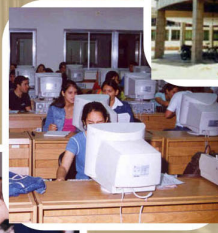
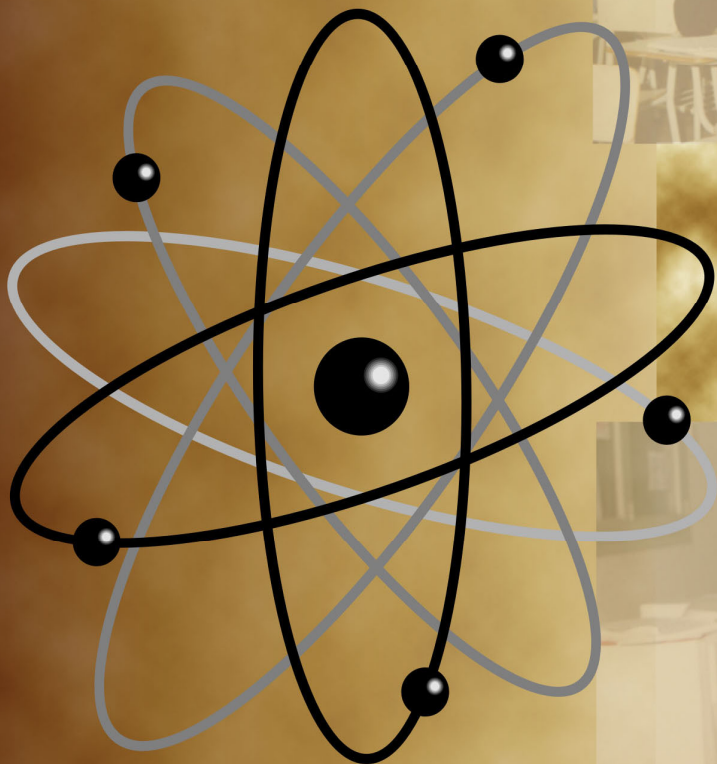


FÍSICA





PRÓLOGO

La Universidad Nacional del Nordeste, a través de su Dirección de Articulación de Niveles Educativos, presentó, en abril de 2003, ante la Secretaría de Políticas Universitarias del Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología de la Nación un proyecto de articulación entre Nivel Medio y Universidad que incluía propuestas de trabajo conjunto entre ambos niveles con el fin de mejorar las condiciones en que los alumnos realizan el tránsito desde sus establecimientos de enseñanza media hacia la Universidad. Compartieron la presentación las jurisdicciones educativas de Corrientes y Chaco.

El proyecto respondió a uno de los ejes de la actual gestión de la Universidad: Articulación con otros niveles del Sistema Educativo, y se sumó a una serie de acciones que encaramos con el fin de optimizar las condiciones académicas, culturales, sociales y económicas de nuestros alumnos. En este caso, las acciones están orientadas a trabajar en conjunto con el nivel precedente a fin de colaborar con los procesos de formación que la Escuela Media lleva adelante.

Dentro de ese marco se produjo el presente material. Está especialmente dirigido a los estudiantes que realizan el proceso de transición desde la Escuela Media a la Universidad. Sabemos que en esta etapa se viven experiencias y sentimientos particulares, críticos por el cambio que producen, no solamente en cuestiones relacionadas con los hábitos de estudio sino también con otras más personales de la vida del estudiante. Suelen presentarse muchas dificultades pero confiamos en la capacidad que puede desarrollar cada uno para resolverlas si se dispone de las herramientas adecuadas.

Pensamos estos libros como una alternativa en la formación, para colaborar con ella acortando las distancias entre lo que aprenden en el secundario o polimodal y lo que deberían saber cuando ingresan en la Universidad. No están pensados como requisitos de ingreso, sino más bien han sido planteados como una priorización necesaria, elaborada a partir de los Diseños Curriculares y Contenidos Mínimos de los Sistemas Educativos de ambas provincias.

Esperamos que sea de utilidad para quienes lo trabajen. Si bien los libros fueron redactados para los alumnos aspirantes al ingreso en la Universidad, pueden ser empleados para la formación general de cualquier estudio superior. Asimismo, los docentes de ambos niveles pueden asumirlos como orientación para la planificación y desarrollo de la enseñanza y, favorecer desde sus propuestas, la preparación para la transición mencionada.

Los lectores ideales de este material son, pues, los estudiantes del nivel medio, actores principales de la escena educativa. Confiamos en que este aporte contribuya al logro de un objetivo muy importante, tanto para la Universidad como para el Nivel Medio:

“Mejorar entre todos la calidad de la educación”.

“Contribuir al ingreso en la Educación Superior con igualdad efectiva de oportunidades”

Arq. Oscar Vicente Valdés

Rector



PROLOGO

El presente cuadernillo nace a partir de una feliz iniciativa tendiente a lograr una mejor articulación entre los conocimientos sobre las Ciencias Físicas requeridos al momento del ingreso en diversas carreras de la UNNE y los que se imparten en las escuelas de nivel Medio/Polimodal de Chaco y Corrientes. Está orientado a su utilización en los espacios Institucionales EDI cuando en los mismos se pretenda preparar a los alumnos para su ingreso a la universidad, o para aquellos estudiantes que hayan decidido inscribirse y estudiar carreras de la UNNE que requieran conocimientos de Física.

En el desarrollo de los contenidos de este trabajo no hemos pretendido agregar conocimientos conceptuales referidos a los que se deberían impartir en los cursos específicos. Si nos hemos concentrado en elaborar una presentación metodológica diferente a fin de provocar en los alumnos inquietos un abordaje de la Física novedoso, que estuviera más ligado con situaciones concretas. Teniendo presente que el conocimiento se logra de manera gradual y a partir de premisas claras, proponemos un modo nuevo de plantear situaciones físicas y encarar la búsqueda de soluciones, de tal modo que al mismo tiempo que les exija a los estudiantes pensar “al estilo de los físicos/as, los oriente para saber si poseen la base de conocimientos mínima requerida para los estudios de nivel universitario.

Los temas desarrollados no son autocontenidos. Si bien esta fue la intención de los autores no lo hemos logrado en esta etapa que la entendemos como una primera versión. Es por ello que recomendamos consultar la bibliografía que se presenta al final del cuadernillo. Al mismo tiempo cabe mencionar que consideramos que la consulta a material bibliográfico variado es parte importante de la formación de un alumno pre-universitario.

Las unidades temáticas desarrolladas se refieren a dos áreas que son las que se imparten primero y sirven de base para adquirir el conocimiento de los otros temas básicos de la Física: Mecánica y Calor. Al mismo tiempo permiten establecer los *modos de abordar* los problemas de la Física y el **cómo** se encaran sus soluciones. También requieren el uso de las matemáticas como herramienta privilegiada, aunque insuficiente para la comprensión de los fenómenos que se estudian.

Este material se utilizó por primera vez como base en el *curso de nivelación de Física 2004* que se impartió en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura de la UNNE. Sus resultados fueron alentadores.

Los autores agradecemos la invitación a participar de este desafío y confiamos en que el nuestro sea un aporte, pequeño, a la necesaria articulación entre el nivel Medio/Polimodal y universitario.



ÍNDICE

PROLOGO	3
INTRODUCCIÓN.....	9
CAPITULO 1.....	13
UNIDADES Y SISTEMAS DE UNIDADES.....	13
CINEMÁTICA	14
MOVIMIENTO EN UNA DIMENSIÓN ESPACIAL	14
<i>PROBLEMAS MODELOS.....</i>	25
<i>PROBLEMAS PROPUESTOS.....</i>	29
MOVIMIENTO EN DOS DIMENSIONES	30
<i>PROBLEMA MODELO.....</i>	34
<i>PROBLEMAS PROPUESTOS.....</i>	35
DINÁMICA	39
LEYES DE NEWTON	42
<i>PROBLEMA MODELO.....</i>	43
<i>PROBLEMAS PROPUESTOS.....</i>	45
CANTIDAD DE MOVIMIENTO - IMPULSO	48
COLISIONES EN UNA DIMENSIÓN	49
<i>PROBLEMA MODELO.....</i>	50
TRABAJO Y ENERGÍA	52
ENERGÍA	54
ENERGÍA POTENCIAL.....	54
ENERGÍA CINÉTICA	55
<i>PROBLEMAS MODELOS.....</i>	56
<i>PROBLEMAS PROPUESTOS.....</i>	58
BIBLIOGRAFÍA.....	59
CAPÍTULO 2: CALOR.....	63
CALOR Y TEMPERATURA	64
BREVE CUESTIONES TEÓRICAS	64
ESCALAS TERMOMÉTRICAS	66
<i>PROBLEMAS PROPUESTOS.....</i>	68
CALORIMETRÍA.....	71
BREVE CUESTIONES TEÓRICAS	71
CALORÍMETRO DE MUESTRAS	77
<i>PROBLEMAS PROPUESTOS.....</i>	78
CAMBIOS DE ESTADOS	82
BREVE CUESTIONES TEÓRICAS	82
<i>PROBLEMAS PROPUESTOS.....</i>	85
BIBLIOGRAFÍA.....	90
BIBLIOGRAFÍA DE CONSULTA.....	90

INTRODUCCIÓN

La Física es la ciencia mediante la cual se busca comprender el origen y funcionamiento del mundo natural. Para ello los científicos tratan de encontrar las leyes que rigen el comportamiento de los distintos sistemas, pudiendo a través de ellas explicar y predecir.

La Física es la más fundamental de todas las ciencias que estudian la Naturaleza. Son objeto de su estudio: las fuerzas, el movimiento, la energía en todas sus formas, la materia, las ondas. La Física da un aporte esencial a la Química y a la Biología, en el estudio de sus fenómenos particulares y también a la Tecnología en sus distintas ramas. Puede decirse que se entiende mejor a otras ciencias o se desarrollan mejores aplicaciones tecnológicas si primero comprendemos ciertos fenómenos físicos que están en su base.

Cuando un científico aborda el estudio de un fenómeno físico se sitúa ante un problema. Muchas son las definiciones de problema que se pueden encontrar en la literatura, pero la dada por Kudlik y Rudnik (1980) es la más generalizada: *Un problema es una situación, cuantitativa o no, que pide una solución para la cual los individuos no conocen [de antemano] los medios o caminos evidentes para obtenerla*” (Gil Pérez y otros, 1988)¹.

Para resolver un problema no existen fases o etapas únicas que den un patrón de resolución común a todas las situaciones. Sí es importante tener presente de qué manera o con qué mecanismo lógico se debe encarar el estudio de un fenómeno físico; ese mecanismo lógico lleva consigo ciertas etapas que no pueden estar ausentes:

1. Reconocer las magnitudes físicas que están involucradas en el fenómeno en estudio y poder discernir las relevantes.
2. Analizar cualitativamente el fenómeno tratando de identificar las relaciones entre las variables intervinientes; cuales son esenciales y cuales secundarias.
3. Plantear la estrategia de solución, que puede ser de lápiz y papel (o con computadora) o experimental.
4. Analizar los resultados obtenidos a la luz de las teorías y principios que sustentan el fenómeno.

No hay que olvidar que la Física es una de las consideradas ciencias experimentales, en el sentido de que toda teoría debe comprobarse experimentalmente; esto hace a que el estudio experimental de los fenómenos sea una necesidad para dar al cuerpo de conocimientos el status de conocimiento científico. Luego de la verificación experimental las teorías se convierten en leyes físicas, que son expresadas a través de un lenguaje matemático.

Ya desde el siglo XVII, desde la época de Galileo, en la que se considera que surgió el método científico, se estableció que la Ciencia describe a la naturaleza en lenguaje matemático. Esta cuestión es la que hay que tener presente muy claramente: el *lenguaje* es matemático. La matemática es una *herramienta* de expresión para el análisis del sistema o fenómeno físico. Cada ley física expresada en forma algebraica no es más que un modelo matemático donde, a través de variables cuantitativas, se representa a las propiedades físicas; una fórmula interpretada no es más que un modelo para explicar la situación real de un fenómeno. De las fórmulas concretas o de las ecuaciones simplificadas luego de un

¹ Gil Pérez, Daniel y otros, , *La resolución de problemas de lápiz y papel como actividad de investigación*. Investigación en la Escuela. N° 6- 1988. P-6

análisis sobre casos o situaciones particulares se obtienen modelos que permiten establecer la posible evolución del sistema o los valores concretos que adquirirán las variables de interés.

Si se asume que éste es el esquema marco para abordar el estudio de un fenómeno físico, no hay dudas que la resolución de problemas es la estrategia favorita para la enseñanza - aprendizaje de la Física, y la misma ya está aceptada por docentes de todos los niveles educativos.

Es aquí donde hay que tener mucho cuidado para no confundir la resolución de problemas con la manipulación de fórmulas, datos y unidades en búsqueda de un resultado numérico. Cabría entonces la pregunta : ¿para qué se resuelven problemas en Física? La respuesta a esta cuestión está perfectamente dada por las palabras del Dr. Alberto Maiztegui: *No se trata de enseñar a resolver problemas, Se trata de reflexionar frente a situaciones problemáticas, aplicando conocimientos de conceptos, leyes y teorías físicas. El objetivo no es resolver un problema sino usar las reflexiones provocadas por la búsqueda de una solución, para afianzar y robustecer aquellos conceptos, leyes y teorías, incorporándolas a la propia estructura cognoscitiva, para que cuando se necesite de ella se la encuentre disponible para encarar una nueva situación problemática*" (Maiztegui, 2000)².

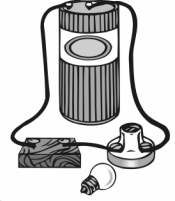
En este sentido el estudio de la Física es gradual. En la medida en la que uno es capaz de resolver adecuadamente situaciones problemáticas sencillas, podrá encarar el estudio de las más complejas, aún cuando los conceptos físicos utilizados para resolver aquellas situaciones puedan ser solo aproximados.

El rasgo matemático en la resolución de problemas físicos está presente como herramienta para establecer las relaciones entre las variables que intervienen en el estudio del fenómeno que se esté trabajando, para después del análisis de esas relaciones matemáticas poder describir el comportamiento del sistema estudiado. En realidad, frente a un problema en estudio se debe reunir datos, identificar, clasificar, discriminar, relacionar y analizar, operaciones todas del pensamiento reflexivo. La prioridad dada a cada una de estas operaciones dependerá de la naturaleza del problema en estudio. Todas ellas, en su conjunción permitirán explicar la situación que se está tratando, habiendo realizado un razonamiento científico.

El problema que se plantea ahora, tanto para el docente como para el estudiante, es poder identificar *cuando* se comprende realmente un fenómeno físico. Llegar al resultado numérico correcto no siempre garantiza que el estudiante ha comprendido los conceptos involucrados. Si es capaz de dar una explicación ordenada y fundamentada a la luz de las teorías vigentes, de lo que está ocurriendo en el fenómeno analizado y, además, justificar su estrategia de solución empleada, es posible tener una visión más certera del grado de aprendizaje logrado, que seguramente, estará más cerca de ser un aprendizaje significativo.

En el aprendizaje de la Física, los saberes se van encadenando unos con otros a medida que se transita por las distintas áreas del mundo físico. Partiendo de modelos sencillos es posible llegar a comprender situaciones más complejas como las que se presentan en el mundo real. Muchas veces las herramientas matemáticas son muy semejantes aunque describen situaciones diferentes.

² Maiztegui, Alberto. *Reflexiones sobre un tema de actualidad: La resolución de problemas en el aula*. Revista de Enseñanza de la Física . Vol.13- N° 1. Mayo 2000- p -47



CAPITULO

1

MECÁNICA CLÁSICA

CAPITULO 1

UNIDADES Y SISTEMAS DE UNIDADES

Cuando queremos conocer la *cantidad* de algo debemos siempre hacerlo en función de una unidad de medida de ese *algo*. Si nos referimos a frutas, hablamos de docenas o también de kilogramos.

Para describir los fenómenos naturales debemos determinar las magnitudes físicas relevantes en el problema que tienen un significado muchas veces abstracto pero real, y tan real que intrínsecamente condicionan o permiten que el fenómeno ocurra. Por ejemplo en el choque entre dos objetos, que podrían ser dos automóviles o una pelota y un palo de golf, o cualquier par de objetos de masas conocidas, se conserva lo que se denomina *momento lineal*. Esta magnitud no es inmediata a nuestros sentidos pues no existe como tal en la naturaleza (nadie vio, ni verá jamás un momento lineal enganchado a algún cuerpo). Pero sabemos de su conservación, es decir, que vale lo mismo antes y después del choque. Para que su estudio en un problema particular nos sea de utilidad debemos no sólo saber de su existencia, sino también cuánto valen y si se modifican o no sus valores y como lo hacen.

Entonces, si hablamos de *masas*, además de definirla debemos cuantificarlas para evaluar sus efectos. Lo mismo de *distancias*, *fuerzas*, *tiempos*, etc.

En las ciencias físicas existen magnitudes que son *fundamentales*. Es decir, aquellas a las que todas las otras están referidas y que no se pueden expresar en función de otras más elementales. Lo mismo pasa con las frutas. Una manzana es una manzana y no es media pera por un cuarto de naranja. Cada fruta sería una unidad fundamental.

Se deben definir entonces las magnitudes fundamentales y sus unidades.

Ahora bien, como no hay una única magnitud fundamental, debemos conocer las unidades de todas las magnitudes físicas fundamentales simultáneamente. A la asignación de valores a este conjunto de unidades fundamentales se lo denomina SISTEMA de unidades.

Se han propuesto varios sistemas de unidades considerando a las magnitudes fundamentales como: masa, longitud y tiempo.

CINEMÁTICA

Es el estudio del movimiento sin tener en cuenta las fuerzas que lo produjeron o producen.

Por ejemplo, en la caída libre de un objeto, aún cuando es la aceleración debida a la fuerza de gravedad la que actúa sobre el objeto, se puede estudiar el movimiento del mismo sin hacer referencia a dicha fuerza

El movimiento es una característica general en las distintas situaciones en que se encuentran los objetos en la naturaleza. Desde el movimiento en regiones inaccesibles a la visión humana por su pequeñez (movimiento de los átomos o moléculas) hasta el movimiento de objetos cósmicos como estrellas, sistemas solares, constelaciones de estrellas, etc., que son inaccesibles también a la visión humana sin instrumentos ópticos.

Para abordar el estudio del movimiento de objetos uno debe buscar primero definir con claridad cuales son los aspectos centrales, o imprescindibles de considerar y cuales se van agregando en la medida en que uno quiera reproducir las situaciones de la manera más cercana posible a la realidad observable.

En el movimiento de un objeto las magnitudes físicas más elementales que entran en juego son el *espacio* (recorrido) y el *tiempo* (que tarda en recorrerlo) asociados al movimiento de un cuerpo.

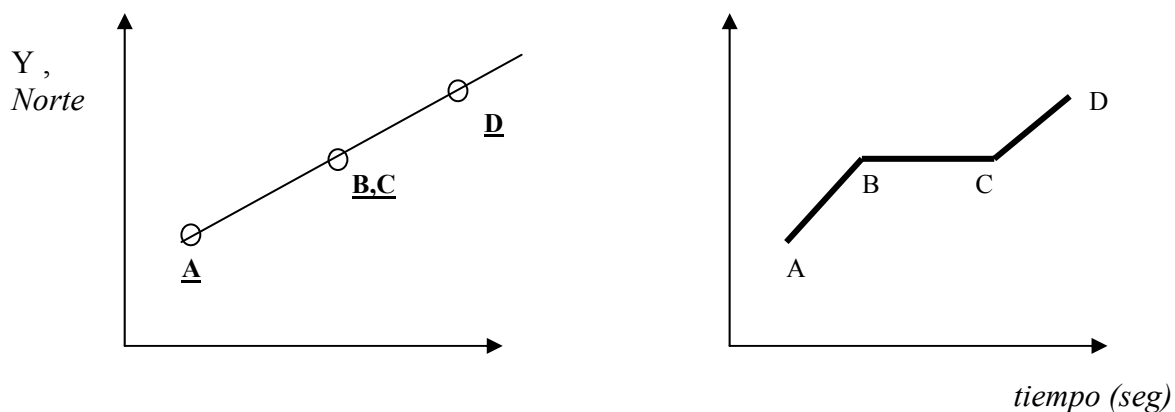
MOVIMIENTO EN UNA DIMENSIÓN ESPACIAL

El movimiento más elemental es el que se realiza según una recta. Podríamos pensar a la recta en una región plana. En este caso el movimiento será semejante al movimiento en una dimensión, es decir, el movimiento de un objeto estará definido por una línea recta sobre la que se puede establecer la posición del objeto según transcurre el tiempo.

Su representación podría ser como la del siguiente ejemplo :

Ejemplo N° 1

Gráfico 1



Observemos que en el gráfico de la izquierda el plano XY (o Este-Norte) hace las veces de un *mapa* y la posiciones **A** y **D** indican *donde* se encuentra el objeto en un tiempo inicial y en un tiempo final que allí se coloca o tiene en cuenta como un parámetro. De este gráfico se puede sacar la distancia entre los puntos **A** y **B**,

-¿Cómo?

También podemos deducir cómo se movió espacialmente el objeto. Sin embargo no podemos decir *cuan rápido* fue este movimiento, o cuales fueron las posiciones del objeto según pasó el tiempo. El gráfico de la derecha nos aporta estos datos. Del análisis de este gráfico podemos inferir distancias recorridas en función del tiempo que se tardó en recorrerlas.

-¿Que características se pueden inferir del movimiento (de un objeto) allí representado de dicho gráfico?

1. A partir del tratamiento anterior el concepto de velocidad estaría ligado naturalmente a la variación (cambio) de la posición del objeto (móvil) con el tiempo.
2. Un objeto será más veloz respecto de otro en la medida que recorra la misma distancia en menor tiempo. O más distancia en el mismo tiempo.
3. Por ser este movimiento unidimensional, la velocidad coincide con la rapidez. Para definirla totalmente es necesario agregarle un signo que indica *hacia donde* se está moviendo. El signo es siempre arbitrario, lo que quiere decir que es uno el que dice según convenga si es (+) o (-).

Ejemplo N°2

Consideremos el movimiento de un vehículo por avenida 3 de Abril y que el punto **A** es el control policial y que el punto **D** es el Hospital Escuela. Podríamos elegir como signo (+) cuando va *desde* el control policial *hacia* el Hospital Escuela.



Gráfico 2

-¿Cuántos tipos de movimiento se pueden deducir del Gráfico 2?

1. En este análisis es la velocidad del objeto la que indica el tipo de movimiento.
2. Si la distancia entre **A** y **B** es de 800 metros, y el tiempo que tarda el objeto en recorrer esa distancia fuera de 4 minutos,

-¿Qué características podría tener el movimiento del objeto de modo de cumplir con ambos requisitos?

-¿En las consideraciones anteriores, qué aspectos del movimiento real de un objeto no se tuvieron en cuenta?

Además de los gráficos que indican la posición en un tiempo dado y su velocidad, se debe también determinar otra magnitud. Sin ella no se puede describir completamente el movimiento. Esta magnitud se relaciona con el *cambio de velocidad*. Si un móvil cambia su velocidad en un tiempo dado decimos que se ha *acelerado*. Si el cambio es tal que la velocidad del móvil aumenta, la aceleración es (+). En caso contrario la aceleración es (-).

