

FISICA B

Material de estudio elaborado por Gerardo Dapresa, Gabriel Serafini y Pablo Teso,
profesores de la asignatura

PRESENTACIÓN DE LA MATERIA

Permanentemente se producen numerosos fenómenos a nuestro alrededor, muchos de ellos casi sin darnos cuenta: las hojas caen de los árboles, un auto se mueve por una avenida, otro frena de golpe, el agua circula por las alcantarillas, alguien enciende un fósforo, se rompe un papel, vibra una chapa metálica, las estrellas brillan en la oscuridad de la noche.

Inmerso en los quehaceres cotidianos, rara vez uno se detiene a examinar las situaciones del entorno o, menos aún, a buscar relaciones para intentar comprender sus causas. Este es uno de los propósitos centrales de quienes diseñamos la propuesta de enseñanza de Física en Adultos 2000: que usted pueda asociar los conceptos estudiados con situaciones fácilmente reconocibles de la realidad cotidiana. Otro de nuestros propósitos es que, a lo largo del trabajo planteado, usted logre reconocer el modo particular en que se produce y se organiza el conocimiento en Física. En gran parte de los ámbitos educativos se enseña Física mediante “fórmulas matemáticas” cuyo sentido y cuyo alcance suelen ser desconocidos por los alumnos que las aplican, incluso aunque lo hagan exitosamente. Nuestra intención, en cambio, es la de promover formas de **pensar físicamente**, asignándole a la matemática un rol secundario¹ de “herramienta”.

La importancia que otorgamos al desarrollo de estas formas de pensamiento es tan grande, que hemos reservado toda la Unidad I de la guía para la inclusión de actividades que, esperamos, fomentarán reflexiones sobre ciertos aspectos del trabajo científico en general y de nuestra disciplina en particular. Las ideas que usted haya elaborado en esa primera parte se retomarán en las demás Unidades de la guía. Es posible que el estilo de tales actividades cause al principio alguna desorientación, pero confiamos en que pronto se advertirán las relaciones entre éstas y los contenidos tratados en las Unidades subsiguientes.

El diseño general de este material de estudio es el siguiente:

Tiene **7** unidades, cada una de ellas con un número variable de secciones. Las secciones están identificadas por dos números. Por ejemplo: **3.4** significa unidad **3**, sección **4**

El material termina con un conjunto de actividades que reciben la denominación de **Autoevaluación**.

Las siete Unidades son:

- * Unidad 1: Una aproximación al trabajo científico (4 secciones)
- * Unidad 2: El movimiento (7 secciones)
- * Unidad 3: Las leyes de Newton (6 secciones)
- * Unidad 4: La energía (6 secciones)
- * Unidad 5: La gravedad (6 secciones)
- * Unidad 6: Los fluidos (7 secciones)
- * Unidad 7: El calor (8 secciones)

¹ Desde ya, sería imposible concebir a la Física sin la extraordinaria capacidad que aportan la lógica, la operatoria y los conceptos matemáticos. Aquí podemos ponerlos en un “segundo plano” porque se trata de un curso elemental de Física.

En las unidades 2 a 7, a manera de inicio, usted encontrará actividades de indagación previa a la toma de contacto de los conceptos, identificadas con el título ***Apelando a nuestra experiencia***. Recurrimos a esta presentación porque este tipo de actividades permite poner de manifiesto una forma primera de “conocimiento físico” del entorno, basada en la información que se recoge de las experiencias cotidianas y que muy probablemente usted ya posee. A continuación siguen unos ***Breves comentarios sobre los problemas planteados***, relacionados con las preguntas anteriores.

Las tres últimas secciones de cada unidad son:

- * *Síntesis de la Unidad*,
- * *Derivación al Blog FISICADULTOS*
- * *Actividades*

El **Blog FISICADULTOS** es "un lugar de intercambio y aprendizaje". En él podrá hallar numerosas indicaciones sobre cuestiones conceptuales, desarrollos teóricos, simulaciones, ejercicios adicionales y otros recursos de gran ayuda, elaborados por Pablo Teso, uno de los profesores del equipo de la asignatura. Este es el sitio de Internet del blog:

<http://pablo-fisicadultos.blogspot.com/>

En cada unidad usted hallará un link que lo lleva a las partes del blog que desarrolla los contenidos asociados con esa unidad.

Las **Actividades** son de resolución sencilla. Podrá hallar las respuestas al final de este material de estudio. Le recomendamos intentar resolverlas, y sólo después consultar las respuestas correctas. Estos ejercicios pueden ser empleados eficazmente para evaluar su nivel de aprendizaje. El conjunto de problemas presentados en esta sección no pretende cubrir la totalidad de los temas tratados, sino sólo ofrecerle una idea bastante precisa de cómo pueden ser los ejercicios incluidos en un examen típico de esta asignatura.

BIBLIOGRAFÍA ADICIONAL

En caso de que usted deseara ampliar los conocimientos presentados en esta plataforma, le sugerimos consultar el siguiente texto:

Hewitt, Paul G: *Física Conceptual* México. Universidad Nacional Autónoma de México, 1998 (hay otras ediciones posteriores).

UNIDAD 1 Una aproximación al trabajo científico

1.1. LA CONSTRUCCIÓN DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO

Lo invitamos a leer el texto que se presenta a continuación.

Amanece. Los primeros rayos del Sol delinean el contorno de nubes remotas. Las sienes del hombre perciben la brisa que, desde horas antes, despereza las chapas del galpón y les arranca sonoridades de espectros. Los establos despiden un rumor de patas y de bocas que se acomodan a la novedad del día. Por un tiempo sobreviene una calma tibia y frágil, apenas modulada por las regularidades de un latido bajo la camisa. Un aroma silvestre comienza a fusionarse con la transpiración del hombre. El silencio se quiebra, a veces, por un aleteo entre las sombras o un canto desde las profundidades del bosque. La luz de la casa parece atenuarse frente a lo que se va afirmando en un creciente estallido de rojos y amarillos.

El hombre afina sus sentidos para percibir la multitud de fenómenos que suceden en su entorno. Colores, movimientos, sonidos, tibiezas, formas cambiantes y olores le indican que algo ocurre o, mejor, que muchas cosas están ocurriendo. Intenta diferenciar esto de aquello, explorar relaciones, inferir causas y efectos, ensayar algún orden, alguna correspondencia dentro de tanta complejidad. ¿Habrá conexión entre la luz y los sonidos procedentes del bosque? ¿Y entre lo que viene desde los establos y la ubicación de las nubes? ¿Serán los colores del cielo una consecuencia de la posición del Sol? ¿Afectará la brisa la cadencia de su ritmo cardíaco?

Aunque el texto anterior describe un instante particular, el tipo de preguntas que plantea (por ejemplo, “¿Serán los colores del cielo una consecuencia de la posición del Sol?”) puede ser aplicado a un gran número de situaciones de nuestra vida cotidiana, si no a todas. En ellas, los fenómenos rara vez se presentan aislados, sino dentro de un complejo entramado en el que no es sencillo determinar qué guarda relación con qué. Para tener una idea de la magnitud de la tarea, puede imaginarse la actitud de un humano primitivo frente a semejante despliegue.

Hoy la ciencia dispone de un saber y de un modo de análisis desde los cuales es posible interpretar gran parte de lo que ocurre a nuestro alrededor, y es posible establecer un cierto “orden” dentro de ese cúmulo de sucesos. Contar con aquel conjunto de conocimientos y, sobre todo, con la poderosa herramienta del método de análisis es producto de una **construcción de siglos**, en la que muchas personas aportaron sus talentos y sus capacidades, en la que la idea de uno fue cuestionada por otro o sirvió de inspiración para que otro la desarrollara o la mejorara. La construcción del conocimiento científico, como muchas otras empresas humanas, no ha sido lineal ni pareja: así como se produjeron aciertos y avances, también hubo experimentos fallidos, concepciones erróneas, caminos muertos...

A lo largo de esta guía intentaremos una aproximación a algunos aspectos de esa construcción, cuyo detalle se expondrá al avanzar en la lectura. A través del itinerario propuesto, habrá de alternarse el tratamiento de los conceptos y la metodología de una actividad científica, la física, con una periódica invitación a la reflexión y a vivir los conflictos “desde adentro”, involucrándose, percibiendo la trama y proponiendo, uno mismo, algún destello que permita organizarla.

El propósito de las siguientes actividades es que a partir de las situaciones problemáticas planteadas usted asuma un rol activo, se “adentre” en los problemas para reflexionar sobre algunos aspectos del trabajo científico.

Le recomendamos que registre las respuestas que vaya elaborando y conserve sus notas para retomarlas más adelante al avanzar con el trabajo en las demás Unidades.

Actividad 1

En esta invitación a compenetrarse con diversos aspectos de la labor científica viviéndolos “desde adentro”, le planteamos una actividad introductoria en la que usted, a semejanza del hombre de nuestro relato inicial, se enfrentará con un conjunto de acontecimientos “desordenados” que deberán ser procesados y organizados. A partir de la información provista por esos acontecimientos, deberá *formular hipótesis*, es decir: suponer una cosa posible, presumir un resultado, plantear algún juicio probable a partir de ciertos indicios.

1- Realice la lectura de la primera de las tres partes del siguiente relato, narrado desde la perspectiva de lo observado por un joven, Marcelo, que acaba de mudarse a un barrio para él desconocido.

*Para acceder a la esencia del planteo: **que usted sea partícipe del proceso de construcción de las diferentes hipótesis**, es muy importante que respete las reglas enunciadas a lo largo de la actividad. Por eso le recomendamos que intente responder las consignas **antes** de avanzar con el siguiente apartado. Sólo siga adelante con la lectura si se le indica. De ese modo, usted logrará construir, verificar o modificar las hipótesis que se plantee a medida que avanza en la lectura.*

EL ENIGMA DEL EDIFICIO²

PRIMERA PARTE

A poco de ubicarse en su nuevo departamento, Marcelo se ha enfermado. Fastidiado por la forzada permanencia en la cama, ve pasar los días sin hacer nada entretenido. Desde la ventana de su habitación, orientada hacia el pulmón de la manzana, contempla la quietud del barrio una y otra vez.

Un día la monotonía se altera: De un edificio de dos pisos, blanco y rectangular, ve salir gente corriendo, algunas haciendo señas, otras escondiéndose en las casas vecinas. Al rato se oyen sirenas de varios autos que parecen ser de la policía, y más tarde ve un carro de bomberos. Todo le hace suponer algún accidente, aunque desde su ventana Marcelo no distingue fuego ni nada semejante. El único humo es el de una chimenea de extraña forma, situada cerca del emplazamiento de dos antenas en el fondo del edificio. Los edificios más cercanos le impiden observar qué es lo que está sucediendo; una hora más tarde, a juzgar por el movimiento tranquilo de la gente, todo ha vuelto a la normalidad. Secretamente, Marcelo se propone averiguar *qué es ese edificio*. El desafío es, al fin y al cabo, una forma de soportar el encierro obligado. Acuerda en que todo debe ser descubierto exclusivamente por lo que vea a través de su ventana, así que evitará hablar de su secreto con sus padres y su hermana. Como inicio del juego detectivesco, esa noche planea una serie de actividades para el día siguiente, que incluye observaciones regulares a horas determinadas, y en eso está cuando acaba por dormirse.

Al día siguiente, a primera hora, presencia la llegada de una veintena de personas, al tiempo que se retira un grupo más pequeño. Le parece que casi todos llevan camisa celeste, aunque no puede asegurarlo por la distancia que lo separa de ellos. De la chimenea próxima a las antenas continúa saliendo un hilo de humo. Al frente del edificio distingue un cartel casi totalmente oculto donde lee una C, que parece ser la primera letra de una palabra. Media hora después comienza un continuo ir y venir de personas, que suelen cargar objetos de tamaños diversos. Algunos llegan con un bulto pero se

²La idea original de esta actividad surgió, varios años atrás, de un intercambio entre Leonardo Levinas, David Aljanati y Gabriel Serafini. Este último tuvo a su cargo la redacción y corrección del texto.

marchan sin él; en otros, sucede al revés. Hay un señor con bastón acompañado por un perro, y varios camiones que descargan bultos de formas aproximadamente cúbicas. Al mediodía llega un hombre que lleva un chico en brazos, quien se mueve grotescamente cuando es abandonado en el suelo.

El tercer día Marcelo no advierte nada novedoso, excepto el grupo de gente que arriba a primera hora.

Al día siguiente, en cambio, ocurre algo notable: un grupo de personas, que calcula cercana al centenar, se reúne con carteles frente al edificio. En uno de los carteles distingue, no sin esfuerzo, la palabra “Basta”.

El quinto día se levanta temprano. Desea observar la llegada del grupo habitual que, de acuerdo con los datos anteriores, debe ocurrir a una hora determinada. Y, en efecto, sucede tal cual lo previsto. Más tarde comienza el constante movimiento de gente con bultos.

Por la noche observa las luces del edificio: Nota que las ventanas se van iluminando progresivamente de una a la vez, a medida que se apaga la luz de la ventana anterior. Finalizada la operación en los dos pisos, sólo queda iluminado un cuarto de la planta baja. Intenta distinguir qué hay adentro, pero se lo impide la luz intensa de un farol exterior ubicado sobre la ventana.

Al otro día no hay ningún tipo de actividad, salvo la entrada y salida de pequeños grupos de personas. A la noche repite la observación de las luces y comprueba que siguen el esquema del día anterior, por lo que Marcelo supone que es una práctica habitual.

A la mañana siguiente una cuadrilla de obreros empieza a alambrar el campo circundante al edificio. Después del mediodía ocurre algo sorprendente: un grupo de cuatro hombres, aparentemente armados, rodean al edificio y luego entran en él. Dos horas después se marchan en una furgoneta.

2- Responda la siguiente consigna:

a- Le proponemos tomar el lugar de Marcelo y, a partir de los datos suministrados por el relato anterior, contestar la pregunta que se planteó el protagonista: **¿Qué es ese edificio?**

Para ello le sugerimos que analice cuidadosamente todos los detalles de la narración y los anote mediante alguna forma de registro que le parezca efectiva para ese fin. Durante el procesamiento de los datos, tal vez le sea útil distinguir aquellos sucesos que considera periódicos de los que ocurren de manera ocasional. Escriba, a continuación, cuál es su hipótesis en relación al edificio.

3- Tras completar el punto anterior, responda:

a- Dentro del conjunto de hechos narrados, describa cuáles le parecen *fundamentales* para sostener la hipótesis que acaba de formular. Desde la perspectiva de su hipótesis, proponga una explicación posible para los hechos que considera relevantes.

b- Dentro del mismo conjunto de datos, mencione cuáles son *secundarios* o *particularmente no significativos* para la elaboración de su hipótesis.

c- ¿Es posible que alguno de los datos no “encaje” con la hipótesis formulada? Si es así, indique en qué casos se presenta esa situación.

d- ¿Cree que, ante el mismo relato, otra persona podría haber formulado una hipótesis diferente a la suya en relación al edificio? Trate de imaginar cuál podría ser esa hipótesis y sobre qué datos ésta se sustentaría.

e- Continúe la lectura del relato:

SEGUNDA PARTE:

Marcelo consigue un largavista

El panorama es muy diferente a través del largavista. Lo que antes parecían camisas, ahora son nítidamente guardapolvos. Marcelo advierte la llegada de varios albañiles que comienzan a reparar una de las paredes del edificio.

Por la tarde se produce una alborotosa visita: un micro de escolares, cuyos delantales blancos son perfectamente distinguibles con el largavista. Los cuenta: son 31, acompañados por una maestra gorda y alguien que parece ser un celador, y cuyo aspecto le resulta desagradable. Están unas dos horas en el interior del edificio. Salen comiendo y arremolinándose, y el celador los hace rápidamente subir al micro. Esta vez cuenta 30 chicos, pero no está seguro de no haberse equivocado debido a la confusión de la salida. No puede contar de nuevo, y eso lo inquieta. Si en verdad hubiera tenido un chico menos, habría obtenido un dato revelador.

Esa noche no logra dormirse pensando en lo ocurrido. Desgraciadamente, al otro día se desata una fuerte lluvia que no le permite continuar sus observaciones.

Al día siguiente distingue a cinco personas que bajan de una camioneta un gran piletón, lleno de un líquido que debe ser muy peligroso por el cuidado con que se mueven los hombres. Más tarde llegan otros camiones que bajan unos cubos que parecen ser de corcho o telgopor pues, pese a su tamaño, son transportados sin dificultad.

Estudiando el movimiento de los albañiles, Marcelo ha podido prever el día en que una plataforma que utilizan, ocultará el farol que impide ver el interior de la habitación iluminada por la noche. Anota en su registro el instante previsto.

En días siguientes no sucede gran cosa. Una tarde regresan los hombres armados.

Puede distinguir ahora que sus armas son en verdad extrañas: parecen rifles, pero poseen una manguera conectada a un tanque pequeño, a manera de unas que recuerda de una historieta espacial. Además, observando cuidadosamente, descubre que los hombres llevan máscaras. Consulta sus registros de los días anteriores, y comprueba que ha pasado exactamente una semana desde su anterior aparición.

Al otro día, al regresar a su cama desde la cocina, ve un automóvil negro. Una de sus puertas es mantenida abierta por un chofer de prolijo uniforme. Marcelo imagina la llegada de un personaje importante, y se reprocha haber descuidado su trabajo de investigación. Poco después ve que una anciana sube al auto, y éste parte velozmente.

Por la tarde es testigo de un sensacional incidente. Uno de los albañiles, que está trabajando sobre un andamio, comienza a hacer gestos con sus brazos. En la penumbra de una ventana, Marcelo distingue a alguien que parece estar vestido con un tapado de piel o un sobretodo, y que agita violentamente una soga del andamio. El albañil tiene tiempo para descender y, al llegar a tierra, manifiesta con grandes gestos su enojo frente a sus compañeros.

A última hora Marcelo repara en un detalle que no había notado antes. De vez en cuando hay personas que salen del edificio con recipientes y frascos, pero regresan sin ellos. Del mismo modo, reconoce algunos que salen sin nada, pero regresan con algo en sus manos. Eso le hace suponer la existencia de una construcción cercana a donde se dirige la gente, aunque no logre verla por las edificaciones que se interponen.

Un día, por otra parte, se produce lo que Marcelo ya había previsto: por la noche, cuando el farol queda oculto por la plataforma, puede divisar un hombre de uniforme gris en el único cuarto iluminado del edificio.

4- Responda las siguientes consignas:

a- A partir de los nuevos datos y sin olvidar los proporcionados por la primera parte del relato, conteste: **¿Qué es el edificio?**

Le recomendamos recurrir nuevamente a la forma de registro usada en la primera etapa. ¿Por qué cree que insistimos con este procedimiento? ¿Cuál es la ventaja de disponer de él si lo comparamos con el simple registro memorístico?

b- ¿Coincide esta hipótesis con la que elaboró en la primera parte? Si no es así, explique por qué razones abandonó la anterior. En este proceso ¿tuvo alguna importancia el disponer de la visión de un largavista? ¿Por qué?

c- Señale qué nuevos acontecimientos periódicos y ocasionales se añadieron a su lista anterior. ¿Puede distinguir algún momento del relato en el que, advertido de una regularidad, Marcelo pudo prever un determinado acontecimiento? Describa ese momento.

d- Distinga cuáles de las observaciones de Marcelo son “objetivas” y cuáles están teñidas por algún juicio de carácter estético o de valor.

e- Entre los hechos narrados, describa cuáles le parecen fundamentales para sostener la actual hipótesis, cuáles son secundarios y cuáles no “encajan” con la hipótesis formulada.

f- ¿Qué importancia le ha asignado, en la formulación de su hipótesis, el hecho de que Marcelo contó 31 alumnos al entrar al edificio y cree haber contado sólo 30 al salir?

g- Indique si, en algún momento, Marcelo es capaz de inferir la existencia de algo que, sin embargo, no puede divisar desde su puesto de observación. Si es así, ¿a partir de qué datos realiza la inferencia?

h- Señale un momento del relato en el que una cierta circunstancia hace favorable una determinada observación y otro momento en el que, al contrario, las observaciones se ven obstaculizadas.

i- Siga adelante con la lectura del relato:

TERCERA PARTE:

A Marcelo le prestan un telescopio

La primera visión que obtiene apenas montado el telescopio es la de los camiones. Los cubos que parecían de corcho son fardos de pasto. La chimenea continúa despidiendo su hilo de humo, y el movimiento de personas es el acostumbrado.

A media mañana aparece otra vez el piletón, que será cargado aparentemente en una camioneta amarilla. Marcelo intenta obtener algún dato sobre el líquido que transporta, para así poder identificarlo. Con gran sorpresa, mientras analiza detenidamente la superficie del líquido, descubre en él algo que parece ser una aleta.

Los nuevos datos son registrados y examinados durante el almuerzo. A la hora de la siesta ya intuye el resultado de la investigación. En ese instante regresa el auto negro, del cual desciende nuevamente la anciana. Al salir del edificio lleva un perro entre sus brazos apretándolo contra su pecho. El perro tiene un pata enyesada. Suben al automóvil y se marchan velozmente.

Marcelo sonríe con cierta satisfacción. No podría afirmar qué es exactamente el edificio, pues para ello debería continuar con sus observaciones. No obstante, considera que la idea que tiene es bastante precisa.

5- Responda las siguientes consignas:

a- A partir de los nuevos datos y de los provistos por las dos partes anteriores del relato, conteste: **¿Qué es el edificio?**

b- ¿Coincide esta hipótesis con la que elaboró en la segunda parte? Si no es así, explique por qué causas descartó la anterior. En este proceso ¿tuvo alguna importancia el empleo de un telescopio? ¿Por qué?

c- Si su hipótesis ha cambiado, seleccione los acontecimientos más importantes de las dos primeras partes e intérpretelos a la luz de su nueva hipótesis.

d- En el relato, Marcelo advierte que su hipótesis no es “exacta” sino “bastante precisa”. ¿Por qué pensará eso? ¿Podría la hipótesis que usted acaba de proponer estar en una situación semejante? Fundamente su opinión. Si considera que habría algún nivel de imprecisión en su hipótesis, mencione algunas alternativas de la misma que también podrían ser probables.

e- ¿Es posible que, si el relato tuviese una cuarta parte, la precisión de la hipótesis elaborada por usted fuese mayor? ¿Por qué?

6- Invite a participar de *El Enigma de Marcelo* a un pequeño grupo de familiares o amigos, a quienes puede ir leyéndoles el texto del relato y las preguntas que se plantean. Si lo hace, *El enigma* se enriquecerá enormemente, pues ello favorecerá el planteo de intercambios en los que cada uno deberá sostener la validez de sus hipótesis y justificar las modificaciones de las ideas iniciales recurriendo a los datos proporcionados por el relato. Además, si usted asiste a una consultoría puede intercambiar ideas con otros alumnos sobre las hipótesis que sostuvo cada uno.

Comentarios sobre esta actividad

A continuación le planteamos los elementos de discusión que genera esta actividad, sobre todo cuando se plantea grupalmente; no vamos a transcribir aquí todos ellos, por un problema de espacio sólo nos limitaremos a destacar los más importantes.

* Las diferencias que se observan entre las hipótesis de las personas que realizan la actividad propuesta, se debe a que cada uno suele seleccionar como fundamental un **conjunto diferente de datos**: o sea que un hecho considerado significativo para alguno, frecuentemente es secundario para otro o, incluso, contradictorio. La chimenea, por ejemplo, puede ser central para quien haya imaginado al edificio como un centro de producción industrial, irrelevante para quien haya pensado en una escuela y difícil de “encajar” en una hipótesis de centro comercial.

* A veces las “contradicciones” son sólo aparentes. Las personas que, en la primera parte, sostienen que se trata de una cárcel, descartan de plano esa hipótesis cuando más tarde se enteran de la realización de una visita de escolares. Cambian esa actitud cuando se les informa que algunas cárceles modelo de la provincia de Buenos Aires son (o fueron en alguna oportunidad) visitadas por contingentes escolares. Esto suele generar una reflexión acerca de la importancia del **acceso a la información adecuada** en este tipo de procesos.

* La resolución grupal de la actividad permite diferenciar los **procedimientos de análisis** efectuados por los participantes y, de este modo, poner de manifiesto la mayor o menor eficacia de cada uno. Una de las comparaciones, por ejemplo, se centra el mecanismo de registro utilizado, el cual puede cubrir un amplio espectro en cuanto a su precisión: desde el cuadro detallado y de fácil visualización hasta el simple registro memorístico.

* También genera interesantes intercambios la **actitud asumida** por cada uno en relación al problema de los 31 o los 30 escolares. Frente a esto, algunos dicen “Seguro que Marcelo contó mal”; otros toman el dato como fundamental y conciben truculentas hipótesis; en una tercera alternativa, distinta a las anteriores, hay quienes afirman que el dato no debe tenerse en cuenta debido a la imprecisión con que fue obtenido.

* Se ha dado con alguna frecuencia que algunos participantes insisten con una hipótesis determinada debido a que alguno de los datos presentados tiene **conexión directa con**

una vivencia propia. En un caso, por ejemplo, una persona insistía en que el edificio era un hospital debido a que la práctica del encendido y apagado de las luces la llevaba a cabo él mismo en el hospital en donde trabajaba. Sólo cambió su actitud cuando otros le advirtieron que esa práctica es común en otros establecimientos, un dato que seguramente no le era desconocido. Esto nos hace pensar que, detrás de estos procesos, hay personas y, como tales, no están exentas de ciertas “subjetividades”. Seguramente tales subjetividades se aminoran muchísimo en un campo tan sometido a controles como el de la ciencia, pero sería ilusorio pretender que no se dieran.

* Otro aspecto que se da con frecuencia es la **"presión" del contexto** sobre las decisiones de los participantes. En épocas en que la prensa denunciaba la adulteración de vinos, una de las hipótesis sobre el edificio solía ser, precisamente, la de una planta destinada a dicha adulteración. En otro momento, poco después del retorno de la democracia en nuestro país, era corriente la hipótesis de un centro clandestino de detención. Pareciera que una huelga, un atentado, un crack financiero o cualquier noticia importante que ocupase la atención de la gente, dejan su huella en la supuesta "objetividad" de quien hipotetiza sobre el edificio que observa Marcelo.

* El desarrollo de esta actividad depara generalmente un intenso proceso de análisis, confrontación e intercambio entre los participantes que, en algunos aspectos, está vinculado con el **desarrollo de la ciencia y la labor de los científicos**. Aunque el rol de Marcelo de “observador a distancia” que va accediendo a mejores instrumentos de observación sugiere una fuerte vinculación con el desarrollo de la astronomía, el planteo general de la actividad puede extenderse tanto al estudio de lo muy lejano como de lo muy pequeño, es decir, de aquellos ámbitos de acceso “restringido”.

* Al trazar, por ejemplo, un paralelo entre esta actividad y la investigación astronómica, se perciben numerosas “coincidencias”, tales como la determinación de **sucesos periódicos** (como el movimiento de los planetas o las fases de la Luna) y la detección de **sucesos que ocurren de manera ocasional** (tales como la explosión de una estrella).

* El planteo de esta actividad tiene como propósito que usted asuma un rol activo y que se “adueñe” del problema (esperamos que éste haya sido su caso), un aspecto que suele ser ignorado en gran parte de los cursos de física. Como hemos señalado, para nuestra propuesta es fundamental tener en cuenta las experiencias previas de los alumnos.

* Por último, en relación al problema central planteado “*¿Qué es el edificio?*”, la intención es que no quede totalmente definido si se trata de un centro de investigación o de una clínica veterinaria o de alguna suerte de combinación de ambas opciones. La experiencia nos muestra que los auditorios son muy resistentes a aceptar esa pequeña cuota de incertidumbre. Esta actitud nos lleva a reflexionar sobre un hecho curioso: pareciera que no toleramos la carencia de verdades acabadas y cerradas, y que nos falta entrenamiento para fijar nuestra mirada en el proceso de la construcción en sí. Si examinamos la actividad en su globalidad, advertiremos que la imprecisión final es, efectivamente, mucho menor que la inicial. ¿No ocurre algo semejante, acaso, con el desarrollo de la ciencia? Trabajar desde esta perspectiva nos parece sumamente enriquecedor, pues usted no sólo podrá tomar conciencia de los vericuetos de la construcción; también percibirá un panorama de puertas abiertas, en el que quién sabe si no habrá de asumir un papel relevante en el futuro.

Actividad 2

Es posible establecer una relación entre ciertos sucesos de la realidad y algunos momentos del relato “El Enigma del Edificio”. Le mostramos un caso, a modo de ejemplo:

Suceso de la realidad	Suceso del relato
Los eclipses totales de Sol son acontecimientos muy esperados por los científicos pues durante su transcurso queda oculto el disco solar, normalmente muy brillante, y pueden verse los detalles de la corona a su alrededor.	Una noche, Marcelo puede por fin divisar un hombre de uniforme gris en el cuarto iluminado del edificio, gracias a que el farol exterior que le obstaculizaba la visión, queda oculto por la plataforma de los albañiles

Identifique otras situaciones del relato El Enigma del Edificio que tengan relación con los siguientes sucesos de la realidad:

Suceso de la realidad	Suceso del relato
En 1905 el notable astrónomo norteamericano Percival Lowell, tras analizar las “irregularidades” en el movimiento de los últimos planetas conocidos del Sistema Solar, comenzó la búsqueda de un noveno planeta que, según sus deducciones, debía ser la causa de aquellas anomalías y del cual, incluso, calculó su posición. Veinticinco años después, Clyde Tombaugh pudo ubicar a Plutón, muy cerca de donde lo había determinado Lowell.	
El mismo Percival Lowell, obsesionado por la observación de Marte, invirtió parte de su fortuna en la construcción de un observatorio en Arizona. Obtuvo miles de fotografías del planeta, en las que se apreciaban numerosas líneas que, según afirmó, eran canales construidos por una civilización prodigiosa. En 1965 la sonda Mariner IV permitió apreciar que tales canales no existían. Probablemente las líneas habían provenido de una interferencia óptica, un factor que cuesta creer que no fuera considerado por un científico de la talla de Lowell.	

1.2.Método científico y actitud científica

En *El enigma de Marcelo* queda claro que, al poner la mirada sobre el proceso más que en el resultado, estamos fomentando una reflexión acerca de la operatoria empleada, es decir: cómo se seleccionó y se procesó la información, qué datos fueron considerados importantes, qué resultados se lograron al afinar las observaciones, cómo se fueron modificando las hipótesis iniciales, etc. La intención, como ya se mencionó, es establecer una primera conexión con las formas de analizar y de proceder propias de la ciencia, a las que se suele denominar “método científico”. Por las razones que se tratarán a continuación, en esta guía evitaremos referirnos a un “método” y preferiremos, en cambio, hablar de una “actitud científica”.

Actividad 3

En el libro *Física Conceptual* de Paul G. Hewitt, puede leerse:

“Los científicos deben esforzarse por distinguir entre lo que ven y lo que desean ver pues, como la mayor parte de las personas, tienen una gran capacidad para engañarse a sí mismos”

Explique qué aspectos tienen en común el texto y la historia de *El enigma de Marcelo*.

Así como la **Actividad 1** estaba directamente asociada con el desarrollo de la

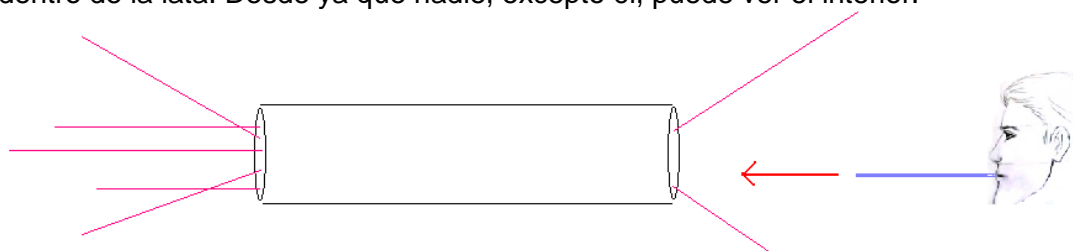
investigación astronómica, la que se plantea a continuación intenta recrear una experiencia que permitió conocer detalles del campo de lo sumamente pequeño.

Actividad 4

1- Lea este nuevo relato, en el que se plantea una experiencia "casera"

La elaboración de modelos: UNA LATA CON SORPRESA

Un muchacho despoja a una lata de sus dos tapas y coloca "algo" en el interior de la misma. Propone a sus amigos un acertijo: deberán adivinar qué es ese "algo" a partir de una experiencia que les mostrará. Como sus amigos acceden, monta el dispositivo que muestra la figura. En un momento, trae una cerbatana y comienza a arrojar bolillitas dentro de la lata. Desde ya que nadie, excepto él, puede ver el interior.



El muchacho siempre arroja las bolitas paralelamente al eje de la lata, o sea, sin inclinar el tiro hacia ningún lado. Sus amigos observan que las bolillitas siguen alguno de estos tres comportamientos:

- * algunas bolitas no logran pasar la lata y rebotan,
- * otras atraviesan la lata desviando su trayectoria,
- * y algunas otras emergen de la lata sin sufrir desviaciones.

