceleración tangencial.

10) Una masa que se mueve sobre una circunferencia horizontal de radio 15 cm pasa de una velocidad inicial de 3 r.p.m. a 6 r.p.m. en 10 s. Determina

- La aceleración angular.
- La velocidad tangencial al cabo de los 10 s.
- La posición que ocupa respecto a la inicial ($\theta_0 = 25^\circ$), una vez concluidos los 10 s.
- Grafica la trayectoria que describe la masa y marca en ella los vectores veloci-

dad angular, velocidad lineal, aceleración angular, aceleración radial y aceleración tangencial.

11) Construye un cuadro comparativo de las magnitudes cinemáticas correspondientes al movimiento rectilíneo uniformemente variado y al movimiento circular uniformemente variado. Para cada uno de ellos grafica la trayectoria y marca los vectores velocidad y aceleración.

CAPÍTULO 3.

FUERZA TRABAJO ENERGÍA.

En este capítulo se estudia el comportamiento de un sistema físico mecánico, teniendo presente las fuerzas actuantes y el efecto que producen en el mismo. Las explicaciones se basan en los conceptos claves de fuerza, trabajo y energía y en las leyes de Newton y el principio de conservación de la energía mecánica.

Autores

Susana Julia Meza- Irma Irene Lucero

FUERZA - TRABAJO - ENERGÍA

Anteriormente estudiamos el movimiento de un cuerpo analizando la distancia recorrida, el tiempo empleado, la velocidad en un instante dado, la aceleración, sin interesar la causa que provocaba el movimiento. En este capítulo, también trabajaremos esos conceptos, sin embargo haremos referencia a la causa del movimiento: la fuerza.

La parte de la Física que estudia los movimientos de los cuerpos atendiendo a la causa que los provoca, se denomina Dinámica.

Para que un cuerpo en reposo se ponga en movimiento es necesario que se ejerza sobre él una fuerza. Ello se debe a la inercia del cuerpo. Cuantitativamente, la inercia de un cuerpo se expresa por medio de la masa que es una propiedad invariante, independiente de la velocidad (en el dominio de la mecánica newtoniana, es decir a velocidades menores a la de la luz), de su aceleración y de su posición sobre la Tierra.

En la Figura 1, se presentan fuerzas aplicadas a distintos cuerpos.

Las fuerzas pueden ser de distinta naturaleza, por ejemplo, elásticas (en un resorte); eléctricas (entre cargas eléctricas); magnéticas (entre imanes), gravitatorias (peso).

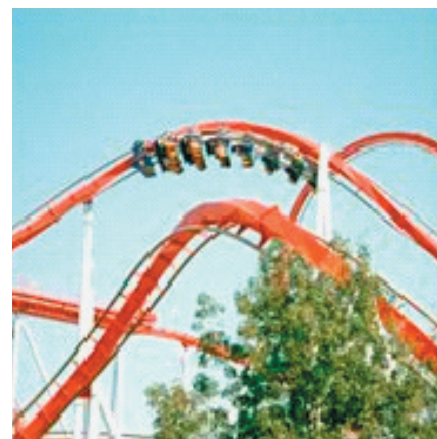
Al ejercer una fuerza sobre un cuerpo puede o no existir contacto físico entre quien realiza la fuerza y el cuerpo sobre el que se la aplica. Así podremos hablar de fuerzas de contacto en el primer caso y de fuerzas a distancia en el segundo.

- Para los casos de la Figura 1, identifica el cuerpo sobre el que actúa una fuerza y quién lo realiza.
- ¿Qué diferencias encuentras entre los casos a), c), d) y los casos b), d) y f)?
- Explica el porqué de la representación gráfica de las fuerzas

Centraremos la atención en aquellos casos en los que existen fuerzas de contacto.

Sobre un cuerpo pueden actuar una o más fuerzas. Al conjunto de fuerzas que actúan sobre un mismo cuerpo se denomina *sistema de fuerzas*. Las fuerzas que constituyen un sistema pueden ser reemplazadas por una fuerza única, capaz de producir el mismo efecto que ellas, y a la que se denomina *resultante*. La resultante puede hallarse trabajando gráficamente a escala, o analíticamente, con las componentes de las fuerzas.

Entre los sistemas de fuerzas pueden distinguirse :



Fuente foto de tapa:
http://www.sincolumna.com/jorge/images_columnas/img_jor_0005_13102003.jpg

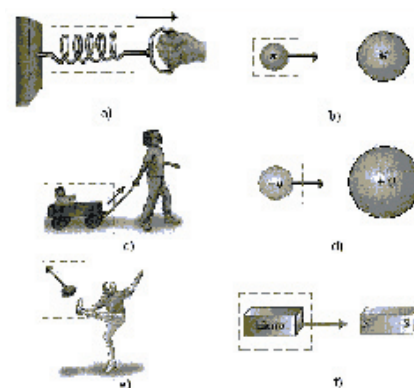


Figura 1 – Ejemplos de fuerzas

Fuente: SERWAY R., FAUGHN J. *Física. Quinta Edición*. México, Pearson Educación, 2001, 81

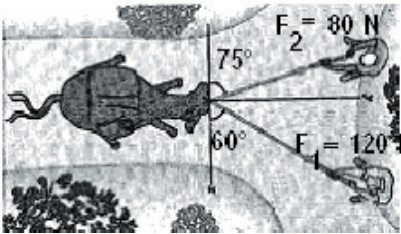
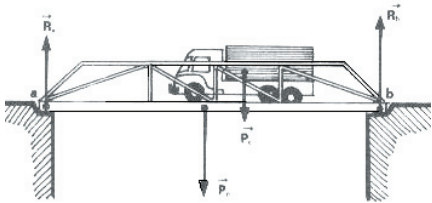
<i>Sistema de fuerzas concurrentes</i>	<i>Sistemas de fuerzas paralelas</i>
Sus direcciones se cortan en un punto (coplanares o en el espacio)	Sus direcciones son paralelas (coplanares o en el espacio)
 <p>a) Dos personas tirando de una mula testaruda.</p>	 <p>b) Un camión en el puente</p>
Fuente: SERWAY-JEWET - <i>Física I</i> - Buenos Aires, Thomson, , 2003, 34	Fuente: CARDAMA, A.- CATALANO, M-PALERMO, C.- <i>Cuaderno de Física y Química</i> -Buenos Aires, Estrada, 1981, 162

Figura 2

- Grafica a escala las fuerzas de los sistemas que se muestran en la Figura 2.
- Halla la resultante en cada caso, trabajando:
 - a) gráficamente a escala
 - b) analíticamente

Recuerda que, las fuerzas son magnitudes vectoriales y por ello, para la representación gráfica y para las operaciones entre fuerzas, aplicamos los contenidos referidos a vectores y sus operaciones, que se dan en Matemática.

Los movimientos de la vida diaria pueden ser entendidos a través de las leyes de Newton. Estas tres leyes: de *inercia*, de *masa* y de *acción y reacción* constituyen la base de la Mecánica Clásica, llamada también Mecánica Newtoniana, y tienen validez en tanto los móviles tengan velocidades bajas con respecto a la de la luz y su tamaño sea considerable con respecto al de los átomos.

PRIMERA LEY DE NEWTON (DE INERCIA)

Si sobre un cuerpo actúan varias fuerzas, la resultante – la fuerza neta – puede ser nula, entonces el cuerpo se encuentra en reposo ($\vec{v} = 0$), o con movimiento rectilíneo uniforme ($\vec{a} = 0$).

Matemáticamente se expresa: $\Sigma \vec{F} = 0$, es decir la suma (vectorial) de las fuerzas es nula.

En el caso en que la resultante de fuerzas concurrentes que actúan sobre un cuerpo sea nula, se dice que el cuerpo se halla en equilibrio. Al indicar que un cuerpo se halla en equilibrio, estaríamos diciendo que sobre ese cuerpo no actúan fuerzas o que la fuerza neta es nula.

SEGUNDA LEY DE NEWTON (DE MASA)

Si sobre un cuerpo actúan fuerzas, éste adquiere una aceleración \bar{a} que es directamente proporcional a la fuerza neta $\Sigma\bar{F}$, e inversamente proporcional a su masa.

Esta ley se expresa vectorialmente de la siguiente manera:

$$\Sigma\bar{F} = m \bar{a}$$

Tanto la fuerza como la aceleración son magnitudes vectoriales, por lo tanto, pueden expresarse en función de sus componentes. Así, en el caso de fuerzas concurrentes coplanares que actúen sobre un cuerpo considerado como partícula, la segunda ley puede expresarse en función de los componentes de \bar{F} y \bar{a} .

$$\Sigma\bar{F}_x = m \bar{a}_x \quad \Sigma\bar{F}_y = m \bar{a}_y$$

TERCERA LEY DE NEWTON (DE ACCIÓN Y REACCIÓN)

Si un cuerpo ejerce una fuerza sobre otro, éste ejerce sobre el primero una fuerza de igual intensidad y dirección pero de sentido contrario.

Matemáticamente esta ley puede expresarse:

$$\bar{F}_1 = -\bar{F}_2$$

\bar{F}_1 , es la fuerza que ejerce el cuerpo A sobre B, llamada *acción*. \bar{F}_2 , es la fuerza que ejerce el cuerpo B sobre A, llamada *reacción*.



Figura 3

Estas fuerzas denominadas *par de acción y reacción*, no constituyen un sistema de fuerzas, dado que están aplicadas sobre cuerpos distintos. Esto implica que no pueden componerse, no se puede hallar una resultante. Las interacciones se dan de a pares.

APLICACIONES DE LAS LEYES DE NEWTON A SITUACIONES CONCRETAS

• Ejemplo de la primera ley

Cálculo de tensiones

La lámpara de la figura está soportada por dos cuerdas, sujetas a dos torres metálicas. El peso de la lámpara es de 15 kgr.

¿Cuáles son las tensiones en las cuerdas?



Figura 4

Para resolver una situación como la planteada el primer paso es identificar el objeto de estudio, en este caso representado por el punto C, que es el nudo que mantiene unidos los tres cables y sobre el que actúan las fuerzas que interesan y luego, trazar un diagrama de fuerzas. Para ello, se debe ubicar un sistema de referencia en el nudo seleccionado, el punto

C en nuestro caso, y graficar las fuerzas actuantes manteniendo dirección y sentidos. Las fuerzas son el peso P de la lámpara y las tensiones T_1, T_2 en las cuerdas que la sostienen, cuyas direcciones están indicadas por los ángulos α y β .

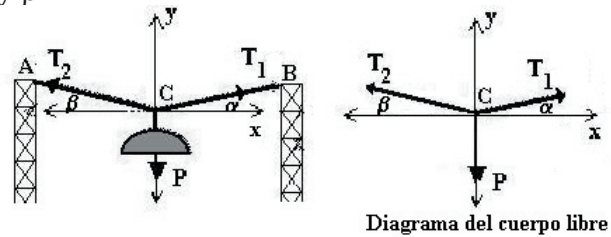


Figura 5

Aplicando la condición de equilibrio de la partícula (asumiendo que el cuerpo está reducido a una partícula, entonces las fuerzas son concurrentes) será:

$$\Sigma \vec{F} = 0 \quad (1)$$

Las fuerzas son coplanarias, y considerando las componentes “x” e “y”

$$\begin{cases} \Sigma F_x = 0 & (2) \\ \Sigma F_y = 0 & (3) \end{cases}$$

$$\begin{cases} \Sigma F_x = T_{1x} - T_{2x} = 0 \\ \Sigma F_y = T_{1y} + T_{2y} - P = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \Sigma F_x = T_1 \cos \alpha - T_2 \cos \beta = 0 \\ \Sigma F_y = T_1 \sin \alpha + T_2 \sin \beta - P = 0 \end{cases}$$

Así queda conformado un sistema de dos ecuaciones con dos incógnitas que son los valores de las tensiones en las cuerdas. Aplicando cualquiera de los métodos conocidos (sustitución, determinante, etc) pueden conocerse esos valores.

Conocer la tensión que se ejercerá en las cuerdas para soportar el peso de la lámpara permitirá elegir las cuerdas apropiadas. La tensión en las cuerdas debe tener como mínimo un valor igual al de la tensión de ruptura, para evitar que la cuerda se corte, se pierda el equilibrio y entonces la lámpara caiga.

La forma que tomen las expresiones (2) y (3) depende del sistema en equilibrio considerado.

- Para el ejemplo visto anteriormente, calcula
 - a) La tensión T_1 de la cuerda.
 - b) La tensión T_2 de la cuerda.

• Ejemplos de la segunda ley

Caso 1 – Deducción de unidades

Permite deducir las unidades de fuerza en los sistemas SI y cgs, y la de masa en el sistema técnico, también las respectivas equivalencias, tal como se explicó en el Capítulo 1.

- Define las unidades de fuerza en los tres sistemas de unidades.
- Encuentra los factores de conversión entre las unidades de fuerza, de los tres sistemas de unidades.
- ¿En qué unidades se mide la masa en cada uno de los sistemas que estudiamos?
- Encuentra los factores de conversión entre las unidades de masa de los tres sistemas de unidades.
- Una persona pesa 75 kgr, ¿cuánto vale su peso en los sistemas MKS y cgs?

Caso 2 – Identificación de movimientos

2-1 - Un niño arrastra una caja de 3 kg de masa realizando una fuerza de 30 N como muestra la figura 6a). La cuerda forma un ángulo de 30° con la horizontal.

La situación planteada se esquematiza en la Figura 6b) y en la Figura 6c) se indican las fuerzas que actúan sobre el cuerpo.

F es la fuerza que ejerce el niño aplicada en O, donde se considera un sistema de ejes cartesianos x,y. La fuerza F se descompone en F_x y F_y .

También actúan sobre el cuerpo su peso P y la normal N que es la reacción de la superficie de apoyo (*P y N no constituyen un par de acción y reacción, son fuerzas que pertenecen a pares distintos*).

Para poder identificar el tipo de movimiento del cuerpo que es arrastrado por el niño, debemos calcular la aceleración del mismo. El movimiento se produce sólo en la dirección del eje x, entonces debemos hallar la aceleración a_x en esa dirección, ya que la aceleración a_y , en la dirección del eje y, es cero.

Planteamos la suma de las fuerzas en ambas direcciones:

$$\Sigma F_y = N - P = 0$$

$$\Sigma F_x = F_x = F \cos \theta = m a_x = m \cdot a$$

$$\text{la aceleración del cuerpo es entonces } a_x = a = \frac{F \cos \theta}{m}$$

Si F, θ , y m son constantes, entonces, la aceleración “a” del cuerpo es constante.

Con ello podemos decir que el cuerpo se mueve con movimiento rectilíneo uniformemente variado. Rectilíneo porque observamos que su trayectoria es una recta, y uniformemente variado porque la aceleración es una constante.

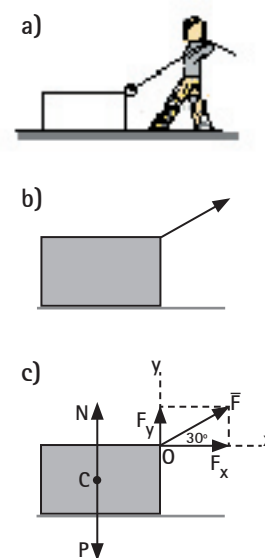


Figura 6

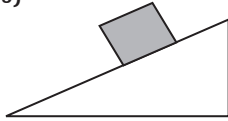
- Calcula la aceleración del bloque del ejemplo anterior.
- Si el niño quiere que el bloque se mueva con la máxima aceleración posible para la fuerza que él realiza, ¿cómo debería ejercer esa fuerza?

a)



Fuente: imagen modificada de www.panorama-actual.es/.../ElEsquiador.gif

b)



c)

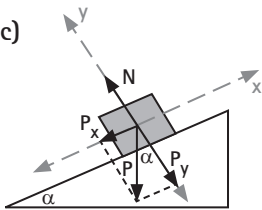


Figura 7

2 - 2 -Un joven se desliza cuesta abajo en una pista de esquí tal como se ve en la figura 7a). El esquiador y todos sus accesorios pesan 65 kg y la pista tiene una inclinación, respecto de la horizontal dada por el ángulo α .

Las figuras 7 b) y c) representan esquemáticamente la situación. La ladera de la montaña corresponde a la superficie de un plano inclinado y el esquiador es el cuerpo que viene deslizándose (sin rozamiento) sobre este plano. En el caso 7c), se representa el cuerpo sobre el plano y las fuerzas actuantes sobre dicho cuerpo; las fuerzas están aplicadas en el centro de gravedad del cuerpo.

P es la fuerza peso y representa el peso del esquiador y todos sus accesorios.

N es la fuerza normal que ejerce la superficie sobre el cuerpo.

La fuerza P puede descomponerse en dos componentes cartesianas según un sistema cartesiano ortogonal centrado en el cuerpo, de tal manera que el eje "x" coincida con la dirección del plano inclinado y el eje "y" sea perpendicular a la superficie del plano. Las componentes son:

$$P_x = P \cdot \text{sen } \alpha \quad y \quad P_y = P \cdot \text{cos } \alpha$$

Aplicando la segunda ley de Newton se tiene:

$$\Sigma F_x = P_x = P \cdot \text{sen } \alpha = m \cdot a$$

$$\Sigma F_y = N - P_y = P \cdot \text{cos } \alpha = 0$$

La aceleración solo existe en la dirección "x", dado que ésta es la dirección en la que se mueve el cuerpo. En la dirección del eje "y", no hay desplazamiento del cuerpo. Puede verse que la fuerza responsable del movimiento de descenso del cuerpo por el plano inclinado es la componente del peso, en la dirección del plano.

De la expresión de la sumatoria de fuerzas en el eje "x", puede obtenerse el valor de la aceleración adquirida por el esquiador:

$$a = \frac{P \cdot \text{sen } \alpha}{m} = \frac{m \cdot g \cdot \text{sen } \alpha}{m} = \frac{g \cdot \text{sen } \alpha}{1}$$

Analizando la expresión anterior, puede decirse que la aceleración adquirida por el cuerpo es un valor constante, que depende de la masa del cuerpo, el valor de la aceleración de la gravedad del lugar y el ángulo de inclinación del plano (se desprecia la variación de "g" con la altitud, en el entorno que se trabaja).

- De acuerdo con lo expresado arriba ¿qué tipo de movimiento lleva el esquiador?

- ¿Qué pasará si la ladera de la montaña es más empinada?
- ¿Cómo resultan ser las aceleraciones adquiridas, si vienen esquiando un niño y su padre?
- Para el caso del ejemplo, donde P vale 65 kgr, calcula la aceleración, cuando el ángulo de inclinación del plano es de 35°.
- ¿Qué pasaría si el ángulo de inclinación de la ladera fuera de 0°? , ¿ y para 90°?