Ejemplo N° 3:

Si se da el gráfico de la aceleración en función del tiempo para un móvil cualquiera:

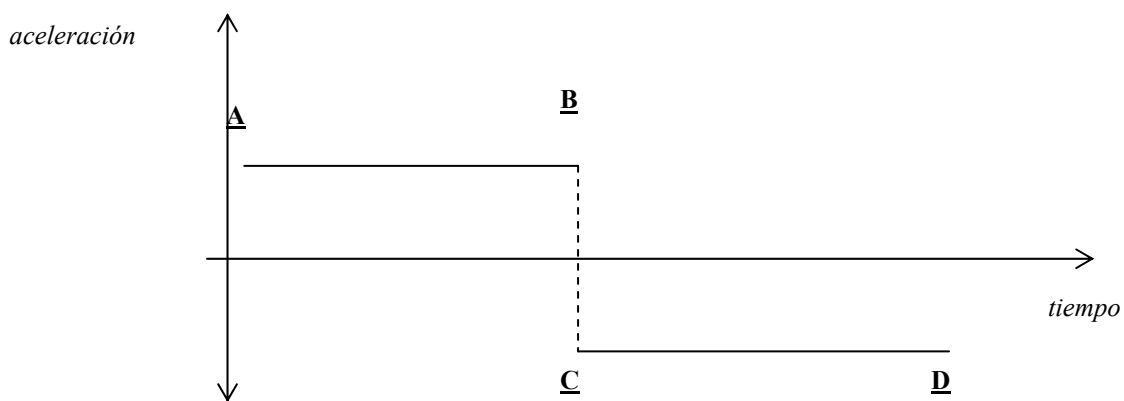


Gráfico 3.

- Evaluar qué tipo de aceleraciones en función del tiempo posee el móvil entre los puntos A y B, y entre C y D.

Estamos entonces en condiciones de analizar el movimiento de un objeto de manera cualitativa, es decir, dando las características sobresalientes del movimiento que sean no cuantitativas, a partir de tres gráficos: posición, velocidad y aceleración todos respecto del tiempo.

A fin de profundizar lo expuesto hasta el presente sobre movimientos de objetos en una dimensión espacial, evalúe el tipo de movimiento que realiza un móvil según sean los gráficos dados en los siguientes ejemplos. En caso de no contar con las características de uno o dos de ellos, predecirlas.

Ejemplo N° 4:

A partir de los gráficos que se presentan a continuación,

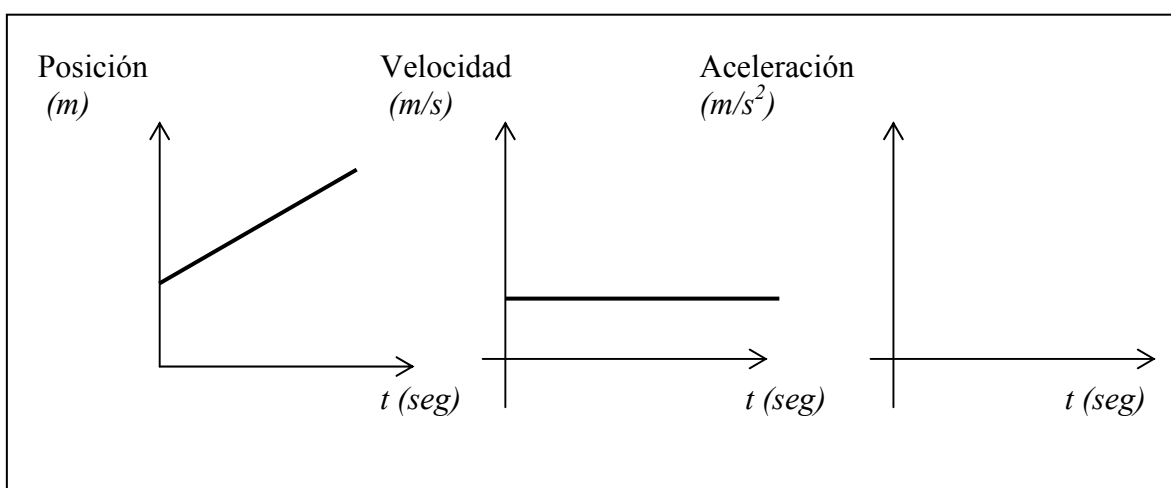


Gráfico 4.1

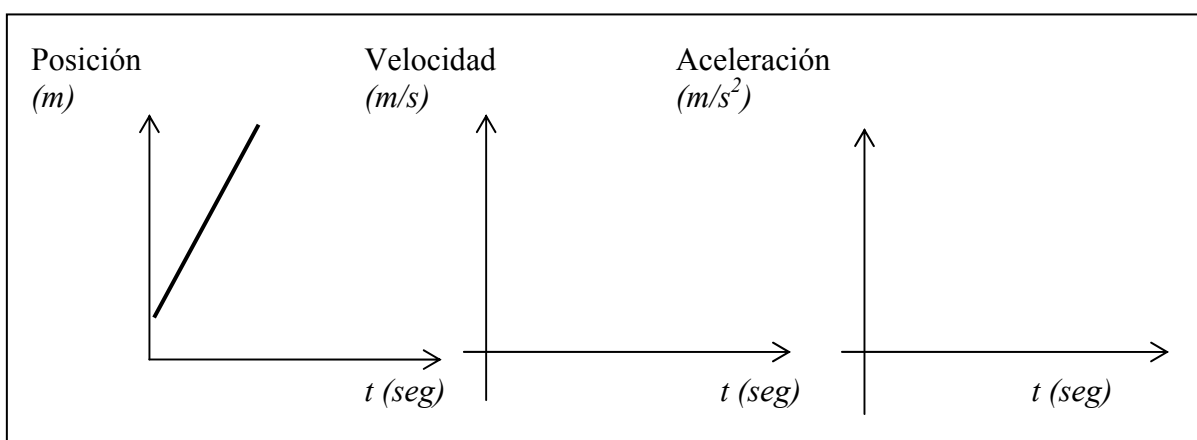


Gráfico 4.2

a) *Qué características comunes y qué diferencias observas en los movimientos descritos por los gráficos 4.1 y 4.2?*

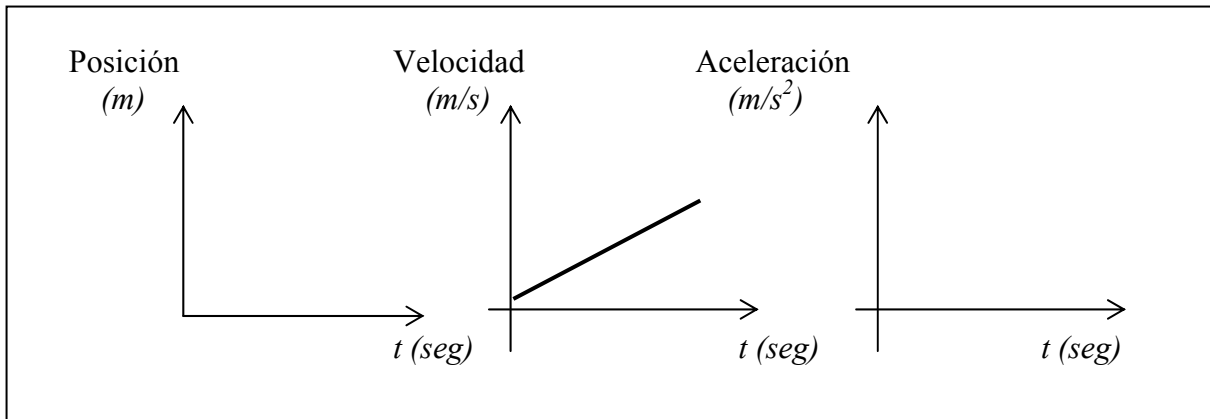


Gráfico 4.3

¿Que características semejantes y que diferencias observas en estos dos movimientos?

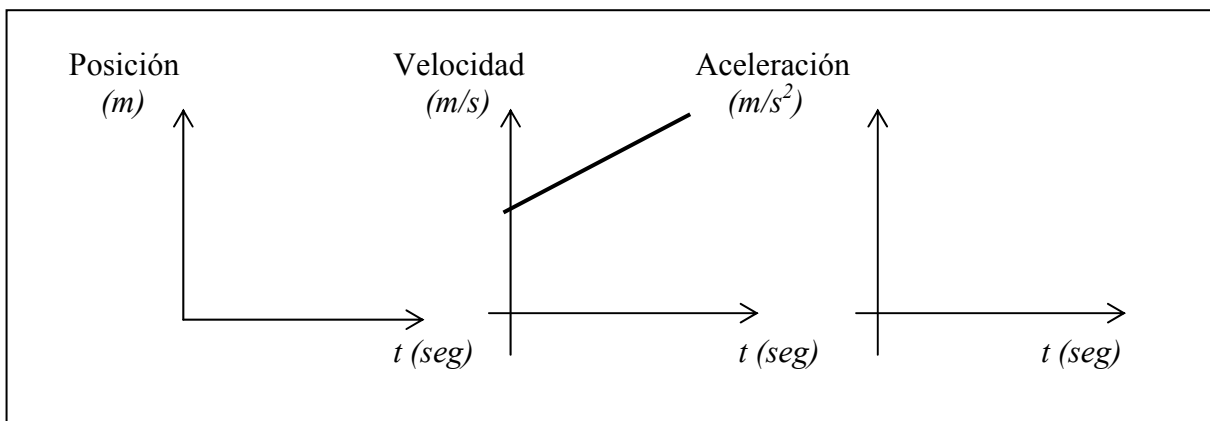


Gráfico 4.4

b) *Qué características comunes y qué diferencias observas en los movimientos descritos por los gráficos 4.3 y 4.4?.*

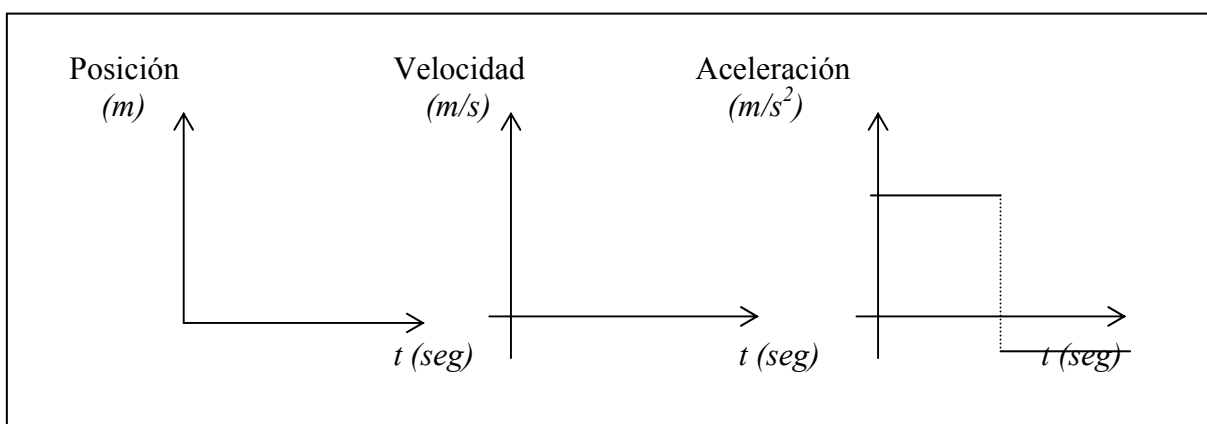


Gráfico 4.5

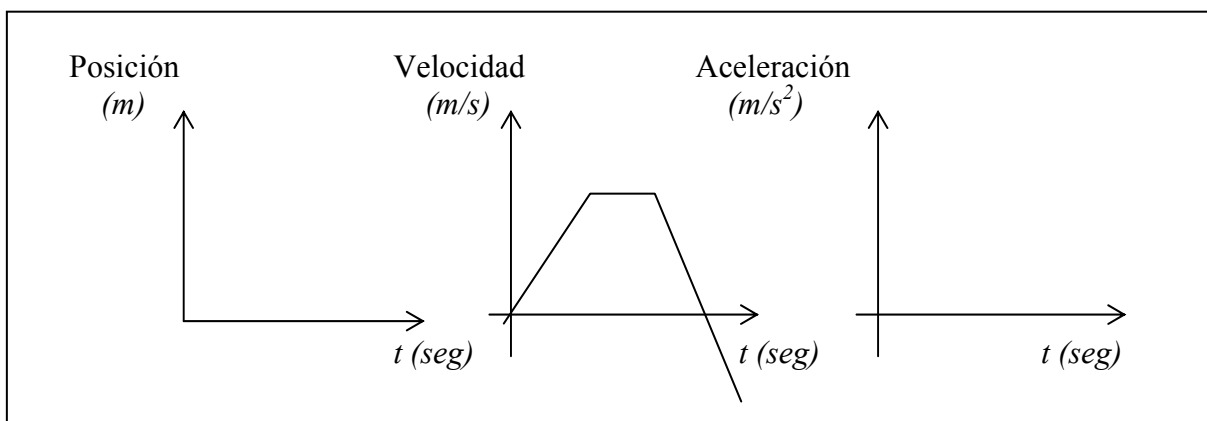


Gráfico 4.6

c) *Qué características comunes y qué diferencias observas en los movimientos descritos por los gráficos 4.5 y 4.6?*

Para un análisis cuantitativo, es decir, donde introducimos valores bien definidos para estas magnitudes a fin de determinar con precisión la posición del objeto y su velocidad y aceleración en cada instante de tiempo, es necesario relacionar entre sí estas magnitudes utilizando para ello la herramienta matemática.

Para determinar la posición en función del tiempo de un objeto debemos conocer primeramente el punto de partida y cuanto marca el reloj que indicará la duración del movimiento.

En general el punto de partida se ubica en el origen de coordenadas, tal como se muestra en el siguiente ejemplo,

Ejemplo N ° 5

En el diagrama del Gráfico 5.1 se observa que el objeto partió de **A** y al momento de partir el reloj marcaba cero. A los 10 segundos del reloj el objeto se encuentra en **B**, es decir a 10 metros de distancia. Entre los 10 y 20 segundos de iniciarse el movimiento el objeto se encuentra a la misma distancia de **A**, es

decir, está detenido. Finalmente a los 20 segundos se pone nuevamente en marcha y llega a **D** (distante 15 m de **A**) a los 25 segundos.

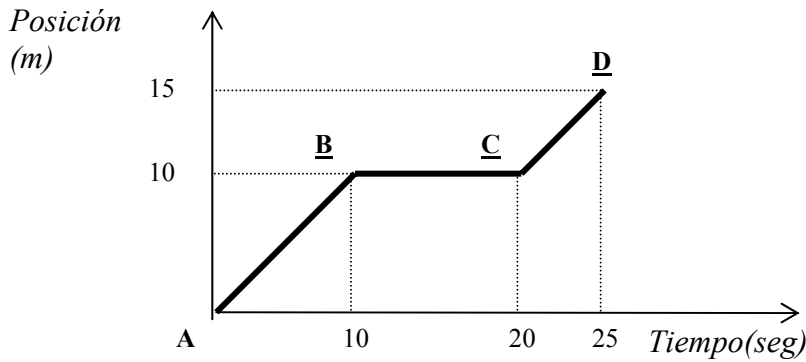


Gráfico 5.1

Del análisis del movimiento entre los puntos **A** y **B** se observa que el objeto recorre *espacios iguales en tiempos iguales*. En el Gráfico 5.2 se observa el movimiento en sus primeros 10 segundos.

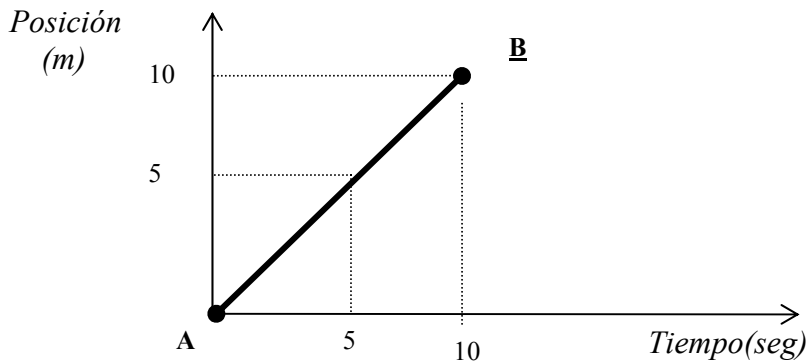


Gráfico 5.2

La distancia que recorre el objeto durante dos segundos a partir de los 3 segundos o los 6 segundos desde que partió (es decir, de $t = 3$ segundos a $t = 5$ segundos de $t = 6$ segundos a $t = 8$ segundos) es la misma

¿Cuántos metros recorre en ese intervalo de tiempo?

Como decíamos al inicio de esta sección, el cambio de la posición con el tiempo nos indica la *velocidad (rapidez)* de cambio.

Entonces:



$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_f - x_i}{t_f - t_i} \quad (1)$$

Donde:

x_f indica posición final

x_i indica posición inicial

t_f indica tiempo final

t_i indica tiempo inicial

Esta velocidad será una velocidad *promedio*, a menos que el intervalo de tiempo $t_f - t_i$ sea muy, muy pequeño.

Si en la fórmula (1) consideramos que $x_i = 0$ y $t_i = 0$, entonces el objeto parte del origen y

$$v = \frac{x_f}{t_f} \quad \Rightarrow \quad \boxed{x_f = vt_f}$$

o, para un valor arbitrario de la posición y tiempo finales (simplemente quitamos los índices),

$$\boxed{x = vt} \quad (2)$$

Analizando el Gráfico 5.2 se puede concluir que la velocidad del móvil es constante entre **A** y **B**. Luego se detiene durante 10 segundos y nuevamente se mueve a velocidad constante hasta llegar a **D**.

El punto **A** podría encontrarse a una distancia x_0 respecto del origen de coordenadas. Supongamos 5 metros. Entonces el gráfico que indica la posición en función del tiempo hasta los 10 segundos sería la del siguiente ejemplo:

Ejemplo N° 6:

El gráfico 6 indica la posición en función del tiempo de un objeto que se mueve con velocidad constante.

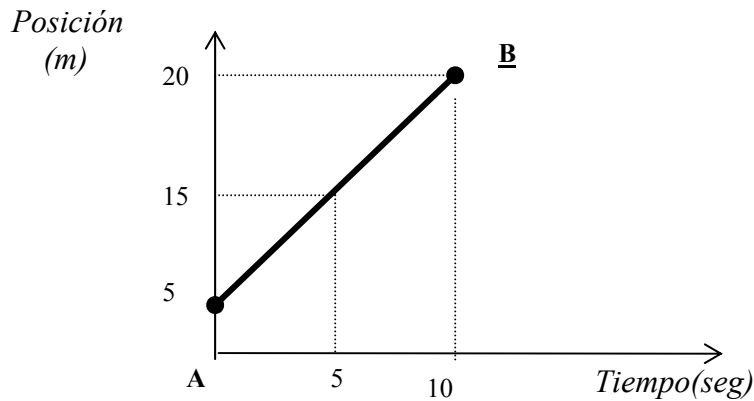


Gráfico 6

En este caso, como $x_i \neq 0$, de la ecuación (1)

$$x_f - x_i = v \cdot (t_f - t_i)$$

Si $x_i = x_0$, $t_i = 0$, $t_f = t$ y $x_f = x \Rightarrow \boxed{x = x_0 + vt}$ (3)

-En el movimiento que estamos analizando, la velocidad es (+), aunque podría ser (-) ¿Que significaría esto último?

La velocidad de un objeto es constante, es decir, no cambia a medida que transcurre el tiempo si vale lo mismo en cada punto del gráfico espacio-tiempo.

Si un objeto se desplaza en una recta con velocidad $v = 10$ m/s y otro objeto se desplaza también por esa recta aunque con velocidad $v = -10$ m/s; analice las semejanzas y diferencias para el movimiento de ambos objetos.

Si la velocidad del móvil cambia a medida que transcurre el tiempo decimos que el móvil está acelerado. Una *aceleración* positiva indica que la velocidad aumenta con el tiempo.

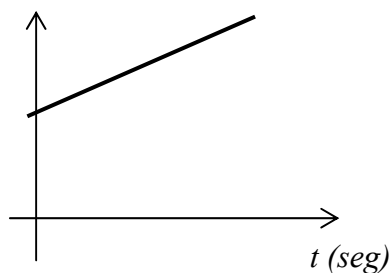
Podemos definir la aceleración de manera equivalente a como definimos la velocidad:

$$\boxed{a = \frac{v_f - v_i}{t_f - t_i} = \frac{\Delta v}{\Delta t}} \Rightarrow v_f - v_i = a \cdot (t_f - t_i)$$

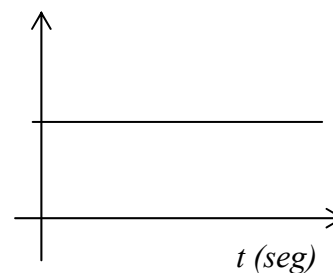
Si $t_i = 0$ y $v_i = v_0$, $\Rightarrow v_f = v_0 + a \cdot t_f$ o $v = v_0 + a \cdot t$ (4)

Su representación será:

Velocidad
(m/s)



Aceleración
(m/s²)



Si la aceleración fuera negativa, el cambio de velocidad es tal que disminuye la velocidad, es decir, la velocidad, luego de un tiempo dado, será menor respecto de la que tenía antes. Su representación gráfica sería en este caso:

Velocidad
(m/s)

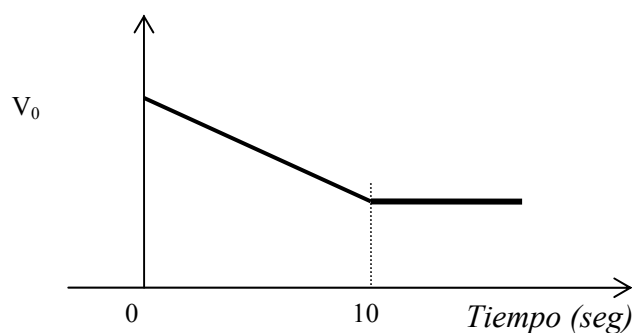
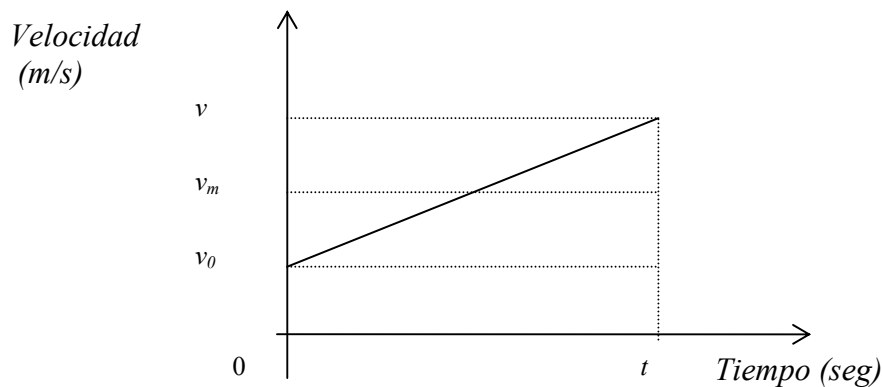


Gráfico 7

Según se observa en el gráfico 7 el objeto partió con una velocidad v_0 , disminuyó su velocidad durante 10 seg. (aceleración negativa) y luego continuó su movimiento con velocidad constante.

En el caso de objetos cuya velocidad varía constantemente con el tiempo, es decir, poseen aceleración constante, la *velocidad media* es la que se observa en el gráfico siguiente



- ✓ En este caso el espacio recorrido será,

$$e = v_m t = \frac{1}{2}(v + v_0)t$$

- ✓ Como la aceleración está definida por

$$a = \frac{v - v_0}{t - t_0} = \frac{\Delta v}{\Delta t}, \quad \text{y } t_0 = 0$$

$$v = v_0 + a \cdot t$$

- ✓ Siendo $e = (x - x_0)$ el espacio recorrido en un tiempo $(t - t_0)$, entonces

$$x - x_0 = \frac{1}{2}(v + v_0)t = \frac{1}{2}(v_0 + at + v_0)t = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$$

Finalmente

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2}at^2$$

El término $v_0 t$ representa el espacio que recorrería el objeto si su aceleración fuera nula, y el término $\frac{1}{2} a t^2$ representa el espacio adicional debido a la aceleración constante.

El lanzamiento de un objeto hacia arriba o la caída de otro desde una altura dada son ejemplos típicos de movimiento de objetos con aceleración constante. Los problemas propuestos poseen un cierto grado de dificultad que debería ser superado por los ingresantes a la FCENA-UNNE. A continuación se presentan problemas típicos resueltos para iluminar la metodología de resolución.

