UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

PREPARATORIA 15 UANL

PREPARATORIA 15

FISICA I

1er. Semestre

$y = \frac{3}{4}t + \frac{1}{2}at^2$ $d = 4 - Vt$

$12 + 16 = 28$

Julio César Argüelles Gauna

$y = V_0 t + \frac{1}{2}at^2$ Julio

$y - Vt = \frac{1}{2}at^2$

$t = \frac{(x - V_0)3}{a2}$

$\frac{y - Vt}{t^2} = \frac{1}{2}a$

$\frac{2}{d_0} + \frac{2}{d_e} = \frac{2}{d_1}$

$2\left(\frac{y - Vt}{t^2}\right) = a$

$\frac{2}{d_e} = 1 + \left(\frac{1}{3}\right)(1)(1)$

$1 + \left(\frac{1}{3}\right)$

$\frac{2(4 - 3\times 4)}{\frac{t^2}{4}} = a$

$f = \frac{V}{t}$ $\frac{4}{3}$

Julio

85 #3

$d_e = \frac{2}{d_1} - \frac{2}{d_0}$

$a = \frac{2(28 - 12)}{16}$

$\frac{2 \times 16}{16} = a = 2$

$t = \frac{V}{t}$

FU001

F I S I C A I

Julio César Argüelles Garza

ING. JOSE LUIS GUTIERREZ ALVARADO.

COLABORACION:

ING. JUAN FRANCISCO SALAZAR
ING. JORGE A. TORRES BANGS.

Í N D I C E

CAP. Pág.

$4-\frac{x}{4}=1$

$4=1+\frac{x}{4}$

$3(x+4+2)=2$

CAP. Pág.

$4=3+1$

$3+1=4$

$1\cdot\left(\frac{1}{d_o}+\frac{1}{d_i}\right)=\frac{1}{d_F}$

$1=\left(\frac{1}{do}+\frac{1}{di}\right)dF$

$dF=\frac{1}{\frac{1}{do}-\frac{1}{di}}$

$d_F=\frac{1}{\frac{1}{d_o}+\frac{1}{d_i}}$

$x+4=2$

$2=x+4$

$\frac{1}{d_F}=\left(\frac{1}{d_o}+\frac{1}{d_i}\right)$

$1=\left(\frac{1}{d_o}+\frac{1}{d_i}\right)d_F$

$1=\left(\frac{1}{d_o}+\frac{1}{d_e}\right.$

$\left(\frac{1}{\frac{1}{d_o}+\frac{1}{d_s}}\right)=$

$\boxed{x+y+z}\cdot 1$ $\quad 3-1=2$

$(y+z)\cdot 1 = -x$ $\quad \dfrac{\frac{1}{x}}{\frac{1}{x}}$

$$\frac{l - w + 3w^2}{xy} = 1$$

$$l - w + 3w = xy$$

$$-w + 3w = xy - l \qquad \left(\frac{v+v_0}{2}\right)\frac{t}{t}$$

$$2w = xy - l$$

$$w = \frac{(xy-l)}{2}$$

$$d = \left(\frac{v+v_0}{2}\right)t$$

$$t = \frac{d}{\left(\frac{v+v_0}{2}\right)} \qquad t = \frac{2d}{v+v_0}$$

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

$\dfrac{x}{x} = 1$

I N D I C E.

$1 = d = \frac{v+v_0}{2}t$

$t = \frac{2d}{v+v_0}$

$2 = d_T = \frac{1}{d_o} - \frac{1}{d_i}$

$\dfrac{4y}{4} = y \qquad \dfrac{4y}{y} = 4$

$\dfrac{4}{2} = \dfrac{2\cdot 2}{2} = 2$

INTRODUCCIÓN.

Hace aproximadamente veinte años que la regla de cálculo y el calculador de escritorio eran las principales herramientas disponibles para cualquiera que deseara operaciones matemáticas muy complejas. Hoy en día es común el uso del computador digital para este fin. La serie de desarrollos tecnológicos que produjeron este cambio, los cuales ya figuran entre las hazañas en la historia del progreso, proporcionaron al hombre una herramienta sin precedentes para cambiar su medio ambiente.

Claro que con este texto no vas a adquirir el conocimiento del manejo, su forma de operación, ni mucho menos la estructura interna de una computadora, pero al pertenecer a una serie de desarrollos tecnológicos tiene una muy seria relación con la Física.

La Física, al ser la ciencia que estudia los fenómenos naturales, con sus principios elementales, tuvo que conducir a un estudio más profundo y de ahí el diseño de la computadora.

Ahora bien, el objetivo de este curso es considerar la Física a un nivel elemental para la comprensión del alumno que más tarde se dedicará al estudio más profundo de esta materia en su carrera profesional, para el estudiante que hará menos uso de la misma en su carrera y aún para aquel estudiante que sólo le servirá para entender básicamente los fenómenos de la vida diaria.

Los autores consideramos además, que presentar muchos ejemplos para mostrar los puntos destacados del programa, es la clave de un buen texto de Física. Pero los ejemplos por resolver conducirán a una mayor comprensión.

Las partes que integran un curso completo de Física son:

MECÁNICA
PROPIEDADES DE LA MATERIA
CALOR
MOVIMIENTO ONDULATORIO
LUZ
ELECTRICIDAD
MAGNETISMO
MECÁNICA CUÁNTICA
FÍSICA ATÓMICA
FÍSICA NUCLEAR

Sin embargo, es conveniente reconocer que el mayor énfasis ha sido puesto no tanto en los temas que deben ser tratados durante el curso, como en la índole misma de la enseñanza que debe ser esencialmente formativa y no informativa. Es decir, se intenta preparar personas capaces de enfrentarse a los nuevos problemas por venir, en lugar de individuos atiborrados de conocimientos tradicionales, pero carentes de criterio y sin hábito de razonar. En los temas se dan ejemplos de la vida real para que posteriormente induzcas tu capacidad de razonamiento.

La Física requiere métodos de estudio enteramente diferentes a los requeridos en otras materias tales como la Historia. En Física se aprende a aplicar la Física. Tienes que proveerte de métodos para resolver problemas y tales métodos sólo se aprenden tras una práctica dura y constante.

El alumno que generalmente "sale mal" en un examen de Física, generalmente pertenece a uno de estos dos tipos:

El que trata de aprender en un día, o una hora o dos antes del examen, todos los problemas y conceptos asignados para el examen.

Y el que no se da cuenta de que no sabe nada hasta que llega el examen. Ha estudiado con sus amigos y ellos le han ayudado en los problemas difíciles. De hecho, puede que haya aprendido cómo resolver estos problemas después de ser ayudado. Pero esto no es suficiente, tus amigos no pueden ayudarte en el momento del examen con los nuevos problemas que ahí se ponen. No sólo debes saber cómo se resuelven los problemas asignados, sino que has de conocer a fondo los conceptos para entender igualmente bien otros nuevos problemas que contengan esos mismos conceptos. Esto requiere un razonamiento inteligente de los principios fundamentales de cada problema y no la mera memorización de un método de resolución.

Te sugerimos que ensayes tu capacidad una y otra vez. Si no puedes empezar a resolver un problema después de un tiempo razonable, probablemente no entiendas los principios sobre lo que se basa. Consigue ayuda para resolverlo. Descansa un poco e intenta resolverlo solo sin mirar su solución. Luego prueba a resolver otro problema de tu elección que sea parecido. Ensáyate a tí mismo continuamente con nuevos problemas y preguntas.

"ASPECTOS FUNDAMENTALES DE LA FÍSICA"

El desarrollo de la humanidad está fundamentado en las ciencias, especialmente en la Física, sin ella no tendríamos ese desarrollo tecnológico que dis-frutamos con el transporte, comunicaciones, vivien das y edificios, etc., de nuestros tiempos. Es por eso tan importante comprender esta ciencia an-tes de iniciar su estudio.

OBJETIVOS.

1.- Definir el concepto de Física y su objeto de -estudio.

2.- Explicar el desarrollo histórico de la Física y su importancia en la sociedad.

3.- Mencionar la relación existente entre la Físi-ca y otras ciencias afines.

4.- Define el concepto de cantidad Física (número y unidad).

5.- Expresar el concepto de sistema de medición.

6.- Mencionar las tres cantidades físicas que son consideradas fundamentales.

7.- Reconocer las unidades patrón del Sistema Inter nacional ó S.I. (M.K.S. y c.g.s.), Inglés y - Técnico.

8.- Despejar incógnitas de ecuaciones lineales.

PROCEDIMIENTO:

1.- Lee en forma general el capítulo I y los puntos 2-1, 2-2 del capítulo II.

2.- Subraya lo más importante del material para esta unidad.

3.- Realiza un resumen de lo subrayado.

4.- Escribe las definiciones que encuentres.

5.- Cualquier duda que tengas sobre este material consúltala con tu maestro o con tus compañeros.

NOTA:
Como requisito le entregarás a tu maestro el trabajo que él indique en hojas tamaño carta y con la mejor presentación posible.

CAPITULO I.

ASPECTOS FUNDAMENTALES DE LA FISICA.

1-1 ¿QUÉ ES LA FISICA?

La física es la ciencia que estudia las propiedades de la materia y las leyes que tienden a modificar su estado o su movimiento sin alterar su naturaleza.

A medida que avancemos en la materia tú irás comprendiendo que es más importante saber y comprender lo que se hace en el campo de la física, y lo que es posible llegar a realizar aun cuando no logremos decir en síntesis qué es la física. Verás que es posible explicar una gran variedad de fenómenos aparentemente desvinculados entre sí, partiendo de unos cuantos principios básicos que, si se comprenden bien, serán suficientes para afrontar y resolver gran cantidad de problemas.

La física nos permite contestar las preguntas que nos hacemos; nos confiere el poder de predecir, de comprender y de aventurarnos en lo desconocido. De lo que aprendemos en la física surgen nuevas realizaciones; con las contestaciones a problemas de la física, surgen siempre nuevas preguntas, muchas de esta preguntas no se habrían formulado nunca si no se hubiera manejado la misma física.

Uno de los objetivos de la física es descubrir, las "reglas" que rigen nuestro universo y para llegar a ellas debemos comenzar por investigar lo que sucede a nuestro alrededor. Ahora bien, como los primeros contactos que podemos establecer con lo que nos rodea, se hacen a través de nuestros sentidos, concluimos que el tacto, la vista, la audición y el olfato son herramientas importantes en el estudio de la -

física.

Antes de comenzar a desarrollarse las ciencias, los sentidos eran la única fuente de información y por esto, los fenómenos físicos se fueron clasificando de acuerdo con el sentido por el cual se percibían. Así fueron surgiendo las distintas ramas de la física: la luz, relacionada con la visión dio origen a la óptica la cual se desarrolló como una ciencia más o menos independiente; el sonido, relacionado con la audición, dio origen a una ciencia relacionada con ella, la acústica; el calor, ligado a otra especie de sensación constituyó otra rama autónoma de la física; el movimiento, uno de los fenómenos más fácilmente observados, dio origen a la mecáncia, que fue en la antiguedad una de las ramas de la física de mayor desarrollo.

Dado que los fenómenos relacionado con el electromagnetismo no pueden observase directamente por ninguno de nuestros sentidos, solamente después del siglo XIX, llegaron a constituir una rama organizada. La física, por consiguiente, se hallaba a principios del siglo XIX formada por conjunto de ciencias o ramas llamadas clásicas que tenían entre sí muy poca o ninguna relación: *mecánica, calor, acústica, óptica y y electromagnetismo.* Ultimamente se incorporó a esas ramas clásicas la llamada física moderna, que cubre los desarrollos alcanzados en el siglo XX.

1-2 BENEFICIOS PRÁCTICOS E INMEDIATOS PARA LA SOCIEDAD.

Existen muy diferentes formas de ver la importancia de la física, pero una de ellas es en términos del efecto producido hacia la sociedad, ya que, han ayudado en demasiadas ocasiones a preparar la base del progreso tecnológico.

Esto a dado lugar a queexpresiones enfocadas solo al uso intencional de la ciencia como "la ciencia para el descanso del estado del hombre" dicha por el filósofo Francisco Bacon en el siglo XVII.

Muchos estudiantes y críticos de la física, parecen tener solamente este aspecto muy particular en su mente. Pero puede ser una de las más importantes, ya que con la asistencia que puede darnos la física podremos resolver algunos problemas, tales como la contaminación. Establecemos lo anterior por dos razones: primero, porque es relativamente corta la conexión entre la investigación de la física básica de hoy y el progreso tecnológico actual. Los artefactos y artículos que son producidos hoy por la industria, aun los más sofisticados usados para la exploración del espacio, aunque cuentan con muy pocas investigaciones nuevas en la física básica o en el descubrimiento de nuevas leyes, estan fuertamente basadas en las aplicaciones de leyes del conocimiento, y técnicas desarrolladas a través de los siglos.

Por otra parte, la gente que realiza investigaciones de la física básica,o que por lo menos conoce principios elementales de ella, se encuentra en demasiadas ocasiones a tener que "oponerse" a los planes nuevos de "progreso" tecnológico a gran escala. Por ejemplo: Una excavación para el uso de elementos nucleares, o aviones de transporte supersónico, que en opinión de los mejores físicos producen una mayor cantidad de daños que de beneficios.

De hecho la conexión entre la física básica y el progreso tecnológico es generalmente indirecto o de rebote. Es completamente raro que un progreso básico en la ciencia, haya sido hecho concientemente como el preludio para mejorar un invento técnico. Por ejemplo: Uno podría preguntarse, si los circuitos básico en computadoras deberian haber sido encontrados por gente que quería construir computadoras. ¿Sucedio así?.. No, los circuitos fueron descubiertos en los años 30's por físicos que estaban tratando el conteo de partículas nucleares porque ellos estaban interesados en la física nuclear.

O si las bobinas de inducción en los automóviles fueron hechas por empresas que querian hacer un transporte móvil, y ellas habian tenido un tropiezo con las leyes de inducción. Pero las leyes de la inducción habian sido descubiertas por Faraday muchas decadas antes.

O también si en la urgencia por proporcionar mejor comunicación, uno podría haber encontrado las ondas electromagnéticas. Ellas no fueron descubiertas de esa forma. Fueron descubiertas por Hertz, quien enfatizaba que no había algo más hermoso que la física, y quien basó su trabajo sobre las consideraciones teóricas de Maxwell.

Existe otra razón que es totalmente fuerte para buscar la importancia de la ciencia pura en los extraordinarios beneficios inmediatos para la tecnología. Todo progreso tecnológico trae consigo, por lo regular , mayores problemas sociales que surgen de improviso por los productos, y estos problemas no pueden ser resueltos o entendidos a través de la "existencia" aislada de medios científicos, técnicos o políticos. *Los remedios a tales problemas dependen en gran parte, en desarrollar nuevos avances científicos.* Dicho de otra manera, la causa de los problemas sociales creados por el progreso tecnológico es la "ausencia" de algunos conocimientos científicos básicos y específicos. Tal hecho da un nuevo y total mandato y una mejor esperanza para buscar nuevos científicos.

Es muy común oir, que la explosión demográfica es en parte causada por el progreso de la ciencia médica (Debido a la mejor sociedad, innoculación antibióticos, etc). Pero también podemos decir que la explosión demográfica está ligada a la falta de conocimiento en la ciencia pura (Biofísica,bioquímica, psicología).

Similarmente se ha dicho que el progreso en física es el "responsable" de la amenazante carrera de las armas. Pero es más seguro decir, que el control de armas será difícil de conseguirse por el deficiente conocimientos de geofísica que hace que la inspección por medio de sismógrafos, de sospechosas armas ilegales, sea difícil y desconcertante. Un mejor conocimiento de la geofísica, cambiará esto.

El problema de la alimentación en zonas áridas al igual que los anteriores, es en gran proporción de tipo político, pero también es un problema de las ciencias básicas.

La contaminación, que es de hecho, el resultado de la codicia, apatía y estupidez y la consecuente carencia del forzoso cumplimiento de la ley; pero para limpiar las áreas más contaminadas de smog, con mayor eficiencia, requeriremos muchos más conocimientos básicos de los que hasta hoy existen en el campo de la física, de la química, sobre combustión y

meteorología.

Estas aclaraciones deberan servir para oponerse a dos corrientes de muy amplios pero erróneas nociones; el estudio de la física, no debe de hacerse con el único fín de aplicaciones prácticas inmediatas (seguir una carrera en que sea llevada la materia). Y, que una forma de parar los abusos que se hacen con las inovaciones técnicas de productos, es parando a la ciencia (mientras que de hecho, sanear los abusos depende del progreso científico aun por realizarse).

1-3 BENEFICIOS SOCIALES A LARGO PLAZO.

Girando de los efectos inmediatos a los efectos a largo plazo, podemos establecer, ante gran número de evidencias, que cada persona viviente, hombre o mujer, que han estudiado la ciencia, son intelectualmente descendientes de Copérnico y Galileo, Newton y Faraday, Einstein y Bohr. Ya que su imaginación y herramientas intelectuales fueron relamente formadas, en gran medida, por el programa del conocimiento de la física que ellos y sus contemporáneos hicieron, mucho antes de que nacieran.

También podemos comprobar que los resultados de los estudios e investigaciones relacionados a la ciencia básica, son usadas para fines prácticos.

Como ejemplo tenemos la aplicación de los resultados de los estudios en una rama de la física que es la mecánica (estudio del movimiento y el equilibrio de los cuerpos). Basándose en principios y leyes de la mecánica, se han diseñado maquinarias, edificios, puentes, etc., a parte de aplicaciones más complejas, como lo son el movimiento de cohetes, el diseño de reactores nucleares, etc.

Para la resolución de problemas rápidos en los que se vayan a aplicar algunos de los principios y leyes de la física se han desarrollado ciertas reglas y procedimientos basados en los resultados de las ciencias. Al conjunto de esas reglas y procedimientos se le denomina como *técnica*. Por ejemplo, la técnica de la construcción de estructuras, está basada en una parte de la mecánica que es la estática, donde se incluyen ecuaciones de equilibrio de los cuerpos, que son muy utilizadas en dicha técnica.

Otro ejemplo de mucha importancia en nuestra sociedad moderna es la *técnica de las comunicaciones*, que está basada en los resultados de experimentos de físicos que concluyeron en leyes sobre la relación entre cuerpos electrizados y magnetizados, esto es, otra parte de la física que se llama *electromagnetismo*.

En forma general, a la relación que existe entre las técnicas y las partes de la física en que éstas se basen se le llama *ingeniería*. Seguramente habrás oído mencionar la ingeniería mecánica, la eléctrica, la civil, la electrónica y de comunicaciones, la de control y computación. o la arquitectura, la agronomía, la física nuclear o la medicina nuclear, la instrumentación médica, etc. que son otros casos que te ayudarán a comprender esa gran importancia de la física en la sociedad, ya que sin ingenieros no habría desarrollo técnico, que le proporcionara a la sociedad transporte, comunicaciones, casa o vestido; lo mismo sin agrónomos no sería posible la alimentación de nuestra población cada vez más creciente, o no habría adelantos en la medicina para poder combatir las enfermedades y, en fin, te podríamos seguir dando más ejemplos, pero en este momento ya te habrás convencido de que sin la física, simplemente la humanidad no habría evolucionado tanto. En otras palabras, nuestra sociedad moderna no sería la misma.

1-4 DESARROLLO HISTÓRICO DE LA FÍSICA.

"La física es una ciencia natural que históricamente no tiene principio ni fin". Sin reflexionamos un poco sobre la frase anterior, nos daremos cuenta de un hecho muy importante, que no podemos pensar que alguien haya "inventado" la física. Siendo ésta ciencia, el hombre sólo ha ido descubriendo gradualmente las leyes que explican los fenómenos de la naturaleza, y ha ido aprendiendo a utilizar esos conocimientos para su propio beneficio.

Para muchos historiadores, el origen de las ciencias básicas, o bien, el origen del estudio formal de las ciencias se remota a la era de los grandes filósofos: Aristóteles, Copérnico, Arquímedes, Hipócrates, etc., esto es hace más de 2000 años.

/Aristóteles fue quien fijó los principios de esa era. Consagró la física (cuyo nombre viene del griego *physis = naturaleza*)X al estudio de "todo cuanto está sujeto a movimiento", designado con el nombre de "Historia Natural" a la ciencia dedicada a la descripción y clasificación de la naturaleza. En esta misma era Arquímedes fijó sus celebres principios y Euclides (450-377 a. de J.C.) proporcionó las bases para las leyes de la reflexión de la luz. Al parecer los griegos encontraron también las propiedades del ámbar y del magnetismo.

Los árabes heredaron gran parte de los conocimientos de la antigua Grecia, introduciendo en ellos algunos elementos propios muy apreciables. Conocieron el imán, así como la orientación de la aguja magnética, quizá debido a sus relaciones con la India, de donde debía proceder tal conocimiento.

Después, durante la Edad media, hubo una gran tendencia a designar con el nombre de Física a la ciencia de la Medicina, y puede decirse que sólo al llegar a la Edad Moderna la física ha adquirido verdadera personalidad propia, desligándose de las ciencias Biológicas y Médicas, de la Astronomía, etc.

X A Galileo Galilei (1564-1642) se le considera como el verdadero fundador de la Física como una ciencia experimental e independiente de las demás.X Fue el italiano Torricelli (1608-1647), discípulo de Galileo quien inventó, junto con su compañero Viviano, el barómetro de mercurio y descubrió la presión atmosférica, el del aire y una porción de cualidades características de la atmósfera.

En este campo de investigaciones se distingue Otto de Guericke, inventor de la máquina neumática. Cristian Huyghens (1629-1685) inventa el reloj de péndulo, lo cual permite a P. Elvius establecer la fórmula completa del péndulo.

En 1646, P. Marsenne encuentra las leyes relativas al número de vibraciones de las cuerdas, debiéndole notables avances en el terreno de la *acústica*. En este campo también se distingue Sir Isaac Newton (1642-1724), quien basándose en la ley descubierta por Robert Boyle (1627-1691) sobre la relación existente entre presión y temperatura, calcula la velocidad del sonido en el aire.

En el campo de la *óptica* se distinguen Galileo Galilei, a quien parece corresponder el mérito de las invención del microscopio; P. Cristóbal Sheiner (1575-1650), a quien se debe el descubrimiento de la formación de las imágenes en la retina; Willebord Snellio Van Royen, quien encontró las leyes de la refracción de la luz; Francisco María Grimaldi (1618-1663) quien descubrió el fenómeno de la difracción y, finalmente, Sir Isaac Newton, a quien se deben importantes descubrimientos sobre la descomposición de la luz blanca en los siete colores fundamentales. Olaf Roemer (1644-1710) observando las ocultaciones de los satélites de Júpiter calculó, en 1676, la velocidad de la luz.

En el campo de la *mecánica* tenemos de nuevo a Sir Isaac Newton, quien definió los conceptos de masa y de fuerza ampliando la noción de inercia establecida por Galileo y formulando sus célebres leyes de la gravitación universal y del movimiento.

En otros aspectos de la Física Hooke determinó la humedad atmosférica mediante su higroscopio; Carlos Rinaldi parece haber propuesto en 1761, como puntos de partida de la graduación del termómetro, los de fusión del hielo y de ebullición del agua. Papín ideó el principio de la máquina de vapor que fue complementado por R. Fulton en 1807.

En el campo de la electrología moderna, Esteban Grey en 1731, descubrió el fenómeno de la conductibilidad eléctrica; dos años después Carlos Dufay descubrió la existencia de cargas positivas y negativas. En 1752, Benjamín Franklin (1706-1790) reveló la naturaleza eléctrica de ciertos fenómenos, y Carlos Augusto Coulomb (1735-1806) estableció la ley de la atracción y de la repulsión eléctrica.

Las nociones fundamentales de la *electrostática*, la capacidad y el potencial, encontraron su definición en los trabajos de Alejandro Volta (1745-1827) quien más tarde, partiendo de las observaciones realizadas por Luis Galvani (1737-1798) construyó la pila eléctrica. En 1831 tiene ocasión los célebres descubrimientos de Faraday (1791-1867) sobre correientes inducidas, las leyes de la electrólisis y sobre los cuerpos diamagnéticos; mientras James Maxwell, traduciendo en fórmulas los conceptos de Faraday, escribía las ecuaciones del campo electromagnético. En 1886, Henry Hertz descubre el fenómeno fotoeléctrico y las ondas que llevan su nombre.

A Rontgen (1845-1932) se debe el descubrimiento de los rayos X a Becquerel (1852-1908) el de la radiactividad. El descubrimiento del *radium* por los esposos Curie (1898) fue el punto de partida de la *Física Nuclear*. En 1901, Max Planck desarrolla su conocida teoría de los *quantos* (cuantos de energía) y en general, sobre la estructura de la luz. Rutherford en 1911, establece los cimientos de la nueva teoría atómica y Niels Bohr el enlace de ambas creando la representación de la delicada estructura del átomo.

Posteriormente, Louis de Broglie formuló su hipótesis sobre la naturaleza ondulatoria de los electrones que sirvió a Schrodinger para construir su mecánica ondulatoria; a los trabajos de Heisenberg sobre el principio de indeterminación y a la nueva teoría de Einstein contenida en su obra *The Meaning of Relativity* (El significado de la Relatividad) publicada en 1950 en la cual sintetiza las leyes de la mecánica de Sir Isaan Newton y las del electromagnetismo de Maxwell.

1-5 LA FÍSICA COMO UN ESTUDIO QUE ESTA CONECTADO CON OTROS CAMPOS.

La ciencia debe instruir en cualquier nivel en el camino humanístico. Debe enseñarse con un cierto entendimiento histórico, con un entendimiento social y un entendimiento humano, en el sentido de la biografía, la naturaleza de la gente ha ha hecho esta construcción, sus triunfos, sus pruebas, sus tribulaciones.

Podemos ilustrar la necesidad en este sentido de las interacciones humanísticas por medio de un simple diagrama. El curso de física como tradicionalmente se imparte en muchos colegios y secundarias es como una serie de conceptos entrelazados como cuentas de un collar. Un objetivo sigue a otro, desde la cinemática de Galileo hasta los más recientes progresos de física nuclear (la secuencia usual que más o menos es paralela al desarrollo histórico de la ciencia, sea esto explícito o no). Pero pocas conexiones con otras proezas del género humano, son mostradas, ya sean con - - - otras ciencias de la física y con otros estudios y actividades de las ciencias. Todos los materiales estudiados en otros cursos (química, biología, literatura, etc), son como cuentas de un collar.

Hay algunas ventajas en tal presentación del curso y puede ser conveniente enseñarla así pero ignorar las conexiones a través de todos los campos no se justifica para el estado actual de las materias. Un proyecto de investigación en la física experimental, más tarde o más temprano necesitará de materiales no sólo del campo de la física, sino también de las matemáticas , de la química, termodinámica, de la ingeniería, de la tecnología de computación y muchos otros campos de la ciencia (esto sin mencionar el grupo de la psicología, contabilidad, destreza en escribir un buen artículo del trabajo). La física "pura" es una invención que existe solamente en los salones de clase moldeada a la antigüita. Si tu eliges un problema real en física (o en cualquier otra ciencia) se extenderá a un número de problemas esperados o inesperados en campo que a primera instancia parecen "pertenecer" a otras profesiones.

Por ejemplo: La mecánica newtoniana aplicada en el movimiento planetario (un objetivo que es eslabón sobre la cadena de física). Newton había estudiado teología y filosofía. Y estas ideas repercutieron en su principio en sus secciones sobre la naturaleza del tiempo y el espacio. Dentro de la misma física, Newton analizó para llevar a su culminación los trabajos de Kepler y Galileo. Muchas de las matemáticas establecidas en el trabajo de Newton vienen desde los griegos,

Y unas nuevas matemáticas principalmente las ideas básicas del cálculo, fueron inventadas por Newton para ayudar sus propios progresos y de ese modo fue más rápido el avance de las matemáticas.

Dentro de la Física, los que siguieron a Newton usaron sus leyes y sus acercamientos. Sus efectos sobre la filosofía de los teólogos deistas, sobre los modelos atómicos de Dalton en la química, y sobre la sensibilidad artística del siglo XVIII en que Newton influyó sobre las musas.

La misma clase de enlaces se extiende alrededor de todos y cada uno de los tópicos de nuestra materia. Desde un eslabón de la filosofía a los trabajos de Oesterd, Ampere y Faraday en electricidad (a través de su interés en la filosofía de la naturaleza). Pensar en la reacción en cadena de la física nuclear apoyada a lo largo de la física clásica de los tres siglos anteriores (como la determinación de la masa del neutrón), y los enlaces laterales, con la biología, la ingeniería, a través de varias aplicaciones y productos generados por los reactores nucleares.

Tales enlaces existen entre todos los campos. No dudes en encontrar que algunos tópicos y personajes analizados en física, se comenten en otras áreas de estudio. Si trazamos todos los enlaces entre los campos del mapa intelectual, veremos que en lugar de separarse los eslabones, realmente existe una estructura muy completa como si fuera una fábrica de ideas. Por ello podemos considerar que la ciencia es ahora vista como una dinámica interacción, en la totalidad de la actividad intelectual de nuestra época. En un sentido más profundo, la ciencia es parte del estudio de la historia y de la filosofía, y puede ser fundamental para el trabajo del artista.

Si aislamos totalmente la "física", la historia del Oriente sería casi incomprensible. No podríamos entender muchos de los trabajos de John Locke y de Voltaire o del Papa Alejandro quienes, entre muchos otros, fueron francamente inspirados, por el trabajo de los físicos de su tiempo. Conversación, filosofía, matemáticas, y otros campos serían estudios tan vacíos, sin analizar a través de toda su extensión de los trabajos de científicos-filósofos tales como Mach, - - Einstein y Bohr.

Si eliminamos el estudio de la física en nuestros cursos, también sería utópico estudiar el desarrollo histórico industrial que siguió a la máquina Watt, la batería de Volta, los motores y generadores de Faraday, etc,. Una ciencia tan cercana como la química no pudo haber sido desarrollada sin - los modelos de los gases y las teorías de la estructura atómica que fueron ampliamente trabajadas por los físicos. En conclusión, la importancia de cualquier campo del conocimiento, incluyendo la física, es una parte integral del total conocimiento del pensamiento.

Aun más cerca de la física, se hallan un grupo de ciencias contiguas conocidas por los nombres de *Astrofísica, Geofísica y Biofísica*. La Astrofísica es la física del mundo astronómico, podemos decir que la situación y la identificación de - las estrellas son problemas de la astronomía, mientras que el estudio de lo que hace brillar a las estrellas es una parte - de la astrofísica. La Geofísica trata de la física de nuestra Tierra y la Biofísica de la física de los seres vivos.

A continuación se muestra una figura que te servirá para - comprender mejor las relaciones de la física con otras ciencias.

"SISTEMAS DE MEDICION"

Para los que estamos acostumbrados a medir el tiempo de la forma usual, una milésima de segundo es -- igual a cero. Estos intervalos de tiempo empezaron a utilizarse en la práctica hace poco relativamente Cuando el tiempo se determinaba por la altura del - Sol o por la longitud de las sombras, no podía hablarse ni siquiera de minutos de exactitud.
Se consideraba que un minuto era una magnitud demasiado pequeña...

OBJETIVOS.

1.- Reconocer los múltiplos y submúltiplos de los diferentes sistemas de unidades.

2.- Distinguir entre unidades fundamentales, derivadas y especiales.

3.- Definir los conceptos de conversión de unidades y factor de conversión.

4.- Resolver problemas de conversión de unidades de Longitud, Area, Volumen, Masa y tiempo.

PROCEDIMIENTO:

1.- Lectura general del capítulo II del libro de - texto.

2.- Analiza y menoriza los valores de los múltiplos y submúltiplos en los sistemas M.K.S. e Inglés.

de los trabajos de científicos-filósofos tales como Mach, - - Einstein y Bohr.

Si eliminamos el estudio de la física en nuestros cursos, también sería utópico estudiar el desarrollo histórico industrial que siguió a la máquina Watt, la bateria de Volta, los motores y generadores de Faraday, etc,. Una ciencia tan cercana como la química no pudo haber sido desarrollada sin - los modelos de los gases y las teorías de la estructura atómica que fueron ampliamente trabajadas por los físicos. En conclusión, la importancia de cualquier campo del conocimiento, incluyendo la física, es una parte integral del total conocimiento del pensamiento.

Aun más cerca de la física, se hallan un grupo de ciencias contiguas conocidas por los nombres de *Astrofísica, Geofísica y Biofísica*. La Astrofísica es la física del mundo astronó-- mico, podemos decir que la situación y la identificación de - las estrellas son problemas de la astronomía, mientras que el estudio de lo que hace brillar a las estrellas es una parte - de la astrofísica. La Geofísica trata de la física de nues-- tra Tierra y la Biofísica de la física de los seres vivos.

A continuación se muestra una figura que te servirá para - comprender mejor las relaciones de la física con otras cien-- cias.

"SISTEMAS DE MEDICION"

Para los que estamos acostumbrados a medir el tiempo de la forma usual, una milésima de segundo es -- igual a cero. Estos intervalos de tiempo empezaron a utilizarse en la práctica hace poco relativamente Cuando el tiempo se determinaba por la altura del - Sol o por la longitud de las sombras, no podía hablarse ni siquiera de minutos de exactitud.
Se consideraba que un minuto era una magnitud demasiado pequeña...

OBJETIVOS.

1.- Reconocer los múltiplos y submúltiplos de los diferentes sistemas de unidades.

2.- Distinguir entre unidades fundamentales, derivadas y especiales.

3.- Definir los conceptos de conversión de unidades y factor de conversión.

4.- Resolver problemas de conversión de unidades de Longitud, Area, Volumen, Masa y tiempo.

PROCEDIMIENTO:

1.- Lectura general del capítulo II del libro de - texto.

2.- Analiza y menoriza los valores de los múltiplos y submúltiplos en los sistemas M.K.S. e Inglés.

3.- Analiza los problemas de conversión de unidades que estén resueltos.