• Ejemplos de la tercera ley

Identificación de pares de fuerzas

Cuerpo que cae libremente

La Tierra ejerce una fuerza de atracción \vec{F}_1 , sobre el cuerpo de masa m. El cuerpo ejerce sobre la Tierra una fuerza \vec{F}_2 .

El par de acción y reacción está dado por estas fuerzas \vec{F}_1 y \vec{F}_2 . En este caso particular \vec{F}_1 es el peso \vec{P} del cuerpo.

(Figura 8)

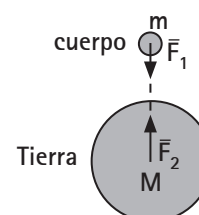


Figura 8

Un cuerpo apoyado sobre una superficie

Cuando el cuerpo se encuentra apoyado sobre una superficie horizontal, al par constituido por \vec{F}_1 y \vec{F}_2 , indicado anteriormente, se agrega el constituido por las fuerzas \vec{G} y \vec{N} .

\vec{G} es la fuerza que ejerce el cuerpo sobre la Tierra al hacer contacto con ella, por lo tanto está aplicada sobre la Tierra y \vec{N} es la reacción, la fuerza que ejerce la Tierra sobre el cuerpo, por lo tanto está aplicado sobre éste.

(Figura 9)

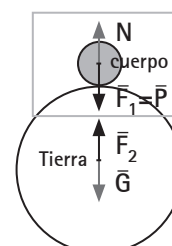


Figura 9

Una nadadora en una pileta

Cuando una nadadora realiza brazadas para avanzar en el agua, en realidad está ejerciendo una fuerza sobre la masa de agua. La masa de agua a su vez, ejerce una fuerza sobre la nadadora que le permite avanzar. El movimiento de la nadadora se puede percibir, ya que su masa es mucho menor que la del agua.

- ¿Que le ocurre a la lancha cuando la chica salta a tierra, en el caso que te muestra la figura 10?
- ¿Por qué un libro colocado sobre una mesa se halla en equilibrio?
- Menciona otros ejemplos en los que aparezcan pares de acción y reacción



Figura 10

Fuente: HEWITT, P. G. - *Física Conceptual*. México, Addison Wesley Longman, 1999, 75

TRABAJO Y POTENCIA

En la vida cotidiana, muchas veces se asocia la palabra trabajo con esfuerzo, sin embargo, en la Física tiene un significado muy diferente.

Cuando los físicos hablan de “un trabajo realizado”, se refieren a alguna fuerza que aplicada sobre un cuerpo, produce en él un desplazamiento, traduciéndose en una variación en la energía del cuerpo. Si la fuerza aplicada y el desplazamiento no están en la misma dirección, la responsable del trabajo realizado, es la componente de la fuerza en la dirección del desplazamiento del cuerpo.

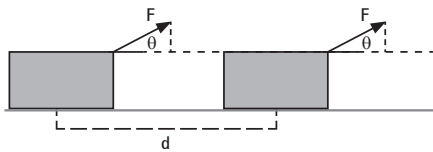


Figura 11

La fuerza aplicada en la dirección del desplazamiento es la que realiza el trabajo y sabemos que toda fuerza aplicada, produce una aceleración, por consiguiente el carrito cambiará su velocidad.

(Figura 11)

La expresión matemática que permite obtener el trabajo mecánico es:

$$W = F \cdot d \cdot \cos \theta$$

donde F es el módulo de la fuerza aplicada, d , el desplazamiento y α el ángulo que forman las direcciones de la fuerza y el desplazamiento; el producto $F \cos \theta$ da el valor de la componente de la fuerza en la dirección del desplazamiento. El trabajo es una magnitud escalar.

Hay que notar que no basta con aplicar una fuerza sobre el cuerpo para realizar trabajo, sino que es necesario que el cuerpo se desplace y que la fuerza aplicada, tenga alguna componente en la dirección del desplazamiento.

• Escribe las expresiones del trabajo realizado por una fuerza si:

- a) $\theta = 0^\circ$ - b) θ es un ángulo cualquiera menor a 90° - c) $\theta = 90^\circ$

En el caso de la figura 6 a), del niño arrastrando un cuerpo, la fuerza que realiza trabajo es F_x , la componente de la fuerza en la dirección del movimiento. Para poder hallar el trabajo realizado sobre el cuerpo deberíamos conocer cuánto se desplazó en el tiempo en que actuó la fuerza.

Supongamos que el niño ejerce esa fuerza durante 2 minutos, o sea 120 s, partiendo del reposo, la distancia recorrida en ese intervalo de tiempo podremos hallar empleando: $x = x_0 + v_0 t \pm \frac{1}{2} a t^2$.

Haciendo los reemplazos correspondientes resulta: $x = \frac{1}{2} a t^2$

El trabajo realizado sobre el cuerpo sería entonces:

$$W = F \cos \theta d = F \cos \theta \cdot x$$

Conociendo el trabajo y el tiempo en que se realizó podemos además calcular la potencia desarrollada por la fuerza, haciendo:

$$\text{Pot} = \frac{W}{t}$$

Conceptualmente, la potencia es el trabajo realizado en la unidad de tiempo, y nos da una idea de la rapidez con la que se hace el trabajo. Un motor de alta potencia puede realizar más trabajo por cada unidad

de tiempo que uno de baja potencia. Que una máquina o motor tenga el doble de potencia que otra significa que puede desarrollar el doble de trabajo en el mismo tiempo.

Si se define a la energía como la capacidad de los cuerpos para realizar trabajo, la potencia podría interpretarse como la cantidad de energía desarrollada (consumida o entregada al medio) en cada unidad de tiempo.

Unidades de trabajo y potencia

Las unidades de trabajo, pueden deducirse del concepto físico y la expresión matemática del trabajo, considerando los valores unidad para la fuerza aplicada y el desplazamiento.

Así pues, en el sistema internacional (SI) la unidad de trabajo es el joule y se define como:

El trabajo realizado sobre un cuerpo de 1 kg de masa, cuando actúa sobre él una fuerza de 1 N que lo desplaza una distancia de 1 m en la misma dirección sentido que la fuerza aplicada.

$$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot 1 \text{ m}$$

Las unidades de potencia pueden deducirse partiendo de la expresión matemática de la potencia.

- Define las unidades de trabajo en el sistema técnico y en el cgs.
- Utilizando las equivalencias entre unidades de fuerza y entre unidades de longitud, encuentra las equivalencias entre las unidades de trabajo, en los tres sistemas de unidades.
- Si el niño de la figura 6 a) tira del cuerpo con una fuerza constante de 20 dyn, formando un ángulo de 30° con la dirección del desplazamiento y el trabajo realizado fue de $8,66 \cdot 10^{-4} \text{ J}$, calcula cuánto se desplazó el cuerpo.
- Deduce las unidades de potencia en los tres sistemas de unidades y encuentra sus equivalencias.
- Calcula la potencia desarrollada, para el caso del niño que tira del cuerpo, dado en el problema anterior.

ENERGÍAS CINÉTICA Y POTENCIAL

La energía, tiene distintas formas de manifestarse por ejemplo, mecánica, eléctrica, química, atómica, térmica. Una forma de energía puede transformarse en otra o en otras manteniendo el valor de la misma.

En este capítulo trataremos la energía mecánica de un cuerpo que se debe a la posición que ocupa en el campo gravitatorio terrestre y a su movimiento.

La energía cinética es la energía que tienen los cuerpos debido a su movimiento y que es una magnitud que depende de la masa y la velocidad del cuerpo, según la siguiente relación:

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

La forma que toma la expresión de la energía cinética es independiente de la naturaleza de la fuerza que actúa sobre el cuerpo.

- Deduce las unidades de energía cinética en los tres sistemas de unidades a partir de la expresión de E_c . Encuentra las equivalencias entre ellas.
- Para el caso del niño que tira del cuerpo en la Figura 6 a) y con los datos en ella, sabiendo que la fuerza actuó durante dos minutos, calcula:
 - a) la energía cinética en el momento inicial;
 - b) la energía cinética a los dos minutos;
 - c) la variación de energía cinética.
- Compara la variación de energía cinética del cuerpo con el trabajo realizado sobre él por la fuerza, calculado anteriormente. ¿Qué comentarios puedes hacer?

En los casos analizados anteriormente, figuras 6 y 7, el trabajo realizado sobre los cuerpos produjo una variación de la energía cinética que lo expresamos matemáticamente de la siguiente manera:

$$W = \Delta E_c = E_{c_f} - E_{c_i}$$

Podría entenderse entonces que la energía cinética representa la capacidad de un cuerpo para efectuar un trabajo debido a su masa y a su velocidad, por ello, las unidades de energía cinética son las mismas que las de trabajo.

La energía debida a la posición es la energía potencial, que depende de la masa del cuerpo, de la aceleración de la gravedad del lugar y de la altura a la que se encuentra, respecto de un sistema de referencia dado. La expresión matemática para obtener el valor de la energía potencial está dada por:

$$E_p = m \cdot g \cdot h = P \cdot h$$

En este caso, la expresión de energía potencial toma la forma indicada anteriormente porque la fuerza que actúa es la fuerza peso. Por ello esta energía es denominada energía potencial gravitatoria.

La forma de la expresión de la energía potencial depende de la naturaleza de la fuerza actuante que debe ser conservativa.

Para jugar en el tobogán, la mamá de la niña de la figura, la levantó verticalmente desde el suelo y la ubicó en la parte más alta del tobogán, indicada con A. Si nos interesa conocer cuál es la energía potencial en las posiciones A, B, C que va ocupando la niña en su descenso, es necesario

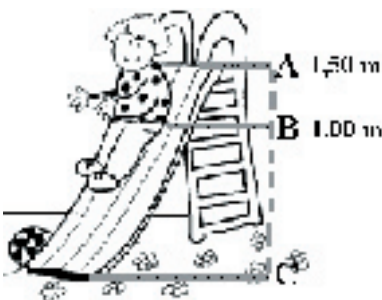


Figura 12

Fuente: www.savez-dnd.hr/slike/tobogan.gif

establecer un sistema de referencia, que puede ser, por ejemplo, el suelo.

(Figura 12)

- Deduce las unidades de energía potencial en los tres sistemas de unidades a partir de la expresión de E_p . Encuentra las equivalencias entre ellas.
- Calcula el trabajo que realizó la mamá para levantar a la niña que pesa 22 kgr, desde el suelo hasta A.
- Calcula la energía potencial de la niña en el instante antes de ser levantada por la mamá.
- Calcula la energía potencial de la niña en la posición A.
- Determina la variación de energía potencial de la niña.
- Compara la variación de la energía potencial de la niña en A con el trabajo debido a la fuerza que realiza la mamá. ¿Qué comentarios puedes hacer?

En el ejemplo planteado, de la niña en el tobogán, el trabajo realizado sobre ella se traduce en un aumento de su energía potencial.

Inicialmente se encontraba en el suelo, con energía potencial nula respecto al suelo, al levantarla hasta una altura de 1,50 m se realizó un trabajo sobre ella, haciendo que su energía potencial aumentara en igual cantidad. Como el trabajo realizado es contrario al realizado por la fuerza peso, la relación entre trabajo y la variación de energía potencial se puede escribir de la siguiente manera:

$$W = -\Delta E_p = -(E_{p_f} - E_{p_i})$$

La diferencia entre los valores que toma la energía potencial en las posiciones inicial y final, es igual al trabajo realizado sobre el cuerpo para moverlo de su posición inicial a la final.

ENERGÍA MECÁNICA

Anteriormente habíamos expresado que la energía mecánica de un cuerpo se debe a la posición que ocupa en el campo gravitatorio terrestre y a su movimiento.

Ya sabemos que:

- estas energías son las energías potencial y cinética,
- matemáticamente responden a las siguientes expresiones:

$$E_p = m g h \quad , \quad E_c = \frac{1}{2} m v^2$$

Entonces, podemos escribir la expresión matemática de la energía mecánica de un cuerpo como: $E_M = E_p + E_c = m \cdot g \cdot h + \frac{1}{2} m v^2$

En ausencia de todo rozamiento y si la única fuerza que actúa es la del peso, el sistema es conservativo. Ello significa que, cualquiera sea la posición del cuerpo con respecto al sistema de referencia elegido, la energía mecánica será la misma, es decir, se mantiene constante. Esa constancia hace referencia a la invariancia de la energía con el tiempo y la posición.

Entonces:

$$E_M = E_p + E_c = m \cdot g \cdot h + \frac{1}{2} m v^2 = cte$$

Esta ecuación y el enunciado anterior expresan el principio de conservación de la energía mecánica.

Análisis de sistemas conservativos

Caso 1 : Tiro vertical

Una pelota de 200 g se lanza verticalmente hacia arriba. De acuerdo a lo que vimos en el Capítulo 2, en el tiro vertical la velocidad es máxima en el punto de lanzamiento y mínima en la altura máxima.

Considerando como referencia el suelo, podríamos adelantar que la energía cinética es máxima en el punto de lanzamiento y mínima en el punto más alto, en tanto que a la energía potencial le sucede lo contrario, es mínima en el punto de lanzamiento y máxima en el más alto. Se produce una transformación de energía cinética en potencial. Esta transformación puede justificarse aplicando el principio de conservación de la energía mecánica.

Para que sea válido aplicar este principio debemos tener el cuidado de:

- asegurarnos que no existe ningún tipo de roce;
- que la fuerza que actúa es conservativa.

En el caso del tiro vertical, como lo vimos anteriormente, se desprecia todo roce con el aire y la única fuerza que actúa es la del peso del cuerpo, entonces, puede aplicarse este principio.

$$E_M = E_c + E_p = cte$$

Consideramos como referencia el nivel del suelo.

En el punto de lanzamiento A

$$E_M = E_{cA} + E_{pA} = cte$$

Dado que la velocidad en A es máxima y la altura con respecto al suelo es nula, la expresión anterior toma la forma:

$E_M = E_{cAMAX} + 0 = cte$, o sea $E_M = E_{cAMAX} = cte$ que nos lleva a decir que en A la energía mecánica se encuentra como energía cinética.

A medida que el cuerpo sube, su velocidad disminuye, disminuye la energía cinética. Aumenta la altura con respecto al suelo, aumenta la energía potencial.

En un punto cualquiera de la trayectoria, como el B, existen las dos

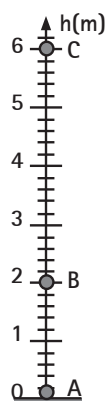


Figura 13

energías. *La energía mecánica se debe a la suma de las energía cinética y potencial.*

$$(Figura 13) \quad E_M = E_{cB} + E_{pB} = cte$$

En el punto más alto C

$$E_M = E_{cC} + E_{pC} = cte$$

Dado que la velocidad en el punto más alto es nula y la altura es máxima:

$$E_M = 0 + E_{pCMAX} = cte, \text{ o sea } E_M = E_{pCMAX} = cte$$

o sea, *en C la energía mecánica se encuentra como energía potencial*

Resumiendo, la energía mecánica del cuerpo puede expresarse:

$$E_M = E_{cMAX} = E_{cB} + E_{pB} = E_{pCMAX} = cte$$

En el movimiento de subida la energía cinética se transforma en energía potencial.

- Realiza un análisis similar al planteado para el movimiento de caída de la pelota.
- Calcula la energía mecánica de la pelota.
- ¿Con qué velocidad se lanzó la pelota?
- Comprueba realizando los cálculos correspondientes, la conservación de la energía explicada.
- ¿Para qué altura las energías cinética y potencial serán iguales? Justificalo.

Caso 2 – Niña en el tobogán.

Para poder analizar el juego de energías cinética y potencial es necesario establecer el sistema de referencia. Puede considerarse como referencia el nivel del suelo, entonces tendríamos variación de energía cinética y potencial, o puede considerarse como referencia el plano del tobogán, y en ese caso, sólo habría energía cinética.

Consideraremos el nivel del suelo.

Si el tobogán es liso y la única fuerza que actúa es el peso de la niña, el sistema es conservativo.

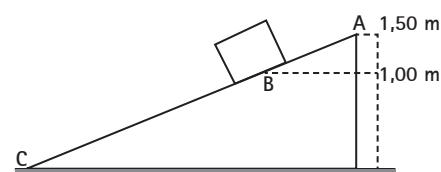
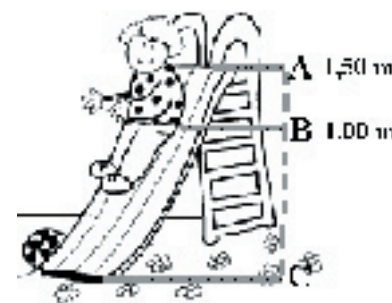
$$E_M = E_c + E_p = cte$$

En el momento inicial, cuando la niña se encuentra en A, no tiene velocidad inicial y se encuentra a la máxima altura con respecto al suelo, entonces:

$$E_M = 0 + E_{pCMAX} = cte, \text{ o sea } E_M = E_{pCMAX} = cte$$

En un punto intermedio de la trayectoria, como el B

$$E_M = E_{cB} + E_{pB} = cte$$



Al llegar al pie del tobogán, en el punto C

$$E_M = E_{cAMAX} + 0 = cte, \text{ o sea } E_M = E_{cAMAX} = cte$$

Para este sistema se cumple que:

$$E_M = E_{pAMAX} = E_{cB} + E_{pB} = E_{cCMAX} = cte$$

La energía potencial inicial se transforma en cinética al pie del tobogán.

La velocidad con que la niña llega al pie del tobogán puede hallarse considerando que

$$E_M = E_{pAMAX} = E_{cCMAX} = cte$$

entonces

$$mgh_{AMAX} = \frac{1}{2} m v_{CMAX}^2$$

de donde puede despejarse la velocidad v_c al pie del plano inclinado.

$$v_c = \sqrt{2gh_{AMAX}}$$

La velocidad con la que llega a C es la misma que si cayera libremente desde la altura h_{MAX}

- Calcula la energía mecánica de la niña.
- ¿Cuál es la velocidad al llegar a C?
- Calcula las energías cinética y potencial de la niña cuando se encuentra a 1,00 m de altura del suelo.

ALGUNAS RECOMEDACIONES ÚTILES

Sabemos que para trabajar con los problemas numéricos es necesario que todas las magnitudes físicas estén expresadas en unidades que pertenecen al mismo sistema de unidades, a efectos de poder operar algebraicamente con ellas. En este capítulo se trabaja con muchas unidades derivadas y por ello es importante tener en claro cuáles son los factores de conversión que permiten pasar de una unidad a otra, deduciéndolos, tal como se explicó en el Capítulo 1.

