

Máximo Letona

Física Fundamental

Enseñanza Básica



JM

Guatemala, C.A.

Física Fundamental

Enseñanza Básica

(Texto utilizado en el Programa Galileo)
CONCEPTOS DE FÍSICA FUNDAMENTAL

CAPÍTULO UNO

CINEMÁTICA

- Posición
 - Cambio en la Posición
- Velocidad Media
 - Aceleración
- Movimiento Rectilíneo Uniformemente Variado (MRUV)
- Movimiento Circular Uniforme (MCU)
 - Período y Frecuencia
 - Posición Angular
 - Desplazamiento Angular
 - Radian
 - Velocidad tangencial
 - Aceleración Centrípeta

CAPÍTULO DOS

DINÁMICA

- Fuerza
 - Masa
 - Peso
- Gravitación
 - Ley de Gravitación Universal
- Fuerzas de Fricción
 - Peso
 - Fuerza Normal
 - Fricción Estática
 - Fricción Cinética
- Autoexamen

CAPÍTULO TRES

TRABAJO Y ENERGÍA

- Trabajo
- Potencia
 - Unidades de Potencia
- Energía Cinética y Potencia
- Energía

CAPÍTULO CUATRO

ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO

- Electromagnetismo
 - Carga Eléctrica
 - Conductores y Aisladores
 - Carga y Materia
 - Campo Eléctrico
 - Potencial Eléctrico
 - Corriente Eléctrica
 - Ley de Ohm
 - Circuitos Eléctricos
- Magnetismo

CAPÍTULO CINCO

MESA DE LABORATORIO

CAPÍTULO SEIS

EL SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES

- Unidades básicas en el SI
- Longitud
- Tiempo
- Masa
- Corriente eléctrica
- Temperatura
- Intensidad luminosa
- Cantidad de sustancia

PRÓLOGO

Escribir un libro de texto para un curso de Física Fundamental del nivel de ter año del ciclo básico constituye un verdadero reto, ya que será el primer contacto del alumno con el campo de la Física y por lo tanto, se tiene la enorme responsabilidad de lograr que el estudio de la misma, sea algo grato y que sobre todo estimule en el estudiante, el gusto por el aprendizaje de una de las ciencias que, constituye uno de los pilares sobre los cuales se apoya todo el desarrollo tecnológico de la sociedad moderna.

Además, debe ser algo más que un simple texto, debe constituir un instrumento de trabajo que siga un proceso, mediante el cual el alumno desarrolle su capacidad de razonamiento y la disciplina que toda persona debe tener para lograr éxito en las acciones que emprenda a lo largo de su vida.

Deber tener una presentación agradable y su contenido debe ser altamente motivador para el lector, esto será posible siempre que los temas tratados constituyan elementos que, de alguna forma, estén relacionados con la vida diaria del lector, es decir, formen parte del contexto socio-cultural del alumno

Dado que un libro de texto de Física, constituye un elemento de apoyo al proceso aprendizaje-enseñanza de la misma, debe contener los instrumentos que permitan una evaluación continua y sistemática del grado de fijación de los conceptos, métodos y técnicas que se van planteando a lo largo del desarrollo del mismo, es decir, pruebas que ayuden al alumno al profesor a medir el logro obtenido en una forma objetiva, como lo permiten las llamadas pruebas de selección múltiple.

Todo lo anteriormente planteado, está bastante bien logrado por el autor en el presente libro en el tratamiento que se hace de los temas que integran el programa oficial del curso de Física Fundamental y que constituyen los fundamentos para posteriores cursos que forman parte del currículum de estudios en los siguientes niveles educativos.

En el libro se plantean temas que constituyen parte de la Física como son los de Mecánica de Partículas y temas de Electricidad Magnetismo, dentro de la Mecánica, se trata la parte de la Cinemática analizando el movimiento Rectilíneo Uniforme y el Uniformemente variado, así como el Movimiento Circular Uniforme. En la parte de la Electricidad y Magnetismo, se trata la Electrostática, la Electrodinámica, planteando el desarrollo de pequeños circuitos de corriente directa y finalmente los temas de Magnetismo discutiendo las características de los imanes.

En el tratamiento de todos los temas, primero se plantean los conceptos básicos, luego se provee alguna información adicional, generalmente relacionada con el medio en el que el alumno vive,

y los procedimientos para medir ciertos parámetros, de la realidad o del desarrollo de pequeños experimentos de problemas relacionados con los temas y problemas para que sean resueltos por los alumnos y de esa manera, mediante la ejercitación se logre una mejor comprensión y fijación de los conceptos estudiados.

El autor espera que este texto sea un instrumento de trabajo que desarrollen conjuntamente el profesor y sus alumnos en un ambiente de mutua solidaridad y cordialidad para lograr un aprendizaje significativo de los conceptos, leyes, métodos y teorías de la Física y que se logre un alto grado de interés de parte del alumno de tal manera que se sienta altamente motivado para continuar el estudio de las ciencias relacionadas con la Física.

César Augusto Fernández Fernández
Presidente de la Academia Nacional de Ciencias

CAPÍTULO UNO

CINEMÁTICA

- Posición Cambio de posición Desplazamiento
- Velocidad Cambio de velocidad Aceleración
 - Movimiento rectilíneo uniforme (MRU)
- Movimiento rectilíneo uniformemente variado (MRUV)
- Ángulo Posición angular Cambio en la posición angular
 - Período Frecuencia Velocidad angular
 - Velocidad Tangencial Aceleración centrípeta
 - Movimiento circular uniforme (MCU)

CINEMÁTICA:

POSICIÓN: para localizar objetos o cosas en el espacio es necesario tener algún otro objeto al cual nos referimos.

En el lenguaje cotidiano (coloquial) con frecuencia se habla de objetos o cosas y les asignamos un lugar respecto a otros objetos que se sabe dónde están.

EJEMPLOS

1. La farmacia de Don Fulano está enfrente de la carnicería de Don Pedro. En este caso estamos diciendo que la farmacia está bien localizada para cualquier persona que conozca la carnicería de Don Pedro.

De la manera en que nos comunicamos existen muchas formas de orientarnos. Objetos ó cosas que ya tienen mucho tiempo de estar en un lugar y que todos los que viven en la cercanía conocen, se van tomando como referencia para localizar otros objetos.

2. Peri Roosevelt está a una cuadra de Pollo Campero cuando vas hacia la Antigua, saliendo por la calzada Roosevelt. Mucha gente conoce la Capital de Guatemala y que conoce el camino hacia la Antigua puede fácilmente localizar a Peri Roosevelt que es un centro de comercios, puesto que Pollo Campero tiene cerca de 15 años de estar en esa localización.

3. La oficina del Ministerio de Educación quedaba en la esquina SurEste del tercer piso del Palacio Nacional de Guatemala. Para localizar la oficina del Ministro necesitamos de más conocimientos. Ahora debemos orientarnos según los puntos cardinales (Norte, Sur, Este y Oeste) es decir, saber dónde queda cada uno de estos puntos en el Palacio. ¿Qué significa “puntos cardinales”?

Esto lo podemos lograr con una brújula o bien saber que el sol “sal” en el Este (Oriente) y si nos paramos de frente a este punto con los brazos extendidos en cruz, el brazo izquierdo apuntará hacia el norte, el derecho hacia el sur y la espalda hacia el Oeste (Occidente).

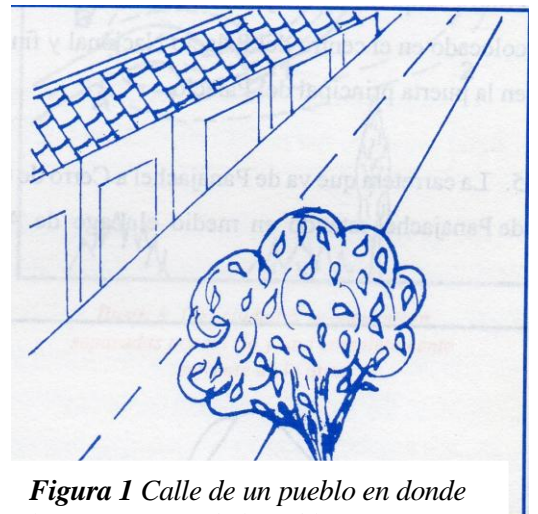


Figura 1 Calle de un pueblo en donde la mayor parte de la población conoce la Carnicería

4. El lago de Amatitlán se encuentra a 26 kilómetros al Sur de la Ciudad de Guatemala.

En este caso para llegar al lago necesitamos saber que las carreteras se miden en kilómetros (1000 metros), que algunas de las carreteras se miden a partir de la puerta principal del Palacio Nacional en donde hay una marca que indica el inicio de estos caminos.

Entonces, cuando se quiere decir dónde se encuentra un objeto o cosa es necesario que se indique respecto a que otro objeto se refiere. Los objetos o cosas que nos sirven para decir dónde se encuentran los demás objetos se les llama REFERENTES. Así, en el ejemplo uno, el referente es la Carnicería, en el ejemplo dos es Pollo Campero, en el ejemplo tres se tomó un sistema de referencia compuesto por los puntos cardinales y colocado su origen en la marca que hay en la puerta principal del Palacio.

5. La carretera que va de Panajachel a Cerro de Oro tiene una longitud de 45 km. Cerro de Oro queda enfrente de Panajachel, estando de por medio el Lago de Atitlán. La distancia que se recorrerá, navegando en lancha y en línea recta, solamente tiene 15 km. ¿Nos preguntamos ahora, cual es la posición de Cerro de Oro respecto de Panajachel?

(1) Panajachel, (2) carretera a Cerro de Oro y (3) Cerro de Oro.

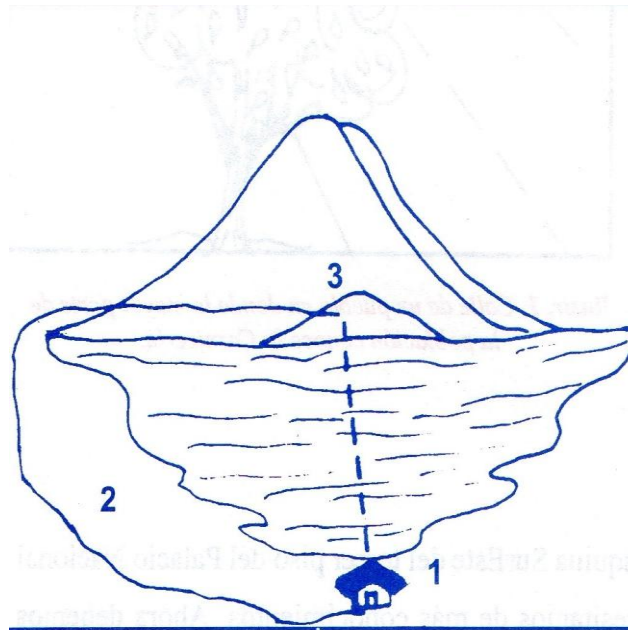


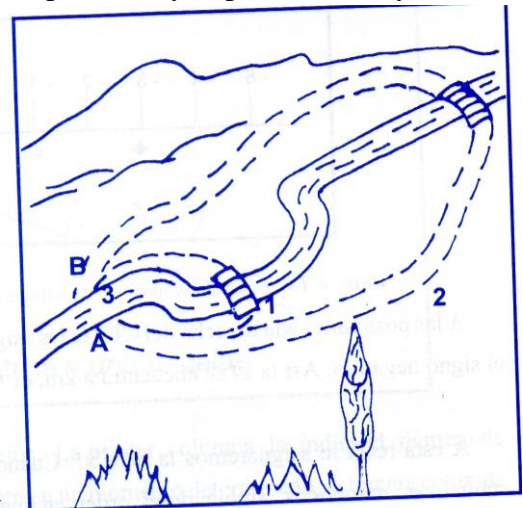
Figura 2 Lago de Atitlán se encuentra en el departamento de Sololá, en el Occidente del país (Guatemala).

Para encontrar la posición de un cuerpo respecto de otro seguiremos el procedimiento siguiente: a) supones que los cuerpos son puntuales, es decir haces un gráfico y cada objeto lo representas por un punto, b) determinas cual es la longitud de la línea recta que une los dos puntos y c) colocas tus puntos cardinales en tu referente y puedes medir, con un transportador, cual es el ángulo respecto de cualquier otro punto cardinal que tú elijas.

Ahora si puedes decir cuál es la posición de Cerro de Oro respecto de Panajachel (¿será 45 o 15km? ¿Hacia el Sur o hacia el Norte?

Como puedes observar, la posición de una ciudad respecto de otra resulta muy complicado medirla, puesto que tendrías que saber cuál es la longitud de la línea recta que las une y en que dirección se encuentra. Las carreteras o caminos que unen los pueblos no son trazador en línea recta. Por consiguiente, cuando decimos que Amatitlán está a 26 km de la ciudad de Guatemala estamos indicando que, para llegar a esa población, es necesario seguir la carretera indicada y recorrer 26 km de longitud de camino. Sin embargo, la posición de ser menor de 26 km.

6. En la ilustración siguiente se te presentan dos pueblos: el pueblo A y el pueblo B. A y B están uno enfrente del otro, únicamente hay un río navegable entre ellos. Existen tres formas de llegar de A a B:
- 1) siguiendo un camino peatonal que tiene un puente colgante para atravesar el río; debes caminar 2 km,
 - 2) siguiendo la carretera formal debes recorrer 8 km ó
 - 3) navegar para atravesar el río que tiene un ancho de 25 m.



Ilustr.3 Dos ciudades se encuentran separadas por un río y un completamente enfrente de la otra

PREGUNTAS:

- a) ¿Depende, del camino la posición de B respecto de A?
- b) ¿Cuál es la posición de B respecto de A?

A la longitud de los caminos les llamaremos TRAYECTORIA. En el ejemplo 6, la trayectoria 1 tiene una longitud de 2 km, la trayectoria 2 tiene 8 km y la trayectoria 3 tiene 25 metros.

Respuesta a las preguntas: a) No depende del camino que se siga; b) la posición de B respecto de A es de 25 m directamente enfrente de A y del otro lado del río. En este caso la trayectoria 3 coincide con la posición de B respecto de A.

Es conveniente que se utilice un sistema más adecuado para indicar donde se encuentra un cuerpo. Para eso se usan sistemas de coordenadas. En este curso se utilizan únicamente sistemas de una sola dimensión. Sistemas de dos dimensiones, se estudiarán en el curso de física del ciclo diversificado.

Es recomendable usar un sistema de referencia, el cual consiste en una línea recta a la cual le hemos asociado, a cada punto de ella, un número real y una unidad de medida, que puede ser el metro (que lo simbolizaremos con la letra m), el kilómetro (el cual se simboliza con las letras km). También es necesario agregarle una escala.

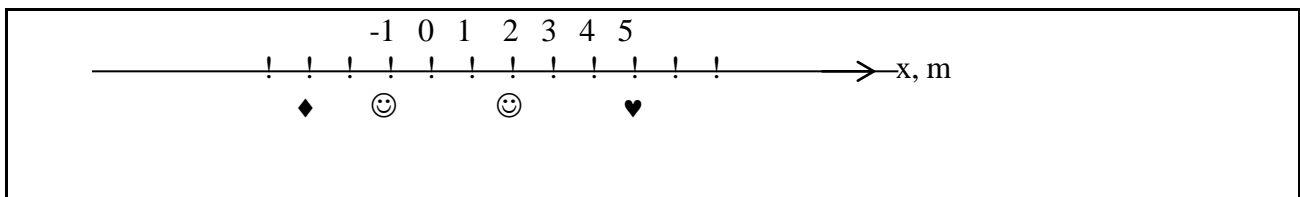


Figura 4 Línea recta con números asociados a cada punto de ella, una unidad de medida y una escala.

A las posiciones a la derecha del CERO les asignaremos signo positivo y a las posiciones a la izquierda signo negativo. Así la ☺ se encuentra a 2 m, el ♥ está a 5m, el ☺ está a -1m, el ♦ está a -3m.

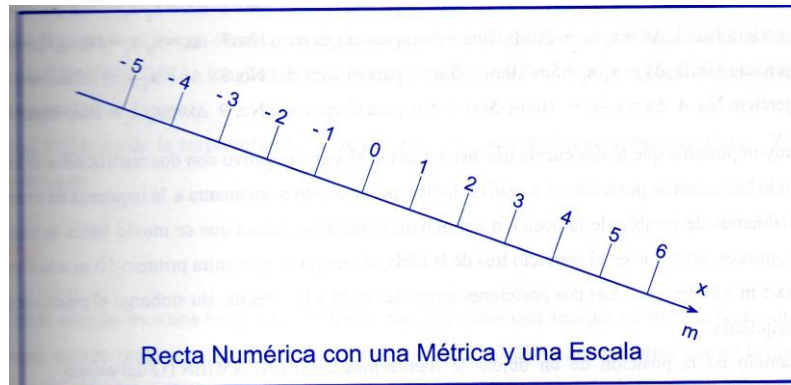
A esta recta se le asigna la letra x. Cuando se refiere a posiciones, a x se le escribe con subíndices numéricos. Siguiendo el orden en que se mencionan las posiciones de las figuras en el párrafo anterior, $x_1 = 2$ m posición de la ☺, $x_2 = 5$ m posición del ♥, $x_3 = -1$ m posición del ☺ y $x_4 = -3$ m posición del ♦. En este ejercicio se puede ver que el REFERENTE es el CERO, puesto que desde ese punto de la recta se están localizando los objetos que están sobre la recta x.

Ejercicios: de acuerdo con un mapa, en donde aparezcan carreteras del país, indica la longitud de la carretera que hay entre Guatemala y la cabecera departamental de los 21 departamentos restantes. Tomando como referente la marca que aparece en la puerta del Palacio Nacional; ¿es la TRAYECTORIA de aquí a Sololá igual a la POSICIÓN de Sololá respecto a esta MARCA? Debes explicar tu respuesta.

CAMBIO EN LA POSICIÓN:

Cuando se observa el entorno, uno se da cuenta que los objetos o cosas que nos rodean se mueven. En un momento determinado un objeto está ocupando un lugar, respecto de un REFERENTE, luego lo observamos en un lugar diferente respecto al mismo referente, en ese caso se dice que el objeto se MOVIÓ.

En los casos en que un cuerpo está cambiando su posición, respecto de un referente, y se le sigue la pista, se puede decir con toda claridad que el cuerpo se está moviendo, así se pueden tener muchos tipos de movimiento: movimiento rectilíneo (el que se efectúa sobre una línea recta), movimiento parabólico (el que sigue un camino que es una parábola), movimiento circular (el que sigue un camino que es una circunferencia) etc. Es decir que al movimiento lo clasificamos de acuerdo a la TRAYECTORIA que sigue el objeto entre uno y otro punto.



En la tabla siguiente se le muestran una serie de ejercicios. La primera columna le indica el número de ejercicio, la segunda le indica la posición que ocupa un objeto en un momento determinado, la tercera columna le indica la posición del objeto después de cierto tiempo y la cuarta columna le indica cuál ha sido el cambio en la posición el objeto. Es importante que hagamos notar en que el cambio en la posición se encuentra restando a la posición final la posición inicial. Para el cambio se designa un nuevo símbolo, Δ , delta mayúscula (en alfabeto griego). En la nomenclatura convenida el cambio en la posición de un objeto $\Delta x = x_2 - x_1$. Donde x_2 , posición final y x_1 , posición inicial.

ejercicio	No.	posición inicial x_1 , en m	posición final x_2 , en m	cambio en la posición Δx en m
1		5	10	5
2		-10	-5	5
3		10	5	-5
4		-5	-10	-5
5		-5	5	10
6		5	-5	-10
7		-10	10	20
8		10	-10	-20
9		10	10	0

Resolviendo los ejercicios se ve que:

para el ejercicio No. 1 $\Delta x = x_2 - x_1 = 10 \text{ m} - 5 \text{ m} = 5 \text{ m}$

para el ejercicio No. 2 $\Delta x = x_2 - x_1 = -5 \text{ m} - (-10) \text{ m} = 5 \text{ m}$

para el ejercicio No. 3 $\Delta x = x_2 - x_1 = 5 \text{ m} - 10 \text{ m} = -5 \text{ m}$

para el ejercicio No. 4 $\Delta x = x_2 - x_1 = -10 \text{ m} - (-5 \text{ m}) = -5 \text{ m}$

para el ejercicio No. 5 $\Delta x = x_2 - x_1 = 5 \text{ m} - (-5 \text{ m}) = 10 \text{ m}$

para el ejercicio No. 6 $\Delta x = x_2 - x_1 = -5 \text{ m} - 5 \text{ m} = -10 \text{ m}$

para el ejercicio No. 7 $\Delta x = x_2 - x_1 = 10 \text{ m} - (-10 \text{ m}) = 20 \text{ m}$

para el ejercicio No. 8 $\Delta x = x_2 - x_1 = -10 \text{ m} - 10 \text{ m} = -20 \text{ m}$

para el ejercicio No. 9 $\Delta x = x_2 - x_1 = 10 \text{ m} - 10 \text{ m} = 0 \text{ m}$

Es muy importante darse cuenta que se ha usado el signo negativo con dos significados diferentes: uno, cuando hablamos de posición, el negativo indica que el objeto se encuentra a la izquierda de cero y dos, cuando se habla de cambio de la posición del objeto, el negativo indica que se movió hacia la izquierda. También, se puede notar que en el ejercicio tres de la tabla, el cuerpo se encuentra primero 10 m a la derecha y luego está 5 m a la derecha. Las dos posiciones indicadas son positivas. Sin embargo, el objeto cambió su posición hacia la izquierda, signo negativo (-).

Al cambio en la posición de un objeto se le llama DESPLAZAMIENTO del objeto.

EJERCICIOS:

Utilizando la definición de cambio en la posición de un objeto, el cual es identificado como un DESPLAZAMIENTO, y expresándolo por la ecuación:

$$\Delta x = x_2 - x_1$$

encontrar el valor correspondiente a las casillas vacías que aparecen en la tabla siguiente, y llenarlas. También se debe dar una explicación de cada uno de los signos (+) y (-) que aparezcan en los resultados.

Ejercicio No	Posición Inicial en m	Posición final en m	Desplazamiento en m
1	4	1	
2	-6	-2	
3	5		-3
4	-10		4
5		8	-14
6		38	18
7	-25		10
8	27		33
9		-25	10
10		27	33

11. ¿De qué manera se puede medir el desplazamiento de la ciudad de Guatemala a la ciudad de Chimaltenango? Considere el punto de partida la puerta del Palacio y el punto de llegada la fuente del parque central de Chimaltenango
12. Guastatoya, cabecera departamental del departamento de El Progreso, está a 73 km sobre la carretera al Atlántico. Siguiendo el mismo camino, en el municipio de Teculután la marca de la carretera indica 125 km, ¿cuál es la TRAYECTORIA, longitud del camino, de Guastatoya a Teculután? (Teculután es un municipio del departamento de Zacapa).
13. PRÁCTICA: mide la trayectoria de la tienda más cercana de tu Escuela a tu Casa. Y mide el desplazamiento.

TIEMPO:

Cuando se compara una fotografía nuestra, de hace diez años con una que fue tomada la semana pasada, se ve que nuestra imagen ha cambiado en el transcurso del TIEMPO y de una forma que no la percibimos a diario. Así, cuando las cosas cambian, ya sea de forma, de apariencia, de lugar (posición) podemos afirmar con toda certeza que el tiempo ha pasado.

El tiempo lo medimos en segundos, minutos, horas, días, meses, años, siglos, etc...

Los chinos, los egipcios, los griegos, los MAYAS, aprendieron a medir el tiempo e inventaron calendarios. El calendario maya es uno de los más exactos que existen. Por ejemplo, en la ciudad maya de Uaxactún, en el departamento de Petén, existen tres pirámides en fila de norte a sur y enfrente a estas tres existe otra, cada una tiene una función principal en la medida de los solsticios y los equinoccios.

Entonces, interesa medir el tiempo que ha pasado entre un evento y otro, a este tiempo le llamaremos intervalo de tiempo o cambio en el tiempo y lo expresaremos por Δt . Así como el cambio en la posición es la posición final menos la posición inicial, así el cambio en el tiempo es tiempo final menos tiempo inicial.

EJEMPLOS y EJERCICIOS:

1. Para calcular la edad de una persona que nació el 24 de noviembre de 1990 al día 24 de noviembre de 1994, debemos identificar cual es el tiempo final y cual el tiempo inicial y restarlos. En este caso el tiempo final es 24/11/94 y el tiempo inicial es 24/11/90. El tiempo inicial está relacionado con el nacimiento de la persona y el tiempo final con su cumpleaños.

$$\Delta t = t_2 - t_1 = 4 \text{ años}$$

¿Qué edad tenía el niño el 30 de septiembre de 1994?

¿Qué edad tiene hoy?

2. Si salimos de la ciudad de Guatemala a las 8 de la mañana y llegamos al puerto de San José a las 10 de la mañana, del mismo día, ¿cuánto tiempo ha pasado?

$$\Delta t = t_2 - t_1 = 10\text{h} - 8\text{h} = 2\text{h}$$

Nos hemos tardado dos horas en el viaje.

3. Si en lugar de salir a las 8 de la mañana, como en el ejemplo 2, salimos a las 8:10:30 y llegamos al puerto a las 10:45:35. Entonces el tiempo transcurrido en el viaje será $\Delta t = t_2 - t_1 = 10:45:35 - 8:10:30 = 2:35:05$

Es decir, nos hemos tardado dos horas, treinta y cinco minutos y cinco segundos. En la tabla que aparece a continuación podrás practicar el cálculo del intervalo de tiempo entre dos eventos utilizando esta nomenclatura (horas: minutos: segundos). El tiempo 1 y el tiempo 2 se están midiendo el mismo día.

No. ejercicio	tiempo, t_1 h:min:s	tiempo, t_2 h:min:s	Δt
4	5:15:30	8:20:45	
5	8:58:38	12:45:10	
6	14:30:56	17:30:58	
7	15:45:38	18:24:22	
8	9:12:13	7:12:13	

Como podrás darte cuenta en esta forma de expresar el tiempo, que es muy común, aparecen horas, minutos y segundos y que, por sus símbolos se escriben h:min:s.

9. En los ejercicios del 4 al 8 aparece uno que no concuerda con la realidad cotidiana, diga cuál es y explique que es lo que no concuerda.

RAPIDEZ MEDIA

Cuando viajamos de Mazatenango a Retalhuleu y nos tardamos media hora podemos decir que viajamos a 50km/h ya que la carretera en Mazatenango tiene la marca de 145 km y en Retalhuleu la marca es de 170 km. De acuerdo con esto se recorrió una TRAYECTORIA de 25 km y el TIEMPO empleado fue de 0.5 h. Haciendo una relación entre estas dos cantidades TRAYECTORIA entre el TIEMPO empleado en recorrerla; encontramos:

$$(170 \text{ km} - 145 \text{ km}) / (0.5 \text{ h}) = 25 \text{ km}/0.5 \text{ h}$$

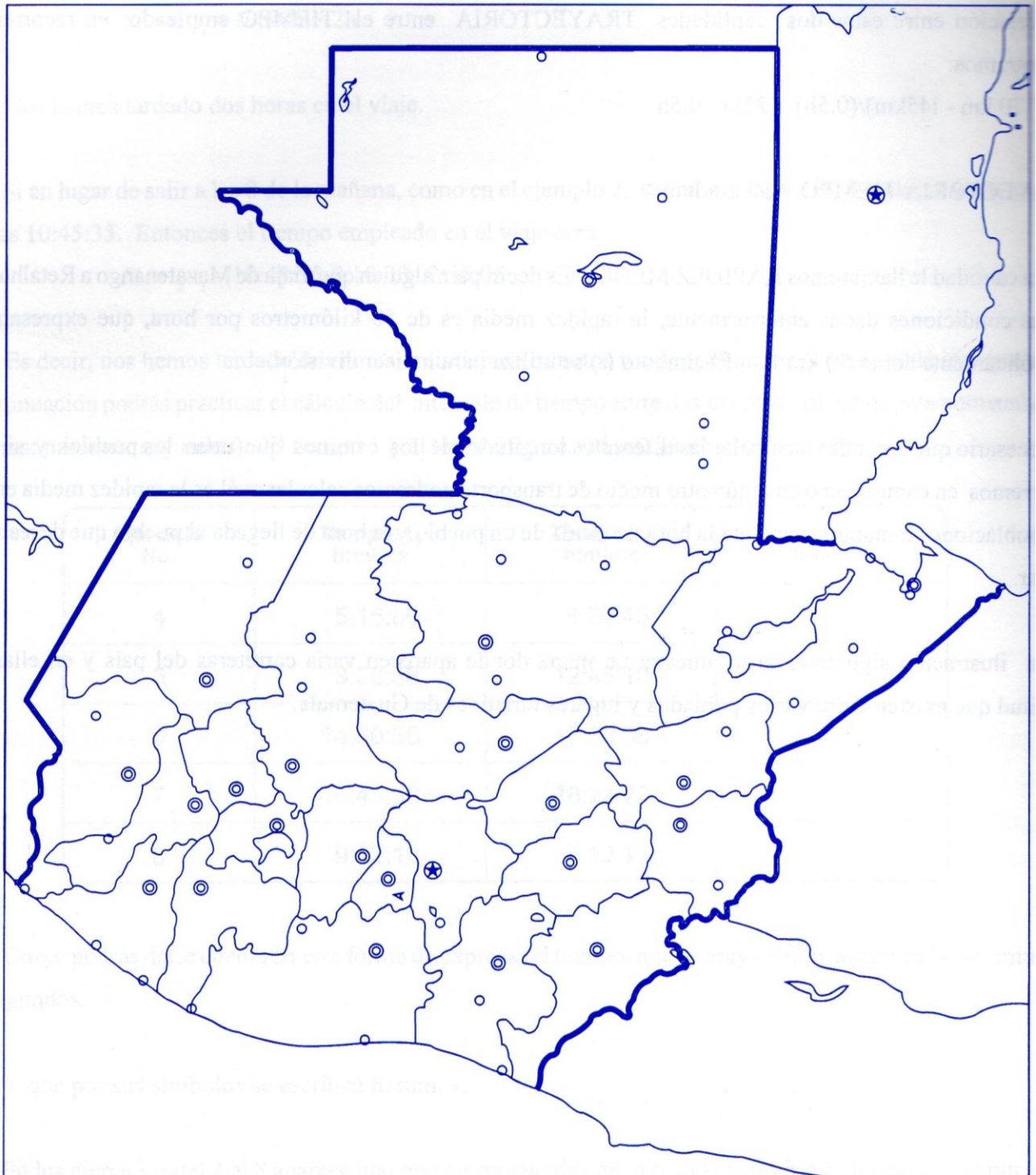
$$\text{TRAYECTORIA}/\text{TIEMPO} = 50 \text{ km/h}$$

A esta cantidad se le llama RAPIDEZ MEDIA. Es decir, para alguien que viaja de Mazatenango a Retalhuleu en las condiciones dadas anteriormente, la rapidez media es de 50 kilómetros por hora, que expresamos simbólicamente como 50 km/h. El símbolo (/) se utiliza para indicar división.

Es necesario que aprendas a calcular las diferentes longitudes de los caminos que unen los pueblos y si los recorremos en camioneta o en algún otro medio de transporte podremos calcular cuál es la rapidez media entre dos poblaciones tomando en cuenta la hora de salida de un pueblo y la hora de llegada al pueblo que deseamos visitar.

| En la ilustración siguiente, se muestra un mapa donde aparecen varias carreteras del país y en ellas la longitud que existen entre varios poblados y lugares turísticos de Guatemala.