El muchacho va cambiando el punto de tiro, subiendo o bajando un poquito la cerbatana o bien corriéndose hacia un lado. De ese modo consigue tirar las bolillitas más cerca del borde de la lata o más hacia el centro, pero siempre manteniendo las trayectorias paralelas al eje de la lata. En cualquiera de las situaciones se obtienen azarosamente los tres resultados anteriormente descriptos.

Tras una buena cantidad de tiros, el muchacho formula la pregunta: **¿Qué suponen que tiene adentro la lata?**

2- Analice la información suministrada y proponga una respuesta a la cuestión que se plantea. ¿Le parece que esta experiencia puede darle información sobre lo que hay dentro de la lata? Fundamente sus ideas, basándose en el comportamiento de las bolillitas. Es posible que no surja una única respuesta; si es así, anote las distintas opciones y, cotejándolas con el relato, piense cuál puede ser más probable.

3- Continúe con la lectura del relato:

Tres tamaños de bolillas

El muchacho realiza ahora una experiencia similar con bolillas *de tres tamaños*. En la siguiente tabla están contabilizadas las bolillas que atravesaron la lata y las que no lo lograron.

	BOLILLAS PEQUEÑAS	BOLILLAS MEDIANAS	BOLILLAS GRANDES
PASAN	70	60	-
REBOTAN	30	40	100

3- A partir de los datos suministrados por la tabla, explique a qué atribuiría las diferencias en los resultados para cada tamaño de bolilla.

Una lata diferente

Por último, el muchacho repite la experiencia anterior pero utilizando *otra lata*. En esta tabla están registrados los resultados.

	BOLILLAS PEQUEÑAS	BOLILLAS MEDIANAS	BOLILLAS GRANDES
PASAN	90	70	40
REBOTAN	10	30	60

4- Analice los datos de la tabla y mencione en qué se diferencia esta nueva lata de la anterior. Fundamente su respuesta.

Comentarios sobre la actividad

* Sus deducciones acerca del contenido de la lata le han permitido elaborar una representación denominada *modelo*. Una interpretación semejante fue obtenida por Marcelo respecto al edificio: la imagen que llegó a elaborar representa al edificio, pero no es el edificio en sí. Esto pone en evidencia que su representación necesariamente es un “recorte” de la realidad pues, como ya se ha discutido, seguramente hay aspectos del edificio que no han sido volcados en el modelo logrado. Otro tanto puede afirmarse del modelo de Lowell respecto a Marte (Actividad 2). En todos los casos, la “construcción” representada por el modelo *no es lo mismo* que aquello (el edificio, la superficie de Marte, la estructura del benceno) que es el objeto de estudio que se modela.

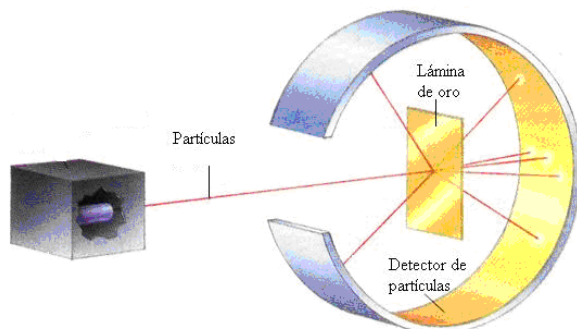
* En el caso particular de la Actividad 4, nadie podría asegurar que el modelo concebido por usted corresponde exactamente con lo que hay en el interior de la lata, a menos que usted dispusiera de la lata y pudiera “espiar” en su interior. Pero es fácil advertir que este procedimiento no siempre es posible: piense nuevamente en un objeto de estudio muy lejano o sumamente pequeño. De todos modos, aunque la observación fuera posible, cabría preguntarse si la información que recibiríamos del objeto, sea por nuestros sentidos o por medio de algún dispositivo, sería *toda* la información acerca del objeto. Esta pregunta conduciría, en verdad, a una cuestión sobre la que no podemos extendernos en esta guía: ¿Podemos conocer la realidad en su totalidad? O mejor aún: ¿A qué nos referimos cuando hablamos de “totalidad”? Dejamos, entonces, “picando” estos interrogantes que nos internarían en una reflexión más general acerca de los límites del conocimiento.

* Al realizar esta actividad con grupos, las hipótesis que se dan con mayor frecuencia son la de “colador”, la de “red” o algún sucedáneo de ambos, con lo que nuevamente se plantea el problema de la cierta “imprecisión”. Desde la perspectiva de este modelo, la explicación del comportamiento de las bolillitas sería el siguiente: las que siguen de largo pasan por los huecos, las que se desvían pasan por un hueco pero rozan con un borde de la red y las que rebotan pegan de lleno en algún lugar de la trama.

* Las experiencias relatadas, por otra parte, nada aportan sobre numerosas características de ese contenido desconocido tales como, por ejemplo, su color o su textura. Para tener información sobre estos aspectos, tal vez se podría diseñar otro tipo de experimento.

* Es muy posible que el planteo de nuevos experimentos conduzca a la revelación de detalles más precisos sobre el contenido de la lata, de un modo análogo a lo que sucedía en el relato de Marcelo, en el que el acceso a mejores instrumentos de observación permitió corroborar, perfeccionar o descartar los modelos previos.

* La experiencia de la lata guarda similitud con una célebre experiencia de la Física sobre la estructura de la materia, atribuida generalmente al científico inglés Ernest Rutherford (1871-1937) pero llevada a cabo por sus discípulos Geiger y Marsden.



En el experimento, un conjunto de partículas muy pequeñas eran arrojadas a gran velocidad sobre una lámina muy delgada: algunas rebotaban y otras atravesaban la lámina, tanto en línea recta como desviándose. La interpretación de los resultados de la experiencia fue muy similar a la del relato precedente: la materia es “granulosa” y está llena de “espacios vacíos”. Como el número de partículas que pasaban dependía del material de la lámina, la interpretación es que la proporción de espacios huecos podía variar. Este experimento permitió modificar el modelo vigente hasta ese entonces, que consideraba una materia “compacta”. Constituye, además, un buen ejemplo de cómo, aunque no sean visibles, puede obtenerse información acerca de mundos diminutos.

1.3 Síntesis de la Unidad 1

En esta Unidad se ha realizado un primer acercamiento a ciertas modalidades del trabajo científico en general y de nuestra disciplina en particular. La guía ha propuesto una serie de situaciones con el propósito de promover en usted formas de *pensar físicamente*, mediante la adquisición de perspectivas desde donde formular interpretaciones y establecer un cierto “orden” en un cúmulo de sucesos determinados. Aunque pueda parecer obvio, conviene señalar que para nuestra asignatura no es importante que usted estudie pormenorizadamente los textos que describen esos sucesos, es decir, no interesa que usted sea capaz de reproducir con lujo de detalles los relatos de *El Enigma del Edificio* ni cualquier otro. Lo que sí es relevante es que usted sea conciente del proceso que llevó a cabo al leerlos, de modo que esté en condiciones de repetir ese proceso con nuevas situaciones. Por esa razón, se espera que, entre otras cosas, a lo largo de esta Unidad, usted haya logrado:

- * procesar datos y otorgarles niveles de significatividad,
- * distinguir sucesos periódicos y ocasionales,
- * comparar la efectividad de distintos mecanismos de registro,
- * valorar la importancia del acceso a información adecuada,
- * apreciar cómo el acceso a mejores observaciones permite corroborar, perfeccionar o descartar los modelos previos,
- * reflexionar sobre la supuesta objetividad de los procesos de análisis encarados y advertir algunas formas de la “presión” del contexto,
- * aprender cómo se puede obtener información acerca de mundos aparentemente inaccesibles
- * y, en fin, participar de un proceso en el que la imprecisión final fue, notoriamente, mucho menor que la inicial.

Estas ideas se retomarán una y otra vez en esta guía, en el contexto de los contenidos específicos que habrán de tratarse en las siguientes Unidades.

1.4 Evaluación

Pregunta 1 : En la guía de la asignatura hay una extensa actividad en la que un muchacho, que acaba de mudarse a un barrio desconocido, observa un edificio cercano a su casa durante varios días.

Su desafío es tener una idea lo más aproximada posible de qué es ese edificio.

a- Al finalizar la tercera parte del relato, el muchacho advierte que la interpretación que logró es:

A. Exacta

B. Bastante precisa

Pregunta 2 : En el texto de Paul G. Hewitt citado en la bibliografía sugerida, se señala: "Muchas personas creen que cambiar de opinión es signo de debilidad" pero "la posibilidad de refinar sus teorías es un punto fuerte de la ciencia, no un punto débil".

A. Al indicar el permanente cambio que se nota en la actividad científica, Hewitt intenta mostrar que las opiniones de la ciencia son poco fundamentadas.

B. Al indicar el permanente cambio de opinión que se nota en la actividad científica, Hewitt intenta mostrar un punto débil de la ciencia.

C. Al indicar el permanente cambio de opinión que se nota en la actividad científica, Hewitt intenta mostrar una fortaleza de la ciencia.

Pregunta 3 : a) Lea el siguiente fragmento de John Bernal, un epistemólogo irlandés citado varias veces en la presente guía:

"Muchas historias de la ciencia son relatos acerca de los grandes descubridores que se han ido sucediendo en una especie de revelación de los secretos de la naturaleza. Naturalmente, la existencia de grandes científicos ha tenido efectos decisivos en el progreso de la ciencia, pero sus realizaciones no pueden estudiarse aisladamente de su contexto social (...) pues aquellos fueron hombres de su tiempo que estuvieron sometidos a las mismas influencias formativas. (...) Ningún gran hombre se basta a sí mismo en ningún terreno cultural, y mucho menos en la ciencia; no puede realizarse ningún descubrimiento efectivo sin el trabajo preparatorio de otros científicos...".

De acuerdo a lo que afirma Bernal:

A. El trabajo de los científicos es aislado y no tiene en cuenta los aportes de quienes le precedieron.

B. El trabajo de los científicos se basa en los aportes realizados por quienes le precedieron.

C. El contexto social no influye de ningún modo sobre el trabajo de los científicos.

UNIDAD 2 El Movimiento

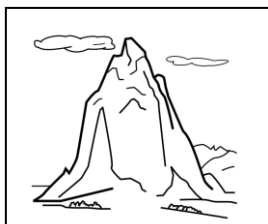
Comenzaremos aquí el estudio de una parte de la Física llamada *Mecánica*. Aunque su denominación recuerda inmediatamente al trabajo con máquinas o de reparación de vehículos, esta Mecánica se ocupa, entre otras cosas, del estudio del movimiento y de sus causas.

Reconocemos al movimiento porque está presente en gran parte de lo que nos rodea: en los diversos objetos que se desplazan, rotan, ascienden o caen; en los vientos y las olas; en los astros; en los fluidos que circulan por el interior de los seres vivos; en numerosos artefactos de nuestro entorno y demás.

Nuestro conocimiento actual sobre el movimiento reconoce sus cimientos en las notables investigaciones de figuras de la talla del científico italiano Galileo Galilei (1564-1642), del francés René Descartes (1596-1650) y del inglés Isaac Newton (1642-1727). En esta Unidad realizamos una primera mirada sobre el tema.

Apelando a nuestra experiencia

Al principio de esta Unidad y de las subsiguientes vamos a proponerle la resolución de unos pocos problemas sencillos usando el conocimiento que seguramente posee a partir de su experiencia cotidiana con el entorno. Le pedimos que realice un esfuerzo para analizar y resolver cada situación. Más adelante planteamos una breve discusión sobre cada problema y le proponemos la lectura de textos sobre los temas involucrados, de modo que usted pueda cotejar sus respuestas y avanzar en el conocimiento de los conceptos de la asignatura.



1- ¿Le parece posible que, considerado desde un cierto punto, el cerro Aconcagua se encuentre quieto y, mirado desde otro punto, se esté moviendo? Fundamente su respuesta. Si considera que ambas situaciones son posibles, explique en qué condiciones serían válidas cada una de ellas.

2- a- Analice la siguiente situación:

Una anciana está sentada en un tren que se mueve lentamente. Pasa el guarda. Un estudiante que observa la escena piensa: “Es evidente que la anciana está quieta y que el guarda se mueve”.

Un paisano que ve pasar el tren desde el exterior piensa: “Yo soy el que está quieto. Tanto la anciana como el guarda están moviéndose, aunque la anciana lo hace más rápido que el guarda”

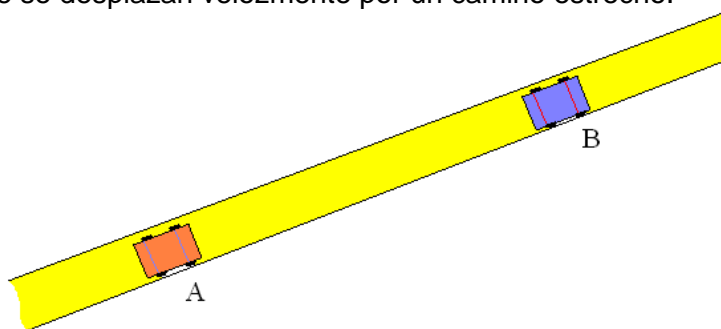
b- Discuta la validez de lo que piensa cada uno de los protagonistas.

c- A partir de los datos, piense en qué sentido está caminando el guarda: ¿es el mismo que el del tren o es el contrario?

3- Un conjunto de automóviles se desplaza en una autopista con varios carriles, según los datos que figuran en el cuadro. Analice en qué sentido (norte o sur) se mueven los vehículos y con qué rapidez, desde el punto de vista de cada uno de ellos. Si tiene dificultades, le sugerimos trazar un esquema de cada situación.

	Indicar con qué rapidez y hacia dónde se mueve cada uno de estos automóviles...			
...desde un automóvil que marcha a:	100 km/h hacia el norte	80 km/h hacia el sur	40 km/h hacia el norte	50 km/h hacia el sur
100 km/h hacia el norte				
80 km/h hacia el sur				
40 km/h hacia el norte				
50 km/h hacia el sur				

4- a- Observe la siguiente figura, que muestra una imagen aérea de dos automóviles que se desplazan velozmente por un camino estrecho.



El auto señalado "A" marcha a 60 kilómetros por hora (60 km/h) y el "B" a 55 km/h.

b- A partir de los datos que posee, responda: Si los autos no doblan ni disminuyen la marcha ¿es seguro que van a chocar? Fundamente su respuesta. Si se encuentra con alguna dificultad para contestar, explique de qué se trata.

5- Le proponemos pensar de qué variables cree usted que depende la rapidez con que caen los cuerpos. Haga una lista con las que se le ocurra, incluyendo aquellas sobre las que esté dudoso. Trate de mencionar ejemplos que sostengan sus opiniones.

Breves comentarios sobre los problemas planteados

Las actividades 1 y 2 intentan poner de manifiesto una cuestión fundamental: Para indicar si algo está en movimiento o no, es necesario especificar desde *qué punto de referencia* se evalúa la situación. El movimiento es, entonces, *relativo* pues guarda relación con cuál sea el punto de vista: algo puede estar quieto desde un cierto punto y moverse desde otro. En el lenguaje cotidiano la referencia suele no mencionarse, pues "se entiende" que es el suelo del planeta. La actividad 3 retoma este concepto y muestra que también el valor de la rapidez es relativo, pues puede variar según desde dónde se realice la observación.

Con respecto a la actividad 4, usted seguramente ha tenido dificultades para resolverla. No se preocupe, era lo esperado: con los datos suministrados no se puede saber si los automóviles van a chocar o no, pues no está claro cuál es el sentido de

sus movimientos. La idea del problema es mostrarle que, para quedar completamente definidas, ciertas magnitudes requieren más información que la de su “intensidad” (en este caso, la intensidad correspondería a la “rapidez”).

Seguramente habrá notado que evitamos usar el término “velocidad”, que se emplea corrientemente en el lenguaje cotidiano. Lo evitamos porque, para la Física, la noción de velocidad supone no sólo la rapidez sino también *hacia dónde* se realiza el movimiento: tanto su *dirección*, que es la línea determinada por el trayecto que va trazando (a lo que se denomina *trayectoria*) como su *sentido* (de los cuales hay dos para cada dirección). Un modo de representar toda esa información es mediante un *vector*, y por ello la magnitud mencionada anteriormente se denomina “vectorial”.

El punto 5 guarda relación con algunas actividades planteadas en la Unidad I. Usted recordará que, en el ejemplo del amanecer que figura al principio, muestra que, ante el enorme conjunto de factores que se presentan simultáneamente, no es sencillo determinar cuáles están relacionados y cuáles no con el fenómeno en cuestión. A los factores que pueden influir sobre el fenómeno examinado se los suele llamar **variables**.

En este caso intentamos construir un modelo sobre la caída libre. Cuando se intenta construir un modelo sobre un determinado fenómeno, uno de los primeros pasos consiste en reconocer sus causas.

¿Cuáles son las variables en juego en la caída libre? Es muy probable que, ante la cuestión planteada, usted haya recurrido a las vivencias de su propia experiencia, y así haya descartado variables que supuso sin relación con el tema en estudio, tales como el color del objeto o la edad de quien efectúa la experiencia.

* Tal vez haya advertido que no es lo mismo dejar caer una piedra desde una cierta altura que desde una altura mucho mayor: esto lo habrá llevado a conjeturar que al aumentar la altura de caída, el cuerpo llegará al suelo con mayor rapidez.

* Es posible que haya pensado que, si caen desde la misma altura, un objeto pesado lo hará más rápido que uno liviano.

* También le habrá importado el tamaño o la forma del cuerpo que cae: un objeto puntiagudo y “aerodinámico” deberá avanzar más fácilmente que uno que “choca más” contra el medio en el que se desplaza, es decir, el agua, el aire u otro.

* Quizás haya supuesto que también es importante la resistencia que el propio medio presenta al avance del cuerpo: es evidente que, por ejemplo, es más fácil avanzar en el aire que en el agua.

Para añadir una variable más a la lista anterior, nos detendremos a discutir cuál es la causa por la que cae el cuerpo. Sabemos que un objeto en las proximidades de la Tierra cae hacia ella. La interpretación es que sobre el cuerpo actúa una fuerza de atracción *gravitatoria*, llamada *peso* del objeto. En realidad, el objeto también atrae a la Tierra pero, como ésta tiene una masa muchísimo mayor, la atracción sobre ella es insignificante.³ Ahora bien, sería razonable preguntarse si esa atracción será pareja en toda la Tierra y si esa variación ejercerá influencia en la rapidez de la caída.

³ Como veremos en la Unidad 5, en general todos los cuerpos se atraen entre sí, pero esa atracción sólo puede ser advertida fácilmente cuando al menos uno de ellos posee una gran masa. Uno de los casos más evidentes es, como en este caso, cuando uno de los cuerpos es un astro. Si los dos cuerpos tienen una masa grande y más o menos semejante, ambos efectos son apreciables, como en el caso de la acción recíproca Tierra-Luna. En un astro con una atracción gravitatoria distinta a la terrestre, el peso de un objeto será proporcional a la gravedad en ese astro.

A continuación, para determinar si cada una de las variables anteriores influye o no, habrá que diseñar un conjunto de experiencias. En el diseño deberá tomarse la precaución de que sólo una variable sea modificada a la vez.

Si se efectúan mediciones, podrá conocerse no sólo si existe relación entre las variables: también será posible “formalizar” (o sea, expresar con una fórmula matemática) esa relación asignándole una correspondencia numérica.

Sin embargo, si se lleva a cabo la experiencia diseñada, establecer relaciones matemáticas no sería una tarea nada sencilla, pues el movimiento de caída del cuerpo resultaría bastante complicado, pues:

(1) Hasta un determinado instante, el cuerpo iría incrementando su rapidez, aunque no de un modo parejo.

(2) A partir de alcanzar un valor determinado de rapidez, continuaría descendiendo con rapidez constante⁴.

Si se realizan varias experiencias se observaría, además, que el momento en que se produce la transición de la situación (1) a la (2) depende de la forma, del tamaño y del peso del cuerpo, así como de las características del medio. En definitiva: el panorama sería tan complicado que costaría mucho poder visualizar las relaciones numéricas buscadas.

Un recurso frecuentemente usado por los físicos consiste en plantear una suerte de “simplificación” de lo que ocurre. Al aplicar ese procedimiento se toma cierta distancia de lo que realmente sucede, pero ello hace posible visualizar más fácilmente lo que se está buscando.

El caso de la caída libre que hemos planteado puede, en realidad, ser enmarcado en la problemática más general del estudio de cualquier clase de movimiento. A Galileo, Descartes y Newton les debemos una prodigiosa tarea de abstracción que permitió organizar ese mundo real tan complejo.

Apelando al procedimiento descripto más arriba, imaginaron una situación “ideal”, en la que no existía un medio que opusiera resistencia al movimiento. Introducir esa condición permitió eliminar las variables *peso*, *tamaño* y *forma* del objeto en el problema de la caída libre, y fue posible determinar las relaciones numéricas deseadas entre las variables restantes. Resuelto el problema “reducido”, pasar al contexto real sólo requeriría hacer ciertos “ajustes” para adaptar los resultados a la realidad circundante, en la que sí existe el medio “desaparecido”.

2.1 Introducción al estudio del Movimiento

Estamos tan acostumbrados a movernos y a ver que las cosas se mueven a nuestro alrededor que apenas nos detenemos a observar y analizar en detalle la situación. En nuestra experiencia cotidiana reconocemos el movimiento de los objetos pero poco apreciamos las condiciones para que se produzca de tal o cual manera. Todo a nuestro alrededor está en movimiento. Hasta en los objetos que aparentemente están quietos hay una incesante e imperceptible vibración de las pequeñas partículas que lo componen.

Como ya señalamos, esta unidad está destinada a comenzar con el estudio de los movimientos, tratando de describirlos con cierto detalle. Posteriormente, en la unidad 3, se analizarán las condiciones para que los objetos se muevan de determinada forma, es decir, se trabajará con las causas del movimiento.

Primeras definiciones

⁴ Esto sucede a partir del momento en que la resistencia opuesta por el aire equilibra a la fuerza de atracción que lo hace caer.

Cuando afirmamos que un objeto se mueve es porque observamos que algo cambió en la situación; hay algo diferente entre el estado inicial del objeto y el estado final. Y si no observamos ninguna diferencia entre un momento y otro decimos que el objeto está quieto.

Definimos el movimiento como:

“Un cambio de lugar (posición) a medida que transcurre el tiempo”



Felipe está quieto (no cambia de lugar)

En cambio, el caballo cambia de posición: se mueve

Una de las primeras cosas que podemos decir acerca del movimiento es que los objetos pueden moverse o no según el punto de vista desde donde se lo describe.



Para el colectivo, la máquina registradora de pasajes permanece siempre en el mismo lugar: **está quieta**

Para alguien que ve la situación desde la vereda, la máquina registradora **está en movimiento** ya que se desplaza junto con el colectivo



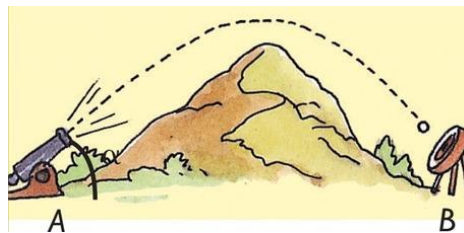
Indicamos esta situación diciendo que **el movimiento es relativo**, es decir, que la descripción depende del *punto de vista* que se adopte.

Al punto de vista que elegimos para analizar el movimiento se lo denomina **punto o sistema de referencia**.

La trayectoria

Los objetos se mueven de manera muy diversa. Por ejemplo, las características de los movimientos de una persona al viajar en ascensor, desplazarse en una escalera

mecánica o dar unas vueltas en calesita, son distintas y su descripción es diferente. Pensemos simplemente en “el camino” que sigue la persona al moverse: en algunos casos es recto y en otros no. A ese recorrido lo llamamos **trayectoria**.



El proyectil tiene una trayectoria curva

La **trayectoria** es una de las características que nos permite clasificar a los movimientos.

La persona en el ascensor y en la escalera mecánica se desplaza siguiendo una línea recta (trayectoria rectilínea).

Cuando da vueltas en calesita el camino recorrido es una circunferencia (trayectoria circular).

La trayectoria de un objeto en movimiento depende también del punto de vista.

Si usted accede a Internet, las siguientes animaciones le permitirán visualizar distintas trayectorias - para el mismo objeto - según dos puntos de vista diferentes:

<http://educaplus.org/play-297-Trayectoria.htm>

(helicóptero)

http://www.fisica-quimica-secundaria-bachillerato.es/animaciones-flash-interactivas/mecanica_fuerzas_gravitacion_energia/relatividad_del_movimiento_sistema_de_referencia.htm

(tren)

En esta unidad nos ocuparemos especialmente de los movimientos **rectilíneos**.

2.2 La rapidez y la velocidad

Los ejemplos del ascensor y la escalera mecánica corresponden a movimientos en línea recta; pero la semejanza termina allí. Tal vez haya notado que, en la escalera mecánica, la persona se desplaza siempre en igual sentido y con la misma rapidez desde que sube y hasta que baja. En cambio, el ascensor sube y baja (cambia el sentido de movimiento) y arranca o se detiene en los distintos pisos. La trayectoria recta de estos movimientos es un dato importante, pero no el único para poder describir la situación.

El concepto de **velocidad** es muy intuitivo y familiar. Y cuando un objeto – como por ejemplo un auto – se desplaza a alta velocidad solemos decir que “va muy rápido”. En física la **rapidez** y la **velocidad** tienen definiciones un poco más precisas, que es necesario conocer.

Lo primero que debemos destacar es que cuando un objeto se mueve, no solo importa la **distancia** que recorre sino también el **intervalo de tiempo** en que realiza ese recorrido.

La **Rapidez** relaciona a estas dos magnitudes e indica la **distancia recorrida en la unidad de tiempo**.

Vamos a utilizar la situación de la figura para precisar la definición. Supongamos que el árbol y el farol están separados por una distancia de 30 metros. Y que la chica con el perro recorre esa distancia en 20 segundos.

Como la rapidez indica la distancia recorrida en la unidad de tiempo (en este caso en 1 segundo), la calculamos haciendo la división entre distancia y tiempo.



$$R = \frac{d}{t} = \frac{30m}{20s} = 1,5 \frac{m}{s}$$

Esto significa que por cada segundo de tiempo que transcurre la chica y el perro recorren una distancia de 1,5 metros.

Las unidades en que se expresa la rapidez (e igual será para la velocidad) combinan unidades de distancia con unidades de tiempo. En el ejemplo es metros y segundos, pero cualquier combinación es posible: km/h (kilómetros por hora), cm/min (centímetros por minuto), km/s (kilómetros por segundo), etc.

Volvamos al esquema inicial y analicemos la situación del chico que se dirige desde el farol hacia el árbol. Supongamos que también recorre esa distancia en 20 segundos. Como recorre igual distancia que la chica en el mismo tiempo, su rapidez también será de 1,5 m/s. Sin embargo, la situación no es la misma ya que ella se desplaza de izquierda a derecha mientras el chico lo hace en sentido contrario. El dato de la rapidez no permite distinguir cada situación porque solo nos informa cuánto se recorre en la unidad de tiempo, pero no en qué dirección y sentido se hace el recorrido.

La **Velocidad** es una magnitud que, además de informar cuán rápido se mueve un objeto, indica en qué dirección y sentido lo hace. Dicho de otra manera, la velocidad nos informa de la rapidez en determinada dirección y sentido.

Por ejemplo, si decimos que un avión viaja a 900 km/h, estamos dando su rapidez. Si decimos que un avión viaja a 900 km/h de norte a sur, damos la velocidad. De modo similar, cuando decimos que un ascensor sube a 1 m/s estamos hablando de su velocidad; si solo indicamos que se mueve a 1 m/s – sin aclarar si sube o baja – nos referimos a su rapidez.

En los movimientos rectilíneos, se suelen utilizar los signos + y – para indicar un sentido u otro. En el ejemplo presentado más arriba podríamos decir que la chica tiene una velocidad de + 1,5 m/s mientras que la velocidad del chico es – 1,5 m/s. Los signos nos permiten distinguir que los objetos se desplazan en sentidos opuestos. Los sentidos positivo y negativo se han elegido arbitrariamente y podrían haber sido usados al revés. Lo importante es que, una vez que se eligió una de las opciones, todo se exprese de acuerdo al criterio elegido. Entonces:

Velocidad = Rapidez + Dirección y Sentido

Cuando dos objetos se mueven en la misma dirección (sobre la misma recta) pueden hacerlo en igual sentido o en sentidos opuestos.

En estos casos se puede hablar de **velocidad relativa**, es decir la velocidad que tiene cada objeto en relación al otro.

Recordemos el punto 3 de *Apelando a nuestra experiencia* al principio de la unidad.

Para hallar la velocidad relativa de un móvil en relación al otro, se deben restar las velocidades de los objetos. Los ejemplos que siguen muestran algunas situaciones



Si V_1 es 40 km/h V_2 es 60 km/h, la velocidad

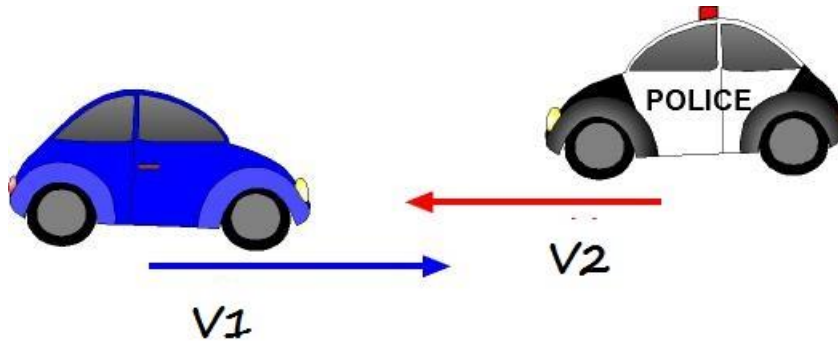
relativa del auto 2 respecto del 1 será:

$$V_{\text{relativa}} = V_2 - V_1 = 60 \text{ km/h} - 40 \text{ km/h} = 20 \text{ km/h} \text{ (el auto 2 se aleja del 1 a 20 km/h)}$$

Observe que la velocidad relativa del auto 1 en relación al 2, es:

$$V_{\text{relativa}} = V_1 - V_2 = 40 \text{ km/h} - 60 \text{ km/h} = -20 \text{ km/h} \text{ (el auto 1 se aleja del 2 a 20 km/h). El signo menos indica que el conductor del auto 2 vería al otro auto alejarse "hacia atrás".}$$

Analicemos otro ejemplo



En el caso de objetos moviéndose en sentidos opuestos fijamos, ante todo, cuál será el sentido positivo. Supongamos que el auto 1 se mueve en sentido positivo (recuerde que es totalmente arbitrario)

Si V_1 es 50 km/h y V_2 es - 60 km/h (porque se mueve en contra), la velocidad relativa del auto 2 respecto del 1, es:

$$V_{\text{relativa}} = V_2 - V_1 = - 60 \text{ km/h} - 50 \text{ km/h} = -110 \text{ km/h} \text{ (el conductor del auto 1 ve acercarse al auto 2 con una rapidez de 110 km/h).}$$

La rapidez media

Este concepto se usa cuando los recorridos tienen más de un tramo, cuando hay cambios en el sentido de movimiento, cuando cada parte se hace con distinta rapidez o cuando se producen momentos de movimiento y de reposo.

$$\text{RapidezMedia} = \frac{\text{DistanciaTotal}}{\text{TiempoTotal}}$$

Ejemplo: Una persona recorre una distancia de 8 km en media hora, se detiene por media hora y recorre otros 22 km en 2 horas. Su rapidez media fue:

$$\text{RapidezMedia} = \frac{8\text{km} + 22\text{km}}{0,5\text{h} + 0,5\text{h} + 2\text{h}} = \frac{30\text{km}}{3\text{h}} = 10 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Cuando un objeto se mueve con velocidad constante (mantiene siempre la misma rapidez y dirección), se dice que está animado de un Movimiento Rectilíneo Uniforme (MRU).

En estos casos el objeto recorre la misma distancia en el mismo tiempo.

2.3 Movimientos con cambio de velocidad: La aceleración

Los movimientos rectilíneos y con velocidad constante no son los más frecuentes. Es cierto que, por ejemplo, un automóvil puede llevar una trayectoria recta manteniendo la velocidad en 30 km/h en parte de su recorrido, pero considerando intervalos de tiempo mayores, seguramente debió arrancar y deberá detenerse y, quizás, doblar. Estos cambios de rapidez y/o dirección modifican la velocidad.

Hay tres formas de cambiar la velocidad:

Modificando la rapidez sin cambiar la dirección.

Cambiando la dirección manteniendo constante la rapidez

Cambiando rapidez y dirección simultáneamente

Las imágenes muestran ejemplos de los distintos casos



El transbordador aumenta su rapidez mientras asciende verticalmente

Las personas se mueven con rapidez constante cambiando permanentemente de dirección

El piloto del F1 reduce la rapidez para poder doblar

Cualquiera sea el cambio en la velocidad de un objeto, se dice que el movimiento es **variado o acelerado**.

La aceleración es una magnitud relacionada con el *cambio de velocidad*.

Como - por ahora - nos ocupamos de movimientos rectilíneos las modificaciones tendrán que ver con los cambios de rapidez (aumento o disminución).