Como síntesis de todo lo desarrollado, sugerimos que:

Para resolver un problema en el que interese conocer el estado de movimiento o equilibrio de un objeto en estudio, realice los siguientes pasos:

- 1- Hacer un esquema del objeto en estudio.
- 2- Identificar las fuerzas que actúan sobre ese sistema considerado (diagrama del cuerpo libre).
- 3- Hallar las componentes de cada fuerza.
- 4- Aplicar la segunda ley de Newton, para determinar las cantidades requeridas.
- 5- Cuando hay movimiento de los cuerpos (sin rozamiento), es necesario

establecer el sentido en que se considerará el signo (+) para la aceleración.

6- Cuando hay movimiento con rozamiento debe estar establecido el sentido del movimiento del objeto.

Para resolver situaciones empleando el principio de conservación de la energía, tener en cuenta:

- 1- En el sistema puede haber más de un objeto
- 2- Elegir un sistema de referencia para la energía potencial.
- 3- Determinar si hay fuerzas de fricción (no conservativas)
- 4- Si en el sistema actúan fuerzas conservativas, por ejemplo el peso (como los ejemplos analizados), se puede escribir la energía mecánica ($E_c + E_p$) en un punto de interés, que puede ser el inicial, como igual a la energía mecánica en otro punto cualquiera, que puede ser el final.

ACTIVIDADES SUPLEMENTARIAS

1) Indica verdadero o falso para las siguientes afirmaciones y justifica tu respuesta:

- a) Al aplicarle distintas fuerzas a un cuerpo, este adquiere aceleraciones que resultan ser directamente proporcionales a las fuerzas aplicadas.
- b) De dos cuerpos de la misma masa y diferente volumen que reciben la misma fuerza, adquirirá mayor aceleración el de menor volumen.
- c) De dos cuerpos del mismo material que recibieron la acción de la misma fuerza, adquirirá mayor aceleración el de mayor tamaño.
- d) De dos cuerpos de la misma masa y diferente volumen, adquirirá mayor aceleración aquél que haya recibido mayor fuerza aplicada.

2) Explica que pasa si:

- a) A dos cuerpos de la misma masa se les aplica una fuerza, de modo tal que la fuerza aplicada en uno es el doble de la aplicada en el otro.
- b) Dos esferas idénticas de madera reciben la acción de fuerzas de la misma magnitud, dirección y sentido, sobre cada una de ellas.
- c) Dos cuerpos cuyas masas están en relación 1 a 3, reciben la acción de fuerzas de la misma magnitud, dirección y sentido, sobre cada uno de ellos.
- d) Dos esferas del mismo volumen pero de materiales diferentes (madera y hierro) reciben la acción de fuerzas de la misma magnitud, dirección y sentido, sobre cada una de ellas.

3) ¿Cuál es el valor de la masa de una persona cuyo peso es 60 kgr? Exprésala en los tres sistemas de unidades.

4) Una caja de 70 kg se desliza sin fricción por una superficie horizontal lisa, debido a una fuerza aplicada sobre ella de 42 kgr también horizontal.

- a) Elige el sistema de unidades con el que vas a trabajar
- b) Realiza todas las conversiones de unidades que necesites
- c) Calcula el valor de la aceleración adquirida por la caja.

5) Describe la situación que se presenta en la figura.
¿Tiene razón el caballo?. Justifica tu respuesta.

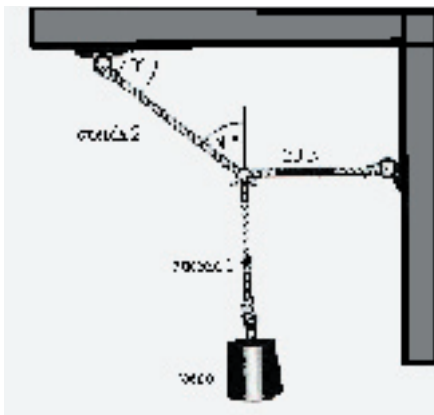


Fuente: HEWITT, P. G. - *Física Conceptual*. México, Addison Wesley Longman, 1999, 81

6) Una persona pesa 833 N.

- Si se traslada a los polos de la Tierra, ¿cuánto pesará allí?
- Si hubiera una balanza en los polos, ¿cuánto indicaría al pararse esta persona sobre ella?
- Si esta persona fuera astronauta y viajara a la Luna, ¿cuánto pesaría allí?

7) Una cuerda de remolque se romperá si la tensión sobre ella excede los 1500 N. Se utilizará para remolcar un automóvil de 700 kg a lo largo de un piso nivelado (sin fricción). ¿Cuál es el valor máximo de la aceleración que se puede aplicar al automóvil con esta cuerda? (BUECHE, F.J. - *Física General. Novena edición*. México, Schaum, Mc Graw Hill, 2001, 44).



8) En la figura, la tensión en la cuerda horizontal es de 30 N. Encuentra el peso del objeto. (BUECHE, F.J. - *Física General. Novena edición*. México, Schaum, Mc Graw Hill, 2001, 62).

9) Calcula el trabajo realizado sobre el esquiador de la Figura 7 cuando desliza 200 m sobre la ladera.

10) Indica verdadero o falso en las siguientes afirmaciones y justifica tu respuesta.

- Una fuerza aplicada a un cuerpo realizará trabajo sobre él solamente cuando el cuerpo se desplace en la dirección de la fuerza.
- Si se aumenta la potencia de una máquina es posible realizar más trabajo por día.
- Una grúa que levanta un cuerpo, tendrá mayor potencia, cuanto menor sea el tiempo que emplea para levantar el cuerpo.
- Un cuerpo en caída libre disminuye su energía cinética a medida que va cayendo.
- Un cuerpo en caída libre disminuye su energía potencial a medida que va cayendo.
- La energía mecánica de un cuerpo se conserva siempre que no actúen sobre él fuerzas de rozamiento.
- Al subir a una montaña hasta la cima, la variación de la energía potencial es diferente si se sube por un camino corto y empinado que por un camino largo y de poca pendiente, (despréciase el rozamiento).

11) Para un cuerpo que cae libremente en el campo gravitatorio terrestre, despreciando el rozamiento con el aire, construye las gráficas de las funciones:

- a) $E_p = f(h)$ - b) $E_c = f(v)$ - c) $E_c = f(h)$ -

12) Explica la diferencia, si es que la hay, entre el kilovatio y el kilovatio-hora.

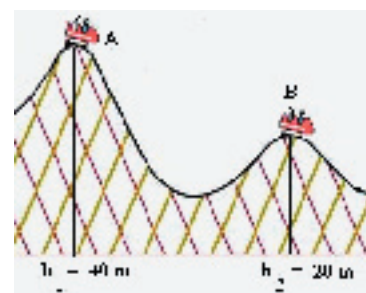
13) ¿A cuántos Joule equivale un kilovatio-hora?

14) Explica qué significa el dato que aparece en una factura de la empresa de energía, que dice: consumo del período = 180 kWh

15) Una camioneta de 1800 kg de masa se desplaza horizontalmente sobre una carretera lisa (sin rozamiento) ubicada a 30 m de altura, con velocidad de 108 km/h; frena y reduce su velocidad a 36 km/h en 10 s.

- a) ¿Varió la E_c de la camioneta?- ¿Cuánto?
 b) ¿Varió la E_p de la camioneta?- ¿Cuánto?
 c) ¿Con qué fuerza actuaron los frenos?
 d) Calcula el trabajo realizado por los frenos
 e) ¿Puede este sistema ser trabajado como un sistema conservativo, tal como los ejemplos desarrollados en este capítulo?- Justifica.

16) En la cima de una montaña rusa el coche con sus ocupantes (masa total 1000 kg) está a una altura del suelo igual a 40 m y lleva una velocidad de 5 m/s. Calcule la energía cinética del coche cuando esté en la segunda cima que tiene una altura de 20 m. Se supone que no hay rozamiento. (PEÑA SAINZ, A- GARZO PEREZ, F. *Curso de Física* COU. McGraw-Hill, España, 1991,150)-

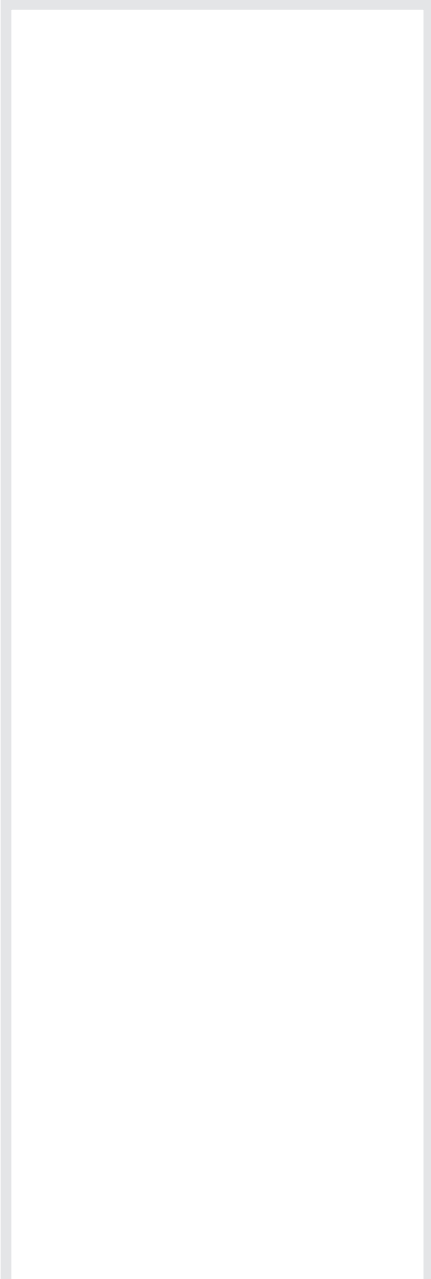


(Imagen adaptada de http://www.escolavesper.com.br/fisica_no_parque/versao_integral_arquivos/image013.jpg)



CAPÍTULO 4.

CUESTIONES DE LOS FLUIDOS...



Este capítulo se referirá a los fluidos, qué es la presión y cómo se trasmite, qué ocurre con un cuerpo sumergido en el seno de un fluido. Las explicaciones se basan en el teorema de la hidrostática y los principios de Pascal y Arquímedes.

Autor
Miriam Elena Godoy

CUESTIONES DE LOS FLUIDOS...LAS PRESIONES...Y SU IMPORTANCIA EN LA FÍSICA

Este capítulo se referirá a los fluidos, que conforman nuestro entorno pues los bebemos, los respiramos y nos imbuimos en ellos cotidianamente. Reconoceremos qué es la presión y cómo se transmite; se considerarán sus características, como así también sus implicancias.

FLUIDO

Fluido es una palabra proveniente del latín *fluidus*; cuya raíz es *flu* que quiere decir fluir, manar, correr. El término *fluidus* es el adjetivo de dicha familia y significa que corre. Desde el punto de vista de la física, consideramos como tal al sistema de partículas en el que, a diferencia de los sólidos, no están rígidamente posicionadas, por lo que pueden moverse con una cierta libertad unas respecto de las otras. Está designación engloba a la materia que se encuentra en los estados de agregación líquido y gaseoso. De su estudio se ocupa la mecánica de los fluidos *Dinámica de los fluidos* y *Estática de los fluidos*.

Convenimos señalar que en esta unidad temática los contenidos se desarrollarán enfocadas desde un punto de vista macroscópico. Además son de aplicación tanto a los líquidos como a los gases.

En general, se suele tomar al agua y al aire como ejemplos representativos del comportamiento de los fluidos. Esta parte de la física constituye, por un lado la hidrostática que estudia al agua equilibrio, y por otro la aerostática que estudia al aire en particular.

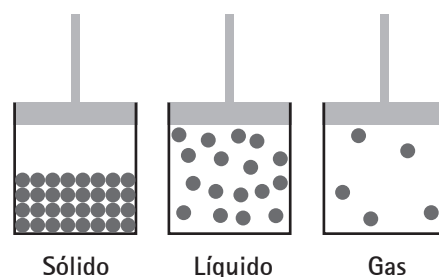
- Completar los casilleros vacíos del siguiente cuadro en el cual se encuentran señaladas algunas de las propiedades más características de los gases y líquidos. El contexto en el cual se hacen estas referencias son en condiciones normales de presión (760 mm de Hg) y de temperatura (20° C).

LOS LÍQUIDOS	LOS GASES
	Requieren de esfuerzos pequeños para la modificación de su volumen
Adoptan la forma del recipiente que los contiene	
	Son menos densos que ...
	Se expanden o contraen fácilmente
Caen atraídos por la fuerza de gravedad	
En ciertas condiciones pueden ser transformados en....	
	Son muy compresibles porque sus moléculas están muy separadas entre sí moviéndose de un lado a otro en forma desordenada
Los líquidos de diferentes densidades no suelen mezclarse fácilmente	

Fuente: Basado en HEINEMANN; A. G. *Física: Mecánica- Fluidos - Calor*. Buenos Aires. Angel Estrada y Cia. S.S. 1985, 253.



Fuente, foto de tapa : www.jsolana.com.mx/modelismo/polanco/veleros.jpg



DENSIDAD

Es una de las propiedades más importantes de los materiales, la definimos para cualquier material homogéneo como su masa por unidad de volumen, su símbolo es la letra griega rho cuyo símbolo es ρ .

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Expresión matemática considerada como definición de densidad

Hay materiales a los cuales denominamos homogéneos, como el aluminio o el aceite, que poseen la misma densidad en cada una de sus porciones. En algunos materiales, como ser la atmósfera terrestre y los océanos, la densidad varía de un punto a otro. En el caso de la atmósfera, la densidad es menor a mayor altura y en el caso de los océanos, poseen mayor densidad a mayor profundidad.

La unidad de densidad en el SI es el kilogramo por metro cúbico kg/m^3 . Muy usada también es la unidad en el cgs, gramo por centímetro cúbico g/cm^3

Siendo el factor de conversión entre ambos sistemas

$$1 \text{ g/cm}^3 = 1000 \text{ kg/m}^3$$

Densidades de algunas sustancias comunes

MATERIAL	DENSIDAD (kg/m^3)	MATERIAL	DENSIDAD (kg/m^3)
Aire	1,20	Latón	$8,6 \times 10^3$
Etanol	$0,81 \times 10^3$	Cobre	$8,9 \times 10^3$
Benceno	$0,90 \times 10^3$	Plata	$10,5 \times 10^3$
Agua	1×10^3	Plomo	$11,3 \times 10^3$
Agua de mar	$1,03 \times 10^3$	Mercurio	$13,6 \times 10^3$
Sangre	$1,06 \times 10^3$	Oro	$19,3 \times 10^3$
Glicerina	$1,26 \times 10^3$	Platino	$21,4 \times 10^3$
Hormigón	2×10^3	Estrella enana blanca	10^{10}
Aluminio	$2,7 \times 10^3$	Estrella de neutrones	10^{20}

Tabla tomada SEARS F., ZEMANSKY M., YOUNG H., FREEDMAN R, *Física volumen I* novena edición, Pearson Educación, 1999, 428.

- Averigua cuál es el metal más denso que hay en la Tierra.
- En una habitación de 4,0 m de largo y 2,5 m de ancho siendo su altura de 2,9 m ¿qué peso y qué masa tiene el aire contenido en la misma? Un volumen igual de agua ¿tendrá la misma masa y peso?

PRESIÓN

Normalmente es usual que hagamos referencia al término *presión*. Es así que decimos “la presión del agua de la canilla”, “la presión del aire de las ruedas”, “el aire que nos rodea nos presiona”. A veces, también se confunde fuerza con presión. Por eso, es importante comprender claramente qué es presión, para lo cual es necesario que analices las siguientes situaciones:

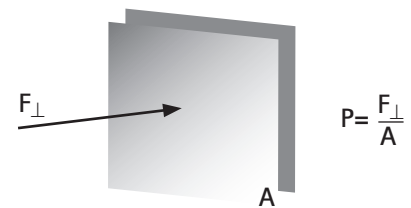
- Una persona que pesa 98 kgr se hunde más en la arena seca que una que pesa 48 kgr.
- Los clavos se introducen en la pared por la punta.
- Un taco de zapato, se puede hundir con mayor o menor facilidad en la arena dependiendo de su forma.

Para poder valorar el efecto que ocasiona una fuerza actuante en una superficie dada vamos a definir una magnitud llamada *presión*.

Principales unidades de presión

Sistema	Unidad	Denominación
Técnico	kgr/m ²	Kilogramo fuerza por metro cuadrado
MKS	N/m ²	Pascal = Pa
cgs	dyn/cm ²	dyn/cm ² = Bar Bar = 10 ⁶ barias Milibar = 10 ³ barias
Inglés	lbf/in ²	lbf/in ² = Libra fuerza por pulgada al cuadrado lbf/in ² = 6,895 x 10 ³ Pa

Se denomina presión al cociente entre el módulo de la fuerza que actúa perpendicularmente a una superficie y el área de esa superficie



Unidades utilizadas con frecuencia y que no pertenecen al SIMELA

- kgr/m²
- atmósfera (atm) , 1 atm = 1,013 x 10⁵ Pa
- milímetro de mercurio (mmHg) , 1 mmHg = 133,322 Pa

La presión atmosférica normal a nivel del mar es de 1 atmósfera, especificada como 101325 Pa.

$$1 \text{ atm} = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa} = 1,013 \text{ bar} = 1013 \text{ milibar} = 14,70 \text{ lb/in}^2$$

- La presión en el fondo del océano mas profundo es de 1,1 x 10⁸ Pa. Exprésala en:
 - a) Barias
 - b) kgr/cm²
 - c) hPa



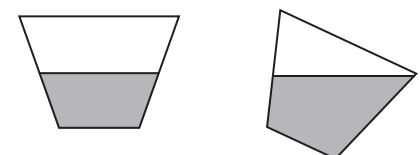
Blas Pascal (1623-1662) fue un matemático, físico y teólogo francés que se dedicó a estudiar la presión en los líquidos y por sus aportes se tomó su nombre para denominar a la unidad más utilizada para medir la presión

Presión hidrostática

La superficie libre de un líquido es aquella que está en contacto con la atmósfera o bien con otro fluido.

Cuando el otro fluido es un gas, esta superficie es plana y horizontal a menos que se trate de una superficie muy pequeña, y cuando el líquido está en reposo, si se inclina el recipiente que lo contiene la superficie libre tiende a mantenerse horizontal

Un líquido que está en equilibrio ejerce presiones sobre las paredes y el fondo del recipiente que lo contiene, al igual que en el seno de la masa líquida. Estas presiones se denominan *presiones hidrostáticas*.