MAPA DE GUATEMALA Y TABLAS DE DISTANCIAS ENTRE PUEBLOS



CINEMÁTICA

LONGITUD DE ALGUNOS CAMINOS ENTRE DIFERENTES PUEBLOS

ALTA VERAPAZ

Cobán	
Vía el Rancho	215
De Cobán a sus	
Municipios:	
Sta. Cruz V.	16
Sn. Pedro Carchá	7
San Juan Chamelco	10
Lanquín	63
Sta. María Cahobón	87
San Cristobal	
Verapaz	23
Tactic	32
Tamahú	44
San Miguel	59
Panzos	111
Chahal	
Senahú	118
Chisec Vía Nac	133
5 Sebol	104

BAJA VERAPAZ

Salamá	
Vía el Rancho	150
De Salamá a sus	
municipios:	
San Miguel Chicaj	9
Rabinal	27
Cúbulco	45
Purulhá	26
El Chol	52
Granados	63
San Jerónimo	11

CHIMALTENANGO

Km	55
--------------	----

De Chimaltenango a	
Sus municipios:	
Los Aposentos	3
San Andrés Itzapa	5
Parramos	10
Comalapa	17
Continuación del km 69	
A la izquierda los	
siguientes:	
Patzún	13
Contin. Patzicia	70
De Chimaltenango a:	
San Martín	
Jilotepeque	17
Acatenango	30
Pochuta	99
Continuación del km 63	
a Zaragoza	2
De Zaragoza a Del km	
76 Entrada a la derecha	
a Sta. Cruz	
Balanyá	3
Continuación a la	
Izquierda Tecpán	89
De Tecpán a Izimché	90
Continuación del km 90	
En carretera a la derecha	
los siguientes:	
Sta. Apolonia	2
Poaquil	12
De Guatemala a	
CHIQUIMULA	167
Anguiatú	229
Jocotán	201
Camotán	206

Esquipulas	222
Ipala	199
Olopa	215
Concepción Las	
Minas	224
Quetzaltepeque	197
San José La Arada	188
San Juan Ermita	192
San Jacinto	185
De Sanarate a:	
EL PROGRESO	
Sansare	15
Guastatoya	73
Cruce El Rancho	85
El Jicaro	100
Morazán	105
San Agustín	
Acasaguastlán	96
San Cristóbal	
Acasaguastlán	101
ESCUINTLA	58
De Escuintla A:	
San vicente P.	50
Palín	40
Masagua	12
San José	50
Likín	55
Itzapa	62
Guanagazapa	24
Taxisco	49
Guazacapán	56
Chiquimulilla	62
Pedro de Alvarado	108
De Guatemala A:	
Siquinalá	82

FISICA FUNDAMENTAL
Máximo Letona

CINEMÁTICA

Del Km 82 A:	
La Democracia	9
La Gomera	32
Sipacate	51
De Guatemala A:	
Sta. Lucía Cotz.	90
Cocales	114
Patulul	119
N. Concepción	147
Tiquisate	144
Río Bravo	128
Chicacao	151
Ingenio Palo Gordo	141
MUNICIPIOS DE	
GUATEMALA	
Villa Canales por vía	
Ave. Hincapie	22
Boca del Monte	13
Petapa	20
S. Pedro Sac.	25
S. Juan Sac.	31
S. Raymundo	42
Sta. Catarina Pinula	15
San Pedro Ayampuc	22
Chinautla	12
Chuarrancho	38
Fraijanes	28
San Jose Pinula	22
Villa Nueva	16
Amatitlán	28
Mixco	17
Del km 18.5 cruce a la izquierda	
Ciudad San Cristobal cruce	
San Lucas Sac.	30
A Antigua Guatemala	45
HUEHUETENANGO	
Km	267
De Huehuetenango a	

sus municipios:	
Chiantla	7
Malacatencito	18
Cuilco	90
La Libertad	44
La Democracia	73
M. Acatán	98
La Independencia	88
Todos Santos	
Cuchuatán	50
San Juan Atitán	36
Sta. Eulalia	84
San Mateo Ixtatán	80
Colotenango	46
San Sebastián	23
Tactitán	105
Nentón	121
S. Pedro Nacta	55
Jacaltenango	93
San Pedro Solomá	65
I.Ixtahuacán	33
Sta. Bárbara	22
Concepción	85
San Juan Ixcoy	60
S.A. Huista	98
S. Coatán	108
Sta. Cruz Barillas	153
Aguacatán	24
R. Petzal	31
S. Gaspar Ix	44
Santiago Chimaltenango	52
Sta. Ana H	117
La Mesilla	84
IZABAL	
De Guatemala a:	
Los Amates	200
Quirigua	203
Mariscos	232

Rio Dulce	275
Morales	247
Bananera	249
El Estor Vía Cobán	316
JALAPA	
Por vía Sanarate	102
Por vía Jutiapa	173
De Jalapa a sus	
municipios:	
San Pedro Pinula	20
San Luis Jilotepeque	41
San Manuel	
Chaparrón	51
San Carlos Alzatate	54
Monjas	23
Mataquescuintla	41
De Guatemala a	
JUTIAPA	118
El Progreso Jutiapa	128
Sta. Catarina Mita	146
Agua Blanca	165
Asunción Mita	146
Yupiltepeque	142
Atescatempa	175
El Adelanto	152
Quezada	107
Zapotitlán	128
Comapa	
Jalpatagua	103
Conguaco	124
Moyuta	116
Pasaco	
Jerez	188
Sn. José Acatempa	87
PETÉN	
De Guatemala a:	
Flores Petén por vía la	
Ruidos Río Dulce	515

CINEMÁTICA

FISICA FUNDAMENTAL
Máximo Letona

De Flores Petén a sus municipios:	Génova 55	De Antigua G. A sus municipios:
La Libertad 30	Palestina A 34	Jocotenango 2
Sayaxché 65	San Francisco La Unión 19	Pastores 4
Tikal 64	STA. CRUZ	Sumpango 17
Melchor de M 95	DEL QUICHE 164	San Bartolomé M. Atlas . . . 20
San Francisco 16	Del Quiché a sus	Sta. Lucía M. Altas 8
Sta. Ana 21	municipios:	Magdalena M. Altas 12
Dolores 75	Chiché 10	Sta. María de Jesús 10
Poptún 100	Chinique 18	Ciudad Vieja 5
San Luis 114	Sacualpa 39	San Miguel Dueñas 11
Puerto Modesto	Chajul 110	Alotenango 10
Méndez 172	Sto. Tomás Chichicastenango 19	A. Calientes 10
De Guatemala a:	Patzitè 15	Sta. Catarina Barahona . . . 11
QUETZALTENANGO	San Antonio Ilotenango . . . 10	Cruce San Lucas Sac 30
Por tierra fría 201	Cunen 66	Santiago Sac. Y Sta.
Por la costa 227	San Juan Cotzal 105	María Cauque 35
De Quetzaltenango a	Joyabaj 55	Entrada a Xenacoj a la
sus municipios:	Nebaj 92	derecha 40
Salcajá 9	San Andrés Sacabaj 39	Del km 40 a Xenacoj 5
Olintepeque 7	San Miguel Uspantán 90	Sumpango 43
San Carlos Sija 23	Sacapulas 49	SANTA ROSA
Sibilia 33	San Pedro Jocopilas 8	Cuilapa 63
Cabricán 44	Canillá 38	Barberena 54
Cajolá 9	SAN BARTOLOMÉ Jocotenango 14	Casillas 82
San Mateo 11	RETALHULEU 184	Nueva Sta. Rosa 75
Concepción Chiquirichapa 14	De Retalhuleu a sus	Oratorio 78
San Martín Sacatepeques 19	municipios:	Pueblo Nuevo Viñas 58
Almolonga 5	San Sebastián 4	Sta. Rosa de Lima 73
Cantel 10	Santa Cruz Muluá 7	San Rafael Las Flores . . . 100
Huitán 39	Sn Martín Zapotitlán 11	Sta. Cruz Naranjo 68
San Miguel S 7	San Felipe Reu 13	Sta. María Ixhutatán 91
El Palmar 33	Sn. Andrés Villaseca 15	SAN MARCOS
Flores Costa Cuca 52	Champerico 39	Por tierra fría 253
La Esperanza 5	Nuevo Sn. Carlos 13	Por costa 280
Colomba 31	El Asintal 15	De San Marcos a sus
Zunil 9	SAN LUCAS SAC. 30	municipios:
Coatepeque 75	A Antigua	San Pedro Sac. 1
	Guatemala 45	

CINEMÁTICA

FISICA FUNDAMENTAL Máximo Letona

Sn. Antonio S. 9	San Antonio Palopó. 27	ZACAPA. 147
Comitancillo. 35	San Lucas Tolimán 42	Teculután. 121
S. Miguel Ixtaguacán 47	San Pablo La Laguna 25	Peaje. 126
Tutuapa. 53	San Marcos. 23	Río Hondo. 137
Tacaná. 73	San Juan La Laguna 26	Mavuelas. 165
Catarina. 60	San Pedro la Laguna 85	Gualán. 168
Tecún Umán. 85	Sta. Catarina Palopó 13	Cabañas. 137
Ocos. 105	Santiago Atitlán 62	Estanzuela. 142
San Pablo. 44	SUCHITEPEQUEZ	Huité. 132
El Quetzal. 42	km 160	San Diego. 147
La Reforma. 43	De Mazatenango a sus	La Unión. 198
Sibinal. 63	municipios:	Usumatlán. 114
Tajumulco. 44	Cuyotenango. 8	BELICE. 770
Tejutla. 32	Sto. Domingo Such. 7	
R. de la Cuesta. 27	San Lorenzo. 6	
Nvo. Progreso. 70	Samayac. 7	
El Tumbador. 45	San Pablo Jocopilas 8	
Malacatán. 54	San Antonio Such. 11	
San Lorenzo. 22	San Miguel Panam 19	
Pajapita. 79	San Gabriel 3	
Ixchiguán. 77	Sn. Franco. Zapotitlán 7	
S. Ojetenam. 64	Sn. Bernardino 6	
S. Cristobal Cucho 30	San José el Idolo 22	
Sipacapa. 65	Sta. Bárbara. 73	
Esquipulas P.Gordo 6	San Juan Bautista 66	
Río Blanco. 48	Sto. Tomás La Unión 25	
El Rodeo. 40	Zunilito. 11	
Del km 127 a SOLOLA ... 11	Pueblo Nuevo 16	
De Sololá a sus	TOTONICAPÁN	
municipios:	Km. 203	
San José Chacayá 6	De Totonicapán a sus	
Sta. María Visitación 25	municipios:	
Sta. Lucía Uvatlán 13	San Cristobal Totonicapán 14	
Nahualá. 29	Don Francisco El Alto ... 18	
Sta. Catarina Ixtahuacán ... 41	San Andrés Xecul 18	
Sta. Clara la Laguna 44	San Bartolo 51	
San Andrés Semetabaj ... 17	Momostenango 33	
Panjachel 9	Sta. María Chiquimula ... 49	

Consultando un mapa donde aparezcan las longitudes de las carreteras entre algunos pueblos de Guatemala. Encuentra cuál es la rapidez media entre los pueblos que se te muestran en la tabla siguiente:

pueblo origen, A	pueblo destino, B	El reloj en A	El reloj en B marca	La rapidez media de A a B en km/h, es
Antigua Guatemala	Chimaltenango	10:39:37	11:00:37	
Sololá	Quetzaltenango	8:05:45	11:10:45	
Totonicapán	Huehuetenango	9:00:10	12:15:40	
Sololá	Panajachel	14:30:15	14:55:30	
Jutiapa	Jalapa	15:35:25	16:35:25	

VELOCIDAD MEDIA:

Hemos visto que la trayectoria y el desplazamiento solamente coinciden cuando la trayectoria de un objeto que se mueve entre un lugar y otro es una línea recta, de lo contrario siempre encontrarás que la trayectoria es mayor que el desplazamiento.

Cuando se estudió el ejemplo en que tenemos dos poblaciones separadas por un río y que existían tres formas de llegar desde una población hasta la otra nos dimos cuenta que la trayectoria seguida atravesando el río nos daba igual al desplazamiento. Es importante que notes que no siempre se puede seguir una trayectoria que coincida con el desplazamiento como en este ejemplo.

Si ahora medimos el tiempo que ha transcurrido entre una población y la otra y calculamos o medimos el desplazamiento se podrá contar con una nueva cantidad que llamaremos VELOCIDAD MEDIA y que definiremos como:

$$v = \Delta x / \Delta t$$

Donde Δx , como se vio, representa al cambio en la posición de un objeto, que se le llamó DESPLAZAMIENTO, y Δt es el tiempo que ha pasado desde que el cuerpo pasó de una posición hasta que llegó a ocupar otra posición. Para facilidad de comprensión de estas cantidades estudiaremos el movimiento de los cuerpos en una dimensión, es decir MOVIMIENTO RECTILINEO.

En la tabla que aparece abajo mostramos un conjunto de valores de la posición de una partícula y el tiempo respectivo que marca un reloj (en segundos) en cada posición partiendo de cero segundos.

	A	B	C	D	E	D	C	B	A
x, m	3	5	7	9	11	9	7	5	3
t, s	0	2	4	6	8	10	12	14	16

Hagamos un dibujo y marquemos en la recta numérica las diferentes posiciones que va ocupando el móvil:



Ilustr. 7 representación esquemática de la posición que va ocupado el cuerpo mientras se mueve en una trayectoria recta.

Con los valores de la tabla y la ilustración No. 8 puede calcular y llenar las casillas vacías de la siguiente tabla; en donde las columnas están encabezadas por tiempos que marca el cronómetro y se desea que para esos intervalos calcule la TRAYECTORIA, DESPLAZAMIENTO, RAPIDEZ MEDIA y VELOCIDAD MEDIA.

ENCUENTRE	0 y 4 s	4 y 10 s	6 y 16 s	2 y 0 s	0 y 16 s
$\Delta t =$					
trayectoria					
Desplazamiento					
Rapidez media					
Velocidad media					

También podemos hacer una gráfica donde se indique cómo cambia la posición como función del tiempo. A la posición como función del tiempo la simbolizaremos como $x(t)$ y se lee x de t .

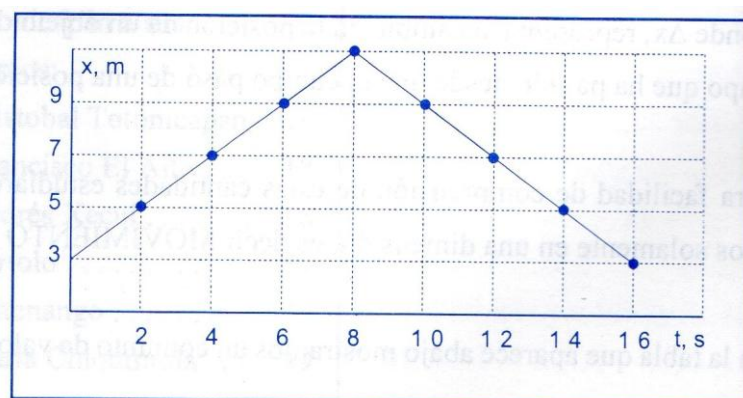


Figura 8: Gráfica posición-tiempo de un móvil que se mueve en una línea recta según datos de la ilustración 7

Al tiempo, t , medido en segundos, lo colocamos en el eje de las abscisas (horizontal) y a la posición, $x(t)$, la colocamos en el eje de las ordenadas (vertical).

- 1) Δx (de A a B) = $5\text{m} - 3\text{m} = 2\text{m}$ 2) Δx (de B a C) = $7\text{m} - 5\text{m} = 2\text{m}$
3) Δx (de C a D) = $9\text{m} - 7\text{m} = 2\text{m}$ 4) Δx (de D a E) = $11\text{m} - 9\text{m} = 2\text{m}$
5) Δx (de E a D) = $9\text{m} - 11\text{m} = -2\text{m}$ 6) Δx (de D a C) = $7\text{m} - 9\text{m} = -2\text{m}$
7) Δx (de C a B) = $5\text{m} - 7\text{m} = -2\text{m}$ 8) Δx (de B a A) = $3\text{m} - 5\text{m} = -2\text{m}$

En estos cálculos se pueden apreciar varias cosas: de los ejercicios del 1 al 4 todas las trayectorias son igual a los desplazamientos, lo mismo ocurre con los ejercicios del 5 al 8. Si ponemos atención vemos que el reloj no puede detenerse, el tiempo sigue siempre creciendo y que, en $\Delta t = 16$ s, el viaje ha sido de ida y vuelta. Es decir, partió de una posición 3 m a la derecha del referente y al cabo de los 16 s nuevamente está en la misma posición.

De la ilustración No. 9 se puede apreciar que de A a E es una línea recta con inclinación hacia la derecha, mientras que de E a A es una recta con inclinación hacia la izquierda. En el primer caso se refiere a una velocidad constante y hacia la derecha puesto que el desplazamiento tuvo esa dirección, mientras que en el segundo caso la velocidad fue hacia la izquierda, pues ya venía de regreso y, también lo hizo a velocidad constante.

Desde que se comienza a contar el tiempo, 0 s, hasta que se termina de contar, 16 s, el cuerpo hace un recorrido, pero su desplazamiento fue cero.

GRÁFICAS VELOCIDAD-TIEMPO:

Si la gráfica $v(t)$ de un cuerpo que se mueve en línea recta es una recta horizontal, afirmamos que el objeto se mueve con velocidad constante. Veamos un ejemplo:

Trace la gráfica de un cuerpo que se mueve con velocidad de 6m/s hacia la derecha durante 12 s.

$$v(t) = 6\text{m/s para cualquier valor de } t \text{ entre } 0 \text{ y } 12 \text{ s.}$$

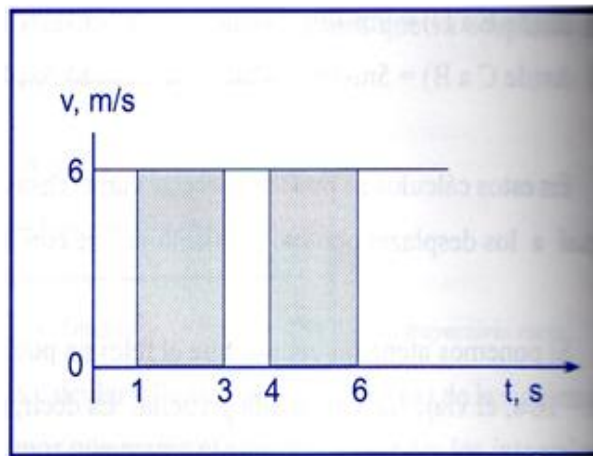
En esta gráfica podemos apreciar que la pendiente de la recta es cero, es decir sin ninguna inclinación.

También podemos apreciar que, si tomamos intervalos de tiempo iguales, los desplazamientos del cuerpo son iguales. Así tomemos $\Delta t=2\text{s}$ entre 1 y 3 s, luego entre 4 y 6 s calculamos el área encerrada en esta figura (rectángulo) y nos damos cuenta que son iguales las áreas. Como la velocidad es constante el área de cada rectángulo coincide con el desplazamiento del cuerpo en ese intervalo de tiempo. En conclusión, DESPLAZAMIENTO:

$$\Delta x = v(t)\Delta t \text{ o bien:}$$

$$\Delta x = vt$$

Recuerda que un cuerpo se mueve con MRU siempre que recorra desplazamientos iguales en intervalos de tiempo iguales. Y, si calculas el área en esos intervalos de tiempo y la línea $v(t)$, ésta representa al desplazamiento en ese intervalo considerado.



Ilust.9 Un cuerpo se mueve con MRU durante 12s. Su grafica velocidad-tiempo es una recta horizontal.

EJERCICIOS del 1 al 9:

En cada uno de los siguientes ejercicios, la velocidad de un cuerpo es constante. Haga una gráfica de $v(t)$ contra t , para cada uno.

Ej.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$v(t)$ m/s	3	15	-6	-15	50	100	-50	-100	0.6

Como la velocidad es constante, entonces siempre serán rectas horizontales.

Con los datos y tus gráficas ya dibujadas deberás encontrar los valores que hacen falta en las tablas siguiente:

En el ejercicio 1: $v(t)=3\text{m/s}$

t_1 , s	t_2 , s	Δt , s	Δx , s	velocidad media, m/s
1	3			
3	6			
6	10			
2	5			
3	10			
5	7			
2	8			
5	12			

En el ejercicio 3: $v(t) = -6 \text{ m/s}$

$t_1, \text{ s}$	$t_2, \text{ s}$	$\Delta t, \text{ s}$	$\Delta x, \text{ s}$	velocidad media, m/s
1	3			
3	6			
6	10			
2	5			
3	10			
5	7			
2	8			
5	12			

Tablas similares a las de los ejercicios 1 y 3 deberás construir para los ejercicios 2, 4, 5, 6, 7, 8 y 9.

ACELERACIÓN:

Cuando un cuerpo cambia su velocidad, ya sabemos que también está transcurriendo el tiempo. A la relación del CAMBIO DE VELOCIDAD entre el TIEMPO QUE HA TRANSCURRIDO durante ese cambio, le llamaremos ACELERACIÓN MEDIA y la escribiremos como:

$$a = \Delta v / \Delta t \text{ es decir que:}$$

$$a = (v_f - v_i) / (t_f - t_i)$$

Dónde:

t_i expresa el tiempo que marca el reloj cuando empezamos a observar el movimiento.

t_f expresa el tiempo que marca el reloj cuando terminamos de observar el movimiento.

v_f se refiere a la velocidad cuando el reloj marca t_f ,

v_i se refiere a la velocidad cuando el reloj marca t_i

Para cada uno de los ejemplos que se muestran se calcula la aceleración media y se coloca en el cuadro correspondiente de la tabla que sigue:

Los datos corresponden a cuerpos que se mueven en línea recta.

ejemplo No.	t_i en s	v_i en m/s	t_f en s	v_f en m/s	a en m/s^2
1	5	-6	10	4	
2	3	4	8	-6	
3	1	0	5	-40	
4	0	30	3	0	
5	12	30	18	-30	

ejemplo 1:

$$\Delta t = 10s - 5s = 5s \quad \Delta v = 4m/s - (-6m/s) = 10m/s \quad a = (10m/s) / 5s = 2m/s^2$$

ejemplo 2:

$$\Delta t = 8s - 3s = 5s \quad \Delta v = -6m/s - 4m/s = -10m/s \quad a = (-10m/s) / 5s = -2m/s^2$$

ejemplo 3:

$$\Delta t = 5s - 1s = 4s \quad \Delta v = -40m/s - 0m/s = -40m/s \quad a = (-40m/s) / 4s = -10m/s^2$$

ejemplo 4:

$$\Delta t = 3s - 0s = 3s \quad \Delta v = 0m/s - 30m/s = -30m/s \quad a = (-30m/s) / 3s = -10m/s^2$$

ejemplo 5:

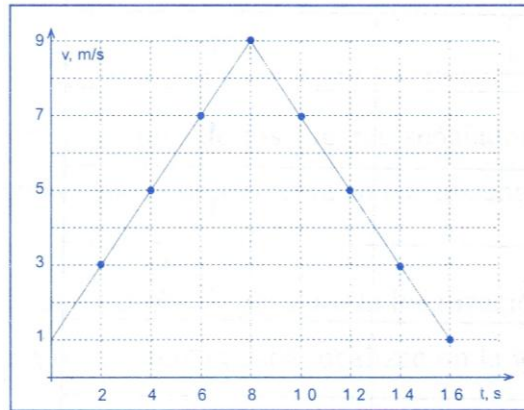
$$\Delta t = 18s - 12s = 6s \quad \Delta v = -30m/s - 30m/s = -60m/s \quad a = (-60m/s) / 6s = -10m/s^2$$

Si un cuerpo se mueve hacia la izquierda y su aceleración es positiva la velocidad disminuye, pero si su aceleración es negativa la velocidad aumenta. Ahora cuando el cuerpo se mueve hacia la derecha y su aceleración es positiva la velocidad aumenta, pero, si la aceleración es negativa, la velocidad disminuye.

Una partícula se mueve en línea recta y se observa que su velocidad va cambiando a cada instante, detectándose el tamaño de ella en cada punto indicado. Abajo encontrarás VARIOS lugares en donde la magnitud de la velocidad es diferente. Observarás que parte de uno y va subiendo hasta que llega a un valor de 9m/s, luego comienza a disminuir, pero siempre sigue en la misma dirección hasta que nuevamente llega a uno.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
v, m/s	1	3	5	7	9	7	5	3	1
t, s	0	2	4	6	8	10	12	14	16

Si hacemos una gráfica velocidad-tiempo con los datos de esta tabla. Poniendo a la $v(t)$ en el eje de las ordenadas y al t en el de las abscisas podremos ver que: entre cero y ocho segundos la velocidad es creciente y hacia la derecha (recuerda el signo positivo para el desplazamiento) y que entre 8 y 16 segundos es decreciente, pero sigue siendo hacia la derecha (pues el signo sigue siendo positivo). Entre 0 y 8 s es una recta con inclinación hacia la derecha y entre 8 y 16 una recta con inclinación hacia la izquierda.



Ilust. 10 Gráfica v-t, para un móvil que se mueve hacia la derecha en una línea recta, pasando por varios puntos de rapidez detectable.

También, podemos ver que:

de A a B, la velocidad a cambiado, $\Delta v = v_f - v_i = 2 \text{ m/s}$

de B a C la velocidad a cambiado, $\Delta v = v_f - v_i = 2 \text{ m/s}$

de C a D la velocidad a cambiado, $\Delta v = v_f - v_i = 2 \text{ m/s}$

de D a E la velocidad a cambiado, $\Delta v = v_f - v_i = 2 \text{ m/s}$

de E a F la velocidad a cambiado, $\Delta v = v_f - v_i = -2 \text{ m/s}$

de F a G la velocidad a cambiado, $\Delta v = v_f - v_i = -2 \text{ m/s}$

de G a H la velocidad a cambiado, $\Delta v = v_f - v_i = -2 \text{ m/s}$

de H a I la velocidad a cambiado, $\Delta v = v_f - v_i = -2 \text{ m/s}$

Para cada uno de estos cambios en la velocidad, correspondió un cambio en el tiempo que se mantiene el mismo, es decir estamos considerando intervalos de tiempo iguales. En este caso para cada dos marcas el $\Delta t = 2\text{s}$.

Y, cuando hacemos la relación $a = \Delta v / \Delta t$ vemos que de A a B es la misma que de D a E; en esta situación afirmamos que la aceleración es constante.

Y, cuando hacemos la relación $a = \Delta v / \Delta t$ entre E y F vemos que es la misma, es decir, se mantiene hasta llegar a I y H.

La aceleración media en el intervalo de 0 a 16 s nos da un valor interesante, 0 m/s^2

Es mejor construir una tabla con estos resultados. Pues, rápidamente se puede ver el comportamiento del móvil.

DE	Δv en m/s	Δt en s	a en m/s^2
A a B	2	2	1
B a C	2	2	1
C a D	2	2	1
D a E	2	2	1
E a F	-2	2	-1
F a G	-2	2	-1
G a H	-2	2	-1
H a I	-2	2	-1

De A hasta E, tomando intervalos de tiempo iguales a 2s, encontramos que la aceleración media es igual ($1 m/s^2$). De E a I encontramos que la aceleración fue de signo negativo, esto nos indica que en esta región la velocidad disminuye, y en este caso hasta llegar a $1m/s$.

Si el movimiento es en una línea vertical y en las cercanías de la Tierra (cerca del suelo) observamos que: 1) si el cuerpo se mueve hacia arriba, su velocidad va disminuyendo a razón de $9.81 m/s$ cada segundo, hasta que llega un momento en que el valor de la velocidad es cero. A este punto de su trayectoria, donde el objeto ya no puede seguir subiendo (velocidad cero), le llamaremos altura máxima y 2) cuando el cuerpo se mueve hacia abajo vemos que su velocidad está aumentando (hacia abajo) a razón de $9.81 m/s$ cada segundo.

Cuando lanzamos un cuerpo hacia arriba observamos, que un instante después, su velocidad es menor. O bien, un instante después de que se suelta el cuerpo, su velocidad es mayor y hacia abajo.

DESPLAZAMIENTO EN MRUV

Cuando estudiamos el concepto de aceleración vimos que las gráficas son un recurso de mucho valor didáctico. En las gráficas también se puede encontrar el desplazamiento haciendo cálculos sencillos. Veamos a un cuerpo que se mueve en línea recta y con aceleración constante; del cual se recolectaron los datos siguientes:

Localización	A	B	C	D	E
t, en s	0	3	6	9	12
v, en m/s	5	10	15	20	25

En cada uno de los lugares señalados con las letras de A a E se tomaron tiempos y se determinó la velocidad que el objeto tenía en ese instante.

Cuando el objeto pasa por la localización A se comienza a contar el tiempo y se observa que la velocidad es de 5 m/s, luego en cada localización la velocidad es creciente.

De esta gráfica podemos calcular, la aceleración por medio de la pendiente de la recta y también calcular el desplazamiento por medio del área que se forma entre $v(t)$ y el tiempo, t .

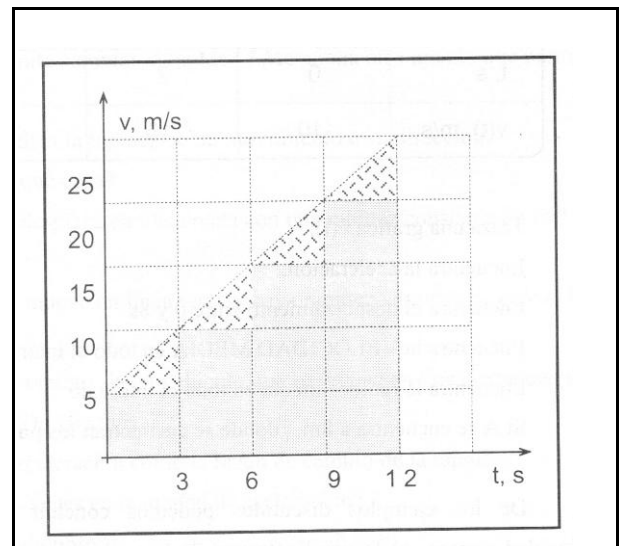


Figura 11 Gráfica $v(t)$ de un movimiento rectilíneo uniformemente variado del objeto cuya tabla se mostró anteriormente.

Así el desplazamiento en los primeros tres segundos será de:

$5 \text{ m/s}(3\text{s}) = 15 \text{ m}$ como si fuera un movimiento con v constante, pero como la velocidad está cambiando desde 5 m/s hasta 10 m/s. Tú sabes que el área de un triángulo está dada por agregarle el área del triángulo que se forma tomando como base el intervalo de tiempo considerado y la altura

como la variación de velocidad. Y, usted sabe que el área de un triángulo está dada por (base x altura) /2.

$$\text{Base} = 3 \text{ s}$$

$$\text{Altura} = 10 \text{ m/s} - 5 \text{ m/s} = 5 \text{ m/s}$$

$$(\text{base} \times \text{altura}) / 2 =$$

$$(3 \text{ s} \times 5 \text{ m/s}) / 2 = 7.5 \text{ m}$$

Con esto obtenemos un desplazamiento en los primeros tres segundos de $15 \text{ m} + 7.5 \text{ m} = 22.5 \text{ m}$ y hacia la derecha.

$$\Delta x = v_i \Delta t + (1/2) (\Delta v) (\Delta t)$$

Si recordamos que la aceleración media se definió como $a = \Delta v / \Delta t$, entonces podemos escribir $\Delta v = a \Delta t$ y el desplazamiento quedará:

$$a \Delta t^2 \quad \Delta x = v_i \Delta t + (1/2) a \Delta t^2; \quad \Delta x = v_i \Delta t + \frac{1}{2} a \Delta t^2; \quad \Delta x = v_i \Delta t + \frac{1}{2} a \Delta t^2;$$

EJERCICIOS:

- 1) Calcule el desplazamiento entre 3 y 6 s
- 2) Calcule el desplazamiento entre 6 y 9 s
- 3) Calcule el desplazamiento entre 9 y 12 s
- 4) Calcule el desplazamiento en todo el intervalo observado en este ejercicio.
- 5) En la tabla que se le muestra a continuación se registran los datos de un objeto que se mueve en línea recta y tiene una velocidad variable según se muestra.

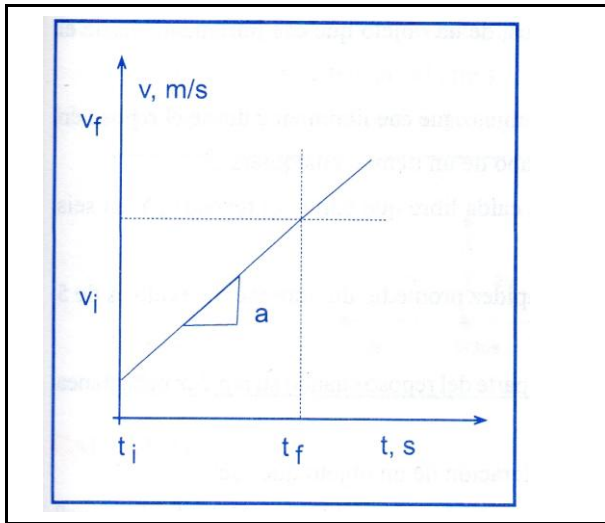
	A	B	C	D	E
t, s	0	2	4	6	8
v(t), m/s	-10	-15	-20	-25	-30

- a) Trace una gráfica v(t).
- b) Encuentre la aceleración.
- c) Encuentre el desplazamiento entre 0 y 8s

- d) Encuentre la VELOCIDAD MEDIA en todo el intervalo
- e) Encuentre la rapidez media en todo el intervalo
- f) Si A se encuentra a 8 m, ¿dónde se encuentran los puntos B, C, D y E?