La aceleración depende tanto del **cambio de velocidad** como del **intervalo de tiempo** en que se produce ese cambio.

Entonces:

La aceleración expresa **el cambio de velocidad en la unidad de tiempo**, y se calcula haciendo la división entre esas dos magnitudes. (El cambio de velocidad se determina haciendo la diferencia entre la velocidad final y la velocidad inicial). La ecuación es:

$$a = \frac{V_{final} - V_{inicial}}{Intervalo.de.Tiempo}$$

Ejemplos:

(1) Un auto pasa de una velocidad de 30 km/h a otra de 70 km/h en un tiempo de 10 segundos. Su aceleración es

$$a = \frac{70\text{km/h} - 30\text{km/h}}{10\text{s}} = \frac{40\text{km/h}}{10\text{s}} = 4 \frac{\text{km/h}}{\text{s}}$$

Esto significa que por cada segundo de tiempo que pasa la velocidad del auto aumenta en 4 km/h

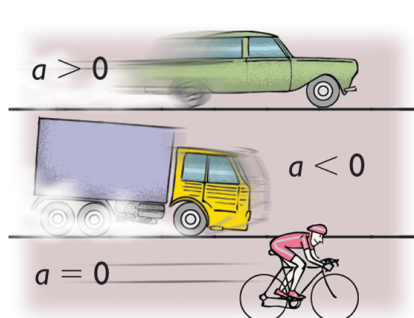
(2) Un ciclista marcha a 10 m/s y frena durante 5 segundos hasta detenerse. Su aceleración vale

$$a = \frac{0\text{m/s} - 10\text{m/s}}{5\text{s}} = \frac{-10\text{m/s}}{5\text{s}} = -2 \frac{\text{m/s}}{\text{s}} = -2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Lo anterior indica que el ciclista disminuye su velocidad (el signo menos está señalando esa disminución) a razón de 2 m/s en cada segundo que está frenando. Observe que en las unidades de aceleración, la unidad de tiempo aparece dos veces: una asociada con la velocidad y la otra en el intervalo de tiempo. Cuando esas unidades de tiempo son diferentes (ejemplo 1) quedan expresadas las dos. Cuando las unidades de tiempo son las mismas (ejemplo 2) se juntan, y aparece – como en este caso – segundos al cuadrado.

Vemos entonces que tanto la velocidad como la aceleración pueden ser positivas o negativas, pero el significado de los signos + y – es diferente en cada caso.

En la...	El signo + indica...	El signo – indica...
...velocidad	... moverse en sentido positivo	... moverse en sentido negativo
...aceleración (suponiendo que v es positiva)	... aumento de velocidad	...disminución de velocidad



Al frenar (o desacelerar) hay aceleración negativa. Si no hay cambio de velocidad la aceleración es cero

El cálculo de la aceleración cuando hay cambio en la dirección es un poco más complejo y excede el nivel en el que estamos trabajando. Lo que sí podemos tener en cuenta es que

en todos los movimientos en los que hay cambio en la dirección, hay aceleración ya que la velocidad está cambiando. (En la unidad 3 encontrará nuevas razones que justifiquen esta afirmación).

Si en un movimiento acelerado la aceleración es constante (es decir, tiene siempre el mismo valor), decimos que el movimiento es **uniformemente variado**.

A diferencia de lo que ocurre en el MRU, donde el objeto recorre igual distancia en el mismo tiempo, en los movimientos uniformemente variados esto no es así. Al ir cambiando la velocidad, la distancia que recorre en la unidad de tiempo también cambia.

Por ejemplo, suponga un auto que pasa del reposo (0 km/h) a una velocidad de 60 km/h en 8 segundos. La distancia que recorre en los últimos 4 segundos (entre 4 seg y 8 seg) es mayor que en los primeros (entre los 0 y 4 seg) ya que en el tramo final viaja más rápido que al principio.

De manera similar, cuando un objeto frena (desacelera), va recorriendo distancias menores en cada intervalo de tiempo.

2.4 La caída libre, un caso particular de movimiento uniformemente variado

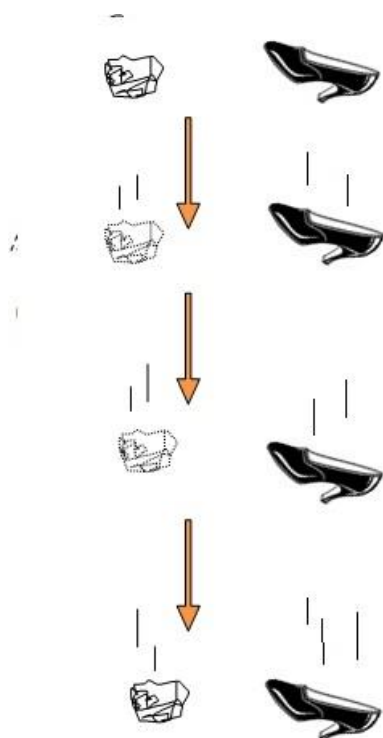
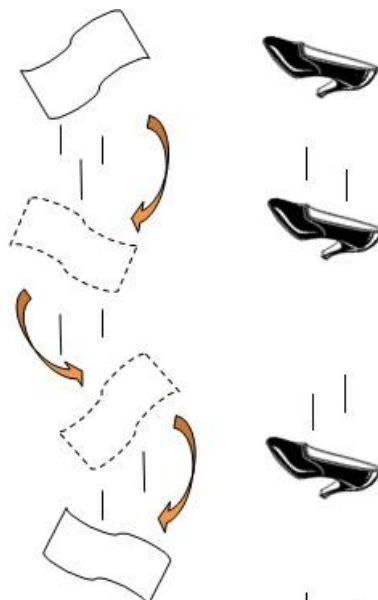
La caída de objetos es, tal vez, uno de los movimientos más comunes y del que tenemos experiencia directa desde la niñez. Esa experiencia cotidiana nos permite elaborar hipótesis acerca de las condiciones en que se produce y las características que tiene. Ya Aristóteles había reunido y sistematizado esa información que nos da la experiencia, en una serie de afirmaciones acerca de la caída de los cuerpos. Aunque erróneas, las hipótesis y explicaciones de Aristóteles se mantuvieron vigentes durante mucho tiempo. Ya señalamos que con Galileo la caída de los cuerpos se interpreta y se explica de modo más riguroso y preciso. Posteriormente, con las leyes del movimiento de Newton (que usted verá en la próxima unidad), se completará el análisis de la caída de los cuerpos.

La caída es el movimiento que experimentan la mayor parte de los objetos cuando se los suelta cerca de la superficie de la Tierra. La Tierra ejerce un “tirón” hacia abajo sobre todos los cuerpos; es la fuerza de gravedad o atracción gravitatoria. Y es esta fuerza vertical y con sentido hacia abajo (más precisamente hacia el centro de la Tierra) la que hace que los objetos caigan.

Nuestra experiencia cotidiana nos enseña que – por ejemplo - una hoja de papel y un zapato no caen de la misma manera y solemos justificarlo diciendo que caen diferente porque pesan diferente.

La hoja no cae en línea recta sino que se desplaza balanceándose de un lado al otro. El zapato cae siguiendo la vertical y llega antes al suelo.

Galileo se dio cuenta de que el motivo del distinto comportamiento en la caída se originaba en el efecto que el aire producía en los diferentes objetos. Es la fricción o rozamiento con el aire lo que modifica la caída. Sus experimentos con planos inclinados y péndulos y las deducciones a partir de ellos le permitieron reconocer que, en ausencia de aire, o reduciendo mucho el efecto del rozamiento, todos los objetos caerían igual.



Si se hace un bollo con la hoja de papel el rozamiento con el aire se reduce mucho y los dos objetos caen de igual manera

En la caída libre no se tiene en cuenta el rozamiento con el aire y la única fuerza que actúa es la fuerza de gravedad.

Si se suelta un objeto desde cierta altura, se mueve hacia abajo aumentando progresivamente su rapidez. Este cambio de velocidad (recuerde que al cambiar la rapidez cambia la velocidad) indica que se trata de un movimiento acelerado. El análisis cuidadoso muestra que es una aceleración constante cuyo valor ronda los 9,8 m/s².

Decimos que ronda ese valor porque la medición en distintos lugares de la superficie terrestre muestra ligeros cambios.

Como esta aceleración es provocada por la fuerza gravitatoria recibe el nombre de **aceleración de la gravedad**, y en lugar de simbolizarse con “a” se identifica con “g”.

$$g = 10 \frac{m}{s^2}$$

A los fines prácticos se suele tomar (este es el valor que tomaremos aquí).

Esta aceleración constante nos indica que por cada segundo de tiempo que un objeto está cayendo, su velocidad se incrementa en 10 m/s. Vemos entonces que para calcular la velocidad que alcanza un cuerpo en caída libre en un determinado tiempo “t”, debemos – simplemente – multiplicar la aceleración por el tiempo:

$$V = g \cdot t$$

Como en todo movimiento acelerado, la distancia recorrida por un cuerpo en caída libre no es la misma durante el primer segundo que en los siguientes. Las mediciones muestran que, por ejemplo:

Si la caída dura...	El objeto recorre...
1 seg	5 metros
2 seg	20 metros
3 seg	45 metros
4 seg	80 metros

De la tabla, se deduce que para el doble de tiempo, la distancia recorrida no es el doble sino **cuatro** (2²) veces mayor. Y en el triple de tiempo de caída la distancia es **nueve** (3²) veces más grande. Esta relación se suele indicar diciendo que la distancia de caída es proporcional al cuadrado del tiempo.

Damos aquí la ecuación para el cálculo de la distancia de caída, aunque recuerde que *no es necesario memorizarla* sino interpretar la relación entre las magnitudes

$$d = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$$

Mencionemos por último que 10 m/s² es el valor de la aceleración de la gravedad en la Tierra. En otros planetas y satélites, g tiene valores diferentes.

2.5 El tiro vertical

El tiro vertical es el movimiento que realiza un objeto cuando es lanzado verticalmente hacia arriba.

Las condiciones son las mismas que para la caída libre, esto es, se desprecia el rozamiento con el aire y la única fuerza que actúa sobre el cuerpo es la atracción gravitatoria.

- Por supuesto que hay algunas diferencias importantes porque, en el tiro vertical
- La velocidad inicial no es cero, ya que el objeto es lanzado hacia arriba con cierta rapidez
 - La fuerza de gravedad (que tira hacia abajo) en este caso tiende a frenar al objeto
 - La velocidad va disminuyendo hasta llegar a ser 0 (en ese momento el cuerpo se detiene y alcanza su máxima altura)

El valor de la aceleración es el mismo pero hay que tener en cuenta que el objeto **desacelera**, es decir que – a medida que sube – la velocidad **disminuye** en 10 m/s por cada segundo. Por ejemplo, si se lanza una pelota hacia arriba con una velocidad de 40 m/s, luego de 1 segundo su velocidad es 30 m/s, en otro segundo más su velocidad baja a 20 m/s y así, sucesivamente, hasta detenerse.

Si accede a Internet, hay un video que reforzará lo que venimos diciendo

<iframe class="iframe-educar" src="http://www.educ.ar/sitios/educar/recursosEmbebidos/?id=40688&theme=light&titulo=1&desc=1&width=408&height=406" width="480" height="406"></iframe>

Veamos por último un ejemplo que asocia el tiro vertical con la caída libre y que muestra que muchas veces puede considerarse el ascenso y descenso del objeto como un único movimiento donde el objeto cambia el sentido de desplazamiento. Supongamos que se arroja verticalmente hacia arriba una pelota con velocidad inicial de 30 m/s y respondamos a las siguientes cuestiones:

- *¿qué tipo de movimiento realiza la pelota cuando sube y cuando baja?*
Cuando sube (tiro vertical) el movimiento es rectilíneo uniformemente desacelerado (disminuye la rapidez). Cuando baja (caída libre) es rectilíneo uniformemente acelerado (aumenta la rapidez).
- *¿qué velocidad tiene la pelota a los dos segundos de haber sido lanzada?*
Como el movimiento es desacelerado la velocidad disminuye en 10 m/s en cada segundo, por lo tanto, al cabo de 2 segundos su velocidad será de 10 m/s.
- *¿cuánto tiempo transcurre hasta que se frena?*
La velocidad llega a valer 0 (se detiene) luego de 3 segundos.
- *¿en qué condición se encuentra la pelota 4 segundos después de haber sido lanzada hacia arriba? ¿con qué rapidez se mueve?*
Si en 3 segundos alcanza su máxima altura y se frena, a los 4 segundos ya está cayendo. Como lleva un segundo de caída su rapidez es 10 m/s
- *¿cuál es la velocidad de la pelota a los cuatro segundos?*
Como estamos considerando el movimiento completo de la pelota, la velocidad a los 4 segundos es – 10 m/s. Es negativa porque la pelota ha cambiado el sentido del desplazamiento. Si cuando va subiendo la velocidad es positiva, cuando caiga y se desplace al revés su velocidad será negativa (recuerde que el signo de la velocidad tiene que ver con el sentido de movimiento).

2.6 Síntesis de la Unidad II

En esta Unidad se ha realizado una primera aproximación al tema del movimiento. Se espera que, entre otras cosas, a lo largo de esta Unidad, usted haya logrado:

- * distinguir los conceptos de *rapidez* y de *velocidad*, advirtiendo la naturaleza vectorial de éste último.
- * comprender el significado de la magnitud *aceleración*
- * poner en práctica la noción de *modelo*, a través del ejemplo de la aplicación a un movimiento de caída.
- * identificar las variables puestas en juego durante una *caída libre* y durante un *tiro vertical*.

Estas ideas se desarrollarán en la Unidad III, en un contexto en el que habrán de introducirse nuevas magnitudes vinculadas al movimiento y sus causas.

2.7 Blog Física

Este es el link de FISICADULTOS que lo conduce a los contenidos de Movimiento:

<http://pablo-fisicadultos.blogspot.com.ar/search/label/Movimiento>

2.8 Evaluación

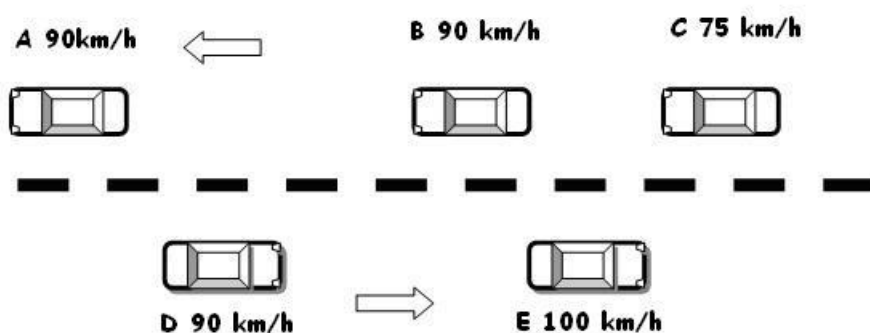
Pregunta 1

Un objeto recorre 100 metros en 50 segundos con rapidez constante. De acuerdo con esto indique verdadero o falso en cada una de las siguientes afirmaciones:

- a- En 20 segundos recorre 50 metros
- b- Su rapidez es 2 s/m
- c- Su rapidez es 2 m/s
- d- Recorre 30 metros en 15 segundos

Pregunta 2

A partir de la información de la figura y considerando sentido positivo hacia la izquierda, indique verdadero o falso en cada una de las afirmaciones que aparecen más abajo



- a- La rapidez del auto B es 90 km/h
- b- La velocidad del auto E es 100 km/h
- c- El auto D tiene velocidad negativa
- d- Si mantiene rapidez constante el auto D recorre 135 km en una hora y media
- e- La velocidad relativa de C respecto de D es 15 km/h

Pregunta 3

Un grupo de ciclistas recorre 30 km en 3 horas. Se detienen a descansar 1 hora y regresan al punto de partida en dos horas. La rapidez media del viaje fue (indicar la opción correcta)

- a- 10 km/h
- b- 12,5 km/h
- c- 12 km/h
- d- -10 km/h

Pregunta 4

Un objeto cae en caída libre durante seis segundos. Indicar verdadero o falso en cada afirmación:

- a- Recorre más distancia en los primeros 3 segundos que en los últimos 3 segundos.
- b- A los 2,5 segundos su rapidez es 25 m/s
- c- La aceleración a los 4 segundos es 40 m/s².
- d- La aceleración es constante

Pregunta 5

Una aceleración de -3 m/s^2 indica: (elegir la opción correcta)

- a- Que el objeto avanza 3 metros en un segundo
- b- Que el objeto retrocede 3 metros en un segundo
- c- Que su velocidad disminuye en 3 m/s en un segundo
- d- Que su velocidad aumenta en 3 m/s moviéndose hacia atrás

Pregunta 6

Una velocidad de -5 m/s indica que (elegir la opción correcta)

- a- En 5 segundos recorre un metro en contra del sistema de referencia
- b- En un segundo recorre 5 metros en contra del sistema de referencia
- c- En un segundo disminuye su rapidez en 5 m.
- d- En un segundo disminuye su rapidez en 5 m/s

Pregunta 7

Un auto A pasa de 0 km/h a 20 km/h. En el mismo tiempo otro auto B pasa de 80 km/h a 100 km/h. De acuerdo con esto (indicar la opción correcta)

- a- La aceleración del auto A es mayor que la aceleración del auto B
- b- La aceleración del auto B es mayor que la aceleración del auto A
- c- Los autos tienen la misma aceleración
- d- No se puede determinar con esos datos

UNIDAD 3 Las Leyes de Newton

En esta Unidad continuamos con el estudio del movimiento de los cuerpos, prestando atención a las formas que puede adoptar ese movimiento. El desarrollo del tema se basa en los estudios realizados por Isaac Newton, quien escribió en 1687 uno de los libros fundamentales de la Física, el *Principia*⁵. Esta obra comprende, en realidad, tres libros dedicados a distintas temáticas; pero su importancia reside esencialmente en el contenido de la primera mitad del libro I, que se ocupa del movimiento de los cuerpos y constituye el primer tratado de Mecánica concebido a partir de las tres leyes fundamentales que se tratarán en esta Unidad: la de *Inercia*, la de *Masa* y la de *Acción y Reacción*.

Estas tres leyes permiten interpretar un gran número de fenómenos que ocurren en la naturaleza y, cuando se aplican en conjunto con otras leyes científicas, constituyen un punto de partida para encarar el diseño de instrumentos, máquinas, automóviles, aviones, satélites artificiales, naves interplanetarias...

El impacto de los *Principia* queda evidenciado por una frase de Alexander Pope (1688-1744), que fuera incluida en el epitafio de Newton: "La naturaleza y sus leyes quedaban ocultas en la oscuridad. Dios dijo: Sea Newton, y la luz se hizo".⁶

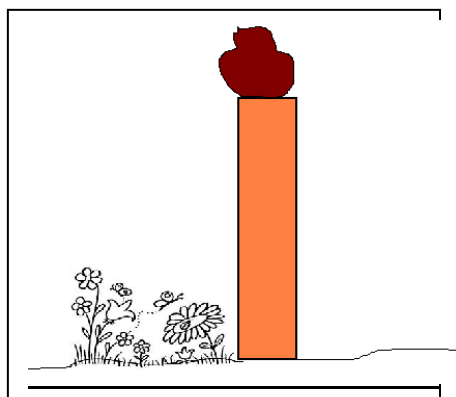
Apelando a nuestra experiencia

Antes de comenzar con la lectura de la bibliografía, recurrimos nuevamente a la experiencia de sus vivencias para aplicar a la resolución de algunos problemas.

Resuelva las siguientes consignas a partir de los conocimientos que posee de sus vivencias cotidianas:

1- La experiencia nos indica que, si deseamos mantener en movimiento a cualquier objeto sobre la superficie terrestre, debemos aplicarle una fuerza en forma permanente, ya sea recurriendo a un esfuerzo muscular, a un motor o a algún otro dispositivo. Piense si este requerimiento también será válido si el objeto se hallara en el espacio exterior, en donde no hay medio alguno que "roce" con el objeto. Fundamente sus opiniones y aporte ejemplos para sostenerlas.

2- Utilice su imaginación para situar dos astronautas en el espacio exterior. Uno de ellos empuja al otro. Describa qué ocurrirá con sus cuerpos de allí en más.



3- Analice la siguiente figura, que muestra una piedra apoyada sobre la parte superior de una pared. Si se aplicase una fuerza suficientemente grande sobre la piedra ¿podría asegurarse que aplastará las flores? Fundamente su respuesta. Si se encuentra con alguna dificultad para contestar, explique de qué se trata.

⁵ El título completo es *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* que puede traducirse como "Principios matemáticos de la filosofía de la naturaleza".

⁶ Citado en Truesdall, C: *Ensayos de Historia de la Mecánica*. Madrid, Tecnos, 1975.

4- Con los conocimientos que usted dispone actualmente ¿podría afirmar que el peso de un objeto es una propiedad invariable del mismo, es decir, que permanece igual en cualquier lugar del Universo? Fundamente la respuesta, aportando algún ejemplo aclaratorio.

5- En el suelo terrestre, una sandía pesa el triple que un zapallo. ¿Le parece que esa misma proporción continuará siendo válida si ambos objetos se pesaran en la Luna? ¿Y si se los pesara en Plutón? ¿Y en el espacio exterior? Fundamente cada una de sus respuestas.

6- Cuando el vehículo en el que viajamos acelera, los objetos no fijos del interior se van hacia atrás, como si se “opusieran” a cambiar su estado. Busque en su memoria y mencione otras situaciones de la vida cotidiana en las que los cuerpos parecen resistirse a las modificaciones de rapidez o de trayectoria a los que se los intenta someter.

Breves comentarios sobre los problemas planteados

* El punto 1 intenta evocar en usted imágenes de algún documental sobre el espacio o de alguna película de ciencia-ficción. Nuestra experiencia terrestre muestra que, para “vencer los obstáculos” que opone el medio (tales como la resistencia del aire, el rozamiento que se produce en el interior de partes mecánicas móviles, etc.) debemos emplear algo que proporcione “fuerza”, como ocurre en el caso de un motor o de un esfuerzo muscular. En el espacio exterior, en cambio, no hay esos “obstáculos”, por eso es posible imaginar que una nave con su motor apagado avanza gracias a un impulso inicial, y que continuará moviéndose sin aumentar ni disminuir su rapidez. Tal vez usted haya tenido un razonamiento similar e, incluso, es posible que haya pensado que, si no hay fuerzas aplicadas, la trayectoria de la nave sea una línea recta. En ese caso, usted podrá corroborar y “corregir” sus ideas a medida que avance con la lectura de los textos y que realice las actividades.

* El punto 2 retoma el planteo del punto 1 en el marco de la interacción de dos cuerpos (es decir, de la “acción recíproca”).

* En el punto 3, la dificultad para resolver un problema como el planteado surge de que, con los datos suministrados, no se puede saber para qué lado va a caer la roca, si es que lo hace. Como se ha mostrado con la velocidad, la fuerza es una magnitud *vectorial*; o sea que, para quedar definida sin ambigüedades, se requiere más información que la de su “intensidad”. En efecto, se necesita conocer tanto su *dirección*, que es la línea determinada por la recta en la que está “montada”, como su *sentido* (de los cuales hay dos para cada dirección).

* Los puntos 4 y 5 se centran en una información que probablemente usted ya posee: que en un astro con una atracción gravitatoria distinta a la terrestre, el peso de un objeto dependerá de la gravedad en ese astro. En el espacio, al estar lejos de los astros, los objetos no son atraídos y, por lo tanto, no pesan.

* El punto 6 recupera un conocimiento vivencial, que seguramente usted recuerda. Una situación análoga se presenta cuando un vehículo frena, y todos los objetos no fijos se van hacia adelante.

3.1 Primera Ley de Newton: La inercia

Para entender bien esta ley es conveniente recurrir a una situación "espacial". Imaginemos una nave que avanza en el espacio sin "obstáculos", es decir sin un medio que oponga resistencia a su desplazamiento. Es posible imaginar que la nave continuará moviéndose en línea recta, sin aumentar ni disminuir su rapidez. Por esa razón, mientras viaja por el espacio, para que la rapidez de la nave se mantenga constante no es necesario que encienda sus motores. Puede permanecer en movimiento gracias a un impulso inicial, y sigue en movimiento aunque ese impulso ya no actúe.

Como una ilustración muy adecuada, le contamos que, entre muchas otras, las naves *Voyager I* y *II* fueron lanzadas al espacio exterior en 1978 y que estas naves continúan moviéndose por el espacio, muy lejos de la Tierra y de cualquier otro astro, pese a que sus motores se encuentran apagados⁷.

Continuemos ahora con lo que veníamos explicando: La tendencia a conservar su movimiento la poseen, en realidad, todos los objetos, y se denomina **inercia**. También debido a la inercia, un objeto que se encuentra en reposo no cambiará ese estado a menos que se lo fuerce a ello. Esto le puede resultar sorprendente, porque la experiencia cotidiana demuestra que si no se compensa de alguna manera la resistencia del medio, los objetos que se encuentran en movimiento terminan frenando. Un ciclista que se desplaza en un lugar llano, por ejemplo, debe pedalear permanentemente si no desea que la rapidez de su movimiento sea afectada por la resistencia del aire.

A esa resistencia se añaden otros obstáculos que también frenan el movimiento; una de ellas es el rozamiento que se produce en el interior de las partes mecánicas móviles de la bicicleta.

Pero en nuestro ejemplo espacial, sin rozamiento de ningún tipo, si los tripulantes de la nave desearan aumentar la rapidez del movimiento deberían poner en funcionamiento sus motores posteriores. Si, por el contrario, desearan disminuir la rapidez, deberían encender los motores frontales. Y también necesitarían un impulso para modificar la dirección del movimiento, es decir, para doblar. En este último caso, deberán emplear los motores laterales. Si, una vez conseguido el nuevo valor de rapidez o el nuevo rumbo, los motores no se apagan, la nave seguirá aumentando la rapidez, disminuyéndola o cambiando la dirección del movimiento, según el caso.

3.2. Segunda Ley de Newton: La masa. Las fuerzas y las aceleraciones

En cualquiera de los tres casos mencionados al final del punto 3.1 puede apreciarse que se ha producido un cambio en la velocidad, pues se modificó su valor numérico, o bien su dirección. Cuando se produce una variación en la velocidad se dice que el cuerpo ha sido afectado por una aceleración. En el sistema de unidades elegido aquí, las aceleraciones se expresan en m/s^2 .

⁷ Las naves *Voyager* fueron lanzadas por un equipo de la NASA del cual formó parte el científico y escritor Carl Sagan. La misión principal era pasar cerca de distintos planetas para estudiarlos y enviar fotografías. Sagan estaba convencido de que no estamos solos en el Universo: "Somos náufragos en un conjunto de islas al que llamamos Sistema Solar", solía decir. Entonces, junto a su equipo, hizo algo que acostumbran hacer los náufragos: envió un mensaje desde su isla, la Tierra. Pero en lugar de usar una botella, lo mandó con una de las naves, esperando que fuera recogido alguna vez por seres de lejanas estrellas, más allá del Sistema Solar. El mensaje contiene información acerca de nuestras costumbres y características físicas, incluye grabaciones de voces y de canciones, la localización del Sistema Solar y del planeta donde vivimos. Es muy posible que ese mensaje se encuentre actualmente rumbo a las estrellas...

Si la rapidez aumenta, la aceleración toma valores positivos y si la rapidez disminuye, la aceleración es negativa. Cuando la nave espacial del ejemplo es acelerada, la inercia se pone de manifiesto de alguno de estos modos:

- Si la rapidez aumenta, todos los objetos no fijos de su interior se van para atrás, como si se resistieran al cambio.
- Si la rapidez disminuye, los objetos no fijos se van hacia adelante.
- Si la nave dobla, los objetos se resistirán a cambiar la dirección en que se movían originalmente.

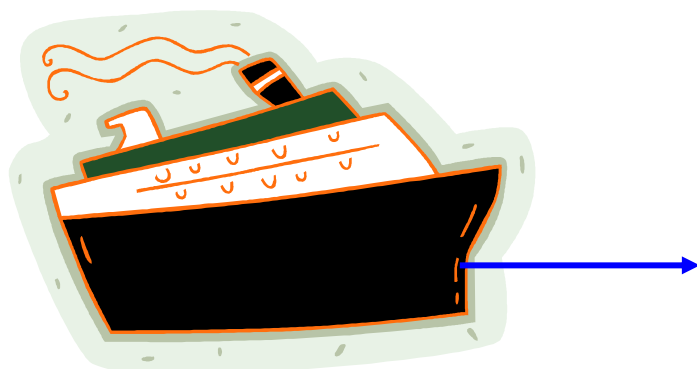
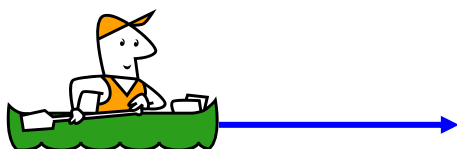
Para quienes solemos viajar en el colectivo, todo lo anterior no representa nada novedoso. Ahora bien, si no hubiese aceleración, es decir si la velocidad no sufriera cambios, los tripulantes de la nave espacial de nuestro primer ejemplo no recibirían ninguna señal que diera cuenta de que están moviéndose, aunque lo hicieran con mucha rapidez. Si usted, además de viajar regularmente en colectivo, alguna vez también voló en avión, sabrá que en ciertas condiciones de “tranquilidad atmosférica”, el avión –pese a moverse a unos 900 km/h- parece estar suspendido en reposo.

Las fuerzas

En los ejemplos tratados, los impulsos necesarios para modificar la velocidad son provistos por los distintos motores de la nave o, en el caso de una bicicleta, por el ciclista. Tanto los motores como las piernas del ciclista son los encargados de “hacer fuerza”; a ese “esfuerzo” se lo denomina, precisamente, **fuerza**.

Siempre que se produce un cambio en la velocidad, o sea una aceleración, hay una fuerza presente, que puede provenir no sólo de un motor o de un músculo, sino de muchas otras acciones, tales como la liberación de resortes previamente comprimidos o estirados, una explosión, la aplicación de corrientes de aire o de agua, o el uso de herramientas.

A veces, para que la fuerza actúe ni siquiera hace falta tocar al objeto: éste puede ser movido por la acción de un imán o de una corriente eléctrica, o por la atracción gravitatoria. Para diferenciarlas, a estas últimas se las llama “fuerzas a distancia” y a las primeras “fuerzas por contacto”. Como ya dijimos, toda vez que hay una aceleración es porque está actuando una fuerza. Pero la misma fuerza aplicada sobre un bote y sobre un transatlántico provoca una enorme aceleración en el primero y una muy leve en el segundo.



Al igual que la velocidad, cada fuerza se representa con un vector, que indica la *intensidad* de la fuerza, la *dirección* y el *sentido* en que está aplicada. Esta manera de representar fuerzas es utilizada corrientemente entre técnicos y científicos porque presenta varias ventajas, entre ellas:

- * La **longitud** del vector está relacionada con la **intensidad** de la fuerza aplicada, es decir, si la fuerza es grande o es pequeña.
- * La orientación del vector informa sobre la **dirección**, o sea, la línea sobre la que está "montado" el vector. Cada dirección presenta dos **sentidos** posibles, y la punta del vector indica uno de ellos.

La relación entre una fuerza **F** y la aceleración **a** que ésta produce está dada por la siguiente expresión:

$$F = m \cdot a \quad (*) \quad \text{donde } m \text{ es la masa del cuerpo}$$

que también puede escribirse así: $a = F / m$ (**)

En la expresión (*) puede verse que si aplicamos una fuerza sobre un cierto cuerpo (que tiene siempre la **misma masa**) entonces **F** y **a** son directamente proporcionales. Eso significa que al aumentar una magnitud, se incrementa la otra en la misma proporción. Análogamente: al disminuir una magnitud, decrece la otra en la misma proporción

De la expresión (**) queda claro que si aplicamos la **misma F** a dos cuerpos de diferente masa, el de mayor masa tendrá menor aceleración y viceversa. Es decir, **m** y **a** son inversamente proporcionales, porque al aumentar una magnitud, disminuye la otra en la misma proporción

Los efectos de las fuerzas

Aunque las fuerzas no se vean, su existencia se pone en evidencia por los efectos que éstas producen, los cuales pueden ser muy diversos: estirar un objeto, curvarlo, hundirlo, romperlo, ponerlo en movimiento, frenarlo, modificar su trayectoria, etc. Una fuerza puede, incluso, no estar asociada a un movimiento; es lo que sucede en el caso de una persona que apoya su espalda en una pared de ladrillos: La pared no llega a moverse pues posee la suficiente rigidez para "compensar" la fuerza de la persona pero si, mediante un elemento mecánico, esa fuerza creciera demasiado, es posible provocar su rotura. En situaciones como la mencionada se dice que la fuerza origina una presión sobre el objeto.

¿De qué depende que una presión sea mayor o menor? Para responder esta pregunta, analizaremos dos situaciones.

Imaginemos que una persona se encuentra sobre un piso de barro. Si observa sus zapatos, va a notar que están un poco hundidos. A continuación, suponga que un chico se sube en los hombros de esa persona, por lo cual aumenta el peso del conjunto. En este caso, la huella de la pisada será más profunda que antes, porque la presión ha aumentado. Este resultado permite interpretar que cuanto mayor es la fuerza ejercida, mayor será la presión sobre el piso.