4.- Resuelve los problemas dados en el capítulo, tomando como base el factor de conversión.

PRE-REQUISITO.

Para tener derecho a presentar el examen de esta unidad, deberás entregar, en hojas tamaño carta, completamente resueltos los prblemas del capítulo II.

CAPITULO II

UNIDADES DE MEDICION

2-1 MEDICIONES FUNDAMENTALES.

Todo navegante conoce la importancia de una brújula, un sextante, un reloj y otros instrumentos para mantener el rumbo de su barco. Sin sistemas de navegación todo buque se iría a la deriva. Las consecuencias de navegar sin ningún medio para medir distancias, tiempo o dirección, son solo un ejemplo del caos que reinaría en un medio donde no se realizaran mediciones.

Trata de imaginar los detalles cotidianos de un mundo donde no se estableciera a que distancia, con que rapidez, cuánto tiempo, que voy a comprar, etc. y tendrás una pequeña idea de lo mucho que interviene la medición en nuestras vidas.

Pero, ¿qué es la medición?. La medición es la comparación e igualación de una cosa material con otra tomada como base.

Por lo tanto, podemos tener mediciones de tipo cualitativo y cuantitativo.

Descripción de Salviati, acerca de la prueba experimental del mismo Galileo en las Dos Nuevas Ciencias.

Se tomó un madera de aproximadamente 12 codos de largo, medio codo de ancho y tres dedos de grueso; en la orilla se le hizo un canal de un poco más de un dedo de ancho; despues de pulir perfectamente ésta ranura y forrarla con pergamino, que también era lo más liso y pulido que se pudo conseguir, hicimos rodar por ella una pelota dura de bronce, lisa y muy redonda. Habiendo puesto esta tabla en posición inclinada, levantando un extremo uno o dos codos sobre el nivel de la otra, hicimos rodar la bola como lo acabo de decir, tomando nota de la manera que voy a describir, del tiempo transcurrido en el descenso. Repetimos este experimento una y otra vez para medir el tiempo con exactitud tal, que la desviación entre dos observaciones no excediera un décimo de pulsación. Después de realizar esta operación y asegurarnos de su exactitud, hicimos rodar la pelota, pero esta vez solo una cuarta parte de la longitud del canal; y habiendo medido el tiempo de su descenso, vimos que era presisamente un cuarto del anterior. Enseguida probamos con otras distancias, comparando el tiempo de la longitud total con el de la mitad, o el de las dos terceras partes, o el de las tres cuartas partes, o cualquier fracción; en tales experimentos, que repetimos más de 100 veces, siempre encontramos que los espacios recorridos estaban relacionados entre si, como el cuadrado de los tiempos y esto funcionaba en todas las inclinaciones del canal sobre el cual hicimos rodar la pelota....

En mediciones de tipo cualitativo, tenemos los siguientes ejemplos.

María es más morena que Esthela.
Pedro es más alto que Mario.
El limón es más agrio que la toronja.
Martha es más bonita que Petra.
José es menos notable que Francisco.

En todos estos ejemplos estamos refiriendo a cualidades. Aunque en algunos casos le podemos poner números como en el siguiente ejemplo.

Pedro es 20 cm. más alto que Mario.

(Deja de ser medida cualitativa), en todos los demás es imposible ponerles una magnitud, porque no tenemos ninguna referencia o base numéerica.

María es 10 (?) más morena que Esthela.
El limón es 15 (?) más agrio que la toronja
Ramón es 20(?) más inteligente que Roberto.

Todas las mediciones físicas requieren dos elementos: primero, un **número**, y segundo una **unidad**. La unidad es precisamente lo **escencial**, el número expresa la magnitud.

En las mediciones cuantitativas, si tenemos una base (unidad) y le podemos establecer su magnitud. Analizar el fragmento y los siguientes ejemplos:

1.- En esta canasta tenemos 15 **manzanas**
2.- El grupo 4 tiene 48 **alumnos**.
3.- el ancho de la calle es de 25 **metros**.
4.- El ancho de la calle es de 33 **pasos**.
5.- El tiempo record para los 100 **metros** planos es de 9.9 **segundos**.
6.- El tiempo record para los 1000 **sortems** es 20
7.- Se presentaron 15 **evaluaciones**.
8.- La oficina tiene 12 **máquinas** de escribir.
9.- Jesús pesa 72 **kilogramos**.

10.- El peso de Mario es de 100 **soliks**.

Aunque existe una cantidad demasiado grande de mediciones cuantitativas (algunas establecidas en los ejemplos anteriores), existen tres cantidades físicas: **masa, longitud y tiempo** que son **fundamentales** para extresar otras magnitudes físicas de la mecánica; por lo tanto, al referirnos a ellas las consideramos como **medidas fundamentales**. En total existen siete medidas fundamentales, y las unidades para medirlas se establecieron por acuerdos internacionales.

Cuando se estudie el calor, será necesario introducir una unidad para la **temperatura**, que también es una medición física fundamental. Posteriormente, al estudiar la luz, se incluirá una quinta unidad para la medición de la **intensidad luminosa**.

Otra medición fundamental que usaremos sera **carga eléctrica** y la séptima para la **densidad molecular**

2-2 UNIDADES PATRON.

Tomando como punto de partida las mediciones fundamentales de la mecánica; longitud, masa y tiempo, y la gran variedad de unidades, algunas hasta el arbitrio del que escribe, (ejemplos 6 y 10), y otros usados anteriormente (los mostrados en el fragmento), desde hace mucho tiempo se ha tratado de llegar a un sistema patrón que fuera igual para todos los individuos y naciones.

Muchos patrones se han utilizado a través de la vida humana y aún en nuestros días podemos ver mediciones en por lo menos, cuatro sistemas de unidades: M.K.S., c.g.s., inglés y técnico. Pero los que mejor se adaptan a las mediciones modernas, son los que se basan en el **sistema métrico decimal**, que tuvo su origen en Francia a fines del siglo XVIII. Este sistema tiene su base decimal que lo hace más adecuado y sencillo para medir magnitudes físicas. Casi todos los paises del mundo lo han adoptado en forma oficial. El congreso de los Estados Unidos también legalizó el uso del mismo en ese país.

TABLA 2-A. MEDICIONES FUNDAMENTALES.

FUNDAMENTAL	M.K.S.	C.G.S.	INGLES
LONGITUD	Metro	Centímetro	Pie
MASA	Kilogramo	Gramo	Libra
TIEMPO	Segundo	Segundo	Segundo

En el **sistema Internacional** de medidas podemos incluir los sistemas M.K.S. y c.g.s. En el primero, tenemos las unidades patrón **metro, kilogramo y segundo,** que corresponden a las medidas de longitud, masa **y tiempo respectivamente. Y en el c.g.s. tenemos** centímetro, gramo y segundo, **también para la longitud, masa y tiempo respectivamente.**

El metro **se define como** 1 650 763.73 **veces la longitud de onda de la luz rojo-anaranjado emitida por el kriptón 86, en el vacío.**

El kilogramo **se define como la masa de un cilindro denominado kilogramo patrón o kilogramo estándar, que se conserva en Sevres, Francia.**

El segundo **se define como 9 192 631 771 (9.19 x 109 vibraciones atómicas del cesio-133.**

2-3 SISTEMA TECNICO.

En el sistema técnico de unidades, la unidad patrón de tiempo sigue siendo el segundo y la de longitud el metro. Pero para las mediciones de masa se utiliza la u.t.m., ó *unidad técnica de masa*, cuya equivalencia encontraremos ahora.

De la fórmula: P = mg, donde "P". es el peso, "m" la masa y "g" la gravedad, despejando la variable "m" quedaría de la siguiente forma:

$$m = \frac{P}{g}$$

Analizando la equivalencia de la u.t.m, con el sistema M.K.S. sustituimos las unidades del peso (P) que son Kgf (Kilogramos Fuerza) y las unidades de la gravedad (g) que son m/seg^2

$$m = \frac{P}{g} = \frac{Kgf}{m/seg^2}$$

que se puede escribir también de la siguiente manera:

M.K.S U.T.M

$$\frac{\dfrac{Kgf}{1}}{\dfrac{m}{seg^2}}$$

multiplicando "extremo por extremo" y "medio por medio" tenemos:

$$m = \frac{Kgf\ (seg^2)}{m(1)} = \frac{Kgf\ seg^2}{m} = u.t.m.$$

Haciendo ahora el análisis de la equivalencia con el sistema inglés, las unidades de peso serán Lbf (libras fuerza) y las de gravedad (g) pies /seg^2

$$m = \frac{P}{g} = \frac{\text{Lbf}}{\text{pies/seg}^2} = \frac{\text{Lbf}}{\frac{1}{\frac{\text{pies}}{\text{seg}^2}}} = \frac{\text{Lbf seg}^2}{\text{pie}} = \text{slug}$$

NOTA:

En la equivalencia con el sistema inlgés, a la u.t.m. se le llama *slug*.

TABLA 2-B. Sistema Tecnico

	M.K.S.	C.G.S.	INGLES
Longitud	Metro	Centimetro	Pie
Masa	kgf·seg²/m = u.t.m	gf·seg²/cm = u.t.m	lbf·seg²/pie
Tiempo	Segundo	Segundo	Segundo

TABLA 2-C Unidades de Fuerza

	M.K.S.	C.G.S.	INGLES
S.I	kg·m/seg²	g·cm/seg²	lb·pie/seg²
	neuton	dina	
S.T	kgf	gf	lbf

2-4 UNIDADES MÚLTIPLOS Y SUBMÚLTIPLOS.

En muchas ocasiones tenemos mediciones que por ser muy grandes o muy pequeñas, tenemos que buscar con que se nos facilite el manejo de estas mediciones:

EJEMPLO: Medir el ancho de un lápiz con un metro (?)
Medir la masa de un pájaro con una báscula graduada en kilogramos.

Por esta razón, cada una de las unidades patrón tienen divisiones o existen unidades en que la unidad patrón cabe varias veces. A las unidades que nos representan divisiones de la unidad patrón (unidades menores), se les llama *submúltiplos*, y a las unidades en que la unidad patrón cabe varias veces (unidades mayores), se les denomina *múltiplos*.

Debido a que es más sencillo y más usual el sistema métrico decimal, en las tablas D, E y F, están algunos datos que te serán muy útiles en tu curso de física.

TABLA 2-D MULTIPLOS.

		EQUIVALENCIA	
NOMBRE	SIMBOLO	FORM. DEC.	FORM. EXP.
LONGITUD			
Kilómetro	Km.	1000	10^3
Hectómetro	Hm.	100	10^2
Decómetro	Dm.	10	10^1 m.
MASA			
Tonelada	Tn.	1000 kg.	10^3 kg.
TIEMPO			
Día	d	86400 seg.	8.64×10^4 seg
Hora	hr	3600 seg.	3.6×10^3 seg
Minuto	min	60 seg.	6.0×10^1 seg

TABLA 2-E. SUBMULTIPLOS.

NOMBRE	SIMBOLO	EQUIVALENCIA FORM. DEC.		FORM. EXP.
LONGITUD				
Decimetro	dm.	0.1	m.	10^{-1}
Centimetro	cm.	0.01	m.	10^{-2}
Milimetro	mm.	0.001	m.	10^{-3}
Micro		0.000001	m.	10^{-6}
Angstrom	A°	0.0000000001	m.	10^{-10}
MASA				
Hectogramo	hg	0.1	kg.	10^{-1}
Decogramo	dg	0.01	kg.	10^{-2}
Gramo	g	0.001	kg.	10^{-3}
Decigramo	dag	0.0001	kg.	10^{-4}
Centigramo	cg	0.00001	kg.	10^{-5}
Miligramo	mg	0.000001	kg.	10^{-6}
TIEMPO				
Décimo de seg.		0.1	seg.	10^{-1}
Centésimo de s.		0.01	seg.	10^{-2}
Milésimo de seg.		0.001	seg.	10^{-3}

TABLA 2-F. Otros prefijos para Mult. , Submult.

PREFIJO	SIMBOLO	EQUIV. EXP.
SUBMULTIPLOS.		
pico	p	10^{-12}
nano	n	10^{-9}
micro	μ	10^{-6}
mili	m	10^{-3}
MULTIPLOS		
Kilo	K	10^{3}
Mega	M	10^{6}
Giga	G	10^{9}
Tera	T	10^{12}

2-5 ALGUNAS UNIDADES DEL SISTEMA INGLÉS.

El sistema inglés de unidades de medida, tiende a desaparecer, pero aún existe uso de ellos. En las siguientes tablas tenemos otras unidades del sistema inglés con equivalencias al métrico.

TABLA 2-G. OTRAS EQUIVALENCIAS.

	EQUIVALENCIA EN:				
	PULGADA	PIE	YARDA	MILLA	METRO
PULGADA	1	1/12	1/36	1/63360	0.0254
PIE	12	1	1/3	1/5280	0.3048
YARDA	36	3	1	1/1760	0.9144
MILLA	63360	5280	1760	1	1609
METRO	39.37	3.28	1.094	6.21×10^{-4}	1

TABLA 2.H. Otras Equivalencias.

	EQUIVALENCIA EN				
	ONZA	LIBRA	GRAMO	KILOGRAMO	TONELADA
ONZA	1	1/16	28.35	2.835×10^{-2}	2.835×10^{-5}
LIBRA	16	1	453.6	0.4536	4.536×10^{-4}
GRAMO	3.52×10^{-2}	2.2×10^{-3}	1	10^{-3}	10^{-6}
KILOGRAMO	35.27	2.2	10^{3}	1	10^{-3}
TONELADA	3.53×10^{4}	2.2×10^{3}	10^{6}	10^{3}	1

TABLA 2-I. OTRAS UNIDADES.

UNIDADES LINEALES		UNIDADES DE SUPERFICIE		UNIDADES DE VOLUMEN	
	m.		m.2		m.3
Pulgada	2.54×10^{-2}	Pulgada2	6.45×10^{-4}	Pulgada3	1.639×10^{-5}
Pie	3.05×10^{-1}	Pie2	9.29×10^{-2}	Pie3	2.832×10^{-2}
Yarda	9.14×10^{-1}	Yarda2	8.36×10^{-1}	Yarda3	7.646×10^{-1}

234

Entre unidades de capacidad o volumen tenemos:

Galón = 3.78 litros. 3.781 litros
Bushel = 35.24 litros.

Un litro corresponde a un volumen de 1000 cm^3

2-6 FACTOR DE CONVERSIÓN.

El Factor Conversión es una expresión que como su nombre lo indica (factor) se va a multiplicar una cantidad dada, con sus respectivas unidades y se va a transformar en su equivalente en otras unidades de medida establablecidas en dicho factor.

En cualquier equivalencia de unidades de medida se pueden obtener dos factores de conversión. Por ejemplo, 1 metro es igual a 1000 mm (10^3mm).

Estableciendo la igualdad tenemos:

$$1 \text{ m} = 1000 \text{ m}$$

1o.- En el lado izquierdo de la igualdad tenemos las unidades "metros" que esta multiplicando al 1. Por lo tanto, lo pasamos al lado derecho de la igualdad, pero cumpliendo con su regla matemática, es decir, pasa dividiendo.

La expresión nos quedaría: 60 2-2 submúltiplos

$$1 = 1000 \frac{\text{m m}}{\text{m}}$$

$$1 = 10^3 \frac{\text{m m}}{\text{m}}$$

Por lo tanto, el factor de conversión de metros a milímetros sería:

$\boxed{1000 \frac{\text{m m}}{\text{m}}}$ (Léase: Mil milímetros por metro.

1.639 X10-5 2200 2.2 0.0022

0.00001639

2o. Si deseamos el factor de conversión del milímetro a metros, entonces de la misma igualdad.

$$1 \text{ m} = 1000 \text{ m m.}$$

Cambiamos al lado izquierdo la expresión 1000 m m, cumpliendo con su regla matemática y quedaría:

$$\frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ m m}} = 1$$

Por lo tanto el factor de conversión, analizando operación será:

$\boxed{\frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ m m}}}$ (Léase: 1 metro por cada 1000 m m)

ó

$\boxed{0.001 \text{ m/ mm}}$ (Léase: 1 milésima de metro por cada m m)

ó

$\boxed{10^{-3} \text{m/ mm}}$ (Léase: 10^{-3} metros por cada m m)

EJEMPLO.
Obtener el factor de la conversión de Kilómetros a metros:

$1 \text{ Km} = 10^3 \text{ m}$

$1 = 10^3 \text{ m/Km}$

$\boxed{10^3 \text{ m/Km}}$

EJEMPLO.
Obtener el factor de conversión de metros a kilómetros (resolver).

$1 = \frac{1 km}{10^3 m}$

1 km/m

EJEMPLO.
Obtener el factor de conversión de pulgadas a centímetros.

1 pulg = 2.54 cm

1 = 2.54 cm/pulg.

$\boxed{2.54 \text{ cm/pulg}}$

EJEMPLO.
Obtener el factor de la conversión de centímetros a pulgadas. (resolver).

2.54cm 1 pulg

2.54 = 1 pulg/cm

1 pulg/cm

$1 = \frac{1 pulgada}{2.54 cm}$

EJEMPLO.
Obtener el factor de conversión de centímetros a pies.

30.48 cm = 1 pie

$$1 = \frac{1 \text{ pie}}{30.48 \text{ cm}}$$

$\boxed{\text{pie/ 30.48 cm}}$

EJEMPLO.
Obtener el factor de conversión de pies a centímetros. (resolver)

$1 = \frac{30.48 cm}{1 pie}$

30.48 / pie

Hacerlo inmediatamente.

1.- Obtener los factores de conversión de los siguientes casos:

a) Pulgadas a metros
b) Millas a kilómetros.
c) Onzas a kilogramos.
d) Horas a segundos. 60 seg / 1 hora
e) Segundos a minutos. 1 h / seg
f) Galones a litros. 1 G / 3.78 lt
g) Minutos a horas. $1 = \frac{1 hora}{60 minutos}$
h) Pies a metros. 1 pie 1.3048
i) Libras a kilogramos. 1 lba / .4536 kg
j) Gramos a kilogramos. 1 g / 10^3

1 hora = 60 seg

$\frac{1}{60 seg}$

60 = 1 hora

60 = 1 hora/minutos

$1 = \frac{1 hora}{60 minutos}$

$\frac{60 M}{60 M}$ $\frac{1 hor}{1 hora}$

60M = 1 hora

60 = 1 hora

$1 = \frac{60 M}{1 hora}$

$\frac{1 h}{60 m}$

2-7 CONVERSIÓN DE UNIDADES.

Se puede hacer la conversión de cualquier medición en un sistema de unidades a otro (M.K.S. a inglés, c.g.s a - - M.K.S., inglés a c.g.s. etc.), también puede ser una unidad múltiplo o viceversa o cualquiera de ellas a la unidad patrón, pero debe tenerse la precaución de considerar que deben ser de la misma medición fundamental, es decir *no podemos* hacer conversión de unidades *de longitud* a unidades de *Masa*, de uni dades de *masa* a unidades de *tiempo*, de unidades de *tiempo* a unidades de *longitud, etc.*

Para convertir una medición en cierto tipo de unidades a otro tipo de unidades, debemos manejar el *factor de conversión* correspondiente.

EJEMPLO.
Convertir 3.6 Km. a metros

$3.6 \text{ Km} \times \boxed{1000 \text{ m/Km}}$

$3.6 \cancel{\text{Km}} \times \boxed{1000 \text{ m/}\cancel{\text{Km}}}$

$3.6 \text{ Km} = 3600 \text{ m}$

EJEMPLO.
Convertir 4800 m a Km.

EJEMPLO.
Convertir 15 onzas a Kg.

$15 \text{ onzas} \times \boxed{2.835 \times 10^{-2} \text{ Kg/onzas}}$

$15 \cancel{\text{onzas}} \times \boxed{2.835 \times 10^{-2} \text{ Kg/}\cancel{\text{onzas}}}$

$42.525 \times 10^{-2} \text{Kg}$

$4.2525 \times 10^{-1} \text{ Kg.}$

$15 \text{ onzas} = 0.42525 \text{ Kg.}$

EJEMPLO.
Convertir 300 g. a onzas.

EJEMPLO.
Convertir 25 Kg a gramos.

$25 \text{ Kg} \times \boxed{1000 \text{ g/kg}}$

$25 \cancel{\text{Kg}} \times \boxed{1000 \text{ g/}\cancel{\text{Kg}}}$

25000 g.

$25 \text{ Kg} = 25000 \text{ g.}$

EJEMPLO.
Convertir 27000 g a Kg.

27kg/g

NOTA:

Aunque te parezca demasiado obvio y sencillo, deberas de practicar, ya que si te acostumbras, se te hará más fácil en capítulos posteriores cuando trabajemos con unidades derivadas.

2-8 ÁREA Y VOLUMEN DE FIGURAS Y CUERPOS REGULARES.

Sabiendo como medir una longitud, se miden las dimensiones de figuras y cuerpos regulares y podemos calcular el área o volumen de ellas, basándonos en las siguientes fórmulas (ecuaciones).

ÁREAS.	
Cuadrado	$A = \ell^2$
Rectángulo	$A = a \times b$
Trapezoide	$A = \frac{a + b}{2} h$
Triángulo	$A = \frac{a \times h}{2}$
Círculo	$A = \frac{\pi d^2}{4} = \pi r^2$
VOLUMEN.	
Cubo	$V = \ell^3$
Prisma rectangular	$V = a \times b \times c$
Piramide	$V = \frac{A \times h}{3}$
Cilindro	$V = \frac{\pi d^2 \times h}{4} = \pi r^2 h$
Cono	$V = \frac{\pi r^2 h}{3}$
Esfera	$V = 4/3 (\pi r^3)$

$25\text{kg} \quad \frac{1000}{1\text{kg}} \quad \boxed{\frac{25000}{25}} \quad \boxed{\frac{27\text{k}}{27000\text{g}}}$

2-9 UNIDADES DERIVADAS Y ESPECIALES.

En la definición de diversas magnitudes físicas, se expresan sus valores en función de las magnitudes fundamentales en que se pueden medir; por ejemplo la velocidad puede definirse en función de la longitud y del tiempo. Así para expresar una velocidad determinada basta saber como se miden esas dos magnitudes. En forma semejante, para medir la cantidad de movimiento solo hay que multiplicar la masa por su velocidad. Para representar la cantidad de movimiento como cantidad física, es suficiente saber como se mide la masa y la velocidad.

EJEMPLOS de unidades derivadas.

a) Velocidad ===> m/seg, cm/seg, pies/seg.
b) Cantidad de movimiento ===> g cm/seg, Kg m/seg.
c) Presión ===> Kg/cm^2, N/cm^2
d) Fuerza ===> $Kg\ m/seg^2$, $g\ cm/seg^2$

Las unidades *especiales*, se pueden definir como aquellas que apliquemos en nuestra materia, pero que *no* se pueden expresar en función de las fundamentales. Ejemplos, Litros, galones, $ (pesos), etc.

2-10 NOTACIÓN CIENTÍFICA.

Los científicos realizan medidas en las que intervienen datos cuantitativos que van desde lo astronómicamente grande (observa la introducción de esta unidad), hasta lo infinitamente pequeño (masa de un electrón). Para facilitar el registro y manipulación de estos datos, los números se expresan en una forma especial llamada *Notación Científica o Notación Abreviada.*

La notación científica o notación abreviada emplea un número igual o mayor que 1 y menor que 10, junto con una potencia base 10, como se describe enseguida:

$$A \times 10^n$$

donde $1 \leq A < 10$

y **n** es la potencia a la que está elevada la base 10, y debe ser un entero. Cuando $n > 0$ (es decir n, es positivo), $A \times 10^n$ es un número mayor o igual que uno.

Ejemplo.

1o.- Escribir 88800000000

A = 8.88

ya que 8.88 será en la expresión, el único número mayor que 1 y menor que 10

2o.- Obtener el valor de n.

$$\underbrace{8}_{10}\,\underbrace{8}_{9}\,8\ \underbrace{0}_{8}\underbrace{0}_{7}\underbrace{0}_{6}\underbrace{0}_{5}\underbrace{0}_{4}\underbrace{0}_{3}\underbrace{0}_{2}\underbrace{0}_{1}$$

Al establecer que **A = 8.88** quiere decir, que cambiamos el punto decimal, ya que, en la expresión original al punto decimal está en el último cero. Por lo tanto "**n**" es igual a 10 y nuestro resultado será:

4.x6-10 x10

$$8.88 \times 10^{10}$$

EJEMPLO.
Escribir 965000 en notación científica.

$$9\,\underbrace{6}_{5}\underbrace{5}_{4}\underbrace{0}_{3}\underbrace{0}_{2}\underbrace{0}_{1}$$

A = 9.65 $1 < 9.65 < 10$
n = 5 Se movió el punto 5 lugares hacia la izquierda.

Por lo tanto,
$965000 = 9.65 \times 10^5$

EJEMPLO. (Resolver).
Escribir 67300 en notación científica.

6 7300

A = 6.73
n =

67300 = 6.73×10^4

EJEMPLO.
Escribir 6.00 en notación científica.

6.00 A = 6 <1 6 <10

n = 0 No se movió el punto decimal.

$6.00 = 6 \times 10^{0}$

EJEMPLO. (Resolver).
Escribir 370 en notación científica.

A = 370

n = 2

$370 = 3.7 \times 10^{2}$

Cuando **n < 0** (n es negativa), **$A \times 10^{-n}$** es un número menor que 1, pero mayor que 0

EJEMPLO.
Escribir 0.820 en notación científica.

0.820 A = 8.2

1 <8.2 <10

Se movió el punto un lugar a la derecha. n = - 1

$0.820 = 8.2 \times 10^{-1}$

EJEMPLO. (Resolver).
Escribir 0.082 en notación científica.

A = 8.2

n = -1

$0.082 = 8.2 \times 10^{-1}$

EJEMPLO.
0.0000999 en notación científica.

A= 9.99 1 <9.99 <10

n = - 5 5 lugares a la derecha

$0.00009999 = 9.99 \times 10^{-5}$

EJEMPLO. (Resolver).
0.000437 en notación científica.

A = 4.37

n = -4 4 lugares a la derecha

$0.000437 = 4.37 \times 10^{-4}$

EJEMPLO.
0.000000001 en notación científica.

A = 1 1 = 1 < 10

n = -9

$0.000000001 = 1 \times 10^{-9}$

EJEMPLO. (Resolver).
0.00000683 en notación científica.

A = 6.83

n = -6 6 lugares a la derecha

$0.00000683 = 6.83 \times 10^{-6}$

* Para convertir un número en notación científica a su forma normal, es fácil desarrollando la forma inversa a lo anterior. Solo debemos correr el punto decimal la cantidad de lugares que establezca el valor de "n". Veamos el siguiente caso:

Escribir 3.45×10^{6} en notación normal.

El punto decimal se correrá 6 lugares hacia la derecha (n es positivo) y si queda espacio se llenaran con ceros:

$$3\,\underbrace{4}_{1}\,\underbrace{5}_{2}\,\underbrace{0}_{3}\,\underbrace{0}_{4}\,\underbrace{0}_{5}\,\underbrace{0}_{6}$$

3 4 5 0 0 0 0

por lo tanto $3.45 \times 10^{6} = 3450000$

EJEMPLO.
6.86×10^{-4} en notación normal.

$$0.\underbrace{0}_{4}\,\underbrace{0}_{3}\,\underbrace{0}_{2}\,\underbrace{6}_{1}\,8\,6$$

Los espacios se complementan con ceros y se coloca el punto decimal.

$6.86 \times 10^{-4} = 0.000686$

EJEMPLO.
3.93×10^{-6} en notación normal.

0.00000393

$3.93 \times 10^{-6} = 0.00000393$

2-11 MULTIPLICACIÓN CON NOTACIÓN CIENTÍFICA.

Para multiplicar dos o más números en notación científica, debemos de recordar una de las leyes de los exponentes.

Cuando se multiplican dos o más términos en forma exponencial y con la misma base, se suman los exponentes y se deja la misma base.

$$a^{4} \times a^{7} = A^{4+7}$$
$$= a^{11}$$

Lo mismo sucede si manejamos la base 10

$$10^4 \times 10^3 = 10^{4+3}$$
$$= 10^7$$

EJEMPLO.

$10^8 \times 10^{-3} = 10^{8+(-3)}$
$= 10^{8-3}$
$= 10^5$

EJEMPLO. (Resolver).

$10^3 \times 10^{-6} = 10^{3+(-6)}$
$= 10^{3-6}$
$= 10^{-3}$

Pero la mayoría de los números en notación científica lleva un coeficiente y también hay que seguir sus reglas

$2\,a^4 \times 3\,a^5 = 2 \times 3 \times a^4 \times a^5$ (Ley conmutativa)
$= (2 \times 3)\,(a^4 \times a^5)$ (Ley asociativa).
$= 6 \times 10^{4+5}$
$= 6 \times 10^9$

EJEMPLO.

$(3\times10^4) \times (2\times10^{-6})$
$= (3\times2)\,(10^4 \times 10^{-6})$
$= 6 \times (10^{4-6})$
$= 6 \times 10^{-2}$

EJEMPLO. (Resolver).

$(4\times10^8) \times (1.5\times10^{-2})$
$= (4\times1.5)\times(10^8\times10^{-2})$
$= 6\times(10^{8-2})$
$= 6\times10^6$

EJEMPLO.

$5 \times 10^4 \times 7 \times 10^8 \times 6 \times 10^{-5}$
$= (5\times7\times6)\,(10^{4+8+(-5)})$
$= 210 \times 10^{4+8-5}$
$= 210 \times 10^7$
$= 2.1 \times 10^9$

EJEMPLO.

$8.3\times10^5\times6.2\times10^3\times5\times10^{-3}$
$= (8.3\times6.2\times5)\times10^{5+3+(-3)}$
$= 257.3\times10^{5+3-3}$
$= 257.3\times10^5$
$= 2.573\times10^7$

2-12 DIVISIÓN CON NOTACIÓN CIENTÍFICA.

Para dividir dos números con notación científica, nos basaremos también en las leyes de los exponentes.

Cuando se dividen dos términos en forma exponencial y con la misma base, se restan los exponentes (al exponente del numerador se le resta el exponente del denominador).

$$\frac{a^6}{a^2} = a^{6-2}$$
$$= a^4$$

Lo mismo sucede si manejamos la base 10

$$\frac{10^4}{10^5} = 10^{4-5}$$
$$= 10^{-1}$$

Esto nos conduce a una simplificación; la base 10 y su exponente que está en el denominador se puede colocar en el numerador (cuidado: solo la base 10 con el exponente, no así el coeficiente), sólo cambiando el signo del exponenete de dicha base.

EJEMPLO.

$\frac{5 \times 10^4}{2 \times 10^2} = \frac{5}{2} \times 10^4 \times 10^{-2}$
$= 2.5 \times 10^4 \times 10^{-2}$
$= 2.5 \times 10^{4-2}$
$= 2.5 \times 10^2$

EJEMPLO.

$\frac{8.2\times10^6}{3.6\times10^{-5}} = \frac{8.2}{3.6}\times10^6\times10^{-5}$
$= 2\times10^6\times10^5$
$= 2\times10^{6-5}$
$= 2\times10^1$
$= 2\times10$

EJEMPLO.

$\frac{3\times10^8\times6\times10^{-5}}{2\times10^3\times3\times10^{-7}}$
$= \left(\frac{3\times6}{2\times3}\right)(10^8\times10^{-5}\times10^{-3}\times10^{+7})$
$= 3 \times 10^{8+(-5)+(-3)+7}$
$= 3 \times 10^7$

EJEMPLO.

$$\frac{4.9x10^{7} \; x \; 3.6x10^{-4}}{7.x10^{-4} \; x \; 6 \; x10^{3}} =$$

$$= \frac{4.9 X 3.6}{7 \; X 6} \; 10^{7-4+4-3}$$

$$= 42 X 10^{4}$$

$$= .42 X 10^{4}$$

2-13 SUMA Y RESTA CON NOTACIÓN CIENTÍFICA.

Para sumar o restar dos o más números en notación --- científica, es requisito indispensable que la base de cada uno de ellos esten elevados a la misma potencia.

EJEMPLO.

$$2x10^{3} + 3x10^{3} = 2000 + 3000$$
$$= 5000$$
$$= 5x10^{3}$$

Deducimos entonces que al tener los números con base elevada a la misma potencia, basta con sumar los coeficien-- tes, y dejar la basa elevada a la misma potencia.

El ejemplo anterior se resolvería de la siguiente ma- nera:

$$(2x10^{3}) + (3x10^{3}) = (2+3)(10^{3})$$
$$= 5x10^{3}$$

En forma general, podemos expresarlo algrebraicamente de la siguiente manera:

$$(Ax10^{b}) + (Bx10^{b}) + (Cx10^{b})$$
$$= (A + B + C) \; x \; 10^{b}$$

Para la resta con notación científica también se cum- ple la misma regla:

$$(Ax10^{b}) - (Bx10^{b}) - (Cx10^{b})$$
$$= (A - B - C) \; 10^{b}$$

EJEMPLOS.

1) $6x10^{2} + 5x10^{4}$
$= (0.06x10^{4}) + (5x10^{4})$
$= (5 + 0.06) \; x10^{4}$
$= 5.06 \; x \; 10^{4}$

2) $(2x10^{-2}) + (3x10^{-3})$
$= (2x10^{-2}) + (0.3x10^{-2})$
$= (2+0.3) \; x \; 10^{-2}$
$= 2.3 \; x \; 10^{-2}$

3) $3x10^{-2} - 5x10^{-3}$
$= (3x10^{-2}) - (0.5x10^{-2})$
$= (3-0.5) \; x10^{-2}$
$= 2.5x10^{-2}$

4) $4x10^{3} - 3x10^{2}$
$= (4x10^{3}) - (0.3x10^{3})$
$= (4-0.3) \; x10^{3}$
$= 3.7x10^{3}$

NOTA:

Podemos observar en estos ejemplos que para poder ex- presar el resultado final en la forma general : $A \times 10^{n}$ donde $1 \leq A < 10$, se procura que todas las cantidades que se van a sumar y/o a restar su base debe estar elevada a la potencia mayor. En el primer ejemplo todos están en 10^{4} y en el se-- gundo y tercer ejemplo todos los números en 10^{-2} ya que el nú mero -2 es mayor que -3.

