

Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades
Informe de trabajo de los profesores de tiempo completo
para el periodo 2023-2024



1. DATOS GENERALES

Nombre:	MONTTOYA GASCA MIGUEL		
Área:	Ciencias Experimentales	Adscripción:	Sur
Categoría:	Profesor de Carrera Titular "C" de Tiempo Completo Definitivo		

2. INFORME GLOBAL 2023-2024

2.1. ÁREA BÁSICA

Perfil de enseñanza:

Horario de clase:	Lunes, Miércoles y Viernes 13-19 horas
Asignatura en la cual desarrolló su proyecto de enseñanza:	
· Física I · Física II	

2.2. ÁREA COMPLEMENTARIA

Perfil de enseñanza o comisionado:

Título completo del proyecto:	Cuaderno de trabajo para Física III
Producto (con base en el Protocolo de equivalencias):	· Cuaderno de trabajo. (Rubro I, Nivel C, Numeral 5)
Inserción en el Campo de Actividad aprobado por el H. Consejo Técnico para el proyecto de trabajo del periodo 2023-2024.	
Campo 3. Diseño y elaboración de materiales didácticos impresos y digitales pertinentes a los Programas de Estudio vigentes	



3. Actividad individual o grupal:

Título de proyecto:		Cuaderno de trabajo para Física III		
Tipo de proyecto:		Grupal		
Participación en un grupo de trabajo institucional:		Coordinador		
Integrantes del grupo de trabajo				
Nombre	RFC	Categoría académica	Correo electrónico	Plantel de adscripción
MONTOYA GASCA MIGUEL (Coordinador)	MOGM5907257M7	Profesor de Carrera Titular "C" de Tiempo Completo Definitivo	eliclamo@servidor.unam.mx	Sur
VAZQUEZ RODRIGUEZ ALBERTO (Coordinador)	VARA591121PD7	Profesor de Carrera Titular "C" de Tiempo Completo Definitivo	albertosomx@yahoo.com.mx	Sur
CORTINA LOPEZ MANUEL ALFONSO (Integrante)	COLM700526TA0	Profesor Asignatura "B" Definitivo	alcor_888@yahoo.com.mx	Sur
CRUZ CISNEROS JESUS MANUEL (Integrante)	CUCJ461231M23	Profesor de Carrera Titular "C" de Tiempo Completo Definitivo	jmcruz@servidor.unam.mx	Sur
ESCARCEGA PLIEGO EDUARDO ABRAHAM (Integrante)	EAPE641009D49	Profesor Asignatura "A" Definitivo	eabraham.escarcega@cch.unam.mx	Sur
GOMEZ GARCIA ANTONINO JACOBO (Integrante)	GOGA520510ESA	Profesor de Carrera Titular "B" de Tiempo Completo Definitivo	anjagoga@gmail.com	Sur
HERNANDEZ RODRIGUEZ ISMAEL (Integrante)	HERI551115CX7	Profesor Asignatura "B" Definitivo	ismael.hernandez@cch.unam.mx	Sur
MELENDEZ VENANCIO RAUL (Integrante)	MEVR591016GQ1	Profesor de Carrera Titular "C" de Tiempo Completo Definitivo	raulmv@servidor.unam.mx	Sur
RIVERA JIMENEZ ISMAEL (Integrante)	RIJI600414190	Profesor Asignatura "B" Definitivo	mayzito83@yahoo.com.mx	Sur
RODRIGUEZ HERNANDEZ JAVIER (Integrante)	ROHJ561114EC9	Profesor Asignatura "A" Definitivo	rohj-56-11-14@hotmail.com	Sur
RODRIGUEZ PALACIOS JOSE ANTONIO (Integrante)	ROPA620509NX8	Profesor Asignatura "A" Interino	anrodpa@hotmail.com	

COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
PLANTEL SUR
JEFATURA DE SECCIÓN
ÁREA DE CIENCIAS EXPERIMENTALES
27/07/2024
RECIBIDO

COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
SECRETARÍA ACADÉMICA
25/02/2025
REVISADO

SANCHEZ ORNELAS ANDRES ROBERTO (Integrante)	SAOA5911307W7	Profesor de Carrera Asociado "B" Medio Tiempo a Contrato	vsanchez2@hotmail.co m	Sur
---	---------------	--	---------------------------	-----

Periodicidad y horario de las reuniones:	Reuniones cada 15 días. Viernes de 13 a 15 horas
--	--





COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
CONSEJO TÉCNICO



OFICIO CCH/CT/2759/2024

Número de Acta: CT/CCH/02/2024

Asunto: Notificación sobre Proyecto de Trabajo



Profr. Miguel Montoya Gasca

Profesor de Carrera Titular "C" de Tiempo Completo Definitivo

Plantel Sur

Área de Ciencias Experimentales

Presente

Me es grato comunicarle que el H. Consejo Técnico del Colegio de Ciencias y Humanidades, en su sesión celebrada el día de hoy, con fundamento en los artículos 56, 60 y 61 del Estatuto del Personal Académico de la Universidad Nacional Autónoma de México así como en las Prioridades y Lineamientos Institucionales para Orientar los Planes y Programas de Trabajo de las Instancias de la Dirección y los Proyectos e Informes del Personal Académico de Carrera de la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades para el Ciclo Escolar 2023-2024 y en la Normatividad para la Presentación y Evaluación de Proyectos e Informes Anuales del Personal Académico de Carrera; aprobados por el Consejo Técnico en sesión ordinaria del 30 de mayo de 2023, tomó el siguiente:

ACUERDO

Considerar Aceptado su Proyecto de Trabajo 2023-2024:

Área Básica del 28/08/2023 al 04/08/2024. Área Básica Enseñanza

Área Complementaria del 28/08/2023 al 04/08/2024. Coordina Actividad Grupal

Campo: 3. Diseño y elaboración de materiales didácticos impresos y digitales pertinentes con los Programas de Estudio Vigentes.

Título: CUADERNO DE TRABAJO PARA FÍSICA III

Producto: Cuaderno de trabajo

Fundamentación:

Su Proyecto de Docencia 2023-2024 SE ACEPTA porque:

- Presenta la planeación general de las principales actividades que realizarán el profesor y los alumnos durante los cursos de las asignaturas Física I y II.
- Describe la evaluación diagnóstica que realizará para determinar los conocimientos previos de los alumnos.
- Expone las actividades académicas con las que atenderá a los alumnos que presenten dificultades para lograr los aprendizajes propuestos.
- Presenta el diseño de dos estrategias o secuencias didácticas que aplicará en su curso, una por semestre, de acuerdo con la definición institucional.
- Justifica cómo estas estrategias o secuencias didácticas permitirán a los alumnos alcanzar los aprendizajes propuestos.
- Describe las formas y/o los instrumentos de evaluación de los aprendizajes esperados.
- Describe de manera general la relación entre su Proyecto de Área Básica y su Proyecto de Área Complementaria.
- Reflexiona sobre cómo los parámetros institucionales de Pertinencia, Calidad y Trascendencia se consideran en el Proyecto.
- Incluye las fuentes consultadas en las que apoya su proyecto en formato APA.
- El proyecto cumple con los requisitos solicitados.

Su Proyecto de Apoyo a la Docencia 2023-2024 SE ACEPTA dado que:

- En la introducción indica el Campo de Actividad, los objetivos, la fundamentación y los alcances del Proyecto.
- Explica cómo, a través del producto(s) o actividad(es), atenderá el propósito general del Campo de Actividad seleccionado.





COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
CONSEJO TÉCNICO



OFICIO CCH/CT/2759/2024

Número de Acta: CT/CCH/02/2024

Asunto: Notificación sobre Proyecto de Trabajo



- c) Incluye la(s) actividad(es) y/o producto(s) que se compromete a desarrollar de acuerdo con las definiciones institucionales.
- d) Presenta los resultados esperados del Proyecto considerando la Pertinencia, Calidad y Trascendencia de la actividad o producto.
- e) Presenta el calendario o cronograma de actividades que precisa las formas de organización del trabajo.
- f) Indica los compromisos, las responsabilidades y actividades a realizar por cada uno de los integrantes del grupo de trabajo (coordinadores y participantes).
- g) Especifica los recursos humanos y materiales requeridos para el desarrollo del proyecto.
- h) Incluye las fuentes consultadas que apoyan su proyecto en formato APA.
- i) Anexa las cartas compromiso actualizadas y firmadas por cada uno de los profesores de Carrera de Medio Tiempo y de Asignatura que participarán voluntariamente en el proyecto.
- j) El proyecto cumple con los requisitos solicitados.

Por lo anteriormente expuesto, se emite una evaluación de **ACEPTADO** sobre su Proyecto de Trabajo.

(El proyecto que por su naturaleza y/o campo de actividad requiera ser revisado y avalado por el comité de pares, tendrá que ser enviado a la instancia correspondiente para que sea sancionado).

Atentamente

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 13 de febrero de 2024.

LA SECRETARIA DEL CONSEJO

LIC. MAYRA MONSALVO CARMONA



Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades
Ficha de identificación del proyecto de trabajo de los profesores de tiempo completo
para el periodo 2023-2024



1. DATOS GENERALES

Nombre:	MONTROYA GASCA MIGUEL		
Área:	Ciencias Experimentales	Adscripción:	Sur
Categoría:	Profesor de Carrera Titular "C" de Tiempo Completo Definitivo		

2. PROYECTO GLOBAL DEL PROFESOR

2.1. ÁREA BÁSICA

Perfil de enseñanza:

Horario de clase:	Lunes, Miércoles y Viernes 13-19 horas
Asignatura en la cual desarrollará su proyecto de enseñanza:	
	· Física I · Física II

2.2. ÁREA COMPLEMENTARIA

Perfil de enseñanza o comisionado:

Título completo del proyecto:	Cuaderno de trabajo para Física III
Producto (con base en el Protocolo de equivalencias):	· Cuaderno de trabajo. (Rubro I, Nivel C, Numeral 5)
Inserción en el Campo de Actividad aprobado por el H. Consejo Técnico para el proyecto de trabajo del periodo 2023-2024.	
Campo 3. Diseño y elaboración de materiales didácticos impresos y digitales pertinentes a los Programas de Estudio vigentes	

Acepto el compromiso de cubrir 40 horas de formación docente.



3. Actividad individual o grupal:

Tipo de proyecto:			Grupal	
Participación en un grupo de trabajo institucional:			Coordinador	
Integrantes del grupo de trabajo				
Nombre	RFC	Categoría académica	Correo electrónico	Plantel de adscripción
MONTOYA GASCA MIGUEL (Coordinador)	MOGM5907257M7	Profesor de Carrera Titular "C" de Tiempo Completo Definitivo	eliclamo@servidor.una m.mx	Sur
VAZQUEZ RODRIGUEZ ALBERTO (Coordinador)	VARA591121PD7	Profesor de Carrera Titular "C" de Tiempo Completo Definitivo	albertosomx@yahoo.co m.mx	Sur
CORTINA LOPEZ MANUEL ALFONSO (Integrante)	COLM700526TA0	Profesor Asignatura "B" Definitivo	alcor_888@yahoo.com. mx	Sur
CRUZ CISNEROS JESUS MANUEL (Integrante)	CUCJ461231M23	Profesor de Carrera Titular "C" de Tiempo Completo Definitivo	jmcruz@servidor.unam. mx	Sur
ESCARCEGA PLIEGO EDUARDO ABRAHAM (Integrante)	EAPE641009D49	Profesor Asignatura "A" Definitivo	eabraham.escarcega@c ch.unam.mx	Sur
GOMEZ GARCIA ANTONINO JACOBO (Integrante)	GOGA520510ESA	Profesor de Carrera Titular "B" de Tiempo Completo Definitivo	anjagoga@gmail.com	Sur
HERNANDEZ RODRIGUEZ ISMAEL (Integrante)	HERI551115CX7	Profesor de Carrera Asociado "B" Medio Tiempo a Contrato	ismael.hernandez@cch. unam.mx	Sur
MELENDEZ VENANCIO RAUL (Integrante)	MEVR591016GQ1	Profesor de Carrera Titular "C" de Tiempo Completo Definitivo	raulmv@servidor.unam. mx	Sur
RIVERA JIMENEZ ISMAEL (Integrante)	RIJI600414190	Profesor Asignatura "B" Definitivo	mayzito83@yahoo.com .mx	Sur
RODRIGUEZ HERNANDEZ JAVIER (Integrante)	ROHJ561114EC9	Profesor Asignatura "A" Definitivo	rohj-56-11- 14@hotmail.com	Sur
RODRIGUEZ PALACIOS JOSE ANTONIO (Integrante)	ROPA620509NX8	Profesor Asignatura "A" Interino	anrodpa@hotmail.com	Sur

COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
PLANTEL SUR
JEFATURA DE SECCIÓN
ÁREA DE CIENCIAS EXPERIMENTALES



27/07/2024



RECIBIDO

COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
SECRETARÍA ACADÉMICA



25/02/2025



CONSEJO ACADÉMICO DE
CIENCIAS EXPERIMENTALES



SANCHEZ ORNELAS ANDRES ROBERTO (Integrante)	SAOA5911307W7	Profesor de Carrera Asociado "B" Medio Tiempo a Contrato	vsanchezz@hotmail.com
Periodicidad y horario de las reuniones:		Reuniones cada 15 días. Viernes de 13 a 15 horas	



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
ESCUELA NACIONAL COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
PLANTEL SUR**

**ÁREA DE CIENCIAS EXPERIMENTALES
SEMINARIO CURRICULAR DE FÍSICA**

**PROYECTO:
Cuaderno de trabajo para el curso Física III**

Período: Ciclo Escolar 2023-2024

**Producto:
Cuaderno de trabajo
Rubro I-C, Numeral 5**

COORDINADOR DEL SEMINARIO:

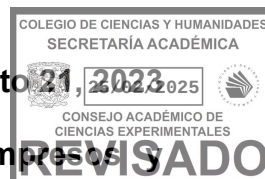
**Fís. Miguel Montoya Gasca, Profr. Tit. C, Def. Coordinador
Fís. Alberto Vázquez Rodríguez, Profr. Tit. C, Def., Coordinador**

PROFESORES INTEGRANTES DEL SEMINARIO:
M. en C. Raúl Meléndez Venancio, Profr. Titular C Def.
Fís-Mat. J. Manuel Cruz Cisneros, Profr. Titular C Def.
Fís. Manuel Alfonso Cortina López, Profr. Asig. B Def.
Fís. Antonino Jacobo Gómez García, Prof. Titular B Def.
I.Q. Eduardo Abraham Escárcega Pliego, Profr. Asig. A Def.
I. Q. Ismael Hernández Rodríguez, Profr. Asoc. B M.T. a Contrato
Fís. Ismael Rivera Jiménez, Profr. Asig. B Def.
Fís. Javier Rodríguez Hernández, Profr. Asig. A Def.
Fís. José Antonio Rodríguez Palacios, Profr. Asig. A Int.
I.Q. Andrés Roberto Sánchez Ornelas, Prof. Asoc. B M.T. a Contrato

Campo III. Diseño y elaboración de materiales didácticos impresos y digitales pertinentes con los programas de estudio vigentes.



Agosto 21, 2023



Índice

1. Propuesta general

a) Introducción

- Campo de actividad 3
- Objetivo 4
- Fundamentación del proyecto 4
- Alcances del proyecto 5

b) Explicación de cómo atenderá el propósito general del Campo III: Diseño y elaboración de materiales didácticos impresos y digitales pertinentes con los Programas de Estudio Vigentes.

- Explicación de la atención del campo de actividad elegido 5

c) Producto y su descripción 6

- Actividades por desarrollar 6

d) Resultados esperados del proyecto considerando la pertinencia, calidad y trascendencia de la actividad o producto 7

e) Cronograma de actividades 7

- Organización del trabajo 7

- Etapas del proyecto 8

➤ Periodicidad y horario de las reuniones 9

f) Actividades a realizar por cada uno de los integrantes del seminario 9

g) Recursos humanos y materiales viables 10

- Viabilidad del proyecto

2. Fuentes consultadas

3. Anexo de cartas compromiso



1. PROPUESTA GENERAL

a) INTRODUCCIÓN

La actualización de los Programa de Física III y IV ocurrió en 2016, y es a partir de esa fecha que el Seminario Curricular de Física ha diseñado materiales que apoyan la implementación de dichos programas, ahora vigentes, de Física III y IV. En este ciclo escolar, ante la necesidad de contar con materiales dirigidos a los alumnos que estén acordes con los propósitos del Programa de Estudios, considerando fundamental que las estrategias didácticas sean flexibles, esto es, que puedan aplicarse en ambientes presenciales, no presenciales o mixtos, se planea elaborar un Cuaderno de Trabajo para el curso de Física III del programa de estudios vigente y así contribuir en el esfuerzo por mejorar el aprendizaje de los alumnos.

CAMPO DE ACTIVIDAD

El producto o actividad que se desarrollará en el ciclo escolar 2023-2024 es la elaboración de Cuaderno de Trabajo para el curso de Física III, el cual pertenece al Campo III “Diseño y elaboración de materiales didácticos impresos y digitales pertinentes con los programas de estudio vigentes”. Este campo de actividad tiene el propósito de continuar con el diseño y elaboración de materiales didácticos para ambientes presenciales, no presenciales o mixtos que incidan en el mejoramiento de los aprendizajes de las asignaturas del tronco común, así como de las de quinto y sexto semestres, incluidas las materias extracurriculares, mediante propuestas innovadoras, congruentes con los postulados del Modelo Educativo del Colegio. Por esto nos enfocaremos, en el grupo de trabajo, en diseñar e implementar diversas estrategias didácticas, en el marco de los programas de estudio vigentes, que nos sean útiles para elaborar el Cuaderno de Trabajo de Física III, cabe mencionar que es importante considerar la adecuación de las actividades para los ambientes presenciales, no presenciales o mixtos.



OBJETIVO

Objetivo General

Elaborar un Cuaderno de Trabajo para el curso de Física III, en el que se atenderá el curso semestral de esta asignatura cubriendo los aprendizajes del Programa de Estudio Vigente, pretendiendo que sea un material útil para los alumnos que les permita desarrollar diversas habilidades, al implementar distintas actividades de las estrategias de enseñanza-aprendizaje propuestas.

FUNDAMENTACIÓN DEL PROYECTO

De acuerdo al Plan de Desarrollo, la Dirección General del Colegio de Ciencias y Humanidades orientara su trabajo, entre otras políticas de desarrollo, en las siguientes:

- El aprendizaje de calidad de los alumnos será el criterio determinante para la toma de decisiones individuales y colegiadas de autoridad.
- Los cursos ordinarios y las necesidades que éstos generan serán el centro de atención del trabajo de todos quienes tenemos responsabilidades en el Colegio. Los recursos y los esfuerzos de la institución servirán a esta prioridad, con especial atención al turno vespertino.

Por lo que consideramos pertinente enfocar nuestros esfuerzos en obtener un producto que propicie actividades de apoyo a la docencia que tengan efecto inmediato en el aula.

En el plan general de desarrollo del CCH también se tiene contemplado la formación y actualización disciplinaria y didáctica permanente del profesorado, así como propiciar el trabajo colegiado entre los profesores de tiempo completo y los de asignatura para reflexionar de manera crítica y permanente sobre la práctica educativa.

Por lo anterior, en el Seminario Curricular de Física tenemos contemplado elaborar el Cuaderno de Trabajo para la asignatura de Física III con el fin de orientar y



facilitar el desarrollo del curso de acuerdo con el programa vigente de la asignatura de Física III, analizando y evaluando todo el proceso didáctico. El cuaderno de trabajo incluirá, la guía de uso, propósitos, aprendizajes, estrategias de aprendizaje, formas e instrumentos de evaluación. Además de que las actividades didácticas se puedan realizar en ambientes presenciales, no presenciales o híbridos.



ALCANCES DEL PROYECTO

Este proyecto será desarrollado por el grupo de profesores del *Seminario Curricular de Física*, donde se diseñarán, discutirán e implementarán diversas actividades tanto teóricas como prácticas sobre las unidades de la asignatura de Física III, las cuales formaran parte de las estrategias didácticas, con sus materiales de apoyo e instrumentos de evaluación respectivos, que nos permita elaborar el cuaderno de trabajo, el cual favorecerá una mejor enseñanza de los estudiantes, que les permitirá alcanzar los aprendizajes de los programas de estudio de Física.

b). EXPLICACIÓN DE CÓMO ATENDERÁ EL PROPÓSITO GENERAL DEL CAMPO III A TRAVÉS DEL PRODUCTO O ACTIVIDADES

En el actual proyecto se elaborará un cuaderno de trabajo para el curso de Física III, cuya finalidad será contar con materiales didácticos adecuados que puedan aplicarse en ambientes presenciales, no presenciales o híbridos, desarrollando las tareas o problemas de forma dosificada dependiendo del grado de complejidad y estructurados por medio de estrategias de enseñanza aprendizaje. Los profesores, integrantes del seminario diseñarán e implementarán las estrategias didácticas, para después valorar los resultados obtenidos, haciendo una reflexión de las experiencias en el aula, para posteriormente hacer las orientaciones del mejoramiento de las actividades didácticas. Por lo anterior, el proyecto atiende al Campo III “Diseño y elaboración de materiales didácticos impresos y digitales pertinentes con los programas de estudio actualizados”, cuyo propósito es el diseño y elaboración de materiales didácticos, así como fortalecer la



implementación de los programas de estudio vigentes de las asignaturas del tronco común.

c) ACTIVIDADES Y/O PRODUCTO QUE EL PROFESOR SE COMPROMETE A DESARROLLAR.

PRODUCTO

El producto que se esperan obtener del Seminario es:

- **Cuaderno de trabajo. Rubro I-C-5**

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PRODUCTO.

- **Cuaderno de trabajo.** Es una publicación que indica las actividades tanto teóricas como prácticas sobre una o varias unidades del Programa de Estudio, su desarrollo tiene como base las tareas o problemas dosificados por su grado de complejidad y estructurados por medio de estrategias de enseñanza-aprendizaje, que resolverán los estudiantes con orientación del profesor, incluyendo alternativas para el tratamiento de cada uno de los temas. Deberá incluir: a) una guía para su uso; b) propósitos; c) aprendizajes; d) estrategias de aprendizaje con sus correspondientes actividades; e) formas e instrumentos de evaluación; f) valoración del profesor de los resultados obtenidos y g) las fuentes consultadas deberán presentarse en formato APA.

ACTIVIDADES POR DESARROLLAR

- Diseñar el formato y las características del cuaderno de trabajo, de tal manera que sea lo más accesible para los estudiantes.
- Recopilar las actividades elaboradas e implementadas por los profesores integrantes del Seminario Curricular de Física que han dado buenos resultados.
- Abrir canales de comunicación con los profesores que imparten la asignatura de Física III que estén interesados en probar algunas actividades didácticas, y de esta forma tener una valoración externa al seminario.



- Que los profesores integrantes del seminario realicen las propuestas de modificación de las actividades didácticas para poder llevarlas a cabo de manera presencial, no presencial e híbrida.

Los integrantes del seminario se comprometen entregar el producto cuando alguno de los integrantes falle debido a problemas personales.



d) RESULTADOS ESPERADOS DEL PROYECTO, CONSIDERANDO LA PERTINENCIA, CALIDAD Y TRASCENDENCIA DE LA ACTIVIDAD O PRODUCTO.

En el presente proyecto se tiene contemplado elaborar un cuaderno de trabajo para el curso de Física III, dicha actividad pertenecen al Campo III, Diseño y elaboración de materiales didácticos impresos y digitales pertinentes con los programas de estudio actualizados, es decir el trabajo que se piensa realizar es **pertinente**, ya que será congruente con las prioridades institucionales, es decir, con los rubros prioritarios, además las diversas actividades que se realizarán serán también congruentes con los objetivos, enfoques, contenidos del Programa de Estudios Actualizado de Física III, y con el nivel educativo. El producto por obtener, cuaderno de trabajo para el curso de Física III, será de **calidad** porque tendrá concordancia con las definiciones del Glosario de Términos del Protocolo de Equivalencias del CCH y se buscará que en las diversas actividades didácticas haya actualidad en el manejo de los conceptos y temas del PEA. El trabajo por desarrollar será **trascendente** porque las distintas estrategias didácticas que se utilizarán mejorarán la enseñanza de la asignatura de Física III.

e). CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Organización del trabajo

El presente proyecto será desarrollado por el grupo de profesores integrantes del *Seminario Curricular de Física*, donde los coordinadores del seminario orientarán las actividades de los profesores integrantes. Las actividades estarán enmarcadas



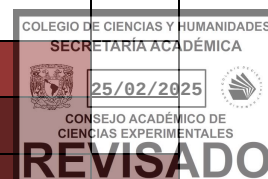
en los aprendizajes y contenidos temáticos del Programa de Estudios Actualizados de Física III.

Cronograma

El proyecto se desarrollará de acuerdo con las siguientes **etapas** y actividades:

1. Propuesta de las características del cuaderno de trabajo y cómo deberán presentarse las actividades teóricas y prácticas de este.
2. Selección de las estrategias y actividades de aprendizaje más idóneas para la asignatura de Física III. Se escogerán las estrategias y actividades didácticas elaboradas como productos por el seminario curricular de Física que hayan dado mejores resultados, así como se revisarán los instrumentos de evaluación respectivos.
3. Diseño de estrategias didácticas para abordar los aprendizajes de difícil enseñanza-aprendizaje y sus instrumentos de evaluación.
4. Implementación de las actividades didácticas conforme se desarrolla el curso de Física III.
5. Los integrantes del seminario se reunirán periódicamente para planear, analizar y evaluar el desarrollo del proyecto para así realizar los ajustes pertinentes. Las adecuaciones incluyen la manera de trabajar, ya sea en ambientes presenciales, no presenciales o híbridos.
6. Revisión de la presentación de las actividades del cuaderno de trabajo, así como su edición.
7. Elaboración del informe de actividades de proyecto.

Etapas	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MZO	ABR	MAY	JUN
1.											
2.											
3.											
4.											
5.											
6.											
7.											



Periodicidad y horarios de las reuniones

Los integrantes del Seminario Curricular de Física se reunirán cada quince días, los viernes de 13 a 15 hrs.

f) ACTIVIDADES A REALIZAR POR CADA UNO DE LOS INTEGRANTES GRUPO DE TRABAJO.

Con base en la metodología de trabajo y el desarrollo de las etapas antes mencionadas, los compromisos y responsabilidades de los integrantes del seminario son los siguientes:

Actividades a realizar por los integrantes y coordinadores del seminario

Integrantes del seminario	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Raúl Meléndez Venancio	x	X	X	x	x				x		x			x
Jesús Manuel Cruz Cisneros	x	X	X	x	x				x		x			x
Manuel Alfonso Cortina López	x	X	X	x	x				x		x			x
Eduardo Abraham Escárcega Pliego	x	X	X	x	x				x		x			x
Ismael Hernández Rodríguez	x	X	X	x	x				x		x			x
Ismael Rivera Jiménez	x	X	X	x	x				x		x			x
Javier Rodríguez Hernández	x	X	X	x	x				x		x			x
Coordinadores del Seminario														
Alberto Vázquez Rodríguez	x	X	X	x	x	x	x	x	x	X	x	x	x	x
Miguel Montoya Gasca	x	X	x	x	x	x	x	x	x	X	x	x	x	x

Actividades que realizar por parte de los integrantes y coordinadores del seminario:

1. Búsqueda de artículos científicos, en revistas de divulgación científica que traten los temas de las actividades a desarrollar.



2. Selección o diseño de las actividades didácticas que se consideren adecuadas.
3. Implementación de las estrategias y actividades de aprendizajes seleccionadas en los grupos de las asignaturas de Física III.
4. Reflexión sobre el valor y sentido de las diversas actividades realizadas.
5. Solucionar los problemas detectados.
6. Planeación de las reuniones de trabajo.
7. Elaboración del calendario de las reuniones de trabajo.
8. Toma de asistencia de los miembros asistentes a las reuniones de trabajo.
9. Elaboración de las minutas de cada reunión del grupo trabajo.
10. Organización de las actividades para el buen funcionamiento del grupo de trabajo.
11. Evaluar y analizar los resultados parciales de las etapas del proyecto.
12. Elaboración del informe del seminario del proyecto del área complementaria.
13. Elaboración del informe de la coordinación.
14. Indicar las orientaciones que se desprendan de la experiencia del grupo para mejorar la docencia de la asignatura de Física III.

g) RECURSOS HUMANOS Y MATERIALES VIABLES QUE SE REQUIEREN PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO

- Integrantes del Seminario, profesores de carrera y de asignatura, así como sus grupos de alumnos respectivos.
- Programa de Estudios Vigente de Física III.
- Estrategias y/o actividades de los integrantes del seminario.
- Computadora, Impresora, Scanner y Videoproyector.
- Sala o un espacio adecuado para las reuniones del seminario.
- Revistas de divulgación científica: Physical Education, Scientific American, Enseñanza de las Ciencias, Physics Teachers.
- Libros de texto o de divulgación científica que traten los temas de las unidades de la asignatura de Física III.
- Equipos e instrumentos de los laboratorios curriculares.





Viabilidad del proyecto

El proyecto tiene como objetivo elaborar un cuaderno de trabajo para el curso de Física III y además los miembros del seminario tienen experiencia en diseñar e implementar estrategias didácticas, así como instrumentos de evaluación. En cuanto a los recursos, se utilizarán básicamente los materiales de apoyo que el seminario ha diseñado y elaborado previamente, aunque se diseñaran e implementaran otras actividades didácticas. También se usarán los equipos e instrumentos de los laboratorios curriculares.

Por lo que consideramos que el proyecto es viable para llevarse a cabo en un año con los recursos disponibles en el plantel.



2. FUENTES INSTITUCIONALES, DISCIPLINARIAS Y/O DIDÁCTICAS CONSULTADAS

1. CCH UNAM. (2016). *Programas de Estudios Actualizados de las asignaturas de Física III y IV*. México. Ed. Dirección General del CCH.
2. CCH UNAM. (2020). Protocolo de equivalencias para el ingreso y la promoción de los profesores ordinarios de carrera del Colegio de Ciencias y Humanidades. *Gaceta CCH, Suplemento Especial (ISSN 0188-6975) del 17 de enero de 2020*. México: Ed. Dirección General del CCH.
3. CCH UNAM. (2023). Normatividad para la presentación y evaluación de proyectos e informes anuales del personal académico de carrera de tiempo completo. *Gaceta CCH, Suplemento Especial (ISSN 0188-6975) del 12 de junio de 2023*. México: Ed. Dirección General del CCH.
4. Ferreiro, R. (2009). *Estrategias didácticas del aprendizaje cooperativo*. México: Editorial Trillas.
5. Giancoli, D. C. (1997). *Física*. México: Pearson Educación
6. Pozo, J. I. (1998). *Aprendices y maestros*. Madrid: Alianza Editorial.



7. Pozo, J. I. y Monereo C. (2002). *El aprendizaje estratégico*. Madrid: Grupo Santillana de Ediciones.
8. Resnick, R. (1981). *Conceptos de Relatividad y Teoría Cuántica*. México: Editorial LIMUSA.
9. Tipler, A. P. y Mosca G. (2013). *Física*. Barcelona: Editorial Reverté.



3.ANEXO DE CARTAS-COMPROMISO





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
ESCUELA NACIONAL
COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES



H. CONSEJO TÉCNICO DE LA ESCUELA NACIONAL
COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
P R E S E N T E

Por este medio, manifiesto mi decisión de participar **voluntariamente** durante el ciclo escolar 2023-2024, en el Grupo de Trabajo Seminario Curricular de Física por Alberto Vázquez Rodríguez y Miguel Montoya Gasca, cuyo producto o actividad es: Cuaderno de trabajo para el curso de Física III **Rubro** I **Nivel** C **Numeral** 5 de acuerdo con el Glosario de Términos.¹

Por tal motivo me comprometo a cumplir con la normatividad relativa al funcionamiento de los grupos de trabajo.²

- Participar **únicamente** en este grupo de trabajo.
- Realizar las actividades que se me asignen.
- Asistir a las sesiones a las que se me convoque, **sin afectar** la atención de mis grupos escolares.

Si por algún motivo personal o laboral no continuara colaborando con el grupo de trabajo, lo notificaré **por escrito** al H. Consejo Técnico, en la Secretaría General de la DG, con copia al Consejo Académico, Jefatura de Sección del plantel o Departamento y al coordinador del grupo dentro de un plazo no mayor a los 60 días naturales de haber iniciado el ciclo escolar, cuya fecha límite es el **30 de octubre de 2023** de acuerdo con el calendario del *Cuadernillo de Orientaciones 2023-2024*.

Atentamente

Cd. Mx., a 7 de Agosto de 2023.

Nombre y Firma del profesor(a): José Antonio Rodríguez Palacios

RFC: ROPA620509NX8

Plantel de adscripción: CCH SUR

Profesor de (☒) Asignatura (☐) Carrera de Medio Tiempo

Categoría Asignatura "A" Interino

¹ "Glosario de Términos" del. *Protocolo de equivalencias para el ingreso y la promoción de los Profesores Ordinarios de Carrera del Colegio de Ciencias y Humanidades*. Recuperado el 3 de marzo de 2020 de https://www.cch.unam.mx/sites/default/files/Protocolo_Equivalencias.pdf.

² Reglas para el Reconocimiento, Creación y Funcionamiento de los Grupos de Trabajo Institucionales (2020). Recuperado el 5 de agosto de 2020 de https://www.cch.unam.mx/sites/default/files/suplemento_Grupos_de_Trabajo.pdf





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
ESCUELA NACIONAL
COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES



H. CONSEJO TÉCNICO DE LA ESCUELA NACIONAL
COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
P R E S E N T E

Por este medio, manifiesto mi decisión de participar **voluntariamente** durante el ciclo escolar 2023-2024, en el Grupo de Trabajo Seminario Curricular de Física por Alberto Vázquez Rodríguez y Miguel Montoya Gasca, cuyo producto o actividad es: Cuaderno de trabajo para el curso de Física III **Rubro** I **Nivel** C **Numeral** 5 de acuerdo con el Glosario de Términos.¹

Por tal motivo me comprometo a cumplir con la normatividad relativa al funcionamiento de los grupos de trabajo.²

- Participar **únicamente** en este grupo de trabajo.
- Realizar las actividades que se me asignen.
- Asistir a las sesiones a las que se me convoque, **sin afectar** la atención de mis grupos escolares.

Si por algún motivo personal o laboral no continuara colaborando con el grupo de trabajo, lo notificaré **por escrito** al H. Consejo Técnico, en la Secretaría General de la DG, con copia al Consejo Académico, Jefatura de Sección del plantel o Departamento y al coordinador del grupo dentro de un plazo no mayor a los 60 días naturales de haber iniciado el ciclo escolar, cuya fecha límite es el **30 de octubre de 2023** de acuerdo con el calendario del *Cuadernillo de Orientaciones 2023-2024*.

Atentamente

Cd. Mx., a 7 de Agosto de 2023.

Nombre y Firma del
profesor(a):

Javier Rodríguez Hernández

RFC: ROHJ561114EC9

Plantel de adscripción: CCH SUR

Profesor de ☒ (X) Asignatura ☐ () Carrera de Medio Tiempo

Categoría Definitivo "A"

¹ "Glosario de Términos" del. *Protocolo de equivalencias para el ingreso y la promoción de los Profesores Ordinarios de Carrera del Colegio de Ciencias y Humanidades*. Recuperado el 3 de marzo de 2020 de https://www.cch.unam.mx/sites/default/files/Protocolo_Equivalencias.pdf.

² Reglas para el Reconocimiento, Creación y Funcionamiento de los Grupos de Trabajo Institucionales (2020). Recuperado el 5 de agosto de 2020 de https://www.cch.unam.mx/sites/default/files/suplemento_Grupos_de_Trabajo.pdf





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
ESCUELA NACIONAL
COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES



H. CONSEJO TÉCNICO DE LA ESCUELA NACIONAL
COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
P R E S E N T E

Por este medio, manifiesto mi decisión de participar **voluntariamente** durante el ciclo escolar 2023-2024, en el Grupo de Trabajo Seminario Curricular de Física, coordinado por Alberto Vázquez Rodríguez y Miguel Montoya Gasca, cuyo producto o actividad es: Cuaderno de trabajo para el curso de Física III Rubro I Nivel C Numeral 5 de acuerdo con el Glosario de Términos.¹

Por tal motivo me comprometo a cumplir con la normatividad relativa al funcionamiento de los grupos de trabajo.²

- Participar **únicamente** en este grupo de trabajo.
- Realizar las actividades que se me asignen.
- Asistir a las sesiones a las que se me convoque, **sin afectar** la atención de mis grupos escolares.

Si por algún motivo personal o laboral no continuara colaborando con el grupo de trabajo, lo notificaré **por escrito** al H. Consejo Técnico, en la Secretaría General de la DG, con copia al Consejo Académico, Jefatura de Sección del plantel o Departamento y al coordinador del grupo dentro de un plazo no mayor a los 60 días naturales de haber iniciado el ciclo escolar, cuya fecha límite es el **30 de octubre de 2023** de acuerdo con el calendario del *Cuadernillo de Orientaciones 2023-2024*.

Atentamente

Cd. Mx., a 7 de Agosto de 2023.

Nombre y Firma del profesor(a):

Ismael Hernández Rodríguez

RFC:

HERI551115CX7

Plantel de adscripción:

CCH SUR

Profesor de

() Asignatura

(X) Carrera de Medio Tiempo

Categoría

PROFESOR DE CARRERA ASOCIADO "B" DE MEDIO TIEMPO A CONTRATO

¹ "Glosario de Términos" del. Protocolo de equivalencias para el ingreso y la promoción de los Profesores Ordinarios de Carrera del Colegio de Ciencias y Humanidades. Recuperado el 3 de marzo de 2020 de https://www.cch.unam.mx/sites/default/files/Protocolo_Equivalencias.pdf.

² Reglas para el Reconocimiento, Creación y Funcionamiento de los Grupos de Trabajo Institucionales (2020). Recuperado el 5 de agosto de 2020 de https://www.cch.unam.mx/sites/default/files/suplemento_Grupos_de_Trabajo.pdf





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
ESCUELA NACIONAL
COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES

H. CONSEJO TÉCNICO DE LA ESCUELA NACIONAL
COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
P R E S E N T E

Por este medio, manifiesto mi decisión de participar **voluntariamente** durante el ciclo escolar 2023-2024, en el Grupo de Trabajo Seminario Curricular de Física por Alberto Vázquez Rodríguez y Miguel Montoya Gasca, cuyo producto o actividad es: Cuaderno de trabajo para el curso de Física III Rubro I Nivel C Numeral 5 de acuerdo con el Glosario de Términos.¹

Por tal motivo me comprometo a cumplir con la normatividad relativa al funcionamiento de los grupos de trabajo.²

- Participar **únicamente** en este grupo de trabajo.
- Realizar las actividades que se me asignen.
- Asistir a las sesiones a las que se me convoque, **sin afectar** la atención de mis grupos escolares.

Si por algún motivo personal o laboral no continuara colaborando con el grupo de trabajo, lo notificaré **por escrito** al H. Consejo Técnico, en la Secretaría General de la DG, con copia al Consejo Académico, Jefatura de Sección del plantel o Departamento y al coordinador del grupo dentro de un plazo no mayor a los 60 días naturales de haber iniciado el ciclo escolar, cuya fecha límite es el **30 de octubre de 2023** de acuerdo con el calendario del *Cuadernillo de Orientaciones 2023-2024*.

Atentamente

Cd. Mx., a 7 de Agosto de 2023.

Nombre y Firma del
profesor(a):

Andrés Roberto Sánchez Ornelas

RFC: **SAOA5911307W7**

Plantel de adscripción: **CCH SUR**

Profesor de () Asignatura (X) Carrera de Medio Tiempo

Categoría **Profesor Ordinario de Carrera Asociado "B" MT a contrato**

¹ "Glosario de Términos" del. *Protocolo de equivalencias para el ingreso y la promoción de los Profesores Ordinarios de Carrera de Ciencias y Humanidades*. Recuperado el 3 de marzo de 2020 de https://www.cch.unam.mx/sites/default/files/Protocolo_Equivalencias.pdf.

² Reglas para el Reconocimiento, Creación y Funcionamiento de los Grupos de Trabajo Institucionales (2020). Recuperado de https://www.cch.unam.mx/sites/default/files/suplemento_Grupos_de_Trabajo.pdf





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
ESCUELA NACIONAL
COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES



H. CONSEJO TÉCNICO DE LA ESCUELA NACIONAL
COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
P R E S E N T E

Por este medio, manifiesto mi decisión de participar **voluntariamente** durante el ciclo escolar 2023-2024, en el Grupo de Trabajo Seminario Curricular de Física por Alberto Vázquez Rodríguez y Miguel Montoya Gasca, cuyo producto o actividad es: Cuaderno de trabajo para el curso de Física III **Rubro** I **Nivel** C **Numeral** 5 de acuerdo con el Glosario de Términos.¹

Por tal motivo me comprometo a cumplir con la normatividad relativa al funcionamiento de los grupos de trabajo.²

- Participar **únicamente** en este grupo de trabajo.
- Realizar las actividades que se me asignen.
- Asistir a las sesiones a las que se me convoque, **sin afectar** la atención de mis grupos escolares.

Si por algún motivo personal o laboral no continuara colaborando con el grupo de trabajo, lo notificaré **por escrito** al H. Consejo Técnico, en la Secretaría General de la DG, con copia al Consejo Académico, Jefatura de Sección del plantel o Departamento y al coordinador del grupo dentro de un plazo no mayor a los 60 días naturales de haber iniciado el ciclo escolar, cuya fecha límite es el **30 de octubre de 2023** de acuerdo con el calendario del *Cuadernillo de Orientaciones 2023-2024*.

Atentamente

Cd. Mx., a 7 de Agosto de 2023.

Nombre y Firma del
profesor(a):

Eduardo Abraham Escárcega Pliego

RFC: EAPE641009D49

Plantel de adscripción: CCH SUR

Profesor de (☒) Asignatura () Carrera de Medio Tiempo

Categoría Profesor de Asignatura "A" Definitivo

¹ "Glosario de Términos" del. *Protocolo de equivalencias para el ingreso y la promoción de los Profesores Ordinarios de Carrera del Colegio de Ciencias y Humanidades*. Recuperado el 3 de marzo de 2020 de https://www.cch.unam.mx/sites/default/files/Protocolo_Equivalencias.pdf.

² Reglas para el Reconocimiento, Creación y Funcionamiento de los Grupos de Trabajo Institucionales (2020). Recuperado el 5 de agosto de 2020 de https://www.cch.unam.mx/sites/default/files/suplemento_Grupos_de_Trabajo.pdf





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
ESCUELA NACIONAL
COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES



H. CONSEJO TÉCNICO DE LA ESCUELA NACIONAL
COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
P R E S E N T E

Por este medio, manifiesto mi decisión de participar **voluntariamente** durante el ciclo escolar 2023-2024, en el Grupo de Trabajo Seminario Curricular de Física por Alberto Vázquez Rodríguez y Miguel Montoya Gasca, cuyo producto o actividad es: Cuaderno de trabajo para el curso de Física III **Rubro** I **Nivel** C **Numeral** 5 de acuerdo con el Glosario de Términos.¹

Por tal motivo me comprometo a cumplir con la normatividad relativa al funcionamiento de los grupos de trabajo.²

- Participar **únicamente** en este grupo de trabajo.
- Realizar las actividades que se me asignen.
- Asistir a las sesiones a las que se me convoque, **sin afectar** la atención de mis grupos escolares.

Si por algún motivo personal o laboral no continuara colaborando con el grupo de trabajo, lo notificaré **por escrito** al H. Consejo Técnico, en la Secretaría General de la DG, con copia al Consejo Académico, Jefatura de Sección del plantel o Departamento y al coordinador del grupo dentro de un plazo no mayor a los 60 días naturales de haber iniciado el ciclo escolar, cuya fecha límite es el **30 de octubre de 2023** de acuerdo con el calendario del *Cuadernillo de Orientaciones 2023-2024*.

Atentamente

Cd. Mx., a 7 de Agosto de 2023.

Nombre y Firma del
profesor(a):

Ismael Rivera Jiménez

RFC: RIJI600414

Plantel de adscripción: CCH SUR

Profesor de ☒ (X) Asignatura ☐ () Carrera de Medio Tiempo

Categoría "B" Definitivo

¹ "Glosario de Términos" del. *Protocolo de equivalencias para el ingreso y la promoción de los Profesores Ordinarios de Carrera del Colegio de Ciencias y Humanidades*. Recuperado el 3 de marzo de 2020 de https://www.cch.unam.mx/sites/default/files/Protocolo_Equivalencias.pdf.

² Reglas para el Reconocimiento, Creación y Funcionamiento de los Grupos de Trabajo Institucionales (2020). Recuperado el 5 de agosto de 2020 de https://www.cch.unam.mx/sites/default/files/suplemento_Grupos_de_Trabajo.pdf





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
ESCUELA NACIONAL
COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES



H. CONSEJO TÉCNICO DE LA ESCUELA NACIONAL
COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
P R E S E N T E

Por este medio, manifiesto mi decisión de participar **voluntariamente** durante el ciclo escolar 2023-2024, en el Grupo de Trabajo Seminario Curricular de Física por Alberto Vázquez Rodríguez y Miguel Montoya Gasca, cuyo producto o actividad es: Cuaderno de trabajo para el curso de Física III **Rubro** I **Nivel** C **Numeral** 5 de acuerdo con el Glosario de Términos.¹

Por tal motivo me comprometo a cumplir con la normatividad relativa al funcionamiento de los grupos de trabajo.²

- Participar **únicamente** en este grupo de trabajo.
- Realizar las actividades que se me asignen.
- Asistir a las sesiones a las que se me convoque, **sin afectar** la atención de mis grupos escolares.

Si por algún motivo personal o laboral no continuara colaborando con el grupo de trabajo, lo notificaré **por escrito** al H. Consejo Técnico, en la Secretaría General de la DG, con copia al Consejo Académico, Jefatura de Sección del plantel o Departamento y al coordinador del grupo dentro de un plazo no mayor a los 60 días naturales de haber iniciado el ciclo escolar, cuya fecha límite es el **30 de octubre de 2023** de acuerdo con el calendario del *Cuadernillo de Orientaciones 2023-2024*.

Atentamente

Cd. Mx., a 7 de **Agosto** de 2023.

Nombre y Firma del
profesor(a):

Manuel Alfonso Cortina López

RFC: COLM700526TA0

Plantel de adscripción: CCH SUR

Profesor de ☒ (X) Asignatura ☐ () Carrera de Medio Tiempo

Categoría **"B" Definitivo**

¹ "Glosario de Términos" del. *Protocolo de equivalencias para el ingreso y la promoción de los Profesores Ordinarios de Carrera del Colegio de Ciencias y Humanidades*. Recuperado el 3 de marzo de 2020 de https://www.cch.unam.mx/sites/default/files/Protocolo_Equivalencias.pdf.
² Reglas para el Reconocimiento, Creación y Funcionamiento de los Grupos de Trabajo Institucionales (2020). Recuperado el 5 de agosto de 2020 de https://www.cch.unam.mx/sites/default/files/suplemento_Grupos_de_Trabajo.pdf



CONTENIDO INFORME APOYO A LA DOCENCIA

1. FICHA DE IDENTIFICACIÓN DE DATOS

2. NOTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL PROYECTO 2023-2024

3. PROYECTO DE APOYO A LA DOCENCIA 2023-2024

4. INFORME DEL SEMINARIO CURRICULAR DE FÍSICA NCLUYENDO:

- **ACTIVIDADES DESARROLLADAS POR LOS PROFESORES**
- **PORCENTAJES DE ASISTENCIA**
- **DESEMPEÑO DE LOS PROFESORES (CUMPLIMIENTO DE COMPROMISOS)**
- **EVALUACIÓN GLOBAL DEL GRUPO DE TRABAJO**

5. CONCENTRADO DE PORCENTAJES DE ASISTENCIA

6. MINUTAS Y LISTA DE ASISTENCIA

- **LISTA DE ASISTENCIA CON FIRMAS DE LOS INTEGRANTES**

7. PRODUCTO: CUADERNO DE TRABAJO PARA EL CURSO DE FÍSICA III



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
ESCUELA NACIONAL COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
PLANTEL SUR**

ÁREA DE CIENCIAS EXPERIMENTALES

SEMINARIO CURRICULAR DE FÍSICA



INFORME:

Cuaderno de trabajo para el curso Física III

PERÍODO: CICLO ESCOLAR 2023-2024

PRODUCTO:

**Cuaderno de trabajo
RUBRO I-C, Numeral 5**

COORDINADOR DEL SEMINARIO:

**Fís. Miguel Montoya Gasca, Profr. Tit. C, Def. Coordinador
Fís. Alberto Vázquez Rodríguez, Profr. Tit. C, Definitivo**

PROFESORES INTEGRANTES DEL SEMINARIO:

**M. en C. Raúl Meléndez Venancio, Profr. Tit. C Def.
M. en C. Jesús Manuel Cruz Cisneros, Profr. Tit. C Def.
Fís. Manuel Alfonso Cortina López, Profr. Asig. B, Def.
Fís. Antonino Jacobo Gómez García, Prof. Titular B Def.
I.Q. Eduardo Abraham Escárcega Pliego, Profr. Asig. A Def.
I.Q. Ismael Hernández Rodríguez, Profr. Asig. B Def.
Fís. Ismael Rivera Jiménez, Profr. Asig. B Def.
Fís. Javier Rodríguez Hernández, Profr. Asig. B Def.
Fís. José Antonio Rodríguez Palacios, Profr. Asig. A Int.
I.Q. Andrés Roberto Sánchez Ornelas, Profr. Asoc. B M.T. a Contrato**

29 de julio de 2024

Campo III. Diseño y elaboración de materiales didácticos impresos y digitales pertinentes con los programas de estudio vigentes.



1. PROPUESTA GENERAL. INFORME DE APOYO A LA DOCENCIA

A. Introducción

De acuerdo con el Plan de Desarrollo, la Dirección General del Colegio de Ciencias y Humanidades orientará su trabajo, entre otras políticas de desarrollo, en las siguientes:

- El aprendizaje de calidad de los alumnos será el criterio determinante para la toma de decisiones individuales y colegiadas de autoridad.
- Los cursos ordinarios y las necesidades que éstos generan serán el centro de atención del trabajo de todos quienes tenemos responsabilidades en el Colegio. Por lo que consideramos pertinente enfocarnos en obtener un producto que con actividades de apoyo a la docencia tengan efecto inmediato en el aula.



La actualización de los Programa de Física III y IV ocurrió en 2016, y es a partir de esa fecha que el Seminario Curricular de Física ha diseñado materiales que apoyan la implementación de dichos programas, ahora vigentes, de Física III y IV. En este ciclo escolar, ante la necesidad de contar con materiales dirigidos a los alumnos que estén acordes con los propósitos del Programa de Estudios, considerando fundamental que las estrategias didácticas sean flexibles, esto es, que puedan aplicarse en ambientes presenciales, no presenciales e híbridos, se elaboró un Cuaderno de Trabajo para el curso de Física III del programa de estudios vigente y así contribuir en el esfuerzo por mejorar el aprendizaje de los alumnos.

El producto o actividad que se desarrolló en el ciclo escolar 2023-2024 es la elaboración de Cuaderno de Trabajo para el curso de Física III, el cual pertenece al Campo III “Diseño y elaboración de materiales didácticos impresos y digitales pertinentes con los programas de estudio vigentes”. Este campo de actividad tiene el propósito de continuar con el diseño y elaboración de materiales didácticos para ambientes presenciales, no presenciales o híbridos que incidan en el mejoramiento de los aprendizajes de las asignaturas del tronco común, así como las de quinto y sexto semestres, incluidas las materias extracurriculares, mediante propuestas innovadoras, congruentes con los postulados del Modelo Educativo del Colegio. Por esto nos enfocamos, en el grupo de trabajo, en diseñar e implementar diversas estrategias didácticas, en el marco de los programas de estudio vigentes, que nos fueran útiles para elaborar el Cuaderno de Trabajo para el curso de Física III.

Como grupo de trabajo nos propusimos y alcanzamos los siguientes objetivos:

Objetivo General

Se elaboró un Cuaderno de Trabajo para el curso de Física III, en el que se atendió el curso semestral de esta asignatura cubriendo los aprendizajes del Programa de Estudio Vigente, el cual fue un material útil para los alumnos, que les permitió desarrollar diversas habilidades a través de la implementación de las distintas actividades propuestas en las estrategias de enseñanza-aprendizaje.



Para alcanzar los propósitos los profesores asistieron a las reuniones de trabajo, a cursos de actualización disciplinaria o didáctica, así como a la planeación, diseño e implementación de las estrategias didácticas que se desarrollaron en las clases.



Alcances

Este proyecto se desarrolló por el grupo de profesores del *Seminario Curricular de Física*, donde se diseñaron, discutieron e implementaron diversas actividades tanto teóricas como prácticas sobre las unidades de la asignatura de Física III, las cuales formaron parte de las estrategias didácticas, con sus materiales de apoyo e instrumentos de evaluación respectivos, que nos permitió elaborar el cuaderno de trabajo, el cual favoreció una mejor enseñanza de los estudiantes y les permitió alcanzar los aprendizajes de los programas de estudio de Física. Es decir, el proyecto tuvo los siguientes alcances:

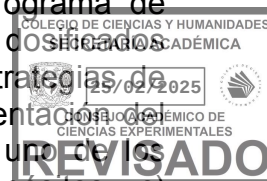
- Mejorar la docencia de los profesores a través de los materiales didácticos elaborados por el seminario.
- Incidir en los alumnos, mediante el diseño e implementación de materiales didácticos con el fin de que alcancen los aprendizajes de la mejor manera posible.
- Contar con materiales didácticos que se puedan compartir con los profesores que no pertenecen al seminario y recibir retroalimentación para mejorarlos.

B. Descripción de las actividades o los productos desarrollados con respecto a lo proyectado.

El producto se llevó a cabo de acuerdo con lo proyectado durante el ciclo escolar 2023-2024, sin embargo el primer semestre fue irregular debido a los paros de los trabajadores y alumnos, por lo que una tercera parte del curso se implementó en línea, a distancia, utilizando la plataforma Teams. El segundo semestre se impartió de manera presencial, sin contratiempos, aunque se aprovechó la familiaridad que tenían los alumnos con la plataforma Teams para que pudieran elaborar sus tareas, trabajos, exámenes, entre otras actividades. Se realizaron modificaciones parciales a las actividades y materiales didácticos dándoles cierta orientación hacia las TIC, para el caso específico de las actividades experimentales se utilizaron simulaciones y videos cuando no había equipos e instrumentos disponibles en los laboratorios curriculares.

El Seminario Curricular de Física elaboró el Cuaderno de Trabajo para el curso de Física III, donde se utilizaron los materiales que ha estado elaborando el Seminario Curricular de Física, para planear e impartir los dos cursos, así como las formas de evaluación de los aprendizajes, con las siguientes características:

- Cuaderno de trabajo. Es una publicación que indica las actividades tanto teóricas como prácticas sobre una o varias unidades del Programa de Estudio, su desarrollo tiene como base las tareas o problemas diseñados por su grado de complejidad y estructurados por medio de estrategias de enseñanza aprendizaje, que resolverán los estudiantes con orientación del profesor, incluyendo alternativas para el tratamiento de cada uno de los temas. Deberá incluir: a) una guía para su uso; b) propósitos; c)



aprendizajes; d) estrategias de aprendizaje con sus correspondientes actividades; e) formas e instrumentos de evaluación; f) valoración del profesor de los resultados obtenidos y g) las fuentes consultadas deberán presentarse en formato APA.