Pasemos al análisis de una nueva situación: La misma persona, sin el chico, se calza con raquetas del tipo de las que se emplean para caminar sobre la nieve. En esas condiciones, se mide la profundidad de su pisada, que resulta ser casi imperceptible. Luego se calza con zapatos de tacos altos, y se vuelve a medir la marca que deja sobre el barro. En este último caso, la huella es muy profunda. Con estos resultados estamos en condiciones de pensar que cuanto mayor sea la superficie de apoyo, la presión será menor.

Entonces, la presión **p** puede expresarse así: $p = F / S$

Esto significa que la presión puede aumentar tanto si aumenta la fuerza como si disminuye la superficie en la que esa fuerza es aplicada. Esa es la razón por la que un clavo penetra un tablón más fácilmente que otro clavo que no tiene punta. Existen varias unidades para medir la presión. Si la fuerza ejercida es de 1 Newton y la superficie de contacto es de un metro cuadrado, se dice que la presión ejercida es de 1 Pascal, una unidad llamada así en honor al científico y matemático Blas Pascal (1623-1662).

Fuerzas que se suman o se restan

En la mayoría de las situaciones de la realidad, las fuerzas sobre un cuerpo no se manifiestan aisladas. Por el contrario, lo habitual es que sobre el cuerpo estén aplicadas varias fuerzas, cuyos efectos se potencian o se compensan según el caso. El efecto final es equivalente al que hubiese generado una única fuerza, a la que denominaremos "resultante".

Veamos un ejemplo. Suponga que todos los participantes de una cinchada hacen la misma fuerza. ¿Qué resultado tendrá la competencia ilustrada en la figura siguiente?



¿Y qué equipos ganarían en estas otras dos rondas?



Es evidente que la primera competencia terminará empatada, porque la suma de las fuerzas en el equipo de la izquierda es igual a la suma de las fuerzas en el equipo de la derecha.

La primera de las dos rondas siguientes será ganada por el equipo de la derecha, porque la suma de las fuerzas en ese equipo es mayor que la suma de las fuerzas en el equipo de la izquierda. Por razones similares, la otra ronda será ganada por el equipo de la izquierda.

Las unidades de las fuerzas

Es posible que conozca algunas de las unidades con que antiguamente se expresaban las longitudes: un *palmo*, por ejemplo, era el largo de la mano extendida, desde el pulgar hasta el meñique. Como se imaginará, esta unidad podía variar mucho según quién fuera el dueño de la mano, y algo semejante ocurría con el *pie* y con otras unidades. En el siglo XVIII, después de la Revolución Francesa, se encaró la búsqueda de unidades de medida "normalizadas", es decir, que fueran iguales en todos lados. A este primer intento le sucedieron varios más, todos con el propósito de uniformizar y normalizar las unidades empleadas en el mundo. En la XI Conferencia General de Pesos y Medidas, que tuvo lugar en París en 1960, se dio un paso fundamental para construir un sistema universal de unidades de medida. La unidad

para medir masa, por ejemplo, es el "kilogramo masa" y para medir fuerzas es el "Newton", como un homenaje al gran científico inglés. Para que tenga una idea de cuánto representa 1 Newton (se abrevia 1 N), considere que un litro de agua pesa casi 10 N. En la vida cotidiana se utiliza habitualmente el "kilogramo fuerza", así como sus múltiplos y sus submúltiplos, aunque suele confundirse en el uso con el "kilogramo masa". El kilogramo fuerza aún se emplea en muchas aplicaciones técnicas. Un litro de agua pesa 1 kilogramo fuerza.

Considerando la expresión $F = m \cdot a$ puede verse que la unidad en que se expresa una fuerza resulta de la multiplicación de una unidad de masa por una de aceleración, por ejemplo:

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot 1 \text{ m/s}^2$$

La fuerza de rozamiento

Si usted anda en bicicleta, habrá notado que el aire golpea contra su cuerpo, obligándole a hacer más fuerza para avanzar. Es como si el aire se resistiera a dejarse atravesar, sobre todo si usted corre. Por esa razón, para desplazarse con la mínima resistencia, en las carreras de bicicletas se pedalea agachado y se emplean ropas ajustadas y bien lisas, sin pliegues ni arrugas, para que el aire se deslice fácilmente sobre ellas y puedan desplazarse con la mínima resistencia.



Por la misma razón, los fabricantes de los veloces automóviles y aviones modernos recurren a diseños puntiagudos, que "penetran" más fácilmente porque presentan una menor superficie de contacto con el aire. A esos diseños se les dice "aerodinámicos". El aire, que es tan fácil de atravesar cuando caminamos, opone una resistencia creciente a medida que aumenta la rapidez. Basta con pensar lo que ocurre cuando usted saca una mano por la ventanilla de un auto que va por una autopista: el aire le "golpea" fuerte la mano. Si el auto fuera despacio, la resistencia del aire no desaparecería, sólo sería menor.

En realidad, todos los medios "se resisten" a ser atravesados. Por ejemplo, un remero en un río debe accionar sus remos para vencer la resistencia presentada no sólo por el aire, sino también por el agua.

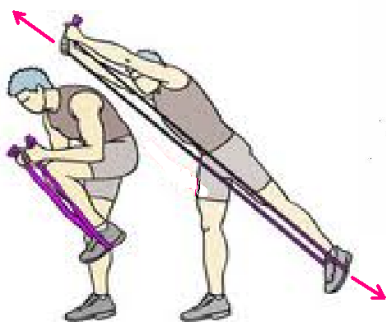
La "resistencia" que se opone al movimiento se denomina rozamiento. Pero no sólo hay rozamiento entre el cuerpo que avanza y el medio, sino también en los ejes de las ruedas y en el interior de todas las piezas que al moverse van rozando unas con otras. Un modo de disminuir ese rozamiento es lubricando las piezas móviles con una delgada capa de aceite.

Las fuerzas elásticas

Tal vez alguna vez usted se haya puesto a jugar con un resorte. Si lo hizo, es posible que haya notado que si lo comprimía un poco y luego lo dejaba en libertad, el resorte comenzaba a moverse hacia un lado y el otro. Luego de ir y volver varias veces, el

resorte terminaba deteniéndose en su posición inicial, conservando la forma que tenía originalmente.

En realidad, el resorte es un caso particular entre un conjunto de objetos que se llaman **elásticos**, porque se deforman en el momento en que se les aplica una fuerza, pero recuperan su forma original cuando la fuerza desaparece. Las fuerzas que realiza internamente el propio objeto y lo vuelven a su posición inicial se denominan **fuerzas elásticas**.



Además de los resortes, en la vida cotidiana a veces nos encontramos con otros cuerpos que presentan propiedades elásticas. Los ejemplos más conocidos son los elásticos que se encuentran en los bordes de las medias y de la ropa en general, las banditas de goma que usamos para mantener unidos lápices y otros objetos, las camas elásticas, los tensores que se emplean para hacer gimnasia y algunas varas flexibles. En todos los casos mencionados, la elasticidad tiene un límite. Una manera de conseguir que un objeto elástico quede deformado en forma permanente es ejerciendo sobre él una fuerza de intensidad demasiado grande. Si eso ocurre, cuando la fuerza desaparece, el objeto deja de ser elástico porque ya no recupera su forma original. Si la intensidad de la fuerza aplicada es todavía más grande, incluso puede suceder que el objeto se rompa.

Algo más sobre las fuerzas y la masa

Aunque en gran parte de las aplicaciones técnicas y científicas es suficiente considerar que la masa de un cuerpo es “la cantidad de materia que posee”, aquí le vamos a proporcionar una definición más precisa, que vincula a la masa con la mayor o menor resistencia a cambiar su velocidad. Entonces, la masa de un cierto objeto es una medida de su inercia, porque indica cómo va a reaccionar ese objeto cuando se le aplique una fuerza. La nave espacial de nuestro recurrente ejemplo posee más masa que, por ejemplo, un pequeño cohete de los que se usan para investigar la atmósfera. Si se intentara impulsar la nave empleando el motor del cohete, seguramente no se conseguiría la alta rapidez necesaria para salir al espacio. Por esa razón, la potencia del motor posterior de la nave debe ser mucho mayor que la del motor del cohete. Agreguemos que, mientras un cuerpo no se rompa, su masa no desaparece ni cambia en ninguna circunstancia: Su masa permanece invariable tanto en el espacio exterior, donde la acción de la gravedad es insignificante, como en un planeta diferente a la Tierra.

Pero lo que sí se modifica en todos estos casos es el peso que, como se explicará en la Unidad dedicada a la Gravedad, depende de la intensidad de la acción gravitatoria en el lugar en que se encuentra el objeto.

Claro que, aunque se trata de cosas distintas, la masa y el peso están relacionados: si una manzana tiene el doble de masa que un damasco, en cualquier astro la manzana pesará el doble que el damasco.

3.3 Tercera Ley de Newton: Acción y Reacción

Cuando el motor de la nave espacial expulsa sus gases hacia atrás, la nave es acelerada en sentido opuesto. Es posible que el análisis de un ejemplo más conocido le permita comprender qué es lo que sucede en la nave:

Un niño parado sobre patines tira del extremo de una cuerda, cuyo otro extremo está atado a una pared. El niño hace fuerza hacia la derecha (representada por un vector en la figura), pero su cuerpo avanza hacia la izquierda.



La interpretación del hecho mostrado en la imagen es que debe haber una fuerza hacia la izquierda que está haciendo mover al niño. Esta fuerza (representada por el otro vector de la figura) aparece como una consecuencia de la *acción* que hace el chico, y por eso se la llama *reacción*. La acción y la reacción tienen la misma intensidad, pero tienen sentidos opuestos.

Toda vez que algo ejerce una fuerza sobre otra cosa aparece una reacción. La fuerza con que la Tierra atrae a un objeto (o sea: el peso) tiene una "reacción": la fuerza del objeto atrayendo a la Tierra. Si, por esa razón, el objeto se mueve y la Tierra no, es consecuencia de lo tratado en el punto anterior: que los efectos de una misma fuerza sobre distintos objetos dependen de las masas de los objetos.

3.4 Síntesis de la Unidad III

Esta Unidad se ha centrado en la exposición y la aplicación de las tres Leyes de Newton. Entre otras cuestiones, se espera que a lo largo de esta Unidad, usted haya logrado:

- * distinguir los conceptos de *peso* y de *masa*, y entender a ésta última como una medida de la inercia.
- * tomar contacto con algunas situaciones que ponen de manifiesto los distintos efectos de una fuerza.
- * analizar la relación entre las fuerzas y las aceleraciones.
- * identificar los pares acción-reacción en diversos ejemplos.

Varias situaciones semejantes a las presentadas en esta Unidad serán analizadas en la Unidad IV desde otra perspectiva: la de la energía puesta en juego en ellas.

3.5 Blog Física

Este es el link de FISICADULTOS que lo conduce a los contenidos de Leyes de Newton:

<http://pablo-fisicadultos.blogspot.com.ar/search/label/Leyes%20de%20Newton>

3.6 Evaluación

Pregunta 1: Un niño (A) parado sobre patines tira del extremo de una cuerda, cuyo otro extremo está atado a una pared.

¿Cómo puede ser que el niño haga fuerza en un sentido y, sin embargo, su cuerpo avance en sentido opuesto? Elija la respuesta correcta:

- A. Sobre el niño actúa una fuerza (reacción) del mismo sentido al de la fuerza que él hace sobre la cuerda
- B. Sobre el niño actúa una fuerza (reacción) igual y de sentido opuesto al de la fuerza que él hace sobre la cuerda
- C. Sobre el niño actúa una fuerza (reacción) mayor y de sentido opuesto al de la fuerza que él hace sobre la cuerda

Pregunta 2: Viajando por el espacio, en ausencia de rozamiento, una nave mantiene su motor encendido y luego lo apaga.

Llene todos los espacios de la tabla adjunta, indicando cuál de las opciones es verdadera (V) y cuál falsa (F).

	Mientras la nave mantiene su motor encendido	A partir del momento en que el motor de la nave ya está apagado.
la velocidad se mantiene constante		
la velocidad disminuye		
la velocidad aumenta		
la aceleración vale cero		
la aceleración no vale cero		

Pregunta 3:a. Sobre un camión con acoplado actúa una fuerza **F** que le imprime una aceleración de 2 m/s^2 .

En un momento se le desprende el acoplado, por lo cual la masa total queda reducida a la mitad. La fuerza aplicada sobre el camión no varía.

Indique qué valor toma la **aceleración** en cada uno de estos casos:

(Cada situación es independiente y debe ser analizada teniendo en cuenta el valor inicial de 2 m/s^2)

	Cuando circula con el acoplado	Cuando circula sin el acoplado
La fuerza aplicada es F , es decir la fuerza de la situación inicial.	2 m/s^2	
Si se triplicara la fuerza aplicada, es decir, se aplicara $3F$		
Si se duplicara la fuerza aplicada, es decir: se aplicara $2F$		
Si se dividiera por dos la fuerza aplicada, o sea: se aplicara $F/2$		

b. Observe los ocho valores que usted introdujo en el cuadro. ¿En alguna situación volvió a darse la misma aceleración que en el caso inicial (2 m/s^2)? ¿Cuál de estas opciones lo explicaría?

- A. Al dividirse por tres la fuerza y disminuir la masa a la mitad, la aceleración es la misma
- B. Al dividirse por dos la fuerza y disminuir la masa también a la tercera parte, la aceleración es la misma

C. Al dividirse por dos la fuerza y disminuir la masa también a la mitad, la aceleración es la misma

Pregunta 4: Se dejan caer un dado y un piano, por separado, desde una gran altura. Si considera que ambos caen **sin rozamiento**:

	DADO	PIANO
¿Cuánto vale su velocidad en el preciso momento en que se lo libera?		
¿Cómo se llama la fuerza que actúa sobre el cuerpo cuando se lo libera?		
¿Cuánto vale su aceleración en el preciso momento en que se lo libera?		
¿Cuánto vale su velocidad 2 segundos después de ser liberado?		
¿Cuánto vale su aceleración 2 segundos después de ser liberado?		
¿Cuánto vale su velocidad 4 segundos después de ser liberado?		
¿Cuánto vale su aceleración 2,46 segundos antes de llegar al suelo?		

Pregunta 5: Un bloque de 1200 kg de masa se desliza sobre una superficie horizontal bajo la acción de una fuerza de 4000 N. Su aceleración es de 2,5 m/s².

En la tabla adjunta, indique cuál de las opciones es verdadera (V) y cuál falsa (F) en esas condiciones:

El bloque se mueve con velocidad constante.	
El bloque se mueve sin soportar ningún rozamiento.	
El bloque se mueve contra una fuerza de rozamiento de 1000 N	
La distancia recorrida por el bloque en cada segundo es siempre la misma.	

Pregunta 6: a- Según una ley física, no se requiere ninguna fuerza para mantener la velocidad constante. ¿De cuál de estas tres leyes se trata?

- A. Ley de Acción y Reacción
- B. Ley de Inercia
- C. Ley de Masa

b- ¿Por qué entonces, en nuestra realidad cotidiana, para mantener un automóvil con velocidad constante hay que tener apretado el acelerador?

- A. Porque en la realidad cotidiana nos ayudan las fuerzas de rozamiento
- B. Porque en la realidad cotidiana no existen las fuerzas de rozamiento
- C. Porque en la realidad cotidiana hay que vencer las fuerzas de rozamiento

c- Las personas tienden a irse hacia la parte izquierda de un vehículo cuando éste dobla hacia la derecha. ¿Qué ley física explica este fenómeno?

- A. Ley de Inercia
- B. Ley de Acción y Reacción
- C. Ley de Masa

d- Al dispararse un arma, actúa una fuerza (F₁) que impulsa a la bala. Simultáneamente, el arma se mueve por acción de otra fuerza (F₂). ¿Qué ley física explica este fenómeno?

- A. Ley de Acción y Reacción
- B. Ley de Inercia
- C. Ley de Masa

e- Respecto al caso del punto d, complete el siguiente texto con MAYOR, MENOR, IGUAL u OPUESTO, según corresponda:

La fuerza F1 es de intensidad que F2.

El sentido de F1 es..... al sentido de F2

La dirección de F1 es..... a la dirección de F2

Pregunta 7: Se llena el interior de una caja de fósforos (del tipo de los de madera) íntegramente con masilla, y se cierra la caja.

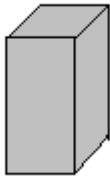
¿Sobre cuál de sus caras debería pararse la caja así preparada para que la presión ejercida sobre la superficie de apoyo fuera la menor posible?.

- A. Sobre la cara de mayor superficie
- B. Sobre la cara de menor superficie
- C. Sobre cualquier cara

b- ¿Y si, en cambio, se deseara que la presión sobre la superficie de apoyo fuera la mayor posible?

- A. Sobre la cara de mayor superficie
- B. Sobre la cara de menor superficie
- C. Sobre cualquier cara

Pregunta 8: Las caras de un bloque de hierro tienen una superficie de 200 cm², 300 cm² y 600 cm² respectivamente.



Cuando un operario apoya el bloque sobre la cara de 300 cm², la presión que ejerce sobre el piso es de 1,56 N/cm²

a- Considerando que la presión es $p = \frac{F}{S}$ ¿Cuál es el peso del bloque de hierro?

- A. 14,68 N
- B. 4,68 cm²
- C. 468 N

b- ¿Cuál sería la presión ejercida por el bloque si se apoyara sobre la cara de 200 cm²?

- A. 2,34 N/ cm²
- B. 6,24 N
- C. 3,12 cm²

UNIDAD 4 La Energía

La palabra “energía” es empleada con frecuencia en nuestras expresiones cotidianas; asociamos con ella la capacidad de realizar alguna acción o de producir algún cambio. Sabemos que sin un aporte energético, no puede llevarse a cabo ningún tipo de hecho o fenómeno. La energía puede manifestarse como energía química, eléctrica y de muchas otras formas. Aquí nos ocuparemos de una de ellas: la denominada “energía mecánica” vinculada al movimiento, a la posición y a la elasticidad de los objetos:

* Un cuerpo que está en movimiento posee capacidad de realizar una acción; a esa forma de la energía se la llama **energía cinética**.

* Un objeto sostenido a cierta altura posee una cierta “capacidad de caerse”: Si por alguna razón desapareciera lo que lo sostiene, éste comenzará a caer. Por esa razón, se dice que mientras permanece a una cierta altura del piso posee **energía potencial**.

* Al doblar una vara, una rama o cualquier otro objeto flexible, éstos adquieren la capacidad “potencial” de moverse apenas sean liberados de lo que los mantiene doblados. Una situación similar se da con un elástico estirado o comprimido. En todos estos casos los objetos poseen **energía potencial elástica**.

Apelando a nuestra experiencia

Le proponemos resolver algunos problemas a partir de su experiencia cotidiana. Escriba las respuestas, así podrá cotejarlas a medida que avance en la lectura de la guía y de la bibliografía.

Analice las siguientes expresiones y trate de dilucidar si son *verdaderas* o *falsas*. Escriba los argumentos que se le ocurran para sostener sus opiniones, incluyendo ejemplos o contraejemplos de su propia experiencia. Considere que no hay ningún tipo de rozamiento. Para resolver la consigna, vuelva a leer el texto que introduce esta Unidad las veces que sea necesario.

- 1- Cuanto más rápido se mueve un objeto, más energía cinética posee.
- 2- Si se dejan caer dos macetas iguales (o sea, de igual masa), una desde lo alto de un edificio de tres pisos y otra desde un primer piso, al llegar al suelo tendrán la misma rapidez..
- 3- Un ladrillo que se encuentra en un primer piso tiene menos energía potencial que uno que está en el segundo piso, pues su “capacidad de caer” es menor.
- 4- Apenas un objeto comienza a caer, su energía potencial empieza a disminuir, al mismo tiempo que crece su energía cinética.
- 5- Cuanto más se dobla una vara, mayor es la energía potencial elástica que adquiere.
- 6- La energía potencial elástica de un arco flexionado se convierte en energía cinética de la flecha en el momento en que ésta es arrojada.

Breves comentarios sobre los problemas planteados

Con relación a las preguntas planteadas, esta vez le proponemos seguir adelante con la lectura de los textos y volver a ellas cuando haya encontrado la información adecuada que le permita corroborar sus respuestas.

4.1. El origen del concepto de energía

Es difícil establecer cuándo aparece desarrollada por primera vez la noción de energía. Bajo la denominación de “vis viva” puede apreciarse en los trabajos del gran científico holandés Christian Huygens (1629-1695). En cuanto a la idea de la

conservación de la energía, Bernal⁸ señala que “aparece alrededor de 1850 -un poco tarde si se considera el avanzado estado de la ciencia en aquel tiempo” surgida “esencialmente del trabajo de ingenieros y fisiólogos. (...) La idea de la conservación y la transformación de la energía estaba tan en el aire que es imposible decir quién la descubrió o la publicó finalmente. Se suele atribuir la paternidad a un alemán- el doctor Julius Robert Mayer (1814-1878)- quien observó, como médico naval en las Indias Orientales⁹, que no se necesitaba tanto calor para conservar la vida en aquellas latitudes como en el norte”.

El concepto de energía

Si le preguntamos con qué asociaría la palabra energía, su respuesta seguramente apuntará hacia *algo* que está presente en ciertos tipos de alimentos, que proporcionan los motores, que tiene la electricidad o que se libera en un terremoto. En efecto, los alimentos entregan energía, de un modo semejante a como un combustible puede hacer funcionar el motor de un auto; la electricidad provee la energía requerida para que funcione la mayor parte de los artefactos domésticos; hay máquinas que funcionan con la energía provista por un río caudaloso, por el viento o por la luz del Sol; la energía proveniente de unos parlantes puede hacer vibrar los vidrios de una habitación... A esa lista, podríamos añadir un caso que muestre que un cuerpo en movimiento posee energía: por ejemplo, una piedra que, al ser arrojada sobre un vidrio, lo rompe.

En cada una de las situaciones anteriores, aunque pertenezcan a ámbitos muy diferentes, hay un aspecto en común: todas ellas están ligadas a acciones o se refieren a transformaciones, es decir, a cambios. Seguramente usted ha advertido que vivimos en un mundo que cambia permanentemente. Todas esas transformaciones que continuamente ocurren a nuestro alrededor son posibles porque hay intercambio de energía. Los mecanismos del desarrollo de la vida, por ejemplo, son posibles debido a un conjunto de procesos que requieren energía.

Por todo lo anterior se afirma que **la energía es la capacidad de realizar una acción o de producir alguna transformación, algún cambio**. Y a cada uno de los modos en que la energía puede manifestarse se lo denomina **forma de energía**.

De una forma de energía a otra

Tomemos el caso de la energía que posee una persona que se está desplazando con su bicicleta. La energía de movimiento proviene de los alimentos que ingirió el ciclista. Del mismo modo, una cañita voladora adquiere energía de movimiento a partir de la energía que aporta la reacción energética de la pólvora. Cuando ocurren esos pasajes de una forma de energía a otra forma se dice que se ha producido una *transformación de energía*.

Si analizamos distintos sucesos cotidianos notaremos que, en muchos de ellos, las transformaciones se van sucediendo unas a otras. La energía que aporta un combustible, por ejemplo, se transforma en energía de movimiento de las partes de una máquina generadora de electricidad. En la electricidad así producida hay energía que, a su vez, si se la hace circular por una lámpara puede transformarse en luz, que es otra forma de energía; en sonido si se aplica sobre un parlante; o nuevamente en energía de movimiento si se la utiliza para hacer funcionar un motorcito eléctrico.

Veámoslo en un esquema:

En cada una de las transformaciones energéticas, una parte de la energía original se transforma, además, en **calor**, que es una forma de energía. En algunos casos eso es

⁸ Bernal, John: obra citada.

⁹ Antiguo nombre de Indonesia.

muy evidente, como sucede con la lámpara. En otros casos, hay que ser un poco más observador: por ejemplo, basta con tocar el cuerpo de un motor para sentir que se ha producido una elevación de su temperatura¹⁰. Si el motor funciona con electricidad, una parte importante de la energía eléctrica se pierde en forma de calor. Con la expresión "se pierde" estamos indicando que ese calor no sirve para nuestros fines, ya que no puede ser aprovechado.

Retomemos el caso de la bicicleta: se puede comprobar que ciertas partes del vehículo se calientan mientras están en movimiento, debido al rozamiento permanente que existe entre las partes móviles. Eso significa que la energía cinética provista por las piernas del ciclista no se aprovecha totalmente en hacer mover las ruedas, pues gran parte se convierte en calor.

Si toda la energía invertida en una transformación pudiese convertirse en energía útil, el rendimiento sería igual al 100%, un valor imposible de obtener en la realidad. Y si la energía útil sólo representara la mitad de la total, el rendimiento sería de un 50%. Para tener una idea de los valores corrientes, considere que de toda la energía liberada al quemarse el combustible de un automóvil, sólo se aprovecha alrededor de un 30% como energía útil. O sea, el rendimiento típico de un auto es de un 30%.

¿Es posible que una máquina llegue a producir más energía útil que la energía que consume? Eso equivaldría a que una máquina tuviera una eficiencia mayor al 100%. La respuesta es, desde luego, negativa. A lo largo de la historia, las personas diseñaron y construyeron ingeniosas máquinas que intentaban superar esa limitación. Hoy se sabe que tales máquinas son imposibles. Es más: los valores habituales de eficiencia son relativamente bajos, debido al calor que -como ya se explicó- proviene del rozamiento entre piezas, y es energía que no se aprovecha.

4.2 El principio de la conservación de la energía

La energía es una magnitud que puede medirse, es decir, que se le puede asignar un valor; más adelante indicaremos en qué unidades se la expresa corrientemente. Los científicos del siglo XIX descubrieron que si se miden todas las energías que intervienen al comienzo de una transformación y luego se las suma, y se realiza el mismo procedimiento con las energías que se obtienen al final de esa transformación, el valor obtenido será exactamente el mismo. Esto significa que en una sucesión de transformaciones, la energía **se conserva**, es decir, mantiene invariable su valor inicial o, dicho de otra manera¹¹:

suma de las energías iniciales	=	suma de las energías finales
--------------------------------	---	------------------------------

¿En qué unidades se mide la energía?

La unidad de medida aceptada actualmente es el *joule* (se lo abrevia *J*), en homenaje al científico que hizo una notable contribución sobre el tema. Los españoles también lo llaman *julio*. En algunas actividades suele usarse el kilojoule (kJ), un múltiplo

¹⁰ Conviene aclarar que no siempre la entrega de calor a un cuerpo lleva asociado un incremento de su temperatura. Nos referimos, en particular, al caso de los cambios de estado que estudiaremos en la Unidad 7. Cuando se suministra calor al agua hirviendo, por ejemplo, la energía entregada se emplea para que el agua líquida pase al estado de vapor. Mientras la transformación se lleva a cabo, la temperatura permanece fija en 100 °C

¹¹ La investigación científica del último siglo mostró que existen casos en los que este enunciado no se cumple. Uno de tales casos es el de los fenómenos nucleares, que serán estudiados en Física C.

equivalente a 1000 J o sea, el kilojulio. Para que usted tenga una idea de cuánto representan estas unidades, le damos algunos ejemplos.

- * Una persona que camina con una rapidez de 5 kilómetros por hora, tiene una energía cinética de alrededor de 100 J.

- * Un automóvil que marcha con una rapidez de 35 kilómetros por hora, tiene una energía cinética de unos 70.000 J.

- * Una dieta considerada "normal" requiere un aporte diario de aproximadamente 8.500.000 J, o sea 8500 kJ. Este valor puede ser mayor o menor según el gasto energético de la persona considerada.

- * Una taza de crema entrega a nuestro organismo la energía equivalente a unos 2200 kJ

- * Una porción de 50 gramos de arroz blanco aporta unos 720 kJ.

- * Una sola galletita dulce entrega alrededor de 250 kJ.

- * La combustión de un kilogramo de lignito, una variedad de carbón mineral, entrega aproximadamente 17.000 kJ.

- * Este es el consumo de energía, durante una hora de funcionamiento, de algunos artefactos eléctricos de tamaño promedio: un horno a microondas 6 millones de kJ, una heladera 5 millones de kJ, una plancha a vapor 4 millones de kJ, siete lamparitas de luminosidad media 1800 kJ, un lavarropas 1500 kJ, un televisor de 14 pulgadas 260 kJ.

- * Un avión a reacción de pasajeros tiene una energía cinética de unos 1.500 millones de joules durante el despegue. Durante el vuelo a gran altura, esa energía es cercana a los 15.000 millones de joules.

- * Un automóvil se desplaza por la vía rápida de una autopista con una rapidez de 120 kilómetros por hora (120 km/h), equivalentes a unos 33 metros por segundo (33 m/s). Su energía cinética es de unos 120.000 J.

- * La energía cinética de un gato que está corriendo a un ratón es de unos 70 joules. Y la del ratón que está corriendo con la misma rapidez que el gato es de alrededor de 7 joules.

4.3 La energía mecánica

Se llama así a la energía relacionada tanto con el movimiento de un cuerpo como con la posición que ocupa. La primera se denomina energía **cinética** y la segunda es la energía **potencial**. Antes de desarrollar estos conceptos, ampliaremos la información sobre el peso y la caída de un cuerpo, e introduciremos las nociones de trabajo y de potencia

El peso, el trabajo y la potencia

La fuerza que llamamos "peso" es el resultado de la atracción ejercida por nuestro planeta, que llamamos gravedad terrestre. Por esa razón, el vector que representa al peso de los cuerpos siempre apunta hacia el centro del planeta.

Cuando un cuerpo es atraído por la Tierra, al mismo tiempo ese cuerpo atrae a la Tierra. Como se trata de una acción que se ejerce entre ambos, se dice que eso es una **interacción** ("inter" significa "entre"). ¿Por qué sólo notamos la atracción ejercida por la Tierra, y no la que se ejerce sobre ella? Porque la Tierra está constituida por muchísima más materia que el cuerpo, y sobre ella el efecto de esa fuerza no es apreciable.

Cuando aplicamos una fuerza para levantar un cuerpo hasta cierta altura debemos hacer un "esfuerzo" para vencer la acción de la gravedad terrestre, es decir, para contrarrestar al peso del cuerpo. En esas condiciones, se dice que realizamos un **trabajo**. Ese trabajo será mayor si subimos al mismo cuerpo hasta más altura. Y también será mayor si la altura no cambia, pero hay que hacer más fuerza porque el cuerpo es más

pesado. También se realiza trabajo si, por ejemplo, se empuja horizontalmente un cuerpo o se tira de él y éste se pone en movimiento, frena o acelera.

Ahora bien, imaginemos que se dispone de dos grúas para elevar dos cuerpos iguales hasta la misma altura. De acuerdo con lo estudiado hasta aquí, el trabajo realizado será el mismo en ambos casos. Pero supongamos que la primera grúa eleva al cuerpo en un cierto tiempo, y la segunda demora la mitad de ese tiempo. Es evidente que la segunda tiene una mayor capacidad, probablemente por contar con un motor más poderoso. A esa capacidad la llamamos potencia, con lo cual podemos afirmar que la segunda grúa tiene el doble de potencia que la primera.

El trabajo suele expresarse en las mismas unidades que se usan para la energía, es decir, en **Joule**. Y una unidad muy usada para expresar la potencia es el **Watt** o **Vatio**, en honor del gran científico escocés James Watt (1736-1819). Cuando se realiza un trabajo de 1 J durante un segundo, se desarrolla una potencia de 1 W.

La energía de movimiento o "cinética"

La energía cinética toma su denominación del término *kinema* que en griego significa, precisamente, movimiento.

Si usted miró con cierto detenimiento los ejemplos presentados en el parágrafo "*¿En qué unidades se mide la energía?*" habrá notado que el mismo avión a reacción tiene una energía cinética distinta durante el despegue que en el vuelo a gran altura. La razón es sencilla: cuando vuela lo hace con una rapidez mayor que cuando está en la carrera de despegue (suponemos que su masa no varía). La realidad cotidiana nos presenta otros casos en los que puede advertirse que la energía cinética de un cuerpo aumenta a medida que sube su rapidez. Por esa razón, por ejemplo, el choque contra una pared de un automóvil que marcha a 100 km/h causa más daño que si el vehículo se moviese a 20 km/h.

En otro de los ejemplos del mismo parágrafo se compara la energía cinética de un gato con la de un ratón. Pese a que en este caso se mueven con la misma rapidez, la energía cinética del gato es mayor a la del ratón. Esto nos lleva a pensar que en la determinación de la energía cinética también influirá la masa del cuerpo, una magnitud relacionada con la cantidad de materia del cuerpo. De la misma manera, nuestra experiencia nos señala que si un pesado camión y un auto impactan con la misma rapidez sobre una pared, seguramente el camión provocará un daño mayor que el causado por el auto. Y esto permite pensar que, efectivamente, el camión posee más energía cinética que el auto. Tras este análisis, podemos afirmar que la energía de movimiento no sólo depende de lo rápido que se mueve el objeto, sino también de la masa que lo constituye.

A continuación está la expresión matemática para la energía cinética E_c . Esa expresión está de acuerdo con los dos resultados anteriores.

