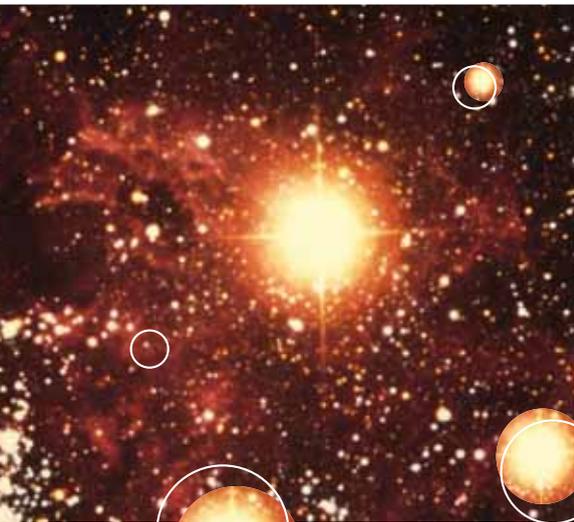


Física



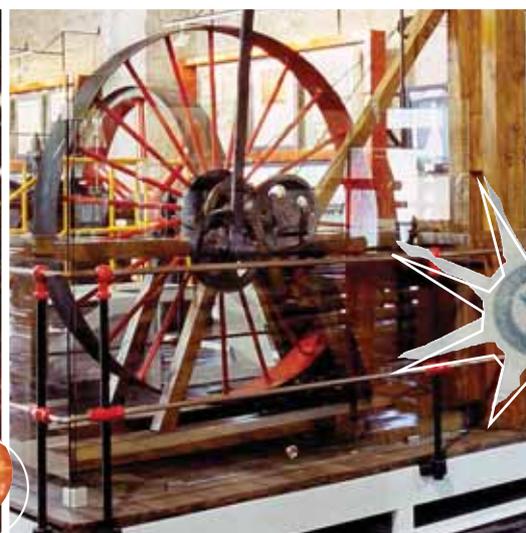
NIVEL SECUNDARIO PARA ADULTOS

Módulos de Enseñanza Semipresencial



MINISTERIO de
EDUCACIÓN
CIENCIA y TECNOLOGÍA
PRESIDENCIA de la NACIÓN

Física



NIVEL SECUNDARIO PARA ADULTOS

Módulos de Enseñanza Semipresencial

PRESIDENTE DE LA NACIÓN
Dr. Néstor Kirchner

MINISTRO DE EDUCACIÓN, CIENCIA Y TECNOLOGÍA
Lic. Daniel Filmus

SECRETARIO DE EDUCACIÓN
Lic. Juan Carlos Tedesco

SUBSECRETARIA DE EQUIDAD Y CALIDAD
Lic. Alejandra Birgin

DIRECTORA NACIONAL DE GESTIÓN CURRICULAR Y FORMACIÓN DOCENTE
Lic. Laura Pitman

DIRECTORA NACIONAL DE PROGRAMAS COMPENSATORIOS
Lic. María Eugenia Bernal

COORDINADOR DE EDUCACIÓN DE JÓVENES Y ADULTOS
Prof. Manuel Luis Gómez

GOBERNADOR DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES
Ing. Felipe Solá

DIRECTORA GENERAL DE CULTURA Y EDUCACIÓN
Dra. Adriana Puiggrós

SUBSECRETARIO DE EDUCACIÓN
Ing. Eduardo Dillon

DIRECTORA PROVINCIAL DE ENSEÑANZA
Prof. Graciela De Vita

DIRECTOR DE EDUCACIÓN DE ADULTOS Y FORMACIÓN PROFESIONAL
Prof. Gerardo Bacalini

SUBDIRECTORA DE EDUCACIÓN DE ADULTOS
Prof. Marta Ester Fierro

SUBDIRECTOR DE FORMACIÓN PROFESIONAL
Prof. Edgardo Barceló

Nivel secundario para adultos : módulos de enseñanza semipresencial : física - 1a ed. -
Buenos Aires : Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología de la Nación, 2007.

156 p. ; 30x21 cm.

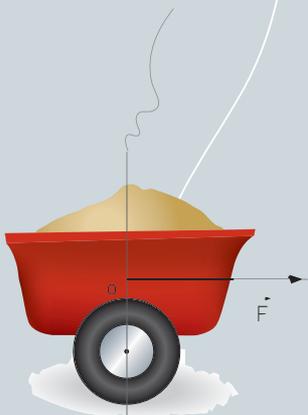
ISBN 978-950-00-0586-9

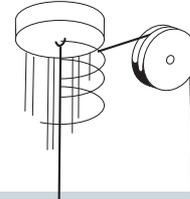
1. Física-Educación a Distancia.
CDD 530 : 374 4

ÍNDICE



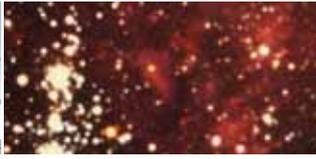
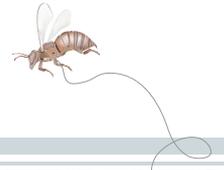
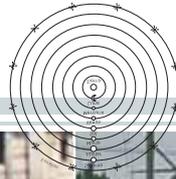
Presentación	7
Objetivos.....	8
Esquema conceptual de contenidos.....	9
Unidad 1: La construcción de la Física	11
Introducción.....	12
Preguntas orientadoras de la Unidad.....	12
El Universo en la antigüedad.....	13
La necesidad de unidades de medida.....	15
Los sistemas de medidas.....	16
Las primeras civilizaciones y el plano inclinado.....	18
Analizando físicamente el plano inclinado.....	19
Condición de equilibrio en el plano inclinado.....	20
Las poleas.....	22
La polea simple.....	22
La polea móvil y la ganancia de fuerza.....	23
Conectando poleas: los aparejos.....	24
Arquímedes: la ley de la palanca.....	26
Condición de equilibrio de la palanca.....	27



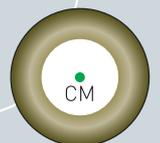


Tipos de palancas.....	28
La Física aristotélica.....	31
Las leyes aristotélicas del movimiento.....	31
La Astronomía aristotélica.....	32
La hipótesis copernicana.....	34
Los modelos astronómicos.....	36
Inconvenientes que enfrentó la Física aristotélica.....	37
Un primer inconveniente: la caída de los cuerpos.....	37
Un segundo inconveniente: la inercia.....	39
Un tercer inconveniente: las órbitas elípticas.....	41
La caída de la Física aristotélica: la ley de gravitación universal.....	43
La máquina del mundo	45
Unidad 2: El mundo mecánico de Newton.....	47
Introducción.....	48
Preguntas orientadoras.....	48
Problemas para describir el movimiento.....	49
El sistema de referencia.....	51
El cuerpo puntual.....	53
Rapidez media y rapidez instantánea.....	54
Velocidad.....	56
Aceleración media y aceleración instantánea.....	57
Movimientos Rectilíneos.....	59
Caída libre.....	60
Cálculo de la velocidad y de la distancia recorrida en caída libre....	62
Relación entre fuerza y movimiento.....	64
¿Qué es una fuerza?.....	65
Fuerza y aceleración.....	66



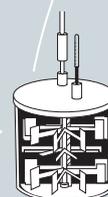


Unidades de fuerzas.....	68
El vector fuerza.....	69
Principio de acción y reacción.....	72
Una fuerza muy especial: el peso.....	75
Masa y peso.....	76
Trabajo mecánico.....	78
Unidad 3: Una nueva interpretación de la naturaleza: la Energía	81
Introducción.....	82
Preguntas orientadoras.....	82
¿Qué entendemos por Energía?.....	83
Sistemas y Energía.....	84
Trabajo mecánico y Energía cinética.....	86
Definiendo el concepto de Energía.....	88
Trabajo mecánico y Energía potencial.....	89
Formas de Energía.....	91
¿Es el calor una forma de Energía?.....	95
Energía y alimentación.....	96
Transformaciones de la Energía.....	98
La conservación de la Energía Mecánica.....	100
El calor: ¿un problema para la conservación de la Energía?....	101
Potencia.....	103
Las unidades de Potencia.....	105
Eficiencia.....	107
Entonces: ¿qué es la Energía?.....	108
Un problema de vital importancia.....	109
Fuentes alternativas de Energía.....	110





Unidad 4: La Física del siglo XXI	115
Introducción.....	116
Preguntas orientadoras.....	116
El surgimiento de la Física Moderna.....	117
El físico en el mundo actual.....	118
Los físicos en el campo de la economía: la Econofísica.....	119
La Física del consumo.....	119
La Física en el área biomédica.....	121
Los Rayos X.....	122
Medicina Nuclear y Radioterapia.....	122
Otros dispositivos de diagnóstico por imágenes.....	124
Astrofísica.....	126
El origen del Universo.....	127
¿Hay fuego en el Sol?.....	128
La Astrofísica y la ciencia ficción.....	129
Física y desarrollo militar: el láser.....	130
Aplicaciones pacíficas del láser.....	131
Láser y desarrollo militar.....	131
Física y desarrollo sustentable.....	134
La educación en ciencias.....	136
¿Qué se entiende por “alfabetización científica”?.....	136
 A modo de conclusión	 138
 Clave de corrección	 139
 Bibliografía	 151





Presentación

Actualmente existe acuerdo social sobre la importancia de la enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias Naturales en general, y de la Física en particular. Este acuerdo se fundamenta en la necesidad de profundizar una formación crítica, que nos permita conocer y comprender cuestiones relacionadas con el desarrollo científico y tecnológico, para poder así tomar decisiones y defender de un modo más apropiado los derechos democráticos de cada ciudadano, del presente y de las generaciones futuras.

A tal efecto, a lo largo de este Módulo iremos desarrollando diversos contenidos de Física, integrándolos con la realidad cotidiana y, en lo posible, teniendo en cuenta los factores económicos involucrados.

La primera Unidad tiene como propósito que usted se introduzca en la manera en que se fueron produciendo los conocimientos físicos a lo largo de la historia humana, y la forma en la que se siguen generando actualmente.

En la segunda Unidad le presentamos los conceptos básicos de la Mecánica, se los formaliza matemáticamente y se los aplica para comprender parte del mundo en su aspecto mecánico.

La tercera Unidad se centra en el concepto de Energía, posiblemente el más importante de la Física. Mediante su comprensión se analizan aspectos de la vida cotidiana así como la importancia de los recursos energéticos y la inversión económica en el desarrollo científico tecnológico.