- C. Explicación sobre como atendió el propósito general del Campo de Actividades seleccionado, a través de las actividades o productos desarrollados (pertinencia).

El proyecto atiende el Campo III “Diseño y elaboración de materiales didácticos impresos y digitales pertinentes con los programas de estudio actualizados”, cuyo propósito es el diseño y elaboración de materiales didácticos, así como fortalecer la implementación de los programas de estudio vigentes de las asignaturas del tronco común. Por lo que en el actual proyecto se elaboró un cuaderno de trabajo para el curso de Física III, con fin de que se contara con materiales didácticos adecuados que puedan aplicarse en ambientes presenciales, no presenciales o híbridos, desarrollando las tareas o problemas de forma dosificada dependiendo del grado de complejidad y estructurados por medio de estrategias de enseñanza aprendizaje. Los profesores, integrantes del seminario diseñaron e implementaron las estrategias didácticas, tomando en cuenta los aprendizajes y los objetivos de la asignatura, así como valoraron los resultados obtenidos, haciendo una reflexión de las experiencias en el aula, lo cual contribuirá a mejorar la docencia, ya que los profesores contarán con materiales didácticos que pueden implementar en su curso.

Por lo anterior, el trabajo que se realizó es **pertinente**, ya que es congruente con las prioridades institucionales, es decir, con los rubros prioritarios, además las diversas actividades que se realizaron también fueron congruentes con los objetivos, enfoques, contenidos del Programa de Estudios Actualizado y con el nivel educativo.

Los integrantes del seminario siempre trabajaron colegiadamente en todas las etapas para desarrollar el proyecto, donde los profesores de carrera orientaron siempre a los profesores de asignatura fomentando su formación disciplinaria y didáctica.

- D. Valoración de las actividades y/o productos, indicando su calidad y trascendencia.

En el presente proyecto se elaboró un cuaderno de trabajo para el curso de Física III, dicha actividad pertenecen al Campo III, Diseño y elaboración de materiales didácticos impresos y digitales pertinentes con los programas de estudio actualizados, es decir el trabajo que se realizó es **pertinente**, ya que es congruente con las prioridades institucionales, es decir, con los rubros prioritarios, además las diversas actividades que se realizaron son congruentes con los objetivos, enfoques, contenidos del Programa de Estudios Actualizado de Física III, y con el nivel educativo. El producto obtenido, cuaderno de trabajo para el curso de Física III, es de **calidad** porque tiene concordancia con las definiciones del Glosario de Términos del Protocolo de Equivalencias del CCH y se buscó que en las diversas actividades didácticas hubiese actualidad en el manejo de los conceptos y temas del PEA. El trabajo desarrollado fue **trascendente** porque las distintas estrategias didácticas diseñadas mejoraran la enseñanza de la asignatura



de Física III, debido a que son el producto de la planeación del curso de Física III realizada colegiadamente por los integrantes del seminario.

- E. Reseña de las actividades desarrolladas por cada uno de los integrantes del grupo de trabajo (coordinadores y participantes), señalando el cumplimiento de sus compromisos, así como el porcentaje de asistencia. Asimismo, deberá especificar las formas de organización del trabajo individual o grupal.



E.1) Formas de trabajo

Se trabajó con los grupos de los profesores del seminario. Primero se diseñaron ciertas actividades didácticas y se revisaron las que formarían parte de las estrategias didácticas, para posteriormente implementarlas a través del ciclo escolar. Se analizó el proceso didáctico, con la participación de todos los profesores del seminario y se evaluaron las actividades didácticas.

Ciertas actividades didácticas experimentales se llevaron a cabo en el laboratorio y otras en línea, utilizando simuladores y videos, ya que no fue posible reunirnos en el aula laboratorio en los días del paro de profesores y alumnos.

Los profesores de asignatura realizaron exposiciones de diferentes temas relacionados con las estrategias didácticas, y se les hicieron observaciones tanto de los aspectos disciplinarios como de los didácticos, contribuyendo así a su formación.

Aunque en las sesiones de carácter grupal todos los miembros del seminario participaron activamente sin distinción alguna.

E.2) Reuniones de trabajo y principales actividades realizadas por los profesores integrantes del Seminario de Curricular de Física.

Las actividades generales realizadas para cumplir con los compromisos establecidos fueron las siguientes:

i). Tareas realizadas por los Profesores de Asignatura y de Carrera del Seminario:

- 1) Búsqueda de artículos científicos, en revistas de divulgación científica, que traten los temas de las actividades a desarrolladas.
- 2) Participaron en la selección o diseño las actividades didácticas que se consideraron adecuadas.
- 3) Participaron en la implementación de las estrategias y actividades de aprendizaje seleccionadas en los grupos de la asignatura de Física III.
- 4) Los integrantes del seminario se reunieron periódicamente para planear, analizar y evaluar el desarrollo del proyecto y realizar los ajustes pertinentes.
- 5) Participaron en la reflexión sobre el valor y sentido de las diversas actividades realizadas.
- 6) Propusieron soluciones a los problemas que se detectaron.
- 7) Además, los profesores de carrera contribuyeron a la formación de los profesores de asignatura asistentes al seminario.



ii). Tareas realizadas por los Coordinadores del Seminario

- 8) Planearon las reuniones de trabajo.
- 9) Calendarizaron las reuniones de trabajo.
- 10) Tomaron la asistencia de los integrantes asistentes a las reuniones de trabajo.
- 11) Elaboraron las relatorías o minutas de cada reunión de trabajo.
- 12) Organizaron e integraron diversas actividades para el buen funcionamiento del trabajo académico del seminario.
- 13) Contribuyeron a la formación de los profesores de asignatura asistentes al seminario.
- 14) Analizaron y evaluaron los resultados parciales.
- 15) Elaboraron el informe del seminario del proyecto del área complementaria.
- 16) Elaboraron el informe de la coordinación.
- 17) Participaron en la reflexión sobre el valor y sentido de las diversas actividades realizadas.
- 18) Propusieron soluciones a los problemas que se detectaron.

Las reuniones se realizaron cada dos semanas, con una duración de 2 horas, los viernes de 13 a 15 hrs.

E.3) En la siguiente tabla se designa la participación de cada uno de los integrantes y/o colaboradores del Seminario en las tareas realizadas en el presente año.

Coordinadores del Seminario	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Miguel Montoya Gasca	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Alberto Vázquez Rodríguez	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Integrantes del seminario	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Raúl Meléndez Venancio	X	X	X	X	X						X	X			X
Jesús Manuel Cruz Cisneros	X	X	X	X	X						X	X			X
Manuel Alfonso Cortina López	X	X	X	X	X							X			
Antonino Jacobo Gómez García	X	X	X	X	X						X	X			



Eduardo Abraham Escárcega Pliego	X	X	X	X	X							X			X
Ismael Hernández Rodríguez	X	X	X	X	X							X			X
Ismael Rivera Jiménez	X	X	X	X	X							X			X
Javier Rodríguez Hernández	X	X	X	X	X							X			X
José Antonio Rodríguez Palacios	X	X	X	X	X							X			X
Andrés Roberto Sánchez Ornelas	X	X	X	X	X							X			X



X Cumplimiento total de la tarea encomendada

1. Búsqueda de artículos científicos, en revistas de divulgación científica, que traten los temas de las actividades a desarrollar.
2. Selección o diseño de las actividades didácticas que se consideren adecuadas.
3. Implementación de las estrategias y actividades de aprendizajes seleccionadas en los grupos de la asignatura de Física III.
4. Reflexión sobre el valor y sentido de las diversas actividades realizadas.
5. Solucionar los problemas detectados.
6. Planeación de las reuniones de trabajo.
7. Elaboración del calendario de las reuniones de trabajo.
8. Toma de asistencia de los miembros asistentes a las reuniones de trabajo.
9. Elaboración de las minutas de cada reunión del grupo trabajo.
10. Organización de las actividades para el buen funcionamiento del grupo de trabajo.
11. Contribuir a la formación de los profesores asistentes al seminario.
12. Analizar y evaluar los resultados parciales.
13. Elaboración del informe del seminario del proyecto del área complementaria.
14. Elaboración del informe de la coordinación.
15. Indicar las orientaciones que se desprendan de la experiencia del grupo para mejorar la docencia de la asignatura de Física III.

Los profesores Alberto Vázquez Rodríguez y Miguel Montoya Gasca, coordinadores del seminario, cumplieron con las actividades de la coordinación del seminario tales como: Planeación de las reuniones de trabajo, calendarización de las reuniones de trabajo, toma de asistencia de los integrantes asistentes a las reuniones de trabajo, y organización de actividades para el buen funcionamiento del seminario.

E.4) Con relación a la asistencia y desempeño de los profesores.

Con respecto a la asistencia de los profesores a las reuniones de trabajo grupal y sesiones experimentales del Seminario Curricular de Física, todos los integrantes del seminario tuvieron el 100% de asistencia y todos tuvieron un desempeño satisfactorio en todas las actividades desarrolladas en el Seminario. Aunque el



maestro Jesús Manuel Cruz Cisneros se jubiló en el segundo mes del segundo semestre, siguió asistiendo y participando en las actividades del seminario.



Asistencia a las reuniones de trabajo grupal y sesiones experimentales

Profesor	% Asistencia	Desempeño
Miguel Montoya Gasca	100%	Satisfactorio
Alberto Vázquez Rodríguez	100%	Satisfactorio
Raúl Meléndez Venancio	100%	Satisfactorio
Jesús Manuel Cruz Cisneros	100%	Satisfactorio
Manuel Alfonso Cortina López	100%	Satisfactorio
Antonino Jacobo Gómez García	100%	Satisfactorio
Eduardo Abraham Escárcega Pliego	100%	Satisfactorio
Ismael Hernández Rodríguez	100%	Satisfactorio
Ismael Rivera Jiménez	100%	Satisfactorio
Javier Rodríguez Hernández	100%	Satisfactorio
José Antonio Rodríguez Palacios	100%	Satisfactorio
Andrés Roberto Sánchez Ornelas	100%	Satisfactorio

F. Evaluación global del grupo de trabajo y una reflexión sobre su funcionamiento y desempeño.

El grupo de trabajo estuvo formado por cinco profesores de carrera de tiempo completo, dos profesores de carrera de medio tiempo y cinco de asignatura. Se eligieron a los profesores Alberto Vázquez Rodríguez y Miguel Montoya Gasca como coordinadores del Seminario Curricular de Física, dada su experiencia en la dirección de grupos de trabajo de profesores.

Los profesores integrantes del seminario diseñaron o recopilieron los materiales didácticos, elaborados por el seminario, que se utilizaron en la elaboración del cuaderno de trabajo para el curso de Física III, orientando diversas actividades hacia el uso de las TIC, ya que no se tuvo acceso al laboratorio en varias semanas, debido a los paros de trabajadores y alumnos. También estructuraron el calendario de las actividades a realizar en el proyecto de trabajo. En estas mismas reuniones se establecieron las responsabilidades de cada uno de los integrantes del seminario con respecto a las asistencias y distribución de tareas.



Los profesores también se beneficiaron ya que aprendieron a planear sus cursos, mejoraron en la ejecución o desarrollo de sus clases y utilizaron técnicas e instrumentos de evaluación diseñados en el seminario.



Reflexión sobre el funcionamiento y desempeño del grupo:

- Reflexionando sobre los objetivos, metas y compromisos establecidos en el proyecto de trabajo, podemos afirmar que el desempeño de los profesores del Seminario Curricular de Física fue satisfactorio.
- Consideramos que las metas establecidas se cumplieron debido al compromiso de los profesores en el diseño de las actividades y en la elaboración de los materiales didácticos.
- Para todos los integrantes del seminario fue muy agradable el ambiente de trabajo que se generó, lo cual nos permitió una adecuada formación, propició un libre intercambio de conocimientos, experiencias, ideas, concepciones pedagógicas y metodológicas para la enseñanza; enriqueciendo así nuestra práctica docente.
- En relación con las reuniones de trabajo, éstas se desarrollaron fuera del horario de clase, de tal manera que no se afectaran las actividades con los alumnos.
- Por lo que se refiere a la coordinación del seminario consideramos que se realizaron actividades relevantes tales como: la formación de profesores, la elaboración de actividades o estrategias didácticas para la asignatura de Física III y la organización e integración de diversas actividades que permitieron un buen trabajo académico.

México, Ciudad de México, 29 de julio de 2024

ALBERTO VÁZQUEZ RODRÍGUEZ
MIGUEL MONTOYA GASCA
COORDINADORES DEL SEMINARIO CURRICULAR DE FÍSICA





G) Fuentes institucionales, disciplinarias y/o didácticas en las que el profesor apoyó su Informe.

1. CCH UNAM. (2016). *Programas de Estudio de Física III-IV*. México: Ed. Dirección General del CCH.
2. CCH UNAM. (2020). Protocolo de equivalencias para el ingreso y la promoción de los profesores ordinarios de carrera del Colegio de Ciencias y Humanidades. *Gaceta CCH, suplemento especial (ISSN 0188-6975) del 17 de enero de 2020*. México: Ed. Dirección General del CCH.
3. CCH UNAM. (2023). Normatividad para la presentación y evaluación de proyectos e informes anuales del personal académico de carrera de tiempo completo (pp. 24-50). *Gaceta CCH, Suplemento Especial (ISSN 0188-6975) del 12 de junio de 2023*. México: Ed. Dirección General del CCH.
4. Ferreiro, R. (2009). *Estrategias didácticas del aprendizaje cooperativo*. México: Editorial Trillas.
5. Giancoli, D.C. (1997). *Física*. México: Pearson Educación.
6. Pozo Municio, J. I. (1998). *Aprendices y maestros*. Madrid: Alianza Editorial.
7. Pozo, J. I. y Monereo C. (2002). *El aprendizaje estratégico*. Madrid: Grupo Santillana de Ediciones.
8. Resnick, R. (1981). *Conceptos de Relatividad y Teoría Cuántica*. México: Editorial LIMUSA.
9. Tipler, A. P. y Mosca G. (2013). *Física*. Barcelona: Editorial Reverté.





3. ANEXOS

CONCENTRADO DE PORCENTAJES DE ASISTENCIA DE CADA UNO DE LOS INTEGRANTES DEL SEMINARIO CURRICULAR DE FÍSICA

Integrantes del Seminario	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	% de Asistencia
Miguel Montoya Gasca	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	100
Alberto Vázquez Rodríguez	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	100
Raúl Meléndez Venancio	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	100
Jesús Manuel Cruz Cisneros	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	100
Manuel Alfonso Cortina López	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	100
Antonino Jacobo Gómez García	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	100
Eduardo Abraham Escárcega Pliego	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	100
Ismael Hernández Rodríguez	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	100
Ismael Rivera Jiménez	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	100
Javier Rodríguez Hernández	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	100
José Antonio Rodríguez Palacios	X	X	X	X	X	X	X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	100
Andrés Roberto Sánchez Ornelas	X	X	X	X	X	X	X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	100

Fechas de las reuniones:

1. Viernes 8 de septiembre de 2023
2. Viernes 22 de septiembre de 2023
3. Viernes 6 de octubre de 2023
4. Viernes 20 de octubre de 2023
5. Viernes 3 de noviembre de 2023
6. Viernes 17 de noviembre de 2023
7. Viernes 1 de diciembre de 2023
8. Viernes 15 de diciembre de 2023



9. Viernes 2 de febrero de 2024
10. Viernes 16 de febrero de 2024
11. Viernes 1 de marzo de 2024
12. Viernes 15 de marzo de 2024
13. Viernes 5 de abril de 2024
14. Viernes 19 de abril de 2024
15. Viernes 3 de mayo de 2024
16. Viernes 17 de mayo de 2024



MINUTAS DE LAS REUNIONES DEL SEMINARIO CURRICULAR DE FÍSICA Y LISTAS DE ASISTENCIA DEL GRUPO DE TRABAJO

La primera etapa del proyecto se realizó durante el semestre 2024-1 y la segunda etapa durante en el semestre 2024-2. En la primera etapa los integrantes del seminario analizaron el programa de Física III, establecieron las formas de trabajo de los integrantes del seminario, así como las características del cuaderno de trabajo y cómo deben presentarse las actividades teóricas y prácticas. También se seleccionaron las estrategias y actividades de aprendizaje que se consideraron más adecuadas para la asignatura de Física III, de preferencia las que fueron elaboradas como productos del seminario. Se implementaron las diversas actividades didácticas para Física III, que ya se tenían elaboradas, con el fin de que los miembros del seminario las desarrollaran en sus grupos. Se detectaron los problemas que surgieron al implementar las diversas actividades didácticas, así como se realizaron las reflexiones de las experiencias del grupo con el fin de elaborar las orientaciones para el mejoramiento de la docencia de la asignatura de Física III. En la segunda etapa se elaboró el Cuaderno de Trabajo para el curso de Física III, se realizaron las modificaciones o ajustes finales que se surgieron como resultado de la experiencia grupal. Se elaboró el informe del seminario y de la coordinación.



MINUTAS DE LA PRIMERA ETAPA



Minuta 1

Fecha viernes 8 de septiembre de 2023

Orden del día:

1. Presentación del proyecto.
2. Análisis del programa de Física III
3. Características del cuaderno de trabajo y cómo deben presentarse las actividades teóricas y prácticas de este.

Se discutió el proyecto en el marco del programa de la asignatura de Física III y se revisaron materiales didácticos para la unidad I con el fin de proponerlos para la parte inicial de la asignatura de Física III. Se revisaron las características del cuaderno de trabajo, así como la presentación de las actividades, tanto teóricas como prácticas.

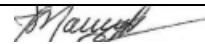
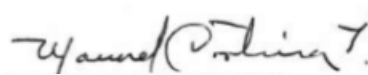
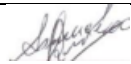
Se planteó la necesidad de comunicarnos vía internet debido a las dificultades en la diferencia de horario de los integrantes del seminario, de hecho, se abrió una carpeta en Google Drive tanto para comunicarnos como para vaciar la información que nos intercambiamos.

Tareas:

1. Investigar materiales didácticos adicionales para la unidad uno "Sistemas de cuerpos rígidos".
2. Diseñar estrategias didácticas para abordar los aprendizajes y sus instrumentos de evaluación.





MONTOYA GASCA MIGUEL	
VAZQUEZ RODRIGUEZ ALBERTO	
MELLENDEZ VENANCIO RAUL	
CRUZ CISNEROS JESUS MANUEL	
CORTINA LOPEZ MANUEL ALFONSO	
GOMEZ GARCIA ANTONINO JACOBO	
ESCARCEGA PLIEGO EDUARDO ABRAHAM	
HERNANDEZ RODRIGUEZ ISMAEL	
RIVERA JIMENEZ ISMAEL	
RODRIGUEZ HERNANDEZ JAVIER	
SANCHEZ ORNELAS ANDRES ROBERTO	
RODRIGUEZ PALACIOS JOSE ANTONIO	



Presentación del Proyecto Cuaderno de Trabajo

A

AlbertoVR

Libre

×

MONTOYA GASCA MIGUEL

Libre

×

MR

MELENDEZ VENANCIO RAUL

Libre

×

GJ

GOMEZ GARCIA ANTONINO JACOBO

Libre

×

+ Opcionales

08/09/2023

01:00 p. m. ▾



08/09/2023

03:00 p. m. ▾

2
h



Sugerido: No hay sugerencias disponibles.

No se repite ▾

Agregar canal

Agregue una ubicación

Reunión en línea



B *I* U ~~S~~ | ▾ ▴ AA | Párrafo ▾ | | 99 | ↶ ↷

Presentación del proyecto y características del cuaderno de trabajo.



Minuta 2

Fecha: viernes 22 de septiembre de 2023

Orden del día:

1. Presentación y discusión de los materiales didácticos para la unidad uno “Sistemas de cuerpos rígidos”.
2. Discusión de las estrategias didácticas y sus instrumentos de evaluación.

Todos los integrantes presentaron los materiales didácticos consultados y se seleccionaron los más adecuados para la unidad I de la asignatura de Física III.

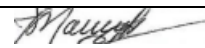
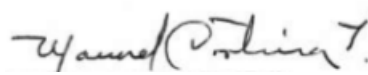
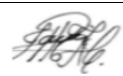
Se sugirió la revisión de algunas páginas web con simuladores para que los profesores seleccionen los más idóneos para las temáticas de la unidad uno.

Se comentaron algunas experiencias al abordar la primera unidad. Algunos profesores consideran que, aunque se lleve un poco de más tiempo, la primera unidad sienta las bases de la herramienta matemática y los conceptos físicos para la siguiente unidad.

Se acordó un esquema general para las estrategias didácticas del curso de Física III y se diseñaron los instrumentos de evaluación de los aprendizajes.

Tareas: Seleccionar una segunda parte de actividades didácticas que se tengan ya elaboradas para la unidad uno “Sistemas de cuerpos rígidos”.



MONTOYA GASCA MIGUEL	
VAZQUEZ RODRIGUEZ ALBERTO	
MELLENDEZ VENANCIO RAUL	
CRUZ CISNEROS JESUS MANUEL	
CORTINA LOPEZ MANUEL ALFONSO	
GOMEZ GARCIA ANTONINO JACOBO	
ESCARCEGA PLIEGO EDUARDO ABRAHAM	
HERNANDEZ RODRIGUEZ ISMAEL	
RIVERA JIMENEZ ISMAEL	
RODRIGUEZ HERNANDEZ JAVIER	
SANCHEZ ORNELAS ANDRES ROBERTO	
RODRIGUEZ PALACIOS JOSE ANTONIO	



COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
 PLANTEL SUR
 JEFATURA DE SECCIÓN
 ÁREA DE CIENCIAS EXPERIMENTALES

27/07/2024

RECIBIDO

A AlbertoVR Libre   **MONTOYA GASCA MIGUEL** Libre 
MR MELENDEZ VENANCIO RAUL Libre  **GJ** GOMEZ GARCIA ANTONINO JACOBO Libre 

→

2
h

No se repite

Agregue una ubicación

Reunión en línea



Presentación y discusión de los materiales didácticos para la Unidad 1 de Física III.
Discusión de las estrategias didácticas y sus instrumentos de evaluación.

COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
SECRETARÍA ACADÉMICA

25/02/2025

CONSEJO ACADÉMICO DE
CIENCIAS EXPERIMENTALES

REVISADO

Minuta 3

Fecha viernes 6 de octubre de 2023

Orden del día:

1. Presentación y discusión del material didáctico, seleccionado para la unidad uno “Sistemas de cuerpos rígidos”.
2. Presentación y discusión de los métodos para sistematizar la información.

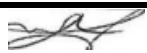
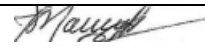
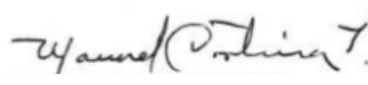
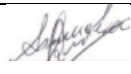
Se seleccionaron ciertas actividades didácticas para Física III que ya se tenían elaboradas con el fin de implementarlas en los grupos. Asimismo, se diseñó un formulario o encuesta para sistematizar la información que se fuera obteniendo en la implementación de las diversas actividades e instrumentos de evaluación.

Se mencionaron algunos videos que se pueden utilizar en las estrategias didácticas. Se mencionó que además del planteamiento de un cuestionario, los videos se deben ir deteniendo para hacer comentarios o aclaraciones.

Tareas:

1. Investigar material apropiado para el diseño de otras actividades didácticas contempladas para la unidad uno de Física III.



MONTOYA GASCA MIGUEL	
VAZQUEZ RODRIGUEZ ALBERTO	
MELLENDEZ VENANCIO RAUL	
CRUZ CISNEROS JESUS MANUEL	
CORTINA LOPEZ MANUEL ALFONSO	
GOMEZ GARCIA ANTONINO JACOBO	
ESCARCEGA PLIEGO EDUARDO ABRAHAM	
HERNANDEZ RODRIGUEZ ISMAEL	
RIVERA JIMENEZ ISMAEL	
RODRIGUEZ HERNANDEZ JAVIER	
SANCHEZ ORNELAS ANDRES ROBERTO	
RODRIGUEZ PALACIOS JOSE ANTONIO	



Material didáctico para la Unidad 1 de Física III. Métodos de sistematización

A

AlbertoVR

Libre

×

MONTOYA GASCA MIGUEL

Libre

×

MR

MELENDEZ VENANCIO RAUL

Libre

×

GJ

GOMEZ GARCIA ANTONINO JACOBO

Libre

×



06/10/2023

01:00 p. m. ▾



06/10/2023

03:00 p. m. ▾

2
h



Sugerido: No hay sugerencias disponibles.

No se repite ▾

Agregar canal

Agregue una ubicación

Reunión en línea



B *I* U Párrafo ▾ | | 99 |

Presentación y discusión de los materiales didácticos para la Unidad 1 de Física III.

Presentación y discusión de los métodos para sistematizar la información.



Minuta 4

Fecha viernes 20 de octubre de 2023

Orden del día:

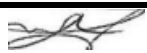
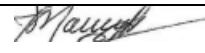
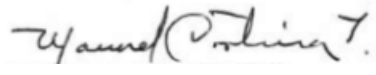
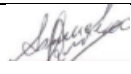
1. Presentación de las otras actividades didácticas contempladas para la unidad uno de Física III.

Los asistentes presentaron otras actividades contempladas para la unidad uno de Física III. Con ello se uniformaron tiempos y criterios en la cobertura del programa. También se seleccionaron las actividades didácticas que se probarían en los grupos.

Tareas

1. Implementación de las actividades didácticas restantes.
2. Aplicación de los instrumentos de evaluación respectivos.



MONTOYA GASCA MIGUEL	
VAZQUEZ RODRIGUEZ ALBERTO	
MELLENDEZ VENANCIO RAUL	
CRUZ CISNEROS JESUS MANUEL	
CORTINA LOPEZ MANUEL ALFONSO	
GOMEZ GARCIA ANTONINO JACOBO	
ESCARCEGA PLIEGO EDUARDO ABRAHAM	
HERNANDEZ RODRIGUEZ ISMAEL	
RIVERA JIMENEZ ISMAEL	
RODRIGUEZ HERNANDEZ JAVIER	
SANCHEZ ORNELAS ANDRES ROBERTO	
RODRIGUEZ PALACIOS JOSE ANTONIO	



Otro Material didáctico para la Unidad 1 de Física III.

A

AlbertoVR

Libre

×

MONTOYA GASCA MIGUEL

Libre

×

MR

MELENDEZ VENANCIO RAUL

Libre

×

GJ

GOMEZ GARCIA ANTONINO JACOBO

Libre

×



20/10/2023

01:00 p. m. ▾

→

20/10/2023

03:00 p. m. ▾

2 h

☐

Sugerido: No hay sugerencias disponibles.

No se repite ▾

Agregar canal

Agregue una ubicación

Reunión en línea ☒

B *I* U ~~S~~ | ▾ ▴ AA Párrafo ▾ | ▸ ▹ ▸ ▹ | 99 ↺ ↻

Presentación de otras actividades didácticas para la unidad 1 de Física III.



Minuta 5

Fecha viernes 3 de noviembre de 2023

Orden del día:

1. Presentación del avance de la implementación de las actividades didácticas de la unidad uno “Sistemas de cuerpos rígidos”.
2. Presentación del avance de la aplicación de los instrumentos de evaluación para las actividades didácticas de la unidad uno “Sistemas de cuerpos rígidos”

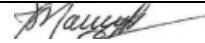
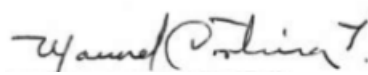
Se presentaron los avances acerca de la implementación de las actividades didácticas, así como de la aplicación de los instrumentos de evaluación para la unidad uno.

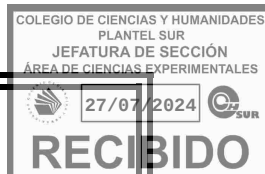
Lo anterior sirvió para uniformar el marco teórico de los integrantes del seminario y redundó en la mejora del material didáctico que se diseñó.

Tareas

1. Implementación de las actividades didácticas para la unidad dos
2. “Sistemas de fluidos”. Primera Parte.
3. Aplicación de los instrumentos de evaluación respectivos.



MONTOYA GASCA MIGUEL	
VAZQUEZ RODRIGUEZ ALBERTO	
MELLENDEZ VENANCIO RAUL	
CRUZ CISNEROS JESUS MANUEL	
CORTINA LOPEZ MANUEL ALFONSO	
GOMEZ GARCIA ANTONINO JACOBO	
ESCARCEGA PLIEGO EDUARDO ABRAHAM	
HERNANDEZ RODRIGUEZ ISMAEL	
RIVERA JIMENEZ ISMAEL	
RODRIGUEZ HERNANDEZ JAVIER	
SANCHEZ ORNELAS ANDRES ROBERTO	
RODRIGUEZ PALACIOS JOSE ANTONIO	



Implementación Actividades Didácticas Unidad 1 de Física III

A

AlbertoVR

Libre

×

MONTOYA GASCA MIGUEL

Libre

×

MR

MELENDEZ VENANCIO RAUL

Libre

×

GJ

GOMEZ GARCIA ANTONINO JACOBO

Libre

×



03/11/2023

01:00 p. m. ▾



03/11/2023

03:00 p. m. ▾

2
h



Sugerido: No hay sugerencias disponibles.

No se repite ▾

Agregar canal

Agregue una ubicación

Reunión en línea



B *I* U AA Párrafo ▾ | | 99 |

Presentación de los avances de la implementación de las actividades didácticas de la Unidad 1 de Física III y sus instrumentos de evaluación.



Minuta 6

Fecha viernes 17 de noviembre 2023

Orden del día:

1. Presentación del avance de la planeación de las actividades didácticas de la unidad dos “Sistemas de fluidos”. Primera Parte.
2. Presentación del avance de la planeación de los instrumentos de evaluación para las actividades didácticas de la unidad dos “Sistemas de fluidos”. Primera Parte.

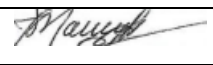
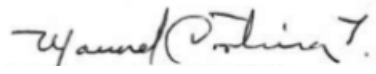
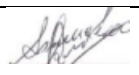
Se presentaron los avances acerca de la planeación de las actividades didácticas, así como de los instrumentos de evaluación para la unidad dos.

Se discutió acerca de la secuencia para la unidad dos, se revisaron los aprendizajes y las estrategias propuestas.

Tareas.

1. Implementación de las actividades didácticas para la unidad dos “Sistemas de fluidos”. Segunda parte.
2. Aplicación de los instrumentos de evaluación respectivos.



MONTOYA GASCA MIGUEL	
VAZQUEZ RODRIGUEZ ALBERTO	
MELLENDEZ VENANCIO RAUL	
CRUZ CISNEROS JESUS MANUEL	
CORTINA LOPEZ MANUEL ALFONSO	
GOMEZ GARCIA ANTONINO JACOBO	
ESCARCEGA PLIEGO EDUARDO ABRAHAM	
HERNANDEZ RODRIGUEZ ISMAEL	
RIVERA JIMENEZ ISMAEL	
RODRIGUEZ HERNANDEZ JAVIER	
SANCHEZ ORNELAS ANDRES ROBERTO	
RODRIGUEZ PALACIOS JOSE ANTONIO	



Avances Planeación Actividades Didácticas Unidad 2 de Física III

A

AlbertoVR

Libre

×

MONTOYA GASCA MIGUEL

Libre

×

MR

MELLENDEZ VENANCIO RAUL

Libre

×

GJ

GOMEZ GARCIA ANTONINO JACOBO

Libre

×



17/11/2023

01:00 p. m.▼



17/11/2023

03:00 p. m.▼

2
h



Sugerido: No hay sugerencias disponibles.

No se repite ▼

Agregar canal

Agregue una ubicación

Reunión en línea



B *I* U ~~S~~ | ▼ ▲ AA Párrafo ▼ | ☰ ☷ ☹ ☺ | 99 ↔ ☰ ☷ | ↶ ↷

Avances de la planeación de las actividades didácticas de la unidad 2 y sus instrumentos de evaluación.



Minuta 7

Fecha viernes 1 de diciembre de 2023

Orden del día:

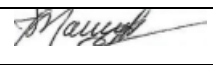
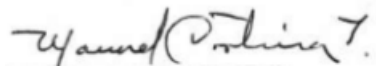
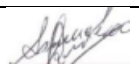
1. Presentación del avance de la implementación de las actividades didácticas de la unidad dos “Sistemas de fluidos”. Segunda Parte.
2. Presentación del avance de la aplicación de los instrumentos de evaluación para las actividades didácticas de la unidad dos “Sistemas de fluidos”. Segunda Parte.

Se presentaron los avances acerca de la implementación de las actividades didácticas, así como de la aplicación de los instrumentos de evaluación para la unidad dos. También se revisaron los aprendizajes y estrategias propuestas en el programa de estudios.

Tarea:

1. Implementación de las actividades didácticas para la unidad dos “Sistemas de fluidos”. Tercera parte.
2. Aplicación de los instrumentos de evaluación respectivos.



MONTOYA GASCA MIGUEL	
VAZQUEZ RODRIGUEZ ALBERTO	
MELLENDEZ VENANCIO RAUL	
CRUZ CISNEROS JESUS MANUEL	
CORTINA LOPEZ MANUEL ALFONSO	
GOMEZ GARCIA ANTONINO JACOBO	
ESCARCEGA PLIEGO EDUARDO ABRAHAM	
HERNANDEZ RODRIGUEZ ISMAEL	
RIVERA JIMENEZ ISMAEL	
RODRIGUEZ HERNANDEZ JAVIER	
SANCHEZ ORNELAS ANDRES ROBERTO	
RODRIGUEZ PALACIOS JOSE ANTONIO	



Avances Implementación Actividades Unidad 2 de Física III

AlbertoVR Libre x MONTOYA GASCA MIGUEL Libre x
MR MELENDEZ VENANCIO RAUL Libre x GJ GOMEZ GARCIA ANTONINO JACOBO Libre x



01/12/2023

01:00 p. m.✓

01/12/2023

03:00 p. m. ✓

2h



Sugerido: No hay sugerencias disponibles.

No se repite

Agregar canal

Agregue una ubicación Reunión en línea ☒

Reunión en línea



B *I* U ~~S~~ | AA | Parágrafo ▾ | 99 |

$$I$$

U

ch

△

A

A

Párrafo ▾

- _____
- _____
- _____

- 1 =
- 2 =
- 3 =

9

⊆

—

•

Avances de la implementación de las actividades didácticas de la unidad 2 y sus instrumentos de evaluación.



Minuta 8

Fecha viernes 15 de diciembre de 2023

Orden del día:

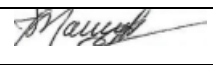
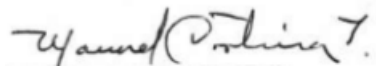
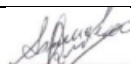
1. Presentación del avance de la implementación de las actividades didácticas de la unidad dos “Sistemas de fluidos”. Tercera Parte.
2. Presentación del avance de la aplicación de los instrumentos de evaluación para las actividades didácticas de la unidad dos “Sistemas de fluidos”. Tercera Parte.

Se presentaron los avances acerca de la implementación de las actividades didácticas, así como de la aplicación de los instrumentos de evaluación para la unidad dos. También se reflexionó acerca de la problemática de las dos unidades de la asignatura de Física III y cómo mejorar los materiales para dichas unidades.

Tarea:

1. Elaboración de las orientaciones para mejorar la docencia de la asignatura de Física III.



MONTOYA GASCA MIGUEL	
VAZQUEZ RODRIGUEZ ALBERTO	
MELLENDEZ VENANCIO RAUL	
CRUZ CISNEROS JESUS MANUEL	
CORTINA LOPEZ MANUEL ALFONSO	
GOMEZ GARCIA ANTONINO JACOBO	
ESCARCEGA PLIEGO EDUARDO ABRAHAM	
HERNANDEZ RODRIGUEZ ISMAEL	
RIVERA JIMENEZ ISMAEL	
RODRIGUEZ HERNANDEZ JAVIER	
SANCHEZ ORNELAS ANDRES ROBERTO	
RODRIGUEZ PALACIOS JOSE ANTONIO	



Avances Implementación Actividades II Unidad 2 de Física III

 AlbertoVR
Libre

 MONTOYA GASCA MIGUEL
Libre

 MELENDEZ VENANCIO RAUL
Libre

 GOMEZ GARCIA ANTONINO JACOBO
Libre



15/12/2023

01:00 p. m.▼



15/12/2023

03:00 p. m.▼

2
h



Sugerido: No hay sugerencias disponibles.

No se repite ▼

Agregar canal

Agregue una ubicación

Reunión en línea



B *I* U     Párrafo ▼ |     | 99    |  

Avances de la implementación de las actividades didácticas de la unidad 2 y sus instrumentos de evaluación. Segunda parte.



MINUTAS DE LA SEGUNDA ETAPA

Minuta 9. Fecha viernes 2 de febrero de 2024

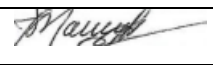
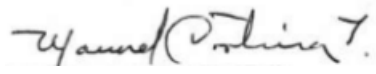
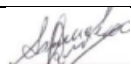
Orden del día:

Análisis de nuestra actividad docente durante el semestre anterior.

Se vertieron las siguientes observaciones:

1. El proceso de enseñanza – aprendizaje es un proceso muy complejo que involucra varios aspectos, en primer lugar, a los actores directos: el profesor, al estudiante y a los contenidos, en un segundo plano, pero no menos importante, los entornos sociales que rodean a esos actores (estudiantes y profesores).
2. En cuanto a los contenidos se mencionaron las deficiencias que en algunos casos son grandes cuando salen de la secundaria y también las críticas que recibe el Colegio porque en los exámenes diagnósticos nuestros estudiantes salen con calificaciones muy bajas. En este punto, no hay mucha coincidencia entre los planes de estudio del Colegio y los requerimientos de las facultades. Habría que establecer una relación más estrecha y coordinada entre éstas dos etapas.
3. Con todos los elementos anteriores, la labor del profesor es buscar el cómo va a hacer que los estudiantes se apropien de los conocimientos básicos con la suficiente claridad para que puedan enfrentar los retos que los nuevos conocimientos, más complejos, les exigen para formarse como profesionales de los diversos campos del conocimiento.
4. La tarea no es fácil, sin embargo, debemos abordarla con el mayor entusiasmo posible, tomando en cuenta los elementos que están bajo nuestro control.



MONTOYA GASCA MIGUEL		COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES PLANTEL SUR JEFATURA DE SECCIÓN ÁREA DE CIENCIAS EXPERIMENTALES  27/07/2024  RECIBIDO
VAZQUEZ RODRIGUEZ ALBERTO		
MELLENDEZ VENANCIO RAUL		
CRUZ CISNEROS JESUS MANUEL		
CORTINA LOPEZ MANUEL ALFONSO		
GOMEZ GARCIA ANTONINO JACOBO		
ESCARCEGA PLIEGO EDUARDO ABRAHAM		
HERNANDEZ RODRIGUEZ ISMAEL		
RIVERA JIMENEZ ISMAEL		
RODRIGUEZ HERNANDEZ JAVIER		
SANCHEZ ORNELAS ANDRES ROBERTO		
RODRIGUEZ PALACIOS JOSE ANTONIO		



Análisis de la actividad docente

A

AlbertoVR

Libre

×

MONTOYA GASCA MIGUEL

Libre

×

MR

MELENDEZ VENANCIO RAUL

Libre

×

GJ

GOMEZ GARCIA ANTONINO JACOBO

Libre

×



02/02/2024

01:00 p. m.✓

02/02/2024

03:00 p. m. ✓

2h



Sugerido: No hay sugerencias disponibles.

No se repite

Agregar canal

Agregue una ubicación Reunión en línea ☒

Reunión en línea



B *I* U ~~S~~ |   AA | Parágrafo ▾ |     | 99    |  

Realizamos un análisis de la actividad docente de los integrantes del Seminario Curricular de Física.



Minuta 10

Fecha viernes 16 de febrero de 2024

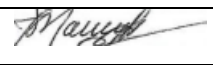
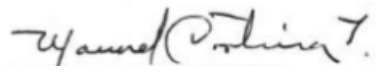
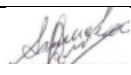
Orden del día:

Evaluación de los Aprendizajes

Se hicieron las siguientes observaciones, a partir de nuestra experiencia docente:

1. La evaluación es un proceso que debe ayudar para saber que tanto el estudiante ha aprendido los conceptos, que tanta claridad tiene en el manejo de ellos, de acuerdo con la forma en que se le ha enseñado y también sirve para retroalimentar ese proceso.
2. Además de las diferentes evaluaciones, diagnóstica, formativa y sumativa que van de acuerdo con las etapas del proceso de enseñanza – aprendizaje, hay que considerar las evaluaciones sobre los siguientes aspectos: conocimientos, procesos y actitudes y en el caso de conocimientos, el nivel de profundidad.
3. La calificación que se asigna al final del curso debe ser justa y congruente con todo el trabajo desarrollado por el estudiante durante todo el curso y no por calificaciones en los exámenes.
4. Incorporar con claridad la evaluación desarrollada por los estudiantes tanto individualmente como en equipo ya que esto con frecuencia se olvida empezando con nuestras autoridades que evalúan a los estudiantes y profesionistas por toda la vida de manera individual, lo que no corresponde al hecho de formar parte de una sociedad donde todos requerimos de todos.
5. Como se observa, son muchos puntos los que se deben considerar, sin embargo, lo primero es reconocer la importancia y la complejidad de este proceso, pero lejos de evadirlo a pesar del número de alumnos atendidos, en ocasiones la gran cantidad de contenidos en los programas y la limitación del tiempo debemos de enfrentarla con orden, con disciplina, justicia y honestidad pensando que lo que proyectemos también forma parte de nuestra enseñanza.



MONTOYA GASCA MIGUEL	
VAZQUEZ RODRIGUEZ ALBERTO	
MELLENDEZ VENANCIO RAUL	
CRUZ CISNEROS JESUS MANUEL	
CORTINA LOPEZ MANUEL ALFONSO	
GOMEZ GARCIA ANTONINO JACOBO	
ESCARCEGA PLIEGO EDUARDO ABRAHAM	
HERNANDEZ RODRIGUEZ ISMAEL	
RIVERA JIMENEZ ISMAEL	
RODRIGUEZ HERNANDEZ JAVIER	
SANCHEZ ORNELAS ANDRES ROBERTO	
RODRIGUEZ PALACIOS JOSE ANTONIO	



Evaluación de aprendizajes

A

AlbertoVR

Libre

×

MONTOYA GASCA MIGUEL

Libre

×

MR

MELENDEZ VENANCIO RAUL

Libre

×

GJ

GOMEZ GARCIA ANTONINO JACOBO

Libre

×



16/02/2024 01:00 p. m. → 16/02/2024 03:00 p. m. 2 h ☐

Sugerido: No hay sugerencias disponibles.

No se repite ▼

Agregar canal

Agregue una ubicación

Reunión en línea ☒

B *I* U Párrafo ▼ | | 99 |

La evaluación es un proceso que debe ayudar para saber que tanto el estudiante ha aprendido los conceptos, que tanta claridad tiene en el manejo de ellos, de acuerdo a la forma en que se le ha enseñado y también sirve para retroalimentar ese proceso.
Se discutieron los tipos de evaluación y el momento apropiado de utilizarlas en el proceso didáctico.



Minuta 11

Fecha viernes 1 de marzo de 2024

Orden del día:

Materiales y Recursos para la Enseñanza

Las observaciones de los profesores fueron las siguientes:

1. Se debe seguir utilizando como base el lápiz y el papel para la resolución de ejercicios y la elaboración de gráficas. Aunque debido a los paros de trabajadores, los alumnos tuvieron que escanear los ejercicios y gráficas para subirlos a la plataforma Teams.
2. Ciertas actividades experimentales se tuvieron que abordar con los simuladores y videos de experimentos debido a que los equipos e instrumentos se encontraban en malas condiciones, además que los laboratoristas no asistieron todos los días de la semana.
3. Para aquellas actividades que no se tenga el material adecuado y suficiente o por la propia naturaleza del conocimiento no se pueda realizar en el laboratorio, sugerimos que aproveche el internet y se vean videos o animaciones que mostrarán experimentos ilustrativos.
4. Sugerimos la colección de videos El Universo Mecánico, con sus respectivas limitaciones, ya que varios conceptos los trata utilizando derivadas e integrales, los cuales no se encuentran al nivel bachillerato.
5. Incorporar en el momento oportuno las TIC's en las diversas estrategias didácticas, con el fin de que los alumnos comprendan mejor los fenómenos físicos, así como las leyes y teorías involucrados.





MONTOYA GASCA MIGUEL	
VAZQUEZ RODRIGUEZ ALBERTO	
MELLENDEZ VENANCIO RAUL	
CRUZ CISNEROS JESUS MANUEL	
CORTINA LOPEZ MANUEL ALFONSO	
GOMEZ GARCIA ANTONINO JACOBO	
ESCARCEGA PLIEGO EDUARDO ABRAHAM	
HERNANDEZ RODRIGUEZ ISMAEL	
RIVERA JIMENEZ ISMAEL	
RODRIGUEZ HERNANDEZ JAVIER	
SANCHEZ ORNELAS ANDRES ROBERTO	
RODRIGUEZ PALACIOS JOSE ANTONIO	



Minuta 12

Fecha viernes 15 de marzo de 2024.

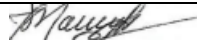
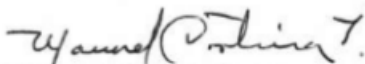
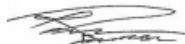
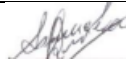
Orden del día:

Acerca de la actualización de los profesores

Se hicieron las siguientes observaciones

1. Es muy importante que el profesor tenga acceso a cursos en el área de conocimientos de su disciplina a nivel licenciatura con el fin de mantener una visión más amplia del conocimiento, sin olvidar los organizadores e impartidores que somos profesores de bachillerato y necesitamos mantener esa actualización para un manejo claro, confiable y actual de los conceptos que enseñamos.
2. También resulta de suma importancia que los profesores tomen cursos de otras disciplinas porque nutren y fortalecen nuestro cerebro en términos de conocimientos que a su vez permitirá que tengamos más elementos para relacionar los conceptos enseñados y de acuerdo con las teorías cognitivas en la medida que se establezcan más relaciones entre conceptos, éstos quedan más firmes para ser utilizados y no olvidados.
3. Normalmente los cursos directos con nuestro quehacer docente son los de la disciplina, estrategias didácticas, evaluación, pero también son de suma importancia los que son complementarios, por ejemplo, Psicología, Lenguaje, Desarrollo Humano, Historia, Medicina, Arte y otros.
4. Se mencionó que los profesores deben mantenerse sanos en su cerebro y quehacer docente, buscando romper rutinas, rotando ejercicios, inventando formas de trabajo, sacando a sus alumnos de la rutina, de su confort, haciendo dinámicas de grupo para socializar.



MONTOYA GASCA MIGUEL	
VAZQUEZ RODRIGUEZ ALBERTO	
MELLENDEZ VENANCIO RAUL	
CRUZ CISNEROS JESUS MANUEL	
CORTINA LOPEZ MANUEL ALFONSO	
GOMEZ GARCIA ANTONINO JACOBO	
ESCARCEGA PLIEGO EDUARDO ABRAHAM	
HERNANDEZ RODRIGUEZ ISMAEL	
RIVERA JIMENEZ ISMAEL	
RODRIGUEZ HERNANDEZ JAVIER	
SANCHEZ ORNELAS ANDRES ROBERTO	
RODRIGUEZ PALACIOS JOSE ANTONIO	



Actualización de profesores

A

AlbertoVR

Libre

×



MONTAYA GASCA MIGUEL

Libre

×

MR

MELENDEZ VENANCIO RAUL

Libre

×

GJ

GOMEZ GARCIA ANTONINO JACOBO

Libre

×



15/03/2024

01:00 p. m. ✓

→

15/03/2024

03:00 p. m. ✓

2h



Sugerido: No hay sugerencias disponibles.

No se repite

Agregar canal

Agregue una ubicación Reunión en línea 

Reunión en línea



B *I* U ~~S~~ | AA | Párrafo ▾ | | 99 |

Se hicieron observaciones acerca de la importancia de la formación de los profesores a través de cursos de su disciplina, de otras disciplinas y complementarios de otras áreas.



Minuta 13

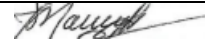
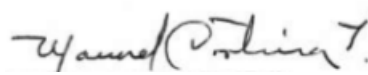
Fecha viernes 5 de abril de 2024

Orden del día:

Elaboración de las estrategias didácticas y actividades de enseñanza aprendizaje.

Se dieron sugerencias sobre el diseño de las estrategias didácticas, así como de las actividades de aprendizaje. Se propusieron modificaciones o ajustes de las estrategias didácticas y de las actividades de aprendizaje dependiendo de la evaluación de éstas al desarrollarse en el aula-laboratorio.



MONTOYA GASCA MIGUEL	
VAZQUEZ RODRIGUEZ ALBERTO	
MELLENDEZ VENANCIO RAUL	
CRUZ CISNEROS JESUS MANUEL	
CORTINA LOPEZ MANUEL ALFONSO	
GOMEZ GARCIA ANTONINO JACOBO	
ESCARCEGA PLIEGO EDUARDO ABRAHAM	
HERNANDEZ RODRIGUEZ ISMAEL	
RIVERA JIMENEZ ISMAEL	
RODRIGUEZ HERNANDEZ JAVIER	
SANCHEZ ORNELAS ANDRES ROBERTO	
RODRIGUEZ PALACIOS JOSE ANTONIO	



+ Opcionales

Sugerido: No hay sugerencias disponibles.

Reunión en línea 

Se hicieron sugerencias sobre el diseño de las estrategias didácticas, así como de las actividades de aprendizaje.

Minuta 14

Fecha: viernes 19 de abril de 2024

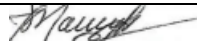
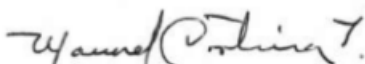
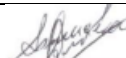
Orden del día:

Selección de los materiales de apoyo.

Los integrantes del seminario procedieron a realizar la selección de los materiales de apoyo más idóneos para las estrategias didácticas y actividades de aprendizaje, esto con el fin de que cada estrategia o actividad didáctica tuviera una fundamentación o soporte sólido en los pudieran apoyarse para su desarrollo en el aula.





MONTOYA GASCA MIGUEL	
VAZQUEZ RODRIGUEZ ALBERTO	
MELLENDEZ VENANCIO RAUL	
CRUZ CISNEROS JESUS MANUEL	
CORTINA LOPEZ MANUEL ALFONSO	
GOMEZ GARCIA ANTONINO JACOBO	
ESCARCEGA PLIEGO EDUARDO ABRAHAM	
HERNANDEZ RODRIGUEZ ISMAEL	
RIVERA JIMENEZ ISMAEL	
RODRIGUEZ HERNANDEZ JAVIER	
SANCHEZ ORNELAS ANDRES ROBERTO	
RODRIGUEZ PALACIOS JOSE ANTONIO	



Minuta 15

Fecha: viernes 3 de mayo de 2024

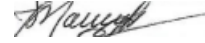
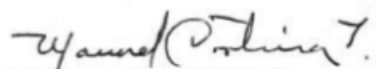


Orden del día:

1. Identificación de puntos problemáticos y propuestas de solución.
2. Bibliografía básica y complementaria.

Los integrantes del seminario reflexionaron acerca de los puntos problemáticos y dieron las soluciones más idóneas para cada situación presentada en el desarrollo del proceso didáctico, así como se dieron sugerencias sobre el diseño de las actividades realizadas. También se realizaron propuestas acerca de la profundidad en que se deben de tratar ciertos temas de difícil enseñanza aprendizaje.



MONTOYA GASCA MIGUEL	
VAZQUEZ RODRIGUEZ ALBERTO	
MELLENDEZ VENANCIO RAUL	
CRUZ CISNEROS JESUS MANUEL	
CORTINA LOPEZ MANUEL ALFONSO	
GOMEZ GARCIA ANTONINO JACOBO	
ESCARCEGA PLIEGO EDUARDO ABRAHAM	
HERNANDEZ RODRIGUEZ ISMAEL	
RIVERA JIMENEZ ISMAEL	
RODRIGUEZ HERNANDEZ JAVIER	
SANCHEZ ORNELAS ANDRES ROBERTO	
RODRIGUEZ PALACIOS JOSE ANTONIO	



Puntos problemáticos y soluciones

AlbertoVR Libre × MONTOYA GASCA MIGUEL Libre ×
MR MELENDEZ VENANCIO RAUL Libre × GJ GOMEZ GARCIA ANTONINO JACOBO Libre ×



03/05/2024

01:00 p. m.✓

→

03/05/2024

03:00 p. m.✓

2
h

Sugerido: No hay sugerencias disponibles.

No se repite

Agregar canal

Agregue una ubicación

Reunión en línea



B *I* U $\mathcal{S}$ | ∇ A AA | **Párrafo** $\vee$ | $\leftarrow$ $\rightarrow$ $\equiv$ $\frac{1}{2}$ $\frac{3}{4}$ | 99 $\leftrightarrow$ $\equiv$ $\mathbb{G}$ | $\curvearrowright$ $\curvearrowleft$

Se realizó una reflexión sobre los puntos problemáticos y se propusieron las soluciones más idóneas para cada situación del proceso didáctico.

Se dieron sugerencias sobre el diseño de las actividades realizadas.



Minuta 16

Fecha: viernes 17 de mayo de 2024

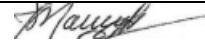
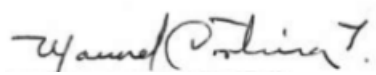
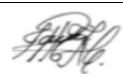


Orden del día:

Elaboración del informe del seminario curricular de Física cuyo producto fue elaborar un cuaderno de trabajo para la asignatura de Física III.

Los integrantes del seminario procedieron a terminar el informe del seminario curricular de Física, en el cual se elaboró el producto de un cuaderno de trabajo para la asignatura de Física III, de acuerdo con las modificaciones o ajustes de las estrategias didácticas y de las actividades de aprendizaje. También se procedió a la elaboración del Informe de las actividades de los integrantes del Seminario Curricular de Física.



MONTOYA GASCA MIGUEL	
VAZQUEZ RODRIGUEZ ALBERTO	
MELLENDEZ VENANCIO RAUL	
CRUZ CISNEROS JESUS MANUEL	
CORTINA LOPEZ MANUEL ALFONSO	
GOMEZ GARCIA ANTONINO JACOBO	
ESCARCEGA PLIEGO EDUARDO ABRAHAM	
HERNANDEZ RODRIGUEZ ISMAEL	
RIVERA JIMENEZ ISMAEL	
RODRIGUEZ HERNANDEZ JAVIER	
SANCHEZ ORNELAS ANDRES ROBERTO	
RODRIGUEZ PALACIOS JOSE ANTONIO	



+ Opcionales

2
h

No se repite

Reunión en línea



Se procedió a terminar el informe del seminario curricular de Física, en el cual se elaboró como producto un cuaderno de trabajo para la asignatura de Física III.