$E_c = \frac{1}{2} m \cdot V^2$ en la que **m** es la masa del cuerpo y **V**² es la rapidez elevada al cuadrado.

Para ver cómo influye la rapidez, retomemos el caso del automóvil que marcha con una rapidez de 36 km/h (10 m/s), y que tiene una energía cinética de 70.000 J. El mismo auto marchando al doble de rapidez, es decir a 72 km/h (20 m/s), tiene una energía cinética de 280.000 J. Al contrario de lo que se hubiese supuesto, la energía cinética no se duplica sino que se cuadruplica, es decir, se multiplica por cuatro. El mismo auto desplazándose al triple de rapidez, es decir a 108 km/h (30 m/s), tiene una energía cinética de 630.000 J. En este caso la rapidez se ha triplicado, pero la energía cinética se multiplicó por 9.

La energía potencial gravitatoria

Usted recordará que ya hemos explicado que cuando una persona transporta un cuerpo desde el lugar donde se encuentra hasta una cierta altura debe realizar un trabajo. Para ello tiene que ir transformando parte de la energía química que tiene acumulada en su cuerpo, y una parte de esa energía es "adquirida" por el cuerpo por el solo hecho de haber aumentado su altura desde el lugar donde estaba. Esa energía se mantendrá acumulada en el cuerpo durante el tiempo en que éste se mantenga a la altura mencionada. Cuando un objeto se halla en estas condiciones se dice que posee energía **potencial gravitatoria**. Con la expresión "potencial" quiere señalarse que la energía permanece "en potencia", "guardada", que aún no se ha expresado. La palabra "gravitatoria" se refiere a la gravedad, es decir, a la atracción entre la Tierra y el cuerpo.

Cuanto mayor sea la altura a la que sube, más energía potencial gravitatoria tendrá el cuerpo. Pero si se elevan hasta la misma altura una manzana y una sandía, el trabajo que habrá que hacer en el segundo caso será mayor, y la sandía adquirirá más energía potencial que la manzana. Ello significa que la energía potencial gravitatoria de un cuerpo depende también de su masa.

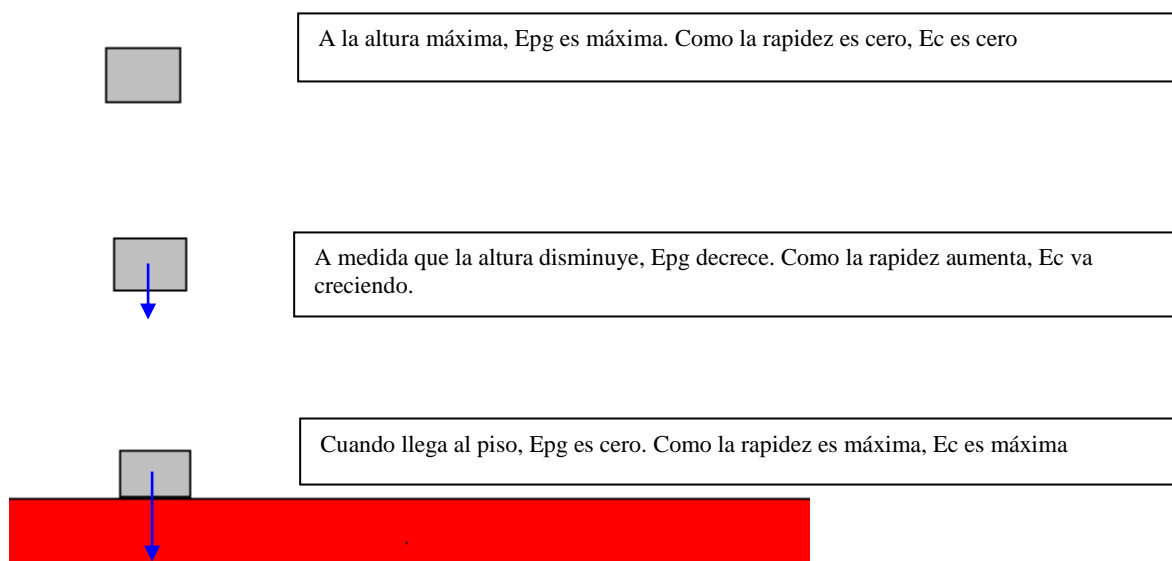
Estas proporcionalidades pueden apreciarse en la expresión matemática de la energía potencial:

$E_p = m \cdot g \cdot h$ donde **m** es la masa del cuerpo, **h** es la altura a la que éste se encuentra y **g** es el valor que tiene la gravedad del lugar.

Conviene aclarar que para que la E_p obtenida quede expresada en Joule, la masa debe especificarse en kg, la altura en metros y la gravedad en m/s^2

La conservación de la energía mecánica

Si el cuerpo del ejemplo anterior fuese dejado en libertad, es evidente que empezará a caer. Eso significa que su rapidez comenzará a incrementarse a partir del valor 0, que corresponde al punto de partida. Pero también, a partir de ese momento, su energía potencial gravitatoria (E_{pg}) comenzará a transformarse en energía cinética (E_c). La máxima energía cinética corresponde al instante anterior a tocar el piso. En ese momento, la energía potencial gravitatoria será cero, porque la altura desde el piso será 0.



El vector indica la rapidez del cuerpo

En cualquier punto del recorrido, la energía mecánica total del cuerpo es igual a la suma de la energía cinética y la energía potencial. Si durante la caída no hay rozamientos con el aire ni de ningún otro tipo, la energía mecánica total del cuerpo no cambia, es decir **se conserva**. Entonces, como en el punto más alto la energía cinética es 0, allí la energía mecánica será igual a la energía potencial. Y como en el punto más bajo la energía potencial es 0, allí la energía mecánica será igual a la energía cinética.

Cuando el cuerpo está ascendiendo la transformación es al revés: la energía cinética inicial se va transformando en energía potencial gravitatoria. Si durante el recorrido no hay rozamientos, el valor de la energía mecánica del cuerpo no se modifica.

La energía potencial elástica

Ya vimos en la Unidad 3 que las fuerzas elásticas se relacionan con el comportamiento de elásticos, resortes, varillas y ramas flexibles. Mientras esos objetos están estirados, arqueados o comprimidos, según el caso, hay una forma de energía que permanece "acumulada" en ellos, y que también es una energía "en potencia". Para distinguirla de la potencial gravitatoria, a esta forma se llama **energía potencial elástica**.

4.4 Síntesis de la Unidad IV

Esta Unidad ha estado dedicada a una importante noción: la de energía. Se espera que, entre otras cosas, a lo largo de esta Unidad, usted haya logrado:

- * distinguir los conceptos de *trabajo*, *potencia* y *energía*.
- * reconocer las formas que puede adoptar la energía mecánica.
- * comprender en qué condiciones la energía mecánica de un sistema se conserva.
- * aplicar los conceptos introducidos sobre diferentes situaciones.

En la siguiente Unidad volveremos a poner la mirada en la *gravedad*, ya presentada a lo largo de varias Unidades. Allí profundizaremos la información que usted ya posee y nos internaremos en los planteos del modelo de la Gravitación Universal concebido por Newton.

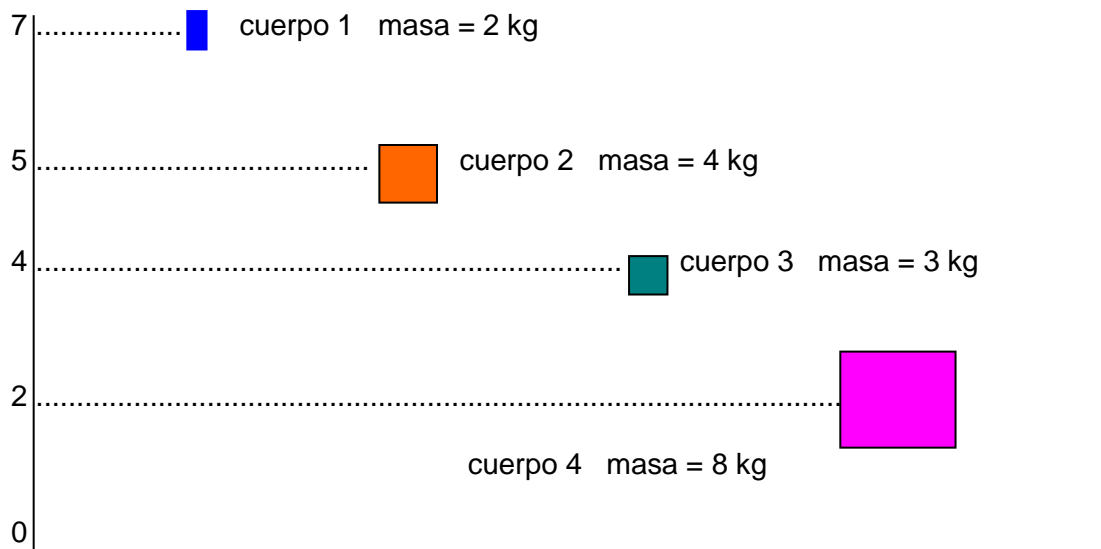
4.5 Blog Física

Este es el link de FISICADULTOS que lo conduce a los contenidos de Energía:

<http://pablo-fisicadultos.blogspot.com.ar/search/label/Energ%C3%ADa%20Mec%C3%A1nica>

4.6 Evaluación

Pregunta 1- El siguiente gráfico muestra las diferentes **alturas** (en **metros**) a las que se encuentran cuatro cuerpos de distinta masa, antes de comenzar a caer.



a- ¿A cuál cuerpo corresponde cada uno de los valores de Energía Potencial (**Ep**) indicados en la tabla?

Ep (cuando están en la posición indicada en el gráfico)	cuerpo
200 J	
160 J	
140 J	
120 J	

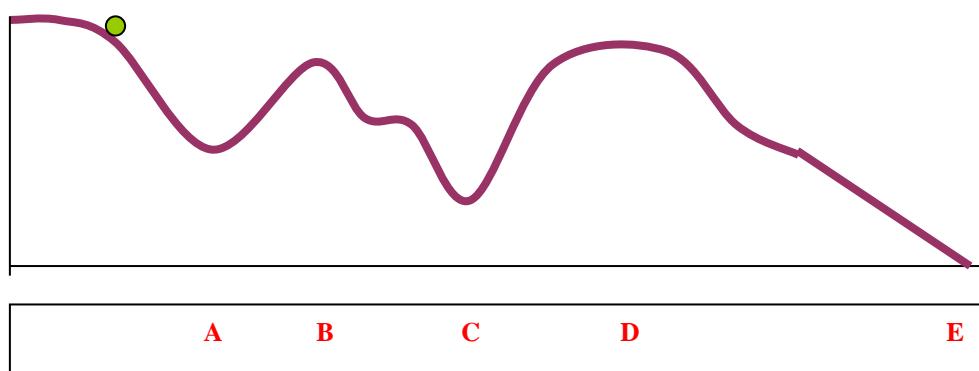
b- ¿Cuánta Energía Cinética (**Ec**) tiene cada cuerpo cuando está en caída, justo antes de llegar al piso?

cuerpo	Ec (cuando están justo por llegar al piso)
1	
2	
3	
4	

c- Considerando su **Ec**, ponga en orden los cuerpos de mayor a menor.

--	--	--	--

Pregunta 2- El esquema muestra una pelota que comienza a caer por un recorrido sinuoso, semejante al de una montaña rusa.



A- Sin considerar el punto inicial, indique los puntos del recorrido en los que la pelota tiene:

	PUNTOS
Ec máxima	
Ec mínima	
Ep máxima	
Ep mínima	

b- Suponga que al iniciarse el movimiento la energía total de la pelota es de 1000 J. Con ese dato indique con una X la opción correcta del cuadro:

SIN CONSIDERAR las pérdidas de energía por el rozamiento:

Cuando la pelota está en el punto E, LA ENERGÍA TOTAL ES	menor que 1000 J	
	igual a 1000 J	
	mayor que 1000 J	

c- Ahora, indique con una X la opción correcta del cuadro CONSIDERANDO las pérdidas de energía por el rozamiento:

Cuando la pelota está en el punto E, LA ENERGÍA TOTAL ES	menor que 1000 J	
	igual a 1000 J	
	mayor que 1000 J	

Pregunta 3- Dos móviles se desplazan por una ruta.
El móvil A tiene el doble de masa que el móvil B.
El móvil B marcha al doble de velocidad que el móvil A.

¿Cuál tiene más Energía Cinética de los dos?

(Recomendación: Para favorecer la comprensión conceptual, trate de responder analizando cómo participan m y v en la fórmula de Ec.)

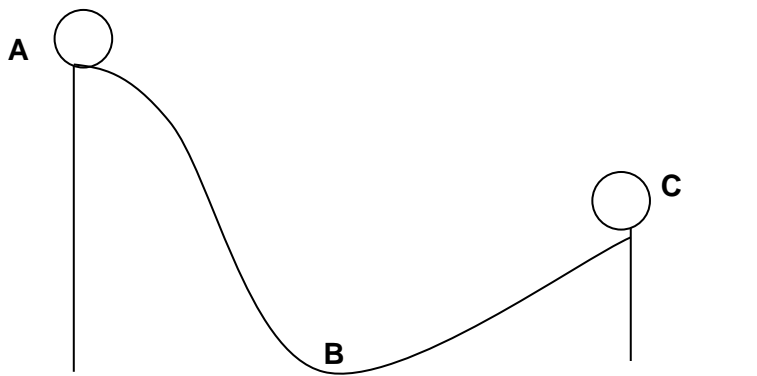
Pregunta 4 - ¿Cuál tiene más energía potencial: un paquete de 4 kilogramos de azúcar a 2 metros del piso o un paquete de 1 kilogramo a 4 metros? Elija una opción:
A. Si estuvieran a la misma altura, como el paquete de 4 kilogramos tiene cuatro veces más masa que el de 1 kilogramo, la energía potencial del primero sería cuatro veces mayor que la del segundo. Pero como el segundo está al doble de altura que el primero, la energía potencial del paquete de 4 kilogramos sólo será el doble que la energía potencial del paquete de 1 kilogramo.
B. Si estuvieran a la misma altura, como el paquete de 4 kilogramos tiene

cuatro veces más masa que el de 1 kilogramo, la energía potencial del primero sería dos veces mayor que la del segundo. Pero como el segundo está al doble de altura que el primero, la energía potencial del paquete de 4 kilogramos sólo será el triple que la energía potencial del paquete de 1 kilogramo.

Pregunta 5- Julieta se encuentra en su balcón, a cierta altura del piso. Hechizada por las bellas palabras de Romeo, imprevistamente deja caer una maceta. Sabemos que, antes de que comience a caer, la energía potencial de la maceta es de 120 J. Suponga que todo transcurre en un lugar donde no hay ningún medio que oponga resistencia al movimiento de la maceta. En esas condiciones:

- ¿Qué energía cinética tiene la maceta justo en el instante en que empieza a caer?
A. 0
B. 120 J
C. 60 J
- ¿Cuánto vale la energía potencial justo antes de llegar al piso?
A. 120 J
B. 0
C. 60 J
- ¿Cuánto vale la energía cinética justo antes de llegar al piso?
A. 120 J
B. 0
C. 60 J

Pregunta 6- a. La figura muestra un tramo del recorrido de una montaña rusa. Imagine que el carrito tiene un indicador de rapidez en el tablero. Señale en cuál de los tres lugares identificados A, B y C, el indicador mostrará que la rapidez es máxima (y, por lo tanto, también su energía cinética). Elija una opción:



- El indicador mostrará que la rapidez (y la energía cinética) es mayor en **C**.
- El indicador mostrará que la rapidez (y la energía cinética) es mayor en A.
- El indicador mostrará que la rapidez (y la energía cinética) es mayor en B.

b- La situación anterior se repite, pero ahora con la mitad de los pasajeros. En cada punto del recorrido, ¿cambió la energía cinética del carrito con respecto a la que tenía con todos los pasajeros? ¿Por qué?

- La energía cinética del carrito no cambió, porque sólo cambió la masa
- La energía cinética del carrito cambió, porque cambió la masa
- La energía cinética del carrito cambió, porque no cambió la masa

UNIDAD 5

La gravedad

En la Unidad II hemos explicado que todos los cuerpos se atraen entre sí, y que esa atracción sólo tiene una magnitud apreciable cuando al menos uno de los cuerpos posee una gran masa. Como uno de los casos más evidentes, presentamos una situación en la que uno de los cuerpos es un astro. También explicamos que si los dos cuerpos tienen una masa grande y más o menos semejante, ambos efectos son apreciables, como en el caso de la acción recíproca Tierra-Luna, un fenómeno que será estudiado con mayor detalle en esta Unidad. Por último, señalamos que en un astro con una atracción gravitatoria distinta a la terrestre, el peso de un objeto es proporcional a la gravedad en ese astro.

Las situaciones mencionadas se discutieron en el contexto del estudio de la caída libre y las leyes de Newton; todas ellas tienen como protagonista central a la *gravedad*, el tema que se desarrollará en esta Unidad.

En relación a la gravedad, un especialista en divulgación científica -el físico George Gamow- sostiene en la introducción de un libro dedicado a este tema:

“La gravedad gobierna el Universo. Mantiene unidas las cien mil millones de estrellas de nuestra Vía Láctea; hace girar a la Tierra alrededor del Sol y a la Luna alrededor de la Tierra; provoca la caída de manzanas maduras y de aviones con desperfectos. Hay tres grandes nombres en la historia del conocimiento de la gravedad por parte del hombre: Galileo Galilei, el primero que estudió con detenimiento el proceso de la caída libre; Isaac Newton, el primero que concibió la gravedad como fuerza universal; Albert Einstein, según cuyas palabras la gravedad no es sino la curvatura del continuo espacio-tiempo”.

Usted ha leído sobre los dos primeros nombres citados por Gamow en las anteriores Unidades; el nombre de Einstein tiene aquí su primera mención. Aunque el modelo de Einstein para explicar la gravedad se expondrá con cierto detalle en una Unidad optativa, importa mencionarlo aquí porque, a semejanza de la sucesión de modelos surgidos en *El Enigma de Marcelo* de la Unidad I, representa una “evolución” respecto del modelo de Newton. En efecto, como afirma Gamow:

“El gran éxito de la teoría de Newton para describir los movimientos de los cuerpos celestes hasta en sus mínimos pormenores, caracterizó una era memorable en la historia de la física y la astronomía. Sin embargo, la índole de la acción gravitatoria (...) permaneció en completa oscuridad hasta que en 1915 Albert Einstein publicó un trabajo sobre el tema”¹². El citado trabajo es lo que el mundo conoce como *Teoría General de la Relatividad*.

En la presente Unidad nos mantendremos en los ámbitos del modelo concebido por Newton.

Apelando a nuestra experiencia

Como en todos los inicios de las Unidades, le planteamos algunos problemas sencillos que apelan a su experiencia cotidiana. Con lo aprendido al finalizar el tema, podrá cotejar sus respuestas.

1- Seguramente ha visto alguna vez a un tintero, un juguete que, cuando se lo aparta de su posición vertical, se bambolea pero no se cae. ¿Tiene idea de a qué se debe ese comportamiento?

2- En el siguiente cuadro, indique con una cruz las opciones correctas:

¹²Gamow, George: *Gravedad*. Buenos Aires, Eudeba, 1963.

		gravedad	magnetismo
ACTÚA SOBRE:	sólo los cuerpos sólidos		
	sólo los objetos metálicos		
	sólo los líquidos		
	todos los sólidos, líquidos y gases		
	sólo los objetos de hierro o acero y (con menos intensidad) en los de níquel o cobalto		
	sólo los objetos de hierro y acero		
TIPO DE EFECTO:	rechazo		
	atracción o rechazo		
	atracción		

3- Analice las siguientes expresiones y resuelva si son *verdaderas* o *falsas*. Elabore argumentos para sostener sus opiniones.

a- Los satélites orbitan alrededor de la Tierra porque están “impulsados” por la atracción gravitatoria terrestre.

b- El movimiento de los satélites es de caída.

c- Las escenas de películas espaciales en las que los protagonistas se encuentran en condiciones de ingravidez, se logran mediante la acción de grandes imanes.

Breves comentarios sobre los problemas planteados

El punto 1 plantea una situación conocida cuya explicación suele ignorarse. La lectura del texto aporta elementos para corroborar si su respuesta es correcta.

Por su parte, tanto el punto 2 como el 3c intentan poner en evidencia una confusión muy generalizada¹³ entre la **gravedad** y el **magnetismo**: se suele manifestar, por ejemplo, que “la Tierra es como un imán”. Esta afirmación puede hacer pensar que es posible crear “antigravedad” mediante algún artificio magnético.

Las respuestas correctas del cuadro son:

	gravedad	magnetismo
ACTÚA SOBRE:	todos los sólidos, líquidos y gases	sólo los objetos de hierro o acero y (con menos intensidad) en los de níquel o cobalto
TIPO DE EFECTO:	atracción	atracción o rechazo

¹³ Aunque no corresponde directamente con los conceptos estudiados en esta UT, otra confusión muy común es la que equipara la *falta de gravedad* con el *vacío* (la ausencia de materia). Este error lleva a pensar que, por ejemplo, como la Luna carece de atmósfera, en ella los objetos no pesan.

La distinción realizada entre gravedad y magnetismo pone de manifiesto la falsedad de la afirmación del punto d.

Respecto al resto de la consigna 3, a medida que avance con la lectura de la guía y de la bibliografía, usted podrá revisar y ajustar las respuestas a los puntos a y b.

5.1 La Gravedad

Por acción de las fuerzas de gravedad se generan las órbitas que, por ejemplo, describen los planetas en torno al Sol. Esas órbitas se mantienen constantes e imperturbables a lo largo del tiempo como un preciso mecanismo de relojería. La gravedad es, también, la que provoca la caída de los cuerpos.

Los conocimientos acerca de la gravedad comienzan formalmente con Galileo y su análisis de la caída libre. Newton provoca un gran impacto al describir detalladamente, en su ley de gravitación universal, el movimiento de los planetas.

Ya hemos señalado que las fuerzas gravitatorias son sólo de atracción, a diferencia de las fuerzas eléctricas y magnéticas que pueden ser de atracción o de repulsión.

El centro de gravedad

El centro de gravedad de un objeto es el punto en el que se considera concentrado su peso. El grado de equilibrio y de estabilidad que puede alcanzar un cuerpo depende de la posición del centro de gravedad. Así, aquellos en los que el centro de gravedad se encuentra cercano a la base de apoyo, tienen un equilibrio estable (con mayor concentración de peso en la base). En eso se basan los muñecos involucables con los que juegan los niños.

En cambio, si el centro de gravedad está alto, el objeto se vuelve inestable. Por esa razón en los ómnibus de doble piso (altos y con el centro de gravedad elevado) se incrementa la posibilidad de vuelco.

Los planetas, como la tierra, tienen forma prácticamente esférica. El centro de gravedad se ubica en ellos en el punto central de la esfera.

Más adelante, cuando hablemos de atracción entre los planetas, consideraremos, a los efectos de cálculo, la distancia entre los centros de gravedad de los planetas considerados.

5.2 El movimiento circular uniforme

Es aquel en el cual todos los puntos del objeto que gira tienen la misma velocidad angular. La velocidad angular es el ángulo barrido en la unidad de tiempo.

Un ejemplo apropiado para el análisis es el movimiento de la aguja del segundero de un reloj (fig 1).

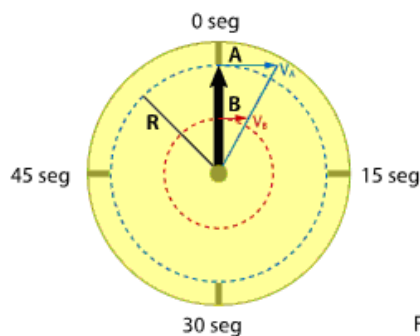


Fig. 1

La aguja barre un ángulo de 90° en 15 segundos, 180° en 30 segundos, 270° en 45 segundos y 360° cada 60 segundos.

En el gráfico marcamos los puntos A y B de la aguja. Como es fácil de ver, ambos

tienen la misma velocidad angular.

Pero los puntos de la aguja del reloj tienen una velocidad tangencial o lineal que varía según la distancia al centro de giro. El punto A describe una circunferencia mayor que el punto B en el mismo tiempo, lo cual significa que en ese tiempo A recorre más distancia que B. Por lo tanto, la velocidad lineal de A es mayor que la de B. La velocidad lineal disminuye hasta hacerse 0 en el centro de giro (ver figura 1).

La velocidad tangencial o lineal se puede calcular a partir de:

$$v = \text{vel ang} \times R$$

Como la velocidad angular es constante, la velocidad tangencial es directamente proporcional al radio R .

Estos conceptos se pueden consolidar analizando dos ejemplos observables en la vida cotidiana.

Cinco soldados marchan manteniendo una línea recta (fig.2)

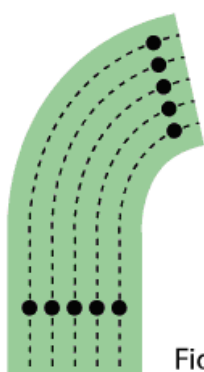


Fig. 2

Al girar, la trayectoria curva del conjunto, que mantiene constante la velocidad angular, hace que la distancia recorrida sea distinta para cada uno de los soldados. Así, en el mismo tiempo, el extremo de la izquierda recorre mayor distancia que los otros. Por lo tanto, tendrá la mayor velocidad lineal.

La fuerza centrípeta

Es aquella fuerza que obliga a un objeto a seguir una trayectoria circular o, en general, curva. Cuando hacemos girar una lata atada con un piolín alrededor de nosotros, debemos aplicar una fuerza centrípeta. Esta fuerza se ejerce sobre la lata desde el centro de giro. Al mismo tiempo, la lata ejerce una fuerza de igual intensidad y de sentido opuesto sobre el centro de giro, como se ve en la figura 4.

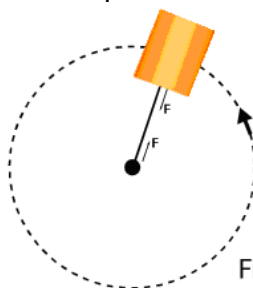


Fig. 4

Esta fuerza es directamente proporcional a la masa del objeto y al cuadrado de la velocidad, e inversamente proporcional al radio R . Esta relación se muestra en esta expresión:

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

La lata está afectada solamente por la fuerza centrípeta y, si se cortara el cordel, su trayectoria continuaría con un movimiento rectilíneo y uniforme, tangente en ese punto a la circunferencia que describía. Respondería así al primer principio de Newton: al no actuar ninguna fuerza sobre la lata continúa con movimiento rectilíneo y velocidad constante (fig 5).

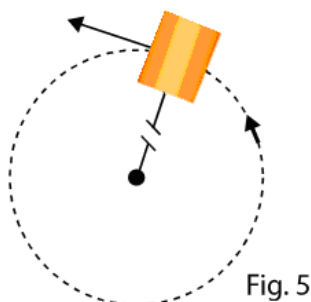


Fig. 5

Otro caso en el que aparece la fuerza centrípeta se describe más abajo (fig 6). Un automóvil transita a diario una curva a 100 km/hora. En este caso, la adherencia de los neumáticos al piso proporciona la fuerza centrípeta que permite que el auto pueda girar en condiciones normales. Si, por un acontecimiento climático, el pavimento se encuentra cubierto de hielo, prácticamente desaparece la adherencia de los neumáticos al pavimento y, simultáneamente, también la fuerza centrípeta. Si circulara en esas condiciones de velocidad, probablemente el vehículo siga en línea recta con movimiento rectilíneo y uniforme (primer principio de Newton).

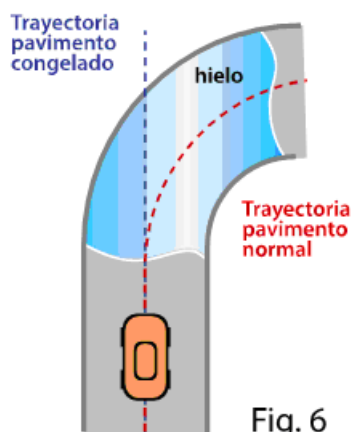


Fig. 6

5.3 La Ley de gravitación universal

Al observar un conjunto de fenómenos de la realidad, Newton propuso que todo objeto atrae a los demás. Esta atracción es imperceptible en la vida diaria dado que depende del tamaño de las masas, y éstas suelen ser pequeñas. La atracción gravitacional adquiere valores significativos a medida que aumentan las masas de los objetos a considerar, y se pone en evidencia sobre todo en la interacción entre los planetas, entre la Tierra y la Luna, entre el Sol y la Tierra y entre la Tierra y los cuerpos que están sobre su superficie o en sus cercanías. La fuerza de atracción gravitacional es directamente proporcional al producto de las masas que interactúan e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa.

La expresión que pone de manifiesto estas relaciones es $F = G \cdot M_T \cdot m_L / d^2$

donde G es una constante que se denomina de gravitación universal.

La Tierra atrae a la Luna con una fuerza igual y de sentido contrario a la fuerza con que la Luna atrae a la Tierra (fig 7). La Luna describe una trayectoria casi circular alrededor de la tierra, siendo la fuerza gravitatoria terrestre la fuerza centrípeta que provoca este fenómeno.

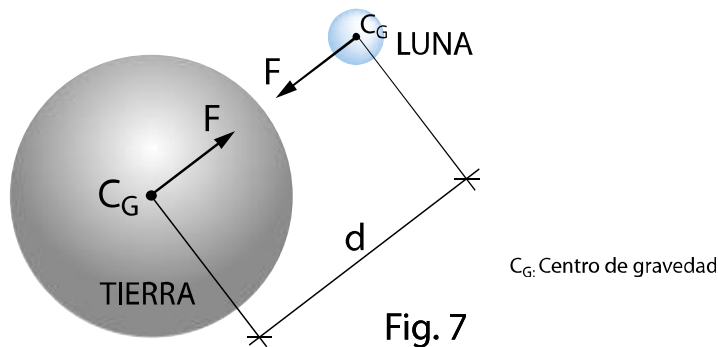


Fig. 7

El peso de los cuerpos es una de las manifestaciones más evidentes de la fuerza de atracción gravitacional (fig 8)

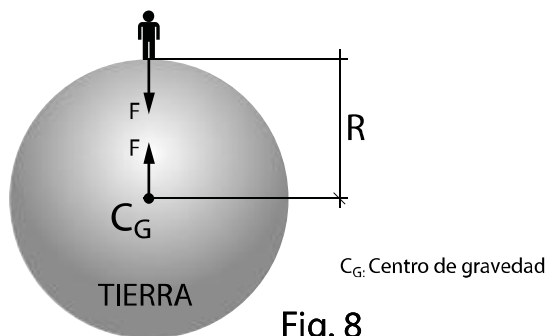


Fig. 8

Supongamos que el hombre que está parado sobre la superficie terrestre tiene un peso de 800 Newton. Ello significa que la Tierra lo atrae con una fuerza de 800 Newton; pero, al mismo tiempo, su cuerpo atrae a la Tierra con una fuerza igual y de sentido contrario (fig 8). Esto responde a la Tercera Ley de Newton (Acción y reacción)

¿Qué sucedería si, manteniendo R, aumentara al doble la masa de la Tierra? Como la masa y la F son directamente proporcionales, el peso del cuerpo se duplicaría. Por el contrario, si la masa terrestre se redujera a la mitad manteniendo R constante, el peso se reduciría a la mitad.

(Si a usted le interesa ver cómo se plantea matemáticamente esta situación, se lo mostramos a continuación:

Recordemos la relación (*) $F = G \cdot M_T \cdot m_L / d^2$

El peso es, como vimos, una de las manifestaciones de la fuerza de atracción gravitacional, y se puede calcular a partir de: $P = G \cdot M_T \cdot m / R^2$

Reemplazando R por 2R en la ecuación (*) obtenemos:

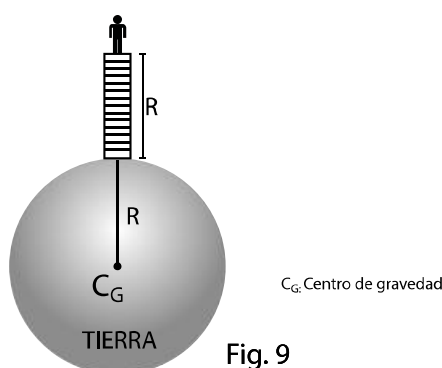
$$P = G \cdot M_T \cdot m / (2R)^2 = P = G \cdot M_T \cdot m / 4R^2$$

Comparando las ecuaciones, vemos que el peso del cuerpo a una distancia 2R es una cuarta parte del peso para una distancia R, debido a que la ecuación es la misma pero dividida por cuatro).

La conclusión es que el peso de los cuerpos varía según el lugar del universo en que ellos se encuentran. Por ejemplo, el peso en la Luna es una sexta parte del que tenemos en la Tierra, dado que la masa lunar es muy inferior a la terrestre.

Ya indicamos que si aumentamos la distancia R, manteniendo constante la masa terrestre, el peso del cuerpo se reducirá. Imaginemos una escalera cuya longitud es igual a R, y que el cuerpo se encuentra en el tope de la escalera como muestra la

figura 9.