PROBLEMAS MODELOS

Problema 1:

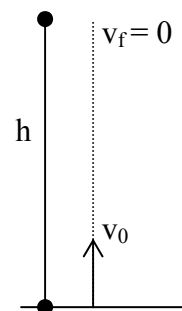
Con qué velocidad se debe lanzar verticalmente un cuerpo para que llegue a una altura de 50 m sobre el suelo? (se desprecia la resistencia del aire)

Solución:

Utilizando la ecuación de la cinemática:

$$v_f^2 = v_0^2 + 2gh$$

Donde v_0 es la velocidad inicial que deseamos conocer, v_f es la velocidad final cuando alcanza la altura h y g es la aceleración de la gravedad igual a $9,8 \text{ m/s}^2$. Como el sentido del movimiento es contrario al sentido de la aceleración de la gravedad, habrá que considerar una convención de signos adecuada. Podemos tomar como positivo el sentido hacia arriba y entonces la gravedad intervendrá en la expresión anterior con signo negativo. De esta manera estaremos describiendo un movimiento desacelerado o con aceleración negativa (-).



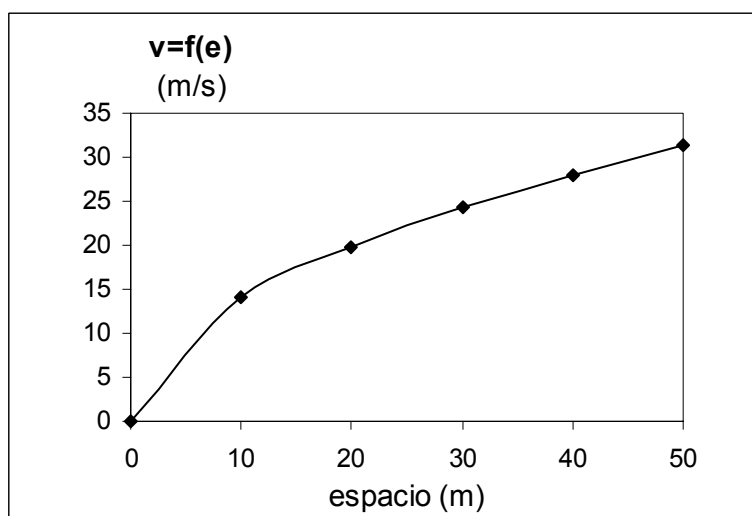
Con estas consideraciones la ecuación anterior queda:

$$0 = v_0^2 - 2gh$$

$$\text{Por lo tanto, } v_0 = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 9.8 \text{ m/s}^2 \cdot 50 \text{ m}} = 31,30 \text{ m/s}$$

Realizando la gráfica de la velocidad como función del espacio recorrido:

h (m)	v
0	0
10	14,80
20	19,80
30	24,25
40	28,00
50	31,30



Problema 2:

Un auto parte del reposo y se desplaza rectilíneamente con una aceleración de 2 m/s^2 durante 1 seg. Luego se apaga el motor y el auto desacelera debido a la fricción, durante 12 seg. a un promedio de 6 cm/s^2 . En ese momento se aplican los frenos y el auto se detiene en 7 seg. más.

- a) Se desea conocer la distancia total recorrida por el auto
- b) Realizar los gráficos del espacio, velocidad y aceleración en función del tiempo.

Solución:

La aceleración del automóvil no se mantiene constante en todo su trayecto. En consecuencia, es necesario analizar y determinar los valores de las magnitudes por etapa.

Primera etapa: Movimiento Rectilíneo Uniformemente acelerado (aceleración positiva).

$$a_1 = 2 \text{ m/s}^2 = \text{constante} \quad v_{01} = 0 \text{ m/s} \quad x_{01} = 0 \text{ m} \quad t_1 = 1 \text{ seg}$$

Distancia recorrida:

$$x_1 = x_{01} + v_{01} \cdot t_1 + \frac{1}{2} a_1 \cdot t_1^2 = (0 + 0 \cdot 1 + \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 1^2) \text{ m} = 1 \text{ m}$$

Velocidad final en esta etapa:

$$v_{f1} = v_{01} + a_1 \cdot t_1 = 0 + 2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 1 \text{ s} = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Segunda etapa: Movimiento Uniformemente Desacelerado (aceleración negativa).

$$a_2 = -6 \text{ cm/s}^2 = -0,06 \text{ m/s}^2 = \text{constante} \quad v_{02} = v_{f1} = 2 \text{ m/s} \quad x_{02} = x_1 = 1 \text{ m} \quad t_2 = 12 \text{ seg}$$

Distancia recorrida:

$$x_2 = x_{02} + v_{02} \cdot t_2 + \frac{1}{2} a_2 \cdot t_2^2 = (1 + 2 \cdot 12 + \frac{1}{2} \cdot (-0,06) \cdot 12^2) \text{ m} = 20,68 \text{ m}$$

Velocidad final en esta etapa:

$$v_{f2} = v_{02} + a_2 \cdot t_2 = 2 + (-0,06 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}) \cdot 12 \text{ s} = 1,28 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Tercera etapa: Movimiento Uniformemente Desacelerado.

$$a_3 = (v_{f3} - v_{f2}) / t_3 \quad v_{03} = v_{f2} = 1,28 \text{ m/s} \quad x_{03} = x_{f2} = 20,68 \text{ m} \quad t_3 = 7 \text{ seg}$$

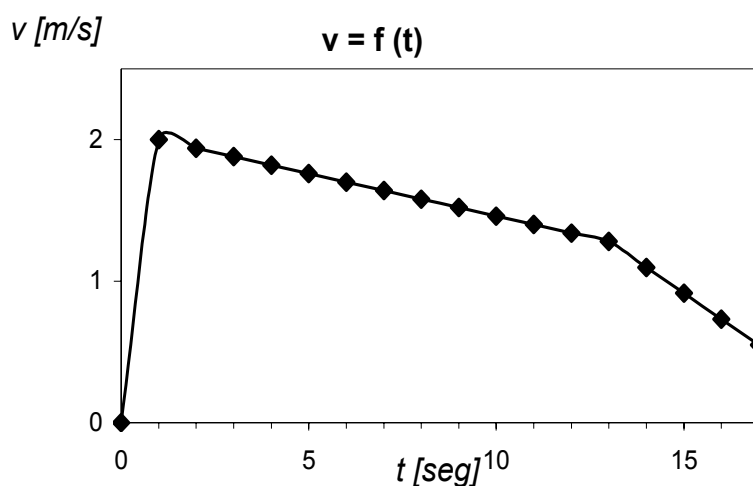
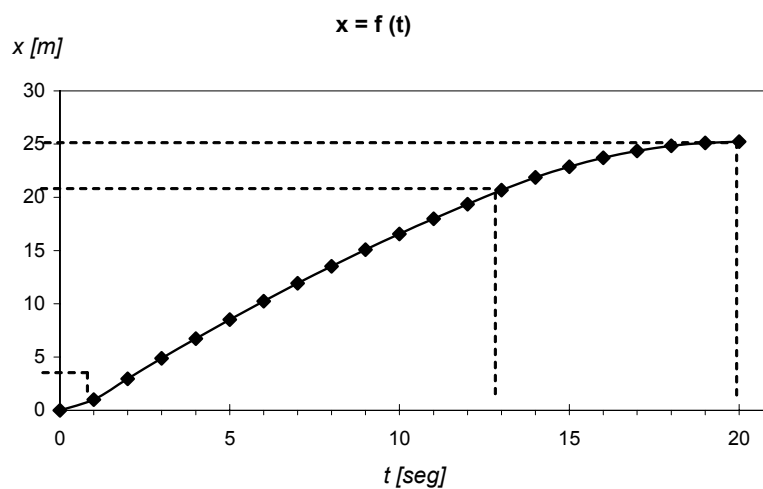
$$= (0 - 1,28) / 7$$

$$= -0,18 \text{ m/s}^2$$

$$x_3 = x_{03} + v_{03} \cdot t_3 + \frac{1}{2} a_3 \cdot t_3^2 = (20,68 + 1,28 \cdot 7 + \frac{1}{2} \cdot (-0,18) \cdot 7^2) \text{m} = 25,23 \text{m}$$

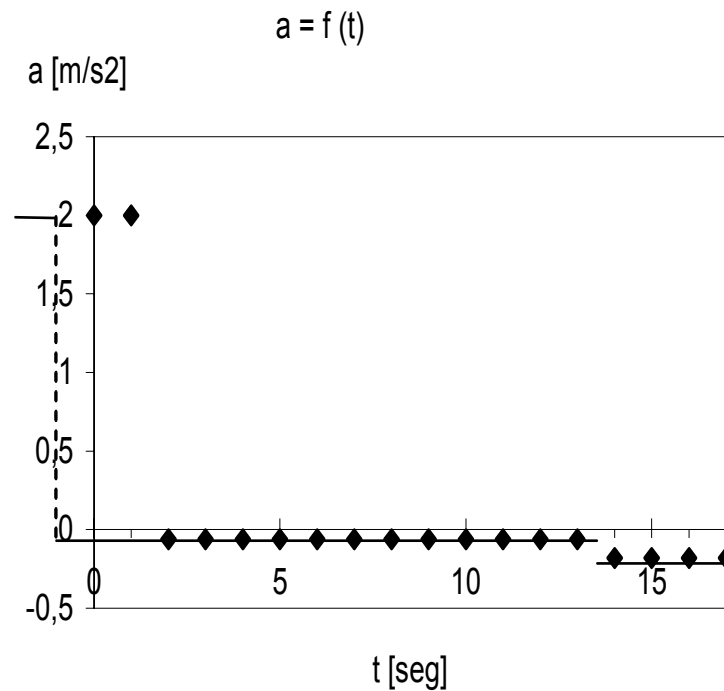
Entonces la distancia total recorrida por el auto es de 25,23 m.

b) Los gráficos correspondientes son:



Problema 3:

Un auto parte desde Corrientes hacia Buenos Aires, con un movimiento rectilíneo uniforme y con una velocidad de 75 km/h. Después de 10 horas, parte otro auto en sentido contrario, desde Buenos Aires (situado a 1100 km de Corrientes) a una velocidad de 100 km/h. Encontrar analítica y gráficamente a que distancia de Corrientes se produce el encuentro de los autos.



Solución analítica:

Los desplazamientos medidos desde Corrientes se calculan a partir de:

- auto que parte de Corrientes: $x_C = v_C \cdot t_C$ (1)

- auto que parte desde B.A. : $x_{BA} = d - v_{BA} \cdot t_{BA}$ (2)

Como el auto que partió de BA salió 10 hs después : $t_{BA} = t_C - 10$

Los autos se encontrarán en el mismo punto del espacio, por lo tanto: $x_C = x_{BA}$

Aplicando la condición anterior se obtiene:

$$v_C \cdot t_C = d - v_{BA} \cdot t_{BA}$$

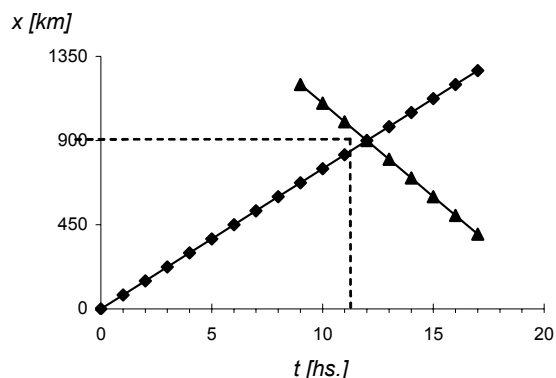
Reemplazando el t_{BA} :

$$v_C \cdot t_C = d - v_{BA} \cdot (t_C - 10) \quad \Rightarrow \quad t_C = \frac{d + v_{BA} \cdot 10}{v_C + v_{BA}} = \frac{1100 + 100 \cdot 10}{75 + 100} = 12 \text{ horas}$$

Entonces el $x_C = v_C \cdot t_C = 75 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot 12 \text{ h} = 900 \text{ km}$

Solución gráfica:

Graficando las funciones rectilíneas de las ecuaciones (1) y (2), se obtienen las coordenadas del punto de encuentro; que corresponden al cruce de las dos rectas, (13 horas, 900 km)



PROBLEMAS PROPUESTOS

Problema 1:

Suponga que se deja caer un objeto que se desliza sin rozamiento por un canal como se indica en la figura:

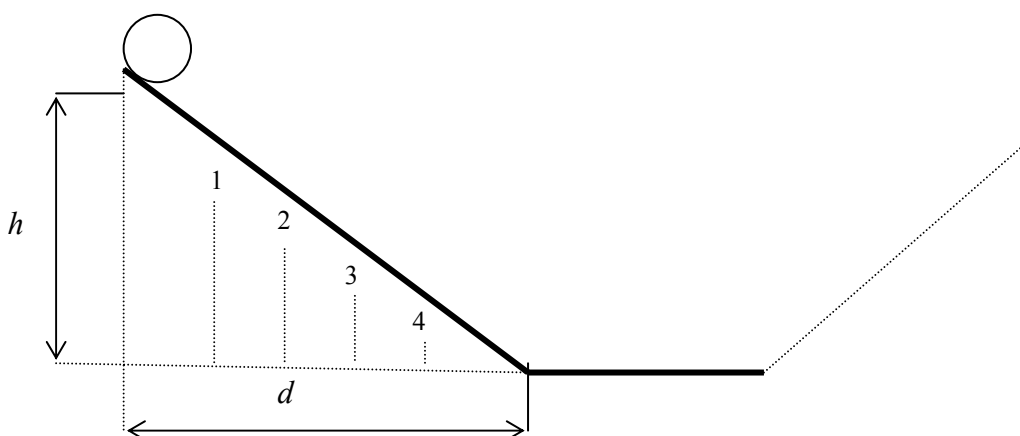


Gráfico P.1

1. ¿Cuál será la velocidad del objeto en los distintos puntos marcados en el gráfico?
2. ¿Cómo podría expresar los cambios de velocidad en el caso de que se produjeran?
3. ¿Si en el otro extremo se ubicara otro canal por el cual el objeto pudiera subir, hasta qué altura llegaría la pelota?. ¿Dependerá dicha altura del ángulo que forma el segundo canal con la horizontal?

Problema 2:

Suponga un automovilista que se desplaza a 70 km/h. Al pasar por una estación de control, sin detenerse, otro automóvil inicia su persecución. Si el segundo automóvil parte del reposo y acelera de tal modo que adquiere una velocidad de 80 km/h en 10 segundos y luego continúa desplazándose a 80 km/h.

1. ¿En cuánto tiempo interceptará al primer vehículo y a qué distancia de la estación de control?

Problema 3:

Suponga dos trenes que parten de dos estaciones **A** y **B** separadas por una distancia de 400 km. Uno de los trenes que parte de **A** hacia **B** a razón de 40 km/h y el otro parte de **B** hacia **A** a 60 km/h,

1. ¿A qué distancia de **A** se cruzarán?. ¿En qué tiempo se producirá el cruce?

Si el tren que parte de **B** se detiene durante 15 minutos luego de recorrer 180 km,

2. ¿A qué distancia de **A** se cruzarán?

Grafique ambas situaciones.

MOVIMIENTO EN DOS DIMENSIONES

El estudio anterior se refiere al movimiento de objetos que se desplazan en línea recta o en una dimensión. Si permitimos que los objetos se desplacen sobre un plano o en el espacio debemos agregar más dimensiones espaciales a nuestros gráficos.

En principio nos conviene estudiar movimientos en un plano pues esto requerirá el uso de vectores, aunque en dos dimensiones y no en tres como sería el caso para el movimiento en el espacio ordinario de tres dimensiones.

Si consideramos a la superficie de la Tierra como plana, para ubicar una ciudad o un lugar cualquiera solo es necesario dar dos números que se denominan: *coordenadas*. Siempre es imprescindible establecer primero el origen de coordenadas para hacer explícito el punto de referencia; el punto que será tomado como el cero en todas las mediciones. Si elegimos como origen de coordenadas el centro de la Plaza 25 de Mayo de Resistencia, por ejemplo, cada punto de la ciudad estará bien identificado dando dos números. Supongamos que tomamos el que tiene por coordenadas 850 m hacia el norte y 250 m hacia el este.

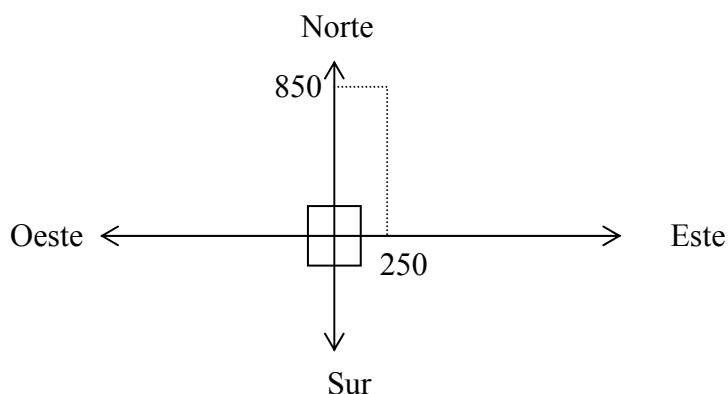


Gráfico 11

La recta que une el origen de coordenadas (centro de la plaza 25 de Mayo) con el punto señalado en el gráfico será identificado como el vector posición. Si un vehículo parte de esta posición y se desplaza por la ciudad, modificará su posición respecto del sistema de coordenadas como se muestra en la figura, y por tanto serán distintos sus vectores posición.

Supongamos una pista de carreras que forma un ovalo perfecto, como se muestra en el gráfico 12

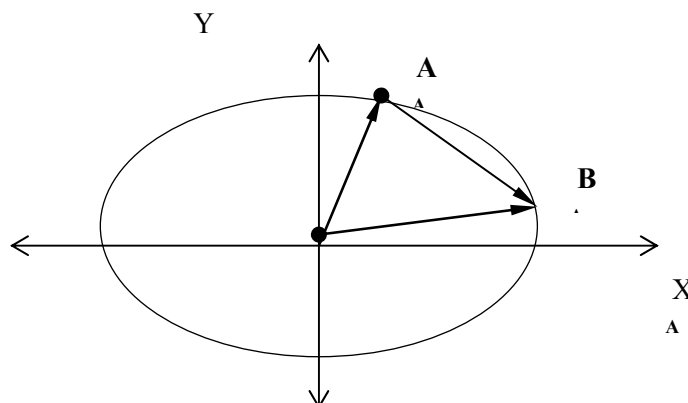


Gráfico 12

Nuestro vehículo se encuentra inicialmente en la posición A. Esto quiere decir que el vector de posición tiene su origen en el origen de coordenadas y su punto extremo en el punto designado como A. En la medida que nuestro vehículo se desplace por la pista se modificará su vector posición. Entonces se puede definir nuevamente la velocidad media como el cociente entre la variación de la posición (cambio en el vector posición) y el tiempo transcurrido:

$$v_m = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_B - v_A}{t_B - t_A}$$

(5)

De la observación de la gráfica se desprende que existe una *variación* de la velocidad a medida que transcurre el tiempo. Dicha variación puede darse aún cuando el vehículo se desplace con una celeridad constante. La celeridad se refiere a la *cantidad de velocidad*, es decir, a cuan rápido se desplaza el vehículo sin tener en cuenta la dirección del desplazamiento. Ahora bien, si los puntos **B** y **A** se ubican *tan cerca como se pueda* en la trayectoria descrita por el objeto, encontraremos lo que se denomina velocidad instantánea. El valor de la misma se obtiene de la misma forma que la expresada en la ecuación 5. Sin embargo su vector será tangente a la curva. Justifique este aspecto que se refiere a la dirección de la velocidad instantánea.

Lo expresado para este caso particular se puede generalizar para el movimiento en un plano según cualquier dirección, como se observa en el gráfico 13.

Ejemplo 7 :

Consideremos el desplazamiento de un objeto de acuerdo con el gráfico 13

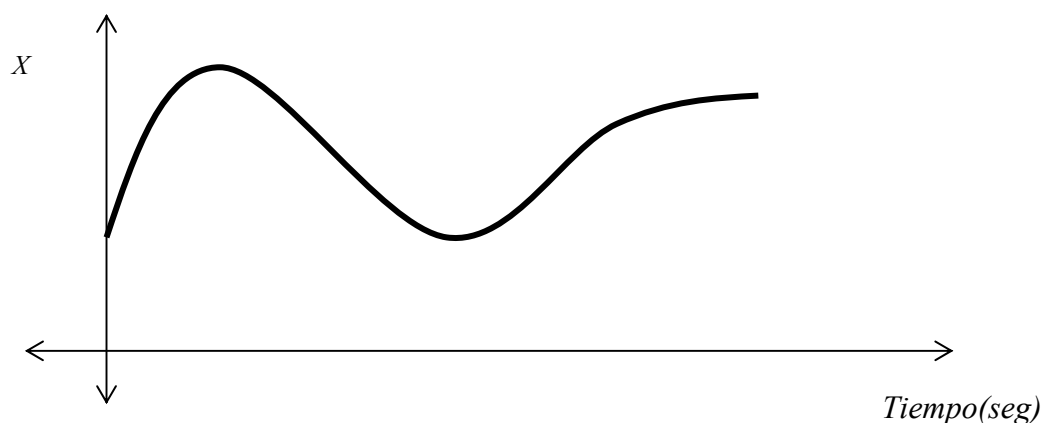


Gráfico 13

Si consideramos el movimiento de este objeto desde el eje que señala el Norte (no tenemos en cuenta lo que veríamos desde el eje que va hacia el Este) se observa que el objeto modifica su posición de tal modo que no siempre se dirige hacia el Norte.

-Construya a partir de este análisis un gráfico tentativo de velocidad-tiempo donde cada uno introduzca valores arbitrarios de velocidad.

-¿Existe algún punto de la trayectoria donde se anula la velocidad? ¿Variará el signo de la misma?.

Así como la *variación* de la posición a medida que transcurre el tiempo se definió como velocidad, así también la *variación* de la velocidad respecto del tiempo se define como aceleración.

Como la velocidad del movimiento de un objeto se debe representar como un vector (dado que se requiere conocer la *variación* del vector posición respecto del tiempo), entonces la aceleración se deberá representar también como un vector.

Ejemplo 8:

Si la celeridad de un objeto se mantiene constante y el mismo se desplaza según una línea recta:

1. *-¿Cuánto valdrá su aceleración?*
2. *-¿Si el objeto se desplaza en línea recta pero se modifica su celeridad, podremos decir que su aceleración es nula?*
3. *-Por último, si el objeto se desplaza con celeridad constante en una pista ovalada como la del Gráfico 12, ¿será su aceleración nula? Justifique su respuesta.*

La aceleración se representa por medio de un vector; es por tanto una magnitud vectorial. Y lo es siempre, de tal modo que para el caso del movimiento unidimensional de un objeto se indica el sentido del vector con un signo (+) o (-). Esto es arbitrario, es decir, lo decide quien realiza el estudio y no modifica el resultado final del estudio. Entonces, si un objeto cae desde un cuarto piso de un edificio (digamos desde una altura de 10 metros) y uno desea conocer con qué velocidad chocará contra el piso uno puede o no establecer el sentido positivo de la aceleración que recibe dicho objeto pues en este caso su signo no tendrá mayores consecuencias en el análisis del problema. Sin embargo, si uno tira un objeto hacia arriba con una determinada velocidad y desea saber la altura máxima que alcanzará dicho objeto, es necesario establecer de antemano el sentido positivo tanto de la velocidad como de la aceleración de este objeto. Por qué? Realice un gráfico en el que se observe cómo variaría la posición con el tiempo y otro gráfico donde se indique como lo haría su aceleración.

4. *-A partir del gráfico 13 determinar un gráfico aceleración-tiempo.*

Uno de los movimientos más complejos que se estudian en cinemática elemental es el del tiro oblicuo. Este tipo de movimiento se puede considerar como compuesto por dos movimientos independientes del mismo objeto: uno horizontal y otro vertical. Uno de los dos es del tipo uniforme y el otro es acelerado.