**El Producto obtenido es el Cuaderno de Trabajo
para el curso de Física III
(se anexa a continuación)**



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
ESCUELA NACIONAL COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
PLANTEL SUR

ÁREA DE CIENCIAS EXPERIMENTALES

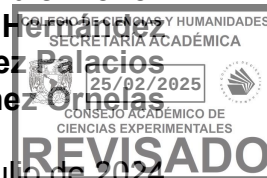


SEMINARIO CURRICULAR DE FÍSICA

CUADERNO DE TRABAJO PARA EL CURSO DE FÍSICA III

Elaborado por:

Alberto Vázquez Rodríguez
Miguel Montoya Gasca
Raúl Meléndez Venancio
J. Manuel Cruz Cisneros
Manuel Alfonso Cortina López
Antonino Jacobo Gómez García
Eduardo Abraham Escárcega Pliego
Ismael Hernández Rodríguez
Ismael Rivera Jiménez
Javier Rodríguez Hernández
José Antonio Rodríguez Palacios
Andrés Roberto Sánchez Ornelas



29 de julio de 2024

ÍNDICE

PRESENTACIÓN.....	3
GUÍA PARA SU USO.....	3
PROPÓSITOS GENERALES DE FÍSICA III.....	3
UNIDAD 1. SISTEMAS DE CUERPOS RÍGIDOS.....	5
• Movimiento Circular Uniforme (MCU). Rapidez lineal. Rapidez angular.....	5
• Aceleración centrípeta. Fuerza centrípeta. Aplicaciones fuerza centrípeta..	14
• Gravitación Universal de Newton. Campo gravitacional y peso. Leyes de Kepler.....	23
• Centro de masa. Condiciones de equilibrio rotacional y traslacional.....	65
• Desplazamiento angular. Velocidad angular. Aceleración angular. Analogías de parámetros lineales y angulares. Parámetros lineales y angulares.....	101
• Momento de Inercia.....	122
• Momento de inercia de cuerpos sólidos.....	126
• Momento angular. Conservación de momento angular.....	138
UNIDAD 2. SISTEMAS DE FLUIDOS.....	145
• Fluidos estáticos. Densidad. Presión.....	145
• Medición de la presión de un fluido.	157
• Presión absoluta. Presión manométrica. Presión atmosférica.....	161
• Principio de Pascal: La prensa hidráulica. Principio de Arquímedes: Peso aparente. Fuerza de flotación.	169
• Tipos de Flujo: Laminar y Turbulento Gasto: De masa. De volumen. Ecuación de Bernoulli • Fluido en reposo, (teorema de Torricelli).	181
FUENTES CONSULTADAS.....	212
FORMAS E INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN.....	215
VALORACIÓN DEL PROFESOR DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.....	219



PRESENTACIÓN

El presente Cuaderno de Trabajo tienen la finalidad de apoyar a los profesores del Colegio que imparten la asignatura de Física III. Para ello hemos considerado los siguientes puntos necesarios para su elaboración:



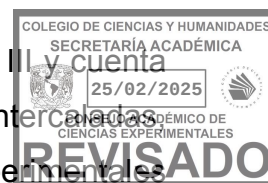
- Los aprendizajes a lograr referidos en el programa de estudios vigente.
- Planteamiento de ejercicios y problemas dosificados por su grado de complejidad y estructurados por medio de estrategias de enseñanza-aprendizaje.
- Actividades de aprendizaje alternativas y complementarias basadas en las tecnologías de la información y comunicación, que apoyen de manera pertinente nuestra práctica docente a distancia.
- Formas e instrumentos de evaluación.

a) GUÍA PARA SU USO

Estudiante, el Cuaderno de Trabajo para la asignatura de Física III, para el quinto semestre del bachillerato, pretende facilitarte el aprendizaje a través de las diversas actividades y ejercicios que contiene, de tal manera que amplíes y consolides los conocimientos adquiridos durante el curso de Física III. Con este cuaderno de trabajo podrás reforzar y aplicar lo aprendido en tus tareas escolares.

Esta obra se ha diseñado de manera que funcione como cuaderno de trabajo, ya que se presentan los temas señalados en el del programa de estudios, revisado y ajustado, de Física III del Plan de Estudios Actualizado. El contenido temático y las actividades tienen la intención de colaborar para el desarrollo de las habilidades de estudio que te permitan analizar, comparar y plantear soluciones a los problemas relacionados con las dos unidades de Física III.

El Cuaderno de Trabajo toca los temas de las dos unidades de Física III y cuenta con diversas actividades: Lecturas, ejemplos, preguntas intercaladas, ilustraciones, tablas, ejercicios, problemas, prácticas, y actividades experimentales.



complementarias. Se agregaron páginas electrónicas que incluyen videos, laboratorios virtuales o simuladores como una alternativa de apoyo o inclusive como básica y necesaria para cumplir con los aprendizajes.

También se incluye ciertas formas de evaluación de las unidades de Física III y bibliografía.

Esperamos que este trabajo estimule al estudiante.



PROPÓSITOS GENERALES DE FÍSICA III

Al finalizar, el alumno será capaz de:

- Describir el comportamiento mecánico de un sistema compuesto por cuerpos rígidos y/o fluidos.
- Emplear la herramienta vectorial como apoyo de los aprendizajes que lo requieran.
- Utilizar la experimentación como elemento esencial en el aprendizaje de la mecánica del cuerpo rígido o de un fluido.
- Emplear modelos matemáticos a partir de resultados experimentales, que expresen relaciones entre las magnitudes que caracterizan movimientos de cuerpos rígidos y de fluidos.
- Resolver situaciones o problemas donde se manifiesten: procesos de transmisión o de conservación de masa, energía traslacional y rotacional, momento lineal y momento angular.
- Desarrollar y presentar proyectos de investigación escolar, ya sean experimentales, de campo, de desarrollo tecnológico o documentales, relativos al curso y que respondan a sus intereses.
- Reconocer la trascendencia y el impacto en la sociedad de la mecánica de cuerpos rígidos y/o fluidos.



Unidad 1. Sistemas de cuerpos rígidos

APRENDIZAJES	TEMÁTICAS	
El Alumno: 1. Aplica los conceptos de frecuencia y periodo de rotación al cálculo de la rapidez lineal de un objeto en el movimiento circular uniforme.	- Movimiento Circular Uniforme (MCU). - Rapidez lineal. - Rapidez angular.	COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES PLANTEL SUR JEFATURA DE SECCIÓN ÁREA DE CIENCIAS EXPERIMENTALES 27/07/2024  RECIBIDO

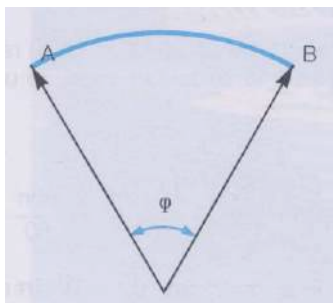
APERTURA

- ¿Qué es el desplazamiento angular en el movimiento circular uniforme?
- ¿Qué se entiende por velocidad angular en el movimiento circular uniforme?
- ¿Qué entiendes por período en el movimiento circular uniforme?
- ¿Qué significa la frecuencia en el movimiento circular uniforme?
- ¿Cuál es el significado de la aceleración centrípeta en el movimiento circular uniforme?

DESARROLLO

Magnitudes angulares. El radián

En un movimiento circular –prescindimos de otros tipos de movimientos curvilíneos- a la vez que el punto móvil recorre un arco, su vector posición describe un ángulo.



Como interesa estudiar el movimiento bajo estos dos aspectos –arco recorrido y ángulo descrito- y hallar el modo de pasar de uno a otro mediante un cálculo matemático sencillo, se elige como unidad de medida de ángulos el radián, el cual se define así:

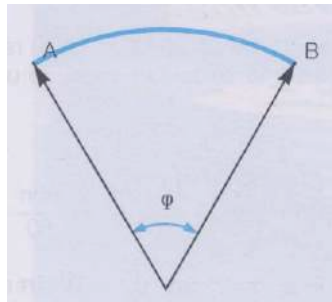


Es el valor de ángulo central tal que comprende un arco que mide lo mismo que el radio con que ha sido trazado.

Fácilmente se deduce que la longitud de un arco cualquiera es igual al producto del ángulo central que lo abarca –expresado en radianes– por el valor del radio



$$s = \varphi r$$



Efectivamente:

Si para $\varphi = 1$ rad, el arco (s) mide 1 radio: $s = r$

para $\varphi = 2$ rad, el arco medirá 2 radios: $s = 2 r$

para φ radianes; el arco medirá φ radios: $s = \varphi r$

Como una circunferencia contiene 2π veces el radio, le corresponderá un ángulo de 2π radianes.

La equivalencia entre los grados sexagesimales más importantes y sus valores expresados en radianes se recoge en la siguiente tabla:

Grados sexage.	0	90	180	270	360
Radianes	0	$\pi/2$	π	$3\pi/2$	2π

Piensa: ¿A cuántos grados sexagesimales equivale 1 radián?



Ejemplos:

1. ¿Cuánto mide un arco que comprende un ángulo de 1.5 radianes si el radio de la circunferencia mide 10m?

$$s = \varphi r = (1.5)(10 \text{ m}) = 15 \text{ m}$$



2. ¿A qué ángulo corresponde un arco de 6 m si el radio de la circunferencia a que pertenece mide 2 decímetros?

$$\varphi = \frac{s}{r} = \frac{6\text{m}}{0.2\text{m}} = 30\text{radianes}$$

Velocidad angular

La relación que existe entre el valor de un ángulo cualquiera descrito y el tiempo empleado en describirlo.

Su expresión matemática es:

$$\omega = \frac{\varphi}{t}$$

Su unidad es el radián por segundo (rad / s).

Frecuentemente se usa como unidad de velocidad angular la revolución por minuto (r.p.m.). La transformación de revoluciones por minuto en radianes por segundo es sencilla: basta recordar que una revolución o vuelta equivale a 2π radianes y que 1 minuto es igual a 60 segundos.

Por tanto:

$$nr.p.m. = \frac{n.rev}{1\text{min}} = \frac{n2\pi rad}{60s} = \frac{n\pi}{30} rad/s$$



Para transformar velocidades angulares en velocidades lineales se multiplica el valor de la velocidad angular (en rad/s) por el valor del radio (en m). Así obtendremos la velocidad lineal expresada en m/s.



En efecto: Como $v = s / t$ y $s = \varphi r$

Sustituyendo tendremos

$$v = \frac{\varphi \cdot r}{t}$$

Recordando que $\omega = \varphi / t$

Nos quedará finalmente la expresión

$$v = \omega r$$

El período es el tiempo que tarda el móvil en dar una vuelta o revolución completa con MCU. Designándolo por T , como una vuelta o giro completo corresponde a 2π radianes, $\varphi = 2\pi$ rad, $t = T$ y

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

La *frecuencia* es el número de revoluciones efectuadas por el móvil en la unidad de tiempo. Designándola por f , si en el tiempo T el móvil da una vuelta, la frecuencia de su movimiento es

$$f = \frac{1}{T}$$

En el sistema internacional, SI, la frecuencia se expresa en *Hertz* (Hz), que corresponde a una revolución por segundo.



Cuando el móvil da una vuelta completa recorre una distancia $2\pi r$ y el tiempo empleado es un período T . Luego la velocidad del móvil es

$$v = \frac{2\pi r}{T}$$

Recordando que $\omega = 2\pi/T$, podemos escribir también que

$$v = r\omega$$

Velocidad = radio x velocidad angular

Ejemplo

Un disco gira a razón de 45 r.p.m. Si su radio es 1 decímetro, ¿cuál será la velocidad lineal de un punto de su periferia?

$$\omega = 45 \text{ r.p.m.} = \frac{(45)(2\pi)}{60} = \frac{90\pi}{60} = 1.5\pi \text{ rad/s}$$

$$v = \omega r = (1.5 \pi \text{ rad/s}) (0.1\text{m}) = 0.15 \pi \text{ m/s}$$

Aceleración radial o centrípeta

APLICACIÓN

El sistema solar es un conjunto de planetas, meteoritos y polvo en el cual los planetas giran alrededor de una estrella llamada Sol que también pertenece al sistema solar. Esta agrupación de objetos es común en el universo: hay estrellas con planetas girando alrededor de él. Ahora, es común encontrar planetas girando alrededor de una o dos estrellas, con planetas gigantes más cerca de sus estrellas, inclusive. Recientemente investigadoras mexicanas han contribuido a detectar planetas girando alrededor de su Sol. A estos planetas se les llama exoplanetas.



En efecto, el 6 de junio de 2024, el instituto de Astronomía de la UNAM, informó que sus investigadoras Yilen Gómez maqueo, Lawrence Sabin e Ilce Plauchu-Frayn detectaron un nuevo exoplaneta alrededor de una estrella enana ultrafría, el segundo de su tipo encontrado hasta ahora. La detección se realizó con el telescopio suizo – mexicano llamado SAINT-EX en el Observatorio Astronómico Nacional de San Pedro Mártir, de la UNAM, en Baja California México. El descubrimiento fue publicado en la Revista Nature Astronomy. El radio de este planeta es de 0.99 el radio de la Tierra y su periodo de rotación (una vuelta sobre su propio eje) es el mismo que el de su traslación (una vuelta alrededor de su estrella): ¡17 días! El planeta lleva por nombre Speculoos -3b. Su masa aún no se ha detectado. Este descubrimiento ayudará a detectar más exoplanetas con telescopios que están en el espacio.



¿Este exoplaneta gira alrededor de su estrella enana ultrafría en una trayectoria circular? NO.

De acuerdo con las leyes de Newton, las tres del movimiento y la de gravitación, y de manera implícita de acuerdo a la primera ley de Kepler este exoplaneta gira alrededor de su estrella en una órbita elíptica. Como nuestro planeta Tierra.

Veamos por qué entonces decimos que la trayectoria en cuestión es circular.

Actividad para los estudiantes:

Investigar qué es una elipse y sus parámetros.

La máxima distancia, afelio, a la que se aleja la Tierra del Sol es de 152×10^6 km y la distancia mínima, perihelio, es de 147×10^6 km.

Actividad para los estudiantes:

Calcule la excentricidad e_T de la órbita terrestre alrededor del Sol.



La excentricidad de una elipse nos indica la “forma de ella”: alargada, ensanchada o circular. En efecto, un círculo es una elipse de excentricidad cero.

La e_T es de 0.01 ¡casi cero!



Por ello y porque es más sencillo describir un movimiento circular uniforme que uno elíptico, es que podemos decir que la Tierra gira alrededor del Sol en una órbita circular.

Estudiemos entonces al movimiento circular uniforme.

El movimiento circular uniforme es el movimiento que describe un objeto, que consideraremos como una partícula con una masa m pero ¡de dimensión cero! alrededor de un punto fijo llamado centro y a una distancia fija r llamada radio del círculo. El objeto se mueve recorriendo distancias iguales en tiempo iguales por lo cual su velocidad, tangencial v_T al círculo, cambia solo en dirección (apuntando hacia el centro del círculo) manteniendo su magnitud, rapidez, constante.

Así entonces, su frecuencia f , el número de vueltas que realiza en una unidad de tiempo también es constante, al igual que el tiempo que tarda en dar una vuelta, su periodo T .

Los parámetros del movimiento circular uniforme, MCU, están relacionados entre ellos de la siguiente manera:

Por la definición de ambas cantidades:

$$f = \frac{1}{T} \quad (1)$$

Y de la definición de velocidad: distancia recorrida entre el tiempo empleado

$$v = \frac{d}{t} = \frac{2\pi r}{T} \quad (2)$$



La cual se puede reescribir como:

$$v = \omega r$$

Siendo la velocidad angular ω definida como, distancia angular recorrida entre el tiempo empleado:

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

Ejemplo

1. ¿Cuál sería la duración del año si la Tierra se encontrase a la mitad de su distancia actual al Sol? Solución: 129 días.

Solución

1. La distancia promedio al Sol es de 149.5×10^6 km. La mitad sería, entonces 74.5×10^6 km. La duración del año es el tiempo que tarda la Tierra en dar una vuelta al Sol, es decir, el año es el periodo terrestre. El tiempo que tarda la Tierra en recorrer el perímetro de la trayectoria, el cual tiene una longitud de 2π *radianes*.

Por lo tanto, el periodo T de la Tierra, en ese caso hipotético, sería:

$$T = \frac{2\pi r}{v_t}$$

Si la velocidad tangencial sigue siendo la misma, entonces:

$$T = \frac{2\pi \frac{r}{2}}{v_t} = \frac{\pi r}{v_t} = 129 \text{ días}$$

Menor que 365 días, como es en realidad. Lo que no es realidad es que si la distancia disminuye a la mitad entonces la fuerza de atracción del Sol hacia la Tierra aumenta cuatro veces. Esto por la ley de gravitación de Newton:



$$F_{mM} = G \frac{mM}{r_{mM}^2}$$

F_{mM} es la fuerza de atracción que ejerce el Sol sobre la Tierra, m , la masa de la Tierra, M la masa del Sol, r_{mM} la distancia del centro del Sol al centro de la Tierra y G la constante de gravitación de Newton.

De acuerdo con esta ley si la distancia r disminuye a la Fuerza aumenta y si esta fuerza aumenta entonces la aceleración a_c , hacia el centro del Sol, que esa fuerza provoca, aumenta:

$$F_{mM} = G \frac{mM}{r_{mM}^2} = ma = ma_c$$

y, por lo tanto, la velocidad tangencial v_t de la Tierra en su órbita alrededor del Sol pues también aumenta:

$$a_c = \frac{v_c^2}{r}$$

Ya que mencionamos a las leyes de gravitación de Newton y la segunda ley del movimiento, es conveniente señalar que de las leyes del movimiento de Newton y de sus leyes del movimiento, la primera la segunda y la tercera, es posible demostrar que la trayectoria de la Tierra, y de cualquier planeta del sistema solar o exoplaneta e inclusive estrellas alrededor de su centro galáctico, alrededor del Sol, es una elipse.

CIERRE

Ejercicios

1. Calcular la velocidad angular, en radianes por segundo, de una partícula que efectúa 300 revoluciones por minuto. Solución: 31.4 rad/s
2. ¿Cuál sería la velocidad lineal de dicha partícula si el radio de giro es de 4 cm? Solución: 125.6 cm/s .



APRENDIZAJES	TEMÁTICAS
El Alumno: 2. Utiliza los conceptos de aceleración y fuerza centrípeta en la resolución de problemas para explicar la relación con el movimiento circular uniforme y otros sistemas no inerciales, así como contrastar modelos matemáticos con la realidad. 3. Aplica sus conocimientos sobre la fuerza centrípeta a problemas relacionados con movimiento en tres dimensiones.	- Aceleración centrípeta. - Fuerza centrípeta. - Aplicaciones fuerza centrípeta.



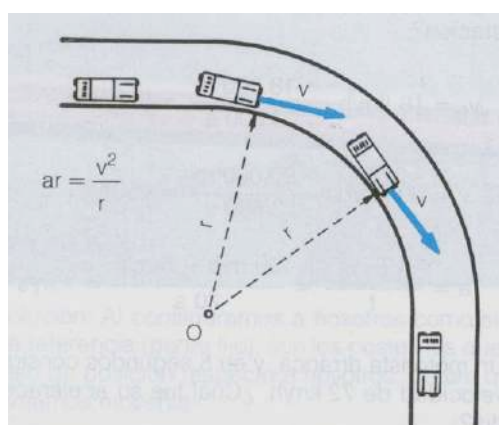
APERTURA

6. ¿Por qué decimos que la Tierra gira alrededor del Sol describiendo un círculo en un movimiento circular uniforme?

Lluvia de ideas por parte de los estudiantes coordinados por el docente

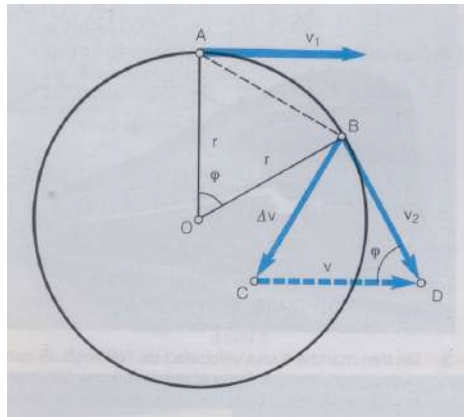
DESARROLLO

Al ser la velocidad una magnitud vectorial puede suceder que, independientemente del módulo, varíe su dirección y sentido como sucede, por ejemplo, en un movimiento circular.



Imaginemos un móvil que recorre una circunferencia con una velocidad constante en módulo (v). La velocidad en los puntos A y B viene representada por las tangentes v_1 y v_2 (igual módulo - v - pero distinta dirección y sentido).





Por el extremo –D- de v_2 trazamos un vector equivalente a v_1 . La diferencia entre v_2 y v_1 viene representada por el vector Δv :

$$\Delta v = v_2 - v_1$$

La aceleración vendría dada por la expresión:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t} = \frac{BC}{\Delta t}$$

Cuando Δt sea un incremento muy pequeño de tiempo – Δt casi 0 segundos- el arco AB recorrido por el móvil tiende a confundirse con la cuerda AB y la dirección de Δv coincide con la del radiovector r .

Los triángulos AOB y BCD son semejantes por ser triángulos isósceles que tienen un ángulo agudo igual. Efectivamente: en la figura se ve que

$$r = r \quad ; \quad v = v \quad ; \quad \varphi = \varphi$$

por ser ángulos de lados perpendiculares.

Por tanto:
$$\frac{BC}{AB} = \frac{BD}{OA}$$



O lo que es lo mismo: $\frac{BC}{AB} = \frac{v}{r}$

De donde: $BC = AB \frac{v}{r}$



Sustituyendo en la expresión de la aceleración:

$$a = \frac{BC}{\Delta t} = \frac{AB \frac{v}{r}}{\Delta t}$$

Pero la relación entre el arco recorrido AB y el tiempo invertido en ello es; precisamente, “v”, y por tanto:

$$a = v \frac{v}{r} = \frac{v^2}{r}$$

La expresión

$$a_c = \frac{v^2}{r}$$

recibe el nombre de *aceleración radial o centrípeta*. Es consecuencia de un cambio en la dirección y sentido de la velocidad. Se mide, asimismo, en m/s^2 .

Ejemplo

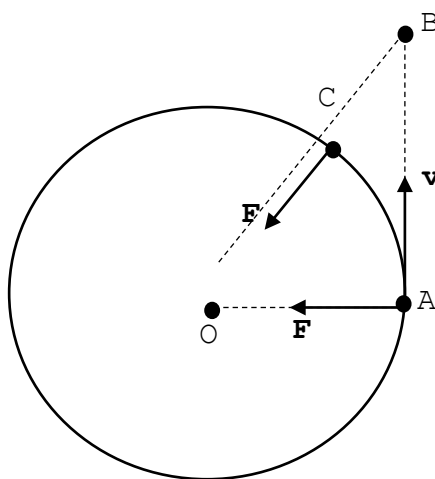
Un tren eléctrico da vueltas en una pista circular de 2 m de radio con una velocidad constante de 4 m/s. ¿Cuánto vale su aceleración radial?

$$a_c = \frac{v^2}{r} = \frac{(4m/s)^2}{2m} = 8m/s^2$$



Fuerza centrípeta en el movimiento circular

Supongamos un móvil animado de la velocidad v en el punto A (ver figura siguiente). Si sobre el móvil no actuase fuerza alguna continuaría con movimiento rectilíneo, de modo que al cabo de un tiempo t se encontraría en B. Pero si le aplicamos la fuerza F perpendicular a la velocidad y dirigida hacia O, obligamos al móvil a describir el arco AC, modificando continuamente la dirección de su velocidad sin cambiar su módulo, resultando un movimiento circular uniforme. Por consiguiente, para producir un movimiento circular uniforme se requiere la aplicación de una fuerza perpendicular a la dirección de la velocidad y dirigida hacia el centro de la circunferencia descrita, que por esa razón se llama *fuerza centrípeta*.



Aplicando la relación $F = ma$, y recordando que la aceleración centrípeta en el movimiento circular está dada por las expresiones

$$a_c = \omega^2 r$$
$$a_c = \frac{v^2}{r}$$

Obtenemos para la fuerza centrípeta las expresiones equivalentes

$$F_c = m\omega^2 r$$

$$F_c = \frac{mv^2}{r}$$



Actividad

En el siguiente enlace, observa la simulación del Movimiento Circular Uniforme (MCU),

https://www.walter-fendt.de/html5/phes/circularmotion_es.htm

contesta las siguientes preguntas:

- ¿La magnitud de la velocidad tangencial es constante en el MCU?
- ¿Qué sucede con la dirección de la velocidad?
- Si la aceleración es el cambio de la velocidad que ocurre en un intervalo de tiempo, ¿a qué se debe que exista una aceleración centrípeta en el movimiento circular uniforme?
- ¿En qué dirección apunta la fuerza centrípeta en el movimiento circular uniforme? ¿porqué?
- Observa las gráficas de las componentes de la posición, velocidad y aceleración, ¿de qué tipo de función se trata?, ¿cuáles son las características principales de dicha función?



Ejemplo

Un automóvil cuya masa es 2000 Kg describe una curva de 100 m de radio con una velocidad de 36 Km/h. Calcular la fuerza centrípeta aplicada al automóvil.

Primero debemos expresar la velocidad en m/s, o sea:

$$v = 36 \frac{Km}{h} = 36 \times \frac{1000m}{3600s} = 10 \frac{m}{s}$$

Los otros datos del problema son $r = 100$ m y $m = 2000$ Kg. Luego

$$F = \frac{mv^2}{r} = 2000 N$$



Ejemplo

Un móvil se desplaza con una trayectoria circular a una velocidad de 2 m/s.

¿Cuánto tardará en dar dos vueltas alrededor de una circunferencia de 100 metros de diámetro?



Solución

Podemos plantear el problema con las ecuaciones de velocidad tangencial (sabiendo que tiene que recorrer dos veces el perímetro) o de velocidad angular (sabiendo que tiene que recorrer dos veces el ángulo de la circunferencia completa, es decir 2π).

Dado que tenemos la velocidad tangencial vamos a plantear su ecuación y despejar el tiempo. Recordemos que la velocidad tangencial es la variación de posición respecto al del tiempo.

Ejemplo

Un móvil da tres vueltas sobre una circunferencia de 300 metros de diámetro a velocidad constante y tarda 2 minutos en hacerlo.

Calcular:

- Frecuencia
- Período
- Velocidad angular
- Velocidad tangencial
- Aceleración centrípeta



Solución

Convertimos el tiempo a segundos.

Calculamos la frecuencia a través de su definición.

Calculamos el período como la inversa de la frecuencia.

Obtenemos la velocidad angular a partir de la frecuencia.

También podríamos haber obtenido esta velocidad en base a su definición, es decir la variación de ángulo sobre la variación de tiempo sabiendo que recorre 3 vueltas (6π radianes) en 120 segundos.

Calculamos la velocidad tangencial multiplicando la velocidad angular (en radianes) por el radio.

Otra manera de haberla calculado es a través de su definición, es decir haciendo el cociente entre el espacio recorrido y el tiempo empleado, sabiendo que recorrió el perímetro de la circunferencia tres veces en 120 segundos. Por último, hallamos la aceleración centrípeta.



Ejercicio

Una piedra cuya masa es de 0.5 Kg está unida al extremo de un hilo de 30 cm de longitud. Sosteniendo el otro extremo del hilo en una mano se le hace girar a razón de 60 rpm. Calcular la fuerza centrípeta ejercida por el hilo sobre la piedra. En este caso, $m = 0.5 \text{ Kg}$ y $r = 0.30 \text{ m}$.



Ejercicio

Un móvil se desplaza a velocidad constante de 2,25 m/s sobre una circunferencia de 50 metros de diámetro.

¿Qué distancia y que ángulo habrá recorrido a los 10 segundos de comenzado el movimiento?

Ejercicio

Un móvil con MCU describe un ángulo de 2.25 rad en 0.2 s. Si el radio de la circunferencia descrita es de 40 cm, calcular: a) su velocidad angular, b) su velocidad, c) su período, d) su frecuencia.



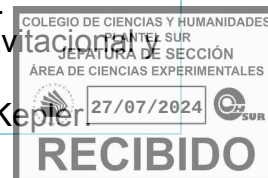
CIERRE

Contesta las siguientes preguntas y resuelve los problemas propuestos.

1. ¿Cuál es la velocidad angular del horario de un reloj? ¿Cuál la del minutero? ¿Cuál la del segundero?
2. ¿Cómo calcular el período de revolución de un disco, conociendo el número de vueltas que ha dado en cierto tiempo? Si un móvil da 3 vueltas en 12 s, ¿cuál es su período?
3. ¿Cómo calcular la frecuencia de un cuerpo conociendo el número de vueltas que ha dado en cierto tiempo? Si un móvil da 3 vueltas en 12 segundos, ¿cuál es su frecuencia?
4. ¿Cuál es la velocidad angular de un disco que gira 13.2 rad en 6s? ¿Cuál es su período? ¿Cuál es su frecuencia?
5. Un astronauta da la vuelta a la Tierra cada 185 minutos. ¿Cuál es su velocidad angular? ¿Cuál es su velocidad lineal y su aceleración centrípeta si describe una órbita de 20 080 Km de radio?
6. Un punto de la periferia de una rueda de automóvil con radio de 0.30 m se mueve con una velocidad de 54 Km/h. ¿Cuál es su velocidad angular en rad/s? ¿Y en revoluciones por minuto? ¿Cuál es su aceleración centrípeta?
7. Calcular las velocidades angular y lineal de la Luna, sabiendo que da una vuelta completa alrededor de la Tierra en aproximadamente 28 días y que la distancia media entre estos dos astros 38.33×10^4 Km. ¿Cuál es su aceleración centrípeta?
8. Calcular la velocidad angular de rotación de la Tierra, sabiendo que da una vuelta en 24 horas. Si el radio de la Tierra es 6.37×10^6 m, ¿cuál es la velocidad y la aceleración centrípeta de los puntos del Ecuador?



APRENDIZAJES	TEMÁTICAS
El Alumno: 4. Interpreta las consecuencias de la ley de la gravitación universal.	- Gravitación Universal de Newton. - Campo gravitacional y peso. - Leyes de Kepler



APERTURA

1. ¿Qué observaciones de Galileo contradecían el modelo geocéntrico?
2. ¿Qué personaje tuvo la habilidad matemática para llevar la revolución copernicana a una base firme en forma de leyes?
3. ¿Cómo son las órbitas de los planetas alrededor del Sol?
4. ¿Qué nos dice la segunda ley de Kepler?
5. ¿Qué nos dice la tercera ley de Kepler?
6. ¿Cuál es la fuerza que da origen a las leyes de Kepler?

DESARROLLO

LAS LEYES DE KEPLER Y LA LEY DE GRAVITACIÓN UNIVERSAL

Seguramente sabrás que al hombre antiguo no le resultó sencillo aceptar la idea de una Tierra con forma esférica. Fue aún más difícil comprender el verdadero lugar que la Tierra ocupa en el Universo. El cambio de un sistema del mundo en el cual la Tierra está en el centro, a otro en el cual la Tierra no es más que un planeta que gira alrededor de una de las muchas estrellas comunes y corrientes, ha sido uno de los cambios más profundos en la historia del pensamiento humano. La idea revolucionaria de un mundo con el Sol en el centro fue propuesta y elaborada por el astrónomo polaco Nicolás Copérnico. Esa idea fue rechazada vigorosamente por la Iglesia católica, aunque fue aceptada y popularizada por Galileo Galilei. Las observaciones de las lunas de Júpiter y las fases de Venus, realizadas por Galileo con su telescopio, contradecían la idea geocéntrica pero concordaban totalmente con la visión copernicana.

La contribución decisiva a la victoria de la visión copernicana en la astronomía que en ese momento era la ciencia más avanzada, se debe a Johannes Kepler.



Las leyes de Kepler

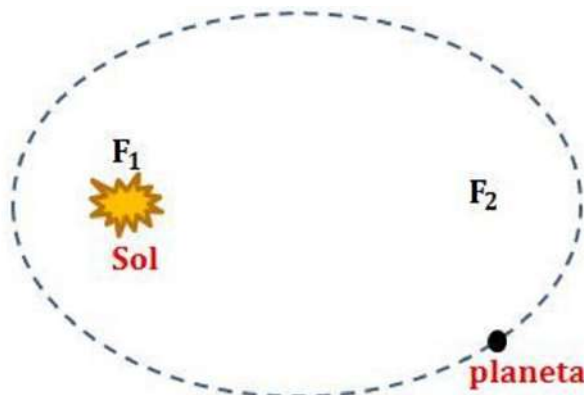
Kepler (1571-1630) tuvo la habilidad matemática y la perseverancia en la búsqueda de la simplicidad del Universo, que fueron necesarias para llevar la “revolución copernicana” a una base firme en la forma de leyes sobre el movimiento de los planetas, donde la Tierra es uno de ellos.

Las tres leyes de Kepler, que aparecieron en La nueva astronomía (1609) y en La armonía del mundo (1619), sintetizan, en forma sorprendentemente sencilla, lo esencial de los datos de observación conocidos. El sistema del mundo geocéntrico, con sus complejas combinaciones de movimientos circulares, tuvo que ceder definitivamente frente al sistema del mundo heliocéntrico, en el cual los planetas siguen simples trayectorias elípticas.

La primera ley de Kepler

Esta ley se refiere a las trayectorias que siguen los planetas.

La trayectoria de cada planeta del Sistema Solar es una elipse y el Sol está en uno de sus focos.



Esta foto de Autor desconocido está bajo licencia [CC BY-NC-ND](#)

La barrera conceptual que Kepler tuvo que derribar para pasar de círculos a elipses fue muy grande. Hasta su época todos creían que las trayectorias planetarias tenían que ser círculos. Incluso Copérnico, que cambió el sistema del mundo drásticamente, creía en las trayectorias circulares de los astros y las usaba



en sus cálculos. Solamente la forma matemática de la elipse permitió a Kepler “entender” los datos precisos de la posición de Marte. Lo que antes requería muchos círculos y epiciclos necesitaba, ahora, de manera más sencilla y más precisa, una sola elipse. Cuando Marte está más cerca del Sol, la distancia entre ambos es de 207 millones de kilómetros. Esa posición de Marte en su órbita se llama **perihelio**.



Definición de perihelio

El **perihelio** es la posición en la que un planeta se encuentra a su mínima distancia del Sol.

Definición de afelio

Cuando Marte está más alejado del Sol, su distancia es de 250 millones de kilómetros. Esa posición se llama **afelio**.

El cociente de las distancias al Sol del afelio y el perihelio brinda información sobre qué tanto se aleja la trayectoria elíptica del planeta de una trayectoria circular. En el caso de Marte, el cociente es:

$$\frac{d_{M \text{ afelio}}}{d_{M \text{ perihelio}}} = \frac{250\,000\,000 \text{ Km}}{207\,000\,000 \text{ Km}} = 1.21$$

Esto quiere decir que la distancia del afelio es 20% mayor que la distancia del perihelio. Esa diferencia fue suficiente y permitió a Kepler concluir que había que romper la tradición y admitir trayectorias elípticas.

En la Tabla siguiente se presentan tanto las distancias del afelio y el perihelio de algunos planetas, como el cociente de esas distancias.



Tabla. Las distancias de afelio y perihelio de algunos planetas.

Planeta	Distancia del afelio (millones de Km)	Distancia del perihelio (millones de Km)	Cociente de las distancias afelio y el perihelio
Mercurio	70	46	1.522
Venus	108.9	107.5	1.013
Tierra	152.6	147.5	1.035

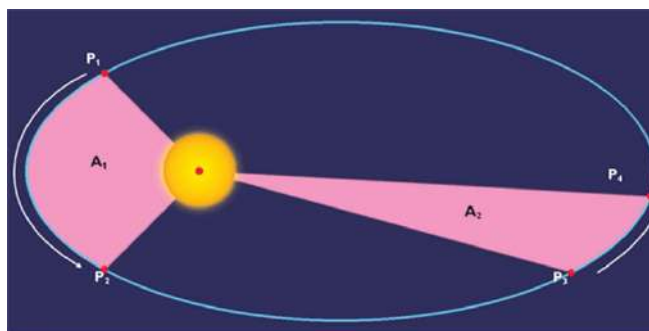


Es fácil notar que la forma elíptica de la trayectoria de Mercurio es bastante pronunciada. La distancia del afelio es 52.2% mayor que la distancia del perihelio. Sin embargo, las trayectorias elípticas de Venus y la Tierra difieren muy poco de una trayectoria circular. Para Venus, por ejemplo, la distancia del afelio es solamente 1.30% más grande que la distancia del perihelio.

La segunda ley de Kepler

El estudio de las posiciones del planeta Marte, determinadas por Brahe, llevó a Kepler a establecer la segunda ley.

La línea imaginaria que conecta el centro del Sol con el centro de un planeta barre áreas iguales en intervalos iguales.



Esta foto de Autor desconocido está bajo licencia CC BY-NC-ND

Otra forma de la segunda ley de Kepler es

El producto de la distancia al Sol y de la rapidez orbital es igual en todos los puntos de la trayectoria de un planeta.



Si en el punto 1 de la trayectoria del planeta la distancia y la rapidez son r_1 y v_1 , en el punto 2 la distancia y rapidez son r_2 y v_2 , entonces:

$$r_1 v_1 = r_2 v_2$$

Entonces, la segunda ley de Kepler implica que la rapidez orbital de un planeta no se mantiene constante. Cuando un planeta está cerca del Sol se mueve a una rapidez mayor que cuando está más alejado.

El movimiento orbital de la Tierra y la segunda ley de Kepler

En el perihelio la rapidez orbital de la Tierra es $v_P = 29$ km/s. En el afelio la rapidez aumenta a $v_A = 30$ km/s. ¿Tales valores de la rapidez orbital satisfacen la segunda ley de Kepler?

Solución: Para las posiciones del perihelio y el afelio, la segunda ley de Kepler es:

$$r_P v_P = r_A v_A$$

Tomando de la Tabla anterior los valores para las distancias al Sol del perihelio y el afelio de la Tierra, e insertándolos en la ecuación anterior, se obtiene:

$$\begin{aligned} 152\,600\,000 \text{ Km} \times 29 \text{ Km/s} &= 147\,500\,000 \text{ Km} \times 30 \text{ Km/s} \\ 4.425 \times 10^9 \text{ Km}^2/\text{s} &= 4.425 \times 10^9 \text{ Km}^2/\text{s} \end{aligned}$$

Por lo que los valores de la rapidez orbital de la Tierra satisfacen la segunda ley de Kepler.

La rapidez orbital de Venus cuando está en su afelio



Cuando está en su perihelio, Venus se mueve a una rapidez orbital $v_P = 34.784$ Km/s. ¿Cuál es la rapidez orbital de Venus cuando está en su afelio?

Solución: Despejando la rapidez orbital de Venus en el afelio, de la segunda ley de Kepler, se obtiene:

$$v_A = \frac{r_P}{r_A} v_P$$

Tomando los valores de las distancias en perihelio y afelio de Venus de la Tabla anterior e insertándolos en esa ecuación, se tendrá:

$$v_A = \left(\frac{107\,500\,000\text{ Km}}{108\,900\,000\text{ Km}} \right) \left(34.784 \frac{\text{Km}}{\text{s}} \right) = 34.337 \frac{\text{Km}}{\text{s}}$$

Por lo que la rapidez en el afelio es menor que la rapidez en el perihelio, ya que en su afelio Venus está más lejos del Sol.

La tercera ley de Kepler

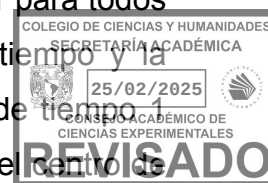
Esta ley se refiere a las distancias promedio y los periodos de los planetas.

Para todos los planetas, el cuadrado del periodo dividido entre el cubo de la distancia media al Sol tiene el mismo valor.

Si el periodo de revolución de un planeta es T y su distancia media al Sol es r, la tercera ley de Kepler afirma que:

$$\frac{T^2}{r^3} = K$$

donde K es la constante de Kepler. La constante K tiene el mismo valor para todos los planetas. Su valor depende de la unidad con que se midan el tiempo y la distancia. El valor más sencillo se obtiene si se toman como unidad de tiempo 1 año, y como unidad de distancia, la distancia entre el centro del Sol y el centro de



la Tierra, llamada “unidad astronómica de distancia” (UA). Entonces, para la Tierra la constante de Kepler sería:

$$K = \frac{T^2}{r^3} = \frac{(1 \text{ año})^2}{(1 \text{ UA})^3} = 1 \frac{\text{año}^2}{\text{UA}^3}$$



La tercera ley de Kepler es un nuevo tipo de ley porque afirma que hay un número que es el mismo para todos los planetas. Las primeras dos leyes tienen diferentes realizaciones para cada planeta (diferentes tamaños de las elipses y diferentes rapidez medias). La tercera ley indica que existe un número (la constante de Kepler) compartido por todos los planetas.

La tercera ley de Kepler y el periodo de revolución de Mercurio

La distancia media entre el Sol y Mercurio es 0.387 veces la distancia media entre el Sol y la Tierra. ¿Cuánto tiempo tarda Mercurio en dar una vuelta alrededor del Sol?

Solución: Según la tercera ley de Kepler, el cociente entre el cuadrado del periodo de revolución (T) y el cubo de la distancia media (r) es igual para todos los planetas. Para Mercurio y la Tierra, la tercera ley de Kepler implica:

$$\frac{T_M^2}{r_M^3} = \frac{T_T^2}{r_T^3}$$

Esta ecuación se escribe como:

$$T_M^2 = \frac{r_M^3}{r_T^3} T_T^2 = \left(\frac{0.387 r_T}{r_T}\right)^3 T_T^2 = (0.387)^3 T_T^2 = 0.058 T_T^2$$

Sacando la raíz cuadrada de ambos lados de la ecuación, se obtiene que el año de Mercurio” dura:



$$T_M = \sqrt{0.058}T_T = 0.24T_T = (0.24)(365 \text{ días}) = 87.6 \text{ días} = 88 \text{ días}$$

Dar sentido al resultado: El “año de Mercurio” es aproximadamente cuatro veces más corto que el año terrestre. Mientras la Tierra da una vuelta alrededor del Sol, Mercurio da más de cuatro vueltas.

Integrar conocimientos: Suponiendo que las trayectorias de Mercurio y la Tierra sean circulares, ¿cuál de esos dos planetas órbita alrededor del Sol a mayor rapidez lineal?

Las leyes de Kepler son leyes empíricas que expresan regularidades inferidas a partir de los datos de observaciones astronómicas. Frente a las leyes empíricas, los físicos de mente teórica se asombran y se preguntan ¿por qué dichas leyes tienen esa forma y no otra? Para las leyes de Kepler, las preguntas teóricas podrían haber sido: • ¿Por qué la trayectoria de los planetas es una elipse y no alguna otra curva? • ¿Por qué el cociente del cuadrado del periodo y el cubo de la distancia al Sol son los mismos para todos los planetas? Responder a esas preguntas requiere la formulación de una teoría dentro de la cual sea posible deducir las leyes de Kepler.

La gravitación universal: la fuerza que da origen a las leyes de Kepler

Newton fue quien se puso como tarea derivar teóricamente la forma de las leyes de Kepler. Como él sabía que las fuerzas determinan los movimientos de los cuerpos, supuso que para realizar la tarea era necesario determinar la ley para la fuerza que describe la atracción gravitacional. Pero ¿cómo llegó Newton a la ley de la gravitación universal? Aunque todavía en los estudios históricos se trata de esclarecer los detalles de esta gran hazaña intelectual, se puede afirmar que Newton no “encontró” la ley de la gravitación universal en la forma referida por la famosa leyenda, según la cual, Newton estaba sentado bajo un árbol del que cayó una manzana que lo golpeó en la cabeza: Newton se preguntó por qué cayó



manzana y, al tratar de encontrar la respuesta, se le ocurrió la ley de la gravitación universal (Figura siguiente).



Tal vez el acontecimiento fue el punto de inicio para empezar a considerar un problema importante:

¿Es posible que los fenómenos terrestres (la caída de una manzana) y los fenómenos celestes (el movimiento de la Luna alrededor de la Tierra) se deban a la misma causa?

Antes de Newton hubo personas que suponían que el movimiento de los planetas estaba influido por la presencia del Sol, es decir, que consideraban que sobre los planetas había una influencia atractiva proveniente del Sol. Incluso, algunos científicos (por ejemplo, Hooke) sabían que la tercera ley de Kepler implicaba que la fuerza que rige el movimiento de los planetas debería ser inversamente proporcional al cuadrado de la distancia. A diferencia de ellos, Newton tuvo dos virtudes excelentes:

1. Supo cómo averiguar si otros hechos conocidos apoyaban la misma relación entre la fuerza gravitacional y la distancia.
2. Fue capaz de demostrar matemáticamente que una fuerza inversamente proporcional al cuadrado de la distancia, junto con las leyes de la dinámica que él mismo formuló, predicen la trayectoria elíptica de los planetas.

Verificación de la hipótesis de la gravitación universal

Si se supone que la fuerza de gravedad ejercida por el Sol es responsable del movimiento (casi circular) de los planetas, es posible deducir de la tercera ley de

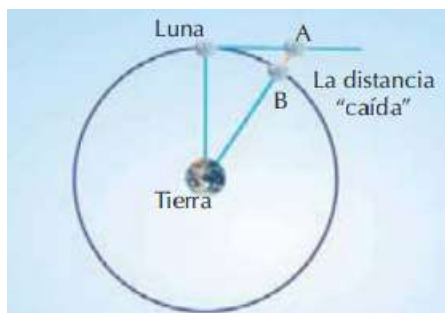


Kepler que esa fuerza F debe ser inversamente proporcional al cuadrado de la distancia d entre el Sol y el planeta:

$$F \propto \frac{1}{d^2}$$

Si la fuerza de gravedad es universal, es decir, si todos los cuerpos se atraen gravitacionalmente, la fuerza gravitacional con que la Tierra atrae a los cuerpos cercanos a su superficie o la fuerza con que atrae a la Luna deberían, también, satisfacer la misma proporcionalidad.

En el primer intento, realizado en 1666, Newton trató de verificar esta hipótesis comparando la distancia que caen los cuerpos cercanos a la superficie de la Tierra en un segundo, con la distancia que en un segundo “cae” la Luna en su trayectoria alrededor de la Tierra (Figura siguiente).



La distancia AB que “cae” la Luna en un segundo.

Debido a la imprecisión de los datos sobre el radio de la Tierra y la distancia entre la Luna y la Tierra, el resultado de la comparación no se ajustaba bien a la hipótesis de una influencia gravitacional inversamente proporcional al cuadrado de la distancia. La “caída de la Luna” fue 15% menor de lo que exigía la hipótesis. A causa de esta discrepancia y de otras dificultades relacionadas, Newton dejó a un lado su trabajo sobre la ley de la gravedad.

Cuando se enteró de nuevos datos más precisos, en el año de 1682, Newton rehizo los cálculos y desapareció la diferencia entre el resultado que daba la hipótesis y el movimiento real de la Luna. Todo estaba listo para formular la ley de la gravitación universal.



Dos maneras de calcular la aceleración de la Luna

En la actualidad es fácil realizar cálculos similares a los que hizo Newton. En vez de las distancias caídas en un segundo, es más sencillo comparar las aceleraciones.



En lugar del método geométrico usado por Newton, utilizaremos las fórmulas algebraicas disponibles ahora.

La aceleración según los datos del movimiento lunar

La Luna se mueve en una trayectoria que es casi un círculo de radio $d_L = 384,000$ km = 3.84×10^8 m y da una vuelta en $T = 27.3$ días = 2.36×10^6 s. Por ello, la rapidez orbital de la Luna es:

$$v = \frac{\text{circunferencia}}{\text{periodo}} = \frac{2\pi d_L}{T} = \frac{(2)(3.14)(3.84 \times 10^8)}{2.36 \times 10^6} = 1020 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

La aceleración centrípeta de la Luna, según los datos de su movimiento orbital, es:

$$a = \frac{v^2}{d_L} = \frac{(1.02 \times 10^3 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{3.84 \times 10^8 \text{m}} = \frac{1.04 \times 10^6 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}}{3.84 \times 10^8 \text{m}} = 2.7 \times 10^{-3} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 2.7 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

La aceleración de la Luna según la hipótesis de la gravitación universal.

Si la Tierra atrae a la Luna con la fuerza gravitacional, entonces esa fuerza debe ser inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre los centros de la Tierra y la Luna. Según la segunda ley de Newton, la aceleración es directamente proporcional a la fuerza y, en consecuencia, la aceleración de la Luna debida a la fuerza gravitacional de la Tierra también tiene que ser inversamente proporcional al cuadrado de su distancia, medida desde el centro de la Tierra. Para cuerpos que están en la superficie de la Tierra, a la distancia $d_T = R$ del centro de este (es el radio terrestre), esa aceleración es la aceleración de la caída libre:



$$g_T = \frac{C}{d_T^2} = \frac{C}{R^2}$$

donde C es una constante de proporcionalidad.

Para la distancia que corresponde al radio de la trayectoria lunar, que es igual a 60 radios terrestres ($d_L = 60 R$), la aceleración debida a la fuerza gravitacional terrestre sería:

$$g_L = \frac{C}{d_L^2} = \frac{C}{(60 R)^2} = \frac{C}{3600 R^2}$$

Dividiendo las aceleraciones gravitacionales que corresponden a estas dos distancias al centro terrestre se obtiene:

$$\frac{g_L}{g_T} = \frac{\frac{C}{3600 R^2}}{\frac{C}{R^2}} = \frac{1}{3600}$$

De esta ecuación se puede despejar g_L :

$$g_L = \frac{g_T}{3600} = \frac{9.8 \frac{m}{s^2}}{3600} = 0.0027 \frac{m}{s^2} = 2.7 \frac{mm}{s^2}$$

Entonces, los datos del movimiento lunar y los datos de la caída libre en la superficie terrestre, extrapolados hasta la Luna mediante la hipótesis de la gravitación universal, generan el mismo valor para la aceleración de la Luna.

La conclusión es evidente:

La fuerza gravitacional entre dos cuerpos es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre sus centros.

Usando su tercera ley, Newton fue capaz de inferir que la fuerza gravitacional debe ser directamente proporcional al producto de las masas de los cuerpos que se atraen gravitacionalmente.



GRAVITACIÓN UNIVERSAL Y SÍNTESIS NEWTONIANA

La fuerza gravitacional

Fue Isaac Newton quien nos legó la famosa ley de gravitación universal que rige las atracciones gravitatorias entre los cuerpos de la naturaleza.

Cuenta la leyenda que Newton concibió la idea de dicha ley al ver caer una manzana hacia la Tierra, sin que hubiese un contacto directo ni un intermediario entre ambos cuerpos.

Supuso entonces que la caída de la manzana se debía a una *acción a distancia*, a una fuerza de atracción que ejercía la Tierra sobre ella a través del espacio vacío. Y pensó que, si la Tierra atraía así a la manzana, también debería atraer a cualquier otro cuerpo, aunque se encontrase a gran distancia de la Tierra como lo está la Luna, por ejemplo.

Con los datos que tenía, pudo calcular la aceleración con que caería hacia la Tierra un cuerpo situado a la distancia en que está la Luna, y encontró que dicha aceleración era mucho menor que aquella con que caía la manzana situada casi sobre la superficie terrestre.

Recordando que la fuerza que actúa sobre un cuerpo es directamente proporcional a la aceleración que le produce, nos podemos dar cuenta de que aquel resultado le hizo deducir a Newton que la fuerza de atracción terrestre sobre un cuerpo cualquiera disminuía notablemente a medida que dicho cuerpo se alejaba del centro de nuestro planeta.

Posteriormente, al estudiar el movimiento de los planetas alrededor del Sol, encontró un resultado parecido, esto es, que la fuerza de atracción que ejercía el Sol sobre los diferentes planetas era tanto menor cuanto mayor era la distancia a que aquéllos se encontraban de su centro.

Guiado por estos resultados concibió la idea genial de que esta relación entre la fuerza y la distancia debía satisfacerse para todos los cuerpos, cualesquiera que fuesen. Más aún, pudo encontrar el valor exacto de dicha relación y de este modo



llegó a la conclusión de que la fuerza de atracción gravitatoria entre dos cuerpos era **inversamente proporcional al cuadrado de la distancia** que los separaba.

La masa gravitacional



Pero aún faltaba algo para completar la ley. Y ese algo lo encontró cuando pudo calcular que la fuerza con que la Tierra atraía a los cuerpos que sobre ella caían era mucho menor que aquella con la que el Sol atraía a sus planetas. Es decir, que cada cuerpo tenía una propiedad característica que le hacía atraer con mayor o menor intensidad a los otros cuerpos que estaban en su presencia. A esta propiedad –que en la Tierra por ejemplo, era mucho menor que en el Sol- le damos en la actualidad el nombre de *masa* de los cuerpos y es considerada, como la longitud y el tiempo, una de las magnitudes fundamentales de la Física.

Se ha adoptado como unidad de masa el kilogramo (kg), que es la masa de un cilindro de platino iridiado, llamado kilogramo patrón, guardado en la Oficina de Pesas y Medidas de Sévres, París, Francia.

La ley de gravitación universal

Con estos antecedentes podemos formular la ley de la atracción gravitacional entre dos cuerpos cualesquiera, ley que mercedamente es conocida con el nombre de Ley de la Gravitación Universal de Newton.

La fuerza gravitacional con que mutuamente se atraen dos cuerpos estará dada, pues, por un vector según la línea que une los centros de ambos cuerpos. La magnitud de dicho vector está dada por la famosa ley:

La magnitud de la fuerza de atracción gravitacional entre dos cuerpos es directamente proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que los separa.



Es decir, que si tenemos dos cuerpos y llamamos:

m_1 = Masa de un cuerpo, en kilogramos (kg)

m_2 = Masa del otro cuerpo, en kilogramos (kg)

r = Distancia entre los centros de ambos cuerpos en metros (m).

F = Fuerza entre los cuerpos, en newtons (N)

G = Constante de proporcionalidad, en $\text{m}^3 / \text{kg s}^2$



La ecuación que nos exprese cuantitativamente esta ley, será:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Observando esta ecuación, vemos que en ella aparece una constante de proporcionalidad G . Esta constante no depende de los cuerpos que se atraen ni del medio que rodea a dichos cuerpos. Es pues una *constante universal* que se llama *constante de gravitación*.

Su valor depende del sistema de unidades que se use, y en el Sistema Internacional, vale:

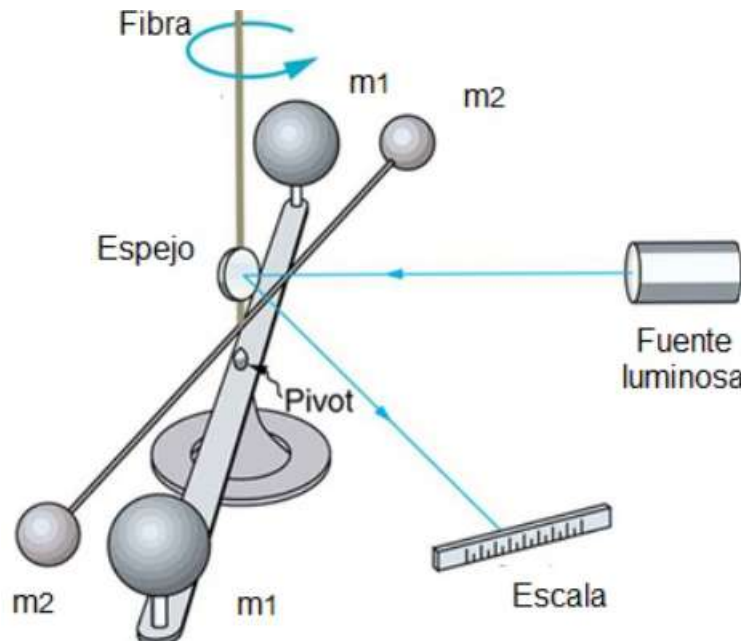
$$G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 / \text{kg s}^2$$

El experimento de Cavendish

Este famoso experimento fue ejecutado por Henry Cavendish en el año de 1797 a 1798, y , frecuentemente, se le menciona como “pesada de la Tierra”.

Las características principales del experimento consistieron en determinar las fuerzas de atracción entre dos pares de esferas de plomo por medio de una balanza de torsión y, a partir de estas mediciones, calcular el valor de G . La figura siguiente muestra un diagrama del aparato.





Una varilla de unos 1.8 m de largo se sostenía por su centro con un largo alambre o fibra. En los extremos de la varilla se colocaron dos bolas de plomo m_2 y m_2 de unos 5 cm de diámetro cada una. Dos esferas de plomo m_1 y m_1 de diámetro de unos 31 cm, también estaban colocadas a cada lado como se indica. La atracción gravitatoria entre m_1 y m_2 hacía que la varilla delgada girase un ángulo y se detuviera en alguna posición.