Finalmente, en la última Unidad le ofrecemos una visión crítica de la Física, de sus aplicaciones pacíficas y bélicas. Nuestra intención es generar debates y aportar al desarrollo de una conciencia crítica.

Las actividades son variadas y de diferente grado de complejidad, y usted las encontrará tanto al principio, durante o al final del tema. En general, las actividades presentadas al inicio de los temas son para que usted pueda reflexionar sobre sus conocimientos previos al respecto, y luego ir profundizando o reformulando sus saberes. Para resolver algunos ejercicios numéricos sería conveniente disponer de una calculadora científica. Al final de cada Unidad encontrará actividades integradoras.

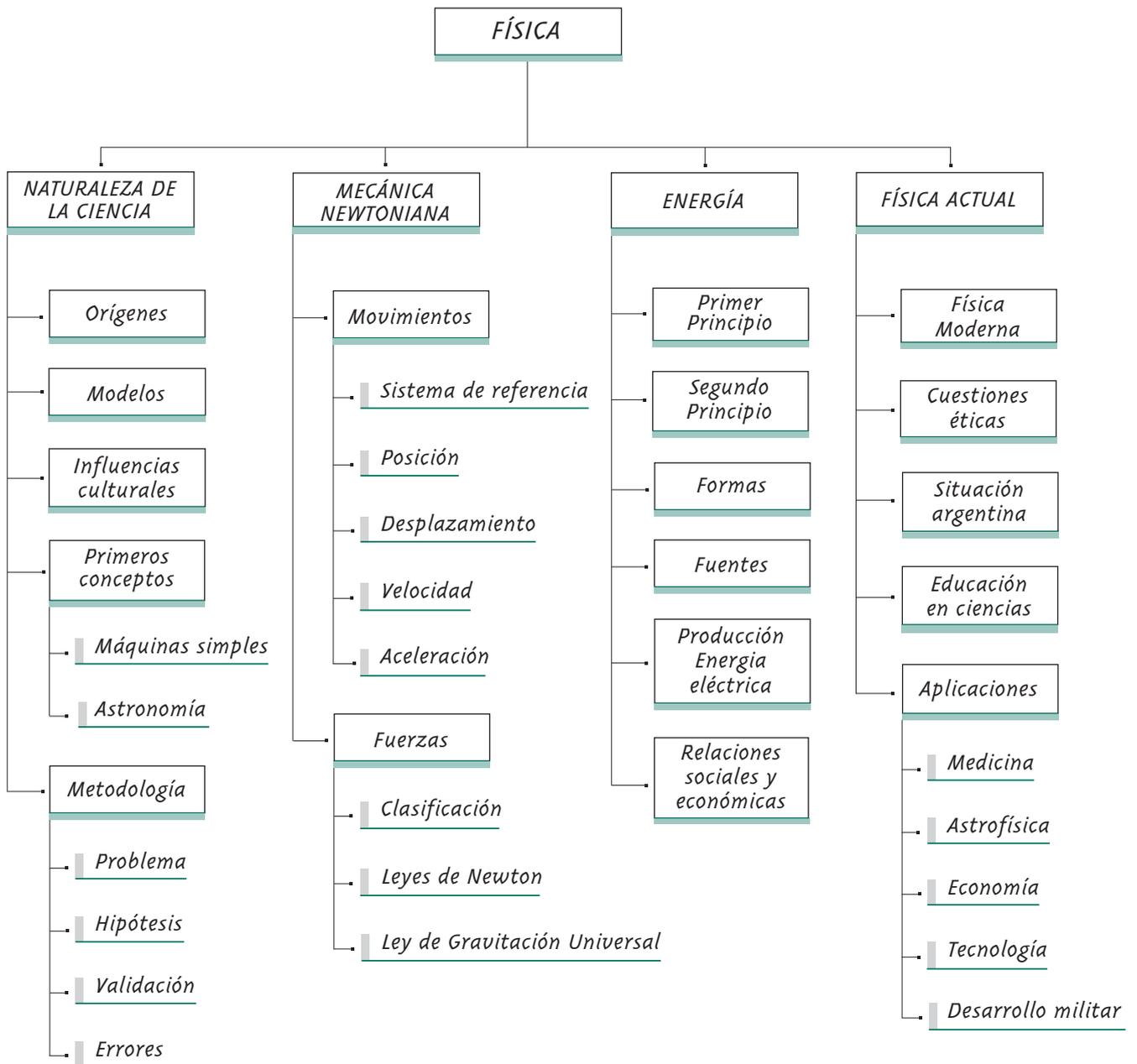
Deseamos que disfrute de la Física y del descubrimiento de todo lo que ella puede permitirle reconocer y explicar sobre la naturaleza.

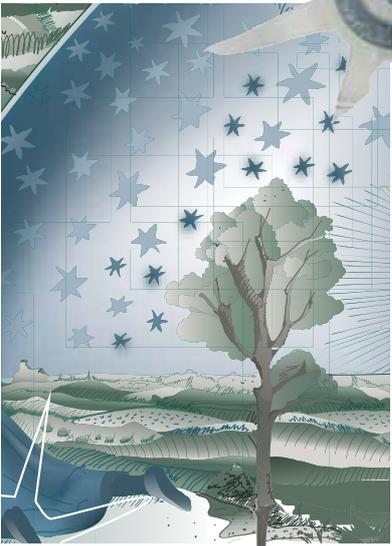
Objetivos

Esperamos que una vez que haya realizado la experiencia propuesta en este Módulo usted logre:

- Explicar fenómenos físicos y analizar sistemas naturales y tecnológicos a partir del concepto de Energía y de sus transformaciones.
- Comprender los conceptos fundamentales de la Mecánica Newtoniana para aplicarlos en situaciones de la vida cotidiana.
- Reflexionar críticamente sobre la producción y desarrollo del conocimiento científico, reconociendo el carácter provisorio e histórico del mismo; y sobre las posibilidades y limitaciones de la ciencia para transformar la realidad.
- Obtener, interpretar, seleccionar y analizar críticamente información científica a partir de distintas fuentes.
- Diseñar, realizar, evaluar y comunicar trabajos de investigación escolar acotados que impliquen el control de variables.

Esquema conceptual de contenidos





1

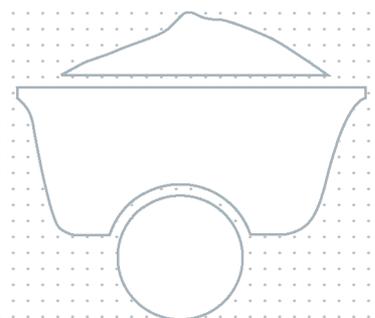
UNIDAD

La construcción de la Física

"Preferiría comprender una sola causa que ser Rey de Persia".

Demócrito de Abdera

Filósofo griego (aprox. 460 aC. - 370 aC).





Introducción

Basta con mirar a nuestro alrededor para encontrarnos con energía eléctrica, compact disc, computadoras, vacunas, ruedas, cubiertos e incontables productos científicos y tecnológicos. Infinidad de elementos y conocimientos que disponemos hoy en la sociedad nunca se hubiesen alcanzado sin el desarrollo de la Ciencia y de la Tecnología.

Sin embargo, gran cantidad de los logros científico-tecnológicos fueron obtenidos, no sin grandes inconvenientes, controversias, contradicciones, idas y venidas. Incluso, en muchos casos, se produjeron discordias y luchas: "el conocimiento es poder".

Es cierto que la construcción del conocimiento científico no es fácil ni siempre es por el bien del hombre, pero también es muy cierto que gracias a nuestros conocimientos actuales, millones de personas podemos vivir en mejores condiciones que las existentes hace años atrás.

Le proponemos entonces recorrer una historia fascinante, desde los primeros conocimientos prácticos alcanzados por el hombre hasta el estado de la Física actual, una de las llamadas Ciencias de la Naturaleza.



Preguntas orientadoras

- ¿Cómo surgen los descubrimientos? ¿Son siempre fruto de la observación?
- ¿Debemos considerar el error como algo indeseable al trabajar en Física?
- ¿Qué son los modelos y cuál es su importancia en el desarrollo de la Física?
- ¿Cuál es el lugar que tiene la Matemática en el campo de la Física?
- ¿Cómo se construyeron los conceptos básicos de velocidad, aceleración y fuerza, entre otros?

El Universo en la antigüedad

- :| Trate de hacer un listado de las preguntas que antiguamente se habrá hecho el hombre sobre el Universo.
- :| ¿Por qué era necesario responder esas preguntas?
- :| ¿De qué manera habrán sido respondidas?

ACTIVIDAD

1

Nuestra imagen actual del Universo tiene, en líneas generales, apenas unos pocos siglos de vida, e incluso menos de un siglo en muchos aspectos.

Desde la antigüedad y hasta mediados del siglo XVI, el Universo fue considerado como un “Cosmos”, es decir como una unidad ordenada (“cosmos” proviene del griego “orden”) donde cada elemento, incluyendo al hombre, ocupaba el lugar que le correspondía.

Cada civilización elaboró su propia imagen del cosmos a partir de las experiencias directas de sus habitantes, del territorio en el que vivían y de las actividades que desarrollaban cotidianamente. De esta manera surgieron distintas cosmologías, algunas similares entre sí y otras diferentes, que explicaban mediante mitos no sólo las leyes del Universo, sino también su origen, su evolución e incluso, por qué es tal como es y no de otra forma.

En la mayoría de las civilizaciones antiguas, el Sol, la Luna y los demás astros llegaron a ser considerados dioses, transformándolos en objetos de adoración. Las lluvias, las inundaciones, los vientos, el día, la noche y los demás fenómenos naturales se explicaron a partir de causas divinas. Las iras de los dioses, atribuidas en muchos casos al comportamiento inapropiado de los hombres, eran las responsables de catástrofes de todo tipo, tempestades, incendios, sequías y escasez de alimentos. De la misma manera eran explicados por medio de los favores de los dioses las cosechas abundantes, los climas favorables y la fertilidad de las mujeres. Estas explicaciones dieron lugar al surgimiento de los ritos para aplacar a los dioses enfurecidos, para agradecer sus bondades, pedir sus favores y ofrecerles tributos.