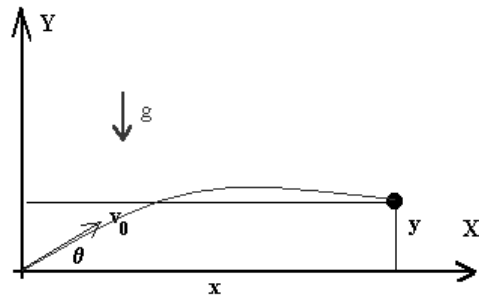
Consideremos el caso de un jugador de fútbol que patea una pelota desde su arco. Cómo describiría esta situación utilizando gráficos de espacio-tiempo, velocidad-tiempo y aceleración-tiempo para el caso más sencillo, es decir, cuando la pelota se mueve según un plano (considerar despreciables en este caso el efecto del viento y otros efectos que modifiquen la trayectoria en un mismo plano de la pelota). Suponga que dicha pelota posee una velocidad inicial conocida.

5. ¿Cómo describiría en términos de ecuaciones matemáticas esta situación?

PROBLEMA MODELO

Se dispara una flecha desde un arco con una velocidad de 150 m/s formando un ángulo de 50° grados con la horizontal. Se desea conocer:

- a) La altura máxima que alcanza y el tiempo que tarda en hacerlo.
- b) El alcance (horizontal) de la flecha.
- c) Las velocidades horizontal, vertical y total a los 10 segundos.



Solución:

El movimiento parabólico de la flecha se puede pensar como compuesto por la superposición de dos movimientos. Un movimiento rectilíneo uniforme horizontal y otro movimiento acelerado vertical.

Como la aceleración es constante, podemos usar las ecuaciones de la cinemática. La componente x de la velocidad es constante ya que no existe aceleración horizontal:

$$v_x = v_{0x}$$

y la componente y varía con el tiempo donde $a = -g$:

$$v_y = v_{0y} - gt$$

Obsérvese que v_x no depende de v_y y viceversa. Las componentes horizontal y vertical son independientes.

Los desplazamientos vienen dados por:

Movimiento horizontal: $x(t) = x_0 + v_{0x}t$

Movimiento vertical: $y(t) = y_0 + v_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2$

a) La altura máxima se obtiene en el punto vértice de la trayectoria parabólica, donde la velocidad total sólo tiene componente horizontal, es decir que la componente vertical $v_y = 0$:

$$0 = v_{0y} - gt$$

Entonces el tiempo en que se produce la situación mencionada es:



$$t = \frac{v_{0y}}{g}$$

y reemplazándolo en la ecuación del desplazamiento en y , se obtiene desplazamiento máximo en el sentido y o altura máxima:

$$y_{\text{máximo}} = \frac{1}{2} \frac{v_{0y}^2}{g} = \frac{v_0^2}{2g} \text{sen}^2 \theta$$

Reemplazando los datos del problema:

$$y_{\text{máximo}} = \frac{150^2 \text{ m/s}^2}{2 \cdot 9,80 \text{ m/s}^2} \text{sen}^2 50^\circ = 673,65 \text{ m}$$

b) Las velocidades a los 10 seg. se calculan a partir de:

$$v_x(10\text{seg}) = v_{0x} = v_0 \cos \theta = 150 \text{ m/s} \cdot \cos 50^\circ = 96,42 \text{ m/s}$$

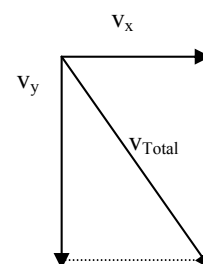
$$v_y(10\text{seg}) = v_{0y} - gt = v_0 \cdot \text{sen} \theta - gt = 150 \text{ m/s} \cdot \text{sen} 50^\circ - 9,80 \text{ m/s}^2 \cdot 10 \text{ seg} = 16,91 \text{ m/s}$$

Para calcular la velocidad total se debe componer cada una de las velocidades anteriores:

$$v_{\text{Total}} = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{96,42^2 + 16,91^2} = 97,89 \text{ m/s}$$

Formando un ángulo con respecto a la horizontal de:

$$\theta = \text{arctg} \frac{v_y}{v_x} = \text{arctg} \frac{16,91}{96,42} = 9^\circ 56' 50''$$



el

PROBLEMAS PROPUESTOS

A. Unidades

1) Indique cuales de las magnitudes siguientes serán consideradas como fundamentales en mecánica,

- velocidad
- tiempo
- Fuerza
- aceleración
- masa
- impulso
- longitud

2) Realizar los siguientes pasajes de unidades:

- a) 5,06 m a Km
- b) 10 seg. a horas
- c) 5,3 horas a segundos
- d) 7,8 m/s a Km/h
- e) 5 kg a gramos

B. Cinemática:

1) Un automóvil tiene un movimiento descrito de la siguiente manera:

- a) En reposo desde las 8:00 hs hasta las 9:00hs en su casa a 5 Km del origen de medición.
- b) Luego desde las 9:00 a las 11:00 hs avanza desde su casa hasta el trabajo a 10 Km al origen de medición.
- c) En el trabajo permanece desde las 11:00 hs hasta las 17:00hs.
- d) Finalmente sale del trabajo a las 17:00 hs y a las 18:00 hs. se sitúa en la casa de su hermano a -2Km del origen de medición.

Suponiendo que el trabajo, la casa y la casa del hermano del conductor están sobre la misma calle, graficar esquemáticamente la posición del auto en función del tiempo. Graficar además la trayectoria del auto, Indicando la casa, el trabajo y la casa del hermano mediante letras.

2) La siguiente gráfica representa la posición X de una mosca como función del tiempo. Casualmente la mosca se mueve en línea recta. Indique cuando se aleja del origen de medición y cuando se acerca.

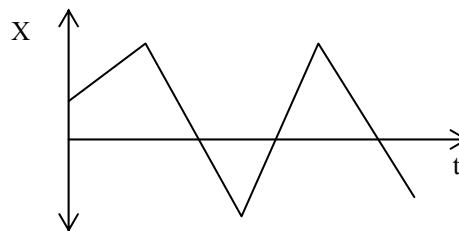


Gráfico P.2

3) Usando el concepto de velocidad media realice un grafico cualitativo de la velocidad como función del tiempo para la mosca del problema anterior.

4) Realice el gráfico de velocidad como función del tiempo para el auto del problema 1).

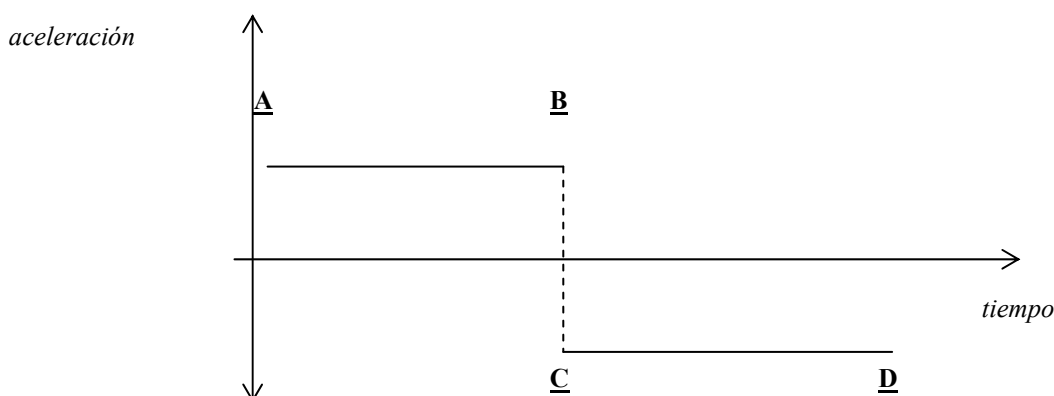
5) Una lancha recorre 150m en tres segundos. Cual es la velocidad media de la misma?.

6) Marcos está a 3 metros de Juan y luego está a 5 metros de Juan. Finalmente, luego de 2 horas se encuentra junto a Juan. Calcular la velocidad media de Marcos.

7) Mi gato *Miau* corre a razón de 2 m. en un segundo, mientras que el perro del vecino *Sultán* recorre 3m. en un segundo. Si cuando *Sultán* ve a *Miau* este está a 12m por delante, cuánto tarda *Sultán* en alcanzar a *Miau*? (Recomendamos no realizar este experimento en casa).

8) Si un cohete se mueve en línea recta inicialmente con una velocidad de 1400m/s, y llega al reposo luego de 10 segundos, calcular la aceleración media del mismo.

9) El siguiente gráfico indica la aceleración de un móvil como función del tiempo. Indicar en qué momento la velocidad del móvil aumenta y en que intervalo de tiempo la velocidad disminuye. Graficar esquemáticamente la velocidad como función del tiempo.



10) La misma mosca del problema 2) vuelve al ataque. En este caso dicha mosca recorre una trayectoria como la que se indica en la figura. Si la misma estuvo en el punto A a los dos segundos, en el punto B a los tres segundos y en el C a los 10 segundos, mostrar esquemáticamente la variación del vector posición entre A -> B y entre B -> C . Si entre A y B recorre la misma distancia que entre B y C, indicar cuando se mueve mas rápido.

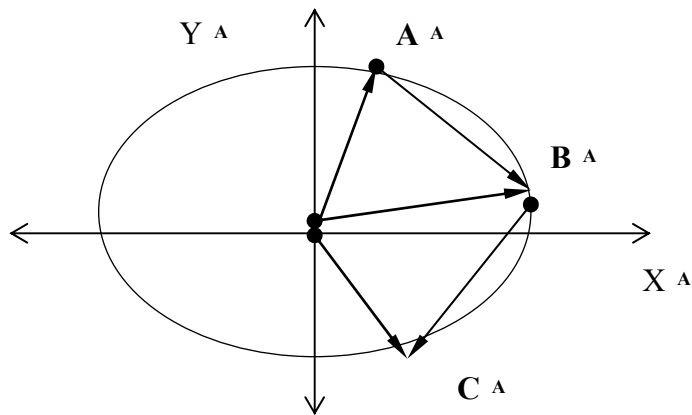


Gráfico P.10

11) Una piedra cae verticalmente desde un acantilado de 200 m de altura. Durante el último medio segundo de su caída la piedra recorre una distancia de 45 m. Determinar la velocidad inicial de la piedra.



DINÁMICA

El estudio del movimiento *sin considerar* las causas que lo generan fue el aspecto central de lo presentado hasta aquí. Cuando tomamos en cuenta las *causas externas* que hacen a que un objeto se mueva, es decir, que cambie su posición con el tiempo, nos introducimos en el área de la Física denominada Dinámica.

Si un objeto modifica su estado de movimiento es porque actúa sobre él una fuerza. Este principio fue descubierto por Galileo en el siglo XVII y su expresión exacta se denomina Principio de Inercia:

Todo cuerpo permanece en estado de reposo o de movimiento a menos que actúe sobre él una fuerza.

Aquí aparece claramente una nueva magnitud física: *fuerza*, que requiere ser definida en forma precisa. Si bien cuando se menciona la palabra *fuerza* pueden surgir inmediatamente en nuestra imaginación ideas preconcebidas relativas a la fuerza muscular, la idea de *fuerza* es mucho más amplia que esto. Existen distintos tipos de *fuerzas* cuyo origen puede no ser mecánico. Las fundamentales son cuatro, es decir: fuerzas electromagnéticas, nucleares fuertes o débiles y gravitatorias. Las otras son derivadas de estas cuatro y se conocen como eólicas, atómicas, moleculares, etc. Entonces deben haber aspectos en común a todas ellas aunque su diferencia radique en su origen. Lo que caracteriza a una fuerza es el hecho que la misma modifica el estado de movimiento de un objeto que tiene una dada cualidad sobre la que actúa esta fuerza. Entonces la fuerza eléctrica es posible siempre que existan objetos con carga eléctrica. La fuerza gravitatoria implica la existencia de objetos que poseen una cualidad denominada masa.

Por lo tanto, si sobre un objeto que posee una cualidad intrínseca denominada carga eléctrica actúa una fuerza eléctrica, dicho objeto modificará su estado de movimiento. variará su velocidad.

Uno podría preguntarse si las fuerzas existieron siempre en la naturaleza o si fue Galileo quien las *inventó*. Dicho de otra manera: será cierto que las fuerzas existen o es solo una ilusión, un invento del espíritu humano para describir determinados fenómenos pero que no tienen realidad existencial? Las fuerzas, al igual que las velocidades y aceleraciones no se observan sino de manera indirecta. Cuando un objeto modifica su posición según avanza el tiempo decimos que posee una determinada velocidad y también puede ser una dada aceleración. Por modificar su estado de movimiento decimos que actúa o actuó sobre él una fuerza.

Cuando uno observa el movimiento de la Luna o de algún satélite visible a simple vista, se da cuenta de que dichos objetos modifican su posición a medida que transcurre el tiempo. Entonces uno podría suponer que sobre ellos actúa una fuerza. Esto de por sí representa una enorme ayuda a la hora de estudiar dichos movimientos. Sin embargo se requiere dar un paso importante a fin de “entender” este fenómeno.

En todos los casos la fuerza se debe representar por un vector. Es decir, para conocer todas las características de una dada fuerza se requiere no solo saber su intensidad sino también su dirección y sentido.

Supongamos que una persona pretende desplazar un paquete a una distancia de 4 metros desde donde se encuentra. Si dijéramos que la fuerza necesaria para hacerlo es de 15 Kgr. Tendríamos todos los datos necesarios para resolver el problema?

A fin de iniciar el estudio del movimiento de objetos debido a la acción de las fuerzas introduciremos un concepto sencillo aunque poderoso que nos permitirá determinar la fuerza neta ejercida sobre un objeto cualquiera. Se trata del **Diagrama de cuerpo libre**.

Ejemplo 1

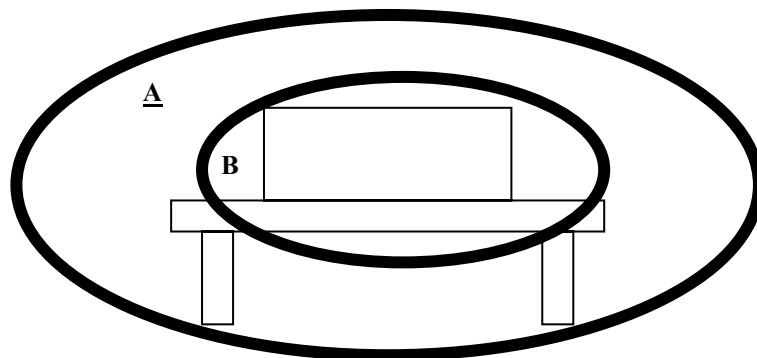
Supongamos que dos personas pretenden mover un objeto de gran tamaño. Una lo empuja y la otra tira de él a través de una soga. ¿Cómo haría para representar esta situación?

Un modo simplificado de obtener cual es la fuerza neta que actúa sobre dicho cuerpo es el considerarlo como puntual. Es decir, hacemos que todo su volumen se reduzca a un punto (!). Esto es posible pues solo intentaremos determinar la fuerza total neta que actúa sobre nuestro objeto de interés. Si el volumen se redujo a un punto, todas las fuerzas que actúan sobre este objeto se concentrarán en dicho punto. Entonces será más sencillo sumarlas a fin de establecer su resultante.

Por lo tanto el diagrama de cuerpo libre es aquel en el que se muestran *solo* las fuerzas que actúan *sobre* el objeto.

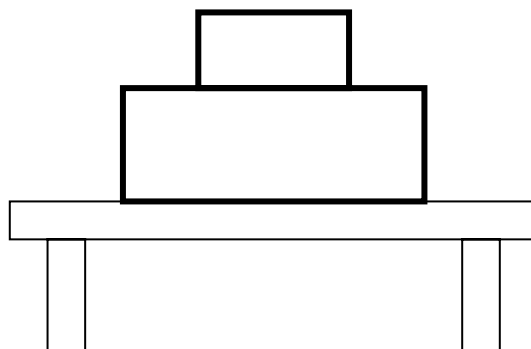
Por otro lado conviene dividir las diferentes fuerzas actuantes en dos tipos: de contacto y de acción a distancia. Podría dar algunos ejemplos de fuerzas que pertenezcan a estos dos tipos?

Analicemos ahora las fuerzas que actúan sobre un bloque de madera apoyado sobre una mesa como se muestra en la figura.



Qué tipo de fuerzas encontraría en este sistema bloque-mesa? Si uno observa solo el bloque de madera, como describiría el diagrama de cuerpo libre?

Suponga ahora dos bloques de madera de distinto peso apoyados sobre una mesa según se presenta en la siguiente figura:



Cómo dibujaría el diagrama de cuerpo libre correspondiente al bloque directamente apoyado sobre la mesa?

Se pueden presentar situaciones más complejas donde se requiera establecer cuales son las fuerzas que actúan sobre algún objeto dado. Lo importante de este análisis es el hecho de que “si la fuerza neta resultante no es nula, entonces el cuerpo se moverá, es decir, no estará en equilibrio”. De otro modo, si la fuerza que actúa sobre un cuerpo es nula, entonces éste no se desplazará.

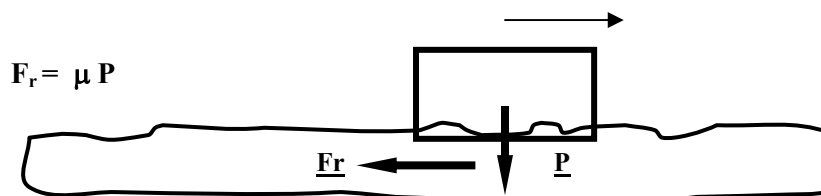
Existe otra condición para que el cuerpo se encuentre totalmente en equilibrio. La anterior solo asegura que el cuerpo no se desplazará aunque podrá rotar. Como no estudiaremos rotaciones no tendremos en cuenta cual es la condición requerida para que un cuerpo rote.

Rozamiento

Un aspecto que tiene que ver con el movimiento de objetos apoyados sobre otros es el que se refiere al rozamiento de los cuerpos. Solo lo incluiremos de manera muy simplificada.

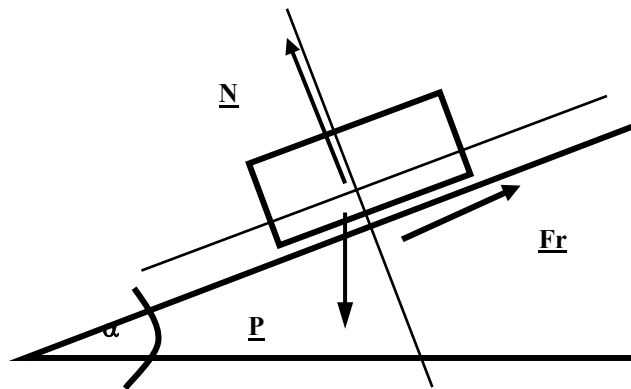
Cuando uno pretende desplazar un objeto sobre otro (por ejemplo una caja sobre el piso) resulta evidente que uno realiza un esfuerzo menor cuando trata de desplazar el objeto que cuando trata de levantarlo. Esto se debe a que la fuerza necesaria para desplazar (iniciar y mantener el desplazamiento) un objeto sobre otro no es igual al peso del objeto sino al producto del mismo por un coeficiente denominado de rozamiento.

Estudemos que ocurre si pretendemos desplazar un objeto que tiene un peso P . En este caso se ejercerá una fuerza de rozamiento igual al producto del peso P por un coeficiente μ . Entonces:



El coeficiente de rozamiento es siempre menor que la unidad y su valor depende de la naturaleza de los cuerpos en contacto, es decir, será diferente la fuerza necesaria para desplazar un objeto de madera sobre madera que sobre hierro o vidrio.

Podemos también analizar qué ocurre cuando pretendemos desplazar un objeto en un plano inclinado.



En este caso el peso **P** del objeto que actúa entre las superficies en contacto no será el mismo que en el caso del desplazamiento horizontal. Será mayor o menor? Si aumenta el ángulo del plano inclinado, esta fuerza normal aumentará o disminuirá?

El análisis anterior nos permite estudiar diversas situaciones y evaluar si se producirá o no el desplazamiento de los objetos bajo estudio.

LEYES DE NEWTON.

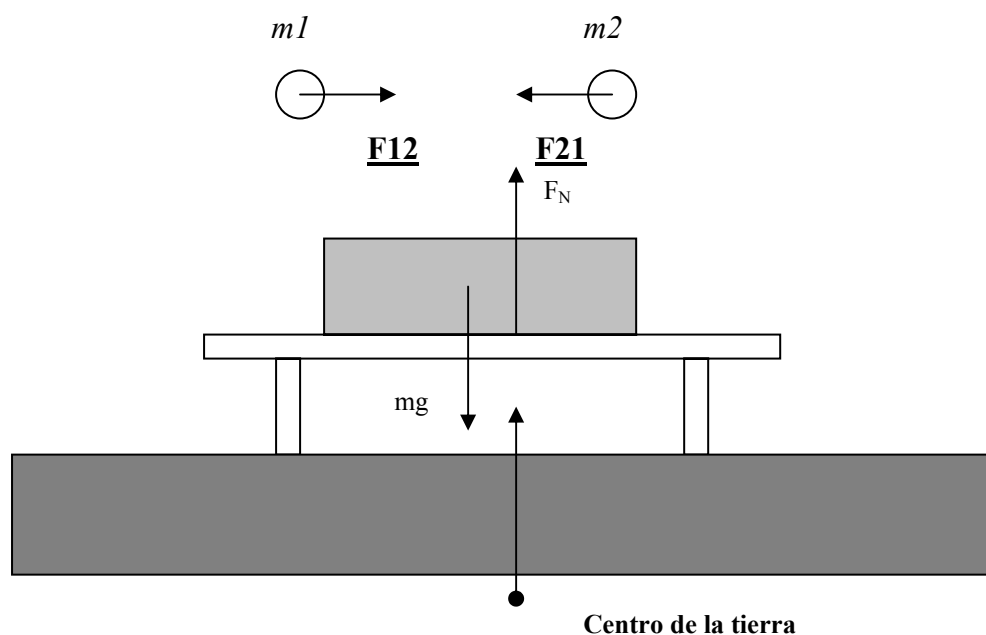
Las leyes físicas que permiten el estudio elemental de los fenómenos relativos a la dinámica de cuerpos puntuales fueron establecidas por Isaac Newton. La primera es conocida como ley de la inercia y fue mencionada más arriba. La segunda ley establece la relación entre el concepto de fuerza y el de masa y aceleración de un objeto:

$$\mathbf{F} = m \mathbf{a}$$

Se observa aquí una definición de fuerza más bien matemática en el sentido que se establece una relación matemática entre las distintas magnitudes físicas. No se establece “lo que es una fuerza” o los tipos de fuerza y su expresión en términos de otras magnitudes más elementales que la aceleración. En el caso de la fuerza gravitatoria Newton estableció si una ley física ya que en este caso la fuerza es directamente proporcional al producto de las masas interactuantes e inversamente proporcional a la distancia que las separa.

Sin embargo de la segunda ley se desprende que la acción de una fuerza dada sobre un objeto modifica su estado de movimiento (como lo establece el principio de Inercia o primera ley de Newton) de manera proporcional a la misma y en la misma dirección de la fuerza.

La tercera ley de Newton establece que “a cada fuerza actuante sobre un objeto (fuerza de acción) le corresponde otra de igual intensidad y de sentido contrario (fuerza de reacción)”. Esto implica que si consideramos la fuerza gravitatoria entre dos objetos de masas diferentes, si medimos la fuerza sobre uno de los objetos encontraremos que sobre el otro habrá una fuerza igual y de sentido contrario. Diversos ejemplos permiten comprender mejor esta ley fundamental para el estudio del movimiento de los cuerpos sujetos a fuerzas.