Resolver inmediatamente:

a) $(2x10^{3}) + (4x10^{4})$ b) $0.06x10^{-3} + 3x10^{-4}$

c) $5.7x10^{6} - 4.3x10^{5}$ d) $8x10^{-5} - 3x10^{-6}$

e) $2x10^{-4} + 4x10^{-5} + 6x10^{-6}$

2-14 SOLUCIÓN DE ECUACIONES LINEALES.

Es muy común, que al resolver algún problema de físi- ca sea necesario despejar cierta incógnita de una fórmula, re presentación algebraica ó ecuación que exprese a un determi- nadó concepto ó Ley. Es por eso, muy necesario que adquieras una habilidad para despejar incógnitas principalmente en ecuaciones lineales.

Primeramente, definiremos lo que es una ecuación, fórmula o representación algebraica. (Estos términos los utilizaremos para expresar exactamente la misma).

Primeramente estableceremos que una *igualdad* esta formada por dos expresiones separadas por el signo de (=), donde éste indica que dichas expresiones representan el mismo número. Llamaremos primero miembro a la expresión que está a la izquieda del signo (=) y segundo miembo a la expresión que está a la derecha.

$$\underbrace{5x + 3}_{\text{1er.miembro.}} = \underbrace{y + 2}_{\text{2o.miembro}}$$

Las igualdades donde aparece uno o más variables se clasifican en *Identidades y Ecuaciones.*

Una Identidad es una igualdad que se cumple para todos los valores de la variable.

Ejemplo: $8y = 5y + 3y$

Si sustituimos la variable por algunos valores tenemos:

$y = 0$	$8(0) = 5(0) + 3(0)$ $0 = 0$	$y = 2$	$8(2) = 5(2) + 3(2)$ $16 = 10 + 6$
$y = (-1)$	$8(-1) = 5(-1) + 3(-1)$ $-8 = -5 - 3$	$y = 5$	$8(5) = 5(5) + 3(5)$ $40 = 25 + 15$

Una ecuación es una igualdad que solo se cumple para alguno o algunos valores de la variable.

La variable que interviene en una ecuación recibe el nombre de incógnita.

Las ecuaciones se clasifican según el grado que tienen:

a) $z + 3 = 5$ ——— > 1er. Grado.

b) $z^2 +$ [illegible] $= 12$ ——— > 2do. Grado.

c) $m^3 + 2m = 18$ ——— > 3er. Grado.

d) $7ps = 25$ ——— > 2do. Grado.

Para poder manejar las ecuaciones, requerimos de algunas herramientas, propiedades de la igualdad.

Reflexiva. $a = a$

Simétrica. Si $a=b$, entonces $b=a$

Transitiva. Si $a=b$ y $b=c$, entonces $a=c$

Aditiva de la Igualdad. Si $a=b$, entonces $a+c=b+c$

Multiplicativa de la Igualdad. Si $a=b$, entonces $ac = bc$

Inverso Aditivo: Todo número racional sumado con su inverso aditivo u opuesto es igual a 0.

Elemento Neutro de la Adición: Todo número racional sumado con el elemento neutro (cero) nos da el mismo número.

Inverso o Multiplicativo: Todo número racional diferente de cero, multiplicado por su recíproco o inverso multiplicativo es igual a 1.

Elemento Neutro de la Multiplicación: Todo número racional multiplicado por el elemento neutro multiplicativo (1) es igual a si mismo.

Veamos algunos casos más usuales en nuestra materia:

1o. Ecuaciones que se resuelven: *empleando la propiedad aditiva de la igualdad.*

$$\bar{v} = v_\circ + v$$

$v_\circ + v = \bar{v}$	Simétrica.
$v_\circ + (-V_\circ) + v = \bar{v} + (-v_\circ)$	Aditiva de la igualdad.
$\boxed{v_\circ + (-v_\circ)} + v = \bar{v} + (-v_\circ)$	Asociativa.
$0 + v = \bar{v} + (-v_\circ)$	Inverso Aditivo.
$v = \bar{v} + (-v_\circ)$	Elemento Neutro de la Adición.
$v = \bar{v} - v_\circ$	Def. de Adición.

Con esta demostración, tenemos la conclusión 1o. Lo que está sumando en un miembro de la ecuación pasa restando al otro miembro de la ecuación y lo que está restando pasa sumando.

2o.- Ecuaciones que se resuelven: *Empleando la propiedad multiplicativa de la igualdad.*

$$F = ma$$

$ma = F$	**Simétrica**
$ma\left(\frac{1}{m}\right) = F\left(\frac{1}{m}\right)$	**Multiplicativa.**
$m\left(\frac{1}{m}\right) a = F\left(\frac{1}{m}\right)$	Conmutativa.
$1.a = F\left(\frac{1}{m}\right)$	Inverso Multiplicativo.
$a = F\left(\frac{1}{m}\right)$	Elemento Neutro de la Multiplicación.
$a = \frac{F}{m}$	Def. de la Multiplicación.

$$P = \frac{F}{A}$$

$$\frac{F}{A} = P$$

$$\frac{F}{A}(A) = P\ (A)$$

$$\left(\frac{A}{A}\right) F = P\ (A)$$

$$1.F = P\ (A)$$

$$F = P\ (A)$$

$$F = PA$$

Conclusión: "Si un elemento está multiplicando en un miembro de la ecuación pasa dividiendo al otro, o si está dividiendo pasa al otro multiplicando"

3o.- Ecuaciones que se resuelven empleando las propiedades aditivas y multiplicativa de la igualdad.

$$v = v_\circ + at$$

$v_\circ + at = v$	Simétrica.
$v_\circ + at + (-v_\circ) = v + (-v_\circ)$	Aditiva.
$v_\circ + (-v_\circ) + at = v + (-v_\circ)$	Conmutativa.
$\boxed{v_\circ + (-v_\circ)} + at = v + (-v_\circ)$	Asociativa.
$0 + at = v + (-v_\circ)$	Inverso Aditivo.
$at = v + (-v_\circ)$	Elemento Neutro de la Adición.
$at = (v - v_\circ)$	Definición de Adición.
$at\left(\frac{1}{t}\right) = (v - v_\circ)\left(\frac{1}{t}\right)$	Multiplicativa.
$t\left(\frac{1}{t}\right) a = (v - v_\circ)\left(\frac{1}{t}\right)$	Conmutativa.
$1.a = (v - v_\circ)\left(\frac{1}{t}\right)$	Inverso Multiplicativo.
$a = (v - v_\circ)\left(\frac{1}{t}\right)$	Elemento Neutro de la Adición.
$a = \frac{v - v_\circ}{t}$	Definición de Multiplicación.

Por las conclusiones anteriores: esto podría hacerse de la forma siguiente.

$$v = v_o + at \qquad a = \frac{v - v_o}{t}$$

$$v_o + at = v \qquad \text{Simétrica.}$$

$$at = v - v_o \qquad \text{Conclusión 1.}$$

$$a = \frac{v - v_o}{t} \qquad \text{Conclusión 2.}$$

En algunas ocasiones se nos presentaran ecuaciones - en las cuales puede haber paréntesis escritos o tácitos y para resolverlas tendremos que eliminarlas, si es necesario, -- efectuando las operaciones necesarias:

Ejemplo:

$$d = \frac{v + v_o}{2}\, t$$

despejar v. $\quad \frac{(v + v_o)}{2}\, t = d \quad$ ó $\quad \frac{v + v_o}{2}\, t = d$

$$\frac{vt + v_o t}{2} = d \qquad (v + v_o)\, t = 2\, d$$

$$vt + v_o t = 2d \qquad v + v_o = \frac{2d}{t}$$

$$vt = 2d - v_o t$$

$$v = \frac{2d - v_o t}{t} \qquad v = \frac{2d}{t} - v_o$$

$$v = \frac{2d}{t} - \frac{v_o \cancel{t}}{\cancel{t}}$$

$$v = \frac{2d}{t} - v_o$$

AUTOEVALUACION.

1.- De la siguiente lista de datos, cuáles son mediciones?.

a) 5 h) 325
b) 12 i) 524 seg.
c) Canicas. j) 1000 centímetros.
d) 18 pesos. k) 24
e) Metros. l) 24 horas.
f) Venados. m) 3.5 Kg.
g) Segundos. n) Gramos.

2.- Las unidades fundamentales de la mecánica son: Longitud , masa , y tiempo.

3.- Las unidades patrón del sistema M.K.S. son: Metro , kg y Seg.

4.- Subraya las unidades que sean patrón del sistema c.g.s.

a) Pulgada. f) Milímetro.
b) Centímetro. g) Segundo.
c) Gramo. h) Pie.
d) Hora. i) Kilogramo.
e) Metro. j) Tonelada.

5.- La unidad patrón masa en el sistema inglés es:

a) Metro. d) Pie.
b) Kilogramo. e) Onza.
c) Yarda. f) Libra.

6.- Son múltiplos del kilogramo:

a) Metro. d) Decigramo.
b) Tonelada. e) Centímetro.
c) Gramo. f) Onza.

7.- Son múltiplos del metro:

a) Kilogramo. e) Kilómetro.
b) Centímetro. f) Milímetro.
c) Día. g) Micra.

11.- El volumen de un tanque que tiene un diámetro de 0.5 m. y una altura de 1.5 m. es de: V=

12.- Si te ofrecen un terreno de 9 m. de frente y 18 m. de fondo y te dicen que son 166.5 m. cuadrados, ?qué diferencia hay con la realidad?.

13.- Si la alberca mencionada en el problema 9 tiene un promedio de 2.2 m. de altura, cuál será el volumen?.

14.- Si deseas construir una alberca circular de 2 m. de diámetro y 1.5 m. de profundidad, Que volumen de tierra debes escavar?

15.- 25 horas equivalen a _______ seg.

16.- Convertir 721,800 seg. a Hrs.

18.- Escribe sobre la línea la equivalencia de la medición dada a la que se te pide.

a) 3 horas._______ seg.
b) 760 seg._______ h
c) 576.5 km._______ m
d) 6857 m._______ km
e) 75 dm._______ m
f) 57 m _______ dm
g) 6380 cm._______ m
h) 1.76 m._______ cm
i) 7.5 kg. _______ g
j) 500 g._______ kg
k) 75 min._______ seg
l) 6.5 ton._______ kg
m) 630 kg._______ ton
n) 15 pulg._______ m
h) 7 pies_______ m
o) 6 yardas _______ m

6500 kg
721,800 seg
720000
72000
10800 seg / 3 h

d) Hectómetro. h) Angstrom.

8.- Son múltiplos del segundo:

a) Milésima de seg. d) Décima de seg.

b) Strong. e) Minuto.

c) Hora. f) Día.

9.- El área de una alberca que mide 6m. de ancho y 11 m. de largo es de: $\Delta = 11 \times 6$

$A = A \times l \quad \Delta = l \times A \quad \Delta = 66 m^2$

10.- El área de un triángulo de 0.5 m. de base 1.5 m. de altura es de: 1.12

$\Delta = b \times h \quad \Delta = 0.5 \times 1.5$

$1.5 \times 0.5 = .75$ ... $.225 m^2$

p) 8 onzas________ m

q) 7 libras ______ kg

r) 60 kg.________ libras

s) 616 h.________ seg

18.- Abrevia, con notación científica los siguientes números.

a) 840000 f) 0.000044

b) 37000000 g) 0.84

c) 3.6 h) 0.0000007

d) 4800 i) 0.000342

e) 4760000

6.0×10^{21}

"HERRAMIENTAS MATEMATICAS"

¿Hubiera podido Arquímedes levantar la Tierra?

Si este gran mecánico de la antiguedad hubiera sabido que es la masa de la tierra, lo más probable es que se hubiera abstenido de hacer su presuntuosa -- exclamación: "Dadme un punto de apoyo y levantaré - la Tierra"

Ya que para mover 1 cm. el peso de la tierra tardaría.

30 000 000 000 000 años

3×10^{13}

La masa de la tierra es:

6,000 000 000 000 000 000 000 toneladas.

6×10^{21}

Como puedes observar, estas cantidades tienen demasiados ceros, se lleva tiempo escribirlos y ocupan mucho espacio. Esto puede reducirse, para ello al terminar esta unidad serás capaz de:

OBJETIVOS.

1.- Transformar un número en notación común a notación científica y viceversa.

2.- Practicar operaciones de suma, resta, multiplicación y división de magnitudes expresadas en - notación científica.

3.- Identificar las funciones trigonométricas de seno, coseno y tangente.

5.844

616

d) Hectómetro. h) Angstrom.

8.- Son múltiplos del segundo:

a) Milèsima de seg. d) Dècima de seg.

b) Strong. e) Minuto.

c) Hora. f) Día.

9.- El área de una alberca que mide 6m. de ancho y 11 m. de largo es de: $\Delta = 11 \times 6$

$\Delta = A \times l$ $\Delta = l \times A$ $\Delta = 66 m^2$

10.- El área de un triángulo de 0.5 m. de base 1.5 m. de altura es de: 1.12

$\Delta = \Delta \times b$ $\Delta = 0.5 \times 1.5$

22.5 m^2

p) 8 onzas_________ m

q) 7 libras _______ kg

r) 60 kg._________ libras

s) 616 h._________ seg

18.- Abrevia, con notación científica los siguientes números.

a) 840000 f) 0.000044

b) 37000000 g) 0.84

c) 3.6 h) 0.0000007

d) 4800 i) 0.000342

e) 4760000

6.0×10^{21}

"HERRAMIENTAS MATEMATICAS"

¿Hubiera podido Arquímedes levantar la Tierra?

Si este gran mecánico de la antiguedad hubiera sabido que es la masa de la tierra, lo más probable es que se hubiera abstenido de hacer su presuntuosa -- exclamación: "Dadme un punto de apoyo y levantaré - la Tierra"

Ya que para mover 1 cm. el peso de la tierra tardaría.

30.000 000 000 000 años

3×10^{13}

La masa de la tierra es:

6,000 000 000 000 000 000 000 toneladas.

6×10^{21}

Como puedes observar, estas cantidades tienen demasiados ceros, se lleva tiempo escribirlos y ocupan mucho espacio. Esto puede reducirse, para ello al terminar esta unidad serás capaz de:

OBJETIVOS.

1.- Transformar un número en notación común a notación científica y viceversa.

2.- Practicar operaciones de suma, resta, multiplicación y división de magnitudes expresadas en - notación científica.

3.- Identificar las funciones trigonométricas de seno. coseno y tangente.

5.844

616

4.- Usar correctamente las tablas trigonométricas.

5.- Utilizar las funciones trigonométricas y el Teorema de Pitágoras en la solución de triángulos rectángulos.

PROCEDIMIENTO.

1.- Lee los puntos 2-9, 2-10 y 2-11 del capítulo II.

2.- Lee todo el capítulo III.

3.- Analiza despacio los ejemplos resueltos.

4.- Resuelve los problemas que estén en las autoevaluaciones de éstos dos capítulos que se relacionan con los objetivos.

PRE-REQUISITO.

Para tener derecho a presentar esta unidad, deberás entregar en hojas tamaño carta, los problemas nones de los capítulos II y III, completamente resueltos.

CAPITULO III

EL TRIANGULO RECTANGULO Y LAS FUNCIONES TRIGONOMETRICAS.

3-1. FUNCIONES TRIGONOMETRICAS.

Sabemos que un triángulo rectángulo es aquel que tiene uno y sólo uno, ángulo recto. Los lados que forman ese ángulo recto se les llama **catetos** y el lado opuesto a dicho ángulo recto se le denomina **hipotenusa**.

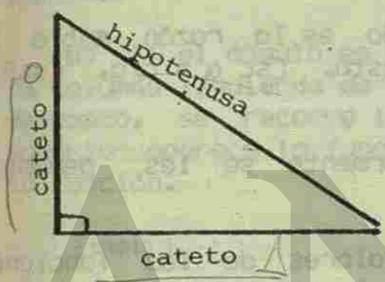


Fig. 1

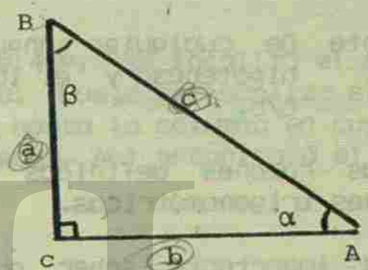


Fig 2.

Ahora vemos cómo se relacionan los lados y ángulo de un triángulo recta'ngulo.

Analizando la Fig. 2, podemos relacionar los lados del triángulo de las siguientes formas:

$$c/a,\ b/c,\ a/b,\ b/a,\ a/c,\ c/a$$

Cada una de estas razones recibe un nombre especial, dependiendo del ángulo al que se está haciendo referencia (α o β en la fig. 2).

Seno (Sen) De cualquier ángulo agudo es la razón entre el lado opuesto (L.O) y la hipotenusa. En la Fig. 2 Sen $\alpha = a/c$, Sen $\beta = b/c$.

Coseno (Cos) De cualquier ángulo agudo es la razón entre el lado adyacente (L.A) y la hipotenusa. En la Fig. 2 Cos α =

b/c, $\cos\beta = a/c$.

Tangente (Tan) — De cualquier ángulo agudo es la razón entre el lado opuesto y el lado adyacente. En la Fig. 2 $\tan \alpha = a/b$, $\tan \beta = b/a$.

Cotangente (Cot) — De cualquier ángulo agudo es la razón entre el aldo adyacente y el aldo opuesto. En la Fig. 2, $\cot = b/a$, $\cot = a/b$.

Secante (Sec) — De cualquier ángulo agudo es la razón entre la hipotenusa y el lado adyacente. $\sec \alpha = c/b$, $\sec\beta = c/a$

Cosecante (Csc) — De cualquier ángulo agudo es la razón entre la hipotenusa y el lado opuesto. $\csc \alpha = c/a$, $\csc\beta = c/b$.

Las razones definidas anteriormente se les denomina **Funciones trigonométricas.**

Es importante saber que los valores de las funciones trigonométricas dependen solamente de la magnitud del ángulo, y son completamente independientes de la magnitud de la longitud de los lados del triángulo rectángulo que lo contienen.

De la misma fig. 2, podemos establecer lo siguiente: la **suma de los cuadrados de los catetos es igual al cuadrado de la hipotenusa.**

$$c^2 = a^2 + b^2$$

A esta expresión se le conoce como **el Teorema de Pitágoras.**

3-2 USO DE LAS TABLAS TRIGONOMETRICAS.

Considerando lo establecido anteriormente, de que el valor de la función trigonométrica depende exclusivamentge del ángulo, se pudierón establecer los valores de estas funciones trigonométricas en una tabla (tablas **trigonométricas**).

Estas tablas trigonométricas nos pueden servir para:

1º Encontrar el valor númeriao de cualquier función, dado el ángulo.

2º Encontrar el ángula, dado el valor númeriao de la función trigonométrica.

Existen algunas tablas que contienen los valores de las funciones de los ángulos comprendidos entre 0º y 90º con intervalos de 10' (10 minutos).

La forma de usar dichas tablas trigonométricas es la siguiente:

a) Si el ángulo es menor de 45º, se localiza el ángula en la columna izquierda de la tabla. Luego se localiza el ángulo desaeado, se recorre la línea hasta la columna en cuya parete superior aparece la función deseada. Ahí encontrará el valor de la función.

Ejemplo 1.

Encontrar el valor de Sen 41º y Cos 41º.

Solución:

Busquemos primero el ángulo de 41º del lado izquierdo de las tablas hasta localizarlo.

Grados	rad.	Sen.	Csc.	Tan.	Cot.	Sec.	Cos.	Rad.	Grados
0º00'									
10'									
20'									
30'									
40'									
50'									
1º00'									
.									
.									
.									
.									
.									
41º00'	.7156	.6561	1.524	.8693	1.150	1.325	.7547	.8552	49º00'
10'	.7185	[.6583]	1.519	.8744	1.144	1.328	.7528	.8523	50'

20'	40'
30'	30'
40'	20'
50'	10'
42°00'	48°00'

De donde Sen de 41°10' = 0.6583 y Cos de 41°10' = 0.7528

b) Si el ángulo es mayor de 45°, se localiza el 'ngulo en la columna derecha. Luego que se localiza el ángulo, se recorre la línea (de derecha a izquierda) hasta la columna en cuya parte inferior aparezca la función deseada. Ahí, donde se intersectan ambas líneas, encontrará el valor númerico de la función.

Ejemplo 2.
Encontrar el valor de Tan. 73°30'.

Solución:

Busquemos en la columna derecha (grados) el ángulo dado (73°30'). Luego, buscamos la función tangente en la parte inferior y donde se crucen estas dos líneas, ahí encontramos el valor de tan 72°30' que es 3.172.

Es importante observar que los ángulos, cuando son mayores de 45°, estan ordenados crecientemente de abajo hacia arriba, por lo que se debe de tener cuidado al localizar los minutos, que se deben leer en la parte superior de la columna de los grados dados y no hacia abajo. Observe que en el ejemplo 2 se hizo esto, es decir, una vez que se localizaron los grados (72) se buscó luego la cantidad de minutos arriba de 72° que en este caso fueron 30'.

Frecuentemente ocurre que en lugar de tener que determinar la tangente de un ángulo dado, sea necesario obtener el ángulo al cual corresponde una función dada.

Cuando el valor decimal dado aparece exactamente en una de las columnas de la función dada, solo necesitamos leer la intersección de las columnas adecuadas, el ángulo que corresponde.

Ejemplo 3.

Si Tan A = 3.412, determinar A.

Solución:

Puesto que Tan A = 3.412, buscamos en las tablas, en la columna que tiene "tan", en la

parte inferior. Entonces leemos a la derecha que A = 73°40'.

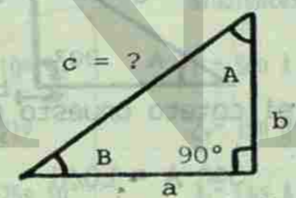
Para un mejor manejo de las tablas hay que ver cómo varían los valores de las funciones trigonométricas con respecto al ángulo. Así podemos observar que, mientras el ángulo crece, el valor númerico de : a) el **seno** crece, b) el **coseno** decrece, c) la **tangente** crece, d) la **cotangente** decrece, e) la **secante** crece y f) la **cosecante** decrece.

Como ya se vió antes, la trigonometría es una herramienta muy útil y se usa para calcular cantidades no mesurables directamente. En esta sección veremos algunas de las tantas aplicaciones que tienen las funciones. Te recomendamos veas y analices los ejemplos que a continuación se exponen para que luego resuelvas tu autoevaluación.

3-3 APLICACION DE LAS TABLAS TRIGONOMETRICAS EN TRIANGULOS RECTANGULOS.

1.- Conociendo el valor de los dos catetos.

Si conocemos los dos catetos y por supuesto, el ángulo rectángulo, tenemos:



Podemos calcular el valor de la hipotenusa por medio del **teorema de Pitágoras**.

$$c^2 = a^2 + b^2$$

Los valores de A y B también se pueden calcular.

Tan A = LO/LA y Tan B = LO/LA

Tan A = a/b Tan B = b/a

Luego, buscando en las tablas, concluimos:

$$A = \tan^{-1} a/b \quad y \quad B = \tan^{-1} b/a$$

Ejemplo 4

De un triángulo rectángulo tenemos que sus lados miden 30 m. y 40 m. Calcular el valor de la hipotenusa y de los ángulos que forman la hipotenusa con cada uno de los catetos.

$c^2 = a^2 + b^2$

$= (30\ m)^2 + (40\ m)^2$

$= 900\ m^2 + 1600\ m^2$

$= 2500\ m^2$

$= 50\ m$

$A = Tan^{-1}\ (30m)/(40\ m)$

$= Tan^{-1}\ (0.75)$

$= 36^\circ\ 50'$

$B = 90^\circ - 36^\circ\ 50'$

$= 53^\circ\ 10'$

$B = Tan^{-1}\ (40\ m)/(30\ m)$

$= Tan^{-1}\ (1.333)$

$= 53^\circ$

2.- Conociendo la hipotenusa y uno de los ángulos.

$a = ?$

$b = ?$

Podemos calcular el cateto opuesto al ángulo por la función

$$Sen\ A = LO/H$$

$$Sen\ A = b/c$$

despejando $b = c \times Sen\ A$

También el cateto adyacente al ángulo dado, por la función coseno.

$$Cos\ A = LA/H$$

$$Cos\ A = a/c$$

despejando $b = c \times Cos\ A$

a y el ángulo faltante: $B = 90^\circ - A$

Ejemplo 5.

Una escalera de 4 m. de largo se apoya contra un muro formando un ángulo de 80° con el suelo. A qué altura del muro está apoyada la escalera? A qué distancia de la pared descansa el pie de la escalera?

Solución:

Considerando que este cuerpo forma un triángulo rectángulo con la pared, tenemos los siguientes datos: $c = 4\ m$, $A = 80^\circ$, $b = ?$, $a = ?$

$b = c \times Sen\ A$

$= 4\ m \times Sen\ 80^\circ$

$= 4\ m \times 0.9848$ (tablas)

$= 39.392\ m$

$a = c \times Cos\ A$

$= 4\ m \times Cos\ 80^\circ$

$= 4\ m \times 0.1736$ (tablas)

$= 0.6944\ m$

$B = 90^\circ - 80^\circ$

$= 10^\circ$

AUTOEVALUACION.

A.- Encuentre los valores númericos de las funciones siguientes.

1.- Sen 30°	11.- Cos 10° 10'
2.- Cos 60°	12.- Tan 21°
3.- Tan 30° 30'	13.- Sen 25° 10'
4.- Sen 45°	14.- Cos 74°
5.- Cos 30°	15.- Tan 84° 20'
6.- Tan 45°	16.- Sen 57°
7.- Sen 33° 20'	17.- Cos 80° 20'
8.- Cos 42° 40'	18.- Tan 67° 40'
9.- Tan 35° 50'	19.- Sen 59° 50'
10.- Sen 24° 30'	20.- Cos 73°

B.- Encontrar el valor del ángulo en los siguientes problemas.

1.- Sen A = 0.1478	11.- Cos B = 0.8572
2.- Tan B = 0.4522	12.- Sen B = 0.2616
3.- Cos A = 0.7880	13.- Tan B = 0.2493
4.- Sen A = 0.8339	14.- Cos A = 0.3934
5.- Cos B = 0.49	15.- Sen A = 0.4094
6.- Tan B = 1.7547	16.- Tan B = 4.773
7.- Sen A = 0.4566	17.- Sen A = 0.500
8.- Cos A = 0.7934	18.- Cos C = 0.500
9.- Tan A = 1.235	19.- Tan C = 1.000
10. Sen A = 0.445	20.- Cos C = 0.866

C.- Aplicar los funciones trigonométricas para resolver los siguientes problemas.

1.- Se quiere saber cuánto mide la altura de una casa, donde una escalera de 4 m llega a la parte superior y el ángulo que forma con el suelo es de 60°.

2.- Calcular el valor de los lados de un rectángulo si una de sus diagonales mide 24 cm y forma con uno de los lados un ángulo de 42°.

3.- Un aeroplano recorre en el aire 15,000 m. siguiendo un ángulo de ascenso constante hasta alcanzar una altura de 1900 m. Calcular el angulo de elevacion.

4.- Un faro, construido al nivel del mar, tiene 180 m de altura. Visto desde su cima, una barca tiene un ángulo de depresión de 24°. Calcular la distancia que existe entre la barca y el pie del faro.

"INTRODUCCIÓN A LOS VECTORES"

Existen algunas mediciones en las cuales es fá - cil manejarlas en sus operaciones aritméticas, ta - les como la masa, la longitud, la temperatura, pero en otras no es posible hacerlo en forma tan senci - lla. Pero al terminar esta unidad serás capaz de:

OBJETIVOS.

1.- Definir cada uno de los términos, conceptos y - principios establecidos en el capítulo IV de és te libro.

2.- Distinguir entre cantidad escalar y cantidad -- vectorial.

3.- Aplicar el método gráfico del triángulo, para - calcular la resultante y la dirección de la re- sultante en la suma y resta de un par de vecto- res.

4.- Aplicar el método gráfico del paralelogramo pa ra calcular magnitud y dirección de la resultan te en la suma y resta de un par de vectores.

5.- Aplicar el método gráfico del polígono, calcu - lando la resultante y su dirección en la suma - de tres o más vectores.

6.- Resolver sumas vectoriales mediante el método - analítico de dos vectores que formen angulos de 90°

C.- Aplicar los funciones trigonométricas para resolver los siguientes problemas.

1.- Se quiere saber cuánto mide la altura de una casa, donde una escalera de 4 m llega a la parte superior y el ángulo que forma con el suelo es de 60°.

2.- Calcular el valor de los lados de un rectángulo si una de sus diagonales mide 24 cm y forma con uno de los lados un ángulo de 42°.

3.- Un aeroplano recorre en el aire 15,000 m. siguiendo un ángulo de ascenso constante hasta alcanzar una altura de 1900 m. Calcular el angulo de elevacion.

4.- Un faro, construido al nivel del mar, tiene 180 m de altura. Visto desde su cima, una barca tiene un ángulo de depresión de 24°. Calcular la distancia que existe entre la barca y el pie del faro.

"INTRODUCCIÓN A LOS VECTORES"

Existen algunas mediciones en las cuales es fácil manejarlas en sus operaciones aritméticas, tales como la masa, la longitud, la temperatura, pero en otras no es posible hacerlo en forma tan sencilla. Pero al terminar esta unidad serás capaz de:

OBJETIVOS.

1.- Definir cada uno de los términos, conceptos y principios establecidos en el capítulo IV de éste libro.

2.- Distinguir entre cantidad escalar y cantidad vectorial.

3.- Aplicar el método gráfico del triángulo, para calcular la resultante y la dirección de la resultante en la suma y resta de un par de vectores.

4.- Aplicar el método gráfico del paralelogramo para calcular magnitud y dirección de la resultante en la suma y resta de un par de vectores.

5.- Aplicar el método gráfico del polígono, calculando la resultante y su dirección en la suma de tres o más vectores.

6.- Resolver sumas vectoriales mediante el método analítico de dos vectores que formen angulos de 90°

PROCEDIMIENTO.

1.- Realiza una lectura general del capítulo para - enterarte del tema.

2.- Una segunda lectura para que subrayes lo más importante.

3.- Escribe un resumen del capítulo.

4.- Analiza despacio los ejemplos resueltos

5.- Tomando como base los ejemplos dados, resuelvelos problemas de la autoevaluación llegando a - los resultados establecidos.

6.- Para esta unidad debes de trabajar con regla - graduada, transportador, juego de escuadras y papel cuadriculado.

7.- Haz un poster con las indicaciones para resolver vectores con los métodos del triángulo, rectángulo y polígono.

PRE-REQUISITO.

Para tener derecho a presentar esta unidad, deberás entregar resueltos, en hojas tamaño carta, -- los problemas del capítulo IV, completamente resueltos.

CAPITULO IV

INTRODUCCION A LOS VECTORES

En loc cursos de física pasados, se habián tomado tanto la velocidad, aceleración, fuerza, etc. como tales, o sea que lo único que nos interesaba era su magnitud (su valor). Este capítulo está relacionado en la vida diaria, con muchos fenómenos que a veces pueden ser explicados fácilmente y otros muy complejos de entenderlos. Empezaremos nuestro curso con una breve explicación de la diferencia que existe entre una cantidad escalar y una cantidad vectorial.

4-1 CANTIDAD ESCALAR

En capítulos posteriores definiremos rapidez, aunque númericamente sea igual a la velocidad, la magnitud de la velocidad será sólo una **cantidad escalar**. Otros ejemplos de lo que es una cantidad escalar son: la masa, una cantidad de personas, de manzanas, el tiempo, etc. Si analizamos estas cantidades escalares, nos daremos cuenta de que únicamente tienen magnitud, o sea, cuánto miden?, cuánto pesan?, qué tanto tiempo?, etc. De allí que la cantidad escalar está definida como una cantidad que sólo tiene magnitud.

4-2 CANTIDAD VECTORIAL.

A diferencia de la cantidad escalr, la cantidad vectorial tiene además de la magnitud, dirección y sentido.

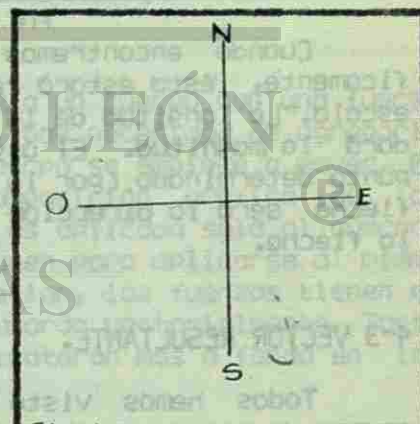


FIG. 1

Por ejemplo: a) en desplazamiento: un avión vuela 600 km. hacia una ciudad que está hacia el norte. b) Velocidad: un automóvil viaja a 70 km/hr hacia el sur. c) Fuerza: una fuerza de 50 kg. actuando sobre un cuerpo en una dirección verticalmente hacia arriba, tal como lo muestra la fig. 1.

Exite una pequeña discrepancia entre la dirección y el sentido de un vector, por ejemplo, en el primer caso, donde se dice que el aeroplano viaja a 600 km. hacia el norte. Todos sabemos que gráficamente el punto cardinal norte se encuentra hacia arriba, tal como lo muestra la fig. 1.