Como la F es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia, es claro que el peso del cuerpo disminuirá si se encuentra a una distancia $2R$. Pero la disminución no es a $\frac{1}{2}$ sino a $\frac{1}{4}$ al cuadrado, con lo cual el peso a $2R$ será una cuarta parte del peso para una distancia R .

El valor de la aceleración de la gravedad

Como **peso = g. masa** entonces **$g = \text{peso} / \text{masa}$**

Si, para un objeto cualquiera, expresamos el peso en Newton (Kg.m/seg^2) y la masa en Kg obtendremos $g = 9,8 \text{ m / seg}^2$

Esta es la aceleración de la gravedad “promedio”, que en el presente curso aproximaremos al valor de 10 m/seg^2 para facilitar los cálculos.

Es fundamental resaltar que la relación entre el peso y la masa de cualquier objeto nos dará siempre $g = 10 \text{ m/seg}^2$. Esto significa que, en ausencia de rozamiento con el aire, todos los cuerpos caen con la misma aceleración (10 m/seg^2), independientemente de su forma material, de su tamaño, etc.

En la Luna, la relación peso/masa del mismo objeto tendrá un valor de una sexta parte del que tiene en la Tierra como consecuencia de la menor masa lunar. Por ello, el peso del mismo cuerpo en la luna será $1/6$ que el de la Tierra. La masa, que es la cantidad de materia, se mantendrá sin embargo constante.

5.4 Síntesis de la Unidad V

En esta Unidad se han desarrollado contenidos asociados al modelo de la Gravitación Universal concebido por Newton. Se espera que, entre otras cosas, a lo largo de esta Unidad, usted haya logrado:

- * comprender los conceptos centrales del movimiento circular
- * distinguir las fuerzas intervinientes en las interacciones y en el movimiento de los astros.
- * reconocer las relaciones que aparecen entre las magnitudes puestas en juego en los fenómenos gravitatorios.
- * analizar distintas situaciones desde la perspectiva de los nuevos conceptos introducidos.

En la siguiente Unidad continuaremos en los ámbitos de la Mecánica clásica; en ella nos ocuparemos de los fluidos.

5.5 Blog Física

Este es el link de FISICADULTOS que lo conduce a los contenidos de Gravedad:

5.6 Evaluación

Pregunta 1. ¿Tiene sentido afirmar que el peso de un objeto es una característica propia de ese objeto? Indique cual de las siguientes opciones es correcta:

- A. Sí, el peso es una característica propia del objeto
- B. No, la característica propia del objeto es la masa, que no cambia en distintos lugares del universo.

Pregunta 2 En el suelo terrestre, Sebi pesa el doble que Ramiro.

a- ¿Podría ocurrir que, si ambos viajasen a un planeta donde la gravedad fuera muy distinta a la terrestre, la proporción entre los pesos de cada uno fuese diferente a la que se da en la Tierra? Indique cual de las siguientes opciones es correcta:

- A. Sí, al variar la gravedad, cambia la proporción de los pesos
- B. No, la proporción de los pesos no cambia porque no cambian las masas

b- ¿Es correcto afirmar que la masa de Ramiro es la mitad de la masa de Sebi?

Indique cual de las siguientes es correcta:

- A. No, no es correcto. Los dos tienen la misma masa
- B. Sí, es correcto porque Sebi pesa el doble que Ramiro en cualquier lado (con g diferente de cero)

c- Sebi está entusiasmado con la posibilidad de que, en algún momento, se pueda vivir en la Luna. Su entusiasmo se basa en haber leído que la gravedad lunar vale aproximadamente la sexta parte de la gravedad terrestre. ¿Le parece que Sebi reducirá su peso si consigue vivir en la Luna? ¿Por qué? Indique cual de las siguientes es correcta:

- A. Sí, es correcto porque la atracción gravitacional de la luna es $1/6$ de la Tierra
- B. No, no es correcto porque pesará lo mismo en la Luna.

d- ¿Cree que realmente mejorará la figura de Sebi cuando se encuentre sobre la superficie lunar? ¿Por qué? Indique cual de las siguientes es correcta:

- A. No, no cambiará porque su masa será la misma
- B. Sí, porque su peso será menor.

Pregunta 3. La Tierra y la Luna se atraen con una fuerza gravitatoria de un cierto valor numérico que aquí, para simplificar, indicaremos "FG".

Señale si "FG" aumentaría, disminuiría o permanecería constante en los siguientes casos. Si aumentara o disminuyera, indique también cuánto lo haría:

a- Si la masa de la Tierra aumentara al doble y la de la Luna permaneciera constante, sin cambiar la distancia entre ambas:

- A. Aumentaría al doble
- B. Se mantendría constante
- C. Disminuiría a la mitad

b- Si la masa de la Luna aumentara al triple y la de la Tierra permaneciera constante, sin cambiar la distancia entre ambas:

- A. Aumentaría al triple
- B. Aumentaría 9 veces
- C. Se mantendría constante

c- Si las masas de la Tierra y de la Luna permanecieran constantes, pero la distancia entre ambas disminuyera a la mitad.

- A. Aumentaría ocho veces

- B. Aumentaría cuatro veces
- C. Se duplicaría

d- Si las masas de la Tierra y de la Luna permanecieran constantes, pero la distancia entre ambas aumentara al triple.

- A. Se reduciría a un tercio
- B. Sería una novena parte.
- C. Aumentaría al triple

Pregunta 4- Señale si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas.

- a- Si un objeto cercano a la Tierra cae hacia ella es porque el planeta ejerce atracción gravitatoria sobre el objeto
- b- Si se encuentra en las proximidades de la Tierra, el objeto no ejerce ni la más mínima atracción sobre el planeta.
- c- La Luna no ejerce atracción gravitatoria sobre los objetos porque no posee atmósfera.
- d- Si los tripulantes de una nave que se mueve en el espacio exterior quieren modificar su velocidad, deben encender alguno de los motores-cohete.
- e- Si los tripulantes de la nave del punto c quieren mantener su velocidad, deben encender alguno de sus motores-cohete.

Pregunta 5- El planeta Venus se desplaza alrededor del Sol en una órbita aproximadamente circular y completa una vuelta cada 223 días. La masa del Sol es mucho mayor a la de Venus.

a- Puede considerarse que Venus se desplaza con rapidez uniforme alrededor del Sol. En esas condiciones, ¿el movimiento de Venus es acelerado? ¿Por qué le parece? Indique cuál de las siguientes es correcta:

- A. Sí, es acelerado porque el vector velocidad cambia de dirección punto a punto
- B. No, no es acelerado porque la rapidez es constante

b- El movimiento de Venus en torno al Sol es consecuencia de la atracción gravitatoria del Sol sobre Venus. ¿Es correcto afirmar que Venus también atrae al Sol? Fundamente su respuesta basándose en el principio físico correspondiente. Indique cual de las siguientes es correcta:

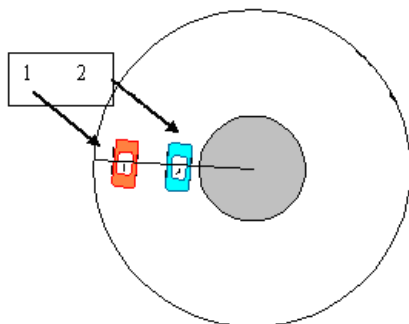
- A. Sí, es correcta por el tercer principio de Newton
- B. No, no es correcta por el segundo principio de Newton.

c- Si su respuesta al punto anterior fue afirmativa, responda: ¿por qué el efecto de la atracción de Venus sobre el Sol no es tan "fuerte" como el de la atracción solar sobre Venus? Explique su respuesta mencionando el principio físico que corresponda.

Indique cual de las siguientes es correcta:

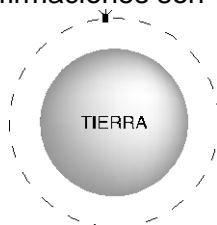
- A. El efecto no es tan fuerte por el segundo principio de Newton
- B. El efecto es igual por el tercer principio de Newton
- C. El efecto no es tan fuerte por el primer principio de Newton

Pregunta 6 Dos automóviles giran a la par en una pista circular. Ambos velocímetros indican que la rapidez de cada uno es **constante**. Indique con una X cuál o cuáles de las siguientes afirmaciones es correcta (C) o incorrecta (I)



		C	I
a	En todo momento la velocidad angular de 1 es mayor a la de 2		
b	En todo momento la velocidad angular de 1 es igual a la de 2		
c	En todo momento la velocidad angular de 1 es menor a la de 2		
d	En el mismo tiempo, 1 recorre una distancia mayor que 2		
e	La velocidad tangencial de 1 es igual a la de 2		
f	La velocidad tangencial de 1 es mayor que la de 2		
g	El velocímetro de 1 indica la misma rapidez que el de 2		
h	El movimiento de 1 y el de 2 son acelerados		
i	1 y 2 describen un movimiento circular uniforme		

Pregunta 7 Un satélite gira alrededor de la Tierra con rapidez constante, con una trayectoria circular. Indique si las afirmaciones son verdaderas (V) o falsas (F).



		V	F
a	La Tierra atrae al satélite		
b	El satélite atrae a la Tierra		
c	La Tierra atrae al satélite con la misma fuerza que el satélite atrae a la Tierra		
d	Si el satélite tuviera el doble de masa, la fuerza de atracción entre ambos no variaría		
e	Si el satélite tuviera el doble de masa, la fuerza de atracción entre ambos se reduciría a la mitad		
f	Si el satélite tuviera el doble de masa, la fuerza de atracción entre ambos se duplicaría		

Pregunta 8 Una persona de 70 kg de masa está parada sobre la superficie terrestre. Indique cual de las siguientes afirmaciones es correcta y cuál incorrecta

		C	I
a	Su peso es de 700 N		
b	El peso es la manifestación de la fuerza de atracción gravitacional		
c	Si la misma persona se ubicara al doble de distancia del centro de la Tierra, su peso: ....aumentaría al doble		
	....disminuiría a la mitad		
	....disminuiría a una cuarta parte		
	....se mantendría constante		
d	Si la misma persona se ubicara al doble de distancia del centro de la Tierra, su masa variaría		
e	Si la misma persona se ubicara al doble de distancia del centro de la Tierra, su peso específico no cambiaría		
f	Si la persona se trasladara a la Luna, allí su peso se reduciría a una sexta parte		

UNIDAD 6 Los fluidos

La Tierra es el único planeta del Sistema Solar cuya superficie está cubierta mayoritariamente por agua. La superficie terrestre, a su vez, está bañada por un “mar de aire” al que denominamos *atmósfera*, en cuyo lecho desarrollan su existencia numerosos organismos. La expresión “mar de aire” proviene del científico italiano Evangelista Torricelli (1608-1647), autor de un célebre experimento que permitió medir la presión ejercida por la atmósfera, cuyos detalles se describen en la bibliografía. Al agua y el aire, así como a los líquidos y los gases en general, se los denomina *fluidos* debido a que, a diferencia de los sólidos, poseen capacidad de fluir, de circular. En esta Unidad estudiaremos algunas propiedades de los fluidos.

Apelando a nuestra experiencia

1- a- En el lenguaje familiar se acostumbra decir que algunos materiales son “más pesados” que otros. El acero, por ejemplo, es “más pesado” que el telgopor o la madera. ¿Le parece correcta esa afirmación? ¿Por qué?

b- Analice la validez de la expresión anterior cuando se comparan los siguientes elementos:

Una tenaza de acero y un trozo pequeño de telgopor

Una limadura de acero y una lámina grande de telgopor

2- Si alguna vez se sumergió en el agua seguramente habrá sentido una cierta “livandad” en su cuerpo, como si pesara menos. ¿Tiene idea de cuál es la causa de ese fenómeno?

3- ¿Qué condiciones cree usted fundamentales para determinar que un cuerpo pueda flotar o no?

4- Nuestra experiencia indica que los metales se hunden al ser sumergidos en el agua. Existen cuerpos hechos de metal que, sin embargo, pueden flotar: el caso más corriente es el de los barcos. Proponga una explicación de cómo es ello posible. ¿Le parece que un barco flotaría si fuese macizo?

5- Analice los pasos del siguiente experimento:

Se toma una rueda de bicicleta con su neumático poco inflado y se la pesa. A continuación se agrega aire al neumático hasta que quede bien inflado y se vuelve a pesar la rueda.

¿Qué cree usted: habrá diferencia en los valores de peso obtenidos? ¿Por qué lo cree?

Breves comentarios sobre los problemas planteados

Todos los conceptos involucrados en la actividad anterior son desarrollados en la guía de esta Unidad. La actividad intenta generar una reflexión anticipada a esa lectura. En algunos casos se describen experimentos cuya comprensión creemos que se encuentra perfectamente a su alcance. Los otros puntos apelan al análisis de vivencias, de conceptos probablemente trabajados en alguna instancia previa o de ciertas expresiones habituales del lenguaje corriente. El punto 1, por ejemplo, pone la mirada en los enunciados del tipo de “este material es más pesado que aquel otro”: en ellos hay una información adicional que, aunque no se diga, todo el mundo parece entender: que, al realizar la confrontación de pesos, deben tomarse *volúmenes iguales* de cada uno de los materiales que desean compararse. Advertir esta condición nos permite comprender que la magnitud que se pone en juego no es precisamente el

peso sino una magnitud llamada *peso específico* (si se considera el peso de cada material) o bien la *densidad* (si se toma la masa).

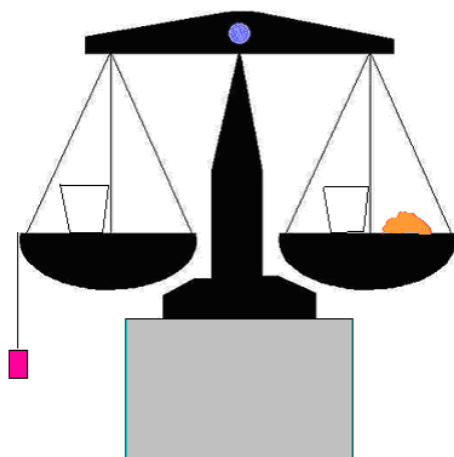
6.1 La flotación

Seguramente usted ha advertido que, cuando un objeto se sumerge en el agua, parece pesar menos. Ese "objeto" puede ser, desde luego, su propio cuerpo dentro de una piscina. Por la misma razón es tan fácil llevar en andas a una persona cuando se está bajo el agua. Pero la Física nos indica que el peso de un cuerpo sólo cambia cuando se modifica su masa o cuando cambia la atracción gravitatoria. Nada de eso se modifica al meterse dentro del agua. ¿A qué se debe, entonces, esta disminución aparente del peso?

La explicación del fenómeno fue propuesta por Arquímedes (287-212 a.C.) mientras, según cuenta la leyenda, estaba tomando un baño. El sabio griego planteó que, al sumergirlo en un líquido, sobre el cuerpo aparece una fuerza que lo empuja verticalmente hacia arriba, en sentido opuesto al peso del cuerpo. Arquímedes denominó "*empuje*" a esa fuerza, y diseñó una experiencia que le permitió conocer cuál era su valor. Según la leyenda, fue tan grande su emoción al comprender por qué los cuerpos flotan, que salió corriendo desnudo por las calles gritando ¡*Eureka!* (que significa "lo logré" en griego).

No es muy difícil corroborar la validez del principio de Arquímedes. Hay que conseguir una balanza de dos platillos, tres vasos, un recipiente en el que entre un vaso (puede ser un plato hondo), algún recipiente para verter agua, un poco de arena, agua, una mesita donde apoyar la balanza, un cuerpo (preferentemente metálico) y piolín. Con la actividad vamos a demostrar que la aparente "pérdida" de peso de un cuerpo cuando es sumergido en un líquido es igual al peso del líquido que desaloja el cuerpo.

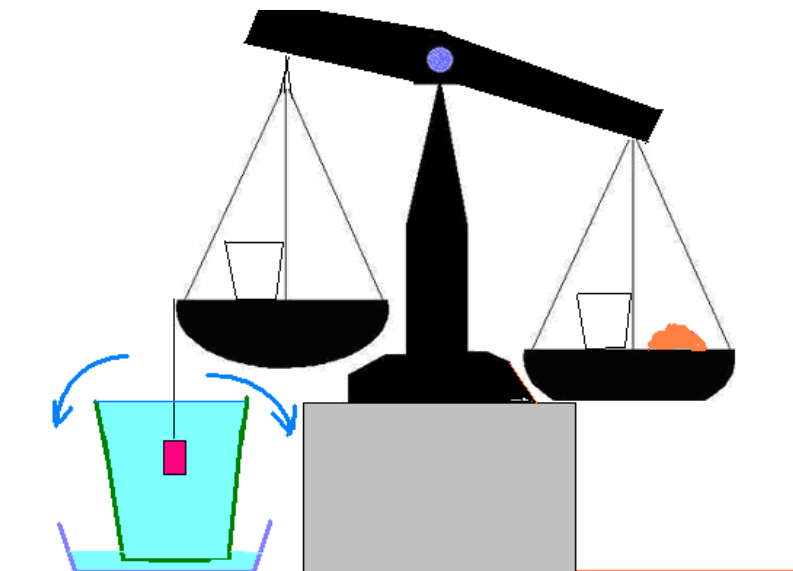
El dispositivo terminado presenta el siguiente aspecto: de un lado está el cuerpo metálico (colgado de un hilo) y un vaso, y del otro lado está otro vaso similar y la cantidad necesaria de arena para que todo quede equilibrado. Desde luego, usamos dos vasos que pesan igual (de los de plástico).



A continuación, apoyamos el recipiente más amplio sobre la mesa, y ponemos el vaso restante dentro del mismo (ver figura siguiente). Luego llenamos *totalmente* el vaso con agua, cuidando que la superficie del líquido quede bien horizontal y que no caiga nada de líquido dentro del recipiente inferior.

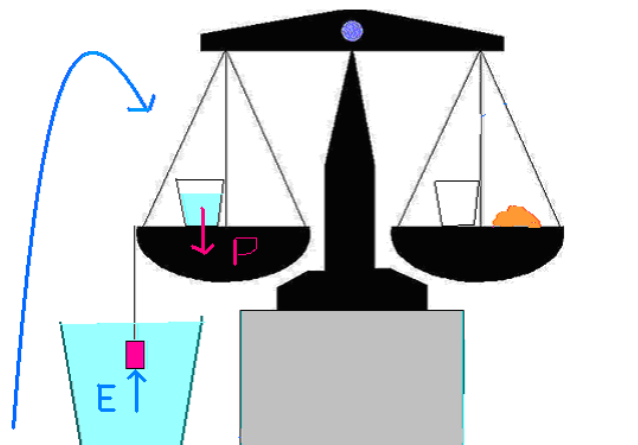
Tomándola del hilo, levantamos un poco la pesa que cuelga de la balanza. Colocamos el conjunto recién armado en el lugar que ocuparía la pesa al soltarla. Hacemos descender suavemente la pesa que está en nuestra mano hasta que se sumerja totalmente. Observamos entonces que, a medida que se sumerge, el agua desborda del vaso y ésta es recogida por el recipiente inferior. También observamos que,

simultáneamente, el platillo de la balanza sube, como si la pesa efectivamente “perdiera peso”.



Una vez que no cae más agua, levantamos el vaso con la pesa sumergida, retiramos el recipiente inferior (que contiene el agua derramada) y volvemos a bajar la pesa con el vaso.

El paso siguiente es verter el agua del recipiente retirado dentro del vaso que está del mismo lado. Si todo se ha hecho con cuidado, el equilibrio de la balanza se restablece: eso significa que el peso P (hacia abajo) del agua agregada compensa al empuje E (hacia arriba) que actúa sobre la pesa.



En definitiva: el **peso del agua derramada** es igual al **empuje recibido por la pesa**

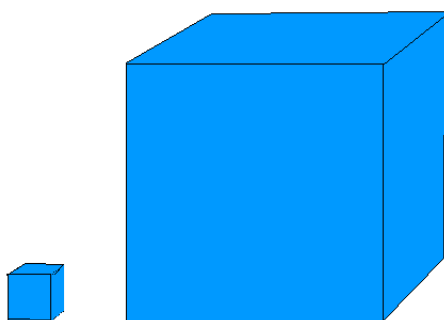
Es importante señalar que, en la práctica, la experiencia descrita da muy aproximadamente, debido a que se cometen una serie de pequeñas imprecisiones. Sin embargo, no es difícil corroborar que, generalmente, la diferencia con el valor del equilibrio es de apenas unas gotas de más o de menos.

Conviene aclarar qué ocurre si el cuerpo (la pesa) no está totalmente sumergido en el agua. Si el objeto se sumergiera sólo parcialmente, es claro que la cantidad de agua que rebalsará será menor. Y, como el empuje es igual al peso del agua desalojada por el cuerpo, entonces también será menor el empuje. Con lo cual, al verter el agua en el vaso, el experimento dará el mismo resultado.

La flotación y el peso específico

Es posible que usted recuerde que el peso específico es el cociente entre el peso y el volumen¹⁴. A volúmenes iguales, tiene mayor peso específico (o densidad) aquel material con mayor peso (masa). Y a pesos (masas) iguales, el peso específico (la densidad) será mayor cuando el volumen sea menor.

Vamos a detenernos un poco en este concepto. Si una persona afirma que el acero es más pesado que la madera, probablemente a nadie se le ocurrirá contradecirlo. Pero ¿eso significa que un alfiler de acero es más pesado que un tablón de madera? En realidad, cuando las personas afirman que un material es "más pesado" que otro, lo que hacen es comparar los dos pesos tomando volúmenes iguales de cada uno. Y eso es, justamente, lo que se hace al obtener el peso específico de un material: Se denomina así al peso en gramos de 1 cm³ de ese material. Tras estas consideraciones, queda claro que es mucho más preciso decir "el acero tiene mayor peso específico que la madera".



En los dos trozos del *mismo material* que aparecen en la figura, el volumen del segundo es mil veces mayor que el del primero. El peso del segundo es, por lo tanto, mil veces mayor que el del primero. Pero, al dividir uno por el otro (*peso dividido volumen*) para obtener el peso específico, el resultado es el mismo en los dos casos. ¡Como era de esperarse, porque el peso específico es *del material*, y por lo tanto no depende de la *cantidad* de material que hayamos tomado!

En la tabla se muestran los valores de pesos específicos de algunos materiales, en g/cm³ o en kg/dm³.

oro	19,3
mercurio	13,6
plomo	11,3

hierro	7,8
aluminio	2,7
agua pura	1
corcho	0,3

El peso específico y la flotabilidad

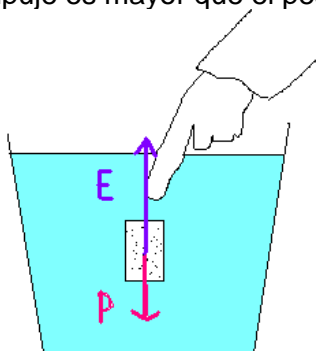
La flotabilidad de un mismo cuerpo puede ser afectada por el peso específico del líquido en uso. Si, por ejemplo, el peso específico del líquido fuese menor al del agua, el líquido desalojado tendrá *el mismo volumen* que en el experimento ilustrado párrafos atrás, pero *menor peso* (debido, precisamente, a su menor peso específico). O sea: el empuje sobre el objeto será *menor* que con agua.

¹⁴ Generalmente es preferible usar el concepto de *densidad*, definido como el cociente entre la masa y el volumen. El peso de un cuerpo depende de la atracción gravitatoria del lugar en el que está el objeto. La masa, en cambio, no se modifica nunca, ni siquiera cuando la gravedad es casi inexistente, como ocurre en el espacio exterior. Es por eso que los científicos prefieren tomarla como referencia en lugar del peso. Cuando se mide la masa de una unidad de volumen del material, sea 1 cm³, 1 dm³ o 1 m³, se obtiene lo que se denomina la *densidad* de ese material. No es difícil advertir que si un material tiene el doble de peso específico que otro, la misma proporción se mantiene entre sus densidades; es decir, la densidad del primer material será el doble de la del segundo.

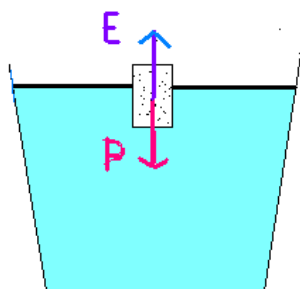
En el siguiente cuadro presentamos todas las opciones posibles.

Peso específico del líquido	Empuje sobre el cuerpo	Comportamiento del cuerpo
menor que el peso específico del cuerpo	menor que el peso del cuerpo	Se hunde, se va hacia el fondo del recipiente
igual que el peso específico del cuerpo	igual que el peso del cuerpo	Queda subiendo y bajando lentamente en el líquido.
mayor que el peso específico del cuerpo	mayor que el peso del cuerpo	Sube en el líquido en dirección a la superficie.

El tercero de los casos mencionados en el cuadro merece una explicación adicional, porque suele ser enunciado incorrectamente. Para aclarar las cosas, proponemos analizar el siguiente ejemplo: Supongamos que se sumerge totalmente un corcho en agua y se lo suelta. Como el peso específico del corcho es menor al del agua, el empuje es mayor que el peso del corcho, y al soltarlo éste se va hacia arriba.



Pero, a medida que el corcho sale del agua, la cantidad de agua que desplaza es menor; por lo que el empuje que recibe entonces también es menor. En un momento, tras una pequeña oscilación, el empuje disminuye lo suficiente como para igualar al peso del corcho. Es el momento del equilibrio.



En la imagen se muestra el momento en que se llega al equilibrio. En ese instante, el empuje es **igual** al peso de un volumen de agua igual al volumen sumergido del cuerpo. El corcho, ahora, flota.

El peso específico de un barco

Muchas personas no comprenden cómo es posible que una embarcación flote si está hecha de metal. Lo que ocurre es que gran parte del volumen del barco tiene “huecos” con aire. Su peso específico, por lo tanto, resulta de una especie de promedio entre las partes de metal y de otros materiales, y lo que está lleno de aire (cuyo peso específico es unas mil veces menor que el del agua) Así se consigue que el peso específico del conjunto de la nave sea menor al del agua.

6.2 Una “flotación” que no es tal

En ciertas situaciones puede ocurrir que un trozo liviano de metal se mantenga sobre la superficie de un líquido de menor peso específico que el del metal. Si usted se arma de cierta paciencia, esto puede comprobarlo colocando delicadamente un alfiler sobre la superficie del agua contenida en un vaso. (La operación hay que realizarla con buen pulso y sobre una mesa que permanezca firme. El alfiler debe ir aproximándose paralelamente al agua hasta que quede "apoyado" sobre ella).

Podría pensarse que este hecho, en el que el alfiler parece flotar sobre el agua, contradice la condición que deben reunir los respectivos pesos específicos según se ha expresado hasta aquí. Un análisis más minucioso revela, sin embargo, que el fenómeno en juego es distinto al de la flotación. En efecto, si observa cuidadosamente el alfiler, va a notar que está *totalmente sobre* el agua. En los casos presentados en las páginas anteriores, en cambio, podía apreciarse que toda vez que hay flotación, el objeto siempre se encuentra *parcialmente* sumergido.

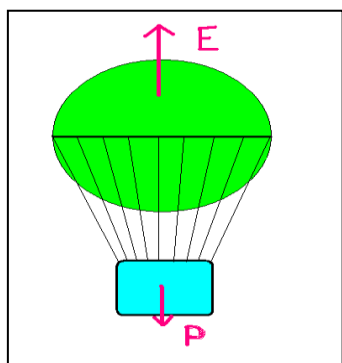
En el caso que nos ocupa entra en juego un fenómeno de otra naturaleza. Se trata de un fenómeno conocido como *tensión superficial*, cuya interpretación es la siguiente: La capa superficial de la masa de agua se comporta como una “membrana”, que tiende a permanecer ligada, a menos que la rompa una fuerza. A partir de esto puede entenderse que, al ser depositado con mucha delicadeza, el alfiler posee un peso insuficiente como para romper esa película de agua. El fenómeno no guarda, entonces, *ninguna* relación con la flotación pues no actúa una fuerza de empuje y, en



el caso de que se rompiera la membrana, el alfiler caería hasta el fondo del vaso. Muchos pequeños organismos, entre ellos unos insectos denominados patinadores (imagen), logran desplazarse sobre la superficie del agua sin romper la película formada por la tensión superficial..

6.3 La flotación en el caso de los gases

La flotación también puede darse en los gases. Un caso conocido es el de los globos aerostáticos: El material del que están hechos no puede flotar en el aire pero, al ser llenados con aire caliente (de menor peso específico que el aire frío, como se verá a continuación) se consigue bajar el peso específico del conjunto. Así se logra que asciendan, es decir, que floten en el aire, del mismo modo que ocurre con un corcho en el agua.



Esquema del peso y el empuje que actúan sobre un globo lleno de aire caliente.

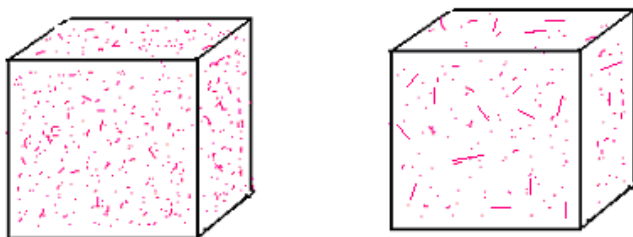
¿El aire pesa?

Como es evidente que el aire es atraído por la gravedad terrestre, puede afirmarse que tiene peso. Por eso, cuando los mecánicos levantan un neumático desinflado, se dan cuenta de que es más liviano que cuando el mismo neumático está bien inflado. La diferencia de peso se debe, justamente, a la distinta cantidad de aire que hay en su interior. El peso del aire es, en realidad, muy pequeño; en el neumático se nota bastante porque, cuando está bien inflado, en su interior hay mucho aire que se encuentra muy comprimido. Si se comparan iguales volúmenes de agua y de aire, el peso del agua resulta unas mil veces mayor que el del aire. Es decir, como ya hemos señalado, el peso específico del agua es mil veces mayor al del aire.

¿Por qué el aire caliente tiene menos peso específico?

Ya explicamos que el peso específico de un material surge de obtener el peso de 1 cm³, 1 dm³, 1 m³ o de cualquier otra “unidad de volumen” de ese material. También se mencionó que, de un modo semejante, si se mide la masa de una unidad de volumen de ese material, se obtiene su densidad.

¿A qué se debe la variación en el peso específico al cambiar la temperatura? La ciencia interpreta este hecho a partir de sus ideas sobre la constitución de la materia en general: las sustancias están constituidas por moléculas, partículas que debido a su pequeñísimo tamaño son invisibles. Las moléculas se encuentran en permanente agitación, y cuanto más alta es la temperatura de la materia, mayor es la agitación. Puede observarse que, en la mayoría de los cuerpos, al aumentar la temperatura el volumen crece en forma proporcional. Este fenómeno se denomina *dilatación térmica*. Por el contrario, al bajar la temperatura el volumen disminuye; a esto se llama *contracción térmica*. La ciencia los interpreta de este modo: Al aumentar la temperatura, las moléculas de las sustancias que constituyen el aire comienzan a agitarse más intensamente y, como sus recorridos son más largos, tienden a ocupar espacios más grandes. Al descender la temperatura, por el contrario, una agitación menos intensa disminuye las distancias entre moléculas. En esas condiciones, si se toma una unidad de volumen de dos muestras de aire a temperaturas distintas, la de aire caliente encerrará menos moléculas en su interior y, por lo tanto, su peso específico será menor.



La cantidad de moléculas contenidas en una unidad de volumen de aire frío (izquierda) es mayor que en el mismo volumen de aire caliente (derecha).

Debido a que presentan algunos comportamientos en común, al agua y al aire, así como a los líquidos y a los gases en general, se los denomina **fluidos**. El término hace referencia a que, a diferencia de los sólidos, poseen capacidad de fluir, de circular.

Un "océano de aire"

Uno de las personas que advirtió que entre los gases y los líquidos existen varias semejanzas fue Evangelista Torricelli (1608-1647). El científico italiano llamó “océano de aire” a la *atmósfera*, la capa que rodea a la Tierra y que está constituida por una

mezcla de gases junto a diminutas gotas líquidas y pequeñas partículas sólidas. Según su interpretación, la superficie terrestre corresponde al fondo de ese océano de aire. La superficie de ese océano no es tan fácil de establecer, pues el límite exterior de la atmósfera es muy difuso y el aire es sumamente escaso a esas alturas. Para su mejor estudio, los investigadores actuales de la atmósfera distinguen en ella varias capas de características definidas, cuyo detalle presentaremos a continuación. Veremos que la tropósfera es la más cercana a la superficie y es la que concentra la mayor parte del aire atmosférico. En esta capa es donde se dan los fenómenos meteorológicos y donde se originan las nubes que producen lluvia, granizo y nieve.