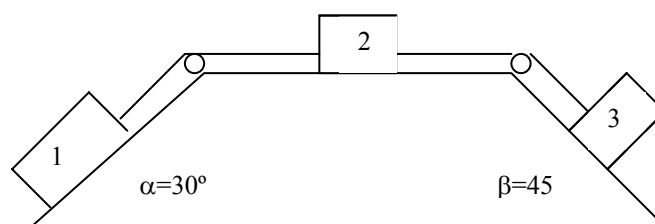
PROBLEMA MODELO

Tres bloques de pesos $P_1= 60$ kgr, $P_2=P_3=20$ kgr, unidos por una cuerda que pasa por pequeñas poleas sin rozamiento descansan sobre planos lisos. Despreciando las masas de las cuerdas y las poleas determinar:

- La aceleración y el sentido en que se desplaza el sistema.
- Las tensiones de las cuerdas.

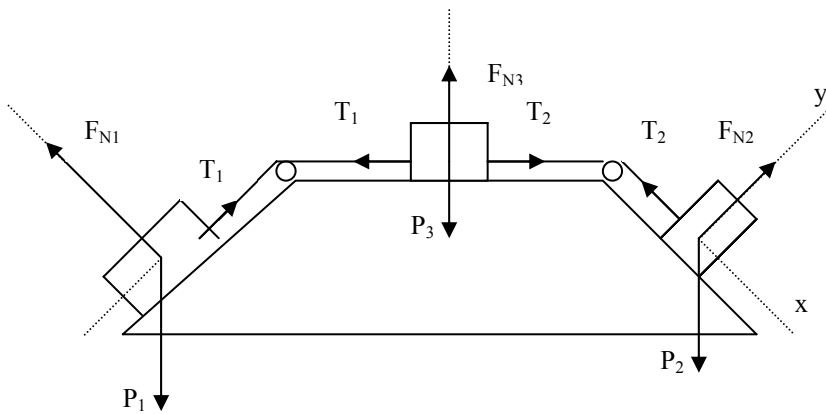
Solución:

a) Hay que tener en cuenta que las poleas sin rozamiento transmiten las fuerzas y solamente cambian la dirección de las mismas.



Supondremos el eje 'x' a lo largo de la cuerda (paralelo a los planos), y los ejes 'y' perpendiculares a los planos. Supondremos cada sistema xy con signo positivo a izquierda para x y hacia arriba para y.

Las fuerzas que actúan sobre cada cuerpo son las que se muestran en el esquema:



Las fuerzas en la dirección 'y' están en equilibrio con la reacción de la fuerza normal ejercida por el plano, ya que los cuerpos no se hunden en los planos:

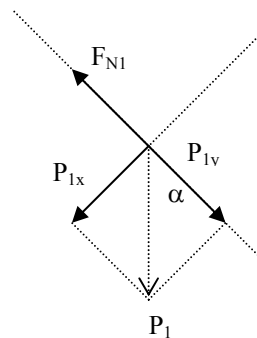
$$F_{N1} - P_{1y} = 0$$

$$F_{N1} = P_1 \cdot \cos \alpha$$

$$F_{N2} - P_2 = 0$$

$$F_{N3} - P_{3y} = 0$$

$$F_{N3} = P_3 \cdot \cos \beta$$



Ahora consideremos las fuerzas que actúan en la dirección 'x'. Como las cuerdas son inextensibles, todo el sistema tendrá la misma aceleración. Y planteando para cada uno de los cuerpos una ecuación según la segunda ley de Newton, con a positivo, es decir suponemos un movimiento del sistema hacia la izquierda, tenemos:

- cuerpo 1: $P_{1x} - T_1 = m_1 \cdot a$ (1)

- cuerpo 2: $T_1 - T_2 = m_2 \cdot a$ (2)

- cuerpo 3: $T_2 - P_{3x} = m_3 \cdot a$ (3)

Sumando miembro a miembro se obtiene:

$$P_{1x} - P_{3x} = (m_1 + m_2 + m_3)a$$

de donde
$$a = \frac{P_{1x} - P_{3x}}{m_1 + m_2 + m_3} = \frac{P_1 \cdot \text{sen } \alpha - P_3 \cdot \text{sen } \beta}{(P_1 + P_2 + P_3)/g}$$

Reemplazando los valores:

$$a = \frac{50 \cdot \text{sen } 30^\circ - 20 \cdot \text{sen } 45^\circ}{(50 + 20 + 20)/9,80} = 1,18 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Si el valor de la aceleración fuese negativo, significaría que el sentido de movimiento es inverso al supuesto.

b) Ahora calculemos las tensiones, para ello tomemos primeramente la ecuación (1):

$$P_{1x} - T_1 = m_1 \cdot a \Rightarrow T_1 = P_{1x} - m_1 \cdot a = 60 \cdot \text{sen } 30^\circ - (50/9,80) \cdot 1,18 = 23,98 \text{ kgr}$$

Luego de la ec.(3):

$$P_{3x} - T_2 = m_3 \cdot a \Rightarrow T_2 = P_{3x} - m_3 \cdot a = 20 \cdot \text{sen } 45^\circ - (20/9,80) \cdot 1,18 = 11,73 \text{ kgr}$$

PROBLEMAS PROPUESTOS

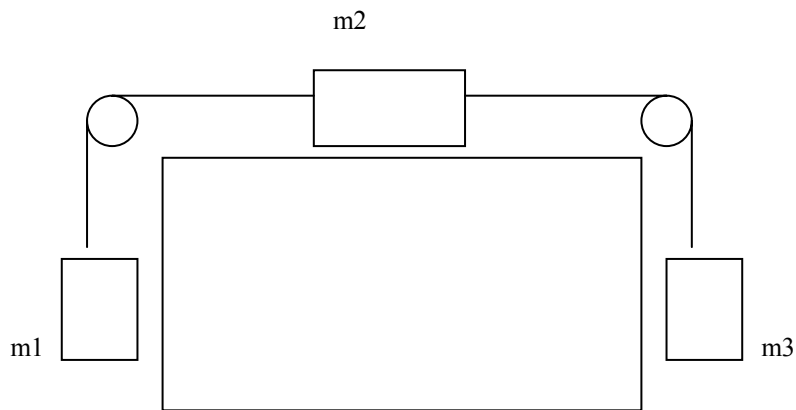
Problema 1:

a) Dado el esquema de la figura, y considerando que el objeto de masa m_2 se mueve sin rozamiento, cómo deben ser las masas m_1 y m_3 para que el sistema permanezca en equilibrio?

b) Qué ocurriría si la masa m_3 es mayor que la masa m_1 ?

c) Suponga que la masa m_1 es el doble de la masa m_3 . Cual será la tensión en el cable de la izquierda? En cuanto diferirá de la tensión para el cable de la derecha?

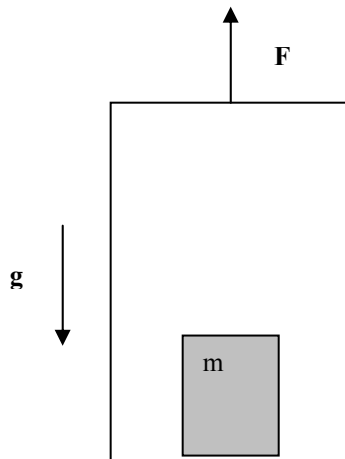
d) Suponga ahora que el objeto de masa m_2 se desliza con rozamiento. Si m_3 es de 20 Kg y m_1 es de 15 Kg y el coeficiente de rozamiento vale 0.3, Cuanto debe valer m_2 para que el sistema permanezca en equilibrio? Establezca el valor de las tensiones a ambos lados del objeto 2.



Gráfica P.1

Problema 2:

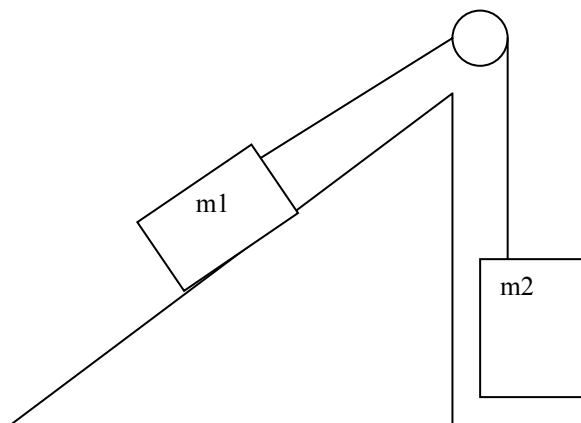
Suponga un objeto de masa m que se mueve solidario a un ascensor impulsado desde fuera por una fuerza de 20 *Newton*. Si la aceleración de la gravedad es de 10 m/s^2 , que esfuerzo soporta la base del ascensor? Si se corta la sogá con la que se está elevando el ascensor a una altura de 15 metros, cuanto demorará en caer el mismo al suelo



Gráfica P.2

Problema 3:

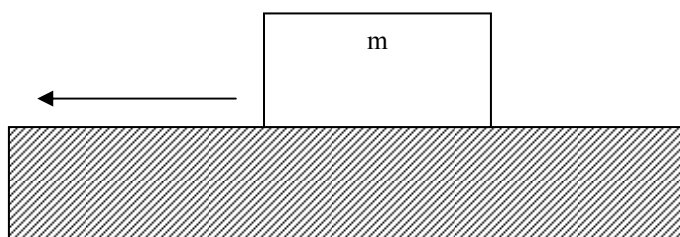
Resuelva el problema de la figura :



Grafica P.3

Problema 4:

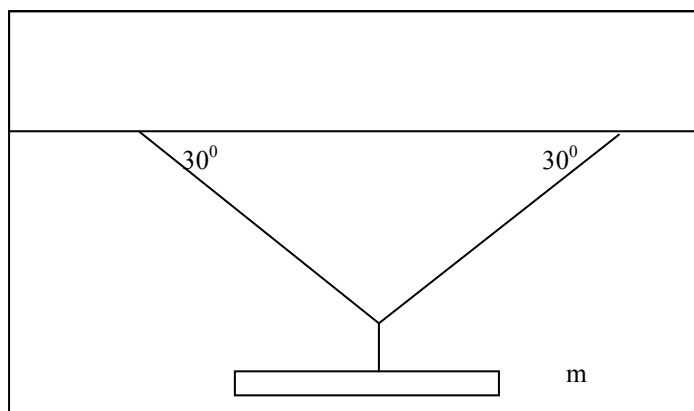
Un objeto se desplaza a 20 m/s sobre una superficie horizontal con rozamiento. Cuanto vale el coeficiente de rozamiento para que el objeto se detenga a los 400 metros



Grafica P.4

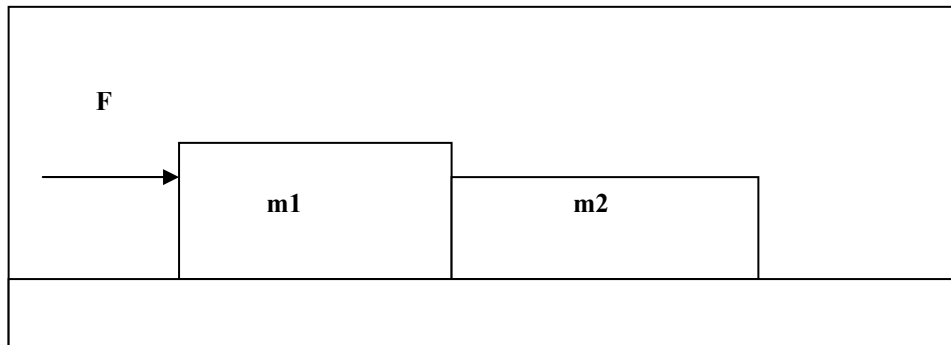
Problema 5:

Encontrar las tensiones en las cuerdas para un objeto como el de la figura



Problema 6:

Encontrar la aceleración del sistema de la figura:



CANTIDAD DE MOVIMIENTO - IMPULSO

En la naturaleza de continuo se observan interacciones entre objetos que producen cambios en el movimiento de los mismos o el cambio en sus posiciones relativas. Como lo mencionáramos en la Introducción, se estudiarán aquí solo los casos más simples que nos permitan lograr una “aproximación” elemental al estudio de los fenómenos físicos relativos a la Mecánica y la Termodinámica.

El movimiento de una pelota de golf, por ejemplo, luego de ser golpeada por un determinado palo de golf, es tal que se puede describir con las ecuaciones de la cinemática dadas en el capítulo correspondiente, siempre que se conozcan la velocidad inicial y el ángulo inicial del movimiento de la pelota respecto del suelo y se consideren nulos los efectos del viento, de la densidad del aire y de las dimensiones no nulas de la pelota (partícula puntual). Sin embargo, si se requiere determinar la intensidad y duración del golpe inicial del palo de golf para lograr una determinada ubicación final de la pelota, se deben dar nuevos pasos en el análisis físico de esta situación. Lo mismo podríamos decir sobre el movimiento de una pelota de fútbol o de tenis. En este último caso se podría requerir determinar también la forma de la raqueta y tensión de los hilos de la misma que permitieran un golpe más potente con la misma fuerza del o de la tenista.

Cuando consideramos la interacción entre una fuerza ejercida por un objeto de mayor tamaño sobre otro de mucho menor tamaño, aquella puede modificar el movimiento del objeto más chico de manera importante. Es el caso del golpe de una paleta que modifica la trayectoria de una pelota pequeña, o del impacto del palo de golf sobre una pelota que hace a que la pelota recorra una trayectoria que puede llegar a varias decenas de metros.

En estos casos se requiere introducir una magnitud física que considere varios aspectos nuevos. Se observa que es importante considerar la fuerza ejercida, pero no sola sino también el tiempo durante el cual se ejerce dicha fuerza. Para determinar la magnitud de la corrección del movimiento del cuerpo pequeño (y del grande) será importante conocer durante cuánto tiempo se aplica la fuerza a dicho cuerpo.

Es posible entonces definir una nueva magnitud que se la conoce usualmente como *Impulso*. Este tiene en cuenta el efecto producido por la acción de la fuerza durante el tiempo en que se ejerce la misma.



De hecho que esta magnitud se encuentra íntimamente ligada a otra que se denomina: *cantidad de movimiento*. Entonces, del concepto de fuerza como producto de la masa por la aceleración (segunda ley de Newton) que recibe un cuerpo como consecuencia de la aplicación de dicha fuerza:

$$\mathbf{F} = m\mathbf{a} = m \frac{\Delta \mathbf{v}}{\Delta t}$$

$$\mathbf{F}\Delta t = m\Delta \mathbf{v} \quad \text{o} \quad \mathbf{F}(t_f - t_i) = m(\mathbf{v}_f - \mathbf{v}_i)$$

De aquí que si $t_i = 0$ y $t_f = t$,

$$\mathbf{F}t = m\Delta \mathbf{v} = \Delta \mathbf{p}$$

La magnitud de la izquierda se denomina *impulso*. A la derecha del signo igual aparece un cambio en la *cantidad de movimiento*,

$$\mathbf{p} = m\mathbf{v} \Rightarrow \Delta \mathbf{p} = m\Delta \mathbf{v}$$

Se observa que si un objeto (de masa m) que se mueve en una dirección dada recibe un impulso, es decir, se aplica sobre el mismo una fuerza durante un período de tiempo, entonces este objeto cambia su velocidad. Puede ocurrir que el objeto se encuentre inicialmente en reposo, como es el caso de una pelota de golf antes de ser golpeada por un palo de golf con intenciones de que se acerque a un punto (hoyo) ubicado en un lugar bien definido. O puede ser que el objeto se mueva inicialmente con una velocidad, como es el caso de una pelota de beisbol antes de ser golpeada por el palo del bateador.

La situación física en ambos casos es totalmente equivalente.

Ejemplo 2:

Supongamos que se pretende hacer rodar una pelota de golf de 100 gr de masa una distancia de 10 metros de manera recta y horizontal. Si al moverse la pelota sobre el césped recibe una fuerza de rozamiento permanente de 2500 Dinás.

¿Qué impulso deberá aplicarse a la misma para que recorra esa distancia?

¿Si el tiempo de contacto entre la pelota y el palo de golf es de 0,5 segundos, cual será el valor de la velocidad con la que sale disparada la pelota?

COLISIONES EN UNA DIMENSIÓN

Para el análisis de colisiones (choques) o del movimiento de objetos cuyas velocidades variaron por efecto de una fuerza es necesario considerar las magnitudes físicas introducidas en la sección anterior: *impulso* y *cantidad de movimiento*.

Si analizamos el movimiento de objetos de distinta masa resulta natural observar que no es lo mismo un camión que se desplaza a una velocidad de 20 Km/h que un automóvil (de masa mucho menor!) a la

misma velocidad. El camión provocará un efecto mayor en el caso de colisionar con otro vehículo o de tener que frenar a una misma distancia. Entonces no sólo es importante la velocidad que lleva el vehículo sino también su masa. En estos casos lo importante es la cantidad de movimiento.

Siempre que estudiemos cuerpos en movimiento debemos tener presente que algunas magnitudes físicas se mantienen constantes a pesar del movimiento de los objetos. Estas magnitudes, aunque abstractas, son las que nos permiten predecir qué ocurrirá con nuestro sistema en estudio, es decir, cómo evolucionará.

En el caso ciertas colisiones, por ejemplo en el caso de la colisión entre dos bolas de billar o de una pelota que se desliza en dirección horizontal y “rebota” contra una pared, se puede observar que las fuerzas actuantes en la dirección del movimiento son nulas. En estos casos el impulso será nulo y por tanto la variación de la cantidad de movimiento también será nula. En otras palabras, se conservará la cantidad de movimiento:

$$\mathbf{P}_i = \mathbf{P}_f$$

Si la colisión se produce entre dos masas, m_1 y m_2 y ambas no se deforman luego del choque, tendremos que se cumple que:

$$m_1 \mathbf{v}_{1i} + m_2 \mathbf{v}_{2i} = m_1 \mathbf{v}_{1f} + m_2 \mathbf{v}_{2f}$$

Si ambas masas quedaran pegadas luego del choque y por tanto se movieran con la misma velocidad \mathbf{v} (es decir, $\mathbf{v}_{1f} = \mathbf{v}_{2f} = \mathbf{v}$) se cumpliría que:

$$m_1 \mathbf{v}_{1i} + m_2 \mathbf{v}_{2i} = (m_1 + m_2) \mathbf{v}$$

En el caso particular de colisiones en una dimensión los vectores velocidad solo requerirían para su tratamiento el determinar el sentido positivo de desplazamiento.

PROBLEMA MODELO

Durante la separación del telescopio espacial Hubble, un astronauta reemplaza dos paneles solares deteriorados. Al empujar los paneles hacia atrás en el espacio exterior, el astronauta experimenta una propulsión en sentido opuesto. La masa del astronauta es 60 kg y la del panel 180 kg. El astronauta está inicialmente en reposo relativo respecto de su vehículo espacial y después empuja el panel con una velocidad de 0,3 m/s respecto de la nave.

¿Cual es su velocidad posterior respecto de la nave?

Solución:

La velocidad del astronauta puede determinarse a partir de la velocidad del panel mediante la ley de conservación del momento lineal. Eligiendo como dirección positiva la del movimiento del panel:

- Aplicando la conservación del momento lineal, el momento inicial total es cero y continuara siendo cero durante todo el proceso:

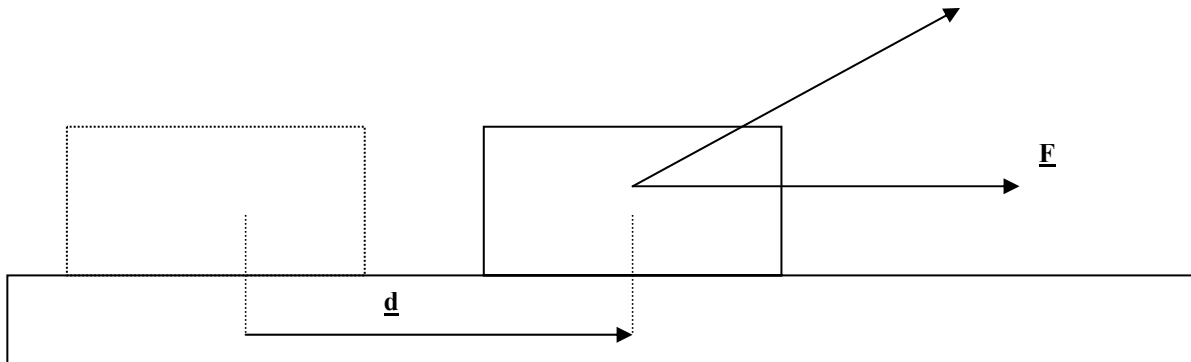
$$p_p + p_a = m_p p_p + m_a p_a = 0$$

- Despejando la velocidad del astronauta:

$$v_a = -\frac{m_p}{m_a} v_p = \frac{80\text{kg}}{60\text{kg}} \left(0,3 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right) = -0,4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

TRABAJO Y ENERGÍA

Cuando se desplaza un objeto sobre un piso, por experiencia sabemos que no es lo mismo mover un objeto que pese 20 Kgr. a mover otro de 40 Kgr. Por otro lado no es lo mismo hacerlo empujando según la dirección del desplazamiento que hacerlo según un ángulo respecto de la dirección de desplazamiento



Se denomina *trabajo mecánico* a aquella magnitud que mide la energía requerida para desplazar un objeto una dada distancia aplicando sobre él una fuerza (que puede o no ser constante) sin tener en cuenta el tiempo que se tarde en hacerlo.

Por el análisis hecho arriba se desprende que:

$$W = \mathbf{F} \cdot \mathbf{d}$$

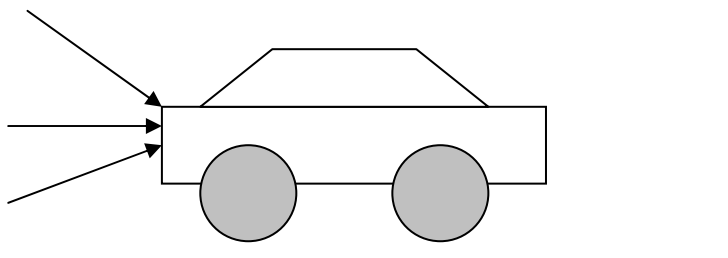
Aquí debemos remarcar que el trabajo es una magnitud escalar, es decir, está bien definido si damos un número seguido de su unidad. Digamos 10 Kilográmetros (Kgm) que corresponde al trabajo requerido para desplazar un objeto aplicándole una fuerza de 10 Kgr. y que recorre una distancia de 1 metro o hacerlo mediante una fuerza de 1 Kgr para que recorra una distancia de 10 metros.

Por ser el trabajo una magnitud escalar y tanto la fuerza como la distancia recorrida son magnitudes vectoriales, se debe definir un producto de dos vectores que nos de un escalar. Este producto se denomina “producto escalar” y se define por:

$$\mathbf{F} \cdot \mathbf{d} = F \cdot d \cdot \text{coseno}(\text{ángulo } Fd)$$

O en palabras, es el producto de la “cantidad de fuerza” por la “cantidad de desplazamiento” por el coseno del ángulo comprendido entre F y d. De aquí que se gaste menos energía cuando empujamos un auto con las manos en la dirección del desplazamiento que cuando lo hacemos empujando hacia arriba o hacia abajo.

El gráfico siguiente indica este razonamiento:



Ejemplo 1:

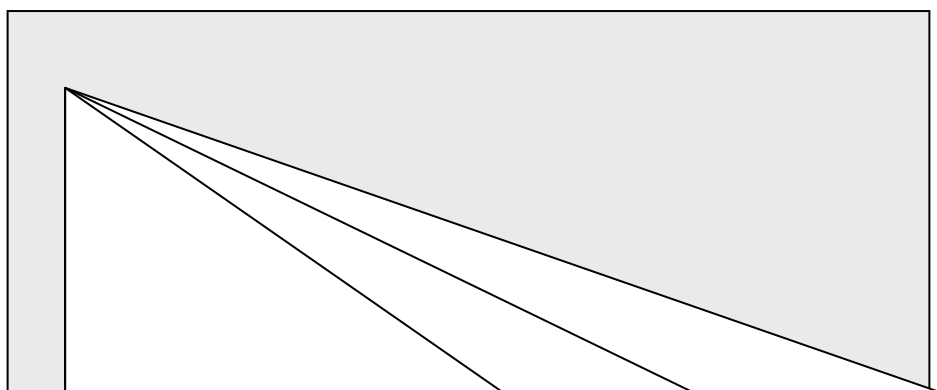
Supongamos que se desea mover un trineo por nieve aplicándole una fuerza constante. Si se desprecia el rozamiento del trineo con la nieve:

- a) *Hallar el trabajo realizado por la fuerza F (de 40 Newton) si su dirección guarda un ángulo de 30 grados con la dirección de desplazamiento (total de 50 cm).*
- b) *Cómo será este trabajo (mayor o menor) si se aumenta el ángulo entre la fuerza y la dirección de desplazamiento?*
- c) *En qué caso será máximo el trabajo realizado por la fuerza F ?*

Supongamos ahora que se tiene en cuenta el rozamiento, que el coeficiente de rozamiento trineo-nieve es de 0.20 y que el peso del trineo es de 50 Kgr. Responda a las mismas preguntas hechas arriba.