El cambio de m_1 y m_2 , obliga a la varilla delgada a girar a una nueva posición. El ángulo a través del cual giró la varilla delgada era medido por la reflexión de un haz de luz desde un espejito, sobre una escala distante. Por las mediciones previas de la rigidez del alambre o fibra y por la medida del ángulo de rotación, se puede calcular la fuerza de atracción entre las masas.

Demostraremos ahora que esta fuerza F medida en dicho experimento permite calcular la masa de la Tierra. Si nosotros conocemos las masas m_1 y m_2 , al pesarlas y la distancia medida entre ellas, d , estos valores pueden ser sustituidos en la ley de Gravitación Universal y calcular la única incógnita G .



Por medidas experimentales y cálculos, las cantidades siguientes, por lo tanto, son conocidas:

$$M = ?$$

$$m = 1.0 \text{ Kg}$$

$$F = -9.8 \text{ N}$$

$$G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3/\text{Kgs}^2$$

$$d = 6.37 \times 10^6 \text{ m}$$

Sustituyendo estos valores en la Ley de Gravitación Universal, la única cantidad desconocida es la masa de la Tierra M , que puede ser calculada. Sean $m_1 = m$ y $m_2 = M$

$$F = -G \frac{m_1 m_2}{d^2} = -G \frac{mM}{d^2}$$

El signo menos significa que la fuerza es de atracción.

Despejando la masa de la Tierra M y sustituyendo los valores conocidos, tenemos,

$$M = \frac{F d^2}{m G} = \frac{9.8 \text{ N} \times (6.37 \times 10^6 \text{ m})^2}{1 \text{ Kg} \times 6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3/\text{Kgs}^2} = 5.97 \times 10^{24} \text{ Kg}$$

Este es un valor razonable de la masa de la Tierra, que dividido por el volumen terrestre, $\frac{4}{3} \pi r^3$, da una densidad media de 5.4 g/cm^3 o 5400 Kg/m^3 . La densidad media de las rocas se encuentra que es de 2.7 g/cm^3 o 2700 Kg/m^3 cerca de la superficie de la Tierra. Esto significa, por lo tanto, que la densidad media en la profundidad terrestre deberá elevarse a 8000 a 10 000 Kg/m^3 . Tales valores son, enteramente aceptables, puesto que la mayoría de los metales tienen esas densidades.

El experimento anterior, por lo tanto, se puede considerar como correcto en principio y es un medio para determinar la masa de la Tierra.

$$\text{Masa de la Tierra} = 5.97 \times 10^{24} \text{ Kg}$$



Ejemplo

Encontrar la fuerza de atracción gravitacional entre el electrón y el protón en el átomo de hidrógeno si la distancia media que los separa es de $5.3 \times 10^{-11} \text{ m}$.



$$m_1 = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$$m_2 = 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$r = 5.3 \times 10^{-11} \text{ m}$$

$$G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 / \text{kg s}^2$$

De la ley de gravitación universal

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

$$F = \frac{(6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 / \text{kg s}^2)(9.11 \times 10^{-31} \text{ kg})(1.67 \times 10^{-27} \text{ kg})}{(5.3 \times 10^{-11} \text{ m})^2}$$

$$F = 3.6 \times 10^{-47} \text{ N}$$



Ejemplo

Encontrar la distancia a que hay que colocar dos masas de un kilogramo cada una para que se atraigan con una fuerza de 1 newton.



$$F = 1 \text{ N}$$

$$G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 / \text{kg s}^2$$

$$m_1 = 1 \text{ kg}$$

$$m_2 = 1 \text{ kg}$$

De la ley de gravitación universal

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

despejamos la distancia r

$$r = \sqrt{\frac{G m_1 m_2}{F}}$$

$$r = \sqrt{\frac{(6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 / \text{kg s}^2)(1 \text{ kg})(1 \text{ kg})}{1 \text{ N}}}$$

$$r = 8.16 \times 10^{-6} \text{ m}$$

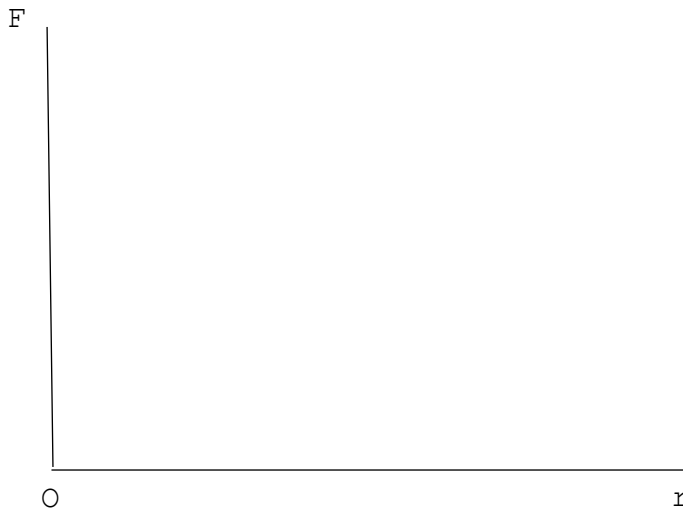
A la vista del resultado de este ejemplo, podríamos decir también que:

Un newton es la fuerza con que se atraen gravitacionalmente dos masas de un kilogramo cada una colocada a una distancia de $8.16 \times 10^{-6} \text{ m}$.



Ejercicio

Supongamos que cuando dos partículas están separadas la distancia r , la fuerza de atracción gravitacional entre ellas es F . ¿Cuál será la fuerza si la distancia se duplica ($2r$), triplica ($3r$), cuádrupla ($4r$), se reduce a la mitad ($r/2$)? Represente en la gráfica la fuerza para cada una de esas distancias y trace una curva que indique la relación entre la fuerza y la distancia.



Ejercicio

Calcular la fuerza de atracción entre dos cuerpos de masas de 2 Kg y 3 Kg, separados 5 cm; o sean 0.05 m.

Ejercicio



Calcular la atracción gravitacional que se ejerce entre la Tierra y la Luna si la masa de ésta es 7.5×10^{22} Kg y la de la Tierra es 59.7×10^{23} Kg, siendo la distancia entre ambos cuerpos de 38.22×10^7 m.



Ejercicio

¿Con qué fuerza atrae la Tierra a un cuerpo cuya masa es 1 Kg y que está en la superficie terrestre, siendo r el radio de la Tierra?



Aceleración de la gravedad

Lo mismo que Newton vio caer una manzana, estamos nosotros acostumbrados a ver constantemente caer los cuerpos a la superficie terrestre. Ahora bien, ¿Cómo caen dichos cuerpos?

De nuevo en esta ocasión supo ver claro Galileo, contra la opinión de los sabios antiguos e incluso contra lo que parece decirnos el sentido común, de que los cuerpos más pesados caen a tierra más rápidamente que los más ligeros.

En efecto Galileo, primero razonando y después experimentando con diversos cuerpos arrojados por él mismo desde la torre inclinada de Pisa, llegó a la conclusión que todos los cuerpos dejados caer desde la misma altura llegan al suelo, casi al mismo tiempo, y que esa pequeña diferencia de tiempo que se observa en realidad es debido, no a la naturaleza de los cuerpos en sí, sino a la resistencia que el aire opone a su caída.

Si esa resistencia desapareciera, es decir, si los cuerpos cayesen en el vacío, su caída debería verificar, según Galileo, en el mismo tiempo, lo que quería decir que la aceleración que la Tierra comunica a todos los cuerpos es la misma.

Esta aceleración con que todos los cuerpos caen hacia la Tierra en el vacío se denomina *aceleración de la gravedad* y se designa con la letra *g*. Su valor aceptado es:

$$g = 9.8 \text{ m / s}^2$$

y decimos aceptado ya que varía de un punto a otro de la Tierra, según sea la latitud y la altitud del lugar en que se mida. En la ciudad de México, por ejemplo, vale 9.78 m / s^2

Este valor de la aceleración de la gravedad terrestre medido directamente, puede ser deducido de la ley de la gravitación universal, lo que podemos considerar como una inmediata comprobación de ésta.



En efecto, trataremos de aplicar la citada ley para calcular la atracción que la Tierra ejerce sobre un cuerpo de masa cualquiera, próximo a su superficie.



Si tomamos los datos conocidos:

M = Masa de la Tierra = 5.98×10^{24} kg

R = Radio de la Tierra = 6.37×10^6 m

La relación de la ley de gravitación universal se puede escribir como:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2} = \left(\frac{GM}{R^2} \right) m$$

Si examinamos esta ecuación vemos que la cantidad separada por los paréntesis

$$\frac{GM}{R^2}$$

no depende de la masa de cuerpo que cae sobre la Tierra y, por lo tanto, tiene que ser igual para todos los cuerpos y es una característica propia y exclusiva de la Tierra que atrae a todos los cuerpos. Además, tiene las propiedades de una aceleración a , ya que las unidades en que se mediría son:

$$a = \frac{GM}{R^2} = \left(\frac{m^3}{kg s^2} \right) \left(\frac{kg}{m^2} \right) = \frac{m}{s^2}$$

que son las de una aceleración.

La ley de la gravitación de Newton nos dice, pues, que dicha aceleración a sería la que tendrían todos los cuerpos al caer sobre la Tierra. ¿Cuál es, por otra parte, su valor numérico? Para encontrarlo resolveremos el siguiente ejemplo.



Ejemplo

Aplicando la ley de gravitación universal, encontrar la aceleración con que caen todos los cuerpos colocados cerca de la superficie terrestre.



$$M = 5.98 \times 10^{24} \text{ kg}$$

$$R = 6.37 \times 10^6 \text{ m}$$

$$G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 / \text{kg s}^2$$

$$a = \frac{(6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 / \text{kg s}^2)(5.98 \times 10^{24} \text{ kg})}{(6.37 \times 10^6 \text{ m})^2} = 9.8 \text{ m/s}^2$$

Si comparamos este resultado de a calculado teóricamente con el de g medido directamente, vemos que son la misma cosa, lo cual, además de ser una brillante comprobación de la ley de gravitación universal de Newton, nos da el valor de la aceleración de la gravedad terrestre en términos de la masa M y Radio R de la Tierra, y la constante de gravitación universal G , es decir:

$$a = \frac{GM}{R^2}$$

Actividad

Utiliza la relación anterior, $a = \frac{GM}{R^2}$, para construir una tabla donde se muestren

las aceleraciones de la gravedad en la superficie de los planetas del Sistema Solar, busca la masa M de cada planeta y el radio de cada planeta.



Planeta	Masa del Planeta (M)	Radio del Planeteta (R)	Aceleración de la gravedad del planeta (a)
Mercurio			
Venus			
Tierra			
Marte			
Júpiter			
Saturno			
Urano			
Neptuno			



Actividad

Utiliza el Laboratorio de Fuerza de Gravedad de la Universidad de Colorado del siguiente enlace:

https://phet.colorado.edu/sims/html/gravity-force-lab-basics/latest/gravity-force-lab-basics_es.html

- Mantén fijo el valor de la Masa 1, para una distancia constante, y cambia el valor de la Masa 2, para cada caso, observa cómo cambia el valor de la Fuerza de gravedad. Al aumentar la Masa 2, ¿qué sucede con la Fuerza de gravedad?
- Construye una tabla de datos de la Masa 2 y la Fuerza de gravedad (F).

Masa 2 Mil millones de Kg	Fuerza de gravedad (F) Newton (N)

- Elabora la gráfica Fuerza de gravedad (F) contra la Masa 2. ¿Qué tipo de relación existe entre la Masa 2 y la Fuerza de gravedad (F)?
- Ahora mantén fijo los valores de la Masa 1 y Masa 2, cambia los valores de la distancia entre las masas y observa cómo cambio el valor de la Fuerza de gravedad (F). Al aumentar los valores de la distancia, ¿qué sucede con los valores de la Fuerza de gravedad (F)?



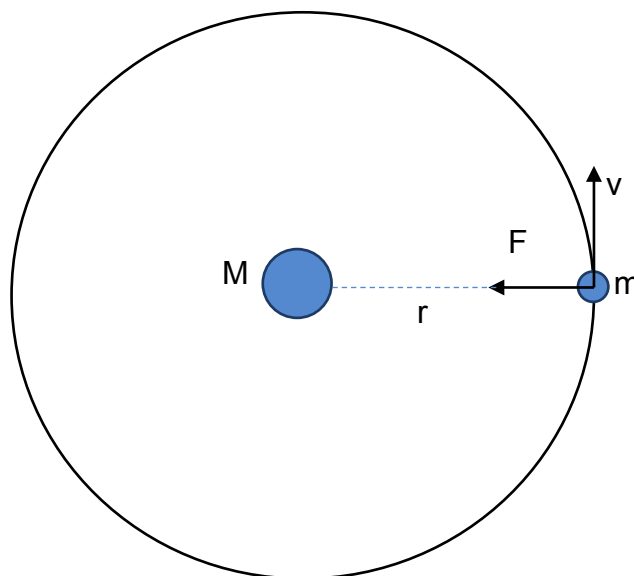
- Construye una tabla de datos de la distancia y la Fuerza de gravedad (F).

Distancia (Km)	Fuerza de gravedad Newton (N)



- Elabora la gráfica de la Fuerza de gravedad (F) contra la distancia, ¿qué tipo de relación existe entre la Fuerza de gravedad (F) y la distancia?
- Has una captura de pantalla de las actividades realizadas, da tus comentarios y envíalas a tu profesor.
- Elabora un reporte de la actividad experimental virtual.

Aunque las leyes de Kepler, originalmente, fueron derivadas de las cuidadosas observaciones de Tycho Brahe, ellas se deducen de las leyes básicas de la Mecánica Clásica.



Por simplicidad, asumimos que la órbita de la Tierra es circular, como se muestra en la figura anterior. En este diagrama, M es la masa del Sol, m es la masa del planeta como la Tierra, y r es la distancia entre sus centros. La fuerza centrípeta F es precisamente la fuerza de atracción gravitacional. Éstas son



$$F = m \frac{v^2}{r}$$

Fuerza centrípeta

$$F = G \frac{Mm}{r^2}$$

Ley de la Gravitación Universal

donde

$$G = 6.6732 \times 10^{-11} \frac{m^3}{Kg s^2}$$

Puesto que estas dos ecuaciones son expresiones diferentes de la misma fuerza F , se pueden igualar sus segundos miembros, y tenemos

$$G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$$

Simplificando esta ecuación, tendremos

$$\frac{GM}{r} = v^2$$

La velocidad orbital de un planeta viene dada, por tanto, por la simple relación

$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$

Velocidad orbital



En Mecánica, la velocidad de un cuerpo está dada por $v = x/t$. Si escogemos la distancia x para dar una vuelta a la órbita, el tiempo t se convierte en el período T y obtenemos

$$v = \frac{2\pi r}{T}$$

Elevando al cuadrado ambos miembros de esta ecuación, podemos escribir

$$\frac{GM}{r} = \frac{4\pi^2 r^2}{T^2}$$

O bien

$$T^2 = \left(\frac{4\pi^2}{GM} \right) r^3$$

Puesto que todas las cantidades dentro del paréntesis son constantes,

$$T^2 \propto r^3$$

Y la tercera ley de Kepler es compatible con las leyes de la Mecánica Clásica.

Ejemplo

Determine la masa del Sol utilizando el periodo orbital de la Tierra y la distancia media de la Tierra al Sol.

Solución

$$G = 6.673 \times 10^{-11} \text{ m}^3/\text{Kgs}^2$$

$$T = 1 \text{ año} = 365 \text{ días} = 31.536 \times 10^6 \text{ s}$$

$$r = 149.5 \times 10^9 \text{ m}$$

$$M = \frac{4\pi^2 r^3}{G T^2} = \frac{\frac{4\pi^2}{G}}{\left(\frac{T^2}{r^3}\right)}$$

$$\frac{T^2}{r^3} = \frac{(31.536 \times 10^6 \text{ s})^2}{(149.5 \times 10^9 \text{ m})^3} = \frac{(31.536)^2 \times 10^{12} \text{ s}^2}{(149.5)^3 \times 10^{27} \text{ m}^3} = \frac{994.52 \times 10^{12} \text{ s}^2}{3341362.38 \times 10^{27} \text{ m}^3}$$

$$\frac{T^2}{r^3} = 2.9764 \times 10^{-19} \frac{\text{s}^2}{\text{m}^3}$$

$$M = \frac{\frac{4\pi^2}{G}}{\left(\frac{T^2}{r^3}\right)} = \frac{\frac{4\pi^2}{6.673 \times 10^{-11} \text{ m}^3/\text{Kgs}^2}}{2.9764 \times 10^{-19} \frac{\text{s}^2}{\text{m}^3}} = \frac{5.91614 \times 10^{11} \text{ Kgs}^2/\text{m}^3}{2.9764 \times 10^{-19} \frac{\text{s}^2}{\text{m}^3}} = 1.988 \times 10^{30} \text{ Kg}$$



Ejercicio

Determinar el periodo orbital de la Luna mediante la Ley de Gravitación Universal y la fuerza centrípeta.



Problema

Un satélite puesto en órbita para retransmitir señales de TV a la Tierra se halla a 13 630 Km sobre la superficie terrestre. Calcule la velocidad orbital del satélite. Considere los valores de las siguientes constantes, Constante de la Gravitación Universal

$$G = 6.6732 \times 10^{-11} \frac{m^3}{Kg s^2}$$

Radio de la Tierra

$$R = 6.366 \times 10^6 \text{ m}$$

Masa de la Tierra

$$M = 59.7 \times 10^{23} \text{ Kg}$$

Distancia de la superficie terrestre al satélite

$$d = 13.630 \times 10^6 \text{ m}$$

Donde $r = R + d$

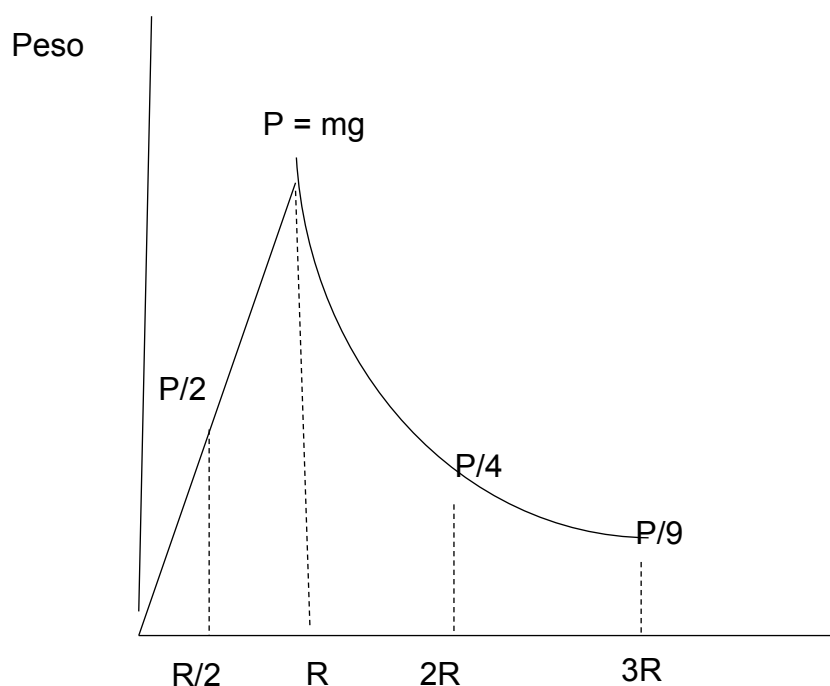


Variación del peso de un cuerpo

Dado que la fuerza de atracción entre dos cuerpos disminuye al aumentar la distancia, resulta que la intensidad de la gravedad y, por consiguiente, también el peso de los cuerpos disminuye al alejarnos de la superficie terrestre. Sin embargo, para que esta disminución se haga sensible, es necesario que la altura a que se eleve un cuerpo sea muy grande.

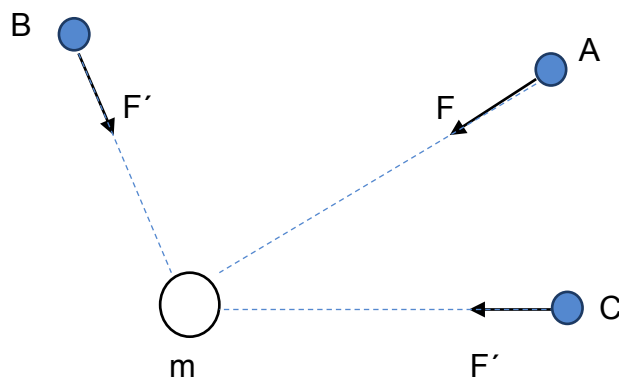
Si en lugar de elevarnos penetramos en el interior de la Tierra, encontramos que la gravedad y, por tanto, el peso también disminuye. La razón de ello es que, al penetrar en el interior de la Tierra, si bien disminuye la distancia, disminuye también la masa atractiva situada entre el punto y el centro de la Tierra, de modo que el resultado final es una disminución en la fuerza de atracción en proporción a la distancia al centro.

En la figura siguiente se ha representado gráficamente la variación del peso de un cuerpo, si el valor en la superficie es P , cuando se desplaza desde el centro de la Tierra hasta una gran distancia de ésta.



Campo gravitacional

Si en un punto cualquier del espacio alrededor de un cuerpo de masa m (fig. siguiente) colocamos otra masa de m' , ésta experimentará una fuerza de atracción gravitacional ejercida por m .



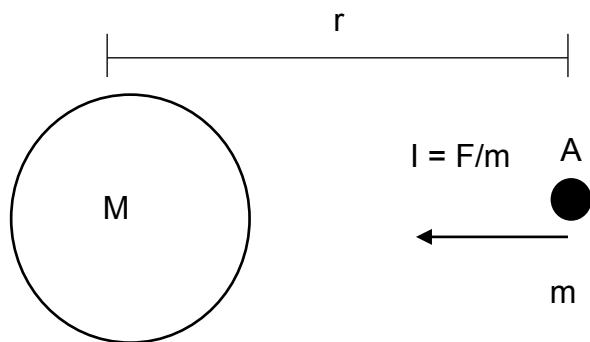
Podemos describir esto diciendo que la masa m crea a su alrededor un *campo gravitacional* que afecta a las otras masas próximas.

En general, decimos que hay un campo gravitacional en toda región donde se ejerce una fuerza sobre toda masa colocada en cualquier punto de la región.

La intensidad del campo gravitacional I en cualquier punto A , en el espacio que rodea a una masa M , se define como la fuerza por unidad de masa que actúa sobre cualquier masa m colocada en dicho punto.

$$I = F/m$$

La pequeña masa m se usa en esta descripción, únicamente, como un medio para detectar y medir el campo gravitatorio en el punto A ; ya sea m grande o pequeña, la fuerza por unidad de masa en el punto será la misma.



Para encontrar una ecuación para la intensidad del campo I , sólo necesitamos obtener un valor del F/m en ley de gravitación universal,

$$F = -G \frac{Mm}{r^2}$$

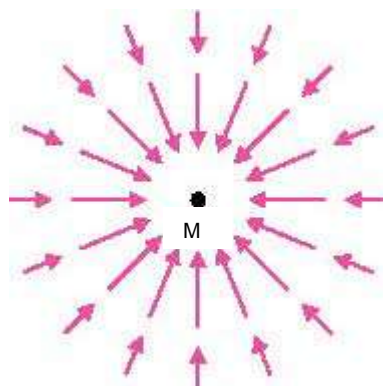
El signo menos significa que la fuerza es de atracción.

$$\frac{F}{m} = -\frac{GM}{r^2}$$

Intensidad del Campo Gravitacional

$$I = -\frac{GM}{r^2}$$

En la figura siguiente se presenta un esquema del campo gravitacional alrededor de una masa esférica M . Las flechas muestran que la dirección del campo es en todas partes radial hacia el centro, y el espaciado de las líneas indica que el campo es más intenso en la superficie. Para cada punto, a igual distancia del centro, la intensidad del campo I es la misma, pero a medida que la distancia crece, el campo disminuye.



Esta foto de Autor desconocido
está bajo licencia [CC BY-SA-NC](#)

Hay que hacer constar que, cuando se representa el campo, se pueden dibujar muchas líneas radiales pero se debe hallar igualmente espaciadas.



Despejando la Fuerza de la relación de la intensidad del campo, obtenemos

$$F = m I$$



Esta ecuación dice que, cualquier masa m colocada en un campo gravitacional de una intensidad I experimenta una fuerza que viene dada por el producto $m I$.

La fuerza gravitacional de la Tierra en la superficie terrestre viene dada por,

$$F = m g$$

Puesto que $F = m I$, podemos escribir la siguiente igualdad,

$$m I = m g$$

o sea,

$$I = g$$

en la superficie terrestre

Es decir, que la intensidad de la gravedad g es igual a la intensidad del campo gravitacional de la Tierra en la superficie terrestre.

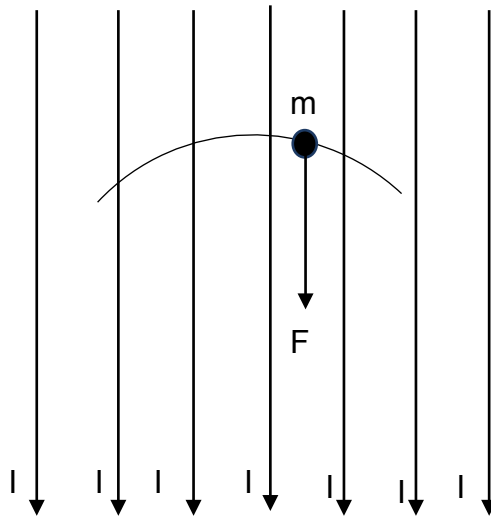
Aunque la intensidad del campo tenga las dimensiones de una aceleración, es más significativo expresar I como una fuerza por unidad de masa:

$$1 \frac{\text{newton}}{\text{kilogramo}} = 1 \frac{\text{metro}}{\text{segundo}^2}$$



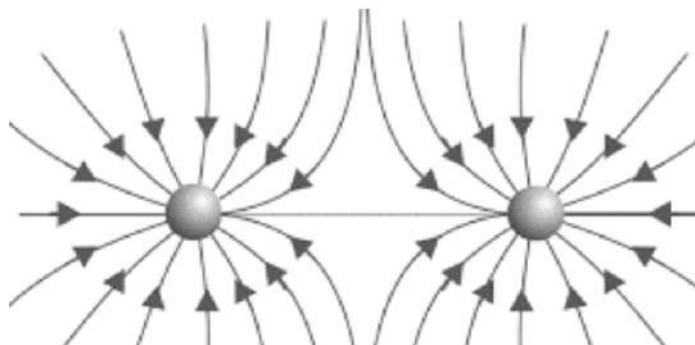
Por encima de un pequeño volumen de espacio, el campo gravitatorio se puede considerar constante. En todo el espacio de 1 Km cúbico, sobre o cerca de la

superficie de la tierra, por ejemplo, la dirección del campo a todos los puntos es paralela y la magnitud I es prácticamente constante (ver siguiente figura).



Se dice que este campo es *uniforme*. La trayectoria tomada por una masa m proyectada a través de un campo gravitacional uniforme, es el resultado de una fuerza constante F , hacia abajo, si el rozamiento del aire es despreciable la curva es una parábola, como se muestra en la figura anterior.

Y en la siguiente figura las líneas de fuerza del campo gravitacional producido por dos masas iguales.



Ejemplo. La tierra tiene una masa de $59.75 \times 10^{23} \text{ Kg}$ y su radio es de $6.370 \times 10^6 \text{ m}$. Hallar la intensidad del campo gravitatorio a una distancia de 500 Km sobre la superficie de la tierra. Expresar el valor en cuatro cifras significativas.

Solución

Los valores dados son;

$$G = 6.673 \times 10^{-11} \text{ m}^3 / \text{Kg s}^2$$

$$M = 59.75 \times 10^{23} \text{ Kg}$$

$$r = 6.870 \times 10^6 \text{ m}$$

$$I = - \frac{6.673 \times 10^{-11} \text{ m}^3 / \text{Kg s}^2 \times 59.75 \times 10^{23} \text{ Kg}}{(6.870 \times 10^6 \text{ m})^2}$$

$$I = -8.448 \frac{\text{N}}{\text{Kg}}$$

Ejercicio

Hallar la intensidad del campo gravitacional, I, en la superficie de los planetas: Mercurio, Venus, Marte y la Luna. Tome en cuenta que $G = 6.673 \times 10^{-11} \text{ m}^3 / \text{Kg s}^2$

Planeta	I (N/Kg)
Mercurio	
Venus	
Tierra	
Marte	

Considere la siguiente información.



Planeta	Radio Medio (Km)	Masa (Kg x 10 ²⁴)
Mercurio	2421.1	0.3244
Venus	6161.0	4.861
Tierra	6371.0	5.975
Marte	3332.1	0.6387



Problema

Se tienen dos estrellas cuyas masas son 2×10^{27} Kg y 3×10^{27} Kg, separadas una distancia de 6×10^{14} m. Calcular la fuerza resultante sobre un cuerpo, de masa m' Kg, en un punto a 4×10^{14} m de la primera estrella y en la línea que las une, situado: a) entre ambas, b) a un lado de ellas.

Actividad

Comparar las fuerzas gravitacionales de la Luna y del Sol en un punto de la superficie terrestre.

La masa del Sol es 2.70×10^7 veces mayor que la masa de la Luna y su distancia a la Tierra es 3.88×10^2 veces mayor que la distancia entre la Tierra y la Luna.



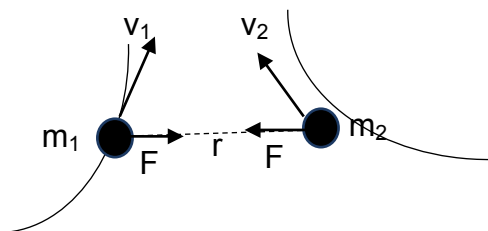
Energía potencial gravitacional

Recordemos que la energía potencial está relacionada con el trabajo realizado para mover una partícula de la posición inicial 1 a la posición final 2 por la expresión

$$E_{p1} - E_{p2} = W$$

(energía potencial inicial) – (energía potencial final) = Trabajo

Consideremos dos cuerpos de masas m_1 y m_2 separados la distancia r (ver figura siguiente).



Cuando las masas se mueven de modo que la distancia r varíe, la fuerza gravitacional F realiza un trabajo.

Puede probarse que la relación entre el cambio de la energía potencial y el trabajo queda satisfecha si la energía potencial gravitacional de los cuerpos de masas m_1 y m_2 separados la distancia r es

$$E_p = -G \frac{m_1 m_2}{r}$$

de modo que es inversamente proporcional a la distancia.

La energía total de dos cuerpos sometidos exclusivamente a su interacción gravitacional y moviéndose con velocidades v_1 y v_2 es,

$$E = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 - G \frac{m_1 m_2}{r}$$

Cuando una de las partículas puede considerarse en reposo por tener una masa mucho mayor que la otra, la expresión anterior se reduce a



$$E = \frac{1}{2}mv^2 - G \frac{Mm}{r}$$

Con

$$m \ll M$$

m mucho menor que M

donde M es la masa del cuerpo que se supone en reposo. Por ejemplo, en el caso de la Tierra y el Sol podemos suponer que el Sol está en reposo, y en el caso de un satélite artificial moviéndose alrededor de la Tierra podemos suponer que la Tierra está en reposo.

Pregunta

Dado que la energía total de un cuerpo moviéndose en el campo gravitacional de otro debe permanecer constante, o sea:

$$\frac{1}{2}mv^2 - G \frac{Mm}{r} = \text{constante}$$

¿cómo varía la velocidad del cuerpo cuando la distancia r:

a) aumenta, b) disminuye?

¿Concuerda el resultado con el carácter atractivo de la fuerza gravitacional



Ejemplo

Un cuerpo cae hacia la Tierra partiendo del reposo ($v=0$) desde una distancia muy grande ($r = \infty$). Hallar la velocidad con que llega a la Tierra.

Usamos la expresión para la energía total

$$E = \frac{1}{2}mv^2 - G \frac{Mm}{r}$$

Haciendo $v=0$ y $r = \infty$, concluimos $E=0$; es decir, la energía total inicial del cuerpo es cero. Como la energía total del cuerpo debe permanecer constante, concluimos que durante la caída la energía total debe permanecer igual a cero. Por consiguiente,

$$\frac{1}{2}mv^2 - G \frac{Mm}{r} = 0$$

Simplificando el factor común m ,

$$v^2 = \frac{2GM}{r}$$

o

$$v = \sqrt{\frac{2GM}{r}}$$

Que nos da la velocidad en función de la distancia r al centro de la Tierra.

Haciendo $r=R$ =radio de la Tierra, resulta la velocidad con que el cuerpo llega a la superficie terrestre. Luego

$$v = \sqrt{\frac{2GM}{r}} = \sqrt{\frac{2 \times (6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{Kg}^2) \times (5.98 \times 10^{24} \text{ Kg})}{6.37 \times 10^6 \text{ m}}} = 1.12 \times 10^4 \text{ m/s}$$

Inversamente, si queremos lanzar un cuerpo, tal como un cohete, de modo que se aleje indefinidamente de la Tierra sin que vuelva a caer sobre ella, debemos imprimirle una velocidad por lo menos igual a $1.12 \times 10^4 \text{ m/s}$.

Por ello, a

$$v = \sqrt{\frac{2GM}{r}}$$

se le llama **velocidad de escape**



Ejercicio

¿Con qué velocidad debería partir un módulo lunar de 1500 Kg desde la superficie de la Luna, a) para escapar al espacio interplanetario?
¿Qué energía cinética sería necesaria?



CIERRE

- I. Construye un mapa conceptual que muestre la relación de las temáticas Gravitación Universal de Newton, Campo gravitacional y peso, Leyes de Kepler.
- II. Ver el vídeo de las Leyes de Kepler de la Serie del Universo Mecánico:
<https://www.youtube.com/watch?v=Z8L6ib4vN1U>
Evalúa el vídeo con el formato para evaluar videos: Título, Conceptos o Leyes relevantes, sinopsis y Comentarios.
- III. Contesta las siguientes preguntas y resuelve los problemas.

1. En comparación con la fuerza gravitacional que ejerce la Tierra sobre la Luna la fuerza gravitacional que ejerce la Luna sobre la Tierra es
a) mayor b) igual c) menor



Justifica tu respuesta.

2. Una manzana tiene un peso de 2 N. ¿Cuál es el valor de la fuerza que la manzana ejerce sobre la Tierra? a) 0 N, b) 1 N, c) 2 N, d) No se puede determinar
3. En un libro de texto de física se dice: “La fuerza gravitacional entre la Tierra y la Luna se mide fácilmente porque ambos objetos tienen una gran masa.” ¿Qué es correcto en esta aseveración? ¿Y qué es incorrecto en ella?
4. Una nave espacial tiene masa $m = 1,000 \text{ kg}$. ¿Qué tan grande es la fuerza gravitacional que sobre la nave ejerce la Tierra cuando la nave está a una distancia de 3 radios terrestres del centro de la Tierra? La masa de la Tierra es $M = 6 \times 10^{24} \text{ kg}$ y el radio terrestre es $R = 6.37 \times 10^6 \text{ m}$. La constante gravitacional es $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 / \text{kg}^2$
5. La masa de la Luna es $m = 7.35 \times 10^{22} \text{ kg}$. La distancia promedio entre la Luna y la Tierra es $d = 384,000 \text{ km}$ ($3.84 \times 10^8 \text{ m}$). ¿Cuál es la fuerza gravitacional entre la Luna y la Tierra?
6. ¿Cuál es la fuerza gravitacional entre dos buques petroleros ($m = 500,000$ toneladas) cuando están a una distancia de 1 km?
7. ¿Qué tan grande es la fuerza gravitacional que el Sol ($M = 2 \times 10^{30} \text{ kg}$) ejerce sobre la Tierra ($m = 6 \times 10^{24} \text{ kg}$)? La distancia entre el Sol y la Tierra es $d = 1.5 \times 10^{11} \text{ m}$.
8. El Sol es una estrella mediana, cuya masa es $M = 2 \times 10^{30} \text{ kg}$ y cuyo radio es $R = 695,000 \text{ km}$ ($6.95 \times 10^8 \text{ m}$).
¿Cuál es el factor de peso g_s en la superficie del Sol? La constante gravitacional es $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 / \text{kg}^2$.
9. El factor de peso en la superficie del planeta Marte es $g_M = 3.7 \text{ N/kg}$.
Si la masa de Marte es $M_M = 6.6 \times 10^{23} \text{ Kg}$, ¿cuál será su radio?
10. El factor de peso en el planeta Venus es $g_V = 8.9 \text{ N/kg}$.
Si el radio de Venus es $R_V = 6,052 \text{ km}$ ($6.052 \times 10^6 \text{ m}$), ¿cuál es su masa?



11. ¿Cuánto pesará en el Sol y en la Luna un hombre que pesa en la Tierra 100 Kg?
12. ¿Cuál será el peso al nivel del mar de un hombre cuya masa es 80 Kg? ¿Y si sube a una montaña que tiene una altura de 8000 m?
13. ¿A qué altura sobre la superficie terrestre es necesario situarse para que la gravedad valga 245 cm/s^2 ?
14. ¿Cuál sería la duración de un día si el peso de los cuerpos en el ecuador se redujera a la mitad de su valor actual? ¿Y si se hiciera cero?
15. En los vértices de un triángulo equilátero cuyos lados tienen 20 cm están colocadas masas de 400 Kg, 500 Kg y 600 Kg. Calcule la fuerza de atracción resultante ejercida sobre la última masa.
16. En los vértices de un cuadrado que tiene 4 cm de lado están situadas masas de 2 Kg, 3 Kg, 4 Kg y 3 Kg. Calcular la fuerza ejercida por las tres últimas sobre la primera. ¿Cuál sería la fuerza ejercida por las 4 masas sobre una masa de 100 Kg situada en el centro del cuadrado?



APRENDIZAJES	TEMÁTICAS
El Alumno: 5. Determina el centro de masa de un sistema de cuerpos rígidos..	- Centro de masa. - Condiciones de equilibrio rotacional y traslacional.



APERTURA

Examen diagnóstico

1. ¿Qué entiendes por Centro de Gravedad?
2. ¿Qué entiendes por Centroide o Centro Geométrico?
3. ¿Qué entiendes por Centro de Masa?
4. ¿En qué caso coincide el Centro de Gravedad y el Centro de Masa?
5. ¿En qué caso coincide el Centroide y el Centro de Masa?

Desarrollo

Centro de Gravedad

El centro de gravedad es el punto imaginario de aplicación de la resultante de toda la gravedad que actúa sobre las distintas porciones materiales de un cuerpo, de tal forma que el momento de fuerza respecto a cualquier punto de esta resultante aplicada en el centro de gravedad es el mismo que el producido por los pesos de todas las masas materiales que constituyen dicho cuerpo. En otras palabras, el centro de gravedad de un cuerpo es el punto respecto al cual las fuerzas de gravedad ejercidas sobre los diferentes puntos materiales que constituyen el cuerpo producen un momento resultante nulo.

El centro de gravedad de un cuerpo no corresponde necesariamente a un punto material del cuerpo. Así, el centro de gravedad de una esfera hueca está situado en el centro de la esfera, el cual no pertenece al cuerpo.

El centro de gravedad de un cuerpo depende de la forma del cuerpo y de cómo está distribuida su masa.



En la física, además del centro de gravedad aparecen los conceptos de centro de masas y de centro geométrico o centroide que, aunque pueden coincidir con el centro de gravedad, son conceptualmente diferentes cuerpos.



El centroide es un concepto puramente geométrico que depende de la forma del sistema; el centro de masas depende de la distribución de materia, mientras que el centro de gravedad depende también del campo gravitatorio.

Centro de masas y centro de gravedad

El centro de masas coincide con el centro de gravedad cuando el cuerpo está en un campo gravitatorio uniforme. Es decir, cuando el campo gravitatorio es de magnitud y dirección constante en toda la extensión del cuerpo. A los efectos prácticos esta coincidencia se cumple con precisión aceptable para casi todos los cuerpos que están sobre la superficie terrestre, incluso para una locomotora o un gran edificio, puesto que la disminución de la intensidad gravitatoria es muy pequeña en toda la extensión de estos cuerpos.

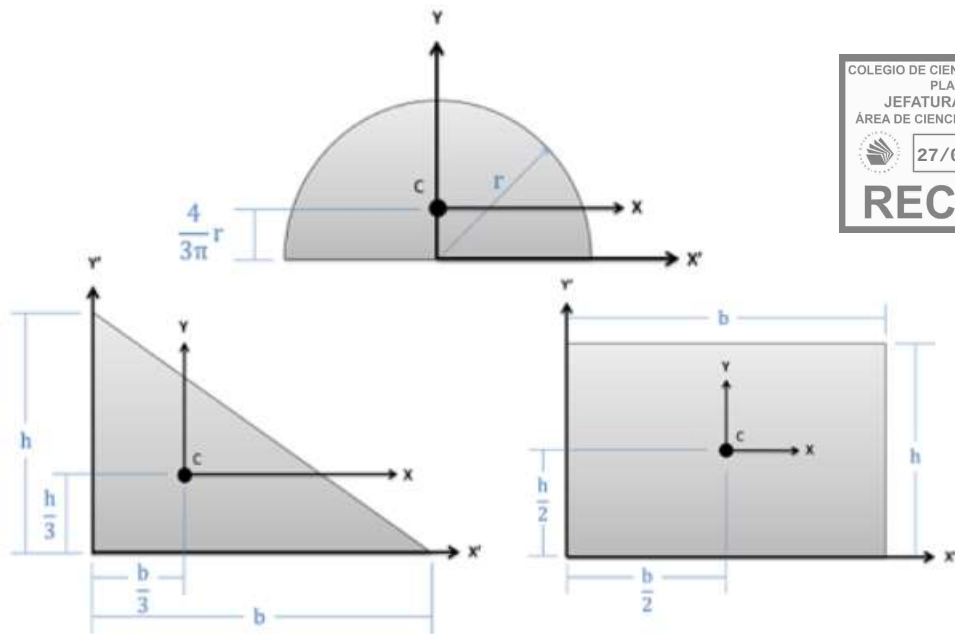
Centroide y centro de masas

El centro geométrico de un cuerpo material coincide con el centro de masas si el objeto es homogéneo (densidad uniforme) o cuando la distribución de materia en el sistema tiene ciertas propiedades, tales como simetría.

Centroide

El centroide de un área puede ser considerado como el centro geométrico de esa área. La ubicación del centroide a menudo se denota con la letra C siendo las coordenadas (x_c, y_c) , denotando que son los promedios de las coordenadas para el área. Si un área se representara como una placa delgada y uniforme, entonces el centroide sería el mismo que el centro de masa para esta placa delgada.





El centroide(marcado C)para algunas formas comunes

Los centroides de áreas son útiles para una serie de situaciones en la secuencia del curso de mecánica, incluyendo en el análisis de fuerzas distribuidas, la flexión en vigas y la torsión en ejes, y como un paso intermedio en la determinación de momentos de inercia.

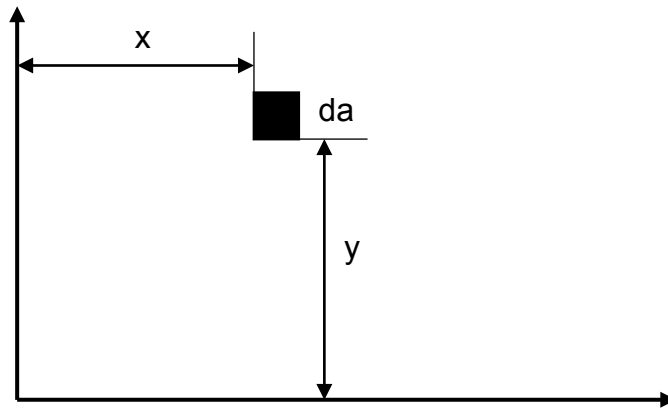
Momento estático de un elemento de área, respecto a un eje cualquiera en su plano, es el producto de su área por la distancia de dicho elemento al eje. Por ejemplo, en la figura, el momento estático dS_x del elemento da respecto al eje x está dado por

$$dS_x = yda$$

Respecto al eje y, el momento es



$$dS_y = x da$$



El momento estático de un área finita respecto a un eje contenido en su plano está dado por la suma de los momentos estáticos respecto a ese eje de todos los elementos de área contenidos en ella. Se puede calcular por medio de una integral. Si se representa el momento estático por S_x es

$$S_x = \int dS_x$$

Centroide de un área. Está definido por las ecuaciones

$$\bar{x} = \frac{\int x da}{A} = \frac{S_y}{A}$$

$$\bar{y} = \frac{\int y da}{A} = \frac{S_x}{A}$$

Para determinar el centroide de una Figura Compuesta.

$$\bar{x} = \frac{\sum \bar{x}_i A_i}{\sum A_i}$$



$$\bar{y} = \frac{\sum \bar{y}_i A_i}{\sum A_i}$$

Uso de la simetría

La simetría de forma puede proporcionar un atajo en muchos cálculos de centroides. Recuerda que el centroide se ubica en la media x y y coordina para todos los puntos de la forma. Si la forma tiene una línea de simetría, eso significa que cada punto en un lado de la línea debe tener un punto equivalente en el otro lado de la línea. Esto significa que el valor promedio (también conocido como el centroide) debe estar a lo largo de cualquier eje de simetría. Si la forma tiene más de un eje de simetría, entonces el centroide debe existir en la intersección de los dos ejes de simetría.

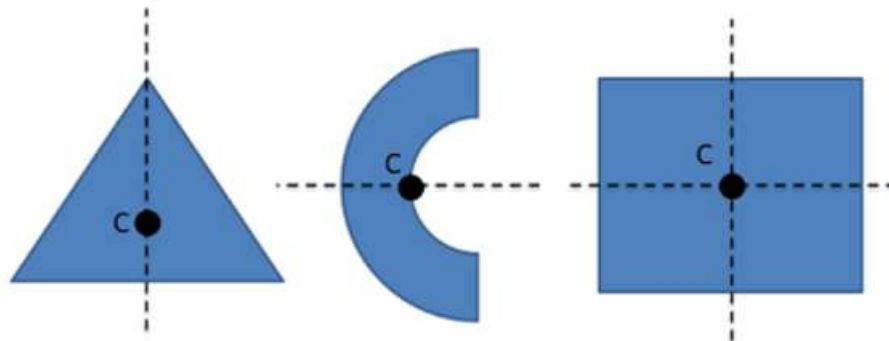


Figura. Si una forma tiene una línea de simetría, el centroide debe estar en algún lugar a lo largo de esa línea. Si una forma tiene más de una línea de simetría, el centroide debe existir en la intersección de estas líneas.



Ejemplo

Calcular las Coordenadas del Centroide (x,y) para la Figura Compuesta siguiente

Donde a=6 m, b=4 m, R=1.5 m, D=1 m (hueco)

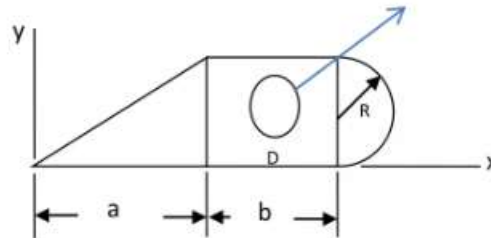


Figura	$\bar{x}(m)$	$\bar{y}(m)$	$A(m^2)$	$\bar{x}A(m^3)$	$\bar{y}A(m^3)$
Triangulo	$2/3 \cdot a = 2$	$2R/3 = 1$	$a \cdot 2R/2 = 9$	18	9
Rectángulo	$a+b/2 = 8$	$2R/2 = 1,5$	$b \cdot 2R = 12$	96	18
Circulo(hueco)	8	8	$-\pi D^2 / 4 = -7,069$	-6,283	-6,283
Semicirculo	$4R/3\pi = 0,9549$	8	$\pi R^2 / 2 = 3,534$	3,375	28,274
Sumas			23,7489	111,0918	48,9911

$$\sum A_i = 23,7489 \text{ m}^2$$

$$\sum \bar{x}_i A_i = 111,0918 \text{ m}^3$$

$$\sum \bar{y}_i A_i = 48,9911 \text{ m}^3$$

$$\bar{x} = \frac{\sum \bar{x}_i A_i}{\sum A_i} = \frac{111,0918 \text{ m}^3}{23,7489 \text{ m}^2} = 4,678m$$

$$\bar{y} = \frac{\sum \bar{y}_i A_i}{\sum A_i} = \frac{48,9911 \text{ m}^3}{23,7489 \text{ m}^2} = 2,063m$$

Centroide:

$$(\bar{x}, \bar{y}) = (4,678; 2,063)m$$



Ejemplo

Calcular las coordenadas del centroide (x,y)

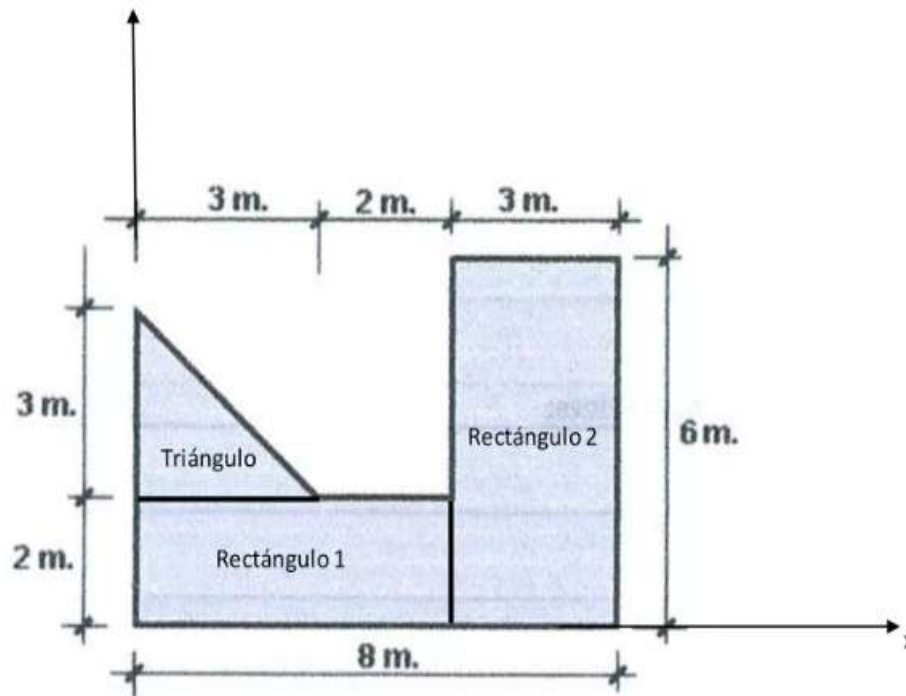


Figura	$\bar{x}(m)$	$\bar{y}(m)$	$A(m^2)$	$\bar{x}A(m^3)$	$\bar{y}A(m^3)$
Triángulo	$1/3 \cdot 3 = 1$	$2 + 1/3 \cdot 3 = 3$	$3 \cdot 3/2 = 4,5$	4,5	13,5
Rectángulo 1	$5/2 = 2,5$	$2/2 = 1$	$2 \cdot 5 = 10$	25	10
Rectángulo 2	$5 + 3/2 = 6,5$	$6/2 = 3$	$3 \cdot 6 = 18$	117	54
Sumas			32,5	146,5	77,5

$$\sum A_i = 32,5 m^2$$

$$\sum \bar{x}_i A_i = 146,5 m^3$$

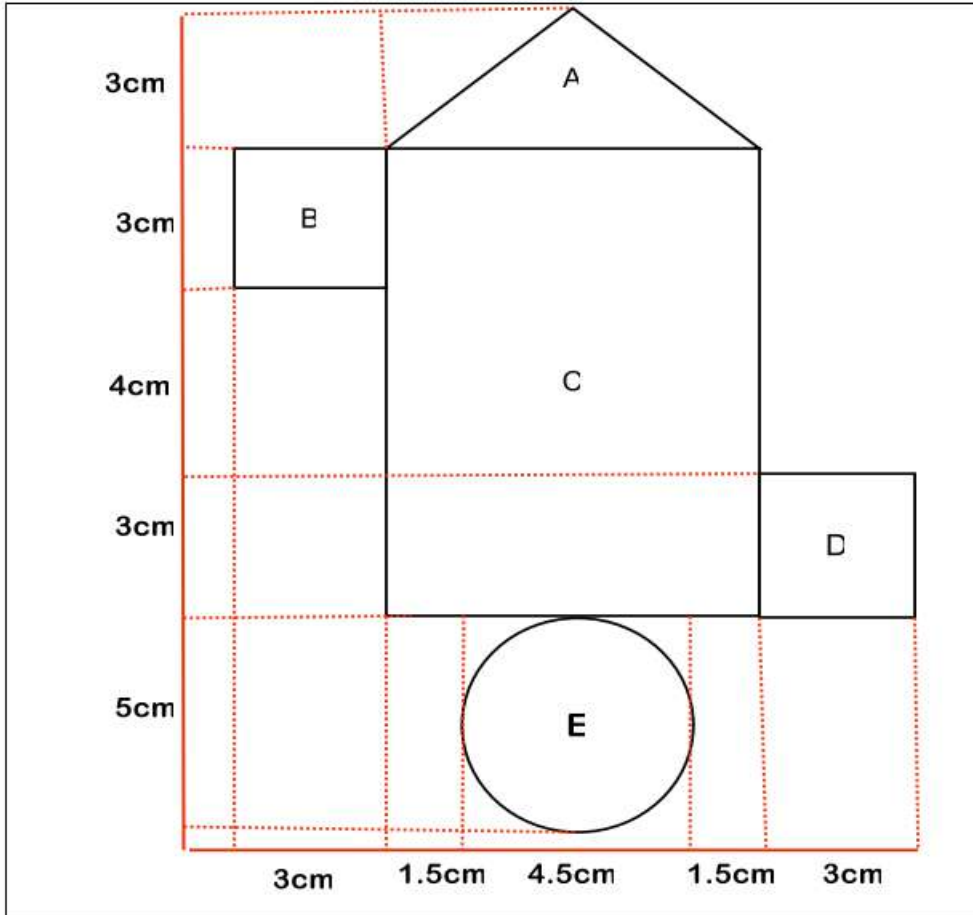
$$\sum \bar{y}_i A_i = 77,5 m^3$$

$$\bar{x} = \frac{\sum \bar{x}_i A_i}{\sum A_i} = \frac{146,5 m^3}{32,5 m^2} = 4,5077 m$$



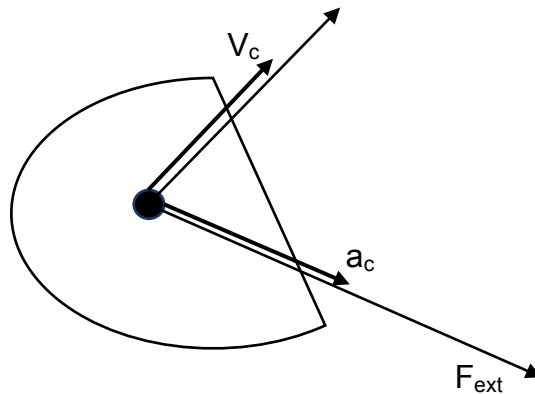
$$\bar{y} = \frac{\sum \bar{y}_i A_i}{\sum A_i} = \frac{77.5 \text{ m}^3}{32.5 \text{ m}^2} = 2.3846 \text{ m}$$

b)

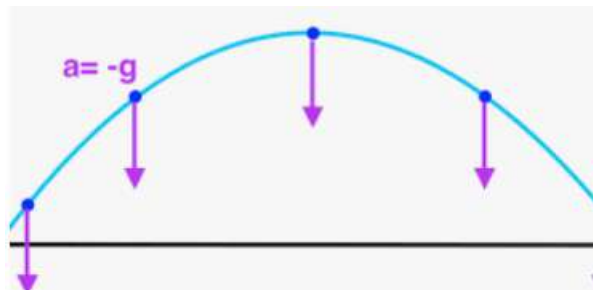


Centro de masa de un sistema

El movimiento de un cuerpo puede representarse por el movimiento de un punto llamado *centro de masa* del sistema. La ventaja que tiene el concepto de masas es que, a los efectos prácticos, podemos ignorar la estructura interna del cuerpo y considerarlo reducido a su centro de masa con todas las fuerzas externas aplicadas en dicho punto.