Si se tuviera un plano a escala determinada, entonces podrámos localizar la ciudad a la cual se va desplazar el avión. En este caso la dirección lleva implícito el sentido del desplazamiento; pero existen otros ejemplos en que no se acostumbra expresar la dirección por medio de los puntos cardinales. Por ejemplo: un cuerpo se desplaza con un ángulo de 30o con respecto a un observador situado en la tierra tal y como lo muestra la fig. 2-a. Como se observa, la dirección en este caso no nos dice qué sentido lleva el cuerpo, podemos tener una recta que pase por el origen de la gráfica y a 30o con respecto a la superficie, pero si le ponemos el sentido que lleva dicho desplazamiento, entonces anulamos completamente la otra mitad de la recta, como lo muestra la fig. 2-b.

Fig. 2

Cuando encontremos una cantidad vectorial expresada gráficamente, ésta estará representada por una flecha dibujada a escala. La longitud de la flecha multiplicada por la escala nos dará la **magnitud**. El ángulo que tenga de referencia entre un punto determinado (por lo general es una línea horizontal) y la flecha será la **dirección** y el **sentido** será hacia donde apunte la flecha.

4-3 VECTOR RESULTANTE.

Todos hemos visto un juego que consiste en que dos grupos de personas se estiran unas a otras por medio de una cuerda. Al principio las fuerzas de ambos grupos más o menos

estan balanceadas, pero al cabo de un rato de tironeo, uno de los grupos empieza a ceder y el otro empieza a moverlos en el sentido de aplicación de su fuerza. Analizando despacio este fenómeno, nos auxiliaremos de la fig. 4-a para indicar las fuerzas cuando están balanceadas, la magnitud de F1 y F2 son exactamente iguales.

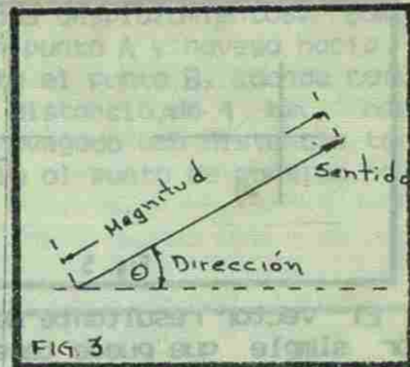


FIG. 3

Cuando el grupo 1 empieza a ceder, la fuerza se estará haciendo más pequeña, ya sea porque aumenta la fuerza 2 o porque permanezca constante y que se reduzca la fuerza uno (F1).

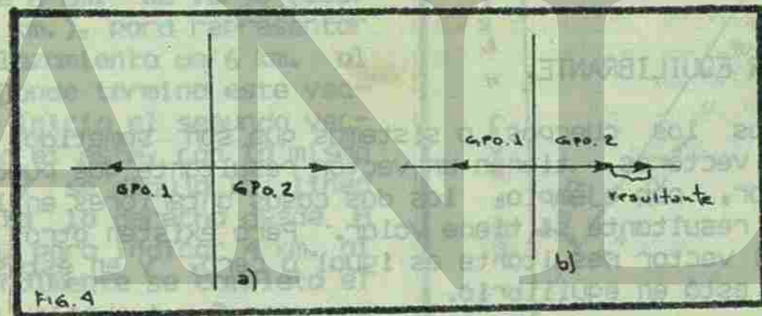


FIG. 4

Otro ejemplo es cuando se empuja un cuerpo con una fuerza determinada y el cuerpo no se mueve, hay necesidad de agregarle otra fuerza adicional para que el cuerpo se empiece a mover. En la fig. 5 está representada la composición gráfica de los sucesos, primero cuando la fuerza es aplicada sola al cuerpo, fig. 5-a y cuando las fuerzas se unen para aplicarse al mismo cuerpo, fig. 5-b. Como se puede apreciar, las fuerzas tienen el mismo sentido, por lo tanto, se sumarán vectorialmente. Tanto la suma como la resta vectorial se tratarán más a fondo en los siguientes puntos.

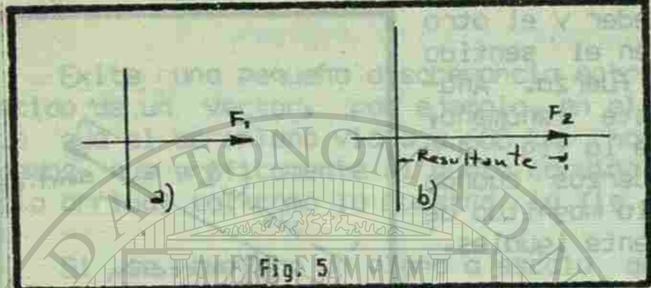


Fig. 5

El vector resultante de un número de vectores, es aquel vector simple que puede tener el mismo efecto que todos los vectores originales juntos. Así, en el primer ejemplo el vector resultante sería la fuerza pequeña que aparece de la resta de los vectores originales, mientras que el vector resultante del segundo ejemplo, es aquel vector que es igual a la suma de los dos vectores.

4-4 VECTOR EQUILIBRANTE.

Todos los cuerpos o sistemas que son sometidos a la acción de vectores, tienen un vector resultante que puede o no tener valor, por ejemplo, los dos casos anteriores en los que el vector resultante sí tiene valor. Pero existen otros casos en que el vector resultante es igual a cero, y en estos casos el cuerpo está en equilibrio.

Cuando se aplican a un cuerpo varios vectores y aparece un vector resultante que es indeseable, nosotros podemos calcular un vecto que vaya en sentido contrario al vector resultante para contrarrestarlo; a este vector contrario se le llama **vector equilibrante.**

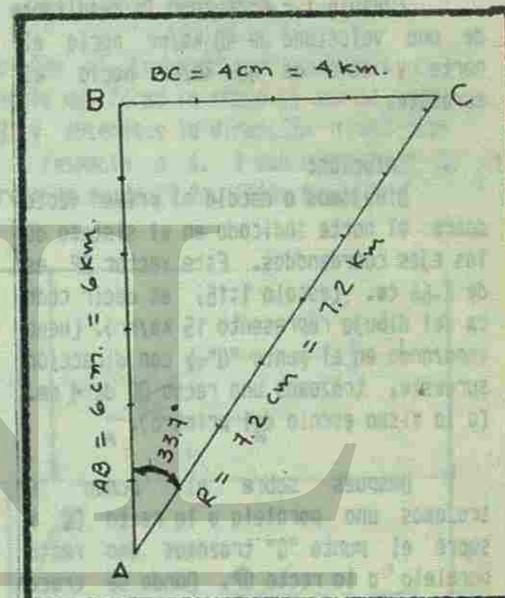
El vector equilibrante de un número de vectores, es aquel vector que puede **balancear** a todos los vectores originales juntos. Es igual en magnitud y dirección a la resultante, pero de sentido contrario.

4-5 SUMA DE VECTORES (METODO DEL TRIANGULO)

En el proceso de la suma de vectores será ilustrado primero por un ejemplo que incluye dos desplazamientos. Supongamos que un barco arrancó desde un punto **A** y navega hacia el norte a una distancia de 6 km. hasta el punto **B**, donde cambia de curso y navega hacia el este una distancia de 4 km., hasta el punto **C**. Aunque el barco haya navegado una distancia total de 10 km., es obvio que la distancia al punto de partida no es esta suma aritmética.

Para encontrar el desplazamiento real, o sea la distancia desde el punto de partida, puede dibujarse a escala un diagrama como el de la fig. 9.

Con una regla graduada en cm. se dibuja una línea vertical AB de 6 cm. de largo (esc: 1 cm : 1 km.), para representar el desplazamiento de 6 km. al norte. Donde termina este vector, se inicia el segundo vector hacia el este, con la misma escala, y se dibuja la línea BC, hacia la derecha desde B con 4 cm. para indicar 4 km. al este. Finalmente se completa el tiángulo uniendo A y C con una flecha apuntando hacia C. La hipotenusa R, mide 7.2 cm. y representa el desplazamiento resultante de 7.2 km.



Vectorialmente, escribimos:

$$AB + BC = AC$$

o sea $\qquad R = a + b$

Usando un transportador, el ángulo medido es de 33.7o con respecto al vector AB.

Este método del triángulo lo podemos usar al sumar o restar cualquier par de vectores, ya sean de velocidad, fuerza, desplazamiento, etc.

4-6 METODO DEL PARALELOGRAMO PARA LA SUMA DE VECTORES.

La resultante de dos vectores, acuando en cualquier ángulo de desfase, puede ser representada por la diagonal de un paralelogramo dibujado con los dos vectores como lados adyacentes, y dirigido desde el origen de los dos vectores.

Ejemplo 1.- Encontrar la resultante de una velocidad de 40 km/hr hacia el norte y otra de 60 km/hr hacia el suroeste.

Solución:
Dibujamos a escala el primer vector sobre el norte indicado en el sistema de los ejes coordenados. Este vector OP es de 2.66 cm. (escala 1:15, es decir cada cm del dibujo representa 15 km/hr). Luego empezando en el punto "O" y con dirección suroeste, trazamos una recta OQ de 4 cm. (a la misma escala del primero).

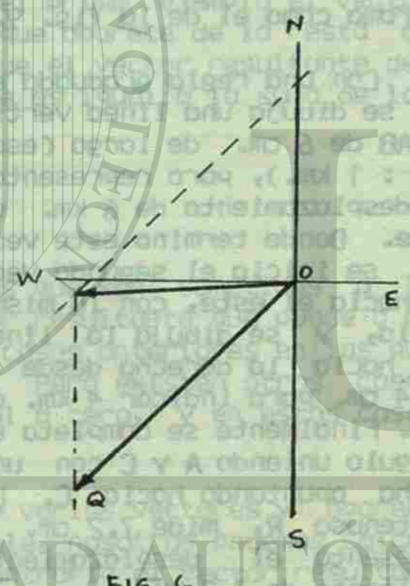


FIG. 6

Después sobre el punto "P" trazamos una paralela a la recta OQ y sobre el punto "Q" trazamos una recta paralela a la recta OP. Donde se crucen las líneas será el punto R. Unimos los punto OR y los medimos usando la misma escala que en los primeros vectores. Para el ejemplo son 2.87 cm., por lo tanto serán 43 km/hr. La dirección será con la punta de la flecha en el punto R.

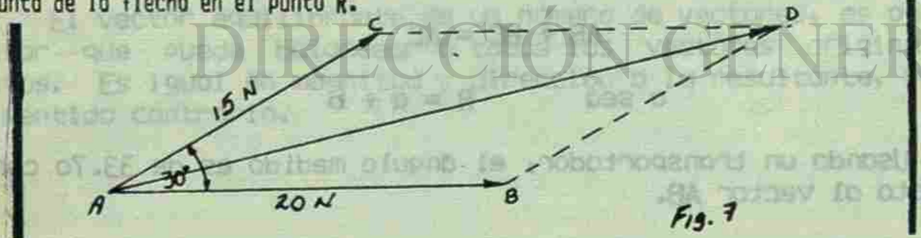


Fig. 7

Ejemplo 2.- Encontrar la resultante de 2 fuerzas desfazadas 30o, si una de ellos tiene una magnitud de 20 N y la otra 15 N.

1o- Trazamos el vector AB a escala (Fig. 8a)

2o- Con un transportador marcamos el ángulo de 30o y empezando en el punto A pasando por la marca de 30o trazamos a la misma escala el vector AC. (fig. 8b).

3o- Trazamos líneas paralelas a los vectores AB y AC partiendo del lugar donde estan las puntas de las flechas de los vectores ya trazados y obtenemos el punto D. (fig. 8c).

4o- Unimos el punto A con el punto D y éste es el vector resultante. Lo medimos con la misma escala y obtenemos su valor de 33.83 N (fig. 8d).

5o- Con el transportador medimos el ángulo que forma la recta AD con la recta AB y obtenemos la dirección 12.8o con respecto a A. Y con respecto a AC la dirección es de 27.2o. (Fig. 8e).

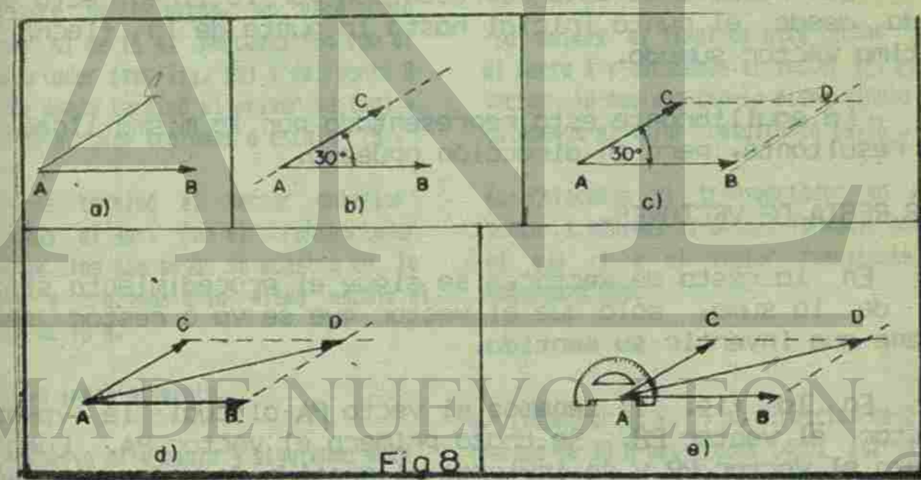


Fig 8

Resuelve inmediatamente.

1.- Calcular la resultante y su dirección de 2 fuerzas. Una de 150 Kg. y la otra de 200 kg. desfazadas 45o. [323.9 kg., 25.9ocon respecto a la de 150 kg. ó 19.1o con respecto a la de 200 kg.]

2.- Calcular la resultante y su dirección de 2 fuerzas. Una de 500 dinas y la otra de 700 dinas desfazadas 120o [624.5 dinas, 76o con respecto a 500 dinas ó 44o con respecto a 700 dinas]

4-7 METODO DEL POLIGONO PARA SUMA DE VECTORES.

Este método para calcular la resultante consiste en empezar en cualquier punto conveniente y dibujar a escala cada vecto en turno, tomándolos en cualquier orden. Cada vector empezará en la punta de la flecha del vector anterior. La línea dibujada para completar el tiángulo o polígono es igual en magnitud a la resultante o equilibrante.

La resultante está representada por la línea recta dirigida desde el punto inicial hasta la punta de la flecha del último vector sumado.

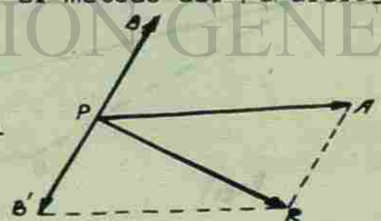
La equilibrante está representada por la misma línea que la resultante, pero en dirección opuesta.

4-8 RESTA DE VECTORES.

En la resta de vectores se sigue el procedimiento similar al de la suma, solo que el vector que se va a restar se le tiene que invertir su sentido.

En la fig. 11 tenemos el vecto PA al cual le vamos a restar el vector PB. Se traza primero el vector PA. Luego se traza el vector PB y se invierte el sentido formando el vector PB'. Ya en estas condiciones podemos seguir con el procedimiento establecido en el método del paralelogramo para la suma de vectores.

FIG 11



Ejemplo 3.- Del sistema de fuerzas mostrado en la fig. 9, obtener la fuerza resultante y su dirección con respecto al eje + Y (0o).

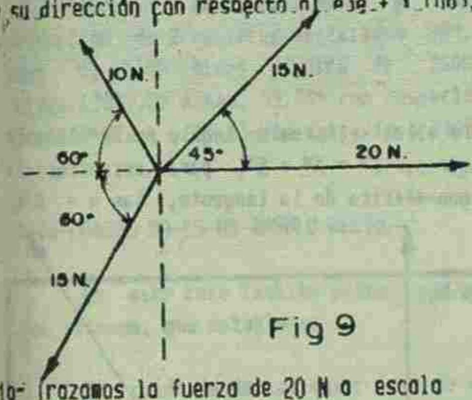


Fig 9

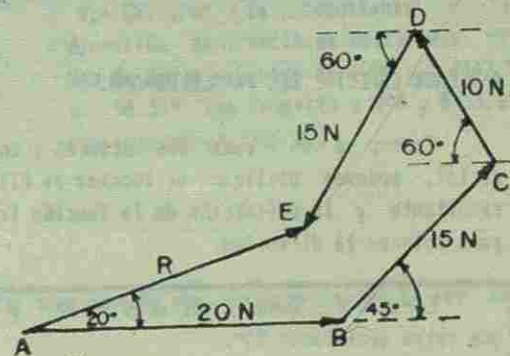


Fig. 10

1o- Trazamos la fuerza de 20 N a escala (puede ser cualquiera). El punto A es el origen.

2o- Donde termina este vector, trazamos cualquiera de los otros, en este caso tomamos el de 15 N, marcamos 45o con el transportador (ver fig. 10) y del punto B que fue donde terminó el primer vector) y el punto marcado trazamos a escala 15 .

3o- Donde terminó el vector anterior empezamos el 3er. Con el transportador marcamos los 60o según se muestra en la figura y trazamos a la misma escala el vector de 10 N.

4o- El 4o vector lo empezamos en el final del anterior y con el transportador marcamos la dirección. Ver el vector DE de la fig. 10.

5o- Unimos el final de este vector con el punto A y obtenemos el vector AE. Este vector lo medimos con la misma escala y obtenemos el valor resultante 19.16 .

6o- Colocando el transportador en el punto A medimos el ángulo formado entre el eje +X y el vector resultante y obtenemos 20o.

Resuelve inmediatamente.

3.- Resuelve el ejemplo 3 siguiendo este orden: 1o el vector de 10 N, 2o el de 15 N a 45o, 3o el de 15 N a 240o y por último el de 20 N.

4.- Encontrar la R. y su dirección de 2 fuerzas de 70 N desfazadas 145o. [42 N, 72.5o].

5.- Calcular la R. y dirección de 45 km/hr a 45o del este y 80 km/hr a 100o del este.[112.2 km/hr a 81o]

4-9 CASO ESPECIAL DEL PARALELOGRAMO.

Cuando se van a sumar dos vectores y entre ellos se forma un ángulo de 90° (ángulo recto), podemos utilizar el teorema de Pitágoras, $C^2 = A^2 + B^2$, para encontrar la resultante y la definición de la función trigonométrica de la tangente, $\tan A = B/A$, para obtener la dirección.

Ejemplo 4.- Sumar 2 vectores 50 kg. y 80 kg. que estan desfazados 90°.

Solución:

1°.- Usando el teorema de Pitágoras, calculamos el valor de la resultante.

$$C^2 = A^2 + B^2$$
$$= (80\ N)^2 + (50\ N)^2$$
$$= 6400\ N^2$$
$$= 8900\ N^2$$
$$C = 93.34\ N$$

2°.- Usando la definición de la Tan:

$$\tan \theta = C.O./C.A.$$
$$= B/A$$
$$= 80\ N/50\ N$$
$$= 1.6$$
$$\tan^{-1} = 58°$$

Por lo tanto, la dirección es de 58° con respecto al vector de 50 N ó 32° respecto al de 80N.

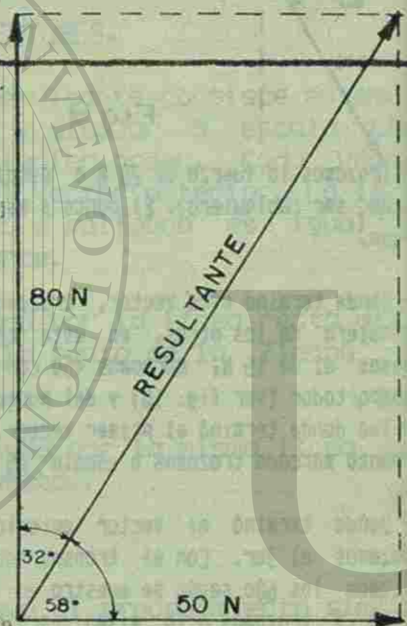


Fig 12

x60
6/360

Resuelve inmediatamente.

8.- Calcular la resultante y su dirección de 2 vectores desfazados 90°. Uno de 1600 dinas y otro de 2600 dinas.[3052.87 dinas, 59.39° con respecto a 1600 dinas ó 31.61 con respecto a 2600 dinas]

9.- Calcular la resultante y su dirección de 2 vectores desfazados 90°. Uno de 800 m. y otro de 1200 m. [1442.22 m. 56.31° con respecto a 800 m ó 33.69° con respecto a 1200 m.]

4-10 CUANDO NO ES UN ANGULO RECTO.

En este caso también podemos calcular una suma de dos vectores usando la ley de los cosenos, que establece:

El cuadrado de cualquier lado de un triángulo es igual a la suma de los cuadrados de los otros dos lados, menos su doble producto multiplicado por el coseno del ángulo comprendido.

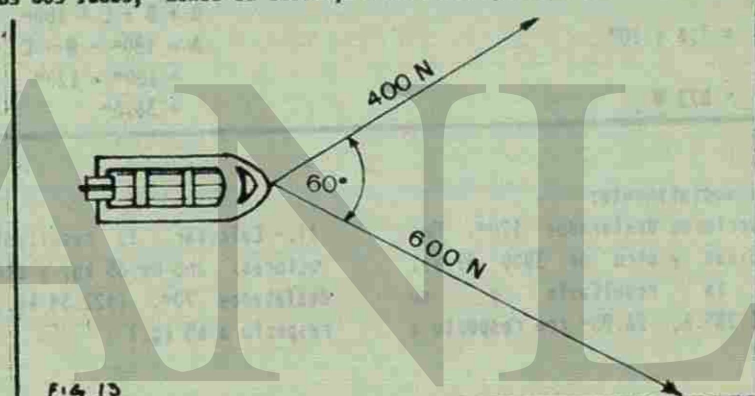
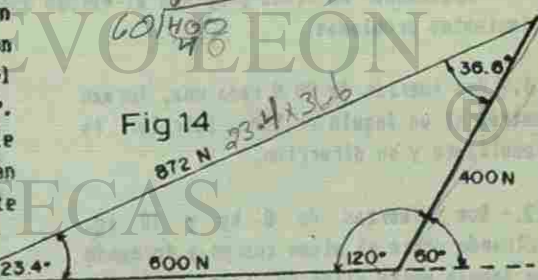


Fig. 13

Ejemplo 5.- Un bote está siendo remolcado a lo largo de un canal por medio de dos cables, como se muestra en la fig. 13. Si las fuerzas aplicadas son de 400 N y 600 N, respectivamente, y el ángulo entre los cables es de 60°. Calcular la magnitud de la resultante sobre el bote y los ángulos que forman los cables con el canal para que el bote siga en línea recta.

6/60|400 / 40



Solución:

Con los dos vectores y la resultante formamos el triángulo de la fig. 14.

Por la ley de los cosenos:

$$R^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos 0$$

$$= (400\ N)^2 + (600\ N)^2 - 2(400\ N)(600\ N) \times \cos 120^\circ$$

$$= 1.6 \times 10^5\ N^2 + 3.6 \times 10^5\ N^2 - 4.8 \times 10^5 \times (-0.5)$$

$$= 1.6 \times 10^5\ N^2 + 3.6 \times 10^5\ N^2 + 2.4 \times 10^5\ N^2$$

$$= 7.6 \times 10^5$$

$$R = 872\ N$$

Para calcular los ángulos A y B, de la ley de los cosenos despejamos:

$$\cos A = b^2 + R^2 - a^2 / 2bR$$

$$= \frac{(600N)^2 + (872N)^2 + (400N)^2}{2 \times 600N \times 872\ N}$$

$$= 0.9178$$

$$A = \cos^{-1} 0.9178$$

$$= 23.4^\circ$$

$$A + B + C = 180^\circ$$

$$A = 180^\circ - B - C$$

$$= 180^\circ - 120^\circ - 23.4^\circ$$

$$= 36.6^\circ$$

Resuelve inmediatamente:

10.- Dos vectores desfazados 120°. Uno de 8400 dinas y otro de 3800 dinas. Calcular la resultante y su dirección.[7285.6, 26.85° con respecto a 8400 dinas]

11.- Calcular la resultante de dos vectores; uno de 65 kg. y otro de 84 kg. desfazados 70°. [122.54 kg., 40.1° con respecto a 65 kg.]

AUTOEVALUACION

Aplicando en cada problema el método que consideres conveniente, resuelve los **siguientes problemas.**

1.- Dos fuerzas de 80 N cada una, forman entre sí un ángulo de 50°. Calcular la resultante y su dirección.

2.- Dos fuerzas de 8 kg y 10 kg. actuando sobre el mismo cuerpo y formando un ángulo entre ellos de 120°. Calcular la magnitud de la resultante y su dirección.

3.- Un automóvil viaja hacia el sur 300 km., luego viaja hacia el noroeste 200 km. Calcular la distancia al punto de origen.

4.- Calcular la magnitud y dirección de la resultante de las dos fuerzas sig.: a) 20 kg. a 80° y b) 21 kg. a 230°.

5.- Encontrar la equilibrante de dos fuerzas de 100 kg. cada una, actuando a 120° una de otra.

6.- Dado el vector A = 80m/seg hacia el norte y el vector B = 60 m/seg hacia el este, encontrar el vector diferencia (A-B).

7.- Encontrar la resultante y su dirección de las siguientes fuerzas: a) 8 Kg a 0°, b) 6 kg. a 90° y c) 4 kg. a 135°

8.- Calcular la resultante de las siguientes fuerzas: a) 40 N a 30°, b) 26 N a 120° y c) 30 N a 180°.

9.- Calcular la resultante y su dirección de las siguientes fuerzas: a) 150 kg. a 62°, b 125 kg. a 205° y c) 130 kg. a 270°.

10.- Calcular la resultante y su dirección de los siguientes vectores: a) 1000 dinas a 0°, b) 1200 dinas a 70° c) 1900 dinas a 150°, d) 1600 dinas a 270° y e) 1100 dinas a 335°.

GALILEO GALILEI

(1564-1642)

Notable científico que hizo valiosas contribuciones a la física y a la astronomía; método experimental y de observación directa sirvieron de base a la ciencia moderno.

Físico y astrónomo italiano, Galileo nace en Pisa, Italia, el 15 de febrero de 156 muere en Arcetri, cerca de Florencia Italia, el 8 de enero de 1642. Orientado por su pa Vincenzo Galilei, asistió a la Universidad de Pisa, donde realizó estudios de medicina filosofía aristótelica. Más tarde eligió estudiar matemáticas donde él encontró la base de verdadero conocimiento de las leyes de la naturaleza. Su primer descubrimiento lo hizo en 1581 y 1583. Se cuenta que cuando asistía a misa en la ciudad de su ciudad natal, obse como una lámpara suspendida se balanceaba realizando grandes arcos en el aire, y que tiempo que la lámpara tardaba en hacer cada oscilaciónera siempre el mismo. Al regresar casa reprodujo el fenómeno con bolas de plomo atadas a hilos de diferentes longitudes, descubrió que cualquiera que fuese la magnitud de la oscilación o el peso del plomo, bolita utilizaba el mismo tiempo para completar un viaje de ida y vuelto. Unicamente cambio de longitud del hilo afectaba al tiempo de oscilación. Con estas observaciones p inventar el péndulo, que se usa en relojes e instrumentos para medir el tiempo. Cua alcanzó los veinticinco años, Galileo obtuvo el nombramiento de profesor en matemáticas en Universidad de Pisa. Como profesor continuó el analisis de las teorías científicas de Ar tóteles, recurriendo a la aplicación de las matemáticas y a las observaciones experimental Posteriormente se trasladó a Florencia para dedicarse al estudio de las obras de Arquímede Hacia 1586 apareció un pequeño texto de Galileo donde expuso el proyecto de fabricación una balanza hidrostática, que le permitió determinar el peso específico de los cuerpos. En texto Theoremata Circa Centrum Gravitatis Solidorum publicado en 1638, estudió el centro gravedad de varios sólidos. Investigó también el comportamiento de los cuerpos en ca libre; Galileo propuso que en el vació todos los cuerpos caerían a la misma velocidad. Es aseveración fue comprobada con todo rigor años más tarde.

Galileo expuso que la velocidad de caída de un cuerpo bajo la atracción de la Tie aumentaba uniformemente con el tiempo, y también que la distancia total que recorría aument ba con el cuadrado del tiempo.

Describio además el movimiento de un cuerpo por la influencia de dos fuerzas simult neas. Una de ellas daba un impulso inicial y horizontal que mantenía al cuerpo moviendose c velocidad constante en dicha dirección. La otra fuerza aplicada en sentido vertical hac caer al cuerpo con cierta aceleración. Ambas fuerzas hacían que el cuerpo siguiera u trayectoria parabólica; con estas ideas Galileo esbozó los principios de una ciencia de artillería, que más tarde recibiese el nombre de balística. Estos principios permitie

aclarar el concepto de cuerpos sujetos a más de una fuerza, y mostró como los objetos pueden compartir el movimiento de rotación de la Tierra y sus movimientos particulares.

En su libro de mecánica, Galileo estudió la resistencia de materiales; demostró por primera vez, que si una estructura crecía en todas sus dimensiones perdía parte de su resistencia. El volumen aumenta propoprcionalmente al cubo de la dimensión, pero la resistencia aumenta unicamente como el cuadrado de dicha dimensión. Durante su larga estancia en Florencia, realizó sus trabajos más importantes sobre las leyes del movimiento: leyes de Galileo y sermones de motu gravium. Debido a dificultades económicas, Galileo aceptó una plaza como profesor de matemáticas en la Universidad de Padua. Ahí permaneció durante 18 años.

Establecido en Padua, entabló correspondencia con Kepler. En 1609 oyó hablar de un tubo ampliador de imagenes por medio de lentes que se había descubierto en Holanda. El por su cuenta, hizo su versión particular del telescopio. Este instrumento fue construido con 32 aumentos. Así, en ese año se inicia la época de la astronomía telescópica. Gracias a su invento observó las montañas de la Luna y las manchas del Sol. Mediante la observación del movimiento de las manchas solares, demostró que el Sol giraba alrededor de su eje en 27 días. Con su telescopio, Galileo explicó que las estrellas debían estar mucho más lejanas que los planetas y que el universo tenía unas proporciones mayores de lo supuesto. Descubrió las agrupaciones estelares de la Vía Láctea, compuesta por más de quinientas nuevas estrellas de la constelación de Orión, y de veintinueve de las Pleyades. Galileo observó que Jupiter tenía cuatro cuerpos a su alrededor y pudo detectar con su telescopio, la periodicidad de cada uno de ellos. Estos satélites se conocen como "Lunas de Galileo". Con este descubrimiento se daba fuerza al modelo del sistema solar de Copérnico. Otra observación importante de Galileo fue la de Venus. Galileo encontró que Venus presentaba fases parecidas a las de la Luna, con lo cual demostró que el brillo de los planetas se origina por reflejo de la luz solar. Este astrónomo italiano explicó que el lado obscuro de la Luna no se veía brillar debido así brillo terrestre, es decir, a la luz que refleja sobre aquella zona lunar, lo cual comprobó que la Tierra, al igual que los demás planetas, refleja la luz del Sol. Con esto terminó con la creencia de que sobre la Tierra y el resto de los cuerpos celestes había una gran diferencia. La doctrina de Copérnico se pudo establecer de una manera más definitiva por todos estos descubrimientos realizados a través del telescopio. Galileo hizo una gran dibulgación de sus descubrimientos por medio de un libro que él denominó Siderus Nuncius (Mensajero de las estrellas.), donde afirma:"Doy gracias a Dios, que ha tenido a bien hacerme el primero en observar los maravillas ocultas a los siglos pasados. Me he cerciorado de que la Luna es un cuerpo semejante a la Tierra.... He contemplado una multitud de estrellas fijas que nunca antes se observaron... Pero la mayor maravilla de todas es el descubrimiento de cuatro nuevos planetas (cuatro sátelites de Jupiter)... que se mueven alrededor del Sol." Además elaboróun gran número de telescopios que repartió entre los científicos más connotados de su época.

Ante las grandes innovaciones de Galileo, la iglesia se mostró bastante inquieta; el papa Pío V declaró herejía la doctrina de Copérnico, y pidio a Galileo que guardara silencio. Sin embargo más tarde, bajo el papado de Urbano VII, Galileo publicó su Diálogo sobre los dos

Mayores Sistemas del Mundo, donde aparecen dos personajes, uno representa a Ptolomeo y otro la teoría de Copérnico, que exponen sus puntos de vista a un tercero. Por tal libro, Galileo fue acusado ante la Inquisición por cargo de herejía y tuvo que renunciar a todas sus ideas.

Galileo decidió concentrarse nuevamente en la Mecánica y este trabajo condujo al libro Discursos y Demostraciones Matemáticas sobre las Nuevas Ciencias Relativas a la Mecánica y el Movimiento Local (1638), al que generalmente se le da el nombre de Las Dos Nuevas Ciencias. Este libro marcó el principio del fin de la teoría medieval sobre la mecánica y de toda la cosmología aristotélica.

Para ese entonces, Galileo ya estaba viejo, enfermo y casi ciego. Y sin embargo, como en todos sus escritos, su estilo sigue siendo vivaz y delicioso. De la misma forma como lo había hecho en Los Dos Mayores Sistemas del Mundo, presentó sus ideas en forma de conversación entre tres personajes.

1er. SEMESTRE. UNIDAD V.

"CINEMATICA"

Es interesante hacer comparaciones de las distancias recorridas en determinados tiempos por el hombre, con las de aquellos animales cuyas lentitudes se han hecho proverbiales, como lo son los del caracol y de la tortuga. El caracol tiene bien merecida la fama que se le atribuye en los refranes: ya que recorre 1.5 mm. cada segundo, ó 5.4 metros por hora, es decir, exactamente mil veces menor que la del hombre al paso. El otro animal clásicamente lento, no adelanta mucho al caracol porque ordinariamente recorre 70 metros en una hora.

Podemos hacer muchas comparaciones, pero al tiempo esta unidad lo podrás hacer con mayor facilidad, ya que serás capaz de:

OBJETIVOS:

1.- Distinguir los conceptos de Mecánica, Cinemática y Dinámica.

2.- Diferenciar los tres tipos de movimientos: traslación, de rotación y de vibración.