A partir del asentamiento de familias y grupos humanos en lugares fijos surgió la agricultura, con la consiguiente necesidad de realizar el arado, la siembra y la cosecha, así como la caza, la pesca, la cría y la reproducción de animales domésticos, entre otras actividades dirigidas a la subsistencia. Se fue profundizando también la necesidad de conocer y determinar de modo más preciso los distintos momentos del día y las épocas del año más convenientes para la realización de las diferentes tareas.

La observación cuidadosa y el registro detallado de los cambios en la posición del Sol y de ciertas estrellas, así como los cambios de forma de la Luna, se transformaron entonces en fenómenos que el hombre primero describió y luego intentó explicar para guiar sus actividades cotidianas.

Con el correr de los siglos, y con el avance de las técnicas de navegación, los hombres comenzaron a utilizar las estrellas para establecer las diferentes rutas marinas, tanto para conquistar nuevas tierras como para ampliar los intercambios comerciales. La posición de las llamadas estrellas fijas y de las constelaciones, permitió la confección de los mapas estelares de navegación.

Los babilonios y los egipcios fueron los primeros en realizar observaciones metodológicas y sistemáticas del cielo y de los cambios que en él se producían. A lo largo de los siglos no sólo acumularon grandes cantidades de datos y registros sino que además llegaron a formular predicciones muy precisas sobre los cambios celestes, como por ejemplo, la posición de la Luna a lo largo del año. Sin embargo, estas civilizaciones no lograron elaborar una Astronomía porque sus explicaciones mantenían un fuerte carácter mítico.

Los mitos perduraron por su belleza estética, por el asombro ante lo desconocido y también para explicar fenómenos naturales. Según esta concepción, la naturaleza no podía ser comprendida sino que sólo se podía tener la esperanza remota de complacer a los dioses para que fueran benevolentes.

ACTIVIDAD

2

- :| A partir de lo leído, ¿qué relaciones encuentra entre el desarrollo de las técnicas, de los conocimientos sobre la naturaleza y el desarrollo de la sociedad? ¿Qué otros ejemplos puede mencionar donde se manifiesten dichas relaciones? Coméntelo en un mínimo de 10 renglones y en un máximo de 20.

ACTIVIDAD

3

- :| Indague en libros de texto, enciclopedias, etc. sobre el conocimiento de la naturaleza y el desarrollo tecnológico en alguna de las antiguas civilizaciones prehispánicas de América.
- :| Redacte un informe en su carpeta. Sería interesante que lo discuta con su profesor tutor junto con sus respuestas a las Actividades 1 y 2.

La necesidad de unidades de medida

ACTIVIDAD 4

- :| ¿Por qué supone que el hombre necesitó medir?
- ¿Cuáles fueron las primeras cosas que habrá medido?
- ¿De qué manera lo habrá hecho? ¿Con qué instrumentos?
- :| Después de leer el siguiente texto relea y amplíe sus respuestas.

Con el desarrollo de pequeñas poblaciones y ciudades antiguas, se fue haciendo cada vez más necesario para constructores, comerciantes y pobladores en general, establecer unidades de medida estandarizadas.

Si bien las grandes distancias se determinaban de acuerdo a los días que duraba el viaje, esto no era aplicable a las cuestiones cotidianas. Surgieron así unidades de medida relacionadas con el propio cuerpo humano.

En Egipto se utilizaba el pie (longitud del pie), el palmo (longitud del ancho de la palma de la mano) y el codo (longitud del antebrazo, desde el codo hasta la punta del dedo mayor extendido). Más adelante, los romanos medirán las distancias recorridas en millas ("mil pasos", donde cada paso equivalía a 5 pies romanos).

A pesar de las grandes ventajas que ofrecía este tipo de medición, que tomaba como referencia al propio cuerpo humano, presentaba como inconveniente la diferencia de medida entre distintos sujetos: dos hombres distintos podrían tener distintos codos, pies o palmas. Para salvar este problema, fue necesario crear una unidad de referencia o "medida patrón". En el caso de Egipto, las varas de codo se comparaban y calibraban con respecto al "codo real", que se preservaba en la forma de una vara de granito negra contra la cual los arquitectos estandarizaban sus propias varas de codo. Un caso interesante es el de la yarda: según se cuenta, se fijó en el siglo XII por Enrique I de Inglaterra como la distancia desde su propia nariz a la punta de su dedo pulgar con el brazo extendido.

En síntesis, **medir es comparar con una unidad patrón conocida**. El patrón se elige arbitrariamente por conveniencia, practicidad o confiabilidad. Así, el metro (creado luego de la Revolución Francesa), se definió como la diezmillonésima parte de la distancia entre el polo Norte y el Ecuador, medida a lo largo del meridiano que pasaba por París.

Con el tiempo, luego de descubrir errores en las mediciones terrestres, el metro se redefinió. En el año 1960 se lo estableció como 1.650.763,73 veces la longitud de onda de la luz rojo anaranjada emitida por una lámpara especial de Criptón 86, que puede reproducirse en un laboratorio con muchísima precisión.

En 1983, nuevamente se lo redefinió como la longitud del camino atravesado por la luz en el vacío en un intervalo de tiempo de $1/299.792.458$ de un segundo.

ACTIVIDAD

5

- :| Diseñe y construya un instrumento para medir el paso del tiempo. Calíbrelo y verifique su funcionamiento (puede elegir un patrón arbitrario). Descríbalo en su carpeta para analizar en un encuentro de tutoría.

ACTIVIDAD

6

- :| Averigüe cuáles fueron los orígenes del reloj y cuáles las diferentes maneras de medir el tiempo a lo largo de la historia.
- :| Presente sus resultados en una línea de tiempo.

Los sistemas de medidas

ACTIVIDAD

7

- :| ¿Cuánto mide? ¿Cuánto pesa? ¿Qué hora es? ¿Cuál es el valor de la máxima velocidad permitida en la ciudad?
- :| Identifique las unidades de medida que mencionó en el punto anterior. Confeccione un cuadro con las unidades de medida correspondientes.
- :| ¿Qué otras unidades conoce?

Actualmente, coexisten diferentes sistemas de medidas en el mundo. Por ejemplo, en Estados Unidos se utiliza cotidianamente la milla, la libra y los grados Fahrenheit, mientras que en Argentina cotidianamente utilizamos el kilómetro, el kilogramo fuerza (kgf o $\overline{\text{kg}}$) y los grados centígrados. Sin embargo, a partir del año 1960 se impulsa la adopción del denominado **Sistema Internacional (SI)** en todos los países. Nuestro país adoptó este sistema métrico, algunas de cuyas unidades fundamentales son:

Longitud	metro	m
Tiempo	segundo	s
Masa	kilogramo	kg

A partir de estas unidades, es posible generar muchas otras. Por ejemplo, la unidad de velocidad se expresa en metro por segundo (se escribe metro sobre segundo: m/s), y puede llevarse a kilómetro por hora, milla por año, etc. Como veremos en la Unidad 3, en el SI la unidad de fuerza es una unidad derivada llamada Newton (N).

Por ejemplo:

Expresar 30 km/h en m/min

Recordando que 1 km = 1000 m; y que 1h = 60 min; entonces:

$$30 \text{ km/h} = 30 \cdot 1000 \text{ m}/60 \text{ min} = \frac{30 \cdot 1000}{60} \frac{\text{m}}{\text{min}} = 500 \text{ m/min}$$

:| Resuelva los siguientes ejercicios:

a :| Un auto se desplaza con una rapidez de 80 Km / h. Expresar dicha rapidez en m/min; m/s y mm/h.

b :| Un año luz es la distancia que recorre la luz en un año. Sabiendo que el valor de la velocidad de la luz en el vacío es de unos 300.000 km/s. ¿A cuántos kilómetros equivale un año luz?

ACTIVIDAD 8

:| Analice la influencia de la economía en la creación, utilización, propagación, y unificación de los patrones de medida y redacte un texto con sus conclusiones.

ACTIVIDAD 9



Las primeras civilizaciones y el plano inclinado

El interés de las antiguas civilizaciones por los dioses, hizo que los templos fueran las construcciones fundamentales de las grandes ciudades de la Mesopotamia asiática. Al principio eran simples construcciones de adobe. En Babilonia, unos 4000 años a.C., comenzaron a transformarse en enormes templos de piedra.

Las construcciones más grandes que perduraron hasta nuestros días son las famosas pirámides de Egipto, que datan aproximadamente del año 2.500 a.C. Estas pirámides de gran altura -la de Keops llegaba hasta una altura de unos 146 m- eran monumentos funerarios reales construidos con enormes bloques rectangulares de piedra.

ACTIVIDAD

10

Durante mucho tiempo los científicos se preguntaron cómo los egipcios lograron levantar semejantes construcciones.

- a :| Formule una hipótesis para explicar cómo el hombre pudo construir estos enormes monumentos.
- b :| Si tuviera la máquina del tiempo y pudiera hacer un viaje al Egipto antiguo:
 - ::... ¿Qué máquinas de la actualidad llevaría para la construcción?
 - ::... ¿Qué condiciones reúnen estas máquinas para que usted haya decidido llevarlas?
 - ::... ¿Con qué elementos simples habrán reemplazado las máquinas que ha elegido?

Actualmente se considera que para subir las piedras, a medida que progresaba la construcción de las pirámides, se utilizaron probablemente grandes planos inclinados (rampas) provisorios. Esta hipótesis está sostenida por fuertes indicios, incluso podemos encontrar sus huellas en la pirámide escalonada de Sekhem-Khet y alrededor de algunos templos importantes.



Se denomina plano inclinado a una superficie inclinada que forma un ángulo agudo con respecto a un plano horizontal. Este elemento es una de las llamadas **máquinas simples** porque **facilitan las tareas del hombre y permiten “ahorrar” esfuerzos** cuando por ejemplo se quiere subir un cuerpo, levantar objetos pesados, remover o cambiar una cosa de lugar, etc.

Actualmente los trabajadores de la construcción edilicia utilizan tablas inclinadas para subir materiales como arena, bolsas de cemento, pedregullo, etc, ayudándose también de algunos elementos como las carretillas.

:| Mencione tres ejemplos, diferentes a los vistos, de aplicación actual de los planos inclinados.

ACTIVIDAD 11

:| ¿En qué forma el plano inclinado pudo facilitar a los egipcios el ascenso de grandes bloques de piedra?

:| ¿Qué ventajas y desventajas presentaba el uso de planos inclinados?