6.4 El peso del aire y la presión atmosférica

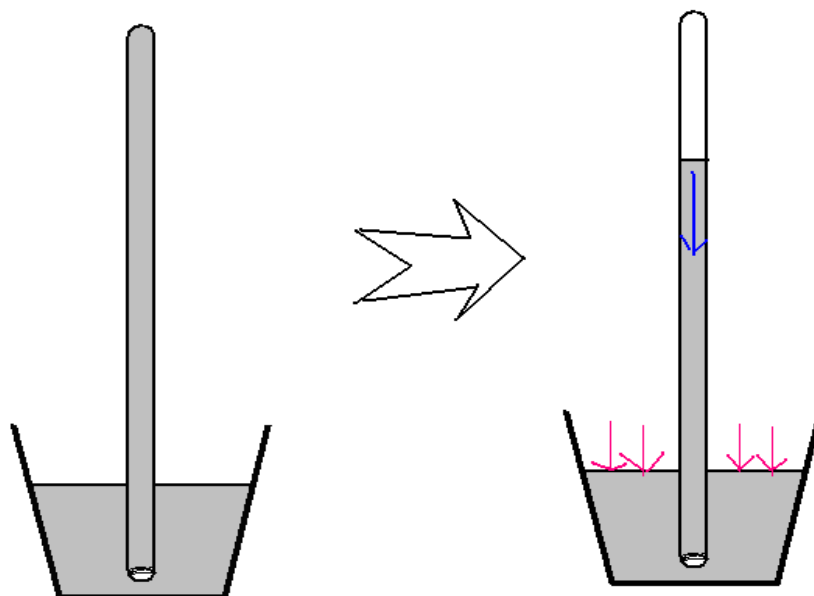
Si el aire pesa significa que todo lo que se encuentre sumergido en la atmósfera está "aguantando" el peso de la columna de aire que tiene encima. A la presión que ello origina se la denomina presión atmosférica, y su valor es bastante elevado porque, aunque el aire sea liviano, la columna tiene muchos kilómetros de altura. La presión atmosférica se ejerce no sólo hacia abajo, sino *en todas las direcciones*. Esta es una característica que se da toda vez que los causantes de la presión son gases o líquidos, o sea, fluidos.

La presión atmosférica va disminuyendo a medida que se asciende, porque la columna de aire que queda por arriba se hace cada vez más pequeña.

La medición de la presión atmosférica

Torricelli no sólo tuvo la idea del "océano de aire", sino que diseñó y realizó un célebre experimento para conocer el valor de la presión atmosférica. Para ello seleccionó al mercurio, un metal líquido de muy alta densidad. En las imágenes se muestran los pasos de su experiencia.

El científico llenó un tubo con mercurio, lo tapó, lo invirtió, y de ese modo lo sumergió parcialmente en un vaso que también contenía mercurio.



Mientras sostenía el tubo, lo destapó sin sacar su extremo del interior del vaso. Observó que la columna de mercurio del tubo empezaba a descender, y en cierto momento quedaba quieta. Midió 76 cm de altura entre ese punto y la superficie del mercurio contenido en el vaso.

Torricelli interpretó que el mercurio era “sostenido” en el tubo por la presión atmosférica exterior: la presión ejercida por el mercurio hacia abajo se compensaba con la presión del aire atmosférico hacia arriba. En el gráfico, la flecha azul indica la presión que ejerce el mercurio del tubo hacia abajo, y las rojas la que hace la atmósfera sobre la superficie del mercurio.

Volvió a medir la misma altura en otros momentos a lo largo de la semana y notó que a veces era algo mayor de 76 cm y otras veces era menor. Comprendió entonces que había encontrado una manera de medir *continuamente* la presión atmosférica, expresándola según la longitud de la columna de mercurio que podía ser equilibrada. El dispositivo construido, capaz de detectar esas pequeñas variaciones, se llama *barómetro*.

Cuando Torricelli seleccionó al mercurio para su experiencia lo hizo pensando que, con un material de menor densidad, la columna necesaria para equilibrar la presión atmosférica habría sido mucho mayor. Si, por ejemplo, hubiese elegido agua, la columna habría tenido una longitud de más de 10 metros.

6.5 Síntesis de la Unidad VII

En esta Unidad se han desarrollado contenidos asociados a las propiedades de los fluidos. Se espera que, entre otras cosas, a lo largo de esta Unidad, usted haya logrado:

- * comprender los conceptos centrales del tema: *densidad, presión, flotabilidad*.
- * aprender la noción de *presión atmosférica* y examinar dispositivos capaces de medirla.
- * analizar experiencias clásicas, como la de *Arquímedes* y la de *Torricelli*.
- * aplicar los nuevos conceptos introducidos a un conjunto de situaciones y artefactos de nuestras vivencias cotidianas.

La siguiente Unidad está dedicada al estudio del calor, de la temperatura y de algunos fenómenos térmicos.

6.6 Blog Física

Este es el link de FISICADULTOS que lo conduce a los contenidos de Fluidos:
<http://pablo-fisicadultos.blogspot.com.ar/search/label/Fluidos>

6.7 Evaluación

Pregunta 1: El mercurio, único metal líquido a temperatura ambiente, tiene un peso específico de 136 N/dm³, que es mayor al del hierro (cuyo peso específico es 78 N/dm³).

a. Indique qué ocurrirá con un trozo de hierro si se lo echa en un recipiente que contiene agua:

- A. Flotará
- B. Se irá al fondo
- C. Quedará a medio camino entre la superficie y el fondo.

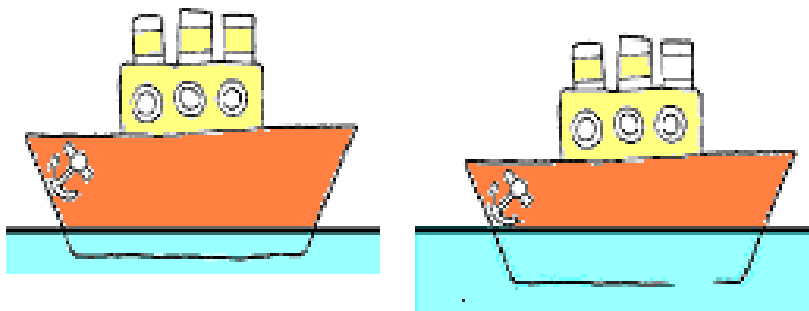
b. Indique qué ocurrirá con el trozo de hierro si se lo echa en un recipiente con mercurio:

- A. Flotará
- B. Se irá al fondo
- C. Quedará a medio camino entre la superficie y el fondo.

Pregunta 2 Señale si esta afirmación es verdadera (V) o falsa (F):

El peso del agua desplazada por la parte sumergida de un témpano es igual al empuje que recibe el témpano hacia arriba.

Pregunta 3 - Los valores de peso específico del agua marina pueden diferir mucho según el mar considerado, y otro tanto ocurre con el agua de diferentes ríos. Puede decirse que, en general, el agua de mar tiene mayor peso específico que la de río.



A partir de la información anterior, marque en dónde le parece que es mayor la parte sumergida de una misma embarcación (se entiende que con el mismo peso):

- A. En el mar
- B. En un río

Pregunta 4- Un cuerpo sólido y macizo se corta en dos partes iguales. Indique con una X cuál de las opciones es correcta en la tabla adjunta:

	....es la mitad del valor en el cuerpo entero.	....es el doble del valor en el cuerpo entero.	...es igual al valor en el cuerpo entero.
El valor del volumen de una de las partes...			
El valor del peso de una de las partes...			
El valor de la densidad de una de las partes...			
El valor de la masa de una de las partes...			
El valor de la cantidad de materia de una de las partes....			

Pregunta 5- Indique si estas afirmaciones son VERDADERAS (V) o FALSAS (F)

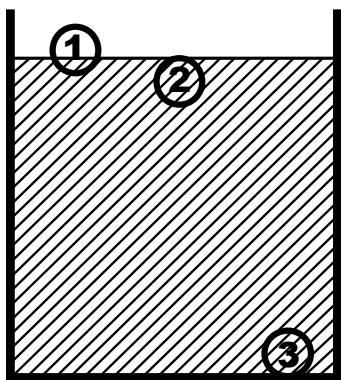
La presión atmosférica es mayor a medida que aumenta la altura	
La presión en un líquido es mayor a medida que aumenta la profundidad	
La presión en un líquido no depende de la densidad del líquido	
La experiencia de Torricelli permite medir la presión en un líquido	
En la experiencia de Torricelli se usa mercurio porque hierve a alta temperatura	
La experiencia de Torricelli usa mercurio por su alta densidad.	
Un cuerpo flota cuando su densidad es mayor que la densidad del líquido	
Mientras un cuerpo está flotando, el empuje sobre él es mayor que su peso	

Al ser sumergido en un líquido, el empuje que recibe un cuerpo es igual al volumen del líquido desalojado	
Al ser sumergido en un líquido, el empuje que recibe un cuerpo es igual al peso del volumen del líquido desalojado	
Un corcho que se mantiene sumergido totalmente dentro del agua, es liberado. En ese momento el empuje que recibe es mayor a su propio peso.	
Un trozo de hierro que se mantiene sumergido totalmente dentro del agua, es liberado. En ese momento el empuje que recibe es mayor a su propio peso.	

Pregunta 6 - Indique si estas afirmaciones son verdaderas (**V**) o falsas (**F**)

- La densidad de una sustancia es un valor constante, independiente del planeta donde uno se encuentra
- La densidad en el espacio exterior es igual a 0 (cero)

Pregunta 7 En un recipiente que contiene agua como el de la figura se dejan caer tres objetos identificados como 1, 2 y 3. Al cabo de un tiempo, los objetos quedan en las posiciones que se ven en el gráfico.



Complete los lugares vacíos con **mayor menor o igual**:

- El peso específico de 1 esque el del agua.
- El peso específico de 2 es que el de 3.

UNIDAD 7 El calor y la temperatura

En la Unidad IV hemos señalado que la energía es causa de un gran número de transformaciones. En muchas de esas transformaciones, como encender una estufa o una bombita eléctrica, frotar una piedra o poner en funcionamiento un motor, se produce un intercambio de calor. La palabra temperatura, por su parte, seguramente le resultará familiar ya que aparece en cartas meteorológicas, en un indicador del tablero de un automóvil, en un termómetro, en una receta de cocina.

Las palabras “calor” y “temperatura” suelen usarse indistintamente ante diversas situaciones cotidianas. Solemos decir, por ejemplo, “hace calor” o “qué temperatura tan alta”. El lenguaje científico requiere, sin embargo, diferenciar el significado de cada uno de esos términos.

Algunos diccionarios no aportan mucha claridad al respecto, y ello puede apreciarse a continuación:

“Calor: Fenómeno físico que eleva la temperatura”. Esta definición se completa en la siguiente línea, en la que se admite que el calor *“...sin aumentar la temperatura de un cuerpo, puede producir en él una modificación”*. En otra de las acepciones, se señala que el calor es equivalente a *“temperatura elevada”* y que puede tomarse como *“la cualidad de lo que está caliente; la sensación que produce un cuerpo caliente”*. Una búsqueda posterior nos revela que *“caliente”* significa *“que tiene calor”* y que la temperatura es el *“grado de calor”*.

Estas definiciones no permiten distinguir completamente los dos conceptos. En esta Unidad nos ocuparemos, entre otras cosas, de marcar la diferencia conceptual que existe entre ambos términos. Como resultado de ello, por ejemplo, en lugar de afirmar “hace calor” preferiremos una frase bastante más compleja pero más precisa: “La temperatura del ambiente es más alta que la que nos resulta agradable”.

Estudiaremos que el calor es una forma muy particular de transferencia de energía, y que la temperatura de la materia está relacionada con la energía cinética que poseen las partículas que la constituyen. Con relación a esto, recordemos que en la Unidad I hemos presentado una experiencia cuyos resultados condujeron a la formulación de un modelo de materia. En esta Unidad se profundizará en las características de ese modelo mediante el planteo de una nueva información (ya parcialmente adelantada en la unidad anterior): Las partículas que forman la materia se encuentran en permanente agitación, o sea, poseen energía de movimiento (cinética). La agitación de las partículas puede ser más o menos intensa; el modelo plantea que cuanto mayor es la energía cinética¹⁵ de las partículas, más alta es la temperatura de la materia.

También estudiaremos que, al variar la temperatura, el volumen de los cuerpos cambia en forma aproximadamente proporcional. Tomaremos contacto con la noción de “equilibrio térmico”. Analizaremos la relación entre calor, masa y temperatura, y mostraremos que el calor puede pasar de unos cuerpos a otros mediante formas diferentes.

Como en otras Unidades, comenzaremos planteando una serie de problemas asociados con el conocimiento que seguramente usted posee a partir de sus vivencias previas.

Apelando a nuestra experiencia

Resuelva las siguientes situaciones. Escriba sus respuestas para poder corroborarlas a medida que avance en la lectura de esta Unidad.

¹⁵ En realidad, el modelo plantea que las partículas constituyentes se mueven con distintas velocidades. Por esa razón la temperatura se define, más bien, a partir del **promedio** de los diferentes valores de energía cinética que poseen esas partículas.

1- a) Se vierte agua caliente en dos recipientes iguales. Uno de ellos se envuelve con una manta. Al cabo de unos minutos se mide la temperatura de cada uno con un termómetro. ¿Le parece que estarán a la misma temperatura? ¿Por qué lo cree?

b) Se repiten los pasos de la experiencia anterior, pero ahora se emplea agua bien fría. Nuevamente, a uno de los recipientes se lo envuelve con una manta y, tras unos minutos, se miden las temperaturas de ambos. ¿Le parece que estarán a la misma temperatura? ¿Por qué lo cree?

2- Los termómetros “tradicionales” poseen un bulbo en cuyo interior hay alcohol o mercurio. Cuando el bulbo se introduce, por ejemplo, en agua caliente, éste aumenta su temperatura. ¿Qué es lo que ocurre entonces con el material que se encuentra en el interior del termómetro? ¿A qué fenómeno lo atribuiría?

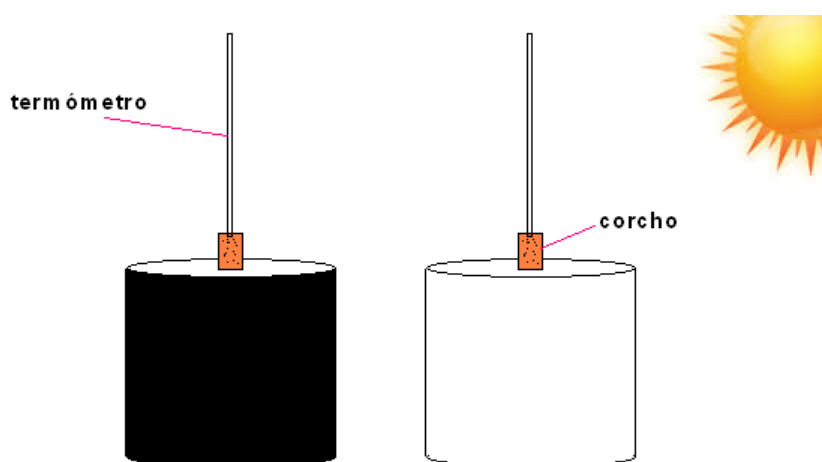
3- Un procedimiento habitual cuando se toma una ducha consiste en modificar la abertura de las canillas para regular la mezcla de agua fría y de agua caliente. ¿Qué se consigue de ese modo? ¿Qué ocurre con la temperatura de la mezcla resultante?

4- Según hemos señalado al comienzo de la Unidad, un cuerpo que está a cierta temperatura posee partículas con un mayor nivel de agitación (en promedio) que las partículas de otro cuerpo a temperatura menor. Suponga que ambos cuerpos se ponen en contacto. ¿Qué cree que sucederá con la temperatura de cada uno de los cuerpos? ¿Cómo se imagina que podrá pasar la energía de las partículas de uno de los cuerpos hacia las del otro?

5- Una persona toma dos pesas de 200 gramos y calienta una de ellas. A continuación, pesa ambas pesas. ¿Le parece que, entre ellas, podrá aparecer una diferencia de pesos al realizar esta medición? Fundamente su respuesta.

6- Si tocamos un objeto de metal en una habitación a 25°C sentimos que está frío. Sin embargo, una ropa de lana en la misma habitación la sentimos cálida. Proponga alguna hipótesis que explique esta diferencia entre nuestras sensaciones.

7- Analice la siguiente situación:



Se preparan dos latas como indica la figura. En el interior de cada una se encuentra el bulbo de un termómetro, sostenido por un corcho con un orificio adecuado. Las superficies exteriores de las latas están pintadas, una de negro y otra de blanco. Las dos latas se colocan al Sol. Se registra la temperatura inicial de cada termómetro y, al cabo de una media hora, se repite la medición. ¿Qué supone que habrá sucedido con

las temperaturas de ambas? ¿Qué resultado se obtendrá al comparar lo ocurrido en cada lata?

8- ¿Qué ocurre con las partículas de ceniza que son liberadas a unos veinte o treinta centímetros sobre el fuego de una hornalla, de un mechero, o de alguna otra fuente de calor? ¿Cómo lo explicaría?



Trate de relacionar su respuesta con lo que sucede con algunas aves que, sin aletear, ascienden en la atmósfera.

¿Conoce aeronaves sin motor que usen el mismo recurso para mantenerse en el aire? ¿Cómo lo conseguirán?

9- a- Se quiere conseguir que un puré se enfríe rápidamente. ¿Conviene esparcir el puré por el plato o concentrarlo en una pequeña zona? ¿Por qué? ¿Qué sucede con la superficie de contacto entre el puré y el aire en cada caso?

b- La forma que adopta un perro mientras duerme le permite reducir la liberación de calor desde su cuerpo hacia el ambiente. ¿Por qué? ¿Qué sucede con la superficie de contacto entre el perro y el aire?

10- Una persona que vive en una zona fría construye su casa con paredes exteriores dobles. ¿Por qué cree que lo hará? ¿Qué conseguirá con ello? ¿Se le ocurre alguna relación entre el recurso citado y lo que ocurre en una campera inflable?

11- a) Confeccione una lista con varios materiales que permitan la “conducción” del calor, del tipo de los que se emplean en recipientes para cocinar, en radiadores de automóviles, en planchas, etc.

b) Haga otra lista con materiales que dificulten la “conducción” del calor, tales como los que se usan en paredes de viviendas, en ropa de abrigo, en asas y mangos para recipientes de cocina, etc.

12- Cuando hay hielo adherido a las paredes de la heladera, ésta no enfría. ¿Le parece que, a partir de esa información, puede afirmarse que el hielo no es un buen conductor del calor? ¿Por qué?

Breves comentarios sobre los problemas planteados

Los problemas planteados en "Apelando a nuestra experiencia" de esta Unidad intentan, como al principio de otras unidades, poner de manifiesto un conjunto de “saberes” surgidos de nuestras vivencias cotidianas. Al seleccionar esos problemas intentamos apuntar hacia ideas que muchas personas consideran verdaderas y que, sin embargo, suelen ser erróneas. Lo hicimos de ese modo porque estamos convencidos de que así se enriquece su aprendizaje, pues la revisión de esas ideas previas “incorrectas” le permitirá interpretar cabalmente la información que le aporta la bibliografía.

Por esa razón es sumamente importante que, a medida que avance en la lectura de esta Unidad, retome sus respuestas a esa actividad y las replantee a la luz de los nuevos conocimientos adquiridos.

7.1 La energía y el calor

En la Unidad 4 hemos señalado que, toda vez que se lleva a cabo una transformación de una forma de energía en otra, una gran parte de la energía inicial siempre se pierde en forma de calor. Por ello se suele afirmar que el calor es "energía degradada"; es decir, que no es en general aprovechable para nuestros fines. Y, puesto que **el calor es energía** (aunque, como veremos más adelante, en una forma muy particular), el calor se mide en Joule, aunque en algunos ámbitos todavía se lo suele expresar con otra unidad, la caloría¹⁶.

El modelo actual de la materia

Todo lo que se halla a nuestro alrededor está hecho de materia, la cual ocupa lugar y tiene peso. Desde hace siglos, una de las grandes preocupaciones de la ciencia es qué es lo que forma la materia. Como usted seguramente conocerá, la ciencia actual considera que la materia está constituida por partículas que, debido a su pequeñísimo tamaño, son invisibles. Esta idea permite explicar muchos fenómenos que ocurren en la naturaleza.

Una representación de este tipo, como ya hemos señalado, se denomina "modelo"¹⁷. Los modelos son especialmente útiles en casos como el mencionado, en el que los objetos de estudio son sumamente pequeños. Según el modelo científico actual, las partículas que constituyen la materia se encuentran en permanente agitación. Eso significa que, de acuerdo a lo estudiado en el punto anterior, las partículas poseen energía de movimiento, es decir, energía "cinética".

La temperatura

Esta es otra palabra que utilizamos en numerosas ocasiones durante nuestra vida diaria. Comprobamos diariamente que cuando ponemos un recipiente al fuego, su temperatura se eleva. En cambio, cuando guardamos alimentos en el congelador, su temperatura desciende.

Ahora bien, ¿qué es la temperatura? Para responder, recurramos al modelo citado párrafos atrás: según él, las partículas que constituyen la materia están en permanente agitación. El mismo modelo plantea que cuanto mayor es la agitación de las partículas, más alta es la temperatura de la materia. **La temperatura de la materia está relacionada, entonces, con la energía cinética que poseen sus partículas.**

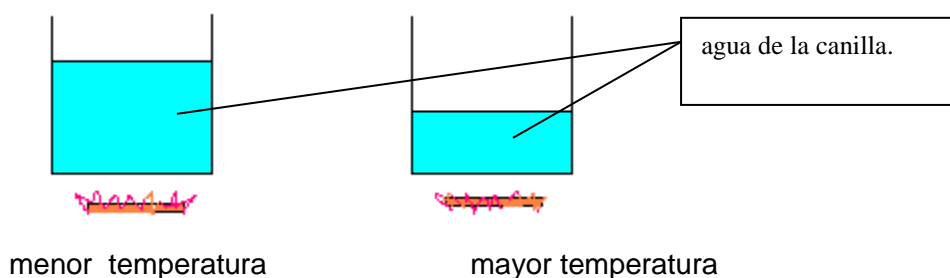
Eso significa que si se desea elevar la temperatura de un cuerpo, hay que aumentar la agitación de sus partículas, lo cual se consigue entregándoles energía. Eso es lo que sucede, por ejemplo, cuando se calienta un líquido al fuego: el conjunto de las partículas del líquido incrementa su energía cinética y éste aumenta su temperatura. Volvamos al caso de la heladera: su sistema de refrigeración "quita" calor a los alimentos que se guardan en ella, lo cual hace descender su temperatura. Y, de acuerdo con el modelo, al enfriarse los alimentos la agitación de sus partículas es menos intensa. De un modo semejante, el aparato de aire acondicionado "quita" calor del interior de la habitación en la que está instalado, y lo libera en el ambiente exterior. En definitiva: cuando decimos que "hace calor" lo que en realidad queremos indicar es que la temperatura del ambiente es más alta que la que consideramos agradable.

¿Tiene importancia la masa?

¹⁶ O en un múltiplo: la kilocaloría, equivalente a 1000 calorías.

¹⁷ Recuerde que, en términos sencillos, un modelo es una representación de un objeto o de un fenómeno de la realidad, a la cual intenta "aproximarse" en su descripción. Un modelo puede presentar diferentes formas, tales como una teoría, una maqueta, un diagrama, o un programa de computación.

La masa de cada cuerpo está directamente relacionada con la cantidad de materia que éste posee. Ahora bien, si se entrega la misma cantidad de calor a dos cuerpos del mismo material pero de diferente masa ¿el aumento de temperatura será el mismo? Aunque es muy posible que su experiencia cotidiana le haga imaginar la respuesta, le proponemos analizar esta situación: suponga que pone a calentar distintas cantidades de agua de la canilla en dos cacerolas con fuegos idénticos durante el mismo tiempo. Aunque ambas reciben la misma cantidad de calor, su experiencia le indica que sus temperaturas luego de unos minutos serán diferentes. Eso pone en evidencia que las variaciones de temperatura no sólo dependen del calor entregado, sino también de la masa del cuerpo que es calentado.



Al calentarse las dos cacerolas que aparecen en la imagen con fuegos *idénticos* durante el *mismo* tiempo, las dos reciben la *misma* cantidad de calor, pero sus temperaturas son *distintas* porque las masas de agua son diferentes.

7.2 La evolución del modelo de calor

Una característica de la actividad científica es que permanentemente pone a prueba la validez de sus conocimientos. En ese proceso de continua revisión de las ideas, hay modelos que dejan de ser válidos y que ceden su lugar a nuevos modelos que superan a los anteriores. El modelo del **calórico**, por ejemplo, sostenía que el calor era como un "gas" que se emitía de algo caliente a algo más frío a través de "poros" sumamente pequeños. A partir de esa concepción, la diferencia de temperaturas entre distintos objetos se explicaba afirmando que un objeto caliente tenía más cantidad de ese "gas calórico" que uno frío. El autor de ese modelo fue el científico francés Antoine Lavoisier (1743-1794), uno de los creadores de la química moderna, que llegó a incluir al calor dentro de su tabla de elementos.

Como otras veces en la historia de la ciencia, el modelo del calórico resultó adecuado para explicar algunos fenómenos y por eso fue aceptado hasta fines de ese siglo. Su debilidad se puso en evidencia cuando no logró explicar otro grupo de fenómenos tales como, por ejemplo, la producción de calor ocasionada por el frotamiento entre dos objetos.

Las primeras ideas del calor como una forma de la energía surgieron como resultado del trabajo de investigación del científico estadounidense Benjamín Thompson, conde de Rumford (1753-1814). Tras realizar una serie de observaciones, Lord Rumford llegó a la conclusión de que la temperatura de un cuerpo podía explicarse si se consideraba el movimiento vibratorio de sus partículas. El modelo del calórico, sin embargo, prevaleció sobre las ideas de Rumford durante varias décadas más, debido a la autoridad que emanaba de la figura de Lavoisier. La investigación posterior terminó de darle forma al modelo cinético del calor que se acepta actualmente.

7.3 Los cambios de estado de la materia

Una simple mirada a nuestro alrededor nos revela que la materia puede presentarse de maneras muy diversas; algunos materiales se hallan en estado sólido, otros en

estado líquido y otros en estado gaseoso. A cada uno de esos tres se lo denomina estado de agregación de la materia.

En general, los sólidos se caracterizan por poseer forma propia. El modelo actual de la materia explica esta propiedad considerando que las partículas de un sólido están muy cercanas y que entre ellas se ejercen grandes fuerzas de atracción que los mantienen unidos formando una estructura particular. Un líquido, en cambio, puede “desparramarse” y ser vertido en un recipiente pues sus partículas se desplazan unas sobre otras con facilidad. Las partículas que constituyen un gas tienden a estar muy separadas unas de otras; por eso si sale un poco de gas de la estufa, un rato después se lo puede oler por toda la habitación.

Si se aplica suficiente calor a un material, puede suceder que éste pase de un estado a otro. Si calentamos manteca, por ejemplo, ésta pasa del estado sólido al líquido. Y si el material líquido se enfría, vuelve a ser sólido. Toda vez que se pasa de cualquier estado de agregación a otro (sin que cambie la naturaleza del material), se produce un cambio de estado. Entre los numerosos casos conocidos de cambios de estado podemos mencionar los siguientes:

* El del agua (líquida) de una olla que se calienta y se vaporiza¹⁸. Esa agua, como sucede en forma mucho más evidente en el caso del agua caliente proveniente de la ducha, puede empañar espejos y azulejos. Lo que ocurre es que el vapor de agua se enfría al tocar la superficie de los espejos y los azulejos, y se condensa, es decir se transforma en pequeñas gotitas de agua líquida.

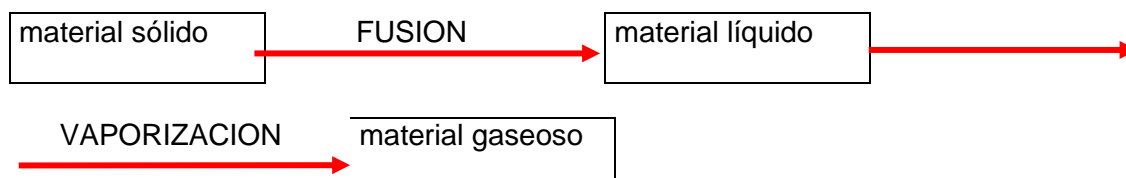
* Al recibir el calor de la llama, la parafina (sólida) de la vela se funde, es decir se vuelve líquida. Luego, al enfriarse a la temperatura ambiente, nuevamente se solidifica.

* El perfume (líquido) se vaporiza, y así libera su aroma en el aire.

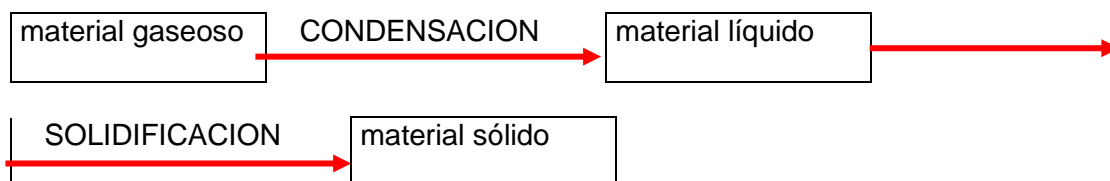
* A temperatura ambiente, el hielo seco (sólido) pasa directamente al estado gaseoso. El mismo fenómeno se presenta con las partículas (sólidas) de la naftalina, que pasan al estado gaseoso y dejan su olor característico en el aire.

* Empleando la llama de un soplete, el plomero funde estaño (un metal sólido) y lo deposita entre los dos tramos de caño. Cuando el estaño líquido se enfría, el material se solidifica y los caños quedan unidos.

Como puede verse en el esquema siguiente, estas transformaciones tienen distintos nombres: fusión, vaporización, condensación y solidificación. Para que se lleven a cabo las dos primeras, los materiales deben recibir calor. En cambio, para que se produzcan las dos últimas es necesario quitar calor al material, es decir, se debe enfriar.



¹⁸ Conviene aquí marcar la diferencia entre dos procesos de vaporización: la **evaporación**, que está limitada al nivel de la superficie del líquido que se halla en contacto con el aire, y la **ebullición**, que es mucho más intensa y se lleva a cabo en toda la masa del líquido cuando se llega a la temperatura llamada, precisamente, “de ebullición”. Al primer proceso corresponde lo que sucede en una vereda que se va secando después de ser baldeada; al segundo, cuando hierve el agua.



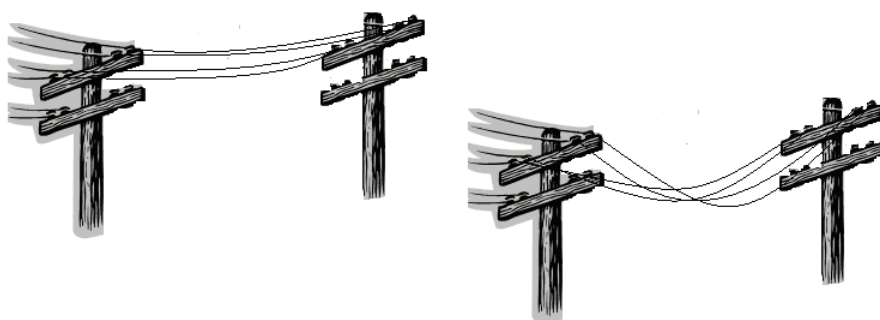
En dos de los ejemplos anteriores puede verse que, en ciertas condiciones y con algunos materiales, se da un cambio de estado que va directamente del estado sólido al gaseoso, sin pasar por el líquido. Esta transformación se llama volatilización. El caso más conocido es el del hielo seco ya citado, que es dióxido de carbono congelado, y que al ser expuesto al aire del ambiente (que está a mayor temperatura) pasa al estado gaseoso. Con otros materiales puede presentarse el pasaje en sentido opuesto, es decir del gaseoso al sólido, llamado sublimación¹⁹. Mientras se está produciendo cualquier cambio de estado, la temperatura permanece fija. ¿Cuál es la razón? Analicemos, por ejemplo, lo que sucede cuando se entrega calor a un recipiente con agua en ebullición. En este caso, la temperatura no cambia porque el calor (energía) entregado se utiliza para producir la transformación de un estado a otro.

7.4 La dilatación y la contracción térmicas

En la gran mayoría de los materiales, cuando asciende la temperatura el volumen de un cuerpo aumenta en forma proporcional. Este fenómeno se llama dilatación térmica. La contracción térmica es el efecto contrario: cuando la temperatura desciende, el volumen del cuerpo disminuye.

¿Cómo explica este fenómeno el modelo actual de la materia? Al subir la temperatura, las partículas se agitan más y sus recorridos son más largos, por eso ocupan mayores espacios. Cuando baja la temperatura, se agitan menos y ocupan volúmenes más pequeños. Hay unas pocas excepciones a este comportamiento. El más importante es el del agua, que entre los 4°C y los 0°C se comporta de manera inversa²⁰.

La vida cotidiana nos presenta un gran número de situaciones en los que intervienen fenómenos de dilatación y contracción térmicas. Los distintos tipos de construcciones, por ejemplo, son afectados por los cambios de temperatura y sufren efectos de contracción y dilatación. Para evitar que esos efectos provoquen grietas y roturas, se dejan espacios entre un bloque y otro, que son rellenados con algún material elástico.