Así, al lanzar una piedra al aire consideramos su peso aplicado en el centro de masa, que es el que describe la trayectoria parabólica.



O al hablar de la trayectoria de la Tierra alrededor del Sol, nos referimos a la trayectoria descrita por su centro de masa.

Entonces si M es la masa total de un sistema y V_c la velocidad de su centro de masa, la cantidad de movimiento total es

$$P = MV_c$$

Así, por ejemplo, para obtener la cantidad de movimiento de un automóvil, un avión, una persona corriendo, etc., basta con multiplicar la masa del automóvil, avión, de la persona, etc., por la velocidad de su centro de masa.



Si a_c es la aceleración del centro de masa y de la segunda ley de Newton

$$F_{ext} = \frac{\Delta P}{\Delta t}$$

tenemos

$$F_{ext} = Ma_c$$

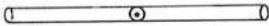
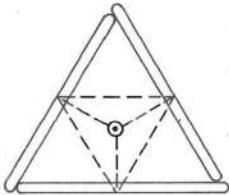
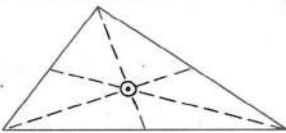
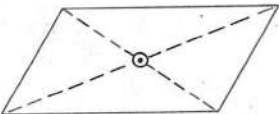
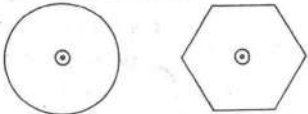
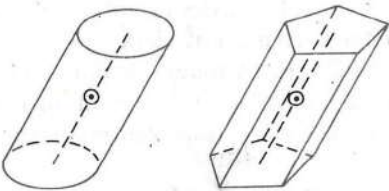
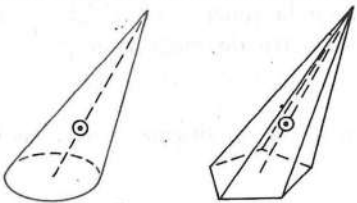
Por ejemplo, el centro de masa de un proyectil o de una pelota se mueve como si toda la masa del proyectil estuviera concentrada en el mismo y el peso del proyectil, que es la fuerza externa, estuviera aplicado en dicho punto.

Asimismo, el centro de masa de la Tierra se mueve como si toda la masa de la Tierra estuviera concentrada en su centro de masa y al mismo se aplicara la fuerza de atracción ejercida por el Sol y los restantes planetas, que es la fuerza externa en este caso.

Si los objetos o sistemas tienen un punto, una línea o en el plano de simetría. En la siguiente Tabla se indica la posición del centro de masa de algunos cuerpos sencillos.



Tabla 11-1. Centros de masa

Cuerpo	Figura	Posición de centros de masa
Barra delgada		En su punto medio.
Tres barras en triángulo		Intersección de las bisectrices de los ángulos del triángulo formado uniendo los centros de masa de los lados.
Lámina triangular		Intersección de las medianas.
Paralelogramo		Intersección de las diagonales.
Círculo. Polígono regular		En el centro de la figura.
Cilindro. Prisma		Punto medio de la recta que une los centros de masa de las bases.
Cono. Pirámide		Sobre la recta que une el centro de masa de la base con el vértice, a un cuarto de su longitud, medida a partir de la base.

COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
PLANTEL SUR
JEFATURA DE SECCIÓN
ÁREA DE CIENCIAS EXPERIMENTALES



27/07/2024



RECIBIDO

COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
SECRETARÍA ACADÉMICA



25/02/2025



CONSEJO ACADÉMICO DE
CIENCIAS EXPERIMENTALES

REVISADO

Actividad

Usando una cartulina o una lámina metálica o de madera de forma geométrica irregular analice cómo es posible determinar experimentalmente su centro de masa.

Suspenda la figura por el centro de masa determinado experimentalmente y observe que en cualquier orientación queda en equilibrio. ¿Por qué?



Centro de masa de dos cuerpos.

Sean x_a y x_b las coordenadas de dos cuerpos en interacción, medidas a partir de un origen arbitrario de un *sistema fijo de coordenadas*. Por el momento, consideraremos como sistema fijo de coordenadas a un sistema solidario con la Tierra. Frecuentemente llamaremos a este *sistema del laboratorio*. Todos nuestros resultados experimentales y las leyes de movimiento que sigan se referirán a este sistema de coordenadas fijo del laboratorio.

La situación del centro de masa de los cuerpos en el sistema de coordenadas fijo se define en la forma

$$x_c = \frac{m_a x_a + m_b x_b}{m_a + m_b}$$



Este punto divide a la distancia entre los cuerpos en dos partes d_a y d_b , indicadas en la siguiente figura, de tal manera que $m_a d_a = m_b d_b$.

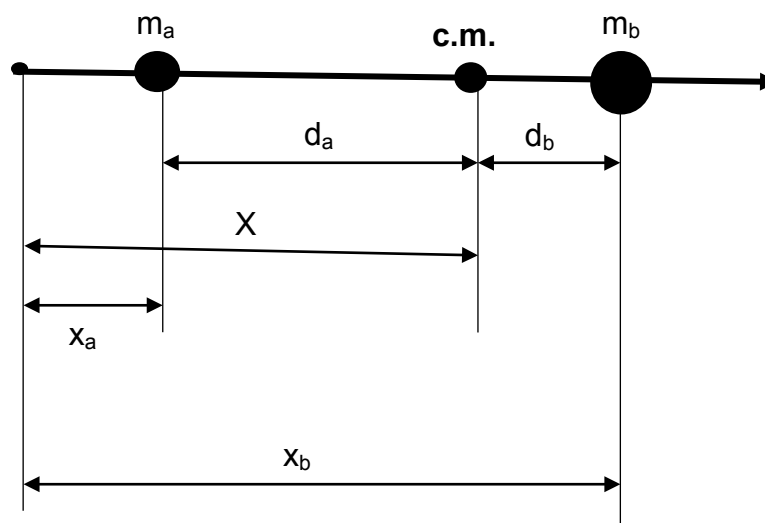


Fig. Centro de masa

Si son iguales las masas de los dos cuerpos, el centro de masa será el punto medio del segmento limitado por los dos cuerpos. Está claro que el centro de masa se mueve con los cuerpos y este movimiento tiene algunas propiedades sencillas muy útiles. Por esta razón introducimos y utilizamos este concepto. Cuando en un tiempo Δt , se desplazan los dos cuerpos distancias respectivamente iguales a Δx_a y Δx_b , el desplazamiento correspondiente del centro de masa es

$$\Delta X = \frac{m_a \Delta x_a + m_b \Delta x_b}{m_a + m_b}$$

Y dividiendo por Δt obtenemos la velocidad del centro de masa:

$$V = \frac{m_a v_a + m_b v_b}{m_a + m_b} = \frac{p_a + p_b}{m_a + m_b}$$



Actividad

Probar que, cuando dos cuerpos de masas M y m están separados la distancia b , el centro del sistema está a la distancia $d = mb/(M+m)$ de la primera masa.



Ejemplo

Calcular la posición del centro de masa del sistema formado por 8 Kg y 5 Kg separados 0.4 m.

$$d = mb/(M+m) = (5 \text{ Kg}) (0.4 \text{ m}) / (8 \text{ Kg} + 5 \text{ Kg}) = 2 \text{ Kg m} / 13 \text{ Kg}$$

$$d = 0.154 \text{ m} = 15.4 \text{ cm}$$

Ejercicio

Dos cuerpos de 24 Kg y 36 Kg, se hallan localizados en 8 metros de separación entre sí. Hallar su centro de masas.



Problema

Tres masas de 8 Kg, 12 Kg y 8 Kg respectivamente están localizadas en los ángulos de un triángulo equilátero, cuyos lados tienen 4 m de largo. Hallar su centro de masas.



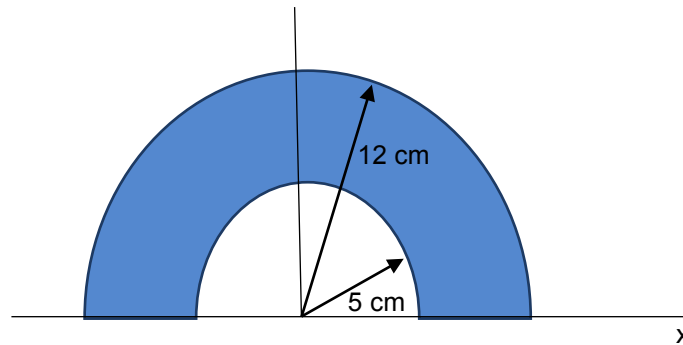
Cierre

Resolver los siguientes problemas

1. Una pértiga uniforme de 4 m de longitud tiene una masa de 6 Kg y soporta una masa en cada extremo. Si la masa de un extremo es de 16 Kg y la masa en el otro es de 10 Kg; hallar su centro de masas. Trazar un diagrama.
2. La masa del electrón es 9.11×10^{-31} Kg y la del protón 1.67×10^{-27} Kg. En el átomo de hidrógeno ambas partículas se encuentran separadas una distancia promedio de 0.5×10^{-10} m. ¿Dónde se encuentra el centro de masa del átomo?
3. Dos cuerpos de masas de 1 Kg y 2 Kg se mueven en la misma dirección a lo largo del eje X con velocidades de 3 m/s y 5 m/s. ¿Cuál es la velocidad del centro de masa del sistema? Resolver el problema si los cuerpos se mueven en direcciones opuestas.
4. El centro de gravedad de un camión, sin carga, con una masa de 3500 Kg, se halla a 3 m delante de su eje trasero. El camión carga una caja de acero de masa 1200 Kg, la cual es colocada con su centro de masa a 2.5 m delante del eje trasero. Si la parte frontal y el eje trasero se hallan a 6.2 m de separación hallar a) el centro de masa del sistema, b) la carga soportada por las ruedas traseras, c) la carga soportada por las ruedas delanteras. Trazar un diagrama.



5. Determinar el centro de gravedad del área coloreada que queda al quitar el semicírculo de radio 5 cm de la superficie semicircular de radio 12 cm.



EQUILIBRIO

Inicio

Examen diagnóstico

1. ¿Qué entiendes por equilibrio?
2. ¿Qué condición se deben cumplir para que sistema de partículas se encuentren en equilibrio?
3. ¿Cómo es la aceleración de una partícula en equilibrio?
4. Considerando que un cuerpo puede también girar, ¿qué condición se debe cumplir para que esté en equilibrio?

Desarrollo

Equilibrio de un sistema de partículas

Una partícula está en equilibrio cuando la suma de todas las fuerzas que actúan sobre ella es cero. Por consiguiente, si una partícula se encuentra sometida a las fuerzas $\mathbf{F}_1$, $\mathbf{F}_2$, $\mathbf{F}_3$,, la condición de equilibrio se expresa mediante la relación

$$\mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2 + \mathbf{F}_3 + \dots = \mathbf{0}$$

$$\sum \mathbf{F} = \mathbf{0}$$



Cuando las fuerzas que actúan sobre un cuerpo están en equilibrio, una cualquiera de las fuerzas es igual y directamente contraria a la resultante de las otras.

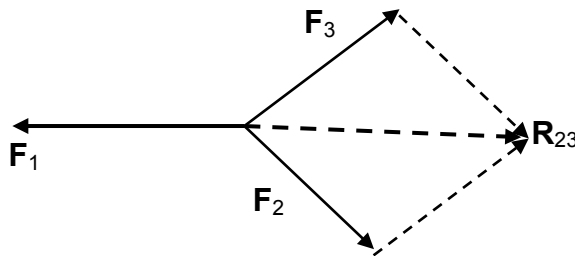


El caso más sencillo de equilibrio es aquel en el cual la partícula está sometida a dos fuerzas. Entonces, la partícula está en equilibrio cuando las dos fuerzas son iguales y contrarias,

$$\mathbf{F}_1 = -\mathbf{F}_2$$

Cuando se trata de tres fuerzas en equilibrio, la resultante de dos de ellas debe ser igual y opuesta a la tercera fuerza, o sea, por ejemplo,

$$\mathbf{F}_1 = -\mathbf{R}_{23}$$



Cuando hay equilibrio, de acuerdo con la relación $\mathbf{F} = m\mathbf{a}$, se debe tener $\mathbf{a} = 0$. Luego cuando una partícula está en equilibrio su aceleración es cero y, por tanto, se encuentra en reposo o en movimiento rectilíneo uniforme.

Pregunta

Considere una pelota en reposo sobre una mesa. ¿Cuál es la velocidad de la pelota respecto a la mesa? ¿Cuál es su aceleración? ¿Está la pelota en equilibrio?



Pregunta

Considere la pelota moviéndose sobre la mesa con movimiento rectilíneo uniforme. ¿Tiene velocidad respecto a la mesa? ¿Tiene aceleración respecto a la mesa? ¿Se encuentra la pelota en reposo? ¿Está en equilibrio?

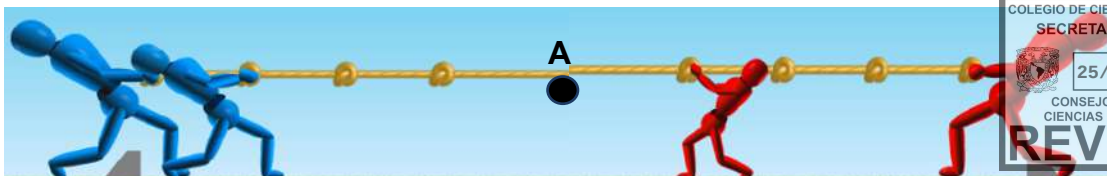


Pregunta

Analice el movimiento de un cuerpo lanzado hacia arriba en el punto más alto de su trayectoria. ¿Cuál es la velocidad en ese punto? ¿Cuál es su aceleración? ¿Está en equilibrio el cuerpo en ese punto? ¿Se encuentra momentáneamente en reposo?

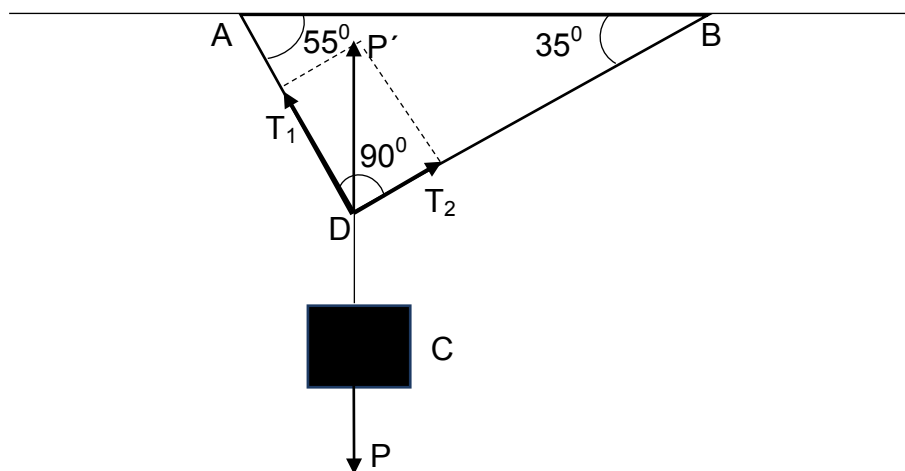
Actividad

¿Qué relación debe existir entre las fuerzas ejercidas por los dos grupos de atletas en la siguiente figura para que el punto A permanezca en equilibrio? Indique en la figura las fuerzas que se ejercen en A.



Ejemplo

Se suspende un cuerpo C del techo AB mediante dos hilos que forman ángulos de 35° y 55° con el techo, de modo que los hilos forman un ángulo de 90° en el punto D. Si el cuerpo pesa 80 N, calcular las tensiones en los hilos.



$$\begin{aligned} T_{1x} &= T_1 \cos 55^\circ & T_{2x} &= T_2 \cos 35^\circ \\ T_{1y} &= T_1 \sin 55^\circ & T_{2y} &= T_2 \sin 35^\circ \end{aligned}$$

Suma de Fuerzas en y:

$$T_{1y} + T_{2y} - P = 0 \quad (1)$$

Suma de Fuerzas en x:

$$\begin{aligned} T_{2x} - T_{1x} &= 0 \quad (2) \\ T_{2x} &= T_{1x} \\ T_2 \cos 35^\circ &= T_1 \cos 55^\circ \\ T_1 &= \frac{\cos 35^\circ}{\cos 55^\circ} T_2 \end{aligned}$$

Sustituyendo en la ecuación (1)

$$\frac{\cos 35^\circ}{\cos 55^\circ} \sin 55^\circ T_2 + T_2 \sin 35^\circ = P$$



$$\cos 35^\circ \frac{\sin 55^\circ}{\cos 55^\circ} T_2 + T_2 \sin 35^\circ = P$$

$$\cos 35^\circ \tan 55^\circ T_2 + T_2 \sin 35^\circ = P$$

Dividiendo la ecuación entre $\cos 35^\circ$

$$\tan 55^\circ T_2 + \tan 35^\circ T_2 = \frac{80 \text{ N}}{\cos 35^\circ}$$

$$(\tan 55^\circ + \tan 35^\circ) T_2 = \frac{80 \text{ N}}{\cos 35^\circ}$$

$$(2.12836) T_2 = \frac{80 \text{ N}}{0.81915} = 97.662 \text{ N}$$

$$T_2 = \frac{97.662 \text{ N}}{2.12836} = 45.89 \text{ N}$$

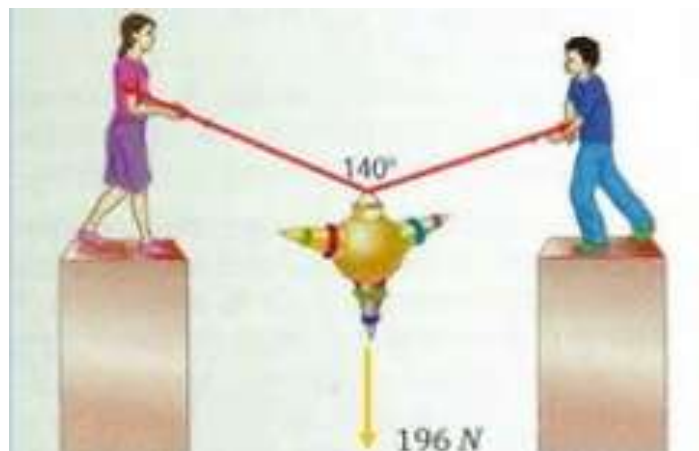
Sustituyendo este resultado en la ecuación de T_1

$$T_1 = \frac{\cos 35^\circ}{\cos 55^\circ} T_2 = \frac{\cos 35^\circ}{\cos 55^\circ} (45.89 \text{ N}) = \left(\frac{0.819152}{0.573576} \right) (45.89 \text{ N}) = 65.54 \text{ N}$$



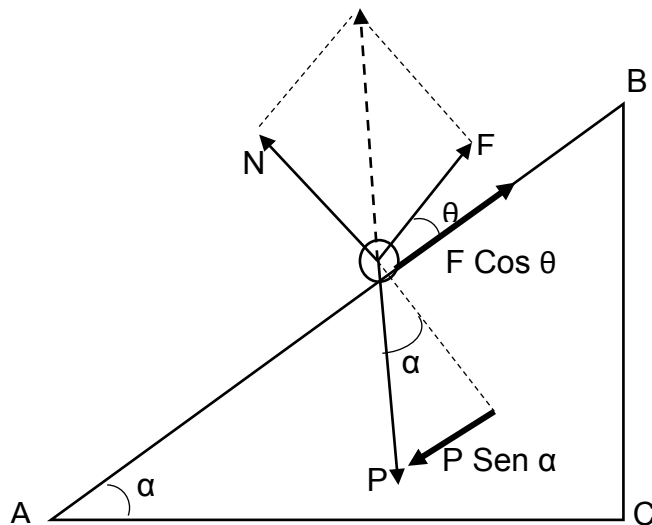
Problema

Dos adolescentes sostienen, con las cuerdas, a la misma altura, una piñata de 196N de peso, como se indica en la figura. Calcular la fuerza aplicada por cada uno de los jóvenes.



Ejemplo

Equilibrio de una partícula sobre un plano inclinado. Consideremos un cuerpo de Peso P , sobre el plano inclinado AB que forma el ángulo α con el plano horizontal AC (Fig. siguiente). Supongamos que sobre el cuerpo se ejerce la fuerza F que forma un ángulo θ con el plano. Cuando el cuerpo está en equilibrio, la resultante de la fuerza F y la reacción normal N del plano debe ser igual y contraria a P .



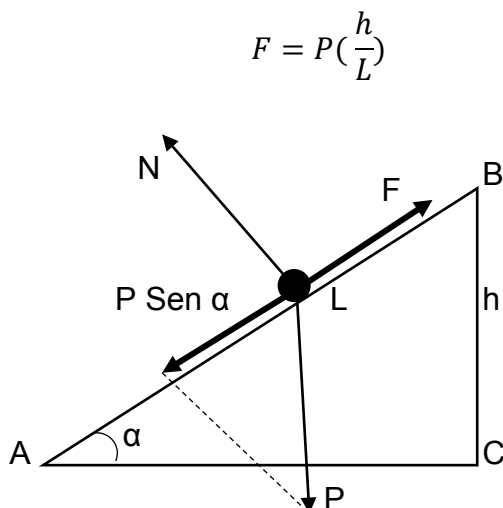
La fuerza sobre el cuerpo hacia arriba a lo largo del plano es $F \cos \theta$ y la fuerza hacia abajo, debida al peso, es igual a $P \sin \alpha$. Para que haya equilibrio es necesario que ambas fuerzas sean iguales. Luego

$$P \sin \alpha = F \cos \theta$$



Ejercicio

En el caso especial en que la fuerza se aplica paralelamente al plano (ver figura siguiente), $\theta = 0$ y $\cos \theta = 1$. Luego $F = P \operatorname{Sen} \alpha$. Pero de la figura vemos que $\operatorname{Sen} \alpha = h / L$. Luego



Por ejemplo, si un plano inclinado tiene una longitud de 30 m y una altura de 6 m, la fuerza que es necesario aplicar para mantener en equilibrio un cuerpo que pesa 800 N es

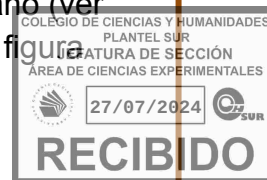
$$F = (800N) \left(\frac{6 \text{ m}}{30 \text{ m}} \right) = 160 \text{ N}$$

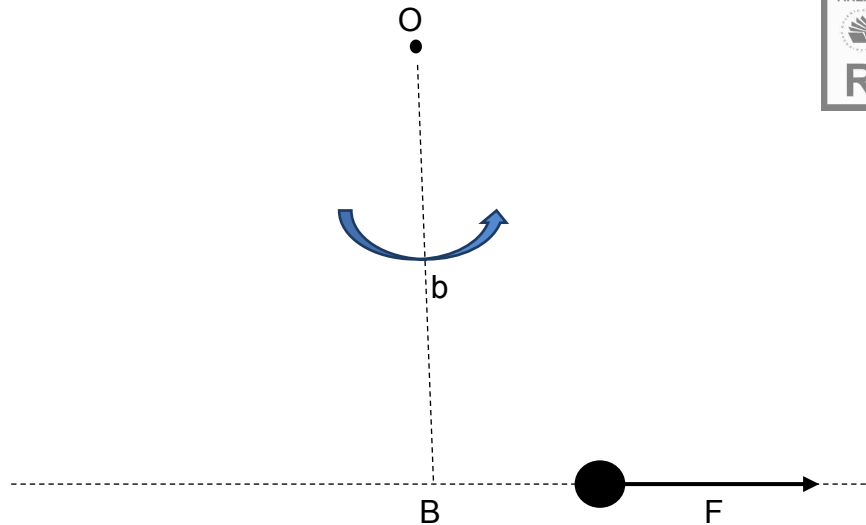
Torque de una fuerza con relación a un punto

Consideremos a una fuerza F aplicada a una partícula (ver figura). El torque de la fuerza respecto a un punto O se define como el producto del módulo de la fuerza por la distancia $b = OB$ del punto a la línea de acción de la fuerza. La distancia b se llama *brazo* de la fuerza con respecto al punto O . Luego

$$\tau = F b$$

Torque = fuerza x brazo





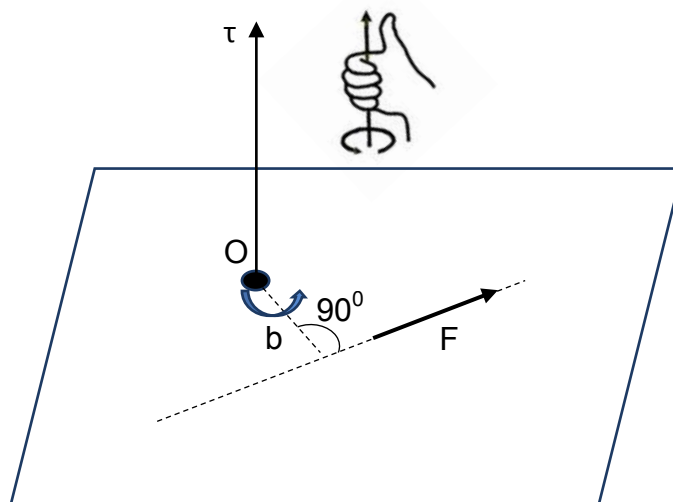
Vemos, pues, que el torque de una fuerza depende del punto respecto al cual se calcula; y a mayor brazo corresponde mayor torque. Si el punto O cae sobre la línea de acción de la fuerza tenemos que el brazo es cero ($b = 0$) y el torque también es cero. En el Sistema Internacional (SI) la unidad de torque es el newton-metro abreviado N m.

El torque de una fuerza se considera como un vector cuyo módulo está dado por

$$\tau = F b$$

Y cuya dirección es perpendicular al plano determinado por el punto O y la fuerza F, en el sentido en que apunta el pulgar de la mano derecha cuando los dedos apuntan en la dirección de la fuerza.





El torque aplicado a un cuerpo mide el efecto rotativo de la fuerza que actúa sobre el cuerpo. En efecto, si un cuerpo C gira alrededor de un punto O bajo la acción de una fuerza, el efecto rotativo de la fuerza dependerá de su módulo y de su brazo b respecto al punto. Cuando usamos un destornillador o pedaleamos en una bicicleta, o movemos el volante de un automóvil estamos aplicando un torque.

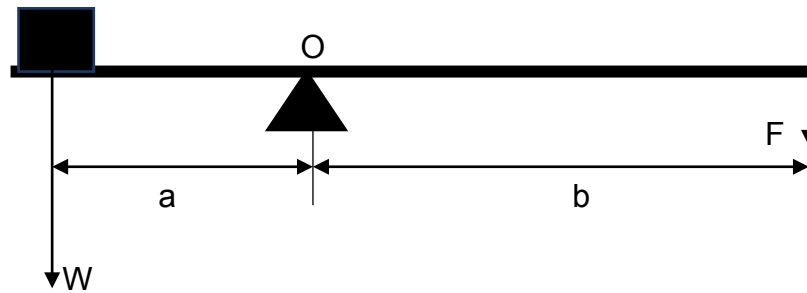
Pregunta

¿Cómo varía el torque de la fuerza ejercida para abrir o cerrar una puerta a medida que el punto donde empujamos se aleja de las bisagras? ¿Requiere esto que ejerzamos una fuerza mayor o menor para producir el mismo efecto?



Pregunta

Suponga que queremos mover una piedra ejerciendo una fuerza F sobre una barreta (ver figura) que está apoyada en un punto O . ¿Procuramos que el brazo de la fuerza ejercida por nosotros sea mucho más grande que el brazo del peso W de la piedra? ¿Qué relación existe entre el torque de la fuerza F y el peso W de la piedra? ¿Qué fuerza será menor, F o W ?



Experimento

Tome una lámina de madera y fíjela mediante un clavo sobre una mesa, de modo que pueda girar libremente. Fije un hilo a un punto de la lámina y tire de él suavemente siempre en una dirección fija. ¿Qué le ocurre a la lámina? ¿Cómo varía el brazo de la fuerza que usted ejerce? ¿En qué momento cesa la lámina de girar?



Experimento

Tome una regla y suspéndala por su centro de modo que esté horizontal. Cuelgue dos cuerpos diferentes a cada lado. ¿Qué le ocurre a la regla? ¿Qué debe hacer para que la regla se mantenga en equilibrio en posición horizontal? ¿Actúan en el mismo sentido los torques debidos al peso de cada cuerpo? ¿Qué relación debe existir entre dichos torques para que la regla permanezca horizontal?



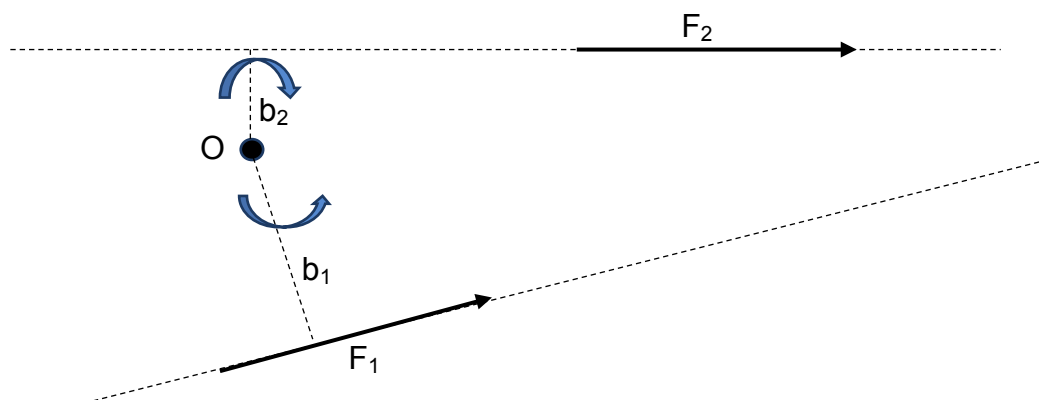
Signos del torque

Cuando varias fuerzas actúan en un mismo plano, es conveniente distinguir el signo de los torques correspondientes, para lo cual debemos analizar el sentido en que hacen girar al cuerpo. Consideremos, por ejemplo, las dos fuerzas F_1 y F_2 actuando en el plano del papel (ver figura siguiente). La fuerza F_1 tiende a hacer girar el cuerpo alrededor de O en sentido contrario a la rotación de las agujas del reloj, mientras que F_2 tiende a hacerlo girar en el sentido de las manecillas del reloj.

En el primer caso diremos que el torque es positivo y en el segundo que es negativo, de modo que

$$\tau_1 = F_1 b_1$$

$$\tau_2 = -F_2 b_2$$



Equilibrio de un cuerpo

Cuando se trata del equilibrio de un cuerpo es necesario tener en cuenta que, en general, un cuerpo puede tener movimiento de traslación y de rotación. Por tanto, las condiciones de equilibrio de un cuerpo rígido son las siguientes:

1. *La suma de todas las fuerzas debe ser nula* (equilibrio traslacional).

$$\sum F = 0$$



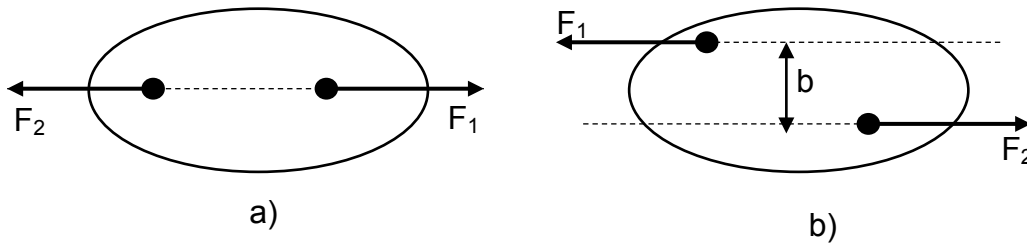
2. La suma de los torques de las fuerzas con relación a cualquier punto debe ser nula (equilibrio de rotación).

$$\sum \tau = 0$$



Pregunta

En la figura a) siguiente tenemos dos fuerzas F_1 y F_2 iguales y directamente opuestas actuando sobre un cuerpo, y en la figura b) las dos fuerzas actúan según líneas separadas la distancia b . Explique en relación con cada caso si hay equilibrio de traslación y de rotación. Las fuerzas en el caso de la figura b) constituyen un *par*.



Ejemplo

Una ilustración muy simple de las reglas de equilibrio la constituye la **palanca**: o sea, toda barra que puede girar alrededor de un punto o eje fijo.



En dos puntos de la barra se aplican fuerzas F_1 y F_2 , que tienden a hacerla girar en sentidos opuestos. Si b_1 y b_2 son los brazos de F_1 y F_2 , respectivamente, con relación a O , la suma de los torques de estas dos fuerzas alrededor de este punto debe ser nula si la palanca está en equilibrio. Luego

$$F_2 b_2 + (-F_1 b_1) = 0$$

De donde

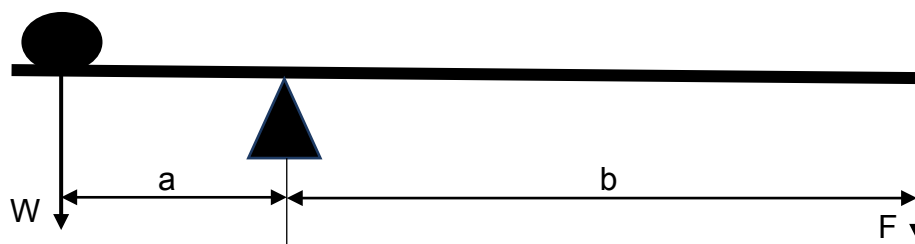
$$F_2 b_2 = F_1 b_1$$

Que nos da la relación entre los brazos de las fuerzas aplicadas y sus módulos para que se produzca el equilibrio. Cuanto mayor sea el brazo de una de las fuerzas, menor es su módulo para lograr el equilibrio de la



Ejemplo

Refiriéndonos a la figura siguiente, las distancias a y b del punto de apoyo son 0.20m y 1.20 m, respectivamente. La masa de la piedra es 50 kg. Calcular la mínima fuerza que debe ejercer el hombre para mover la piedra. Observemos que el torque del peso de la piedra es opuesto al torque de la fuerza ejercida por el hombre.



El brazo respecto al punto O correspondiente al peso es a . Como el peso es $mg = 490 \text{ N}$, se tendrá que el torque del peso W es

$$\tau_1 = +Wa = (490 \text{ N})(0.2 \text{ m}) = 98 \text{ Nm}$$

Suponiendo que el hombre ejerce su fuerza perpendicularmente a la barreta, su brazo es b y el torque ejercido es

$$\tau_2 = Fb = F(1.20 \text{ m})$$

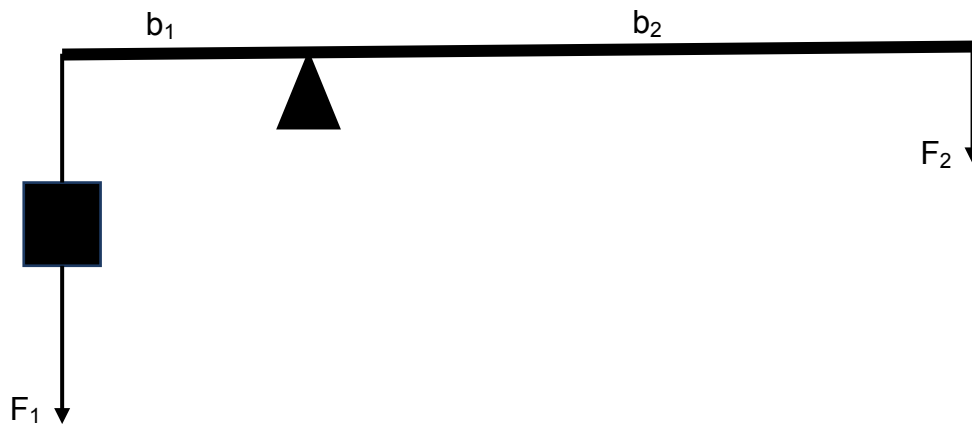
Este torque tiende a hacer girar la barreta en el sentido opuesto a producido por τ_1 . Luego el valor mínimo de F ocurre cuando $\tau_1 - \tau_2 = 0$, es decir $\tau_1 = \tau_2$, y por tanto,

$$F(1.20) = 98 \text{ Nm}$$



Ejemplo

Se tiene una barra de peso despreciable y longitud igual a 1.50 m. De uno de sus extremos pende un cuerpo que pesa 600 N. ¿Dónde deberá colocarse su punto de apoyo si la fuerza que se puede ejercer en el otro extremo es de 300 N?



Refiriéndonos a la figura, $F_2 = 600 \text{ N}$, $F_1 = 300 \text{ N}$, $b_1 + b_2 = 1.50 \text{ m}$.
De la última relación obtenemos $b_2 = 1.50 - b_1$.
Empleando la condición de equilibrio $F_2 b_2 = F_1 b_1$, tenemos que

$$(600)(1.5 - b_1) = 300 b_1$$

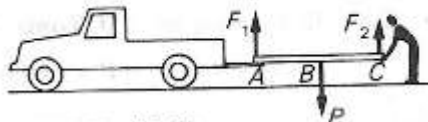
De donde

$$b_1 = 1.0 \text{ m} \quad b_2 = 0.5 \text{ m}$$



Ejemplo

Calcular la fuerza que debe ejercer el hombre de la figura siguiente para sostener el bloque, que pesa 200 N y mide 1.20 m de largo. Calcular también la fuerza que ejerce la plataforma.



Las fuerzas se ilustran en la figura, estando el peso P aplicado en el centro del bloque.

Las condiciones de equilibrio son, pues:

- 1) Suma de las fuerzas = 0. Como todas las fuerzas son paralelas, basta con escribir:

$$F_1 + F_2 - P = 0$$

Por consiguiente

$$F_1 + F_2 = 200\text{ N}$$

- 2) Suma de los torques = 0. Tomados los torques respecto al punto A:

$$-P(AB) + F_2(AC) = 0$$

Ya que el torque de F_1 es nulo. Pero $AB = 0.6\text{ m}$ y $AC = 1.20\text{ m}$. Luego

$$F_2 = \frac{P(AB)}{AC} = \frac{(200\text{ N})(0.6\text{ m})}{1.20\text{ m}} = 100\text{ N}$$

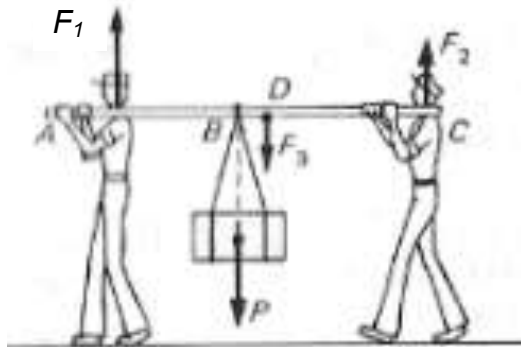
Y por tanto

$$F_1 = 200\text{ N} - F_2 = 100\text{ N}$$



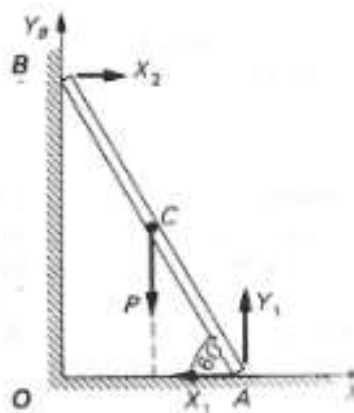
Ejercicio

Dos hombres llevan entre ambos un cuerpo que pesa 500 N, empleando una varilla que mide 3 m de largo y pesa 100 N. Si el cuerpo va suspendido a 1.20 m del primer hombre, calcular la fuerza ejercida por cada uno.



Ejercicio

Una escalera AB descansa contra una pared vertical BO (sin fricción) formando un ángulo de 60° con el suelo. La escalera pesa 200 N. Determinar las fuerzas que ejercen la pared y el suelo (ver figura).



Cierre

- I. Se trabajará con el Simulador de Equilibrio de la Universidad de Colorado

https://phet.colorado.edu/sims/html/balancing-act/latest/balancing-act_all.html?locale=es



- Selecciona la barra horizontal que se apoya en un solo fulcro.
- Coloca una masa al lado izquierdo del fulcro y otra al lado derecho.
- Multiplica el brazo de cada masa por su peso para determinar las torcas o torques.
- Realiza la suma algebraica de torcas o torques con sus respectivos signos.
- Observa hacia donde gira el sistema de masas y si coincide con el signo de las torcas o torques.
- Coloca las dos masas, una al lado izquierdo del fulcro y otra a la derecha, de tal manera que el producto del brazo por su peso, para cada masa, sean iguales, es decir, que la suma de torcas o torques sea igual a cero. Observa si se cumple el equilibrio.

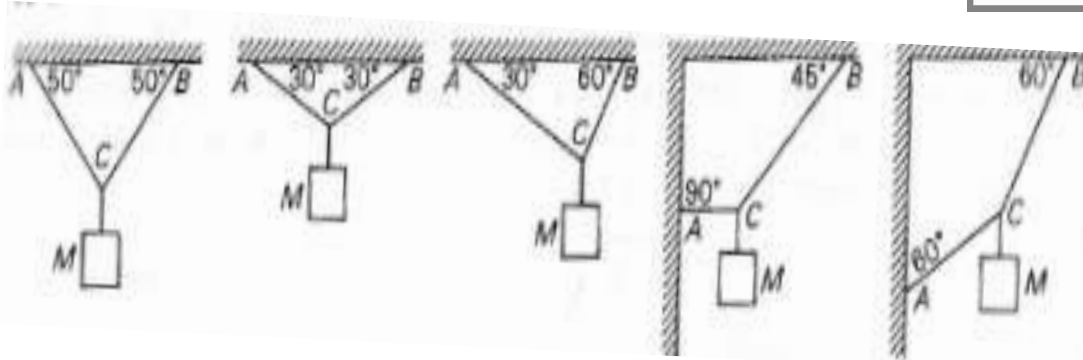
II. Resolver los siguientes problemas de equilibrio.

1. ¿Qué fuerza adicional es necesario añadir a un sistema de dos fuerzas concurrentes de 40 N y 30 N cuyas direcciones forman entre sí un ángulo de 70° para que el sistema esté en equilibrio?
2. Para hacer avanzar un bote en un río se emplean dos caballos, uno en cada orilla, tirando de sendas cuerdas unidas a la proa del bote. Si el ángulo entre las cuerdas es 40° y las fuerzas ejercidas por cada caballo son de 2000 N y 2500 N, ¿cuál es la fuerza resultante sobre el bote? Si el bote tiene una masa de 500 Kg, ¿cuál será su aceleración si el agua no ofrece una resistencia al movimiento del bote? Si el bote avanza con movimiento uniforme, ¿cuál es la resistencia del agua?
3. Un avión que pesa 10 000 N avanza horizontalmente con movimiento uniforme, siendo la fuerza debida a las hélices igual a 1000 N. ¿Qué fuerza ejerce el viento sobre las alas del avión?



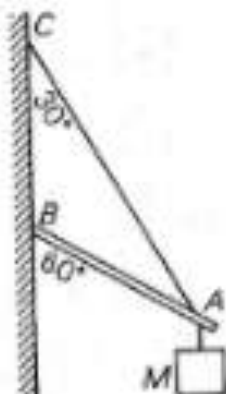
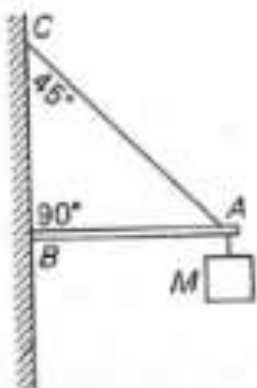
4. Tres cuerdas A, B y C, tienen un extremo común D. Si en las cuerdas A y B se ejercen fuerzas de 300 N y 400 N, ¿qué fuerza deberá ejercerse en C para que D esté en equilibrio: a) si las cuerdas A y B tienen la misma dirección, b) si tienen direcciones opuestas, c) si son perpendiculares.

5. Determinar las tensiones en los hilos AC y BC si el peso de M es 40 N

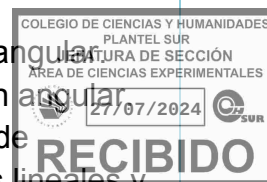


6. Un muchacho se sostiene con ambos brazos de una barra horizontal. Si el muchacho pesa 600N, ¿qué fuerza ejerce cada brazo: a) si son paralelos, b) si cada uno forma un ángulo de 30° con la vertical?
7. Dos fuerzas paralelas de 40 N y 20 N actúan sobre un cuerpo en puntos separados 60 cm. Hallar el módulo y la posición de la fuerza que es necesario aplicar para producir equilibrio: a) cuando tienen el mismo sentido, b) cuando tienen sentidos opuestos.
8. Sobre una barra de 2 m de longitud y cuyo peso es despreciable, actúan hacia abajo fuerzas de 30 N, 20 N y 40 N a 0 cm, 50 cm y 200 cm de un extremo, y hacia arriba fuerzas de 50 N y 80 N a 20 cm y 100 cm del mismo extremo. ¿Qué módulo debe tener y dónde debe situarse otra fuerza para equilibrar el sistema?
9. De los extremos de una barra graduada de 1 m de longitud y peso despreciable, se cuelgan dos masas de 3 Kg y 2 Kg respectivamente. ¿Dónde debe apoyarse la barra para que esté en equilibrio? ¿Cuál es el módulo de la fuerza que se debe ejercer en ese punto?
10. Determinar las fuerzas que la viga BA y el cable AC ejercen sobre A, suponiendo que M tiene un peso de 40 N y que la cuerda y la viga tienen pesos despreciables.





APRENDIZAJES	TEMÁTICAS
El Alumno: 6. Aplica el desplazamiento, la velocidad y la aceleración angulares a la resolución de problemas. 7. Identifica analogías que relacionen los parámetros del movimiento rotacional (θ, ω, α) con los parámetros del movimiento rectilíneo (x, v, a). 8. Resuelve problemas que relacionen la rapidez y aceleración lineales con la rapidez y aceleración angulares	- Desplazamiento angular. - Velocidad angular. - Aceleración angular. - Analogías de parámetros lineales y angulares. - Parámetros lineales y angulares.



APERTURA

Pregunta Generadora

- Imagine que usted está parado en la orilla de un carrusel que gira. ¿Cómo se vería afectado su movimiento tangencial si camina hacia el centro?
(¡Cuidado con los caballitos que suben y bajan!)

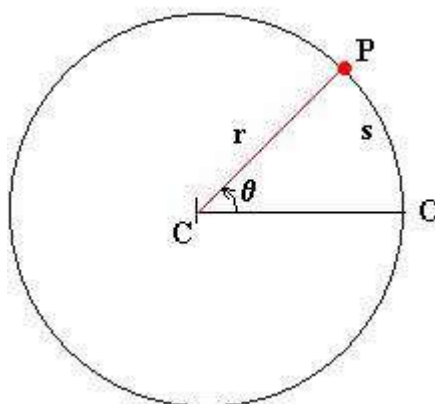
DESARROLLO

Rotación de Cuerpos Rígidos

Es posible que un objeto se mueva en una trayectoria curva o que tenga un movimiento rotacional. Por ejemplo, las ruedas, ejes poleas, giróscopos y muchos otros dispositivos mecánicos giran sobre su eje sin que haya movimiento traslacional. La generación y transmisión de potencia casi siempre depende de algún tipo de movimiento rotacional.

Desplazamiento angular

El desplazamiento angular de un cuerpo describe la cantidad de rotación. Si el punto O en el disco giratorio de la figura gira sobre su eje hasta el punto P, el desplazamiento angular se denota por el ángulo θ .

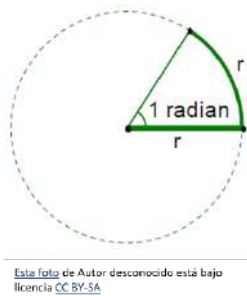


Hay varias formas de medir este ángulo. Estamos familiarizados con las unidades de grados y revoluciones, las cuales están relacionadas de acuerdo con la definición

$$1 \text{ rev} = 360^0$$



Una medida más fácil de aplicar al desplazamiento angular es el radián (rad). Un ángulo de 1 rad es un ángulo central cuyo arco s es igual en longitud al radio r .



Es más común que el radián se defina por la siguiente ecuación:

$$\theta = \frac{s}{r}$$

Donde s es el arco de un círculo descrito por el ángulo θ . Puesto que el cociente s entre r es la razón de dos distancias, el radián es una cantidad sin unidades.

El factor de conversión que permite relacionar radianes con grados se encuentra considerando un arco de longitud s igual a la circunferencia de un círculo $2\pi r$. Dicho ángulo en radianes se obtiene de la ecuación anterior

$$\theta = \frac{2\pi r}{r} = 2\pi \text{ rad}$$



Así tenemos

$$1 \text{ rev} = 360^0 = 2\pi \text{ rad}$$

de donde observamos que

$$1 \text{ rad} = \frac{360^0}{2\pi} = 57.3^0$$

Ejemplo

Si la longitud del arco s es de 6 cm y el radio es 10 cm, calcule el desplazamiento angular θ en radianes, grados y revoluciones.

De la ecuación

$$\theta = \frac{s}{r} = \frac{6 \text{ cm}}{10 \text{ cm}} = 0.6 \text{ rad}$$

Convirtiendo en grados

$$\theta = (0.6 \text{ rad}) \frac{57.3^0}{1 \text{ rad}} = 34.4^0$$

Y ya que $1 \text{ rev} = 360^0$

$$\theta = (34.4^0) \frac{1 \text{ rev}}{360^0} = 0.0956 \text{ rev}$$



Velocidad Angular

A la razón del cambio del desplazamiento angular con respecto al tiempo se le llama velocidad angular. Por lo tanto, si un objeto gira a través de un ángulo en un tiempo t , su velocidad angular media

$$\omega_{media} = \frac{\theta}{t}$$

Puesto que la velocidad de rotación en gran número de problemas técnicos se expresa en términos de la frecuencia de revoluciones, la siguiente relación será de utilidad:

$$\omega = 2\pi f$$

Donde ω se mide en radianes por segundo y f se mide en revoluciones por segundo.

Ejemplo

La rueda de una bicicleta tiene un diámetro de 66 cm y da 40 revoluciones en 1 min. a) ¿Cuál es su velocidad angular? b) ¿Qué distancia lineal se desplazará la rueda?

Solución

a) La velocidad angular depende tan sólo de la frecuencia de rotación. En vista de que $1 \text{ rev} = 2\pi \text{ radianes}$,

$$f = \left(\frac{40 \text{ rev}}{\text{min}}\right) \left(\frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}}\right) = 0.667 \text{ rev/s}$$



Sustituyendo en la última relación de la velocidad angular.

$$\omega = (2\pi \text{ rad}) \left(0.667 \frac{\text{rev}}{\text{s}} \right) = 4.19 \text{ rad/s}$$



b) El desplazamiento lineal s se puede calcular a partir del desplazamiento angular θ en radianes.

$$\theta = \left(\frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} \right) (40 \text{ rev}) = 251 \text{ rad}$$

De la relación entre el arco de circunferencia y el desplazamiento angular.

$$s = \theta R = (251 \text{ rad})(0.33 \text{ m}) = 82.8 \text{ m}$$

Es importante observar que la velocidad angular estudiada en esta sección representa una velocidad *media*.

Aceleración angular

Al igual que el movimiento lineal, el movimiento rotacional puede ser uniforme o acelerado. La rapidez de la rotación puede aumentar o disminuir bajo la influencia de una torca resultante. Por ejemplo, si la velocidad angular cambia de un valor inicial ω_0 a un valor final ω_f en un tiempo t , la aceleración angular es

$$\alpha = \frac{\omega_f - \omega_0}{t}$$



La letra griega α (alfa) denota la aceleración angular. Una forma más útil para esta ecuación es

$$\omega_f = \omega_0 + \alpha t$$



Al comparar esta ecuación con la de la aceleración lineal se ve que sus formas son idénticas si establecemos analogías entre los parámetros angulares y lineales.

Ya que hemos introducido el concepto de velocidades angulares iniciales y finales, podemos expresar la velocidad angular media en términos de sus valores iniciales y finales:

$$\omega_{media} = \frac{\omega_f + \omega_0}{2}$$

Al sustituir esta igualdad en la ecuación que relaciona la velocidad angular media con el desplazamiento angular:

$$\theta = \omega_{media} t = \frac{\omega_f + \omega_0}{2} t$$

Esta ecuación es similar a una ecuación derivada para el movimiento lineal.

En realidad, las ecuaciones para la aceleración angular tienen la misma forma básica que las que se obtuvieron para la aceleración lineal si establecemos las siguientes analogías.

s(m)	θ (rad)
v(m/s)	ω (rad/s)
a(m/s ²)	α (rad/s ²)



El tiempo, desde luego, es el mismo para ambos tipos de movimiento y se mide en segundos. Las siguiente Tabla ilustra las similitudes entre el movimiento rotacional y el lineal.



Tabla. Comparación de la aceleración lineal y la aceleración angular

Aceleración lineal constante	Aceleración angular constante
(1) $s = \frac{v_0 + v_f}{2} t$	$\theta = \frac{\omega_0 + \omega_f}{2} t$
(2) $v_f = v_0 + at$	$\omega_f = \omega_0 + \alpha t$
(3) $s = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$	$\theta = \omega_0 t + \frac{1}{2} \alpha t^2$
(4) $v_f^2 = v_0^2 + 2as$	$\omega_f^2 = \omega_0^2 + 2\alpha\theta$

Ejemplo

Un volante aumenta su velocidad de rotación de 6 a 12 rev/s en 8 s. ¿Cuál es la aceleración angular?

Solución

Calcularemos primero las velocidades angulares inicial y fina:

$$\omega_0 = 2\pi f_0 = \left(\frac{2\pi \text{ rad}}{\text{rev}}\right) \left(\frac{6 \text{ rev}}{\text{s}}\right) = 12 \pi \text{ rad/s}$$

$$\omega_f = 2\pi f_f = \left(\frac{2\pi \text{ rad}}{\text{rev}}\right) \left(\frac{12 \text{ rev}}{\text{s}}\right) = 24 \pi \text{ rad/s}$$

$$\alpha = \frac{\omega_f - \omega_0}{t} = \frac{(24\pi - 12\pi) \text{ rad/s}}{8 \text{ s}} = 1.5 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2} = 4.71 \text{ rad/s}^2$$



Ejemplo

Una rueda de esmeril que gira inicialmente con una velocidad angular de 6 rad/s recibe una aceleración constante de 2 rad/s². a) ¿Cuál será su desplazamiento angular en 3 s? b) ¿Cuántas revoluciones habrá dado? c) ¿Cuál es su velocidad angular final?