De los ejemplos discutidos podemos concluir, que cuando tenemos una recta en una gráfica velocidad tiempo: a) la pendiente nos da la aceleración del objeto y b) el área bajo la curva nos da el desplazamiento.

Con estas dos cantidades podemos escribir las cuatro ecuaciones siguientes:



1. $v_f = v_i + a\Delta t$
2. $\Delta x = v_i\Delta t + (1/2)a\Delta t^2$
3. $\Delta x = (1/2)(v_i + v_f)\Delta t$
4. $v_f^2 = v_i^2 + 2a\Delta x$

Figura 12 Gráfica velocidad-tiempo de un cuerpo que se mueve en línea recta con MRUV.

La velocidad indica la dirección del movimiento; mientras que la rapidez solamente el tamaño de la velocidad.

TAREA PARA RESOLVER EN EL AULA Y SU CASA:

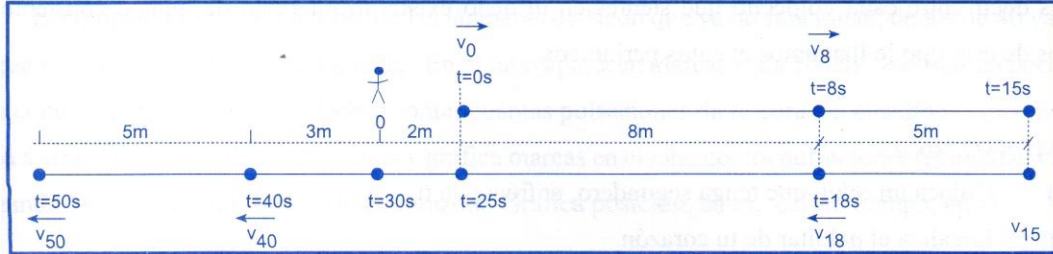
1. ¿Qué significa que el movimiento sea relativo? En la vida cotidiana, ¿respecto a qué medimos el movimiento generalmente?
2. ¿En qué difiere la rapidez instantánea de la rapidez promedio?
3. ¿Qué mide el rapidómetro de un auto: rapidez instantánea o rapidez promedio?
4. ¿En qué difieren la rapidez y la velocidad?
5. Si el velocímetro de un auto indica una rapidez constante de 40 km/h, ¿podemos decir que la velocidad del auto es constante? ¿Por qué?
6. ¿Cuáles son los mandos del auto que permite cambiar la rapidez? ¿Menciona otro mando que permita cambiar la velocidad?
7. ¿Qué cantidad describe qué tan aprisa cambia la rapidez de un móvil o su dirección?
8. La aceleración es la razón de cambio de ¿qué cosa?
9. ¿Cuál es la aceleración de un auto que se desplaza en línea recta con una rapidez constante de 100 km/h?
10. ¿Cuál es la aceleración de un auto que se mueve en línea recta y cuya rapidez aumenta de cero a 100 km/h en 10 segundos?
11. ¿En qué cantidad varía a cada segundo la rapidez de un vehículo que se mueve en línea recta con una aceleración de 2 km/h.s? ¿De 4 km/h.s? ¿De 10 km/h.s?
12. ¿En qué condiciones podemos definir la aceleración como la razón de cambio de la rapidez?
13. ¿Por qué aparece la unidad de tiempo dos veces en la unidad de aceleración?
14. ¿Qué significa que un cuerpo esté en "caída libre"?
15. ¿Cuánto aumenta la rapidez de un objeto cada segundo si está en caída libre?
16. ¿Cuál es la rapidez instantánea, al cabo de cinco segundos, de un objeto que cae libremente desde el reposo? ¿Y al cabo de 6 segundos?
17. ¿Cuál es la aceleración al cabo de cinco segundos de un objeto que cae libremente desde el reposo? ¿Al cabo de 6 segundos? ¿Al cabo de un tiempo cualquiera t ?
18. ¿Qué distancia recorrerá en cinco segundos un objeto en caída libre que parte del reposo? ¿Y en seis segundos?
19. ¿Qué distancia recorrerá un objeto en un segundo si su rapidez promedio durante ese intervalo es de 5 m/s?

20. ¿Qué distancia habrá recorrido un objeto en caída libre que parte del reposo cuando su rapidez instantánea es de 10 m/s?
21. ¿La resistencia del aire hace aumentar o disminuir la aceleración de un objeto que cae?
22. ¿Cuál es la ecuación apropiada para calcular la rapidez de un objeto que cae libremente desde el reposo? ¿Y para la distancia recorrida?

PIENSA Y EXPLICA

23. ¿Por qué un objeto que se acelera puede conservar una rapidez constante pero no una velocidad constante?
24. ¿La luz viaja en línea recta con una rapidez constante de 300,000 km/s. ¿Cuál es su aceleración?
25. ¿Qué tiene mayor aceleración moviéndose en línea recta: un auto cuya rapidez aumenta de 50 a 60 km/h o una bicicleta que pasa de cero a 10 km/h en el mismo intervalo de tiempo? Defienda su respuesta.
26. a. ¿En cada segundo, ¿cuánto aumentaría la indicación de la rapidez de un velocímetro montado sobre una piedra en caída libre?
- b. Supón que la piedra cae libremente cerca de la superficie de un planeta en el que $g = 20 \text{ m/s}^2$. ¿Cuánto cambiará su rapidez en cada segundo?
27. Si una piedra en caída libre estuviera equipada con un odómetro, ¿cómo cambiaría la indicación de la distancia recorrida cada segundo: ¿permanecería igual, aumentaría o disminuiría con el tiempo?
28. a. ¿Cuánto disminuye a cada segundo la rapidez de una pelota que se lanza hacia arriba en ausencia de resistencia del aire?
- b. ¿Cuánto aumenta a cada segundo su rapidez una vez que ha alcanzado su punto más alto y ha comenzado a descender?
- c. ¿Requiere más tiempo para subir que para bajar?
29. a. ¿Cuál es, al cabo de 10 s, la rapidez instantánea de un objeto en caída libre que parte del reposo?
- b. ¿Cuál es su rapidez promedio durante este intervalo?
- c. ¿Qué distancia recorre en este intervalo?
30. ¿Cuál será la velocidad de un auto que, partiendo del reposo, acelera a 2 m/s^2 durante 10 segundos?
31. ¿Con qué rapidez debemos lanzar una pelota hacia arriba para que permanezca en el aire 10 segundos? (Desprecie la resistencia del aire.)

32. La figura muestra las posiciones que un cuerpo ocupa en los instantes indicados.



CALCULAR:

a) La velocidad promedio en los siguientes intervalos de tiempo:

- i) 0 y 15 segundos
- ii) 8 y 40 segundos
- iii) 8 y 18 segundos
- iv) 30 y 50 segundos

b) La rapidez promedio en los siguientes intervalos de tiempo:

- i) 0 y 18 segundos
- ii) 8 y 40 segundos

c) La aceleración promedio entre los intervalos de tiempo:

- i) 0 y 8 segundos
- ii) 8 y 15 segundos
- iii) 18 y 40 segundos
- iv) 40 y 50 segundos

Magnitudes de las velocidades:

- $V_0 = 3 \text{ m/s}$
- $V_8 = 8 \text{ m/s}$
- $V_{18} = 5 \text{ m/s}$
- $V_{40} = 10 \text{ m/s}$
- $V_{50} = 7 \text{ m/s}$
- $V_{15} = 0$

EXPERIMENTO No. 1

Con su mano derecha busque en la muñeca de su mano izquierda el palpitar de tu corazón. Sentirá un leve golpe en la yema de su dedo índice o medio. El corazón tiene la característica de funcionar de manera rítmica, es decir entre cada golpe que siente en su dedo existe un intervalo de tiempo constante. A fenómenos de este tipo le llamamos eventos periódicos.

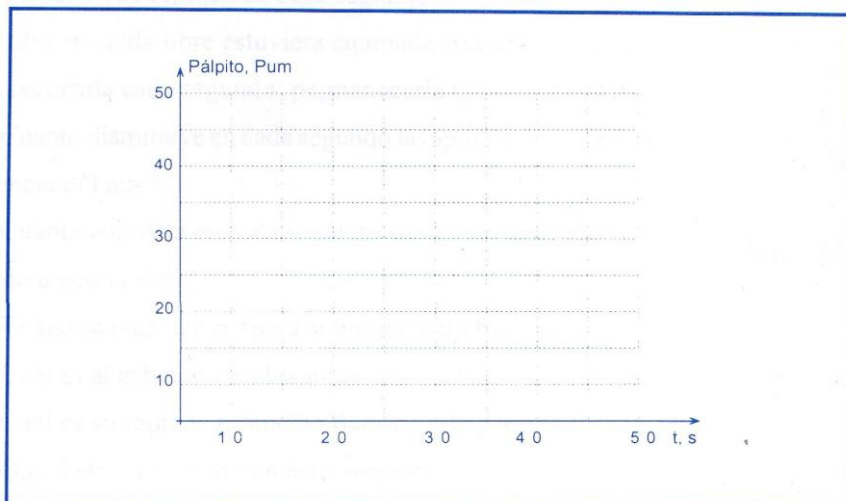
EXPERIMENTO No. 2

- A) Coloca un reloj, que tenga segundero, enfrente de usted.
- B) Localice el palpitar de tu corazón.
- C) Debe contar cuántas veces palpita tu corazón tomando en cuenta 10 s, luego 20 s y así sucesivamente hasta llegar a 50 s.

Para cada valor de tiempo debe tomar tres conteos y luego encontrar el promedio, ese es el dato que interesa

t, s	10	20	30	40	50
pálpitos, pum	1. 2. 3. promedio				

Con los promedios obtenidos en la tabla anterior, puedes trazar una curva. El tiempo, en s, lo pone en el eje de las abscisas y los pálpitos del corazón en el eje de las ordenadas.



EXPERIMENTO 3:

En este experimento debe contar cuántas pulsaciones da su corazón cuando el móvil que observa pasa por cada marca.

El equipo consiste en un tubo, de las lámparas de Neón que ya no funcionan, de los de 40 vatios, lleno de agua y dentro coloca unos cinco grandes. En el tubo aparecen marcas cada 10 cm. Inclina un poco el tubo y verá cómo el cinco descende. Debe contar cuántas pulsaciones da tu corazón cuando el cinco pasa de una marca a otra. Haga una tabla con sus datos y grafique marcas en el tubo contra pulsaciones (acumuladas). Luego utilizando la curva de calibración de su corazón: Grafique posición, en m contra tiempo, en s.

marcas	de A a B	de B a C	de C a D	de D a E	de E a F
crzn, pum					
t, s					

De una a otra marca, consecutivas, existe una longitud de 10 cm. ¿Cuánto tiempo se tardó, el cinco, entre marca y marca? ¿Qué conclusión puedes sacar de esto?

t, s					
Desplazamiento de A a	B	C	D	C	D

A un movimiento en donde se recorren espacios iguales en intervalos de tiempo iguales y se efectúa en una trayectoria recta, le llamamos **MOVIMIENTO RECTILINEO UNIFORME**.

Si tomamos como ORGIEN a la posición – tiempo. ¿Qué tipo de curva es la que se obtiene? ¿Cómo es la rapidez en todo el camino recorrido?

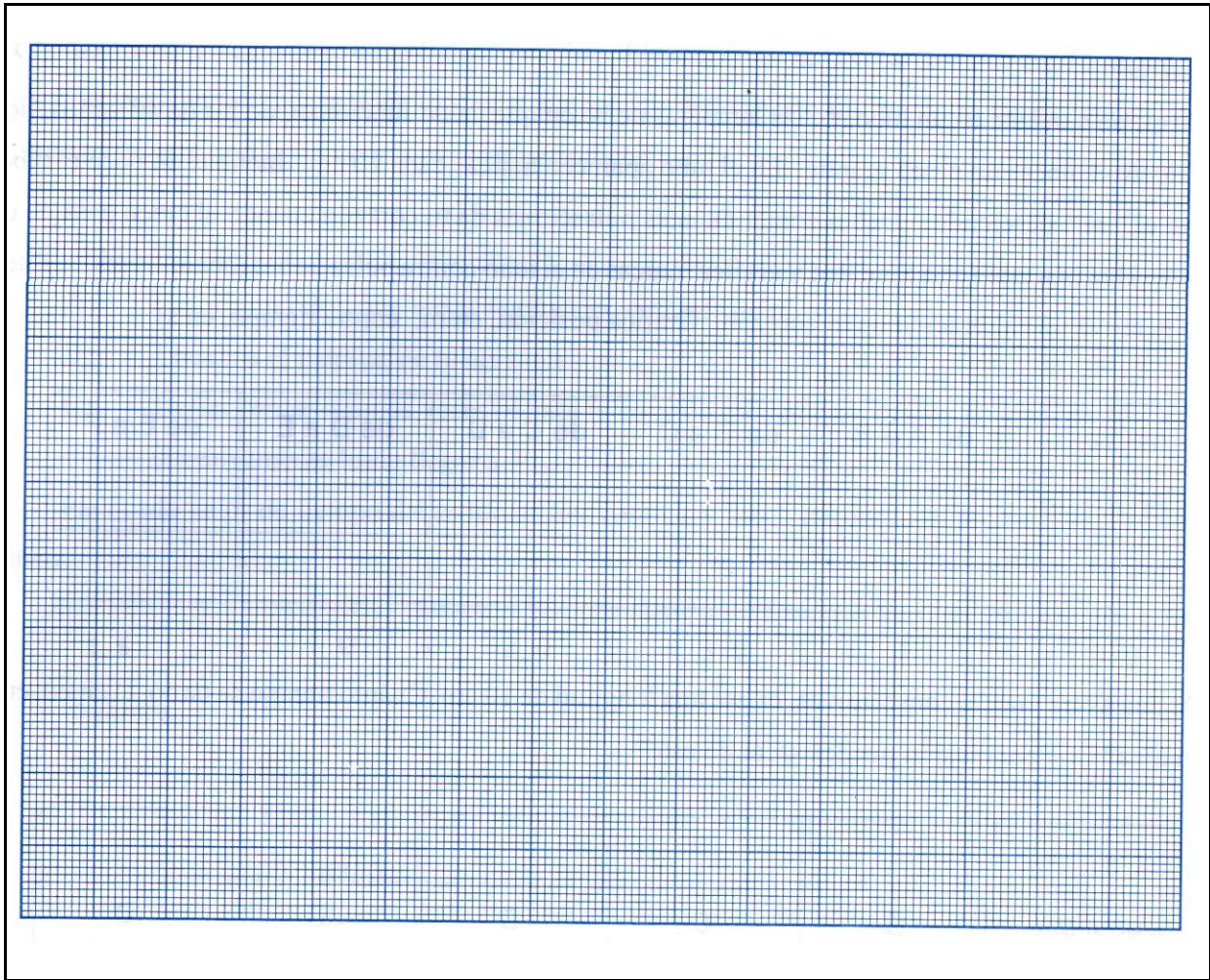


Figura 14 Gráfico posición tiempo para un CINCO en movimiento en línea recta. Con movimiento RECTILÍNEO

MOVIMIENTO CIRCULAR UNIFORME

Ahora estudiaremos cómo se mueve una partícula cuya trayectoria es una circunferencia. Para esto recordemos, que, desde nuestros años en la escuela primaria, aprendimos que la Tierra tiene varios movimientos y que dos de ellos son: el de rotación sobre su eje y el de traslación alrededor del Sol. También aprendimos que la Luna gira alrededor de la Tierra. Las trayectorias de los movimientos de la Tierra en torno al Sol y de la Luna en torno a la Tierra son Elípticas, sin embargo, para varios propósitos pueden considerarse circulares.

Cuando a un trozo de madera le colocamos una armella en el centro de una de sus caras y en ella atamos una cuerda, podemos hacerlo girar y la cara que tiene la armella, siempre estará en la dirección que tiene la cuerda. Ud. nunca verá la cara del trozo opuesta a la armella. De este modo, podemos ver que el trozo tiene movimiento de traslación y de rotación. El movimiento de rotación del trozo, respecto a un eje que pase por el centro del mismo, tarda en dar una vuelta el mismo tiempo que en dar una rotación completa en torno al punto donde la cuerda está girando.

¡HAGA EL EXPERIMENTO!

PERÍODO Y FRECUENCIA: estas dos cantidades están íntimamente relacionadas y se refieren a movimientos que son repetitivos. Por ejemplo, cuando la masa de un péndulo oscila, el movimiento de va y ven de ella es repetitivo; en este caso se llama PERÍODO al tiempo en que la masa pendular realiza un viaje completo (ida y vuelta). Cuando consideramos la cantidad de viajes que realiza la masa pendular en la unidad de tiempo; a esta cantidad le llamaremos FRECUENCIA. Otro ejemplo es el movimiento circular uniforme: en donde el período es el TIEMPO en que tarda en dar una VUELTA y frecuencia es la CANTIDAD de VUELTAS que da en la unidad de TIEMPO. Así el período de la Luna en torno a un eje que pase por su centro es de 27.32 días y el período de la Luna en torno a un punto que esté en el centro de la Tierra, también es de 27.32 días.

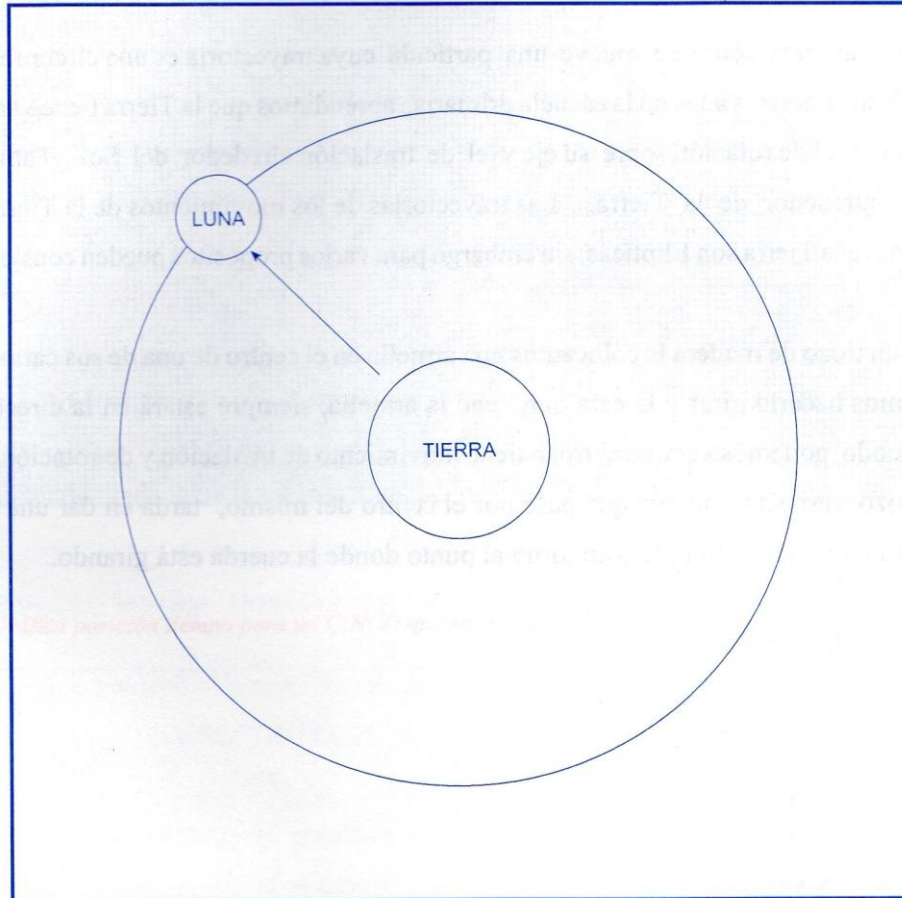


Figura 15 Modelo que representa el movimiento de la Luna. Rotación en torno a un eje que pase por sus centro y Traslación en torno a un eje que pase por el centro de la Tierra.

Cuando se observa el movimiento de la Luna alrededor de la Tierra nos damos cuenta que solamente presenta una cara, pareciera ser que no tiene movimiento de rotación sobre su eje y que, respecto de la Tierra, solamente tiene movimiento de traslación. Sin embargo, el período (tiempo que tarda en dar una vuelta) de rotación es igual al período de traslación alrededor de la Tierra.

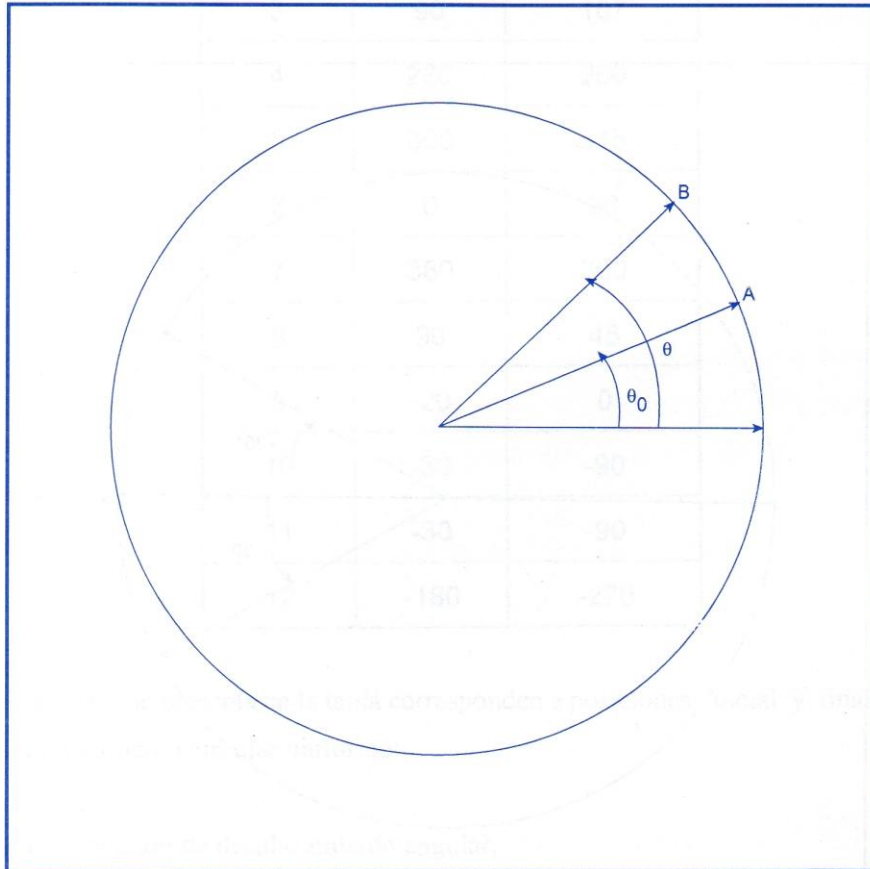


Figura 16 A) Círculo de radio " r " y longitud de circunferencia " l ".
b) Posición angular inicial θ_0 y posición angular final θ .

POSICIÓN ANGULAR

En el movimiento sobre una línea recta nos interesó el cambio de la posición y a este cambio se le llamó DESPLAZAMIENTO. Sin embargo, cuando la trayectoria de una partícula es una circunferencia (línea cerrada cuyos puntos equidistan de un punto llamado centro), es necesario introducir un nuevo concepto de posición: LA POSICIÓN ANGULAR.

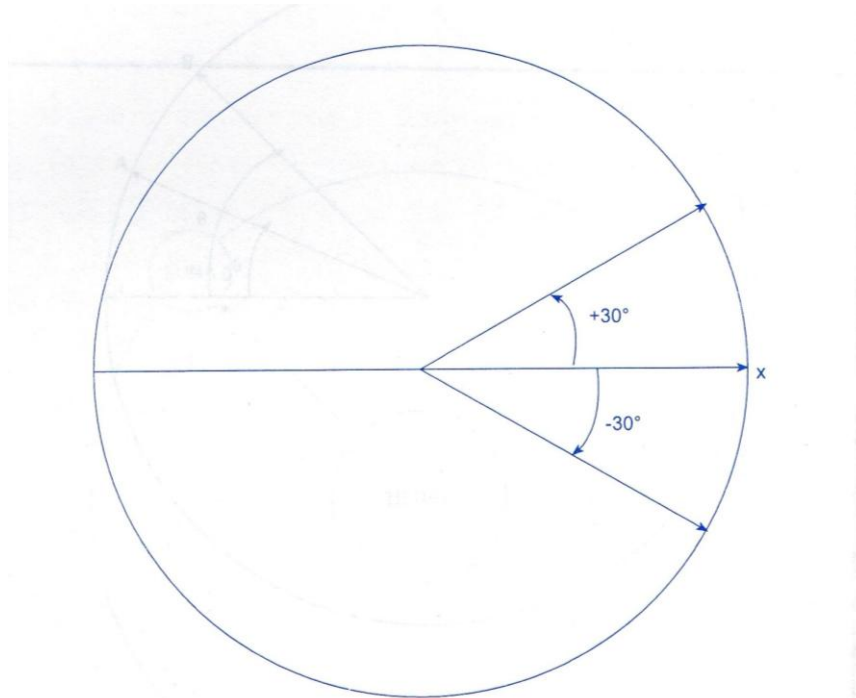


Figura 17 a) ángulo de -30° , se mide en el sentido hacia donde se mueven las agujas del reloj y b) ángulo de 30° medido en sentido contrario al de las agujas del reloj.

DESPLAZAMIENTO ANGULAR:

Se llamará desplazamiento angular al cambio en la posición angular:

$$\Delta\theta = \theta - \theta_0$$

Convendremos en que los ángulos medidos a partir de la horizontal y en el sentido del movimiento de las agujas del reloj serán negativos y los que se midan en sentido contrario, serán positivos

Ejemplos:

En la tabla mostrada a continuación, aparecen 12 ejercicios en los cuales se indica, para cada caso, la posición angular inicial y la posición angular final. Todas las posiciones se expresan en grados sexagesimales (grados cuya base es 60, es decir, un grado tiene 60 minutos, y un minuto tiene 60 segundos).

No.	θ_0	θ
1	0	60
2	60	90
3	90	107
4	230	260
5	300	315
6	0	30
7	360	300
8	90	45
9	-20	0
10	-30	-90
11	-30	-90
12	-180	-270

Los doce casos que se presentan en la tabla corresponden a posiciones inicial y final de una partícula que se mueve con movimiento circular uniforme.

Aplicando la definición de desplazamiento angular,

$$\Delta\theta = \theta - \theta_0$$

podemos escribir la tabla siguiente, la cual indica el desplazamiento angular en grados sexagesimales y el significado del signo.

No.	$\Theta - \Theta_0$	$\Delta\Theta$	Significado del signo
1	60-30	30	(+) *
2	90-60	30	(+) *
3	107-90	17	(+) *
4	260-230	30	(+) *
5	315-300	15	(+) *
6	30-0	30	(+) *
7	300-360	-60	(-) **
8	45-90	-45	(-) **
9	0-(-20)	20	(+) *
10	-25-(-30)	5	(+) *
11	-90-(-30)	-60	(-) **
12	-270-(-180)	-90	(-) **

* Significa que el objeto se movió siguiendo una trayectoria circular en sentido contrario al movimiento de las agujas del reloj.

** Significa que el objeto se movió a favor de las agujas del reloj, con una trayectoria circular.

Siempre que ocurre un cambio (en este caso cambio en la posición angular), está transcurriendo el tiempo. Si relacionamos al desplazamiento angular con el tiempo que ha transcurrido por medio de la expresión: $\Delta\theta/\Delta t$, obtenemos una cantidad que le llamaremos rapidez angular media.

Si el desplazamiento lo expresamos en grados y el tiempo en segundos, la rapidez angular la escribiremos en grados/segundo ($^{\circ}/s$). Esto no es conveniente pues nosotros utilizamos el sistema numérico decimal (base diez). Entonces, es conveniente referirnos al SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES DE MEDIDA que utiliza para medidas de ángulo plano al RADIAN.

RADIAN:

Cuando medimos un arco de longitud "L" y radio "r", el ángulo expresado en radianes viene dado por la relación entre la longitud del arco y la longitud del radio respectivo;

$$\theta = L/r$$

Si el arco, L y el radio, r tienen la misma longitud, entonces el valor de L/r es 1 radián (1 rad).

Cuando se conocen la longitud del arco recorrido y el radio de curvatura correspondiente, el desplazamiento angular queda expresado como:

$$\Delta\theta = L/r$$

Un móvil tiene un movimiento circular y se observa que recorrió un arco de 2 m y que el radio de curvatura fue de 4 m, entonces el desplazamiento angular será de:

$$\Delta\theta = 2\text{m}/4\text{m} = 0.5$$

2 m entre 4 m (2 m/4 m) queda un número, 0.5, el cual no tiene unidad de medida. Pero, como estamos en presencia de movimientos circulares, a este número le daremos un nombre: RADIAN, en este caso tendremos un desplazamiento angular de 0.5 radianes (que los expresaremos como 0.5 rad).

Cuando se tienen varias circunferencias con diámetros diferentes y se hace una relación entre la longitud de la circunferencia y su diámetro observamos que ocurre algo muy interesante: no importa cuál es la longitud de la circunferencia si la dividimos entre su respectivo diámetro, siempre obtenemos el mismo número. Por ser ésta una constante recibe un nombre especial. El nombre de esta relación es Pi y su símbolo en alfabeto griego es " π ". $\pi=3.14159265\dots\dots$ al infinito.

Del párrafo anterior podemos concluir que si dividimos longitud de la circunferencia entre dos veces el radio (diámetro) el resultado es π que expresado en una ecuación queda: $L/2r = \pi$ o bien dejar claro que la longitud de una circunferencia pueda encontrarse según la siguiente ecuación:

$$L = 2\pi r$$

Por ejemplo, si Ud. mide que el radio de la rueda de un automóvil es de 25 cm (centímetros) entonces en una vuelta que dé la rueda, el automóvil avanzará una distancia aproximada de 1.57 m. Para obtener este resultado fue necesario que Ud. multiplicara 2 por π y por 0.25 m

$$L = 2 \times 3.1416 \times 0.25 \text{ m} = 1.57 \text{ m}$$

Siendo 1.57 m, la longitud de la circunferencia.

Cuando una rueda va rodando sin resbalar se puede afirmar que la longitud total que avanza su eje viene dada por la cantidad de vueltas que dio multiplicada por $2\pi r$ (lo que avanza en una vuelta).

Experimento: mida el radio de la rueda de una bicicleta, con este radio calcule la distancia que recorrerá la bicicleta cuando la rueda dé una vuelta completa. Ahora, con estos datos calcule ¿cuántas vueltas dará la rueda para que la bicicleta avance 10 m? Para poder hacer una evaluación de su respuesta, es necesario que le ponga una marca a la rueda y cuente cuántas vueltas da cuando avanza 10 metros exactos.

Seguiremos estudiando el movimiento circular; cuando una rueda está girando, pero no se traslada, es decir solamente gira en torno a su eje, y observamos que sufre desplazamientos angulares iguales en tiempos iguales, decimos que el movimiento es CIRCULAR UNIFORME (MCU).

Si un objeto está girando y da una vuelta, notamos que el cambio en la posición es cero, con lo cual no obtenemos mayor información del movimiento. Pero, si definimos una cantidad que relacione las vueltas que da la rueda con la unidad de tiempo, entonces si se pueden calcular otras cantidades como el período, la rapidez angular etc.

Llamaremos frecuencia a la cantidad de vueltas que da el objeto en la unidad de tiempo, así, por ejemplo: si un cuerpo gira a razón de 50 vueltas en 10 s diremos que la frecuencia es de $50/10 = 5$ vueltas/s.

Cuando un cuerpo gira y da una vuelta, también se dice que completó un ciclo de tal forma que la frecuencia también la podemos expresar en ciclos por segundo que se escribe como ciclos/s; a la

cantidad de ciclos por segundo se le llama Hertz, que se expresa como Hz. Muchos fenómenos que son periódicos se pueden expresar de acuerdo a su frecuencia así las ondas de radio, de televisión etc. (en su radio receptor, la Radio Universidad se sintoniza en 92.1 megahertz en frecuencia modulada)

Como sabemos, una vuelta equivale a girar un ángulo de 2π rad, entonces media vuelta será π rad, un cuarto de vuelta (90°) será equivalente a $\pi/2$ rad, etc. Podemos encontrar una expresión que nos sirva para transformar de grados a radianes y viceversa $A^\circ \times \pi \text{ rad}/180^\circ$ con esta expresión encontraremos cuantos radianes hay en A° ; así, si A es 180 la expresión anterior nos da π rad.

En la tabla siguiente se le dan varios ángulos encuentre el valor que se le pide, llenando la casilla en blanco.

Ejercicio	θ , en grados	θ , en radianes
1	30	
2	60	
3	90	
4	120	
5	270	
6		1
7		3.14
8		6.28
9		10
10		0.25

Ejemplos:

1. Se observa que un objeto se mueve con movimiento circular, en un instante se encuentra a 30° y luego se le ve a 60° . Encuentre el desplazamiento angular expresado en grados y radianes.