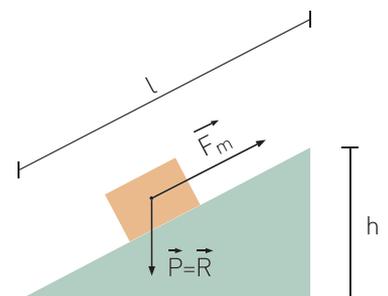
:| ¿Es más conveniente un plano inclinado largo con un ángulo de inclinación pequeño o al revés?

ACTIVIDAD 12

Analizando físicamente el plano inclinado

Consideremos un plano inclinado de longitud l y de altura h . Las fuerzas que actúan sobre un cuerpo colocado sobre dicho plano son:

- el peso del cuerpo que actúa como resistencia \vec{R} , y
- la fuerza motriz \vec{F}_m necesaria para subir el objeto por la rampa.



Debe tenerse en cuenta que el peso del cuerpo siempre actúa perpendicularmente a la Tierra, es decir en forma vertical. No es perpendicular a la superficie del plano inclinado. La fuerza motriz considerada, por su parte, se ejerce siempre paralelamente al plano inclinado.

En este caso, para simplificar el problema, no estamos teniendo en cuenta la fuerza de rozamiento entre el plano y el objeto. A este tipo de simplificación se la denomina "**caso ideal**". Este procedimiento es muy habitual en la Física, y por ello lo veremos muy a menudo en el desarrollo del presente Módulo. Una vez comprendido el caso ideal, los científicos tienden a complejizar el problema, agregándole factores.

Condición de equilibrio en el plano inclinado

Para que un objeto se encuentre en equilibrio sobre un plano inclinado es necesario que se cumpla la denominada "condición de equilibrio de un plano inclinado". La misma puede expresarse de la siguiente manera:



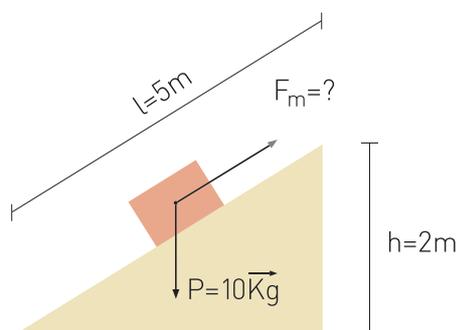
El producto de la fuerza motriz (F_m) por la longitud del plano (l) debe ser igual al producto de la resistencia (R) por la altura (h) del mismo.

$$F_m \cdot l = R \cdot h$$

Donde la fuerza motriz siempre se aplica paralelamente al plano inclinado, como hemos visto.

Partiendo del reposo, si el valor del producto de la "longitud del plano por la fuerza motriz" (ejercida por un hombre, por ejemplo) supera al valor del producto de la "altura del plano por la resistencia" (de un piano, por ejemplo), entonces el objeto ascenderá por la rampa.

Veamos un ejemplo:



Hallar el valor de la fuerza motriz necesaria para mantener un objeto que pesa 10 kg en equilibrio sobre un plano inclinado de 5 m de longitud y 2 m de altura.

Planteando la ecuación de equilibrio del plano inclinado tenemos:

$$F_m \cdot l = R \cdot h$$

Despejando:

$$F_m = \frac{R \cdot h}{l}$$

$$F_m = \frac{10 \text{ kg} \cdot 2 \text{ m}}{5 \text{ m}} = 4 \text{ kg}$$

- a :| Sobre un plano inclinado ideal de 8 m de longitud, hay una heladera de $300 \vec{\text{kg}}$. ¿Cuál será la fuerza mínima necesaria para subir la heladera por la rampa si la altura de la caja del camión es de 1 m?
- b :| Calcule la altura de un plano inclinado de 5 m de longitud sabiendo que un objeto que pesa $100 \vec{\text{kg}}$ se encuentra en equilibrio sobre el mismo bajo la acción de una fuerza motriz de $50 \vec{\text{kg}}$.
- c :| ¿De qué manera influirá el rozamiento si se pretende subir un objeto por un plano inclinado? ¿De qué manera se podría disminuir el rozamiento?
- d :| Analice la veracidad de la siguiente afirmación: "El objeto ascenderá por el plano inclinado cuando la fuerza motriz ejercida sobre dicho objeto sea mayor al peso (resistencia) del mismo".
- e :| Ubique un objeto de peso conocido sobre una tapa de cartón. Levante la tapa de un extremo formando un plano inclinado hasta que el objeto comience a deslizarse y calcule la fuerza de rozamiento que mantenía al objeto en equilibrio sobre el plano. ¿Esta actividad responde a un caso ideal?

ACTIVIDAD 13

Las poleas

La polea simple



Junto con el plano inclinado, otro dispositivo ya utilizado y conocido en civilizaciones antiguas fue la polea simple. Una polea es un disco rígido que tiene una periferia acanalada (roldana), que puede girar alrededor de un eje y por donde pasa una cuerda, sogas o cadena.

Esta máquina simple permite cambiar la dirección en la que se ejerce la fuerza al elevar un objeto. Al fijar la polea simple a un soporte, se pasa una cuerda por la misma hasta alcanzar la carga. Al tirar desde el otro extremo de la cuerda, se puede elevar la carga hasta la altura en que se halla fija la polea.



ACTIVIDAD

14

Es importante que haga esta actividad en el encuentro de tutoría.

- :| Analice en grupo la diferencia entre elevar un objeto por medio de una polea simple y elevarlo con una soga directamente desde la planta superior.

La polea simple permitía elevar una carga pesada, y se la utilizaba fundamentalmente para sacar agua de pozos profundos y en las construcciones.

Actualmente las poleas simples se usan, por ejemplo, en máquinas en las que se debe cambiar la dirección del movimiento, como en el caso del ascensor de un edificio.



En una polea simple ideal, el valor de la fuerza que un individuo debe aplicar (fuerza motriz) para sostener un objeto en equilibrio es igual al valor de la resistencia que ofrece el objeto (en general el peso).

Simbólicamente:

$$F_m = R$$



Con el uso de una polea simple no se gana fuerza, ya que la resistencia es igual a la fuerza motriz. Sin embargo, sí se logra comodidad, dado que el propio peso del cuerpo de la persona que tira se constituye en una ayuda.

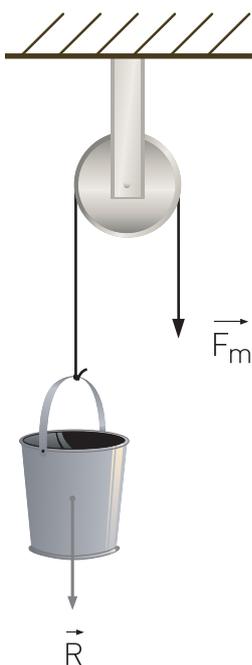
Para que el objeto se eleve partiendo del reposo, la fuerza motriz debe ser algo mayor a la resistencia (peso del objeto). En la práctica (caso real), la fuerza motriz para subir el objeto debe ser bastante mayor a la resistencia, ya que además tiene que vencer las fuerzas de fricción en la rueda de la polea. **La fricción siempre reduce la eficiencia de todas las máquinas.**

:| Mencione al menos tres ejemplos cotidianos en los que se utilicen las poleas.

ACTIVIDAD **15**

La polea móvil y la ganancia de fuerza

Cuando el eje de rotación se mantiene fijo mientras la polea gira, tenemos una **polea fija**. En cambio si el eje se desplaza al girar la polea, tenemos una **polea móvil**: en este caso, la polea se une a la carga y no a la viga.



↑ Polea simple.



↑ Polea móvil.

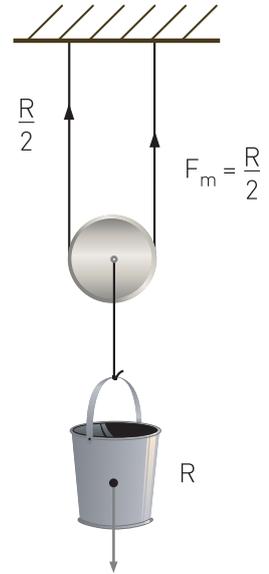


↑ Combinación de polea fija y polea móvil.

Como se puede observar en la ilustración, en la polea móvil la carga es soportada en igual magnitud por ambos segmentos de cuerda, esto hace que la fuerza motriz necesaria disminuya a la mitad.

Entonces, la "condición de equilibrio en una polea móvil ideal" se puede expresar como:

$$F_m = \frac{R}{2}$$



ACTIVIDAD

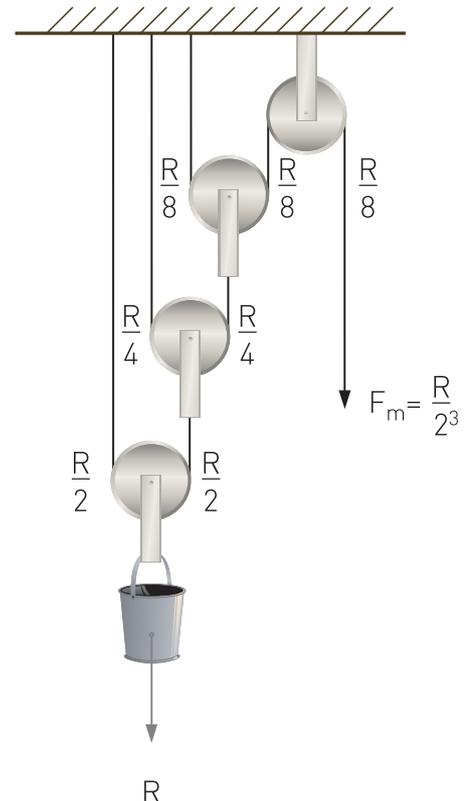
16

- :| Compare las fórmulas de la polea fija y la móvil.
- :| Determine con cuál de las dos poleas le será más fácil vencer una resistencia. Ejemplifique.

Conectando poleas: los aparejos

Con el correr de los siglos, la humanidad desarrolló y perfeccionó los sistemas de poleas conectadas. Los **aparejos** son dispositivos que combinan poleas fijas y móviles, aprovechando las posibilidades que presentan las distintas combinaciones.

El número de poleas móviles influye en la amplificación ideal de la fuerza de elevación. En la práctica real, la fuerza tiene que vencer también la fricción en todas las poleas y levantar el peso de las poleas inferiores además de la carga. Esto reduce la amplificación de la fuerza.