Solución a)

El desplazamiento angular está dado por

$$\theta = \omega_0 t + \frac{1}{2} \alpha t^2$$

$$\theta = \left(6 \frac{\text{rad}}{\text{s}}\right)(3\text{s}) + \frac{1}{2} \left(2 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}\right)(3\text{s})^2$$

$$\theta = 18 \text{ rad} + \left(1 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}\right)(9\text{s}^2) = 27 \text{ rad}$$

Solución b)

Puesto que 1 rev = 2π rad, obtenemos

$$\theta = (27 \text{ rad}) \left(\frac{1 \text{ rev}}{2\pi \text{ rad}}\right) = 4.30 \text{ rev}$$

Solución c)

La velocidad angular final es igual a la velocidad angular inicial más el cambio en velocidad. Por consiguiente,

$$\omega_f = \omega_0 + \alpha t$$

$$\omega_f = 6 \frac{\text{rad}}{\text{s}} + \left(2 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}\right)(3\text{s}) = 12 \text{ rad/s}$$



Relación entre los movimientos de rotación y lineal

El eje de rotación de un cuerpo rígido que gira se puede definir como la línea de partículas que permanecen estacionarias durante la rotación. Se puede tratar de una línea a través del cuerpo, como en el caso de un trompo, o puede ser una línea a través del espacio, como un aro en rotación. En cualquier caso, nuestra experiencia nos dice que cuanto más lejos está la partícula del eje de rotación, mayor es su velocidad lineal.

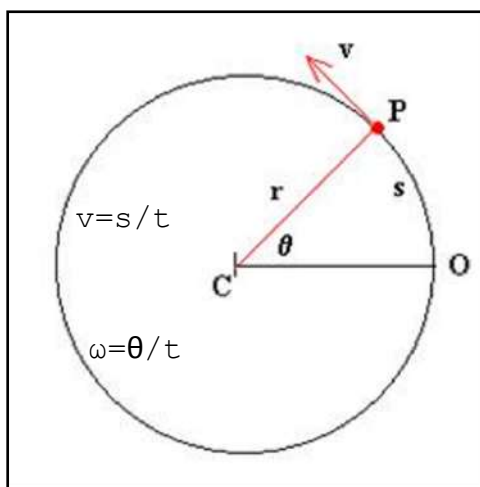
Este hecho se expresa mediante la fórmula

$$v = 2\pi fR$$

Donde f es la frecuencia de rotación.

Ahora derivemos una relación similar en términos de velocidad angular. La partícula gira a través de un arco s que se describe como

$$s = \theta R$$



[Esta foto](#) de Autor desconocido está bajo licencia [CC BY-NC-ND](#)

Si la distancia es recorrida en un tiempo t , la velocidad lineal de la partícula está dada por

$$v = \frac{s}{t} = \frac{\theta R}{t}$$

Puesto que

$$\frac{\theta}{t} = \omega$$



La velocidad lineal se puede expresar como una función de la velocidad angular,

$$v = \omega R$$

Ejemplo

Un eje de tracción tiene una velocidad angular de 60 rad/s. ¿A qué distancia del eje deben colocarse unos contrapesos para que éstos tengan una velocidad lineal de 12 m/s?

Solución

Despejando R en la última ecuación

$$R = \frac{v}{\omega} = \frac{12 \text{ m/s}}{60 \text{ rad/s}} = 0.200 \text{ m}$$

Consideremos de nuevo una partícula que se mueve en un círculo de radio R y supongamos que la velocidad lineal cambia de cierto valor inicial v_0 al valor final v_f en un tiempo t. La aceleración tangencial a_T de dicha partícula está dada por

$$a_T = \frac{v_f - v_0}{t}$$

Debido a la estrecha relación entre la velocidad lineal y la angular, podemos expresar también la aceleración tangencial en términos de un cambio en la velocidad angular.

$$a_T = \frac{\omega_f R - \omega_0 R}{t} = \frac{\omega_f - \omega_0}{t} R$$



O bien

$$a_T = \alpha R$$

Donde α representa la **aceleración angular**.

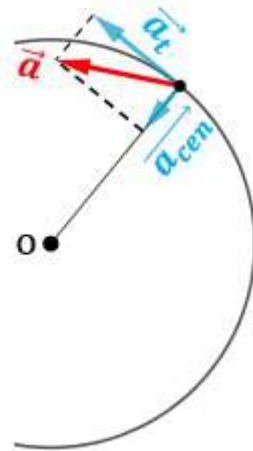


Debemos ser cuidadosos en distinguir entre la aceleración tangencial y la aceleración centrípeta definida por

$$a_c = \frac{v^2}{R}$$

La aceleración tangencial representa un cambio en la velocidad lineal, mientras que la aceleración centrípeta representa tan sólo un cambio en la dirección del movimiento.

La distinción se muestra gráficamente en la figura. La aceleración resultante puede determinarse calculando el vector suma de las aceleraciones tangencial y centrípeta.



Esta foto de Autor desconocido está bajo licencia CC BY-NC-ND



Ejemplo

Calcule la aceleración resultante de una partícula que se mueve en un círculo de radio 0.5 m en el instante en que su velocidad angular es 3 rad/s y su aceleración angular es 4 rad/s².



Solución

La aceleración tangencial según es

$$a_T = \alpha R = \left(4 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}\right) (0.5 \text{ m}) = 2 \text{ m/s}^2$$

Como $v = \omega R$, la aceleración centrípeta está dada por

$$a_c = \frac{v^2}{R} = \frac{\omega^2 R^2}{R} = \omega^2 R$$

De donde obtenemos

$$a_c = \left(3 \frac{\text{rad}}{\text{s}}\right)^2 (0.5 \text{ m}) = 4.5 \text{ m/s}^2$$

Por último, la magnitud de la aceleración resultante se obtiene del teorema de Pitágoras

$$a = \sqrt{a_T^2 + a_c^2} = \sqrt{2^2 + 4.5^2} = 4.92 \text{ m/s}^2$$

La dirección de la aceleración resultante se determina a partir de sus componentes.



EJEMPLOS

1. ¿Qué valores tienen los siguientes ángulos expresados en radianes?

- a) 45°
b) 60°

SOLUCIÓN

Utilizando una regla de tres

(a)

$$\begin{array}{ll} \text{Si} & 2\pi \text{ rad} = 360^{\circ} \\ \text{Entonces} & X \text{ rad} = 45^{\circ} \end{array}$$

$$X = \frac{2\pi \text{ rad} \times 45^{\circ}}{360^{\circ}} = 0.785 \text{ rad}$$

(b)

$$\begin{array}{ll} \text{Si} & 2\pi \text{ rad} = 360^{\circ} \\ \text{Entonces} & X \text{ rad} = 60^{\circ} \end{array}$$

$$X = \frac{2\pi \text{ rad} \times 60^{\circ}}{360^{\circ}} = 1.047 \text{ rad}$$

2. ¿Cuál es la magnitud de la rapidez angular de la manecilla de los minutos en un reloj?

SOLUCIÓN

La manecilla de los minutos recorre una vuelta completa en 60 minutos .

Entonces realizamos las conversiones respectivas

$$\Delta\theta = 1 \text{ vuelta} = 2\pi \text{ rad}$$

$$\Delta t = 60 \text{ min} = 60 \times 60 \text{ s} = 3600 \text{ segundos}$$

Por lo tanto,

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{2\pi \text{ rad}}{3600 \text{ s}} = \frac{2 \times 3.1416 \text{ rad}}{3600 \text{ s}} = \frac{6.2832 \text{ rad}}{3600 \text{ s}} = 0.00174 \text{ rad/s}$$



3. ¿Cuál es la rapidez angular en radianes por segundo de (a) la Tierra en su órbita alrededor del Sol y (b) la Luna en su órbita alrededor de la Tierra?

SOLUCIÓN

(a)

$$\Delta\theta = 1 \text{ vuelta} = 2\pi \text{ rad}$$

$$\Delta t = 365 \text{ días} = 365 \times 24 \times 3600 = 31536000$$

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{2\pi \text{ rad}}{31536000 \text{ s}} = \frac{2 \times 3.1416 \text{ rad}}{31536000 \text{ s}} = \frac{6.2832 \text{ rad}}{31536000 \text{ s}} = 1.99 \times 10^{-7} \text{ rad/s}$$

(b)

$$\Delta\theta = 1 \text{ vuelta} = 2\pi \text{ rad}$$

$$\Delta t = 27 \text{ días} = 27 \times 24 \times 3600 = 2332800$$

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{2\pi \text{ rad}}{2332800 \text{ s}} = \frac{2 \times 3.1416 \text{ rad}}{2332800 \text{ s}} = \frac{6.2832 \text{ rad}}{2332800 \text{ s}} = 2.69 \times 10^{-6} \text{ rad/s}$$

4. Una rueda de molino de 0.35 m de diámetro gira a 2500 rpm. Calcule su velocidad angular en rad/s, (b) ¿cuáles son la rapidez lineal y la aceleración de un punto localizado sobre el borde de la rueda de molino?

SOLUCIÓN

(a)

Puesto que rpm significa revoluciones por minuto, hay que convertir revoluciones a radianes y minutos a segundos, es decir

$$1 \text{ revolución} = 2\pi \text{ rad}$$

$$1 \text{ min} = 60 \text{ segundos}$$

$$2500 \frac{\text{rev}}{\text{min}} \times \frac{2\pi \text{ rad}}{60 \text{ s}} = 261.8 \text{ rad/s}$$



(b)

De la ecuación $v = r\omega$, al sustituir el dato del radio de la rueda del molino y la velocidad angular anterior, se obtiene:

$$v = \left(\frac{0.35m}{2}\right) \times 261.8 \frac{rad}{s} = 45.81 m/s$$

Mientras para la aceleración

$$A_R = \omega^2 R \\ = (261.8)^2 \times (0.35/2) = 1.2 \times 10^4 m/s^2$$

5. Un motor eléctrico que hace girar una muela a 100 rev/min es apagado. Suponiendo que la aceleración angular negativa es constante y tiene una magnitud de $2 rad/s^2$. (a) ¿Cuánto tiempo le toma a la rueda detenerse? (b) ¿Cuántos radianes transcurren durante el tiempo de frenado?

SOLUCIÓN

(a)

DATOS

$$\omega_i = 100 \frac{rev}{min} = 100 \times 2\pi \frac{rad}{60} s = 628.32 \frac{rad}{60} s = 10.47 rad/s$$

$$\alpha = -2 rad/s^2$$

$$\omega_f = 0$$

$$t = \text{????}$$

FÓRMULA

$$\alpha = \frac{\omega_2 - \omega_1}{t} \quad \text{de donde} \quad t = \frac{\omega_2 - \omega_1}{\alpha}$$

Sustituyendo

$$t = \frac{0 - 10.47 rad/s}{-2 rad/s^2} = +5.23 s$$



(b)

$$\Delta\theta = \left(\frac{\omega_i + \omega}{2}\right)t = \left(\frac{10.47 \text{ rad/s} + 0}{2}\right)5.23 \text{ s} = 27.37 \text{ rad}$$



EJERCICIOS PROPUESTOS

PREGUNTAS

1. Todas las partículas en un objeto que gira uniformemente tienen la misma
 - a) aceleración angular,
 - b) rapidez angular,
 - c) velocidad tangencial,
 - d) tanto *a* como *b*.
2. ¿Todos los puntos de una rueda que gira en torno a un eje fijo que pasa por su centro tienen la misma velocidad angular? ¿Y la misma velocidad tangencial? Explique.
3. Imagine que usted está parado en la orilla de un carrusel que gira. ¿Cómo se vería afectado su movimiento tangencial si camina hacia el centro?
4. ¿Cuál es la diferencia entre la aceleración tangencial y la aceleración radial de un punto sobre un objeto que rota?



5. Un volante rota con velocidad angular constante. ¿Un punto sobre su borde tiene aceleración tangencial? ¿y aceleración radial? ¿son estas aceleraciones constantes en magnitud? ¿y en dirección?
6. Un volante rota con aceleración angular constante. ¿Un punto sobre su borde tiene aceleración tangencial?, ¿y aceleración radial? ¿son estas aceleraciones constantes en magnitud? ¿y en dirección?
7. Una bola sólida, un cilindro sólido y un cilindro hueco ruedan cuesta abajo. ¿Cuál de ellas alcanza primero la parte baja? ¿y al último? ¿Importa si los radios son iguales?



PREGUNTAS DE OPCIÓN MÚLTIPLE

8. Cuando una rueda gira dando una rotación completa, el ángulo (en radianes) el ángulo que ha recorrido es el más cercano a

- a) 57
- b) 6
- c) 120
- d) 360

9. Dos puntos están sobre un disco que gira alrededor de un eje perpendicular al plano del disco en su centro. El punto B está 3 veces alejado del eje que el punto A. Si la rapidez lineal del punto B es V , entonces la rapidez lineal del punto A es

- a) $9V$
- b) $3V$
- c) V
- d) $\frac{V}{3}$
- e) $\frac{V}{9}$



PROBLEMAS

1. ¿Qué valores tienen los siguientes ángulos expresados en radianes?
 - a) 75°
 - b) 90°
 - c) 400°
2. Calcular la velocidad angular de:
 - a) La manecilla que da los segundos en un reloj
 - b) La manecilla que da las horas en un reloj
3. Convierta estos ángulos de radianes a grados: a) $\pi/6$ rad, b) $5/12$ rad, c) $3/4$ rad y d) 1 rad.
4. Un corredor en una pista circular, cuyo radio mide 0.250 km, corre una distancia de 1.00 km. ¿Qué distancia angular cubre el corredor en a) radianes y b) grados?
5. Un automóvil de carreras da dos y media vueltas a una pista circular en 3.0 min. ¿Qué rapidez angular promedio tiene?
6. Un cable eléctrico de 0.75 cm de diámetro se enrolla en un carrete con radio de 30 cm y altura de 24 cm. a) ¿Cuántos radianes debe girarse el carrete para enrollar una capa uniforme de cable? b) ¿Qué longitud tiene el cable enrollado?
7. Si una partícula gira con rapidez angular de 3.5 rad/s, ¿cuánto tarda en efectuar una revolución?
8. Una bicicleta con llantas de 68 cm de diámetro recorre 7.2 Km. ¿Cuántas revoluciones dan las ruedas?



ANALOGÍAS DE PARAMETROS LINEALES Y ANGULARES

Es importante señalar que en la naturaleza, hay dos movimientos bien definidos, el movimiento de traslación y el movimiento de rotación. Esto lo podemos observar en el movimiento de los cuerpos celestes como los planetas y las estrellas. Generalmente en el estudio de la Física se comienza con el movimiento de traslación y así se ha logrado comprender y aplicar conceptos como desplazamiento, velocidad, aceleración, fuerza, energía cinética, energía potencial, trabajo mecánico, cantidad de movimiento lineal y otros en la resolución de problemas de traslación.

Sin embargo, para completar el estudio del movimiento de los cuerpos, ahora debemos estudiar el movimiento de rotación. Si bien, nos serán muy útiles los parámetros lineales conocidos, nos será de mayor ayuda definir nuevos conceptos a partir del desplazamiento angular.

Al observar la figura 1 de esta sección, notamos un cuerpo que gira alrededor de un eje, el punto P describe una trayectoria circular. Entonces lo que se observa es que al recorrer un arco de circunferencia s , el radio vector de ese punto también describe un ángulo θ , con esta idea podemos definir las velocidades lineales y angulares

$$v = \Delta s / t \quad \text{y} \quad \omega = \Delta \theta / t$$

De la misma manera para la aceleración

$$a = \Delta v / t \quad \text{y} \quad \alpha = \Delta \omega / t$$

Esto es fundamental para entender que las ecuaciones sean muy semejantes para el estudio de la cinemática y dinámica rotacional como se muestra en la siguiente tabla



PARÁMETROS LINEALES Y ANGULARES

Cinemática Rotacional: Movimiento rotacional con aceleración angular constante (α)



También encontramos una analogía bien definida con los conceptos de la Dinámica Rotacional, entre los conceptos lineales y angulares. En la siguiente tabla vemos la comparación de estos conceptos.

Cantidades y ecuaciones traslacionales y rotacionales

Traslacional		Rotacional	
Fuerza	$\mathbf{F}$	Momento de fuerza (magnitud)	$\tau = rF\text{Sen}\theta$
Masa (Inercia)	M	Momento de inercia	$I = \Sigma m_i r_i^2$
Segunda ley de Newton	$\mathbf{F}_{\text{neta}} = m\mathbf{a}$	Segunda ley de Newton	$\tau_{\text{neta}} = I\alpha$
Trabajo	$W = Fd$	Trabajo	$W = \tau\theta$
Potencia	$P = Fv$	Potencia	$P = \tau\omega$
Energía Cinética	$K = \frac{1}{2}mv^2$	Energía Cinética	$K = \frac{1}{2}I\omega^2$
Teorema trabajo-energía	$W_{\text{neta}} = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 = \Delta K$	Teorema trabajo-energía	$W_{\text{neta}} = \frac{1}{2}I\omega^2 - \frac{1}{2}I\omega_0^2 = \Delta K$
Cantidad de movimiento lineal	$\mathbf{p} = m\mathbf{v}$	Cantidad de movimiento angular	$L = I\omega$



APRENDIZAJES

El Alumno:

- 9. **Determina** el momento *de inercia* de un sistema discreto de cuerpos.

TEMÁTICAS

- Momento de Inercia



APERTURA

Una bola sólida, un cilindro sólido y un cilindro hueco ruedan cuesta abajo. ¿Cuál de ellos llega primero a la parte de abajo? ¿y al último? ¿importa si el radio es el mismo? ¿qué puedes decir acerca de las masas?

DESARROLLO

Energía Rotacional

Un cuerpo rígido es un conjunto de partículas pequeñas y supongamos que el cuerpo rota alrededor de un eje fijo z con una rapidez angular ω .

Cada partícula tiene energía cinética determinada por su masa y su rapidez. Si la masa de la i -ésima partícula es m_i y su rapidez es v_i , su energía cinética es:

$$K_i = \frac{1}{2} m_i v_i^2$$

La energía total del cuerpo rígido en rotación es la suma de las energías cinéticas de las partículas individuales

$$K_R = \sum K_i = \sum \frac{1}{2} m_i v_i^2 = \frac{1}{2} \sum m_i r_i^2 \omega^2$$

$$K_R = \frac{1}{2} (\sum m_i r_i^2) \omega^2$$

donde hemos factorizado ω^2 de la suma puesto que es factor común de cada partícula. La cantidad en el paréntesis es llamada **momento de inercia, I** :

$$I = \sum m_i r_i^2$$

Usando esta notación, podemos expresar la energía rotacional del cuerpo rígido en rotación



$$K_R = \frac{1}{2} I \omega^2 \quad E_C = \frac{1}{2} m v^2$$

Si se compara la energía cinética rotacional con la energía cinética traslacional, observamos que el momento de inercia es equivalente a la masa. Y como Richard Feynman menciona en su libro de Lectures on Physics, a la masa se le puede ver como una medida de la inercia, o sea a esa dificultad para cambiar el estado de movimiento de un cuerpo, por ejemplo un elefante tendría más inercia que un venado.

De la misma manera, el momento de inercia significa esa dificultad para cambiar el estado de rotación de un cuerpo y dependerá de la masa y la distancia al eje de rotación

EJEMPLOS

1. Una masa de 2 Kg y otra masa de 6 Kg están unidas por una barra ligera de 30 cm. Se hace girar el sistema horizontalmente a 300 rpm en torno a un eje localizado a 10 cm de la masa de 6 Kg. ¿Cuál es el momento de inercia en torno de este eje? ¿cuál es la energía cinética rotacional?

SOLUCIÓN

$$I = \sum m_i r_i^2$$

DATOS

$$m_1 = 2 \text{ Kg}$$

$$m_2 = 6 \text{ Kg}$$

$$r_1 = 10 \text{ cm} = 0.20 \text{ m}$$

$$r_2 = 20 \text{ cm} = 0.10 \text{ m}$$

$$\omega = 300 \text{ rpm} = \frac{2\pi \times 300 \text{ rad}}{60 \text{ s}} = \frac{1884.96 \text{ rad}}{60 \text{ s}} = 31.41 \text{ rad/s}$$

SUSTITUCIÓN

$$I = m_1 r_1^2 + m_2 r_2^2 = (2) (0.2)^2 + 6 (0.1)^2 = 0.14 \text{ Kg} \cdot \text{m}^2$$

Para la energía cinética rotacional

$$K_R = \frac{1}{2} I \omega^2$$

Sustituyendo



$$K_R = \frac{1}{2} (0.14 \text{ Kg} - m^2) (31.41 \frac{rad}{s})^2 = 69.06 \text{ J}$$

2. Determine el momento de inercia de una esfera de 10.8 Kg y 0.648 m de radio, cuando el eje de rotación pasa por su centro.

SOLUCIÓN

Para resolver este ejercicio, debemos considerar la tabla de momentos de inercia para cuerpos sólidos. Si observamos la tabla, tenemos que

$$I = \frac{2}{5} Mr_0^2 = \frac{2}{5} (10.8 \text{ Kg})(0.648 \text{ m})^2 = 1.81 \text{ Kg} - m^2$$

3. Una rueda de 3 Kg , con rayos de masa insignificante, gira libremente sobre su centro sin fricción alguna. El borde de la rueda de 40 cm de radio, es golpeado repentinamente con una fuerza tangencial media de 600 N durante =.002 s

CIERRE

PREGUNTAS

- ¿Cuál es la diferencia entre la aceleración tangencial y la aceleración radial de un punto sobre un objeto que rota?
- Un volante gira con una velocidad angular constante. ¿un punto sobre su borde tiene aceleración tangencial? ¿y aceleración radial? ¿son éstas aceleraciones constantes en magnitud? ¿y e dirección?
- Un volante rota con aceleración angular constante. ¿un punto sobre su borde tiene aceleración tangencial? ¿y aceleración radial? ¿son estas aceleraciones constantes en magnitud? ¿y en dirección?
- Una bola sólida, un cilindro sólido y un cilindro hueco ruedan cuesta abajo. ¿Cuál de ellos llega primero a la parte de abajo? ¿y al último? ¿importa si el radio es el mismo? ¿qué puedes decir acerca de las masas?



5. Los cocineros experimentados pueden decir si un huevo está crudo o cosido haciéndolo rodar cuesta abajo (y teniendo cuidado de atraparlo en la parte de abajo). ¿Cómo es esto posible? ¿cuál tipo de huevo debe alcanzar la parte de debajo de la pendiente?
6. Una rueda de bicicleta gira a razón de 12 rad/s empieza a acelerar a razón de 2 rad/s^2 . Después de 5 segundos la razón de rotación será
- a) 2 rad/s
 - b) 10 rad/s
 - c) 17 rad/s
 - d) 22 rad/s
7. Cuatro objetos uniformes que tienen la misma masa y diámetro son libertados simultáneamente desde el reposo a la misma distancia sobre el fondo de una colina y cuesta abajo sin resbalar. Los objetos son una esfera sólida, un cilindro sólido, un cilindro hueco y un cilindro hueco de paredes delgadas, como se ilustra en la figura. ¿cuál de estos objetos será el primero en alcanzar la parte de abajo?
- a) La esfera sólida
 - b) El cilindro sólido
 - c) El cilindro hueco
 - d) El cilindro hueco de paredes delgadas.
8. Un cilindro de 2 Kg tiene un radio de 20 cm . Rueda sin deslizarse a lo largo de una superficie horizontal a una velocidad de 112 m/s . (a) ¿cuál es su energía cinética traslacional? (b) ¿cuál es su energía rotacional? ¿cuál es la energía cinética total?
9. Considere un plano inclinado de 16 m de altura. Cuatro objetos de diferentes materiales tienen la misma masa de 3 Kg . Un aro circular, un disco, una esfera y una caja. Suponga que la fricción es insignificante para la caja, pero hay suficiente fricción para que los objetos rodantes no se deslicen. Al calcular las velocidades finales en cada caso, determine el orden en el cual llegan al punto más bajo del plano.



APRENDIZAJES	TEMÁTICAS
El Alumno: 10. Resuelve problemas que involucren el momento de inercia de cuerpos sólidos regulares.	Momento de inercia de cuerpos sólidos.



APERTURA

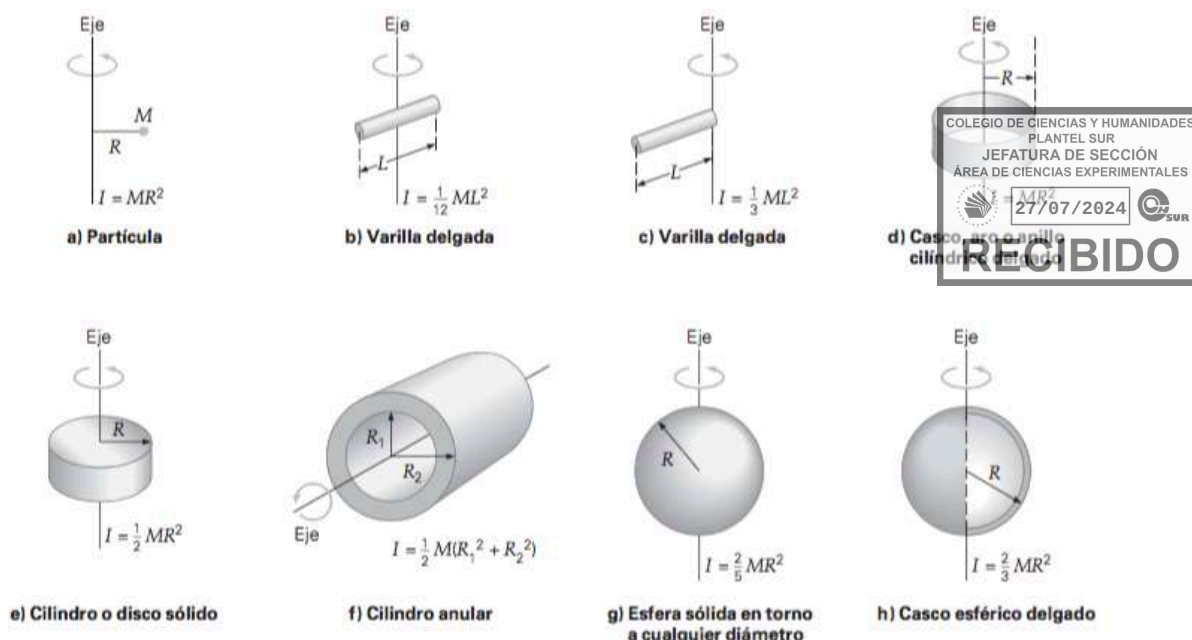
Preguntas Generadora

1. Los cocineros experimentados pueden decir si un huevo está crudo o cosido haciéndolo rodar cuesta abajo (y teniendo cuidado de atraparlo en la parte de abajo). ¿Cómo es esto posible? ¿cuál tipo de huevo debería alcanzar primero la parte de debajo de la pendiente?

MOMENTO DE INERCIA DE CUERPOS SÓLIDOS

Para cuerpos sólidos podemos obtener su momento de inercia, Para ello nos ayudaremos de algunos cuerpos sólidos simétricos comunes, para facilitar el calculo. Para encontrar estos momentos se necesita el calculo diferencial e integral, entonces no lo desarrollaremos. Sin embargo, como un ejemplo para que el estudiante observe como se obtiene uno de ellos, desarrollaremos uno





TEOREMA DE LOS EJES PARALELOS

Los ejes de rotación generalmente se hacen coincidir con ejes de simetría (ejes que pasan por el centro de masa), para tener una distribución simétrica de la masa. Una excepción es la varilla con eje de rotación en un extremo (figura 8.20c). Este eje es paralelo a un eje de rotación que pasa por el centro de masa de la varilla (figura 8.20b). El momento de inercia en torno a tal eje paralelo está dado por un útil teorema llamado **teorema de ejes paralelos**; a saber,

$$I = I_{CM} + Md^2$$

donde I es el momento de inercia en torno a un eje paralelo a uno que pasa por el centro de masa y está a una distancia d de él, I_{CM} es el momento de inercia en torno a un eje que pasa por el centro de masa y M es la masa total del cuerpo (figura 8.21).



Por ejemplo, Si el eje pasa por el extremo de la varilla (figura 8.20c), el momento de inercia se obtiene aplicando el teorema de ejes paralelos a la varilla delgada de la figura 8.20b:

$$I = I_{CM} + Md^2 = \frac{1}{12}ML^2 + M\left(\frac{L}{2}\right)^2 = \frac{1}{12}ML^2 + \frac{1}{4}ML^2 = \frac{1}{3}ML^2$$

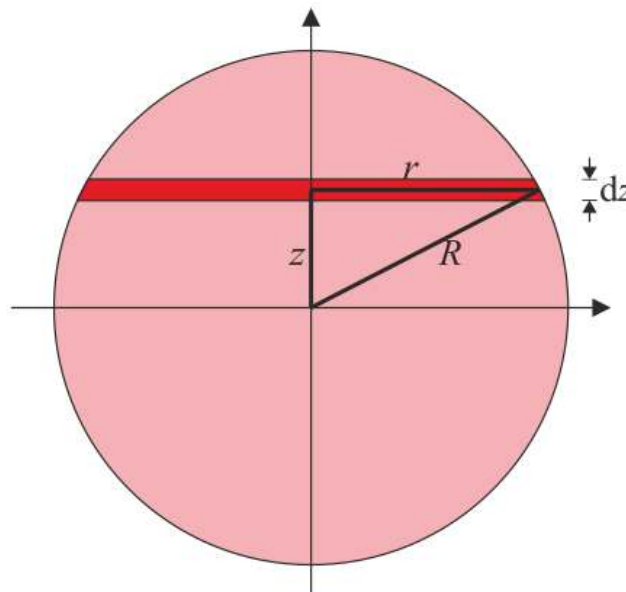


EJEMPLOS

1. Determinaremos el momento de inercia de una esfera que gira alrededor de un eje que pasa por su centro

SOLUCIÓN

Consideremos a la esfera como una superposición de discos de espesor diferencial dz como se observa en la figura



Si tenemos un disco de radio r , altura diferencial dz , su momento de inercia, también diferencial, es el correspondiente a un cilindro macizo

$$dI = \frac{1}{2} dm r^2$$

siendo la masa de cada disco el producto de la densidad por el volumen



$$dm = \rho dV = \rho \pi r^2 dz$$

La densidad de una esfera maciza homogénea es igual a la masa total dividida por el volumen total

$$\rho = \frac{M}{\frac{4}{3}\pi R^3} = \frac{3M}{4\pi R^3}$$

Lo que nos da el diferencial de masa

$$dm = \frac{3M}{4\pi R^3} \pi r^2 dz = \frac{3Mr^2 dz}{4R^3}$$

y de momento de inercia

$$dI = \frac{1}{2} \frac{3Mr^2 dz}{4R^3} r^2 = \frac{3Mr^4 dz}{8R^3}$$

El momento de inercia total de la esfera será la suma de los de todos los discos apilados

$$I = \int dI = \int_{-R}^R \frac{3Mr^4}{8R^3} dz$$

En esta integral aparece el radio de cada disco, pero la variable de integración es la altura z a la que se encuentra cada uno (considerando el origen en el centro de la esfera). Estas dos cantidades se relacionan por el teorema de Pitágoras

$$r^2 + z^2 = R^2$$

lo que nos deja con la integral

$$I = \frac{3M}{8R^3} \int_{-R}^R (R^2 - z^2)^2 dz$$

cuya solución es

$$I = \frac{2}{5} MR^2$$



2. Determine la inercia rotacional de una varilla de 4 m de largo y 2 Kg de masa si su eje de rotación es:

- a) El centro de la varilla.
- b) Un extremo de la varilla.

SOLUCIÓN

(a) Si observamos la tabla de momentos de inercia, en el inciso (b) tenemos el de una varilla que pasa por el centro, el cual corresponde a lo siguiente

$$I = \frac{1}{12} ML^2$$

Al sustituir los datos, tenemos:

$$I = \frac{1}{12} (2 \text{ Kg})(4 \text{ m})^2 = 2.66 \text{ Kg} - \text{m}^2$$

(b) Para el caso de un eje de rotación en un extremo, la ecuación es la siguiente:

$$I = \frac{1}{3} ML^2$$

$$I = \frac{1}{3} (2 \text{ Kg})(4 \text{ Kg})^2 = 10.6 \text{ Kg} - \text{m}^2$$

3. Una rueda de 6 Kg de masa y de radio de giro de 40 cm rueda a 300 rpm.

Encuentre:

- a) Su momento de inercia, y
- b) Su energía cinética rotacional

SOLUCIÓN

(a) Momento de inercia

Una llanta se puede ver como un casco, aro o anillo cilíndrico delgado, por tanto el momento de inercia de acuerdo a la tabla 1 inciso (d)

$$I = MR^2$$

Sustituyendo los datos



$$I = (6 \text{ Kg})(0.40 \text{ m})^2 = 0.96 \text{ Kg} - \text{m}^2$$

(b) energía cinética rotacional

$$K = \frac{1}{2} I \omega^2$$

Primero debemos convertir 300 rpm en rad/s

$$1 \text{ rev} = 2\pi \text{ rad} \quad \text{y} \quad 1 \text{ min} = 60 \text{ seg}$$

Por lo tanto

$$300 \text{ rpm} = 300 \times 2\pi \text{ rad} / 60 \text{ s} = 31.4 \text{ rad/s}$$

Entonces la energía cinética rotacional es:

$$K = \frac{1}{2} (0.96 \text{ Kg} - \text{m}^2) (31.4 \frac{\text{rad}}{\text{s}})^2$$

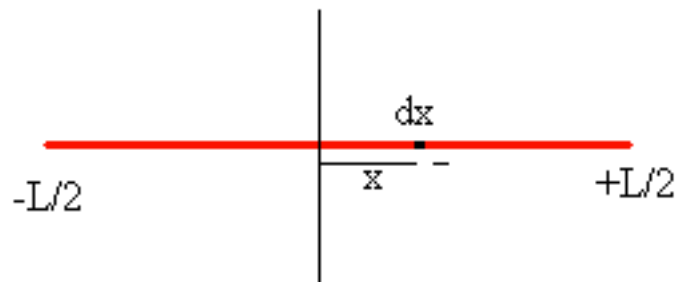
$$K = 473.26 \text{ J}$$

4. Momento de inercia de una varilla

Determinemos el momento de inercia de una varilla sólida de masa M y longitud L respecto de un eje perpendicular a la varilla que pasa por el centro de masa.

SOLUCIÓN

A partir de la figura



La masa dm del elemento de longitud de la varilla comprendida entre x y $x+dx$ es



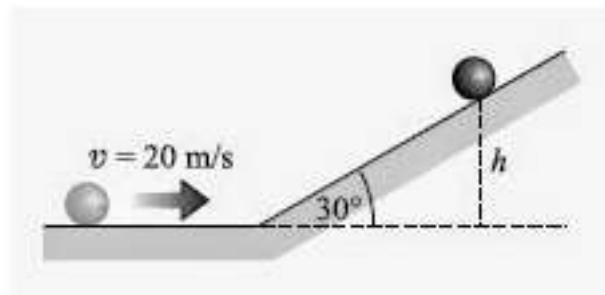
$$dm = \frac{M}{L} dx$$

Tomando en cuenta la fórmula general del momento de inercia:

$$I = \sum m_i r_i^2$$

$$\begin{aligned} I &= \int_{-L/2}^{L/2} dm x^2 = \int_{-L/2}^{L/2} \frac{M}{L} x^2 dx = \frac{M}{L} \left(\frac{x^3}{3} \right)_{-L/2}^{L/2} = \frac{M}{3L} \left(\frac{L^3}{8} - \frac{-L^3}{8} \right) \\ &= \frac{M}{3L} \left(\frac{L^3}{8} + \frac{L^3}{8} \right) = \frac{M}{3L} \left(\frac{2L^3}{8} \right) = \frac{2ML^3}{24L} = \frac{1}{12} ML^2 \end{aligned}$$

5. Como se muestra en la figura, una esfera sólida uniforme rueda sobre una superficie horizontal a 20 m/s y luego rueda hacia arriba sobre un plano inclinado. Si las pérdidas debidas a la fricción son despreciables. ¿cuál será el valor de h en el lugar donde se detiene la esfera?



SOLUCIÓN

Este problema es de conservación de la energía

Entonces La energía en la parte plana se convertirá en pura energía potencial.

En la parte plana (abajo), la energía está compuesta por una parte de traslación y otra de rotación. En términos de matemáticos tendríamos.



$$\frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I\omega^2 = mgh$$

Sabemos que $v = R\omega$, de donde $\omega = v/R$ y el momento de inercia de una esfera

sólida es $I = \frac{2}{5}MR^2$

Si sustituimos " ω " e " I ", obtenemos

$$\frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}\left(\frac{2}{5}MR^2\right)\left(\frac{v}{R}\right)^2 = mgh$$

$$\frac{1}{2}Mv^2 + \frac{1}{5}Mv^2 = Mgh$$

Simplificando

$$\frac{1}{2}v^2 + \frac{1}{5}v^2 = gh$$

$$\frac{7}{10}v^2/g = h$$

$$h = 0.7 \times \left(\frac{20m}{s}\right)^2 / 9.8 m/s^2 =$$

$$h = 28.57 m$$



CIERRE

EJERCICIOS DE OPCIÓN MÚLTIPLE

1. Cuando una rueda realiza un giro completo, el ángulo (en radianes) que ha barrido durante el giro es cercano a:
 - a) 57
 - b) 6
 - c) 360
 - d) 120
2. Una rueda de bicicleta que gira a razón de 12 rad/s empieza a acelerar a razón de 2 rad/s^2 . Después de 5 segundos la razón de rotación será:
 - a) 2 rad/s
 - b) 10 rad/s
 - c) 17 rad/s
 - d) 22 rad/s
3. Estás diseñando un volante para almacenar grandes cantidades de energía cinética. ¿Cuál de las siguientes formas uniformes será la más efectiva para almacenar la mayor cantidad de energía cinética si todos los objetos tienen la misma masa y la misma velocidad angular?
 - a) Una esfera sólida de diámetro D girando alrededor de un diámetro
 - b) Un cilindro sólido de diámetro D girando alrededor de un eje perpendicular a cada una de las caras a través de su centro.
 - c) Un cilindro hueco de paredes delgadas de diámetro D girando alrededor de un eje perpendicular al plano de la cara circular en su centro.
 - d) Una barra delgada sólida de longitud D girando alrededor de un eje perpendicular a él en su centro.
4. Cuatro objetos uniformes que tienen la misma masa y diámetro son liberados simultáneamente desde el reposo a la misma altura sobre una colina cuesta abajo sin deslizarse. Los objetos son una esfera sólida, un



cilindro sólido, un cilindro hueco y un cilindro hueco de pared delgada, como se ilustra en la tabla. ¿cuál d estos objetos será el primero en alcanzar la parte baja de la colina?

- a) La esfera sólida
- b) El cilindro sólido
- c) El cilindro hueco
- d) El cilindro hueco de pared delgada

5. ¿Cuál de los objetos en la pregunta 5 será el último en alcanzar la parte baja de la colina?

- a) La esfera sólida
- b) El cilindro sólido
- c) El cilindro hueco
- d) El cilindro hueco de pared delgada

PROBLEMAS PROPUESTOS

6. En la parte superior de un plano inclinado hay dos esferas idénticas de masas 2 Kg y radio 10 cm, pero la primera es maciza y la segunda tiene la corteza delgada.

Determine:

- a) Inercia rotacional de cada esfera
- b) ¿cuál de las dos va a acelerar más rápido?

7. Una pequeña esfera de 2 Kg de masa gira en el extremo de una cuerda de 1.2 m de largo en un plano horizontal alrededor de un eje vertical. Determine su momento de inercia respecto a ese eje.

8. ¿cuál es el momento de inercia de una esfera sólida homogénea de 10 Kg de masa y radio de 20 cm, alrededor de un eje que pasa por su centro?

9. Un aro cilíndrico delgado con un diámetro de 1 m y una masa de 400 g rueda hacia debajo de la calle. ¿cuál es el momento de inercia del aro entorno a su eje central de rotación?

10. Una esfera uniforme de 500 g y 7 cm de radio gira a 30 rev/s sobre un eje que pasa por su centro. Encuentre su Energía Cinética Rotacional.



11. Inicialmente en reposo, un aro de 20 cm de radio rueda hacia debajo de una colina hasta un punto que se encuentra 5 metros por debajo del punto inicial. ¿qué tan rápido rota en ese punto?



ACTIVIDAD (Videos sobre Momento de Inercia)

<https://www.youtube.com/watch?v=2IlcvV30Vfs>

PREGUNTAS

- 1) Explica porque el cuerpo rojo llega antes que el cuerpo metálico en términos del momento de inercia. Toma en cuenta que tienen la misma masa y también igual su radio.

<https://www.youtube.com/watch?v=BhRYkXeA60w>

PREGUNTAS

- 1) En el video que se refiere a una simulación Explica en términos del momento de inercia, por qué la esfera sólida llega primero y el aro llega al último? Escribe las fórmulas de los momentos de inercia de los cuatro cuerpos sólidos y analiza sus valores.

<https://www.youtube.com/watch?v=RbVzJRn-bX8>

PREGUNTAS

- 8) ¿A qué se le llama movimiento de rodamiento puro?
- 8) Dibuja la trayectoria de un punto en la orilla de un cuerpo circular con rodamiento puro
- 8) Dibuja la trayectoria del punto llamado centro de masa
- 8) ¿Cuál será más fácil de estudiar, el punto de la orilla o el centro de masa?



- 8) ¿cómo se le llama a la curva generada por el punto de la orilla del disco?
- 8) ¿cómo se llama al punto del disco que rota y está en contacto con la superficie horizontal? C entro instantáneo de rotación
- 8) Escribe la condición de rodamiento puro.... $v_{cm}=v=R\omega$
- 8) El punto llamado centro instantáneo de rotación, ¿qué tiene? ¿Traslación o rotación o ambas?
- 8) ¿cuál es su energía cinética?



<https://www.youtube.com/watch?v=m9weJfoW5J0>

PREGUNTAS

Explica porqué las niñas pueden mover más fácilmente la varilla con las dos masas hacia el centro que la varilla con las dos masas en los extremos, siendo las masas iguales

<https://www.youtube.com/watch?v=CHQOctEvtTY>

PREGUNTAS

Investiga los momentos de inercia de un disco compacto y un aro, escríbelos y analiza cuál tiene mayor momento de inercia y explica porqué llega primero el disco compacto

https://www.youtube.com/watch?v=_BY3cJ_l-zQ

<https://www.youtube.com/watch?v=z19iwclwY14>

<https://www.youtube.com/watch?v=NeXIV-wMVUk>



APRENDIZAJES	TEMÁTICAS
El Alumno: 11. Aplica la conservación del momento angular en la explicación de problemáticas específicas.	- Momento angular. - Conservación de momento angular



APERTURA

Preguntas Generadoras

1. Una patinadora con los brazos extendidos puede aumentar la velocidad de sus giros, simplemente acercando sus brazos a los costados. ¿Cómo lo explicas?
2. Una clavadista, al pasar de la posición extendida a la posición doblada, puede aumentar la velocidad de giro. ¿por qué ocurre eso?

DESARROLLO

Momento Angular

Una patinadora de hielo con los brazos extendidos gira alrededor de un eje vertical. Cuando ella jala sus brazos hacia sus lados, ella gira más rápido. Cuando un clavadista salta de la plataforma más alta de 10 metros y luego dobla las piernas de tal manera que sus rodillas tocan su pecho entonces él gira más rápido. Estos fenómenos familiares y muchos otros pueden comprenderse a partir de la cantidad llamada “*momento angular*”, el cual definiremos a continuación:

Cuando un cuerpo rígido con momento de inercia I (con respecto a un eje de simetría específico) rota con velocidad angular ω alrededor del eje, el **momento angular** del cuerpo con respecto al eje es el producto del momento de inercia I alrededor del eje y la velocidad angular ω . El momento angular se representa con la letra L .

$$L = I\omega$$

El signo del momento angular depende del signo de ω ; así, de acuerdo a nuestra convención usual, es positivo para rotación en contra de las



manecillas del reloj y negativo para rotación a favor de las manecillas del reloj,

La unidad es $\text{Kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}$

En términos de la segunda ley de Newton para el movimiento rotacional, desde el punto de vista dinámico, la torca neta (alrededor de un cierto eje) ejercida sobre un cuerpo rígido es equivalente al momento de inercia del cuerpo (alrededor del eje definido, multiplicado por su aceleración angular:

$$\sum \tau = I\alpha$$

entonces, sustituyendo α , tenemos:

$$I\alpha = I \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{\Delta(I\omega)}{\Delta t} = \frac{\Delta L}{\Delta t}$$

En otras palabras:

La razón de cambio del momento angular de un cuerpo rígido con respecto a un eje es igual a la suma de las torcas de las fuerzas que actúan sobre él con respecto a ese eje:

$$\sum \tau = \frac{\Delta L}{\Delta t}$$

CONSERVACIÓN DEL MOMENTO ANGULAR

Cuando la suma de las torcas de todas las fuerzas externas que actúan sobre un sistema es cero, el momento angular total del sistema es constante (se conserva) .

$$\sum \tau = \frac{\Delta L}{\Delta t} = 0$$



Entonces L es constante

ACTIVIDADES (VIDEOS)

- 1) Observa el siguiente video para que comprendas el concepto de momento angular:

<https://www.youtube.com/watch?v=XEP83QozuIM>

Explica por qué sin girar la rueda de bicicleta ésta cae y cuando gira no ocurre la caída.

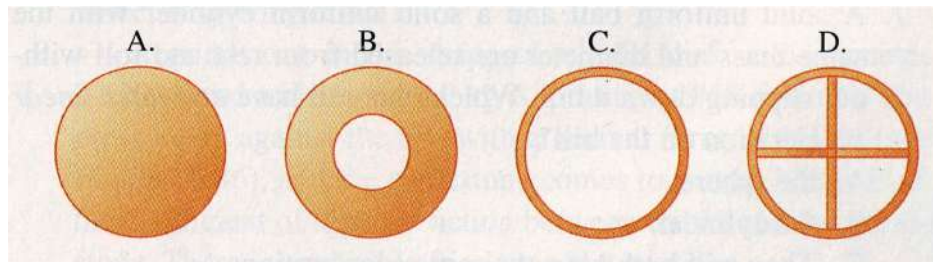
- 2) Te sugiero que veas videos de patinadoras para que observes el momento angular y su conservación cuando extienden o encogen los brazos las patinadoras. Te sugiero en particular el siguiente video:

<https://www.youtube.com/watch?v=Hg0n-XAPN8g>

Puedes identificar cuáles son los saltos cuádruples y explicar como lo logran.

EJEMPLOS

- 3) Estás diseñando una rueda que debe tener masa y diámetro fijos, pero que puede tener su masa distribuida de varias formas pero uniforme. Si la torca que ejerces sobre ella está también fija, ¿cuál de las ruedas mostradas en la figura tendrá la aceleración angular más pequeña alrededor de un eje perpendicular a ella en su centro?



SOLUCIÓN

Ya que $\tau = I\alpha$, se despeja $\alpha = \frac{\tau}{I}$

Como τ tiene un valor fijo, lo que determina el valor de α es el momento de inercia I , lo que determinará cual tiene la aceleración más pequeña será aquella que tenga el momento de inercia más grande.



En otras palabras, desde el punto de vista cualitativo, será aquella distribución de masa que esté más a la orilla de la rueda ya que tendrá mayor inercia rotacional, será más difícil de rodarla.

La respuesta es el inciso (c).



- 4) Una bola uniforme sólida y un cilindro uniforme sólido con la misma masa y diámetro son liberados desde el reposo y ruedan sin deslizarse colina abajo. ¿Cuál de ellos tendrá una aceleración lineal más grande a lo largo de la colina?
- a) La esfera
 - b) El cilindro
 - c) Ambos tendrán la misma aceleración

SOLUCIÓN

La aceleración lineal es proporcional a la aceleración angular, es decir;

$$a = R\alpha$$

Entonces, para tener una aceleración lineal más grande, basta con observar cual tiene una aceleración angular más grande. Por tanto, el cuerpo con aceleración más es aquel que tenga menos momento de inercia, menos oposición a rotar.

Si comparamos sus momentos de inercia:

Esfera sólida $I = \frac{2}{5}MR^2$

Cilindro sólido $I = \frac{1}{2}MR^2$

Concluimos que la esfera sólida tiene menor inercia rotacional y por tanto tendrá mayor aceleración angular como lineal.

La respuesta es el inciso (a)

- 5) Una varilla de acero de 500 g y 30 cm de longitud oscila sobre su centro y gira a 300 rev/min. ¿Cuál es su cantidad de movimiento angular?



SOLUCIÓN

$$L = I\omega$$

Para una varilla con eje de rotación en su centro, el momento de inercia es

$$I = \frac{1}{12}ML^2 = \frac{1}{12}(0.5 \text{ Kg})(0.30\text{m})^2 = 3.75 \times 10^{-3} \text{ Kg} \cdot \text{m}^2$$

mientras

$$\omega = 300 \frac{\text{rev}}{\text{min}} \times \frac{2\pi \text{ rad}}{60 \text{ s}} = 31.41 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

por tanto, el momento angular es

$$L = (3.75 \times 10^{-3} \text{ Kg} \cdot \text{m}^2) \left(31.41 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \right) = 0.117 \text{ Kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$$

EJERCICIOS

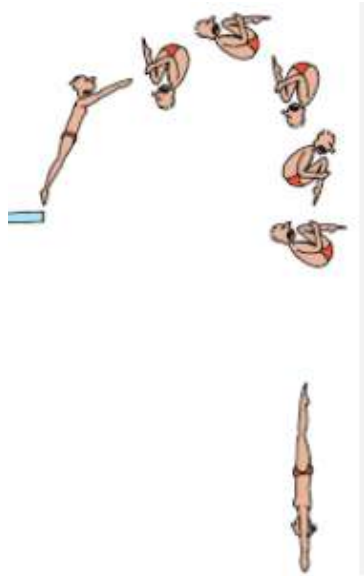
- 1) ¿Cual es la cantidad de movimiento angular de una pelota de 0.210 Kg que gira en el extremo de una delgada cuerda, describiendo un círculo de 1.35 m de radio, con una rapidez angular de 10.4 rad/s ?
- 2) Una persona está de pie, con las manos a los costados, sobre el eje de una plataforma que gira a razón de 0.90 rev/s. Si alza sus brazos para dejarlos en una posición horizontal, la rapidez de rotación disminuye a 0.70 rev/s.



- a) ¿Por qué?
 - b) ¿En qué factor cambia su momento de inercia?
- 3) Una clavadista (ver la figura) puede reducir su momento de inercia en un factor de 3.5 cuando cambia de la posición extendida a la posición doblada.



Si hace dos rotaciones en 1.5 segundos cuando está en la posición doblada. ¿cuál será su rapidez angular (rev/s) cuando está en la posición extendida?

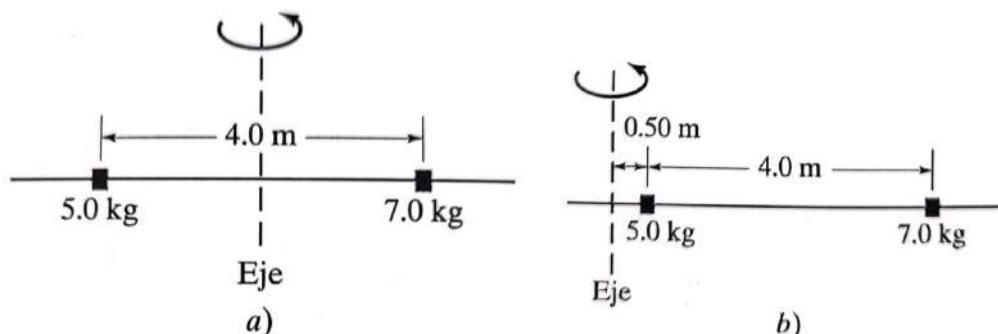


- 4) Determine el momento angular de la tierra a) alrededor de un eje de rotación (suponga que la tierra es una esfera uniforme), y b) en su órbita alrededor del Sol (considere a la Tierra como una partícula que gira en torno al Sol). La Tierra tiene una masa = 6×10^{24} Kg y un radio = 6.4×10^6 m, y se encuentra a 1.5×10^8 Km del Sol.
- 5) ¿Cuál es la cantidad de momento angular de una patinadora artística que gira a 2.8 rev/s con sus brazos cerca del cuerpo, suponiendo que ella es un cilindro uniforme con una altura de 1.5 m, un radio de 15 cm y una masa de 48 Kg? b) ¿qué torca se requiere para frenarla completamente en 5 s, suponiendo que no mueve sus brazos?
- 6) ¿el león es más rápido que el caballo?

En un carrusel en rotación, un niño se sienta sobre un caballo cerca de la orilla y otro niño se sienta sobre un león a la mitad del camino desde el centro. a) ¿Cuál de los dos niños tiene la mayor velocidad lineal? b) ¿cuál de ellos tiene la mayor velocidad angular?



- 7) Dos pequeños “pesos” de masa 5 Kg y 7 Kg están montados a m metros entre sí sobre una varilla ligera (cuya masa podemos ignorar), como se muestra en la figura. Calcule el momento de inercia del sistema a) cuando gira con respecto a un eje situado a la mitad entre los pesos, figura (a) y b) cuando el sistema gira con respecto a un eje 0.50 m a la izquierda de la masa de 5 Kg figura (b).



CIERRE

- 8) El siguiente video nos muestra el momento angular
<https://www.youtube.com/watch?v=dW3OpgDAQU8>

- 9) El siguiente video nos muestra la conservación del momento angular
<https://www.youtube.com/watch?v=ifEJyZN3eKs>

Puedes explicar con tus palabras lo que observas en términos de la conservación del momento angular



Unidad 2. Sistemas de fluidos

APRENDIZAJES	TEMÁTICAS
El Alumno: 1. Aplica los conceptos de densidad y presión en la resolución de problemas.	- Fluidos estáticos - Densidad. - Presión.



APERTURA

Pregunta Generadora

- ¿Por qué te pones esquíes o raquetas para andar por la nieve?
- ¿Qué harías si cayeses en un terreno pantanoso?

DESARROLLO

1. Fluidos

Bajo el nombre de fluidos se incluyen todos los cuerpos no sólidos; es decir: líquidos y gases. La diferencia fundamental entre un sólido y un fluido consiste en que las moléculas de un sólido están rígidamente unidas, y por tanto, el sistema conserva la forma que se le dé; mientras que en los fluidos las moléculas pueden deslizarse unas respecto a otras no ofreciendo resistencia al cambio de forma, por lo que adoptan la del recipiente que los contiene.

En forma resumida exponemos las propiedades de los líquidos y los gases:

LIQUIDOS

- Fuerzas de cohesión: débiles.
- Movimiento de moléculas: en zig-zag (movimiento browniano). Desorden.
- Forma:
 - ✓ natural : esférica.
 - ✓ Sometido a fuerzas: la del recipiente.
- Volumen: constante. Incompresibles.
- Densidad: relativamente grande.



GASES

- Fuerzas de cohesión: nulas.
- Movimiento de moléculas: en todas direcciones; trayectorias rectas. desorden total.
- Forma y volumen: los del recipiente. Comprensibles y expansibles.
- Densidad: pequeña.



2. Densidad y peso específico

Si tomamos un cuerpo de masa m ; peso $p = mg$; y volumen V , se define:

Densidad absoluta (o masa específica) a la relación entre la masa del cuerpo y el volumen que ocupa.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Y por tanto:

$$m = \rho V$$

Densidad relativa: relación entre la masa del cuerpo y la masa de un volumen igual de agua.

$$\rho_r = \frac{m}{m_{H_2O}}$$

Peso específico absoluto: relación entre el peso del cuerpo y el volumen que ocupa.

$$P_e = \frac{W}{V} = \frac{mg}{V} = \rho g$$



Y por tanto

$$W = P_e V = \rho g V$$



Peso específico relativo: relación entre el peso del cuerpo y el peso de un volumen de agua:

$$P_{er} = \frac{W}{W_{H_2O}} = \frac{mg}{m_{H_2O}g} = \frac{m}{m_{H_2O}} = \rho_r$$

Como ves, la densidad relativa y el peso específico relativo, que son conceptos distintos, vienen expresados por el mismo número abstracto.