Ejemplo 2:

Se pretende elevar un objeto de masa m a una altura de 5 metros. Considere las diferentes alternativas presentadas en la figura siguiente:



- Con cual de estas alternativas se realiza menor trabajo si se aplica en cada caso la misma fuerza y no se considera el rozamiento?

- Qué ocurriría si considerara el rozamiento?

ENERGÍA

Una de las propiedades más importantes de la materia es que posee energía. La misma puede tener distinto origen (mecánica, eléctrica, química, nuclear, etc.) pero en todos los casos se refiere a *la capacidad para realizar trabajo*. Si el origen de dicho trabajo es mecánico, es decir, si tiene que ver con el movimiento de los objetos de un sistema material o con la disposición geométrica de los mismos, la energía en juego se denominará: mecánica. Si el origen se debe a la aplicación de fuerzas nucleares, la energía se denominará nuclear.

Lo importante aquí es el hecho de que la energía de un sistema material cerrado se conserva. Puede haber transformación de un tipo de energía a otro, pero siempre la energía total se conservará.

Nos interesa la energía mecánica. Esta se puede dividir en dos tipos ligados tanto con el movimiento de los objetos que forman parte del sistema material que estamos estudiando como con su ubicación geométrica.

ENERGÍA POTENCIAL

Esta energía se refiere al hecho de que en un sistema material los cuerpos pueden estar en reposo pero solo debido a algunas restricciones que impiden su movimiento. Si se eliminan esas restricciones los cuerpos se moverán.

Es el caso de un objeto que se eleva hasta una altura h . Si luego se lo suelta el objeto caerá. Tiene entonces “potencialmente” al encontrarse a una altura h la capacidad de realizar trabajo.

¿Cómo se expresa este trabajo?

Sobre el objeto que se encuentra elevado actúa la fuerza de gravedad. Es decir, tiene un peso no nulo. Por tanto, si se lo suelta se moverá hacia abajo.

La energía potencial depende de las distancias relativas entre los objetos que forman el sistema material. Es usual considerar objetos a diferentes alturas. La expresión usual de energía potencial es:

$$E_p = Ph = mgh$$

ENERGÍA CINÉTICA

Es la energía que posee un sistema material que se mueve con una dada velocidad. Si consideramos un objeto que se mueve con una velocidad v , su energía cinética o de movimiento estará ligada con la expresión

$$E_C = \frac{1}{2}mv^2$$

El principio de conservación de la energía nos asegura que para un sistema material en que solo se considere intercambio de energía mecánica, esta se conserva. Es decir, la suma de la energía potencial con la energía cinética debe mantenerse constante en el tiempo.

$$\Delta E = 0 \quad \text{o} \quad \Delta E_p + \Delta E_C = 0$$

Es decir,

$$E_{P_i} + E_{C_i} = E_{P_f} + E_{C_f}$$

La energía mecánica (potencial + cinética) inicial debe ser igual a la energía mecánica final.

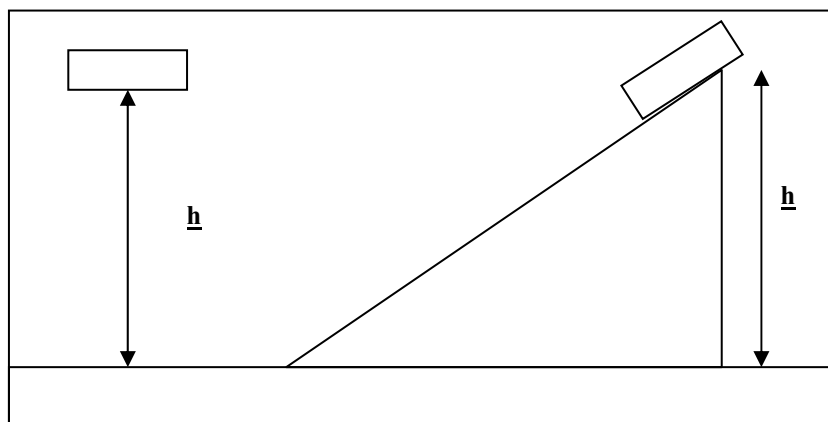
Ejemplo 3:

Supongamos un objeto de masa $m = 40 \text{ Kg.}$ que se eleva a una altura de 8 metros.

- ¿Cuánto valdrá su velocidad antes de chocar con el piso?*
- ¿En cuánto se modificará la misma si se duplicara la altura desde la que cae?*

Ejemplo 4:

Se eleva un objeto por un plano inclinado que tiene las dimensiones que se muestran en la figura,



- a) ¿Qué diferencia encuentra entre las velocidades del objeto que cae según la pendiente del plano inclinado respecto del que cae en caída libre?

PROBLEMAS MODELOS

Problema 1:

Se desplaza un trineo (de masa total 80 kg) con una fuerza de 180 N que forma un ángulo de 20° con la horizontal. Determinar (a), el trabajo realizado y (b), la velocidad del trineo después de un recorrido de 5 m, suponiendo que parte del reposo y que no existe rozamiento.

Solución:

El trabajo realizado es $F_x \Delta x$, ya que no existe movimiento en la dirección y. Este también es el trabajo total realizado sobre el trineo, ya que las otras fuerzas, mg y F_N no tiene componentes x. La velocidad final del trineo se determina aplicando el teorema trabajo-energía cinética con la condición velocidad inicial nula.

- a) El trabajo realizado es:

$$W = F_x \cdot \Delta x = (F \cdot \cos 20^\circ) \Delta x$$

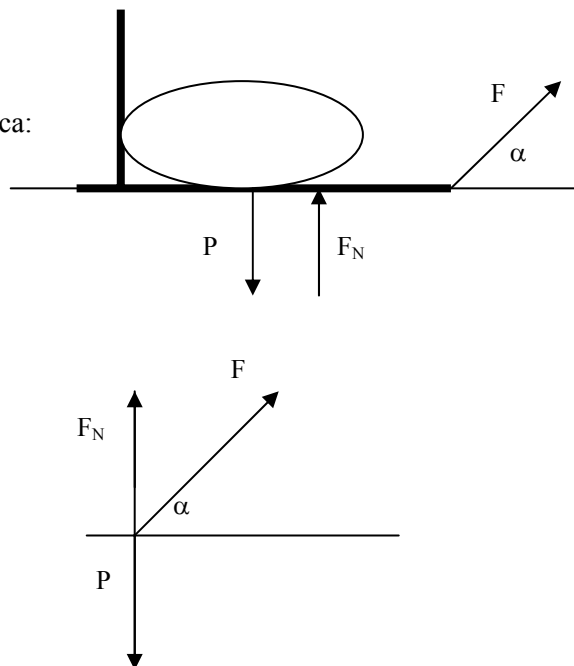
$$= 180 N \cdot \cos 20^\circ \cdot 5 m = 846 \text{ Joule}$$

- b) Aplicando el teorema trabajo-energía cinética:

$$W_{Total} = \Delta E_{cinetica} = \frac{1}{2} m v_f^2 - \frac{1}{2} m v_i^2$$

$$= \frac{1}{2} m v_f^2 - 0$$

$$v_f = \sqrt{\frac{2W_{Total}}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 846 J}{80 kg}} = 4,60 m/s$$



Problema 2:

Se deja caer libremente un objeto de masa 5 kg desde un edificio de 20 m de altura.



a) Se desea conocer la velocidad en el instante antes de chocar contra el suelo.

b) La altura a la cual la energía potencial es igual a la energía cinética.

Solución:

Por consideraciones de energía, por tratarse de la acción única de la fuerza peso originada por la gravedad terrestre. La energía mecánica se conserva porque únicamente actúan fuerzas conservativas:

- La energía mecánica en el punto de partida (A) será:

$$E_A = E_p + E_c = mgh + \frac{1}{2}mv_A^2 = mgh + 0$$

debido a que la velocidad inicial es nula.

- La energía mecánica en el punto de llegada (B) será:

$$E_B = E_p + E_c = 0 + \frac{1}{2}mv_B^2$$

debido a que la altura $h = 0$ para el punto B que se encuentra sobre el suelo, que tomamos como referencia en forma a priori.

Por conservación de la energía mecánica, la energía mecánica en el punto A debe ser igual a la del punto B, es decir que no hay cambios en este valor:

$$E_A = E_B$$

$$mgh = \frac{1}{2}mv_B^2 \quad \Rightarrow \quad v_B = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 9,8 \frac{m}{s^2} \cdot 20m} = 19,80 \frac{m}{s}$$

Para resolver este punto debemos igualar las dos energías para un punto cualquiera de la trayectoria:

$$E_p + E_B = E_{Mecanica} \quad \Rightarrow \quad \text{si } E_p = E_B = E_{Mecanica} \quad \Rightarrow \quad 2E_p = E_{Mecanica}$$

$$2mgh = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \cdot 5 \cdot 19,80^2 = 980 \text{ Joule} \Rightarrow h = \frac{980 \text{ Joule}}{2mg} = \frac{980 \text{ Joule}}{2 \cdot 5 \text{ kg} \cdot 9,80 \frac{m}{s^2}} = 10m$$

Con lo cual la energía potencial y cinética son iguales a la mitad de la altura total.

PROBLEMAS PROPUESTOS

Problema 1:

Qué trabajo realizamos cuando , llevando una maleta de 15 kg,

- la sostenemos durante 5 minutos esperando un autobus.
- corremos detrás del autobus una distancia horizontal de 10 m en dos segundos

Problema 2:

Un automóvil de 1000kg de masa se mueve a 100 km/h, como indica su velocímetro,

- ¿Cual es su energía cinética?
- ¿Que trabajo se realizo para proporcionarle esta energía cinética?

Problema 3:

Un bloque de 3 kg se desliza a lo largo de una superficie horizontal sin rozamiento con una velocidad de 7 m/s. Después de recorrer una distancia de 2 m, encuentra una rampa sin rozamiento inclinada con un ángulo de 40° con la horizontal. ¿Qué distancia recorrerá el bloque en la rampa ascendente antes de detenerse (ver figura)?



Problema 4:

Una niña de 20 kg de masa se desliza por un tobogán de 3,2 m de altura. Cuando alcanza su parte inferior lleva una velocidad de 1,3 m/s.

- ¿Calcular la energía mecánica en la parte superior e inferior. Son iguales?
- ¿Tratar de justificar la respuesta anterior.

BIBLIOGRAFÍA

1. Aristegui, Rosana y otros- (1999)- FISICA I- Polimodal- Editorial Santillana- Bs. As.
2. Escudero, P- Lauzurica, M.T.- Pascual, R.- Pastor, J.M.- (1992)- FISICO QUIMICA- Secundaria- Editorial Santillana- Bs. As.
3. Heinemann, Alberto- (1985)- FISICA (Mecánica, Calor y Fluidos)- Bachillerato- Angel Estrada - Bs. As.
4. Hewitt, Paul- (1999)- FISICA CONCEPTUAL- Editorial Pearson Educación- Addison Wesley Longman- México.
5. Maiztegui- Sabato- (1974)- INTRODUCCION A LA FISICA 1- Editorial Kapelusz- Bs. As.
6. McDermott, L. C. - Shaffer, P. S – (2001)- TUTORIALES PARA FISICA INTRODUCTORIA- Editorial Prentice Hall- San Pablo.
7. Tipler, Paul A. – Física para la Ciencia y la tecnología – Tomo 1- Cuarta Edición – Editorial Reverte.



CAPITULO

2

CALOR

CAPÍTULO 2: CALOR

En forma subjetiva, todos, desde muy pequeños, a través de la piel tomamos la idea de caliente y frío, sensaciones que nos ponen en contacto con la primera idea de calor que es posible incorporar a nuestros conocimientos. Así también, a través de la piel somos capaces de juzgar entre varios cuerpos, si son calientes, templados, fríos o muy fríos.

Por muchos siglos se pensó que el calor era un fluido, pero, a fines del siglo XVIII, después de las experiencias realizadas por Benjamín Thompson se asoció al calor con la energía.

El estudio del calor y las propiedades térmicas de la materia es realmente un estudio energético. Los fenómenos térmicos pueden interpretarse a nivel microscópico, considerando el grado de agitación molecular de la sustancia.

Este capítulo se desarrolla en tres partes:

I- CALOR Y TEMPERATURA

II- CALORIMETRIA

III- CAMBIOS DE ESTADO

En la parte I se diferencian los conceptos de temperatura y calor, para trabajar luego con las distintas escalas de temperatura. Se explica sucintamente el funcionamiento de un termómetro de mercurio y se establece el procedimiento para encontrar las ecuaciones de transformación entre las distintas escalas de temperatura llamadas también escalas termométricas.

En la parte II se describe fenomenológicamente sobre la capacidad de las sustancias para absorber calor, presentando la relación cuantitativa de este fenómeno que se conoce como “**ecuación general de la calorimetría**”.

En la parte III se presentan los cambios de estado de las sustancias y se trabaja cuantitativamente con el concepto de “**calor latente**”.

Cada parte está organizada con una presentación conceptual de los contenidos, en forma breve y concreta, y una colección de actividades para ser realizadas. Estas actividades comprenden situaciones cualitativas y cuantitativas que tienen como objetivo entrenar al estudiante en la explicación de los fenómenos a la luz de las leyes y conceptos físicos que los sustentan. Es por ello que las actividades no son sólo cuantitativas. Al final de este capítulo se presenta la bibliografía recomendada para ampliar lo desarrollado en este material.

CALOR Y TEMPERATURA

BREVES CUESTIONES TEÓRICAS

¡Qué calor! Es una expresión corriente, sobre todo en verano. Todos los días, gracias al nuestro sentido del tacto podemos comprobar la existencia de cuerpos fríos y calientes. Solemos expresar: el agua de la ducha está fría, el café está muy caliente. A menudo escuchamos el informe del estado del tiempo, para conocer la temperatura ambiente y poder vestirnos adecuadamente, antes de salir de nuestras casas.

En todos estos actos de nuestra vida diaria están involucrados dos conceptos físicos importantes el calor y la temperatura.

Sabemos que la materia está constituida por átomos, y estos se agrupan formando las moléculas. Aunque desde el punto de vista macroscópico un cuerpo está en reposo, las moléculas que lo forman nunca están quietas, se mueven en todas direcciones y sentidos y debido a ello se dice que tienen energía cinética; algunas moléculas se mueven con más rapidez que otras, o sea que no todas las moléculas de una misma sustancia tienen la misma energía cinética. La suma de las energías cinéticas de todas las moléculas de un cuerpo se llama energía cinética interna.

La temperatura de un cuerpo se asocia con los movimientos aleatorios de las moléculas de la sustancia que lo integra

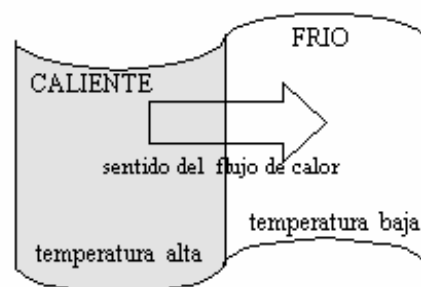
y nos da una idea del grado de agitación molecular del mismo; está en relación estrecha con la energía cinética promedio del movimiento de traslación de las moléculas.

Puede interpretarse a la temperatura como el nivel térmico alcanzado por el cuerpo debido al grado de agitación molecular; es la manifestación observable del movimiento de las moléculas del cuerpo.

La temperatura de un cuerpo depende de la velocidad que posean sus moléculas en sus movimientos de agitación; si la mayor parte de ellas se está moviendo lentamente, la temperatura será baja, si al contrario, la mayor parte se mueve con rapidez, la temperatura será alta.

Es sabido que si se ponen en contacto dos cuerpos de diferentes temperaturas, se produce una transferencia de energía del cuerpo de mayor temperatura al de menor, hasta que las mismas se igualan y se logra el estado de equilibrio térmico. El calor es la energía que se transfiere en ese proceso, por ello se dice que el calor es energía en tránsito. Los cuerpos ceden o ganan calor, no lo contienen. El cuerpo de menor temperatura, gana energía, se dice entonces que absorbe calor y el otro cuerpo pierde energía, es decir, cede calor.

La temperatura de equilibrio toma un valor intermedio entre los valores de temperatura iniciales de los cuerpos puestos en contacto; valor intermedio no significa que sea el valor medio entre las dos temperaturas. Así entonces, si los cuerpos puestos en contacto están a 30°C y 40°C , la temperatura de equilibrio no es necesariamente 35°C , puede ser cualquier valor entre 30°C y 40°C ; qué valor es realmente el que alcanza, dependerá del tipo de sustancia de cada cuerpo y de la masa de los mismos





(este fenómeno será visto en detalle en la parte II de este capítulo).

La sensación de frío y de calor la podemos percibir a través de nuestra piel y en virtud de ello podríamos estimar entre dos cuerpos, cuál está a mayor temperatura. Pero, ¿es nuestro sentido confiable? Para comprobarlo realiza el siguiente experimento:

Coloca agua entres recipientes abiertos. En el primero agua caliente (cuidado de no quemarte), en el segundo agua natural (salida del grifo) y en el tercero agua fría (sacada de la heladera). Introduce una mano en el recipiente con agua caliente y la otra en el recipiente con agua fría; manténlas allí por unos segundos. Retira ambas manos e introdúcelas en el recipiente con agua natural al mismo tiempo. ¿Puedes afirmar si el agua natural está fría o caliente, según percibes a través de la piel? ¿Puedes decir a qué temperatura se encuentra?

Para poder determinar la temperatura de un cuerpo se utilizan los termómetros, que son dispositivos que permiten, por comparación con unidades preestablecidas, determinar la temperatura del cuerpo con el que han entrado en contacto.

El termómetro clínico, usado habitualmente para medir la temperatura corporal es de los denominados termómetros de líquido, donde la temperatura se mide por medio de la longitud de una columna líquida, que varía por la dilatación o contracción del líquido contenido en el interior.

Al entregarle calor a un cuerpo, la temperatura del mismo se eleva y también aumenta su volumen. El aumento de las dimensiones del cuerpo, cuando éste absorbe calor se denomina dilatación térmica. Este fenómeno de la dilatación es el utilizado como principio de funcionamiento del termómetro. El líquido que se emplea es generalmente mercurio o alcohol; en los termómetros clínicos se usa mercurio. El termómetro consta de un depósito de líquido llamado bulbo y un tubo capilar por donde el líquido asciende cuando se dilata al poner en contacto el bulbo del termómetro con un cuerpo a mayor temperatura que él. Una escala graduada permite realizar la lectura.

Este no es el único tipo de termómetro que existe, pero es, seguramente uno que tu conoces. En tu tránsito por las aulas universitarias, podrás estudiar con más profundidad sobre estos dispositivos, sus tipos y funcionamiento.

Para familiarizarte con este dispositivo te proponemos la siguiente actividad:

- a) *Observa un termómetro clínico o uno de laboratorio y descríballo.*
- b) *¿Cuántas divisiones grandes tiene la escala? ¿Cuántas divisiones pequeñas? ¿Cuánto valen cada división grande y cada división pequeña?*
- c) *Esquematiza el termómetro y su escala.*
- d) *Explica el fenómeno físico en el cual se basa el funcionamiento del termómetro clínico.*

ESCALAS TERMOMÉTRICAS

Para construir una escala termométrica es necesario atribuir valores, mínimo y máximo a situaciones físicas conocidas que sean fácilmente reproducibles. Estos puntos extremos, corresponden a los estados térmicos, de los llamados puntos fijos de la escala. Entre los valores máximo y mínimo se divide en partes iguales y se tiene la unidad de la escala de calibración.

Las tres escalas termométricas más conocidas son la escala Celsius (usada en nuestro país), la escala Fahrenheit (usada en Estados Unidos, por ejemplo) y la escala Absoluta o escala Kelvin (muy usada en la Física y la Química).

Para la escala centígrada los puntos fijos son:

- Punto fijo inferior: el correspondiente al punto de fusión o solidificación del agua destilada en condiciones normales de presión y temperatura y le corresponde el valor $0\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Punto fijo superior: el correspondiente al punto de ebullición del agua destilada, en condiciones normales de presión y temperatura, y le corresponde el valor $100\text{ }^{\circ}\text{C}$.

El intervalo entre $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ se divide en 100 partes iguales.

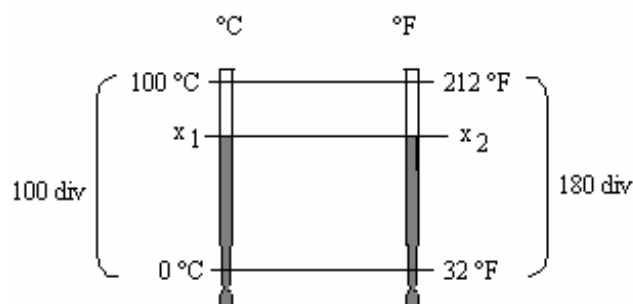
Para la escala Fahrenheit los puntos fijos son:

- Punto fijo inferior: la temperatura de fusión de cierta mezcla de hielo y cloruro de amonio, a la que se le asigna el $0\text{ }^{\circ}\text{F}$.
- Punto fijo superior: La temperatura de ebullición del agua en condiciones normales de presión y temperatura a la que se le asignó el valor de $212\text{ }^{\circ}\text{F}$.

El intervalo entre $0\text{ }^{\circ}\text{F}$ y $212\text{ }^{\circ}\text{F}$ se dividió en 180 partes iguales. Con esta escala resulta que la temperatura de fusión del agua es $32\text{ }^{\circ}\text{F}$, habiendo entonces, entre las temperaturas de ebullición y de fusión del agua, una diferencia de $180\text{ }^{\circ}\text{F}$.

El número de grados que hay en cada escala, entre las temperaturas de fusión y ebullición del agua, nos permite encontrar una relación matemática para realizar conversiones de temperatura de una escala a otra.

Consideremos el siguiente esquema:





De acuerdo con él, dado que la relación entre el valor de la temperatura y la magnitud termométrica (longitud de la columna de mercurio) es lineal, es posible escribir la siguiente proporción:

$$\frac{x_1 \text{ } ^\circ\text{C} - 0 \text{ } ^\circ\text{C}}{x_2 \text{ } ^\circ\text{F} - 32 \text{ } ^\circ\text{F}} = \frac{100 \text{ } ^\circ\text{C} - 0 \text{ } ^\circ\text{C}}{212 \text{ } ^\circ\text{F} - 32 \text{ } ^\circ\text{F}} = \frac{100 \text{ } ^\circ\text{C}}{180 \text{ } ^\circ\text{F}} = \frac{5 \text{ } ^\circ\text{C}}{9 \text{ } ^\circ\text{F}}$$

Esta expresión permite pasar de una escala a otra, según si el dato conocido es la temperatura en $^\circ\text{C}$ (x_1) o la temperatura en $^\circ\text{F}$ (x_2). Basta con despejar la incógnita de esa ecuación y se obtiene la temperatura dada en la otra escala.

Ejemplo N°1:

Por ejemplo, queremos saber *¿a cuántos $^\circ\text{F}$ equivalen 20°C .*

El problema radica entonces en convertir los $^\circ\text{C}$ a $^\circ\text{F}$, de acuerdo con la relación presentada en la ecuación de arriba.