Como ya se vio anteriormente el desplazamiento angular es el cambio en la posición angular, por lo que la solución de este ejemplo será:

$$\Delta\theta = \theta - \theta_0 = 60^\circ - 30^\circ = 30^\circ = 30^\circ \times \pi \text{ rad}/180^\circ = \pi/6 \text{ rad}$$

Un objeto que se mueve con movimiento circular uniforme, en cierto momento se encuentra a 45° y dos segundos después se ve a 0° . ¿Cuál es la rapidez angular del objeto?

$$\text{DATOS: } \theta_0 = 45^\circ, \theta = 0^\circ \text{ y } \Delta t = 2 \text{ s.} \quad \text{INCÓGNITA: } \omega$$

$$\text{DEFINICIÓN: } \omega = \Delta\theta/\Delta t$$

$$\text{SOLUCIÓN: } \omega = (45^\circ - 0^\circ) / 2 \text{ s} = -45^\circ / 2 \text{ s} = -22.5^\circ/\text{s}$$

El signo (-) en la respuesta indica que el objeto se desplaza en el sentido en que se mueven las agujas del reloj.

$$\text{La solución expresada en rad/s será de: } \omega = (\pi/8) \text{ rad}/2 \text{ s}$$

$$\omega = (\pi/16) \text{ rad/s}$$

En la tabla siguiente se dan los datos de posiciones angulares, inicial = θ_0 en un tiempo inicial t_0 y final θ en un tiempo t . Las posiciones se dan en grados sexagesimales y los tiempos, inicial y final en segundos.

No.	θ_0	θ	t_0, s	t, s
1	0	60	2	4
2	60	90	7	10
3	90	107	0	4
4	230	260	1	6
5	300	315	3	6
6	0	30	5	7
7	360	300	30	32
8	90	45	4	8
9	-20	0	5	8
10	-30	-90	8	10
11	-30	-90	12	15
12	-180	-270	10	16

En la tabla siguiente se toman los ejercicios del 1 al 12 de la tabla anterior y se calculan los desplazamientos angulares y el tiempo que ha transcurrido para cada desplazamiento, se te pide que completes la tabla en la columna titulada κ , y que los resultados que aquí escribas sean en radianes/s.

No.	$\theta - \theta_0$	$\Delta\theta, ^\circ$	$\Delta t, s$	$\omega, \text{rad/s}$
1	60-30	30		
2	90-60	30		
3	107-90	17		
4	260-230	30		
5	315-300	15		
6	30-0	30		
7	300-360	-60		
8	45-90	-45		
9	0-(-20)	20		
10	-25-(-30)	5		
11	-90-(-30)	-60		
12	-270-(-180)	-90		

VELOCIDAD TANGENCIAL:

Cuando el desplazamiento angular es muy pequeño (se dice que tiende a cero), el arco que la partícula recorre en el borde del círculo se puede considerar como una línea recta. Una buena aproximación es considerar que cuando el desplazamiento angular es muy pequeño, el arco es un desplazamiento lineal (ya que en esta situación se observa que la curvatura del arco ya no existe, es decir ya no hay arco). En tal sentido cuando dividimos este desplazamiento “lineal” entre el tiempo transcurrido el resultado es una velocidad lineal tangente al punto del círculo considerado y por tal razón a esta se le llamará VELOCIDAD TANGENCIAL.

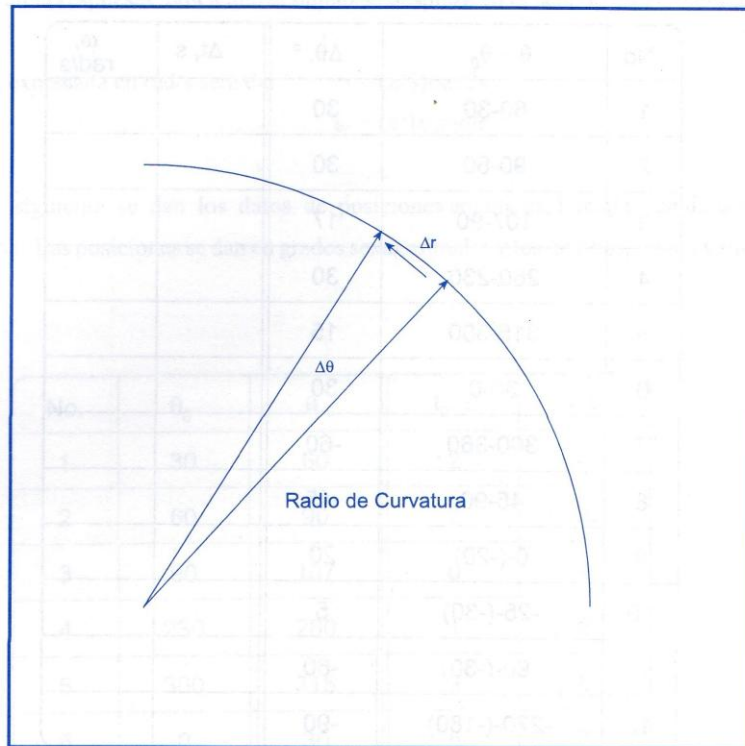


Figure 18 Cuando el desplazamiento angular es muy pequeño, la trayectoria puede considerarse como una línea recta (desplazamiento lineal), en consecuencia, en ese instante puede decirse que el objeto tiene velocidad tangencial.

Cuando dividimos la longitud del arco entre el radio de curvatura obtenemos el ángulo expresado en radianes. Así que:

$$\Delta\theta = \text{arco}/\text{radio de donde arco} = (\Delta\theta) \times (\text{radio})$$

haciendo la aproximación, como se indicó anteriormente, queda, que el arco es un desplazamiento lineal, $\Delta r = (\Delta\theta) r$, ahora si dividimos esta ecuación entre el tiempo que ha transcurrido el resultado será:

$$\Delta r/\Delta t = (\Delta\theta /\Delta t) r$$

Aquí se puede apreciar que $\Delta r/\Delta t$ es la expresión que se ha usado para indicar la velocidad lineal de un cuerpo y como esta está en la dirección de la tangente al círculo en ese punto decimos que es la velocidad tangencial. Y, $\Delta\theta/\Delta t$ es la expresión que ha servido para indicar la rapidez angular, ω .

Por consiguiente, se puede expresar la velocidad tangencial de una partícula que se mueve con movimiento circular por medio de la expresión:

$$v = \omega r$$

Donde ω representa la rapidez angular y r el radio.

Ejemplos:

- 1) Un objeto se mueve con movimiento circular y en el momento en que su rapidez angular es de 4 rad/s y el radio de curvatura es 2 m, la velocidad tangencial quedará de:

$$v = 4(\text{rad/s}) * 2\text{m} = 8(\text{rad m/s})$$

Como radián resultó del cociente de dos longitudes, éste solamente es un número y en este caso podemos prescindir de su escritura quedando:

$$v = 8 \text{ m/s}$$

- 2) Un automóvil sigue una curva que tiene un radio de curvatura de 10 m. Si la velocidad con que llega a la curva es de 36 km/h (kilómetros por hora) y se mantiene constante su magnitud mientras sigue la curva, entonces cuál es el valor de la rapidez angular?

Solución: primero convirtamos los 36 km/h a m/s, para esto sabemos que 1 km = 1000 m y que 1h = 3600 s haciendo esas sustituciones obtenemos que 36 km/h = 10 m/s. Luego dividimos entre los 10 m del radio de curvatura y obtenemos:

$$\omega = v/r = 10(\text{m/s}) / 10\text{m} = 1 \text{ rad/s}$$

Aquí, nuevamente le volvemos a poner el nombre de radián para indicar que nos referimos a cantidades que se relacionan con el movimiento circular.

MOVIMIENTO CIRCULAR UNIFORME (MCU)

Cuando un objeto se mueve en una trayectoria circular y observamos que, en intervalos de tiempo iguales, sufre desplazamientos angulares iguales, decimos que el movimiento es **movimiento circular uniforme (MCU)**. Muchos motores giran con movimiento circular uniforme; por ejemplo, una tornamesa para tocar discos de celulosa tiene dos posibles rapidezces angulares una que nos indica 45 RPM y la otra 33 RPM. Un disco de 45 RPM no se puede escuchar bien si se coloca en una tornamesa con 33 RPM.

RPM 45 y 33 RPM indican que los discos girarán a 45 revoluciones por minuto (rev/min) o a 33 revoluciones por minuto (rev/min). Debes transformar estas rapidezces angulares a unidades de rad/s.

En la siguiente tabla se le dan diferentes rapidezces angulares en RPM, debes expresarlas en rev/s y en rad/s.

Ej.	RPM	rev/s	rad/s
1	1000		
2	2000		
3	500		
4	100		
5	60		

ACELERACIÓN CENTRÍPETA:

Analicemos el siguiente experimento: sobre una mesa horizontal se desliza un bloque describiendo una trayectoria circular. Entre la mesa y el bloque no existe fricción. Si el trozo está atado a una cuerda y ésta se rompe cuando el bloque pasa por el punto A. ¿Hacia dónde se dirige el trozo?

El trozo se mueve con movimiento circular uniforme y la pregunta se repite cuando la cuerda se rompe en B, C y D de la figura siguiente. Cuando el trozo sigue en la trayectoria indicada en cada punto; ¿cuál es la distancia más grande recorrida a partir del punto donde salen de la mesa?

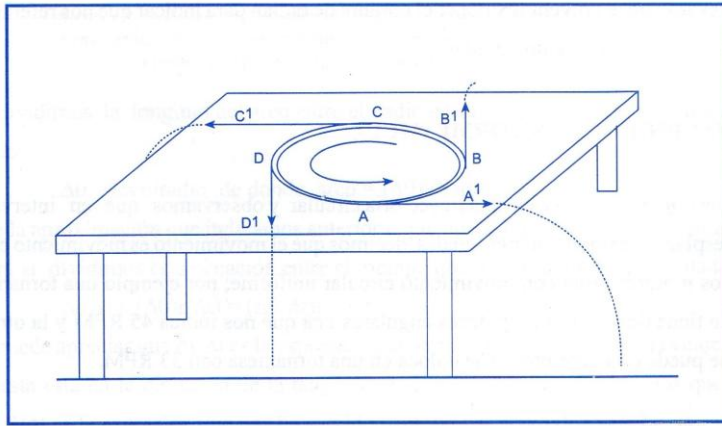


Figure 19 Trozo moviéndose con MCU, puntos en donde la cuerda se rompe y trayectorias seguidas por el trozo.

Para responder a la primera pregunta diremos que el bloque se dirige hacia A' en una trayectoria recta.

Para la segunda pregunta si medimos la distancia desde donde sale de la mesa hasta donde caen al suelo veremos que estas distancias son iguales. Esto ocurre puesto que la velocidad tangencial en cualquier punto donde se rompa la cuerda será de un mismo tamaño.

Si la velocidad tiene el mismo tamaño, pero diferente dirección decimos que está cambiando y cuando un móvil cambia su velocidad debe existir aceleración.

En un movimiento circular uniforme existe aceleración. Ahora investiguemos un poco y

descubramos cuánto vale y hacia donde está dirigida:

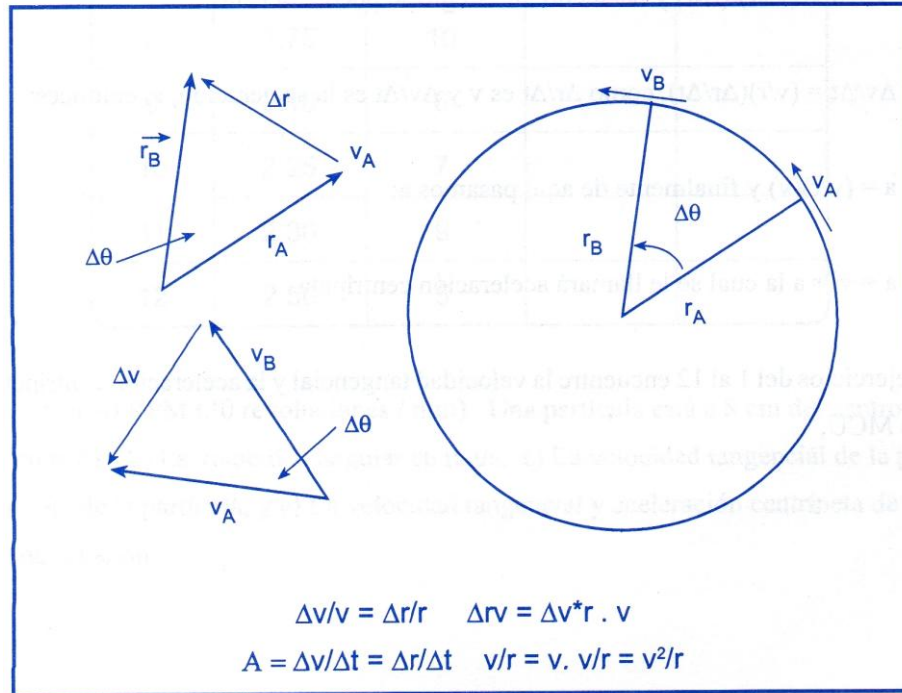


Figura 20 El cambio en la posición y la velocidad en cada punto nos pueden ayudar para encontrar el módulo y la dirección de la aceleración

En la figura podemos apreciar que el objeto en el punto A tiene una posición, r_A , diferente a la posición que tiene en el punto B, r_B , sin embargo, tienen el mismo tamaño. También podemos observar, que la velocidad en la posición r_A es diferente a la velocidad en la posición r_B y que como en el caso de las posiciones las velocidades también tienen el mismo tamaño.

Cuando calculamos el cambio de la velocidad tangencial, el cambio en la posición radial y medimos el tiempo en que han transcurrido éstos; podemos encontrar el tamaño de la aceleración. Por construcción de los triángulos se puede observar que el cambio de velocidad tangencial en las dos diferentes posiciones tiene una dirección hacia el centro del movimiento. Los dos triángulos formados son ISÓSCELES (triángulos que tienen dos lados iguales), el ángulo entre los radios es igual al ángulo entre las velocidades y esto nos permite hacer una semejanza entre ellos, de tal manera que podemos expresar:

$$\Delta v/v = \Delta r/r \text{ de esta expresión se puede despejar } \Delta v, \text{ quedando}$$

$\Delta v = v(\Delta r/r)$ si ahora dividimos toda esta ecuación entre el tiempo transcurrido nos queda:

$$\Delta v/\Delta t = (v\Delta r)/(r\Delta t) \text{ y haciendo un arreglo se puede escribir:}$$

$\Delta v/\Delta t = (v/r)(\Delta r/\Delta t)$, como $\Delta r/\Delta t$ es v y $\Delta v/\Delta t$ es la aceleración, a , entonces:

$$a = (v/r)(v) \text{ y finalmente de aquí pasamos a:}$$

$$a = v^2/r \text{ a la cual se le llamará aceleración centrípeta.}$$

En los ejercicios del 1 al 12 encuentre la velocidad tangencial y la aceleración centrípeta de cuerpos que se mueven con MCU.

Ejercicio	Radio, m	ω , rad/s	V, m/s	A_c , m/s ²
1	0.5	2π		
2	0.10	3.14		
3	0.25	4		
4	1	2		
5	1.10	3		
6	1.25	1		
7	1.50	8		
8	1.75	10		
9	2.10	6		
10	2.25	7		
11	2.30	9		
12	2.50	5		

13. Un disco gira a 30RPM (30 revoluciones/min). Una partícula está a 8 cm del centro. Encuentre:
a) La frecuencia en ver/s, b) La velocidad angular en rad/s, c) La velocidad tangencial de la partícula, d) La aceleración centrípeta de la partícula, y e) La velocidad tangencial y aceleración centrípeta de otra partícula a 12 cm del centro de rotación.

CAPÍTULO DOS

DINÁMICA

- Fuerza – Masa – Peso
- Gravitación - Ley de Gravitación Universal
- Fuerza de Fricción - Peso – Fuerza Normal
 - Fricción Estática – Fricción Cinética
- Autoexamen

DINÁMICA

A la parte de la Mecánica que se dedica al estudio de las fuerzas le llamamos DINÁMICA.

Nuestro concepto de FUERZA coincide con el hecho de jalar o empujar cuerpos. Esto es, podemos definir fuerza como un "jalón" o un "empujón" que le damos a un cuerpo. Aunque esta definición nos parece satisfactoria se prefiere definirla en términos de lo que la fuerza hace, es decir, una definición operacional. Veamos a una pelota que la comprimimos contra el suelo, el resultado es que cambia su forma. Ahora, si sostenemos la pelota con la palma de una mano y la golpeamos en un lado con la otra, la pelota se moverá. De acuerdo con esto se puede decir que una fuerza puede deformar los cuerpos o cambiar su estado de movimiento.

Las fuerzas que actúan sobre un cuerpo pueden estar equilibradas o desequilibradas.

Una bola de acero suspendida de un alambre que está atado al techo del aula, está sometida a dos fuerzas: su peso que se ejerce verticalmente hacia abajo y la fuerza que recibe del alambre que actúa verticalmente hacia arriba. Como en este caso el cuerpo (bola de acero) no se mueve estas dos fuerzas son iguales en magnitud y opuestas en dirección. Decimos que el efecto neto para el movimiento del cuerpo es nulo o que su resultante es igual a cero.

Cuando un grupo de bomberos estiran una lona, para que las personas que se lanzan desde los edificios en llamas no se hagan daño, todos halan de tal forma que la resultante es cero. Estos son ejemplos de fuerzas equilibradas, es decir, fuerzas cuya resultante es cero. Por otro lado, si dos niños tiran (halan) de su juguete favorito, uno con una fuerza de 12 newtons y el otro con una de 10 newtons en direcciones opuestas hay una fuerza resultante de 2 newtons en la dirección del niño más fuerte. Esta resultante de dos newtons es una fuerza no equilibrada. Siempre que la resultante de un grupo de fuerzas que actúan sobre el mismo objeto no vale cero, se dice que actúa una fuerza no equilibrada o bien una fuerza resultante.

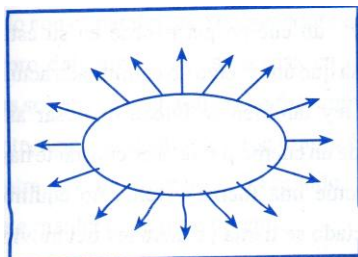


Figura 1. La fuerza de tensión en el alambre es del mismo tamaño que el peso de la bola de acero, mas, sin embargo, tienen direcciones opuestas: las fuerzas están equilibradas.

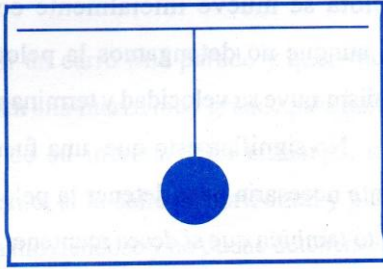


Figura 2. Grupo de bomberos estirando la lona protectora de caídas, la suma de todas las fuerzas que están actuando sobre la lona es igual a cero.

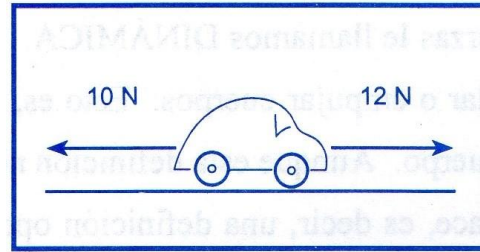


Figura 3. Niños discutiendo por su juguete favorito la fuerza resultante es de 2 N del niño más fuerte.

Una fuerza no equilibrada cambia la velocidad de un objeto. Si se empuja una pelota sobre un piso horizontal, la pelota rueda. Si se pone la mano en el camino de la pelota y se ejerce una fuerza contraria al movimiento la pelota se detiene. Si por otra parte se coloca la mano formando un cierto ángulo con la dirección del movimiento de la pelota, ésta cambiará la dirección de su movimiento. Todos estos cambios son producidos por fuerzas no equilibradas. Si se oprime la pelota con ambas manos en direcciones opuestas, las fuerzas se equilibran y no hay cambio de velocidad.

Es evidente que una pelota inmóvil sobre una superficie horizontal no se moverá si no se empuja. Y si la pelota se mueve inicialmente con cierta velocidad, aunque no detengamos con la mano, ella disminuye su velocidad y termina por llegar al reposo. ¿No significa esto que una fuerza no es estrictamente necesaria para detener la pelota? ¿No significa esto, también, que si desea mantener la pelota en movimiento se debe suministrar de modo continuo una fuerza no equilibrada?

Estas preguntas han confundido a las personas durante siglos. Los antiguos griegos decidieron que el estado natural de un objeto es el de reposo y que siempre se necesita una fuerza para mantenerlo en movimiento. Esta es la idea que puso en duda un gran genio como Galileo. [Sir Isaac Newton (nació en 1642, año de la muerte de Galileo) también dudó de ella]. Pensó que la gente pasaba por alto alguna de las fuerzas que actuaban en la pelota rodante. Cuando la pelota deja de ser empujada, continúa rodando, pero el aire que está en su camino debe ser apartado y, además, hay fricción o rozamiento entre la pelota y el piso. La resistencia del aire y el rozamiento son fuerzas que retardan el movimiento de la pelota.

Cuando se empuja una pelota, la fuerza en la dirección del movimiento debe ser mayor que las fuerzas de la resistencia del aire y el rozamiento con el piso; las fuerzas no están equilibradas, y, por

tanto, la pelota empieza a moverse. Cuando se deja de empujar, las fuerzas de la resistencia del aire y el rozamiento con el piso no tienen oposición y estas constituyen la fuerza resultante que frena el movimiento de la pelota.

Newton estableció sus conclusiones en forma de una ley: un cuerpo permanece en su estado de reposo hasta que una fuerza no equilibrada actúa sobre él. Esta ley también se puede expresar así: "**la velocidad de un cuerpo permanece constante hasta que sobre él actúe una fuerza externa no equilibrada**". Este enunciado se llama primera ley del movimiento de los cuerpo o primera ley de Newton.

Una de las tareas de los científicos es formular leyes que describan con precisión el comportamiento del Universo. Algunas veces, una ley es enunciada de modo incompleto y es revisada cuando se comprueban nuevos hechos.

La noción de los antiguos griegos de que los objetos móviles se detienen si no son empujados, es un ejemplo de un enunciado incompleto de una ley científica. Ciertamente, esto es verdad en la superficie de la Tierra, donde no pueden ignorarse las fuerzas de rozamiento y la resistencia del aire. Pero, en el espacio exterior donde esas fuerzas no existen, un objeto puede viajar millones de kilómetros sin disminuir su velocidad. En la Tierra puede observarse que mientras más se reduce el rozamiento y la resistencia del aire, más distancia recorrerá un cuerpo sin detenerse. La ley de Newton es una mejor descripción del comportamiento del Universo comparado con las ideas que por muchos años prevalecieron en el pasado.

Todos los cuerpos poseen inercia. Si alguien está sentado en un auto a la derecha del conductor y éste bruscamente presiona el freno, el cuerpo del pasajero se irá hacia adelante topando con el parabrisas o golpeándose en el tablero delantero del carro. Si se piensa en términos de fuerzas se verá que el pasajero no fue empujado hacia adelante, sino que el automóvil se le aplicó una fuerza en contra del movimiento. Resultado: el pasajero tiende a mantener su movimiento.

¿Qué sucede cuando el conductor acelera muy rápidamente el carro? Una fuerza se aplicó al carro para acelerarlo, pero ninguna se aplicó al viajero, que se queda atrás por un momento. El asiento trata de moverse hacia delante más aprisa que el pasajero por eso le comprime la espalda, es decir lo empuja hacia adelante.

Cualquier cuerpo se comporta de acuerdo con la primera ley de Newton. La tendencia de un objeto a continuar en movimiento, si ya lo está, o de permanecer en reposo si está quieto, se llama inercia. La inercia puede también definirse como la tendencia de un cuerpo a permanecer con velocidad constante. La primera ley de Newton es por eso llamada ley de la inercia.

Probablemente no hay ley física más familiar que la primera ley de Newton, aunque no se haya pensado en ello. Por ejemplo, cuando se ayuda a recoger la mesa del comedor, si se mueve rápidamente un plato los cubiertos que están sobre él, caerán con un estrépito al piso, porque se ha aplicado una fuerza al plato, pero no a los cubiertos. Debido a su inercia estos no se mueven hacia la cocina con el plato, sino que se quedan detenidos donde la fuerza de atracción de la Tierra los hace caer.

Si un carro está parado y queremos empujarlo se necesita una fuerza muy grande para poder moverlo a causa de su inercia. Sin embargo, una vez en movimiento, si la calle es horizontal y plana el auto continúa moviéndose y no puede detenerse fácilmente, porque está en movimiento y se opone a ir más despacio.

La masa es la medida cuantitativa de la inercia. Si se desea mover un automóvil, empujándolo, se necesita una fuerza muy grande para vencer su inercia. Sin embargo, si el carro es de juguete la fuerza para moverlo será pequeña. La diferencia que existe entre los dos vehículos es su masa. El automóvil tiene una masa muy grande mientras que el juguete tiene una muy pequeña.

La inercia de un objeto nos proporciona un modo de definir la masa. Cuanto mayor sea la masa de un objeto, mayor es su tendencia a permanecer con velocidad constante. Por tanto, la masa se define a menudo, como la medida cuantitativa de la inercia de un objeto. Igual que en el caso de la fuerza, ésta es una definición operacional y permite decidir cuál de dos masas es mayor, observando cual se mueve con menor rapidez cuando se le aplica la misma fuerza a cada una de ellas durante el mismo intervalo de tiempo.

En el sistema Internacional de Unidades, el kilogramo es la unidad patrón de masa. La definición de masa dada anteriormente permite comparar dos de ellas, pero no permite un modo de decidir la magnitud de cada una de las mismas. En la actualidad, el patrón de masa, que se conserva en la Oficina de Pesos y Medidas en Francia, es un cilindro de platino e iridio que se llama kilogramo patrón internacional.

En la época en que el metro fue designado y definido como el patrón de longitud, los hombres de ciencia responsables de su elección se encargaron de definir también un patrón de masa. Además, basaron la masa patrón en el metro patrón, es decir, definieron masa en función de longitud.

A primera vista, tal definición parece imposible, pero puede darse aunque se necesita un ⁵⁵paso intermedio. Todos los cuerpos ocupan un lugar en el espacio, éste tiene tres dimensiones y cada una puede expresarse en función del metro. El paso intermedio es seleccionar una unidad de volumen. Cuando se haga esto, un volumen especificado de una sustancia seleccionada puede tomarse como la masa patrón.

Como unidad de volumen, los franceses del siglo XVIII, escogieron el centímetro cúbico adoptaron al agua pura, designaron como un gramo de masa a un centímetro cúbico de agua pura.

El agua se obtiene en cualquier lugar y se purifica con facilidad. Ciertamente su volumen cambia con variaciones de temperatura y de presión atmosférica, pero esta desventaja puede subsanarse especificando la temperatura y la presión a las que debe medirse el volumen indicado.

Inconvenientes de utilizar el gramo como patrón de masa. Debido a que el agua se evapora con mucha rapidez, un centímetro cúbico de agua no podía usarse directamente como gramo patrón. El platino era el material más satisfactorio disponible en aquel tiempo, pero un pedazo de platino de un gramo era una cosa muy pequeña por lo que era demasiado pequeño para ser un buen patrón de masa. Por esta razón, el comité de científicos decidió preparar una masa de platino de mil gramos. Presentaron el kilogramo patrón de platino iridio, que fue adoptado por los hombres de ciencia como el patrón internacional de masa. Un kilogramo es la cantidad de masa que hay en un litro (mil centímetros cúbicos) de agua a cuatro grados Celsius de temperatura y una atmósfera de presión.

RELACIÓN ENTRE FUERZA, MASA Y ACELERACIÓN

Un motociclista arranca cuando el semáforo le da vía, en estas condiciones la motocicleta puede adquirir mayor aceleración que un camión, pese a que éste tiene un motor mucho más potente. También podemos observar (en TV) que entre los carros deportivos y los normales (de aceleración. Por lo visto, parece que hay dos factores que intervienen a la hora de comunicar una aceleración a un cuerpo, su masa y la fuerza que le aplicamos. Vamos a analizar estas dos cantidades (variables) por separado.

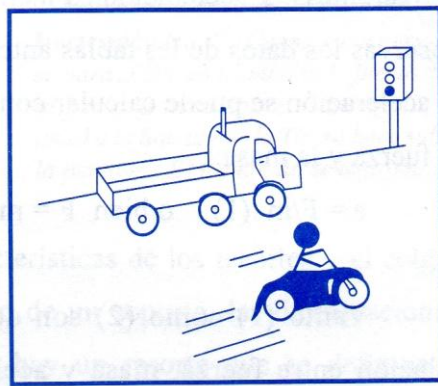


Ilustración No. 4 Un camión y un motociclista arrancando cuando el semáforo pone luz verde.

Se han realizado medidas de la aceleración de que adquieren cuerpos de masa distinta al aplicarles la misma fuerza, obteniéndose los siguientes valores:

A)

F = 0.2 N	masa (kg)	0.5	1	1.5	2	2.5
	a (m/s ²)	0.4	0.2	0.13	0.1	0.08

De la misma manera se han realizado; medidas de las aceleraciones adquiridas por el mismo cuerpo cuando aplicamos fuerzas distintas. La tabla siguiente muestra los resultados para una masa de 1 kg.

B)

m = 1 kg	F (N)	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
	a (m/s ²)	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5

Las conclusiones que se deducen de estas dos tablas de datos son:

- a) La aceleración y la fuerza son directamente proporcionales. Al duplicarse la fuerza aplicada al mismo cuerpo, la aceleración se duplica.
- b) La masa y la aceleración son inversamente proporcionales, cuando la masa se duplica, manteniendo constante la fuerza, la aceleración que se comunica al cuerpo es la mitad.

Esta dependencia entre las cantidades fuerza, masa y aceleración es fácil de formular. Si observas los datos de las tablas anteriores, verás que la aceleración se puede calcular como cociente entre la fuerza y la masa:

$$a = F/m \text{ (I) o bien } F = m \cdot a \text{ (II)}$$

Tanto (I) como (II) son dos formas de la relación entre fuerza, masa y aceleración, que es conocida como **Segunda Ley de Newton** o Segunda Ley del Movimiento.

En resumen: La aceleración que se comunica a un cuerpo será tanto mayor cuanto; mayor sea la fuerza que se aplica y menor la masa del cuerpo.

O bien: Para un mismo cuerpo, al aplicar distintas fuerzas, las aceleraciones son distinta, de modo que el cociente de estas dos cantidades permanece constante:

$$F_1/a_1 = F_2/a_2 = F_3/a_3 = \dots = m$$

Esta constante que es característica de cada cuerpo es lo que se conoce como su **masa inercial**.

Las fuerzas como resultado de interacciones:

Si analizamos cualquiera de los ejemplos que se ha visto a lo largo del tema, comprobaremos que en todos ellos intervienen como mínimo dos cuerpos. Un cuerpo por sí solo no puede experimentar jamás la acción de una fuerza ni realizarla. Las fuerzas surgen única y exclusivamente como resultado de interacciones.

Siempre hay un cuerpo que ejerce la fuerza y otro que la recibe. Cuando presionamos la pelota contra el suelo, ésta ejerce una fuerza del mismo tamaño, pero hacia arriba. De la misma manera si la Tierra atrae con una determinada fuerza a una piedra, ésta atraerá a la Tierra con una fuerza de igual tamaño y dirección contraria.

A cada acción corresponde una reacción igual y de dirección contraria. No es que actúe una primero y la otra después; las dos actúa simultáneamente, pero en cuerpos diferentes. Cada una es causa simultánea de la otra. Este principio es conocido como la **Tercera Ley de Newton** o Tercera Ley del Movimiento.

El Peso: Si a una cierta altura del suelo soltamos un cuerpo, éste cae con una aceleración aproximada de 9.8 m/s^2 . Teniendo en cuenta la primera Ley de Newton, esto nos indica que existe una fuerza actuando sobre él. Es la fuerza que la Tierra ejerce sobre todos los cuerpos que se encuentra en su cercanía atrayéndolos hacia su centro. A esta fuerza le llamaremos **peso** del cuerpo. Cada cuerpo tiene un peso determinado que es el valor de la fuerza con que es atraído por la Tierra.