Aparejo potencial. ↗

El **aparejo potencial** está formado por una polea fija y varias móviles. Aquí tenemos que la condición de equilibrio en el caso ideal es:

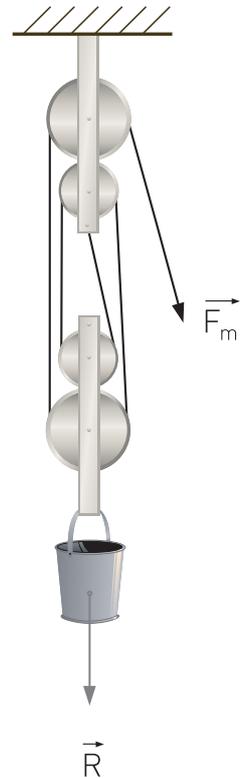
$$F_m = \frac{R}{2^n}$$

Donde n es el número de poleas móviles.

El **aparejo factorial** combina igual número de poleas fijas y móviles. En el caso ideal, la condición de equilibrio en este sistema es:

$$F_m = \frac{R}{2 \cdot n}$$

Donde n es el número de poleas móviles.



Aparejo factorial. ↗

:| Analice y responda:

- ::... Si en una polea fija se duplica el valor de la resistencia ¿qué debe ocurrir con la fuerza motriz para mantener la condición de equilibrio?
- ::... ¿Y si la polea fuera móvil?

ACTIVIDAD **17**

:| Calcule el valor de la fuerza motriz necesaria para elevar un objeto que pesa $50 \vec{kg}$, mediante:

- ::... una polea fija,
- ::... una polea móvil,
- ::... un aparejo potencial de tres poleas en total,
- ::... un aparejo factorial de 6 poleas en total.

ACTIVIDAD **18**

Arquímedes: la ley de la palanca

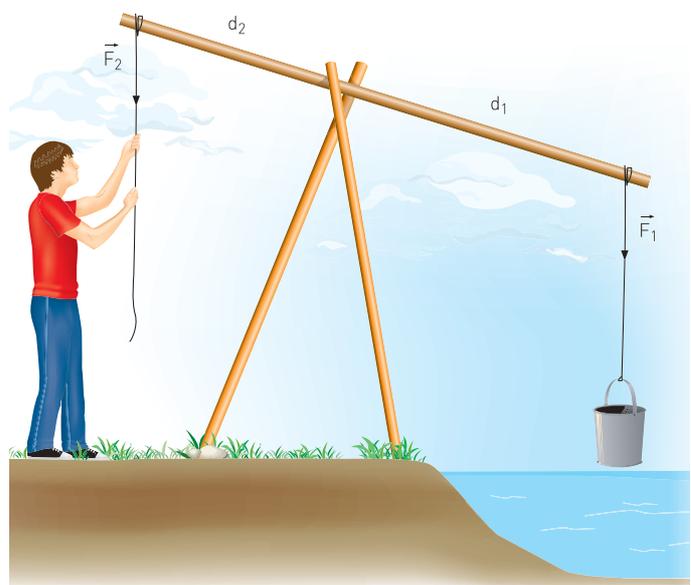
ACTIVIDAD 19

- :| ¿Qué entiende por "hacer palanca"?
- :| ¿Qué es una palanca?

Cotidianamente, los campesinos egipcios se dedicaban al riego, para lo cual era necesario realizar profundos canales y construir diques con azadas. Utilizaban el "shaduf", dispositivo que se utiliza aún y que permitía extraer el agua de los canales. Consistía en un trípode de madera en el cual se apoyaba un largo brazo de madera. En un extremo de la barra se ataban algunas rocas a modo de contrapeso y al otro extremo un recipiente que colgaba de una fuerte sogá.



↑ El shaduf sigue utilizándose actualmente en diversos pueblos.



↑ Dispositivo actual que cumple la misma función que el antiguo shaduf.

El shaduf es simplemente una palanca.



La palanca es un dispositivo que consta de una varilla rígida sostenida sobre un punto (o eje) de apoyo.

Al igual que el shaduf, la balanza de platillos es otro ejemplo donde podía verse la utilización de la palanca en el antiguo Egipto.

Aunque los antiguos babilonios y egipcios dominaban algunos aspectos tecnológicos útiles para su desenvolvimiento diario, no explicaron los principios involucrados en los mismos. Fueron los griegos quienes aportaron una nueva manera de observar el Universo, como si fuera una máquina gobernada por leyes, y no simplemente por los dioses según sus estados de ánimo.

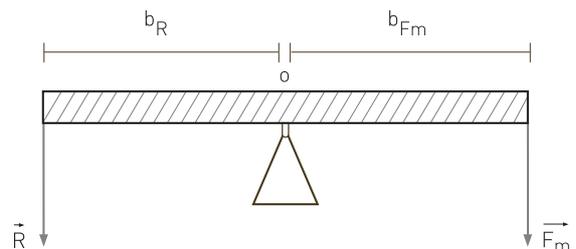
Buscando descubrir las leyes de la naturaleza, Arquímedes (siglo III a.C.) logró explicar el funcionamiento de la palanca, al establecer la relación entre el largo de los brazos y las fuerzas aplicadas.



↑ Balanza en antigua pintura Egipcia.

Condición de equilibrio de la palanca

La palanca ideal se mantendrá en equilibrio cuando el producto de la "fuerza motriz por el brazo de fuerza motriz" sea igual al producto de la "resistencia por el brazo de resistencia". Simbólicamente:



$$F_m \cdot b_{F_m} = R \cdot b_R$$

Donde consideramos que las fuerzas se aplican perpendicularmente a la barra.



El brazo de fuerza motriz (b_{F_m}) se define como la distancia sobre la palanca desde el punto de apoyo hasta el punto donde se aplica la fuerza motriz, y el brazo de resistencia (b_R) como la distancia desde el punto de apoyo a la resistencia.

Cuando las fuerzas no actúan perpendicularmente a la barra es necesario descomponerlas, mediante procedimientos trigonométricos, para utilizar la condición de equilibrio presentada.

ACTIVIDAD 20

:| Intente una respuesta:

¿Qué habrá querido decir Arquímedes con la frase que se le asigna: "Dadme un punto de apoyo y moveré el mundo"?

ACTIVIDAD 21

:| Resuelva el siguiente problema:

A 1,5 m del punto de apoyo de un sube y baja se ubica un niño de $30 \vec{kg}$.

a :| ¿A qué distancia del otro lado del punto de apoyo el padre tiene que ejercer una fuerza de $20 \vec{kg}$ para mantener el sube y baja en equilibrio?

b :| ¿Será más fácil o más difícil para el padre levantar al niño si ejerce la fuerza alejándose del punto de apoyo? ¿por qué?

Tipos de palancas

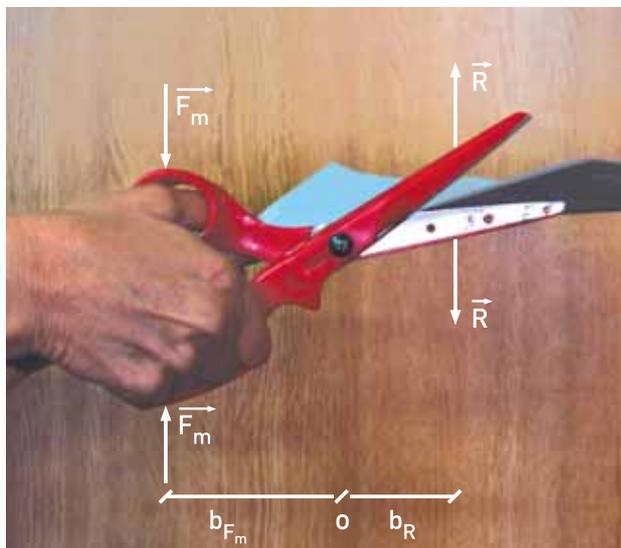
ACTIVIDAD 22

:| Realice la siguiente experiencia y coméntela con su profesor tutor y sus compañeros:

Tome una escoba y apóyela horizontalmente sobre su dedo índice hasta que quede en equilibrio.

::... ¿Se equilibra justo en el centro del palo?

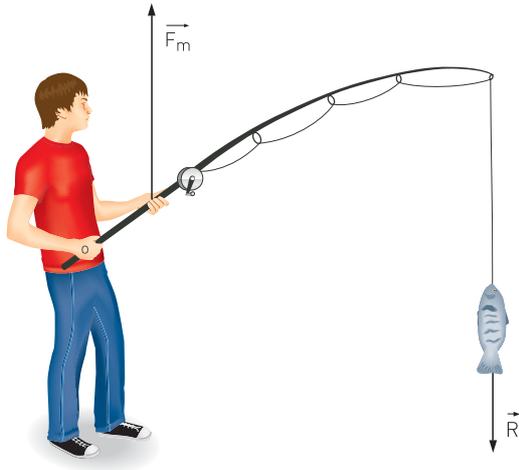
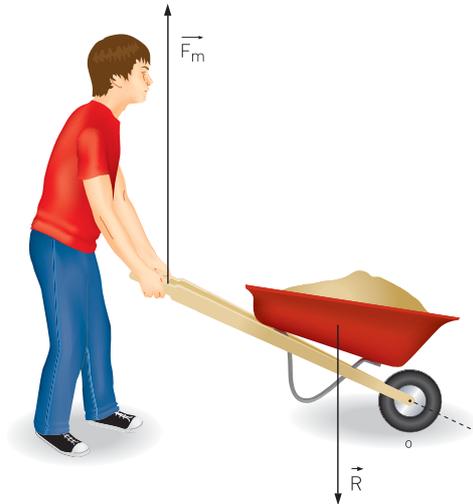
::... ¿Por qué?



Las palancas pueden clasificarse de acuerdo a la disposición que presenten estos tres elementos: punto de apoyo, resistencia y fuerza motriz.

Palancas de primer género: cuando el punto de apoyo está ubicado entre la resistencia y la fuerza motriz. Como ejemplo podemos mencionar una tijera.

Palancas de segundo género: cuando la resistencia se encuentra entre el punto de apoyo y la fuerza motriz. Un ejemplo es la carretilla.



Palancas de tercer género: cuando la fuerza motriz está ubicada entre el punto de apoyo y la resistencia, como por ejemplo una caña de pescar.

En todos los casos, la condición de equilibrio es la misma. Por lo tanto, la ecuación escrita en la página 27 es válida para cualquiera de los géneros de palancas.