Se ve que, la incógnita es x_2 (temperatura en $^\circ\text{F}$) y el dato dado es x_1 (temperatura en $^\circ\text{C}$), entonces para hacer la conversión de 20°C a $^\circ\text{F}$ basta con despejar x_2 de la ecuación dada.

$$x_2 = \frac{9 \text{ } ^\circ\text{F}}{5 \text{ } ^\circ\text{C}} \cdot x_1 + 32 \text{ } ^\circ\text{F}$$

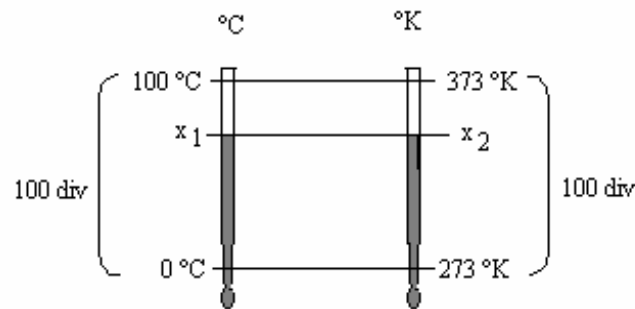
$$x_2 = \frac{9 \text{ } ^\circ\text{F}}{5 \text{ } ^\circ\text{C}} \cdot 20 \text{ } ^\circ\text{C} + 32 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$x_2 = 68 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Quiere decir que $20^\circ\text{C} = 68 \text{ } ^\circ\text{F}$

De igual manera se hubiera podido convertir cualquier temperatura dada en $^\circ\text{F}$ a $^\circ\text{C}$, despejando x_1 de la ecuación de transformación.

En la escala Absoluta o escala Kelvin, al 0°C se hace corresponder $273 \text{ } ^\circ\text{K}$ y a los $100 \text{ } ^\circ\text{C}$, le corresponden $373 \text{ } ^\circ\text{K}$. Se ve entonces que entre estas dos temperaturas hay también 100 divisiones, de lo cual es fácil deducir que la escala Kelvin está defasada respecto de la Celsius en 273 divisiones. Para pasar de una escala a la otra, resulta entonces muy fácil, basta con sumar o restar 273 al valor conocido, según corresponda. El esquema siguiente clarifica lo dicho:



La ecuación de transformación resulta entonces:

$$x_1 = (x_2 - 273)$$

donde x_1 representa el valor de la temperatura en °C y x_2 es el valor de la temperatura en °K

PROBLEMAS PROPUESTOS

1) Le preguntas a cuatro personas que es la temperatura y obtienes las siguientes respuestas:

MARCELA: es la cantidad de calor que tiene un cuerpo-

PABLO: Es un número que representa el nivel térmico de un cuerpo alcanzado por la agitación de sus moléculas.

CLAUDIA: Es el grado de mayor o menor calor de los cuerpos.

MARIA: es una medida del grado de agitación molecular.

¿Cuál o cuáles de ellas respondieron correctamente? Por qué?

2) Le preguntas a tres personas qué es el calor y obtienes las siguientes respuestas:

CARLOS: es energía que se transfiere al poner en contacto dos cuerpos de distinta temperatura.

HUGO: es una sensación de aumento de temperatura.

MONICA: Es la energía que se manifiesta en los cuerpos debido al movimiento desordenado de sus moléculas.

¿Cuál o cuáles de ellas respondieron correctamente? Por qué?



3) Nuestro mundo del sentido común, muchas veces presenta discrepancias con lo que explica la ciencia. A diario solemos expresar:

- a) Me pongo el abrigo porque me da calor.
- b) Cerré la puerta porque entra frío.

Explica por qué esas frases no son correctas desde el punto de vista de la física. Redáctalas de manera tal que sean correctas.

4) Si se colocan dos termómetros de mercurio idénticos en contacto con dos cuerpos diferentes. ¿Qué se puede decir de los cuerpos si:

- a) la columna de mercurio en los dos termómetros tiene la misma longitud
- b) la columna de mercurio en un termómetro tiene mayor altura que en el otro.

Justifica tu respuesta en cada caso.

5) Encuentra la relación entre las escalas termométricas Celsius y Fahrenheit.

6) Si para una escala termométrica se toman los puntos fijos de la siguiente forma: punto fijo inferior $+ 10^{\circ}$ (fusión del hielo) y punto fijo superior $+ 60^{\circ}$ (ebullición del agua). Encuentra la relación entre esta escala y la centígrada.

7) ¿A cuántos grados centígrados equivalen 1°K y 1°F ?

8) ¿A qué temperatura los termómetros graduados en Fahrenheit y en Celsius marcarán el mismo valor?

9) Encuentra para qué temperatura centígrada, la lectura en la escala Fahrenheit es el cuádruple del valor en la escala centígrada.

10) Un cuerpo a 20°C se pone en contacto con otro que se encuentra a 293°K . ¿Se producirá un flujo de calor entre los cuerpos?. Justifica la respuesta.

11) Una señora que vive en un barrio residencial de Miami está preocupada por su niño que se siente decaído. Con un termómetro clínico le toma la temperatura corporal y el instrumento acusa $102,2^{\circ}\text{F}$. ¿Tendrá que llamar al médico porque el niño tiene fiebre? Justifica la respuesta.

12) Una estación radial de Nueva York informa que la temperatura ambiente, en cierto día es 41°F . ¿Irán abrigadas las personas de esa ciudad, cuando salgan a la calle a cumplir sus obligaciones? Justifica la respuesta.

13) Indica si las siguientes igualdades son verdaderas o falsas, justificando con sus cálculos:

- a) $-10^{\circ}\text{C} = 14^{\circ}\text{F}$
- b) $41^{\circ}\text{F} = 278^{\circ}\text{K}$
- c) $283^{\circ}\text{K} = 306^{\circ}\text{F}$

14) Se calienta un cuarto litro de agua hasta su punto de ebullición. Se retira del fuego y se lo deja en un recipiente a la temperatura ambiente de 20°C . Cada diez minutos se toma la temperatura y se obtienen los siguientes valores:

t (min)	T ($^{\circ}\text{C}$)
0	100
10	82
20	70
30	60
40	52
50	44
60	40

- a) Representa $T = f(t)$ en un gráfico cartesiano.
- b) ¿Qué fenómeno físico representa la gráfica obtenida?
- c) ¿Qué temperatura tiene el agua al cabo de 30 minutos? Y de 55 minutos?
- d) ¿Cuánto tiempo transcurrió para que alcance la temperatura de 60°C ? Y de 40°C ?
- e) Tendría sentido seguir tomando más valores para construir la gráfica? Justifica la respuesta-

15) Un alumno construye una escala termométrica atribuyéndole el valor -20°A al punto de fusión del hielo y



+ 40°A al de ebullición del agua. Con el termómetro graduado en esa escala mide la temperatura de un ambiente que estaba a 10°C?- a) ¿Qué valor marcó el termómetro del alumno?- ¿Qué valor marcaría si estuviera graduado en Fahrenheit?

CALORIMETRÍA

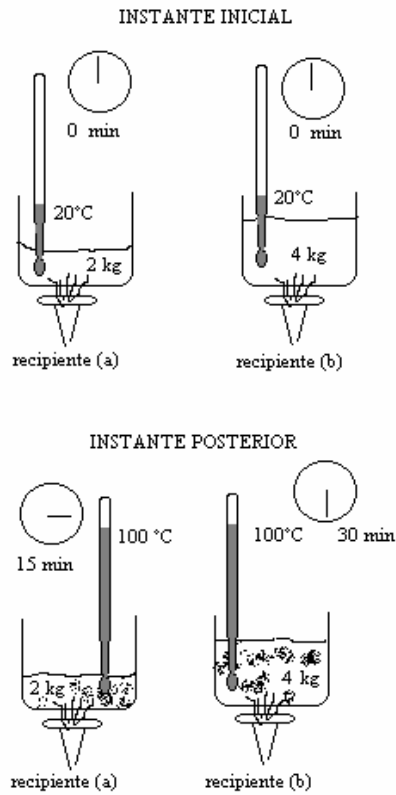
BREVES CUESTIONES TEÓRICAS

Ya hemos dicho que el calor es energía en tránsito. Cuando dos cuerpo de distinta temperatura se ponen en contacto, el calor pasa de un cuerpo a otro y el sistema alcanza el equilibrio térmico. Uno de los cuerpos absorbe calor y entonces incrementa su temperatura y el otro cede calor y, por consiguiente, disminuye su temperatura. La temperatura de equilibrio será mayor que la inicial para el cuerpo más frío y menor que la inicial, para el cuerpo más caliente. Es posible determinar la cantidad de calor que se transfiere en le proceso midiendo el cambio de temperatura producido. La calorimetría tiene por objeto medir la cantidad de calor que resulta de los diferentes procesos.

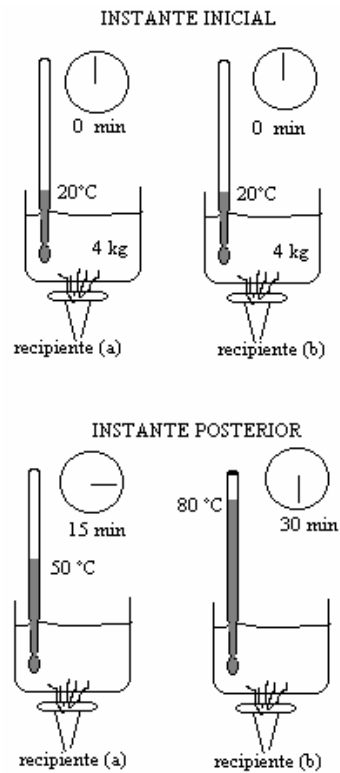
Para encontrar una relación entre la cantidad de calor absorbida o cedida y el incremento de temperatura resuelve la siguiente actividad:

Observa y analiza los esquemas A - B - C que se dan a continuación. Cada uno representa dos recipientes (a) y (b) que contienen líquido y que son puestos en contacto con mecheros Los mecheros son todos iguales y entregan la misma cantidad de calor en la unidad de tiempo. Un termómetro marca la temperatura del líquido, que es registrada en dos instantes diferentes, uno inicial y otro posterior. El cronómetro indica el instante de tiempo en el que se realiza la lectura de temperatura.

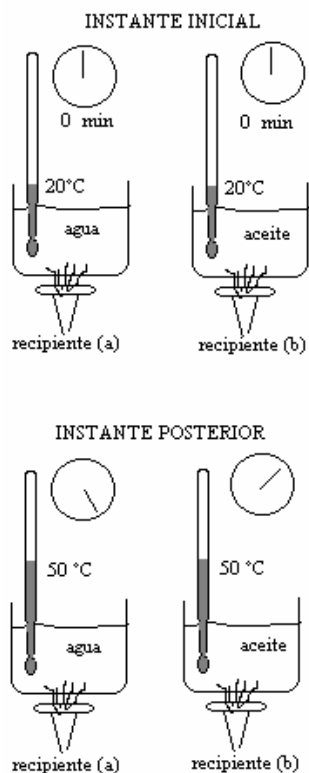
Explica, para cada esquema, el fenómeno que se está produciendo. Para construir tu explicación damos las siguientes preguntas orientadoras: ¿Se trata de la misma sustancia?- ¿Es la misma cantidad de sustancia?- ¿Es el mismo incremento de temperatura?- ¿Tardan el mismo tiempo en calentarse?- ¿Reciben la misma cantidad de calor?



ESQUEMA A



ESQUEMA B



ESQUEMA C

De acuerdo con lo analizado en la actividad presentada completa la siguiente idea:

LA CANTIDAD DE CALOR ABSORBIDA POR UN CUERPO DEPENDE DE:

a-

b-

c-

Del análisis de la situación dada se desprende que el cambio de temperatura que se produce en una sustancia cuando se le entrega calor, depende de la masa de la misma y del tipo de sustancia que se trate.

Todos nos damos cuenta que hay alimentos que permanecen más calientes que otros por más tiempo. En un plato caliente de carne al horno con puré de calabacita o papa, la carne puede tener la temperatura adecuada para comerla y el puré resultar muy caliente, aunque los dos han salido de la cocina al mismo

tiempo y te los han servido juntos. Las sustancias tienen diferente capacidad para almacenar energía interna.

Es evidente que cuando a un cuerpo se le suministra una determinada cantidad de calor Q (con la letra Q se simboliza la cantidad de calor), el cuerpo experimentará una cierta variación de temperatura (siempre y cuando no se esté produciendo un cambio de estado). La razón entre la cantidad de calor suministrada y el incremento de temperatura producido se denomina **capacidad calorífica o capacidad térmica del cuerpo** (la capacidad calorífica se simboliza con la letra C). Conceptualmente entonces, la capacidad calorífica es la cantidad de calor que hay que suministrarle al cuerpo para incrementar en un grado su temperatura.

La expresión matemática es:

$$C = \frac{Q}{\Delta T}$$

La capacidad calorífica de un cuerpo, es propia de la sustancia de que está hecho el cuerpo y es directamente proporcional a la masa del mismo. El factor de proporcionalidad entre la capacidad calorífica (C) y la masa (m) es lo que se denomina **calor específico de la sustancia (C_e)**.

$$C = C_e \cdot m$$

Se define el **calor específico** de una sustancia como la cantidad de calor necesaria para elevar en un grado la temperatura de una unidad de masa de dicha sustancia.

La relación que vincula la cantidad de calor que absorbe una sustancia para incrementar su temperatura puede expresarse matemáticamente y se la conoce como **ecuación general de la calorimetría**:

$$Q = m \cdot C_e \cdot \Delta T = m \cdot C_e \cdot (T_f - T_i)$$

El calor absorbido o cedido por una sustancia es directamente proporcional a la masa, al calor específico de la sustancia y al incremento de temperatura producido.

Esto nos muestra que:

- Cuanto mayor incremento de temperatura se quiere provocar, mayor es el calor que debe absorber la sustancia.
- Si más cantidad de sustancia se tiene mayor cantidad de calor hay que suministrarle para producir un mismo incremento de temperatura, en ambas cantidades de sustancia.
- Si se tiene igual cantidad de dos sustancias diferentes y se quiere producir el mismo incremento de temperatura, será necesario suministrarle más calor a la de mayor calor específico.

Cuando la temperatura del cuerpo se ha elevado, Q tendrá signo positivo y se dice que se dio un proceso de calentamiento, el calor fue absorbido por la sustancia. Cuando la temperatura final es menor,



el cuerpo se ha enfriado, y el calor en juego fue cedido por la sustancia, en ese caso el signo de Q es negativo.

La unidad de medida de la cantidad de calor es la caloría que se define como la cantidad de calor que debe absorber un gramo de agua para incrementar su temperatura de 14,5 °C a 15,5 °C.

Dado que la cantidad de calor es también energía, puede expresarse en Joule. La equivalencia entre Joule y cal es:

$$1 \text{ cal} = 4,18 \text{ Joule} \quad \text{o bien} \quad 1 \text{ Joule} = 0,24 \text{ cal}$$

Teniendo en cuenta estas unidades, la capacidad calorífica puede estar expresada en:

$$\text{Cal} / ^\circ\text{C} \quad \text{ó} \quad \text{Joule} / ^\circ\text{C}$$

y el calor específico de una sustancia, puede estar expresado en:

$$\text{Cal} / (\text{g } ^\circ\text{C}) \quad \text{ó} \quad \text{Joule} / (\text{kg } ^\circ\text{C})$$

Ejemplos de transformación de unidades de calor específico:

Se quiere expresar el calor específico del cobre que vale 0,09 cal / (g °C) en Joule / (kg °C)

Para hacer la reducción de unidades, basta con transformar las calorías a Joule y los gramos a kg. Esto sería:

$$0,09 \frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}} = \frac{0,09 \cdot 4,18 \text{ Joule}}{10^{-3} \text{ kg} \cdot ^\circ\text{C}} = 376,2 \frac{\text{Joule}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$$

De igual manera se podría hacer la reducción de Joule / (kg °C) a cal / (g °C)

Expresar el calor específico de la glicerina que vale 2430 Joule / (kg. °C) en cal / (g °C)

En este caso hay que transformar los Joule a calorías y los kilogramos a gramos.

$$2430 \frac{\text{Joule}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} = \frac{2430 \cdot 0,24 \text{ cal}}{1000 \text{ g} \cdot ^\circ\text{C}} \cong 0,58 \frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}}$$

Ejemplo de aplicación de la ecuación general de la calorimetría

Cuando se enfría una cierta masa de aluminio de 100 °C a 20 °C, pierde 422,4 cal. ¿De qué cantidad de aluminio se trata? El C_e del aluminio es 880 Joule / (kg °C)

En este caso se trata de un cuerpo que se enfría, del cual se conoce el calor específico del cuerpo, el incremento de temperatura producido y la cantidad de calor cedida por el cuerpo. Se quiere obtener la masa del mismo. Para ello se plantea la ecuación general de la calorimetría y se despeja de la misma la masa.

Entonces:

$$-Q = m \cdot C_e \Delta T = m \cdot C_e \cdot (T_f - T_i)$$

el calor lleva signo negativo porque es calor cedido por el cuerpo.

Despejando m:

$$m = \frac{-Q}{C_e \cdot (T_f - T_i)}$$

Para reemplazar por los valores hay que ponerlos en las mismas unidades, a efectos de poder operar con ellas. El calor específico está expresado en Joule / (kg °C) y la cantidad de calor cedida en calorías; debemos expresar entonces la cantidad de calor en Joule y para ello se hace:

$$422,4 \text{ cal} = 422,4 \cdot 4,18 \text{ Joule} = 1765,632 \text{ Joule}$$

Reemplazando en la expresión de m se tiene:

$$m = \frac{-1765,632 \text{ Joule}}{880 \frac{\text{Joule}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot (20^\circ\text{C} - 100^\circ\text{C})} \cong 0,025 \text{ kg} = 25 \text{ g}$$

O sea que se tenían 25 gramos de aluminio que se enfriaron de 100°C a 20°C.

Ya hemos dicho que cuando dos sustancias, que se encuentran a distintas temperaturas se ponen en contacto, el calor fluye de la de mayor temperatura a la de menor, hasta que llegan al estado de equilibrio térmico. Es fácil calcular la temperatura de equilibrio a la que llegan, haciendo la consideración de que la cantidad de calor cedida por la sustancia más caliente es igual a la cantidad de calor absorbida por la otra sustancia, si no hay pérdidas de calor.

Considerando que la sustancia 1 está a mayor temperatura que la sustancia 2, la sustancia 1 cede calor a la sustancia 2, entonces se puede escribir matemáticamente:

$$-Q_1 = Q_2$$

cada cantidad de calor puede expresarse usando la ecuación general de la calorimetría, resultandole siguiente expresión:

$$-m_1 \cdot C_{e_1} \cdot (T_f - T_{i1}) = m_2 \cdot C_{e_2} \cdot (T_f - T_{i2})$$

de esta última expresión puede despejarse la T_f de equilibrio entre las dos sustancias:

$$T_f = \frac{m_1 \cdot C_{e_1} \cdot T_{i1} + m_2 \cdot C_{e_2} \cdot T_{i2}}{m_1 \cdot C_{e_1} + m_2 \cdot C_{e_2}}$$

Ejemplo de mezcla de dos líquidos a diferentes temperaturas

¿Cuántos gramos de agua a 95 °C es necesario añadir a 300 g de agua a 25 °C para que ésta adquiera una temperatura de 67 °C? Despreciar el intercambio de calor con el recipiente.

En este caso el agua agregada está a mayor temperatura, por lo tanto cederá calor al agua contenida en el recipiente, hasta que la mezcla adquiere la temperatura final de 67 °C. A efectos del cálculo

consideraremos con el subíndice 1 a la sustancia agregada que cede calor y con el subíndice 2 al agua contenida en el recipiente, que absorbe calor.

La sustancia agregada tiene una temperatura inicial de 95 °C y el agua del recipiente está a una temperatura inicial de 25 °C. La cantidad de agua contenida en el recipiente es 300 g.

Entonces, considerando que la cantidad de calor cedida es igual a la cantidad de calor absorbida por el agua del recipiente, se puede escribir:

$$- Q_1 = Q_2$$

El signo negativo de Q_1 se debe a que es calor cedido por la sustancia.

Cada cantidad de calor puede expresarse según la ecuación general de la calorimetría, resultando:

$$- m_1 \cdot C_{e_1} \cdot (T_f - T_{i_1}) = m_2 \cdot C_{e_2} \cdot (T_f - T_{i_2})$$

Lo que se quiere obtener es la cantidad de masa m_1 . Trabajando algebraicamente la ecuación de arriba, para despejar m_1 y reemplazando por los valores correspondientes, se tiene:

$$m_1 = \frac{m_2 (T_f - T_{i_2})}{(T_{i_1} - T_f)} = \frac{300 \text{ g} \cdot (67^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C})}{95^\circ\text{C} - 67^\circ\text{C}} = 450 \text{ g}$$

CALORÍMETRO DE MUESTRAS

Los calorímetros son recipientes cuyas paredes impiden el flujo de calor a través de ellas, mantienen aislada, del medio exterior a la sustancia que contienen dentro; no permiten el intercambio de calor entre la sustancia del interior y el medio ambiente.

El calorímetro de mezclas se emplea para la determinación del calor específico de las sustancias, generalmente de un sólido. Básicamente el funcionamiento se basa en el hecho de colocar un cuerpo sólido calentado, cuya temperatura se conoce, dentro del calorímetro que contiene agua a una temperatura conocida y determinar luego la temperatura de equilibrio térmico.

Así entonces el calor cedido por el cuerpo introducido es igual al calor absorbido por el agua del calorímetro y por el calorímetro propiamente dicho. Se cumple entonces que:

$$Q_{\text{agua}} + Q_{\text{calorímetro}} = - Q_{\text{cuerpo}}$$

Cada cantidad de calor de la expresión de arriba es posible obtener aplicando la ecuación general de la calorimetría.

Las temperaturas iniciales a las que se encuentran el cuerpo calentado, el agua del calorímetro y el calorímetro son conocidas. La temperatura final de todo el sistema es la temperatura de equilibrio. Al ser las masas conocidas y también los calores específicos del agua y del material del calorímetro, se puede determinar el calor específico de la sustancia con la que está hecho el cuerpo.

PROBLEMAS PROPUESTOS

1) Ordena en forma creciente los siguientes valores de calores específicos:

0,09 cal / g °C - 120 cal / kg °C - 125,4 J /kg °C- 0,5 J / g °C

2) Completa el cuadro con los valores que faltan realizando los cálculos que correspondan.

sustancia	Q (cal)	m (g)	Ce (cal/g.°C)	T _i (°C)	T _f (°C)	ΔT (°C)
hierro		40		25	75	
	2030		0,58	30		35
	12	20				20
cobre	45	50		20		

Tabla de calores específicos:

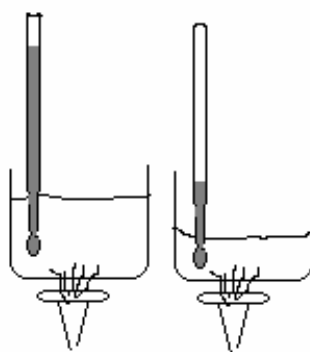
SUSTANCIA	C _e (Cal / g °C)
Agua	1
Alcohol	0.66
Plomo	0.03
Azufre	0.18
Cobre	0.09
Hierro	0.12
Parafina	0.69
Glicerina	0.58
Mercurio	0.03

3) Lee con atención las dos listas dadas y coloca en el paréntesis la letra que corresponde a la frase de la columna de la derecha que completa cada oración dada en la columna de la izquierda:

1- Cantidad de calor y temperatura () a- sus moléculas comienzan a vibrar más

- 2- La cantidad de calor absorbida por un cuerpo ()
- 3- Cuando una sustancia se calienta ()
- 4- La temperatura de un cuerpo es ()
- 5- El caloría es ()
- 6- Si el incremento de temperatura es negativo ()
- lentamente.
- b- es la misma propiedad de los cuerpos.
- c- es proporcional al calor específico del cuerpo.
- d- son dos propiedades diferentes de los cuerpos.
- e- es proporcional al peso específico del cuerpo
- f- aumenta la energía cinética de sus moléculas
- g- la cantidad de calor necesaria para elevar en 1°C la temperatura de 1 g de cualquier sustancia
- h- la cantidad de calor que tiene el mismo
- i- un número que representa el nivel térmico alcanzado
- j- la cantidad de calor que absorbe 1 g de agua para elevar su temperatura en 1°C
- k- se trata de una sustancia que se calienta.
- l- se trata de un cuerpo que pierde calor.