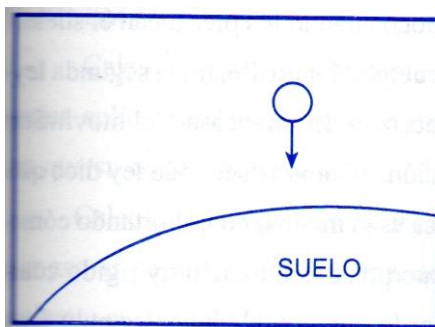


Ilustración No. 5. *Los cuerpos son atraídos hacia el centro de la Tierra, a esta fuerza le llamamos peso.*

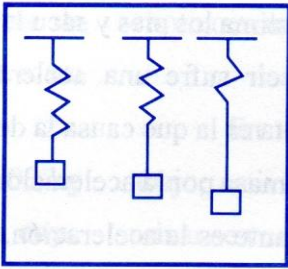


Ilustración No. 6. Alargamiento de un resorte al aplicárseles diferentes fuerzas. Tres masas diferentes

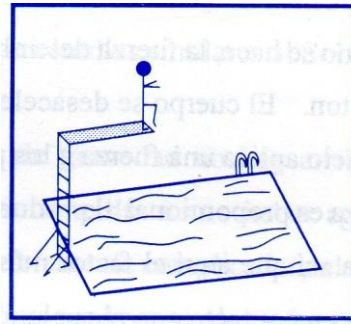


Ilustración No. 7 Cuando una persona se para sobre un trampolín la fuerza que la persona hace sobre el trampolín es igual a la fuerza que la Tierra hace sobre la persona. El

El dinamómetro: Es un medidor de fuerzas, basado en las características de los resortes. Al colgar diferentes masas de un resorte que se encuentra suspendido por medio de un soporte, las deformaciones (alargamientos) que se obtienen son diferentes. En la ilustración No. 7 hay un resorte que se deforma a diferentes masas suspendidas y en la ilustración No. 8 hay un ejemplo de valores obtenidos y su representación gráfica en un sistema de coordenadas. **o:** Es un medidor de fuerzas, basado en las características de los resortes. Al colgar diferentes masas de un resorte que se encuentra suspendido por medio de un soporte, las deformaciones (alargamientos) que se obtienen son diferentes. En la ilustración No. 7 hay un resorte que se deforma a diferentes masas suspendidas y en la ilustración No. 8 hay un ejemplo de valores obtenidos y su representación gráfica en un sistema de coordenadas. Esto es una línea recta lo que confirma que las dos cantidades son proporcionales. A doble fuerza doble alargamiento; a triple fuerza triple alargamiento. Esto nos permite hacer una relación entre el alargamiento del resorte y la fuerza aplicada. Si ponemos junto al resorte una escala con divisiones y observamos qué señal alcanza el extremo del resorte al alargarse, podemos medir el peso del cuerpo suspendido.

Kg. m	X cm
1	3
2	6
3	9

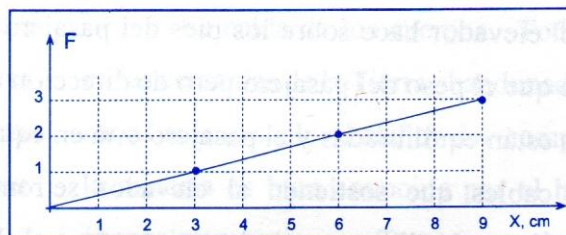


Ilustración No. 8. Tabla y gráfica que nos muestra el alargamiento del resorte, en cm, comparada con la masa suspendida en uno de sus extremos, en gramos.

Con el fin de medir fuerzas en sitios diferentes y poderlas comparar entre sí, necesitamos una unidad patrón. Por un acuerdo internacional de adopto como tal unidad patrón la fuerza con la que es atraída por la Tierra en su superficie una masa de 102 gramos. A esta fuerza unidad se le llama **newton (N)**.

Aplicaciones de la segunda ley. Si se salta desde una altura de 1 m o desde 1.5 m sobre una superficie dura, deben relajarse los músculos y permitir a las rodillas doblarse un poco cuando los pies tocan el suelo. Si esto no se hace, la fuerza del impacto lastima los pies y sacuda todo el cuerpo, lo que ilustra la segunda ley de Newton. El cuerpo se desacelera, es decir sufre una aceleración opuesta a la dirección del movimiento. El suelo aplica una fuerza a los pies y ésta es la que causa la desaceleración. Como la segunda ley dice que la fuerza es proporcional al producto de la masa por la aceleración. La masa es la misma no importando cómo se caiga así que aquí el factor más importante es la aceleración. Si el cuerpo se mantiene muy rígido cuando entra en contacto con el suelo, éste llega al reposo muy rápidamente, por lo que la aceleración es muy grande y por tanto también la fuerza que el suelo ejerce sobre el cuerpo es muy grande.

Segunda ley de Newton para una persona en un elevador.

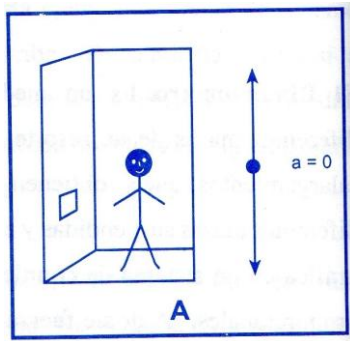


Figura 9 Una persona dentro de un elevador que permanece en reposo.

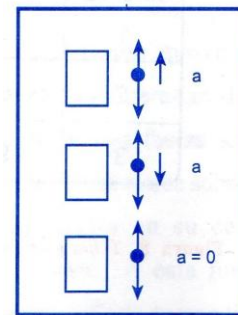


Figura 10 Un elevador acelera para arriba. El elevador acelera

- Si el elevador no se mueve, el piso ejerce una fuerza sobre los pies del pasajero igual al peso de este, pero de dirección contraria.
- Si el elevador acelera hacia arriba, mientras éste mantenga esa aceleración, el piso empuja los pies del pasajero con una fuerza igual a su peso más una fuerza aceleradora (ma); las fuerzas hacia abajo y hacia arriba no están equilibradas.

- c) Cuando el elevador acelera hacia abajo, el peso del pasajero es mayor que la fuerza que el piso ejerce sobre sus pies. Por lo que el pasajero acelera hacia abajo y $W - F = ma$.
- d) Cuando el elevador se mueve con velocidad constante (aceleración cero) la fuerza resultante es cero y la fuerza que el piso del elevador hace sobre los pies del pasajero es del mismo tamaño que el peso del pasajero, pero de dirección contraria. Las fuerzas están equilibradas y el pasajero está en equilibrio.
- e) Si los cables que sostienen al elevador se rompen, entonces éste caerá en caída libre y tanto el pasajero como el elevador estarán siendo sometidos a la misma aceleración (g). El pasajero está siendo atraído por la Tierra (su peso) pero el elevador no ofrece ninguna resistencia a esta fuerza, es decir no tiene quien se le oponga, puesto que el piso del elevador no está empujando al pasajero. En este caso la fuerza del elevador sobre el pasajero es cero.

PROBLEMAS:

1. Calcule la fuerza resultante del sistema de fuerzas aplicadas a un cuerpo de 1000 kg de masa para que su aceleración sea de 3 m/s^2 .
2. Calcule la aceleración de un auto de 800 kg de masa si se aplica un sistema de fuerzas cuya resultante es de 1600 N.
3. La resultante de un sistema de fuerzas que se aplica a una lancha es de 200 N. Si la lancha acelera a 0.5 m/s^2 . ¿Cuál es la masa de la lancha?
4. Una locomotora cuya masa es de 20,000kg acelera durante 5 s desde el reposo hasta que su velocidad es de 2 m/s. La máquina remolca un tren de 20 vagones, cada uno de 1,000 kg de masa. ¿Cuánto vale la fuerza entre el enganche de la máquina y el primer vagón del tren?

GRAVITACIÓN

En los capítulos de la Mecánica hemos estudiado la fuerza con la que la Tierra atrae a los cuerpos situados sobre su superficie o muy cerca de ella. Vimos que esta fuerza, también llamada fuerza de gravedad, era proporcional a la masa de los cuerpos.

En este tema vamos a estudiar que la fuerza de gravedad terrestre es un caso particular de un fenómeno universal, según el cual todos los cuerpos se atraen entre sí, por lo que a la ley que los rige se le da el nombre de Ley de Gravitación Universal. Esta fue establecida a partir del estudio del movimiento de los planetas, y permite explicar el movimiento de todos los cuerpos celestes, incluyendo las galaxias que se cuentan a millones de años luz de la Tierra y que contienen millones de estrellas similares al Sol.

En ausencia de gravedad no hay arriba ni abajo, actividades tan sencillas como beber agua u orinar se vuelven terriblemente complicadas, el control de nuestros movimientos corporales se hace muy difícil, si dejamos el lápiz en la mesa no lo entraremos después, etc.

La fuerza de gravedad. Al saltar, al caminar, experimentamos el "peso" de nuestro cuerpo, al que nuestros sistemas muscular y óseo se han acostumbrado desde nuestro nacimiento. Al levantar un cuerpo o al lanzarlo lejos, notamos el esfuerzo que debemos realizar en contra de su peso, y vemos además cómo antes o después vuelve a la Tierra. Vamos a analizar el comportamiento de los cuerpos bajo la acción de la fuerza de gravedad, para tratar de establecer la naturaleza de éstas.

La caída de los cuerpos. Todos los cuerpos en las cercanías de la Tierra abandonados a sí mismos caen hacia el suelo. Esta ley del comportamiento de la materia es bien conocida por el hombre desde épocas muy antiguas. Trataremos de explicar cómo caen los cuerpos.

Aparentemente los cuerpos más pesados caen más rápidamente que los ligeros, como podemos comprobar si dejamos caer a la vez una hoja de papel y una piedra desde la misma altura. Hechos como éste llevaron a los filósofos antiguos a decir que los cuerpos caen por la acción de la gravedad con mayor rapidez cuanto mayor sea su peso. Tal conclusión fue el fruto de observaciones poco precisas. Era necesario un planteamiento correcto del problema, para lo que hubo que esperar hasta el siglo XVII. Galileo Galilei realizó experimentos cuidadosos y emitió la hipótesis siguiente: **Todos los**

cuerpos caen con igual rapidez, independientemente de cuál sea su masa. Las diferencias que puedan observarse han de ser atribuidas al efecto perturbador del rozamiento con el aire.

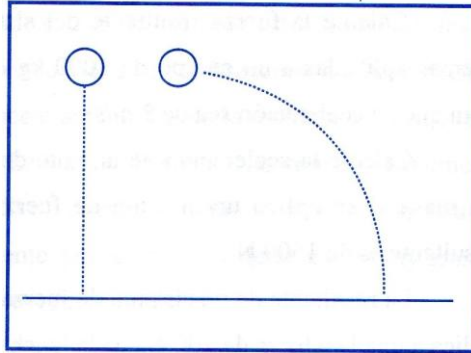


Figura 11 *Movimiento de los cuerpos bajo la acción de la gravedad. Caída libre y un tiro horizontal.*

Según la hipótesis anterior, los experimentos de caída de los cuerpos deben realizarse eliminando, en lo posible, el efecto del rozamiento del aire, lo cual podría hacerse utilizando un tubo de vidrio en cuyo interior se hubiera hecho el vacío. En el caso del papel y de la piedra, puede ser suficiente arrugar el papel hasta convertirlo en una pelota que sufra poco rozamiento con el aire.

Una vez establecido que todos los cuerpos caen con igual rapidez, el problema siguiente es averiguar las características de su movimiento. Es decir, si se trata de un movimiento uniforme o si es un movimiento acelerado.

Fácilmente podemos afirmar que el movimiento de caída no es uniforme. Si la velocidad de caída aumenta hacia abajo, lo más sencillo es suponer que lo hace con una aceleración constante. Es decir, que el movimiento es uniformemente acelerado.

La intensidad de la gravedad. La relación entre la fuerza resultante a un cuerpo y la aceleración es:

$$F = m \cdot a$$

Que constituye un principio fundamental de la Dinámica (2a. Ley de Newton). En el caso de la fuerza de atracción que la Tierra ejerce sobre los cuerpos cercanos; el peso vendrá dada por:

$$F = m \cdot g = m \cdot (9.8 \text{ m/s}^2)$$

En la que F vendrá medida en newtons siempre que la masa esté expresada en kg. Así pues, el peso de un cuerpo será proporcional a su masa.

Obsérvese que la fuerza peso actúa sobre todos los cuerpos, independiente de que éstos estén en movimiento o no. En todo caso puede calcularse el peso de un cuerpo multiplicando su masa por 9.8. Dicho de otro modo, actúa una fuerza de 9.8 N por cada kg situado en la Tierra. Por eso decimos que: la intensidad de la gravedad terrestre es de: 9.8 N/kg.

La tierra atrae a todos los cuerpos situados en su superficie, con una fuerza que es igual a 9.8 veces la masa de éstos.

Ley de Gravitación Universal. ¿Una vez establecido que la Tierra es una causa de las fuerzas de gravedad, se plantea la siguiente pregunta Por qué posee la Tierra esta propiedad?

Isaac Newton encontró la respuesta a esta pregunta, mediante el estudio del movimiento de los planetas. La astronomía de la época de Newton podía proporcionarle los datos que éste necesitaba, porque había establecido un enorme progreso. Copérnico había establecido que el Sol era el centro del movimiento de todos los planetas, incluida la Tierra, venciendo la antigua concepción que situaba a Esta en el centro del Universo. Posteriormente, Kepler determinó la forma y tamaño de las órbitas planetarias, así como la rapidez del movimiento de los planetas.

Aplicando al movimiento de los planetas las leyes de la mecánica, Newton llegó a la siguiente conclusión:

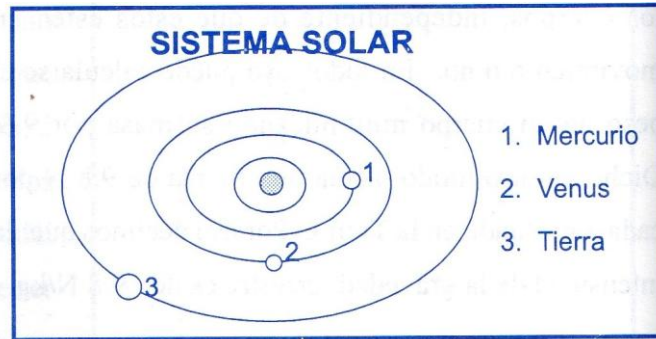
"Si los planetas giran en torno al Sol es porque éste los atrae con una fuerza inmensa".

Demostró que la fuerza que actuaba sobre un planeta variaba con la distancia de éste al Sol, de forma que, a mitad de la distancia, la fuerza es cuatro veces mayor; es decir que la fuerza con que el Sol atrae a un planeta es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre ambos.

La Luna atrae a la Tierra, porque ésta la atrae con una fuerza que es del mismo tipo que las fuerzas con las que el Sol atrae a los planetas.

Newton pensó que la fuerza con que la Tierra atrae a la una debía ser del mismo tipo que la fuerza con que atraía a cualquier cuerpo situado en su superficie. En efecto, se podía imaginar que una piedra o una manzana, situada a la misma distancia que la Luna, y dotada de un movimiento igual, describiría órbitas en torno a la Tierra como ella lo hace.

Es decir, que Newton emitió la hipótesis de que la fuerza con que la Tierra atrae a la Luna, para hacerla girar a su alrededor, era una fuerza gravitacional tal como el peso.



Ahora bien, el peso de un cuerpo es proporcional a su masa, con lo que:

$$F \propto m_p \quad \text{donde } m_p \text{ es la masa del planeta}$$

Por otra parte, según el principio de acción y reacción podemos decir que el Sol es atraído por el planeta con una fuerza del mismo tamaño, que en su caso deberá ser proporcional a su masa:

$$F \propto m_s \quad \text{donde } m_s \text{ es la masa del Sol}$$

Recordemos que la fuerza era inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre ambos cuerpos: $F \propto 1/d^2$

Uniendo estas tres proporcionalidades en una sola obtenemos:

$$F \propto m_p m_s / d^2$$

Que se puede escribir como una igualdad:

$$F = G m_p m_s / d^2$$

Que recibe el nombre de Ley de Gravitación, en que G es una constante de proporcionalidad.

Aquí surge una pregunta: ¿Por qué los cuerpos celestes, como el Sol y los planetas producen este tipo de fuerza?

Respuesta: recordemos que la Tierra atrae a todos los cuerpos. Pero la atracción es una acción

mutua. También los cuerpos, incluso un simple clavo, atrae a la Tierra. Es decir, todos los cuerpos participan de la gravitación, todos se atraen entre sí.

De este modo la Ley de Gravitación no es una propiedad de los cuerpos celestes sino de todos los cuerpos, por lo que recibe el nombre de Ley de Gravitación Universal.

FUERZAS DE FRICCIÓN

Peso: En el capítulo relativo a fuerzas estudiamos con detalle el PESO de un cuerpo. Pero, es conveniente recordar que peso es la fuerza gravitacional y que ésta la expresamos como:

$$w = mg$$

Fuerza Normal: Cuando colocamos un cuerpo sobre un plano horizontal, una mesa, por ejemplo, vemos que la Tierra lo jala hacia su centro. Sin embargo, a pesar de ese jalón, el cuerpo no se mueve. Esto nos indica que debe existir otra fuerza. Aquí nos planteamos las siguientes preguntas: ¿a) quién ejerce esa otra fuerza?, si el peso es hacia abajo b) para dónde debe ser esa otra fuerza? y c) cuánto vale?

Para responder esas preguntas es conveniente ver la figura que continúa y pensar que las fuerzas las podemos dibujar con flechas (diagramas de cuerpo libre). Una flecha para abajo nos indica que la fuerza ejercida por la Tierra, sobre el cuerpo es en esa dirección; como el cuerpo no se cae, debe existir una fuerza para arriba (flecha para arriba) y como no se mueve debe tener el mismo valor que el peso. A esta fuerza, le llamaremos fuerza normal y la simbolizaremos con la letra N.

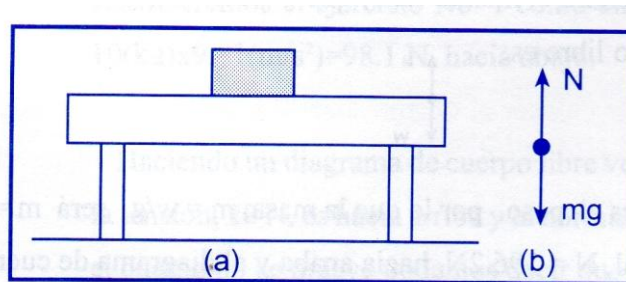


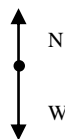
Figura 12 a) Un bloque de masa M , descansa sobre una mesa horizontal. b) diagrama de cuerpo libre que indica por medio de flechas las direcciones de las fuerzas que actúan sobre el cuerpo.

Ejemplo y ejercicios: llena las casillas que se encuentren vacías con los valores correspondientes según los datos dados. Cada uno de los ejercicios se refiere a un cuerpo que se encuentra en reposo sobre una mesa horizontal. Se dan datos de 9 cuerpos, con ellos debes calcular el peso, la normal y la representación diagramática (diagrama de cuerpo libre) de cada cuerpo. Usa 9.81 m/s^2 como valor de g .

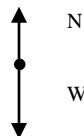
Ej.	Cuerpo de masa m , en kg	Peso w , en newtons	Valor de la Normal, N	Diagrama de cuerpo libre
1	10	98.1		
2		196.2		
3			294.3	
4	40			
5		490.5		
6			588.6	
7	70			
8			784.8	
9		882.9		

Para llenar las casillas que están vacías:

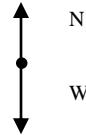
en el ejercicio 1; el dato es la masa, por lo que el peso, $w=mg$, será $w = 10(\text{kg}) \times 9.81(\text{m/s}^2) = 98.1 \text{ N}$, la normal tendrá el mismo valor que el peso, pero hacia arriba ($N = 98.1 \text{ N}$) y el diagrama de cuerpo libre es:



en el ejercicio 2; el dato es el peso, por lo que la masa, $m=w/g$, será $m=196.2(\text{N})/9.81(\text{m/s}^2) = 20\text{kg}$ la normal, $N=196.2\text{N}$, hacia arriba y el diagrama de cuerpo libre....



en el ejercicio 3; el dato es la normal con un valor de 294.3 N, fuerza que la superficie de la mesa ejerce sobre el cuerpo. Otra fuerza es el jalón que la Tierra le ejerce. Como el cuerpo no está sometido a otra fuerza, el peso debe ser 294.3 N, para abajo. El valor de la masa, $m=w/g$, es $m=294.3(N)/9.81(m/s^2)$. Y, el diagrama de cuerpo libre es....



Las otras casillas deben ser llenadas por el alumno.

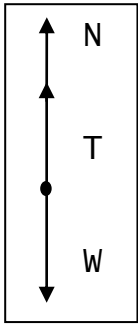
Ahora, si en la parte superior del cuerpo le amarramos una cuerda y tiramos de ella verticalmente hacia arriba con una fuerza que no sea capaz de levantarlo, podemos preguntarnos: ¿qué pasa con la fuerza normal? Para responder esta pregunta, haremos algunos ejercicios en donde colocaremos una columna más a la tabla de arriba y veremos que sucede con la fuerza normal.

En la tabla siguiente se te dan varias masas y la fuerza que la cuerda ejerce sobre ellas (llamada tensión, T). Tomando a la gravedad con un valor de 9.81 m/s^2 debes encontrar el peso y la fuerza normal que la superficie de la mesa ejerce sobre cada una de ellas.

70

No.	Masa m, en kg	Tensión, T, en N	Peso de la masa m, N	Normal, N en N.
1	10	20		
2	20	96.2		
3	30	200		
4	40	92.4		
5	50	490.5		

Resolveremos el ejercicio No. 1 como un ejemplo: en éste el peso es de $10(\text{kg}) \times 9.81(\text{m/s}^2) = 98.1 \text{ N}$, hacia abajo.



Haciendo un diagrama de cuerpo libre vemos que el peso es hacia abajo, la tensión, 20 N, es hacia arriba y la normal también es hacia arriba. Como el cuerpo no se mueve podemos decir que todas las fuerzas que van hacia abajo deben ser en total la misma cantidad de newtons que las que van hacia arriba, de aquí podemos escribir:

Fuerzas hacia arriba = Fuerzas hacia abajo

$$T + N = w$$

$$20(N) + N = 98.1(N) \text{ luego}$$

$$N = 98.1(N) - 20(N)$$

$N = 78.1 \text{ N}$ que es el valor correspondiente a la fuerza normal cuando se dan las condiciones del ejercicio No. 1 y por consiguiente el valor que debes colocar en la casilla correspondiente en la tabla anterior.

EXPERIMENTO: Con un dinamómetro colocado entre la cuerda y los cuerpos de la tabla anterior se puede medir la tensión en ésta. Utilizando un valor de $g=9.81 \text{ m/s}^2$, una masa de 300 gramos y un dinamómetro debes medir diferentes tensiones según el procedimiento siguiente: ¿coloca el cuerpo de 300 g en un extremo del dinamómetro y mide cual es la fuerza de atracción de la Tierra sobre éste, en este caso ¿Cuánto vale la fuerza normal?

Muy lentamente baja el sistema, cuerpo y dinamómetro, hasta que toque la superficie de la mesa, ¿cuánto marca la tensión en la cuerda? debes medir por lo menos tres tensiones diferentes hasta que llegues a abandonar el cuerpo sobre la mesa. La tabla que aparece a continuación te servirá para anotar tus valores medidos.

No.	Tensión, en N	Normal, en N
1		0
2		
3		
4		
5		

¿Qué sucede cuando en lugar de colocar el cuerpo de 300 g sobre la mesa lo sumerges en un vaso lleno de agua? ¿Cuánto vale la tensión en la cuerda? Ahora no existe fuerza normal, puesto que el cuerpo no está sobre la superficie, sino que está dentro del agua. A la fuerza que el agua ejerce sobre el cuerpo le llamaremos empuje y por lo visto este empuje debe ser hacia arriba; ¿cuánto vale, en este caso?

En estos dos casos podemos considerar que la tensión en la cuerda representa al **peso aparente** de un cuerpo. Otra forma de ver el concepto de peso aparente ocurre cuando en una balanza colocamos un cuerpo y ésta nos registra el peso. Considerando que el peso en el aire es el peso real (mg).

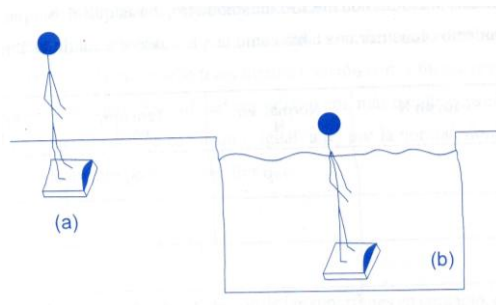


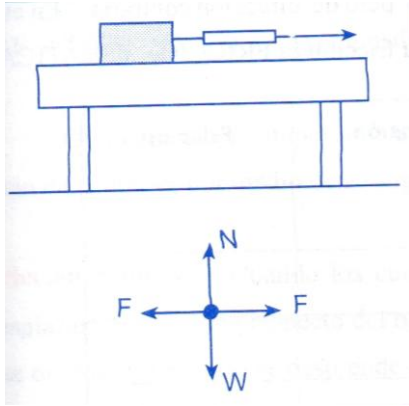
Figura 13 a) persona parada sobre una balanza, ésta registra la normal, que representa el peso de la persona; b) la misma persona y balanza, pero sumergidos dentro del agua.

Cuando una persona se para sobre una balanza y hacemos un diagrama de cuerpo libre de ella, vemos que solamente existen dos fuerzas, una la que la Tierra ejerce y otra la que la balanza hace sobre la persona. La de la Tierra, el peso, y la de la balanza, la fuerza normal.

PROBLEMA:

En el capítulo anterior vimos que sucede cuando una persona viaja dentro de un ascensor. Ahora pesemos que esta persona está parada sobre una balanza. ¿Qué peso aparente es mayor, cuando el ascensor acelera hacia arriba o cuando el ascensor acelera hacia abajo? ¿Qué marcará la balanza si el ascensor acelera hacia abajo con una aceleración igual a g ?

Fricción estática: Consideremos un bloque de masa m , colocado sobre una superficie horizontal, amarremos una cuerda en una de las caras laterales del bloque y jalemos, de forma horizontal, con un dinamómetro.



El diagrama de cuerpo libre de tal situación nos muestra que sobre el cuerpo actúan cuatro fuerzas, dos verticales y dos horizontales. Las fuerzas verticales son producidas por la Tierra y por la superficie de la mesa (normal). Las fuerzas horizontales son producidas por el dinamómetro y la superficie de la mesa.

Ahora, haremos un experimento: tal y como se indica anteriormente jalaremos el bloque, pero con una fuerza muy leve de tal forma que el bloque no se mueva. Debemos registrar estos datos, medidos con nuestro dinamómetro, hasta que el bloque comience a moverse. Para registrar los datos podemos construir una tabla como la que aparece a continuación:

No.	Peso, en N	Normal, en N	Tensión, en N	Fricción, en N
1				
2				
3				
4				
5				

Como podemos ver, para que el cuerpo no se mueva debe existir una fuerza en dirección contraria a la tensión (horizontal) y que tenga el mismo valor. A esta fuerza que es paralela a la superficie donde descansa el bloque le llamaremos fricción y como el cuerpo no se mueve le llamaremos **FRICCIÓN ESTÁTICA**.

Ahora, haremos otro experimento: usaremos para ello cuatro bloques, primero jalaremos un bloque, luego dos (uno sobre el otro) y así sucesivamente hasta jalar a los cuatro bloques juntos, uno sobre otro. De esta manera podemos registrar los datos en una tabla, pero con la fuerza necesaria para que el bloque comience a moverse. El arreglo es el mismo que el experimento anterior; una cuerda amarrada en la parte lateral del bloque que está en contacto con la mesa, unida a un dinamómetro que es el que mide la fuerza de tensión. Como ya sabemos la tensión es la mínima para hacer que el sistema comience a moverse. En este caso podemos considerar que la tensión y la fuerza de fricción son del mismo tamaño, pero de dirección contraria. En este punto se está rompiendo el equilibrio y todavía podemos afirmar que la fricción es **FRICCIÓN ESTÁTICA**.

Bloque	peso	normal	tensión	fricción
m				
2m				
3m				
4m				

CONCLUSIONES: de estos experimentos podemos sacar algunas conclusiones; a) la fricción estática va aumentando hasta llegar a un valor tal que se rompe el equilibrio y el movimiento **COMIENZA**, b) al ir aumentando el valor de la masa (y con ella el peso) vemos que la fricción estática máxima va aumentando esto nos lleva a concluir que la fuerza paralela a la superficie de la mesa debe tener alguna relación con la fuerza perpendicular que ella ejerce sobre el cuerpo. En tu curso del ciclo diversificado estudiarás con más detalle este efecto. Por ahora podemos afirmar que la fuerza de fricción estática es menor o igual a μ por la normal, donde μ es el coeficiente de fricción estática. Simbólicamente podemos escribir que:

$$f_e \leq \mu_e N$$

El coeficiente de fricción estática, μ_e , depende de las superficies en contacto, en este caso de la superficie de la mesa y del bloque que está en contacto con ella.

En la tabla siguiente se te dan valores de μ , de la normal o de la fricción y con ellos debes calcular los valores en las casillas en blanco.

No.	μ	normal, en N	fricción estática máxima, en N
1	0.3	40	
2		40	10
3	0.5		30
4		60	30
5	0.2		100

PREGUNTA: ¿cuáles son las unidades para medir μ ?

Otra conclusión importante es que la fricción estática ocurre únicamente cuando los cuerpos que están en contacto, por medio de su superficie, no se desplazan el uno respecto al otro.

Fricción cinética: Cuando los cuerpos se encuentran en contacto por medio de su superficie y existe desplazamiento de uno respecto del otro entonces podemos observar que existe un frotamiento entre ellos (y que de este frotamiento se desprende calor). A este tipo de fricción le llamaremos **FRICCIÓN CINÉTICA** y sin mayor análisis diremos que se expresa matemáticamente como:

$$f_c = \mu_c N$$

En la tabla siguiente se dan datos de fricción, normal y coeficiente de fricción cinética. Con ellos debes calcular los valores de las casillas que aparecen en blanco.

No.	μ_c	normal, en N	fricción cinética, en N
1	0.6	100	
2		400	10
3	0.4		300
4		600	300
5	0.7		100

PREGUNTA: cuáles son las unidades para medir μ_c ?

En cursos más avanzados de mecánica se estudia cuál es el efecto de la velocidad con que un cuerpo se desplaza respecto al otro con la fricción cinética.

PROBLEMAS: En cada uno de los problemas debes hacer diagramas de cuerpo libre:

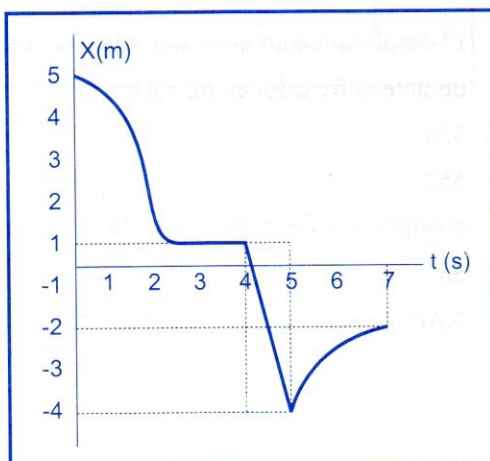
- 1) Analiza cómo es la fricción (cinética o estática) entre la suela de tus zapatos y la superficie de la Tierra (el suelo) cuando caminas por una calle recta horizontal. Debes fundamentar muy bien tu análisis.
- 2) Coloca un trocito de madera sobre una hoja y jálala con mucho cuidado de tal manera que el trocito no se desplace respecto de la hoja pero que la hoja se desplace respecto de la superficie de la mesa. a) Qué tipo de fricción existe entre el trocito y la hoja de papel? b) Qué tipo de fricción existe entre la hoja de papel y la superficie de la mesa?

AUTOEXAMEN

INSTRUCCIONES:

- i) Esta prueba consta de 45 preguntas de OPCIÓN múltiple, con 5 opciones de respuesta cada una. Escoja la que mejor responda a la pregunta planteada y marque con una "X" la casilla correspondiente en la hoja de respuestas. Las iniciales NAC son una abreviatura de Ninguna de las Anteriores es Correctas. No conteste al azar pues se descontará una respuesta buena por cada 4 respuestas incorrectas. Si no está seguro de una respuesta, deje la casilla en blanco.
- ii) Puede utilizar solamente los materiales proporcionados por el evaluador.
- iii) Tome $g = 10 \text{ m/s}^2$
- iv) La prueba tiene una duración de 90 minutos.

Las próximas 7 preguntas se refieren a un niño que se mueve solamente en el eje x (en la línea recta). El niño se encuentra en el punto $x = 5 \text{ m}$. De pronto, se comienza a mover en el $t = 0 \text{ s}$. El gráfico muestra la posición del niño durante los 7s siguientes.