- a:| Mencione 2 elementos o aparatos cotidianos que correspondan a cada género de palancas.
- b:| Realice un esquema gráfico en el que se muestre la disposición de las fuerzas actuantes y del punto de apoyo en cada uno de los ejemplos del punto anterior.

ACTIVIDAD **23**

- :| Calcule la longitud de una caña de pescar que permite levantar un pez de $5 \vec{kg}$ ejerciendo una fuerza de $10 \vec{kg}$ a 1,50 m del punto de apoyo de la caña.

ACTIVIDAD **24**

ACTIVIDAD **25**

La Biomecánica es la disciplina que estudia el cuerpo humano desde los conceptos de fuerzas y palancas.

- a :| Averigüe cómo funcionan algunos músculos, articulaciones y huesos según las concepciones de esta disciplina.
- b :| Clasifique las “palancas humanas” según los géneros presentados.

ACTIVIDAD **26**

- :| Analice la importancia de las máquinas simples en el desarrollo económico actual. Escriba un comentario de aproximadamente 15 líneas.

La Física aristotélica

Las leyes aristotélicas del movimiento

Pídale a su tutor el Libro 4 de Ciencias Naturales de EGB, para consultar “Las leyes del movimiento”, página 8.

:| Analice las siguientes preguntas:

- ::... ¿Por qué el humo sube?
- ::... ¿Por qué cae el agua de una cascada?
- ::... ¿Por qué la bicicleta sigue andando cuando dejamos de pedalear?
- ::... ¿Por qué las flechas siguen avanzando después de abandonar el arco?

ACTIVIDAD **27**

Aristóteles, filósofo que vivió en Grecia en el siglo IV a.C., pensaba que había dos tipos de movimiento: el movimiento natural y el movimiento violento. En cuanto al primero, el filósofo sostenía que los objetos se dirigían naturalmente a los lugares de reposo. Por ejemplo, las piedras caen al suelo y el humo sube porque es natural que los objetos pesados caigan y que los livianos asciendan. Para él, el movimiento natural era la tendencia a alcanzar el lugar de reposo.

- a :| ¿En qué orden se ubicarían naturalmente los elementos aire, tierra, fuego y agua según la concepción aristotélica? Ordénelos y justifique su respuesta.
- b :| Elija otros elementos cualesquiera y ubíquelos entre los cuatro anteriores. Tenga en cuenta esta misma concepción.

ACTIVIDAD **28**

Los movimientos violentos, en cambio, eran los ocasionados por alguna fuerza exterior, tenían una causa externa. Por ejemplo los carros avanzaban porque eran tirados por caballos. Los objetos que se hallaban en sus lugares naturales de reposo sólo podían ser sacados de ese lugar por movimientos violentos, es decir empujando o tirando de ellos.

Según Aristóteles, los únicos movimientos naturales en la Tierra eran los verticales, como por ejemplo la caída de los cuerpos. Cualquier otro movimiento era siempre violento y necesitaba de una fuerza externa que actuara constantemente sobre el objeto mientras se moviera, de tal manera que su movimiento cesaba cuando cesaba la fuerza.

Esta interpretación coincidía con el hecho cotidiano de ver que un carro se movía solamente si los caballos tiraban de él, mientras que cuando los caballos dejaban de hacer fuerza, entonces el carro se detenía.

Sin embargo, ni Aristóteles ni sus defensores, pudieron explicar satisfactoriamente por qué avanzaba una flecha luego de haber dejado el arco ni por qué continuaba volando horizontalmente una piedra luego de abandonar la mano.

ACTIVIDAD 29

- a:| Explique brevemente cuáles eran las leyes aristotélicas del movimiento.
- b:| Mencione ejemplos que contradigan la afirmación aristotélica sobre las causas del movimiento.

La Astronomía aristotélica

Dado que el estado natural de los objetos según esta concepción era el reposo, se pensaba que la Tierra estaba en reposo en el centro del universo, porque era su lugar natural. Por otro lado, esta idea era coherente con las percepciones diarias: el Sol, la Luna, los planetas y las estrellas parecen moverse alrededor de nuestro planeta; y además, no parece que la Tierra se moviera.

Aristóteles -al igual que Platón, su maestro- pensaba que el movimiento de los planetas y de las estrellas era eterno y perfecto y que por lo tanto no podía tener ni principio ni fin. En otras palabras, el movimiento "natural" de los astros era en trayectoria circular, ya que en ella no puede hablarse de principio o de fin del movimiento.



De esta manera, para Aristóteles el movimiento celeste se explicaba de manera diferente a los movimientos en la Tierra. Aparece entonces una separación entre el mundo terrestre y el mundo de los astros.

Si bien hubo griegos pitagóricos (Filolao, Hicetas, etc.) que sostuvieron que la Tierra se movía, resultó insostenible en aquella época porque parecía contradecirse con los hechos observados: el Sol parece moverse sobre nosotros, no nos damos cuenta del movimiento terrestre, etc.

La explicación finalmente aceptada resultó ser la sostenida por Aristóteles y Eudoxo: el Sol, los planetas conocidos y las estrellas giraban alrededor de una Tierra inmóvil en el centro del Cosmos.

A pesar de varias inconsistencias que presentaba el modelo y de las diversas correcciones que se le hicieron, como las de Claudio Ptolomeo (siglo II), explicaba satisfactoriamente muchos más fenómenos que los que dejaba de explicar. Esto permitió al modelo de Ptolomeo perdurar por más de 1000 años hasta que en el año 1514, Nicolás Copérnico propuso un modelo más simple.

-
- :| Explique cuáles eran las diferencias entre las leyes del movimiento terrestre y las leyes del movimiento celeste según Aristóteles. Haga un primer esquema en este espacio. Luego escriba el texto en su carpeta.

La hipótesis copernicana

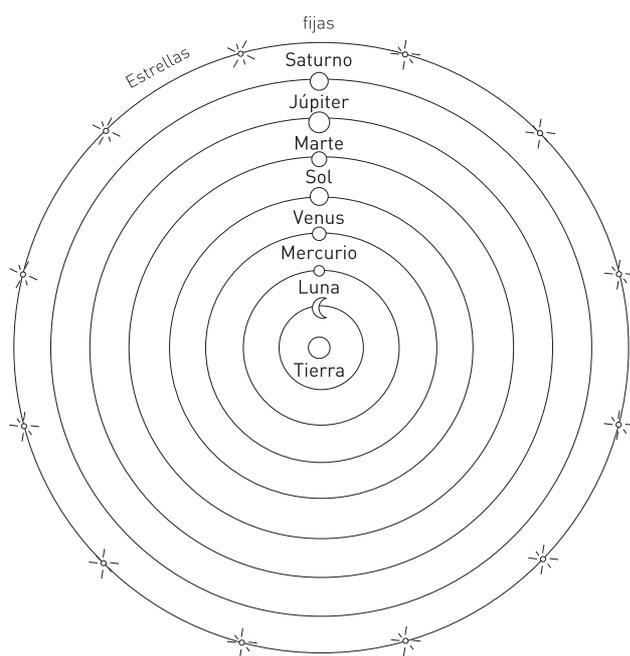
ACTIVIDAD 31

:| Lea el siguiente texto y subraye las palabras clave.

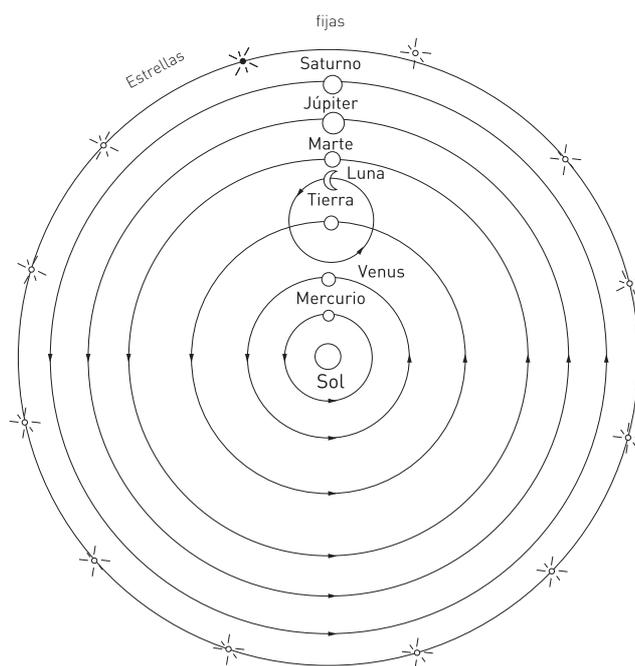
[...]

Actualmente consideramos que los enunciados científicos son hipotéticos, es decir que nunca pueden ser considerados absolutamente verdaderos. Siempre es posible que en un tiempo -cercano o lejano- sean reemplazados por otros enunciados: "Todas las proposiciones de la ciencia son consideradas como hipótesis" (Copi, 1972). Sin embargo no siempre fue así.

Alrededor de 2000 años después de la muerte de Aristóteles, el sacerdote y astrónomo polaco Nicolás Copérnico (1473-1543) formuló una nueva teoría. A partir de la lectura de los antiguos griegos, propuso como hipótesis que el Sol está en el centro del Universo y la Tierra moviéndose alrededor del mismo. Esta teoría "heliocéntrica" (Helios = Sol) estaba en contra de las ideas de la época, que seguían siendo "aristotélicas o geocéntricas" (Geo = Tierra) y que muchos consideraban irrefutables e indiscutibles. Por esta razón Copérnico trabajó en secreto. Finalmente a pedido de sus amigos, envió sus ideas a la imprenta y recibió el primer ejemplar de su obra "De revolutionibus orbitum coelestium" mientras yacía moribundo el 24 de mayo de 1543, el mismo día en el que murió.



↑ Sistema astronómico de Ptolomeo
Modelo Geocéntrico.



↑ Sistema astronómico de Copérnico
Modelo Heliocéntrico.

Dado su estado de salud, es muy probable que no haya sabido que había recibido su propia obra maestra en ese momento. Será Galileo Galilei, en el siglo XVII, quien comience a encargarse de mostrar que la hipótesis copernicana de una Tierra en movimiento era razonable.

Tal como sucedió con Copérnico y Aristóteles, a lo largo de la historia de la ciencia es frecuente encontrarnos con hipótesis rivales, es decir con hipótesis diferentes que explican un mismo hecho en forma satisfactoria. Poder decidir entre una u otra no depende exclusivamente de las observaciones, sino que depende también de lo que cada científico o comunidad de científicos consideran más coherente, de la visión que se tiene del mundo y de la realidad, incluso del lugar que el hombre ocupa en el mundo.