Para analizar qué pasa con las presiones hidrostáticas sobre las pare-

des y el fondo de un recipiente se puede llenar un recipiente (botella de plástico, globo, bolsa de polietileno) con agua y efectuar perforaciones en varios puntos.

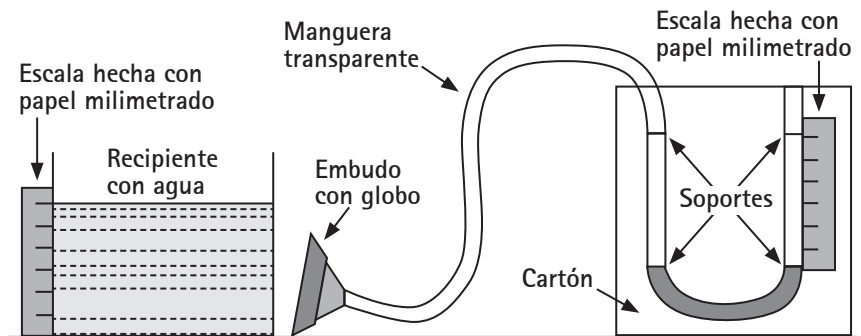
¿Qué se observa?

Para seguir analizando se puede realizar una sencilla experiencia: en un recipiente de vidrio grande colocar agua; por otra parte, preparar un tubo de plástico insertando en uno de sus extremos un embudo pequeño que tendrá su abertura mayor cubierta con una membrana de goma que se puede obtener de un globo de igual material.

El otro extremo, se curva de tal manera de formar una U, colocando en su interior agua coloreada. Esta porción del tubo (manómetro) te permitirá medir la presión en cm de agua .

Introducir luego el embudo en el recipiente con agua a diferentes profundidades.

El siguiente esquema es para guía.



Una vez finalizado el armado del dispositivo se debe sumergir el extremo del tubo con el embudo en el agua.

- ¿Qué pasa en la porción del tubo que contiene agua coloreada?
- Varía la posición del embudo de tal manera de ubicarlo a diferentes profundidades. ¿Qué observas?

Marca en la escala adosada al recipiente de vidrio las posiciones del embudo cada vez que éstas sean modificadas.

Registra las lecturas del manómetro:

$h = \text{altura de la columna derecha} - \text{altura de la columna izquierda} = X \text{ cm de agua.}$

La presión que existe en el recipiente en las diferentes posiciones que adoptó el embudo se transmite a través de la membrana de goma, por el aire que hay en la manguera, hasta el manómetro.

- Repite la experiencia en cada posición (profundidad) por lo menos dos veces.
- Confecciona una gráfica con por lo menos seis valores obtenidos y analiza qué sucede con la relación presión- profundidad

Manómetros

Los manómetros son instrumentos adecuados para medir presiones, tanto de líquidos como de gases. De los manómetros más comunes se

tendrán en cuenta dos: el manómetro de rama abierta y el manómetro metálico (tipo Bourdon).

Manómetro de rama abierta

La diferencia de niveles de los dos brazos registra la presión. En general, los manómetros de rama abierta contienen mercurio o agua, para experimentos sencillos la comparación entre presiones es suficiente. En muchos casos la presión se registra en mm de mercurio o en centímetros de agua.

El manómetro de la figura está formado por un tubo en U uno de cuyos extremo se encuentra conectado a un recipiente en cuyo interior se encuentra el fluido cuya presión se desea medir; la otra rama se encuentra abierta y en contacto con el medio exterior (atmósfera). En el tubo hay mercurio, se puede observar una diferencia de altura entre ambas ramas.

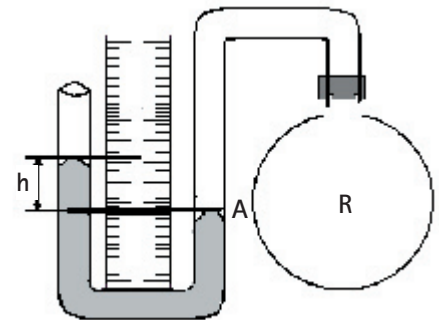
El valor de la presión en el punto A de la rama derecha del dispositivo es también la del fluido que se encuentra en el recipiente R y a la cual se le dará la denominación de P_r . Esta presión será igual a la suma de la presión atmosférica exterior P_a y la presión hidrostática P ejercida por la columna de altura h .

P puede hallarse empleando la siguiente expresión:

$$P = \gamma h \text{ siendo } \gamma \text{ el peso específico del mercurio}$$

Con la lectura de h y conociendo los valores de P_a y γ , se logra calcular el valor de P_r , haciendo:

$$P_r = P_a + \gamma h$$

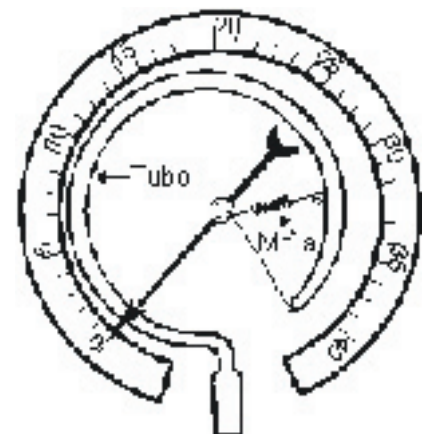


Manómetro metálico (tipo Bourdon)

Son los que habitualmente se usan en los tubos que contienen gas, también para medir la presión de aceite en los automóviles.

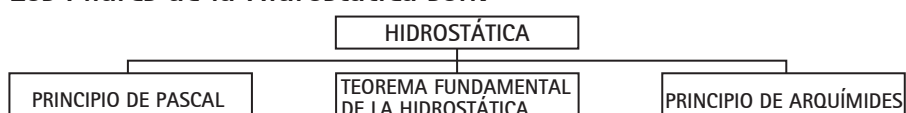
Están compuestos por un tubo metálico flexible, que se halla conectado a un recipiente cuya presión se desea medir. Las variaciones de presión se traducen en deformaciones en el tubo, las cuáles se transmiten a un mecanismo que mueve una aguja que tiene adosada una escala graduada previamente.

Esfigmomanómetro es la denominación que se le da a un dispositivo que mide la presión arterial, el cual cuenta con un manómetro de mercurio. Las mediciones de presión arterial se efectúan en el antebrazo a nivel del corazón. Los resultados como ser 130/80 hacen referencia a las presiones manométricas máxima y mínima en las arterias, medidas en mmHg



Manómetro tipo Bourdon
Fuente: www4.prossiga.br/lopes/prodcien/livros/124

Los Pilares de la Hidrostática son:



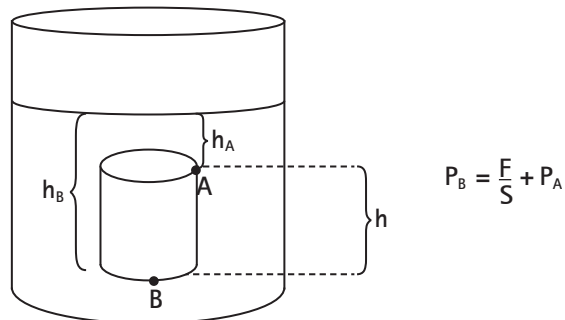
TEOREMA FUNDAMENTAL DE LA HIDROSTÁTICA

Considerando un recipiente lleno de un líquido cuyo peso específico es γ , teniendo en cuenta dos puntos A y B ubicados a diferentes niveles en el seno de dicho líquido. Se denomina P_A , a la presión que soporta el punto A, y P_B a la presión que soporta el punto B, y a su vez h_A y h_B serán las respectivas profundidades de cada punto considerado, medidas cada una de ellas desde la superficie libre del líquido.

Se analizará qué relación existe entre P_A y P_B .

Para ello, imagina un cilindro en una de cuyas caras esté A y en la otra B, para representar la situación se hará uso de la siguiente figura, donde se encuentran las premisas necesarias. El área de la base de este cilindro imaginario es S y su altura es $h = h_B - h_A$

La presión ejercida sobre la superficie donde se encuentra ubicado el punto B es igual a la suma de la presión ejercida por el líquido sobre la superficie donde se encuentra el punto A, más la presión ejercida por el líquido que se encuentra dentro del cilindro formado por ambas superficies, por lo tanto:



Además, si se tiene en cuenta que la fuerza en realidad es el peso del líquido contenido en el cilindro, y como el peso específico es la relación entre peso y volumen, entonces, reemplazando adecuadamente se obtiene la siguiente expresión:

$$P_B = \frac{S \cdot h \cdot \gamma}{S} + P_A$$

Cómo en el numerador y en el denominador del primer término del segundo miembro de la ecuación aparece S se simplifica. Pasando al primer miembro P_A queda la siguiente expresión:

$$P_B - P_A = h\gamma$$

Esta expresión es la que se conoce como teorema fundamental de la hidrostática. La diferencia de presión entre dos puntos de un líquido en equilibrio es igual al producto de su peso específico por la diferencia de nivel que existe entre los dos puntos.

Este Teorema también puede expresarse en función de la densidad. Si tenemos en cuenta que: $\rho = \frac{m}{V}$ siendo m la masa del líquido considerado y V su volumen, de la expresión de la densidad se puede despejar volumen con lo cual se obtiene la siguiente expresión:

$$m = \rho \cdot V$$

y teniendo en cuenta el peso posee la siguiente expresión $P = m \cdot g$, en la

cuál reemplazamos el término m por la expresión anterior obtenemos:

$$P_B - P_A = \frac{h \cdot \rho \cdot V}{V}$$

Simplificando obtenemos la expresión de la

$$P_B - P_A = h\rho g$$

Si tienes en cuenta todas las consideraciones tratadas podrás resolver las siguientes cuestiones:

- ¿Dónde resulta mayor la presión, en el fondo de una bañera llena de agua hasta una profundidad de 40cm o en el fondo de una jarra de agua de 45cm de profundidad?
- El nivel del agua de un tanque es de 6m. ¿con qué presión sale el agua de una canilla situada en el suelo?
- Tenemos un tubo en U que contiene agua y mercurio en su interior. Siendo la altura del agua de 40 cm ¿cuál es la altura del mercurio?
- Un recipiente cilíndrico de 7,5 cm de radio y 1,0 m de altura se encuentra lleno hasta las tres cuartas partes de su altura con agua, calcular :
 - a) peso del agua;
 - b) superficie de la base;
 - c) presión en el fondo del recipiente aplicando la definición de presión;
 - d) presión que soporta un punto del fondo del recipiente, aplicando el teorema fundamental de la hidrostática;
 - e) comparar los resultados c y d.

La presión en un punto en el seno de un líquido no depende de la cantidad de líquido ni de la forma del recipiente, sino de la altura del punto a la superficie libre del líquido y de la densidad del mismo.

PRINCIPIO DE PASCAL

A partir del teorema fundamental de la hidrostática, puede deducirse el principio de Pascal enunciado por el físico Blas Pascal en el siglo XVI.

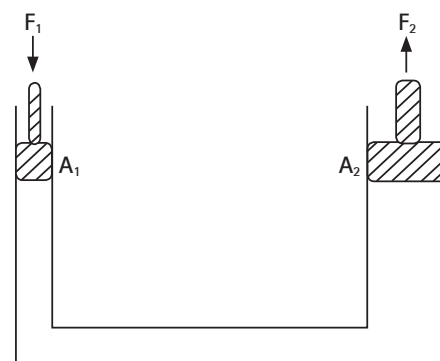
Considerando una masa líquida en equilibrio, la presión que se ejerce en un punto interior de la misma, se transmite completamente y por igual en todas direcciones y sentidos, sobre la masa líquida y las paredes del recipiente.

Para iniciar su tratamiento primeramente daremos algunos ejemplos que darán cuenta de cómo con él se ahorra trabajo.

Uno de los dispositivos en el cuál se aplica el principio de Pascal es la prensa hidráulica. Ésta consiste en dos cilindros de distinto diámetro, interconectados entre sí y dotados de sendos émbolos, como se ve en el siguiente esquema.

Si sobre el émbolo 1 (izquierda), ejercemos una fuerza F_1 , ésta ocasiona un aumento de presión cuya cuantía será

$$\Delta P = \frac{F_1}{A_1}$$



Según el principio de Pascal, este aumento de presión se trasmite a todos los puntos de la masa; por lo tanto en el émbolo 2 (derecha) se produce igual incremento de presión.

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

Esta es la condición de equilibrio de una prensa hidráulica.

$$F_1 = \frac{F_2}{A_2} A_1$$

Los frenos de los vehículos son otra aplicación del principio de Pascal. Si sobre el pedal del freno se ejerce una fuerza, como consecuencia de la misma en el pistón se produce una sobrepresión que se transmite en el líquido que contienen las cañerías que están conectadas con un pistón mayor. Esta sobrepresión se transmite íntegramente en todas direcciones, entonces, en los pistones grandes aparece una fuerza que los empuja sobre el disco, derivando esta situación en el frenado del vehículo.

Los gatos hidráulicos, los ascensores, los sillones de los dentistas, los elevadores de automóviles también funcionan aprovechando la misma propiedad. De esa manera se logra con un dispositivo sencillo multiplicar la fuerza ejercida por un factor de multiplicación que relaciona las áreas de los dos pistones.

Esta característica de los líquidos en particular y los fluidos en general se resume en el denominado “Principio de PASCAL”

Resolviendo la siguiente situación podrás comprobar que con menos esfuerzo se logra una fuerza mayor.

- En un taller mecánico se dispone de un elevador hidráulico para coches, el pistón del mismo tiene un diámetro de 0,30 m. ¿Qué presión, expresada en atm y en Pa, se necesita para levantar un coche de 1100 kg?



PRINCIPIO DE ARQUÍMIDES

Arquímedes fue un matemático, físico e inventor que vivió en Siracusa en el siglo III a. C. Enunció el principio que lleva su nombre como resultado del siguiente problema: Hierón, el tirano que gobernaba Siracusa en aquellos tiempos, había mandado hacer a su joyero una corona, especificando la cantidad de oro y de plata que debía utilizar. Ante la desconfianza de haber sido estafado por el joyero, pidió a Arquímedes que determinase la honestidad del joyero sin deshacer la corona; de no lograrlo, lo pagaría con su vida. Arquímedes observó que al bañarse era empujado por el agua y finalmente enunció:

Todo cuerpo inmerso en un líquido recibe un empuje de abajo hacia arriba igual al peso del líquido desalojado.

Flotabilidad

Es mucho más fácil levantar una piedra sumergida en un río que le-

vantarla cuando está fuera de él, apoyada en la arena.

Esto se debe a que, cuando la piedra está sumergida, el agua ejerce sobre ella una fuerza dirigida hacia arriba. Esta fuerza que es ejercida hacia arriba se llama empuje.

• *Un objeto totalmente sumergido desplaza siempre un volumen de líquido igual a su propio volumen.*

La relación entre la flotabilidad y el desplazamiento del líquido se conoce como principio de Arquímedes y es válida tanto para líquidos como para gases.

Con el término inmerso se hace referencia al hecho de que el cuerpo puede estar completamente sumergido o parcialmente sumergido.

Si llamamos:

E = empuje del líquido

$$E = P_{\text{aire}} - P_{\text{líquido}}$$

P_{aire} = peso del cuerpo en el aire

$P_{\text{líquido}}$ = peso del cuerpo en el líquido

γ = Peso específico del líquido

Sabiendo que $\gamma = \frac{P}{V}$ de donde $P = \gamma \cdot V$ con lo que resulta que $E = \gamma \cdot V$

V es el volumen del líquido desalojado es igual al volumen V_c del cuerpo igual al volumen inmerso V_s :

$$E = \gamma \cdot V_c = \gamma \cdot V_s$$

Por lo que podemos decir que el empuje que recibe un cuerpo sumergido depende solamente del peso específico del líquido y del volumen sumergido del cuerpo.

La expresión del empuje también la podemos expresar en función de la densidad:

$$E = \rho \cdot g \cdot V_s$$

Se puede utilizar el principio de Arquímedes para averiguar el diferente estado de frescura de los huevos, puesto que a medida que pasan los días, los huevos pierden agua a través de la cáscara, razón por la cual su peso es cada día menor. Sin embargo el volumen de agua que desalojan continúa siendo el mismo, por lo tanto, el empuje al que están sometidos no varía. Es por ello que un huevo recién puesto permanece en el fondo del recipiente, si tiene una semana permanece flotando entre dos aguas (en la parte media) y, si flota emergiendo, es mejor no comerlo.

Condición de flotabilidad de los cuerpos

Cuando un cuerpo se introduce en una masa líquida, sobre ese cuerpo actúan dos fuerzas:

a) en dirección vertical y sentido hacia abajo: el peso del cuerpo en el aire P_{aire}

b) en dirección vertical y sentido hacia arriba: el empuje del líquido E

(Figura 1, 2 y 3)

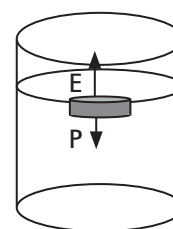


Figura 1

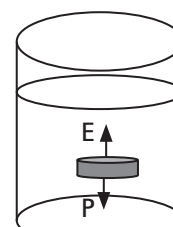


Figura 2

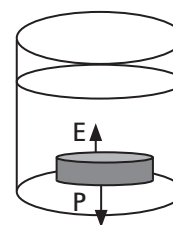


Figura 3

Para que un cuerpo flote en un líquido en reposo se debe cumplir que su peso en el aire debe ser igual al empuje que recibe.

Analizando las siguientes expresiones

$$E = \rho_1 \cdot g \cdot V_c$$

$$P_{\text{aire}} = \rho_c \cdot g \cdot V_c$$

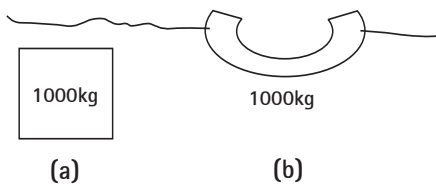
La diferencia en las mismas está dada por la densidad ρ , siendo ρ_c la densidad cuerpo y ρ_1 la densidad del líquido

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores se pueden presentar los casos:

Condición	Características de la situación	Símbolo
Flota en la superficie (parcialmente sumergido)	$\rho_c < \rho_1$ el cuerpo flota en el líquido, esta es la causa por la cual el corcho cuyo $\rho = 2,2 \text{ N/dm}^3$ flota en el agua de $\rho = 9,8 \text{ N/dm}^3$ o que el hierro $\rho = 77 \text{ N/dm}^3$ puede flotar en el mercurio $\rho = 133 \text{ N/dm}^3$	$P_{\text{aire}} < E$ Existe una resultante que hace que el cuerpo se desplace hacia la superficie, emerja disminuyendo el volumen sumergido hasta lograr la condición de equilibrio. Flota con una porción de su volumen fuera del agua. (Figura 1)
Flota en el interior del líquido	$\rho_c = \rho_1$	$P_{\text{aire}} = E$ Si el peso en el aire es igual al empuje, el cuerpo flota totalmente sumergido. (Figura 2)
Se hunde	$\rho_c > \rho_1$ el cuerpo se hunde. Por ejemplo el hierro de $\rho = 77 \text{ N/dm}^3$ se hunde en el agua de $\rho = 9,8 \text{ N/dm}^3$	$P_{\text{aire}} > E$ Si P es mayor que el empuje, existe una resultante hacia abajo, en sentido del peso que lleva el cuerpo hacia el fondo, se hunde. (Figura 3)

En la antigüedad los barcos se construían con materiales que flotaban como la madera. En la actualidad la mayoría de los barcos se construyen con hierro.