1. En qué instante, en s, pasa por $x = 0 \text{ m}$
 - A) 4
 - B) 4.5
 - C) 3.5
 - D) 3
 - E) NAC
2. La posición del niño, en m, en el tiempo 7s es:
 - A) -2
 - B) -1
 - C) 0
 - D) 1
 - E) NAC

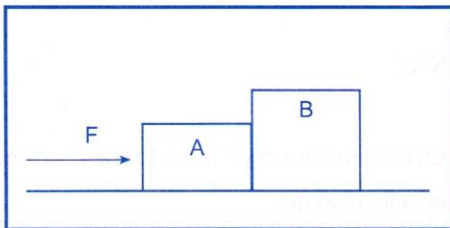
DINÁMICA

3. ¿Cuál es la velocidad del niño en m/s en el tiempo 3.5s?
- A) 1
B) 1.1
C) 0
D) -1
E) NAC
4. ¿Cuál es la velocidad del niño, en m/s, en el tiempo 4.5s?
- A) 1
B) -4
C) 2
D) -5
E) NAC
5. La aceleración del niño, en m/s^2 , en el tiempo 5s es:
- A) 2
B) -1
C) 0
D) 1
E) NAC
6. La aceleración del niño, en m/s^2 , en el tiempo 3.5s es:
- A) 0
B) 1
C) 2
D) -1
E) NAC
7. El desplazamiento en m en el intervalo de tiempo comprendido entre $t = 0s$ y $t = 7s$.
- A) 7
B) 2
C) -5
D) -7
E) NAC
- El módulo de la velocidad de un tren varía desde 40km/h hasta 28km/h al aplicarle los frenos durante un minuto. Considerando que la aceleración es constante:
8. La aceleración que experimenta el tren, en m/s^2 , vale:
- A) -0.05
B) -0.03
C) -0.02
D) -0.06
E) NAC
9. El desplazamiento que experimenta el tren durante el frenado, en m, vale:
- A) 550
B) 552
C) 603
D) 567
E) NAC

DINÁMICA

10. La luz viaja en el espacio vacío con una rapidez constante de 300 000 km/s. Si la luz proveniente del Sol tarda 8min en llegar a la Tierra, la distancia Sol-Tierra, expresada en m, vale:
- A) 240 000 000
 - B) 144 000 000
 - C) 2 400 000 000
 - D) 144 000 000 000
 - F) NAC

Para las siguientes dos preguntas: Un hombre empuja por una superficie horizontal lisa dos bloques de masa $m_A = 20\text{kg}$ y $m_B = 40\text{kg}$, dispuestos como se muestra en la figura, con una fuerza de 30 N en la dirección representada:



11. La aceleración en, m/s^2 , que adquieren los bloques es:
- A) -0.5
 - B) 0.5
 - C) 1
 - D) 1.5
 - E) NAC
12. La fuerza, en N, que actúa sobre el bloque A es:
- A) 20
 - B) 15
 - C) 10
 - D) 30
 - E) NAC
13. La fuerza, en N, que actúa sobre el bloque B es:
- A) 15
 - B) 20
 - C) 10
 - D) 30
 - E) NAC
- 14.Cuál es la masa, en kg, de un cuerpo que pesa 100N :
- A) 100
 - B) 5
 - C) 20
 - D) 10
 - E) NAC
15. A cuántas Dinas equivale un Newton:
- A) 1 000 000
 - B) 100 000
 - C) 1 000
 - D) 10 000
 - E) NAC

DINÁMICA

16. La velocidad angular de rotación de la tierra sobre su eje, en rad/h, (aproximando π a 3 esto es $3.1416=3$) es:

- A) 4
- B) 16
- C) 1/4
- D) 1/8
- E) NAC

Para las siguientes dos preguntas: dos carros cada uno con una velocidad de 28 m/s se dirigen a dos curvas distintas una de radio 320 m y la otra con un radio de 960m.

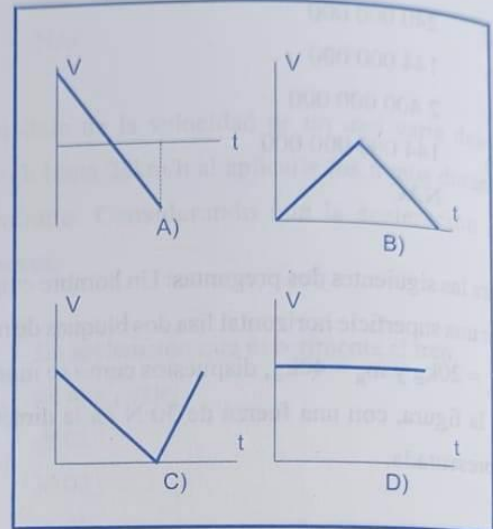
17. La aceleración centrípeta en, m/s^2 , para el carro que recorre la curva de 320m de radio es:

- A) 5
- B) -2.5
- C) 3
- D) 2.5
- E) NAC

18. La aceleración centrípeta en, m/s^2 , para el carro que recorre la curva de 960m de radio es:

- A) 1/5
- B) 0.32
- C) 0.51
- D) 0.82
- E) NAC

19. Cuál de las siguientes gráficas se aproxima más a la de la velocidad en función del tiempo, de una piedra que se lanza verticalmente hacia arriba en el instante $t=0$ y vuelve a la tierra en el instante t .



E) NAC

20. En movimiento circular uniforme se afirma de la velocidad que:

- A) la velocidad lineal es constante
- B) la aceleración lineal es constante
- C) la velocidad lineal varia
- D) la rapidez lineal es variable
- E) NAC

Para las siguientes tres preguntas: Una partícula se mueve con una rapidez constante de 4m/s en una circunferencia de radio R. La magnitud de su aceleración centrípeta es de $8m/s^2$

21. El valor de R en metros, vale:
- A) 3
 - B) 1
 - C) 0.5
 - D) 2
 - E) NAC

22. El período de revolución (aproximado π a 3), en s, vale:
- A) $3/2$
 - B) $3/4$
 - C) $1/4$
 - D) $3/8$
 - E) NAC

23. La frecuencia en 1/s vale:
- A) $4/3$
 - B) $2/3$
 - C) 4
 - D) $8/3$
 - E) NAC

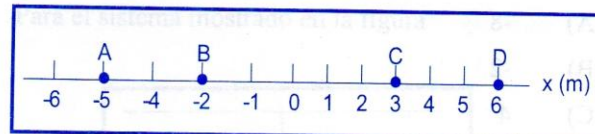
Para las siguientes dos preguntas: Un satélite artificial se mueve en torno a la Tierra en una órbita circular a 8km/s y a una altura de 600 km sobre la superficie de la Tierra. El radio de la Tierra es aproximadamente 6400 km

24. Cuántas vueltas da el satélite a la Tierra en un día?
- A) 16
 - B) 26
 - C) 10
 - D) 5
 - E) NAC

25. Qué valor posee la velocidad angular del satélite en rad/h?

- A) 6
- B) 5.1
- C) 4.1
- D) -5
- E) NAC

Las próximas 7 preguntas se refieren a un cuerpo que está restringido a moverse en una recta horizontal mostrada en la figura (eje x). Note que el eje está graduado en metros y que se toma el sentido positivo hacia la derecha.



26. Si el cuerpo se mueve del punto A al C y luego del C al B, su desplazamiento neto, en m, es:

- A) -5
- B) -3
- C) 2
- D) 12
- E) NAC

27. Refiriéndose a la pregunta anterior, la distancia total, en m, que recorre el cuerpo es:

- A) 2
- B) 5
- C) 8
- D) 12
- E) NAC

DINÁMICA

FISICA FUNDAMENTAL
Máximo Letona

28. Si el cuerpo parte del punto C y efectúa los siguientes desplazamientos consecutivos: -10m, -2m, -3m y 8m, su posición final, en m, es:
- A) 0
 - B) 13
 - C) 6
 - D) 23
 - E) NAC
29. Si el cuerpo se encuentra en el punto D en el tiempo $t = 0$ y luego se encuentra en el punto B en el tiempo $t = 4$, su velocidad en m/s, en este intervalo de tiempo es:
- A) -8
 - B) -2
 - C) 4
 - D) 8
 - E) NAC
30. Si el cuerpo se encuentra en el punto C y viaja de C a D luego de D a A y finalmente de A a C, y realiza todo el viaje en 22s, su velocidad media en este intervalo de tiempo, en m/s, es:
- A) 0
 - B) 1
 - C) 4/11
 - D) 3/22
 - E) NAC
31. Si el cuerpo pasa por el punto A con una velocidad de 5m/s en $t = 0$ s y 10s más tarde pasa por el punto C con una velocidad de -10m/s, cuál es la aceleración media en m/s², en este intervalo de tiempo?
- A) -1.5
 - B) -0.5
 - C) 0.5
 - D) 1.5
 - E) NAC
32. Refiriéndose a la pregunta anterior, cuál de las siguientes afirmaciones es necesariamente verdadera:
- A) El cuerpo pasa por el punto D
 - B) El cuerpo regresa y pasa por el punto A
 - C) El cuerpo sigue moviéndose hacia la derecha
 - D) El cuerpo sigue moviéndose hacia la izquierda
 - E) NAC
- Para las siguientes tres preguntas: Dos automóviles con movimiento rectilíneo uniforme se desplazan por una carretera uno al encuentro del otro con velocidades de 80km/h y 100km/h. En una estación de gasolina se cruzan y continúan su camino.
33. La posición del carro que viaja a 80km/h al cabo de 30min del encuentro, en km, es:
- A) -50
 - B) 30
 - C) -40
 - D) 40
 - E) NAC

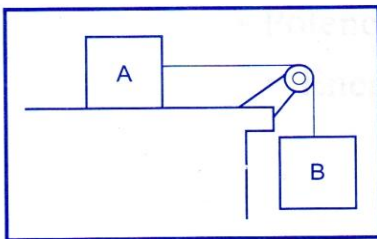
34. La posición del carro que viaja a 100km/h al cabo de 30min del encuentro, en km , es:

- A) -50
- B) 30
- C) -40
- D) 40
- E) NAC

35. La distancia que separa a los carros al cabo de 30min del encuentro, en km , es:

- A) 90
- B) 180
- C) -90
- D) 50
- E) NAC

Para las siguientes dos preguntas: En el sistema mostrado el coeficiente de rozamiento entre el bloque A y la superficie es 0.6 . Las masas de A y B son 20kg y 30kg respectivamente. Desprecie la masa de la cuerda



36. La aceleración, en m/s^2 , del sistema es:

- A) $9/5$
- B) $1/4$
- C) 6.6
- D) 3.3
- E) NAC

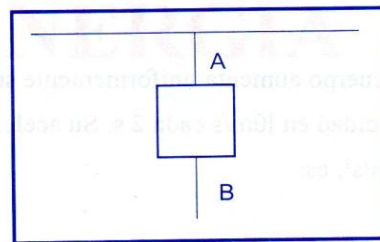
37. La tensión de la cuerda, en N , es:

- A) 160
- B) 189
- C) 200
- D) 220
- E) NAC

38. El peso de la masa B, en N , es:

- A) 600
- B) 200
- C) 300
- D) 150
- E) NAC

Para el sistema mostrado en la figura



39. Si la cuerda B se hala súbitamente con un tirón:

- A) Se rompe A
- B) Se rompe B
- C) Se rompen A y B
- D) NAC

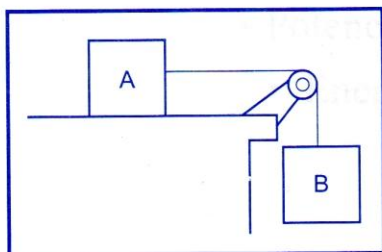
40. Si la cuerda B no se hala súbitamente sino en forma continua y con intensidad progresiva:

- A) Se rompe A
- B) Se rompe B
- C) Se rompen A y B
- D) NAC

34. La posición del carro que viaja a 100km/h al cabo de 30min del encuentro, en km , es:
- A) -50
B) 30
C) -40
D) 40
E) NAC

35. La distancia que separa a los carros al cabo de 30min del encuentro, en km , es:
- A) 90
B) 180
C) -90
D) 50
E) NAC

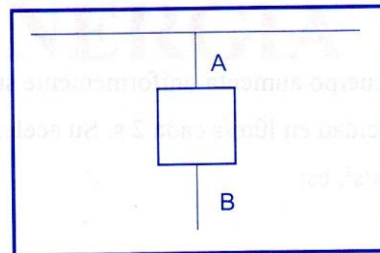
Para las siguientes dos preguntas: En el sistema mostrado el coeficiente de rozamiento entre el bloque A y la superficie es 0.6 . Las masas de A y B son 20kg y 30kg respectivamente. Desprecie la masa de la cuerda



36. La aceleración, en m/s^2 , del sistema es:
- A) $9/5$
B) $1/4$
C) 6.6
D) 3.3
E) NAC

37. La tensión de la cuerda, en N , es:
- A) 160
B) 189
C) 200
D) 220
E) NAC
38. El peso de la masa B, en N , es:
- A) 600
B) 200
C) 300
D) 150
E) NAC

Para el sistema mostrado en la figura



39. Si la cuerda B se hala súbitamente con un tirón:
- A) Se rompe A
B) Se rompe B
C) Se rompe A y B
D) NAC
40. Si la cuerda B no se hala súbitamente sino en forma continua y con intensidad progresiva:
- A) Se rompe A
B) Se rompe B
C) Se rompen A y B
D) NAC

CAPÍTULO TRES

TRABAJO Y ENERGÍA

Trabajo

Potencia – Unidades de Potencia

Energía Cinética y Potencial

Energía

TRABAJO Y ENERGÍA

Trabajo: Al golpear con un martillo se puede introducir un clavo en un trozo de madera. Las hojas de un árbol pueden ser arrancadas por las corrientes de aire. Al chocar un carro contra una pared la puede derribar. El martillo, el aire y el automóvil tienen energía de movimiento, que es un tipo de energía mecánica.

Cuando el martillo se utiliza para clavar, el martillo está realizando un trabajo sobre el clavo. Cuando el viento arranca las hojas del árbol, el aire está realizando un trabajo sobre las hojas. Cuando el automóvil derriba la pared, éste hace un trabajo sobre ella. Puede verse que la palabra trabajo utilizada aquí tiene un sentido especial. El trabajo tiene un significado técnico, además del sentido que la mayoría de la población le asigna. En cada uno de los ejemplos (martillo, aire, auto), se ha ejercido una fuerza y se ha producido movimiento. Los **físicos** dicen que se ha ejercido un trabajo cuando una fuerza actúa a lo largo de un desplazamiento.

Trabajo es el producto de la fuerza por el desplazamiento: Supongamos que queremos levantar un objeto que se nos cayó al suelo. Debe ejercerse una fuerza suficiente sobre el objeto para vencer su peso (mg). Si el objeto es un libro que tiene una masa de 1.0 kg y consideramos que $g=9.8 \text{ m/s}^2$ el peso será de 9.8 N y la fuerza que hay que aplicarle, al libro debe ser de 9.8 N para que se mueva hacia arriba. Mientras el libro sube se está realizando un trabajo sobre él. Si hay que subirlo a la librería y el anaquel está a un metro arriba del suelo, el trabajo que se hace sobre él será de $9.8 \text{ N} \times 1 \text{ m} = 9.8 \text{ Nm}$.

Cuando una fuerza mueve un cuerpo en la dirección en que ella actúa, el trabajo realizado sobre el cuerpo es el producto de la fuerza por el desplazamiento que el cuerpo avanza mientras está bajo la acción de la fuerza.

trabajo = fuerza x desplazamiento

$$W = F\Delta x$$

En la ilustración No. 1 se puede ver que la masa de 1 kg se debe levantar verticalmente y hacia arriba.

Para esto se debe ejercer una fuerza que sea vertical y ascendente. En este caso la fuerza y el desplazamiento tienen la misma dirección.

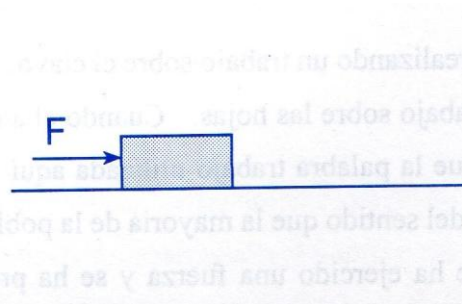


Figura 1. Un libro que se levanta del suelo hasta la librería que se encuentra a un metro de altura.

En la segunda ilustración la caja se ha movido con velocidad constante, 8 m horizontalmente, utilizando una fuerza de 12 N. En este caso, también la fuerza y el desplazamiento tienen la misma dirección.

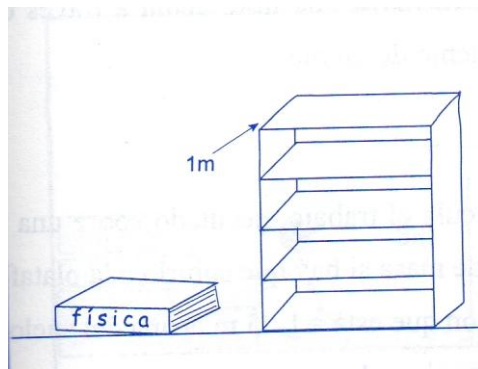


Figura 2. Debido al rozamiento de la caja con el piso, hay que aplicarle una fuerza de 12 N para empujarla sobre él con velocidad constante.

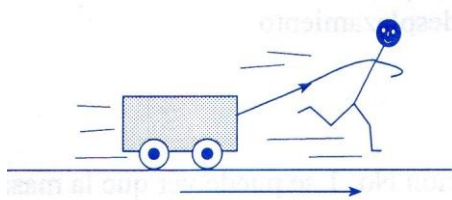


Figura 3 Niño que jala su carrito con una cuerda. Fuerza con diferente dirección del desplazamiento.

En la figura se puede apreciar a un niño que con una pita jala una caja, que resbala sobre el suelo, en este caso hay que tener mucho cuidado, porque ahora la fuerza que se está ejerciendo no está en la dirección del desplazamiento. En el curso de **física fundamental** no trataremos el trabajo que una fuerza que esté en dirección diferente al desplazamiento realice. Esto lo verás en tu curso de física del ciclo diversificado.

Unidades con que se mide el TRABAJO: En el sistema internacional de unidades de medida, SI, la fuerza se mide en N y el desplazamiento en m, quedando, por definición, que trabajo tendrá como unidad de medida el N.m lo que de aquí en adelante llamaremos JOULE. (Este nombre se le da en

honor al físico inglés James P. Joule). Entonces, un joule es el trabajo realizado por una fuerza de un newton cuando actúa a través de un desplazamiento de un metro. Como $1 \text{ N} = 1 \text{ kg m/s}^2$ entonces $1 \text{ joule} = 1 \text{ kg.m/s}^2 \times 1 \text{ m} = 1 \text{ kg.m}^2/\text{s}^2$.

En el sistema cgs, en donde la longitud se mide en centímetros, la masa en gramos y el tiempo en segundos, la unidad de trabajo es el ergio, que se expresa como erg. Puedes calcular ¿Cuántos erg tiene un joule? Trata de hacerlo.

En el sistema inglés de unidades técnicas la unidad de fuerza es la libra y la unidad de desplazamiento es el pie por lo que la unidad de trabajo será libra.pie que se acostumbra a escribir como lb.pie. Una lb.pie es el trabajo realizado sobre un cuerpo cuando una fuerza de una libra actúa a través de un desplazamiento de un pie.

Ejercicios:

- 1.- Calcula el trabajo ejecutado sobre una troza de 100 kg de masa si hay que subirlo a la plataforma de un camión que está a 1.05 m arriba del suelo?
- 2.- Una viga de acero tiene una masa de 2 toneladas (de 20 quintales la tonelada) se levanta 30 m para colocarla en su sitio. Calcula el trabajo que se debe realizar para ejecutar esta tarea. Expresa tu resultado en Joules y en lb.pie.
- 3.- ¿Si uno sostiene una tabla mientras alguien la clava en su lugar, está uno haciendo trabajo sobre la tabla? ¿Y, el que clava está haciendo trabajo? explique claramente su respuesta
- 4.- Calcula el trabajo ejecutado si: a) una fuerza horizontal de 15 N se utiliza para desplazar una caja 3 m sobre el piso horizontal, b) Una piedra de 2 kg de masa se levanta hasta una altura de 1.25 m sobre el suelo y c) una piedra de 10 kg se sostiene con las manos y uno se mueve horizontalmente 20 m.

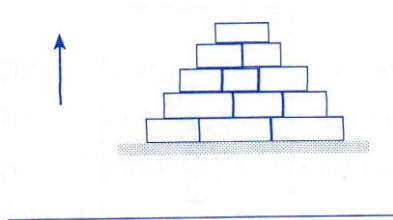


Figura 4 Elevador subiendo 2000 ladrillos de 1 kg cada uno una altura de 3.

POTENCIA

Es importante considerar que el trabajo que se realiza sobre un cuerpo se puede calcular y nos resulta que es sumamente sencillo hacerlo, pero ahora es necesario definir otra cantidad que nos establezca con qué rapidez se hace ese trabajo y para ello se define una nueva cantidad: POTENCIA.

La Potencia es el trabajo realizado en la unidad de tiempo.

Supongamos que un elevador de materiales, en la construcción de un edificio, sube 200 kg de ladrillos a una altura de 3m. el trabajo que se lleva a cabo vale $W = F \cdot \Delta x$. En este caso F debe tener un valor igual al peso de los ladrillos (mg).

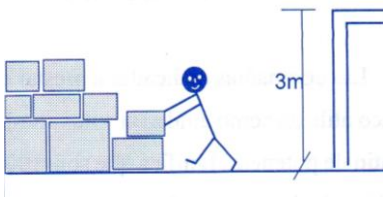


Figura 5 Obrero subiendo 2000 ladrillos hasta una altura de 3m. Deberá realizar 100 viajes de 20 ladrillos cada uno.

$$W = 200 \times 9.8 \times 3 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2 \cdot \text{m}$$
$$= 5,880 \text{ joules} = 5,880 \text{ J.}$$

Por otro lado, un obrero elevando 20 kg cada vez, sube los 200 kg de ladrillos en 10 viajes. Calcula ¿cuánto trabajo debe realizar el obrero para subir los 200 kg de ladrillos. Te podrás dar cuenta que el trabajo realizado por el ascensor es el mismo que el realizado por el obrero.

Aunque el trabajo realizado por ambos es el mismo hay una gran diferencia en el tiempo empleado en realizarlo. El ascensor se tarda 30 s en subir los 200 kg, mientras que el obrero se tarda una hora. El ascensor y el obrero trabajan con diferente rapidez.

En física a la rapidez con que se realiza trabajo se le llama POTENCIA:

$$P = (\text{trabajo})/(\text{tiempo})$$

$$P = W/\Delta t \text{ o}$$

$$P = F \cdot \Delta x / \Delta t$$

De acuerdo con esta definición la potencia desarrollada por el ascensor se calcula como:

$$P = 5,880 \text{ J}/30\text{s}$$

$$P = 196 \text{ J/s}$$

Y el obrero desarrolla una potencia de:

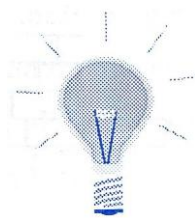
$$P = 5,880\text{J}/1\text{h}$$

$$P = 5,880 \text{ J}/(3,600 \text{ s})$$

$$P = 1.633 \text{ J/s}$$

Unidades de Potencia. En el Sistema Internacional de unidades, donde la unidad con que se mide trabajo es joule y la unidad de tiempo es el segundo, se define a la unidad de potencia $1 \text{ J/s} = 1 \text{ watt}$. Esta unidad lleva el nombre de watt en honor al físico James Watt. A esta unidad también se le conoce, en español, como vatio. De tal manera que: $1 \text{ vatio} = 1 \text{ J/s}$

Esta unidad es muy común encontrarla en algunos dispositivos conocidos por la mayoría, o todos nosotros. Me refiero a las bombillas con que iluminamos nuestras casas, escuelas, calles o algún lugar que necesitemos utilizar en la noche o en un día muy nublado. Si queremos iluminar una sala pequeña para estudiar o alguna actividad donde la iluminación sea muy importante, posiblemente compremos una bombilla de 100 vatios.



Si mantenemos encendida la bombilla durante una hora podemos calcular el trabajo que hace la carga eléctrica al pasar por la resistencia de la bombilla en ese tiempo. Haciéndolo nos queda que:

como $P = \Delta W / \Delta t$ entonces

$$\Delta W = P \Delta t \quad \text{considerando el trabajo inicial cero}$$

$$\text{Por lo cual } W = 100 \text{ vatios} \times 3,600 \text{ s}$$

$$W = 360,000 \text{ J}$$

Las compañías dedicadas a prestar el servicio eléctrico utilizan como unidad el kilovatio-hora. Un kilovatio de potencia significa que son 1000 vatios y un kilovatio-hora significa el trabajo que se ha realizado por algún dispositivo durante ese tiempo (una hora).

Los medidores que aparecen en las casas o edificios donde se consume energía eléctrica, *llamados contadores*, donde aparecen unos relojitos, marcan kilovatios-hora. Es conveniente aprender a leer este tipo de medidor para saber cuánto de trabajo se ha realizado en la casa o en la escuela donde habitamos.

Ejercicios:

1.- Una bomba para subir agua desde un pozo utiliza un motor de 400 vatios. Si la bomba permanece encendida durante media hora. ¿Cuántos joules de trabajo hace el motor para realizar dicha tarea?

2.- ¿Cuál es la potencia del motor de una grúa que levanta 20 vigas de 1000 kg a una altura de 30 m en un tiempo de 2 minutos? Expresa tus resultados en vatios y kilovatios.

3.- Un consumidor recibe una cuenta de luz de 130 kWh (kilovatio-hora). ¿Cuántos joules ha consumido?

ENERGIA: Cinética y Potencial

En el capítulo anterior estudiamos lo que es trabajo y lo definimos como la fuerza multiplicado por el desplazamiento. También, vimos que, si la fuerza y el desplazamiento están en la misma dirección, entonces el trabajo es positivo y que si la dirección es opuesta el trabajo es negativo. Ahora estudiaremos los efectos que se obtienen cuando se aplican varias fuerzas a un cuerpo y cuanto trabajo realiza cada una de ellas.

Ejemplo No. 1:

En la ilustración de la derecha se observa un cuerpo que está siendo jalado por medio de una cuerda y que entre el cuerpo y la mesa existe una fuerza de fricción cinética cuyo coeficiente es de 0.5. El cuerpo tiene una masa de 5 kg. En la parte (b) de la figura se muestra el diagrama de cuerpo libre del objeto.

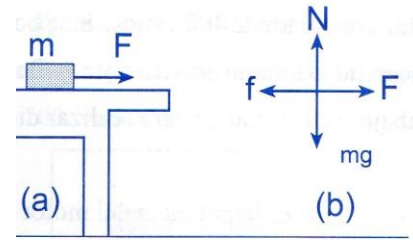


Figura 6 Un cuerpo que está siendo jalado por medio de una cuerda con una fuerza de 100 N.

El sistema de fuerzas aplicadas produce un desplazamiento de 10 m.

Cuando las fuerzas que se aplican a un cuerpo son perpendiculares al desplazamiento entonces, decimos que el trabajo que producen es cero.

El trabajo que produce la tensión de la cuerda es $W_T = T(\Delta x)$ y el trabajo que realiza la fuerza de fricción es $W_f = -f(\Delta x)$. Como la Normal y el Peso son fuerzas perpendiculares a la dirección del desplazamiento entonces el trabajo que producen sobre el cuerpo es CERO.

Resolviendo el problema expuesto en el ejemplo nos queda que:

Trabajo hecho por la tensión, $W_T = (100 \text{ N})(10 \text{ m})$	= 1000 J
Trabajo hecho por la fricción, $W_f = -(0.5 \times 50 \text{ N})(10 \text{ m})$	= -250 J
Trabajo hecho por la Normal,	= 0 J
Trabajo hecho por el Peso,	= 0 J
<hr/>	
TRABAJO NETO	= 750 J

A la suma algebraica del trabajo que cada una de las fuerzas que actúan sobre el cuerpo le llamaremos TRABAJO NETO. Así, en el ejemplo anterior el trabajo neto fue de 750 J.

Observando el diagrama de cuerpo libre podemos darnos cuenta que la fuerza resultante, suma de todas las fuerzas que actúan sobre el cuerpo: 100 N hacia la derecha y 25 N hacia la izquierda, nos da 75 N hacia la derecha. Algo muy importante ahora, es darnos cuenta que si multiplicamos la fuerza resultante por el desplazamiento, el resultado es de 750 J, el mismo valor que se obtuvo cuando sumamos todos los trabajos que se realizan sobre el cuerpo, es decir el trabajo NETO. De esto podemos concluir que el trabajo neto es el que realiza la fuerza resultante sobre el cuerpo.

$$W_N: \text{Trabajo Neto} \quad W_N = F_R \Delta x$$

$$F_R: \text{Fuerza Resultante} \quad F_R = ma$$

$$\text{Aceleración del sistema } a = (v - v_0) / \Delta t$$

$$\text{quedando la fuerza resultante } F_R = m(v - v_0) / \Delta t \quad \dots\dots(1)$$

$$\text{Desplazamiento del sistema} \quad \Delta x = ((v + v_0) / 2) \Delta t \quad \dots\dots(2)$$

Multiplicando la ecuación (1) por la ecuación (2) obtenemos el trabajo NETO:

$$W_N = [m(v - v_0) / \Delta t] [((v + v_0) / 2) \Delta t]$$

$$W_N = m(v - v_0)(v + v_0) / 2$$

Haciendo las operaciones indicadas nos queda que:

$$W_N = m(v^2 - v_0^2) / 2$$

$$W_N = (1/2)mv^2 - (1/2)mv_0^2$$

La cantidad $(1/2)mv^2$ le llamaremos energía cinética final porque v , es la velocidad final.

La cantidad $(1/2)mv_0^2$ le llamaremos energía cinética inicial porque v_0 , es la velocidad inicial.

Así, podemos ver que el trabajo NETO se puede calcular si conocemos cuales son las velocidades del cuerpo al inicio y al final del intervalo que nos interesa estudiar y que energía CINÉTICA es esa capacidad que tiene un cuerpo de poder realizar un trabajo en virtud de su velocidad.

Ejr.	masa, kg	μ_c	T, N	W_N , J	v_o , m/s	v, m/s	
1	50	0.4	300	?	12	?	
2	100	0.8	?	400	?	15	
3	200	0.7	?	600	?	30	
4	75	0.6	700	?	?	60	
5	20	0.5	150	?	24	?	

Resuelva los ejercicios que aparecen en la tabla anterior siguiendo el diagrama de cuerpo libre del ejemplo No. 1 y complete la tabla anterior.

EJERCICIOS:

- 1.- Encuentre la energía cinética de un cuerpo de 3 kg de masa, que se suelta desde 20 metros arriba del suelo, en: i) el instante de soltarlo, ii) cuando ha recorrido 5 m, iii) cuando ha recorrido 15 m y iv) en el instante de llegar al suelo.
- 2.- Desde el suelo, se dispara un cuerpo de 6 kg hacia arriba con una velocidad de 30 m/s. Encuentre la energía cinética del cuerpo después de un segundo de haber sido lanzado, ii) después de dos segundos, ii) después de tres segundos de haber sido lanzado.
- 3.- Cuánto trabajo hay que realizar sobre un cuerpo de 3 kg para subirlo una altura de 20 m?
- 4.- Cuánto trabajo debe hacerse sobre un cuerpo de 6 kg para subirlo una altura de 45 m?
- 5.- Una caja de juguetes de 4 kg de masa, la están disputando dos niños, uno la jala por medio de una cuerda hacia un lado con una fuerza de 30 N y el otro la jala, también horizontalmente, en dirección opuesta con una fuerza de 80 N. Si el coeficiente de fricción cinética es de 0.2 cuánto trabajo realiza i) cada niño, ii) la fricción; iii) encuentre el trabajo neto y iv) encuentre la energía cinética de la caja después de 1 s de iniciada la disputa.

ENERGÍA

Llamamos Energía a la capacidad que tenga un cuerpo de realizar un trabajo. En la sección anterior vimos lo que es energía cinética, ahora podemos darnos cuenta que es esa capacidad que tiene un cuerpo de poder realizar un trabajo en virtud de su velocidad.

En esta sección estudiaremos lo que es la energía POTENCIAL y especialmente la energía potencial gravitacional.

Cuando hablamos de ENERGÍA POTENCIAL, estamos pensando en aquella capacidad POTENCIAL que tiene un cuerpo de realizar un trabajo.