Defender el sistema geocéntrico de Aristóteles no era simplemente una defensa de lo que nos parece que sucede de acuerdo a los sentidos. También se defendía una manera de "entender" el mundo. Para la época, una Tierra en el centro del Universo significaba que el centro -lo más importante- del Universo era el hombre. Movimientos circulares perfectos y eternos de los astros significaban la perfección de los "cielos" y la "imperfeción de los hombres". Dejar el sistema geocéntrico implicaba abandonar -al menos en alguna medida- la concepción que se tenía del hombre. Indudablemente, una tarea difícil de conseguir.

No todas las afirmaciones provisorias o probables pueden ser consideradas como hipótesis científicas. El conocimiento científico debe poder ser verificado por otros, y en especial por la comunidad de científicos. En definitiva, una afirmación sólo puede ser considerada como una hipótesis científica si puede someterse a prueba -directa o indirectamente- a fin de convalidarla o rechazarla.

- :| Identifique cuáles de las siguientes afirmaciones son hipótesis científicas. Justifique sus respuestas.
- ::... Albert Einstein es el científico más grande de todos los tiempos.
 - ::... El Universo se originó a partir de una gran explosión.
 - ::... Tal vez mañana llueva.
 - ::... La materia está constituida por pequeñas partículas.
 - ::... El Sol es de fuego.

Los modelos astronómicos

Los **modelos** son herramientas cognoscitivas, es decir elaboradas por el pensamiento humano, que permiten la comprensión de los hechos y fenómenos de la realidad a partir de la formulación de explicaciones, predicciones, conjeturas e hipótesis sobre por qué y cómo ocurren los hechos y cómo interpretarlos.

Hodson (1986) en su texto "Filosofía de la Ciencia y Educación científica" sostiene que "La Ciencia se aproxima a menudo a una teoría realista por medio de modelos instrumentales provisionales (...) los que se consideran útiles pero no verdaderos".

ACTIVIDAD 33

- a :| ¿En qué sentido las concepciones que tenían Aristóteles y Copérnico del Universo pueden ser consideradas como modelos? Fundamente su respuesta.
- b :| Realice un cuadro comparativo entre el modelo Geocéntrico y el Heliocéntrico, incluya la posición de los astros conocidos, la forma de las órbitas y la existencia de epiciclos, etcétera.
Profundice este tema buscando en otras fuentes y consultando con su profesor tutor.
- c :| ¿Qué fundamentos filosóficos y/o religiosos se encontraban por detrás de cada modelo?
- d :| ¿Por qué ha sido tan difícil cambiar de modelo?

Inconvenientes que enfrentó la Física aristotélica

Como ya hemos dicho, llevó muchos años, incluso algunos siglos, aceptar que la Tierra no es el centro fijo del Universo.

A continuación desarrollaremos una serie de problemas, inconvenientes, anomalías, que debió enfrentar la concepción aristotélica del Universo y de las leyes naturales que regían al mismo.

Un primer inconveniente: la caída de los cuerpos

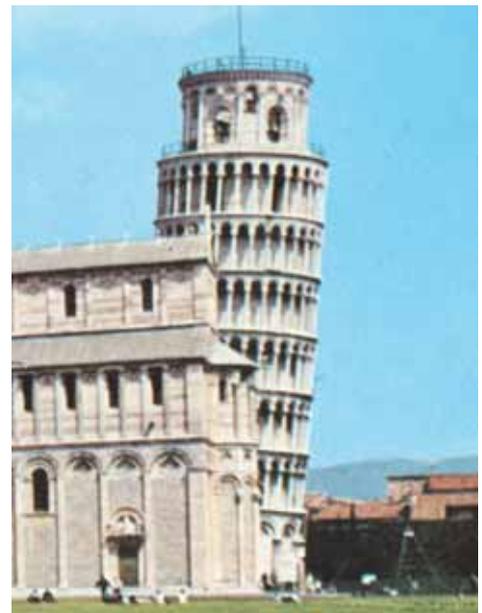
- :| ¿Si se sueltan dos objetos de pesos muy diferentes desde la misma altura y al mismo tiempo, llegará primero el más pesado? ¿Por qué?
- :| ¿Será importante la diferencia de tiempos de llegada?
- :| Haga la experiencia y explique el resultado obtenido.

ACTIVIDAD **34**

Según Aristóteles, la velocidad de un cuerpo era directamente proporcional a su peso. Un cuerpo de peso notoriamente mayor que otro, caería mucho más rápido, es decir que tardaría un tiempo mucho menor en alcanzar el suelo.

Según se dice, el italiano Galileo Galilei (1564-1642) dejó caer dos objetos de diferente peso pero de igual forma desde lo alto de la "Torre inclinada de la ciudad de Pisa" (Italia).

Para asombro de muchos de los que estaban allí, el objeto más pesado llegó solamente una fracción de segundos antes que el más liviano y no muchos segundos antes como esperarían los aristotélicos. Sin embargo Galileo no llegó a comprender en profundidad cuál era la causa de este fenómeno. Sólo muchos años después Newton propondrá una explicación completa.



↑ Torre de Pisa.

Hoy aceptamos que dos objetos de muy distinto peso caen al mismo tiempo si son soltados desde la misma altura y al mismo tiempo en un lugar donde exista “vacío”. Es muy frecuente mostrar este experimento dentro de un tubo largo de vidrio al cual se le extrae el aire.

ACTIVIDAD 35

- a :| Analice, de ser posible en el encuentro de tutoría, con sus compañeros:
- ::: ¿Por qué Galileo habrá arrojado objetos de formas similares?
 - ::: ¿Habría lanzado Galileo una pluma de ave? ¿Por qué?
 - ::: ¿Qué factores podrían influir en la velocidad del objeto durante la caída?
 - ::: ¿De qué manera se podría controlar o disminuir la influencia de dichos factores?
- b :| Elabore un informe escrito con las conclusiones a las que llegaron.

[...]

© Hecht, 1987
 “Física en perspectiva”
 Addison Wesley
 Iberoamericana.

En el fondo, se podría decir que la hipótesis de Galileo es una idealización, que el vacío perfecto necesario para llegar a probarla no ha sido aun creado, ni probablemente lo será nunca. Incluso así, las numerosas confirmaciones de que se dispone se verifican dentro de un error experimental tan pequeño que son en extremo convincentes. Si existe alguna desviación, ésta debe ser mínima. Por lo tanto, se acepta como cierta la noción de que todas las cosas caen en el vacío a la misma velocidad dentro de los límites actuales de error experimental.

ACTIVIDAD 36

Una simple experiencia.

- :| Observe y describa qué sucede si deja caer desde la misma altura y al mismo tiempo:
- a :| Una goma de borrar y una hoja de papel abierta: ¿cuál llegará primero al suelo?
 - b :| ¿Y si hace un bollo con la hoja de papel?
 - c :| Analice las dos situaciones según Galileo.



- :| Observe qué sucede si deja caer una hoja de papel abierta y otra cerrada (las dos pesan lo mismo).
- :| Analice la situación según la Física aristotélica y según la visión de Galileo.

ACTIVIDAD 37

Si bien esta "prueba de Pisa" por sí sola no fue suficiente para abandonar las ideas aristotélicas, hoy decimos que con Galileo comienza a establecerse definitivamente la ciencia moderna. Entre otras razones, porque la forma de validar el conocimiento de los fenómenos naturales se distingue del utilizado habitualmente hasta ese momento.

- :| Compare la manera en la que Aristóteles y Galileo validaban las afirmaciones sobre los fenómenos naturales.
- :| ¿En qué sentido esta diferencia en la forma de validación influye en el desarrollo posterior -y hasta nuestros días- de la ciencia?

ACTIVIDAD 38

Un segundo inconveniente: la inercia

Es fácil comprender que todo objeto en reposo tiende a permanecer así; y que sólo cambiará su estado si se le aplica una fuerza externa.

¿Pero qué sucede cuando el objeto se encuentra en movimiento?

- a :| Imagine un objeto deslizándose sobre diferentes tipos de superficie: madera, baldosas pulidas, pista de hielo.
- b :| Analice qué sucede con la velocidad del objeto en cada caso.
- c :| Determine cómo será su trayectoria.
- d :| Explique qué sucedería si se anulara por completo el rozamiento con la superficie.

ACTIVIDAD 39

Podemos imaginar que en ausencia de fuerzas que frenen al objeto (rozamiento con el aire, con el suelo, etc) o que lo desvíen, este se deslizará siempre a la misma velocidad sin frenarse y en línea recta. Newton, a partir de las ideas de Galileo, publicó en 1687 una ley del movimiento que se conoce con el nombre de **Principio de Inercia** (o Ley de Inercia):



Todo objeto permanece en su estado de reposo si se halla en reposo, o de movimiento en línea recta con velocidad constante si está en movimiento, mientras que no se le apliquen fuerzas externas que lo obliguen a cambiar dicho estado.

Esta afirmación es la primera de las famosas Tres Leyes de Newton. Un ejemplo cotidiano en el que se manifiesta esta ley lo percibimos cuando viajamos parados en colectivo. Cuando el colectivo frena de golpe, nosotros tendemos a seguir hacia adelante. Una persona que observa lo sucedido de pie en la calle, puede apreciar claramente que nosotros nos desplazábamos conjuntamente con el colectivo. Cuando éste frenó, nosotros al no estar adheridos firmemente al suelo, continuamos con la velocidad que traíamos anteriormente (la misma que la que tenía el colectivo antes de frenar). En otras palabras, mantuvimos nuestro estado de movimiento por inercia.

ACTIVIDAD 40

- a :| Explique ahora por qué las flechas continúan avanzando luego de haber abandonado el arco.
- b :| Establezca diferencias entre lo que dice el Principio de Inercia y las leyes del movimiento aristotélico.

En la práctica real, el movimiento a velocidad constante no se cumple perfectamente ya que siempre hay rozamiento, aunque sea mínimo. Aquí se puede apreciar claramente una ley física (la de inercia) que no parte de la observación, porque nadie nunca observó un cuerpo sobre el que no actúe ninguna fuerza. Este concepto es una idealización, una construcción intelectual (coherente con los datos observacionales) que demandó siglos producir.