La densidad absoluta o masa específica se mide en Kg/m^3 y más usualmente en Kg/dm^3 y en gr/cm^3 .

El peso específico absoluto se mide en N/m^3 y más frecuentemente en kp/dm^3 y en pondios/cm^3 .



Tabla de densidades

Sustancia ó Material	densidad (gr/cm ³)
Aire	0.0012
Etanol	0.81
Benceno	0.90
Hielo	0.92
Agua	1.0
Agua de mar	1.03
Sangre	1.06
Glicerina	1.26
Hormigón	2
Aluminio	2.7
Hierro, Acero	7.8
Latón	8.6
Cobre	8.9
Plata	10.5
Plomo	11.3
Mercurio	13.6
Oro	19.3
Platino	21.4



Otro concepto que resulta importante es la **gravedad específica** que se define como la relación de la densidad de la sustancia con respecto a la del agua. También se le conoce como densidad relativa.



EJEMPLOS

- 1) Un gas se comprime de modo que su volumen se reduzca a la mitad. ¿Qué le ocurre a la densidad del gas? ¿Qué le ocurre a la densidad del gas si se expande hasta que su volumen se triplique?



SOLUCIÓN

Al reducir el volumen a la mitad, la densidad aumenta al doble

Originalmente la densidad es $\rho = \frac{m}{V}$

Reducción a la mitad del volumen $\rho = \frac{m}{V/2} = \frac{2m}{V} = 2\rho$

Al triplicarse el volumen, $\rho = \frac{m}{3V} = \frac{1}{3} \rho$

- 2) En general, las dimensiones de un cuerpo aumentan cuando se eleva su temperatura. ¿Qué le ocurre a la densidad del cuerpo?

SOLUCIÓN

Aumenta el volumen y por lo tanto disminuye su densidad.

- 3) Sabiendo que la densidad del agua de mar es 1.026 g/cm^3 , ¿Qué volumen de agua es necesario evaporar para obtener 1000 Kg de sal?

. ρ (agua dulce o potable) = 1 g/cm^3

SOLUCIÓN

Obtenemos 0.026 g por cada cm^3 de agua de mar

Volumen (agua de mar)	Masa (sal)	
1 cm^3	0.026 grs	
$1000 \text{ cm}^3 = 1 \text{ litro}$	26 grs	
$1000 \text{ litros} = 1 \text{ m}^3$	26000 grs = 26 Kg	
38.46 m^3	1000 Kg	

Entonces por cada 1000 Kg= 1000000 g de agua, cuantos cm^3 requerimos?



$$\text{Vol} = 1000000/0.026 = 38461538. \text{ cm}^3 = 38.46 \text{ m}^3 = 38461538 \text{ litros}$$

- 4) ¿Qué volumen ocupan 0.4 Kg de alcohol? ¿Cuál es el peso de este volumen?



SOLUCIÓN

0.4 Kg = 400 gramos si habláramos de agua

$$V = m / \rho = 400 \text{ g} / 0.8 \text{ g/cm}^3 = 500 \text{ cm}^3 = 0.000500 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso} = W = mg = 0.4 \text{ Kg} \times 10 \text{ m/s}^2 = 4 \text{ N}$$

$$\text{Peso Específico} = W/V = \text{peso/volumen} = 4\text{N}/0.5 \text{ litros} = 8 \text{ N/litro}$$

$$\text{Peso específico} = 4\text{N}/0.000500 \text{ m}^3$$

5. Qué volumen de agua tiene la misma masa que 100 cm³ de plomo? ¿Cuál es el peso específico del plomo?

Actividad Experimental

Aprovecharemos los recursos digitales que hay en internet

Entonces en el navegador, por ejemplo, google chrome, buscamos Universidad de Colorado y ahí le damos phet o simulaciones.

Ahí encontramos un botón con el nombre de simulaciones, al colocar el puntero, se abre un menú y ahí presionamos el botón de física.

Aparecerán una serie de simulaciones, ubicamos el de **densidad** y hacemos doble click.

Se puede llegar directamente si abres la siguiente dirección:

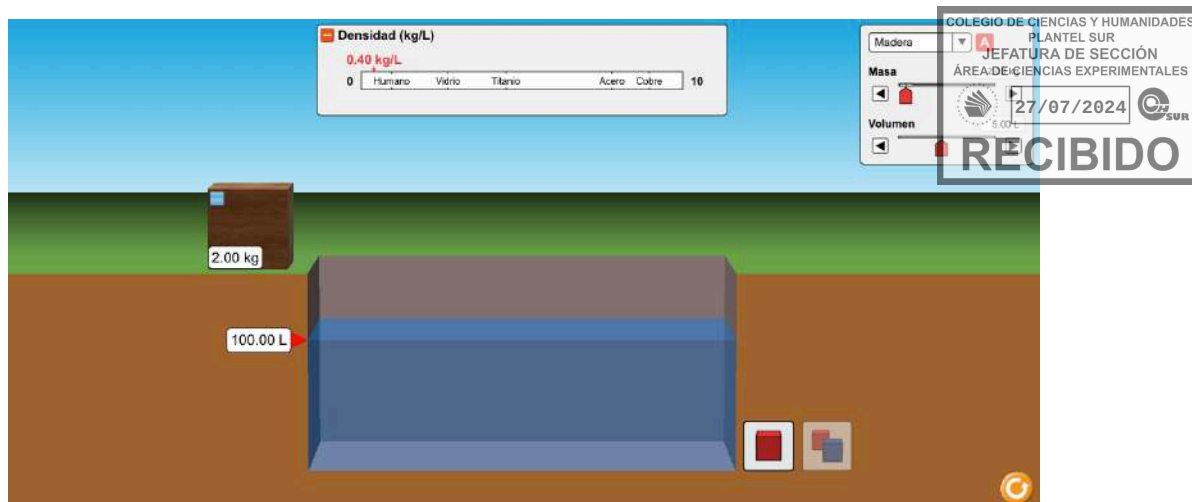
https://phet.colorado.edu/sims/html/density/latest/density_all.html?locale=es

Para trabajar y aprender, sigue las siguientes etapas:

- I. Exploración



Aprieta el botón “*introducción*”, se abre la siguiente página



- II. Para cada bloque que puedes escoger, tienes en el lado superior derecho tanto su masa como su volumen y en la parte central superior aparece el valor de su densidad. Como referencia aparecen las densidades de materiales como el propio ser humano, el vidrio entre otros. Observa que el nivel del agua está marcado con 100 Litros.
- III. El bloque de la imagen es de madera y su densidad es 0.40 Kg/L. Arrastra el bloque y déjalo caer en el recipiente con agua. Puedes observar que el nivel del agua subió a 102 L. Entonces, contesta las siguientes preguntas
 - a) ¿Cuántos litros de agua desplazó el bloque? _____
 - b) Si el volumen indicado en el lado superior derecho es 5 L. ¿Cuánto de ese volumen quedó sumergido? _____
 - c) Si sabemos que la densidad del agua es de $1 \text{ gr/cm}^3 = 1 \text{ Kg/L}$, determina la gravedad específica de la madera _____
 - d) Ahora, cambia el tipo de material por ejemplo, hielo. ¿qué observas? ¿flota? ¿cuánto volumen de los 5 litros, está sumergido? _____
 ¿qué porcentaje de volumen está sumergido de hielo respecto a su volumen total? _____
 ¿Cuánto es su densidad?, ¿coinciden?



- e) Finalmente, comprueba las densidades de los demás materiales y checa que aquellos que tienen mayor densidad que el agua, se hundan y los que no, flotan.
- f) A final, en el tercer icono que dice “*misterio*” hay bloque que no sabemos de que material se trata, pero si mides su masa en una báscula que aparece en la imagen y mides su volumen, puedes calcular su densidad e identificar de que material se trata..



ACTIVIDAD: Lectura de Comprensión

La siguiente lectura se refiere a una noticia catastrófica ocurrida en España, un derrame de petróleo. Al mismo tiempo es un hecho que causa un desequilibrio entre la naturaleza y la actividad humana. Contesta las siguientes preguntas:

1. Investiga la densidad del petróleo y escríbela _____
2. ¿Cómo es su valor con respecto a la densidad del agua? _____
3. ¿A qué profundidad se hundió el “prestige” el 19 de enero de 2002?
4. ¿Cuántas toneladas de petróleo llevaba el barco petrolero “prestige”?
5. A pesar de que se pensaba que el petróleo se podría congelar ante las bajas a esa profundidad, el petróleo seguía fluyendo. ¿a qué se debe esa capacidad?
6. A tu entender. En ese momento había dos caminos, llevar el buque a un puerto cercano, la Coruña e intentar repararlo con riesgo de contaminar más rápido y abundantemente la costa o lo que se hizo, alejarlo de la costa, mar adentro para alejar la contaminación, que de todos modos se dio, o si tuvieras otra idea. ¿qué hubieras hecho tú?



España al aceite

UN BUQUETANQUE HUNDIDO PODRÍA MANCHAR A ESPAÑA POR DÉCADAS LUIS MIGUEL ARIZA

Miles de toneladas de petróleo siguen en las secciones de proa y popa del *Prestige*, el buquetanque que se partió a la mitad frente a las costas noroccidentales de España el 19 de noviembre de 2002. Se hundió a más de 3,500 metros de profundidad en el océano Atlántico, a unos 200 kilómetros de

Galicia. Por las 20 grietas del casco se filtraron toneladas de combustible en forma de cuerdas negras semisólidas y emergieron a la superficie. Ha sido el peor desastre ecológico de la historia de España, impide la pesca costera y contamina las playas. El barco derramó ya cerca de 30,000 toneladas del combustible y los inves-

DONNA McWILLIAM AP Photo



SCIENTIFIC AMERICAN *Mexico* 11



escáner

NOTICIOSO

¿DEMASIADO RESBALOSO PARA CONTROLARLO?

Los investigadores han propuesto varias formas de manejar el petróleo restante en el *Prestige*, ninguna de las cuales es la ideal. Sepultar los restos con concreto, arena o plástico sería una operación subacuática difícil. Hacer estallar el casco y recuperar el petróleo liberado en la superficie con desnatadoras montadas en barcos dependería mucho de las condiciones climáticas: las aguas picadas podrían dispersarlo.

La mejor táctica podría ser bombear directamente el combustible. La compañía holandesa Smit, que rescató el submarino ruso *Kursk*, diseñó un sistema que recuperó el petróleo de dos buques que yacían a 80 metros de profundidad cerca de Bussan, Corea. "Bajamos con pequeños robots que abrieron agujeros en el tanque", explica Lars Walder, vocero de Smit. "Mezclamos el petróleo con agua caliente o con un tipo especial de aceite de linaza, para que se hiciera más fluido y pudiéramos extraerlo por bombeo." Sin embargo, la compañía admite que aún tiene que perfeccionar la técnica para trabajar a profundidades de más de 2,000 metros.

tigadores no saben cuándo se detendrá la filtración.

En un principio, los científicos pensaron que el combustible se congelaría: el petróleo es fluido a 6°C y las aguas profundas alrededor del naufragio están a 2.75°C. Los especialistas piensan que el *Prestige* zarpó de Ventspils, Lituania, en el mar Báltico, con 77,000 toneladas a 50°C. Pero nadie sabe a qué temperatura está ahora el combustible. Según Malcolm L. Spaulding, profesor de ingeniería oceanográfica de la Universidad de Rhode Island, ha sido muy difícil calcular el tiempo de enfriamiento del petróleo en la popa y la proa, que están separadas 2.5 kilómetros. En principio, el combustible en contacto con las paredes externas del casco, se enfría más rápido que el del centro del tanque.

El tiempo requerido para que se enfríe todo el petróleo depende de la cantidad y ritmo de mezclado, factor decisivo "que complica la transferencia de calor del petróleo a las paredes del tanque y, finalmente, al agua de mar", explica Spaulding. Si el petróleo se mezcló bien, toda la carga se habría enfriado y congelado en 40 días. Pero eso no sucedió, señala Spaulding, porque quizá el mezclado se redujo sustancialmente. Y ahora anticipa "un tiempo de enfriamiento de muchos meses hasta varios años".

Michel Girin, director del Centro Francés de Documentación, Investigación y Experimentación en Contaminación Accidental de las Aguas, dice que como el combustible que escapa por las grietas quizá no viene del centro, el *Prestige* será "una fuente permanente de contaminación". Simulaciones hechas en cámara de presión, que reproducen las condiciones del buque (a unas 100 atmósferas), revelaron que el combustible jamás se solidificará. "Hemos visto que continúa fluyendo incluso a -10°C", señala Jean Croquette, del Instituto Francés para el Aprovechamiento del Mar. "La densidad del petróleo es más baja que la del agua del mar, por lo que conserva la capacidad de fluir." Eso significa que la fuga no se detendrá, agrega.

Según la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de Estados Unidos, muchos barcos hundidos siguen derramando considerables cantidades de petróleo décadas después de su naufragio. El SS *Jacob Luckenbach*, carguero que se hundió en 1953 frente a las costas de San Francisco, causó "derrames misteriosos" en el área de la bahía, hasta que el año pasado fueron identificados y se eliminó gran parte del petróleo. El petrolero *Nakhodka*, que en 1997 se hundió a 2.5 kilómetros de la isla japonesa de Honshu, sigue tirando pequeñas cantidades de combustible, agrega Girin.

Para impedir que llegue a las costas de España más chapapote del *Prestige*, una comisión de científicos españoles usó el sumergible francés *Nautilus* para parchar las grietas. En enero de



FIN IGDOMINIOSO del *Prestige*, cargado con 77,000 toneladas de combustible, al partirse a la mitad frente a las costas de España en noviembre de 2002. Su carga quizá contamine las costas durante décadas.

este año, el *Nautilus* bloqueó 17 de las 20 rupturas con placas de acero o tapas en forma de campana, lo que redujo el ritmo de filtrado, que pasó de 120 toneladas al día, poco después del hundimiento, a unas cuantas toneladas para mediados de febrero. Emilio Lora Tamayo, jefe de la comisión, admite que los parches no durarán para siempre y necesitan mantenimiento continuo. Incluso el sellado total sería sólo una solución temporal: los investigadores calculan que el casco del buque tanque se erosionará y resquebrajará en 23 a 40 años. La neutralización del *Prestige*, señala Tamayo, "es un problema tecnológico que nunca habíamos enfrentado".

Luis Miguel Ariza es escritor científico y reside en Barcelona, España.

REUTERS NEWMEDIA, INC. Corbis

Para ampliar este tema puedes observar el siguiente video de la RTVE Noticias 20 años después

<https://www.google.com/search?q=hundimiento+del+prestige+2002&oq=hundimiento+del+prestige&aqs=chrome.1.69i57j0i512l2j0i22i30l3j0i512i546l2.8107j0j15&sourceid=chrome&ie=UTF-8#fpstate=ive&vld=cid:854a436d,vid:aBSXY6MkhQg,st:0>



También se te recomienda el artículo de National Geographic en la siguiente dirección de internet

https://www.nationalgeographic.com.es/medio-ambiente/vertidos-petroleo-recuerdo-catastrofe-prestige_19078

CIERRE

EJERCICIOS

1. ¿Qué volumen de agua tiene la misma masa que 100 cm^3 de oro? Considera la densidad del oro 19300 Kg/m^3
2. Compras una pieza rectangular de metal que tiene dimensiones de $5 \text{ mm} \times 15 \text{ mm} \times 30 \text{ mm}$ y masa de 0.0158 Kg . El vendedor te dice que el metal es oro. Para comprobar esto, calcula la densidad promedio de la pieza. ¿qué valor obtienes? ¿te engañaron?
3. Un secuestrador demanda un cubo de 40 Kg de `platino como rescate. ¿cuál es la longitud de sus lados?
4. Un tubo de cobre cilíndrico hueco tiene 1.50 m de longitud y tiene un diámetro exterior de 3.50 cm y un diámetro interior de 2.50 cm . ¿cuánto pesa?
5. Una botella tiene una masa de 35 gramos cuando está vacía y de 98.44 gramos cuando está llena con agua. Cuando está llena con otro fluido la masa es de 89.22 gramos . ¿cuál es la gravedad específica de este otro fluido?



COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
PLANTEL SUR
JEFATURA DE SECCIÓN
ÁREA DE CIENCIAS EXPERIMENTALES

27/07/2024

RECIBIDO

6. Un trozo de metal de 8.6 Kg desplaza 1 litro de agua cuando se sumerge en ella. Calcula su densidad.

a) 8.6 litros/Kg c) 86 litros/kg
b) 86 N/Kg d) 8.6 Kg/litro

7. Una botella vacía tiene una masa de 212 gramos y un volumen interior de 750 cm^3 . Al llenarla de aceite, su masa resulta ser 836 gramos. ¿cuál es la masa del aceite?

a) 212 gramos c) 624 gramos
b) 836 gramos d) 1048 gramos

8. ¿cuál es la densidad del aceite del ejercicio anterior?

a) 0.28 g/cm^3 c) 0.83 g/cm^3
b) 1.11 g/cm^3 d) 1.39 g/cm^3

9. Un cuerpo flota en un liquido, debido a que:

a) Su densidad es menor que la del liquido.
b) Su peso es mayor que el empuje
c) Su masa y el empuje son iguales
d) Su densidad es mayor que la del líquido.



APRENDIZAJES	TEMÁTICAS
El Alumno: 2. Describe con dibujos los principios básicos de la presión de fluidos.	Medición de la presión de un fluido.



APERTURA

Preguntas Generadoras

- a) Una fuerza aplicada a un clavo sobre su cabeza hace que penetre en un cuerpo (pared, madera, etc.).
En cambio, aplicada sobre su punta, difícilmente se lograría ese efecto.
- b) Un bloque metálico se hunde más en la arena cuando se apoya sobre la cara de menor superficie que cuando lo hace en la superficie mayor.
- c) EXPLICA
- ¿Por qué te pones esquíes o raquetas para andar por la nieve?
 - ¿Qué harías si cayeses en un terreno pantanoso?
 - ¿Por qué corta mejor un cuchillo afilado que uno romo?

DESARROLLO

Esto da origen a una nueva magnitud física, denominada PRESIÓN, que se define así:

Presión es la relación que existe entre la fuerza aplicada y la superficie sobre la que actúa.

Matemáticamente lo expresaríamos así:



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

Y, por tanto:

$$F = pA$$

Fíjate: Fuerza y presión son magnitudes distintas; pero no independientes.

Unidades

Se deducen a partir de la expresión general $p = F/A$ y son:

- a) En el Sistema Internacional, el N/m^2 , definido así: Es la presión ejercida por un newton al actuar sobre una superficie de un metro cuadrado.

Como ésta es una presión pequeñísima, en la práctica son más usuales las siguientes:

- b) La atmósfera técnica: presión ejercida por un kilopondio al actuar sobre una superficie de un centímetro cuadrado.
- c) La atmósfera física: presión ejercida por el peso de una columna de mercurio de 76 cm de altura y 1 cm^2 de sección, a 0°C , al actuar sobre una superficie de un centímetro cuadrado.
- d) La baria: presión ejercida por una dina ($1 \text{ dina} = 10^{-5} \text{ N}$) al actuar sobre una superficie de un centímetro cuadrado.

Calcula:

¿A cuánto equivale una atmósfera técnica? Expresa el resultado en N/m^2 .

¿Y una atmósfera física?

¿A cuantas barías equivale 1 N/m^2 ?



Presión Hidrostática

Variación de la presión con la altura en un fluido

Si la presión en un punto dentro de un fluido es p_0 , entonces, en un punto dentro del fluido a una distancia h sobre este punto, la presión es

$$p = p_0 - \rho gh \quad \text{variación de la presión con la altura}$$

Cuando h es positiva, p es menor que p_0 ; cuando h es negativa (es decir, un punto más profundo en el fluido que el nivel de referencia $h=0$), p es más grande que p_0 , como esperaríamos. La presión aumenta con la profundidad: Cuando disminuimos h , se incrementa p

Si llamamos P_e al peso específico del líquido y V al volumen de la masa líquida existente sobre la lámina tendremos según lo expresado anteriormente:

$$F = W = P_e V$$

Y como

$$V = A h$$

$$F = P_e A h$$

Esta fuerza al actuar sobre la superficie de la lámina dará origen a una presión, cuyo valor será:

$$p = \frac{F}{A} = \frac{P_e h A}{A} = h P_e$$

O también

$$p = h \rho g$$

A esta presión se la denomina PRESIÓN HIDROSTÁTICA y se define así:

Presión hidrostática es la presión que ejerce un líquido en virtud de su peso sobre la superficie de todo cuerpo en contacto con él.



Como puedes ver, la presión hidrostática depende exclusivamente del peso específico del líquido y de la altura (profundidad) a que se encuentra la superficie del cuerpo.

Por tanto, pondremos enunciar:



En un líquido homogéneo todos los puntos de una superficie horizontal están sometidos a la misma presión.

Ejemplo

¿Qué presión soporta un buzo sumergido a 60 m de profundidad? Densidad del agua del mar: 1.03 Kg/dm^3 .

Solución

$$1.03 \text{ Kg/dm}^3 = 1\,030 \text{ Kg/m}^3$$

$$p = hP_e = h\rho g = (60 \text{ m}) \left(1\,030 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}\right) \left(10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) = 618\,000 \text{ N/m}^2$$

EJEMPLO

¿Qué altura debe tener una columna de alcohol ($\rho = 0.8 \text{ Kg/dm}^3$) para que ejerza la misma presión que otra de mercurio ($\rho = 13.6 \text{ Kg/dm}^3$) de 25 cm de altura?

Solución:

$$13.6 \text{ Kg/dm}^3 = 13\,600 \text{ Kg/m}^3$$

$$25 \text{ cm} = 0.25 \text{ m}$$

$$0.8 \text{ Kg/dm}^3 = 800 \text{ Kg/m}^3$$

$$\frac{h_{\text{alcohol}}}{0.25} = \frac{13\,600}{800}$$

De donde:

$$h_{\text{alcohol}} = 4.25 \text{ m}$$



APRENDIZAJES

El Alumno:

- 3. **Comprende** la relación entre la presión absoluta, la presión manométrica y la presión atmosférica.

TEMÁTICAS

- Presión absoluta.
- Presión manométrica.
- Presión atmosférica.

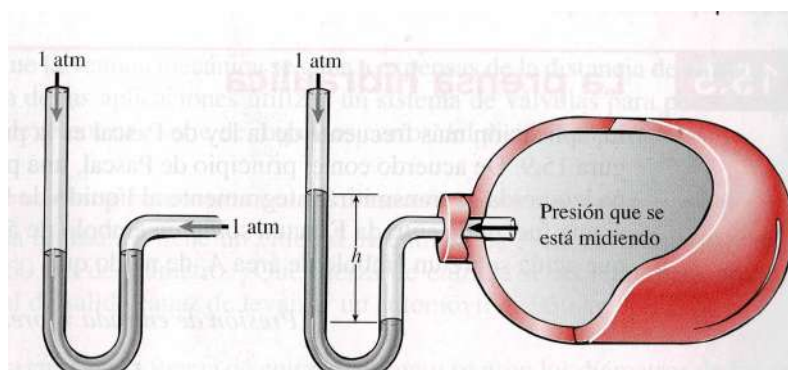


Presión Manométrica y Presión Absoluta

El manómetro más simple es el manómetro de tubo abierto, mostrado en la figura. El tubo con forma de *U* contiene un líquido; un extremo del tubo está conectado al contenedor en el cual la presión es medida, y el otro extremo está abierto a la atmosfera a presión p_{atm} . De acuerdo al Principio de Pascal, la presión en los extremos del tubo en el nivel marcado con $h=0$ deben ser iguales.. En el lado izquierdo, la presión a esta altura es p_0 , y en el lado derecho la presión es $p_{atm} + \rho gh$. Igualando éstas dos expresiones, encontramos que

$$P_0 = p_{atm} + \rho gh \quad \text{y por tanto} \quad p_{manométrica} = \rho gh$$

En la ecuación anterior, la presión p_0 es la presión absoluta; la diferencia $p_0 - p_{atm}$ entre la presión absoluta y la atmosférica es la presión manométrica. Así, la presión manométrica es proporcional a la diferencia de altura h de las columnas de líquido en ambos lados del tubo.



Otro instrumento para medir la presión común es el **barómetro de mercurio**; consiste de un tubo largo de vidrio, cerrado por un extremo y ha sido llenado con mercurio y luego invertido en un recipiente con



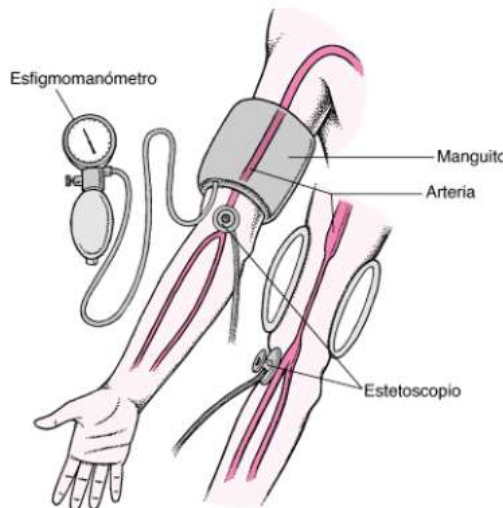
mercurio, como se muestra en la figura. El espacio sobre la columna de mercurio contiene solamente vapor de mercurio; la presión del vapor es despreciablemente pequeña, de tal manera que la presión sobre la columna de mercurio es prácticamente cero.

De la ecuación $P_0 = p_{atm} + \rho gh$, con $p = 0$ y $p_0 = p_{atm}$

$$P_{atm} = \rho gh$$

Medición de la Presión Arterial

Las mediciones de la presión sanguínea son una herramienta de diagnóstico importante en la medicina. Las lecturas de la presión sanguínea, tal como 130/80, se refiere a las presiones manométricas máxima y mínima en las arterias, medidas en mm de Hg o torr. La presión sanguínea varía con la altura; el punto de referencia estándar es la parte superior del brazo, a nivel del corazón.



Para ahondar en este tema, te sugiero que visites y leas la siguiente página

<https://www.msdmanuals.com/es-mx/hogar/multimedia/image/medici%C3%B3n-de-la-presi%C3%B3n-arterial>



Presión Atmosférica

La presión del aire en un punto determinado de la Tierra varía ligeramente de acuerdo con el clima atmosférico. Al nivel del mar la presión de la atmósfera, en promedio, es igual a $1.013 \times 10^5 \text{ N/m}^2$. Este valor se usa para definir una unidad de presión comúnmente usada, la **atmósfera** (abreviada atm):

$$1 \text{ atm} = 1.013 \times 10^5 \text{ N/m}^2 = 101.3 \text{ KPa}$$

Otra unidad de presión empleada con frecuencia (en meteorología y en mapas del tiempo) es el **bar**, que se define como

$$1 \text{ bar} = 1.000 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

Así, la presión atmosférica estándar es ligeramente mayor que 1 bar.

La presión que se debe al peso de la atmosfera se ejerce sobre todos los objetos inmersos en este gran mar de aire, incluidos nuestros cuerpos.

¿Cómo resiste un cuerpo humano la enorme presión sobre su superficie?

La respuesta es que las células vivas mantienen una presión interna que equilibra la presión externa, de igual forma como la presión interna de un globo casi iguala a la presión externa de la atmosfera. Un neumático, gracias a su rigidez, puede mantener presiones internas mucho mayores que la presión externa.

Se sugiere leer acerca del mal de montaña que no es otra cosa que la disminución de oxígeno por la disminución de presión atmosférica con la altura.

<https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/000133.htm>



EJEMPLOS

8. ¿Cuánta presión ejerce una persona de 70 Kg sentada en una tabla de 1 m² (el peso de la tabla es despreciable)? Determina la presión si el área fuera de 0.5 m² y también para 0.25 m² con la misma persona



SOLUCIÓN

$$P = mg / A = 70 \text{ Kg} \times 10 \text{ m/s}^2 / 1 \text{ m}^2 = 700 \text{ pa}$$

$$\text{Si } A = 0.5 \text{ m}^2, \quad P = 700 / 0.5 = 1400 \text{ pa}$$

$$\text{Si } A = 0.25 \text{ m}^2, \quad P = 700 / 0.25 \text{ m}^2 = 2800 \text{ pa}$$

CIERRE

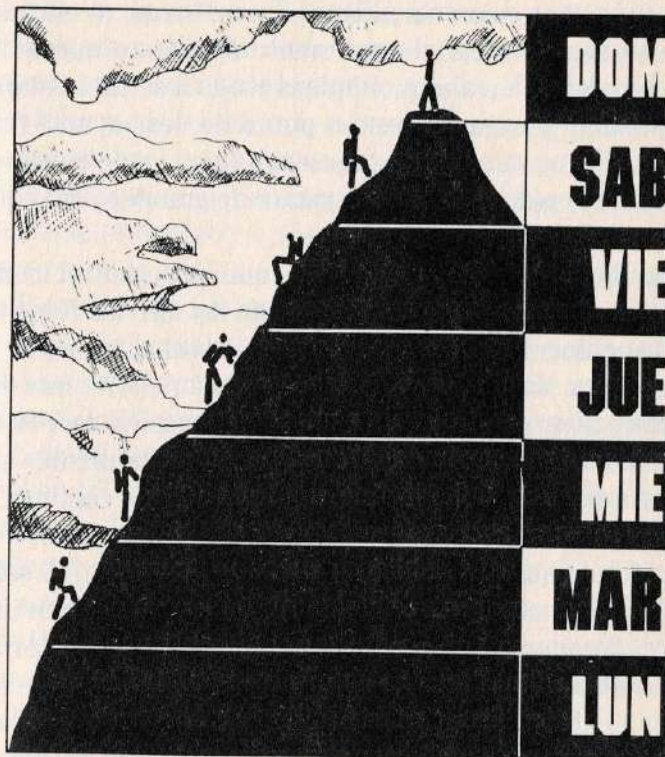
ACTIVIDAD: Lectura de Comprensión

Lee con cuidado y atención la siguiente lectura respecto a los afectos de la presión atmosférica y contesta las preguntas al final de la misma



SEIS

EL CUERPO HUMANO EN DÍAS



A más de 4200 metros de altura sobre el nivel del mar, en la Cordillera de los Andes, en Perú, aquel estudiante llegado de Estados Unidos y nativo de la ciudad de Nueva York, siente que se congela y pasa además un mal rato al encontrar cierta dificultad para respirar en esa atmósfera enrarecida. Permanece por lo tanto inmóvil cerca de la vagoneta Ford azul que lo condujo hasta ese sitio en compañía de sus seis camaradas, los cuales en ese mismo momento disfrutaban de la magnífica vista que se extiende ante ellos desde ahí. A él, sin embargo, el frío vien-



to glacial le golpea el rostro y le impide concentrarse en la belleza del paisaje. Para conseguir mantenerse caliente baja sobre la cabeza la capucha que está unida a su abrigo esquimal, pero nada le sirve. No puede dejar de tiritar.

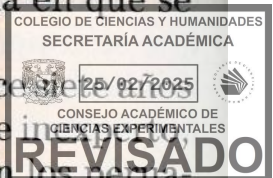
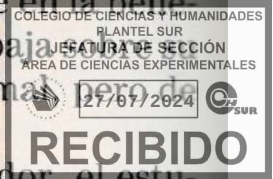
A pesar del aire enrarecido y del frío entumecedor, el estudiante aquél insiste en tomar fotografías del lago semihelado que se encuentra adelante, a unos sesenta metros, así como de las montañas que dominan el lago. Sin embargo, al encaminarse animosamente hacia el agua siente de pronto que le asalta un terrible dolor de cabeza, empieza luego a sentirse mareado, con náuseas, y piensa que está a punto de desmayarse pues se da cuenta de que su corazón golpea con fuerza y de que su pulso resuena en sus oídos como si se tratara de grandes pesas que rebotaran sobre timbales.

El conductor de la camioneta grita que ha llegado el momento de partir, por lo que el estudiante toma las últimas fotos de las montañas cubiertas de nieve y enseguida echa a correr rumbo a la camioneta. No obstante, apenas si llega a recorrer una distancia de cinco metros antes de empezar a dar traspiés, caer en tierra y casi perder el conocimiento a causa de la falta de aire que siente. Se levanta poco a poco, sin embargo, empieza a caminar, pero al hacerlo tiene la sensación de avanzar a través de un lodazal muy profundo en el que se hunde hasta las caderas. El solo hecho de levantar cada una de sus piernas se convierte en una tarea verdaderamente difícil, tanto que más bien parecería que alzara troncos de árbol con los dedos de los pies. Para conseguir recobrar el aliento aspira grandes bocanadas de aire helado, a pesar de lo cual no deja de sentirse sofocado. Está un poco nervioso.

Dos de sus camaradas que han permanecido en la camioneta, dos mujeres peruanas que obviamente conocen los efectos del aire enrarecido, se niegan a salir del vehículo, sonríen y sacuden la cabeza en señal de incredulidad ante la forma en que se comporta el pobre e insensato estadounidense.

Aquel ingenuo turista que vivió tal experiencia hace siete años no era otro sino el autor del presente libro. Estudiante que había viajado hasta el "altiplano", ⁽¹⁾ como lo llaman los peruanos, e incluso había llegado a mayores altitudes en las monta-

(1) En español en el original.



ñas, más allá de donde aun los líquenes dejan de crecer, y todo ello sólo para hacer turismo. Como suele ocurrir a muchos visitantes que llegan por primera vez a aquellas tierras, su cuerpo no estaba habituado a respirar un aire enrarecido.

Por extraño que parezca, de haber permanecido ahí durante algunos días más (algo que aquel muchacho no se hallaba dispuesto a hacer) habría empezado a adaptarse a la falta de oxígeno y luego, al cabo de treinta o, mejor aún, de noventa días, su cuerpo habría llegado a adaptarse casi completamente a las circunstancias que lo rodeaban: habría podido respirar con mayor facilidad y del mismo modo habría sido capaz de caminar rápidamente del lago a la camioneta y nuevamente de la camioneta al lago sin tener por ello la menor preocupación. ¿Cómo llega con el tiempo a adaptarse el cuerpo humano a tales condiciones?

Hace más de 300 años esa misma pregunta debió habérsela formulado más de un conquistador español que, aun a pesar del frenesí que los impulsaba a la destrucción de los incas que habitaban en las montañas del Perú, no dejaban de sentir miedo al tener que llegar a esas grandes alturas para establecer su dominio. “Existen lugares habitados en el Perú”, advirtió un soldado español en 1604, “y en los cuales la calidad del aire siega la vida de los hombres de fuera sin compasión alguna”. Fue a principios del siglo XIX cuando el notable cartógrafo y explorador Alexander von Humboldt explicó sus experiencias a 5000 metros de altura en los Andes. Humboldt observó el sangrado de encías, boca y ojos en quienes sufrían algunos de los efectos de la falta de oxígeno, un mal conocido como hipoxia.



La vida de una persona disminuye 14 minutos por cada cigarrillo que fuma.

A finales del siglo XVIII se desconocía la causa de la hipoxia, aunque se acababa de descubrir la importancia del daño que causaba. En 1774 Joseph Priestley, químico inglés de Yorkshire, descubrió un gas, y cuatro años más tarde, el parisino Antoine-Lavoisier dio a ese gas el nombre de “oxígeno” y explicó la función decisiva que tiene en la respiración. Sin embargo, Lavoisier nunca estableció la relación que existe entre el elemento



Preguntas

1. ¿Cuáles son los primeros síntomas de la altitud?
2. Explica porque el estudiante al regresar a la camioneta comienza a trastabillar?
3. ¿Cuántos días son necesarios aproximadamente para poderse adaptar a la altitud?
4. ¿Qué es la hipoxia?
5. Según Bert, hombre de ciencia francés, cual es la verdadera causa de la incapacidad de los conquistadores para tolerar las grandes alturas?
6. ¿quién descubrió el gas Oxígeno?
7. ¿quién le dio el nombre de oxígeno y explicó la función decisiva que tiene en la respiración?
8. ¿qué hace el organismo para compensar temporalmente la caída en la presión del oxígeno?
9. Para aclimatarse, ¿qué es lo que hace el cuerpo humano?



APRENDIZAJES	TEMÁTICAS
El Alumno: 4. Aplica los principios de Arquímedes y Pascal en la resolución de problemas.	• Principio de Pascal: La prensa hidráulica • Principio de Arquímedes: • Peso aparente. • Fuerza de flotación.

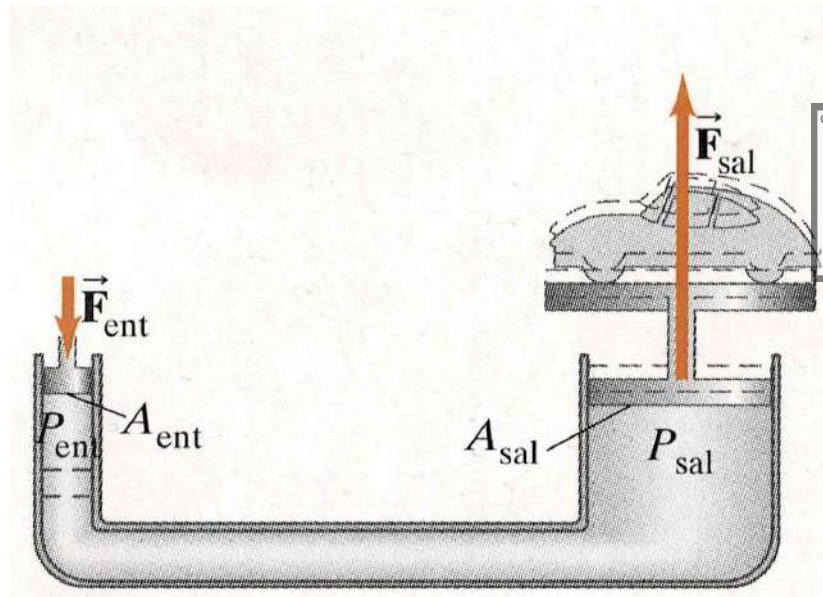


Principio de Pascal

La presión aplicada a un fluido encerrado es transmitida íntegramente, sin disminuir, a cada porción del fluido y las paredes del recipiente que las contiene. La presión solamente depende de la profundidad; la forma del contenedor no importa.

Varios dispositivos prácticos se basan en el Principio de Pascal. Un ejemplo es el elevador hidráulico o prensa hidráulica, ver figura, en el que se emplea una pequeña fuerza para ejercer una gran fuerza haciendo el área del pistón de salida mayor que el área del pistón de entrada. Para ver como funciona este dispositivo, supongamos que los pistones de entrada y salida están a la misma altura (por lo menos aproximadamente).





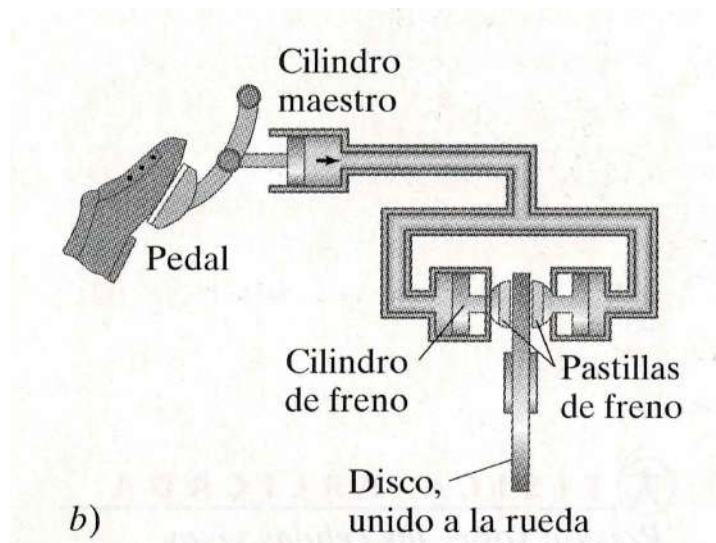
Entonces de acuerdo al Principio de Pascal

$$P_{sal} = P_{ent}$$

Por la definición de presión

$$\frac{F_s}{A_s} = \frac{F_e}{A_e}$$

Otro ejemplo de aplicación del Principio de Pascal es el sistema de frenado de un coche, el cual consiste de una prensa hidráulica, ver figura:



En este sistema, el área donde empuja el pedal es pequeña, la fuerza que se necesita es pequeña, pero en las ruedas el área de la prensa se multiplica, se hace grande por el número de ruedas y el número de pastillas que hacen contacto con la rueda, entonces en esta salida la fuerza es grande, se traban las ruedas y es posible detener por fricción al coche.



Otro ejemplo es el gato hidráulico: empleado en muchos talleres mecánicos, y de funcionamiento similar al de la prensa hidráulica.

TRANSMISIÓN DE PRESIONES. TEOREMA DE PASCAL.

Imagina que en el punto A de la masa de un líquido en equilibrio ejerces una presión p . Para que se cumpla el teorema fundamental de la hidrostática, en el punto B debe aparecer una presión adicional igual a la ejercida en A, de forma que verifique:

$$(p_b + p) - (p_a + p) = h \rho g$$

Es decir: el aumento de presión provocado en A se manifiesta, asimismo, en B.

Generalizando este razonamiento para todos los puntos del líquido, llegaríamos a este enunciado:

La **presión** ejercida sobre un punto de un líquido se transmite con la misma intensidad en todas las direcciones y sentidos (Principio de Pascal).





Ejemplo:

Los dos émbolos de una prensa hidráulica miden respectivamente 1 cm y 1 dm de radio. Sobre el menor se ejerce una fuerza constante de 50 Kp. ¿Qué fuerza se origina en el mayor?

Solución

Área del émbolo pequeño:

$$A_a = \pi r^2 = \pi (10^{-2} \text{ m})^2 = \pi \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

Área del émbolo grande:

$$A_b = \pi r^2 = \pi (10^{-1} \text{ m})^2 = \pi \times 10^{-2} \text{ m}^2$$

Por tanto:

$$\frac{f_a}{A_a} = \frac{F_b}{A_b}$$

De donde

$$F_b = \frac{f_a}{A_a} A_b = \frac{500 \text{ N}}{\pi \times 10^{-4} \text{ m}^2} (\pi \times 10^{-2} \text{ m}^2) = 5 \times 10^4 \text{ N}$$

EJEMPLOS DE PRINCIPIO DE PASCAL

EJEMPLO 1

1. En una presa hidráulica, si $F=20 \text{ N}$, $f=5 \text{ N}$, $A= 8 \text{ cm}^2$, entonces el valor de a es:

- a) 12.5 cm^2
b) 4 cm^2

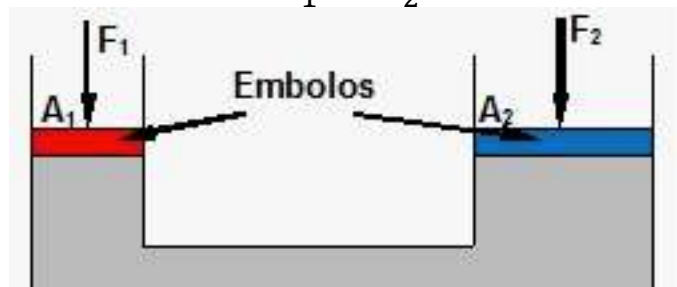
- c) 6 cm^2
d) 2 cm^2



SOLUCIÓN

FÓRMULA

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$



DATOS

Émbolo pequeño

$$F_1 = 5 \text{ N}$$

$$A_1 = X$$

Émbolo grande

$$F_2 = 20 \text{ N}$$

$$A_2 = 8 \text{ cm}^2$$

Nota: en este caso no hay necesidad de cambiar las unidades, se obtendrá área en cm^2

SUSTITUCIÓN

$$\frac{5 \text{ N}}{X} = \frac{20 \text{ N}}{8 \text{ cm}^2}$$

DESPEJE

$$\frac{(5 \text{ N})(8 \text{ cm}^2)}{20 \text{ N}} = X$$

RESULTADO

$$X = \frac{40 \text{ cm}^2}{20} = 2 \text{ cm}^2$$

EJEMPLO 2



¿Qué fuerza se debe aplicar al émbolo menor para levantar un peso de 500 N en el émbolo mayor, si el radio de las áreas circulares de los émbolos son $r_1 = 2 \text{ cm}$ y $r_2 = 10 \text{ cm}$ respectivamente, es decir, el radio del émbolo mayor es 5 veces el radio del émbolo menor. ¿La fuerza del émbolo mayor será 5 veces la fuerza del émbolo menor?



SOLUCIÓN

FÓRMULA

En este caso, la fórmula conviene expresarla en términos de los radios del área.

El área de un círculo es:

$$A = \pi r^2$$

Entonces, la fórmula de la prensa hidráulica será:

$$\frac{F_1}{\pi r_1^2} = \frac{F_2}{\pi r_2^2} \quad \text{pero } \pi \text{ se elimina y queda} \quad \frac{F_1}{r_1^2} = \frac{F_2}{r_2^2}$$

DATOS

$$\begin{aligned} F_1 &= X \\ r_1 &= 2 \text{ cm} \\ F_2 &= 500 \text{ N} \\ r_2 &= 10 \text{ cm} \end{aligned}$$

SUSTITUCIÓN

$$\frac{X}{(2 \text{ cm})^2} = \frac{500 \text{ N}}{(10 \text{ cm})^2}$$

DESPEJE

$$X = \frac{(500 \text{ N})(4 \text{ cm}^2)}{100 \text{ cm}^2} = \frac{2000}{100} \text{ N}$$

RESULTADO

$$\begin{aligned} X &= 20 \text{ N} \\ F_1 &= 20 \text{ N} \end{aligned}$$

VERIFICA QUE SE CUMPLE LA ECUACIÓN ORIGINAL

$$\frac{F_1}{r_1^2} = \frac{F_2}{r_2^2}$$



$$5 \text{ N/cm}^2 = \frac{20 \text{ N}}{(2 \text{ cm})^2} = \frac{500 \text{ N}}{(10 \text{ cm})^2} = 5 \text{ N/cm}^2$$

Esta es la razón por lo que con una pequeña fuerza que se aplica al pedal del freno de un coche, éste se puede detener, el sistema de frenos de un coche es una prensa hidráulica, émbolo de área pequeña en el pedal y émbolo de área grande en las llantas que se multiplica por 4.



Principio de Arquímedes

Cuando un cuerpo está completa o parcialmente sumergido en un fluido, el fluido ejerce una fuerza hacia arriba sobre el objeto equivalente al peso del fluido desplazado por el objeto. A esta fuerza se le llama **fuerza de flotación o empuje**

En términos matemáticos, la magnitud del empuje es

$$E = \rho g V$$

También la fuerza de empuje se puede calcular como la diferencia entre el peso en el aire y el peso en el líquido

$$E = W_{\text{aire}} - W_{\text{líquido}}$$

EJEMPLOS

- 1) Un cuerpo cuyo volumen es de 900 cm^3 tiene un peso aparente de 1.8 N cuando se le sumerge en alcohol (densidad $= 0.6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$). Calcule su peso en el aire y su densidad.

$$E = W_{\text{aire}} - W_{\text{alcohol}} = \rho g V$$

Sustitución

$$Mg - W_{\text{alcohol}} = \rho g V$$

$$Mg = \rho g V + W_{\text{alcohol}} = (0.6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3) (9.8 \text{ m/s}^2) (0.000900 \text{ m}^3) + 1.8 \text{ N}$$

$$Mg = 5.292 + 1.8 = 7.092 \text{ N}$$

En cuanto a su densidad, ya sabiendo el peso, podemos conocer su masa y luego la densidad porque ya se conoce el volumen



$$M = W/g = 7.092 \text{ N} / 9.8 \text{ m/s}^2 = 0.72 \text{ Kg}$$

$$\rho_{\text{cuerpo}} = \frac{M}{V} = \frac{0.72 \text{ Kg}}{0.00900 \text{ m}^3} = 800 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$



- 2) Un bloque de piedra cuya densidad es 2600 kg/m^3 pesa 4.8 N en el agua.
Hallar su peso en el aire.

$$W_{\text{aire}} = E + W_{\text{agua}} = \rho g V + 4.8 \text{ N}$$

Pongamos tanto el peso en el aire y el volumen en términos de la masa del cuerpo M

$$Mg = (\rho_{\text{liquido}}) \left(9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) \left(\frac{M}{\rho_{\text{piedra}}} \right) + 4.8 \text{ N}$$

$$9.8 M = (1000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}) \left(9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) \left(\frac{M}{2600 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}} \right) + 4.8 \text{ N} = 3.77 M + 4.8$$

$$9.8 M - 3.77 M = 4.8$$

$$6.03 M = 4.8$$

$$M = 4.8 / 6.03 \text{ Kg} = 0.79 \text{ Kg}$$

Por lo tanto, su peso es:

$$W = mg = (0.79 \text{ Kg}) (9.8 \text{ m/s}^2) = 7.74 \text{ N}$$

- 3) Un bloque de madera de 100 gramos tiene un volumen de 120 cm^3 . ¿podrá flotar en el agua?, ¿y en gasolina?

SOLUCIÓN

Obtengamos la densidad del bloque de madera y luego comparemos con la densidad del agua y de la gasolina

$$M = 100 \text{ g} = 0.1 \text{ Kg}$$

$$V = 120 \text{ cm}^3 = .00012 \text{ m}^3$$

$$\rho = \frac{M}{V} = \frac{0.1 \text{ Kg}}{0.00012 \text{ m}^3} = 833.33 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

Si vemos que la densidad del agua y la gasolina son:



$$\rho(\text{agua}) = 1000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$\rho(\text{gasolina}) = 680 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

Observamos que la densidad del bloque de madera es mayor que la de la gasolina, por lo tanto si se coloca en ella, el bloque de madera se hundirá.

Sin embargo, es menor que la del agua, por lo que si se coloca en agua, el bloque flotará.

- 4) Un cubo de acero de 0.30 metros de lado está suspendido de una báscula y se sumerge en agua. ¿cuál será la lectura de la báscula?

SOLUCIÓN

Primero, calculemos el volumen del cubo

$$V = L^3 = (0.30 \text{ m})^3 = 0.027 \text{ m}^3$$

Buscamos la densidad del acero

$$\rho(\text{acero}) = 7850 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

Ahora, calculamos su masa

$$M = \rho V = (7850 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}) (0.027 \text{ m}^3) = 211.95 \text{ Kg}$$

Y su peso será $W(\text{cubo de acero}) = mg = (211.95 \text{ Kg})(9.8 \text{ m/s}^2) = 2077.11 \text{ N}$

El empuje lo calculamos con la fórmula

$$E = \rho g V = \left(1000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}\right) \left(9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) (0.027 \text{ m}^3) = 264.6 \text{ N}$$

Entonces, recordando que

$$E = W_{\text{aire}} - W_{\text{liquido}}$$

Por tanto, despejamos W_{liquido}

$$W_{\text{liquido}} = W_{\text{aire}} - E = 2077.11 \text{ N} - 264.6 \text{ N} = 1812.51 \text{ N}$$



CIERRE

PREGUNTAS

1. Un cuerpo flota en un liquido, debido a que:
 - e) Su densidad es menor que la del liquido.
 - f) Su peso es mayor que el empuje
 - g) Su peso y el empuje son iguales
 - h) Su densidad es mayor que la del líquido.
2. La dirección de la fuerza de empuje es hacia:
 - a) Arriba en forma horizontal
 - b) Abajo en forma vertical
 - c) Arriba en forma vertical
 - d) Las caras laterales del recipiente.
3. La fuerza de empuje se considera
 - a) El peso del objeto y el peso del liquido desplazado
 - b) El peso del objeto
 - c) El peso del liquido desplazado
 - d) El peso de la parte del objeto que no se sumerge.
4. Cuando un cuerpo se sumerge en un liquido experimenta:
 - a) Una pérdida de peso
 - b) Una fuerza hacia arriba
 - c) Desplazamiento de un liquido
 - d) Una fuerza hacia abajo.
5. La magnitud de la fuerza de empuje es:
 - a) El peso del volumen del liquido desplazado
 - b) La masa del volumen del liquido desplazado
 - c) El peso del objeto
 - d) La masa del objeto.
6. La expresión matemática del Principio de Arquímedes es:
 - a) $E = \rho v g$
 - b) $E = m g$
 - c) $E = \rho g$
 - d) $E = m g / v$



7. El Principio de Arquímedes establece que:

- a) El empuje es igual al peso del volumen del fluido desplazado
- b) El empuje es igual al peso del líquido desplazado por un cuerpo al sumergirse en él.
- c) El empuje es una fuerza ascendente igual a la masa del líquido desplazado.
- d) El empuje es una fuerza ascendente igual a la densidad del líquido desplazado.

8. La dirección de la fuerza de empuje es hacia:

- e) La izquierda
- f) Abajo
- c) Arriba
- d) La derecha

9. La fuerza de empuje se considera

- e) El peso del objeto más el peso del líquido desplazado
- f) El peso del objeto
- g) El peso del líquido desplazado
- h) La masa de la parte del objeto que no se sumerge.

10. La expresión matemática del Principio de Arquímedes es:

- e) $E = \rho v g$
- f) $E = m g$
- c) $E = \rho g$
- d) $E = m g / v$

11. El peso de un cuerpo se define como

- a) Masa por aceleración
- b) Fuerza por distancia
- c) Velocidad por tiempo
- d) masa por g

12. Cuando un cuerpo se sumerge en un líquido recibe una fuerza de empuje, cuya magnitud es $E = \rho g V$, pero también equivale a:

- a) Peso(aire) – Peso (líquido)
- b) Peso (aire) + Peso (líquido)
- c) Peso (aire) / Peso (líquido)
- d) Peso (aire) X Peso (líquido)

13. Un pedazo de metal pesa 1600 N en el aire y 1400 N en el agua. ¿cuáles son la fuerza de empuje?

- a) 3200 N
- b) 200 N
- c) 2520 N
- d) 400 N



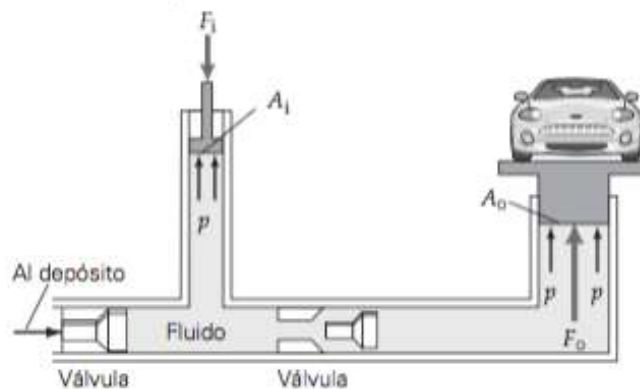
PROBLEMAS

- 1) ¿Qué volumen de agua tiene la misma masa que 100 cm^3 de oro?

Considera la densidad del oro 19300 Kg/m^3



- 2) Un elevador de taller mecánico tiene pistones de entrada y de levantamiento (salida) con diámetro de 10 y 40 cm respectivamente. Se usa el elevador para sostener un automóvil de 1500 Kg. ¿Qué fuerza se aplica al pistón de entrada? Considera que $A=\pi R^2$ y $a=\pi r^2$

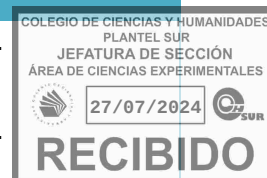


- 3) Cuando una corona de 0.80 Kg se sumerge en agua, su peso aparente es de 7.3 N. ¿la corona es de oro puro? Sugerencia, Determina el peso de la corona en el aire, luego determina el volumen de la corona y después obtén la densidad de la corona y compara con la densidad de la corona que es 19300 Kg/m^3 .
- 4) Un objeto pesa 8 N en el aire. Sin embargo su peso aparente cuando está totalmente sumergido en agua es de sólo 4 N. ¿Qué densidad tiene el objeto?
- 5) Cuando una corona de 0.60 Kg se sumerge en agua, su peso aparente es de 7.3 N. ¿la corona es de oro puro?