La energía potencial gravitacional, es aquella capacidad potencial que tiene un cuerpo de realizar un trabajo respecto a un nivel que nosotros previamente seleccionamos, es decir depende de la posición que esté ocupando el cuerpo respecto de nuestro referente o nivel seleccionado.

EJEMPLO:

Cuánto trabajo debe hacerse sobre un cuerpo de 8 kg para subirlo una altura de 12 m. ¿Qué capacidad potencial de hacer trabajo tiene el cuerpo cuando ya llegó a la altura señalada?

Para resolver el ejemplo vamos a suponer que el cuerpo lo subimos equilibradamente, es decir, la fuerza que le aplicamos hacia arriba es del mismo tamaño que el peso, de tal manera que la fuerza será: suponemos que $g = 10\text{m/s}^2$

$$F = 8(\text{kg})10(\text{m/s}^2) = 80 \text{ N}$$

$$\Delta y = 12\text{m}$$

$$W = F\Delta y = 80(\text{N})12(\text{m}) = 960 \text{ J}$$

El trabajo que se realizó sobre el cuerpo es de 960 J. Y la capacidad potencial que tiene el cuerpo de realizar trabajo será de 960 J, si tomamos como nivel de referencia el suelo, es decir, el lugar desde donde se subió.

ENERGÍA POTENCIAL + ENERGÍA CINÉTICA = ENERGÍA MECÁNICA

Llamaremos: U a la energía potencial de un cuerpo

K a la energía cinética de un cuerpo y

E a la energía mecánica del cuerpo

De tal manera que la energía mecánica queda:

$$E = K + U$$

Ejemplo: ¿Cuál es la energía mecánica de un cuerpo de 8 kg de masa que se encuentra a 14 m de altura, respecto al piso?

Si el cuerpo se encuentra en ese lugar con velocidad cero respecto al piso, entonces la energía cinética será cero, $K = 0 \text{ J}$. La energía potencial será de $8(\text{kg})10(\text{m/s}^2)(14\text{m})$ es decir, $mgh=1120 \text{ J}$. De aquí podemos decir que:

$$E = U + K = 1120 \text{ J} + 0 \text{ J} = 1120 \text{ J}$$

Si, ahora, el cuerpo se deja caer desde esa altura. Encuentre la energía cinética, potencial y mecánica cuando ocupa las posiciones 12, 10, 8, 6, 4, 2 y 0 m respecto al piso.

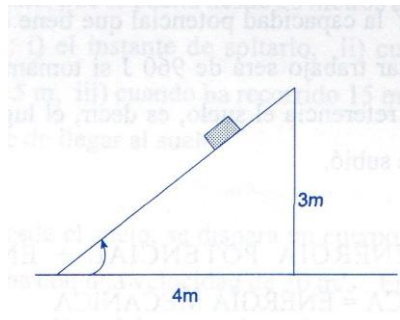


Figura 7 Plano inclinado de 3 m de alto y 4 m de base con un coeficiente de fricción de 0.4 entre el plano y el bloque.

Ejercicio: Un cuerpo de masa m se desliza sobre un plano inclinado, como se muestra en la figura, el coeficiente de fricción cinética entre el cuerpo y el plano es $\mu_c = 0.4$. Encuentre la energía cinética, potencial y mecánica respecto a la base del plano cuando: i) se ha deslizado 1 m, ii) 2 m, iii) 3 m iv) 4 m y v) 5 m sobre el plano. En este ejercicio es importante hacer notar que: para encontrar la fuerza de fricción es necesario encontrar la fuerza Normal (que es perpendicular al plano inclinado) no tiene el mismo valor del peso y para encontrarla la dificultad es mayor que en los ejercicios anteriores. Este es un problema que tiene mayor dificultad.

CAPITULO CUATRO

ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO

- Electromagnetismo – Carga Eléctrica
- Conductores y Aisladores – Carga y Materia
- Campo Eléctrico – Potencial Eléctrico
- Corriente Eléctrica - Ley de Ohm - Circuitos eléctricos
- Magnetismo

ELECTRICIDAD

Carga y Materia:

Electromagnetismo

Carga Eléctrica

Conductores y Aisladores

La carga está Cuantizada

Carga y Materia

La Carga se Conserva

El Campo Eléctrico:

El Campo Eléctrico

La Intensidad del Campo Eléctrico

Líneas de Fuerza

Potencial Eléctrico:

Potencial Eléctrico

Potencial e Intensidad del Campo

Potencial Debido a una Carga Punto

Corriente y Resistencia:

Corriente Resistencia, Resistividad y

Conductividad

Ley de Ohm

Fuerza Electromotriz y Circuitos:

Fuerza Electromotriz

Cálculo de la Corriente

Circuitos simples

El Campo Magnético:

El Campo Magnético Definición del Campo

Fuerza Magnética Sobre una Corriente

Ley de Ampere:

Ley de Ampere

Campo Magnético Cerca de un Alambre Largo

Ley de Faraday:

Experimento de Faraday

Ley de la Inductancia de Faraday

Ley de Lenz

ELECTROMAGNETISMO:

La ciencia de la electricidad nació con la observación, conocida por Tales de Mileto el año 600 A.C., de que un pedazo de ámbar frotado atrae pedacitos de paja. El estudio del magnetismo se remonta a la observación de que PIEDRAS que se encuentran en la naturaleza atraen al hierro. Estas piedras son de magnetita. Estas dos ciencias, la electricidad y el magnetismo, se desarrollan independientemente hasta 1820, año en que Hans Christian Oersted (1777-1851) observó que la corriente eléctrica en un alambre puede afectar la orientación de una aguja magnética de una brújula.

La nueva ciencia del electromagnetismo fue impulsada por muchos investigadores, de los cuales uno de los más importantes fue Michael Faraday (1791-1867). Correspondió a James Clerk Maxwell (1831-1879) establecer las leyes del **electromagnetismo** en la forma en que las conocemos actualmente. Estas leyes, llamadas a menudo **ecuaciones de Maxwell**, se estudian en cursos universitarios. Estas leyes juegan en el electromagnetismo el mismo papel que las leyes de Newton del movimiento y de la gravitación juegan en mecánica.

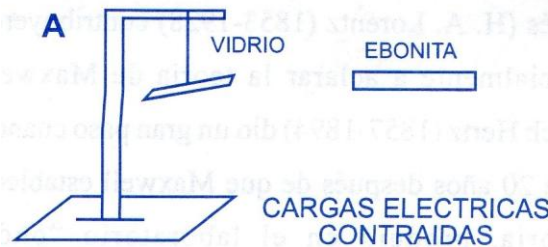
Aun cuando la síntesis de Maxwell del electromagnetismo descansa fundamentalmente en el trabajo de sus predecesores, su contribución personal es central y vital. Maxwell dedujo que la luz es de naturaleza electromagnética y que su velocidad puede calcularse a partir de experimentos puramente eléctricos y magnéticos. Así, la ciencia de la óptica se ligó íntimamente con las de la electricidad y el magnetismo. Es notable el alcance de las ecuaciones Maxwell, ya que incluye los principios fundamentales de todos los dispositivos electromagnéticos y ópticos que se aplican en la construcción de aceleradores de partículas, motores, radio, radar de microondas, televisión, microscopios, telescopios, computadoras, etc.

El desarrollo del electromagnetismo clásico no concluyó con Maxwell. El físico inglés Oliver Heaviside (1850-1925) y especialmente el físico holandés (H. A. Lorentz (1853-1928) contribuyeron sustancialmente a aclarar la teoría de Maxwell. Heinrich Hertz (1857-1894) dio un gran paso cuando, más de 20 años después de que Maxwell estableció su teoría, produjo en el laboratorio "ondas maxwellianas" electromagnéticas del tipo que ahora llamamos ondas cortas de radio. Correspondió a Marconi y a otras explorar esta aplicación práctica de las ondas electromagnéticas de Maxwell y Hertz.

En la actualidad el electromagnetismo presenta dos formas de interés. En el plano de las aplicaciones de la ingeniería, las ecuaciones de Maxwell se usan constante y universalmente en la solución de una gran variedad de problemas prácticos. En el plano de los fundamentos de la teoría, hay un continuo esfuerzo para extender su alcance en forma tal que el electromagnetismo se revela como un caso especial de una teoría más general. Tal teoría debiera incluir (digamos) las teorías de gravitación y de la física cuántica. Esta gran síntesis no se ha logrado todavía.

Carga eléctrica:

Si se frota una varilla de vidrio con un pañuelo de seda y se cuelga, también con un hilo de seda, y luego se frota una segunda varilla también de vidrio, con seda y las aproximamos, vemos que las varillas se repelen. Ahora si frotamos una varilla de ebonita con piel y la acercamos a la varilla de vidrio que se encuentra suspendida, observamos que se atraen. Es claro que con este experimento se puede decir que las cargas en el vidrio y la ebonita son diferentes y que cargas iguales se repelen y cargas contrarias se atraen.



Benjamín Franklin (1706-1790) denominó a la carga que aparece en el vidrio positiva y a la que aparece en la ebonita negativa, estos nombres son los que actualmente se utilizan. Así, podemos afirmar que cargas positivas (o negativas) que estén próximas se repelen, y que cargas diferentes, que estén próximas se atraen.

Los efectos eléctricos no se limitan a vidrio frotado con seda o ebonita frotada con piel. Cualquier sustancia frotada con cualquier otra, en condiciones adecuadas, se carga en cierto grado. Esto lo podemos observar cuando las nubes viajan en el aire, éstas se cargan y cuando chocan dos nubes de cargas diferentes se producen rayos (relámpagos y truenos). También una nube puede descargarse hacia la Tierra y generalmente cae la carga en los árboles.

Conductores y aisladores:

En los conductores eléctricos las cargas pueden moverse libremente por el material, mientras que en los aisladores no lo pueden hacer. Los metales son buenos conductores, mientras que el vidrio, la ebonita, los plásticos, etc. son buenos aisladores.



La carga está cuantizada:

En la época de Benjamín Franklin (1706-1790) se creía que la carga eléctrica era un fluido continuo. La teoría atómica de la materia ha demostrado que lo que nosotros pensamos de los fluidos mismos, tales como el agua y el aire, no son continuos, sino que están hechos de átomos. El experimento demuestra que el fluido eléctrico tampoco es continuo, sino que está hecho de múltiplos enteros de una cierta carga eléctrica mínima. Esta carga es la carga que contiene un electrón y le damos el símbolo e . El valor de la carga que porta un electrón se ha determinado que es de 1.60206×10^{-19} coul (coulombs, unidad de carga eléctrica), cualquier carga que exista físicamente puede encontrarse como un múltiplo de este valor.

Así, el quantum de carga es e . Su valor es tan pequeño que no nos damos cuenta, así como tampoco notamos que el aire está hecho de átomos cuando lo respiramos. Por ejemplo, en una bombilla eléctrica de 110 volts y 100 wats, entran y salen por el filamento 6×10^{18} cargas elementales, e , cada segundo.

Carga y materia:

Tal y como se nos presenta la materia, puede considerarse compuesta de tres clases de partículas elementales: el protón, el neutrón y el electrón. Las masas y sus cargas están bien determinadas actualmente. La masa del protón y del neutrón son aproximadamente iguales, mientras que la masa del electrón es sumamente inferior: aproximadamente 1840 veces más pequeña. Los átomos están hechos de un núcleo denso con carga positiva rodeado de una nube de electrones (carga negativa).

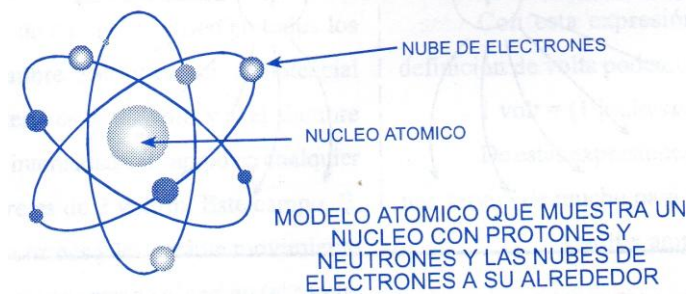
En el núcleo atómico encontramos una nueva fuerza que no es del tipo gravitatorio ni de tipo eléctrico. Esta fuerza de atracción intensa, que une entre sí a los protones y a los neutrones que constituyen al núcleo se llama simplemente **fuerza nuclear**. Si no existiera esta fuerza, el núcleo se desintegraría inmediatamente debido a la intensa fuerza de repulsión que obra entre sus protones (cargas iguales +). Este tipo de fuerza se estudia en las investigaciones que se hace de física nuclear.

La carga se conserva:

Cuando se frota una barra de vidrio con una media de seda, aparecen en la barra una carga positiva. Las medias muestran que aparece en la seda una carga negativa de igual magnitud. Esto hace pensar que el frotamiento no crea la carga, sino que solamente la transporta de un objeto al otro. Este comportamiento de la carga se ha comprobado experimentalmente, tanto en fenómenos a gran escala como en el mundo atómico y nuclear.

El campo eléctrico:

La idea de espacio en dos y tres dimensiones la estudiaste en la parte de mecánica de este curso. Ahora consideremos un espacio completamente vacío, es decir sin ninguna masa presente en él. Si ahora colocamos una masa en el espacio y con una masa puntual (masa de prueba) nos acercamos a la masa grande colocada en el espacio (la masa grande podría ser la Tierra) nos daremos cuenta que la masa puntual es atraída hacia la masa grande. En este caso decimos que la perturbación del espacio es la causante de la atracción que la masa de prueba experimenta. A esta per-turbación del espacio le llamamos **campo gravitacional, g**. Para medir la intensidad del campo gravitacional se usa una cantidad física que se llama gravedad, g . Por analogía, podemos pensar que, en el espacio vacío de carga eléctrica, una carga de prueba no es afectada, pero si colocamos una carga cualquiera, Q , en el espacio y luego nos acercamos con una carga de prueba, ésta puede experimentar una atracción o una repulsión -la carga de prueba se considera una carga puntual positiva-. Si la carga de prueba es atraída hacia la carga que modificó el espacio, entonces decimos que la carga, Q , es negativa y si es repelida decimos que la carga, Q , es positiva. A esta perturbación del espacio le llamamos **campo eléctrico, E**. Para medir la intensidad del campo eléctrico se usa una cantidad física que lleva el mismo nombre (intensidad del campo eléctrico) y lo simbolizamos con la letra E .



Una de las ideas que prevaleció al principio del estudio del campo eléctrico fue la de líneas de fuerza, idea creada por Michael Faraday (1791-1867); en tu curso de física del ciclo diversificado estudiarás con más detalle estos conceptos. En la figura se muestran las líneas de fuerza para una esfera cargada negativamente:

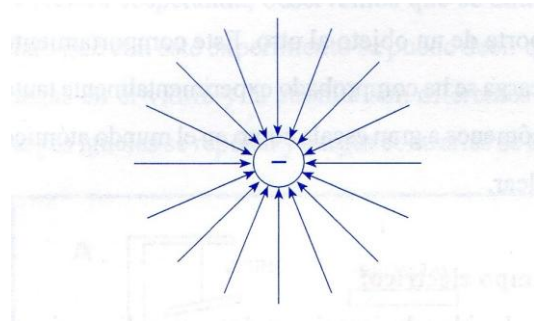


Figura 41 Líneas de fuerza para una carga eléctrica NEGATIVA.

Ejercicio: dibuja las líneas de fuerza que aparecerían en el espacio debido a la presencia de una esfera con carga eléctrica positiva.

En el recuadro de abajo aparece la ilustración con las líneas de fuerza que aparecen entre dos esferas con cargas eléctricas iguales y positivas.

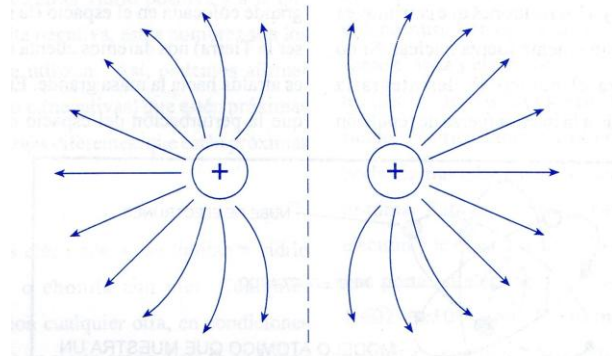


Figura 42 Dos esferas cargadas positivamente, muestran líneas de fuerza como las indicadas.

Potencial eléctrico:

El campo eléctrico de una barra cargada puede describirse por la intensidad del campo eléctrico **E** (que es un vector). Este campo también se puede describir por una cantidad escalar, el **potencial eléctrico**, V . Es importante medir cuál es la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos separados por una distancia, d , en la dirección de las líneas de fuerza. Movamos una carga de prueba, q_0 , de A a B, conservándola siempre en equilibrio (suma de fuerzas = 0) y medimos el trabajo que debe hacer el agente que mueve la carga de A a B, W_{AB} . La diferencia de potencial eléctrico entre A y B se define como:

$$V_B - V_A = W_{AB}/q_0$$

La unidad en el SI de la diferencia de potencial que se deduce de la expresión anterior es el joule/coul. Ha esta relación que aparece tan frecuentemente se le da el nombre de **volt**, así:

$$1 \text{ volt} = 1 \text{ joule/coul}$$

Corriente eléctrica:

Los materiales conductores tienen la característica de tener electrones libres que se mueven irregularmente como lo hacen las moléculas de un gas encerradas en un recipiente. Si los extremos de un alambre de metal (conductor) se conectan a una batería, se establece un campo eléctrico en todos los puntos dentro del alambre. Si la diferencia de potencial producida por la batería es de 12 volts y si el alambre tiene 6m de largo, la intensidad del campo en cualquier punto de ese alambre es de 2 volt/m. Este campo, **E**, actuará sobre los electrones y les dará un movimiento resultante en la dirección contraria al campo (el campo eléctrico, **E**, tiene la dirección de las líneas de fuerza). En este momento, decimos que se ha establecido una **corriente eléctrica**, i , si pasa una carga neta q por una sección transversal cualquiera del alambre conductor en un tiempo t , la corriente, que suponemos constante, es:

$$i = \Delta q / \Delta t$$

Las unidades para la corriente eléctrica en el SI es el ampere, para q es el coulomb y para t es el segundo de tal manera que:

$$1 \text{ ampere} = 1 \text{ coul/s}$$

De aquí podemos despejar el coul y haciéndolo queda:

$$1 \text{ coul} = 1 \text{ amper} \times \text{s}$$

Luego revisando la definición de volt podemos escribir la siguiente secuencia;

$$1 \text{ volt} = 1 \text{ joule/coul} = 1 \text{ joule}/(1 \text{ amper} \times \text{s})$$

Si revisamos lo estudiado en mecánica nos daremos cuenta que existe una cantidad importante que llamamos potencia (rapidez con que se hace trabajo) que se mide en watts; definido éste como

$$1 \text{ watt} = 1 \text{ joule/s}$$

Con esta expresión para watt y viendo la definición de volts podemos escribir que:

$$1 \text{ volt} = (1 \text{ joule/s})/\text{amper} = 1 \text{ watt/amper}$$

De estas expresiones podemos escribir una que nos servirá de mucho para estudiar la ley de Ohm

$$1 \text{ volt} \times \text{amper} = 1 \text{ watt}$$

Es decir que la potencia se puede escribir como el producto de la diferencia de potencial entre dos puntos y la intensidad de corriente que para por el conductor:

$$P = iV$$

Donde i representa a la intensidad de corriente y V la diferencia de potencial producido entre dos puntos de un conductor.

Ley de Ohm:

Siempre que existe una corriente que circula por algún conductor, aparece, inmediatamente, una resistencia que se opone al paso de esa corriente. Es decir, que la corriente será directamente proporcional al potencial (diferencia de potencial) que la genera y será inversamente proporcional a la resistencia que el conductor le ofrezca a su paso. De esta forma podemos escribir esta relación como:

$$i = V/R$$

Donde i es la corriente que circula, V la diferencia de potencial entre los dos extremos del conductor y R la resistencia que se opone al paso de la corriente. A esta expresión se le conoce como **LEY DE OHM**.

A la unidad de medida de la resistencia se le llama Ohm y se simboliza con la letra griega omega, Ω . De tal manera que podemos escribir que

$$1 \text{ ampere} = 1 \text{ volt/ohm}$$

Circuitos eléctricos:

Se le llama circuito cuando un objeto sale de un lugar y vuelve a pasar por él durante cierto tiempo. Así, vamos a considerar un circuito sencillo como el mostrado en la figura, en donde el objeto que circula son electrones libres del conductor, que ha sido conectado a una batería, y considerando que el cuanto de carga eléctrica es el electrón, entonces la corriente estará dada en una cantidad entera de electrones con la característica que deben sumar exactamente $1 \text{ coul/s} = \text{ampere}$. En un circuito donde la corriente que circula sea de 2 amper, la carga deberá ser de 2 coul/s.

Ejercicios: 1. Cuántos coul/s son 5 amper?

2. Si por un circuito pasan 5 coul en 5 s. de ¿Cuántos amper es la corriente, i ?

3. Si en un circuito la corriente, i , es de 10 amper; en 5 s, ¿cuántos coul pasan por el conductor?

4. En la ilustración 3, la resistencia del circuito es de 60Ω y la diferencia de potencial (voltaje) es de 12 volt (voltios), ¿cuánta corriente circula por el circuito?

Ahora, si conectamos dos resistencias, una detrás de la otra, en la misma línea, podemos darnos cuenta que la diferencia de potencial en los extremos de la primera es diferente al potencial de la batería. Si las dos resistencias son iguales, entonces la diferencia de potencial total se divide exactamente en dos partes iguales. En un circuito de este tipo vemos también que la corriente que pasa por una resistencia es exactamente la misma que pasa por la siguiente. Entonces en un circuito donde se dan estas condiciones decimos que las resistencias están **conectadas en serie** y que podemos sustituir estas dos resistencias por una sola que le llamaremos resistencia **equivalente**, la cual viene dada por la suma de las resistencias del circuito. Ejemplos de aplicación muy común los encontramos en las series navideñas (que estudiaremos en clase).

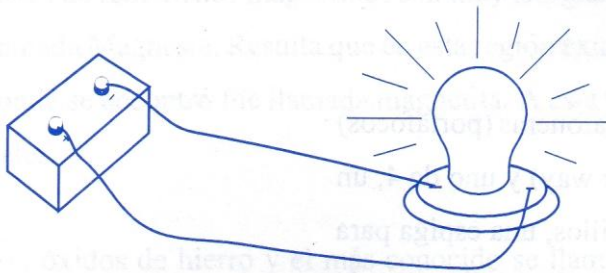


Figura 43 Circuito sencillo de una resistencia de 60Ω conectada a las terminales de una batería de 12 volts.

Si conectamos las dos resistencias a las terminales de la batería, muy rápidamente nos damos cuenta que las diferencias de potencial en los extremos de cada una es el mismo, el de la batería. En los domicilios de cada uno de nosotros existen varios circuitos. Cada una de las resistencias de estos circuitos, generalmente deben ser de la misma diferencia de potencial, es decir deberán ser circuitos de resistencias conectadas en paralelo.

En la figura de abajo se muestran dos circuitos, uno en serie y el otro en paralelo.

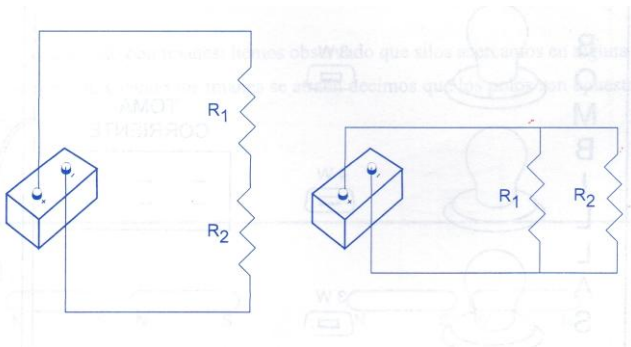


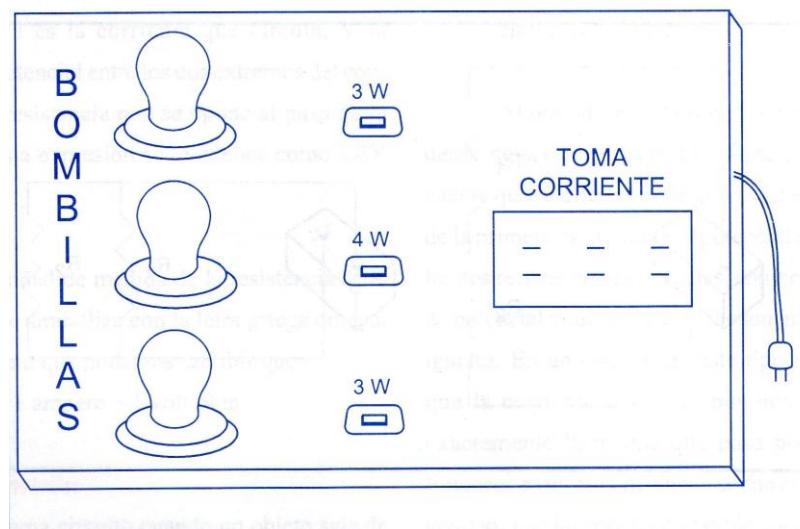
Figura 44 Circuitos en serie y en paralelo de dos resistencias y una batería.

LABORATORIO: Elaboración de una maqueta que muestre dos resistencias conectadas en serie y varias conectadas en paralelo

Elementos necesarios:

3 m de alambre No. 14, 3 plafoneras (portafocos), 2 interruptores de tres vías (tree way) y uno de 4, un tomacorriente doble o dos sencillos, una espiga para conectar a la línea de la casa y tres bombillas: una de 60 watt, otra de 75 watt y otra de 100watt.

Cálculo de la potencia instalada: todos los artefactos y equipos eléctricos que se usan en la casa: bombillas, lámparas, secadoras de pelo, hornillas para calentar, refrigeradores, estufas eléctricas, licuadoras, batidoras, lavadoras, etc., tienen una potencia asignada, es decir tienen la rapidez con que hacen trabajo grabada en la etiqueta de sus especificaciones o el fabricante la indica en su catálogo.



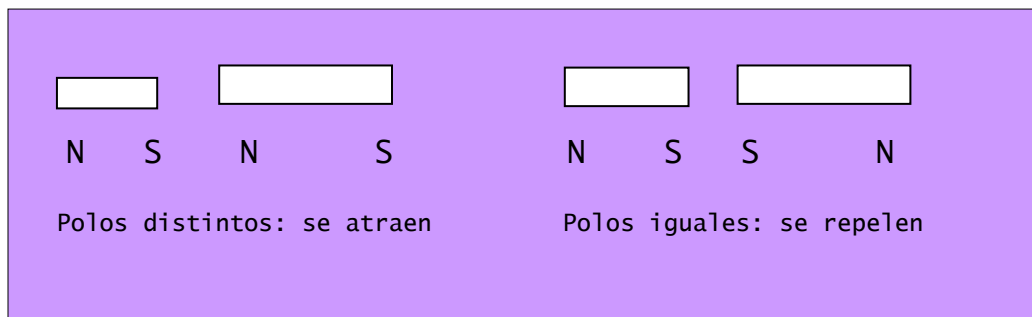
MAGNETISMO

Las primeras observaciones de fenómenos magnéticos son muy antiguas: se cree que fueron realizadas en una ciudad de Asia menor llamada Magnesia. Resulta que en esta región existía mucho mineral de hierro en forma de óxidos, por el lugar donde se encontró fue llamada magnetita. A este tipo de minerales se les conoce con el nombre de imanes naturales.

Los imanes naturales son óxidos de hierro y el más conocido se llama Magnetita. Imán artificial es aquel que se puede construir. Una aguja es fácilmente convertible en un imán artificial si la frotamos contra un imán natural o artificial. Teniendo el cuidado de hacerlo siempre en la misma dirección. A esta actividad se le llama Imantación. Los objetos de hierro (clips, clavos, agujas, etc.) se pueden convertir en imanes por frotación contra otro imán que puede o no ser natural. Generalmente, las características magnéticas de estos imanes tardan muy poco tiempo. Sin embargo, el acero que es una aleación de hierro con una cantidad variable de otros elementos químicos (carbono, magnesio, silicio y otros) puede convertirse en imán permanente.

Todo imán tiene dos polos: el polo norte, N, y el polo sur, S: El polo norte es el que apunta en la dirección del polo norte geográfico (el polo norte geográfico queda a mano izquierda, cuando nos paramos de frente hacia la salida del sol). Cuando colocamos partículas de hierro (limaduras de hierro) en una hoja de papel y por la parte de abajo un imán, se puede ver que las limaduras se concentran alrededor de los polos.

Casi todos hemos jugado con imanes: hemos observado que si los acercamos en alguna posición éstos se atraen y en otra se repelen. Cuando los imanes se atraen decimos que los polos son opuestos y cuando se repelen que son iguales.



EJERCICIOS:

1. Observa que sucede cuando:

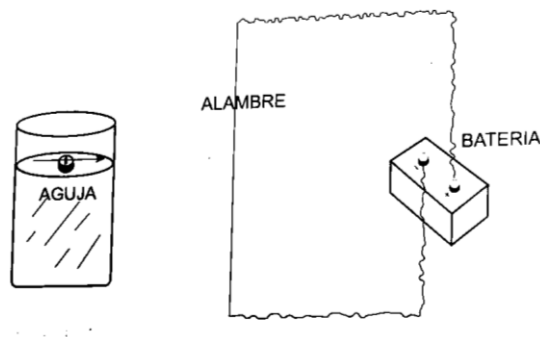
- arrastras un imán en un poco de tierra seca
- acercas un imán a: una moneda de un centavo, un pedazo de plástico, un pedazo de aluminio, un pedacito de madera, un vaso de vidrio, un poco de agua estancada
- acercas un imán a un chorrillo de agua.

2. Con una aguja construye una brújula: frota una aguja contra un imán, haciéndolo en la misma dirección encontrarás que la aguja adquiere las propiedades del imán. Inserta la guja en un pedacito de duroport, corcho o cualquier material que flote en el agua y ponla a flotar en un vaso con agua.

Observa:

- qué sucede cuando giras en vaso 90°
- qué le ocurre a la aguja cuando giras el vaso 180°
- en qué dirección apunta la aguja.

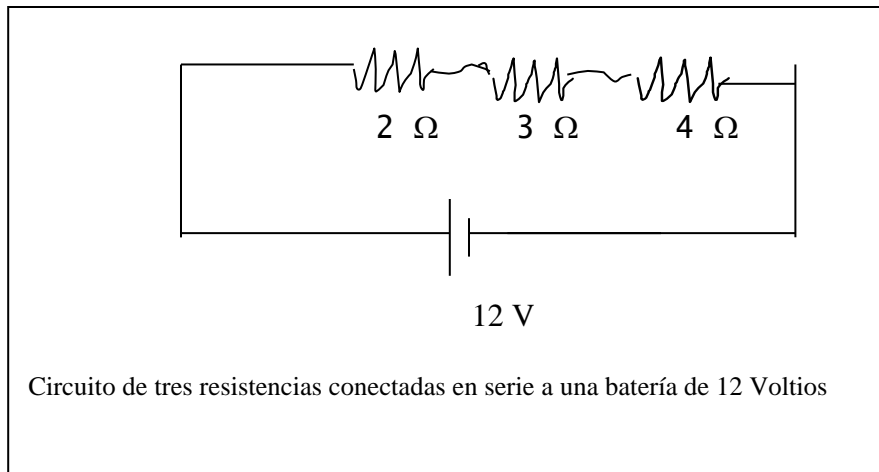
Magnetismo producido por electricidad: cuando se hace pasar corriente por un alambre, se observa: que si acercas tu aguja imantada, ésta se mueve y únicamente apunta en una dirección -cuando la colocas en el mismo punto de la vecindad del alambre-. Si desconectamos la batería del alambre, la guja apuntará en otra dirección. Esto nos induce a pensar que cuando una carga está en movimiento se genera un campo magnético en sus vecindades.



Puedes realizar estas observaciones utilizando alambre del que se usa para rebobinar motores. Este alambre tiene una capa de barniz que lo aísla. Es conveniente utilizar alambre calibre 22 o 25 y tener mucho cuidado de quitar la laca de los extremos. Para dejar los extremos libres de laca y que el contacto con la pila de 1.5 voltios (de las que se usan en linternas) sea excelente, debes lijarlos muy bien.

Ejercicios:

1. Un circuito muestra tres resistencias conectadas en serie. Encuentra el circuito equivalente utilizando solamente una resistencia.