El hierro es un material ocho veces más denso que el agua, de modo que cuando lo sumergimos desplaza una cantidad de agua equivalente a 1/8 de su masa. Piensa en un bloque sólido de hierro de una tonelada. Si lo sumergimos en agua se hunde; ahora bien, si le damos ha dicho bloque una forma de tazón como el de la figura (b) cuando se sumerja en agua desplazará una cantidad de agua mayor que antes. Cuanto mayor cantidad de agua desplace, mayor será el empuje que se ejerza sobre él.



Este es un ejemplo del Principio de flotación: *un objeto que flota desaloja un peso de fluido que es igual a su propio peso.*

Piensa en un submarino que navega en las profundidades del mar. Si el peso del agua que desaloja es mayor que su propio peso, se eleva. Si el peso del agua desalojada es igual a su peso no varía la profundidad de su desplazamiento. En cambio si el peso del agua desalojada es menor a su peso se hunde.

Este principio general se aplica no sólo a los líquidos sino también a los gases.

• Dados los siguientes enunciados completa los espacios vacíos para que las afirmaciones sean correctas:

1. El volumen de un objeto sumergido es igual al _____ del líquido desalojado.

2. El peso de un objeto que flota es igual al _____ del líquido desalojado..

- Un cuerpo pesa en el aire 100 gr, y sumergido en agua destilada 95,82 gr ¿cuál será el peso específico de la sustancia que lo constituye? Expresar el resultado en unidades de los sistemas MKS y Técnico.

LA ATMÓSFERA

Recordando las particularidades de los gases, estos se parecen a los líquidos por el hecho de que fluyen; por eso a ambos se los llama fluidos. La diferencia principal entre un líquido y un gas es la distancia que hay entre sus moléculas. En un líquido la distancia que separa a las moléculas es menor que la que separa las moléculas en los gases. En los líquidos las fuerzas intermoleculares se hacen sentir en las moléculas cercanas, esto afecta a su movilidad. En el caso de los gases las moléculas se hallan muy separadas unas de otras y por ello no son afectadas por las fuerzas intermoleculares, eso se traduce en una mayor movilidad. Las moléculas en los gases se mueven con mayor libertad.

Los choques que se producen entre las moléculas de un gas o bien con las paredes del recipiente que las contiene, son sin pérdida de energía cinética. Los gases se expanden ocupando todo el espacio disponible y adquiriendo la forma del recipiente que los contiene. La gravitación afecta la forma de un gas sólo si su cantidad es considerable, como sucede con la atmósfera terrestre.

Nuestra vida se desarrolla gracias al océano de gases que es la atmósfera, que se extiende a muchos kilómetros sobre la superficie terrestre. Las radiaciones solares proveen de energía a las moléculas lo cual hace posible que estén en continuo movimiento.

En comparación con el océano, la atmósfera no posee superficies bien definidas, en comparación con los líquidos que poseen una densidad uniforme a cualquier profundidad, la densidad en la atmósfera varía con la altitud, como así también su composición.

En la zona próxima a la superficie terrestre, la composición media del aire, en volúmenes, es:

Nitrógeno	78%
Oxígeno	21%
CO ₂ , vapor de H ₂ O, gases nobles	1%

La composición del aire varía en pequeñas proporciones según el lugar. Hay diferencias entre el aire de los grandes centros urbanos y las zonas rurales. A medida que aumenta la altura sobre el nivel del mar la concentración de oxígeno disminuye y también la de dióxido de carbono, aumentando la concentración de hidrógeno. Es como consecuencia de ello que a la atmósfera la consideramos un sistema inhomogéneo porque su composición varía gradualmente con la altitud.

El 50% de la atmósfera se encuentra a una altitud inferior a 5,6 km, el

75 % a una altitud menor a los 11 km , el 90% a una altitud menor que los 17,7 km y el 99% de la atmósfera a una altitud inferior a unos 30 km. Con lo cual se puede inferir que es finita; siendo esa la principal razón para preservarla y cuidarla. La capa de aire que rodea al planeta y cuyo espesor es de 500 km es lo que denominamos atmósfera.

Las zonas de la atmósfera se denominan:

a)*Troposfera*: se extiende desde la superficie terrestre hasta 12 km aproximadamente. A medida que se asciende la temperatura va disminuyendo hasta tomar el valor aproximado de $-56\text{ }^{\circ}\text{C}$

b)*Estratosfera*: ocupa alrededor de una extensión de 80 km a partir de la troposfera. Es aquí donde se produce el fenómeno de inversión térmica, pues la temperatura aumenta gradualmente hasta alcanzar valores cercanos al 0°C . Es en esta zona donde se encuentra la denominada capa de ozono, entre los 30 y 50 km de altura, cumpliendo una función primordial para el desarrollo de la vida pues hace las veces de filtro para las radiaciones ultravioletas nocivas para el hombre.

Es en esta zona donde se realizan los vuelos de los aviones, dadas las condiciones meteorológicas que posee y que no se dan en la zona anterior

c)*Ionosfera*: llega aproximadamente a 500 km desde la capa anterior, se caracteriza esta zona por la presencia de gases ionizados, que proporcionan las condiciones adecuadas para las transmisiones radiales a largas distancias.

d)*Exosfera*: es la zona de transición con el exterior del planeta.

La presión atmosférica

La atmósfera ejerce una presión sobre todo aquello que se encuentra sobre la superficie de la Tierra. Esa presión, que surge como consecuencia del peso de las sustancias que componen el aire, se denomina presión atmosférica.

A continuación se detallan experiencias sencillas que comprueban la existencia de la presión atmosférica:

1. Llenar un vaso con agua hasta el borde. Colocar una hoja de cartulina en el borde, de tal manera que no quede aire entre ésta y el agua. Voltar el vaso. La presión atmosférica es lo que impide que caiga el agua y hace que el papel quede en su lugar.

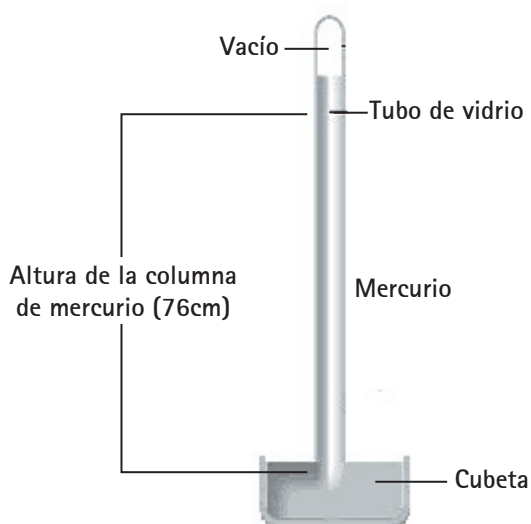
2. Cuando se toma una gaseosa o mate, la operación que se efectúa es la de absorber un líquido con un tubo, el cual sube hasta la boca. Esto sucede porque se va extrayendo el aire del interior del tubo, por lo cual la presión disminuye progresivamente. Lo cual hace que la presión atmosférica que actúa sobre la superficie libre del líquido, por fuera del tubo, condicione el ascenso del líquido para equilibrar el descenso de la presión. Al reducirse la presión en el interior del tubo el líquido debe subir para recuperar el equilibrio.

Medida de la Presión atmosférica normal

Al físico italiano, discípulo de Galileo, Evangelista Torricelli (1608-1647) se le debe el descubrimiento de los efectos de la presión atmosférica y la invención del barómetro.

Los barómetros son los dispositivos que sirven para medir la presión atmosférica.

En el siguiente esquema vemos el dispositivo que utilizó Torricelli para medir la presión atmosférica.



$$P_A = h \cdot \rho \cdot g \quad \text{donde } \rho = 13,6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 \text{ en el caso del mercurio}$$

$$P_A = (13,6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3) (9,80 \text{ m/s}^2) (0,760 \text{ m})$$

$$P_A = 1,01 \text{ N/m}^2 = 1,01 \times 10^5 \text{ Pa} = 1,01 \text{ Bar} = 1,033 \text{ kgf/cm}^2$$

Está es la que denominamos *presión normal*

ACTIVIDADES SUPLEMENTARIAS

1) Un buzo se sumerge en el mar hasta una profundidad de 15 m. Considerando que el peso específico del agua salada es $1,03 \text{ gr/cm}^3$, ¿qué presión soporta?

2) Una pileta de natación tiene fondo inclinado. En un extremo hay 1,25 m de profundidad y, en el otro, 3m. Calcula la diferencia de presión entre ambos extremos de la pileta.

3) La presión en una dependencia ha sido medida con un manómetro de mercurio; se realizó con dicho instrumento una determinación que arrojó que la presión manométrica es de 500 N/m^2 . ¿Cuál es la diferencia de altura del mercurio?

4) Un bloque de metal es pesado en:

a) Aire

- b) La mitad sumergido en agua
- c) Totalmente sumergido en agua
- d) Totalmente sumergido en una solución concentrada de sal y agua

Se obtuvo, *no en este orden*, 5 N, 8N, 10N y 6N. ¿Cuál es el peso que le corresponde a cada caso? (TRICÁRICO H., BAZO R., *Física 4*, Buenos Aires AZ editora S.A.,1993 ,64)



CAPÍTULO 5.

MOVIMIENTO ONDULATORIO



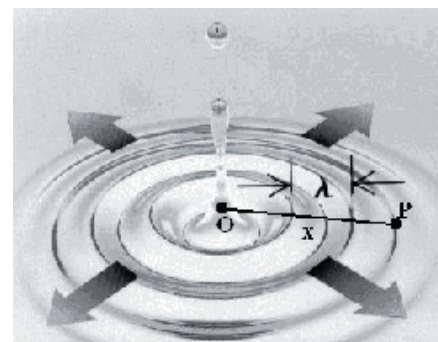
En este capítulo se trabajan las generalidades de las ondas. Abarca el concepto de onda, la clasificación, los parámetros característicos de las ondas y algunos de los fenómenos ondulatorios. Los temas son presentados desde el punto de vista conceptual, con esquemas y dibujos aclaratorios y, en algunos casos, se dan ecuaciones matemáticas, sin presentar las deducciones de las mismas.

Autor
Irma Irene Lucero

ONDAS - MOVIMIENTO ONDULATORIO

IDEA DE ONDA

La música de una gran orquesta que llega a nuestros oídos, los círculos concéntricos que se forman en la superficie del agua al arrojar una piedra, la energía que llega a la Tierra desde el Sol, las ondas sísmicas de un terremoto, todos estos fenómenos son situaciones que tienen un rasgo común: representan movimientos ondulatorios.



Fuente: SEARS, F.- ZEMANSKY, M.- YOUNG, H.- FREEDMAN, R. *Física Universitaria. Vol.1-* México, Pearson Educación, 2004, p 551

Cuando se arroja una piedra en el agua de un charco o un estanque se observa que en el lugar donde cayó la piedra se origina una deformación que se propaga en la superficie. La deformación tiene forma circular con centro en el punto de impacto de la piedra y su radio aumenta a medida que transcurre el tiempo. Si un corcho se encuentra en la superficie del agua, al ser alcanzado por la perturbación, el corcho oscilará verticalmente, describiendo un movimiento periódico. Lo que ocurre es que la piedra transfirió cierta cantidad de energía al agua, esa energía se propagó y el corcho oscila alcanzado por esa "señal". Se dice entonces que en el agua se ha propagado una onda. Es importante notar que no hay desplazamiento de las partículas de agua desde donde golpeó la piedra hasta donde estaba el corcho; se ha propagado energía y no ha habido desplazamiento de materia.

En general, si en un punto de un medio material se provoca una perturbación, esa perturbación se propaga en el medio llegando a los demás puntos con un retraso tanto mayor, si el medio es homogéneo, cuanto más alejado se encuentra el foco o centro donde se produjo la perturbación. A este fenómeno de propagación de una perturbación en un medio se denomina movimiento ondulatorio.

Así entonces, cuando se provoca una perturbación en cierto medio y ésta se propaga a través del espacio circundante, se dice que se ha generado una onda.

Podemos sintetizar diciendo:

Onda: es toda perturbación que se propaga o avanza a través del espacio. Ese espacio puede ser un medio material o incluso el vacío.

Movimiento ondulatorio: es aquel por el que se propaga energía de un lugar a otro sin transferencia de materia, mediante ondas mecánicas o electromagnéticas.

En cualquier punto de la trayectoria de propagación se produce un desplazamiento periódico, u oscilación, alrededor de una posición de equilibrio. Cuando las vibraciones son armónicas, la onda generada es una onda armónica. Aparece entonces la idea de onda armónica como la

propagación, a través del espacio, de un movimiento vibratorio armónico. El movimiento vibratorio puede ser caracterizado por los valores que toma la magnitud considerada para describirlo.

La perturbación puede ser de naturaleza muy diversa y su propagación se realiza por diversas causas, dependiendo de la naturaleza física de la perturbación a propagar y las características del medio propagador. El denominador común de todos los movimientos ondulatorios es que *no se propaga materia sino que se propaga energía*.

Veamos algunos ejemplos:

a) Al tirar la piedra en el agua se observan círculos concéntricos en la superficie; ellos se deben a la vibración armónica, alrededor de su posición de equilibrio, de las partículas de la superficie líquida. La magnitud cuyo valor es oscilante es el desplazamiento de la partícula.

b) En una onda sonora que se propaga en el aire, las moléculas de aire al vibrar provocan compresiones y descompresiones que se traducen en pequeñas variaciones de presión, con respecto a la presión atmosférica, que es la presión de equilibrio. La magnitud cuyo valor es oscilante es la presión.

c) En una onda electromagnética las magnitudes de valores oscilantes son las intensidades de campos eléctricos y magnéticos variables en el tiempo, que viajan acoplados a través del medio considerado.

- Explica la diferencia entre vibración y onda.
- Busca distintos ejemplos de ondas y trata de identificar cuál es la magnitud con que se describe a la perturbación y cuyo valor es oscilante.

TIPOS DE ONDAS

Las ondas pueden clasificarse según distintos criterios:

Según el tipo de energía que se propaga:

- *Ondas mecánicas o materiales*: transportan energía mecánica. Necesitan de un medio material elástico para propagarse.
- *Ondas electromagnéticas*: Transportan energía electromagnética producida por oscilaciones de campos eléctricos y magnéticos. No necesitan medio material de propagación; pueden propagarse en los medios y en el vacío.

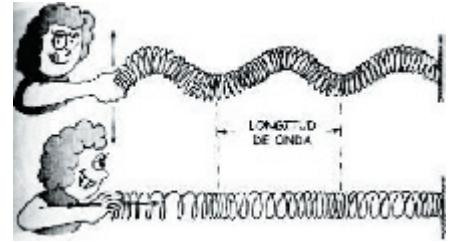
Según sea la relación entre las direcciones de vibración y la dirección de propagación:

- *Ondas longitudinales*: la dirección de vibración de la perturbación coincide con la dirección de propagación de la onda.

- **Ondas transversales:** la dirección de vibración de la perturbación es perpendicular a la dirección de propagación de la onda. Las ondas electromagnéticas son siempre transversales.

Para entender mejor esto, analicemos las ondas que se pueden formar usando un slinky, que es un resorte largo y flexible, tal como se ve en la figura:

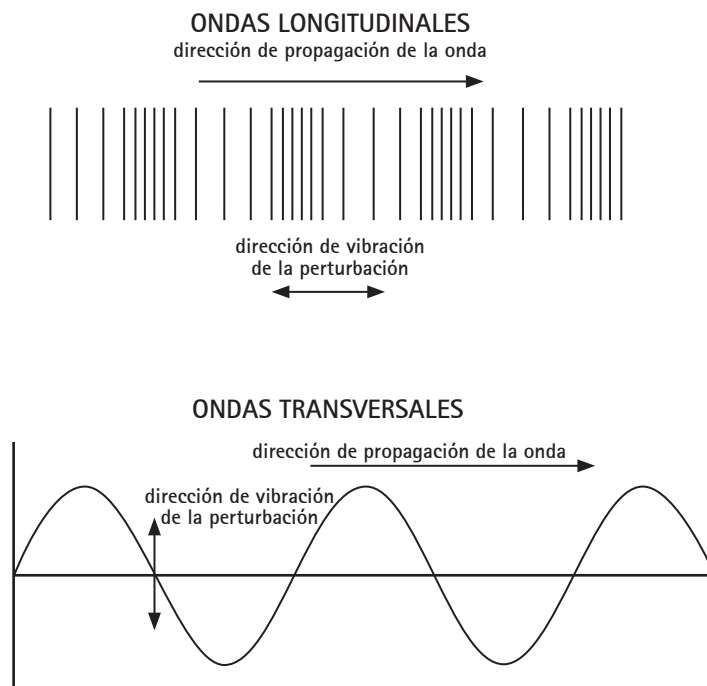
La señora de arriba agita el extremo del resorte hacia arriba y hacia abajo, generando entonces una onda transversal que se propaga en dirección horizontal. El desplazamiento de las espiras del resorte es en una dirección perpendicular a la dirección en que se propaga la perturbación.



Fuente: HEWITT, P. G. Física Conceptual. México, Pearson Educación, Addison Wesley Longman, 1999, p 381.

La señora de abajo estira el slinky y luego lo comprime, agitándolo hacia fuera y hacia adentro; las espiras del resorte se comprimen y se estiran cambiando de posición respecto de la posición de equilibrio (cuando el resorte está en estado natural, sin estiramientos ni compresiones). La onda generada es una onda longitudinal, pues el desplazamiento de las espiras es en la misma dirección en la que se propaga la perturbación.

Los siguientes esquemas también son para ilustrar las ondas longitudinales y transversales.



Según el espacio considerado para la propagación:

- **Ondas viajeras:** son las que se propagan en todo el espacio. Transportan energía en todo el espacio
- **Ondas estacionarias:** están confinadas mediante fronteras a una región específica del espacio. La energía asociada a una onda estacionaria permanece acotada en la región limitada por las fronteras.