4) Analiza la figura dada y expresa si es correcta. Justifica la respuesta- Se trata del mismo líquido, al que se le ha suministrado la misma cantidad de calor. Inicialmente se encontraban a temperatura ambiente.



5) Contesta justificando físicamente cada caso:

¿A quien hay que entregarle más calor?:

a) A 2 g de agua o a 2g de alcohol provocando en cada sustancia un incremento de temperatura de 5°C.

b) A 10 g de agua para elevar su temperatura en 20°C o a 10 g de agua que se encuentra a 30°C y se la calienta hasta llegar a 50°C.

c) Si se tienen dos monedas de cobre que se quieren calentar , una hasta 85°C y la otra hasta 70°C.

d) A medio litro de aceite o a cuarto litro de aceite que se quieren hacer hervir.

6) La tabla siguiente corresponde a valores de masa de agua y calorías entregadas para provocar un cierto incremento de temperatura tomado constante:

m (g)	Q (cal)
80	200
	250
120	
200	
	400

a) Completa la tabla con los valores que faltan.

b) Encuentra la constante de proporcionalidad entre las dos magnitudes involucradas.

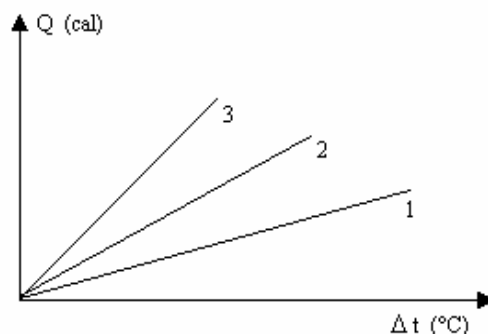
c) Grafica $Q = f(m)$

d) ¿Cuánto vale el incremento de temperatura provocado?

7) Las gráficas dadas corresponden a masas de 200g de tres sustancias, cuyos calores específicos son:

$$C_e (\text{agua}) = 1 \text{ cal / (g } ^\circ\text{C)} - \quad C_e (\text{aceite}) = 0,47 \text{ cal / (g } ^\circ\text{C)} - \quad C_e (\text{alcohol}) = 0,66 \text{ cal / (g } ^\circ\text{C)}$$

Indica cuál es la gráfica de cada sustancia. Justifica la respuesta.



8) Se conocen los siguientes valores de calores específicos:

$$C_e (\text{agua}) = 1 \text{ cal / g } ^\circ\text{C} \quad - \quad C_e (\text{aceite}) = 0,47 \text{ cal / g } ^\circ\text{C} \quad - \quad C_e (\text{alcohol}) = 0,66 \text{ cal / g } ^\circ\text{C}$$

Traza, en forma cualitativa, las gráficas de $Q = f(m)$ para estas sustancias, si para todas se provoca un mismo incremento de temperatura.

9) Sean dos cuerpos A y B de la misma sustancia, tal que la masa de A es la mitad de la masa de B:

a) ¿Cuál es la relación entre el calor absorbido por cada uno para provocar el mismo incremento de temperatura?

b) ¿Cuál es la relación entre el calor absorbido por cada uno para que el incremento de temperatura de A sea la cuarta parte del provocado en B? Justifica cada situación a través del análisis cualitativo y también con valores numéricos.

10) ¿Cuánto calor cede al medio ambiente 25 g de aluminio que se enfría desde 150°C a 30°C ? El $C_e (\text{aluminio}) = 880 \text{ Joul / (kg } ^\circ\text{C)}$

11) En un termo hay 200 g de café a 90°C y se le agrega 25 g de leche a 5°C . Considere que no hay pérdidas de calor en el termo y que los calores específicos de la leche y el café son iguales. Calcula la temperatura que tendría el café con leche contenido en el termo.

12) En un recipiente hay 100 g de alcohol a 30°C . Se agregan 100 g más de alcohol caliente, de forma tal que la mezcla queda a 45°C . Despreciando el calor absorbido por el recipiente, ¿Cuál era el valor de la temperatura del alcohol agregado?

13) Para determinar el calor específico de un cuerpo sólido se utiliza el método del calorímetro de mezclas. Se dispone de un trozo de plomo de 211 g que se introduce en un recipiente con agua hirviendo (100°C) durante unos minutos para calentarlo. Al trozo de plomo caliente, se lo saca del agua rápidamente y se lo introduce en un calorímetro que contiene 500 cm^3 de agua a 20°C . Una vez

estabilizada la temperatura en el calorímetro, el termómetro indicó 21 °C. Despreciando el calor absorbido por el calorímetro, determine el calor específico del plomo.

14) Un calorímetro de cobre contiene 150 g de aceite a 20 °C. En el aceite se introduce un trozo de 80 g de aluminio a 300 °C. Después de establecido el equilibrio en todo el sistema, la temperatura es 72 °C. ¿Cuál es el valor de la masa de cobre del calorímetro?

$$C_e (\text{aluminio}) 0,21 \text{ cal / (g } ^\circ\text{C)} \ ; \ C_e (\text{cobre}) = 0,09 \text{ cal / (g } ^\circ\text{C)} \ ; \ C_e (\text{aceite}) = 0,37 \text{ cal / (g } ^\circ\text{C)}$$

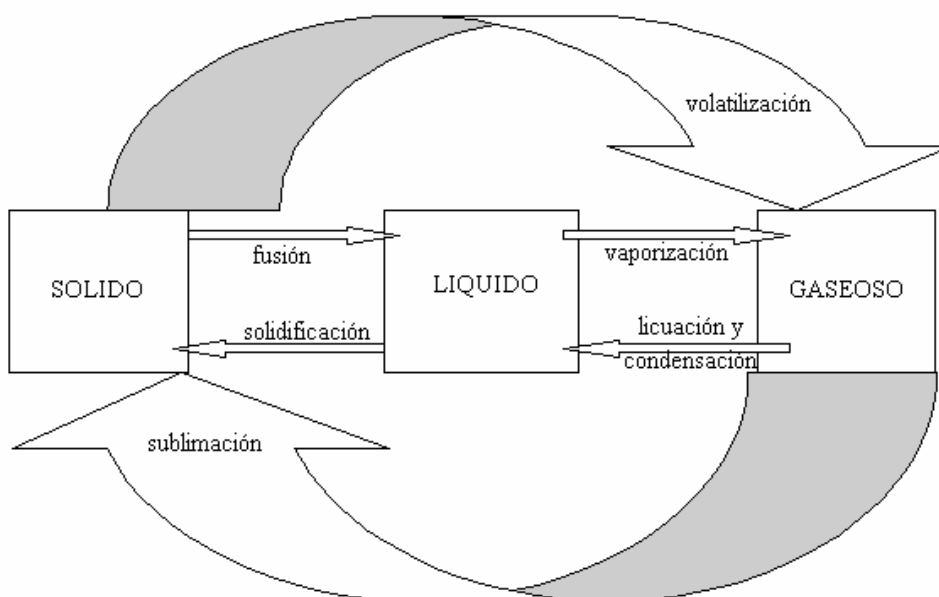
CAMBIOS DE ESTADOS

BREVES CUESTIONES TEÓRICAS

La materia puede encontrarse en tres estados de agregación diferentes: sólido, líquido y gaseoso. Para pasar de un estado a otro debe absorber o ceder calor. Así entonces, calentando un cuerpo sólido se puede transformar en líquido y si continuamos entregándole calor, pasará al estado gaseoso. Inversamente, al enfriar un gas se logra licuarlo y si se disminuye más su temperatura podrá convertirse en un sólido.

El fenómeno por el cual una sustancia pasa de un estado de agregación a otro se conoce, en física, como cambio de estado y según entre qué estados se produce el pasaje, recibe un nombre determinado.

El gráfico siguiente ilustra los cambios de estado. Hacia la derecha se entrega calor a la sustancia. Hacia la izquierda, la sustancia pierde calor.





La vaporización es el pasaje del estado líquido al gaseoso. Puede darse de dos formas, como evaporación, que se produce en las superficies de los líquidos (caso de la formación de las nubes) o como ebullición, que se produce involucrando toda la masa líquida con formación de burbujas en la misma.

Para que se produzca el cambio de estado, la sustancia debe estar a una determinada temperatura, que se llama “punto de...”, así se tiene, por ejemplo, el punto de fusión, que es la temperatura a la cual una sustancia pasa del estado sólido al líquido. Cada cambio de estado tiene su punto, para un determinado valor de la presión atmosférica. Los valores que conocemos de punto de solidificación del agua (0°C) y de ebullición del agua (100°C), corresponden a valores normales de presión.

Cuando se produce un cambio de estado por absorción de calor, por más que se le entrega calor a la sustancia ésta no cambia su temperatura, dado que la temperatura a la que se produce el cambio de estado, permanece constante, mientras el cambio de estado se está produciendo. Por ejemplo, el hielo contenido en un vaso, colocado a temperatura ambiente, comenzará a fundirse porque absorbe calor del medio ambiente, que se encuentra a mayor temperatura que los cubos de hielo; va transformándose parcialmente en agua; si se coloca un termómetro dentro del vaso con hielo, éste marcará 0°C (si se está en condiciones normales de presión) hasta que se haya fundido totalmente el último trozo de hielo, (no se tratará en este material cómo influye la presión en los diferentes cambios de estado).

Una vez alcanzada la temperatura de fusión, todo el calor suministrado es absorbido para producir el cambio de estado, manteniéndose constante la temperatura. En el caso del vaso con hielo, una vez que se haya fundido totalmente la masa de hielo, el calor absorbido provocará aumento en su temperatura.

Se denomina entonces calor latente a la cantidad de calor que hay que entregar a la unidad de masa de una sustancia para hacerla pasar a otro estado a la temperatura correspondiente.

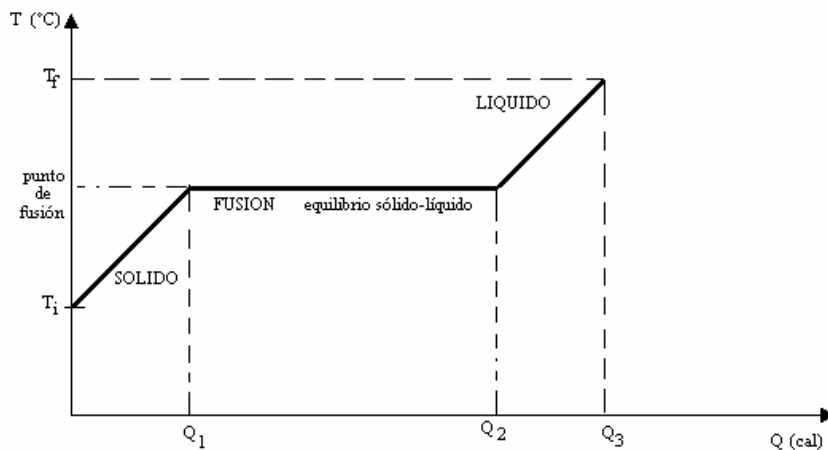
Se tiene entonces:

➤ Calor latente de vaporización: es la cantidad de calor que hay que entregar a la unidad de masa de líquido para hacerlo pasar al estado de vapor a la temperatura de vaporización.

➤ Calor latente de fusión: es la cantidad de calor que hay que entregar a la unidad de masa de una sustancia sólida para hacerla pasar al estado líquido a la temperatura de fusión.

➤ Calor latente de solidificación: es la cantidad de calor que cede la masa unidad de una determinada sustancia, para pasar del estado líquido al sólido, una vez alcanzada la temperatura de solidificación.

La gráfica siguiente representa el proceso que se da al transformar una sustancia sólida en líquida:



La sustancia, en estado sólido se encuentra a una determinada temperatura inicial (T_i), se le suministra una cierta cantidad de calor Q_1 que permite elevar su temperatura, hasta alcanzar la temperatura de fusión. Se sigue suministrando calor, pero esa cantidad de calor absorbida ($Q_2 - Q_1$) a partir de que alcanza la temperatura de fusión, es la que provoca el cambio de estado de la totalidad de la sustancia; desde allí, la sustancia líquida, sigue absorbiendo calor y por consiguiente incrementa su temperatura hasta llegar al valor final T_f . El calor total absorbido es igual a Q_3 calorías.

La fusión y la solidificación son dos fenómenos inversos, que se producen a la misma temperatura. Las temperaturas de fusión y de solidificación de una sustancia son iguales; todos sabemos que el agua congela a 0°C y que funde a 0°C . De igual forma, el calor latente de fusión y el calor latente de solidificación de una sustancia son iguales.

El calor latente se simboliza con la letra L y como subíndice lleva la inicial del cambio de estado al que se refiere. Así entonces, L_v es el calor latente de vaporización; L_f es el calor latente de fusión; L_s es el calor latente de solidificación.

El calor latente se mide en unidades de energía sobre unidades de masa. Por ej.: cal/g ó J / kg

Entonces, para calcular la cantidad de calor necesaria para producir un cambio de estado, en una determinada cantidad de sustancia hay que hacer:

$$Q = m \cdot L$$

Donde m es la masa de la sustancia que cambia de estado y L el calor latente correspondiente. Q es el calor que absorbe o cede esa masa para que se produzca el cambio de estado.

Ejemplos de situaciones donde se producen cambios de estado

Para fundir totalmente 300 gramos de una sustancia, a la temperatura de fusión, se le deben suministrar 6,3 kcal. ¿de qué sustancia podría tratarse?

Para poder identificar a la sustancia es necesario calcular el calor latente de fusión de la sustancia, que es un valor propio para cada sustancia. Una vez obtenido el calor latente se puede buscar en una tabla de calores latentes (muchos libros las traen en los anexos) y, a partir de ella, identificar a la sustancia.

Entonces, la cantidad de calor que absorbe para fundirse es:

$$Q = m \cdot L_f$$

de esa expresión se debe despejar el calor latente de fusión. Resulta entonces:

$$L_f = \frac{Q}{m} = \frac{6,3 \text{ kcal}}{300 \text{ g}} = \frac{6300 \text{ cal}}{300 \text{ g}} = 21 \frac{\text{cal}}{\text{g}}$$

El valor del calor latente de fusión es 21 cal/g que corresponde a la plata.

Determinar la cantidad de calor que debe absorber 500 g de agua que se encuentra a 20 °C, para vaporizarla hasta alcanzar 150 °C, suponiendo que no existen pérdidas de calor. C_e (agua) = 1 cal / (g °C) - C_e (vapor de agua) = 0,528 cal / (g °C) - L_v (agua) = 540 cal / g

En este caso se tiene agua líquida a 20 °C que se quiere llevar a vapor de agua a 150 °C. El cambio de estado de líquido a gaseoso se produce a la temperatura de ebullición del agua, que es 100 °C. Entonces, primeramente la sustancia absorberá calor para aumentar su temperatura hasta 100 °C (Q_1), luego absorberá calor para producir el cambio de estado (Q_2) y una vez transformada en vapor, absorberá calor para incrementar su temperatura hasta llegar a los 150 °C (Q_3). La cantidad de calor total que absorbe la sustancia estará dada por la suma de las cantidades de calor 1, 2 y 3.

Las cantidades de calor Q_1 y Q_3 se obtienen aplicando la ecuación fundamental de la calorimetría, resultando:

$$Q_1 = m \cdot C_e(\text{agua}) \cdot (T_f - T_i) = 500 \text{ g} \cdot 1 \text{ cal / (g °C)} \cdot (100 - 20) \text{ °C} = 40.000 \text{ cal} = 40 \text{ kcal}$$

$$Q_3 = m \cdot C_e(\text{vapor de agua}) \cdot (T_f - T_i) = 500 \text{ g} \cdot 0,528 \text{ cal / (g °C)} \cdot (150 - 100) \text{ °C} = 13.200 \text{ cal} = 13,2 \text{ kcal}$$

El calor absorbido para producir el cambio de estado se obtiene multiplicando la masa por el calor latente de vaporización. Así pues:

$$Q_2 = m \cdot L_v = 500 \text{ g} \cdot 540 \text{ cal / g} = 270.000 \text{ cal} = 270 \text{ kcal}$$

$$\text{La cantidad de calor total absorbida será: } Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = (40 + 270 + 13,2) \text{ kcal} = 323,2 \text{ kcal}$$

Finalmente, los 500 g de agua líquida absorberán 323,2 kcal de calor.

PROBLEMAS PROPUESTOS

1) En el siguiente cuadro se dan distintas situaciones físicas en las que se produce algún cambio de estado de la materia. Complete en las columnas anexas el nombre del cambio de estado y si la sustancia involucrada cede o recibe calor:

Situación física	Nombre del cambio de estado	¿recibe o pierde calor?
En la fabricación del acero grandes cantidades de hierro son sometidas a elevadas temperaturas para fundirlos		El hierro
Con la lluvia se forma un charco de agua en la calle. Al cabo de un tiempo el charco desaparece.		El agua del charco
Para formar hielo colocamos en el congelador de la heladera pequeños recipientes con agua		El agua líquida
Sobre la tapa de una cacerola con agua hirviendo se forman pequeñas gotitas de agua		El vapor de agua
La naftalina colocada entre la ropa guardada, desaparece con el tiempo		Las bolitas de naftalina
La ropa tendida al sol se seca al cabo de un tiempo.		El agua de la ropa mojada
Las nubes cargadas de agua, se descargan en una fuerte lluvia		El vapor de agua de las nubes.....
Las nubes cargadas de agua se descargan en forma de granizo		El vapor de agua de las nubes.....
El helado que consumes se derrite en tu boca.		El helado

2) Analiza la siguiente situación y responde justificando físicamente.

Se tienen cuatro servilletas mojadas, una de ellas doblada en cuatro partes y a la sombra. Otra doblada en cuatro partes, pero al sol; una tercera extendida a la sombra y la cuarta colgada al sol. ¿En qué orden se secarán?-



3) Imagina que tienes dos recipientes grandes que contienen agua hirviendo, que fue calentada desde un mismo valor inicial de temperatura ambiente. Uno de ellos tiene un litro y el otro cuarto litro de agua:

- Si se mide con toda precisión, ¿Cuántas veces más moléculas hay en el primer frasco?
- ¿Son iguales las cantidades de calor que habrán absorbido los frascos? Justifica.
- Si colocas un termómetro en ambos frascos, ¿qué registraría?- Por qué

4) ¿Cuánto vale el calor latente de fusión de una sustancia que, a la temperatura de fusión, absorbe 200 cal por cada 8 gramos de masa?

5) ¿Cuánto calor debe perder medio litro de agua a 0°C para solidificarse?- ¿y si fuera medio litro de agua a 20°C ?

Calor latente de solidificación del agua = 80 cal/g

- ¿Logrará fundirse totalmente un bloque de hielo de 1,5 kg si se le entregan 80000 cal?
- Si no se funde totalmente, ¿cuántos gramos se fundirán?

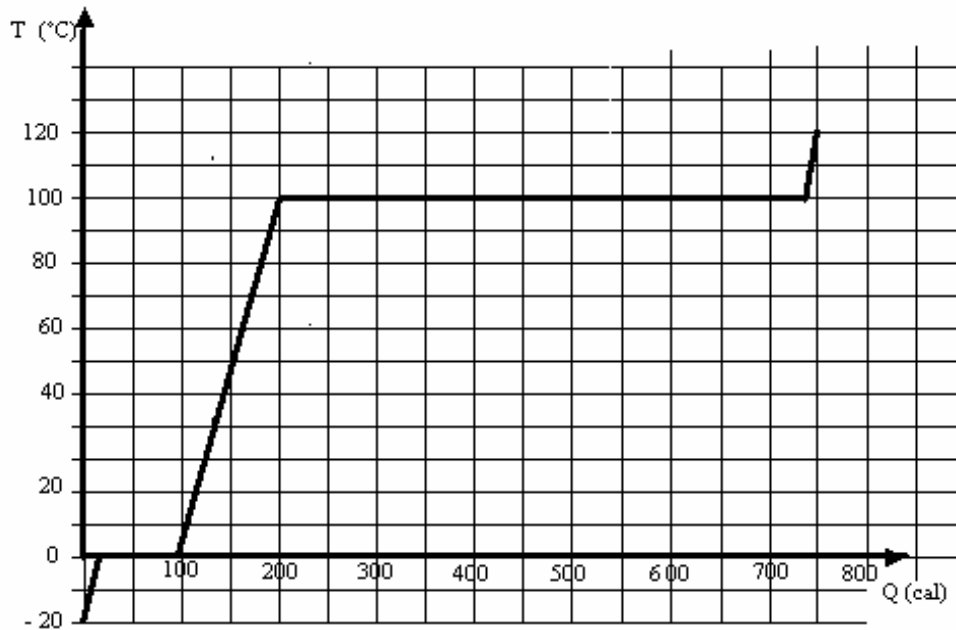
Calor latente de fusión del agua 80 cal/g

7) Un calentador eléctrico que produce 900 vatios de potencia es utilizado para vaporizar agua. ¿Cuánto líquido a 100°C puede ser transformado en vapor en 3 min por este calentador?

Calor latente de vaporización del agua = $2,26 \cdot 10^6$ J/kg.

8) Una pieza de aluminio de 20 g (Calor específico del aluminio = $0,21 \text{ Cal / g }^{\circ}\text{C}$) a 90°C se deja caer dentro de una cavidad, en un gran bloque de hielo a 0°C - a) Explique el fenómeno que ocurre en esta situación- b) ¿Cuánto hielo fundirá el aluminio?

9) La gráfica $T = f(Q)$ que se muestra en la figura se refiere al proceso de calentamiento de una masa de 1 g de agua



- a) Exprese en palabras la situación física que se da en todo el proceso.
 - b) Calcule la pendiente de cada tramo- ¿qué magnitud física representa, en cada caso?
- c) Cuántas calorías fueron necesarias entregar para:
 - c-1- llevar la masa inicial a la temperatura de fusión
 - c-2- transformar en agua líquida todo el hielo del que se disponía.
 - c-3- llevar la masa líquida hasta la temperatura de ebullición.
 - c-4- vaporizar toda la masa de agua
- d) En qué estado se encontraba la masa de agua tras haber absorbido:
 - d-1- 5 cal
 - d-2- 50 cal
 - d-3- 175 cal
 - d-4- 350 cal
 - d-5- 750 cal

10) a) ¿Qué cantidad de energía hay que entregar para fundir 400 g de plomo que están 30 °C por debajo de su punto de fusión?- b) Represente la situación del problema en un gráfico $T = f(Q)$ - c) Exprese en palabras todo el proceso.

$$C_e \text{ del plomo} = 0,03 \text{ cal / g } ^\circ\text{C}- L_f(\text{plomo}) = 2,5 \cdot 10^4 \text{ J/ kg-}$$

BIBLIOGRAFÍA

1. Aristegui, Rosana y otros- (1999)- FÍSICA I- Polimodal- Editorial Santillana- Bs. As.
2. Escudero, P- Lauzurica, M.T.- Pascual, R.- Pastor, J.M.- (1992)- FÍSICO QUÍMICA- Secundaria- Editorial Santillana- Bs. As.
3. Heinemann, Alberto- (1985)- FÍSICA (Mecánica, Calor y Fluidos)- Bachillerato- Angel Estrada Y Cía. S.A.- Bs. As.
4. Maiztegui- Sabato- (1974)- INTRODUCCION A LA FÍSICA 1- Editorial Kapelusz- Bs. As.

BIBLIOGRAFÍA DE CONSULTA

1. Bueche, Frederick- (1992)- FÍSICA GENERAL- Serie Schaum- Editorial Mc Graw Hill- España
2. Hewitt, Paul- (1999)- FÍSICA CONCEPTUAL- Editorial Pearson Educación- Addison Wesley Longman- México.