3.- Diferenciar entre distancia y desplazamiento.

4.- Distinguir entre velocidad, rapidez y rapidez media.

Mayores Sistemas del Mundo, donde aparecen dos personajes, uno representa a Ptolomeo y otro la teoría de Copérnico, que exponen sus puntos de vista a un tercero. Por tal libro, Galileo fue acusado ante la Inquisición por cargo de herejía y tuvo que renunciar a todas sus ideas.

Galileo decidió concentrarse nuevamente en la Mecánica y este trabajo condujo al libro Discursos y Demostraciones Matemáticas sobre las Nuevas Ciencias Relativas a la Mecánica y el Movimiento Local (1638), al que generalmente se le da el nombre de Las Dos Nuevas Ciencias. Este libro marcó el principio del fin de la teoría medieval sobre la mecánica y de toda la cosmología aristotélica.

Para ese entonces, Galileo ya estaba viejo, enfermo y casi ciego. Y sin embargo, como en todos sus escritos, su estilo sigue siendo vivaz y delicioso. De la misma forma como lo había hecho en Los Dos Mayores Sistemas del Mundo, presentó sus ideas en forma de conversación entre tres personajes.

1er. SEMESTRE. UNIDAD V.

"CINEMATICA"

Es interesante hacer comparaciones de las distancias recorridas en determinados tiempos por el hombre, con las de aquellos animales cuyas lentitudes se han hecho proverbiales, como lo son los del caracol y de la tortuga. El caracol tiene bien merecida la fama que se le atribuye en los refranes: ya que recorre 1.5 mm. cada segundo, ó 5.4 metros por hora, es decir, exactamente mil vecer menor que la del hombre al paso. El otro animal clásicamente lento, no adelanta mucho al caracol porque ordinariamente recorre 70 metros en una hora.

Podemos hacer muchas comparaciones, pero al tiempo esta unidad lo podrás hacer con mayor facilidad, ya que serás capaz de:

OBJETIVOS:

1.- Distinguir los conceptos de Mecánica, Cinemática y Dinámica.

2.- Diferenciar los tres tipos de movimientos: traslación, de rotación y de vibración.

3.- Diferenciar entre distancia y desplazamiento.

4.- Distinguir entre velocidad, rapidez y rapidez media.

5.- Explicar los conceptos de velocidad, velocidad - uniforme, velocidad variable, velocidad media y velocidad instántanea.

6.- Resolver, a partir de los datos apropiados, problemas relacionados al movimiento rectilíneo uniforme.

7.- Graficar, a partir de datos obtenidos en experimentación, sobre un par de ejes coordenados, la velocidad constante.

PROCEDIMIENTO.

1.- Lee el tema " El movimiento de las cosas" Lee en tu libro de texto el capítulo Cinemática.

2.- Analiza y memoriza cada uno de los términos, antes de seguir con los demás objetivos.

3.- Analiza a fondo los prpblemas resueltos en tu libro de texto.

4.- Resuelve los problemas dados en el libro, tratando de obtener las respuestas incluidas al final del problema.

5.- Resuelve problemas de otros textos de física que tengas a tu alcance, ya que la práctica es lo -- hará que obtengas mejores resultados.

6.- Realiza un experimento en tu casa, con algún juguete, ya sea de cuerda o con motor de pilas, midiendo el tiempo que tarda en recorrer; 0.5 m, - 1:00m, 1.5 m, 2.0 m, 2.5. , y 3.o m. Después grafica los resultados en un par de ejes coordenados. Entregarás al maestro un reporte de este exp.

PRE-REQUISITO.

Para tener derecho a presentar esta unidad, deberás entregar en hojas tamaño carta, los problemas del 1 al 7 del capítulo VII del libro de texto.

CAPITULO V

EL LENGUAJE DEL MOVIMIENTO

5-1 EL MOVIMIENTO DE LAS COSAS

Este mundo está lleno de cosas en movimiento: algunas tan pequeñas como el polvo y otras tan grandes como las galaxias, pero todas en movimiento continuo. Este libro puede parecer que está tranquilamente puesto sobre el escritorio, pero cada uno de sus átomos está vibrando constantemente. El aire aparentemente quieto a su alrededor, consiste de moléculas que dan tumbos en forma violenta a diferentes velocidades y la mayoría de ellas son tan rápidas como pequeñas balas de un rifle. Rayos de luz cruzan el cuarto, cubriendo la distancia de pared a pared en lapsos de un cienmillonésimo de segundo, y vibrando cerca de diez millones de veces durante este tiempo. Aún el globo terráqueo, con su majestuosa magnitud, se mueve casi 29 kilometros por segundo alrededor del Sol.

Hay una antigua máxima que dice: "Ignorar el movimiento es ignorar la naturaleza". Por supuesto, no podemos investigar todos los movimientos, ni siquiera los de los objetos que son únicamente terrestres. Así que vamos a escoger, en este mundo nuestro que gira, cambia y vibra, un solo objeto en movimiento y examinémoslo. Debe ser algo interesante pero típico y sobre todo, manueable. Después, vamos a describir su movimiento.

Pero dónde empezamos? Usaremos una máquina, como por ejemplo un cohete o un automóvil?. Aunque son hechas y controladas por los humanos, las máquinas y sus partes se mueven en formas rápidas y complicadas. Realmente deberámos empezar con lo más lento y simple, algo que nuestros ojos puedan seguir con detalle. Entonces, qué tal si tomamos un pájaro en vuelo, o una hoja que cae de un árbol?.

Desde luego que en toda la naturaleza no hay movimiento más común que el de una hoja que cae suavemente de una rama. Podemos describirsu caída y explicarla?. Piensalo: pronto se darán cuenta de que aunque este movimiento puede ser natural, es muy complicado. La hoja al caer, se tuerce y da vueltas, va hacia la derecha y hacia la izquierda, hacia adenlante y hacia atras.Aún un movimiento tan ordinario como éste, puede resultar más complicado que el de las máquinas y aunque pudiéramos describirlo con todo detalle, qué ganaríamos?. No hay dos hojas que caigan exactamente de la misma manera. Por lo tanto, cada hoja requeriría su propia descripción detallada y esta individualidad es típica de casi todos los sucesos que ocurren en la naturaleza.

Así que nos enfrentamos a un problema. Queremos describir el movimiento, pero lo que encontramos bajo circunstancias comunes parece ser demasiado complejos. Qué haremos?. Vayamos a un lugar en el que podramos separar los simples ingredientes que componen todos los complejos fenómenos naturales y donde podramos hacerlos visibles más fácilmente para nuestros limitados sentidos humanos.

Con el instrumento que se usa en los automóviles, que tan rápido viajan. Este instrumento nos indica, en cualquier momento que lo deseemos, la rapidez con la que un carro se esta moviendo. Todo mundo sabe leer este medidor, uno de los más comunes para nosotros, aunque muy pocos sabemos claramente cómo funciona. Piensen ustedes cómo se expresa la rapidez. Decimos, por ejemplo, que un automóvil esta moviendose a 60 kilómetros por hora. Esto quiere decir, que si el carro continúa moviendose a la misma rapidez que tenía cuando leíamos el medidor, se habra desplazado una distancia de 60 kilómetros en el intervalo de una hora. O también podemos decir que el carro se movería un km. en 1/60 de hora, o 6 km. en 1/10 de hora. De hecho, podemos usar cualquier distancia o intervalo de tiempo cuya proporción fuera de 60 km. por hora.

Desgraciadamente, no se puede instalar un medidor de automóvil a una bala, o a muchos otros objetos. Sin embargo, hay una forma de medir su rapidez que en muchos casos resultará interesante para nosotros.

Como una guía, piensen en lo que harían si el medidor de su automóvil estuviera descompuesto y quisieran saber con que rapidez iban viajando sobre la carretera. Podrían hacer una de dos cosas y el resultado sería el mismo: Contar los numeros de las mojoneras que pasaran en el transcurso de una hora, o de alguna fracción conocida de esa hora y determinar la rapidez promedio por medio de la proporción entre kilómetros y horas. O bien, podrían determinar el tiempo que les toma llegar de una marca a la siguiente, o a otra marca cuya distancia fuera conocida, y encontrar otra vez la rapidez promedio como una

proporción de kilómetros a horas.

Cualquiera de los dos métodos proporcionan, por supuesto, una rapidez promedio del intervalo en el cual se midió esta rapidez, que no es lo mismo que la rapidez instantánea, o sea la rapidez que podríamos conocer en cualquier momento, como lo podría dar un instrumento, pero por ahora es suficiente. Después de que sepamos calcular correctamente la rapidez promedio, veremos un modo sencillo de obtener la rapidez instantánea.

Para encontrar la rapidez promedio de un objeto, medimos la distancia a la que se desplaza y el tiempo que le toma hacerlo y después dividimos la distancia entre el tiempo. La rapidez está dada en kilómetros por hora, o en metros por hora, metros por segundo, dependiendo de las unidades que hayamos usado para medir tanto la distancia como el tiempo.

En muy pocas ocaciones nos encontraremos, con que un cuerpo recorre **distancias iguales en intervalos de tiempo iguales**, lo cual llamariamos una **rapidez constante o uniforme.** Si nos pusieramos a pensar en estos resultados, realmente son muy poco comunes. Ni los automóviles, ni los aviones ó barcos se mueven en línea recta a una rapidez constante y precisa.

LOS 50 METROS DE RAMON Y EL SIGNIFICADO DE LA RAPIDEZ PROMEDIO.

Consideremos la situación en una competencia de natación donde al final de cada carrera se anuncia el nombre del ganador, o sea el nadador que hizo el tiempo más corto. ra cualquier carrera, digamos los 100 metros de dorso, cada nadador debe recorrer la misma distancia. Por lo tanto, el nadador que haga el tiempo menor será también el que tenga la rapidez promedio más alta al cubrir la distancia y la proporción de la distancia recorrida entre el tiempo transcurrido, nos da la rapidez promedio. Esta relación la expresamos con la siguiente ecuación:

$$\text{rapidez promedio} = \frac{\text{distancia recorrida}}{\text{tiempo transcurrido}}$$

Que información podemos obtener del conocimiento de la rapidez promedio?. Podemos contestar a esta pregunta estudiando un ejemplo de la vida real.

Ramón no es el nadador más rápido del mundo en estilo libre, pero no se necesita una una rapidez ólimpica para lo que queremos hacer. Tomamos el tiempo de Ramón al nadar de ida y vuelta en una alberca, la cual mide 25 metros de longitud, y le tomo 56.2 seg. nadarla de ida y vuelta. Por lo tanto, su velocidad promedio en la distancia total de 50 m. fue como sigue:

50 m./56.2 seg. = 0.89 m/seg

Nadó Ramón los 50 metros a una rapidez uniforme, o constante?. De lo contrario, cuál de los dos tramos lo nadó más rapidamente, cuál fue su mayor rapidez?. Cuál fue la menor?, qué rapidez llevaba cuando pasó los 10 metros, los 18 metros, los 45 metros?. Cuando se está entrenando para una competencia es conveniente saberlo, pero hasta ahora no tenemos modo de contestar ninguna de estas preguntas. La cifra 89 m/seg. probablemente sea lo que más se pueda aproximar para describir con una sola cifra todo el suceso.

Para comparar la rapidez de Ramón en diferentes partes del recorrido, necesitamos observar los tiempos y las distancias cubiertas.

Colocamos observadores que tenían que poner a funcionar sus cronómetros cuando se diera la señal de salida a intervalos de 5 m. desde la marca o a todo lo largo de la alberca. Cada observador tenía dos relojes; Paraba uno cuando Ramón pasaba frente a él de ida, y paraba el otro cuando pasaba de regreso. Los datos se tabularon como sigue:

d	t	d	t
0.0	0.0	30.0	26.5
5.0	2.5	35.0	32.0
10.0	5.5	40.0	39.5
15.0	11.0	45.0	47.5
20.0	16.0	50.0	56.2
25.0	22.0		

A partir de estos datos pdemos determinar en forma separada la rfapidez promedio de Ramón en las primeros 25 metros y en los últimos.

$$\text{rapidez promedio para los primeros 25 m.} = \frac{\text{distancia recorrida}}{\text{tiempo transcurrido}}$$

$$= 25.0 \text{ m}/22 \text{ seg}$$

$$= 1.10 \text{ m/seg}$$

$$\text{rapidez promedio en las últimos 25 m.} = \frac{\text{distancia recorrida}}{\text{tiempo transcurrido}}$$

$$= 25 \text{ m}/56.0 \text{ seg} - 22.0 \text{ seg}$$

$$= 25 \text{ m}/34 \text{ seg}$$

$$= 0.735 \text{ m/seg}$$

Ahora vemos claramente que Ramón no nadó con velocidad uniforme. Nadó la primera mitad mucho más rapidamente (1.10 m/seg) que la segunda mitad (0.74 m/seg). Debemos notar que la rapidez promedio (0.89 m/seg) no describe cada mitad muy bien. Tanto aquí, como más adelante notaremos que en un estudio de movimiento habrá mucha más variación mientras más complicado sea nuestro sistema de medición.

En un momento más continuaremos estudiando los datos que obtuvimos del recorrido de Ramón, este análisis es importante, puesto que los conceptos que estamos desarrollando para este tipo de movimiento tan común van a ser empleados más adelante para hablar de otros tipos de movimiento, desde el de los planetas hasta el de los átomos. Pero ahora vamos a mostrarles una forma de escritura que simplificará nuestra definición de la rapidez promedio:

$$\text{rapidez promedio} = \frac{\text{distancia recorrida}}{\text{tiempo transcurrido}}$$

En una forma más concisa de expresarlo y que establece exactamente los mismo es:

$$V_{pr} = d/\ t$$

En esta ecuación, vpr es el símbolo de la rapidez promedio, d es el símbolo del cambio de posición y t es el símbolo del intervalo del tiempo transcurrido. El símbolo es la cuarta letra del alfabeto griego y se llama delta. Cuando precede a otro símbolo, significa "cambio". Por lo tanto, d no significa " multiplicado por d". Por el contrario, significa " el cambio en d" o el "intervalo de la distancia". De la misma manera, t simboliza " el cambio en t" o el "intervalo de tiempo".

Ahora podemos regresar a los datos anteriores y calcular la rapidez promedio de Ramón para cada intervalo de 5 metros, desde el principio hasta el final. Esto se hace fácilmente, sobre todo si volvemos a organizar los datos como se muestra en la tabla siguiente:

$\Delta d = d - d_0$
$\Delta t = t - t_0$

TABLA 1

d	t	Δ d	Δ t	Δd/ t
0.0 m.	0.0 seg	5.0 m.	2.5 seg	2.0 m/seg
5.0	2.5	5.0	3.0	1.7
10.0	5.5	5.0	5.5	0.9
15.0	11.0	5.0	5.0	1.0
20.0	16.0	5.0	6.0	0.8
25.0	22.0	5.0	4.5	0.9
30.0	26.5	5.0	5.5	0.066
35.0	32.0	5.0	4.5	0.625
40.0	39.5	5.0	8.0	0.526
45.0	47.5	5.0	9.5	
50.0	56.0			

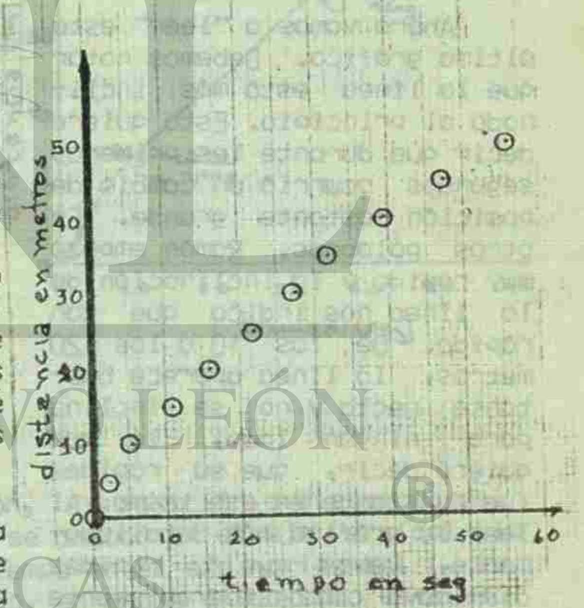
Los valores de v_{pr} calculados a intervalos de 5 metros para la primera vuelta, estan calculados en la columna de la derecha. Faltan los valores de la segunda vuelta para que ustedes los calculen.

Hay muchos más detalles que podemos ver en la tabla. Si observamos la columna de la rapidez, veremos que, como era de esperarse, la rapidez de Ramón fue mayor al iniciar el recorrido. Su salto de arranque en el agua dió más rapidez; en la mitad de la primera vuelta, nadó a un ritmo bastante regular, y disminuyó su rapidez al llegar a los primero 25 metros. Usen sus propias cifras para ver que paso en los últimos 25 metros.

Aunque hemos determinado su rapidez en varios intervalos en el recorrido, seguimos considerando rapidez promedio. Los intervalos son más pequeños, 5 m. en lugar de 50, pero todavía no sabemos los detalles de lo que paso dentro de los intervalos de 5 metros. Por lo tanto, sabemos que la rapidez promedio entre los 15 y los 20 metros fue de 1.0 m/seg. Pero aún no sabemos como calcular la rapidez en el preciso instante en que estaba, digamos, en los 18 o 20 metros. Aún así, el cálculo del intervalo de 5 metros entre los 15 y los 20 metros es más exacto que el del promedio del total de los 50 metros, o de una de las mitades, o sea 25 metros. Luego volveremos a ver el problema de determinar la "rapidez en un determinado instante y lugar".

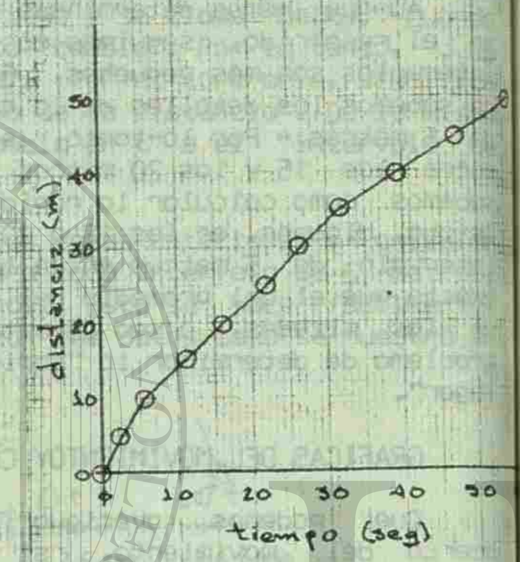
GRAFICAS DEL MOVIMIENTOY COMO ENCONTRAR LA PENDIENTE.

Que podemos averiguar acerca del movimiento, si hacemos una gráfica con los datos, en lugar de escribir las cifras en una tabla?. Vamos a ver que sucede trazando una gráfica de distancia contra tiempo, usando los datos del recorrido de los 50 metros de Ramón. Cómo lo muestra la siguiente gráfica. Todo lo que sabemos son los puntos que corresponden a cada uno de los datos:

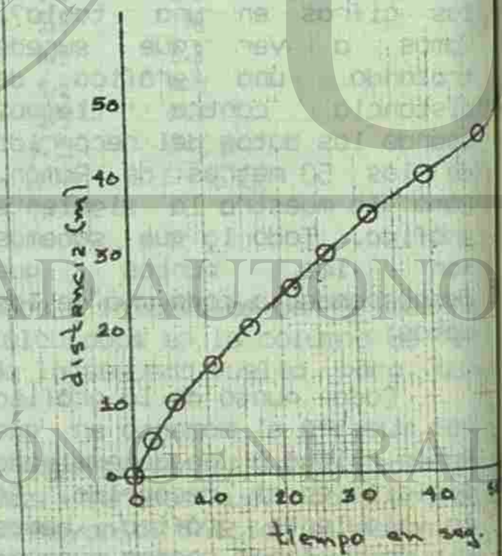


Cada punto de la gráfica nos muestra el momento en que Ramón llegó a una determinada posición en el recorrido. En la siguiente gráfica, hemos dibujado líneas rectas punteadas entre cada uno de los puntos.

No sabemos realmente cuáles fueron los valores entre los puntos marcados. Por lo tanto, las conexiones mediante líneas rectas son tan solo una forma muy simple de sugerir cómo se vería la gráfica total, de hecho, las líneas rectas no nos van a dar una aproximación muy buena, porque indican cambios muy bruscos en la rapidez. Si creemos que Ramón modificó su rapidez en forma gradual, podemos obtener una aproximación mejor dibujando la curva más suave que sea posible a través de los puntos. Uno de los ejemplos que podemos tener de una curva suave se muestra en la gráfica de la página siguiente.



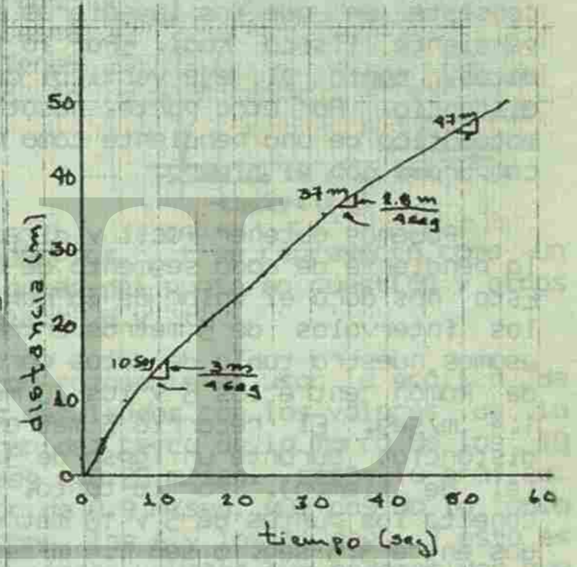
Ahora vamos a "leer" esta última gráfica. Debemos notar que la línea está más inclinada al principio. Esto quiere decir que durante los primeros segundos ocurrió un cambio de posición bastante grande. En otras palabras, Ramón empezó muy rapido y la inclinación de la línea nos indica que tan rápido. De los 10 a los 20 metros, la línea aparece bastante recta y no se inclina para ningún lado, lo que quiere decir, que su rapidez fue constante en ese tramo. Al leer la gráfica más detalladamente, vemos que su rapidez disminuyó considerablemente hasta antes de llegar a los 25 metros, pero la aumentó justo después de la vuelta. La inclinación disminuye gradualmente desde los 30 metros hasta el final, lo cual nos indica



que Ramón cada vez iba más lento. En los últimos 5 metros nio hubo ningún esfuerzo final.

Visto de esta manera, una gráfica nos propociona una representación visual del movimiento con sólo echarle un vistazo. Pero este tipo de representación no nos ayuda si queremos saber los valores reales de la rapidez de Ramón en varios momentos diferentes. Para esto, necesitamos medir la inclinación de la línea. Aquí tenemos que pedirle ayuda a las matemáticas, lo cual haremos muy seguido.

Existe en la geometría un viejo método de solucionar este problema. La inclinación de una gráfica en cualquier punto está relacionada con el cambio en la dirección vertical (Δy) y con el cambio en la dirección horizontal (Δx). Por definición, la proporción de estos dos cambios ($\Delta y/ \Delta x$) es la pendiente:



$$\text{pendiente} = \Delta y/ \Delta x$$

La pendiente es un concepto matemático que se usa frecuentemente, por ejemplo, para indicar la inclinación de una línea en cualquier gráfica. En una gráfica de distancia y tiempo, como la que usamos para el recorrido de Ramón, la posición o distancia del punto de partida generalmente se coloca en el eje vertical (la d está en lugar de la y) y el tiempo en el eje horizontal (la t reemplaza a la x). Por lo tanto, en una gráfica como ésta, la pendiente de una línea recta nos la da:

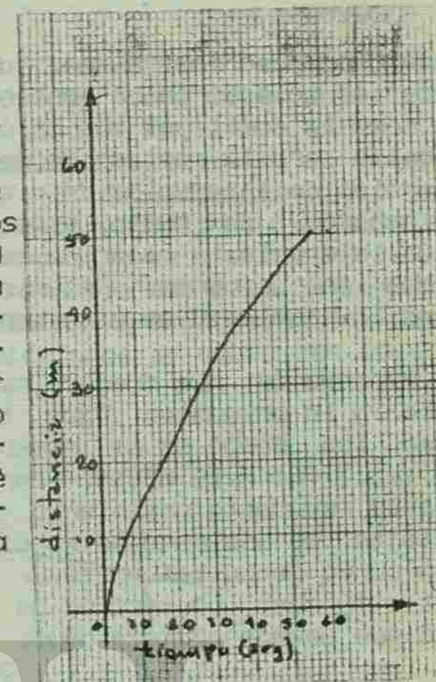
$$\text{pendiente} = \Delta d/ \Delta t$$

Pero esto nos recuerda la definición de la rapidez promedio, vpr= Δd/ Δt; y de hecho vemos que vpr es igual númericamente a la pendiente. En otras palabras, la pendiente de cualquier segmento de recta en una gráfica de ditancia contra tiempo nos da una medida de la rapidez promedio del objeto durante ese intervalo. Cuando medimos la pendiente en una gráfica, básicamente estamos haciendo lo mismo que hacen los ingenieros que construyen carreteras cuando especifican la inclinación del camino. Simplemente miden cuánto se levanta éste y dividen esa cifra entre la distancia horizontal que uno debe recorrer para llegar a esa elevación. La única diferencia consiste en que los ingenieros sólo están interesados en la pendiente física real. Por lo tanto, en una gráfica de sus datos, tanto el eje vertical como el horizontal mostrarían distancia. Por otra parte, nosotros estamos usando el concepto matemático de una pendiente como medio de expresar la distancia comparada con el tiempo.

Podemos obtener fácil y directamente el valor numérico de la pendiente de cada segmento de recta en la gráfica anterior. Esto nos dará el valor de la rapidez promedio para cada uno de los intervalos de 5 metros entre los puntos. Por ejemplo, usamos nuestra tabla de datos para calcular la rapidez promedio de Ramón entre los 5 y los 10 metros y nuestro resultado fue 1.4 m/seg. El recorrió 5 metros en el eje vertical (el de distancia) durante un lapso de 3.5 seg. en el eje horizontal (el de tiempo). Por lo tanto, la pendiente de la línea que conecta los puntos de 5 y 10 metros es igual a 5 metros divididos entre 3.5 seg. o sea 1.4 m/seg.

La pendiente, tal y como la hemos descrito aquí, no es lo mismo que la inclinación que muestra la línea sobre el papel milimétrico. Supongamos que se hubiera escogido una escala diferente para los ejes de distancia o de tiempo, haciendo la gráfica dos veces más alto o ancha. En ese caso, la aparente inclinación de la gráfica en su totalidad sería muy diferente y sin embargo, la verdadera pendiente se mide por la proporción de las unidades de tiempo y distancia. Una Δd de 10 metros en una Δt de 5 segundos nos da una proporción de 2 m/seg, sin importar cuánto espacio hayamos usado en el dibujo o en una gráfica para representar los metros y los segundos.

"Sin embargo, la gráfica es mucho más que una simple "representación pictórica" de los valores de la tabla. Con ella, podemos contestar preguntas que no podíamos sacar de los datos originales: Cuál fue la velocidad de Ramón 10 seg. después de la salida?, Qué tan rápido iba cuando cruzo la marca de los 37 metros?. Ahora podemos contestar preguntas como éstas obteniendo la pendiente de una porción bastante recta de la línea qué esté cerca del punto de interés. Tenemos dos ejemplos de esto en la gráfica anterior.



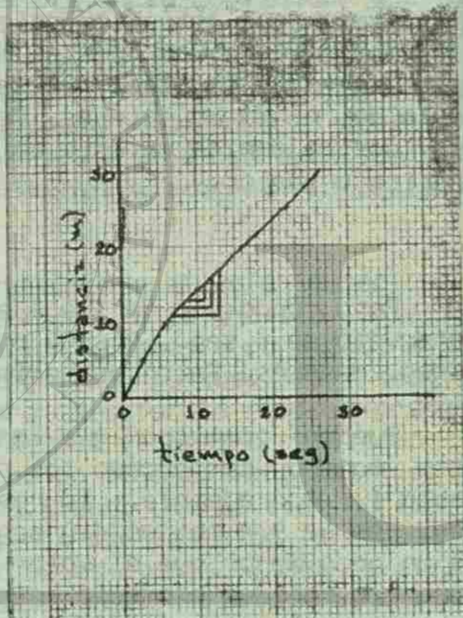
Para cada uno de los ejemplos. t se representó como un intervalo de 4 seg., 2 seg. antes del punto en cuestión y otros 2 seg. después. Entonces medimos d y t.

Pueden comprobar qué tan razonable es usar la gráfica de esta manera comparando los resultados con los valores de la tabla I. Por ejemplo, la rapidez cerca de la marca de los 10 seg. es de 3.4 metros/4.0 seg = 0.85 m/seg. según la gráfica. Es un poco menor que el valor de 0.9 m/seg. que nos da la tabla para la rapidez promedio entre los 6 y los 11 seg. Y esto es justamente lo que era de esperarse, puesto que podemos ver que la curva suave de la gráfica en realidad se vuelve menos inclinada cerca del punto de los 10 seg. Si esta curva suave realmente describe mejor que la gráfica de línea recta, la forma en que nadó Ramón, entonces podemos decir que obtuvimos más información de la gráfica que de los datos que pusimos en ella.

RAPIDEZ INSTANTANEA.

Vamos a resumir, vimos las gráficas de distancia y tiempo que pueden ser muy útiles para describir el movimiento. Al final de la parte anterior, hablamos brevemente de necesidades específicas en puntos especiales como la marca de 14 metros durante la trayectoria; y en instantes particulares en el tiempo, como a los 10 seg. después de la salida. A ustedes quizas les molestaron un poco estas expresiones, puesto que en ese momento admitimos que la única rapidez que podíamos medir realmente era la rapidez promedio, en la que necesitamos la proporción de intervalos de distancia a intervalos de tiempo y, sin embargo, un punto especial de la trayectoria no tiene ningún intervalo. A pesar de todo, si es razonable hablar de la rapidez en un punto. Resumiremos las razones para las que usamos la "rapidez" en este sentido, y veremos que pasa.

Recordarán que nuestra respuesta a la pregunta: "Qué tan rápido iba Ramón en el momento t=10 seg.? fue 0.85 m/seg. Logramos esta respuesta obteniendo la pendiente de una pequeña porción de la curva cerca del punto P en que t = 10 seg. La sección de la curva que usamos aparece aquí:



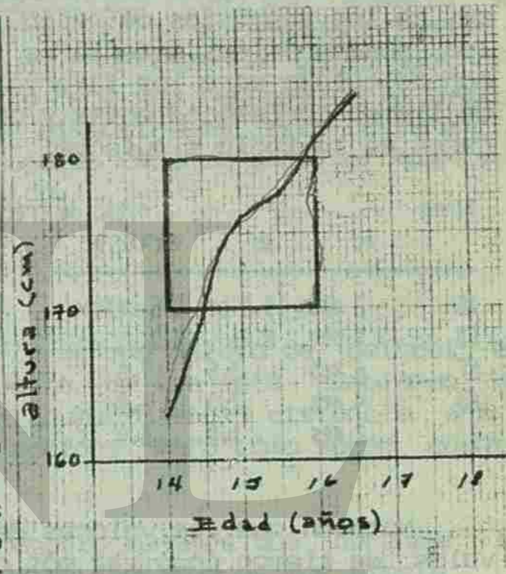
Notarán que la parte de la curva que usamos parece ser casi una línea recta. Como lo muestra la tabla siguiente, el valor de cada intervalo de la pendiente varía muy poco cuando disminuimos el intervalo de tiempo t:

Δt	Δd	Δd/ Δt
6.0 s	5.4 m	0.9 m/seg
4.0	3.4	0.85
2.0	1.7	0.85

Ahora imaginen que fuéramos disminuyendo cada vez más el intervalo cerca del punto en que t = 10 seg. hasta que la cantidad de curva que quedara fuera infinitamente pequeña. Es razonable considerar que la pendiente de esa parte infinitesimal de curva es la misma que la pendiente de la recta de la cual parece formar parte? Creemos que si. Es por eso que tomamos la pendiente de la recta que va desde t = 8 hasta t = 12 y la llamamos la rapidez en el punto medio, t = 10 seg. El término correcto para esta cifra es la rapidez instántanea en el punto t = 10 seg.

Para calcular la rapidez instant'nea de Ram'n en un momento especial, medimos realmente la rapidez promedio en un intervalo de 4 seg. y después afirmamos lo anterior. Decidimos que la rapidez instantánea en un momento especial tiene el mismo valor que la rapidez promedio d/ t con dos condiciones: Primero, que el momento especial debe estar incluido en t. Segundo, que la proporción de d/ t debe cubrir una parte lo bastante pequeña de la curva, como para que sea casi un segmento de recta. Bajo esta última condición la proporción no cambiará en forma notoria cuando la calculamos de nuevo con intervalos aún más pequeños.

Aquí nos ayudará un segundo ejemplo concreto. En el estudio más antiguo que se conoce de su tipo, el científico francés de Monbeillard registró periódicamente la altura de su hijo durante los años 1759 a 1777.