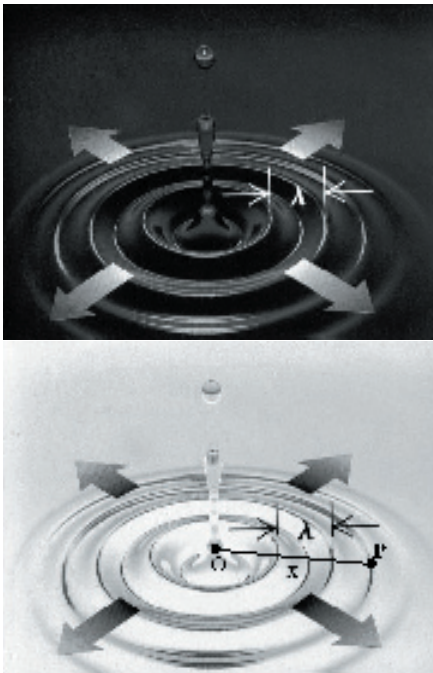
- Las siguientes son situaciones que corresponden a distintos tipos de ondas; clasifícalas, de acuerdo a los criterios dados:

- Ondas producidas en un resorte o muelle por compresión de un segmento dado del mismo.
- Ondas de radio
- La luz
- La música de una gran orquesta
- Las circunferencias concéntricas que se producen en la superficie del estanque al arrojar una piedra.
- Las oscilaciones de una cuerda de violín.
- La nota musical emitida por una cuerda de violín.

- Clasifica a las ondas que has dado como ejemplos en las consignas de páginas anteriores.

PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DEL MOVIMIENTO ONDULATORIO

Las figuras siguientes tratan de esquemmatizar lo dicho:

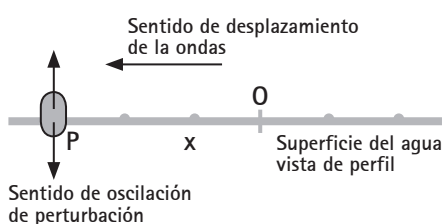


Fuente: SEARS, F.- ZEMANSKY, M.- YOUNG, H.- FREEDMAN, R. *Física Universitaria. Vol. 1*- México, Pearson Educación, 2004, p 551

Para que se propague una onda, en algún punto del medio debe producirse una perturbación que se repita a intervalos regulares de tiempo. Esa perturbación en el punto de origen de la onda se puede expresar como una función del tiempo en ese lugar. La función que describe a la perturbación es una función de la coordenada y el tiempo, $Y = f(x, t)$, dado que la perturbación se propaga en el espacio circundante; “Y” representa a la magnitud con la que se describe a la perturbación.

Para entender mejor esto, consideremos a las partículas que oscilan en la superficie del estanque luego de arrojar la piedra, considerando la propagación de la perturbación en dirección radial, (propagación unidireccional). La perturbación, que en este caso hace oscilar a las partículas verticalmente, por debajo y encima de la superficie del líquido, se desplaza en una dimensión con velocidad constante v .

El punto en el que cae la piedra es el punto origen O. Al cabo de cierto tiempo t , dicha perturbación habrá recorrido una cierta distancia $x = v \cdot t$, y el estado de perturbación (apartamiento respecto de su posición de equilibrio, en la superficie) de un punto P en el instante t , será distinto al del punto origen O, dado que en P, las partículas comienzan a oscilar a un tiempo diferente de las del punto origen, porque la perturbación debió recorrer la distancia x , hasta llegar a P.

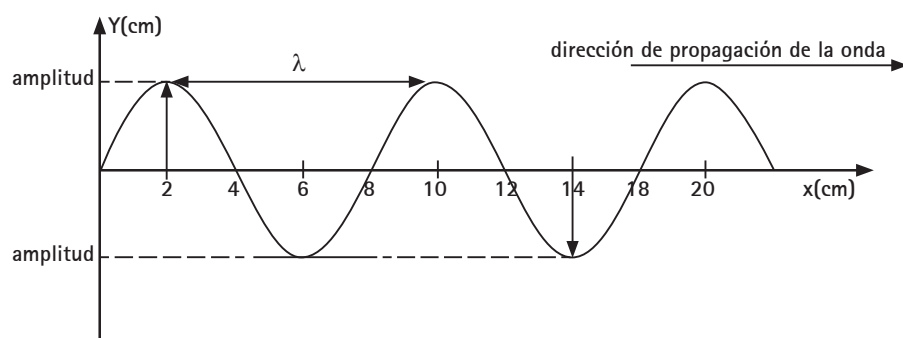


Las partículas situadas a distintas distancias del punto origen describen, cada una, un movimiento oscilatorio alrededor de su posición de equilibrio, a medida que son alcanzadas por la perturbación. Si las oscilaciones son del tipo de un movimiento armónico simple, la onda producida recibe el nombre de onda armónica.

Se puede entonces describir a este movimiento ondulatorio, en función de la coordenada o del tiempo, teniéndose entonces la visión instantánea o fotográfica y la visión temporal de la onda, respectivamente.

Visión fotográfica, significaría, para un instante dado de tiempo (tiempo fijo o constante), tener el estado de perturbación (apartamiento de la posición de equilibrio) de cada una de las partículas ubicadas a distintas distancias del origen, en dirección radial. Sería como “sacarle una foto a la onda”. La figura siguiente representa la posición de todos los puntos del medio elástico en función de la distancia de separación al origen, en un dado instante de tiempo.

En general, la función describe el valor que toma la magnitud (de valor oscilante) para cada uno de los puntos cuyas distancias al origen de la perturbación es x , para el mismo instante de tiempo



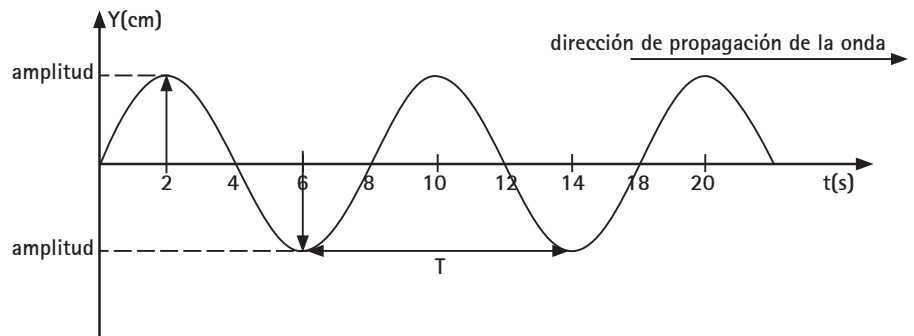
En cada instante no todos los puntos están en la misma posición, pero hay dos casos especiales.

- a) Cuando oscilan en la misma dirección y sentido y con el mismo apartamiento en todo instante (la misma elongación), se dice que oscilan en fase.
- b) Cuando, para todo instante, oscilan en sentidos contrarios y con el mismo apartamiento de la posición de equilibrio (elongaciones opuestas), se dice que están en oposición de fase.

- Marca sobre la gráfica, dos pares de puntos que estén en fase y dos pares de puntos que estén en oposición de fase.

Si ahora consideramos un determinado punto del medio, que significa fijar la coordenada, y se representa la posición que ocupa ese punto en su movimiento oscilatorio, para distintos tiempos, se tiene lo que denominamos visión temporal de la onda. La figura siguiente es la representación de los apartamientos de la partícula oscilante, en función del tiempo. Como las oscilaciones son armónicas, la representación corresponde a una senoide.

En general, la función describe el movimiento oscilatorio a través del tiempo, del punto situado a una distancia x del origen.



Definiciones de los parámetros característicos de las ondas

Para poder describir al movimiento ondulatorio es necesario tener en claro el concepto de ciertos parámetros, que permiten caracterizar a la onda:

- *Elongación* es cualquiera de los valores que toma la magnitud que describe a la perturbación, diferente del valor de equilibrio, considerado como cero. Esa magnitud es distinta según el tipo de onda de que se trate y se la simboliza, en cada caso, de manera diferente.

Onda	Magnitud relevante	Símbolo
Onda transversal que se propaga en la superficie del agua	Desplazamiento o posición de las partículas que oscilan	Y
Onda electromagnética	Intensidad de campo eléctrico y del campo magnético	E, B
Onda sonora	Presión de cada punto del medio en que se propaga	P

- *Amplitud (A)*: Es el máximo valor que toma la magnitud considerada, a ambos lados del valor de equilibrio. En el caso de una onda mecánica es el máximo desplazamiento de las partículas que vibran. En una onda electromagnética, es la intensidad máxima del campo eléctrico o del campo magnético.
- *Longitud de onda (λ)*: es la distancia medida según la dirección de propagación, entre dos máximos sucesivos o entre dos puntos sucesivos que estén en fase.
- *Frecuencia (f)*: es el número de pulsos que se producen en la unidad de tiempo.
- *Período (T)*: es el tiempo que tarda la onda en recorrer una longitud de onda.
- *Velocidad de propagación*: es la velocidad con que la onda se propaga; su módulo es la rapidez. En los medios homogéneos e isótropos, la velocidad es la misma en todas direcciones. La velocidad de propagación de una onda es constante, mientras la onda no cambie de medio. Para cualquier onda el módulo de la velocidad de propagación puede obtenerse con la siguiente expresión matemática:

$$v = \lambda \cdot f$$

donde λ es la longitud de onda, f frecuencia de la onda, y v es la ra-

pidez.

- Confecciona una tabla con las unidades en las que se pueden medir cada una de las magnitudes que conforman los parámetros característicos de la onda.
- Habrás escuchado como unidades de frecuencia, kilohertz (kHz) y megahertz (MHz) ¿cuántos hertz son 1 kHz, y 1Mhz?
- Usando el concepto general de velocidad y las definiciones dadas de longitud de onda, período y frecuencia, demuestra que la expresión matemática dada para la velocidad de propagación de la onda es válida.
- ¿Cuál es la frecuencia de tu emisora de FM favorita? Calcula la longitud de onda de la onda de radio que corresponde a esta emisora.

La rapidez de una onda en la materia depende de la elasticidad y densidad del medio. En una onda transversal a lo largo de una cuerda tensa, por ejemplo, la rapidez depende de la tensión de la cuerda (T) y de su densidad lineal o masa por unidad de longitud (μ), estando relacionadas de la siguiente manera:

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

La rapidez de las ondas sonoras depende de la densidad y la temperatura del medio. Por ejemplo, para el caso de la propagación del sonido en el aire, la ecuación que permite obtener el módulo de la velocidad, para una dada temperatura es:

$$v = (331 + 0,54 \cdot T) \text{ m/s}$$

donde 331 m/s es el módulo de la velocidad del sonido para 0°C, 0,54 es un factor de corrección y T es la temperatura expresada en °C.

La rapidez de las ondas electromagnéticas en el vacío (entre ellas la luz) es constante y su valor es de aproximadamente 300.000 km/s. Al atravesar un medio material este valor varía sin superar su valor en el vacío.

- Construye una tabla con las velocidades de propagación del sonido en diferentes medios, sólidos, líquidos y gaseosos. (Busca la información en tu libro de texto, enciclopedias o páginas web) ¿En qué medio se propaga más rápido? ¿Puede propagarse en el vacío? ¿Por qué?
- El valor estándar para la velocidad del sonido en el aire es 340 m/s, ¿a qué temperatura corresponde este valor?
- El decir popular afirma: "no hay que temer al rayo, después de haber tronado". ¿Esta afirmación es válida científicamente? Explica y justifica.

TRANSMISIÓN DE LA ENERGÍA- INTENSIDAD

La propagación de una onda lleva consigo una transferencia permanente de energía del foco emisor al medio, en la dirección de avance de la onda.

Para poder caracterizar la magnitud específica de ese transporte de

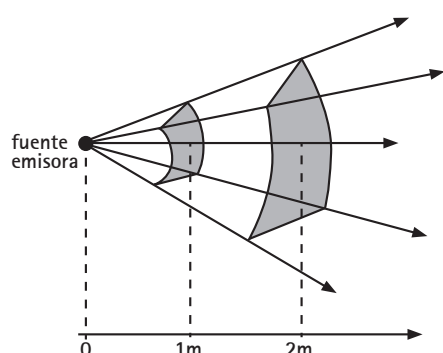
energía asociado a la onda, se define el concepto de intensidad.

La intensidad I de una onda indica la cantidad de energía que fluye por el medio a través de la unidad de superficie normal a la dirección de propagación, en la unidad de tiempo.

La intensidad equivale a una potencia por unidad de superficie y se la expresa en $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ o vatios m^{-2} . Su expresión matemática es:

$$I = \frac{E}{S \cdot t} = \frac{P}{S}$$

La relación de proporcionalidad directa existente entre potencia e intensidad requiere de una precisión. La intensidad es un atributo de la onda, puede variar de punto a punto, mientras que la potencia es una característica del foco emisor y puede considerarse constante.



La figura siguiente representa una fuente puntual emisora de ondas; estas ondas se propagan en un medio que consideramos homogéneo e isótropo y la fuente emite uniformemente, lo que hace que su potencia sea constante. Como la propagación es uniforme en todas direcciones y suponemos que el medio no atenúa las ondas (no hay absorción), el frente de onda forma una superficie esférica, en cuyo centro se encuentra la fuente; las porciones grisadas son partes del frente de onda esférico, correspondiente a las distancias 1 m y 2 m, de la fuente.

Se considera como *frente de onda* a la figura geométrica que queda determinada por los puntos que tienen en todo instante el mismo estado de la perturbación

La líneas mostradas en la figura, que se dirigen radialmente hacia el exterior de la fuente, se denominan *rayos*, y son siempre perpendiculares al frente de onda e indican el sentido de propagación de la onda.

Dado que la intensidad de la onda es la potencia por unidad de superficie, puede decirse que la rapidez con que la energía atraviesa la superficie es el producto de la intensidad por la superficie considerada. En las condiciones que estamos planteando la energía se propaga uniformemente en el espacio, sin considerar efectos de absorción, entonces, por conservación de la energía, la potencia de salida de la fuente emisora es igual a la rapidez con que la energía atraviesa la superficie esférica. Esto sería matemáticamente:

$$P = I \cdot 4\pi r^2 \quad \text{o bien} \quad I = \frac{P}{4\pi r^2}$$

Puede verse que la intensidad disminuye en razón inversa al cuadrado de la distancia. Así entonces, la intensidad de la onda a los 2 m de la fuente será $\frac{1}{4}$ de la intensidad de la onda a 1 m de la fuente.

- Partiendo de la definición de intensidad de la onda, encuentra cuáles serán las unidades de intensidad en cada uno de los sistemas de unidades presentados en

el capítulo 1.

- Trabajando con las equivalencias entre unidades de energía y unidades de área, encuentra las equivalencias entre las unidades de intensidad.
- Se tiene una bombilla eléctrica de 100 vatios; el 5% de su potencia se emite en forma de luz visible. Considerando a la bombilla como una fuente puntual que emite uniformemente en todas direcciones a través de un medio homogéneo e isótropo, ¿cuánto vale la intensidad de las ondas de luz visible a 2 m de la fuente? Expresa el resultado en los tres sistemas de unidades.

Intensidad de la onda sonora

El sonido es una onda mecánica longitudinal. A medida que la energía del movimiento ondulatorio se propaga alejándose del centro de la perturbación, las moléculas de aire individuales que transmiten el sonido, se mueven hacia delante y hacia atrás, de forma paralela a la dirección del movimiento ondulatorio. Por tanto, una onda sonora es una serie de compresiones y enrarecimientos sucesivos del aire. Cada molécula individual transmite la energía a las moléculas vecinas, pero una vez que pasa la onda sonora, las moléculas permanecen más o menos en la misma posición.

Puede definirse también al sonido como un fenómeno físico que estimula el sentido del oído. En los seres humanos, esto ocurre siempre que una vibración con frecuencia comprendida entre 16 y 20.000 Hertz llega al oído interno. Estas vibraciones llegan al oído interno transmitidas a través del aire, y a veces se restringe, en la vida cotidiana, el término 'sonido' a la transmisión en este medio. Sin embargo, en la física se suele extender el término a vibraciones similares en medios líquidos o sólidos. Los sonidos con frecuencias superiores a 20.000 Hz se denominan ultrasonidos.

Entonces, desde el punto de vista físico el sonido es un movimiento vibratorio que se propaga en un medio y desde el punto de vista fisiológico, es la sensación producida por las ondas que llegan al oído.

Para la onda sonora se habla de intensidad fisiológica (sonoridad) como la sensación que nos permite decir si un sonido es más o menos fuerte que otro, es decir, si un sonido es fuerte o débil. Está ligada a la intensidad física del sonido pero también depende de la frecuencia del mismo. Para una misma intensidad física, dos sonidos de frecuencias distintas dan, en general, sonoridades distintas.

El oído humano es capaz de percibir sonidos en un amplísimo rango de intensidades que van desde 10^{-12} vatios /m² para el sonido más débil perceptible (*umbral de audición*) hasta 1 vatios /m² para el sonido más fuerte que se puede tolerar (*umbral de la sensación dolorosa*). Debido a la gran amplitud de rango audible, se ha adoptado una escala logarítmica para

la medida de las intensidades; esta escala logarítmica es conocida como escala de los decibeles, que es una escala de comparación de sonidos, que permite obtener el nivel de intensidad de un sonido dado, por comparación con el valor de referencia dado por el umbral de audición.

La expresión matemática para obtener el nivel de intensidad (dB) es:

$$dB = 10 \log (I / I_0)$$

donde I_0 constituye un nivel de referencia igual a 10^{-12} W/m^2 que corresponde a la intensidad del sonido más débil que puede ser percibido por el oído humano. El nivel de intensidad queda expresado entonces en decibeles

- Considera el rango de intensidades audibles por el ser humano (10^{-12} vatios/ m^2 - 1 vatio/ m^2) y obtén el intervalo audible, para el nivel de intensidad, aplicando la escala de los decibeles.
- ¿Qué nivel de intensidad le corresponde a un ultrasonido de intensidad $25 \cdot 10^4$ vatios/ m^2 ?