ACTIVIDAD 41

- :| Describa tres ejemplos de la vida cotidiana en los que intervenga el Principio de Inercia.

ACTIVIDAD 42

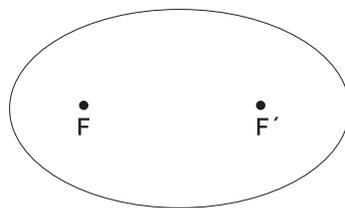
- :| ¿Observar rigurosamente un fenómeno implicará necesariamente llegar a comprenderlo?
- :| ¿Qué papel cumple la observación en la ciencia?

Un tercer inconveniente: las órbitas elípticas

¿Es realmente heliocéntrico el Sistema Solar, tal cual lo supusieron Copérnico y Galileo?

Johannes Kepler (1571-1630), contemporáneo de Galileo, revisando las anotaciones de las posiciones de los astros hechas a simple vista (todavía no existía el telescopio) durante muchos años por su maestro, el astrónomo danés Tycho Brahe, notó que la órbita de Marte no era un círculo perfecto, sino que se parecía ligeramente a un óvalo. Esto lo llevó a formular una hipótesis que se conoce como la Primera Ley de Kepler:

Las órbitas de los planetas son de forma elíptica y el Sol se encuentra en un punto muy particular llamado foco de la elipse.



← Elipse con sus dos focos F y F'.

Pasados algunos años y aceptada esta nueva hipótesis, el Sol deja de ocupar el punto central del sistema solar, de la misma manera que anteriormente la Tierra había sido desplazada de dicho lugar.

- a :| ¿En qué sentido esta afirmación de Kepler contradecía la Física aristotélica?
- b :| Busque información sobre las llamadas Segunda y Tercera Ley de Kepler. Explíquelas.

ACTIVIDAD **43**

- a :| Realice una encuesta preguntando a qué se deben las diferentes estaciones del año.
- b :| Investigue y explique a qué se deben las estaciones del año.

ACTIVIDAD **44**

Muchos consideran que las estaciones del año se deben a la cercanía o a la lejanía de nuestro planeta con respecto al Sol. Sin embargo, desde este punto de vista, no se tiene presente que cuando en el hemisferio Sur es verano, en el mismo momento es invierno en el hemisferio Norte. La explicación que fundamenta en la distancia del Sol la existencia de las estaciones es contradictoria e incorrecta. Ante esta contradicción, se hace necesario presentar una nueva hipótesis.

En general, los seres humanos nos hacemos representaciones y explicaciones intuitivas del mundo a partir de nuestra experiencia sensorial directa. Sin embargo, estas representaciones no necesariamente responden a los hechos. Dichas representaciones se conocen como **ideas previas o preconcepciones**, y si bien son conceptualmente incorrectas, no deben ser tomadas como un signo de ignorancia, dado que en muchos casos dependen de procesos mentales naturales propios de los humanos.

ACTIVIDAD 45

Precisamente, la ciencia busca someter a verificación aquello que se asume intuitivamente como cierto.

- :| Enumere las representaciones intuitivas de fenómenos naturales tratadas a lo largo de esta Unidad que no se verifican por medio de un análisis científico.

ACTIVIDAD 46

- :| Haga un esquema de los inconvenientes presentados por la Física aristotélica y cómo fueron resueltos posteriormente. Discuta sus respuestas con el profesor tutor.

La caída de la Física aristotélica: la ley de gravitación universal

Isaac Newton nació en el año 1643 en una aldea de Woolsthorpe, Inglaterra, al año siguiente a la muerte de Galileo. Sir Newton fue uno de los físicos más importantes de la historia. Uno de los períodos más fructíferos de su producción fue entre los años 1665-1666 mientras se encontraba en su casa natal, escapando de la peste negra que azotaba Cambridge. Según cuenta la improbable leyenda, mientras estaba sentado en su jardín, la caída de una manzana lo llevó a reflexionar.

Newton comprendió que **dos objetos cualesquiera** se atraen entre sí por el solo hecho de poseer masa. El valor de esta fuerza de atracción, llamada "fuerza gravitatoria", depende de la masa de los objetos y de las distancias que separan sus centros.

La ley de Newton puede generalizarse para todos los cuerpos del Universo y se expresa en forma matemática mediante la siguiente ecuación:

$$F_g = G \cdot \frac{M \cdot m}{d^2}$$

Donde G es la constante de gravitación universal,

$$G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{kg}^2;$$

M es la masa mayor;

m la masa menor y

d la distancia que separa los centros de ambas masas.

Esta ley explica fenómenos tan distintos como la caída de los objetos, el movimiento de los planetas, de los satélites como la Luna o el fenómeno de las mareas. **Newton no descubrió la gravedad sino su universalidad**, es decir, que la fuerza de atracción gravitatoria existe siempre entre objetos porque poseen masa, sean éstos tan masivos como estrellas o simplemente como nueces.

A partir de la Ley de la Gravitación Universal, Newton logró mostrar contundentemente que la división entre mundos terrestre y celeste propuesta por Aristóteles era innecesaria. Desde ahora **las leyes que rigen todos los movimientos terrestres y celestes son las mismas**, poniendo así fin al proceso de ruptura con la Física aristotélica que ya había iniciado Galileo con sus trabajos de Astronomía y Cinemática (estudio de los movimientos), mediante una novedosa forma de entender la Ciencia a través del uso de la **metodología experimental**.



↑ Isaac Newton (1643-1727).

ACTIVIDAD 47

- :| ¿Cuál es la importancia de la Ley de Gravitación Universal desde el punto de vista científico?

ACTIVIDAD 48

- a :| Compare la fuerza que ejerce la Luna sobre la Tierra con la fuerza que ejerce la Tierra sobre la Luna. ¿Cómo resultan dichas fuerzas?
- b :| La masa de la Tierra es aproximadamente $6 \cdot 10^{24}$ kg y la masa de la Luna es $7,2 \cdot 10^{22}$ kg. Si la fuerza gravitatoria entre ellas es $1,9 \cdot 10^{20}$ N, ¿qué distancia hay entre el centro de la Tierra y el centro de la Luna?
- c :| ¿Cuál es la fuerza gravitatoria entre Ud. y la Tierra?
- d :| ¿Cuánto se reduciría su peso si estuviese al doble de distancia del centro de la Tierra?

ACTIVIDAD 49

- :| Las explicaciones sobre el movimiento de los planetas, obtenidas a partir de la Ley de Gravitación Universal, las leyes de la Mecánica y el Cálculo Matemático: ¿permiten asegurar que la Teoría de Newton es verdadera? Justifique su respuesta.

ACTIVIDAD 50

- :| Busque datos biográficos e información sobre los trabajos de los personajes mencionados a lo largo de esta Unidad.
- :| Realice luego una síntesis señalando los aportes más importantes de cada uno y ubíquelos en una línea de tiempo.

La máquina del mundo

Con el afianzamiento de la Nueva Ciencia Física, la Matemática ocupará un lugar cada vez más preponderante dentro de ella. La naturaleza presenta fenómenos que se cumplen con regularidad. La Matemática se transforma entonces en una poderosa herramienta que permitirá calcular y predecir movimientos, tiempos y fuerzas. Se determinará cada vez con mayor precisión desde el paso de cometas, como el Halley, hasta las trayectorias de los rayos de luz al atravesar las lentes. En este punto, esta nueva ciencia de la naturaleza comienza a formalizar matemáticamente cada concepto que construye. Al respecto, el mismo Galileo llegó a escribir que:

“El Universo no se puede entender si antes no se aprende a entender la lengua, a conocer los caracteres en los que está escrito. Está escrito en lenguaje matemático y sus caracteres son triángulos, círculos u otras figuras geométricas, sin los cuales es imposible entender una sola palabra; sin ellos es como girar vanamente en un oscuro laberinto”.
(Il saggiaiore)

Actualmente decimos que la Matemática es una creación humana que puede utilizarse para interpretar los fenómenos naturales.

:| Explique la diferencia con lo que sostenía Galileo.

Una vez comprendida la relación matemática entre fuerzas y movimientos, se afianzó una concepción mecánica del Universo conocida como **mecanicismo**.

Según esta visión, no existen fuerzas ocultas que den lugar a efectos inesperados. Será el filósofo, matemático y físico francés René Descartes (contemporáneo de Newton), quien lleve esta idea hasta sus últimas consecuencias. Para él, el Universo, funcionaba igual que una máquina; todos los fenómenos, incluso los relacionados con la vida, se podrían explicar a partir de las leyes del movimiento y de las fuerzas.

Fue tan poderosa esta postura que posteriormente hasta la psicología, la economía y otras ciencias humanas intentaron reducir al hombre (o a la sociedad) a una compleja máquina de relojería.

Tal es el caso del filósofo inglés John Locke. Amigo de Newton, que creía que el concepto de "ley de la naturaleza" era aplicable a la religión y al gobierno. Por ello se dedicó a desarrollar una nueva filosofía política, de la que más tarde se derivará el sistema mecanicista de cheques y balances, idea nacida del concepto newtoniano de acción y reacción. El mismo Benjamin Franklin escribió una obra sobre las implicaciones filosóficas de los principios newtonianos: "De la libertad y la necesidad; el hombre en el universo newtoniano".

Habrá que esperar hasta fines del siglo XIX y principios del siglo XX para que este modelo puramente mecánico muestre sus deficiencias, aunque en muchos casos podríamos animarnos a afirmar que aún sigue vigente.

ACTIVIDAD 52

- a :| Identifique conceptos de la Física que pueden relacionarse con la Economía.
- b :| ¿Qué problemas pueden surgir al considerar que la economía se comporta como un sistema físico mecánico? Enumérelos y explíquelos brevemente, dé ejemplos cuando sea posible.

ACTIVIDAD INTEGRADORA

ACTIVIDAD 53

- :| **Teatralización:** ¿Por qué habrá perdurado tanto tiempo la hipótesis aristotélica de una Tierra quieta en el centro del Universo? Escriba un texto teatral.
- :| Tome aspectos, problemas y soluciones trabajadas a lo largo de la Unidad. Escriba el guión (diálogos, experiencias, etc.). Tenga presente que una comprensión actualizada de la situación no puede ser reducida a una causa única; ni a una visión centrada en héroes y villanos. Si quiere profundizar puede investigar qué sucedía en la época: afianzamiento de las monarquías absolutas, reforma, contrarreforma, humanismo; renacimiento. descubrimientos técnicos y geográficos, etc.