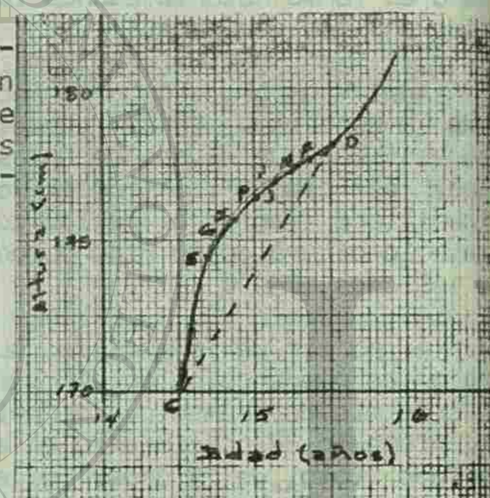


A partir de la gráfica que trazó se puede calcular el ritmo de crecimiento promedio, o rapidez promedio de crecimiento en el período total de 18 años, o en cualquier otro período más corto dentro del total. Sin embargo, vamos a suponer que quisiéramos saber precisamente qué tan rápido estaba creciendo el muchacho cuando llegó a cumplir los 15 años. La respuesta es evidente si amplificamos la gráfica cerca del decimoquinto año:

Su altura en esa edad nos la indica el punto P y las otras letras indican instantes de tiempo a cada lado de ese tiempo. El ritmo promedio de crecimiento del muchacho en un intervalo de dos años, nos da la pendiente de la línea AB y la línea CD nos da el ritmo de crecimiento promedio en un año. En la gráfica siguiente tenemos la pendiente de la línea EF que nos da el ritmo de crecimiento promedio durante seis meses, etc.

Las cuatro líneas, AB, CD, EF, y GH no son paralelas, y por lo tanto sus pendientes son diferentes, Sin embargo, la diferencia de inclinación cada vez se vuelve menor. Es muy grande si comparamos AB y CD, se vuelve menor si comparamos CD y EF, y todavía menor entre EF y GH. Para intervalos menores de t = 1 año, las líneas se vuelven paralelas y gradualmente se confunden en la curva. Para intervalos muy pequños, se puede encontrar la pendiente dibujando una línea recta q2ue sea <u>tangente</u> a esta curva en el punto P. Este método requiere poner una regla paralela a la línea GH en el punto P y extenderla hacia ambos lados.

Los valores de las pendientes de los segmentos de recta en las dos gráficas anteriores se han calculado para los intervalos de tiempo correspondientes y aparecen en la tabla siguiente:



línea	Δt	Δd	ritmo de crec. vpr=$\Delta d/\Delta t$
AD	2 años	19.0 cm	9.5 cm/año
CD	1 año	8.0	8.0
EF	6 mes	3.5	7.0
GH	4 mes	2.0	6.0
IJ	2 mes	1.0	6.0

Notaran que los valores de vpr que se calculan para intervalos de tiempo cada vez más cortos se acercan más y más a 6 cm/año. De hecho, para cualquyier intervalo de tiempo menor a dos meses, vpr será de 6 cm/año dentro de los límites de presición con que se puede medir la altura. Por lo tanto podemos decir que en el día que cumplio los 15 años, el joven de Montbeillard crecía a un ritmo de 6 cm/año. En ese instante de su vida, t = 15.0 años, ese era su ritmo instantáneo de crecimiento. (También podríamos decir que era **la rapidez instantánea** de su cabeza con respecto a sus pies).

Como ya hemos dicho, la rapidez promedio en un intervalo de tiempo t, es la proporción de distancia recorrida con respecto al tiempo transcurrido. En símbolos:

$$vpr = \Delta d / \Delta t$$

Ahora hemos añadido la definición de rapidez **instantánea** en un instante dado t: el valor límite al cual se aproxima la rapidez promedio, si calculamos vpr para intervalos de tiempo cada vez más pequeños, que incluyan el instante t. En casi todas las situaciones físicas, dicho valor límite se puede calcular precisa y rápidamente con el método descrito anteriormente.

De ahora en adelante usaremos la letra "V" para representar la rapidez instantánea definida de esta forma. Verán que usaremos el símbolo V con una flechita arriba para representar la <u>rapidez en una dirección específica</u> (como por ejemplo 90 km/hr al <u>norte</u>). Cuando la dirección no este especificada y sólo nos interese la magnitud (90 km/hr), quitaremos la flechita y sólo usaremos la letra "V", que representa la <u>magnitud</u> de la velocidad. Más tarde discutiremos esta diferencia entre rapidez y velocidad, y también aprenderemos por qué esta última es más importante en física.

LA ACELERACION POR COMPARACION.

Si observan una fotografía de una pelota de beisbol en movimiento, podrían darse cuenta de que está cambiando de rapidez o sea acelerandose. El aumento en la distancia entre cada imagen les dará esta información, pero cómo saber **cuanta** aceleración tiene?.

Para contestar a esta pregunta tenemos que aprender la definición de la aceleración que en realidad es muy simple. Lo que tenemos que hacer realmente es aprender a **usarla** en situaciones como la antèrior. Definiremos la aceleración cómo **el ritmo de cambio de la velocidad.** Más tarde tendremos que modificar un poco esta definición cuando encontremos que en el movimiento el cambio de **dirección** es importante. Pero por ahora sólo estamos estudiando el movimiento rectilíneo, así que podemos equiparar el ritmo de cambio de la velocidad con la aceleración.

Algunos de los efectos de la aceleración son conocidos por todo el mundo. Es la aceleración y no la rapidez, la que sentimos cuando un elevador baja o sube de repente. La sensación que experimentamos en el estómago sólo ocurre al cambiar la rapidez, no la sentimos durante la mayor parte del trayecto en el que el elevador está moviendose a un paso regular. De igual manera, las emociones de la montaña rusa y otros juegos similares en los parques de diversiones resultan de la aceleración inesperada. La rapidez en sí no provoca estas sensaciones, si así fuera, la sentiríamos igual en un avión que vuela a 650 millas por hora o durante el contínuo movimiento de la Tierra alrededor del Sol, que es de 65,000 millas por hora.

Expresado de esta manera tan simple, la rapidez es una relación entre dos objetos, donde uno de ellos se toma como referencia, mientras el otro se mueve con respecto a él. Algunos ejemplos de esto la rapidez de la Tierra con respecto a las estrellas, la rapidez un nadador con respecto a la orilla de la alberca o la rapidez de la cabeza de un muchacho en crecimiento con respecto a sus pies. En un tren que corra en forma pareja, sólo podemos saber que estamos moviéndonos a gran rapidez por el escenario que pasa frente a nosotros. Tendríamos la misma sensación si el tren estuviera fijo de algún modo y la tierra, los rieles, etc., pasaran corriendo en dirección opuesta. Y si "perdiéramos el punto de referencia" (por ejemplo, corriendo las cortinas) no podríamos saber si nos estábamos moviendo o no. En contraste con esto, sí "sentimos" las aceleraciones y no necesitamos ver por la ventanilla para darnos cuenta de que el maquinista a arrancado de repente o a aplicado los frenos a todo lo que dan. Lo más probable es que nos pegáremos contra el asiento, o que el equipaje saliera disparado de las rejillas.

Todo esto nos uestra la profunda diferencia física que existe entre el movimiento uniforme y el movimiento con acleración, pero aqí podemos resumir las ideas principales. Por el momento vamos a enfocar nuestra atención hacia las semejanzas que existen entre los conceptos rapidez y aceleración. Para un movimiento rectilíneo:

El ritmo de cambio de posición se llama rapidez

El ritmo de cambio de rapidez se llama aceleración.

La similitud en la forma es muy útil, puesto que nos

permite usar lo que acabamos de aprender sobre el concepto de la rapidez como una guía para usar el concepto de aceleración. Por ejemplo, hemos aprendido que la pendiente de una línea en una gráfica de distancia y tiempo es una medida de rapidez instantánea. De la misma manera, la inclinación de una gráfica de rapidez y tiempo es la medida de la **aceleración instantánea.**

Esta sección concluye con una lista de seis afirmaciones sobre el movimiento rectilíneo. Esta lista tiene dos propositos: (1) ayudarlos a repasar las ideas principales presentadas en este capítulo, y (2) presentar las ideas correspondientes respecto a la aceleración. Por este motivo, cada afirmación sobre la rapidez está seguido inmediatamente por una afirmación semejante sobre la aceleración.

1.- La rapidez es el ritmo de cambio de posición. La aceleracion es el ritmo de cambio de la rapidez.

2.- La rapidez se expresa en unidades de distancia/tiempo. La acelerción se expresa en unidades de rapidez/tiempo.

3.- La rapidez promedio en cualquier intervalo de tiempo es la relación entre el cambio de posición Δd y el intervalo de tiempo Δt:

$$v_{pr} = \Delta d/\Delta t$$

La aceleración promedio en cualquier intervalo de tiempo es la relación entre el cambio de rapidez v y el intervalo de tiempo t:

$$a_{pr} = \Delta v/\Delta t$$

4.-La velocidad instantánea es el valor que se obtiene por medio de la rapide promedio cuando disminuimos cada vez más t. La aceleración instantánea es el valor que se obtiene por medio de la aceleración promedio cuando disminuimos cada vez más Δt.

5.- En una gráfica de distancia y tiempo, la rapidez instantánea en cualquier momento equivale a la pendiente de la línea recta tangente a la curva en el punto en cuestión. En una gráfica de rapidez y tiempo, la aceleración instantánea en cualquier momento, equivale a la inclinación de la línea recta tangente en el punto en cuestión.

6.- En el caso particular de **rapidez constante**, la gráfica de distancia contra tiempo será una línea recta y por lo tanto, la rapidez instantánea tendrá el mismo valor en cualquier punto de la gráfica. Más aún, esta cifra será igual a la rapidez promedio calculada para todo el trayecto. En el caso particular de **aceleración constante**, la gráfica de rapidez contra tiempo será una línea recta y por lo tanto, la aceleración instantánea tendrá el mismo valor en cualquier punto de la gráfica. más aún, esta cifra será igual a la aceleración promedio calculada para todo el trayecto. Cuando la rapidez es constante, su valor puede calcularse por medio de cualquier d y t correspondiente y cuando la aceleración es constante, su valor puede calcularse por medio de cualquier v y t correspondientes. (Es útil recordar esto porque la aceleración constante es el tipo de movimiento que vamos a encontrar con mayor frecuencia en los capítulos siguientes.

Tenemos ahora la mayor parte de los instrumentos que necesitaremos para resolver algunos problemas reales de física. El primero de ellos tendrá que ver con el movimiento acelerado de los cuerpos causados por la atracción gravitacional. Fue precisamente estudiando el movimiento de los cuerpos que caen, como Galileo, en los primeros años del Siglo XVII, empezó a descubrir algo sobre la naturaleza del movimiento acelerado. Su trabajo permanece como un maravilloso ejemplo de cómo la teoría científica, las matemáticas y las medidas reales se pueden combinar para desarrollar conceptos físicos. Más que eso, la obra de Galileo inició una de las primeras y más importantes batallas de la revolución científica. Aún en la actualidad las ideas específicas que él introdujo son fundamentales en la ciencia de la mecánica, el estudio de los cuerpos en movimiento.

CINEMATICA. 5-2

La **mecánica** se define como la rama de la **física** que trata los movimientos o estados de los cuerpos materiales. Generalmente, se divide en dos partes: la primera llamada **cinemática**, que se ocupa de las diferentes clases de movimiento, sin preocuparse de sus causas o de los cambios observados en tales movimientos. y **dinámica** que estudia las

causas que provocan los movimientos.

La dinámica a su vez, se divide en dos partes: **estática y cinética.** Mientras que la estática se ocupa de los cuerpos en su estado de equilibrio que se produce cuando las fuerzas estan compensadas, la cinética se ocupa de los cambios en el movimiento que se origina por una o más fuerzas no balalceadas.

En mecánica es conveniente despreciar, con frecuencia, el tamaño y la forma de un cuerpo y considerar su movimiento como el de una pequeña partícula de tamaño despreciable. Por ejemplo, al describir el movimiento de un aeroplano que vuela entre dos ciudades, no es necesario dar una descripción detallada del aparato para dar su posición y avance. Por lo tanto, se acostumbra describir el movimiento de un cuerpo como el movimiento de una partícula.

TIPOS DE MOVIMIENTO. 5-3

Movimiento uniforme rectilíneo. Es el más simple de todos los movimientos; es áquel en el cual un cuerpo se desplaza con una velocidad constante a lo largo de una trayectoria rectilínea. El término **uniforme** significa aquí que el valor de la velocidad se mantiene invariable.

Movimiento curvilíneo. Se le llama así al movimiento a lo largo de una trayectoria curva. Cuando una partícula se mueve sobre una curva, puede tener una rapidez constante o variable. En este caso se usa el término rapidez en lugar de velocidad porque la trayectoria no es recta. Una rapidez constante se define como la que hace recorrer distancias iguales en intervalos iguales de tiempo, siendo medidas las distancias a lo largo de la trayectoria curva.

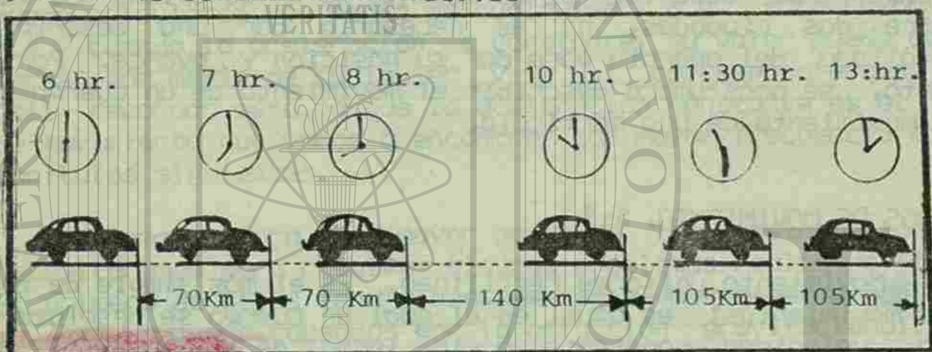
Lo mismo en una rapidez variable significa que las distancias recorridas en lapsos iguales de tiempo son diferentes.

Movimiento rectilíneo uniforme variado. Al igual que el movimiento uniforme rectilíneo, el cuerpo se desplaza en una trayectoria rectilínea, pero la velocidad va aumentando cantidades iguales en lapsos iguales de tiempo.

VELOCIDAD CONSTANTE.-4

Analicemos el siguiente suceso.

Una persona realiza un viaje por carretera y en ciertos lapsos de tiempo, checa el kilometraje recorrido de la siguiente forma: al empezar el viaje el viaje su reloj marca las 6:00 horas y el marcados indica 30,440 km, a las 7:00 horas indica 30,510 km, a las 8:00 horas indica 30,580 km, a las 10:00 horas indica 30,720 km, a las 11:30 hrs. inidca 30,825 km, a las 13:00 hrs. indica 30,930 km.



6:00 hr	7:00 hr	8:00 hr	10:00 hr	11:30 hr	13:00
30,440 km	30,510 km	30,580 km	30,720 km	30,825 km	30,930 km

Podemos observar:

Que el primer intervalo de tiempo es de 1 hora (7:00 hr - 6:00 hr) y la distancia recorrida es de 70 km: (30,510 km - 30,440 km). Siempre tomaremos el inicio como punto de referencia.

El segundo intervalo de tiempo es de 2 hrs (8:00 hr - 6:00 hr), y la distancia recorrida es de 140 km (30,580 km - 30,440 km).

El tercer intervalo de tiempo es de 4 hrs. y la distancia recorrida es de 280 km.

El cuarto intervalo de tiempo es de 5.5 hrs. y la distancia recorrida es de 385 km.

El quinto intervalo de tiempo es de 7 hrs. y la distancia

recorrida es de 490 km.

Lo colocaremos de la siguiente forma:

Distancia recorrida:

d	70 km	140 km	280 km	385 km	490 km

Tiempo empleado por el auto.

t	1 hr	2 hr	4 hr	5.5 hr	7 hr

Ahora agregamos un tercer renglón, donde pongamos la división (razón) **d/t** de cada una de las columnas y tenemos:

d/t	70 km/hr	70 km/hr	70 km/hr	70 km/hr	70 km/hr

Para encontrar cómo están relacionadas entre sí **d** y **t**, es más informativo trazar una gráfica con las dos antidades medidas, como aparece en la fig. 2.

Grafiquemos en un par de ejes coordenados, distancias recorridas contra tiempo, cada una de las columnas del primer cuadro, considerando cada columna como un punto.

Marcamos sobre el eje horizontal (representará el tiempo) secciones de la misma magnitud, para que se puedan colocar todas las lecturas que corresponden a este eje.

Marcamos sobre el eje vertical, también, secciones de la misma magnitud que nos permita completar en nuestro espacio de papel la cantidad de lecturas.

Tomamos el primer punto (70 km : 1 hr), sobre el eje vertical encontramos el punto que indique 70 km y trazamos una línea horizontal (paralela al otro eje), y en el eje horizontal localizamos el punto que indique 1 hr y trazamos una línera vertical (paralela al otro eje). Donde se crucen las dos líneas tendremos el primer punto.

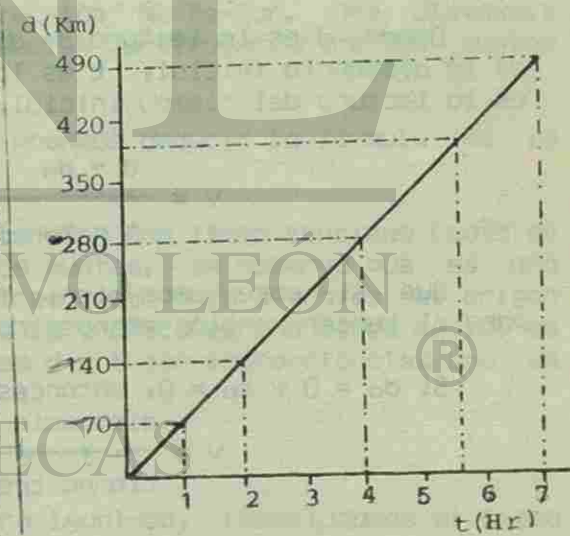


Fig. 2.

Ahora, con (140 km : 2 hr), sobre el eje vertical encontramos el punto que indique 140 km y trazamos una línea horizontal y en el eje horizontal localizamos el punto que indique 2 hr y trazamos una línea vertical. Donde crucen las dos líneas estará el segundo punto.

Con las otras 3 columnas usamos la misma forma y obtenemos los otros 3 puntos de la gráfica y al unirlos todos vemos que se genera una línea recta.

Ya con estos conocimientos prácticos, vamos arelacionarloss con los siguientes conceptos:

La **velocidad** se define como la distancia recorrida en el cambio de posición por unidad de tiempo.

$$v = d/t$$

Con el ejemplo anterior, tenemos:

$$d = d - d_o$$

$$t = t - t_o$$

Donde d es la lectura de distancia final y **do** la lectura de la distancia inicial, t es la lectura de tiempo final y t_o es la lectura del tiempo inicial. Por lo tanto tenemos:

$$v = \frac{d - d_o}{t - t_o}$$

Que si observamos bien, fue lo que hicimos al calcular para el tercer renglón en nuestro ejemplo.

Si $d_o = 0$ y $t_o = 0$, entonces:

$$v = \frac{\text{distancia recorrida}}{\text{tiempo transcurrido}}$$

$$v = d/t$$

También, con respecto al ejemplo, cuando esta razón nos de igual en todos los cálculos la **velocidad es constante**, es

decir, se recorren distancias iguales en lapsos iguales de tiempo sin cambiar la dirección.

Frecuentemente se usan los términos **velocidad** y **rapidez** como sinónimos, sin embargo, hablando estrictamente la **rapidez** es una **cantidad escalar** y la **velocidad** es una **cantidad vectorial**.

La **cantidad vectorial** tiene magnitud, dirección y sentido, mientras que la **cantidad escalar** sólo tiene magnitud.

La **rapidez** es un término aplicado a la magnitud de la velocidad y no especifica la dirección del movimiento.

Un cuerpo al moverse a lo largo de una línea recta, su **rapidez** y su velociad tienen el mismo valor numérico. Pero, si la rapidez a lo largo de una trayectoria curva es constante, su velocidad no se considera constante porque cambia de dirección.

Lo mismo podemos decir de la distancia y desplazamiento. La **distancia** es una cantidad escalar y el **desplazamiento** es una cantidad vectorial. Ejemplo: el largo de un pedazo de papel puede ser de 20 cm, la dirección no es importante porque el papel puede estar en cualquier dirección. Sin embargo, la distancia de México, D. F. a Acapulco, Gro., no es sólo de 420 km, es de 420 km en dirección Norte-Sur. Una distancia vectorial medida en una dirección particular entre dos puntos se le llama **desplazamiento**.

En la gráfica también podemos deducir la fórmula de la velocidad constante.

Cuando se grafica y obtenemos una línea continua (como en el ejemplo) a través de esos puntos, se observa que es una línea recta. Además, esta línea recta pasa a través del origen d = 0 y t = 0. Del hecho que la gráfica es una línea recta, se deduce que las dos cantidades **d** y **t** son proporcionales una de otra.

$$d \quad t$$

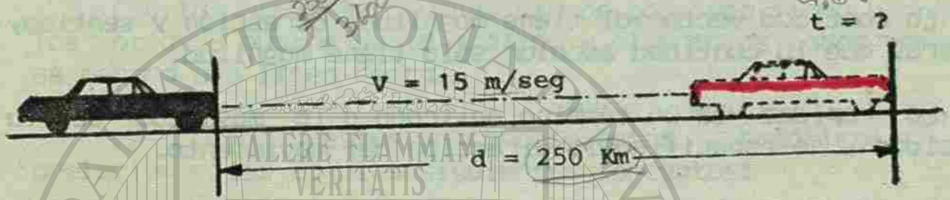
Para transformarla en una igualdad, reemplazamos el signo de proporcionalidad por una constante de proporcionalidad.

$$d = Kt$$

Llamando v a esta constante, v = k, tenemos:

$$d = vt$$

despejando, $v = d/t$



Ejemplo 1.

Si un automóvil viaja con una rapidez constante de 15 m/seg, cuánto tardará en llegar a un punto situado a 210 km?.

Solución: Por ser rapidez constante, usamos la Ec. v = d/t.

v = d/t por definición

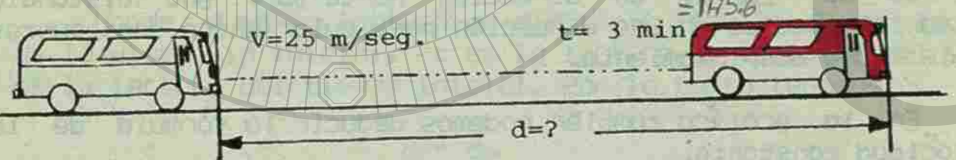
$t = d/v$

$t = 210$ km/ 15 m/seg

$= 210{,}000$ m/15 m/seg

$= 2.1 \times 105/1.5\times 101$ m/seg

$= 1.4 \times 104$ seg.



Ejemplo 2.

Si un cuerpo se mueve con una rapidez constante de 25 m/seg. Calcular la distancia recorrida después de 3 min.

v = d/t por definición

$d = vt$

$d = 25$ m/seg x 3 min [60 seg/min]

$d = 25$ m/seg x 180 seg

$d = 4500$ m

VELOCIDAD MEDIA. 5-5

Una partícula tiene una velocidad variable cuando en intervalos iguales de tiempo sus desplazamientos son distintos. En tales casos se acostrumbra decir **velocidad media** ($\bar{v}$), la cual es una velocidad promedio.

$$\bar{v} = d/t$$

VELOCIDAD INSTANTANEA. 5-6

Al describir el movimiento curvilíneo de una partícula, algunas veces se hace necesario especificar su velocidad instantánea. La velocidad instantánea de una partícula en un punto dado de su trayectoria, se obtiene trazando una tangente a la curva en dicho punto. La magnitud de la velocidad instantánea es igual a la rapidez de la partícula al pasar por un punto dado, y la dirección es la tangente a la curva en ese punto.

En la mayoría de los casos en que la velocidad esté establecida en km/hr (kilómetros por hora), es necesario trabajar las fórmulas en m/seg (metros por segundo). Por lo tanto, debemos de convertir de **km/hr a m/seg.** Veamos el siguiente ejemplo:

Transformar 45 km/hr a m/seg.

1.- Busquemos las equivalencias kilómetros a metros y horas a segundos.

$$1000 \text{ m/km} = 10^3 \text{ m/km}$$

$$3600 \text{ seg/hr} = 3.6 \times 10^3 \text{ seg/hr}$$

2.- Establezcamos estos factores de conversión con el dato dado.

$$45 \frac{\text{km}}{\text{hr}} \times \frac{[10^3 \text{ m/km}]}{[3.6 \times 10^3 \text{ seg/hr}]}$$

3.- Resolvamos:

$$45\ \frac{km}{hr} = \frac{45 \times 10^3}{3.6 \times 10^3\ seg}$$

$$= 12.5\ m/seg$$

Para transformar de m/seg a km/hr se hará de forma inversa:

$$10\ \frac{m}{seg} = \frac{10\ m \times 3.6 \times 10^3\ seg/hr}{seg \times 10^3\ m/km}$$

$$= 10 \times 3.6\ km/hr$$

$$= 36\ km/hr$$

Hacerlo inmediatamente:

1.- transformar 30 km/hr a m/seg

2.- Convertir 80 km/hr a m/seg.

3.- Convertir 50 m/seg a km/hr.

LOS TRES TIPOS DE MOVIMIENTO. 5-7

Ahora sí podemos definir el movimiento, como el cambio de posición con relación a ciertos puntos fijos que se toman como referencia. Como ejemplos tenemos a un automóvil que pasa a cierta velocidad frente a una señal de la carretera ó camino; ó una bola de beisbol que es golpeada por el bateador se aleja de la base. La señal del camino y la base serán los puntos de referencia.

Esta precaución de establecer el punto de referencia al estudiar un movimiento es muy importante; en el caso de cambiar el punto de referencia, digamos, el de un automóvil que se desplaza en la misma dirección y con la misma velocidad, el conductor de uno de los automoviles observaría al conductor del otro automóvil como si éste se encontrara en reposo. Por lo que podemos comprender que el punto de referencia debe ser fijo para simplificar el problema.

Ya que estamos analizando lo que es el movimiento, podemos

empezar a diferenciar entre los tres tipos de movimiento que existen: **Traslación, Rotación y Vibración:** Haciendo primeramente la aclaración de que, aunque otros textos les han dado nombres distintos, básicamentd son losa mismo tipos.

Un cuerpo efectúa una **traslación**, cuando todos sus puntos describen trayectorias de igual forma, entendiendo por trayectoria una línea determinada al unir todos los puntos por los cuales ha pasado el cuerpo; puede ser rectilínea, circular, curvilínea en general ó elíptica (como la de los planetas).

En nuestro caso, consideremos el estudio del movimiento de traslación en trayectorias rectilíneas inicialmente y circulares en el próximo curso.

El movimiento de **rotación**, es aquel en el que cada punto del cuerpo describe una trayectoria circular alrededor de algún punto que sirve como eje de rotación. Como ejemplo podríamos citar al movimiento de rotación de la Tierra, en el que cada uno de sus puntos, tarda 24 horas en volver a su posición original.

La tercera clase o tipo de movimiento es la más interesante de todas y requiere de un buen análisis que haremos posteriormente en nuestros cursos. Se trata del movimiento de **Vibración**, que también puede ser llamado de **vaivén**, movimiento **periódico** ó movimiento **oscilante.**

Este movimiento se caracteriza porque sigue un patrón cíclico de repetición, esto nos quiere decir, que las distintas fases del movimiento se van repitiendo una y otra vez.

El más común y más importante de los movimientos periódicos, es el movimiento armónico simple. Por ejemplo, un cuerpo que sube y baja suspendido de un resolrte cilíndrico vertical; ó el de un péndulo que se balancea, en el que el cuerpo colocado en el extremo, desciende describiendo el arco de un círculo y va cobrando velocidad al caer; cuando la cuerda (o barra) del péndulo alcanza la vertical, la velocidad del cuerpo es mayor, luego, empieza a subir, perdiendo velocidad hasta que por un momento se detiene en el punto más elevado, pero sólo por un momento, ya que cae nuevamente, aumentando la velocidad y Volviendola a perder, como antes hasta alcanzar finalmente el punto de partida.

"ACELERACIÓN"

Algunos de los efectos de la aceleración son conocidos por todo el mundo. Es la aceleración y no la rapidez, la que sentimos cuando un elevador baja o sube de repente. La sensación que experimentamos en el estómago solo ocurre al cambiar la rapidez, no la sentimos durante la mayor parte del trayecto en el que el elevador está funcionando a un paso regular. De igual forma, las emociones de la montaña rusa y otros juegos similares en los parques de diversiones resultan de la aceleración inesperada. Esto lo comprenderás mejor al finalizar esta unidad, ya que serás capaz de:

OBJETIVOS:

1.- Definir el concepto aceleración

2.- Distinguir entre aceleración, aceleración uniforme y aceleración variable.

3.- Reconocer el movimiento rectilíneo (uniforme y uniformemente acelerado)

4.- Mencionar las unidades de velocidad y aceleración.

5.- Calcular a partir de la definición, la aceleración de un cuerpo.

6.- Graficar, a partir de datos obtenidos en experimentación, sobre un par de ejes coordenados, --

la aceleración uniforme.

7.- Reconocer las cuatro ecuaciones generales del - movimiento acelerado.

8.- Seleccionar la ecuación adecuada para la solución de problemas de movimiento uniformemente - acelerado.

9.- Aplicar las ecuaciones generales del movimiento acelerado, en la solución de problemas.

PROCEDIMIENTO.

1.- Lee el capítulo VI en forma general y rápida.

2.- Una segunda lectura para subrayar lo más importante.

3.- Extracta un resumen del capítulo

4.- Haz un poster con las 4 ecuaciones generales -- del movimiento acelerado

5.- Analiza los problemas resueltos en forma minuciosa.

6.- Resuelve los problemas de la autoevaluación, -- tratando de llegar a los resultados que se te - indican.

PRE-REQUISITO

Para tener derecho a presentar esta unidad, deberas entregar, en hojas tamaño carta completamente resueltos los problemas del 8 al 14 del capítulo -- VII de tu libro.

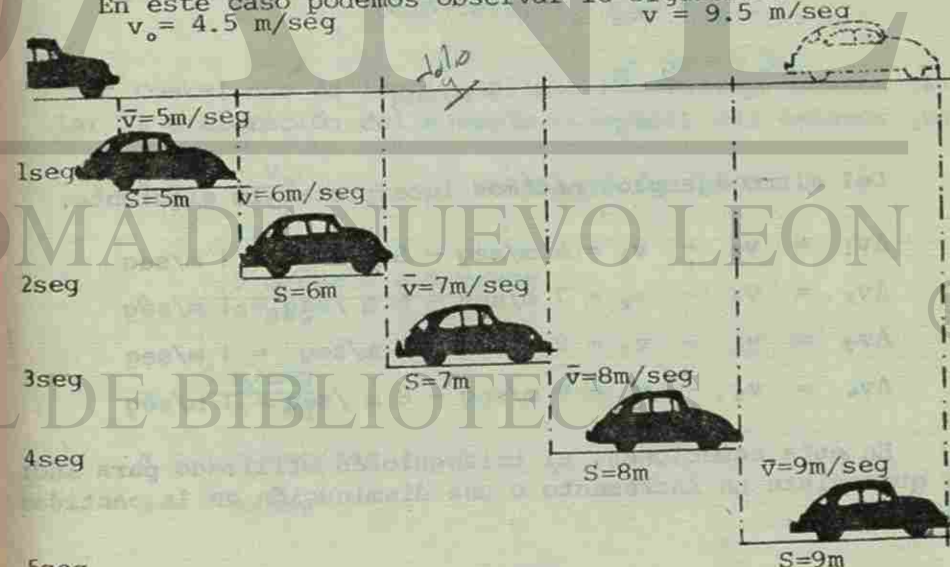
CAPITULO VI

A C E L E R A C I Ó N.

6-1 VELOCIDAD VARIABLE.

Analicemos el siguiente suceso: un conductor checa un velocímetro especial de su automóvil cuando pasa por un punto marcado como 0 (cero) u origen, e indica 4.5. m/seg y su cronómetro marca 3 seg. Al pasar por una marca a los 5 m del punto de su origen, su cronómetro marca 4 seg. Al pasar por una marca a los 11 m, indica 5 seg, a los 18 m, indica 6 seg; a los 26 m, indica 7 seg y a los 35 m indica 8 seg, y en su - velocímetro marca una velocidad de 9.5 m/seg.

En este caso podemos observar lo siguiente:



$d_1 = 5\ m - 0 = 5\ m \qquad t_1 = 4\ seg - 3\ seg = 1\ seg$

$d_2 = 11\ m - 5\ m = 6\ m \qquad t_2 = 5\ seg - 4\ seg = 1\ seg$

$d_3 = 18\ m - 11\ m = 7\ m \qquad t_3 = 6\ seg - 5\ seg = 1\ seg$

$d_4 = 26\ m - 18\ m = 8\ m \qquad t_4 = 7\ seg - 6\ seg = 1\ seg$

$d_5 = 35\ m - 26\ m = 9\ m \qquad t_5 = 8\ seg - 7\ seg = 1\ seg$

Es decir, se están recorriendo distancias distintas en intervalos iguales de tiempo y esto es la definición de velocidad variable, ya que si calculamos la velocidad media en cada intervalo de tiempo en el ejemplo, obtenemos:

$$\bar{v}_1 = \frac{5\ m}{1\ seg} = 5\ m/seg$$

$$\bar{v}_2 = \frac{6\ m}{1\ seg} = 6\ m/seg$$

$$\bar{v}_3 = \frac{7\ m}{1\ seg} = 7\ m/seg$$

$$\bar{v}_4 = \frac{8\ m}{1\ seg} = 8\ m/seg$$

$$\bar{v}_5 = \frac{9\ m}{1\ seg} = 9\ m/seg$$

Del mismo ejemplo, podemos interpretar lo siguiente:

$$\Delta v_1 = v_2 - v_1 = 6\ m/seg - 5\ m/seg = 1\ m/seg$$

$$\Delta v_2 = v_3 - v_2 = 7\ m/seg - 6\ m/seg = 1\ m/seg$$

$$\Delta v_3 = v_4 - v_3 = 8\ m/seg - 7\ m/seg = 1\ m/seg$$

$$\Delta v_4 = v_5 - v_4 = 9\ m/seg - 8\ m/seg = 1\ m/seg$$

En esta acuaciones, el triángulo es utilizado para indicar que existe un incremento o una disminución en la cantidad que se trate.