La sensación producida según la intensidad del sonido puede clasificarse de la siguiente manera:

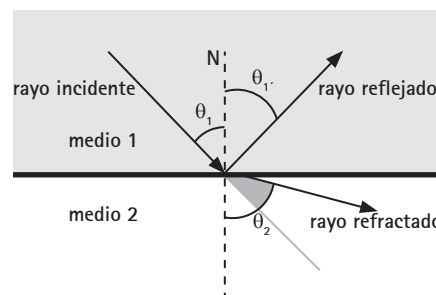
<i>Intervalo de intensidad</i>	<i>Sensación producida</i>	<i>Actividad</i>	<i>Efecto</i>
0 a 20 dB	Apenas audible	Murmullo a 5 m	
20 a 40 dB	Silencioso	Casa de campo-biblioteca	Límite para sueño tranquilo
40 a 60 dB	Moderado	Tráfico suave a 20 m - Aire acondicionado	Alguna molestia
60 a 80 dB	Ruidoso	Calle animada- despertador	Soportable algún tiempo - molesto
80 a 100 dB	Muy ruidoso	Tráfico intenso - moto con silenciador - motosierra	perjudicial
100 a 120 dB	Intolerable	Aeropuerto a 300 m - recital de rock	Muy perjudicial - peligro de daño en el acto.
120 a 140 dB	Dolor	Moto a escape libre - despegue reactor	Umbral de dolor Tope laboral aún con cascos
140 a 160 dB		Explosión-lanzamiento cohete espacial	Daño irreversible inmediato.

FENÓMENOS ONDULATORIOS

Las ondas pueden sufrir diferentes fenómenos. Los más conocidos son: refracción, reflexión, interferencia, difracción; existen otros fenómenos, pero no serán tratados aquí.

Cuando una onda incide sobre una superficie que separa dos medios de distintas densidades, parte del tren de ondas pasa al otro medio y parte vuelve al medio del que provino. Se producen entonces dos fenómenos, refracción y reflexión, respectivamente.

En la figura están trazados los rayos incidente, refractado y reflejado. Recordar que el rayo es la recta que indica la dirección y sentido de la propagación del movimiento ondulatorio y es siempre normal al frente de onda. La línea punteada es la recta normal (N), y es la perpendicular a la superficie de separación de los medios, en el punto de incidencia del rayo.



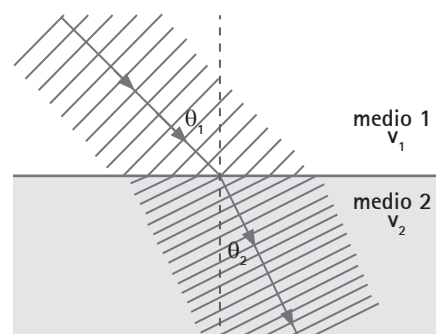
El rayo incidente y el reflejado están en el medio 1; el rayo refractado está en el medio 2. Cada rayo forma con la normal un ángulo: θ_1 es el ángulo de incidencia, está formado por el rayo incidente y la normal a la superficie; θ_2 es el ángulo de refracción, está formado por el rayo refractado y la normal a la superficie; θ_1' es el ángulo de reflexión, está formado por el rayo reflejado y la normal a la superficie.

Refracción

Cuando una onda incide sobre una superficie que separa dos medios de distintas densidades (medio 1 y medio 2), al pasar al segundo medio, cambia su dirección de propagación debido al cambio de velocidad. Se puede decir entonces que la refracción es el cambio de velocidad y de dirección de propagación de una onda, al pasar de un medio a otro de distinta densidad.

En el medio 1 la onda se propaga con velocidad v_1 y en el medio 2 con velocidad v_2 .

La figura muestra una onda cuyo frente de onda es plano. Se propaga en el medio 1 y después en el medio 2. Puede verse, en el rayo trazado que la dirección de propagación ha cambiado cuando ingresa al medio 2.



Fuente: adaptado de: [www.angelfire.com.em/pipe/seigfrid/.../images/refracción.jpg](http://www.angelfire.com/em/pipe/seigfrid/.../images/refracción.jpg)

Leyes de la refracción

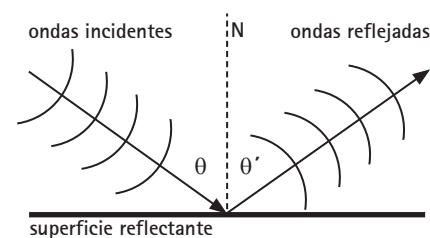
El fenómeno de la refracción cumple dos leyes importantes:

- 1- El rayo incidente, la normal y el rayo refractado son coplanares.
- 2- El cociente entre el seno del ángulo de incidencia y el seno del ángulo de refracción es constante e igual al cociente entre las velocidades de propagación de la onda en ambos medios.

$$\frac{\text{sen } \theta_1}{\text{sen } \theta_2} = \frac{v_1}{v_2} = \text{constante}$$

Reflexión

Cuando la onda incide sobre una superficie reflectante que separa dos medios, cambia su dirección de propagación volviendo al mismo medio del que provino. Como no cambia de medio de propagación, la velocidad de la onda incidente y de la reflejada es la misma. Puede decirse entonces que la reflexión es el cambio de dirección y sentido de propagación de una onda al incidir sobre una superficie reflectante.



Fuente: adaptado de: www.laeff.inta.es/.../images/reflex1.gif

Leyes de la reflexión

El fenómeno de la reflexión cumple dos leyes importantes:

1- El rayo incidente, la normal y el rayo reflejado son coplanarios.

2- El ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión, es decir que tienen la misma amplitud.

$$\theta = \theta'$$

- La frecuencia es una característica propia de la fuente emisora de ondas;
 - a) Cuando una onda se refleja: ¿cuáles de estas magnitudes cambian su valor: velocidad, frecuencia, longitud de onda?
 - b) Si la onda pasa de un medio a otro:
 - b.1 ¿qué fenómeno se produce?
 - b.2 ¿cuáles de estas magnitudes cambian: velocidad, frecuencia, longitud de onda?
 - b.3 Si la onda fuera sonora y pasara del aire al agua, ¿cómo cambiarían las magnitudes antes mencionadas?

Un caso especial de reflexión

Muchas veces al gritar frente a una pared alta o un acantilado, se escucha el sonido original y después otro similar, que es el sonido reflejado. Este sonido reflejado se denomina eco.

Puede definirse al eco como la repetición de un sonido que ha sido emitido una sola vez. Es producido por la reflexión de las ondas sonoras al incidir sobre un obstáculo suficientemente alejado de la fuente emisora y la superficie reflectante debe estar colocada de forma tal que el sonido reflejado pueda volver al punto de partida. El tiempo que transcurre entre el momento en que se percibe el sonido original y el momento en que se percibe el eco, depende de la distancia a la superficie reflectante y de la velocidad del sonido en el aire.

La cantidad de energía que porta la onda sonora reflejada será comparable a la de la onda incidente si la superficie reflectante es rígida y lisa; la onda reflejada portará mucho menos energía si la superficie reflectante es irregular y rugosa. La diferencia de energía acústica entre la onda incidente y la reflejada la tiene la onda transmitida, es decir es la energía que fue absorbida por la pared reflectante.

- Considerando que el tiempo que debe transcurrir entre un sonido y otro para que sean percibidos por el oído humano como independientes es 0,1 segundos, estima cuál debe ser la mínima distancia a la que debería estar la superficie reflectora de la fuente emisora, para que pueda haber eco. Considera el valor estándar de la velocidad del sonido en el aire.
- En el sonido la intensidad nos permite diferenciar un sonido fuerte de uno débil. ¿El eco es más fuerte o más débil que el sonido original?, ¿por qué?

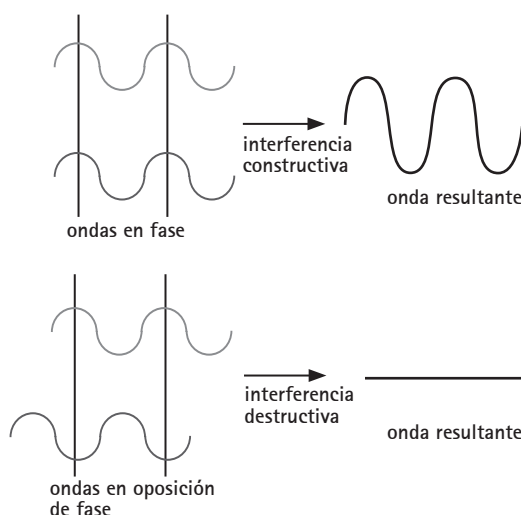
Interferencia

Las ondas se propagan en el espacio. Hasta ahora hemos hablado de una onda que se propaga, pero ¿qué pasa si se tienen dos ondas que se propagan en el mismo medio y se encuentran en algún lugar de ese espacio? Cuando dos o más ondas se entrecruzan en un punto del espacio se produce el fenómeno de interferencia, es decir que la interferencia es el fenómeno producido por la superposición de dos o más ondas en un mismo punto del espacio.

El punto de encuentro estará sometido a dos movimientos vibratorios, entonces el movimiento resultante se obtiene por el principio de superposición: cuando dos ondas concurren en un mismo punto la perturbación resultante resulta de la suma de las perturbaciones producidas por cada onda en forma independiente. Al interferir las ondas la amplitud de la onda resultante dependerá de las frecuencias, fases relativas (posiciones relativas de crestas y valles) y amplitudes de las ondas que interfieren.

Así, la *interferencia constructiva* se produce en los puntos en que dos ondas que interfieren llegan al mismo punto en fase, sus crestas y valles coinciden. La amplitud de la onda resultante es igual a la suma de las amplitudes de las dos ondas superpuestas. La *interferencia destructiva* se produce cuando las dos ondas que interfieren llegan al mismo punto en oposición de fase, la cresta de una onda coincide con el valle de la otra. En ese caso las dos ondas se cancelan mutuamente.

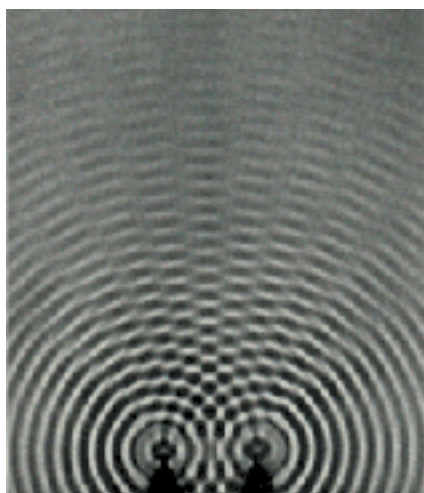
La figura siguiente esquematiza los dos tipos de interferencia:



Fuente: www.laeff.inta.es/.../br/imagenes/interferencia.gif

Todas las ondas pueden sufrir interferencia. Un caso de interferencia de ondas luminosas es el que se da al incidir la luz blanca sobre una pompa de jabón y se observa coloreada la pompa. Se da la interferencia entre las ondas reflejadas en la superficie interior de la burbuja con las ondas de la misma longitud de onda reflejadas en la superficie exterior;

Patrón de interferencia producido en una cubeta de ondas



Fuente: redescolar.ilce.edu.mx/.../images/imdual2.gif

para algunas longitudes de onda se da interferencia constructiva y para otras, destructiva.

En el caso de ondas de radio, éstas interfieren entre sí cuando se reflejan en los edificios de las ciudades, distorsionándose la señal. El sonido también sufre interferencias, al construir una sala de conciertos hay que tener en cuenta el fenómeno de interferencia, para que una interferencia destructiva no haga que en algunas zonas de la sala no pueda percibirse el sonido emitido desde el escenario.

La figura dada muestra la interferencia producida por las ondas superpuestas procedentes de dos focos emisores sincronizados. Al arrojar piedras en agua estancada, puede observarse una figura similar a la de la imagen, que se formaría en la superficie del agua.

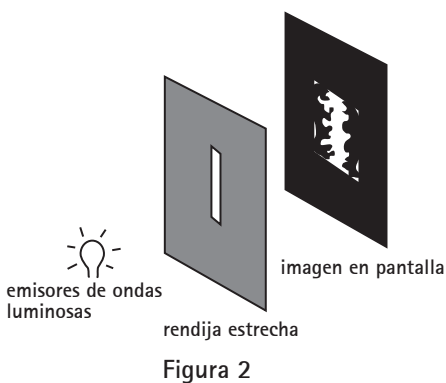
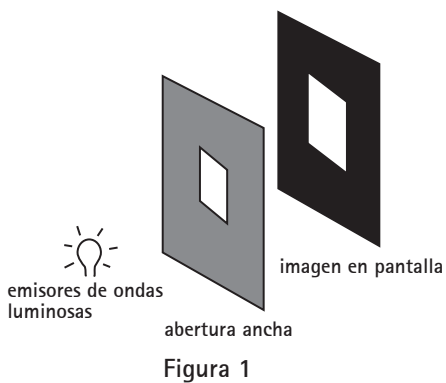
Difracción

La difracción es la deformación de una onda junto a los bordes de un obstáculo o abertura. El frente de onda se deforma al incidir sobre un obstáculo o abertura.

Los efectos de la difracción sólo son apreciables cuando los obstáculos o aberturas tienen tamaños comparables a la longitud de onda de la onda que se difracta. Todas las ondas pueden sufrir difracción, no sólo las luminosas, también las sonoras.

En nuestra vida cotidiana hay fenómenos que se explican por la difracción de la luz o del sonido, por ejemplo:

- la figura que observamos cuando miramos una fuente distante de luz (por ej. el foco de una calle) a través de un trozo de tela fina de trama estrecha, se debe a la difracción de la luz;
- que un sonido emitido en una habitación llegue a todos los rincones del mismo, aún habiendo muebles dentro de ella, se debe a la difracción. Las ondas tienen la propiedad de “bordear los obstáculos que se presentan a su paso”.



Supongamos que se tiene un dispositivo formado por una fuente de luz, una lámina de material opaco en la que se traza una abertura y una pantalla para recoger la imagen. Se los monta alineados, tal como se ve en las figuras siguientes:

En la figura 1 la luz pasa a través de una abertura ancha y se produce una zona iluminada y la zona de sombra (dada por el cuerpo opaco) bien definidas; en este caso las dimensiones de la abertura son grandes comparadas con la longitud de onda de la luz (por ej. $5 \cdot 10^{-7}$ m, para el centro del espectro de la luz visible). En la figura 2 la luz pasa por una rendija es-

Fuente: dibujo adaptado de HEWITT, P. G. *Física Conceptual*. México, Pearson Educación, Addison Wesley Longman, 1999, 485)

trecha (por ejemplo hecha con una hoja de afeitar), en la pantalla aparece un área iluminada que se extiende transversalmente al eje de la rendija, apareciendo zonas oscuras e iluminadas alternadas; no hay bordes bien definidos entre zona oscura e iluminada, como en la figura 1. En este caso el ancho de la abertura es comparable con la longitud de onda de la luz, entonces la luz se difractó y puede apreciarse en la pantalla lo que se denomina figura de difracción.

Para explicar este fenómeno se considera que cada punto de la rendija se transforma en un emisor de ondas, denominado emisor secundario de ondas, dado que el emisor primario es la fuente luminosa. Las ondas emitidas por los emisores secundarios se propagan y se solapan en algún punto del espacio (aquí interesan los puntos donde se coloca la pantalla), es decir interfieren, originando zonas claras y oscuras, que son vistas en la pantalla.

La figura de difracción que aparece en la pantalla se debe a:

- La interrupción del frente de onda por medio del obstáculo o abertura.
- La interferencia de las ondas secundarias generadas por cada punto de la abertura, que se ha convertido en emisor secundario de ondas.

En general las ondas de mayor longitud de onda se difractan más, cuanto mayor es la longitud de onda en relación con las dimensiones del obstáculo, mayor es la difracción. Las ondas de radio se difractan en los bordes de los edificios y “los rodean”, pudiendo llegar a más lugares.

- Explica por qué en ciertos lugares las emisoras de FM no se reciben tan bien como las de AM.
- En nuestra vida cotidiana es difícil evitar la difracción del sonido, pero sin embargo no es tan evidente la difracción de la luz. Trata de dar una explicación a este hecho.

ACTIVIDADES SUPLEMENTARIAS _____

Para profundizar los contenidos trabajados sugerimos que resuelvas las actividades que se dan a continuación:

- 1) Trabaja con la gráfica en la que has marcado los pares de puntos en fase y en oposición de fase;
 - a) Marca otros puntos que también estén en fase y en oposición de fase, con el primer par marcado
 - b) Compara la distancia de separación entre los pares de puntos (en fase y en oposición de fase) y tomando como unidad de medida la longitud de onda, indica cuáles de las siguientes afirmaciones son correctas:
 - b.1 los puntos que oscilan en fase están separados una distancia igual a un múltiplo entero de longitudes de onda;
 - b.2 los puntos que oscilan en fase están separados una distancia igual a un múltiplo entero de longitudes de onda;

tiempo par de medias longitudes de onda;

b.3 los puntos que oscilan en fase están separados una distancia igual a un múltiplo impar de medias longitudes de onda;

b.4 los puntos que oscilan en oposición de fase están separados una distancia igual a un múltiplo entero de longitudes de onda;

b.5 los puntos que oscilan en oposición de fase están separados una distancia igual a un múltiplo par de medias longitudes de onda;

b.6 los puntos que oscilan en oposición de fase están separados una distancia igual a un múltiplo impar de medias longitudes de onda.

2) En un cierto medio elástico un punto A entra en vibración, generando una onda de 500 Hz que se propaga con velocidad de 350 m/s

a) ¿Cuánto tiempo después la perturbación alcanzará al punto B, situado a 8,4 m de A?

b) ¿El punto B, está en fase o en oposición de fase con A? - Justifique

c) ¿A qué distancia se encuentra el punto más cercano que está:

c.1 en fase con A?

c.2 en oposición de fase con A?

c.3 ¿Cuánto tiempo después de A, empiezan a vibrar estos dos puntos?

3) ¿En qué unidades está expresada la frecuencia de una onda de FM? ¿y de una onda de radio AM? - A una de estas emisoras se la suele llamar de onda corta, ¿a cuál? Justifica por qué físicamente.

4) El rango en longitudes de onda de la radiación electromagnética correspondiente a la luz visible es de 400 nm a 700 nm (nm es la abreviatura de nanometro). ¿A cuántos nanómetros equivale un metro (recuerda los múltiplos y submúltiplos de las unidades)? ¿Cuál sería el rango de las longitudes de onda de la luz visible expresada en metros, y si se las expresa en micrometros (μm)?

5) Una cuerda tensa de acero tiene 5 m de longitud y masa de 200g; si se la somete a una tensión de 144N. ¿Cuál sería el valor de la velocidad de propagación de un pulso en esta cuerda?

6) ¿Qué pasará con la velocidad de propagación de ondas transversales en una cuerda tensa de densidad lineal μ y tensión T, si se cuadruplica el valor de la tensión? ¿y si se mantiene la tensión y se cuadruplica la densidad lineal de la misma? Justifica en ambos casos.