¹⁹ Conviene aclarar que algunos autores denominan “sublimación inversa” a la volatilización

²⁰ A diferencia que la mayoría de los otros materiales, cuando el agua líquida se congela se dilata. Ese aumento de volumen (de alrededor de un 9%) se debe al proceso de cristalización que tiene lugar. El fenómeno suele identificarse como “dilatación anómala del agua”. Como el hielo resultante tiene un volumen mayor que el agua original, la densidad del hielo resulta menor a la del agua, y eso conlleva que el hielo flote sobre el agua.

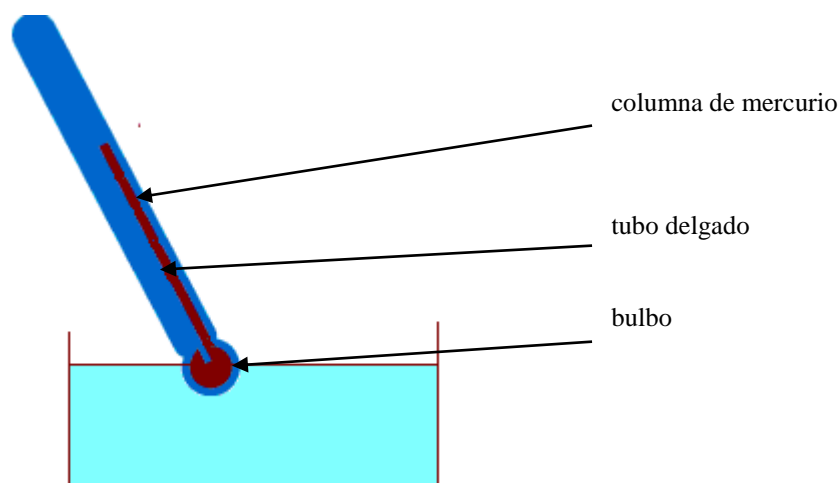
El mismo tendido de cables un día de baja temperatura (izquierda) y uno de alta (derecha). En las imágenes el efecto ha sido exagerado.

Los termómetros

Seguramente alguna vez usted ha tenido entre sus manos un termómetro, un instrumento usado para medir la temperatura. Es posible que haya visto los que se emplean en medicina o en meteorología, o los que están diseñados para el trabajo en el laboratorio. El funcionamiento de una gran parte de ellos se basa en el fenómeno de dilatación y contracción térmicas.

Los termómetros más conocidos poseen un bulbo, en el que se halla depositada una cierta cantidad de alcohol o de mercurio, conectado a un tubito tan delgado que recibe el nombre de “capilar”. Cuando el bulbo toca, por ejemplo, un cuerpo caliente, el bulbo adquiere la temperatura del cuerpo, y el líquido se dilata dentro del capilar. La escala graduada permite conocer la temperatura del bulbo, que es la misma que tiene el cuerpo. El clásico termómetro "clínico" de uso medicinal incorpora un estrangulamiento en el capilar para impedir el retroceso del mercurio o del alcohol una vez que éste se dilató. Como la columna de mercurio o alcohol queda “clavada” después de medir la temperatura corporal, el termómetro debe ser sacudido para volver a ser usado.

En los termómetros de laboratorio o meteorológicos, en cambio, no hay ese doblez y la columna puede desplazarse en ambos sentidos. Por esa razón, estos modelos de termómetros indican permanentemente la temperatura de lo que está en contacto con el bulbo.

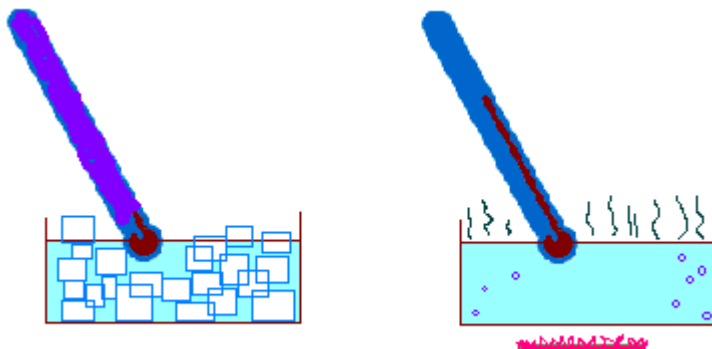


Otros modelos funcionan gracias a la circulación de electricidad controlada por elementos electrónicos y pueden dar indicaciones de temperatura muy precisas. En los últimos tiempos se está imponiendo para uso doméstico el llamado termómetro "digital", basado en la lectura de un sensor que genera una corriente eléctrica cuyo voltaje está en relación directa con la temperatura medida..

Las escalas “relativas” de temperatura

Como hemos visto, los termómetros incluyen una escala graduada, que tiene impreso un conjunto de valores que permiten expresar la temperatura. Es importante señalar la conveniencia de que los puntos inferior y superior de cualquier escala correspondan a la temperatura en que se produce un cambio de estado. La razón ya la hemos señalado: mientras hay un cambio de estado la temperatura permanece fija.

La escala más utilizada en el mundo de hoy, fuera del ámbito científico, fue propuesta por el astrónomo sueco Anders Celsius (1701-1744) poco antes de su muerte. Poco después esta escala fue modificada levemente y es de ese modo que se la emplea en la actualidad. En su escala, el 0 grado centígrado se indica 0°C y es la temperatura en la que se congela el agua pura, que es la misma temperatura en la que se funde el hielo. El 100°C es la temperatura en que el agua pura hierve, es decir, cuando está en ebullición.



Cuando el bulbo se pone en contacto con el hielo fundiéndose, la escala indica la temperatura 0°C . Cuando el bulbo toca el agua en ebullición, la escala graduada indica 100°C .

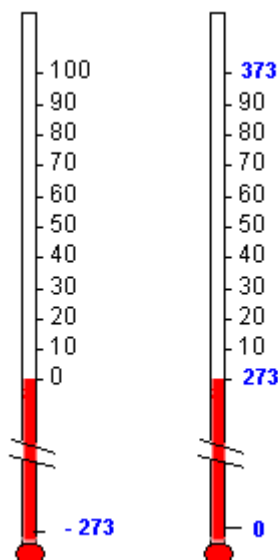
A todas las escalas mencionadas en este párrafo se las llama "escalas relativas de temperatura". Esta denominación se debe a que los valores inferior y superior de cada una han sido elegidos de un modo arbitrario, y guardan relación con fenómenos que ocurren con los materiales seleccionados. Para ser "absoluta", por el contrario, una escala debe basarse en condiciones generales, que sean válidas para cualquier material.

La escala Kelvin o "absoluta" de temperatura

Seguramente usted recordará que la temperatura de un cuerpo está relacionada con la energía cinética de sus partículas, y que esa energía es menor a medida que el material se va enfriando. En esa situación, si consiguiéramos que paulatinamente las partículas se movieran menos, ¿habrá una temperatura en la que se queden quietas? Al menos en teoría, el modelo prevé que, si se enfría suficientemente el material, se llegará a una temperatura en que las partículas dejen de agitarse.

Siguiendo este planteo, el científico inglés William Thomson, Lord Kelvin, propuso en 1848 una nueva escala de temperatura. Kelvin calculó que la mínima temperatura que puede alcanzar la materia se halla a 273°C por debajo del 0°C , es decir, a -273°C . A ella se le asigna hoy el valor 0 Kelvin, que se representa 0 K, y es el punto inferior de la escala más ampliamente usada en el ámbito científico. Y como el 0°K es la mínima temperatura que puede alcanzar la materia, en esta escala no tienen sentido los valores negativos.

Es interesante señalar que, aunque los puntos inferiores de las escalas son diferentes, el "tamaño" del grado Kelvin es el mismo que el del grado centígrado. Por esa razón, si un cuerpo varía su temperatura en 8K, también la varía en 8°C .



Comparación de las escalas centígrada y Kelvin. En la primera, las temperaturas inferiores al 0 se indican con valores negativos.

El equilibrio térmico

Para enfriar un huevo duro recién cocido, es bastante común dejarlo un rato dentro de un recipiente con agua de la canilla. Con eso no sólo baja la temperatura del huevo, sino que también aumenta la temperatura del agua. (Un fenómeno parecido ocurre cuando se regula la temperatura del agua de la ducha modificando la abertura de las canillas de agua fría y de agua caliente: de esa manera se obtiene agua a alguna de las temperaturas intermedias).

El modelo de materia explica así el proceso: las partículas que constituyen el huevo tienen una agitación mayor que las del agua. Al ponerse en contacto unas con otras, las del huevo van perdiendo energía cinética y se la entregan a las partículas del agua, que de esta manera adquieren más energía cinética.

Ese proceso de *"circulación de energía"*, esa *"energía en tránsito"* es lo que hemos definido en este texto como "calor" (recuerde que, al principio, habíamos señalado que el calor era "una forma muy particular" de la energía). La transferencia de calor se interrumpe cuando la temperatura del objeto es la misma que la del agua. Cuando ello ocurre se alcanza el equilibrio térmico.

7.5 Las formas de propagación del calor

El calor puede propagarse de tres formas diferentes, denominadas conducción, convección y radiación. Veamos en qué consiste cada una de ellas.

La conducción: Tal vez le ocurrió alguna vez que, al colocar cierto tipo de cuchara de metal²¹ en el café muy caliente, se quemó los dedos con la cuchara. Esta forma de transferir calor de un cuerpo a otro se llama conducción.

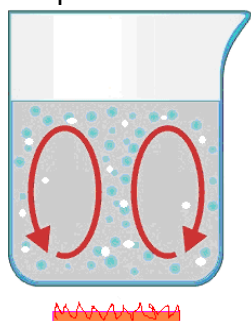
²¹ Esto ocurre sobre todo con las más económicas, no así con las de acero inoxidable debido a que este material no es un muy buen conductor térmico. En las cacerolas de este material suele haber una gran diferencia de temperaturas entre la parte expuesta a la hornalla y las que no lo están. Para corregir este inconveniente, particularmente molesto cuando se cocina, algunos fabricantes de ollas colocan una lámina de cobre en el interior, dispuesta a modo de sandwich entre dos capas de acero inoxidable.

Si tiene la oportunidad de poder experimentar con tres cucharas de ese tipo iguales, de manera que a la primera la deje en el líquido apenas un instante, a la segunda un poco más y a la última otro poco más, va a notar que la primera cuchara ha elevado su temperatura sólo en su parte inferior, y que en las otras dos el calentamiento llegó cada vez más arriba. Esto nos lleva a pensar que el calor "viaja" gradualmente por cada cuchara desde el punto de contacto con el líquido hacia la parte superior. Si no desea quemarse los dedos, va a tener que usar una cuchara de madera.

Las situaciones relatadas nos permiten diferenciar dos tipos de materiales: los que pueden conducir el calor y los que dificultan su marcha. Los primeros se denominan conductores térmicos, y los otros, aislantes térmicos. Entre los materiales que son muy buenos conductores térmicos se encuentra el conjunto de los metales, sobre todo en el caso de la plata, el cobre y el oro. Entre los aislantes térmicos se pueden mencionar la cerámica, el corcho, el "telgopor", la lana, muchos plásticos y, sobre todo, el aire. Los líquidos suelen ser malos conductores térmicos.

Los conductores térmicos se utilizan en distintos tipos de recipientes de cocina, en los radiadores de automóviles, en la parte inferior de las planchas y en otros elementos de uso hogareño e industrial. Los aislantes térmicos, por su parte, se emplean en las paredes de las casas, en la confección de ropa de abrigo, en asas y mangos para recipientes de cocina o en recubrimientos interiores de hornos.

La convección: Hay otra forma de transferir calor que es característica de los materiales líquidos y los gaseosos, y se llama convección. Se la puede observar mediante un experimento sencillo, para el cual hay que conseguir un recipiente transparente que pueda ponerse al fuego. En su interior se pone agua y unas cuantas pelotitas de papel de muy pequeño tamaño. Al calentar el agua con las pelotitas, estas últimas comenzarán a moverse, pues serán arrastradas por corrientes que se establecen dentro del agua, tanto ascendentes como descendentes. Como se ve en la figura de abajo, las corrientes transportan el calor desde la zona inferior hacia la superior. Estas corrientes sólo se detienen cuando toda el agua se halla a la misma temperatura.



También es posible ver corrientes de convección sobre un motor encendido o encima de cualquier otra fuente de calor. Mirando a través de esa zona, las imágenes parecen temblar; el fenómeno se debe a que el aire caliente está ascendiendo. Los pilotos de parapentes, de alas delta y de planeadores aprovechan las corrientes de aire caliente ascendente de la atmósfera para ganar altura.

La radiación: Al igual que otras estrellas, el Sol está continuamente emitiendo energía en forma de luz visible y también de otros rayos que son invisibles. Cuando una parte de estos rayos son absorbidos por la Tierra le provocan un aumento de su temperatura²². Por la misma razón se calienta una moneda que ha sido dejada al sol. Además, como resultado de esa absorción, tanto la Tierra como la moneda liberan

²² Note que, a diferencia de la conducción y la convección, el calor puede transferirse por radiación aun **en el vacío** (piense, por ejemplo, que la radiación solar se propaga en el espacio, en ausencia de un medio).

parte de la energía que absorbieron en forma de un tipo de rayos invisibles, que se llaman "infrarrojo".

En nuestra experiencia cotidiana frecuentemente nos encontramos ante muchas otras fuentes de rayos infrarrojo, tales como una plancha, un motor en funcionamiento o un fuego encendido. ¿Cómo podemos darnos cuenta de que están emitiendo esos rayos? Sencillamente: al acercarnos a ellas, sin tocarlas, sentimos que "despiden calor". Esta forma de entregar calor se llama radiación. El caso de los rayos procedentes del Sol muestra que para que este fenómeno se produzca no es necesario que haya un medio entre la fuente que las emite y el cuerpo que las recibe.

Ahora bien, ¿a qué se debe el aumento de temperatura? Para responder esta pregunta, hay que volver a considerar el modelo de partículas. En el caso de la moneda, por ejemplo, cuando los rayos son absorbidos por ella, el conjunto de sus partículas incrementa su energía cinética y de este modo la moneda aumenta su temperatura.

7.6 Síntesis de la Unidad VIII

En esta Unidad se ha desarrollado un conjunto de contenidos asociados al calor. Se espera que, entre otras cosas, a lo largo de esta Unidad, usted haya logrado:

- * marcar las diferencias entre los conceptos de *calor* (una forma de transferir energía) y de *temperatura* (relacionada con la energía cinética de las partículas que forman la materia): según el modelo vigente.

- * comprender la relación entre *calor*, *masa* y *temperatura* y la noción de *equilibrio térmico*

- * comparar dos *escalas de medición de la temperatura*.

- * apreciar que, al variar la temperatura, se produce una *expansión térmica*, es decir, el volumen de los cuerpos cambia en forma aproximadamente proporcional.

- * distinguir las diferentes formas por las que el calor puede pasar de unos cuerpos a otros: *conducción*, *convección* y *radiación*.

- * diferenciar los fenómenos de evaporación y de ebullición, así como los de condensación y congelación.

- * comprender la relación entre la energía y los cambios de estado.

- * analizar distintas situaciones desde la perspectiva de los nuevos conceptos.

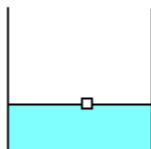
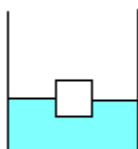
7.7 Blog Física

Este es el link de FISICADULTOS que lo conduce a los contenidos de Leyes de Newton:

<http://pablo-fisicadultos.blogspot.com.ar/search/label/Calor>

7.8 Evaluación

Pregunta 1 En las imágenes se muestran dos cubitos de hielo en agua, el primero de mayor tamaño que el segundo. En las dos situaciones hay equilibrio térmico.



¿Qué temperatura le parece que tiene el agua en la primera imagen?

Menos de 0°C 0°C Más de 0°C

¿Y en la segunda?

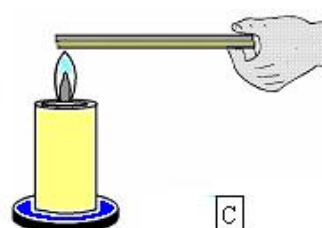
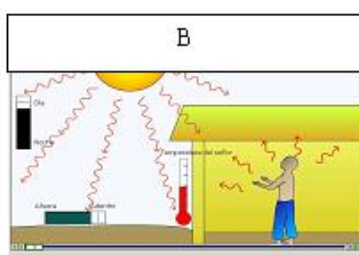
Menos de 0°C 0°C Más de 0°C

Pregunta 2 Un bloque de hielo se halla a -40°C y se le suministra continuamente calor hasta que se transforma en vapor de agua a 100°C . Indique la opción correcta:

- A. Durante todo ese proceso, el calor entregado se utilizó para aumentar la temperatura
- B. Sólo en una parte del proceso el calor entregado se utilizó para aumentar la temperatura. En el resto, se usó para producir el cambio de estado.
- C. Durante todo ese proceso, el calor entregado se utilizó para producir el cambio de estado.

Pregunta 3 Indique en la siguiente tabla a qué casos de transmisión de calor corresponden los ejemplos A, B y C:

conducción	
convección	
radiación	



Pregunta 4 Indique con una **X** si las siguientes proposiciones son verdaderas o falsas

	V	F
Cuando disminuyen sus temperaturas, todos los materiales se contraen.		
Siempre que un cuerpo absorbe calor su temperatura aumenta		
Si se enfría agua a partir de los 4°C , ésta se dilata		
Si se calienta agua a partir de los 4°C , ésta se dilata		
El agua se dilata siempre que se enfría.		
Si el vapor de agua baja su temperatura suficientemente, se condensa.		

Pregunta 5 - Mediante una llama se entrega una cierta cantidad de calor a 2 kg de agua, y se observa que su temperatura pasa de 6°C a 14°C , es decir aumenta 8°C
a- ¿Cuánto cree que aumentará la temperatura si se entrega la misma cantidad de calor a 1kg de agua?

4°C 6°C 14°C 16°C 32°C 100°C

b- ¿Y si se entrega la misma cantidad de calor a 4 kg de agua?

4°C 6°C 14°C 16°C 32°C 100°C

Pregunta 6 - En un día de verano, una chapa metálica ha quedado en una mesa a pleno sol.

Indique qué formas de transmisión de calor están relacionadas con cada una de estas situaciones:

Se eleva la temperatura de la chapa por efectos del sol	
Una persona toca la chapa con la mano.	
Se pone la mano muy cerca al costado de la chapa, pero sin llegar a tocarla	
Aparecen corrientes de aire ascendentes sobre la chapa.	

AUTOEVALUACIÓN

Aportamos aquí algunos ejercicios adicionales que pueden ser empleados eficazmente para evaluar su nivel de aprendizaje.

Ejercicio 1

Complete las columnas de los tres cuadros con SI o NO, según corresponda.

Tipo de movimiento	velocidad				
	Su valor numérico está disminuyendo	Su valor numérico es constante	Su valor numérico es cero	Su valor numérico está aumentando	El vector que la representa cambia
Movimiento con aceleración constante positiva y trayectoria rectilínea					
Movimiento con velocidad constante					
Movimiento con aceleración constante negativa y trayectoria rectilínea					
Móvil doblando en círculo con rapidez constante					
Objeto en caída libre, mientras está en movimiento					
Objeto arrojado verticalmente, mientras está en movimiento de ascenso					
Péndulo (mientras está bajando)					
Péndulo (mientras está subiendo)					

Tipo de movimiento	aceleración				
	Su valor numérico está disminuyendo	Su valor numérico es constante	Su valor numérico es cero	Su valor numérico está aumentando	El vector que la representa cambia
Movimiento con aceleración constante positiva y trayectoria rectilínea					
Movimiento con velocidad constante					
Movimiento con aceleración constante negativa y trayectoria rectilínea					
Móvil doblando en círculo con rapidez constante					
Objeto en caída libre,					

mientras está en movimiento					
Objeto arrojado verticalmente, mientras está en movimiento de ascenso					

Tipo de movimiento	Fuerza resultante				
	Su valor numérico está disminuyendo	Su valor numérico es constante	Su valor numérico es cero	Su valor numérico está aumentando	El vector que la representa cambia
Movimiento con aceleración constante positiva y trayectoria rectilínea					
Movimiento con velocidad constante					
Movimiento con aceleración constante negativa y trayectoria rectilínea					
Móvil doblando en círculo con rapidez constante					
Objeto en caída libre, mientras está en movimiento					
Objeto arrojado verticalmente, mientras está en movimiento de ascenso					

Ejercicio 2:

Distinga si las siguientes afirmaciones son verdaderas (V) o falsas (F).

- a- Si los tripulantes de una nave que se mueve en el espacio exterior quieren frenar, deben encender alguno de los motores.
- b- Si los tripulantes de la nave del punto a quieren mantener su velocidad, deben encender alguno de sus motores.
- c- Si los tripulantes de la misma nave quieren mantener su rapidez pero no su velocidad, deben encender alguno de sus motores.
- d- Si una roca cercana a Mercurio cae hacia él es debido a la atracción gravitatoria del planeta.

Ejercicio 3:

Ramiro se levanta de su cama y, aún descalzo, se sienta en una banqueta metálica. Sus pies sienten la tibieza de la alfombra, pero hay otra parte de su cuerpo en la que siente frío. De vuelta en su cama, piensa: "Evidentemente, el metal está más frío que la lana". ¿Le parece correcto lo que piensa?

Marque SI NO

Ejercicio 4:

Marque con una X en cuál de los casos siguientes se dispone de más energía potencial y en cuál de menos.

	Más energía potencial	Menos energía potencial
hay una sandía en el segundo piso de un edificio		
una sandía igual en el cuarto piso		
una naranja en el cuarto piso		
una naranja igual a la anterior en el segundo piso		

Ejercicio 5:

Una persona afirma que el modelo definitivo del átomo corresponde a un núcleo con protones y neutrones, alrededor del cual se hallan electrones en movimiento.

¿Le parece que ese modelo puede considerarse “definitivo”?

Marque SI NO

Respuestas a los ejercicios de cada unidad y de la Autoevaluación

Unidad 1

Pregunta 1 Correcta: B

Pregunta 2 Correcta: C

Pregunta 3 Correcta: B

Unidad 2

Pregunta 1 a Falso b Falso c Verdadero d Verdadero

Pregunta 2 a- Verdad b- Falso c- Verd d- Verd e- Falso

Pregunta 3 Correcta: Opción a

Pregunta 4 a- Falso b- Verdadero c- Falso d- Verdadero

Pregunta 5 Correcta: Opción c

Pregunta 6 Opción Correcta: b

Pregunta 7 Opción correcta: c

Unidad 3

Pregunta 1 Correcta: B

Pregunta 2

	Mientras la nave mantiene su motor encendido	A partir del momento en que el motor de la nave ya está apagado.
la velocidad se mantiene constante	F	V
la velocidad disminuye	F	F
la velocidad aumenta	V	F
la aceleración vale cero	F	V
la aceleración no vale cero	V	F

Pregunta 3 a

	Cuando circula con el acoplado	Cuando circula sin el acoplado
La fuerza aplicada es F , es decir la fuerza de la situación inicial.	2 m/s ²	4 m/s ²
Si se triplicara la fuerza aplicada, es decir, se aplicara $3F$	6 m/s ²	12 m/s ²
Si se duplicara la fuerza aplicada, es decir: se aplicara $2F$	4 m/s ²	8 m/s ²
Si se dividiera por dos la fuerza aplicada, o sea: se aplicara $F/2$	1 m/s ²	2 m/s ²

b. Correcta: C

Pregunta 4

	DADO	PIANO
¿Cuánto vale su velocidad en el preciso momento en que se lo libera?	0	0
¿Cómo se llama la fuerza que actúa sobre el cuerpo cuando se lo libera?	PESO	PESO
¿Cuánto vale su aceleración en el preciso momento en que se lo libera?	g	g
¿Cuánto vale su velocidad 2 segundos después de ser liberado?	20	20

¿Cuánto vale su aceleración 2 segundos después de ser liberado?	g	g
¿Cuánto vale su velocidad 4 segundos después de ser liberado?	40	40
¿Cuánto vale su aceleración 2,46 segundos antes de llegar al suelo?	g	g

Pregunta 5

El bloque se mueve con velocidad constante.	F
El bloque se mueve sin soportar ningún rozamiento.	F
El bloque se mueve contra una fuerza de rozamiento de 1000 N	V
La distancia recorrida por el bloque en cada segundo es siempre la misma.	F

Pregunta 6 a. Correcta: B

b- Correcta: C

c- Correcta: A

d- Correcta: A

e- La fuerza F1 es de intensidad que F2. IGUAL

El sentido de F1 es..... al sentido de F2 OPUESTO

La dirección de F1 es..... a la dirección de F2 IGUAL

Pregunta 7 a. Correcta: A

b- Correcta: B

Pregunta 8 a Correcta: C

b- Correcta: A

Unidad 4

Pregunta 1

Ep (cuando están en la posición indicada en el gráfico)	cuerpo
200 J	2
160 J	4
140 J	1
120 J	3

b-

cuerpo	Ec (cuando están justo por llegar al piso)
1	140 J
2	200 J
3	120 J
4	160 J

c-

2	4	1	3
---	---	---	---

Pregunta 2 a

	PUNTOS
Ec máxima	E
Ec mínima	D
Ep máxima	D
Ep mínima	E

b-

Cuando la pelota está en el punto E, LA ENERGÍA TOTAL ES	menor que 1000 J	
	igual a 1000 J	X
	mayor que 1000 J	

c-

Cuando la pelota está en el punto E, LA ENERGÍA TOTAL ES	menor que 1000 J	X
	igual a 1000 J	
	mayor que 1000 J	

Pregunta 3

B

Pregunta 4 correcta: A

Pregunta 5 a correcta: A

b. correcta: B c. correcta: A

Pregunta 6 a correcta: C b correcta: B

Unidad 5

Pregunta 1 Correcta: B

Pregunta 2a Correcto: B

b- Correcto: B c- Correcto: A d- Correcto: A

Pregunta 3a Correcto: A

b- Correcto: A

c- Correcto: B

d- Correcto: B

Pregunta 4 a Correcto: V

b- Correcto: F

c- Correcto: F

d- Correcto: V

e- Correcto: F

Pregunta 5 a Correcta: A

b- Correcta: A

c- Correcta: A

Pregunta 6

		C	I
a	En todo momento la velocidad angular de 1 es mayor que la de 2		x
b	En todo momento la velocidad angular de 1 es igual a la de 2	x	
c	En todo momento la velocidad angular de 1 es menor que la de 2		x
d	En el mismo tiempo, 1 recorre una distancia mayor que 2	x	
e	La velocidad tangencial de 1 es igual a la de 2		x
f	La velocidad tangencial de 1 es mayor que la de 2	x	
g	El velocímetro de 1 indica la misma rapidez que el de 2		x
h	El movimiento de 1 y el de 2 son acelerados	x	
i	1 y 2 describen un movimiento circular uniforme	x	

Pregunta 7

		V	F
a	La Tierra atrae al satélite	x	
b	El satélite atrae a la Tierra	x	
c	La Tierra atrae al satélite con la misma fuerza que el satélite atrae a la Tierra	x	
d	Si el satélite tuviera el doble de masa, la fuerza de atracción entre ambos no variaría		x
e	Si el satélite tuviera el doble de masa, la fuerza de atracción entre ambos se reduciría a la mitad		x
f	Si el satélite tuviera el doble de masa, la fuerza de atracción entre ambos se duplicaría	x	

Pregunta 8

		C	I
a	Su peso es de 700 N	x	
b	El peso es la manifestación de la fuerza de atracción gravitacional	x	
c	Si la misma persona se ubicara al doble de distancia del centro de la Tierra, su peso: ....aumentaría al doble		x
	....disminuiría a la mitad		x
	....disminuiría a una cuarta parte	x	
	....se mantendría constante		x
d	Si la misma persona se ubicara al doble de distancia del centro de la Tierra, su masa variaría		x
e	Si la misma persona se ubicara al doble de distancia del centro de la Tierra, su peso específico no cambiaría		x
f	Si la persona se trasladara a la Luna, allí su peso se reduciría a una sexta parte	x	

Unidad 6

Pregunta 1 a (Correcta: B) b. (Correcta: A)

Pregunta 2 (Correcta: V) Pregunta 3 (Correcta: B)

Pregunta 4

	....es la mitad del valor en el c. entero.	....es el doble del valor en el cuerpo entero.	...es igual al valor en el c. entero.
El valor del volumen de una de las partes...	X		
El valor del peso de una de las partes...	X		
El valor de la densidad de una de las partes...			X
El valor de la masa de una de las partes...	X		
El valor de la cantidad de materia de una de las partes....	X		

Pregunta 5

La presión atmosférica es mayor a medida que aumenta la altura	F
La presión en un líquido es mayor a medida que aumenta la profundidad	V
La presión en un líquido no depende de la densidad del líquido	F
La experiencia de Torricelli permite medir la presión en un líquido	F
En la experiencia de Torricelli se usa mercurio porque hierve a alta temperatura	F
En la experiencia de Torricelli se usa mercurio porque su densidad es alta.	V
Un cuerpo flota cuando su densidad es mayor que la densidad del líquido	F
Mientras un cuerpo está flotando, el empuje sobre él es mayor que su peso	F
Al ser sumergido en un líquido, el empuje que recibe un cuerpo es igual al volumen del líquido desalojado	F
Al ser sumergido en un líquido, el empuje que recibe un cuerpo es igual al peso del volumen del líquido desalojado	V
Un corcho que se mantiene sumergido totalmente dentro del agua, es liberado. En ese momento el empuje que recibe es mayor a su propio peso.	V
Un trozo de hierro que se mantiene sumergido totalmente dentro del agua, es liberado. En ese momento el empuje que recibe es mayor a su propio peso.	F

Pregunta 6 a Verdadero b. Falso

Pregunta 7

A. (menor) B. (menor)

Unidad 7

Pregunta 1 a 0°C b 0°C

Pregunta 2 Correcta: B

Pregunta 3

conducción	C
convección	A
radiación	B

Pregunta 4

	V	F
Cuando disminuyen sus temperaturas, todos los materiales se contraen.		x
Siempre que un cuerpo absorbe calor su temperatura aumenta		x
Si se enfría agua a partir de los 4°C, ésta se dilata	x	
Si se calienta agua a partir de los 4°C, ésta se dilata	x	
El agua se dilata siempre que se enfría.		x
Si el vapor de agua baja su temperatura suficientemente, se condensa.	x	

Pregunta 5 a 16 °C

b- 4 °C

Pregunta 6

Se eleva la temperatura de la chapa por efectos del sol	radiación
Una persona toca la chapa con	conducción

la mano.	
Se pone la mano muy cerca al costado de la chapa, pero sin llegar a tocarla	radiación
Aparecen corrientes de aire ascendentes sobre la chapa.	convección

Autoevaluación

Ejercicio 1

Tipo de movimiento	velocidad				
	Su valor numérico está disminuyendo	Su valor numérico es constante	Su valor numérico es cero	Su valor numérico está aumentando	El vector que la representa cambia
Movimiento con aceleración constante positiva y trayectoria rectilínea	no	no	no	si	si
Movimiento con velocidad constante	no	si	no	no	no
Movimiento con aceleración constante negativa y trayectoria rectilínea	si	no	no	no	si
Móvil doblando en círculo con rapidez constante	no	si	no	no	si
Objeto en caída libre, mientras está en movimiento	no	no	no	si	si
Objeto arrojado verticalmente, mientras está en movimiento de ascenso	si	no	no	no	si
Péndulo (mientras está bajando)	no	no	no	si	si
Péndulo (mientras está subiendo)	si	no	no	no	si

Tipo de movimiento	aceleración				
	Su valor numérico está disminuyendo	Su valor numérico es constante	Su valor numérico es cero	Su valor numérico está aumentando	El vector que la representa cambia
Movimiento con aceleración constante positiva y trayectoria rectilínea	no	si	no	no	no
Movimiento con velocidad constante	no	si	si	no	no
Movimiento con aceleración constante negativa y trayectoria rectilínea	no	si	no	no	no

Móvil doblando en círculo con rapidez constante	no	si	no	no	si
Objeto en caída libre, mientras está en movimiento	no	si	no	no	no
Objeto arrojado verticalmente, mientras está en movimiento de ascenso	no	si	no	no	no

Tipo de movimiento	Fuerza resultante				
	Su valor numérico está disminuyendo	Su valor numérico es constante	Su valor numérico es cero	Su valor numérico está aumentando	El vector que la representa cambia
Movimiento con aceleración constante positiva y trayectoria rectilínea	no	si	no	no	no
Movimiento con velocidad constante	no	si	si	no	no
Movimiento con aceleración constante negativa y trayectoria rectilínea	no	si	no	no	no
Móvil doblando en círculo con rapidez constante	no	si	no	no	si
Objeto en caída libre, mientras está en movimiento	no	si	no	no	no
Objeto arrojado verticalmente, mientras está en movimiento de ascenso	no	si	no	no	no

Ejercicio 2: a- V b- F c- V d- V

Ejercicio 3: Correcta: NO

Ejercicio 4:

	Más energía potencial	Menos energía potencial
hay una sandía en el segundo piso de un edificio		
una sandía igual en el cuarto piso	X	
una naranja en el cuarto piso		
una naranja igual a la anterior en el segundo piso		X

Ejercicio 5: Correcta: NO