FLUIDOS EN MOVIMIENTO

APRENDIZAJES	TEMÁTICAS
El Alumno: • 5. Distingue entre flujo laminar y flujo turbulento • 6. Resuelve problemas que relacionen la razón de flujo con la velocidad y el área transversal • 7. Utiliza la ecuación de Bernoulli en su forma general y en sus casos particulares. • 8. Comprende que la ecuación de Bernoulli es una consecuencia de la ley de conservación de la energía mecánica.	Tipos de Flujo. • Laminar. • Turbulento. Gasto: • De masa. • De volumen. Ecuación de Bernoulli • Fluido en reposo, (teorema de Torricelli). • Flujo a presión constante. • Flujo a través de un tubo horizontal. • Ecuación de Bernoulli y ley de conservación de la energía mecánica.



APERTURA

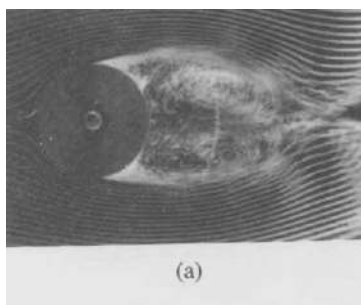
Preguntas Generadoras

1. ¿Qué entiendes por un flujo laminar?
2. ¿Qué entiendes por un flujo turbulento?
3. ¿Cuáles son las características de un flujo ideal?
4. ¿Qué implica que la masa del fluido que entra en el extremo de un tubo sea la misma que sale por el otro extremo de este?
5. ¿Cuáles son las características que debe tener un fluido para poder deducir la ecuación de Bernoulli?
6. ¿Cómo es la rapidez de un fluido que sale por un orificio, a una profundidad h , de un recipiente, según el teorema de Torricelli?



Desarrollo

Cuando un fluido está en movimiento, su flujo se puede caracterizar de dos maneras. Se dice que el flujo es **viscoso**, o **laminar**, si toda partícula que pasa por un punto específico se desplaza exactamente a lo largo de la trayectoria uniforme seguida por las partículas que pasaron antes por ese punto. La trayectoria se conoce como *línea de corriente* (figura a siguiente). Las diferentes líneas de corriente no pueden cruzarse unas a otras en esta condición de flujo estable, y la línea de corriente en cualquier punto coincide con la dirección de la velocidad del fluido en ese punto.



Por otra parte, el flujo de un fluido se hace irregular, o **turbulento**, cuando su velocidad es superior a cierto límite o en cualquier condición que cause cambios abruptos de velocidad. El flujo turbulento se caracteriza por movimientos irregulares del fluido, llamados *corrientes de remolino*, como se muestra en la figura b siguiente.



En el análisis del flujo de fluidos, el término *viscosidad* se aplica al grado de fricción interna en el fluido. Esta fricción interna está asociada con la resistencia entre dos capas adyacentes del fluido que se desplazan una respecto a la otra. Un



fluido como el queroseno, por ejemplo, tiene una viscosidad menor que el petróleo crudo o la melaza.

Muchas de las características del movimiento de los fluidos se comprenden examinando el comportamiento de un fluido ideal, el cual satisface las condiciones siguientes:



- 1) El fluido es no viscoso, es decir, no hay fuerzas de fricción internas entre capas adyacentes.
- 2) El fluido es incompresible, lo que significa que su densidad es constante.
- 3) El movimiento del fluido es estable; es decir, la velocidad, la densidad y la presión en cada punto del fluido no cambian en el tiempo.
- 4) El fluido se mueve sin turbulencia. Esto implica que cada elemento del fluido tiene una velocidad angular de cero en torno a su centro; esto es, no puede haber corrientes de remolino presentes en el fluido en movimiento.

Experimento

Llene un lavabo o una bañera con agua y, abriendo con cuidado el desagüe, observe el movimiento del agua al salir. Para un mejor efecto eche algún polvo sobre la superficie del agua. Haga un dibujo de cómo se mueve el agua.



Actividad

Ver los videos acerca del Flujo Laminar y Flujo Turbulento

<https://www.youtube.com/watch?v=jYFly6qoLgk>

<https://www.youtube.com/watch?v=ol5yxpsayhE>

Valora el vídeo con el formato para evaluar videos.

Evaluación de los videos

Fecha: _____

Nombre: _____

Grupo: _____

1. Escribe el Título del Vídeo.

2. Indica los conceptos, leyes o teorías más relevantes mencionadas en el vídeo.

3. Escribe tus comentarios sobre el video.

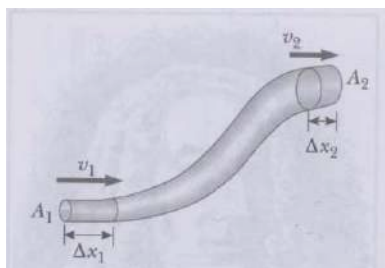
4. Realiza una sinopsis del video.

CCH. Análisis y evaluación de videos. México: UNAM



Ecuación de Continuidad

La figura siguiente representa un fluido que fluye en el interior de un tubo de tamaño no uniforme. Las partículas del fluido se desplazan a lo largo de las líneas de corriente en un flujo estable.



En un intervalo de tiempo pequeño, Δt , el fluido entra por el extremo inferior del tubo recorre una distancia $\Delta x_1 = v_1 \Delta t$, donde v_1 es la rapidez del fluido en este punto. Si A_1 es el área de la sección transversal en esta región, entonces la masa contenida en la región inferior más oscura es $\Delta M_1 = \rho A_1 \Delta x_1 = \rho A_1 v_1 \Delta t$, donde ρ es la densidad del fluido. Análogamente, el fluido que sale del extremo superior del tubo en el mismo intervalo, Δt , tiene una masa de $\Delta M_2 = \rho A_2 v_2 \Delta t$. Sin embargo, dado que la masa se conserva y el flujo es estable, la masa que entra por el fondo del tubo a través de A_1 en el tiempo Δt debe ser igual a la masa que sale a través de A_2 en el mismo intervalo. Por consiguiente, $\Delta M_1 = \Delta M_2$

Es decir,

$$\rho A_1 v_1 = \rho A_2 v_2 \quad (13)$$

La ecuación (13) se simplifica a

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \quad (14)$$

Esta expresión se conoce como **la ecuación de continuidad**. Con base en este resultado, vemos que **el producto de cualquier área de sección transversal del tubo por la rapidez del fluido en esa sección transversal es una constante**.



Por consiguiente, la rapidez es alta donde el tubo se estrecha y baja donde el tubo tiene un diámetro mayor.

El producto **Av** , cuyas dimensiones son de volumen por unidad de tiempo, se conoce como **gasto o razón de flujo de volumen**.



La condición $Av = \text{constante}$ es equivalente al hecho de que la cantidad de fluido que entra por un extremo del tubo en un intervalo de tiempo dado es igual a la cantidad de fluido que sale del tubo en el mismo intervalo, suponiendo que no haya fugas.

Son muchos los casos de la experiencia cotidiana en los que se observa la ecuación de continuidad en acción. Por ejemplo, solemos colocar el pulgar sobre el extremo abierto de una manguera de jardín para que el agua se disperse más lejos y con mayor velocidad. A medida que se reduce el área de sección transversal de la boquilla, las gotas de agua salen de la misma con mayor velocidad y se desplazan una distancia más larga.

Gasto

Cuando un líquido fluye a través de una tubería, es muy común hablar de su gasto, que por definición es: *la relación existente entre el volumen de líquido que fluye por un conducto y el tiempo que tarda en fluir.*

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

Donde

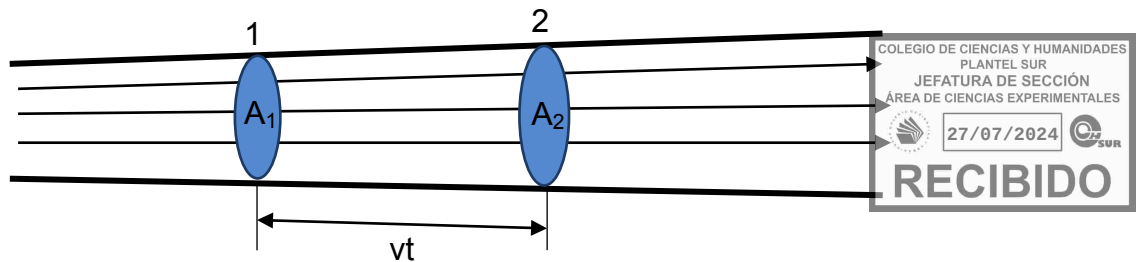
G = gasto en m^3/s

V = Volumen del líquido que fluye en metros cúbicos (m^3)

t = Tiempo que tarda en fluir el líquido en segundos (s)

El gasto también puede calcularse si se conoce la velocidad del líquido y el área de la sección transversal de la tubería.





El Volumen del líquido que fluye por la tubería es igual a $V = Avt$

Para conocer el volumen de líquido que pasa del punto 1 al punto 2 de la tubería, basta multiplicar entre sí el área, la velocidad del líquido y el tiempo que tarda en pasar por los puntos:

$$V = A v t$$

Y como

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

$$G = Av$$

donde

G = gasto en m^3/s

A = Área de la sección transversal del tubo en metros cuadrados (m^2)

v = velocidad del líquido en m/s

En el sistema CGS el gasto se mide en cm^3/s , o bien, en unidades prácticas como litros/segundo (l/s).

Flujo

Se define como la cantidad de masa del líquido que fluye a través de una tubería en un segundo.



$$F = \frac{m}{t}$$

Donde

F = flujo en Kg/s

m = masa del líquido que fluye en kilogramos (Kg)

t = tiempo que tarda en fluir en segundos (s)



Como la densidad de un cuerpo es la relación entre su masa y volumen tenemos:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Y entonces

$$m = \rho V$$

Por lo que

$$F = \frac{m}{t} = \frac{\rho V}{t}$$

Y como

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

Tenemos

$$F = \frac{\rho V}{t} = G\rho$$

$$F = G\rho$$

Donde

F = flujo en Kg/s

G = gasto en m³/s

ρ = densidad en Kg/m³



Ejemplo

Calcular el gasto de agua por una tubería al circular 1.5 m^3 en $\frac{1}{4}$ de minuto.

Solución

$$V = 1.5 \text{ m}^3$$

$$t = 15 \text{ s}$$

Por lo que

$$G = \frac{V}{t} = \frac{1.5 \text{ m}^3}{15 \text{ s}} = 0.1 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$



Ejercicio

Calcular el tiempo que tardará en llenarse un tanque cuya capacidad es de 10 m^3 al suministrarle un gasto de 40 l/s .



Ejemplo

Calcular el gasto de agua por una tubería de diámetro igual a 5.08 cm cuando la velocidad del líquido es de 4 m/s.

Solución

$$d = 5.08 \text{ cm} = 0.0508$$

$$v = 4 \text{ m/s}$$

Pero

$$G = Av$$

$$A = \frac{\pi}{4} d^2 = \frac{3.1416}{4} (0.0508 \text{ m})^2 = 0.002 \text{ m}^2$$

Por lo que

$$G = Av = (0.002 \text{ m}^2) \left(4 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right) = 0.008 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$



Ejercicio

Determinar el diámetro que debe tener una tubería, para que el gasto de agua sea de $0.3 \text{ m}^3/\text{s}$ a una velocidad de 8 m/s.



Problema

Por una tubería fluyen 1800 litros de agua en un minuto, calcular:

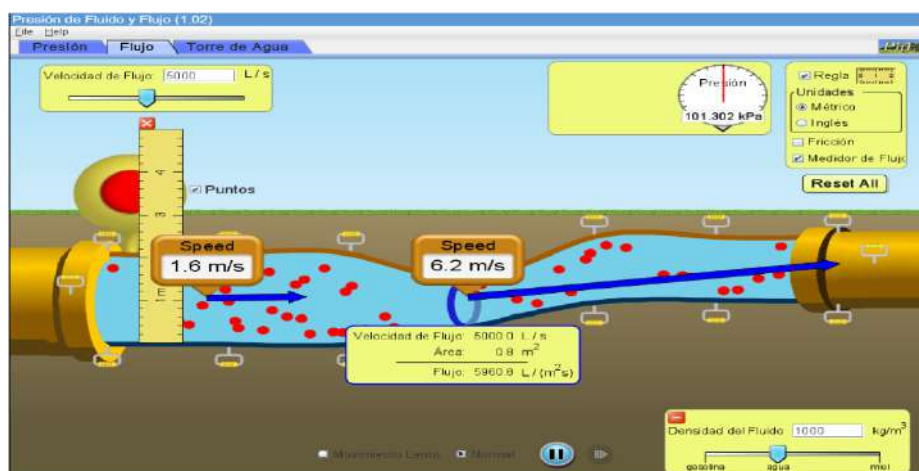
9 El gasto.

9 El flujo.

La densidad del agua es 1000 Kg/m^3



Actividad



Trabaja con el simulador Presión de fluido y flujo de la Universidad de Colorado para determinar el Gasto en dos posiciones distintas para verificar la Ecuación de Continuidad.

<https://phet.colorado.edu/sims/cheerpi/fluid-pressure-and-flow/latest/fluid-pressure-and-flow.html?simulation=fluid-pressure-and-flow&locale=es-es>



Actividad con el simulador de Presión de fluido y flujo.

- En el menú superior izquierdo selecciona un valor para la velocidad de flujo.
- En el menú inferior derecho selecciona un valor para la densidad del fluido.
- Las agarraderas a lo largo del tubo flexible o del tubo rígido sirven para aumentar o disminuir su diámetro.
- Coloca el medidor de flujo en una posición del lado izquierdo del tubo flexible. Mide la velocidad en el centro del área de sección transversal colocando el sensor de velocidad en dicha posición. Calcula el Gasto o velocidad de flujo para esta posición.
- Selecciona una posición en la parte media del tubo flexible y en dicha posición aplica una fuerza en cada agarradera para comprimir el tubo y disminuir el área de sección transversal. Coloca el medidor de flujo en dicha posición y mide la velocidad en el centro de la sección transversal con el sensor de velocidad. Calcula el Gasto o velocidad de flujo para esta posición.
- Selecciona una posición en la parte derecha del tubo flexible, en dicha



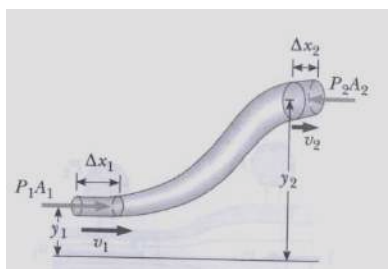
La ecuación de Bernoulli

A medida que un fluido se desplaza a través de un tubo de sección transversal y elevación variables, la presión cambia a lo largo del tubo. En 1738 el físico suizo Daniel Bernoulli (1700-1782) dedujo una expresión fundamental que correlaciona la presión con la rapidez del fluido y la elevación. La ecuación de Bernoulli no es una ley física independiente, sino una consecuencia de la conservación de la energía aplicada al fluido ideal.

Para deducir la ecuación de Bernoulli supondremos una vez más que el fluido es incompresible, no viscoso y que fluye de manera no turbulenta en estado estable. Considérese el flujo a través de un tubo no uniforme en el tiempo Δt , como se ilustra en la figura siguiente. La fuerza que se ejerce sobre el extremo inferior del fluido es $P_1 A_1$, donde P_1 es la presión en el extremo inferior. El trabajo realizado sobre el extremo inferior del fluido por el fluido que viene de atrás de él es

$$W_1 = F_1 \Delta x_1 = P_1 A_1 \Delta x_1 = P_1 V$$

Donde V es el volumen de la región inferior más oscura de la figura siguiente.



De manera análoga, el trabajo realizado sobre el fluido de la parte superior en el tiempo Δt es

$$W_2 = - P_2 A_2 \Delta x_2 = - P_2 V$$

(Recordar que el volumen de fluido que pasa a través de A_1 en el tiempo Δt es igual al volumen que pasa a través de A_2 en el mismo intervalo). El trabajo W_2 es negativo porque la fuerza que se ejerce sobre el fluido en la parte superior tiene dirección opuesta a su desplazamiento. Por tanto, el trabajo neto realizado por estas fuerzas en el tiempo Δt es



$$W = P_1 V - P_2 V$$

Una parte de este trabajo se invierte en cambiar la energía cinética del fluido y otra modifica su energía potencial gravitatoria. Si m es la masa del fluido que pasa a través del tubo en el intervalo de tiempo Δt , entonces el cambio de energía cinética del volumen de fluido es

$$\Delta K = \frac{1}{2} m v_2^2 - \frac{1}{2} m v_1^2$$

El cambio de energía potencial gravitatoria es

$$\Delta U = m g y_2 - m g y_1$$

Podemos aplicar el teorema del trabajo y la energía en la forma $W = \Delta K + \Delta U$ a este volumen de fluido para dar

$$P_1 V - P_2 V = \frac{1}{2} m v_2^2 - \frac{1}{2} m v_1^2 + m g y_2 - m g y_1$$

Si dividimos cada término entre V y recordamos que $\rho = m/V$, esta expresión se reduce a

$$P_1 - P_2 = \frac{1}{2} \rho v_2^2 - \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g y_2 - \rho g y_1$$

Traslademos los términos que se refieren al punto 1 a un lado de la ecuación y los que se refieren al punto 2 al otro lado:

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g y_1 = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g y_2 \quad (15)$$



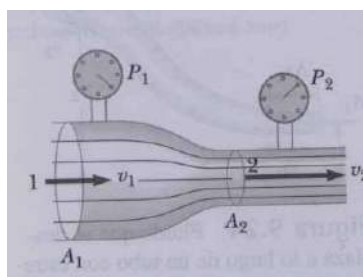
Ésta es la ecuación de Bernoulli, la cual se suele expresar como

$$P + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho gy = \text{constante} \quad (16)$$



La ecuación de Bernoulli establece que la suma de la presión (P), la energía cinética por unidad de volumen ($\frac{1}{2} \rho v^2$) y la energía potencial por unidad de volumen (ρgy) tienen el mismo valor en todos los puntos a lo largo de una línea de corriente.

Se puede mostrar una consecuencia importante de la ecuación de Bernoulli considerando la figura siguiente, la cual muestra el flujo de agua a través de un tubo horizontal que se estrecha de una región de área de sección transversal grande a una región de área de sección transversal más pequeña.



Este dispositivo, conocido como *tubo Venturi*, sirve para medir la rapidez de flujo de los fluidos. Comparemos la presión en el punto 1 con la presión en el punto 2. Puesto que el tubo es horizontal, $y_1 = y_2$ y la ecuación (15) aplicada a los puntos 1 y 2 da

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 \quad (17)$$

Dado que el agua no retrocede en el tubo, su rapidez en el estrechamiento debe ser mayor que la rapidez v_1 . De la ecuación (17), $v_2 > v_1$ significa que P_2 debe ser menor que P_1 . Este resultado se suele expresar mediante el enunciado

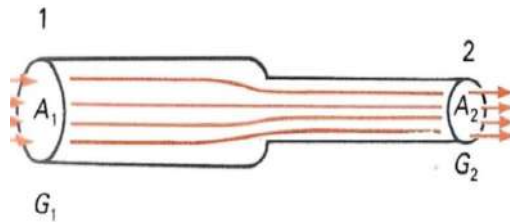


siguiente: **los fluidos en movimiento rápido ejercen menos presión que los fluidos que se desplazan con lentitud.**

Pregunta

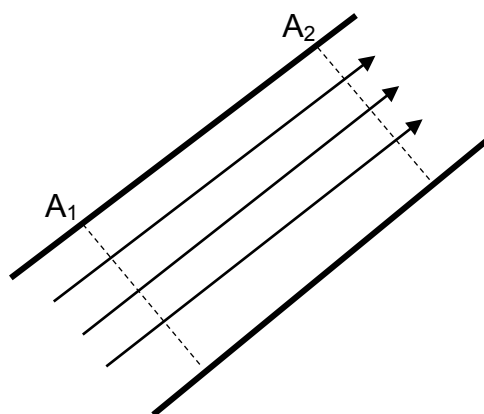


Consideremos un tubo de sección variable pero horizontal (ver figura).
¿Cómo varía la energía gravitacional del fluido a lo largo del tubo? Escriba el principio de Bernoulli considerando solamente los términos que varían a lo largo del tubo. ¿Dónde es mayor la velocidad, en A_1 o en A_2 ? ¿Dónde es mayor la presión? ¿A qué conclusión llega sobre la relación entre la presión y la velocidad en un tubo horizontal?



Ejemplo

En una tubería inclinada se tiene que por una sección A_1 , donde la presión es 10^5 Pa, pasan 1500 l/min de agua. ¿Cuál será la presión en la sección A_2 que está a una altura de 1.5 m con relación a A_1 ? Área $A_1 = 50 \text{ cm}^2$, área $A_2 = 25 \text{ cm}^2$.



Comenzaremos por calcular la velocidad del líquido en A_1 . Para ello recordamos que la cantidad de líquido que pasa por A_1 en una unidad de tiempo es $A_1 v_1$. Luego

$$A_1 v_1 = \frac{1500 \text{ l}}{\text{min}} = \frac{1500 \text{ m}^3}{60 \text{ s}} = 2.5 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s}$$

Como $A_1 = 50 \text{ cm}^2 = 5 \times 10^{-3} \text{ m}^2$, resulta que

$$(5 \times 10^{-3} \text{ m}^2) v_1 = 2.5 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s}$$

Por consiguiente

$$v_1 = 5 \text{ m/s}$$

De la ecuación de continuidad,

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

Y como

$$A_2 = 25 \text{ cm}^2 = 2.5 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$



Resulta,

$$(2.5 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s} = (2.5 \times 10^{-3} \text{ m}^2) v_2$$

Por tanto

$$v_2 = 10 \text{ m/s}$$

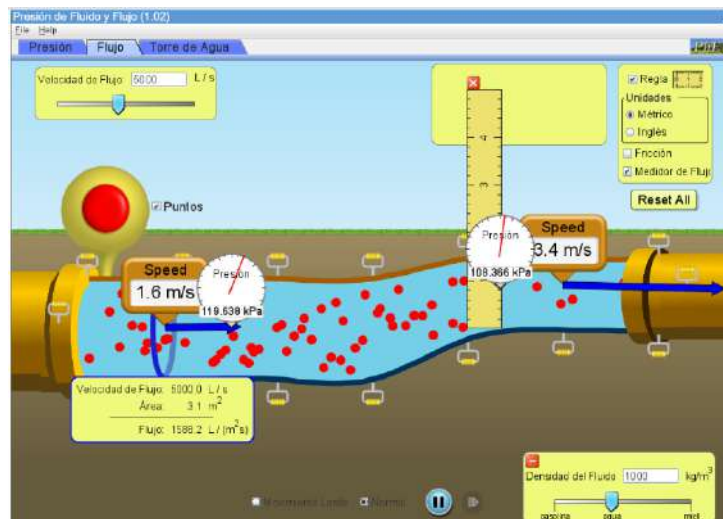
Tomando el plano de referencia HH', de modo que pase por A₁, resulta para las alturas z₁ = 0 y z₂ = 1.5 m. Escribiendo el principio de Bernoulli y teniendo en cuenta que ρ = 10³ Kg/m³ por tratarse del agua,

$$\frac{1}{2} \left(10^3 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right) \left(5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2 + 10^5 \text{ Pa} = \frac{1}{2} \left(10^3 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right) \left(10 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2 + \left(10^3 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right) \left(9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) (1.5 \text{ m}) + p_2$$

Por consiguiente



Actividad



Trabaja con el simulador Presión de fluido y flujo de la Universidad de Colorado para determinar la altura, velocidad y presión en dos posiciones distintas para verificar la Ecuación de Bernoulli.

<https://phet.colorado.edu/sims/cheerpi/fluid-pressure-and-flow/latest/fluid-pressure-and-flow.html?simulation=fluid-pressure-and-flow&locale=es-ES>

- En el menú superior derecho selecciona la regla, unidades del sistema

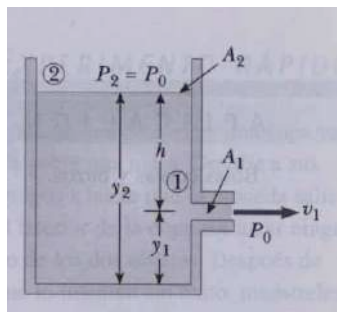


- En el menú inferior derecho selecciona un valor para la densidad del fluido.
- Las agarraderas a lo largo del tubo flexible o del tubo rígido sirven para aumentar o disminuir su diámetro, así como su altura.
- Coloca el medidor de flujo en una posición del lado izquierdo del tubo flexible. Mide la altura, la velocidad y la presión en el centro del área de sección transversal colocando el sensor de velocidad y de presión en dicha posición. La altura mídela desde la base del tubo.
- Selecciona una posición en la parte derecha del tubo flexible, en dicha posición aplica una fuerza en cada agarradera para comprimir el tubo flexible y rígido con la finalidad de disminuir el área de sección



TEOREMA DE TORRICELLI

Se perfora un pequeño agujero en el costado de un tanque cilíndrico que contiene agua, por debajo del nivel del agua, y sale agua por él (Figura siguiente). Si la parte superior del tanque está abierta a la atmósfera, determinaremos la rapidez con la que el agua sale por el orificio cuando el nivel del agua está a una altura h por encima del agujero.



Si suponemos que el área de sección transversal del tanque es grande en comparación con la del orificio ($A_2 \gg A_1$), entonces el nivel del agua desciende muy lentamente y podemos suponer que $v_2 \approx 0$. Apliquemos la ecuación Bernoulli a los puntos 1 y 2. Tomando en cuenta que $P_1 = P_0$ en el orificio, obtenemos lo siguiente:

$$P_0 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g y_1 = P_0 + \rho g y_2$$

$$v_1 = \sqrt{2g(y_2 - y_1)} = \sqrt{2gh}$$

Esto nos dice que la rapidez del agua que sale del orificio es igual a la rapidez que adquiere un cuerpo que cae libremente una distancia vertical h . Esto se conoce como el **teorema de Torricelli**.



Experimento

Tome una vasija de plástico y llénela de agua. Con un punzón haga varias perforaciones pequeñas en sus paredes a diversas alturas y observe la salida del agua por cada perforación, procurando mantener siempre la vasija llena de agua. ¿Encuentra alguna correlación entre la velocidad de salida del agua y la profundidad del orificio?



Si en lugar de un líquido es un gas el que sale por un orificio, el resultado es diferente: en este caso el gas sale debido a que la presión en el recipiente es mayor que la presión fuera, siendo de escasa importancia la altura a que se encuentre el orificio, debido a la pequeñísima densidad de los gases. Entonces, si designamos por p_1 la presión dentro del recipiente, por p_2 la presión fuera y por v la velocidad de salida se tiene, aplicando el principio de Bernoulli, que

$$p_1 = \frac{1}{2}\rho v^2 + p_2$$

$$v = \sqrt{\frac{2(p_1 - p_2)}{\rho}}$$

Que nos indica que la velocidad de salida de un gas es inversamente proporcional a la raíz cuadrada de su densidad. Por tanto, a una misma diferencia de presión, cuanto menor sea la densidad del gas, mayor es su velocidad de salida.



Ejemplo

En un tanque conteniendo agua se abre un orificio circular de 0.8 cm de radio a una profundidad de 3 m. Calcular la cantidad de líquido que sale en dos minutos suponiendo que el nivel de la superficie libre permanece fijo.

Solución

$$r = 0.8 \text{ cm} = 8 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$h = 3 \text{ m}$$

$$t = 2 \text{ min} = 120 \text{ s}$$

$$A = \pi r^2 = 2.01 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2(9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})(3 \text{ m})} = 7.67 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$V = vAt = \left(7.67 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right) (2.01 \times 10^{-4} \text{ m}^2)(120 \text{ s}) = 18.5 \times 10^{-2} \text{ m}^3$$



Ejemplo

El volumen de aire que sale por segundo de un orificio en un recipiente es de $30 \text{ cm}^3/\text{s}$ cuando se tiene una diferencia de presión constante. En igualdad de condiciones, otro gas sale a razón de $50 \text{ cm}^3/\text{s}$. ¿Cuál es la densidad de este gas en condiciones normales?

Designando por 1 el aire, por 2 el otro gas y por V_1 y V_2 los volúmenes de cada uno que salen en la unidad de tiempo,

$$V_1 = 30 \text{ cm}^3/\text{s}$$

$$V_2 = 50 \text{ cm}^3/\text{s}$$

Si v_1 y v_2 son las velocidades de salida de cada gas y A el área del orificio,

$$V_1 = A v_1$$

$$V_2 = A v_2$$

Como la velocidad de salida es inversamente proporcional a $\sqrt{\rho}$

$$\frac{\rho_2}{\rho_1} = \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^2 = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^2 = \left(\frac{30 \text{ cm}^3/\text{s}}{50 \text{ cm}^3/\text{s}}\right)^2$$

$$\frac{\rho_2}{\rho_1} = 0.36$$

La densidad del aire es 1.293 Kg/m^3 . Luego la densidad del gas es

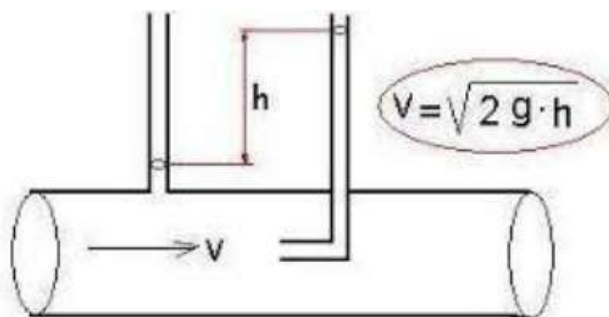
Ka



Tubo de Pitot

Para medir de una forma sencilla la velocidad de la corriente de un río se usa el llamado tubo de Pitot, ver figura. La forma del tubo es la de una L; al introducirlo en la corriente, por la presión de ésta, el agua se elevará a cierta altura sobre la superficie. Conociendo dicha altura, la velocidad de la corriente puede calcularse si se emplea la fórmula del teorema de Torricelli:

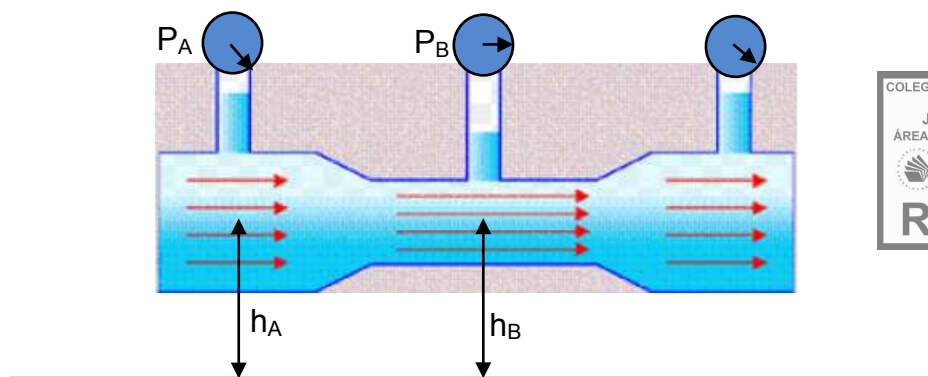
$$v = \sqrt{2gh}$$



Tubo de Venturi

El tubo de Venturi se emplea para medir la velocidad de un líquido que circula a presión dentro de una tubería. Su funcionamiento se basa también en el teorema de Bernoulli. Dicho tubo tiene un estrechamiento como se aprecia en la figura., cuando el líquido pasa por esta sección aumenta su velocidad pero disminuye su presión. Al medir la presión en la parte ancha y en la estrecha, por medio de dos manómetros acoplados en esos puntos, y conociendo el valor de las áreas de sus respectivas secciones transversales, se puede calcular la velocidad del líquido a través de la tubería por la cual circula, si se utiliza la siguiente expresión, obtenida a partir de la ecuación de Bernoulli:





$$v_A = \sqrt{\frac{\frac{2}{\rho} (P_A - P_B)}{\left(\frac{A_A}{A_B}\right)^2 - 1}}$$

Donde:

v_A = velocidad del líquido a través de la tubería en m/s

P_A = presión del líquido en la parte ancha del tubo en N/m^2

P_B = presión del líquido en el estrechamiento del tubo de Venturi en N/m^2

ρ = densidad del líquido en Kg/m^3

A_A = área de la sección transversal de la parte ancha del tubo en metros cuadrados (m^2)

A_B = área de la sección transversal en el estrechamiento del tubo en metros cuadrados (m^2)



Por considerarlo de interés, haremos la deducción de la ecuación usada para calcular la velocidad en el tubo de Venturi.

De acuerdo con la ecuación de Bernoulli, la suma de las energías cinética potencial y de presión en el punto A y B de la figura anterior es:



$$\frac{v_A^2}{2} + gh_A + \frac{P_A}{\rho} = \frac{v_B^2}{2} + gh_B + \frac{P_B}{\rho} \quad (1)$$

Como la altura a la que se encuentra el punto A y el B es la misma, podemos eliminar los términos correspondientes a su energía potencial, gh_A y gh_B , por lo que la ecuación 1 queda:

$$\frac{v_A^2}{2} + \frac{P_A}{\rho} = \frac{v_B^2}{2} + \frac{P_B}{\rho} \quad (2)$$

Reagrupando términos:

$$\frac{P_A}{\rho} - \frac{P_B}{\rho} = \frac{v_B^2}{2} - \frac{v_A^2}{2} \quad (3)$$

Multiplicando por 2 la ecuación 3:

$$2\left(\frac{P_A}{\rho} - \frac{P_B}{\rho}\right) = 2\left(\frac{v_B^2}{2} - \frac{v_A^2}{2}\right)$$

Obtenemos:

$$\frac{2}{\rho}(P_A - P_B) = v_B^2 - v_A^2 \quad (4)$$

De acuerdo con la ecuación de continuidad, sabemos que el gasto en A es igual al gasto en B, de donde:

$$G_A = G_B$$

Esto es,

$$v_A A_A = v_B A_B \quad (5)$$



Por consiguiente

$$v_B = \frac{v_A A_A}{A_B} \quad (6)$$

Sustituyendo la ecuación 6 en la 4:

$$\frac{2}{\rho} (P_A - P_B) = \left(\frac{v_A A_A}{A_B} \right)^2 - v_A^2 \quad (7)$$

Utilizando como factor común a v_A^2 :

$$\frac{2}{\rho} (P_A - P_B) = v_A^2 \left(\frac{A_A^2}{A_B^2} - 1 \right) \quad (8)$$

Finalmente, al despejar de la ecuación anterior la velocidad en el punto A nos queda la ecuación para calcular la velocidad de un líquido mediante el empleo del tubo Venturi.

$$v_A = \sqrt{\frac{\frac{2}{\rho} (P_A - P_B)}{\left(\frac{A_A}{A_B} \right)^2 - 1}}$$

Ejemplo

Un tubo de Pitot se introduce en la corriente de un río; el agua alcanza una altura de 0.15 m en el tubo. ¿A qué velocidad va la corriente?

Solución

$$h = 0.15 \text{ m}$$

$$g = 9.8 \text{ m/s}^2$$

Sabemos que

$$v = \sqrt{2gh}$$

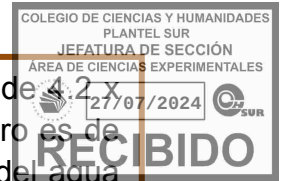
Sustituyendo los valores de h y g,

$$v = \sqrt{2 \left(9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) (0.15 \text{ m})} = 1.71 \text{ m/s}$$



Ejercicio

Un tubo de Venturi tiene un diámetro de 0.1524 m y una presión de $4.2 \times 10^4 \text{ N/m}^2$ en su parte más ancha. En el estrechamiento, el diámetro es de 0.0762 m y la presión es de $3 \times 10^4 \text{ N/m}^2$. ¿Cuál es la velocidad del agua que fluye a través de la tubería?



Cierre

- I. Elaborar un mapa conceptual de las temáticas: Dinámica de fluidos, Gasto y Ecuación de Bernoulli.
- II. Resolver los problemas siguientes.
 1. Calcular el gasto de agua por una tubería, así como el flujo, al circular 4 m^3 en 0.5 minutos.
 2. Para llenar un tanque de almacenamiento de gasolina se envió un gasto de $0.1 \text{ m}^3/\text{s}$ durante un tiempo de 200 s. ¿Qué volumen tiene el tanque?
 3. Calcular el tiempo que tardará en llenarse una alberca, cuya capacidad es de 400 m^3 , si se alimenta recibiendo un gasto de 10 l/s . Dar la respuesta en minutos y horas.



4. Por una tubería de 5.08 cm de diámetro, circula agua a una velocidad de 1.6 m/s. Calcular la velocidad que llevará el agua, al pasar por un estrechamiento de la tubería donde el diámetro es de 4 cm.
5. Determinar la velocidad con la que sale un líquido por un orificio localizado a una profundidad de 2.6 m en un tanque de almacenamiento.
6. Para medir la velocidad de la corriente de un río se introduce en él un tubo de Pitot, la altura a la que llega el agua dentro del tubo es de 0.2 m. ¿A qué velocidad va la corriente?
7. En la parte más ancha de un tubo de Venturi hay un diámetro de 10.16 cm y una presión de $3 \times 10^4 \text{ N/m}^2$. En el estrechamiento del tubo, el diámetro mide 5.08 cm y tiene una presión de $1.9 \times 10^4 \text{ N/m}^2$.
 - a) ¿Cuál es la velocidad del agua que fluye a través de la tubería?
 - b) ¿Cuál es el gasto?
 - c) ¿Cuál es el flujo?
8. Un tubo tiene 6 cm de diámetro, aunque en una parte de este su sección se contrae a sólo 4 cm de diámetro. Por el mismo fluye un líquido cuya densidad es 900 Kg/m^3 . La presión en el primer lugar excede a la presión en el segundo en 162 Pa. Determinar la velocidad del líquido en cada punto.
9. Resolver el problema anterior si el tubo tiene una inclinación de 40° con la horizontal y la distancia entre las dos regiones es de 10 m, estando la segunda más baja que la primera.
10. Un tanque situado sobre una torre de 30 m de altura contiene agua hasta una altura de 4.9 m. En la base del tanque hay una tubería de 40 m de largo y 20° de inclinación respecto a la horizontal. Calcular la velocidad de salida del agua. Hallar además la presión y la velocidad en el punto medio de la tubería.



e) **Formas e instrumentos de evaluación.** Además de las conceptuales y los ejercicios para cada aprendizaje, que constituyen la evaluación continua, se agrega en el cierre de cada estrategia de enseñanza aprendizaje una serie de preguntas, problemas, lecturas y videos, a manera de evaluación sumativa. Se sugiere que los profesores tomen algunas de las preguntas y/o problemas que vienen en el cierre y las resuelvan junto con los estudiantes a manera de ejemplo, dichas preguntas están seleccionadas en orden de complejidad de sencillas a más complejas. Para las diversas actividades se han propuestos algunos instrumentos de evaluación tales como rúbricas para los mapas conceptuales, formato para evaluar los videos, rúbrica para la resolución de problemas, entre otras. Al final de trabajo se incluye un anexo con los instrumentos de evaluación.



f) **Valoración del profesor de los resultados obtenidos.** Consideramos que los resultados obtenidos son positivos. Cabe aclarar que no todo se pudo llevar a cabo para probar las actividades por las diversas circunstancias que nos han afectado; como los paros de trabajadores y alumnos en el primer semestre, por lo que la parte experimental ha estado totalmente limitada. La idea central fue que los estudiantes a la distancia pudieran ir construyendo o reconstruyendo los conceptos, ya que no basta con que los investiguen o que se los dé el profesor, es necesario que a través de preguntas adecuadas y situaciones que les impacten o emocionen, los alumnos perciban la necesidad de aprender más para comprender mejor ciertos fenómenos o situaciones cotidianas. Por otro lado, el trabajo a distancia ha conducido a los profesores a aprender el manejo de diversas plataformas y rescatar algunas bondades que ofrecen dichas herramientas de software, por ejemplo, la elaboración de materiales didácticos con imágenes, gráficas y diagramas que ayuden con la visualización a entender mejor los conceptos y el planteamiento de problemas. Otros recursos muy importantes como los videos, las animaciones y las lecturas



requieren una guía de orientación para realmente sacarles provecho. Se incluye en el anexo, al final de este trabajo, un cuestionario que contestaron los alumnos y los profesores integrantes del seminario acerca de la Evaluación del Cuaderno de Trabajo para Física III, en general el cuaderno de trabajo fue bien evaluado, es decir, la mayoría de las actividades de enseñanza-aprendizaje les parecieron muy útiles e interesantes a los alumnos y profesores.



g) Fuentes Consultadas

Libros

1. Alonso, M., & Finn, E. J. (1976). *Física: Mecánica* (Vol. 1). Ed. Fondo Educativo Interamericano.
2. Alonso, M., & Finn, E. J. (1976). *Física: Campos y ondas* (Vol. 2). Ed. Fondo Educativo Interamericano.
3. Alvarenga, B., & Máximo, A. (1998). *Física general*. Oxford.
4. CCH-UNAM. (1996). *Programa de estudios actualizado*. Ed. CCH-UNAM.
5. Díaz Barriga, F. (2010). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo*. Ed. McGraw Hill.
6. Fay, J. A. (1996). *Mecánica de fluidos*. Ed. CECSA.
7. Giancoli, D. C. (1997). *Física: Principios y aplicaciones*. Prentice-Hall Hispanoamericana.
8. Giancoli, D. C. (2008). *Física para ciencias e ingeniería*. Prentice Hall Inc.
9. Landau, L. D., & Lifshitz, E. M. (1987). *Fluid mechanics* (Vol. 6 of *Course of Theoretical Physics*). Butterworth-Heinemann.
10. Moreira, M. A. (2000). *Aprendizaje significativo: teoría y práctica*. Ed. VISOR DIS.
11. Perry, J. H. (1966). *Manual del ingeniero químico*. Ed. UTEHA.
12. Potter, M. C., & Wiggert, D. C. (2002). *Mecánica de fluidos*. International Thomson Editores.
13. Raymond, A. S., & Faughn, J. S. (2001). *Física*. Ed. Pearson Educación de México.
14. Tippens, P. E. (2001). *Física*. McGraw-Hill Interamericana Editores.
15. Wilson, J. D., & Buffa, A. J. (2003). *Física*. Ed. Pearson Educación de México.



Páginas Web

1. Método analítico para obtener centroides de áreas. Recuperado el 5 de septiembre de 2023, de https://repositorio-uapa.cuaieed.unam.mx/repositorio/moodle/pluginfile.php/1594/mod_resource/content/3/contenido/index.html



2. Práctica 5. Centroides. Recuperado el 5 de septiembre de 2023, de https://dcb.ingenieria.unam.mx/wp-content/themes/temperachild/CoordinacionesAcademicas/CA/LabM/Presentaciones/estatica/P05_centroide sGPM.pdf

3. Centroides y centros de gravedad. Recuperado el 5 de septiembre de 2023, de <https://clasesdemecanica.net/index.php/centroides/>

4. Momento de inercia de dos cuerpos sólidos <https://www.youtube.com/watch?v=2IlcvV30Vfs>

Laboratorio Virtual o Simulador

1. Movimiento Circular Uniforme (MCU). Recuperado el 10 de septiembre de 2023, de https://www.walter-fendt.de/html5/phes/circularmotion_es.htm

2. Laboratorio de Fuerza de Gravedad de la Universidad de Colorado. Recuperado el 5 de septiembre de 2023, de

https://phet.colorado.edu/sims/html/gravity-force-lab-basics/latest/gravity-force-lab-basics_es.html



3. Simulador de Equilibrio de la Universidad de Colorado. Recuperado el 25 del septiembre de 2023, de

https://phet.colorado.edu/sims/html/balancing-act/latest/balancing-act_all.html?locale=es



4. Simulador Presión de fluido y flujo de la Universidad de Colorado. Recuperado el 10 de noviembre de 2023, de

https://phet.colorado.edu/sims/cheerpj/fluid-pressure-and-flow/latest/fluid-pressure-and-flow.html?simulation=fluid-pressure-and-flow&locale=es_PE

Videos

1. Las Leyes de Kepler de la Serie del Universo Mecánico. Recuperado el 15 de septiembre de 2023, de

<https://www.youtube.com/watch?v=Z8L6ib4vN1U>

2. Flujo Laminar y Flujo Turbulento. Recuperado el 15 de octubre de 2023, de

<https://www.youtube.com/watch?v=jYFly6qoLgk>

<https://www.youtube.com/watch?v=ol5yxpsayhE>



ANEXO DE INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN

1. Rúbrica para evaluar un mapa conceptual.



REA. Trabajo por proyectos
Programa de Mejora del Aprendizaje y del Rendimiento (PMAR)
Ámbito de carácter lingüístico y social

cedec CENTRO NACIONAL DE
DESARROLLO CURRICULAR
EN SISTEMAS NO PROPIETARIOS

RÚBRICA DE EVALUACIÓN DE UN MAPA CONCEPTUAL

ASPECTOS	4 EXCELENTE	3 SATISFACTORIO	2 BIEN	1 INSUFICIENTE
Formato	El mapa conceptual está elaborado en una hoja dispuesta en posición horizontal y se ha aprovechado muy bien todo el espacio físico para distribuir las ideas de manera muy apropiada.	El mapa conceptual está elaborado en una hoja dispuesta en posición horizontal, se ha aprovechado bastante bien el espacio físico para distribuir las ideas.	El mapa conceptual está elaborado en una hoja dispuesta en posición horizontal, pero no se ha aprovechado demasiado bien el espacio físico para distribuir las ideas.	El mapa conceptual no está elaborado en una hoja dispuesta en posición horizontal y no se ha aprovechado en absoluto el espacio físico para distribuir la información de manera apropiada.
Contenidos / Conceptos	En el mapa aparecen recogidos con mucha claridad todos y cada uno de los conceptos e ideas claves del tema.	En el mapa aparecen recogidos con bastante claridad todas o la mayor parte de las ideas claves del tema.	En el mapa no aparecen recogidas todas las ideas claves del tema pero sí las más relevantes.	En el mapa no se reflejan la mayor parte de las ideas fundamentales en torno a las cuales se articula el tema.
Organización y estructura	Los conceptos están jerarquizados de una manera muy lógica.	Los conceptos están jerarquizados de una manera bastante lógica.	Los conceptos no están jerarquizados de una manera excesivamente lógica.	Las relaciones jerárquicas entre los conceptos no están bien planteadas.
Corrección lingüística	No se aprecian errores ortográficos, morfosintácticos ni de puntuación.	Aparecen uno o dos errores ortográficos, morfosintácticos o de puntuación.	Aparecen tres o cuatro errores ortográficos, morfosintácticos o de puntuación.	Aparecen cinco o más errores ortográficos, morfosintácticos o de puntuación.
Exposición oral	El mapa conceptual ha sido explicado con mucha claridad por todos los miembros del equipo y han contestado de forma muy acertada a todas las preguntas que se les ha formulado.	El mapa conceptual ha sido explicado con bastante claridad por todos los miembros del equipo y han contestado con bastante acierto a todas las preguntas que se les ha formulado al respecto.	El mapa conceptual no ha sido explicado por todos los miembros del equipo o su explicación no ha sido lo suficientemente clara. Además, no han sabido responder a algunas de las cuestiones que se les ha planteado.	La explicación en torno al mapa conceptual han sido vagas e imprecisas y, además, no han sabido responder a la mayoría de las cuestiones que se les ha formulado.



"Rúbrica de evaluación de un mapa conceptual" de Cedec se encuentra bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-CompartirIgual 4.0 España](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).



2. Formato para evaluar videos

Evaluación de los videos

Fecha: _____

Nombre: _____

Grupo: _____



1. Escribe el Título del Vídeo.

2. Indica los conceptos, leyes o teorías más relevantes mencionadas en el vídeo.

3. Escribe tus comentarios sobre el video.

4. Realiza una sinopsis del video.

CCH. Análisis y evaluación de videos. México: UNAM



3. Rúbrica para la resolución de problemas

Rúbrica para la resolución de problemas

Fecha: _____

Nombre: _____

Grupo: _____



Indicadores de desempeño (Tarea vinculada con solución de problemas abiertos)	Criterio de nivel Cualitativo	Criterio de Calificación Cuantitativo
Demuestra total comprensión del problema. Todos los requerimientos de la tarea están incluidos en la respuesta y la o las soluciones son pertinentes y originales.	excepcional	5
Demuestra considerable comprensión del problema. Todos los requerimientos de la tarea están incluidos en la respuesta, la o las soluciones ofrecidas son correctas.	admirable	4
Demuestra comprensión parcial del problema. La mayor cantidad de requerimientos de la tarea están comprendidos en la respuesta. Ofrece al menos una solución apropiada y correcta al problema planteado.	aceptable	3
Demuestra poca comprensión del problema. Muchos de los requerimientos de la tarea faltan en la respuesta. Las soluciones que intenta son parciales o sesgadas.	amateur	2
No comprende el problema, no resuelve la tarea. Aunque hace intentos, no logra enfocar el problema ni ofrecer soluciones.	incipiente	1

López, B. S. (2001). Evaluación del Aprendizaje. México: Trillas



4. Rúbrica para la investigación documental



REA Luz y ciencia a escena. Proyecto EDIA.
Interdisciplinar. Primaria.



RÚBRICA INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL

Nombre del alumno o alumnos: _____

ASPECTOS	4 EXCELENTE	3 SATISFACTORIO	2 MEJORABLE	1 INSUFICIENTE
CANTIDAD DE INFORMACIÓN	Utiliza numerosas y diversas fuentes de información (bibliografía, webgrafía, entrevistas...) que están relacionadas con el tema.	Utiliza numerosas y diversas fuentes de información (bibliografía, webgrafía, entrevistas...) aunque no todas aportan información relevante.	Utiliza escasas y poco diversas fuentes de información aunque todas están relacionadas con el tema.	Las fuentes consultadas son escasas, no aportan información relevante y algunas no están relacionadas con el tema.
CALIDAD DE LA INFORMACIÓN	Todas las fuentes son de alta calidad, fiables y actualizadas. Completa con imágenes, gráficos, dibujos... que aportan mayor información y matices al texto.	La mayoría de las fuentes de información son de calidad, fiables y están actualizadas. Completa con alguna imagen, gráfico o dibujo.	Algunas de las fuentes de información consultadas no son fiables y/o no están actualizadas. Los recursos complementarios (imagen, gráfico, dibujo) no aportan información relevante.	Las fuentes de información consultadas no son fiables y/o no están actualizadas. No aporta recursos complementarios (imagen, gráfico, dibujo) o éstos no añaden información relevante.
CONCLUSIONES E IDEAS CLAVE	Responde correctamente a la pregunta/reto presentada. Expresa con claridad las ideas clave del tema utilizando un vocabulario adecuado y suscita nuevos interrogantes.	Responde correctamente a la pregunta/reto presentada. Expresa sus ideas de manera clara y sencilla.	Aunque contesta a la pregunta/reto transmite las conclusiones de forma confusa e imprecisa.	No contesta correctamente a la pregunta/reto y no identifica las ideas clave del tema.
PRESENTACIÓN	Información muy bien organizada y redactada. Sin errores gramaticales, ortográficos ni de puntuación. Resalta las ideas principales y utiliza recursos que ayudan a la comprensión del tema.	Información bien organizada y redactada. Sin errores gramaticales, ortográficos ni de puntuación.	La información está organizada aunque en su redacción hay algún error gramatical, ortográfico o de puntuación.	La información no está organizada y en su redacción hay bastantes errores gramaticales, ortográficos y de puntuación.



"Rúbrica investigación documental" de Cedec se encuentra bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-CompartirIgual 4.0 España](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).



COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
PLANTEL SUR
JEFATURA DE SECCIÓN
ÁREA DE CIENCIAS EXPERIMENTALES

 27/07/2024

RECIBIDO

COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
SECRETARÍA ACADÉMICA

25/02/2025

CONSEJO ACADÉMICO DE
CIENCIAS EXPERIMENTALES

REVISADO

Frecuencia Frecuencia

Criterios funcionales

a) ¿Son claras las instrucciones?

Si__ (19) __ No__ (1) __



Materiales complementarios

a) ¿Las actividades propuestas en el cuaderno son interesantes

Si__ (19) __ No__ (1) __

b) ¿Ha afectado el hecho de no disponer de materiales didácticos a sus esfuerzos para dominar los contenidos de la asignatura?

Si__ (20) __ No__ (0) __

CONTENIDO

El contenido es preciso

Si__ (19) __ No__ (1) __

El contenido tiene valor educativo

Si__ (20) __ No__ (0) __

¿Le ha sido de ayuda el material reproducido que se le entregó?

Si__ (20) __ No__ (0) __

¿Las características de las actividades facilitaron su aprendizaje?

Si__ (20) __ No__ (0) __

¿Eran relevantes los contenidos con respecto a lo que usted esperaba conseguir?

Si__ (19) __ No__ (1) __

¿Resultaron las actividades estimulantes e interesantes?

Si__ (18) __ No__ (2) __

¿Funcionaron las actividades experimentales?

Si__ (19) __ No__ (1) __

¿Funcionaron las discusiones en los ejemplos ilustrativos?

Si__ (20) __ No__ (0) __

¿La teoría que desarrolló en el cuaderno de trabajo fue entendible?

Si__ (19) __ No__ (1) __

¿Los ejemplos mostrados fueron claros?

Si__ (20) __ No__ (0) __

¿Los ejercicios se podían resolver con la teoría desarrollada?

Si__ (20) __ No__ (0) __



Frecuencia Frecuencia

¿Las actividades experimentales estaban relacionadas con los temas o conceptos desarrollados?

Si__ (20) __ No_ (0) __



¿Las lecturas estuvieron relacionadas con los temas presentados?

Si__ (20) __ No_ (0) __

¿Los artículos presentados mostraron temas de interés para ti?

Si__ (20) __ No_ (0) __

¿Fue motivante resolver los problemas propuestos?

Si__ (19) __ No_ (1) __

¿Las preguntas realizadas en los experimentos eran pertinentes con dicho experimento?

Si__ (20) __ No_ (0) __

¿Las instrucciones en las diversas formas de evaluación claras y precisas?

Si__ (20) __ No_ (0) __

CALIDAD INSTRUCTIVA

El objetivo de este cuaderno está bien definido

Si__ (20) __ No_ (0) __

El cuaderno alcanza su objetivo declarado

Si__ (20) __ No_ (0) __

La presentación del contenido es clara y lógica

Si__ (20) __ No_ (0) __

El nivel de dificultad es adecuado para el público al que se dirige

Si__ (20) __ No_ (0) __

El uso del cuaderno resulta motivador

Si__ (19) __ No_ (1) __

El cuaderno estimula eficazmente la creatividad del alumno

Si__ (18) __ No_ (2) __



Frecuencia Frecuencia

CALIDAD TÉCNICA

Los materiales de apoyo son eficaces

Si__ (20) __ No__ (0) __

Los alumnos pueden trabajar con facilidad y de forma independiente

Si__ (17) __ No__ (3) __

Los profesores pueden utilizar el cuaderno con facilidad

Si__ (20) __ No__ (0) __

Señale sólo una opción

Frecuencia

- | | | |
|------|--|--------------|
| I. | Utilizaría o recomendaría el uso de este cuaderno con pocas o ninguna modificación | (X) (17) |
| II. | Sólo utilizaría o recomendaría el uso de este cuaderno si se efectuaran determinadas modificaciones. | (X) (3) |
| III. | No utilizaría ni recomendaría este paquete | () (0) |

PREGUNTAS ACERCA DE LA EVALUACIÓN EN GENERAL

Frecuencia Frecuencia

¿La evaluación afectó sus actividades?

Si__ (0) __ No__ (20) __

¿Se opone a dedicar tiempo a la evaluación?

Si__ (0) __ No__ (20) __