7) Una cuerda de piano de acero tiene 0,7 m de longitud y una masa de 5 g. Se tensa mediante una fuerza de 500 N

a) ¿Cuál es la velocidad de las ondas transversales en la cuerda?

b) Para reducir la velocidad de la onda en un factor 2, sin modificar la tensión, ¿qué masa de alambre de cobre habrá que enrollar alrededor del hilo de acero? (TIPLER, P. *Física para la Ciencia y la Tecnología*- Tomo 1, España, Reverté S.A., 1986, 470).

8) La velocidad de propagación de las ondas electromagnéticas en el aire es prácticamente la misma que en el vacío. Una radiación de frecuencia $5,6 \cdot 10^{14}$ Hz, es considerada luz de color verde. ¿Qué longitud de onda tiene esta luz verde? Expresar el resultado en micrometro y nanometro.

9) Dentro de la ciudad existe un viejo edificio que está por ser dinamitado. Si nos encontramos a 2,5 km de él, ¿cuánto tardaremos en escuchar la explosión?

10) El tic-tac de un reloj tiene aproximadamente un nivel de intensidad de 30 dB- ¿Cuánto vale la intensidad del sonido del tic-tac?

11) A un metro de una fuente emisora de sonido se tiene que la intensidad es 10^{-6} vatios/m²: Si nos ubicamos en un punto, en el que la distancia a la fuente sonora se ha triplicado respecto de la anterior, ¿cuánto valdrá la intensidad del sonido en ese punto? Considera que la onda se propaga en el aire en forma isótropa y que no hay absorción.

12) ¿El eco llegará antes o después a nuestros oídos en un día muy caluroso? Justifica.

13) En una batalla naval, un buque está situado entre el enemigo y los acantilados de la costa. A los 3 segundos de ver un fogonazo se oye el disparo del cañón y a los 11 segundos del fogonazo se percibe el eco. Calcula la distancia a la que se encuentra el enemigo del buque y de la costa. (HEINEMAN, A. *Física; mecánica, calor y fluidos*. Buenos Aires, Angel Estrada y Cía. S.A., 1985, 505)

Bibliografía:

CAPÍTULO 1. MAGNITUDES FÍSICAS. MEDICIONES. TRATAMIENTO DE DATOS

Recomendada para el alumno

- ARISTEGUI, R. y otros. *Física I. Energía. Mecánica. Termodinámica. Electricidad. Ondas. Nuclear.* Buenos Aires, Santillana Polimodal, 1999.
- CARDAMA, A., CATALANO, M., PALERMO, C. *Cuaderno de Física y Química*, Buenos Aires, Angel Estrada y Cía. S.A., 1981
- HEWITT, P. G. *Física conceptual, novena edición.* México, Pearson Educación, 2004
- http://infoleg.mecon.gov.ar/infolegInternet/verNorma.do?num=48851&INFOLEG_OLD_QUERY=true
- www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/unidades/unidadmedida.htm
- www.fisicarecreativa.com
- www.pntic.mec.es/descartes...aciones/estadistica/lanormal.htm

Consultada por los docentes

- ARISTEGUI, R. y otros. *Física I. Energía. Mecánica. Termodinámica. Electricidad. Ondas. Nuclear.* Buenos Aires, Santillana Polimodal, 1999.
- BALSEIRO, J. A.. *Mediciones Físicas. Cálculos de errores, aproximaciones, métodos gráficos.* Buenos Aires. Librería Hachette S.A., 1956
- BAIRD, D. C.- *Experimentación: Una introducción a la teoría de mediciones y al diseño de experimentos.* México, Prentice Hall Hispanoamericana S. A., 1991.
- CARDAMA, A., CATALANO, M., PALERMO, C. *Cuaderno de Física y Química*, Buenos Aires, Angel Estrada y Cía. S.A., 1981
- CERNUSCHI, F.- GRECO, F. I.- *Teoría de errores de mediciones.* Buenos Aires, EUDEBA, 1974
- HEWITT, P. G. *Física conceptual, novena edición.* México, Pearson Educación, 2004
- FERNANDEZ, J. GALLONI, E.- *Trabajos prácticos de Física.* Buenos Aires, Librería y Editorial Nigar S.R.L., 1968
- GALLONI, H. A.- *Las mediciones, sus errores y la estadística.* Buenos Aires, Editorial Troquel S. A., 1972
- MAIZTEGUI, A. y otros, *Física: Su enseñanza*, Buenos Aires, Red Federal de Formación Docente Continua, Pro Ciencia Conicet, Ministerio de Cultura y Educación de la Nación, 1996)
- ROEDERER, J. G.- *Mecánica elemental.* 1ª edición. Buenos Aires, EUDEBA, 2002
- http://infoleg.mecon.gov.ar/infolegInternet/verNorma.do?num=48851&INFOLEG_OLD_QUERY=true
- www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/unidades/unidadmedida.htm
- www.fisicarecreativa.com
- www.pntic.mec.es/descartes...aciones/estadistica/lanormal.htm

CAPÍTULO 2. MOVIMIENTO

Recomendada para el alumno

- ARISTEGUI, R. y otros. *Física I. Energía. Mecánica. Termodinámica. Electricidad. Ondas. Nuclear.* Buenos Aires, Santillana Polimodal, 1999.
- BOSACK, A. *Físico Química Activa. Carpeta de aplicaciones polimodal.* Buenos Aires,

Puerto de Palos S.A., 2001

- HEINEMANN, A. *Física: Mecánica, Fluidos, Calor*. Buenos Aires, Angel Estrada y Cía. S.A., 1985
- HEWITT, P. G. *Física Conceptual*. México, Pearson Educación, Addison Wesley Longman , 1999
- LEMARCHAND, G. *Física Activa. Carpeta de aplicaciones polimodal*. Buenos Aires, Puerto de Palos S.A., 2001
- MAIZTEGUI, A. -BOIDO, G. – LOPEZ, M. *Nociones de Física y Química*. Buenos Aires, Kapelusz Editora, 2001
- RELA, A.- SZTRAJMAN, J. *Física I. Mecánica, Ondas y Calor*. Buenos Aires, Aique grupo Editor, 1998
- RUBINSTEIN, J.- TINGANELLI, H. *FÍSICA I: La energía en los fenómenos físicos*-Estrada Polimodal. Buenos Aires, Estrada, 2003
- SERWAY , R., -FAUGHN, J. *Física*. 5ta Edición. México, Pearson Educación, 2001.

Consultada por los docentes

- ARISTEGUI, R. y otros. *Física I. Energía. Mecánica. Termodinámica. Electricidad. Ondas. Nuclear*. Buenos Aires, Santillana Polimodal, 1999.
- CARDAMA,A., CATALANO,o.,PALERMO C.*Cuaderno de Física y química*. Buenos Aires Angel Estrada y Cia S.A.1981. 141.
- EISBERG R, LERNER, L. *Física. Fundamentos y aplicaciones. Volumen I* Mexico, McGrawHill ,1990, 57
- HEINEMANN, A. *Física: Mecánica, Fluidos, Calor*. Buenos Aires, Angel Estrada y Cía. S.A., 1985
- HEWITT, P. G. *Física Conceptual*. México, Pearson Educación,Addison Wesley Longman , 1999
- PEÑA SAINZ, A.- GARZO PEREZ, F. *Curso de Física COU*. España, Mac Graw Hill, 1991
- SEARS,F.- ZEMANSKY, M.- YOUNG, H.- FREEDMAN, R. *Física Universitaria. Vol.1*-México, Pearson Educación, 2004.
- SERWAY , R., FAUGHN, J – Física . 5ta Edición. Pearson Educación, México, 2001.
- SERWAY, R.- JEWET, J. *Física I y Física II*. México, Thompson, 2003
- TIPLER, P. *Física para la Ciencia y la Tecnología*- Tomo 1, España, Reverté S.A., 1986

Sitios de Internet de interés

- <http://www.educaplus.org/movi/index.html>
- <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/cinematica/cinematica.htm>

CAPÍTULO 3. FUERZA. TRABAJO. ENERGÍA

Recomendada para el alumno

- ARISTEGUI, R. y otros. *Física I. Energía. Mecánica.Termodinámica.Electricidad. Ondas. Nuclear*. Buenos Aires, Santillana Polimodal, 1999.
- BOSACK, A. *Físico Química Activa. Carpeta de aplicaciones polimodal*. Buenos Aires, Puerto de Palos S.A., 2001
- HEINEMANN, A. *Física: Mecánica, Fluidos, Calor*. Buenos Aires, Angel Estrada y Cía. S.A., 1985
- HEWITT, P. G. *Física Conceptual*. México, Pearson Educación, Addison Wesley Longman , 1999
- LEMARCHAND, G. *Física Activa. Carpeta de aplicaciones polimodal*. Buenos Aires, Puerto de Palos S.A., 2001

- MAIZTEGUI, A. -BOIDO, G. – LOPEZ, M. *Nociones de Física y Química*. Buenos Aires, Kapelusz Editora, 2001
- RELA, A.- SZTRAJMAN, J. *Física I. Mecánica, Ondas y Calor*. Buenos Aires, Aique grupo Editor, 1998
- RUBINSTEIN, J.- TINGANELLI, H. *FÍSICA I: La energía en los fenómenos físicos-Estrada Polimodal*. Buenos Aires, Estrada, 2003
- SERWAY, R., -FAUGHN, J. *Física*. 5ta Edición. México, Pearson Educación, 2001.

Consultada por los docentes

- ARISTEGUI, R. y otros. *Física I. Energía. Mecánica. Termodinámica. Electricidad. Ondas. Nuclear*. Buenos Aires, Santillana Polimodal, 1999.
- BUECHE, F.J. - *Física General. Novena edición*. México, Schaum, Mc Graw Hill, 2001
- CARDAMA, A.- CATALANO, M.- PALERMO, C.- *Cuaderno de Física y Química*- Buenos Aires, Estrada, 1981
- HEINEMANN, A. *Física: Mecánica, Fluidos, Calor*. Buenos Aires, Angel Estrada y Cía. S.A., 1985
- HEWITT, P. G. *Física Conceptual*. México, Pearson Educación, Addison Wesley Longman, 1999
- PEÑA SAINZ, A.- GARZO PEREZ, F. *Curso de Física COU*. España, Mac Graw Hill, 1991
- SEARS, F.- ZEMANSKY, M.- YOUNG, H.- FREEDMAN, R. *Física Universitaria. Vol.1*- México, Pearson Educación, 2004.
- SERWAY, R., FAUGHN, J – *Física*. 5ta Edición. México, Pearson Educación, 2001.
- SERWAY, R.- JEWET, J. *Física I y Física II*. México, Thompson, 2003
- TIPLER, P. *Física para la Ciencia y la Tecnología*- Tomo 1, España, Reverté S.A., 1986

Fuente foto de tapa: http://www.sincolumna.com/jorge/images_columnas/img_jor_0005_13102003.jpg

CAPÍTULO 4. CUESTIONES DE LOS FLUÍDOS...

Recomendada para el alumno

- CRESPO C., *Física 2*, Buenos Aires, Kapelusz Editora 1992
- MAUTINO J. M. *Física 4*, Buenos Aires Argentina, Editorial Stella 1994
- MAIZTEGUI A. BOIDO G. LOPEZ M. *Nociones de Física y Química*, Buenos Aires, Kapelusz 2001.
- TRICÁRICO H.,BAZO R., *Física 4*, Buenos Aires, A-Z Editora, 1993

Consultada por los docentes

- FOLIVI L. E., GODMAN, *Física*, Voluntad Editores, Colombia, 1976
- HEWITT P., *Física conceptual Segunda edición*, Buenos Aires, Addison Wesley Iberoamericana S.A., 1995.
- MINISTERIO DE CULTURA Y EDUCACIÓN, *Física.Su enseñanza*, Programa de Perfeccionamiento Docente, Buenos Aires, Conicet. 1996
- RESNICK R. HALLIDAY D., *Física*, Volumen 1, CECSA, Calz. De Tlalpan México, 1976
- SEARS F., ZEMANSKY M., YOUNG H., FREEDMAN R., *Física Universitaria volumen I*, Naucalpan de Juárez, Estado de México, Addison Wesley Longman, S.A. 1999.
- SERWAY R. *Física Tomos I* James Madisom University.Ed.GrawHill. México 1995

Sitios de Internet de interés

- www.fisica-basica.net

- www.met-physics.net
- www.sc.ehu.es/sbweb/fisica
- www.educarchile.cl/ntg/sitios_educativos

Fuente, foto de tapa : www.jsolana.com.mx/modelismo/polanco/veleros.jpg

CAPÍTULO 5. MOVIMIENTO ONDULATORIO

Recomendada para el alumno

- ARISTEGUI, R. y otros. *Física I. Energía. Mecánica. Termodinámica. Electricidad. Ondas. Nuclear*. Buenos Aires, Santillana Polimodal, 1999.
- HEINEMANN, A. *Física: Mecánica, Fluidos, Calor*. Buenos Aires, Angel Estrada y Cía. S.A., 1985
- HEWITT, P. G. *Física Conceptual*. México, Pearson Educación, Addison Wesley Longman , 1999
- LEMARCHAND, G. *Física Activa. Carpeta de aplicaciones polimodal*. Buenos Aires, Puerto de Palos S.A., 2001
- MAIZTEGUI, A. -BOIDO, G. - LOPEZ, M. *Nociones de Física y Química*. Buenos Aires, Kapelusz Editora, 2001
- RELA, A.- SZTRAJMAN, J. *Física I. Mecánica, Ondas y Calor*. Buenos Aires, Aique grupo Editor, 1998
- RUBINSTEIN, J.- TINGANELLI, H. *FÍSICA I: La energía en los fenómenos físicos-Estrada Polimodal*. Buenos Aires, Estrada, 2003
- SERWAY , R., -FAUGHN, J. *Física*. 5ta Edición. México, Pearson Educación, 2001.

Consultada por los docentes

- ARISTEGUI, R. y otros. *Física I. Energía. Mecánica. Termodinámica. Electricidad. Ondas. Nuclear*. Buenos Aires, Santillana Polimodal, 1999.
- HEINEMANN, A. *Física: Mecánica, Fluidos, Calor*. Buenos Aires, Angel Estrada y Cía. S.A., 1985
- HEWITT, P. G. *Física Conceptual*. México, Pearson Educación, Addison Wesley Longman , 1999
- PEÑA SAINZ, A.- GARZO PEREZ, F. *Curso de Física COU*. España, Mac Graw Hill, 1991
- SEARS, F.- ZEMANSKY, M.- YOUNG, H.- FREEDMAN, R. *Física Universitaria. Vol. 1-* México, Pearson Educación, 2004.
- SERWAY , R., FAUGHN, J - Física . 5ta Edición. Pearson Educación, México, 2001.
- SERWAY, R.- JEWET, J. *Física I y Física II*. México, Thompson, 2003
- TIPLER, P. *Física para la Ciencia y la Tecnología-* Tomo 1, España, Reverté S.A., 1986

Índice

Introducción.....	9
CAPÍTULO 1	
MAGNITUDES FÍSICAS. MEDICIONES. TRATAMIENTO DE DATOS.....	13
MAGNITUDES FÍSICAS.....	13
MEDICIONES- SISTEMAS DE UNIDADES.....	13
Análisis dimensional.....	16
Conversión de unidades.....	17
Mediciones directas e indirectas- Errores en las mediciones.....	18
Magnitudes escalares y vectoriales.....	21
LAS REPRESENTACIONES GRÁFICAS EN FÍSICA.....	21
LA COMUNICACIÓN DE LOS RESULTADOS EXPERIMENTALES: EL INFORME.....	24
ACTIVIDADES SUPLEMENTARIAS.....	25
CAPÍTULO 2	
MOVIMIENTO.....	31
POSICIÓN. DESPLAZAMIENTO.....	32
VELOCIDAD – ACELERACIÓN.....	34
TIPOS DE MOVIMIENTO	36
MOVIMIENTO RECTILÍNEO.....	37
Movimiento rectilíneo uniforme (MRU).....	37
Movimiento rectilíneo uniformemente variado (MRUV).....	38
Tiro vertical – Caída libre.....	39
MOVIMIENTO CURVILÍNEO.....	41
Movimiento en el plano bajo aceleración constante: Tiro oblicuo.....	41
Movimiento circular.....	42
Movimiento circular uniforme.....	44
Movimiento circular uniforme.....	44
OTROS TIPOS DE MOVIMIENTOS.....	45
ACTIVIDADES SUPLEMENTARIAS	46
CAPÍTULO 3	
FUERZA - TRABAJO – ENERGÍA.....	53
PRIMERA LEY DE NEWTON (DE INERCIA).....	54
SEGUNDA LEY DE NEWTON (DE MASA).....	55
TERCERA LEY DE NEWTON (DE ACCIÓN Y REACCIÓN).....	55
APLICACIONES DE LAS LEYES DE NEWTON A SITUACIONES CONCRETAS.....	55
TRABAJO Y POTENCIA.....	59
Unidades de trabajo y potencia.....	61
ENERGÍAS CINÉTICA Y POTENCIAL.....	61
ENERGÍAS CINÉTICA Y POTENCIAL.....	63
Análisis de sistemas conservativos.....	64
ALGUNAS RECOMENDACIONES ÚTILES.....	66
ACTIVIDADES SUPLEMENTARIAS.....	67

CAPÍTULO 4

CUESTIONES DE LOS FLUIDOS...LAS PRESIONES...Y SU IMPORTANCIA EN LA FÍSICA..73	
FLUIDO.....73	
DENSIDAD.....74	
PRESIÓN.....74	
Presión hidrostática.....75	
Manómetros.....76	
Manómetro de rama abierta77	
Manómetro metálico (tipo Bourdon).....77	
TEOREMA FUNDAMENTAL DE LA HIDROSTÁTICA.....78	
PRINCIPIO DE PASCAL.....79	
PRINCIPIO DE ARQUÍMIDES.....80	
Flotabilidad.....80	
LA ATMÓSFERA.....83	
La presión atmosférica.....84	
Medida de la Presión atmosférica normal.....85	

ACTIVIDADES SUPLEMENTARIAS85	
------------------------------------	--

CAPÍTULO 5

ONDAS - MOVIMIENTO ONDULATORIO.....89	
IDEA DE ONDA.....89	
TIPOS DE ONDAS.....90	
PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DEL MOVIMIENTO ONDULATORIO.....92	
Definiciones de los parámetros característicos de las ondas.....94	
TRANSMISIÓN DE LA ENERGÍA- INTENSIDAD.....95	
Intensidad de la onda sonora.....97	
FENÓMENOS ONDULATORIOS.....98	
Refracción.....99	
Leyes de la refracción.....99	
Reflexión.....99	
Leyes de la reflexión.....100	
Un caso especial de reflexión.....100	
Interferencia.....101	

ACTIVIDADES SUPLEMENTARIAS103	
-------------------------------------	--

Bibliografía.....107	
----------------------	--