2. En el circuito que se te muestra arriba debes encontrar cuál es la caída de potencial (diferencia de voltaje) en cada una de las resistencias.
3. En el cuadro debes escribir dos circuitos con las tres resistencias del circuito anterior, que tengan: uno una resistencia en paralelo y dos en serie y el otro una en serie con dos en paralelo. Encuentra la resistencia equivalente en cada Circuito.
4. Encuentra la resistencia equivalente en cada Circuito.

Sobre las interesantes propiedades de la harina de maíz, MAICENA.

Muchos hemos reparado en que si se mezcla un poco de harina de maíz con agua

aparece una papilla con una extraña propiedad. En efecto, si se la agita lentamente se comporta como un líquido cualquiera, pero a medida que la agitación se torna más rápida aquella, como por arte de magia, se espesa y acaba haciéndose dura como una piedra... Hasta que disminuye la rapidez con que se agita. Entonces volvemos a tener un líquido normal.

¿Por qué?

Con una lupa de suficientes aumentos veríamos que, a diferencia de lo que ocurre cuando echamos sal en agua, la harina no se disuelve en el agua, sino que forma lo que se llama una suspensión. Aparecen unos pequeños gránulos rodeados por una capa de agua, cuya tensión superficial impide que se mojen.

¿Qué ocurre cuando agitamos esta suspensión?

Bien, existen varias explicaciones.

Una es que la capa de agua que rodea a los gránulos actúa como una especie de cojín que lubrica completamente a los gránulos permitiéndoles un movimiento libre. Pero, al agitar con rapidez la suspensión, es como si se estrujase una esponja: el agua se expulsa de los espacios intergranulares, con lo que aumenta la fricción entre ellos, tanto más cuanto más brusco es el movimiento.

Existe otra explicación basada en la estructura molecular de la harina de maíz. Básicamente, ésta está formada por almidón, que es una sustancia formada por moléculas que parecen como una larga cadena (a eso se le llama polímeros). Se supone que al agitar rápidamente la suspensión esas cadenas se enmarañan lo que dificulta que las moléculas se deslicen entre sí. No obstante, esta explicación resulta poco convincente por varios motivos: ¿qué evita enmarañarse a las moléculas cuando la agitación es lenta?, ¿por qué no se rompen las moléculas cuando la agitación es rápida? Por otro lado, se sabe que cuando aparece la suspensión de harina en agua el almidón no se separa en moléculas, sino que forma gránulos comparativamente grandes casi totalmente esféricos. Además, puede advertirse que la mezcla de arena de playa y agua se comporta casi igual que la de harina en agua, aunque las moléculas de arena no son polímeros.

Una tercera explicación implica a la electricidad estática. Cuando las partículas de almidón se rozan entre sí se cargan y se atraen. Cuanto más se rozan más se cargan, la atracción es mayor y con ello aumenta la viscosidad.

Tal vez el argumento más convincente es que la suspensión de harina de maíz en agua es monodispersa. Es decir, los gránulos de almidón tienen todo el mismo tamaño. Pero a medida que se hace más rápida la agitación crece el drenaje del agua intersticial, provocando así la polidispersión (es decir, diversificando el tamaño de los gránulos) lo que facilita que las partículas puedan empaquetarse mucho más densamente y, en consecuencia, aumentado la viscosidad del fluido.

Por cierto, esta curiosa propiedad se denomina antitixotropía (o tixotropía negativa).

Puedes obtener más información sobre la papilla de maíz y sus curiosas propiedades en la experiencia: Propiedades sorprendentes: la papilla de maíz.

Máximo Letona

CAPÍTULO CINCO

MESA DE LABORATORIO

Solución de problemas y problemas propuestos

Serie de cuadernos didácticos de Física

Programa de Tecnificación Galileo

INTRODUCCIÓN

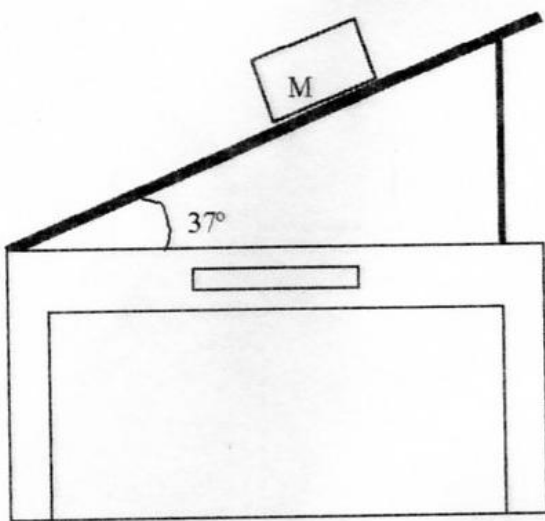
En la historia de humanidad, cuando el ser humano se da cuenta que su vida en este planeta depende de su relación con el medio ambiente comienza a ser más cuidadoso en la observación de los fenómenos naturales. Estudia el comportamiento de los animales, el crecimiento de los árboles, la lluvia, las estrellas fijas, el Sol, la luna, etc.... Se da cuenta que el movimiento es un elemento importante del comportamiento de todos los cuerpos, que la materia y el movimiento son parte del conocimiento fundamental de la naturaleza. Luego descubre leyes naturales del movimiento y materia. Para que, finalmente con estas leyes fundamente sus predicciones.

En esta serie de cuadernos integraremos: ejercicio de laboratorio, ejecución de experimentos, elaboración de equipo para la realización de prácticas, técnicas de solución de problemas y problemas propuestos.

Esperamos que este tipo de cuadernos llene una necesidad sentida en el estudio de la ciencia, especialmente, en este caso, de la Física.

Agradecemos a todos los profesores que desde el año 1987 tuvieron confianza en nuestro grupo de trabajo, participando en los Encuentros con Profesores de Física Fundamental (para tercero básico) y desde 1995 a los que han participado del programa Galileo.

Problema 1



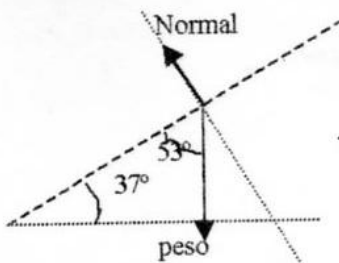
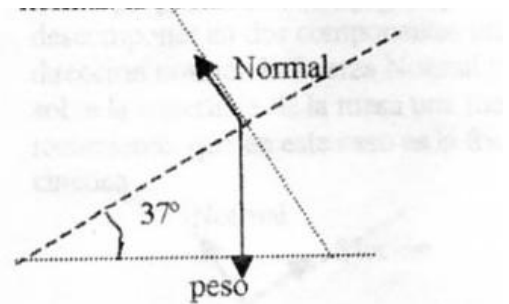
Mesa de laboratorio

Una masa $M=2\text{kg}$, parte del reposo sobre un plano inclinado sin fricción. Dibuja un diagrama de cuerpo libre de la masa (considera la masa M como un sistema físico). ¿Cuánto vale la aceleración de la masa M ? ¿Cuánto vale la fuerza que la representa, estas interacciones las puedes dibujar como una flecha?

SOLUCIÓN:

- Los cuerpos que interactúan con M son: la Tierra y la mesa.
- La Tierra que le proporciona un jalón vertical y hacia abajo: el peso = Mg , la mesa que le proporciona un empujón en dirección normal: la Fuerza Normal.

(c) Como se puede ver la única posibilidad de movimiento es en la dirección del plano inclinado hacia abajo. Por lo que se puede escribir la segunda ley de Newton como sumatoria de todas las fuerzas, ahora en dirección del plano, llamémosle dirección x ($\Sigma F_x = Ma$). También se puede ver que en la dirección perpendicular al plano inclinado (eje y) no existe movimiento, por lo que ($\Sigma F_y = 0$).



En el diagrama de cuerpo libre se puede observar que el peso se puede descomponer en una componente en dirección del plano y en una perpendicular al plano. A la componente en dirección del plano se le puede encontrar multiplicando al peso por coseno de 53° y la componente perpendicular multiplicando al peso por seno de 53° . La componente en X del peso es la responsable de que M se mueva. Por estas razones se puede escribir:

$$Mg(\cos 53^\circ) = Ma \dots\dots\dots (1)$$

¿De aquí se observa que $a = g(\cos 53^\circ) = ? 8 \text{ m/s}^2$

Como en el eje Y no existe movimiento

$Mg(\sin 53^\circ) - N = 0$ de aquí se puede ver que

$$N = Mg(\sin 53^\circ) (2)$$

De donde encontramos que

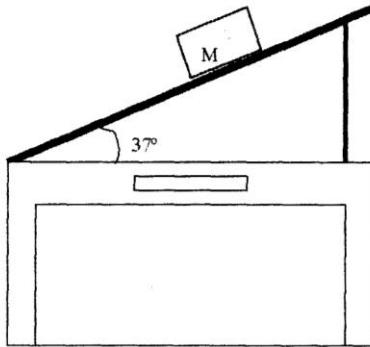
$$N = 2(\text{kg})(10 \text{ m/s}^2) (0.6)$$

$$N = 12 \text{ Newtons}$$

La fuerza resultante valer:

$$F = Ma = 2(\text{kg}) (8\text{m/s}^2) = 16 \text{ N}$$

Problema 2



Mesa de laboratorio

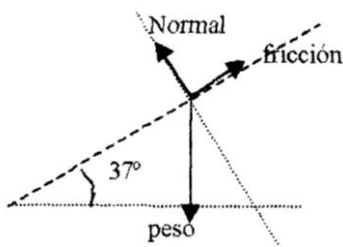
Una masa M está en reposo sobre un plano inclinado. Dibuja un diagrama de cuerpo libre de la masa (considera la masa M como un sistema físico).

Haz una lista de todos los cuerpos que interactúan con el sistema M .

- Por cada cuerpo que interactúa con M existe una fuerza que la representa, estas interacciones las puedes dibujar como una flecha.
- Si la masa, M , experimenta una aceleración de 2 m/s^2 , ¿cuánto vale coeficiente de fricción cinética entre la masa M y la superficie de la mesa?

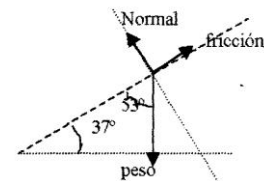
SOLUCIÓN:

- Los cuerpos que interactúan con M son: la Tierra y la mesa.
- La Tierra que le proporciona un jalón vertical y hacia abajo: el peso = Mg , la mesa que le proporciona un empujón que se puede descomponer en dos componentes una en dirección normal: la Fuerza Normal y otra sobre la superficie de la mesa una fuerza de rozamiento, que en este caso es la fricción cinética.



Como se está indicando, la aceleración y la única dirección posible de ella es, en la dirección del plano inclinado y hacia abajo. Por lo que se puede escribir la segunda ley de Newton como sumatoria de todas las fuerzas, ahora en dirección del plano, llamémosle dirección x ($\Sigma F_x = Ma$). También se puede ver que en la dirección perpendicular al plano inclinada (eje y) no existe movimiento, por lo que: ($\Sigma F_y = 0$).

En el diagrama de cuerpo libre se puede observar que la única fuerza en esa dirección es la fricción y que el peso se puede descomponer en una componente en dirección del plano y en una perpendicular al plano. A la componente en dirección del plano se le puede encontrar multiplicando al peso por coseno de 53° . La componente en X del peso es la responsable de que M se



mueva. La fuerza de fricción cinética se opone al movimiento. Por estas razones se puede escribir:

$$Mg (\cos 53^\circ) - f_c = Ma \dots\dots (1)$$

Como en el eje Y no existe movimiento

$$Mg (\sin 53^\circ) - N = 0 \text{ de aquí se puede ver que}$$

$$N = Mg(\sin 53^\circ) \quad (2)$$

También sabemos que la fricción $f_c = \mu N$

Sustituyendo la ecuación (2) en la ecuación (1)

$$Mg (\cos 53^\circ) - \mu Mg (\sin 53^\circ) = Ma$$

$$M(g \cos 53^\circ - a) = \mu Mg (\sin 53^\circ)$$

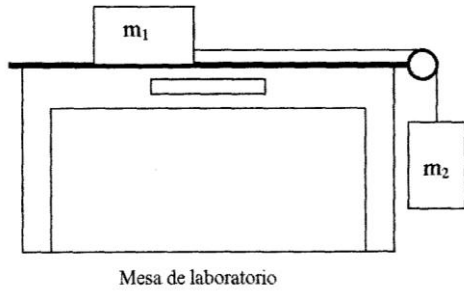
$$M(g \cos 53^\circ - a) / Mg \sin 53^\circ = \mu$$

La M se cancela y nos queda que

$$\mu = (g \cos 53^\circ - a) / g \sin 53^\circ = (6-2) / 8$$

$\mu = 0.5$

Problema 3

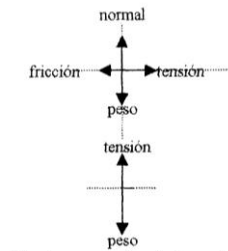


El sistema mostrado en la figura está compuesto por dos masas, una cuerda ideal y una polea ideal. La masa 1 tiene un valor de 8 kg y la masa 2 un valor de 6 kg. El coeficiente de fricción cinética entre m_1 y la mesa es de 0.4.

- Haga una lista de todos los cuerpos que interactúan con cada una de las masas (considere que cada masa es un sistema físico),
- trace un diagrama de cuerpo libre para cada masa,
- encuentre la aceleración de cada masa y
- encuentre la tensión en la cuerda.

Solución:

- En la masa 1 interactúan: la Tierra, la cuerda y la mesa (esta fuerza se puede descomponer en una normal y otra de rozamiento).
- Diagramas de Cuerpo Libre para cada masa:



El diagrama de flechas de arriba corresponde a las fuerzas que los vecinos ejercen sobre la masa 1 y el de abajo corresponde a la masa 2.

Ahora puede aplicar la segunda ley de Newton a cada masa:

$$\boxed{m_1} \quad \Sigma F_y = 0 \quad N - m_1 g = 0$$

$$N = m_1 g \dots\dots\dots (1)$$

$$\Sigma F_x = m_1 a \quad T - f_c = m_1 a \dots\dots (2)$$

Como se sabe que la fricción cinética es $f_c = \mu N$, se sustituye la ecuación 1 en la fricción, quedando $f_c = \mu m_1 g$ y sustituyendo este valor en la ecuación dos, ésta queda como

$$T - \mu m_1 = m_1 a$$

$$T = \mu m_1 g + m_1 a \dots\dots\dots (3)$$

m_2

Según el diagrama de cuerpo libre de la masa dos la segunda ley de Newton queda como:

$$m_2 g - T = m_2 a \dots\dots\dots (4)$$

c) Para encontrar la aceleración: se sustituye la ecuación (3) en la ecuación (4)

$$m_2 g - \mu m_1 g = m_2 a + m_1 a$$

despejando la aceleración

$$m_2 g - \mu m_1 g = m_2 a + m_1 a$$

$$m_2 g - \mu m_1 g = (m_2 + m_1) a$$

$$(m_2 g - \mu m_1 g) / (m_2 + m_1) = a$$

Ahora, sustituyendo los valores que se asignó a cada una de las variables queda que a

$$a = (6\text{kg}(10\text{m/s}^2) - 0.4 \times 8\text{ kg}(10\text{m/s}^2)) / (6+8)\text{ kg}$$

$$a = (60 - 32)\text{ N} / 14\text{ kg}$$

$$a = 2$$

d) Para encontrar la Tensión: la ecuación (4) dice que: $m_2 g - T = m_2 a$ de donde se puede despejar T

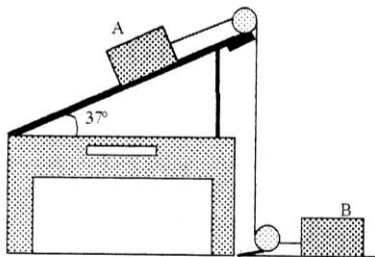
$$m_2 g - m_2 a = T$$

$$T = 6\text{kg}(10-2)\text{ m/s}^2 = 6 \times 8\text{ N}$$

$$T = 48\text{ N}$$

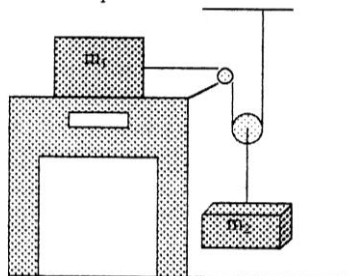
Problemas propuestos

1. Un bloque de 3 kg descansa sobre un plano horizontal liso se une mediante una cuerda que pasa por una pequeña polea sin rozamiento a otro bloque suspendido. Inicialmente en reposo situado a 1.5 m por encima del suelo. El bloque suspendido golpe al cabo de 2s. a) Calcúlese el peso de este bloque (el que golpea el suelo). B) Hállese la tensión de la cuerda mientras ambos bloques están en movimiento.
2. Dos bloques, cada uno de los cuales tiene una masa de 2 kg, descansan sobre superficies lisas, según lo muestra la figura de abajo. Suponiendo que las poleas sean ligeras y sin rozamiento, calcúlese: a) el tiempo requerido para que el bloque A se mueva 1 m hacia abajo a lo largo del plano, partiendo del reposo; b) la tensión de la cuerda que uno los bloques

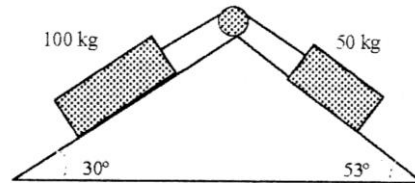


3. Un bloque de 3 kg. Es arrastrado hacia arriba sobre el plano inclinado de 30° mediante una fuerza horizontal de 600 N. El coeficiente cinético de rozamiento es de 0.25. Calcúlese: a) la aceleración; b) la velocidad del bloque después de haber recorrido una distancia de 4 m a lo largo del plano; c) la fuerza normal ejercida por el plano. Supóngase que todas las fuerzas actúan en el centro del bloque.
4. a) ¿Qué fuerza horizontal constante se necesita para arrastrar un bloque de 8 kg sobre una superficie horizontal con una aceleración de 2.0 m/s^2 , si el coeficiente cinético de rozamiento entre el bloque y la superficie es de 0.5?
b) ¿Qué peso suspendido de una cuerda atada al bloque de 8 kg, que pasa por una pequeña polea sin rozamiento, producirá esta aceleración?
5. Un avión de transporte va a despegar de un campo de aterrizaje horizontal remolcando dos planeadores, uno atrás del otro. Cada planeador pesa 12,000 N, y la fuerza de rozamiento o resistencia sobre cada uno de ellos puede considerarse constante e igual a 2,000 N. La tensión en el cable de remolque entre el aeroplano de transporte y el primer planeador no ha de exceder de 10,000 N. a) Si se requiere una velocidad de 30 m/seg para el despegue, ¿Qué longitud de recorrido se necesita? b) ¿Cuál es la tensión en el cable de remolque entre ambos planeadores mientras los aeroplanos son acelerados para el despegue?

6. Si el coeficiente de rozamiento entre los neumáticos de un automóvil y la carretera es 0.8, calcúlese la distancia más corta en que puede detenerse el coche si su velocidad es de 60km/h.
7. Un bloque de 10 kg está sostenido por una cuerda que puede moverse hacia arriba o hacia abajo. ¿Qué conclusiones pueden deducirse respecto a la magnitud y dirección de la aceleración y de la velocidad de extremo superior de la cuerda cuando la tensión es de la misma es: a) 50 N; b) 100 N y c) 150 N?
8. Dos cuerpos que pesan 100 N y 60 N, respectivamente penden de los extremos de una cuerda de 4m de longitud que pasa por una polea sin rozamiento, encontrándose a una altura de 1.2m por encima del suelo. Ambos cuerpos parten del reposo. Hállese la máxima altura alcanzada por el cuerpo de 60 N.
9. Un hombre cuya masa es de 80 kg está de pie sobre una plataforma de masa 40 kg. Tira de una cuerda sujeta a la plataforma y que pasa por una polea fija al techo. ¿Con qué fuerza ha de tirar de la cuerda para comunicarse a sí mismo y a la plataforma una aceleración hacia arriba de 0.6 m/s^2 ?
10. Un cuerpo pende de un dinamómetro sujeto al techo de un ascensor. A) Si el ascensor tiene una aceleración hacia arriba de 1.20 m/s^2 y el dinamómetro indica 200 N, ¿Cuál es el verdadero peso del cuerpo? B) ¿En qué circunstancia indicará el dinamómetro 150 N? c) ¿Qué indicará el dinamómetro si se rompe el cable del ascensor?
11. Una caja de embalaje de 40 kg se encuentra sobre el piso de la plataforma de un camión. El coeficiente estático de rozamiento entre la caja y la plataforma del camión es de 0.30, y el cinético, 0.20. Calcúlese la magnitud y dirección de la fuerza de fricción que actúa sobre la caja: a) cuando el camión tiene una aceleración de 1.80 m/s^2 b) cuando su velocidad es de 3 m/s .
12. Una fuerza horizontal consta de 220 N actúa sobre un cuerpo situado sobre un plano horizontal liso. El cuerpo parte del reposo y se observa que se desplaza 0.9 m en 5 s. a) ¿Cuál es la masa del cuerpo? b) Si la fuerza deja de actuar al cabo de 5 s, ¿Cuánto avanzará el cuerpo en los 5 s siguientes?
13. Hállese en función de m_1 , m_2 y g , las aceleraciones de los dos bloques de la figura de abajo. Depréciense todos los razonamientos y las masas de las poleas.



14. Dos bloques unidos por una cuerda que pasa por una polea sin rozamiento descansan sobre planos lisos, como muestra la figura de abajo. A) ¿En qué sentido se moverá el sistema? b) ¿Cuál es la aceleración de los bloques? c) ¿Cuál es la tensión de la cuerda?



15. Una bala de rifle, de calibre 6, lleva una velocidad de 36,000 cm/s, e incide sobre un bloque de madera blanda, en el cual penetra una profundidad de 10 cm en línea recta. La masa de la bala es 1,8 g. Se supone que la fuerza resistente es constante. a) ¿En cuánto tiempo se detiene la bala?; b) ¿Cuál es la fuerza de aceleración?

CAPÍTULO SEIS

SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES

EL SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES

El Sistema Internacional de Unidades (SI), la versión moderna del sistema métrico, está establecida por acuerdo internacional. Proporciona un marco lógico e interconectado entre todas las mediciones en la ciencia, la industria y el comercio. Oficialmente abreviado SI, el sistema está construido sobre una base de siete cantidades fundamentales (o magnitudes físicas), que se muestra en esta tabla, junto con sus descripciones.

Todas las otras unidades del SI son derivadas de estas cantidades. Se expresan en múltiplos y submúltiplos mediante un sistema decimal. El uso de las unidades del sistema métrico fue legalizado en los Estados Unidos en 1866. Desde 1893 la yarda y la libra se han definido en términos del metro y el kilogramo.

Unidades básicas en el SI

<u>Magnitud</u>	<u>Dimensión</u>	<u>Nombre</u>	<u>Símbolo</u>
Longitud	L	metro	m
Masa	M	kilogramo	kg
Tiempo	t	segundo	s
Temperatura	T	kelvin	K
Intensidad de corriente eléctrica	I	ampere	A
Intensidad luminosa	J	candela	cd
Cantidad de sustancia	N	mol	mol

Prefijos del Sistema Internacional

	<u>Prefijo</u>	<u>Símbolo</u>	<u>Factor</u>	
Múltiplos	peta	P	10^{15}	1 000 000 000 000 000
	tera	T	10^{12}	1 000 000 000 000
	giga	G	10^9	1 000 000 000
	mega	M	10^6	1 000 000
	kilo	k	10^3	1 000
	hecta	h	10^2	100
	deca	da	10^1	10
unidad			10^0	1
Submúltiplos	deci	d	10^{-1}	0.1
	centi	c	10^{-2}	0.01
	mili	m	10^{-3}	0.001
	micro	μ	10^{-6}	0.000 001
	nano	n	10^{-9}	0.000 000 001
	pico	p	10^{-12}	0.000 000 000 001
	femto	f	10^{-15}	0.000 000 000 000 001



LONGITUD

El metro (m)

El **metro** es la longitud recorrida por la luz en el vacío durante un intervalo de tiempo de $1/299\,792\,458$ segundo.

La unidad en el SI de velocidad es el **metro por segundo** (m /s). La velocidad de la luz en el vacío es $299\,792\,458$ m/s.

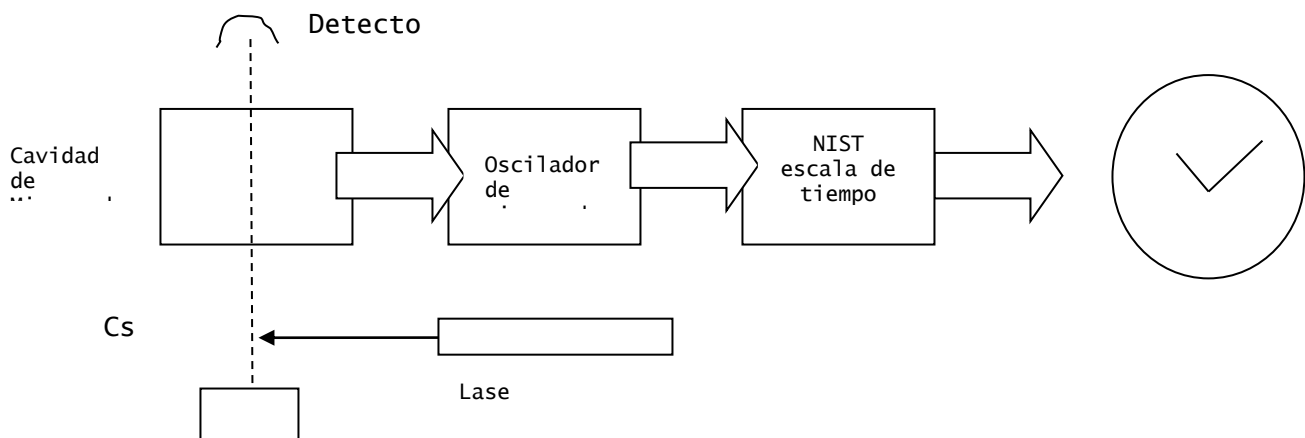
La unidad en el SI de aceleración es el **metro por segundo por segundo** ((m/s)/s = m/s^2). La unidad SI de área es el **metro cuadrado** (m^2). La unidad SI de volumen es el **metro cúbico** (m^3). El litro (1 decímetro cúbico), aunque no es una unidad del SI, se acepta para su uso y se utiliza comúnmente para medir el volumen de líquido.



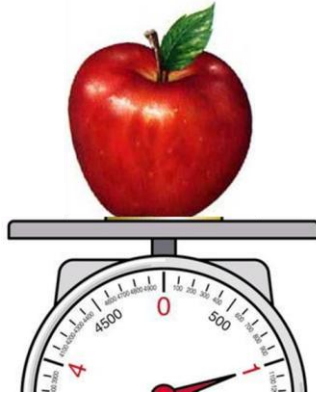
TIEMPO

Segundo (s)

El segundo es la duración de 9 192 631 770 ciclos de la radiación asociada con una transición específica del átomo de cesio 133. El segundo se realiza girando un oscilador a la frecuencia de resonancia asociada con la definición anterior. Justo antes de entrar en una cavidad de microondas, los átomos de cesio 133 son forzados a alinearse por un rayo láser. Un detector registra una señal solo cuando el oscilador suministra únicamente la frecuencia correcta a la cavidad de microondas causando transiciones y cambia el estado de los átomos. Este cambio en el estado del átomo es detectado en el detector.



El número de períodos o ciclos por segundo se llama frecuencia. La unidad en el SI para la frecuencia es el **hertz** (Hz). Un hertz es lo mismo que un ciclo por segundo. Las frecuencias estándar y el tiempo correcto se han transmitido por las estaciones de radio WWV y WWVB en Colorado, y WWVH en Hawái. El **NIST (Instituto Nacional de Estándares y Tecnología)** proporciona señales de tiempo digitales por teléfono y a través de Internet.



MASA

Kilogramo (kg)

El estándar para la unidad de masa, el **kilogramo** (kg), es un cilindro de aleación de platino-iridio guardado por la Oficina Internacional de Pesos y Medidas cerca de la ciudad París. Un duplicado en la custodia del Instituto Nacional de Estándares y Tecnología sirve como el estándar de la masa en los Estados Unidos. La unidad de la fuerza en el SI, es el **newton** (N). Un newton es una fuerza que se aplica a un objeto de un kilogramo de masa y le dará al objeto una aceleración de 1 m/s^2 .

El peso de un objeto es la fuerza ejercida sobre él por la gravedad. A una masa en caída libre, la gravedad le da una aceleración de 9.8 m/s^2 hacia abajo.

La unidad en el SI para la presión es el **pascal** (Pa).

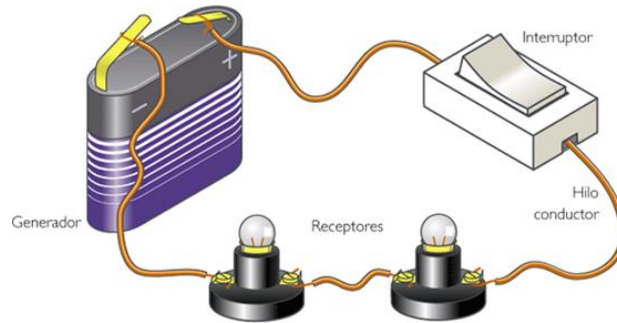
$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$$

La unidad en el SI para el trabajo y la energía de cualquier tipo es el **joule** (J).

$$1 \text{ J} = 1 \text{ Nm}$$

La unidad en el SI para la potencia de cualquier tipo es el **vatio** (W).

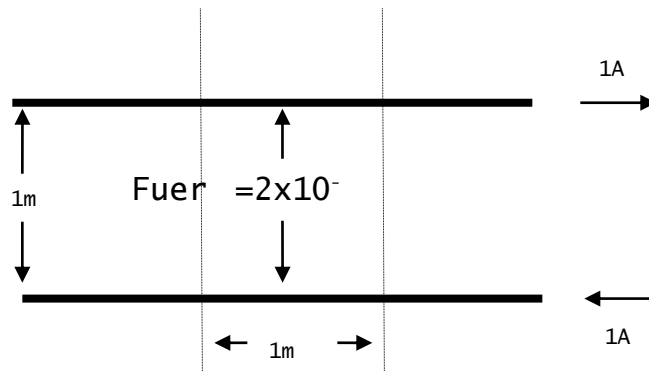
$$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$$



CORRIENTE ELÉCTRICA

Amperio (A)

Un **amperio** (A) es la intensidad de corriente eléctrica constante que, manteniéndose en dos conductores paralelos, rectilíneos, de longitud infinita, de sección circular despreciable y separados a una distancia de un metro uno de otro en el vacío, produciría una fuerza igual a 2×10^{-7} newton por metro de longitud.





TEMPERATURA

Kelvin (K)

El kelvin es la fracción $1/273.16$ de la temperatura termodinámica del punto triple del agua. La temperatura **0 K** se conoce comúnmente como "cero absolutos". En la escala de temperatura Celsius, ampliamente utilizada, el agua se congela a 0°C y hierve a 100°C .

Un grado Celsius es un intervalo de 1 K, y la temperatura cero grados Celsius es 273.15 K. Un intervalo de un grado Celsius corresponde a un intervalo de 1.8 grados Fahrenheit en la escala de temperatura Fahrenheit.

La temperatura estándar del punto triple del agua es proporcionada por un equipo especial, un tubo al vacío que contiene agua pura. Cuando el equipo se enfría lo suficiente como para que se forme un manto de hielo se forme alrededor del pozo reentrante, la temperatura en la interface de sólido, líquido y vapor es 273.16 K. Los termómetros se calibran partiendo de este principio.



INTENSIDAD LUMINOSA

Candela (Cd)

La candela es la intensidad luminosa, en una dirección dada, de una fuente que emite una radiación monocromática de frecuencia 540×10^{12} hertz (Hz) y que tiene una intensidad radiante en esa dirección de $1/683$ watt por estereorradián.

La radiación en otras frecuencias diferentes a 540×10^{12} Hz también se mide en candelas de acuerdo con eficiencia luminosa, $V(\lambda)$. La curva que alcanza su máximo en 540×10^{12} Hz (amarillo-verde).



$$\underline{6.02 \times 10^{23}}$$

CANTIDAD DE SUSTANCIA

Mol (mol) es un NÚMERO

El Mol es la cantidad de sustancia de un sistema que contiene tantas entidades elementales, como átomos hay en 0.012 kg de carbono 12.

Cuando se usa mol, las entidades elementales deben ser especificadas y pueden ser átomos, moléculas, iones, electrones u otras partículas o grupos especificados de tales partículas. Puede ser un mol de naranjas, de estrellas o galaxias.

La unidad de concentración (de cantidad de sustancia) en el SI es el **mol por metro cúbico** (mol/m^3).