Es decir, en cada segundo de tiemp transcurrido, el auto está aumentando su velocidad en 1 m/seg, y la definición de aceleración específica, que es el cambio de velocidad por unidad de tiempo, por lo tanto, la observación anterior se podría expresar como sigue:

La velocidad del cuerpo está cambiando a razón de 1 m/seg cada segundo igual a:

1 m/seg/seg

ó 1 m/seg^2.

Claro que la observación hecha en el ejemplo es damasiado sencilla, pero sin necesidad de hacer lo anterior, podríamos calcular la aceleración conociendo por lo menos tres de los siguientes datos:

Velocidad inicial, velocidad final, distancia total recorrida y tiempo total.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad \text{por definición} \tag{4}$$

$$a = \frac{v - v_o}{t - t_o} \tag{5}$$

$$a = \frac{v - v_o}{t} \quad \text{Si se toma el tiempo de partida como cero, } t_o = 0 \tag{6}$$

Con el uso de las ecuaciones anteriores podemos calcular la aceleración del ejemplo anterior, así tenemos que:

$$a = \frac{v - v_o}{t - t_o} \quad \text{sustituyendo datos}$$

$$a = \frac{9.5\ m/seg - 4.5\ m/seg}{8\ seg - 3\ seg}$$

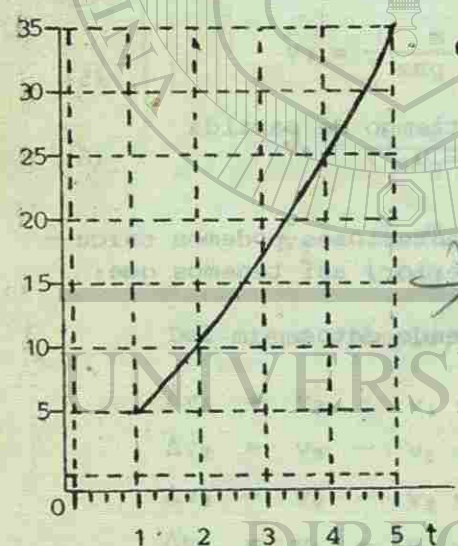
$$a = \frac{5\ m/seg}{5\ seg}$$

$$a = 1\ m/seg/seg$$

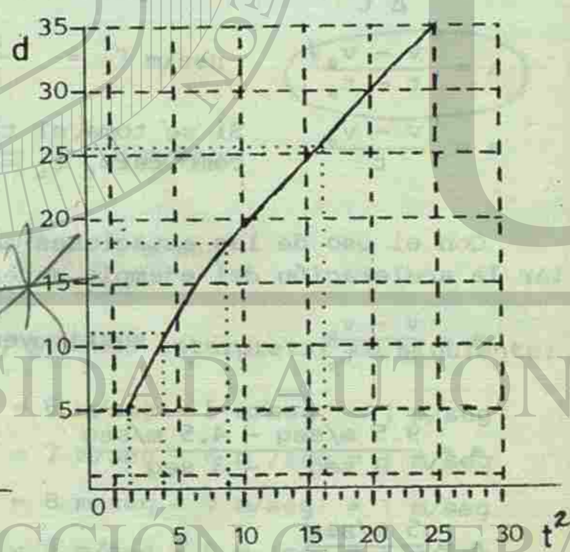
$$a = 1\ m/seg^2$$

Analicemos el problema en forma gráfica. Para ello estableceremos los datos en el siguiente cuadro:

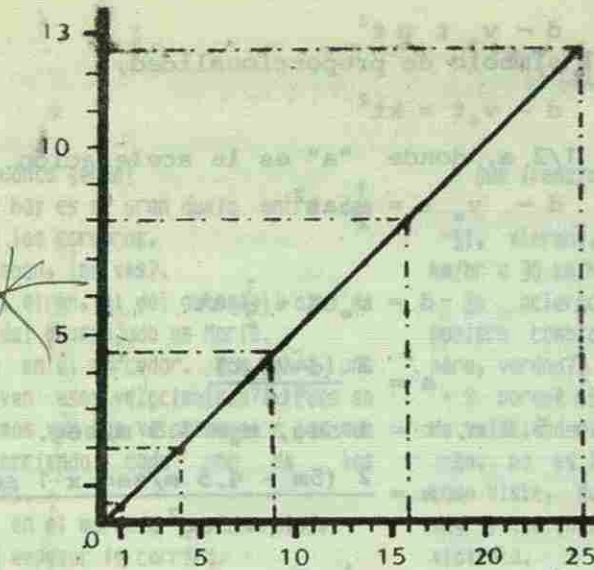
1	v_o	4.5m/seg	4.5m/seg	4.5m/seg	4.5m/seg	4.5m/seg	4.5m/seg
2	d	5 m	11 m	18 m	26 m	35 m	0
3	t	1 seg	2 seg	3 seg	4 seg	5 seg	0
4	t^2	1 seg^2	4 seg^2	9 seg^2	16 seg^2	25 seg^2	0
5	$v_o t$	4.5m	9.0 m	12.5 m	18.0 m	22.5 m	0
6	$d-v_o t$	0.5m	2.0 m	4.5 m	8.0 m	12.5 m	0



Gráfica 6 A.



Gráfica 6 B.



Gráfica 6 C.

Los renglones 1, 2 y 3 del cuadro anterior, son datos del problema. Las cantidades del renglón 4 se obtienen elevando al cuadrado los datos del renglón 3. El renglón 5 se obtiene multiplicando cada uno de los datos del renglón 1 con los del renglón 3 y los del renglón 6 se obtuvieron restando los datos del renglón 2 menos los del renglón 5.

Si graficamos los datos del renglón 2 con los del renglón 3, obtenemos la gráfica 6 A, la cual nos da una línea curva.

Si graficamos los datos del renglón 2 con los del renglón 4, obtenemos la gráfica 6 B.

Y graficando los datos del renglón 6 con los del renglón 4, obtenemos la gráfica 6 C. En esta gráfica obtenemos una línea recta.

Haciendo la misma consideración que se hizo con la gráfica de movimiento constante, ya que obtuvimos una línea recta, tenemos:

$d - v_o\, t \;\alpha\; t^2$

quitando el símbolo de proporcionalidad,

$$d - v_o t = kt^2$$

siendo k = 1/2 a, donde "a" es la aceleración.

$$d - v_o\, t = \frac{1}{2}\, at^2$$

despejando

$$d = v_o\, t + \frac{1}{2}\, at$$

$$a = \frac{2\ (d - v_o\, t)}{t^2}$$

Ejemplo: d = 5.0 m, t = 1 seg, v_o = 4.5 m/seg.

$$a = \frac{2\ (5m - 4.5\ m/seg \times 1\ seg}{1\ seg^2}$$

$$a = \frac{1\ \ m}{1\ seg^2}$$

$$= 1\ m/seg$$

También podemos concluir con las consideraciones de la gráfica 6 C que las distancias obtenidas en el renglón 6, son las distancias recorridas por el movimiento debido exclusivamente por la aceleración y las distancias obtenidas en el renglón 5 son las debidas a la velocidad incial como si actuará como una velocidad constante.

$$d\ \alpha\ t^2$$

$$d = Kt^2$$

Ejemplo:

$$d = \frac{1}{2}\ at^2$$

$$d = 12.5m,\ t = 5seg,\ a = ?$$

despejando: $a = 2d/t^2$

$$a = 2x12.5m/25\ seg^2$$

$$a = 1\ m/seg^2$$

LA GRAN CARRERA (CUENTO)

- Miren cuánta gente!
- Es que hoy es el gran duelo entre dos grandes en las carreras.
- Oye Esteban, los ves?.
- Sí, sí, miren, el del automóvil azul es Raúl y el del anaranjado es Mario.
- Fíjense en el marcador. Hoy habrá una novedad, ven esos velocímetros?. Pues en ellos podemos ver las velocidades a las que vayan corriendo cada uno de los competidores.
- Además, en el marcador hay un reloj.
- Ya va a empezar la carrera.
- Yo le voy a Mario.
- Cállense que ya empieza.
- Vieron?. Qué acelerón dio Mario!.
- Qué es la aceleración?
- Cuando un cuerpo, por ejemplo, el automóvil, cambia su velocidad, se dice que está experimentando una aceleración. Como. vieron, Raúl cambio su velocidad de 0 (ya que estaba parado o en reposo) a 60 km/hr.
- Por lo tanto aceleró.
- Mario también aceleró, pues cambio su velocidad.
- Sí, pero solamente de 0 a 40 km/hr.
- No dejes que te rebasen, Raúl.
- Aaaah...
- Malvado gato, al atravesarse ocacionó que Mario frenase.
- Entonces al frenar, cambio su velocidad, verdad?.
- Y por lo tanto, también aceleró.
- Sí, pero ahora la aceleración fue negativa.
- Que frenazo tan brusco dio Mario!.
- Sí, vieron?, cambio su velocidad de 200 km/hr a 30 km/hr en 5 seg.
- Su acleración hubira sido otra si hubiera cambiado su velocidad en media hora, verdad?.
- Y porqué otra aceleración si el cambio de velocidad es el mismo?.
- No, no es la misma aceleración porque, como viste, Mario cambio su velocidad en 5 seg y lo hizo en forma tremendamente violenta.
- Si hubiera cambiado de 200 a 30 km/hr en media hora, su movimiento hubiera sido más gradual y no se habría gastado tanto las llantas.
- Sí, pues en ese caso, el cambio de velocidad hubiera ocurrido en un tiempo mayor.
- Entonces, mientras menor sea el tiempo en que ocurre un cambio de velocidad, mayor es la aceleración?.
- Así es, mayor aceleración significa cambio de velocidad más brusco.
- Mientras menor sea la aceleración, más suave será el cambio de velocidad.
- Miren, ya vienen en la recta final.
- Y Raúl viene adelante... Raúl gana!
- Que mala suerte la de Mario!, si no hubiera sido por el gato seguramente habría ganado.
- Sí, logró acercarse mucho a Raúl, a pesar de que tuvo que frenar. Recuper' mucho tiempo.

LA DISCUCION DE LA CARRERA DE AUTOS.

- Todavía no entiendo eso de que la aceleración es mayor cuando que?.
- Cuando el cambio de vel. ocurre en menor tiempo.
- Vengan y hagamos unos cálculos.
- Para empezar, calcularemos el cambio de velocidad de Mario, cuando se le cruzo el gato.

cambio de vel. = velfin - vel inic

- Entonces, cuando frenó Mario, cuál fue el cambio de velocidad?.
- La vel final fue de 30 km/hr según indicó el marcador.
-Y la vel. inic. fue de 200 km/hr.

v = 30 km/hr y v_o = 200 km/hr

- Transformando a m/seg. v = 8.33 m/seg y v_o = 55.55 m/seg.
- Por lo tanto:

cambio de vel = vel fin - vel inic

$$v = v - v_o$$

$$v = 30 \text{ km/hr} - 200 \text{ km/hr}$$

$$= 8.33 \text{ m/seg} - 55.55 \text{ m/seg}$$

$$= -47.22 \text{ m/seg}$$

- Se obtiene un número negativo! y eso?
- No te asustes, el número negativo nos indica que la velocidad del automóvil disminuye, o sea, que frenó. El coche tuvo que reducir su vel. inicial en 170 km/hr. (47.22 m/seg) para llegar a 30 km/hr (8.33 m/seg), de acuerdo?
- Susana, en cuánto tiempo frenó Mario?
- En 5 segundos.
- La aceleración de un cuerpo se define de la siguiente manera: cambio de velocidad por unidad de tiempo, y se puede calcular de la siguiente forma:

$$\text{aceleración} = \frac{\text{cambio de velocidad}}{\text{Tiempo en que ocurre el cambio de velocidad}}$$

$$a = v/\ t$$

- Sustituyendo en esta fórmula, los valores tenemos:

$$\text{aceleración} = \frac{-47.22 \text{ m/seg}}{5 \text{ seg}}$$

$$= -9.44 \text{ m/seg/seg}$$

$$= -9.44 \text{ m/seg}^2$$

- Y si hubiera frenado en media hora?
- Media hora son 1800 seg.
- En ese caso, la aceler. hubiera sido:

$$\text{aceleración} = \frac{-47.22 \text{ m/seg}}{1800 \text{ seg}}$$

$$= -0.0262 \text{ m/seg/s}$$

$$= -0.0262 \text{ m/seg}^2$$

- En este caso, el valor de la aceler. fue menor que en el primero, y tambi' recordaran, el movimiento hubiera sido m' gradual.
- Eso es lo que nos decía Hector, mientras mayor es la aceleración, más violento es el movimiento.
- Todavía estoy intrigado por lo del

signo. Daniel dice que la aceleración fue negativa porque Mario frenó. Entonces que sucedio al arrancar?
- Ya te la pusieron difícil Daniel.
- Tranquilos no se alboroten. Recordemos que Raúl arrancó y cambio su velocidad de 0 a 60 km/hr. (16.67 m/seg) en 2 segundos.
- Bien.
- En este caso:

velocidad inicial = 0 km/hr

velocidad final = 60 km/hr

= 16.67 m/seg

Cambio de velocidad = 16.67 m/seg - 0

= 16.67 m/seg

- El tiempo en que ocurrió este cambio fue de 2 segundos.

$$\text{aceleración} = \frac{16.67 \text{ m/seg}}{2 \text{ seg}}$$

$$= 8.33 \text{ m/seg/seg}$$

$$= 8.33 \text{ m/seg}^2$$

- Como pueden ver, si la velocidad disminuye, la aceleración es negativa, mientras que si la velocidad aumenta, la aceleración es positiva.
- O dicho en lenguaje más claro, si frenas, tienes aleleración negativa, y si arrancas tienes aceleración positiva

2 FORMULAS DEL MOVIMIENTO ACELERADO.

Por definición Ec. (6):

$$a = \frac{v - v_o}{t}$$

despejando, tenemos:

$$v = v_o + at$$

El espacio recorrido en el tiempo t:

$$d = \bar{v}\ t \qquad (10)$$

$$\bar{v} = (v + v_o)/2 \qquad (11)$$

Sustituyendo 11 en la Ec. 10, tenemos:

$$d = \frac{v + v_o}{2} t \qquad (II)$$

Despejando t en las Ecs. (I) y (II), tenemos:

$$t = \frac{v - v_o}{a}$$

$$t = \frac{2d}{v - v_o}$$

Dos cantidades iguales a una tercera, son iguales entre sí, por lo tanto:

$$\frac{v - v_o}{a} = \frac{2d}{v + v_o}$$

$$(v - v_o)(v + v_o) = 2d$$

$$v^2 - v_o^2 = 2ad$$

$$v^2 = v_o^2 + 2\ ad \qquad (III)$$

Sustituyendo la Ec. (I) en la Ec. (II), tenemos:

$$d = \frac{(v_o + at) + v_o}{2}\ t$$

$$d = \frac{v_o + at + v_o}{2}\ t$$

$$d = \frac{(2v_o + at)\ t}{2}$$

$$d = v_o t + (1/2)\ at^2 \qquad (IV)$$

Estas cuatro fórmulas siempre nos servirán para calcular cualquier dato que necesitemos saber: esos datos pueden ser cualquiera de las variables que intervengan en las ecuaciones.

6-3 COMO SELECCIONAR LA ECUACION ADECUADA PARA LA SOLUCION DE UN PROBLEMA DE MOVIMIENTO ACELERADO.

Para seleccionar la ecuación adecuada, en un problema de movimiento acelerado, debemos tomar muy en cuenta todos los datos del problema.

Ejemplo:

Un cuerpo parte desde el reposo y adquiere una velocidad de 12 m/seg en un tiempo de 3 seg. Calcular a) su aceleración, b) la distancia recorrida durante ese tiempo.

Solución:

Primero tenemos que identificar los datos del problema.

datos: $v_o = 0$ (Como regla general, siempre que un cuerpo parte desde el reposo la velocidad de éste es nula, por lo tanto es igual a cero. $v = 12$ m/seg. $t = 3$ seg.

Segundo paso. Debemos identificar la o las incógnitas del problema.
Incógnitas: a =? y d = ?

Tercer paso. Una vez que ya tenemos todos los datos del problema y las incógnitas bien identificadas, debemos cerciorarnos de que todos los datos estén en las mismas unidades. En el caso de que no lo estén, hay que transformarlas para que queden en el mismo sistema.

Cuarto paso. Una vez que ya hicimos los pasos anteriores, procedemos a analizar las cuatro fórmulas generales del movimiento acelerado. Este análisis es para seleccionar las fórmulas que contengan la primera incógnita.

Así tenemos que las 4 fórmulas generales son:

$$v = v_o + at \qquad (I)$$

$$d = (v + v_o)t/2 \qquad (II)$$

$$v^2 = v_o^2 + 2ad \qquad (III)$$

$$d = V_o t + (1/2)\, at^2 \qquad (IV)$$

Notamos que en las ecuaciones I,III, y IV aparece la primera incógnita, o sea la aceleración (a) y posiblemente podemos resolver directamente el problema.

Quinto paso. Este paso consiste en descartar las fórmulas que contengan otra incógnita. Por ejemplo, en la ecuación III tenemos la aceleración de incógnita, pero también tenemos la distancia que es otra incógnita y la ecuación no se puede resolver por tener dos. La única ecuación con la cual podemos calcular directamente la aceleración es la Ec. .

$$V = V_o + at$$

Despejando la incógnita:

$$a = (V - V_o)/t$$

Sustituyendo:

$$a = \frac{12 \text{ m/seg} - 0}{3 \text{ seg}}$$

$$a = 4 \text{ m/seg}^2$$

Ahora suponiendo que no hemos calculado nada, procedamos a hacer lo mismo para calcular la distancia. Identificamos las fórmulas que contienen distancia: Ecs. II,III y IV; Al igual que cuando calculamos la aceleración, identifiquemos la Ec. que contiene únicamente la incógnita. Como supusimos que no se había calculado nada, entonces la única fórmula que nos queda es la Ec. II.

$$d = (V - V_o)t/2$$

Sustituyendo datos:

$$d = \frac{(12 \text{ m/seg} + 0) \times 3 \text{ seg}}{2}$$

$$= 18 \text{ m}$$

Como comprobación de los resultados obtenidos, escojamos una ecuación cualquiera y sustituimos todos los valores, tenemos que llegar a la igualdad. Así que:

$$(12 \text{ m/seg})^2 = (0)^2 + 2(4 \text{ m/seg}^2)(18 \text{ m})$$

$$144 \text{ m}^2/\text{seg}^2 = 144 \text{ m}^2/\text{seg}^2$$

Como nos dió una igualdad, esto nos indica que los resultados que obtuvimos de la aceleración y la distancia son correctos.

Ejemplo 3.

Un tren viaja a 5 m/seg cuando de repente se abre completamente el acelerador durante una distancia de 1 km. Si la aceleración es de 0.1 m/seg2 cuál es la velocidad final?

Solución: Si analizamos las 4 fórmulas generales del movimiento acelerado, vemos que sólo la Ec. III se puede usar, ya que conocemos la velocidad inicial, la aceleración y la distancia recorrida en la cual queda una sola incógnita (v), y por sustitución directa en esta ecuación, tenemos:

$$v^2 = (5 \text{ m/seg}^2) + 2().1 \text{ m/seg}^2)(1000 \text{ m})$$

$$v^2 = 25 \text{ m}^2/\text{seg}^2 + 200 \text{ m}^2/\text{seg}^2$$

$$v^2 = 225 \text{ m}^2/\text{seg}^2$$

$$v = (225 \text{ m}^2/\text{seg}^2)^{1/2}$$

$$v = 15 \text{ m/seg}$$

Nota:
Siempre hay que trabajar con un sólo tipo de unidades, por eso se transformó la distancia en este ejemplo, de km a m.

Ejemplo 4.

Un avión de reacción, partiendo desde el reposo, al final de la carrera adquiere una rapidez de despegue de 270 km/hr en una distancia de 2200 m. Calcular: a) el tiempo para lograr el despegue, b) la aceleración en m/seg.

Solución: a) Para calcular el tiempo, analizamos las 4 fórmulas generales y sólo podemos usar la Ec. (II), ya que nos queda una incógnita conociendo la velocidad inicial, velocidad final y la distancia.

$$d = (v - v_o)t/2$$
$$t = 2d/\ (v + v_o$$
$$= 2 \times 2200 \text{ m}/75 \text{ m/seg} + 0$$
$$= 58.67 \text{ seg.}$$

b) Para calcular la aceleración, ya conociendo el tiempo, podemos usar las Ecs. (I), (III) y (IV). Pero por facilidad, usamos la Ec. (I).

$$v = v_o + at$$
$$a = (v + v_o)/t$$
$$a = (75 \text{m/seg} - 0)/58.67 \text{ seg}$$
$$a = 1.28 \text{ m/seg}^2$$

GALILEO DESCRIBE EL MOVIMIENTO.

LA TEORIA ARISTOTELICA DEL MOVIMIENTO.

En este capítulo seguiremos el desarrollo de una parte importante en la investigación básica: el estudio que hizo Galileo sobre los cuerpos en caída libre. Este fenómeno es interesante en sí mismo, pero lo que más nos va a interesar ahora es la forma en que Galileo, quien fue uno de los primeros científicos modernos, presentó su argumento. Su manera de ver el mundo, su modo de pensar, su uso de las matemáticas y su confianza en las pruebas experimentales sentaron las bases de la ciencia moderna. Por lo tanto estos aspectos de su obras son tan importantes para nosotros como los resultados reales de su investigación.

Para poder entender la naturaleza y la importancia de la obra de Galileo, primero debemos examinar el sistema de pensamiento físico que existía anteriormente, y al cual sus ideas llegaron a reemplazar finalmente. La ciencia física de la de la Edad Media, tal como la aprendió Galileo en la Universidad de Pisa, hacía una gran distinción entre los objetos de ls tierra y el cielo. Se creía que la materia terrestre o sea aquélla que estaba sobre o cerca de la tierra, contenía una mezcla de cuatro **elementos: Tierra, Agua, Aire y Fuego.** Estos elementos no eran considerados como idénticos a los materiales naturales cuyo nombre portaban; por ejemplo se creía que el agua común era una mezcla de los cuatro elementos, pero sobre todo del elemento Agua. Se suponía que cada uno de los cuatro elementos tenía un lugar natural dentro de la región terrestre: el lugar más alto lo tenía el Fuego, después seguía el Aire, luego el Agua y en el último lugar venía la Tierra. Se creía además que cada uno trataba de encontrar su lugar propio. Así tenemos que el Fuego, si se ponía en un lugar inferior a su posición natural, trataría de pasar por encima del Aire y en foema similar, el Aire tendería a elevarse sobre el Agua, mientras que la Tierra tendería a caer a través tanto del Aire como del Agua. El movimiento de cualquier objeto real dependía de su mezcla especial de estos cuatro elementos y de sus situación en relación a los lugares naturales de ellos. Por ejemplo, cuando el agua hierve, el elemento Agua se unía al Fuego y éste cuyo lugar natural era superior, hacía que la mezcla se elevara en forma de vapor. Por otro lado, una piedra estaba compuesta principalmente del elemento Tierra y por lo tanto, caería si se le soltara y pasaría a través del Fuego, el Aire y el Agua hasta llegar al suelo, que era su lugar natural.

Los pensadores medievales también creían que las estrellas, los planetas y otros cuerpos **celestiales** tenían una composición distinta y otro tipo de comportamiento que los objetos que estaban sobre o cerca de la tierra. Se creía que los cuerpos celestiales no contenían ninguno de los cuatro elementos ordinarios, sino solamente un quinto elemento, **la quinta esencia.** La diferncia en composición requería de una física distinta y así tenemos que el movimiento natural de los cuerpos celestes no consistía de elevaciones ni caídas sino de un eterno trayecto de círculos alrededor del centro del Universo, que era considerado como idéntico al centro de la Tierra. Los cuerpos celestes, aunque se movían, siempre estaban en su lugar natural y en esta forma se diferenciaban de los objetos terrestres que solamente tenían movimiento natural cuando regresaban a los lugares naturales de donde habían sido desplazados.

Esta teoría, tan difundida en los tiempos de Galileo, se había originado casi 2,000 años atrás en el Siglo IV A.C. y la encontramos claramente asentada en los escritos del filósofo griego Aristóteles. Esta ciencia física, que fue establecida sobre el orden, la clase, el lugar y el propósito, parecía encajar bien con las observaciones cotidianas y era especialmente creíble en sociedades como las que les tocó vivir a Aristóteles y Galileo, en que las ideas de rango y orden predominaban sobre los asuntos humanos. Más aún, estas ideas sobre la materia y el movimiento eran parte de un esquema global universal, llamado **cosmología.** En ella, Aristóteles tabajó y luego regresó a Macedonia para convertirse en el tutor privado de Alejandro el Magno. En 335 A.C., Aristóteles regresó a Atenas y fundó el Liceo, una escuela y centro de investigaciones.

Después de la caída de la antigua civilización griega, los escritos de Aristóteles permanecieron casi en el olvido en Europa Occidental durante 1,500 años. Fueron redescubiertos en el Siglo XIII de nuestra era y pronto empezaron a moldear el pensamiento de los eruditos y teólogos cristianos. Aristóteles constituyó una influencia tan grande al final de la Edad Media, que se le llamaba simplemente "el filósofo".

La obra de Aristóteles forma casi una enciclopedia del pensamiento griego de la antiguedad. Hay partes que son sólo el resumen de la obra de otros hombres, pero gran parte de ella se supone que fue creada por el mismo Aristóteles, aunque hoy en día es difícil creer que un sólo hombre haya podido estar tan bien informado sobre temas tan diferentes como son la lógica, filosofía, teología, física, astronomía, psicología, políticay literatura. Algunos eruditos llegan incluso a pensar que no se trató del trabajo de un sólo hombre.

Desgraciadamente, las teorías de Aristóteles con respecto a la física tenían ciertas limitaciones. (lo cual no quiere decir por supuesto, que no haya tenido logros muy grandes en otros terrenos). Según Aristóteles, la caída de un objeto pesado hacia el centro de la tierra es un ejemplo del movimiento **natural**. El creía, evidentemente, que un objeto después de que se suelta, pronto alcanza una rapidez final de caída que mantiene hasta el final del trayecto. Que factores son determinantes en la rapidez final de un objeto que cae? Todos hemos observado que una roca cae más rápidamente que una hoja. Por lo tanto, Aristóteles razonó que el peso es un factor que gobierna la rapidez de caída. Esto encajaba bien con la idea de que la causa del peso era la presencia del elemento Tierra, cuyo movimiento natural era caer hacia el centro de la tierra, por lo que un objeto peasado que tuviera un mayor contenido de la Tierra, tendría una tendencia más fuerte a caer hacia su lugar natural y de ahí que una tendencia más fuerte creara una mayor rapidez de caída.

Un mismo objeto cae más lentamente en el agua que en el aire, así que Aristóteles razonó que la resistencia del medio también debería afectar el movimiento. Otros factores, tales como el color o la temperatura del objeto en cuestión, también cambiarían el ritmo de caída; pero Aristóteles decidió que tales influencias no deberían ser importantes, y concluyó que el ritmo de caída debería aumentar en proporción del peso del objeto y disminuir en proporción a la fuerza de resistencia del medio. El ritmo real de caída en cualquier caso especial, podría averiguarse dividiendo el peso entre la resistencia.

Aristóteles también nos habló del movimiento **violento**, es decir, cualquier movimiento de un objeto que no fuera a su "lugar natural". Decía que un movimiento de esa naturaleza siempre debe ser causado por una **fuerza**, y la rapidez del movimiento debe aumentar si la fuerza aumenta y si se quita

ésta, el movimiento debe detenerse. Esta teoría concuerda con nuestra experiencia común, digamos, al empujar una silla o una mesa sobre el suelo, pero no encaja tanto si tomamos un objeto que eslanzado por los aires, puesto que continúa moviéndose aun después de que se ha eliminado la fuerza que lo impulsó. Para explicar este tipo de movimiento, Aristóteles propuso que el aire ejercía de alguna manera, una fuerza propia que mantiene el movimiento del objeto.

Hubo científicos después de Aristóteles que sugirieron que se hicieran ciertos cambios en su teoría del movimiento. Por ejemplo, en el Siglo V de nuestra era, Juan Philoponus de Alejandría negó la teoría anterior diciendo que la rapidez de un objeto en movimiento natural debía obtenerse restando la resistencia del medio al peso del objeto. (Recordarán que Aristóteles recomendaba dividir entre la resistencia). Philoponus sostenía que su trabajo experimental apoyaba su teoría, aunque no reportó los detalles. Solo dijo que había observado que el objeto pesado no llegaba al suelo en la mitad del tiempo que el ligero.

Había otras dificultades más con respecto a la teoría aristotélica del movimiento y sin embargo, el saber que sus enseñanzas tenían fallas no mermó su influencia en las universidades de Francia e Italia durante los Siglos XV y XVI. Después de todo, esta teoría concordaba con muchas de las experiencias ordinarias de una manera general, aunque cualitativa. Además, el estudio del movimiento a través del espacio solo era de interés para unos cuantos eruditos, de la misma forma que había sido sólo una pequeña parte de la obra misma de Aristóteles.

Hubo otras influencias que impidieron el surgimiento de cambios en la teoría del movimiento. En primer lugar, Aristóteles creía que las matemáticas tenían un valor muy reducido en la descripción de los fenómenso terrestres. En segundo término, le dió un gran énfasis a la observación directa y cualitativa como base para formar teorías. Esta fue muy útil para él en sus trabajos de biología, pero en realidad no se hizo un progreso verdadero en la física hasta que los científicos no reconocieron el valor de la predicción matemática y de las medidas detalladas.

Un gran número de eruditos de los Siglos XV y XVI tomaron parte en este cambio para lograr un nuevo modo de hacer ciencia. Pero de todos ellos, Galileo nos mostró cómo describir matemáticamente los moviemientos de los objetos simples y comunes, como piedras que caen y pelotas que ruedan sobre un plano inclinado. Su obra sentó las bases para que otros eruditos descubrieran y explicaran el movimiento de todas las cosas, desde piedrecillas hasta planetas y también fue él que inició la revolución intelectual que nos llevó a lo que hoy consideramos como la ciencia moderna.

Fragmento de Los Dos Mayores Sistemas del Mundo: Simplicio representa a la perfección el punto de vista aristotélico, Salviati presenta los nuevos ideas de Galileo y Sagredo es un hombre de buena voluntad y espíritu abierto, deseoso de aprender. Con el tiempo, por supuesto, Salviati guía a sus compañeros hacia las ideas de Galileo. Vamos a oir a los tres personajes de este libro cuando tratan los problemas de caída libre.

- Duda mucho que Aristóteles hubiera experimentado, si es cierto que dos piedras, una con peso 10 veces mayor que la otra, a las cuales se les deja caer al mismo tiempo de una altura de, digamos 100 codos, variarían tanta en su rapidez que cuando la más pesada cayera al suelo, la otra no hubiera descendido más de 10 codos. (1 codo = 50.8 cm aprox.)

- Pero su lenguaje parece indicar que si realizó el experimento pueso que dice: Vemos lo mayor; ahora bien, la palabra vemos indica que realizó el experimento.

Pues en cuanto a mi, Simplicio, te diré que he probado el experimento y te puedo asegurar que una bala de cañon que pese cien o doscientas libras, o aún más, no llegaránantes que una bala de mosquete que solo pese medio libra, siempre y cuando ambas caigan de una altura de 200 codos.

- Pero, sin ningún experimento más, es posible probar claramente, por medio de un argumento reducido y concluyente, que un cuerpo maPh's pesado no se mueve más rapidamente que uno ligero, siempre y cuando los dos sean del mismo material mencionaba Aristóteles. Pero dime Simplicio, Admites que un cuerpo al caer adquiere una cierta rapidez fijada por la Naturaleza, Que no puede aumentarse ni disminuirse a no ser que se use violencia o resistencia?.

- No hay ninguna duda de que un mismo cuerpo, moviendose en un solo medio, tiene una rapidez fija que está determinada por la naturaleza y que no puede ser aumentado a menos que se añada ímpetu, ni disminuido, con excepción de que haya alguna resistencia que la retarde.

- Entonces, si tomamos dos cuerpos, cada uno de los cuales tiene una rapidez natural distinta, es claro que al unirse, el más veloz se verá retardado parcialmente por el más lento y este último se verda acelerado de algún modo por el primero. No estás de acuerdo conmigo en esta opinión?.

- Sin duda tienes razón.

- Pues si esto es cierto, y si una piedra grande se mueve a una rapidez, digamos, ocho, mientras una más pequeña se mueve a una rapidez de cuatro, entonces al unirlas, el conjunto se moverá a una rapidez menor que ocho, aunque las dos unidas formen una piedra más grande que la que se movía antes a una rapidez de ocho. Por lo tanto el cuerpo más pesado se mueve con menos rapidez que el ligero, lo cual es un efecto contrario al de tu suposición. Ahora tes das cuenta de como, a partir de tu creencia de que un cuerpo más pesado se mueve más rapidamente que uno ligero, yp infiero que el más pesado se mueve con mayor lentitud.

- Estoy totalmente perdido... Esto es realmente, algo que escapa a mi comprensioh'n... Tu argumento es verdadero mente admirable; sin embargo, me es dificil de creer que un perdigón caiga en forma tan ligera como lo hace una bala de cañon.

- Por que no decir que un grano de arena cae tan rapidamente como un afilador? Sin embargo, Simplicio, espero que no seguiras el ejemplo de aquellos que desvián la discución de su proposito principal y se aferran a alguna de mis afirmaciones que es falla en la medida del ancho de un cabello, y que quieras esconder bajo este cabello la falla de otra que es tan grande como el cable de un buque. Aristóteles dice que una bala de hierro de 100 libras que caiga de una altura de 100 codos llega al suelo antes que una bala de una libra que haya caído al suelo de una altura de solo un codo. Yo digo que llegan al mismo tiempo si caen de la misma altura. Si se hace un experimento, se verá que la mayor aventaja a la pequeña por el ancho de dos dedos...Ahora bien, no pretenderas esconder tras estos dos dedos los 99 codos de Aristóteles, ni tampoco mencionar mi pequeño error y al mismo tiempo callar sobre el gran error de el.

"CAIDA LIBRE"

Aristóteles dice que "Una bala de hierro de -- 100 libras que caiga de una altura de 100 codos llega al suelo antes que un bala de una libra que haya caído al suelo desde su altura de un codo". Yo digo que llegan al mismo tiempo si se lanzan desde la misma altura.

OBJETIVOS.

1.- Identificar los movimientos de caída libre y de tiro vertical.

2.- Transformar las 4 ecuaciones del movimiento acelerado para emplearse en el caso particular de caída libre.

3.- Resolver a partir de datos apropiados, problemas de caída libre.

4.- Usar las condiciones especiales, para el caso particular del tiro vertical para poder emplear las ecuaciones generales del movimiento acelerado.

5.- Resolver, a partir de los datos apropiados, la velocidad y altura en cualquier punto dado de un cuerpo que es lanzado verticalmente hacia -- arriba.

PROCEDIMIENTO.

1.- Lee el tema de "Galileo Galilei"
Lee en forma general el capítulo VII.

2.- Una segunda lectura del capítulo para que subrayes lo más importante.

3.- Escribe en tu libreta un resumen del capítulo.

4.- Analiza despacio los ejemplos resueltos.

5.- Resuelve problemas de la autoevaluación, siguiendo el procedimiento de los ejemplos resueltos, tratando de llegar a las respuestas dadas al final del problema.

PRE-REQUISITO.

Para tener derecho a presentar esta unidad deberás entregar, en hojas tamaño carta, los problemas de caída libre y tiro vertical del capítulo VII.

1

Dra

CAPITULO VII

C A I D A   L I B R E.

En el ataque de Galileo contra la cosmología aristotélica casi no hay detalles que sean nuevos. Sin embargo, su enfoque y sus descubrimientos en conjunto constituyeron la primera presentación efectiva de la ciencia del movimiento. Galileo estaba consciente de que el entender el movimiento de caída libre se tiene la clave parfa comprender todos los movimientos en los objetos de la naturaleza. El saber **cuál** era el fenómeno clave fue un toque genial, pero en muchos aspectos Galileo trabajaba simplemente como lo hacen en general todos los científicos. Su enfoque del problema del movimiento nos ofrece un buen **caso de estudio**, como introducción a las estrategias de investigación que todavía se usan en la **ciencia.**

7-1 CAIDA LIBRE.

Los cuerpos en caída libre no son más que un caso particular del movimiento acelerado (velocidad variable), con característica de que la aceleración es la debida a la gravedad.

La aceleración de un cuerpo en caída libre (despreciando la resistencia del aire), es constante para cada lugar de la Tierra y varía reloativamente poco de un punto a otro.

Su valor ees :

$$g = 9.8 \text{ m/seg2} \text{ ó } g = 980 \text{ cm/seg2}.$$

Para nuestros cálculos:

$$g = 10 \text{ m/seg2} \text{ ó } 1000 \text{ cm/seg2}.$$

Antes de iniciar el ejem. 5, mencionaremos que en caída libre se emplean las fórmulas del movimiento acelerado (las 4 fórmulas generales), con la única diferencia de que la aceleración en caída libre (g) es constante para todos los cuerpos, no importando el material de que está constituido y que para facilidad de nuestros cálculos emplearemos 10 m/seg2 en el sistema M.K.S. y 1000 cm/seg2 en el sistema c.g.s. Y la velocidad inicial ser' igual a cero. vo = 0.

Ejemplo 5.

Se suelta una piedra desde 45 m de altura. Calcular: con qué velocidad llegará al suelo? b) Cuánto tiempo empleará en llegar al suelo?

Solución:

Analicemos despacio este fenómeno. Lo haremos viendo qué sucede en cada seg. de tiempo de caída.

1o. Que sucedederia en el primer seg. de vuelo de la piedra?.

Existiría una distancia recorrida debido a la aceleración, la cual podemos calcular empleando la ecuación IV.

$$d_1 = v_o t + (1/2)at^2$$

$= 0 \times 1 \text{ seg} + 1/2(10\text{m/seg}^2)(1\text{seg}^2)$

$= 0 + 5 \text{ m}$

$= 5 \text{ m}$

Por la fórmula I tenemos la vel. final de este primer seg.

$$v = v_o + at$$

$= 0 + 10 \text{ m/seg}^2 \times 1 \text{ seg}$

$= 10 \text{ m/seg}$

2o. Qué sucedería en el siguiente seg? Recorrerá una distancia en este tiempo. Para este lapso de tiempo (1 seg) usaremos la vel. final del paso anterior, $v_o = 10$ m/seg.

$$d_2 = v_o t + (1/2)\, at^2$$

$= 10 \text{ m/seg} \times 1\text{seg} + 1/2(10\text{m/seg}^2)(1\text{seg})^2$

$= 10 \text{ m} + 5 \text{ m}$

$= 15 \text{ m}$

Y la velocidad al finalizar la etapa:

$$v = v_o + at$$

$= 10 \text{ m/seg} + (10 \text{ m/seg}^2)(1\text{seg})$

$= 10 \text{ m/seg} + 10 \text{ m/seg}$

$= 20 \text{ m/seg}$

Distancia hasta aquí:

$d_2 = 5 \text{ m} + 15 \text{ m}$

$= 20 \text{ m}$

3o. Que sucedería en el tercer seg. Existirá también una distancia recorrida en este tiempo y también para ello usaremos como vel. inicial la vel. final del paso anterior. $v_o = 20$ m/seg.

$$d_3 = v_o t + (1/2)at^2$$

$= (20\text{m/seg})(1\text{seg}) + 1/2(10\text{m/seg}^2)(1\text{seg})^2$

$= 20 \text{ m} + 5 \text{ m}$

$= 25 \text{ m}$

Y la vel. al finalizar la etapa:

$$v = v_o + at$$

$= 20 \text{ m/seg} + (10\text{m/seg})(1\text{seg})$

$= 30 \text{ m/seg}$

$$d = d_1 + d_2 + d_3$$

$= 5 \text{ m} + 15 \text{ m} + 25 \text{ m}$

$= 45 \text{ m}$

Por deducción obtendremos que recorrió 45 m en 3 seg y q la vel. final (choque es de 30 m/seg).

Estos pasos anteriores son para que observes el comportamiento en caída libre, ya que todos los cuerpos en caída libre realizan ló mismo.

Ahora veamos la facilidad con que se calculan estas dos incógnitas, tomando como base las cuatro fórmulas generales del movimiento acelerado.

a) Para calcular la v final, sólo podemos usar la Ec. III. en las Ecs. I y II no tenemos los datos suficientes para calcular la vel. final y la c. IV no tiene la incógnita v.

$$v^2 = v_o^2 + 2ad$$

$= 0 + 2(10 \text{ m/seg}^2)(45 \text{ m})$

$= 0 + 90 \text{ m}^2\text{/seg}^2$

$= 900 \text{ m}^2\text{/seg}^2$

$= 30 \text{ m/seg}$

b) Para calcular el tiempo conociendo la vel. final, sólo la Ec. III no se puede usar, ya que no tiene la incógnita (t). Pero la Ec. II es la más sencillo.

$$v = v_o + at$$
$$t = (v - v_o)/a$$

$t = (30 \text{ m/seg} - 0)/10 \text{ m/seg}^2$

$= 30 \text{ m/seg}/10 \text{ m/seg}^2$

$= 3 \text{ seg.}$

Ejemplo 6.

Un objeto se suelta en caída libre y tarda 6 seg en tocar el suelo. Calcular: a) Desde qué altura se soltó? y b) con qué velocidad llega al suelo?.

Primeramente tenemos que identificar los datos del problema:

Datos:
Como en caída libre, la vel. inicial es cero y la aceleración es la de la gravedad, por lo tanto: $v_o = 0$, $t = 6$ seg, $a = 10 \text{ m/seg}^2$ y las incognitas son : $d = ?$ y $v = ?$

a) Para calcular la altura, s'lo podemos emplear la Ec. IV, en la I no aparece la incógnita y en la II y III tendríamos dos incógnitas.

$$d = v_o t + 1/2\, at^2$$

$= 0 + 1/2(10 \text{ m/seg}^2)(6 \text{ seg})^2$

$= 0 + 180 \text{ m}$
$= 180 \text{ m}$

b) Para la vel. final, tenemos la Ec. I:

$$v = v_o + at$$

$= 0 + (10\text{m/seg}^2)(6 \text{ seg})$

$= 60 \text{ m/seg}$

7-2 TIRO VERTICAL.

Cuando un cuerpo se proyecta en línea recta hacia arriba su velocidad disminuirá con rapidez hasta llegar algún punto en el cual esté, momentaneamente, en reposo y luego caerá de vuelta hacia la tierra, adquiriendo de nuevo al llegar al suelo la misma velocidad que tenía al ser lanzado. La experimentación ha demostrado que el tiempo empleado en elevarse al punto más alto de su trayectoria, es igual al tiempo transcurrido en la caída libre desde allí al suelo. Esto implica que los movimientos hacia arriba son precisamente iguales a los movimientos hacia abajo, pero invertidos y que el tiempo y la rapidez para cualquier punto a lo largo de la trayectoria están dados por las ecuaciones generales del movimiento acelerado.

Para tratar el movimiento matemáticamente, es conveniente usar las ecuaciones generales del movimiento acelerado tomando el punto de lanzamiento como el **origen**, y adoptando el siguiente convenio para los signos en el movimiento vertical.

1.- Las distancias por encima del origen son **positivas.**

2.- Las distancias abajo del origen son **negativas.**

3.- Las velocidades hacia arriba son **positivas.**

4.- Las velocidades hacia abajo son **negativas.**

5.- La aceleración hacia abajo (gravedad) es **negativa.**

Ya sea que el cuerpo se mueva hacia arriba o hacia abajo, la aceleración g, es siempre hacia abajo. Usando el convenio anterior sobre los signos, el valor de la gravedad es:

$$g = -\ 9.8\ m/seg^2$$

$$g = -\ 32\ pies/seg^2$$

Para nuestros ejemplos usaremos, $g = -\ 10\ m/seg^2$.

Ejemplo 7.

Se arroja una pelota verticalmente hacia arriba con una velocidad de 35 m/seg. Calcular: a) la altura máxima alcanzada, b) la velocidad con que llega al punto de partida, c) el tiempo total de vuelo hasta regresar al punto de partida, d) si tuviera libertada de seguir más abajo del nivel de lanzamiento y recorriera 22.5 m, con que velocidad llegaría.?

Solución:

a) Altura máxima alcanzada. Utilizando los datos del período de subida, podemos calcular la altura máxima.

Datos: $v_o = 35$ m/seg, $a = -\ 10$ m/seg² y $v = 0$.

(El ascenso es hasta que el cuerpo se detenga y en esa parte la vel. final es 0).

Para este caso usamos la Ec. III.

$$v^2 = v_o^2 + 2ad$$

despejando:

$$d = (v^2 - v_o^2)/\ 2a$$

$$d = (0) - (35\ m/seg)^2/2(-10\ m/seg^2)$$

$$d = 61.25\ m$$

b) La velocidad con que llega al punto de partida.

Datos: $v_o = 35$ m/seg, $a = -10$ m/seg², $d = 0$ m.

Por la Ec. III tenemos:

$$v^2 = (35\ m/seg)^2 + 2(-10\ m/seg^2)(0\ m)$$

$$v^2 = (35\ m/seg)^2 + 0$$

$$v = (+\ -)\ 35\ m/seg$$

Por el convenio de los signos en el tiro vertical, tenemos que en la caída la vel. hacia abajo, entonces tenemos:

$$v = -\ 35\ m/seg$$

c) El tiempo total de vuelo hasta llegar al punto de partida:

Por la Ec. I, tenemos:

$$v = v_o + at$$

$$t = (v - v_o)/a$$

$$t = (-35\ m/seg - 35\ m/seg)/(-10\ m/seg^2)$$

$$t = -\ 70\ m/seg/\ -\ 10\ m/seg^2$$

$$t = 7\ seg$$

d) La velocidad con que llegaría a 22.5 m. abajo del punto de partida.

Por la Ec. iii, tenemos:

$$v^2 = v_o^2 + 2ad$$

$$v^2 = (35\ m/seg)^2 + 2(-10\ m/seg^2)(-22.5\ m)$$

$$v^2 = 1225\ m^2/seg^2 + 450\ m^2/seg^2$$

$$v^2 = 1675\ m^2/seg^2$$

$$v = (+\ -)\ 40.93\ m/seg$$

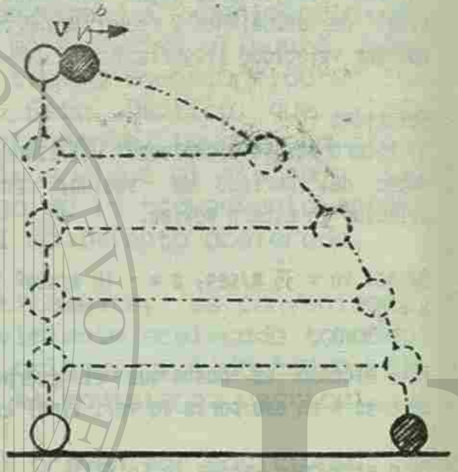
$$v = -\ 40.93\ m/seg$$

Lo anterior por el convenio de los signos.

7-3 TIRO HORIZONTAL

Si un cuerpo cae libremente desde el reposo al mismo tiempo que otro es lanzado desde la misma altura, los dos chocan a la vez en el suelo. Ver dibujo de la fig. 7.

La primera conclusión que se puede deducir en el dibujo es que la aceleración hacia abajo de un proyectil es la misma que la caída libre de un cuerpo y se produce independientemente de su movimiento horizontal.



En otras palabras, un proyectil ejecuta dos movimientos independientes.

1o. Una vel. horizontal v y

2o. La aceleración vertical hacia abajo.

La primera parte es similar a lo que se vió en el tema de la velocidad constante; por lo tanto, el alcance del proyectil en tiro horizontal será:

$$d_x = vt$$

La segunda parte es similar a la caída libre; por lo tanto, la altura recorrida será:

$$d_y = 1/2\ at^2$$

Ejemplo 8.

Desde un punto situado a 60 m de altura se lanza horizontalmente una piedra con una vel. de 15 m/se. Calcular: a) el tiempo que tarda la piedra en tocar el suelo, b) la distancia con respecto a la base:

a) $d_y = 1/2\ at^2$

$t^2 = 2d/a$

$t^2 = 2 \times 60\ m/10\ m/seg^2$

$t = 3.46$ seg.

b) $d_x = vt$

$= 15\ m/seg \times 3.46$ seg

$= 51.9$ m

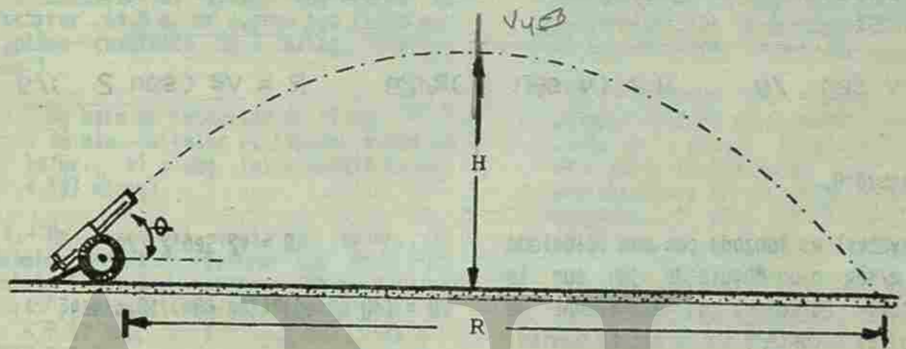
$dx = vt$

15 m/seg x 3.46

t =

7-4 TIRO PARABOLICO.

Muchos objetos cundo son lanzados en el aire, siguen una trayectoria parabólica. Tal es el caso para bajas velocidades, donde la fuerza retardadora de la fricción del aire es despreciable. Para los proyectiles a gran velocidad, el aire frena continuamente, el movimiento es hacia abajo y la trayectoria se aparte de la parábola. Cuanto más alta sea la velocidad, más grande es la fuerza de fricción del aire y mayor es la desviación respecto de una trayectoria parabólica.



En general, es conveniente despreciar la fricción del aire, calcular la trayectoria teórica de un proyectil y luego, si es necesario, hacer las correcciones para el rozamiento del aire. Como regla, los factores conocidos concernienters a un proyectil dado son **v** la velocidad inicial de lanzamiento y el ángulo de salida. Este ángulo siempre se mide desde la horizontal, y en el caso de balas y granadas es la **elevación, ángulo de elevación.**

Los factores para calcular son:

1.- El tiempo total de vuelo.
2.- La altura máxima obtenida.
3.- El alcance logrado.

El tiempo total de vuelo de un proyectil se define como **el tiempo necesario para su regreso al mismo nivel de donde fue disparado.** La altura máxima, llamada flecha, se define como la **mayor distancia vertical alcanzada, medida desde el plano horizontal de tiro,** mientras el **alcance** es la **diferencia** horizontal desde el punto de proyección, hasta el punto deonde el proyectil vuelve otra vez al mismo plano horizontal.

ara calcular cada uno de estos factores, basados en los conceptos de vel. constante, movimiento acelerado y bajo procedimientos matemáticos, se dedujeron las siguientes fórmulas:

T = 2 v sen /g H = (v sen)²/2g R = v² (sen 2)/g

Ejemplo 9.

Un proyectil es lanzado con una velocidad de 40 m/seg a un ángulo de 30o con la horizontal. Calcular: a) el tiempo de vuelo, b) el alcance y c) la altura máxima.

a) El tiempo de vuelo.

T = 2 v sen /g

T = 2(40 m/seg)(Sen 30°)/10 m/seg²

T = 2(40 m/seg)(0.5)/ 10 m/seg²

T = 4.000 seg.

b) El alcance.

R = v2 Sen 2 /g

R = (40 m/seg)²(Sen 60°)/10 m/seg²

R = (40 m/seg²)(0.866)/10 m/seg²

R = 138.56 m

c) Altura máxima.

H = (v Sen)²/2g

H = (40 m/seg x Sen 30°)²/20 m/seg²

H = (40 m/seg x 0.5)²/20 m/seg²

H = 20 m

EVALUACION.

1.- Un cuerpo en movimiento recorre 25 m. en 8 seg. Cuàl serà su rapidez si su movimiento es uniforme? [v = 3.125 m/seg.]

2.- Un cuerpo lleva una rapidez constante de 12 m/seg. y dura con esta rapidez un lapso de 11 seg. Què distancia habrà recorrido? [d= 132 m.]

3.- Calcular el tiempo que tarda en recorrer 64.5 m. un cuerpo que lleva una rapidez constante de 3 m/seg. [t=21.5 seg.]

4.- Se hace un recorrido de 42 km. en 2 hrs. 36 min. Calcular la rapidez media en a) km/hr., b) m/seg. [a) v=16.154 km/hr, b) 4.487 m/seg]

5.- Un automòvil viaja 90 km/hr. a) Cuànto tardarà en recorrer 636 km.?, b) Cuànto tardarà en recorrer 945 km.? c) En 23:45', cuànto habrà recorrido?. [a) t = 7.07 hr., b) t = 10.5 hr. y c) d = 2122.5 km]

6.- Un aviòn de reacciòn de pasajeros cruza un país en una distancia de 4500 km. durante 4 hr. 28 min. Calcular la rapidez media en: a) km/hr. y b) m/seg. [a) v = 1007.5 km/hr b) 279.85 m/seg]

7.- En una ocaciòn, los 100 m. libres en una competencia fueron ganados en 1 min. 6 seg. Calcular la rapidez media en: a) m/seg., b) km/hr. [a) v= 1,515 m/seg. b) 5.455 km/hr.]

8.- Un automòvil, partiendo del reposo adquiere una velocidad de 30 m/seg. en 15 seg. Calcular: a) la aceleraciòn en m/seg², b) la distancia total recorrida en las 15 seg. en metros, c) la distancia total en km. [a) a = 2 m/seg² b) d = 225 m. c) d = 0.225 km]

9.- Un tren partiendo del reposo, lleva una aceleraciòn de 0.4 m/seg² durante 60 seg. Calcular: a) la distancia total recorrida en los 60 seg., b) la velocidad al finalizar los 60 seg. [a) d = 720 m. b) v = ~~24 m/seg~~.]

10.- Un cuerpo que lleva una rapidez de 8.33 m/seg adquiere una rapidez de 16.67 m/seg. Calcular: a) la aceleraciòn y b) el tiempo que tarda en recorrer dicha distancia. [a) a= 0.186 m/seg² b) t = 44.82 seg.]

11.- Un hombre, conduciendo un automòvil a una rapidez inicial de 90 km/hr, sùbitamente aplica los frenos parando el automòvil en 5 seg. Encontrar: a) la aceleraciòn, b) la distancia recorrida. [a) a = -5 m/seg b) d = 62.5 m.]

12.- Partiendo del reposo, un aviòn despega despuès de recorrer 1200 m. a lo largo de la pista. Si el aviòn despega a la rapidez de 126 km/hr, calcular: a) la aceleraciòn y b) el tiempo total para el despegue. [a) a = 0.51 m/seg² b) t 68.57 seg.]

13.- Un aviòn va a aterrizar recorriendo una distancia de 1200 m. a lo largo de la pista, antes de detenerse. Si la aceleraciòn es constante y la rapidez con que aterriza es de 108 km/hr, calcular: a) la aceleración, b) el tiempo para detenerse. [a) a = -0.375 m/seg b) t = 80 seg.]

14.- En la parte inicial del canon de un rifle de 75 cm. de largo, parte una bala y adquiere una rapidez de 800 m/seg en la boca del arma. Calcular: a) la velocidad media de la bala mientras se acelera dentro del canon. b) El tiempo. [a) v = 400 m/seg b) t = 1.875 x 10⁻³ c) a = 4.27 x 10⁸ m/seg²]

15.- Se suelta una pelota desde una cornisa de un edificio a 70 m. de altura. Calcular: a) la velocidad con que choca en el suelo y b) el tiempo que tarda en chocar. a = g = 10 m/seg². [a) v = 37.4 m/seg b) t = 4.742 seg.]

16.- Se suelta una piedra en la orilla de un precipicio y tarda en chocar con el fondo 5.5 seg. Calcular: a) la velocidad con que choca en el fondo y b) la altura del precipicio. [a) v = 55 m/seg b) h = 151.25 m.]

M/seg

$V_f = V_0 + at$

$d = V_0 t + \frac{1}{2} a t^2$

17.- Un cuerpo que cae, choca en el suelo con una velocidad de 6 m/seg. Calcular: desde què altura cayò y b) el tiempo que tardò en tocar el suelo. [a) h = 1.8 m b) t = 0.6 seg]

18.- Un cuerpo cae desde una altura de 60 m. a) Con què velocidad llega al suelo? b) Què tiempo dura en el aire? [a) v = 34.6 m/seg b) 3.46 seg.]

19.- Una pelota cae en el vaciò y tarde 4.3 seg. en tocar el fondo. a) De què altura cayò y b) Con qu'velocidad llega al fondo. [a) h = 88.2 m b) v = 42 m/seg.]

20.- Un cuerpo cae en el vaciò y choca en el fondo con una velocidad de 10 m/seg. Calcular: a) la altura de la que cayò y b) el tiempo en el aire. [a) h = 5 m. b) t = 1 seg.]

21.- Se lanza una flecha verticalmente hacia arriba con una velocidad de 60 m/seg. Calcular: a) la altura màxima alcanzada, b) el tiempo totoal de vuelo hasta caer otra vez al punto de partida, c) la velocidad y la altura en cada uno de los siguientes tiempos transcurridos: 1 seg, 2 seg, 3 seg, 5 seg, 6 seg, 7 seg, 8 seg, 9 seg, 10 seg, 11 seg y 12 seg.

[a) d = 180 m b) t = 12 seg]

[c) v = 50 m/seg	h = 55 m
v = 40 m/seg	h = 100 m
v = 30 m/seg	h = 135 m
v = 10 m/seg	h = 175 m
v = 0	h = 180 m
v = 10 m/seg	h = 175 m
v = 20 m/seg	h = 160 m
v = 30 m/seg	h = 135 m
v = 40 m/seg	h = 100 m
v = 50 m/seg	h = 55 m
v = 60 m/seg	h = 0 m]

22.- Una piedra se arroja hacia arriba desde la orilla de un precipicio con una velocidad de 35 m/seg. Encontrar: a) al altura màxima alcanzada, b) su velocidad final a los 2 seg, c) su altura pasados 6 seg. y d) su altura pasados 8 seg. [a) h = 61.25 m b) v = 15 m/seg c) d = 30 m. d) d = 40 m. abajo del nivel]

23.- Se arroja una pelota hacia arriba con una rapidez inicial de 30 m/seg. Al final de 6 seg, a) a què distancia estar' de su punto de partida?, b) en qu' direcciòn se moverà?. [a) d = 0 (habr' llegado a su punto de partida) b) Hacia abajo.]

24.- Se arroja horizontalmente una piedra a 30 m. de un nivel de referencia, con una velocidad de 20 m/seg. Calcular: a) el alcance y b) el tiempo que tarda en tocar el suelo. [a x = 49 m. b) t = 2.45 seg.]

25.- Se dispara una bala horizontalmente a 2.5 m. del suelo. Calcular: a) el tiempo que tardaría en llegar al blanco si se encuentra a 100 m. de distancia y la bala lleva una velocidad de 750 m/seg. b) Si el blanco està a 2.5 m. del suelo, a què distancia pegaría con respecto al blanco? [a) t = 0.133 seg b) x = 0.089 m.]

26.- Se dispara una bala horizontalmente a 2 m. del suelo con una velocidad de 800 m/seg. Calcular: a) el tiempo que tardaría en tocar el suelo y b) el alcance de la bala. [a) t = 0.632 seg b) x = 505.6 m.]

27.- Un jugador de beisbol le arroja a otro una pelota con una velocidad de 20 m/seg y con un àngulo de inclinaciòn de 30°. Calcular: a) tiempo de vuelo, b) altura màxima y c) distancia entre jugadores. [a) T= 2 seg b) H= 5m c) R= 34.64 m.]

28.- Un joven le arroja un balòn a otro con un àngulo de 60° y dura en el aire 1.5 seg. Calcular: a) Vel. con que se arroja el balòn, b) altura màxima y c) distancia entre jugadores. [a) v= 8.66 m/seg b) H= 2.81 m c) R = 6.49 m.]

29.- Un blancose encuentra a 96 m. y se le lanza una flecha con una vel. de 34.3 m/seg. Calcular: a) el àngulo de incliaciòn, b) el tiempo de vuelo y c) la altura màxima alcanzada. [a) A= 27.36° b) T= 3.15 seg. H= 12.63 m)]

B I B L I O G R A F I A.

1.- Alvarenga Beatriz de, Máximo Antonio.
FISICA GENERAL.
Ed. Harla, S.A.
México, 1976.

2.- Beltrán Virgilio, Braun, Eliezer.
PRINCIPIOS DE FISICA.
Ed. Trillas, S.A.
México, 1970.

3.- Bueche, F.
FUNDAMENTOS DE FISICA.
Libos Mc. Graw-Hill de México, S.A.
México, 1970.

4.- CIENCIAS FISICAS. Introducción Experimental
Ed. Norma.
México, 1970.

5.- Gran Sopena.
DICCIONARIO ENCICLOPEDICO.
Ed. Ramón Sopena, S.A.

6.- Perelman y Akov.
FISICA RECREATIVA.
Ed. M.I.R.
Moscú, 1971

7.- Physical Science Study Comittee.
FISICA.
Ed. Reverté, S.A.
México, 1962.

17.- Un cuerpo que cae, choca en el suelo con una velocidad de 6 m/seg. Calcular: desde què altura cayò y b) el tiempo que tardò en tocar el suelo. [a) h = 1.8 m b) t = 0.6 seg]

18.- Un cuerpo cae desde una altura de 60 m. a) Con què velocidad llega al suelo? b) Què tiempo dura en el aire? [a) v = 34.6 m/seg b) 3.46 seg.]

19.- Una pelota cae en el vaciò y tarde 4.3 seg. en tocar el fondo. a) De què altura cayò y b) Con qu'velocidad llega al fondo. [a) h = 88.2 m b) v = 42 m/seg.]

20.- Un cuerpo cae en el vaciò y choca en el fondo con una velocidad de 10 m/seg. Calcular: a) la altura de la que cayò y b) el tiempo en el aire. [a) h = 5 m. b) t = 1 seg.]

21.- Se lanza una flecha verticalmente hacia arriba con una velocidad de 60 m/seg. Calcular: a) la altura màxima alcanzada, b) el tiempo totoal de vuelo hasta caer otra vez al punto de partida, c) la velocidad y la altura en cada uno de los siguientes tiempos transcurridos: 1 seg, 2 seg, 3 seg, 5 seg, 6 seg, 7 seg, 8 seg, 9 seg, 10 seg, 11 seg y 12 seg.

[a) d = 180 m   b) t = 12 seg]
[c) v = 50 m/seg   h = 55 m
v = 40 m/seg   h = 100 m
v = 30 m/seg   h = 135 m
v = 10 m/seg   h = 175 m
v = 0   h = 180 m
v = 10 m/seg   h = 175 m
v = 20 m/seg   h = 160 m
v = 30 m/seg   h = 135 m
v = 40 m/seg   h = 100 m
v = 50 m/seg   h = 55 m
v = 60 m/seg   h = 0 m]

22.- Una piedra se arroja hacia arriba desde la orilla de un precipicio con una velocidad de 35 m/seg. Encontrar: a) al altura màxima alcanzada, b) su velocidad final a los 2 seg, c) su altura pasados 6 seg. y d) su altura pasados 8 seg. [a) h = 61.25 m b) v = 15 m/seg c) d = 30 m. d) d = 40 m. abajo del nivel]

23.- Se arroja una pelota hacia arriba con una rapidez inicial de 30 m/seg. Al final de 6 seg, a) a què distancia estar' de su punto de partida?, b) en qu' direcciòn se moverà?. [a) d = 0 (habr' llegado a su punto de partida) b) Hacia abajo.]

24.- Se arroja horizontalmente una piedra a 30 m. de un nivel de referencia, con una velocidad de 20 m/seg. Calcular: a) el alcance y b) el tiempo que tarda en tocar el suelo. [a x = 49 m. b) t = 2.45 seg.]

25.- Se dispara una bala horizontalmente a 2.5 m. del suelo. Calcular: a) el tiempo que tardaria en llegar al blanco si se encuentra a 100 m. de distancia y la bala lleva una velocidad de 750 m/seg. b) Si el blanco està a 2.5 m. del suelo, a què distancia pegaria con respecto al blanco? [a) t = 0.133 seg b) x = 0.089 m.]

26.- Se dispara una bala horizontalmente a 2 m. del suelo con una velocidad de 800 m/seg. Calcular: a) el tiempo que tardaria en tocar el suelo y b) el alcance de la bala. [a) t = 0.632 seg b) x = 505.6 m.]

27.- Un jugador de beisbol le arroja a otro una pelota con una velocidad de 20 m/seg y con un àngulo de inclinaciòn de 30°. Calcular: a) tiempo de vuelo, b) altura màxima y c) distancia entre jugadores. [a) T= 2 seg b) H= 5m c) R= 34.64 m.]

28.- Un joven le arroja un balòn a otro con un àngulo de 60° y dura en el aire 1.5 seg. Calcular: a) Vel. con que se arroja el balòn, b) altura màxima y c) distancia entre jugadores. [a) v= 8.66 m/seg b) H= 2.81 m c) R = 6.49 m.]

29.- Un blancose encuentra a 96 m. y se le lanza una flecha con una vel. de 34.3 m/seg. Calcular: a) el àngulo de incliaciòn, b) el tiempo de vuelo y c) la altura màxima alcanzada. [a) A= 27.36° b) T= 3.15 seg. H= 12.63 m)]

B I B L I O G R A F Í A.

1.- Alvarenga Beatriz de, Máximo Antonio.
FÍSICA GENERAL.
Ed. Harla, S.A.
México, 1976.

2.- Beltrán Virgilio, Braun, Eliezer.
PRINCIPIOS DE FÍSICA.
Ed. Trillas, S.A.
México, 1970.

3.- Bueche, F.
FUNDAMENTOS DE FÍSICA.
Libos Mc. Graw-Hill de México, S.A.
México, 1970.

4.- CIENCIAS FÍSICAS. Introducción Experimental
Ed. Norma.
México, 1970.

5.- Gran Sopena.
DICCIONARIO ENCICLOPÉDICO.
Ed. Ramón Sopena, S.A.

6.- Perelman y Akov.
FÍSICA RECREATIVA.
Ed. M.I.R.
Moscú, 1971

7.- Physical Science Study Comittee.
FÍSICA.
Ed. Reverté, S.A.
México, 1962.

8.- Reynoso, Moreno Vera, Juaristi.
NUEVAS CIENCIAS NATURALES.
Ed. Progreso, S.A.
México, 1973.

9.- Rutherford James, Holton Gerald, Watson Fletcher.
THE PROYECT PHISICS COURSE.
Nolt, Rinehert y Winston Inc.

10.- Schaum, Daniel.
FISICA GENERAL.
Libros Mc Graw-Hill de México, S.A.
México, 1970.

11.- Stollberg Robert y Fait Fitch Hill
FISICA. Fundamentos y Fronteras.
Publicaciones Cultural, S.A.
México. 1975.

12.- White, Harvey E.
FISICA MODERNA.
Montaner y Simon, S.A.
Barcelona, 1965.

extructura del pensamiento